Heise - Herbst

Bergbaukunde

Zweiter Band

Dritte und vierte Auflage

p. 392

Lehrbuch der
Bergbaukunde

mit besonderer Berücksichtigung
des Steinkohlenbergbaues

Von

Dr.-Ing. e. h. F. Heise
Professor und Direktor der Bergschule zu Bochum

und

Dr.-Ing. e. h. F. Herbst
Professor und Direktor der Bergschule zu Essen

Zweiter Band

Dritte und vierte
verbesserte und vermehrte Auflage

Mit 695 Abbildungen

Jupiter-Grube

Berlin
Verlag von Julius Springer
1923

Alle Rechte, insbesondere das der
Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.
Copyright 1923 by Julius Springer in Berlin.

134843

Druck von C. G. Röder G. m. b. H., Leipzig. 917522.

Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Eine umfassende Darstellung des gesamten Gebietes der Bergbaukunde würde, falls sie wirklich mit einigem Recht vollständig genannt werden sollte, bei dem heute so reichhaltig gewordenen Stoffe die Arbeit eines Menschenlebens bedeuten und doch nachher nicht voll befriedigen, weil die rastlos fortschreitende Technik ihre Bearbeitung in einem Lehrbuche nach dessen Fertigstellung längst überholt haben würde. Das Ziel, das wir uns bei der Herausgabe des vorliegenden Lehrbuches gesteckt haben, ist unter Berücksichtigung des Wortes „bis dat, qui cito dat" bedeutend bescheidener gewesen, sowohl was die Auswahl, als auch was die Behandlung des Stoffes betrifft. In erster Hinsicht haben wir das Gebiet in zweifacher Weise eingeengt, indem wir einmal uns im wesentlichen auf den deutschen Bergbau beschränkt und sodann dort, wo besonders Rücksicht auf Lagerstättenverhältnisse zu nehmen war, allein den Steinkohlenbergbau ausführlich, den Braunkohlen-, Erz- und Salzbergbau dagegen nur in einigen bezeichnenden Beispielen behandelt haben. Für die Art der Bearbeitung aber war maßgebend, daß das Buch nicht für den fertig ausgebildeten Fachmann, sondern als Einführung in die Bergbaukunde für den Bergschüler und Studierenden der Bergwissenschaften dienen soll. Insbesondere ist die Rücksicht auf den Unterricht in der Bergbaukunde an der großen Bochumer Bergschule mit ihren fast 700 Schülern die erste Veranlassung zur Entstehung des Buches gewesen und demgemäß in erster Linie für seine Ausgestaltung bestimmend geworden.

Hieraus ergaben sich als Richtpunkte: Hervorhebung des Wichtigen, Bleibenden und wissenschaftlich Feststehenden; kritische Sichtung und Durcharbeitung des Stoffes; verhältnismäßig kurze Behandlung der baulichen Einzelheiten, die dem Wechsel mehr oder weniger unterworfen sind.

Eine ganz besondere Sorgfalt wurde im Hinblick auf den Zweck des Buches den Abbildungen zugewandt. Hauptsächlich sind schematische Darstellungen, die das Wesen der Sache unter Fortlassung der den Überblick erschwerenden, baulichen Einzelheiten zur Anschauung bringen, bevorzugt.

Wenn wir das Buch in so reicher Fülle mit eigens für unseren Zweck angefertigten Zeichnungen ausstatten konnten, so schulden wir hierfür der Westfälischen Berggewerkschaftskasse Dank, die uns ihre Zeichenkräfte zur Verfügung stellte. Die meisten Abbildungen sind von der geschickten Hand des berggewerkschaftlichen Zeichners Herrn Haibach zu Bochum angefertigt. Entsprechend dem Zwecke des Buches sind manche Abbildungen für den mündlichen Unterricht mit Buchstaben versehen, ohne daß auf diese im Texte Bezug genommen ist.

Die Hinweise auf Literaturstellen haben wir nach Möglichkeit beschränkt, weil ja das Buch kein eigentliches Nachschlagewerk sein soll.

Bochum-Aachen, im September 1910.

Heise. Herbst.

Vorwort zur dritten und vierten Auflage.

Die 2. Auflage des Bandes II des vorliegenden Werkes ist 1912 erschienen. Während des Krieges mußte, da eine Neuauflage nötig wurde und wir durch den Heeresdienst an der Durcharbeitung verhindert waren, ein unveränderter Neudruck erfolgen. Aus diesem Grunde ist die vorliegende Auflage als „3. und 4. Auflage" bezeichnet worden.

Das Bestreben, allen im Laufe der letzten zehn Jahre bekanntgewordenen Neuerungen nach Möglichkeit gerecht zu werden, hat uns zu größeren Anstrengungen veranlaßt mit dem Ergebnis, das insbesondere verschiedene Abschnitte der Kapitel „Ausbau" und „Schachtabteufen" stark umgeändert und ergänzt wurden. Auch die Abbauförderung, die Schienenbefestigung bei der Streckenförderung, die Lokomotivförderung, die Abschnitte „Fangvorrichtungen", „Wasserhaltung" und „Atmungsgeräte" sind eingehend durchgearbeitet worden. Äußerlich prägt diese Arbeit sich darin aus, daß etwa 220 neue Abbildungen aufgenommen worden sind und die Zahl der Abbildungen insgesamt von 596 auf 695 gestiegen ist. Wo es uns gerechtfertigt erschien, älterer Bauarten und Einrichtungen noch zu gedenken, haben wir das durch einen Hinweis auf frühere Abbildungen der vorhergehenden Auflagen getan.

Bei der Bearbeitung sind wir, unserer früheren Arbeitsweise getreu, darauf bedacht gewesen, nicht nur eine Beschreibung zu geben, sondern den Stoff auch urteilend und wertend zu durchdringen und die Beziehungen zum großen Ganzen der Bergbautechnik klarzulegen. Bei den Kostenangaben haben wir, wie bei der vierten Auflage des I. Bandes, wegen der fortschreitenden Unsicherheit des Geldwertes nach wie vor die Friedens- oder Goldmarkpreise zugrunde legen müssen. Unsere Bestrebungen, entbehrliche Fremdwörter durch gute deutsche Ausdrücke zu ersetzen, wird der Leser an vielen Stellen erkennen können. Die Darstellung haben wir von überflüssiger Weitschweifigkeit weiterhin zu befreien und das Wesentliche schärfer und klarer herauszuarbeiten gesucht.

In dieser politisch erregten Zeit, wo von berufener und namentlich unberufener Seite soviel von „Wiederaufbau" gesprochen wird, können wir es uns an dieser Stelle nicht versagen, der Kräfte zu gedenken, die im stillen schaffen und ohne vieles Reden die eigentlichen Träger des Wiederaufbaues sind: der zähen Arbeit, des schöpferischen Dranges und des lebendigen Unternehmungsgeistes, die im gesunden Kern unseres Volkes nach wie vor wirken und die besonders in dem rüstigen Fortschreiten der Technik einen so erhebenden Ausdruck finden. Gerade die Mühe, die uns die Bearbeitung der zahlreichen Fortschritte auf allen Teilgebieten der Bergbautechnik verursacht hat, weckte in uns freudigen Stolz und erhob uns in der Hoffnung, daß auch unsere Arbeit ihrerseits dem mächtigen Strome deutschen Wissens und Wirkens, der sie getragen hat, förderlich sein werde.

Bochum—Essen, im Oktober 1922.

Heise. Herbst.

Inhaltsverzeichnis.

Sechster Abschnitt.

Grubenausbau.

I. Der Grubenausbau in Abbaubetrieben und Strecken aller Art.

A. Wesen, Bedeutung und Arten des Grubenausbaues.

Seite

a) Allgemeine Bedeutung des Grubenausbaues 1

1. Aufgaben des Grubenausbaues.

b) Gebirgsdruck 2

2. Vorbemerkung. — 3. Abhängigkeit des Gebirgsdruckes von der Gebirgsbeschaffenheit. — 4. Die Bruchercheinungen bei den Hauptgesteinsarten. — 5. Gebirgsdruck und Teufe. — 6. Beeinflussung des Gebirgsdruckes durch gebirgsbildende Vorgänge. — 7. Wirkungen des Gebirgsdruckes auf Abbau- und Streckenbetriebe. — 8. Gebirgsdruck und Abbau. — 9. Gebirgsdruck und Streckenbetrieb. — 10. Gebirgsdruck und Fallwinkel. — 11. Beeinflussung des Gebirgsdruckes durch die Art der Herstellung der Hohlräume.

c) Arten des Grubenausbaues. 12

12. Anpassung des Ausbaues an die Druckerscheinungen. — 13. Ausbaustoffe. — 14. Dauer des Ausbaues. — 15. Verschiedene Ausführung des Ausbaues im einzelnen. — 16. Arten der auszubauenden Hohlräume. — 17. Nachfolgender und voreilender Ausbau.

B. Die verschiedenen Arten der Ausführung des Ausbaues . . 15

a) Der Ausbau in Holz 15

1. Allgemeines 15

18. Die für den Ausbau verwandten Holzarten. — 19. Erforderliche Eigenschaften der Grubenhölzer. — 20. Beeinflussung der Eigenschaften der Hölzer durch die besonderen Verhältnisse. — 21. Eigenschaften der bergmännisch wichtigen Holzarten. — 22. Fäulniserscheinungen beim Holz. — 23. Bekämpfung der Fäulniserscheinungen. — 24. Allgemeine Beurteilung der Tränkungsverfahren. — 25. Tränkflüssigkeiten. — 26. Tränkverfahren. — 27. Kosten der Tränkung. — 28. Beschaffung und Bearbeitung des Holzes. — 29. Gewinnung und Verwertung von Abfallholz.

2. Einfacher Holzausbau (Stempelausbau) 29

30. Allgemeines. — 31. Anwendung und Ausführung des einfachen Stempelausbaues. — 32. Nachgiebiger Stempelausbau. — 33. Angespitzte Stempel. — 34. Ausbau mit Spreizen oder Streben. — 35. Stempelausbau mit Biegungsbeanspruchung.

3. Zusammengesetzter Holzausbau 37

36. Vorbemerkung. — 37. Holzpfeiler. — 38. Türstockzimmerung. — 39. Vergleich der verschiedenen Türstockarten. — 40. Abarten der Türstockzimmerung. — 41. Nebenaufgaben der Türstockzimmerung. — 42. Verbindung zwischen den

Seite

einzelnen Türstöcken. — 43. Nachgiebige Türstockzimmerung. — 44. Geviertzimmerung. — 45. Schalholzzimmerung. — 46. Schalholzzimmerung im Abbau. — 47. Schalholzzimmerung in Strecken. — 48. Schalholzzimmerung in Strecken über offenen Räumen. — 49. Verzug bei der Schalholzzimmerung. — 50. Nachgiebige Schalholzzimmerung. — 51. Übergänge und Verbindungen zwischen Türstock- und Schalholzzimmerung. — 52. Der Ausbau mit Firstenbänken. — 53. Die Schwalbenschwanzzimmerung.

4. Voreilender Ausbau (Getriebe- und Abtreibezimmerung) 57

54. Wesen des voreilenden Ausbaues. — 55. Getriebe- oder Abtreibezimmerung; Allgemeines. — 56. Firstengetriebe. — 57. Streckengetriebe und Vertäfelung. — 58. Vortreibezimmerung im Abbau. — 59. Vortreiben der Pfähle. — 60. Unterstützung der Pfähle. — 61. Abtreiben in zwei Abschnitten. — 62. Vortreibezimmerung und Verhieb.

b) Der Ausbau in Eisen 66

63. Vorbemerkung.

1. Einfacher Eisenausbau 67

64. Anwendungsgebiet und Erfordernisse. — 65. Beschreibung einiger eiserner Stempel. — 66. Beurteilung der eisernen Stempel.

2. Zusammengesetzter Eisenausbau 73

67. Türstockausbau in Eisen. — 68. Nachgiebiger Eisenausbau. — 69. Schalholzausbau in Eisen. — 70. Ausbau mit Gestellen. — 71. Vollständig geschlossener (rohrartiger) Ausbau in Eisen.

c) Ausbau in Stein 81

72. Bedeutung des Ausbaues in Stein.

1. Mauerung 82

73. Steine. — 74. Luftmörtel. — 75. Wassermörtel. — 76. Mörtelmischungen. — 77. Magnesiazement. — 78. Ausführung der Mauerung im allgemeinen. — 79. Formen der Mauerung. — 80. Einfache Anwendungen der Grubenmauerung. — 81. Schwierigere Ausführungen der Grubenmauerung. — 82. Tragewerk. — 83. Verfahren bei der Herstellung der Mauerung. — 84. Verbindungen zwischen Mauerung und Eisen- oder Holzausbau. — 85. Nachgiebige Mauerung. — 86. Mauerung mit Wärmeschutz.

2. Betonausbau 98

87. Überblick. — 88. Betonmischungen. — 89. Ausführung des Betonausbaues. Allgemeines. — 90. Lehrgerüste. — 91. Stampf- und Preßverfahren. — 92. Bedeutung des Eisenbetons. — 93. Ausführung des Eisenbetonausbaues im einzelnen. — 94. Ausführung des Eisenbetonausbaues im ganzen. — 95. Eisenbetonausbau für sehr starken Druck. — 96. Nachgiebigkeit beim Beton- und Eisenbetonausbau.

3. Allgemeines über die Ausbauarten in Stein 108

97. Vergleichender Rückblick. — 98. Kostenvergleich.

C. Allgemeine Gesichtspunkte für die Verringerung der Stein- und Kohlenfallgefahr 111

99. Einige Ratschläge der Stein- und Kohlenfall-Kommission. — 100. Verhütung oder Verringerung gefährlicher Druckerscheinungen. — 101. Vorsichtsmaßregeln beim Ausbau selbst. — 102. Besondere Maßregeln gegenüber überhängenden Massen. — 103. Maßnahmen allgemeiner Natur. — 104. Verbauregeln.

II. Der Schachtausbau 116

105. Vorbemerkungen.

Seite

A. Der Ausbau mit Gevierten und schmiedeeisernen Ringen mit Verzug 118

a) Der Geviertausbau in Holz 118

106. Allgemeines. — 107. Ganze Schrotzimmerung und Bolzenschrotzimmerung. — 108. Anwendbarkeit, Kosten. — 109. Schachteinbau in Holz.

b) Der Profileisenausbau 121

110. Ausbau rechteckiger Schächte. — 111. Ausbau runder Schächte.

B. Geschlossener Ausbau von Schächten 124

a) Die Mauerung 124

112. Einleitende Bemerkungen. — 113. Steine und Mörtel. — 114. Mauerungsabsätze. — 115. Mauerfüße. — 116. Ausführung der Mauerung. — 117. Wasserdichte Schachtmauerung. — 118. Die Benutzung von Bühnen bei der Schachtmauerung. — 119. Das Mauern von einer schwebenden Bühne aus. — 120. Segmentweise Ausmauerung. — 121. Nachgiebige Schachtmauerung. — 122. Leistungen und Kosten.

b) Der Beton und Eisenbeton 133

123. Vorbemerkungen. — 124. Ausführungsarten. — 125. Ausführungsbeispiel für Formsteine. — 126. Ausführungsbeispiele für eine Stampfbetonwand mit Formstein-Verschalung. — 127. Ausführungsbeispiele für eine mit Lehrgerüst hergestellte Stampfbetonwand. — 128. Der Breilsche Verbundausbau. — 129. Nachgiebigkeit des Betonausbaues.

c) Gußringausbau (Küvelage) 142

130. Einleitende Bemerkungen. — 131. Englischer und deutscher Gußringausbau. — 132. Keilkränze. — 133. Herrichtung des Keilkranzbettes. — 134. Das Legen und Verkeilen des Keilkranzes. — 135. Doppelter Keilkranz. — 136. Sonstige Abdichtungen von Keilkränzen. — 137. Der Einbau und das Verkeilen der englischen Gußringteile. — 138. Die Dichtung des deutschen Gußringausbaues. — 139. Der Einbau der deutschen Gußringe von unten nach oben. — 140. Der obere Anschluß. — 141. Das Unterhängen der Gußringe oder der Einbau von oben nach unten. — 142. Anschluß der Unterhängegußringe an den unteren Keilkranz. — 143. Bewährung der Unterhängegußringe. — 144. Vergleich des englischen und des deutschen Gußringausbaues. — 145. Wandstärke der Gußringe. Die Druckbeanspruchung. — 146. Die Wirkung der Biegungsbeanspruchung im Verein mit der Druckbeanspruchung. — 147. Gußringe aus Stahlguß. — 148. Gußringe für große Teufen oder besonders hohe Drücke. — 149. Gußringe als Tragekränze. — 150. Kastenausbau aus Stahlguß oder Schmiedeeisen.

Siebenter Abschnitt.

Schachtabteufen.

1. Einleitende Bemerkungen.

I. Das gewöhnliche Abteufverfahren 163

A. Das Abteufen ohne besondere Vorkehrungen 163

a) Einleitende Bemerkungen 163

2. Allgemeines. — 3. Überblick über die für das Abteufen erforderlichen Tagesanlagen.

b) Die Abteufarbeit 167

4. Ausführung der Gewinnungsarbeit. — 5. Ansetzen der Schüsse. — 6. Die Zündung der Schüsse. — 7. Ableiten des Schachtes. — 8. Schichten- und Arbeitseinteilung. — 9. Gedinge.

Seite

c) Einrichtungen für die Förderung 170

10. Fördergerüst. — 11. Abteuffördermaschine. — 12. Fördergefäße. — 13. Entleerung der Kübel. — 14. Führungseile. — 15. Die Spannlager und ihre Anordnung im Verhältnis zu den Mauerabsätzen. — 16. Führungsschlitten.

d) Die sonstigen Betriebseinrichtungen 178

17. Bewetterung. — 18. Beleuchtung. — 19. Fahrung.

e) Leistungen und Kosten 181

20. Leistungen. — 21. Kosten.

f) Das Weiterabteufen von Schächten unterhalb einer im Betrieb befindlichen Sohle 182

22. Das Weiterabteufen von Schächten mit Benutzung von Aufbrüchen. — 23. Das Weiterabteufen von Schächten ohne Benutzung von Aufbrüchen.

B. Abteufen im schwimmenden Gebirge 187

24. Einleitung.

a) Das gewöhnliche Anstecken. 188

25. Ausführung im allgemeinen. — 26. Die Arbeiten im einzelnen. — 27. Sicherung der Sohle. — 28. Kosten.

b) Das senkrechte Anstecken 191

29. Allgemeines. — 30. Das senkrechte Anstecken mit hölzernen Pfählen. — 31. Das senkrechte Anstecken mit eisernen Spundwänden. — 32. Anwendbarkeit und Kosten der eisernen Spundwände.

II. Das Senkschachtverfahren 195

a) Einleitung 195

33. Allgemeines über Art und Wesen des Verfahrens. — 34. Die bei wachsender Teufe auftretenden Schwierigkeiten und die Verwendung mehrerer Senkkörper. — 35. Verwendungsbereich.

b) Einrichtungen über Tage und vorbereitende Arbeiten . . 197

36. Fördergerüst. — 37. Fördermaschine und Förderkabel und sonstige Einrichtungen.

c) Die Senkkörper und ihr Einbau 198

38. Einteilung. — 39. Die Mauersenkschächte. Der Schneidschuh. — 40. Die Verankerung. — 41. Das Mauerwerk. — 42. Der Einbau und das Hochmauern des Senkkörpers. — 43. Die Teufengrenze für Mauersenkschächte. — 44. Senkkörper aus Beton. — 45. Die gußeisernen Senkkörper. Der Schneidschuh. — 46. Die Gußringwand. — 47. Verbundsenkkörper. — 48. Der Einbau der gußeisernen Senkzylinder. — 49. Anschüttung. — 50. Betonpfropfen. — 51. Führung für die Senkzylinder.

d) Die eigentlichen Abteufarbeiten. 205

52. Einleitende Bemerkungen. — 53. Arbeit auf der Sohle. — 54. Arbeit im toten Wasser. Überblick. — 55. Sackbohrer. — 56. Eimerbagger. — 57. Greifbagger. — 58. Stoßbohrverfahren von Pattberg.

e) Mittel zur Beförderung des Niedersinkens der Senkkörper 210

59. Gewichte. — 60. Pressen. — 61. Druckausgleichvorrichtung. — 62. Allgemeines über Widerlager. Mauerwerk als Widerlager für den ersten Senkkörper. — 63. Der Mauersenkschacht als Widerlager. — 64. Druckring. — 65. Andere Mittel zur Beförderung eines gleichmäßigen Niedersinkens.

Seite

f) Die Anschlußarbeiten 215

66. Der Anschluß der Mauersenkschächte an das feste Gebirge. — 67. Das Unterfangen des Schneidschuhes. — 68. Der Anschluß der gußeisernen Senkschächte nach unten und nach oben.

g) Leistungen, Kosten 217

69. Leistungen. — 70. Kosten.

III. Das Abteufen unter Anwendung von Preßluft . . . 219

71. Allgemeines. — 72. Senkschacht mit eingebauter Schleuseneinrichtung. — 73. Anwendungsbeispiele. — 74. Gesundheitschädliche Einwirkungen des Verfahrens und seine Anwendbarkeit im allgemeinen.

IV. Das Schachtabbohren bei unverkleideten Stößen . 223

A. Das Schachtbohrverfahren in festem Gebirge nach Kind-Chaudron 223

75. Einleitende Bemerkungen über Wesen und Art des Verfahrens.

a) Das Abbohren des Schachtes 224

76. Vorbereitende Arbeiten. — 77. Die Bohrarbeit im allgemeinen und die erforderlichen Einrichtungen. — 78. Bohrgerüst. — 79. Bohrvorrichtung. — 80. Löffelmaschine, Kabelmaschine. — 81. Der kleine und der große Bohrer. — 82. Gestänge und Zwischenstücke. — 83. Das Löffeln. — 84. Verlorene Verrohrung in Nachfallschichten.

b) Das Auskleiden des Schachtes 232

85. Die Gußringwand für Bohrschächte. — 86. Moosbüchse, falscher Boden, Gleichgewichtsrohr. — 87. Das Einlassen der Auskleidung. — 88. Tauchwandung. — 89. Schachtauskleidung ohne Moosbüchse. — 90. Das Einhängen der Auskleidung ohne Moosbüchse. — 91. Das Betonieren. — 92. Das Sümpfen und Fertigmachen des Schachtes zum Weiterabteufen.

c) Leistungen und Kosten 239

93. Leistungen. — 94. Kosten.

B. Das Schachtabbohren im lockeren Gebirge. Verfahren nach Honigmann, Friedrich Thyssen, Stockfisch 241

95. Das Wesen des Verfahrens. — 96. Die ältere Honigmannsche Ausführung. — 97. Das Verfahren der Gewerkschaft Friedrich Thyssen. — 98. Das Stockfischsche Verfahren. — 99. Leistungen, Kosten, Anwendbarkeit des Verfahrens.

V. Das Gefrierverfahren 245

a) Einleitung 245

100. Geschichtliches. — 101. Wesen und Anwendbarkeit des Pötschschen Verfahrens im allgemeinen.

b) Tagesanlagen und vorbereitende Arbeiten 246

102. Tagesanlagen, Vorschacht, Bohr- und Fördergerüst. — 103. Die Anordnung und Fertigstellung der Bohrlöcher. — 104. Die Gefrierrohre. — 105. Die Einfallrohre und die Laugenverteilung.

c) Die Kälteerzeugung 252

106. Die Anlage im allgemeinen. — 107. Der Kreislauf des Kälteerzeugers. — 108. Die verschiedenartige Eignung des Ammoniaks und der Kohlensäure als Kälte-

Seite

erzeuger. — 109. Tiefkälteverfahren. — 110. Die Kälteflüssigkeit und ihr Kreislauf. — 111. Der Weg (Kreislauf) des Kühlwassers. — 112. Beispiel für den Bedarf an Ammoniak, Chlormagnesiumlauge und Kühlwasser.

d) Theoretische Betrachtungen 258

113. Berechnung der erforderlichen Wärmeeinheiten. — 114. Druckfestigkeit des gefrorenen Gebirges. — 115. Die erforderliche Stärke der Frostwand und die Abteufgrenzen.

e) Der tatsächliche Gefrierverlauf und das Abteufen . . . 263

116. Bildung des Frostkörpers. — 117. Beeinflussung der Frostkörperbildung. — 118. Die Beobachtung der Frostkörperbildung und der Beginn des Abteufens. — 119. Das Abteufen. — 120. Der Ausbau. — 121. Das Auftauen des Frostkörpers und das Ziehen der Gefrierrohre.

f) Gefrieren in Absätzen 273

122. Abteufen mittels des Gefrierverfahrens in Absätzen.

g) Leistungen und Kosten 275

123. Leistungen. — 124. Kosten.

VI. Die Versteinung (Zementierung) des Gebirges . . 276

125. Einleitende Bemerkungen.

A. Die Sicherung bereits abgeteufter Schächte durch Versteinung 277

126. Geschichtliches. — 127. Ausführung der Zementtränkung bei undichten Schachtwandungen. — 128. Wasserabschluß am Fuße von Senk- und Bohrschächten.

B. Die Versteinung beim Schachtabteufen 280

129. Geschichtliches.

a) Allgemeines 281

130. Wesen des Verfahrens und seine Anwendbarkeit in verschiedenartigem Gebirge. — 131. Ausspülen des Gebirges. — 132. Wahl des Zementes und des Mischungsverhältnisses. — 133. Die bei der Zementeinführung zu beobachtenden Bedingungen. — 134. Zeitdauer des Erhärtens des Zementes und räumliche Ausdehnung der Versteinung.

b) Handhabung des Verfahrens beim Schachtabteufen . . 284

135. Einteilung. — 136. Zementierung von der Tagesoberfläche her. Auskleidung und Fassung der Bohrlöcher. — 137. Tränkung der Bohrlöcher. — 138. Rückleitung der überschüssigen Zementtrübe. — 139. Angaben über tatsächliche Ausführungen und Kosten. — 140. Zementtränkung in Absätzen von der Schachtsohle aus. Allgemeines. — 141. Die Standrohrlöcher und das Einzementieren der Standrohre. — 142. Die Zementierlöcher. — 143. Die Tränkung der Zementierlöcher. — 144. Angaben über tatsächliche Ausführungen und Kosten.

VII. Vergleichender Rückblick auf die Anwendbarkeit der verschiedenen besonderen Abteufverfahren . . . 292

145. Überblick. — 146. Vergleichende Einzelbesprechung.

Achter Abschnitt.

Förderung.

1. Einleitung. — 2. Überblick über die Grubenförderung.

Seite

I. Die Abbauförderung 296

3. Bedeutung der Abbauförderung.

A. Einfache Förderverfahren 296

4. Tragen und Schleppen. — 5. Karrenförderung. — 6. Einfache Wagenförderung im Abbau. — 7. Förderung mit niedrigen Wagen. — 8. Rutschenförderung und andere einfache Hilfsmittel.

B. Maschinelle Abbauförderung für größere Leistungen . . 299

9. Bedeutung und Anwendungsgebiet der maschinellen Abbauförderung. — 10. Arten der maschinellen Abbauförderung. — 11. Allgemeines über den Fördervorgang bei Schüttelrutschen. — 12. Pendel- oder Hängerutschen. — 13. Rollenrutschen. — 14. Ausführung der Rutschen selbst. — 15. Vorschieben des Rutschenstranges. — 16. Antrieb der Schüttelrutschen. Allgemeines. — 17. Antrieb mit Preßluftmotoren. — 18. Elektrischer Antrieb. — 19. Die Aufstellung des Motors. — 20. Kraftbedarf und Leistungen. — 21. Kosten der Schüttelrutschenförderung. — 22. Bergeförderung mittels Schüttelrutschen. — 23. Beurteilung und Verwendungsgebiet der Schüttelrutschenförderung. — 24. Haspelförderung im Abbau.

II. Die Streckenförderung 322

25. Allgemeine Möglichkeiten.

A. Förderwagen 322

26. Allgemeine Erfordernisse. — 27. Wagenkasten. — 28. Radsatz. — 29. Lagerung und Schmierung von Achsen und Rädern. Offene Lager. — 30. Geschlossene Lager. — 31. Achsen und Räder. — 32. Besondere Wagenformen. — 33. Entleerung von Förderwagen mit Versatzbergen. — 34. Wagenbeschaffung und -behandlung. — 35. Gewichte und Kosten der Förderwagen.

B. Gestänge 339

36. Allgemeines. — 37. Schienen. — 38. Holzschwellen. — 39. Eiserne Schwellen. — 40. Verlegen der Gestänge. — 41. Aufgleisvorrichtungen. — 42. Verbindung von Schienensträngen miteinander. Wendeplätze. — 43. Wechsel.

C. Allgemeine Erwägungen über die Bewegung von Förderwagen auf Schienenbahnen 353

44. Die bei der Bewegung von Förderwagen auf söhliger Schienenbahn zu überwindenden Widerstände. — 45. Gefälleverhältnisse und ihre Bedeutung. — 46. Überwachung der Reibungsverhältnisse im Betriebe. — 47. Das Tonnenkilometer als Einheit. — 48. Bedeutung eines guten Zustandes der Wagen und Gestänge.

D. Die Betätigung der Wagenförderung 359

49. Überblick.

a) Förderung durch Menschen und Tiere 360

50. Menschenförderung. — 51. Förderung mit Tieren. Allgemeines. — 52. Unterirdische Pferdeställe. — 53. Einrichtungen in den Förderstrecken. — 54. Wagenzüge. — 55. Ergebnisse der Pferdeförderung.

b) Maschinelle Streckenförderung 365

56. Einteilung.

1. Förderung mittels feststehender Maschinen 365

57. Vorbemerkung. — 58. Förderung mit Vorder- und Hinterseil. — 59. Andere Förderverfahren. — 60. Wesen und Bedeutung. — 61. Unterarten der Förderung mit

Seite

endlosem Zugmittel. — 62. Antrieb. — 63. Spannscheibe. — 64. Lage der Antriebsmaschine. — 65. Kraftbedarf. — 66. Triebmittel. — 67. Größere Streckenförderanlagen. — 68. Trag- und Kurvenrollen. — 69. Mitnehmer. — 70. Besonderheiten bei Mitnehmern. — 71. Anschlagspunkte. — 72. Signalgebung. — 73. Kosten der Förderung mit Seil ohne Ende. — 74. Besonderheiten der Kettenförderungen.

2. Beurteilung der Förderung mit geschlossenem Zugmittel. 387

75. Vergleich zwischen Seil und Kette. — 76. Beurteilung der Förderung mit endlosem Zugmittel und einzelnen Wagen.

3. Allgemeines über die Förderung mit beweglichen Maschinen (Lokomotivförderung) 390

77. Die Entwicklung der Lokomotivförderung. — 78. Kraftbedarf und Gewicht der Grubenlokomotiven.

4. Einzelbeschreibung der Grubenlokomotiven 391

79. Arten der Grubenlokomotiven. — 80. Brennstoff-Lokomotiven. — 81. Fahrdrahtlokomotiven. — 82. Akkumulator-Lokomotiven. — 83. Preßluftlokomotiven. — 84. Vergleich der verschiedenen Lokomotivarten.

5. Beurteilung der Lokomotivförderung. Lokomotivbetrieb 404

85. Vergleich zwischen Lokomotivförderung und Förderung mit endlosem Zugmittel. — 86. Abgrenzung der Anwendungsgebiete der Lokomotiv- und Seilförderung. — 87. Der Förder- und Verschiebebetrieb. — 88. Verständigungs- und Signalvorrichtungen. Unterirdische Lokomotivwerkstätten. — 89. Mannschaftsfahrung mit Lokomotiven. — 90. Leistungen und Kosten der Lokomotivförderung.

III. Die Brems- und Haspelförderung 416

A. Bremsbergförderung 416

a) Allgemeines. Arten der Bremsbergförderung 416

91. Vorbemerkung. — 92. Einteilung der Bremsberge. — 93. Verfügbare und erforderliche Zugkraft beim Bremsbetriebe. — 94. Eintrümmige Bremsberge. — 95. Zweitrümmige Bremsberge. — 96. Bremsbergbetrieb bei geringen Neigungswinkeln. — 97. Ausnutzung der überschüssigen Kraft von Bremsbergen.

b) Die zum Bremsbergbetrieb erforderlichen Anlagen und Vorrichtungen 423

1. Ausgestaltung des Bremsberges selbst 423

98. Raumbedarf. — 99. Gestänge. — 100. Einrichtung der Zwischenanschläge. — 101. Einrichtungen am Fuße des Bremsberges.

2. Bremsbetrieb 428

102. Das Bremswerk. — 103. Bremsgestelle. — 104. Gegengewichte.

B. Bremsschachtförderung 435

105. Allgemeines über seigere Bremsschächte. — 106. Einrichtung seigerer Bremsschächte im einzelnen. — 107. Ausnutzung überschüssiger Zugkräfte.

C. Bremsberge und Bremsschächte mit Hochförderung von Lasten . 437

108. Erläuterung. — 109. Bergeförderung mit Hilfe von unmittelbaren Gewichtsunterschieden. — 110. Förderung mit Wasserkasten. — 111. Bergeförderung mit Differentialtrommeln. — 112. Zusammenfassung.

D. Rollochförderung 439

113. Rollochförderung in der Grube. Vorbemerkung. — 114. Füllung der Rollen. — 115. Entleerung der Rollen. — 116. Stürzrollen von der Tagesoberfläche aus.

Seite

E. Aufwärtsgehende Förderung unter Tage 442

117. Vorbemerkung. — 118. Förderhaspel. Antrieb. — 119. Bauarten der Förderhaspel. — 120. Aufstellung der Förderhaspel. — 121. Die Seile bei der Haspelförderung.

F. Sicherheitsvorrichtungen bei der Brems- und Haspelförderung . 449

122. Überblick.

a) Fangvorrichtungen 449

123. Vorbemerkung. — 124. Fangvorrichtungen für Förderung mit offenem Seil. — 125. Fangvorrichtungen für Förderung mit geschlossenem Zugmittel.

b) Sicherheitsverschlüsse 451

126. Allgemeines. — 127. Einfache Verschlüsse. — 128. Selbstwirkende Verschlußeinrichtungen. Überblick. — 129. Einrichtungen am Anschlag. — 130. Verschlüsse mit unmittelbarer Betätigung durch das Gestell. — 131. Zusammenwirken von Gestell und Anschlag. — 132. Verschlüsse, deren Betätigung von der Stellung des Bremshebels abhängig gemacht wird.

IV. Die Schachtförderung 459

A. Einleitung 459

133. Bedeutung der Schachtförderung für die verschiedenen Bergbaugebiete. — 134. Allgemeine Möglichkeiten der Schachtförderung.

B. Gefäß- oder Kübelförderung 461

135. Einiges über die Ausführung der Gefäßförderung. — 136. Beurteilung der Gefäßförderung und Vergleich mit der Gestellförderung.

C. Gestellförderung 464

a) Die im Schachte sich bewegenden Teile und die unmittelbar für sie bestimmten Vorrichtungen 464

1. Die Förderseile 464

137. Vorbemerkung. — 138. Pflanzenfaserseile. — 139. Drahtseile. Allgemeine Bemerkungen. — 140. Bandseile. — 141. Rundseile. Herstellung im allgemeinen. — 142. Herstellung der Litzenseile. — 143. Besondere Arten von Litzenseilen. — 144. Patentverschlossene Seile. — 145. Verjüngte Seile. — 146. Prüfung und Überwachung der Förderseile im Betriebe. — 147. Berechnung von Förderseilen. — 148. Das Auflegen der Förderseile. — 149. Leistungen und Kosten von Förderseilen. — 150. Verschiedenheiten in der Bruchgefahr bei Förderseilen.

2. Die Fördergestelle 480

151. Größe der Fördergestelle. — 152. Bauart der Fördergestelle. — 153. Festhalten der Wagen auf dem Gestell. — 154. Seilfahrt mit Fördergestellen. — 155. Ersatzfördergestelle.

3. Die Verbindungstücke zwischen Seil und Fördergestell. (Das Zwischengeschirr) 484

156. Seileinband. — 157. Kausche. — 158. Seilschlösser. — 159. Die eigentlichen Zwischengeschirrteile. — 160. Unterseilgehänge.

4. Die Schachtleitungen 490

161. Anordnung der Schachtleitungen. — 162. Ausführung der Schachtleitungen im einzelnen. Holzführungen. — 163. Eiserne Führungen. — 164. Seilführungen.

Seite

5. Die Aufsetz- und Anschlußvorrichtungen an Hängebank und Füllort . 495

165. Allgemeines über die Verwendung von Aufsetzvorrichtungen. — 166. Ausbildung der Aufsetzvorrichtungen im einzelnen. — 167. Schwenkbühnen an Stelle von Aufsetzvorrichtungen. — 168. Bewegliche Aufsetzbühnen.

b) Der Betrieb der Gestellförderung 499

1. Die Bedienung der Fördergestelle an Hängebank und Füllort . . 499

169. Allgemeines über die Bedienung ein- und mehrbödiger Gestelle. — 170. Beschleunigung der Bedienung. — 171. Vermehrung der Abzugbühnen. — 172. Bewegliche Abzugbühnen. — 173. Beschleunigung der Seilfahrt. — 174. Verbilligung der Bedienung durch selbsttätige Vorrichtungen. — 175. Wagen-Stoß- und Zugvorrichtungen. — 176. Benutzung von Gefälle. — 177. Erleichterung des Wagenumlaufs an Füllort und Hängebank. — 178. Beurteilung der Hilfseinrichtungen für den Wagenwechsel. — 179. Leistungen bei der Schachtförderung.

2. Die Betätigung der Schachtförderung 514

180. Wesen der Trommelförderung. — 181. Bedeutung der Ausgleichung des Seilgewichtes. — 182. Unterseil. — 183. Besondere Ausführungen der Unterseil-Ausgleichung. — 184. Beurteilung der Seilausgleichung mit Unterseil. — 185. Nebenseile und Gegengewichte. — 186. Ausgleichung durch Gleichheit der statischen Momente. — 187. Bobinen. — 188. Seilkörbe mit Ausgleichung für Rundseile. — 189. Vorbedingungen für die Förderung mit Treibscheibe. — 190. Beurteilung der Treibscheibenförderung. — 191. Abarten der Treibscheibenförderung. — 192. Anwendungsgebiet der Treibscheibenförderung. — 193. Tandem-Förderung. — 194. Förderung mit Ersatz der Gestelle durch kleine Fördergefässe an endlosem Zugmittel. — 195. Kastenförderung. — 196. Zahnstangenförderung. — 197. Pneumatische Förderung. — 198. Wasserauftriebverfahren. — 199. Rückblick.

3. Sicherheitsvorrichtungen bei der Schachtförderung 529

200. Überblick. Unfallmöglichkeiten bei der Seilfahrt. — 201. Beurteilung der Fangvorrichtungen. — 202. Abhängigkeit des Fangvorganges von den Förderverhältnissen. — 203. Allgemeine Anforderungen an Fangvorrichtungen. — 204. Grundgedanken für den Bau von Fangvorrichtungen. — 205. Ältere Fangvorrichtungen. — 206. Neuzeitliche Fangvorrichtungen. — 207. Fangvorrichtungen für Seilführungen. — 208. Überblick. — 209. Gegeneinander geneigte Spurlatten. — 210. Seilauslösevorrichtungen. — 211. Fangstützen (Notkeps) für übergetriebene Förderkörbe. — 212. Grundgedanken. — 213. Teufenzeiger und Geschwindigkeitsmesser. — 214. Ältere Sicherungsvorrichtungen. — 215. Neuere Hemmvorrichtungen. — 216. Einwirkung auf die Steuerung der Fördermaschine.

4. Signalvorrichtungen bei der Schachtförderung 547

217. Überblick. — 218. Akustische Signale. — 219. Elektrische Signalvorrichtungen. — 220. Optische Signale. — 221. Vereinigte Hör- und Schausignale. — 222. Signalisierung zur Fördermaschine. Fernsprecher. — 223. Signalgebung vom Förderkorbe aus.

5. Fördergerüste und Seilscheiben 552

224. Fördergerüste. — 225. Fördertürme. — 226. Seilscheiben.

Neunter Abschnitt.

Wasserhaltung.

I. Die Beziehungen zwischen Bergbau und Wasser . . 557

A. Die Wasserzuflüsse nach Herkunft, Menge und Zusammensetzung 557

1. Vorbemerkung. — 2. Die atmosphärischen Niederschläge. — 3. Das Grundwasser. — 4. Störungen als Wasserzubringer. — 5. Die verschiedenartige Stellung

Seite

des Bergbaues gegenüber den Wassern. — 6. Die Wasserführung des Gebirges im Ruhrbezirk. — 7. Zusammensetzung des Grubenwassers.

B. Maßnahmen und Vorrichtungen zur Fernhaltung der Wasser von den Grubenbauen 564

8. Maßnahmen über Tage. — 9. Maßnahmen und Vorrichtungen unter Tage. — 10. Wasserabdämmungen. Allgemeines. — 11. Wasserdämme. — 12. Dammtore.

C. Ausrichtung der Grube im Hinblick auf die Wasserhaltung . 568

13. Stollen. — 14. Sumpfanlagen in Tiefbaugruben. — 15. Sumpfanlagen auf verschiedenen Sohlen und Ausnutzung der sog. Abfallwasser. — 16. Neigung der Ausrichtungstrecken. — 17. Entwässerung des Gebirges vor Einleitung des Abbaues.

II. Wasserhebevorrichtungen 572

18. Überblick.

A. Kolbenpumpen 572

19. Einleitende Bemerkungen und Einteilung.

a) Oberirdische (Gestänge-) Wasserhaltungen (Kolbenpumpen mit Antriebsmaschinen über Tage) 573

20. Hubpumpen. — 21. Doppeltwirkende Rittingerpumpen, Perspektivpumpen. — 22. Druckpumpen. — 23. Gestänge und Antrieb der oberirdischen Wasserhaltungen.

b) Unterirdische Wasserhaltungen (Kolbenpumpen mit Antriebsmaschinen unter Tage) 576

24. Ort der Aufstellung. — 25. Die Pumpen. — 26. Triebkräfte. — 27. Dampfwasserhaltung. Maschinen mit Schwungrad. — 28. Maschinen ohne Schwungrad. — 29. Duplexpumpen. — 30. Nachteile des Dampfes als Antriebsmittel unter Tage. — 31. Die hydraulische Wasserhaltung. — 32. Elektrisch angetriebene Kolbenpumpen. —

c) Rückblick 588

33. Vergleich der oberirdischen und unterirdischen Wasserhaltung. — 34. Kosten der unterirdischen Wasserhaltung mit Kolbenpumpen.

B. Kreiselpumpen 589

35. Wesen, Wirkung und Antrieb. — 36. Besonderheiten der Kreiselpumpen. — 37. Vergleich mit der Kolbenpumpe. — 38. Anwendbarkeit für das Schachtabteufen.

C. Sonstige Wasserhebevorrichtungen 593

39. Wasserhebung mittels der Fördermaschine. — 40. Die Tomsonsche Wasserziehvorrichtung. — 41. Strahlpumpen. — 42. Mammutpumpen. — 43. Pulsometer. — 44. Heber.

III. Besondere Fälle der Wasserhaltung 602

45. Die Wasserhaltung beim Schachtabteufen. — 46. Anwendbarkeit der verschiedenen Wasserhebevorrichtungen. — 47. Besondere Vorkehrungen an Abteufpumpen. — 48. Abteufen unter Benutzung eines Bohrlochs. — 49. Die Sümpfung ersoffener Gruben. — 50. Sümpfungsbeispiele.

Seite

Zehnter Abschnitt.

Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte.

I. Grubenbrände.

A. Wesen, Entstehung und Verhütung von Grubenbränden . . 607

1. Gefährdung der Gruben durch Brände über Tage. — 2. Brände unter Tage. Allgemeines. — 3. Flözbrände. — 4. Selbstentzündung der Kohle. — 5. Sonstige Ursachen von Flözbränden. — 6. Vorbeugende Maßnahmen. — 7. Sonstige Brände. — 8. Schachtbrände. — 9. Sicherheitsmaßnahmen. — 10. Brände in Bremsschächten.

B. Bekämpfung ausgebrochener Brände 613

11. Meldung. — 12. Anwendung des Wassers und des Spülverfahrens. — 13. Abdämmung. — 14. Hilfsdämme. — 15. Dämme für den endgültigen Abschluß. — 16. Brandtüren. — 17. Stoßabdichtungen.

C. Die bei Bränden auftretenden Gase 618

18. Brandgase, Brandwetter, Brandgasexplosionen.

II. Atmungsgeräte 619

19. Einleitung.

A. Schlauchgeräte 620

20. Saugschlauchgeräte. — 21. Druckschlauchgeräte. — 22. Anderweitige Luftzuführung.

B. Freitragbare Sauerstoffgeräte 623

23. Ältere Ausführungen.

a) Sauerstoffgeräte ohne Wiederbenutzung der Ausatmungsluft 623

24. Flüssige-Luft-Geräte. — 25. Die allgemeine Verwendbarkeit der Flüssige-Luft-Geräte.

b) Sauerstoffgeräte mit Wiederbenutzung der Ausatmungsluft 626

26. Allgemeines. Luftverbrauch des Menschen.

c) Geräte mit gasförmigem Sauerstoffvorrat 627

27. Einleitende Bemerkungen. — 28. Die Sauerstoffbehälter und die Ausflußregelung. — 29. Bindung der Kohlensäure. — 30. Der Umlauf der Atmungsluft. — 31. Hilfsvorrichtungen. — 32. Nasen- (Helm-) und Mundatmung. — 33. Einzelne Ausführungsformen. Dräger-Geräte. — 34. Das Audosgerät. — 35. Das Inhabadgerät. — 36. Atmungsgeräte für kürzere Benutzungsdauer.

d) Geräte mit chemisch gebundenem Sauerstoffvorrat (Pneumatogene) 636

37. Grundgedanke dieser Geräte.

C. Allgemeine und vergleichende Ausführungen 637

38. Vergleich zwischen den Schlauch- und den Sauerstoffgeräten. — 39. Gemeinsame Verwendung beider Arten von Atmungsvorrichtungen. — 40. Behandlung der Atmungsgeräte. — 41. Füllung der Sauerstoff-Flaschen. — 42. Wiederbelebungsvorrichtungen. — 43. Rettungstruppen. — 44. Zentralstellen. — 45. Unterirdische Rettungs- und Sicherheitskammern.

Sach- und Namenverzeichnis 645

Sechster Abschnitt.

Grubenausbau.

I. Der Grubenausbau in Abbaubetrieben und Strecken aller Art.

A. Wesen, Bedeutung und Arten des Grubenausbaues.

a) Allgemeine Bedeutung des Grubenausbaues.

1. — **Aufgaben des Grubenausbaues.** Der Grubenausbau hat zwei Hauptaufgaben: das Offenhalten der Grubenräume und den Schutz der Bergleute. Beide Aufgaben fallen in der Regel, aber keineswegs immer, zusammen.

Das Offenhalten der Grubenbaue schließt den Kampf des Bergmanns gegen den Gebirgsdruck in sich; der Ausbau soll das durch die Baue gestörte Gleichgewicht im Gebirge wiederherstellen, kommt also nach dieser Richtung hin vorzugsweise bei „druckhaftem“ Gebirge zur Geltung.

Dem Schutz der Leute dagegen dient in erster Linie das Zurückhalten loser Schalen oder Massen bei „gebrächem“ Gebirge.

Ein wenig gebräches, aber stark druckhaftes Gebirge kann an den Ausbau sehr hohe Anforderungen stellen; umgekehrt kann man sich in einem gebrächen, aber nicht druckhaften Gebirge vielfach mit einem verhältnismäßig leichten Ausbau begnügen.

Die Gefahren eines gebrächen Gebirges sind im Laufe der letzten Jahrzehnte immer schärfer erkannt und gewürdigt worden, und dementsprechend hat die Schutzaufgabe des Ausbaues neuerdings mit Recht immer größere Bedeutung erhalten. Wie wichtig diese Aufgabe im Verhältnis zur Bekämpfung anderer Gefahren ist, zeigt Abb. 1. Nach dieser wurden im Durchschnitt der Jahre 1896—1910 im unterirdischen Betriebe 41,25% der entschädigungspflichtigen und 42,32% der tödlichen Unfälle allein durch Stein- und Kohlenfall herbeigeführt. Allerdings kann der Ausbau bei der Bekämpfung dieser Gefahr nicht alles tun; vielmehr hat der Bergmann auch eine Reihe von Vorsichtsmaßregeln bei seiner Arbeit zu beachten, auf die am Schlusse dieses Abschnitts hingewiesen werden wird.

Gebrächem Gebirge sind lose und überhängende Massen gleich zu achten. Infolgedessen sind hierher auch Ausbauvorrichtungen zu rechnen, deren

Zweck das Tragen des Bergeversatzes oder Abfangen von Schweben bei steilerer Lagerung oder das Zurückhalten der Bruchmassen des alten Mannes in mächtigen Flözen ist.

Gelegentlich werden mit dem Ausbau auch andere Zwecke verfolgt. So dient er öfter lediglich zum dichten Abschluß der Stöße, z. B. im Tonschiefergebirge zur Verhütung der das „Quellen" begünstigenden Aufnahme von Feuchtigkeit aus den Wettern, in brandgefährlicher Kohle zum Abschluß des Luftsauerstoffes. Manchmal soll er auch die Verunreinigung der gewonnenen Kohle durch nachbrechende dünne Schieferlagen verhüten. Für diese Zwecke kommt es weniger auf die Stärke als vielmehr auf die Dichtigkeit des Ausbaues an. Besonders dicht muß der zur Fernhaltung der Gebirgswasser dienende Ausbau sein. Der wasserdichte Ausbau bildet eine Be-

Abb. 1. Darstellung der Unfallgefahr nach ihren verschiedenen Ursachen im Ruhrkohlenbergbau für die Zeit von 1896—1910.

sonderheit des Schachtausbaues, wogegen er in Strecken nur vereinzelt Anwendung findet. Neuerdings hat auch der Ausbau mit Wärmeschutz Bedeutung gewonnen, der in warmen Gruben die Ausstrahlung der Wärme von den Stößen herabmindern soll.

b) Gebirgsdruck[1]).

2. — Vorbemerkung. Der auf den Ausbau einwirkende Gebirgsdruck ist eine Größe, die sich jeder auch nur angenäherten Berechnung entzieht. Mit Sicherheit kann nur gesagt werden, daß es im Tiefbau ein aussichtsloses Unterfangen wäre, die ganze Last des über den Hohlräumen anstehenden Gebirges durch den Ausbau abfangen zu wollen. Eine einfache Rechnung für Fichtenholzstempel z. B. von 15 cm Durchmesser und 2 m Länge, in je 1 m Abstand gesetzt, von denen also jeder eine Fläche von 1 qm zu tragen haben würde, ergibt, daß bei einem spezifischen Gewicht des Gesteins von 2,5 schon eine Gesteinschale von 30 m Dicke jeden Stempel mit 30 cbm Gestein, d. h. $30000 \cdot 2{,}5 = 75000$ kg belasten würde, während nach verschiedenen Versuchen ein solcher Stempel höchstens etwa 50000 kg tragen kann.

[1]) Vgl. hierzu und zum folgenden auch die Erörterungen in Bd. I über „Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaues".

3. — Abhängigkeit des Gebirgsdruckes von der Gebirgsbeschaffenheit[1]). Nach Zusammenhalt und Festigkeit lassen sich die für den Bergmann wichtigsten Gesteine in Anlehnung an die Einteilung, wie sie in Bd. I im Abschnitt „Gewinnungsarbeiten" gegeben ist, in die nachstehende Übersicht eingliedern. Allerdings sind die einzelnen Gruppen nicht scharf geschieden, sondern durch zahllose Übergänge miteinander verbunden.

	Festigkeitsgrad				
	rollig	zäh	gebräch	fest	sehr fest
geschichtete Gebirgsarten	Sand, Kies, Schwimmsand	Lehm, Ton, Letten,	Kohle, Mergel, Tonschiefer, Carnallit	Schiefer, Sandstein, Kalkstein, Steinsalz, Hartsalz	Grauwacke, Quarzit, Konglomerat
ungeschichtete (massige) Gebirgsarten	Bruchmassen im alten Mann	—	—	massiges Steinsalz, Massenkalk	Granit, Basalt, Porphyr, Diabas

Zu dieser Übersicht sei folgendes bemerkt: Die rolligen und zähen Gebirgsmassen gehören zu den noch nicht durch Druck und chemische Umwandlungen verfestigten Gebirgsarten. Bei den rolligen Gebirgsmassen tritt der Druck sofort in seiner ganzen Stärke an der unterhöhlten Stelle auf, und das Nachbrechen der hangenden Massen erfolgt schon nach Herstellung eines verhältnismäßig kleinen Hohlraums (Abb. 2). Auf die Nachbarschaft des Hohlraumes wird also der lebendig gemachte Gebirgsdruck nicht übertragen; vielmehr tritt dort sogar eine gewisse Entlastung ein, da das Gebirge trichterartig nachrutscht und dadurch die Druckhöhe der seitlich vom Hohlraume noch anstehenden Massen verringert wird, anderseits die Stöße durch den Gegendruck der nachgerutschten Massen gestützt werden.

Abb. 2. Verhalten des Sandes über Hohlräumen.

Im Gegensatz zu diesem Verhalten tritt bei Ton über kleineren Hohlräumen wegen seiner zähen Beschaffenheit nur eine Durchbiegung ein, deren Maß mit der Erweiterung des Hohlraumes wächst. Die Wirkung des Gebirgsdruckes setzt also nicht ruckweise, sondern erst allmählich ein. Allerdings wird, da die über dem Hohlraum hängende Masse mit der in der Nachbarschaft anstehenden in Zusammenhang bleibt (ähnlich wie in Abb. 3), die durch das Gewicht der sinkenden Teile entstehende Zugspannung auf die anstehende Lagerstätte übertragen; der

[1]) Vgl. auch Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1910, S. 418; Nieß: Gebirgsdruck und Grubenbetrieb usw.

über dem Hohlraum frei gewordene Gebirgsdruck belastet also auch die Nachbarschaft mit einem Anteil des Gewichts der sinkenden Massen.

Zwischen rolligen und zähen Massen bestehen mancherlei Übergänge, die einmal durch die verschiedenen Korngrößen der rolligen Massen, anderseits durch deren verschiedenen Wassergehalt bedingt werden. Je grobkörniger und trockener die rolligen Gebirgsarten sind, um so reiner kommt das in Abb. 2 veranschaulichte Verhalten zur Geltung; je feinkörniger und wasserreicher diese Schichten auftreten, um so mehr nähern sie sich dem durch Abb. 3 dargestellten Verhalten. Besondere Erwähnung verdient der vom Bergmann gefürchtete Schwimmsand (Fließ, Fließsand, Schluffsand), ein äußerst feinkörniger oder mit Ton vermischter Sand, der das Wasser in zahllosen kapillaren Hohlräumen festhält und mit diesem eine zähe Masse bildet, die aber durch Hinzutreten von Wasser in fließende Bewegung gebracht werden kann.

Feste geschichtete Gesteine weisen (ähnlich wie Holz u. dgl.) quer zur Schichtung einen schwächeren Zusammenhalt auf als in der Ebene der Schichtfläche. Und zwar ist dieser Unterschied um so schärfer ausgeprägt, je dünnbänkiger der Schichtenbau ist.

Abb. 3. Verhalten des Tonschiefers über Hohlräumen.

Ungeschichtete, verfestigte Gesteine zeigen durchweg, mögen sie aus wässeriger Lösung niedergeschlagen oder aus schmelzflüssigem Zustande erhärtet sein, kristallinische Beschaffenheit und daher infolge des Ineinandergreifens der einzelnen Kristalle große Festigkeit und eine gewisse Zähigkeit, zu der bei den Erstarrungsgesteinen eine große Festigkeit hinzutritt. Ihr Zusammenhalt ist an und für sich nach allen Richtungen hin gleichmäßig, wird aber vielfach (besonders auffällig beim Basalt) durch Absonderungsklüfte gestört.

Übergänge zwischen geschichtetem und massigem Gestein ergeben sich, wenn die Schichtgesteine in dicken Bänken auftreten. Hierhin gehören z. B. manche Sandsteine, und auch beim Steinsalz tritt häufig die Schichtung so sehr zurück, daß man den Eindruck eines Massengesteins erhält.

Gebräch ist ein Gestein, wenn entweder die Schichtfugen sehr zahlreich sind (z. B. dünnplattiger Schiefer) oder außer den Schichtfugen noch Querklüfte aller Art (Schnitte, Lösen, Schlechten, Spalten) auftreten. Hierhin gehören auch Gesteine mit fremden Einlagerungen, die mit dem umgebenden Gestein nur lose zusammenhängen. Hervorzuheben sind hier die dem Steinkohlenbergmann bekannten „Konkretionen“ sowie die Wurzelstöcke versteinerter Bäume, die häufig unmittelbar über dem Flöz ins Hangende eingebettet, von diesem aber durch einen dünnen, glatten Überzug kohliger Masse getrennt sind, so daß sie wegen ihrer sich nach oben verjüngenden Gestalt leicht herausfallen können (vgl. Abb. 145 auf S. 115).

4. — Die Bruchererscheinungen bei den Haupt-Gesteinsarten. Im einzelnen können. unter den verfestigten Gesteinen die vier Hauptgruppen

der sandsteinartigen, granitartigen, tonschieferartigen und steinsalzartigen Gesteine unterschieden werden.

Die sandsteinartigen Gesteine (Sandstein, Sandschiefer, Quarzit, Konglomerat) können als vorwiegend „spröde" bezeichnet werden, entbehren jedoch nicht einer gewissen Elastizität, die von dem die einzelnen Körner verkittenden Bindemittel abhängt und z. B. bei kalkigem und tonigem Bindemittel größer als bei kieseligem ist. Diese Gesteine neigen zur Glockenbildung, d. h. sie brechen über den Hohlräumen in glockenartigen, sich nach oben hin allmählich verengenden Weitungen aus. Dieser Bruchvorgang wird durch die Art der Schichtung beeinflußt (Abb. 4). Er pflegt nämlich in eine um so größere Anzahl von Stufen zerlegt zu werden, je dünnbänkiger die Schichtung ist. Auch hängt der Senkungsvorgang im einzelnen von der Mächtigkeit der einzelnen Schicht ab: mächtige Bänke können lange Zeit hängen bleiben, gehen dann aber unter sehr heftigen, erdbebenartigen Erschütterungen zu Bruch, wogegen dünnere Bänke rascher und mit weniger kräftigen Begleiterscheinungen nachbrechen.

Abb. 4. Glockenbildung in sandsteinartigen Gesteinen.

Die granitartigen Gesteine (Granit, Porphyr, Diabas) sind wegen ihres kristallinischen, gleichmäßigen und dichten Gefüges als „zäh" zu bezeichnen, besitzen aber eine gewisse Elastizität. Sie ertragen, soweit nicht Absonderungs- und andere Klüfte ihren Zusammenhalt stören, eine weitgehende Bloßlegung durch Herstellung von Hohlräumen, ehe sie in diese nachbrechen. Das Nachbrechen in „Glocken" (Abb. 5) ist hier besonders ausgeprägt, da es nicht durch die Schichtung beeinträchtigt wird. Bei dem innigen Zusammenhalt der ganzen Masse kann das Zubruchgehen, von dem Lossprungen einzelner Schalen abgesehen, in nur wenigen Stufen oder gar in einem einzigen Vorgang sich abspielen.

Abb. 5. Glockenbildung in granitartigen Gesteinen.

Entsprechend dem ruckweise eintretenden Nachbrechen sind die Bruchwirkungen bei den granit- und sandsteinartigen Gesteinen gewaltsam. Das Zerbrechen der aufs äußerste gespannten untersten Schicht oder Schale kann explosionsartig erfolgen, und ebenso können von dem Umfange der Glocke an ihrem Fuße, also gewissermaßen von den Widerlagern des Gewölbes, explosionsartig Schalen abgesprengt werden. Diese Erscheinungen werden

als „Berg-“ oder „Pfeilerschüsse“ bezeichnet. Sie werden besonders im oberschlesischen Steinkohlenbergbau beobachtet[1]), treten aber auch beim Auffahren der großen Alpentunnel in massigen Gesteinen auf[2]).

Dem Nachbrechen dickerer Bänke aber geht das Aufreißen von Bruchspalten unter erdbebenartigen Erschütterungen voraus, die die ganzen umliegenden Baue in Mitleidenschaft ziehen und unter Umständen kilometerweit in der Umgegend an der Erdoberfläche verspürt werden können[3]).

Ganz anders verhält sich die Klasse der tonschieferartigen Gesteine (Tonschiefer, Schieferton u. dgl.). Sie sind als „mild und zäh“ zu bezeichnen. Bei ihnen muß der Bergmann sich trotz der anscheinenden Starrheit der Gesteine mit der Vorstellung vertraut machen, daß sie gleich den Tonen, aus denen sie entstanden sind, unter starkem Druck in einen Zustand des langsamen „Fließens“, d. h. einer Umformung mit Hilfe zahlloser kleiner Bruchflächen, geraten. Eine bekannte Erscheinung dieser Art ist das „Quellen“ des Liegenden (s. Abb. 6)[4]).

Diese Eigenart der Schiefergesteine kommt gegenüber dem Druck der auf ihnen lastenden Massen dahin zur Geltung, daß (Abb. 3) die untersten Schichten sich durchbiegen und so ohne Bruch die Hohlräume wieder auszufüllen trachten. Da das Quellen des Liegenden in gleichem Sinne von unten wirkt, so können bei nicht sehr großer Höhe der Hohlräume diese ohne Brüche und ohne explosions- und erdbebenartige Erscheinungen bald nach der Entstehung und ganz allmählich wieder zugedrückt werden.

Die steinsalzartigen Gesteine, zu denen auch manche Kalkarten gerechnet werden können, zeigen wegen ihres dichten kristallinischen Gefüges und innigen Zusammenhalts ein Verhalten, das dem der granitartigen Gesteine ähnlich ist. Jedoch ist ihre Elastizität sowohl wie ihre Druckfestigkeit geringer, so daß sie einen Übergang zu den tonschieferartigen Gesteinen bilden. Auch bei ihnen tritt Glockenbildung ein. Auf die Größe der in ihnen möglichen Hohlräume ist bereits im Abschnitt „Abbau“ (Bd. I) hingewiesen worden.

Im großen und ganzen ergibt sich hiernach als die für den Bergmann wichtigste Einteilung diejenige in Gesteine, bei denen die Decke des Hohlraumes konkav (unter Glockenbildung) nachbricht, und solche, bei denen die Decke konvex (unter Ausfüllung des Hohlraumes) nachdrückt. In der ersten Gruppe bestehen noch Unterschiede hinsichtlich der Begrenzung der Glocken und ihrer Ausfüllung durch das hereinbrechende Gebirge. Je massiger ein Gebirge ist, um so mehr nähert sich die Glocke der Form eines parabolischen Gewölbes (Abb. 5), wogegen in geschichteten Gesteinen (Abb. 4) treppenförmige Begrenzung die Regel bildet. Und je dickbänkiger im letzteren Falle die Schichtung ist, um so weniger tritt eine Auf-

[1]) Zeitschr. d. oberschles. Berg- und Hüttenmänn. Vereins 1901, Januarheft.

[2]) Glückauf 1907, Nr. 49, S. 1044; Kukuk: Die 52. allgemeine Versammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft.

[3]) Vgl. z. B. Glückauf 1896, Nr. 22, S. 367; Dr. Cremer: Erdbeben und Bergbau.

[4]) Vgl. Bd. I: „Gebirgsbewegungen beim Abbau.“ Bei manchen Gesteinen, insbesondere dünnplattigen wie Schieferton, wird das Quellen durch Wasseraufnahme verstärkt, man spricht dann auch von „Blähen“ oder „Treiben“.

lockerung der hereingebrochenen Massen, um so später also auch eine Stützung des Gewölbes durch diese ein, wie der Gegensatz der beiden hereingebrochenen Bänke in Abb. 4 veranschaulicht.

5. — **Gebirgsdruck und Teufe.** Für die Bedeutung der Teufe für den Gebirgsdruck ist zunächst die Art der Beanspruchung des Gesteins und sodann die Beschaffenheit des Gesteins selbst wichtig.

Die Beanspruchung des Gesteins ist offenbar in der Firste eines größeren Hohlraums eine andere als an seinen Stößen, indem die Firste auf Biegung beansprucht wird, die Stöße dagegen eine Druckbeanspruchung auszuhalten haben.

Die Beschaffenheit und Ablagerung des Gebirges kommt in dem verschiedenen Widerstande zum Ausdruck, den es beiden Arten von Kräften entgegensetzt. Denkt man sich die ganze über einem Hohlraume anstehende Gebirgsmasse als ein durchaus einheitliches, granitartiges Gestein, so kann man sich vorstellen, daß mit der wachsenden Tiefe, also der wachsenden Gebirgslast, auch der durch die Biegungskräfte beanspruchte Querschnitt in solchem Maße zunimmt, daß eine zunehmende Durchbiegung der Firste und die damit verbundene Bruchgefahr mit wachsender Teufe nicht zu beobachten ist. Damit darf aber die Beanspruchung auf Druck, wie sie von den Stößen ausgehalten werden muß, nicht verwechselt werden. Diese nimmt vielmehr offenbar mit der Tiefe zu, bis schließlich die Grenze der Druckfestigkeit des Gesteins erreicht ist. Liegt diese z. B. bei einer Belastung von 1000 kg je qcm, so wird der Grenzdruck durch die unmittelbar über der Flächeneinheit anstehende Gesteinmasse erst bei 4000 m Teufe erreicht[1]). Infolge des Gewölbedruckes auf die Widerlager wird aber der Stoßdruck um die hinzutretende Gewölbelast erhöht und dadurch diese Teufengrenze weiter hinaufgerückt. Daher kann bei starker Schwächung des Widerlagers durch Vergrößerung des Hohlraumes auch bei granitartigen (und ähnlich auch bei sandsteinartigen) Gesteinen die Druckbeanspruchung der Stöße schon in mäßigen Teufen deren Druckfestigkeit überschreiten. Für die dem Hohlraum unmittelbar benachbarten Stoßteile tritt die Überlastung durch den Widerlagerdruck noch erheblich früher ein, da sie nicht fest zwischen andere Lagerstättenteile eingespannt sind, sondern nach dem Hohlraume hin ausweichen können. Meist wird das in der Weise geschehen, daß eine schwache Durchbiegung des überhängenden Gebirges Druckspalten (vgl. die „Drucklagen" in der Kohle) in den Stößen erzeugt, an denen entlang das Abrutschen von Schalen erfolgen kann. Doch deutet das vielfach explosionsartige Abschleudern solcher Schalen darauf hin, daß öfter auch eine schwache elastische Zusammenpressung der Stöße eintritt, die dann aus dem Innern heraus durch seitliche Schubkräfte nach außen hin sich Luft macht. Beiden Wirkungen können die Stöße um so weniger widerstehen, je höher der Hohlraum ist, weshalb sich die Erscheinung der überlasteten Stöße besonders beim Abbau mächtiger Lagerstätten bemerklich macht.

[1]) Da die Gesteine im großen und ganzen ein spezifisches Gewicht von 2,5 haben, so entspricht einer Atmosphäre (= 10 m Wassersäule) eine Gesteinsäule von $\frac{10}{2{,}5} = 4$ m.

Handelt es sich um geschichtetes Gebirge, so kommen für den Widerstand gegen die Durchbiegung, wie sie in der Firste auftritt, immer nur die einzelnen Bänke in Betracht. Diese werden aber bei zunehmender Teufe um so eher an der Grenze ihrer Widerstandsfähigkeit angekommen sein, je dünner sie sind, — ähnlich wie ein Holzbalken als Ganzes eine größere Biegungsfestigkeit hat als nach Zerschneidung in einzelne Bretter und im letzteren Falle wieder die Widerstandsfähigkeit um so geringer wird, je dünner die Bretter sind. Bei den geschichteten Gesteinen wird sich also in der Firste die Wirkung der größeren Teufe eher bemerklich machen als bei den massigen Gebirgsarten; insbesondere werden die dünnbänkigen, tonschieferartigen Gesteine schon in geringen Teufen der Biegungsbeanspruchung nicht mehr gewachsen sein.

Für die Widerstandsfähigkeit der Stöße und der ihnen benachbarten Gebirgskörper wird, wie bei den granitartigen Gesteinen, wieder lediglich die Druckfestigkeit des Gebirges maßgebend sein. Für die Stöße im engeren Sinne wird aber die Überlastung mit zunehmender Teufe eher bei mildem und dünnbänkigem als bei festem und dickbänkigem Gebirge eintreten. Denn ersteres biegt sich stärker durch und belastet somit (vgl. Abb. 6) die oberen Teile der Stöße stärker als letzteres, bei dem infolge der Glockenbildung der Widerlagerdruck des Gewölbes auf eine größere Fläche verteilt wird.

Hat das abzubauende Mineral, dessen Lagerstätte im Hohlraum angeschnitten ist, geringere Druckfestigkeit als das Nebengestein, wie das in der Regel der Fall ist, so ist im Abbau für die Teufengrenze, bei der die Überlastung der Stöße beginnt, nur diese geringere Festigkeit entscheidend. Diese Grenzteufe wird dann also im Abbau früher erreicht als in denjenigen Hohlräumen, in denen die Stöße durch Gestein gebildet werden.

Einen Rückschluß auf die allgemeine Erhöhung des Gebirgsdruckes mit zunehmender Teufe läßt die Tatsache zu, daß der Holzverbrauch des Ruhrkohlenbergbaues schneller wächst als die Förderung. Während letztere in der Zeit von 1881—1908 um 270% gestiegen ist, wird die Zunahme des Holzverbrauches in dieser Zeit auf mindestens 375% geschätzt[1]). Zum Teil erklärt sich diese Erscheinung allerdings auch daraus, daß der Abbau mehr und mehr aus dem vorwiegend sandsteinartigen Gebirge im Süden in das vorwiegend tonschieferartige Gebirge im Norden vorgedrungen ist. Anderseits ist aber zu berücksichtigen, daß infolge der zunehmenden Verwendung eiserner Stempel und der Fortschritte in der Holzersparnis durch nachgiebigen Ausbau usw. der Holzverbrauch unter sonst gleichen Verhältnissen herabgedrückt worden ist.

6. — **Beeinflussung des Gebirgsdruckes durch gebirgsbildende Vorgänge.** Die in Ziff. 3 besprochenen Festigkeitsverhältnisse können durch Einwirkungen, die mit der Gebirgsbildung zusammenhängen, geändert worden sein. Zunächst steigern in allen Fällen Gebirgstörungen den Gebirgsdruck, indem sie einerseits den Gebirgskörper in eine Anzahl selbständig verschiebbarer Schollen zerlegen, anderseits durch die Gewalt-

[1]) Stahl und Eisen, 1908, Nr. 14, S. 473; Steffen: Holz und Eisen als Ausbaumaterial.

samkeit der mit ihnen verknüpften Gebirgsbewegungen das Gebirge in ihrer Umgebung zerdrücken und zerreiben und so seiner Festigkeit berauben. Diese letztere Erscheinung ist besonders in der Nähe von Überschiebungen zu beobachten, die vielfach gefürchtete Druckstreifen bilden. Ferner wird durch kleinere Spalten aller Art der natürliche Zusammenhang der Gesteine unterbrochen, so daß Stücke aus der Decke des Hohlraumes sowohl wie aus seinen Stößen herausbrechen können. Solche Spalten können sein: Trocken- oder Schwindrisse bei den sandstein- und tonschieferartigen, Schrumpfrisse bei den granitartigen Gesteinen, Auswaschungsklüfte bei den Kalksteinarten, Druckspalten infolge von Faltungserscheinungen bei allen Gesteinen. Der Bergmann bezeichnet sie als „Schnitte", „Lösen" oder „Blätter".

Die Faltungserscheinungen sind überhaupt für den Gebirgsdruck von besonderer Bedeutung. Ist die Faltung so stark gewesen, daß sie das Gefüge der Gesteine zerstört hat, so zeigen sich diese in den Mulden- und Sattelbiegungen stark zerrüttet und zerklüftet, so daß man hier auch bei sonst gutartigem Gebirge mit starkem Drucke zu kämpfen hat. Bei schwächerer Faltung kann in einigermaßen elastische Gesteine, wie Sandstein und Sandschiefer, ein Spannungszustand gekommen sein, in dem sie so lange verharren müssen, wie sie von den benachbarten Schichten fest umschlossen bleiben. Sobald sie aber durch den Bergbau freigelegt werden, kann diese „aufgespeicherte" Spannung sich auslösen, indem unter starken Erschütterungen Brüche eintreten. Besonders heftig können solche Brucherscheinungen dann werden, wenn eine flache Sattelbiegung vorliegt. Hier tritt nämlich zu dieser Biegungspannung noch diejenige eines natürlichen Gewölbes, das dem von oben nachdrückenden Gesteinsgewicht länger Widerstand leisten kann, schließlich aber mit um so größerer Heftigkeit nachgibt, so daß regelrechte „tektonische Erdbeben"[1]) entstehen können.

Abb. 6. Zudrücken der Hohlräume in tonschieferartigen Gesteinen.

7. — Wirkungen des Gebirgsdruckes auf Abbau- und Streckenbetriebe. Bei den zur Glockenbildung neigenden Gesteinen wird die Gebirgslast in letzter Linie, unter Entlastung des Ausbaues im Abbau, von den Widerlagern, d. h. den Stößen und dem Bergeversatz, getragen. Der Druck äußert sich daher im Abbau nur durch Absprengen von Schalen am Abbaustoß und tritt hauptsächlich in den Lagerstättenteilen in der Nachbarschaft des Abbaues und in den dort vorhandenen Strecken in die Erscheinung. Im Gegensatz dazu tritt bei den schieferartigen Gesteinen ein sehr erheblicher Druck im Abbau selbst auf. Dieser Druck wirkt allerdings nach Abb. 6 (vgl. auch Abb. 3) auch auf die benachbarten Lagerstättenteile, da der sinkende Gebirgskörper auf die Stöße des Hohlraumes drückt. Jedoch haben nur die

[1]) Vgl. Bd. I, Abschnitt „Gebirgslehre".

Teile in unmittelbarer Nähe der Stöße ihn auszuhalten, wogegen er weiter im Innern bald nachläßt.

8. — **Gebirgsdruck und Abbau.** Für die Wirkung des Abbauverfahrens auf den Gebirgsdruck ist in erster Linie der Unterschied wichtig, ob mit oder ohne Bergeversatz abgebaut wird. Jedoch besteht nach dieser Richtung eine gewisse Verschiedenheit zwischen den Gebirgsarten mit Glockenbildung und denjenigen mit Zudrücken der Hohlräume. Bei den ersteren ist die Durchbiegung des Hangenden nur gering. Der Versatz muß daher sehr sorgfältig und sehr dicht ausgeführt werden, wenn er das Hangende überhaupt stützen soll, sofern nicht der Hohlraum schon eine bedeutende Größe erreicht hat. Man kann sagen, daß bei flacherer Lagerung nur der Spülversatz dieser Forderung einigermaßen gerecht wird, obwohl auch in zugespülten Abbauräumen noch Biegungspannungen in das Hangende hineinkommen können, die sich in starkem Druck auf die anstehende Lagerstätte äußern[1]). Solange das Hangende nicht fest auf dem Versatz aufruht, lastet sein ganzer Druck noch auf dem vorrückenden Abbaustoß. Und da der Druck bei fortschreitendem Abbau von einer immer kleiner werdenden Fläche der Lagerstätte getragen werden muß, so wirkt er immer stärker auf den Stoß, bis eine Bruchspalte aufreißt und das Hangende sich auf den Versatz setzt. Dagegen legt sich schiefertonartiges Gebirge regelmäßig in geringem Abstande vom Abbaustoß auf den Versatz, so daß dieser auch bei mangelhafter Ausführung den Stoß schon erheblich vom Druck entlasten kann. So hat man z. B. auf Zeche Rheinpreußen in einer Entfernung von 1 m vom Kohlenstoß eine Senkung des Hangenden von 2,5 cm in 24 Stunden beobachtet.[2]) Demgemäß hat man es dann auch in der Hand, durch entsprechend rasche Nachführung des Versatzes nicht nur das für die Hauer gefährliche Durchbrechen des Hangenden am Stoß zu verhüten, sondern auch den Druck auf die Kohle so zu regeln, daß er gerade groß genug bleibt, um den Hauern die Arbeit zu erleichtern, aber klein genug, um die Kohle stückreich gewinnen zu lassen. In großem Maßstabe ist diese Kunst in jahrhundertelanger Übung von den Mansfelder Bergleuten im Kupferschieferbergbau ausgebildet worden, die es ebenfalls mit schiefertonartigem Gebirge zu tun haben[3]). Doch hat auch der Steinkohlenbergmann mehr und mehr gelernt, sich diese Druckerscheinungen zunutze zu machen.

9. — **Gebirgsdruck und Streckenbetrieb**[4]). Hier nehmen die Abbaustrecken eine besondere Stellung ein, indem sie sowohl vom Gebirgsdruck getroffen werden, als auch zu seiner Entstehung beitragen. Die erstere Wirkung tritt bei allen Abbaustrecken, unabhängig vom Gebirge,

[1]) Glückauf 1910, Nr. 34, S. 1287; Ackermann: Wirkungen des Abbaues mit Sandspülversatz usw.

[2]) Der Bergbau auf der linken Seite des Niederrheins (Festschrift zum XI. deutschen Bergmannstage), S. 146; Schwemann: Die Grubenbaue.

[3]) Festschrift der Mansfeldschen kupferschieferbauenden Gewerkschaft zum X. deutschen Bergmannstage, S. 102 u. f. — Bergbau 1910, Nr. 8 u. f., S. 87 u. f.; Kegel: Die Einwirkung der mechanischen Abbauförderung auf den Abbau von Steinkohlenflözen.

[4]) Der Begriff „Strecken" ist hier und im folgenden in weitestem Sinne zu verstehen, indem er nicht nur streichende Strecken, sondern auch schwebende und einfallende Strecken aller Art und Querschläge umfaßt.

ein. Eine Beunruhigung des Gebirges durch die Abbaustrecken ihrerseits ist vorzugsweise beim Pfeilerbruchbau zu verzeichnen, wo dadurch sehr unerwünschte Druckerscheinungen verursacht werden. Aber auch die im Versatz nachzuführenden Strecken tragen zu dieser Beunruhigung bei, weil hier sowohl durch das Nachreißen des Liegenden (namentlich in dünnen Flözen) das Gebirge erschüttert und sein Zusammenhang unterbrochen als auch durch die fahrbar zu erhaltenden Strecken das gleichmäßige Setzen des Hangenden, wie es neuerdings immer mehr angestrebt wird, gestört wird. Soweit also der Gebirgsdruck in Frage kommt, ist möglichst weitgehende Beschränkung der Zahl der Abbaustrecken erwünscht.

Bezüglich der sonstigen Strecken könnte man nach den Ausführungen in Ziff. 7 zunächst annehmen, daß in Lagerstätten mit sandsteinartigem Nebengestein die vom Abbau ausgelösten Druckwirkungen auf das benachbarte Streckennetz wegen ihrer Übertragung nach den Seiten hin durch den Gewölbedruck größer sein müßten als bei tonschieferartigem Nebengestein. Das ist aber aus zwei Gründen nicht der Fall. Einmal nämlich bewirkt die geringere Widerstandsfähigkeit des Schiefers, daß die verhältnismäßig geringen Druckkräfte, die vom Abbau aus auf die Nachbarschaft übertragen werden, schon ausreichen, um starke Druckwirkungen in den Strecken hervorzurufen. Und zweitens genügen aus dem gleichen Grunde in schieferartigen Gesteinen schon Hohlräume von geringer Ausdehnung, wie sie beim Streckenbetriebe geschaffen werden, um den Gebirgsdruck rege werden zu lassen. Denn die Gesteinsbänke im Hangenden und Liegenden fangen schon bei mäßiger Bloßlegung an, nachzugeben und sich in die Hohlräume hineinzudrücken. Dagegen reicht bei granit- und sandsteinartigem Gebirge dessen Festigkeit aus, die Last der hangenden Schichten bei solcher geringfügigen Bloßlegung zu tragen. So erklärt es sich, daß in schieferartigem Gebirge auch kleine Hohlräume nicht nur verhältnismäßig rasch wieder zugedrückt werden, sondern auch auf die Tagesoberfläche einwirken können, wogegen in der anderen Gesteinsklasse letztere Wirkung bei Streckenbetrieben nicht zu befürchten steht und überdies die Strecken jahrzehntelang ohne Ausbau offen bleiben können, solange ihnen der Abbau nicht näher rückt.

In der Regel kommt die stärkste Druckwirkung in den Strecken von oben. Doch erleidet diese Regel mancherlei Ausnahmen. In weichem und nachgiebigem Gebirge hat eine Strecke auf ihrem ganzen Umfange annähernd gleich starken Druck auszuhalten, so daß man also außer mit Firsten- auch mit Stoß- und Sohlendruck zu rechnen hat.

10. — Gebirgsdruck und Fallwinkel. Die vorstehenden Betrachtungen bezogen sich auf flaches Einfallen. Naturgemäß ändern sich aber mit dem Fallwinkel die Beanspruchungen. Bei senkrechtem Fallen wird gerade umgekehrt wie vorhin das Nebengestein auf Druck, die Ausfüllung der Lagerstätte auf Biegung beansprucht. In allen dazwischen liegenden Fällen werden sich entsprechende Verschiebungen der beiderseitigen Beanspruchungen ergeben, so daß eine große Anzahl von Möglichkeiten gegeben ist, auf die nicht im einzelnen eingegangen werden kann.

11. — Beeinflussung des Gebirgsdruckes durch die Art der Herstellung der Hohlräume. Die Querschnittsform der Strecken und Querschläge ist insofern wichtig, als das Gebirge um so besser steht, je mehr

der Querschnitt sich der Kreisform nähert, und als auch das Ausspitzen der Ecken mehr Unruhe in das Gebirge hineinbringt, als wenn diese mit etwas Ausrundung belassen werden. Doch kommt diesem Gesichtspunkt nur in massigen Gesteinen größere Bedeutung zu, während in geschichtetem Gebirge, das zu rechteckiger Absonderung neigt, Ecken kaum zu vermeiden sind und wegen der geringeren Gesteinspannung auch weniger schädlich wirken.

Was die Art der Auffahrung betrifft, so ist bekanntlich bei Auffahrung von Querschlägen mittels Bohrmaschinen wegen der dabei sich ergebenden schweren Schüsse mit ihrer Zerklüftung und Zerrüttung der unmittelbar benachbarten Gebirgschichten ein sorgfältigerer Ausbau nötig, als wenn mit Handbetrieb aufgefahren wird.

c) Arten des Grubenausbaues.

12. — **Anpassung des Ausbaues an die Druckerscheinungen.** Einer der wichtigsten Unterschiede zwischen den verschiedenen Ausbauarten ist derjenige zwischen starrem und nachgiebigem Ausbau. Der nachgiebige Ausbau soll in solchen Fällen, in denen größere Gebirgsmassen in Bewegung geraten, diese Bewegung bis zu einer gewissen Grenze mitmachen, ohne zerstört zu werden. Denn den dabei auftretenden gewaltigen Kräften kann ein starrer Ausbau auch bei stärkster Ausführung auf die Dauer nicht widerstehen.

Heute ist der nachgiebige Ausbau bereits sehr vervollkommnet und zu großer Bedeutung gelangt. Er ist in erster Linie für tonschieferartiges Gebirge wichtig, das sich fortgesetzt in Bewegung befindet. An zweiter Stelle kommt er für gestörtes Gebirge in Betracht, dessen einzelne „Schollen" sich gegeneinander zu verschieben suchen.

Im einzelnen ist das Hauptanwendungsgebiet des nachgiebigen Ausbaues der Streckenausbau, da dieser in der Regel längere Zeit stehen muß. Doch ist auch seine Bedeutung für den Abbau immer mehr erkannt worden. Diese ist um so größer, je langsamer der Abbau fortschreitet und je schneller das Gebirge sich setzt, weil dann die Gebirgsbewegungen sich um so schärfer noch während des Abbaues bemerklich machen, während in den gegenteiligen Fällen der jeweils geschaffene Hohlraum beim Einsetzen der Hauptbewegungen bereits wieder verlassen zu sein pflegt. Außerdem ist ein solcher Ausbau in mächtigen Lagerstätten wichtiger als in solchen von geringerer Mächtigkeit, weil in ersteren eine im Verhältnis gleiche Senkung des Hangenden ganz bedeutend mehr ausmacht: eine Senkung von 20% z. B. bedeutet für ein Flöz von 60 cm Mächtigkeit nur eine Annäherung des Hangenden an das Liegende um 12 cm, für ein Flöz von 4 m dagegen eine solche von 80 cm. Dazu kommt hier noch die vorhin angestellte Erwägung: in mächtigen Flözen schreitet der Abbau besonders langsam fort, weshalb man hier bereits im Abbau mit stärkeren Bewegungen rechnen muß.

In jedem Falle bietet außerdem der nachgiebige Ausbau den Vorteil, daß er ein gleichmäßiges Setzen der hangenden Schichten, dessen Wichtigkeit heute immer mehr erkannt worden ist, gestattet, wogegen starrer Ausbau leicht zu Brucherscheinungen führt, die sich besonders beim Abbau benachbarter Flöze unliebsam bemerklich machen.

13. — **Ausbaustoffe.** Man unterscheidet den Ausbau in Holz, Eisen und Stein, welcher letztere wieder als Mauerung, Beton und Eisenbeton ausgeführt werden kann. Die meiste Verwendung findet der Holzausbau, da er verhältnismäßig billig, leicht in verschiedenen Abmessungen der Einzelteile herzustellen, bequem einzubringen und auszuwechseln und schon ohne besondere Maßnahmen bis zu einem gewissen Grade nachgiebig ist. Auch erfordert er wenig Raum und kann den verschiedenartigen Bedingungen, die zu erfüllen sind, leicht angepaßt werden. Im Abbau kommt als weiterer Vorteil noch hinzu, daß der Holzausbau „warnt", d. h. gefährliche Gebirgsbewegungen durch Knistern anzeigt; allerdings warnen spröde Holzarten nur wenig. Nachteilig ist die geringe Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Fäulnis und Vermoderung in matten Wettern; doch läßt sich dagegen durch Tränkung mit gewissen Flüssigkeiten Abhilfe schaffen.

Der Eisenausbau teilt mit dem Holzausbau den Vorzug geringen Raumbedarfs. Als nachgiebiger Ausbau läßt er sich in Streckenbetrieben nur mit Schwierigkeiten und größeren Kosten ausführen, eignet sich also nicht für stark druckhaftes Gebirge, zumal er auch nur schwierig und umständlich auszuwechseln ist. Gegen matte Wetter ist er nicht empfindlich, wohl aber gegen Feuchtigkeit und besonders gegen saure und salzige Wasser. Sein Hauptanwendungsgebiet sind Querschläge und Strecken; doch nimmt seine Verwendung im Abbau neuerdings mehr und mehr zu.

Die Mauerung und Betonierung wurde früher zweckmäßig nur dort angewendet, wo es sich um einen zwar nicht unbedeutenden, aber auch nicht sehr starken Gebirgsdruck handelte, da bei starkem Druck ein solcher Ausbau bricht und dann teure und umständliche Ausbesserungsarbeiten nötig macht. Jedoch hat man neuerdings auch Mauerung und Beton nachgiebig auszuführen gelernt; auch ist durch Einführung des Eisenbetonausbaues das Anwendungsgebiet des Betons wesentlich erweitert worden. — Im übrigen kommt der Ausbau in Stein für alle solche Hohlräume in Betracht, die lange stehen sollen, namentlich wenn sie ungünstigen Einwirkungen durch Wasser oder matte Wetter ausgesetzt sind. Demgemäß finden wir ihn in Hauptquerschlägen und Richtstrecken, Füllörtern, Pferdeställen, Maschinenräumen, Wetterkanälen, Stollen und Hauptschächten. In solchen Räumen lassen sich die verhältnismäßig hohen Ausgaben rechtfertigen, die nicht nur durch die Herstellung des Steinausbaues selbst, sondern auch durch dessen größeren Raumbedarf und die demgemäß größeren Kosten für Hereingewinnung des Gebirges verursacht werden.

Als nicht unerheblicher weiterer Vorzug ergibt sich für Hauptwetterwege der geringere Wetterwiderstand infolge der glatteren Flächen.

14. — **Dauer des Ausbaues.** Nach der Zeitdauer, für die der Ausbau berechnet ist, unterscheidet man den verlorenen und den endgültigen Ausbau. Der erstere findet sein Hauptanwendungsgebiet im Abbau, wo der auszubauende Raum fortwährend wechselt und daher jeder Ausbau nur vorübergehende Bedeutung hat. Er wird aber auch in Strecken, Schächten usw. dort eingebracht, wo vor Herstellung des endgültigen Ausbaues die Beruhigung des Gebirges abzuwarten, also der Ausbau erforderlichenfalls mehrere Male zu erneuern ist, oder wo der endgültige Ausbau, wie z. B. bei Mauerung oder Gußringausbau, erst in einiger Entfernung

nachrücken kann, bis dahin aber das Gebirge vorläufig gehalten werden muß. Im Gegensatz zum endgültigen Ausbau wird der verlorene so leicht und billig wie möglich ausgeführt und nach Möglichkeit zwecks erneuter Verwendung wiedergewonnen.

15. — **Verschiedene Ausführung des Ausbaues im einzelnen.** Der Ausbau kann das Gebirge mehr oder weniger vollständig unterstützen. Der Ausbau in Holz oder Eisen kann aus einzelnen Stücken bestehen oder durch Zusammenfügung mehrerer Teile gebildet werden. Im ersteren Falle ergibt sich der einfache (Stempel- oder Bolzen-) Ausbau, im letzteren Falle der zusammengesetzte (Türstock- und Schalholz-) Ausbau. Der Stempelausbau herrscht im Abbau, der zusammengesetzte Ausbau in Strecken, Querschlägen, Bremsbergen, Schächten usw. vor. Beim Ausbau in Stein kann man von „offenem" und „geschlossenem" Ausbau sprechen, je nachdem dieser nur einen Teil des Streckenumfangs (Stöße, Firste oder Sohle) oder den ganzen Umfang schützen soll.

Außerdem sind noch Verbindungen zwischen Holz und Eisen und solche zwischen Holz (oder Eisen) und Mauerung möglich.

16. — **Arten der auszubauenden Hohlräume.** Im vorstehenden ist bereits wiederholt auf die Verschiedenheit des Ausbaues in Abbauräumen, Strecken und größeren Hohlräumen hingewiesen worden. Hier sei zusammenfassend folgendes bemerkt: Im Abbau ist ein möglichst billiger Ausbau erforderlich, der nicht besonders widerstandsfähig zu sein braucht, dagegen durch sorgfältige Unterfangung aller einigermaßen verdächtigen Stellen die Leute möglichst gegen Stein- und Kohlenfall zu sichern hat und außerdem möglichst leicht geraubt und wieder verwendet werden kann. In den Strecken handelt es sich um einen je nach dem Gebirgsdruck und der Verwendungsdauer der Strecken als Abbau-, Förder-, Fahr-, Wetterwege usw. verschieden kostspieligen Ausbau, bei dem die Sicherung der Leute eine etwas geringere Rolle spielt, dafür aber mehr Wert auf die Verhütung von Betriebstörungen und dementsprechend nicht nur auf möglichst haltbaren, sondern auch auf möglichst leicht auszuwechselnden Ausbau gelegt wird. Außerdem ist hier die Rücksicht auf Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkungen durch Gase, Wärme und Feuchtigkeit vielfach von einschneidender Bedeutung. Große Räume verlangen einen in der ersten Anlage zwar teuren, dafür aber wenig Unterhaltungskosten verursachenden, gegen chemische Angriffskräfte unempfindlichen Ausbau. In Schächten muß der Ausbau, da Ausbesserungsarbeiten hier sehr schwierig werden, besonders widerstandsfähig sein. Außerdem werden an den Schachtausbau hinsichtlich der Wasserdichtigkeit und der Belastung durch den Schachteinbau besondere Anforderungen gestellt, die seine Besprechung in einem eigenen Abschnitt rechtfertigen.

17. — **Nachfolgender und voreilender Ausbau.** Endlich hat man noch zu unterscheiden, ob der Ausbau lediglich der Gewinnung nachfolgt und also nur das durch diese gefährdete Gleichgewicht des Gebirges erhalten soll, oder ob er der Gewinnung voreilt, so daß diese schon unter seinem Schutze erfolgt. Letzteres ist der Fall bei der Getriebezimmerung in Strecken aller Art und in Schächten sowie bei der Pfändungs- und Vortreibearbeit im Abbau.

B. Die verschiedenen Arten der Ausführung des Ausbaues.

a) Der Ausbau in Holz.

1. Allgemeines.

18. — **Die für den Ausbau verwandten Holzarten.** Der auch heute noch wichtigste Baustoff für den Ausbau ist das Holz. Allerdings ist seine Verwendung nicht unerheblich zurückgegangen, was in erster Linie auf die stark gestiegenen Holzpreise, in zweiter Linie auf die wachsende Beliebtheit des Betonausbaues und auf die bessere Anpassung des Eisenausbaues an die Schwierigkeiten seiner Verwendung in der Grube zurückzuführen ist, teilweise auch durch die Einführung der nachgiebigen Mauerung sich erklärt.

Von den zahlreichen Holzarten sowie von deren mannigfachen Eigenschaften kommen hier nur die für den Bergmann wichtigen in Betracht. An Grubenhölzer werden wir vor allem die Anforderung stellen müssen, daß sie dauernd in genügend großen Mengen und zu mäßigen Preisen beschafft werden können. Damit entfällt sofort eine ganze Reihe von Holzarten, die an sich unter Tage vorzügliche Dienste tun würden, so daß z. B. auch die Akazie, deren gute Bewährung als Grubenholz durch zahlreiche Versuche erwiesen ist[1]), nur von untergeordneter Bedeutung sein kann. Auf der anderen Seite hingegen können auch solche Hölzer, die geringe Wertschätzung genießen, wie z. B. die Rotbuche, mit Nutzen in der Grube verwendet werden, sobald sie infolge massenhaften Vorkommens in der Nähe den Vorzug der Billigkeit haben. Für den deutschen Bergmann kommen im wesentlichen nur in Frage: von Laubhölzern die Eiche und untergeordnet die Rot- und die Weißbuche (Hainbuche), stellenweise auch die Akazie, von Nadelhölzern die Kiefer, weniger die Fichte oder Rottanne, untergeordnet die Weiß- oder Edeltanne und die Lärche.

Beim Einkauf des Holzes dient als Einheit das Kubikmeter. Und zwar unterscheidet man dabei noch das Raummeter und das Festmeter und versteht unter ersterem 1 cbm geschichteten Holzes, also einschließlich der Luftzwischenräume, unter letzterem dagegen 1 cbm Holzmasse. Das Raummeter kann also durch unmittelbare Messung, das Festmeter nur durch Berechnung ermittelt werden. Letzteres bildet in der Regel die Preisgrundlage für Stempel und Kappen, soweit nicht Stückpreise für diese vereinbart werden. Zur Veranschaulichung diene die Angabe, daß auf 1 Festmeter etwa 25 Stempel von 2 m Länge entfallen.

Infolge der wachsenden Nachfrage nach Grubenholz sind im Laufe der Zeit die Holzpreise erheblich gestiegen. Für die Aachener Steinkohlengruben ergibt sich z. B. folgendes Bild:

Holzkosten für 1 Festmeter

Jahr	1880 ℳ	1890 ℳ	1900 ℳ	1910 ℳ
Eichenholzstempel . . .	21.—	22,—	33.—	26.70
Fichtenholzstempel . .	14,50	15,50	18.—	18.70

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1900, S. 187; Dütting und Quast: Versuche über die Gebrauchsfähigkeit verschiedener Holzarten zu Abbaustempeln.

Infolge dieser Preissteigerung ist man bestrebt gewesen, die wertvollste Holzart, das Eichenholz, mehr und mehr entbehrlich zu machen und durch Nadelhölzer zu verdrängen, deren Schwächen man durch Verbesserung der Abbauverfahren, durch Einführung des nachgiebigen Ausbaues und durch Tränkung mit fäulniswidrigen Stoffen größtenteils auszugleichen verstanden hat. Bezeichnend für die schnelle Zunahme der Verwendung des Fichtenholzes ist der Umstand, daß es im Ruhrbezirk erst Mitte der 1850er Jahre[1]) seinen Einzug gehalten hat und daß trotzdem im Jahre 1895 das Eichenholz nur noch mit 35%, 1900 sogar nur noch mit 12,5% an der Versorgung dieses Gebietes beteiligt gewesen ist[2]). Heute ist das Fichtenholz, da es in großen Massen für die Papierherstellung gebraucht wird, wieder mehr und mehr durch das ihm annähernd gleichwertige Kiefernholz verdrängt worden.

19. — **Erforderliche Eigenschaften der Grubenhölzer.** Die an die Grubenhölzer gestellten Anforderungen richten sich zunächst nach dem Verwendungszweck. Der Ausbau im Abbau und in den bald wieder abzuwerfenden Abbaustrecken verlangt ein billiges Holz, das nicht sehr widerstandsfähig gegen den Druck zu sein braucht und chemischen Einwirkungen leicht unterliegen darf, das aber elastisch ist und die Beobachtung der Gebirgsbewegungen gestattet; im Streckenausbau ist ein festes, zähes und langlebiges, wenn auch teureres Holz erwünscht. Nach der mechanischen Seite hin ist für Stempel in erster Linie Knickfestigkeit, für Kappen Biegungs- und Druckfestigkeit, für Holzpfeiler vorzugsweise Druckfestigkeit erforderlich. Die Spaltbarkeit erleichtert zwar die Bearbeitung in der Grube, verringert aber die Biegungs-, Knick- und Druckfestigkeit und bringt so mehr Nachteile als Vorteile. Was die chemischen Eigenschaften angeht, so sollen die im Ausziehstrom stehenden Hölzer einen größeren Widerstand gegen Fäulnis haben als die vom Einziehstrom bestrichenen. Auch ist für sie die Fähigkeit erwünscht, sich leicht mit fäulniswidrigen Stoffen tränken zu lassen.

20. — **Beeinflussung der Eigenschaften der Hölzer durch die besonderen Verhältnisse**[3]). Die Widerstandskraft einer Holzart wird bedingt:

1. Durch das Gefüge. Ein langfaseriges Holz ist zäher als ein kurzbrüchiges, ein an Poren armes oder von sehr feinen Poren durchsetztes Holz ist fester und schwerer und daher wertvoller als ein Holz mit vielen oder weiten Poren, läßt sich dafür allerdings auch schwieriger mit schützenden Stoffen tränken. Am weichsten und großporigsten ist das unmittelbar unter dem Rindenbast folgende Holz, das man als „Splint" zu bezeichnen pflegt. Nach dem Innern zu wird das Holz härter und feinporiger, und zwar unterscheidet man hier wohl noch die beiden Stufen „Reifholz" und „Kernholz". Diese drei Holzarten kommen aber keineswegs bei allen Bäumen vor. So zeigt z. B. das festeste Holz bei der Fichte und Buche nur die Beschaffenheit des Reifholzes, weshalb man diese Baumarten als „Reifholzbäume" bezeichnet. Kernholzbäume dagegen sind z. B. Eiche, Lärche und Akazie.

[1]) Sammelwerk Bd. II, S. 357.

[2]) Steffen in dem S. 8, Anm.[1]) angeführten Aufsatz, S. 473.

[3]) Vgl. hierzu Nördlinger: Die technischen Eigenschaften der Hölzer usw. (Stuttgart, Cotta).

2. Durch die Wachstumsbedingungen. Hier kann im allgemeinen gesagt werden, daß langsam gewachsenes Holz dichter und daher dem schnell gewachsenen vorzuziehen ist. Dieser Unterschied kommt, da ein schnelles Wachstum durch Feuchtigkeit gefördert wird, im großen und ganzen auf denjenigen zwischen Bäumen mit trockenem und solchen mit feuchtem Standort hinaus. Die Erfahrung lehrt, daß Nadelholz aus dem Norden und aus dem Hochgebirge das beste ist, Eichenholz aus Flußniederungen „schwammig" ausfällt, beschattete Bäume schlechteres Holz liefern als in der Sonne stehende und daß das Holz einzeln aufgewachsener Bäume dem der in Gruppen gewachsenen vorzuziehen ist.

3. Durch die chemische Zusammensetzung, die den Widerstand gegen Fäulnis beeinflußt. Da der Saft in erster Linie der Zersetzung unterliegt, so hält ein saftreiches Holz ungünstigen Einflüssen weniger stand als ein saftarmes. Ferner kann die Holzmasse besondere Schutzmittel enthalten, als welche die Gerbsäure in der Eiche, Harz und Terpentinöl in den Nadelhölzern anzusehen sind.

4. Durch die Behandlung des Holzes vor der Verwendung. Diese soll in erster Linie die chemische Widerstandskraft des Holzes erhöhen. Man soll zunächst den leicht zersetzbaren Saft durch gründliche Austrocknung unschädlich machen, was durch möglichst luftige Lagerung des Holzes zu geschehen hat. Weiter empfiehlt sich, um den Aufbewahrungsort trocken halten zu können, dessen Pflasterung sowie die Beseitigung aller Feuchtigkeit anziehenden und den Anstoß zur Zersetzung gebenden Abfälle, wie Sägespäne u. dgl. Die Rinde ist im allgemeinen nachteilig, da sie die Austrocknung verhindert und Fäulniserreger bergen kann. Sie wird daher meist abgeschält; nur dem Eichenholz beläßt man sie in der Regel des nützlichen Gerbstoffgehaltes wegen. Wie sehr die Austrocknung des Holzes von seiner Behandlung abhängt, ergibt sich aus einem Versuch, bei dem, wenn der Wasserverlust eines entrindeten Stammstückes in einer gewissen Zeit gleich 100 gesetzt wurde, derjenige eines in der Rinde gelassenen nur 21 und derjenige eines außerdem an den Hirnholzseiten verklebten Stückes nur 1—2 betrug[1]).

21. — Eigenschaften der bergmännisch wichtigen Holzarten. Hiernach ergibt sich für die Bewertung der obengenannten wichtigsten Holzarten folgendes. Das beste Holz ist das der Akazie oder Robinie: es ist widerstandsfähig gegen Zerknickung, Zerdrückung und Biegung, dabei zäh wegen seiner wellig verschlungenen Faserung und überdies äußerst wenig der Zersetzung unterworfen. In etwas geringerem Maße besitzt diese nämlichen Eigenschaften die Eiche. Von den Buchenarten wächst die wertvolle Weiß- oder Hainbuche zu langsam und ist zu selten, um für den Ausbau Holz zu liefern, wogegen die in größeren Mengen vorkommende Rotbuche wegen der Sprödigkeit und Kurzbrüchigkeit ihres Holzes, das infolgedessen bei Gebirgsbewegungen nicht „warnt", sondern plötzlich nachgibt, sowie auch wegen ihrer starken Neigung zum Faulen („Stocken") bei nicht genügender Austrocknung wenig geschätzt ist. — Von den Nadelhölzern, die in ihrer Bewertung für den Bergmann gegen die besseren Laubhölzer

[1]) Nördlinger in dem auf S. 16 in Anm. [2]) angeführten Buche, S. 84.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA BIBLIOTEKA GŁÓWNA

zurückstehen, namentlich wegen ihrer geringen chemischen Widerstandskraft, ist die Lärche das schwerste und zäheste, auch gegen Zersetzung widerstandsfähigste. Weniger wertvoll, aber infolge ihrer Billigkeit bevorzugt sind Fichte und Kiefer, wogegen die Tanne (Weiß- oder Edeltanne) wegen der Spaltbarkeit, der Weichheit und des geringen Harzgehaltes ihres Holzes wenig beliebt ist, falls sie nicht an Ort und Stelle wächst und daher billig ist.

Im einzelnen gestattet die nachfolgende Zahlentafel, das Ergebnis einer größeren Versuchsreihe[1]), eine Vergleichung der wichtigsten Holzarten nach Gewicht und Tragfähigkeit. Zu berücksichtigen ist dabei allerdings, daß diese Zahlen nur einen Anhalt geben, dagegen keine unbedingte Geltung beanspruchen können, da die jeweiligen Wachstumsbedingungen die einzelne Baumart so stark beeinflussen, daß die Unterschiede zwischen den unter gleichen Verhältnissen aufgewachsenen Bäumen verschiedener Gattung geringer sein können als die Unterschiede zwischen verschieden aufgewachsenen Bäumen derselben Gattung.

Holzart	Gewicht je Festmeter		Durchschnittliche Tragfähigkeit der Stempel			
			insgesamt bei einer Länge von		je qcm Querschnitt bei einer Länge von	
	frisch kg	trocken kg	1,5 m[2]) kg	2,5 m[3]) kg	1,5 m kg	2,5 m kg
Fichte	830	490	14850—34500	28600—41200	112—260	105—206
Kiefer	1000	590	17250—32900	15000—33600	130—248	75—168
Rotbuche	1130	740	18200—38400	25600 - 50600	137—289	128—253
Weißbuche . . .	1060	720	12700—38400	—	96—289	—
Eiche	1090	780	16600—30500	20400—36800	125—230	102—184
Akazie	1000	770	28000—45000	—	211—339	—

22. — Fäulniserscheinungen beim Holz[4]). Das Grubenholz ist der Fäulnis stärker als andere Nutzhölzer ausgesetzt, weil es meist länger als diese nach dem Schlagen im Walde liegen bleibt und auch sonst nachlässiger behandelt wird, so daß es vielfach schon mit Fäulniserregern behaftet auf dem Holzplatze ankommt. Die Feinde des Holzes greifen nicht, wie man früher glaubte, nur den Saft (den „Holzextrakt"), sondern auch die Holzmasse selbst (den „Zellstoff") an. Das Steigen der Holzpreise und die Erhöhung der allgemeinen Grubenfeuchtigkeit durch die Berieselung hat die Bergbautreibenden immer stärker dahin gedrängt, Schutzmaßnahmen für das Grubenholz zu suchen, ähnlich solchen, wie sie z. B. über Tage für Eisenbahnschwellen und Telegrafenstangen schon seit Jahrzehnten angewendet werden. Mit dieser Suche nach Abwehrmaßnahmen ist Hand in Hand gegangen eine gründliche Erforschung der Zerstörungsursachen, so daß man heute sich über diese ziemlich klar geworden ist und manche Irrtümer früherer Jahre hat ausscheiden können.

[1]) Dütting in dem S. 15 angeführten Aufsatz, S. 184 u. f.
[2]) Dicke 13 cm.
[3]) Dicke 16 cm.
[4]) Näheres zu den folgenden Ausführungen s. bei Troschel: Handbuch der Holzkonservierung (Berlin, Julius Springer), 1916.

Zerstörend wirken: Luft und Wasser, chemische Einwirkungen und Kleinlebewesen (Bakterien und Pilze).

Luft und Wasser schaden dem Holz, wenn sie für sich allein einwirken, wenig, wie durch die lange Standdauer von Holz, das dauernd trocken bzw. naß gestanden hat, dargetan wird. Wasser wird sogar auch heute noch als Erhaltungsmittel benutzt, da es die Säfte aus dem Holz auslaugt und so verschiedenen tierischen und pflanzlichen Kleinlebewesen den Nährboden entzieht, außerdem aber auch die gefährlichsten holzzerstörenden Pilze, den Hausschwamm und den Trockenfäulepilz, nach einiger Zeit tötet. Zwar wirkt der Wechsel von Nässe und Trockenheit zerstörend auf das Holz ein, wie manche Erfahrungen beweisen. Jedoch sind dann wohl hauptsächlich die Pilze usw. dafür verantwortlich zu machen, da durch solchen Wechsel, namentlich in Verbindung mit Temperaturschwankungen, das Holz rissig wird und so diesen Lebewesen mehr Angriffspunkte bietet.

Die eigentlichen Feinde des Holzes sind verschiedene Kleinlebewesen, von denen einige nur den Holzsaft, andere auch den Zellstoff selbst befallen, einige nur an der Luft, andere auch unter Luftabschluß, also im Innern des Holzes, gedeihen können. Am schädlichsten wirkt der zu den echten Pilzen gehörende Hausschwamm, der sich nicht mit einem oberflächlichen Überzuge begnügt, sondern spinnwebartig feine Fäden in das Innere des Holzkörpers entsendet, dessen einzelne Bestandteile er demnach mit einem vollständigen Netze durchzieht, sie dabei auslaugend, so daß sie ihren Zusammenhang verlieren. Er entsteht nicht aus faulendem Holzstoff selbst, wie man früher glaubte, sondern aus Samen („Sporen"). Zum Gedeihen bedarf er einer gewissen mittleren Feuchtigkeit, (weshalb dauernd nasses sowohl wie auch dauernd trockenes Holz nicht von ihm behelligt bzw. wieder von ihm befreit wird), und einer mittleren Wärme von 15—30° C. Am günstigsten für ihn sind Wärmegrade von 15—20° C, also solche, wie sie unter Tage häufig vorkommen. Aus solchen Lebensbedingungen dieses Pilzes und anderer folgt, daß es eine „Trockenfäule", die man früher annahm, nicht gibt, und daß die schützende Wirkung des Wassers nicht, wie nach der früheren Annahme, auf der Fernhaltung der Luft, sondern auf der Zerstörung der schädlichen Lebewesen beruht.

23. — **Bekämpfung der Fäulniserscheinungen.** Früher begnügte man sich vielfach mit kleineren Mitteln, wie Luftabschluß durch einen Anstrich, Auslaugung des Saftes, „Versteinung" des Holzes durch mineralische Ausfüllung seiner Poren, Tränkung mit Wasser u. dgl. Alle diese Mittel sind jetzt als unwirksam erkannt worden. Anstrich ist nicht dauernd dicht zu halten und schützt außerdem nicht gegen die der Luft nicht bedürfenden Pilze, welche die „Kernfäule" bewirken; die Auslaugung des Saftes trifft die gefährlichsten Pilze nicht, da diese vom Holzstoff selbst leben; eine Versteinung macht das Holz sehr schwer, erschwert die Bearbeitung und ist dabei doch nicht völlig durchführbar, und die dauernde Tränkung mit Wasser läßt sich nur in Schächten, nicht in Strecken ausführen. Heute gehen daher alle Bestrebungen darauf aus, die als Hauptfeinde des Holzes erkannten Pilze durch Tränkung (Imprägnation) des Holzes mit keimzerstörenden (antiseptischen) Stoffen zu vernichten.

24. — **Allgemeine Beurteilung der Tränkungsverfahren**[1]). Die durch eine sachgemäße Tränkung zu erzielende längere Standdauer der Grubenhölzer bringt außer der Verringerung der Holzkosten noch verschiedene Nebenvorteile mit sich. Zunächst werden die Arbeiten zur Auswechslung der Zimmerung und damit die Zahl der Zimmerhauer verringert. Daraus ergibt sich aber wiederum eine Verringerung der bei diesen Arbeiten möglichen Unfälle durch die Werkzeuge und durch Stein- und Kohlenfall sowie eine geringere Störung der Förderung und Wetterführung.

Allerdings haften der Tränkung auch Nachteile an. Stets verursacht sie eine die Fortschaffung und den Ausbau erschwerende Gewichtszunahme der Hölzer. Manche Tränkstoffe verschlechtern außerdem die Grubenwetter, erhöhen die Brennbarkeit des Holzes oder veranlassen Hautentzündungen bei den Leuten. Auch lassen getränkte Hölzer sich schwieriger mit Beil und Säge bearbeiten. Die Tragfähigkeit leidet durch die Tränkung im allgemeinen nicht nennenswert, wenn die Erhitzung (Dämpfung) des Holzes, wie sie bei manchen Verfahren üblich ist, nicht zu weit (nicht über 100°) getrieben und nicht zu lange (nicht über 15 Minuten) ausgedehnt wird.

Bei richtiger Handhabung des Tränkens werden seine Vorteile erheblich überwiegen.

Es hat längerer Zeit und der oben erwähnten gründlicheren Forschungen bedurft, um den Nutzen der Tränkung klar erkennen zu lassen, da viele Betriebsbeamte infolge oberflächlicher Beurteilung die Nachteile für größer als die Vorteile hielten. Auch bezüglich der Wertschätzung der einzelnen Tränkverfahren im Vergleich miteinander sind verschiedentlich widersprechende Ergebnisse bekannt geworden. Der Grund für eine solche Verschiedenartigkeit der Urteile liegt in der Außerachtlassung der besonderen Umstände, unter denen die Tränkung erfolgt ist. Es ist nämlich nicht gleichgültig, ob das Holz in frischem oder in trockenem Zustande getränkt wurde, ob die Tränkflüssigkeit kalt oder heiß, durch kürzeres oder längeres Eintauchen oder durch Einpressen unter Druck nach erfolgter Entfernung der Säfte bzw. auch nach Behandlung des Holzes mit heißen Dämpfen in das Holz eingeführt wurde, ob sie mehr oder weniger gesättigt war, ob es sich um Kernholz oder Splintholz handelte. Ebenso ist zu berücksichtigen, ob das Holz nach der Tränkung in der Grube naß oder trocken steht (im ersteren Falle können gewisse Tränkstoffe ausgelaugt werden) und ob es nach Ablauf der Beobachtungszeit nur äußerlich oder auch im Kern angegriffen oder nicht angegriffen erscheint, sowie ob es an Festigkeit verloren hat oder nicht.

Zu beachten ist noch bei der Beurteilung des Für und Wider, daß die Frage der Tränkung bei Grubenhölzern anders liegt als bei Hölzern über Tage. Zunächst kommt hier die Rücksicht auf den Gebirgsdruck hinzu, der die Tränkung für alle Hölzer überflüssig erscheinen läßt, deren Standdauer schon durch den Druck sehr verkürzt wird. Damit entfällt die Tränkung von vornherein für den Ausbau im Abbau und in allen druckhaften Strecken, weshalb z. B. eine westfälische Gaskohlenzeche bedeutend weniger Holz

[1]) S. auch Glückauf 1914, Nr. 16, S. 611 u. f.; 1921, Nr. 26, S. 601 u. f.; Dobbelstein: Vergleichsversuche mit Imprägnierungsverfahren für Grubenholz.

wird tränken können als eine Magerkohlengrube daselbst. Durch die weiter unten zu behandelnden Mittel zur Erhöhung der Nachgiebigkeit des Holzausbaues wird hieran nicht viel geändert, da die Lebensdauer eines Ausbaues dadurch allerdings wesentlich vergrößert wird, dieser aber in druckhaftem Gebirge meist doch nicht so lange stehen bleibt, daß stärkere Fäulniserscheinungen eintreten können. Man kann annehmen, daß bei vollständiger Durchführung der Tränkung auf einer Grube der Anteil der zu tränkenden Hölzer je nach den Druckverhältnissen zwischen 10 und 40 % des Gesamtholzverbrauchs schwankt. Auf der anderen Seite werden aber bedeutend höhere Ansprüche an die chemische Widerstandsfähigkeit der Hölzer als über Tage gestellt, da die Grubenwetter sehr ungünstig auf das Holz einwirken. Am schädlichsten ist diese Wirkung in den ausziehenden Wetterstrecken, und da diese gleichzeitig in Gebirgsteilen zu stehen pflegen, in denen der Druck einigermaßen zur Ruhe gekommen ist, so ist für den Holzausbau in diesen Strecken die Tränkung in erster Linie von Bedeutung, zumal hier auch eine etwaige Verschlechterung der Wetter durch die Ausdünstungen der getränkten Hölzer keine Rolle mehr spielt. Im übrigen kommt auch für den Ausbau in allen wichtigeren, längere Zeit offen zu haltenden Förderstrecken und Querschlägen, die man dem Gebirgsdruck zu entziehen bemüht ist, die Tränkung in Frage.

Der Erfolg der Tränkung ist je nach Art und Beschaffenheit des Holzes verschieden. Bemerkenswert ist zunächst, daß Fichtenholz fast gar nicht getränkt werden kann. Sodann läßt sich Kernholz nur sehr schwer tränken, was aber für Grubenholz weniger wichtig ist, da für dieses in der Regel die Tränkung des Splintholzes ausreicht. — Im übrigen hängt die Wirkung der Tränkung einerseits von der Zusammensetzung und Beschaffenheit der Tränkflüssigkeit ab, anderseits von dem Tränkverfahren, d. h. von der Art und Weise, in der diese Flüssigkeit in das Holz hineingebracht wird.

25. — Tränkflüssigkeiten. Auf die in Betracht kommenden Flüssigkeiten kann angesichts der großen Zahl der vorgeschlagenen (bis jetzt über 200) nur ganz kurz eingegangen werden. Sie lassen sich in zwei Hauptgruppen einteilen, nämlich in Salzlösungen (anorganische) einerseits und phenolhaltige Lösungen (organische) anderseits.

Die bewährtesten Salzlösungen enthalten entweder Metallsalze oder Alkali- bzw. Kalksalze. Zu den ersteren gehören Zink- und Quecksilberchlorid[1]) ($ZnCl_2$ bzw. $HgCl_2$), Eisen- und Kupfervitriol ($FeSO_4$ bzw. $CuSO_4$) und Alaun ($Al_2[SO_4]_3$), zu den letzteren Fluorverbindungen ($NaFl$, KFl, $CaFl_2$, Kieselfluornatrium $[Na_2SiFl_6]$), Kochsalz, Kalisalze und Kalkmilch ($Ca[OH]_2$). Eine besonders stark antiseptische Wirkung scheinen die Fluorsalze zu haben. Neuerdings kommen diese auch in Verbindung mit nitrierten Phenolen, die gleichfalls sehr kräftig wirken, zur Anwendung.

Die Phenole oder Teersäuren sind Verbindungen, die bei der Teerdestillation erhalten und daher auch als „Teeröle" bezeichnet werden. Sie werden aus dem Teer durch Erhitzung auf 180° C und darüber ausgetrieben. Zu den

[1]) Die Anwendung von Quecksilberchlorid liegt dem von dem Engländer Kyan angegebenen Verfahren zugrunde, das nach ihm auch „Kyanisieren" genannt wird.

Phenolölen gehören: das von der Firma Kruskopf in Dortmund verwendete und von ihr als „Cruscophenol" bezeichnete Öl, ferner Kreosot, Kreosotnatron, Karbolineum u. dgl., also Öle, die auch als Desinfektionsmittel bekannt sind. Die leichter flüchtigen dieser Öle können für Tieftränkungsverfahren benutzt werden, wo ihre Neigung zum Verdunsten wenig schadet: für oberflächliche Tränkung dagegen sind schwerer siedende Öle anzuwenden. Im allgemeinen wird verlangt, daß bei 235° C höchstens 25% des Öles überdestillieren und daß das spezifische Gewicht zwischen 1,05 und 1,15 liegt.

An ein brauchbares Tränkmittel müssen folgende Anforderungen gestellt werden:

1. Es darf nicht zu teuer sein.
2. Seine Wirkung muß genügend kräftig sein. Allerdings ist dabei die Wirksamkeit des Tränkverfahrens zu beachten. Je kräftiger dieses wirkt, d. h. je tiefer das Holz mit der Flüssigkeit durchtränkt wird, um so schwächer kann die letztere sein; eine oberflächliche Tränkung erfordert also eine kräftiger wirkende Lösung als eine Kerntränkung.
3. Es darf keine erheblichen schädlichen Wirkungen, weder auf die Zimmerhauer noch auf die Holzmasse selbst, äußern, d. h. es darf nicht giftig sein, die Holzfaser nicht angreifen, ihre Brennbarkeit nicht zu sehr steigern und die Wetter nicht zu sehr verschlechtern.
4. Es muß sich möglichst fest mit der Holzfaser verbinden, soll also an trockenen Stellen nicht verdunsten, an nassen nicht durch das Wasser ausgewaschen werden.

Prüft man daraufhin die obengenannten wichtigsten Lösungen, so ergibt sich als gemeinsamer Übelstand der anorganischen Salzlösungen, daß sie durch Wasser ausgewaschen werden können. Am geringsten fällt noch dieser Nachteil beim Kochsalz ins Gewicht, da dieses infolge seines äußerst geringen Preises in vollständig gesättigter Lösung in das Holz eingeführt werden kann, so daß eine etwaige Auslaugung durch Wasser sehr langsam vor sich geht. — Der Preis der Salze entspricht im allgemeinen ihrer fäulniswidrigen Kraft: das kräftigste Mittel, Quecksilberchlorid, ist auch das teuerste; die schwächsten Salze, Eisenvitriol und Kochsalz, sind die billigsten. — Schädliche Wirkungen äußern: das Quecksilberchlorid, das sehr giftig ist, das Eisenvitriol, das nach einiger Zeit durch Zersetzung freie Schwefelsäure abgibt, die die Holzfaser zerstört, und in geringerem Maße auch Zinkchlorid und Kochsalz, die das Holz spröde machen. Kalkmilch wirkt wahrscheinlich überhaupt nicht fäulniswidrig, sondern verstopft nur die Poren und umhüllt die Holzfaser, aber unvollkommen.

Die Phenolverbindungen haben sämtlich den großen Vorzug, in Wasser unlöslich zu sein und daher der Auslaugung durch Wasser zu widerstehen. Dabei ist ihre fäulniswidrige Wirkung recht kräftig. Solche Vorzüge haben diesen Tränkmitteln große Verbreitung verschafft. Anderseits werden sie von der Holzmasse nur langsam aufgenommen, so daß sie, wenn nicht mit Saug- und Druckverfahren (Ziff. 26) gearbeitet wird, nur oberflächlich eindringen, also keinen Schutz gegen die etwa im Innern des Holzes vorhandenen Pilze gewähren. Nachteilig ist ferner die ätzende, die Haut angreifende

Wirkung der Teeröle, ihr scharfer Geruch, der nicht nur die Wetter verschlechtert, sondern auch durch seine Ähnlichkeit mit dem Brandgeruch die rechtzeitige Erkennung eines Grubenbrandes erschwert, und endlich besonders ihre Feuergefährlichkeit. Freilich sind die letzteren Nachteile in den für getränktes Holz in erster Linie in Frage kommenden ausziehenden Wetterstrecken von geringerer Bedeutung. Immerhin kann aber gesagt werden, daß für Grubenhölzer die Metallsalze, in erster Linie die Fluorverbindungen, den Vorzug verdienen.

26. — Tränkverfahren. Es lassen sich einfachere und sorgfältigere Verfahren nach der Stufenfolge: Anstrich — Tauchverfahren — Druckverfahren (mit und ohne Saugwirkung und mit und ohne Dämpfung) unterscheiden.

Der Erfolg wurde früher hauptsächlich nach der Menge der vom Holz aufgenommenen Tränkflüssigkeit beurteilt. Neuerdings hat man aber erkannt, daß nur die zur Tränkung der Zellenwände verwandte Flüssigkeit wirksam ist, daß dagegen die Erfüllung der Poren des Holzes mit der Lösung nicht nur unnütz ist, sondern außerdem Nachteile bringt: sie steigert den Verbrauch an Lösung und erhöht das Gewicht der Hölzer.

Das Anstrichverfahren ist im allgemeinen zu verwerfen, nicht nur wegen seiner unzulänglichen Wirkung, sondern auch wegen der hohen Lohnausgaben. Es kommt nur dort in Frage, wo sehr wenig Holz zu tränken ist oder die bei der Bearbeitung von getränktem Holz entstandenen Schnittflächen getränkt werden sollen oder wo bereits gesetztes Holz nachträglich geschützt werden soll. Im letzteren Falle hat man auf Grube Nordstern bei Aachen[1]) das Verfahren dadurch verbilligt, daß man die Lösung mit Hilfe eines fahrbaren Behälters mit Druckluft an die Zimmerungen gespritzt hat.

Beim Tauchverfahren werden die Hölzer durch eine auf- und abzubewegende Belastungsvorrichtung in ein mit der Tränkflüssigkeit gefülltes Bad gedrückt. Das Bad kann kalt oder heiß sein. Die Erhitzung ist wegen des schnelleren Eindringens heißer Flüssigkeit vorzuziehen, sie wird durch eine eingelegte Dampfschlange erzielt. Die Dauer des Eintauchens schwankt von wenigen Minuten bis zu mehreren Stunden; beim Kochsalz z. B. hat man bis zur Dauer von 10 Stunden noch Aufnahme von Lösung durch das Holz festgestellt. Je länger die Tauchdauer, desto gründlicher ist im allgemeinen die Wirkung, desto geringer allerdings auch die Leistung einer Anlage. Der Behälter kann über dem Boden stehen oder in diesen eingelassen sein; er ist zu überdachen. Anfuhr, Eintauchen und Herausnehmen des Holzes erfolgt auf mechanischem Wege. Derartige Anlagen werden besonders von der obengenannten Firma Kruskopf ausgeführt. — Das Maß der erzielten Tränkung ist die Gewichtszunahme des Holzes; man rechnet im allgemeinen, vorausgesetzt, daß gut ausgetrocknetes Holz verwendet wurde, bei der Teerölträukung mit einer Gewichtsvermehrung um 3—6%, bei der Kochsalztränkung mit einer solchen bis zu 30%.

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1910, S. 99; Versuche und Verbesserungen.

Anstrich- und Tauchverfahren erfordern eine sorgfältige Vorbehandlung des Holzes: es soll gut ausgetrocknet und nicht nur von der Rinde, sondern möglichst auch vom Bast, der keine Flüssigkeit aufnimmt, befreit sein. Sie eignen sich nur für Splintholz, da bei Kernholz stärkere Mittel anzuwenden sind, um die Aufnahme der Flüssigkeit zu erzwingen.

Die Tränkung ist bei Anstrich nur ganz oberflächlich. Beim Tauchverfahren dringt Kochsalzlösung, die vom Holz gut aufgenommen wird, wesentlich tiefer ein als Teeröle, deren Tränkwirkung von der Oberfläche aus nur wenige Millimeter ins Innere reicht. Dementsprechend ist, wie erwähnt,

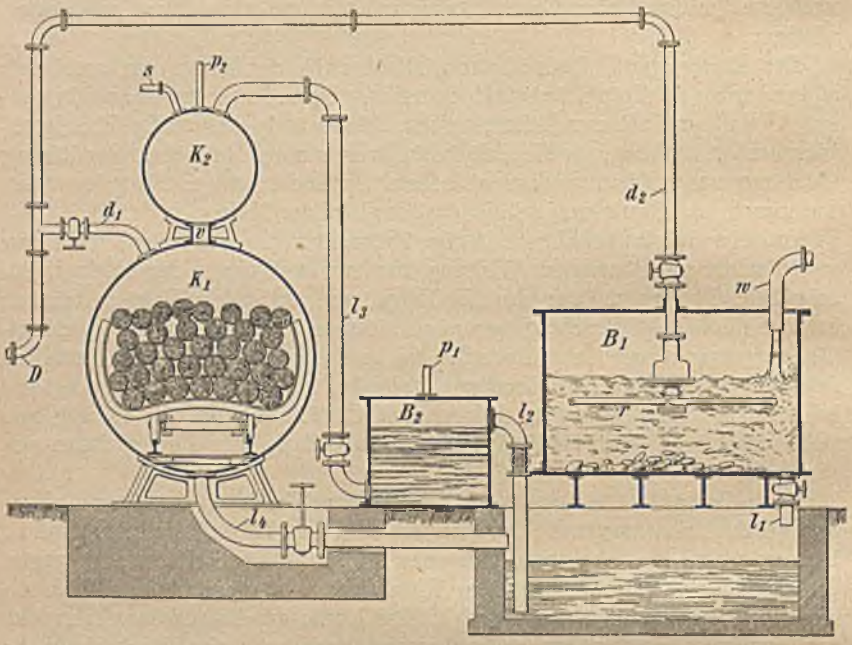


Abb. 7. Holztränkanlage nach dem Verfahren der „Grubenholz-Imprägnierung", G. m. b. H.

die Gewichtszunahme bei der Kochsalztränkung erheblich größer als bei der Teerölträukung, zumal die Teeröle auch ein geringeres spezifisches Gewicht (1,05—1,15) haben.

Das wirksamste Verfahren ist unstreitig das Saug- und Druckverfahren, bei dem, falls Metallsalzlösungen benutzt werden, in folgender Weise gearbeitet wird: Zunächst wird durch Herstellung einer Luftverdünnung der Saft und die Luft teilweise aus dem Holze ausgetrieben und dieses dadurch im höchsten Maße aufnahmefähig für die Tränkflüssigkeit gemacht. Diese wird, auf etwa 70—90° C erwärmt, nach Beendigung der Luftabsaugung, die etwa 1 Stunde dauert, eingelassen und nunmehr 2—5 Stunden lang mit einem Druck von mehreren Atmosphären in das Holz eingepreßt.

Bei der Teerölträukung ist man neuerdings, nachdem man die Nutzlosigkeit der Ausfüllung der Holzporen mit der Tränkflüssigkeit

erkannt hat, zu dem von Wassermann erfundenen[1]) und von Rüping weiter ausgebildeten „Sparträukverfahren" übergegangen, bei dem vor der Tränkung das Holz einem Preßluftdrucke von 5—8 Atm. ausgesetzt und dann das Öl unter ähnlichem Druck eingepreßt wird, worauf sich noch eine Absaugung unter einem Unterdrucke von etwa 60 cm Quecksilbersäule anschließt. Man erreicht dadurch, daß die sich entspannende Preßluft, die die Holzporen erfüllt hatte, die überschüssige Tränkflüssigkeit nach behandelter Tränkung wieder heraustreibt, nachdem in schwächerem Maße diese Wirkung bereits durch die Wiederherstellung des atmosphärischen Druckes nach dem Abblasen der Preßluft eingetreten war.

Nach dem Saug- und Druckverfahren arbeiten die Rütgerswerke A.-G., Berlin, die Grubenholz-Imprägnierung G. m. b. H., Berlin (mit dem Metallsalz „Glückauf" nach Wolmannschen Patenten), die Chemischen Fabriken vorm. Weiler-ter Meer in Ürdingen (mit der Metallsalzmischung „Basilit") u. a. Bei einer derartigen Anlage (Abb. 7) nimmt ein langgestreckter zylindrischer Behälter K_1, der auch ein abgeworfener Dampfkessel sein kann, das Holz auf. Die zum Absaugen der Luft und zum Zuführen von Dampf und Flüssigkeit dienenden Rohrleitungen sind an den Dampfdom K_2 angeschlossen. Das Tränksalz wird in Stücken angeliefert und im Bottich B_1, in den aus der Leitung w Wasser einströmt, unter Einleitung von Dampf durch das Rohr d_2 und die Rührarme r aufgelöst. Die Lauge wird durch das Rohr l_1 in den darunter befindlichen Sammelraum abgelassen. Aus diesem saugt der Kessel B_2, nachdem er durch die zu einer Luftpumpe führende Leitung p_1 luftleer gemacht ist, die Lauge an und drückt sie nach Anschluß des Rohres p_1 an die Druckseite der Luftpumpe durch die Leitung l_3 in den Dom. Letzterer war vorher durch die Leitung s luftleer gemacht worden, so daß der Saft aus dem Holze herausgesaugt werden konnte. Dieser wird nunmehr durch die unter Druck eindringende Lauge ersetzt. Gleichzeitig wird durch die Leitung d_1 der Dampf zur Erhitzung der Lauge in den Kessel eingeführt. Die überschüssige Lauge läuft nachher durch l_4 in den Sammelbehälter zurück. Das Holz wird samt dem Wagen, auf dem es sich befindet, nach Öffnung der Verschlußtür in den Kessel eingefahren und auf demselben Wege nachher wieder herausgeholt. Je mehr Holz im Kessel untergebracht werden kann, um so besser ist es, weil dann nicht nur die Leistung gesteigert, sondern auch der Dampfverbrauch für das Absaugen und Pressen verringert wird, da weniger Luftraum vorhanden ist.

Bei der Wolmannschen Salzmischung ist besonderer Wert auf die Fernhaltung freier Säure gelegt worden, die das Holz und die damit in Berührung kommenden Eisenteile angreifen würde.

Die Saug- und Druckverfahren ermöglichen eine vollständige Durchtränkung des Holzes. Kernholz kann, soweit es überhaupt tränkbar ist, nur nach diesen Verfahren getränkt werden.

27. — Kosten der Tränkung. Einen Überblick über die durchschnittlichen Kosten der verschiedenen Tränkverfahren je Festmeter Holz gibt folgende Zusammenstellung:

[1]) D.R.P. 138933.

	Anstrich-verfahren	Tauchverfahren		Saug- u. Druck-verfahren
		mit Teerölen	mit Salzen	
	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ
Tränkmittel . . .	1,70—1,90	0,50—1,50	0,10—0,30	3,00—6,30
Löhne	3,80—4,50	0,40—0,50	0,40—0,50	0,70—0,90
Dampf	—	0,05—0,15	0,05—0,15	0,20—0,30
Tilgung, Verzinsung, Instandhaltung .	—	0,10—0,20	0,10—0,20	0,40—0,50
insgesamt	5,50—6,40	1,05—2,35	0,65—1,15	4,30—8,00

Hiernach ergibt sich z. B. folgende Ersparnisrechnung: eine Grube, die jährlich 20000 Festmeter Holz für je 23 ℳ Holz- und 18 ℳ Einbaukosten, insgesamt also 41 ℳ je Festmeter, verbraucht, erzielt bei einem Kostenaufwand von 5 ℳ je Festmeter für die Tränkung folgende Jahresersparnisse, je nachdem man den Anteil des getränkten Holzes am Gesamt-Holzverbrauch mit 10 bzw. 20% und die Standdauer des getränkten Holzes mit 2, 2½, 3, 3½ und 4 Jahren (gegenüber einer Standdauer von 1½ Jahren für ungetränktes Holz) annimmt, so daß eine Holzmenge von 2000 · 1,5 = 3000 bzw. 4000 · 1,5 = 6000 Festmetern dauernd unterhalten werden muß.

Es sind an eingebauten Hölzern dauernd zu unterhalten		Die getränkten Hölzer stehen				
		2 Jahre	2½ Jahre	3 Jahre	3½ Jahre	4 Jahre
vom Gesamtbedarf in %	Festmeter	die jährliche Ersparnis beträgt				
		ℳ	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ
10	3000	13 000	26 800	36 000	42 500	47 500
20	6000	26 000	53 600	72 000	85 000	95 000

28. — Beschaffung und Bearbeitung des Holzes. Einzelne Bergwerksgesellschaften beziehen ihr Grubenholz aus eigenen Waldungen. Im allgemeinen jedoch liefern die Holzhändler das Holz, und zwar in der Regel die verschiedenen Sorten gleich nach Maß zugeschnitten; vereinzelt bezieht aber die Grube auch ganze Stämme, die dann nach Bedarf zerschnitten werden, wozu man sich am besten einer fahrbaren Kreissäge bedient, um möglichst wenig Transportkosten auf dem Zechenplatz zu haben (vgl. auch S. 27).

Der deutsche Bergbau hat zur Deckung seines gewaltigen Bedarfs an Grubenholz ausländische Waldbestände, namentlich diejenigen Schwedens und Rußlands, schon stark heranziehen müssen.

Nach Berechnungen von Forstrat Eulefeld und Forstassessor Dreyer[1]) können für die deutschen Bergbaugebiete etwa folgende Verbrauchszahlen für je 1000 t Förderung angenommen werden:

Steinkohlenbergbau . . . . . 29—45 Festmeter
Braunkohlenbergbau, Gesamtdurchschnitt . . . . . 9,5 „
Braunkohlenbergbau, unterirdisch . . . . . 21 „
Erzbergbau . . . . . 12,5 „

[1]) S. das auf S. 18 in Anm. [1]) angeführte Buch von Troschel: Handbuch der Holzkonservierung, S. 387.

Der gesamte Grubenholzverbrauch des deutschen Bergbaues beläuft sich danach z. Zt. auf rd. 6 Mill. Festmeter; er beträgt etwa ein Viertel des in Deutschland überhaupt verbrauchten Holzes und ein Fünftel der Nutzholzgewinnung aus allen deutschen Waldungen.

Veranschlagt man nach diesen Zahlen den Holzverbrauch des Ruhrkohlenbezirkes für 1913 auf 3,5 Mill. Festmeter und berücksichtigt man, daß 1 ha 50jährigen Waldbestandes auf mittelgutem Boden etwa 160 Festmeter Fichten- und 190 Festmeter Kiefernholz liefert, so ergibt sich, daß zur Deckung dieses Holzbedarfes arbeitstäglich $\frac{3500000}{160 \cdot 300} = 73$ bzw. $\frac{3500000}{190 \cdot 300} =$ 61,5 ha Waldbestand geschlagen werden müssen. Im Jahre 1907 mußten etwa 70% des im Ruhrkohlenbezirk verbrauchten Holzes aus Entfernungen von mehr als 300 km herbeigeschafft werden[1]).

Die Höhe der Holzkosten einer Grube hängt freilich in erster Linie von dem Gebirgsdruck und der Mächtigkeit der Lagerstätten sowie von den Holzpreisen ab, läßt sich aber durch zweckentsprechende Tränkung des Holzes, durch nachgiebigen Ausbau, durch weitgehende Wiederverwendung der alten Hölzer und zweckmäßige Abbauverfahren erheblich herabdrücken. Im Steinkohlenbergbau schwanken die Kosten im allgemeinen zwischen 0,30 ℳ und 1,40 ℳ je 1 t Kohlen.

Die Bearbeitung der zusammenzupassenden Hölzer erfolgt in der Regel von Hand. Als Gezähe dienen dem Zimmerhauer dabei Beil und Säge, welche letztere meist eine Bügelsäge ist. Ferner benutzt er beim Stempelausbau das aus 2 gegeneinander verschiebbaren Latten bestehende Sperrmaß, das die bequeme Messung des Abstandes zweier gegenüberliegenden Gesteinsflächen ermöglicht. Beim Türstockausbau wird das Lot zu Hilfe genommen, um die Schrägstellung der Beine gleichmäßig bemessen zu können.

Neuerdings ist der Kohlenbergbau mehr und mehr zu maschineller Holzbearbeitung übergegangen. Die Veranlassung war dazu zunächst das Bestreben, an Löhnen zu sparen und die sorgfältige Ausführung der Zimmerung möglichst von der Geschicklichkeit und Sorgsamkeit der Zimmerhauer unabhängig zu machen, zumal in Bezirken, die viele ungeschulte Arbeiter heranziehen müssen. Anderseits ergibt sich bei der maschinellen Bearbeitung eine Verringerung der Unfallgefahr, die gerade bei der Zimmerhauerarbeit ziemlich groß ist, wenn es sich auch dabei gewöhnlich nur um leichtere Unfälle handelt. Ein Nebenvorteil ist, daß die Abfälle nicht verlorengehen, sondern gesammelt und benutzt werden können. In der Regel gibt man sie zu billigem Preise — z. B. 1 ℳ für den Förderwagen — an die Bergleute ab. Da die Kosten für den Verbrauch an Sägen gering sind, ein Mann, der 4,50 ℳ Schichtlohn erhält, in einer Schicht 500 Stempel mit der Kreissäge anschärfen kann und sich dabei 8 Wagen Abfall ergeben[2]), die 8 ℳ einbringen, so entstehen auf diese Weise durch das Anschärfen überhaupt keine Ausgaben. Bei Verwendung von getränktem Holz in der Grube ist außerdem

[1]) Steffen in dem S. 8, Anm.[1]) angeführten Aufsatz, S. 471.

[2]) „Der Bergbau auf der linken Seite des Niederrheins“ (Festschrift zum XI. Deutschen Bergmannstage), Teil III, S. 179 u. f.; Schwemann: Der Grubenausbau.

die maschinelle Bearbeitung über Tage deshalb erwünscht, weil sie vor dem Tränken erfolgen kann, so daß nicht durch nachträgliche Bearbeitung wieder frische, nicht genügend getränkte Flächen gebildet werden können, die den schädlichen Wirkungen doch wieder Angriffspunkte liefern oder besonders anzustreichen sind. Besonders bedient man sich kleiner Kreissägen zum Anschneiden der Verblattungen, zum Anschärfen der Stempel beim nachgiebigen Ausbau (Ziff. 32) usw. Auch werden Fräser benutzt, die den Bleistiftschärfern ähnlich sind[1]); jedoch ergibt sich dabei der Übelstand, daß sehr feine, fast wertlose Späne als Abfall geliefert werden und außerdem der Winkel, unter dem die Anschärfung erfolgt, nur durch Auswechslung des Fräsers geändert werden kann. Letzterer Nachteil wird vermieden bei einem dritten Verfahren, nämlich der Anschärfung mittels Hobelscheibe[2]). Auch für das Auskehlen der Stempel am Kopfe für die polnische Türstock- und die Schalholzzimmerung werden jetzt vielfach kleine Fräsmaschinen benutzt.

29. — **Gewinnung und Verwertung von Abfallholz.** Die im Streckenausbau gebrochenen Hölzer können beim Einbau neuer Zimme-

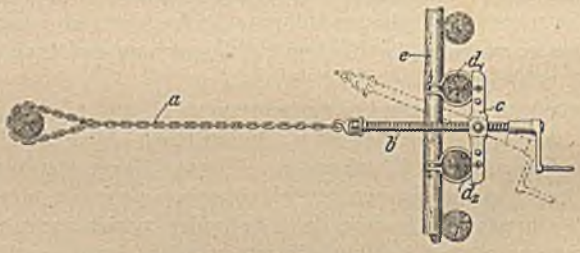


Abb. 8. Raubspindel von Kirschniok.

rungen ohne weiteres zurückgewonnen werden. Im Abbau hängt die Möglichkeit der Wiedergewinnung (des „Raubens") des Ausbaues von dem Verhalten des Gebirges und von dem Abbauverfahren ab. Der Abbau mit Bergeversatz gestattet, besonders bei flacher Lagerung, einen großen Teil der Hölzer zurückzugewinnen, sofern der Versatz genügend rasch nachgeführt wird. Dieses Rauben der Hölzer empfiehlt sich auch deshalb, weil es ein gleichmäßiges Niedergehen des Hangenden ermöglicht. Besonders leicht läßt es sich beim Abbau mit Spülversatz durchführen.

Von besonderer Bedeutung ist das Rauben des Holzes im oberschlesischen Pfeilerbau, wo es regelrecht durchgebildet ist. Es erfolgt hier nicht nur zur Wiedergewinnung des Holzes, sondern auch zur Beschleunigung des Zubruchegehens der ausgekohlten Pfeiler, um die benachbarten Bauabschnitte von dem starken Drucke der hangenden Schichten zu entlasten. Wegen der Gefährlichkeit der Arbeit beschränkt man sie auf die am leichtesten gewinnbaren Stempel und sorgt außerdem dafür, daß die Leute nicht unmittelbar an die zu raubenden Stempel heranzugehen brauchen, sondern sie aus einiger Entfernung herausreißen können. Dazu dient z. B. die Kirschniokske

[1]) Glückauf 1909, Nr. 8, S. 261, und Schwemann an der S. 27, Anm.[2]) angeführten Stelle.

[2]) Glückauf 1911, Nr. 17, S. 652; Stens: Über nachgiebigen Grubenausbau.

Raubspindel (Abb. 8), eine Schraubenspindel *b*, deren Mutter in einem gegen zwei Stempel abgestützten und an den Schellenbändern d_1 d_2 befestigten Querstück *c* verlagert ist und die durch eine Kurbel zurückgeschraubt wird und dadurch den von ihr mittels der Kette *a* gefaßten Stempel langsam umreißt. Eine Drehung der Spindel (z. B. in die punktiert angedeutete Lage) und damit ein Erfassen anderer Stempel wird durch die drehbare Verlagerung der Spindelmutter im Querstück *c* ermöglicht.

Bei der Raubvorrichtung der Westfalia-A.-G., Gelsenkirchen, (Abb. 9) wird an dem zu raubenden Stempel mittels einer Kette ein Dreharm *a* befestigt, in den die Kette faßt. Diese wird mit Hilfe des Ratschenhebels *h* durch Bewegung der Laufkatze *k*, die durch eine federnde Sperrklinke auf

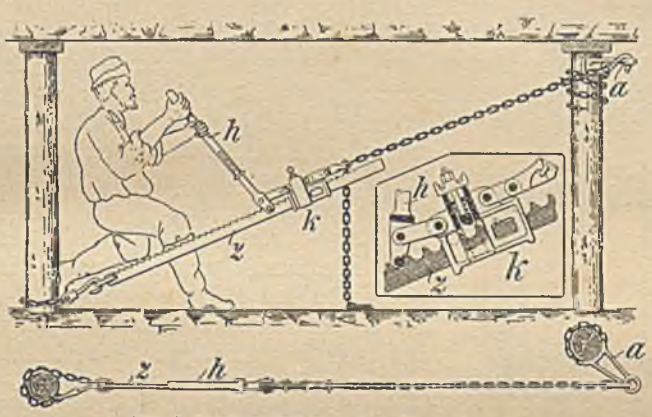


Abb. 9. Raubvorrichtung der „Westfalia".

der Zahnstange *z* festgehalten wird, allmählich angezogen. Der Stempel wird also gleichzeitig gedreht und gezogen.

Das Abfallholz kann, da es meist noch frisch und tragkräftig ist, noch zum Ausbau in wenig mächtigen Lagerstätten verwendet werden. Außerdem wird es für Holzpfeiler, Holzeinlagen in Mauerung, Holzhinterfüllung im Streckenausbau, insbesondere wenn er aus Mauerung oder Beton besteht, zur Herstellung von nachgiebigen Gewölben u. dgl. benutzt. Die rasche Aufnahme des nachgiebigen Ausbaues, der viel Abfallholz verlangt, anderseits aber die Standdauer des Ausbaues verlängert, also wenig Altholz liefert, hat es mit sich gebracht, daß der Bedarf an Abfallholz vielfach die durch Wiedergewinnung erhaltenen Holzmengen übersteigt, so daß z. B. Holzpfeiler häufig schon aus frischen Hölzern hergestellt werden.

2. Einfacher Holzausbau (Stempelausbau).

30. — **Allgemeines.** Beim Stempelausbau finden lediglich Einzelhölzer Verwendung, die zwischen 2 Gebirgsflächen fest eingespannt werden. Angewandt wird dieser Ausbau in Strecken sowohl wie auch besonders in Abbauräumen. Dabei ist eine dreifache Art der Beanspruchung möglich, nämlich auf Zerdrückung, auf Zerknickung und auf Biegung. Auf

Zerdrückung bzw. Zerknickung werden die Stempel dann beansprucht, wenn sie nur eine über ihnen befindliche Last, z. B. das Hangende im Abbau, tragen sollen. Unter Zerknickung versteht man das Brechen eines Stempels, nachdem dieser durch den Druck durchgebogen ist. Sie tritt im allgemeinen bei Holzsäulen erst ein, wenn deren Länge gleich dem 24fachen des Durchmessers ist. Doch lassen sich Stempel nicht mit solchen unverrückbar aufgestellten Säulen über Tage vergleichen, da das Gebirge meist auch in einer gewissen schiebenden Bewegung ist und dadurch die Beanspruchung der Stempel bedeutend ungünstiger wird. Man muß daher nach Versuchen von Stens[1]) annehmen, daß bei ihnen Zerknickung schon bei einem Verhältnis der Länge zum Durchmesser wie 10:1 möglich wird, so daß also z. B. ein Stempel von 10 cm Durchmesser bereits bei 1 m Länge zerknickt werden kann. — Eine Inanspruchnahme auf Biegung ist zu verzeichnen bei allen quer zur Längsrichtung beanspruchten Stempeln, z. B. solchen, die zur Zurückhaltung lockerer Stöße oder hereinbrechender rolliger Massen oder zum Abfangen von Schweben, von Bergeversatz u. dgl. verwandt werden, sei es nun, daß sie diesen Druck unmittelbar aufnehmen oder daß er durch „Verzug" auf sie übertragen wird.

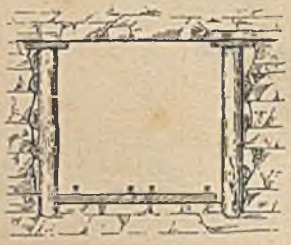


Abb. 10. Stempelausbau in Strecken.

31. — Anwendung und Ausführung des einfachen Stempelausbaues. Die größte Wichtigkeit hat der reine Stempelausbau für die Abbaubetriebe in flözartigen Lagerstätten, und zwar bei gutartigem Gebirge. Die Stempel werden möglichst in regelmäßigen Abständen (etwa je 1 m) gesetzt. Bei flacher Lagerung kann der Stempel rechtwinklig zur Schichtung gestellt werden. Bei steilerem Einfallen läßt man ihn mit etwa 5° von der rechtwinkligen Lage gegen das Einfallen hin abweichen („gibt ihm 5° Strebe", Abb. 31[4] auf S. 41), weil er hier auch noch einen gewissen Schub des Hangenden in der Fallrichtung aufzunehmen hat, der ihn bei rechtwinkliger Stellung umwerfen würde, bei genügender „Strebe" aber nur um so fester drückt.

In Strecken kann man nur unter besonders günstigen Verhältnissen mit einfachem Stempelausbau auskommen (Abb. 10), so daß er hier keine große Rolle spielt.

Im Abbau zu verwendende Stempel dürfen, da sie nur vorübergehend Verwendung finden und in großen Mengen gebraucht werden, nicht teuer sein, besonders wenn sie nicht wieder gewonnen werden können. Sie müssen ferner vor dem Brechen bis zu einem gewissen Grade durch Zusammenstauchung nachgeben. Endlich dürfen sie nicht unvermutet brechen (sie müssen „warnen"). Diesen Erfordernissen entspricht im deutschen Bergbau in der Regel am besten das Kiefern- und Fichtenholz; Eichen-, Weißtannen- und Weißbuchenholz ist zu teuer, und Rotbuchenholz bricht wegen seiner Sprödigkeit plötzlich.

[1]) Glückauf 1911, Nr. 17, S. 653; Stens: Über nachgiebigen Grubenausbau.

Kurze Stempel, die nur zur vorübergehenden Abstützung einer unterschrämten Kohlenbank oder einer nach Gewinnung der Unterbank noch anstehenden Oberbank dienen, werden als „Bolzen" bezeichnet.

Ist das Liegende genügend fest, so wird der Stempel unten etwas behauen und „barfuß" in ein Bühnloch gestellt. Bei sehr weicher Beschaffenheit des Liegenden (z. B. bei Ton, weicher Braunkohle u. dgl.) muß er ein Stück Rundholz, einen „Fußpfahl", als Unterlage erhalten. Gegen das Hangende bzw. die Firste wird der Stempel unter Zwischenfügung eines „Anpfahls", d. h. eines Halb- oder Rundholzes, getrieben. Ein solcher Anpfahl gestattet zunächst durch seine mehr oder weniger starke Zusammenpressung kleine Fehler bei der richtigen Bemessung der Stempellänge auszugleichen. Ferner wird durch diese polsterartige Zwischenlage das Hangende beim „Antreiben" des Stempels weniger beansprucht. Auch erhöht der Anpfahl als „Quetschholz" die Nachgiebigkeit des Ausbaues, und zwar in um so höherem Maße, je dicker er ist. In vielen Fällen wird außerdem der Anpfahl länger genommen und dann zum Abfangen des Hangenden in der Nachbarschaft des Stempels benutzt. Insbesondere können dann kleine „Schnitte" im Gebirge durch den Anpfahl überdeckt und so Schalen von nicht zu großer Dicke festgehalten werden. Freilich darf die Länge der Anpfähle ein gewisses Maß nicht übersteigen, da ihre Enden sonst nur noch sehr geringe Tragfähigkeit haben und die Arbeiter dann leicht in falsche Sicherheit gewiegt werden. Am weitesten geht der deutsche Braunkohlenbruchbau bei dieser Ausnutzung der Anpfähle: diese (*a* in Abb. 11) werden hier nicht nur verhältnismäßig lang genommen, sondern auch noch mit Brettern oder Pfählen *b* verzogen, so daß eine Fläche von etwa 1 qm von einem Stempel gestützt wird. Man trägt dabei Sorge, durch abwechselnde Längs- und Querstellung der Anpfähle und Verzugpfähle diese möglichst gleichmäßig zu beanspruchen. Eine derartige Zimmerung bildet schon den Übergang zur Kappenzimmerung, und in der Tat werden diese Anpfähle vom Braunkohlenbergmann auch als „Kappen" bezeichnet. Doch sollen hier und im folgenden unter dieser letzteren Bezeichnung nur Hölzer verstanden werden, die von mindestens zwei Stempeln getragen werden.

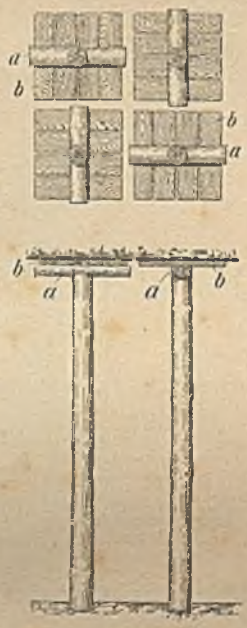


Abb. 11. Stempelausbau im deutschen Braunkohlenbruchbau.

Nicht zu verwechseln mit „Anpfahl" ist das Wort „Anfall" (auch „Kopfgeschick"), das die Stelle des Hangenden bezeichnet, gegen die der Kopf des Stempels getrieben wird.

32. — Nachgiebiger Stempelausbau. Das Bedürfnis nach einem nachgiebigen Ausbau ist zwar am größten in Strecken, wogegen es im Abbau,

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1905, S. 86; Versuche und Verbesserungen.

wo die Stempel nicht lange als Stützen zu dienen brauchen, um so geringer wird, je schneller der Abbau fortschreitet und je langsamer das Hangende sich setzt. Jedoch machen sich immerhin schon beim einfachen Abbau mit Bergeversatz Stempel mit nicht ausreichender Nachgiebigkeit unvorteilhaft bemerklich: entweder knicken sie und schieben dabei den Versatz zur Seite, so daß Hohlräume in ihm entstehen, oder sie stehen zu fest eingekeilt, um knicken zu können, stören dann aber das gleichmäßige Setzen des Hangenden. Besonders aber ergibt sich bei Verwendung maschineller Hilfsmittel beim Abbau, wie z. B. bei der Abbauförderung mit Schüttelrutschen u. dgl. (vgl. dazu den Abschnitt „Förderung") und bei Benutzung von Strebschrämmaschinen (vgl. Bd. I, Abschnitt „Gewinnungsarbeiten") die Notwendigkeit, einen bruchfreien Stempelausbau zu haben, da diese Vorrichtungen Bewegungsfreiheit vor dem Abbaustoß erfordern, die nicht durch gebrochene Stempel beeinträchtigt werden darf.

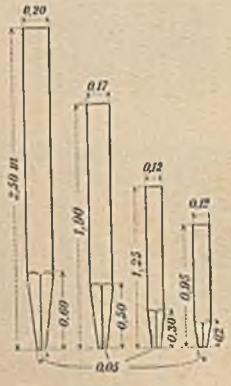


Abb. 12. Angespitzte Stempel verschiedener Länge.

Was die Mittel zur Erzielung einer genügenden Nachgiebigkeit betrifft, so ist zunächst zu berücksichtigen, daß jeder Holzausbau schon infolge der verhältnismäßig weichen Beschaffenheit des Holzes an sich etwas nachgeben kann. Die Stempel lassen sich in sich etwas zusammendrücken, und zwar nach verschiedenen Versuchen um etwa 3—5%; ein Stempel von 1,5 m Länge kann also eine Senkung des Hangenden von 5—7 cm aushalten, ohne zu brechen. Auch die Beschaffenheit des Gebirges kann das Nachgeben des Ausbaues erleichtern, da bei quellendem Liegenden die Erscheinung des Quellens selbst, die großenteils auf der Nachgiebigkeit des Liegenden beruht, den Ausbau entlastet. Die Stempel können sich dann, ohne zu brechen, tief in das Liegende hineindrücken, indem dieses sich um sie herum in die Höhe schiebt. Außerdem ist von jeher schon durch die Einschaltung der Zwischenstücke (Anpfahl und Fußpfahl) für eine gewisse Nachgiebigkeit gesorgt worden, da diese auf etwa 50% sich zusammendrücken lassen. Sie werden daher aus weichem Holze geschnitten und um so dicker genommen, je stärker das Hangende sich zu setzen pflegt, weshalb man bei stärkerer Bewegung des Gebirges nicht Halb-, sondern Rundholz für diese Stücke verwendet.

Immerhin reichen diese einfachen Hilfsmittel nur bei geringer Flözmächtigkeit aus: in einem Flöz von 0,4 m Mächtigkeit z. B. ermöglicht ein Stempelausbau mit Kopf- und Fuß-Quetschhölzern von je 0,12 m Stärke ein Nachgeben von etwa 2 cm durch den Stempel und 12 cm durch die Quetschhölzer, insgesamt also von 14 cm, d. h. etwa einem Drittel der Flözmächtigkeit. In einem Flöz von 2,5 m dagegen würde die Gesamt-Nachgiebigkeit dieses Stempelausbaues nur etwa 10 + 12 = 22 cm = 9% der Flözmächtigkeit ausmachen.

33. — **Angespitzte Stempel.** Das wichtigste Mittel zur Erhöhung der Nachgiebigkeit ist das zuerst auf der Steinkohlenzeche Rheinpreußen bei Homberg in größerem Umfange eingeführte Anspitzen der Stempel am

unteren Ende[1]). Man schafft dadurch künstlich eine schwache Stelle, die dem Drucke zuerst nachgibt, so daß der Stempel am Fuße unter entsprechender Verkürzung quastartig auseinandergestaucht wird. Je länger der Stempel ist, um so mehr muß er nachgeben können, um so länger muß also das angespitzte Ende werden. Abb. 12 zeigt die auf „Rheinpreußen" im Betriebe als die besten erprobten Längen der Spitzen. Auf anderen Zechen ist man noch weiter gegangen, so daß dort der angespitzte Teil etwa ein Drittel der gesamten Stempellänge ausmacht. Dem Fuße läßt man einen Durchmesser von 5—6 cm. Das Anschärfen erfolgt am besten durch vier Schnitte mit der Kreissäge, die eine abgestumpfte Pyramide herstellen, weniger zweckmäßig durch fräserartige Werkzeuge (vgl. Ziff. 28).

Da durch das quastartige Auftreiben des Stempelfußes die Nachgiebigkeit des Stempels nach und nach verringert wird, so muß bei längerer Standdauer der

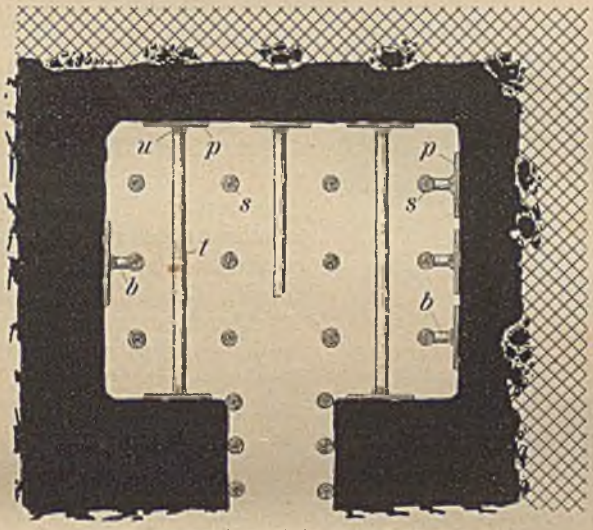


Abb. 13. Verspreizung beim Braunkohlenbruchbau.

Hölzer ein Nachspitzen mit dem Beile an Ort und Stelle erfolgen. Man hat auf diese Weise schon Verkürzungen der Stempel auf 50% ohne Bruch herbeiführen können. Allerdings erfordert dieses Nachschärfen besondere Aufmerksamkeit, damit es in der richtigen Weise und weder zu früh noch zu spät geschieht.

Belastungsversuche[2]) mit angespitzten Stempeln mittels einer hydraulischen Presse haben folgendes Ergebnis gehabt:

Stempel-Länge cm	Stempel-Durchmesser cm	Maß der Verkürzung in Zentimetern bei einem Drucke von 5300 kg	7500 kg	10600 kg	15200 kg	18000 kg
110	10	5[3])	11	—	—	—
210	15	—	7[3])	12	15	19

[1]) Der Bergbau auf der linken Seite des Niederrheins, Teil III; Schwemann: Der Grubenausbau, S. 162.

[2]) Glückauf 1908, Nr. 16, S. 560; Hecker: Neuerungen im Grubenausbau.

[3]) Beginn der Quastenbildung.

Die Stempel gaben also bei einmaliger Anspitzung um rund 10% nach. Bei einer Belastung von 32 000 kg erfolgte bei den stärkeren Stempeln noch kein Bruch — ein Beweis für die günstige Wirkung der Anspitzung.

Ist das Liegende von milder Beschaffenheit, so drückt sich ein angespitzter Stempel zu rasch hinein. Man muß ihn daher dann auf einen Fußpfahl setzen. Da der ganze Druck, unter dem der Stempel steht, auf die kleine Fußfläche wirkt, so wird der Fußpfahl bedeutend kräftiger als durch nicht angespitzte Stempel zusammengequetscht. Man gibt ihm daher eine genügende Länge, so daß trotz der Quetschung in der Mitte die Enden noch zusammenhalten und ein Aufspalten vermieden wird. Um das Eindringen des Stempels in den Fußpfahl zu erleichtern, kerbt man diesen auch wohl ein. Auch schärft man aus dem gleichen Grunde wohl das Kopfende des Stempels, mit dem er in den Anpfahl eindringen soll, schwach an (vgl. z. B. Abb. 35 auf S. 43).

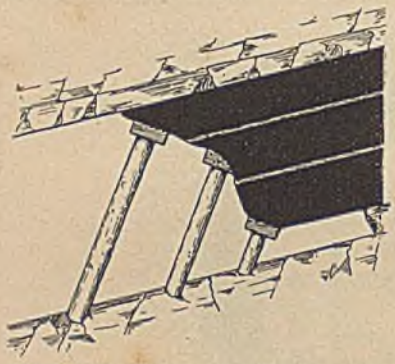


Abb. 14. Abstützung eines überhängenden Kohlenstoßes durch Strebestempel.

34. — Ausbau mit Spreizen oder Streben. Spreizen steifen in söhliger Lage Flächen gegeneinander ab. Eine solche Abspreizung wird im deutschen Braunkohlenbergbau verschiedentlich in größerem Maßstabe regelrecht durchgeführt, wenn der einzelne Bruch (vgl. Bd. I, „Pfeilerbruchbau") weiter herausgearbeitet und die Kohle nicht von besonders fester Beschaffenheit ist. Man kann dann nach Abb. 13 teils die Stöße durch Absteifen gegen die nächsten Stempel mit Hilfe der Spreizen *b b* sichern, teils auch die Spreizen von einem Stoß durch den ganzen Abschnitt hindurch bis zum gegenüberliegenden Stoß gehen lassen (*t*). Im ersteren Falle müssen bei stärkerem Druck auch die Stempel unter sich noch wieder verspreizt werden. — Eine Abstützung durch Streben wird durch Abb. 14 veranschaulicht.

35. — Stempelausbau mit Biegungsbeanspruchung. Ein Stempelausbau, der außer der Druck- oder Knickbeanspruchung auch eine mehr oder weniger starke Biegungsbeanspruchung (also Seitendruck) auszuhalten hat, ist der zum Abfangen von Schweben oder Firsten oder von Versatzbergen oder zum Schutz der Abbauräume gegen den alten Mann dienende. Ein solcher Ausbau muß in mächtigeren Lagerstätten durch Hilfstempel oder Streben verstärkt werden.

Beim Abfangen von Schweben (Abb. 15—17) kann der Stempel entweder beiderseits eingebühnt (Abb. 15*a*) oder an dem einen Ende durch einen Keil gestützt werden (Abb. 15*b*). Im ersteren Falle muß das eine Bühnloch mit einer seitlich sich anschließenden „Bahn" hergestellt werden, um das Einschieben des Stempels von der Seite her zu ermöglichen. Verstärkte Zimmerungen dieser Art für größere Mächtigkeit oder gebrächere Kohle zeigen die Abbildungen 16 und 17. In Abb. 16 sind die Schwebestempel durch

Strebstempel („Spitzbau") abgestützt. In Abb. 17[1]) ist unter dem ersten Stempelschlag *a a* noch ein zweiter *c c* eingebracht, dessen Stempel unter den Mitten der Zwischenräume der oberen Stempel liegen und diese durch Vermittlung der längs gelegten Rundhölzer *b* tragen.

Schwebestempel dürfen nicht stärker nachgiebig sein, da sie während der kurzen Zeit ihrer Wirksamkeit ein Zerdrücken der Schweben verhüten sollen.

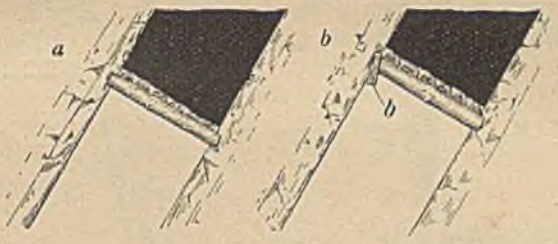


Abb. 15 *a* und *b*. Abfangen von Schweben in Flözen.

Einen ähnlichen Zweck haben die Firstenstempel, mit denen man bei steiler Lagerung an Stelle der Türstock- oder Schalholzzimmerung auskommen kann, wenn das Nebengestein fest ist. Eine Versteifung bei größerer Mächtigkeit kann hier am einfachsten durch Mittelstempel (in Westfalen auch „Bockstempel" genannt) erfolgen. Abb. 18 zeigt eine solche Zimmerung und läßt gleichzeitig erkennen, wie der durch die Mittelstempel abgeschlagene Raum zur Unterbringung der aus dem Bergemittel fallenden Berge mit ausgenutzt ist.

Abb. 16. Spitzbau zur Verstärkung von Schwebestempeln.

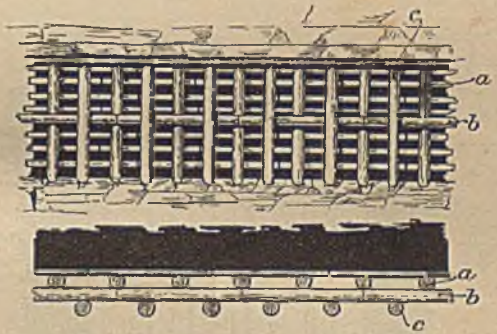


Abb. 17. Doppelter Stempelschlag zum Abfangen von Schweben.

Soll Bergeversatz bei steiler Lagerung durch Stempelschlag abgefangen werden, so muß dieser nachgiebig sein, um beim Zusammendrücken des Versatzes nicht zu brechen, und einen kräftigen Verzug erhalten, mit dem er dann einen „Bergekasten" bildet. Ein Beispiel gibt Abb. 19; die Nachgiebigkeit wird hier durch Kopf- und Fußhölzer erzielt. (Über das Tragen des Versatzes durch die Streckenzimmerung selbst vgl. die Ausführungen in Ziff. 50 und die Abbildungen 53 und 54 daselbst.)

[1]) Sammelwerk Bd. II, Abb. 43 (S. 142).

Die zum Abfangen des Versatzes dienenden Stempel werden neuerdings wohl bei größerer Flözmächtigkeit noch besonders nachgiebig gemacht, indem man sich nicht mit dicken Kopf- und Fußhölzern begnügt, sondern außerdem die Stempel anspitzt. Da sie aber in diesem Zustande wenig Seiten-

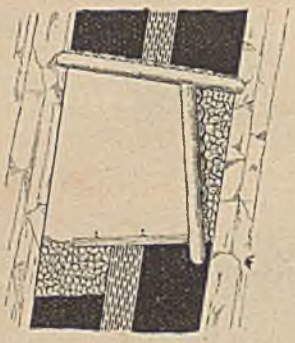


Abb. 18.
Firstenstempel mit Abstützung durch Mittelstempel.

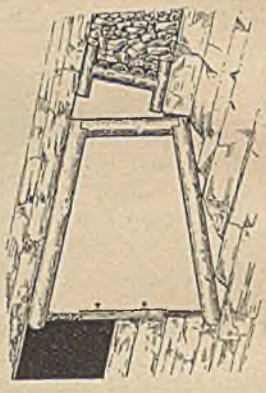


Abb. 19. Abfangen von Bergeversatz durch Halbhölzer auf Stempeln mit Fußpfahl und Anpfahl (Bergekasten).

druck aushalten können, dieser aber gerade hier stark auftritt, so darf eine solche Zuschärfung nur messerartig, mit Richtung der Schneide senkrecht gegen den Versatz, erfolgen (vgl. die Ausführungen weiter unten, Ziff. 43);

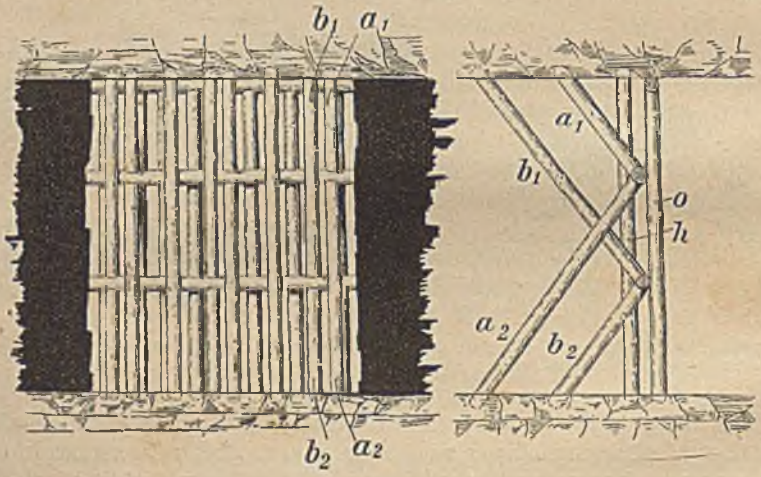


Abb. 20. Streckensicherung durch eine Orgel mit Versatzung im oberschlesischen Pfeilerbau.

auch muß außerdem dann der Stempelschlag durch Mittelstempel od. dgl. verstärkt werden.

Eine dem oberschlesischen Pfeilerbruchbau eigene Stempelzimmerung ist der Ausbau mit dicht nebeneinander gestellten Stempeln, die eine „Orgel“

bilden. Sie sollen das Hereinrollen der im alten Mann aus dem Hangenden niedergebrochenen Blöcke in den Abbauabschnitt und die zugehörige Strecke verhüten und werden deshalb bei dem schwebenden Vorgehen nach oben von vornherein auf der nach dem Bremsberge hin gelegenen Seite des Abschnittes eingebaut (vgl. Bd. I, „Pfeilerbruchbau"). Die Orgelstempel sind von besonderer Wichtigkeit, wenn ohne „Bein" gearbeitet wird; sie müssen dann entsprechend dichter gestellt werden. Die Abbaustrecken sowie der Kopf der Bremsberge müssen in derselben Weise gesichert werden. Man verstärkt hier vielfach die Orgel noch durch eine sog. „Versatzung", die in besonders kräftiger Ausführung durch Abb. 20[1]) veranschaulicht wird. Hier werden die Orgelstempel *o* zunächst durch 2 Lagen quer gelegter Rundhölzer gestützt und diese ihrerseits nicht nur durch eine zweite Stempelreihe *h* gehalten, sondern auch noch durch die Streben a_1 b_1 und a_2 b_2 gegen das Hangende und Liegende abgesteift.

3. Zusammengesetzter Holzausbau.

36. — Vorbemerkung. Beim zusammengesetzten Holzausbau wird das Gebirge nicht in je einem Punkte, sondern längs einer oder mehrerer Linien gestützt. Das Hauptgebiet dieser Zimmerung ist der Streckenausbau; doch finden wir auch im Abbau Ausbauverfahren, die hierher zu rechnen sind. Der zusammengesetzte Ausbau ist teils schon an sich nachgiebig, teils kann er durch besondere Mittel nachgiebig gemacht werden.

37. — Holzpfeiler. Eine Mittelstellung zwischen dem Stempel- und dem zusammengesetzten Ausbau im engeren Sinne nehmen die Holzpfeiler (auch „Holzschränke", „Scheiterhaufen" oder „Kreuzlager" genannt) ein, die aus einer ganzen Anzahl von kreuzweise gelegten Holzstücken gebildet sind. In der Regel werden sie als hohle Säulen aufgebaut, deren Inneres mit klaren Bergen angefüllt wird, die dem Ganzen vorläufig einen inneren Halt geben sollen. Das Holz ist meist altes, wiedergewonnenes Rundholz. Doch wird bei großem Bedarf an Holzpfeilern auch frisches Holz für diese zurechtgeschnitten; man kann dazu mit Vorteil rotbuchenes Scheitholz, das billig ist, verwerten. Holzpfeiler, die nur aus dicht aneinander gelegten Hölzern bestehen, also keine Bergefüllung erhalten, erfordern sehr viel Holz und werden daher nur ausnahmsweise hergestellt. Jedenfalls sollte aber auch dann immer genügend Platz zwischen den einzelnen Hölzern gelassen werden, um ihr allmähliches Zusammendrücken zu gestatten. Auch im übrigen muß alles vermieden werden, was der Zusammendrückung hinderlich ist. Insbesondere sollen die Holzpfeiler nicht um Stempel herum aufgebaut oder doch wenigstens diese angesägt oder stark nachgespitzt werden; auch darf die Bergefüllung nicht zu dicht sein. Die Auflagestellen der einzelnen Hölzer müssen genau übereinander liegen. Die Länge der Hölzer muß mit der Höhe der Holzpfeiler, d. h. mit der Mächtigkeit der Lagerstätte, zunehmen.

Die Holzpfeiler lassen sich am bequemsten bei flacher Lagerung herstellen. Jedoch verwendet man sie ihrer Vorzüge wegen auch bei größeren Fall-

[1]) Verhandlungen und Untersuchungen d. preuß. Stein- u. Kohlenfallkommission, (Berlin, Ernst & Sohn), 1906, Texttaf. V, Fig. 4 u. 5.

winkeln; sie müssen dann durch vorgeschlagene Stempel (s_1—s_3 in Abb. 21) vor dem Abrutschen gesichert werden.

Ihr Hauptverwendungsgebiet finden die Holzpfeiler beim Ausbau wichtigerer, d. h. längere Zeit offen zu haltender Strecken und beim Ausbau von Bremsbergen. Sie werden hier längs den Stößen gesetzt und stellen ein vorzügliches Hilfsmittel dar zur Durchführung des im Abschnitt „Grubenbaue“ (Bd. I, „Auffahren der Grundstrecken“) behandelten Grundsatzes, derartige Baue mit breitem Blick und begleitendem Versatz aufzufahren. Der Holzersparnis wegen läßt man häufig auch die Holzpfeiler mit Bergemauern abwechseln (vgl. Abb. 38 auf S. 45 und Abb. 59 auf 55).

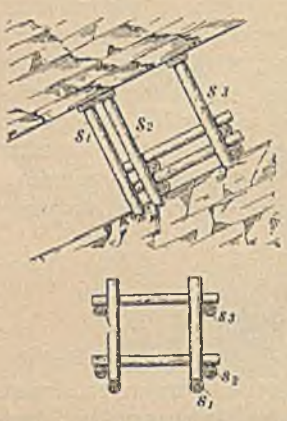


Abb. 21.
Sicherung von Holzpfeilern in geneigten Lagerstätten.

In den Abbauräumen spielen Holzpfeiler eine geringere Rolle, da sie hier bei regelrechter Durchführung zu große Holzmengen verschlingen würden. Sie eignen sich dann am besten für den Abbau mit Bergeversatz, wogegen sie beim Abbau ohne Versatz nach erfolgter Zusammenpressung feste Säulen bilden, die das erwünschte gleichmäßige Niedergehen des Hangenden hindern und sich so besonders beim etwaigen späteren Abbau höher liegender Flöze ungünstig bemerklich machen. Wie groß ihre Abmessungen mitunter werden können, zeigen Beispiele aus dem oberschlesischen Steinkohlenbergbau und australischen Erzbergbau, wo Holzpfeiler von 4 qm Fläche und 6—10 m Höhe vorkommen.

Es liegt auf der Hand, daß die Holzpfeiler, da die Zusammendrückbarkeit des Holzes quer zur Faser besonders groß ist, in ganz besonderem Maße auf

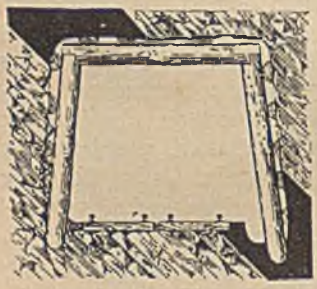


Abb. 22. Deutscher Türstock mit schrägen Beinen.

Abb. 23. Verschiedene Verblattungen bei deutschen Türstöcken.

Abb. 24. Ausführung der Türstockverblattung.

die Bezeichnung „nachgiebiger Ausbau“ Anspruch machen können. Man kann mit einer Zusammendrückung bis auf etwa die halbe Höhe rechnen.

38. — **Türstockzimmerung.** Die seit alters gebräuchliche zusammengesetzte Zimmerung im eigentlichen Sinne ist die „Türstockzimmerung“. Jeder einzelne „Türstock“ besteht aus der „Kappe“ und den beiden Stempeln oder „Beinen“. Die Kappe kommt söhlig oder annähernd söhlig zu

liegen und hält den Druck von oben her ab. Die Beine haben zunächst die Aufgabe, die Kappe zu tragen, sollen aber nach Bedarf auch Druck von den Stößen her abhalten und werden daher dann bei der deutschen Türstockzimmerung mit etwas Schräglage („Strebe") aufgestellt (Abb. 22 u. a.).

Die häufigste Art der Türstockzimmerung ist diejenige mit Verblattung, die als deutsche Türstockzimmerung bezeichnet wird. Durch die Verblattung wird der Türstockrahmen in den Stand gesetzt, sowohl dem Firsten- als auch dem Seitendruck zu widerstehen. Und zwar kann man ihr je nach Bedarf eine größere Widerstandskraft nach der einen oder anderen Richtung verleihen: so zeigt Abb. 23 oben links eine Verblattung für vorwiegenden Seiten-, rechts eine solche für vorwiegenden Firstendruck. Überwiegt der Druck von der einen oder der anderen dieser Richtungen bedeutend, so braucht nur der Stempel bzw. die Kappe mit Blatt versehen zu werden (Abb. 23 unten).

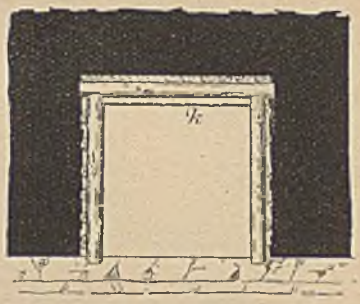


Abb. 25. Polnischer Türstock mit Kopfspreize.

Bei der deutschen Türstockzimmerung sind folgende Bezeichnungen zu beachten (Abb. 24): Die äußere Grenzfläche *k* heißt der „Kopf" des Stempels bzw. der Kappe, die durch Einschnitt mittels der Säge geschaffene Fläche *e* das „Eingeschneide"; die in der Faser liegende Fläche, die durch das Beil frei gelegt ist, wird beim Stempel „Gesicht" (*g*), bei der Kappe „Blatt" oder „Platte" (*b*) genannt. Damit die Unterseite der Kappe mit einer ebenen Fläche am Eingeschneide des Stempels anliegt, muß sie mit dem Beil dort etwas schräg abgeschlichtet werden. Türstöcke mit einem langen und einem kurzen Bein heißen „verkürzte" oder „Stutztürstöcke".

Abb. 26*a* und *b*. Gute und schlechte Ausführung der Schar bei der polnischen Türstockzimmerung.

Da die Stempel oben durch die Einblattung geschwächt werden, so stellt man sie mit dem dickeren Ende nach oben. Man kommt dann auch mit engeren Bühnlöchern aus und legt die schwächste Stelle nach unten, wo ein Nachgeben am wenigsten schadet.

Beim sog. „polnischen" Türstock (Abb. 25), wie er im oberschlesischen Bergbau die Regel bildet, werden die Beine oben nur ausgekehlt (mit einer „Schar" versehen). Die sorgfältige Ausrundung mit der Axt (Abb. 26*a*) verdient den Vorzug vor dem Doppelsägeschnitt (Abb. 26*b*), bei dem der Kappendruck nur auf zwei Punkte wirkt, so daß die Beine gespalten werden können. Auch ist wichtig, daß die Kappe der ganzen Länge des Ausschnitts nach aufliegt (vgl. die richtige und die falsche Ausführung nach Abb. 31_2). Die Verwahrung gegen Seitendruck wird bei der polnischen Türstockzimmerung am besten durch Eintreiben der sog. „Kopfspreize" (*k* in Abb. 25) zwischen beide Beine erreicht. Weniger zweckmäßig, aber billiger ist die Anwendung eines „Vorschlags", d. h. eines in die Kappe eingetriebenen Pflockes oder starken Nagels, gegen den das Bein sich stützt.

Bei der „schwedischen“ Türstockzimmerung treten an die Stelle der Verblattungen schräge Schnittflächen, mit der Säge hergestellt. Sie wird in der ursprünglichen Ausbildung selten angewendet, ist aber als nachgiebige „Polygonzimmerung“ mit Einlage von Quetschhölzern für druckhaftes Ge-

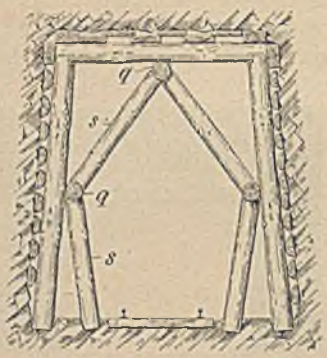


Abb. 27.

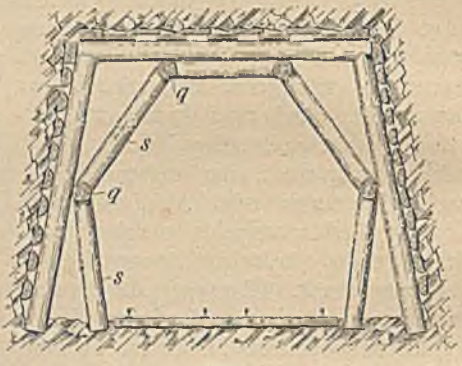


Abb. 28.

Nachgiebige Polygonzimmerung zur Verstärkung von Türstöcken.

birge wichtig geworden (Abb. 27—29). Die Quetschhölzer q sorgen gleichzeitig für die schlüssige Verbindung der einzelnen Hölzer. In Abb. 29[1]) hat man des starken Sohlendruckes wegen die Förderbahn besonders verlagert, um sie den von der Zimmerung ausgehenden Schubwirkungen zu entziehen.

Abb. 29.
Nachgiebige Polygonzimmerung zur Verstärkung von Türstöcken.

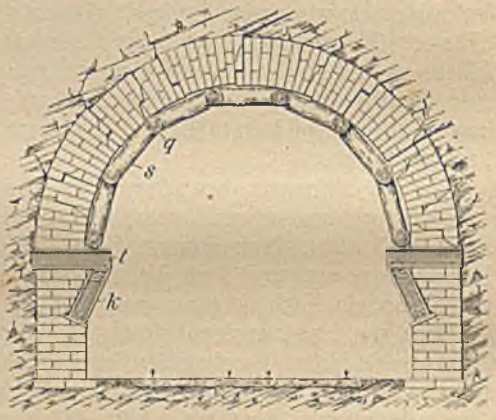


Abb. 30.
Nachgiebige Polygonzimmerung zur Absteifung gedrückter Gewölbemauerung.

Auch zur Verstärkung von Mauerwerk, das durch starken Druck beschädigt ist, wird diese Ausbauart verwendet (Abb. 30).

Die Türstockzimmerung verlangt sorgfältige Arbeit. Die bei ihr am häufigsten gemachten Fehler werden durch die Gegenüberstellung der richtigen

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1912, S. 97; Versuche und Verbesserungen.

und falschen Ausführung in Abb. 31_{1-3} gekennzeichnet. Sie laufen am letzten Ende immer darauf hinaus, daß das Holz zum Spalten veranlaßt wird, und jede Zimmerung muß demgemäß so ausgeführt werden, daß das Holz möglichst wenig auf Zug quer zur Faser beansprucht wird, weil in dieser Richtung seine Widerstandsfähigkeit äußerst gering ist. Eine solche ungünstige Beanspruchung kann z. B. herbeigeführt werden durch zu kleine Auflageflächen infolge mangelhafter Bearbeitung (Abb. $31_{1\,u.\,2}$) oder durch unrichtige Anbringung eines Kopfkeils (Abb. 31_3).

39. — Vergleich der verschiedenen Türstockarten. Die deutsche Türstockzimmerung hat den Vorzug, sich den verschiedenartigsten Druck- und Lagerungsverhältnissen anpassen zu lassen. Je nach diesen kann gerade oder schiefe, ein- oder zweiseitige, Firsten- oder Stoßdruckverblattung zur Anwendung kommen und die Länge und Neigung beider Beine gleich oder verschieden sein. Nachteilig ist das Erfordernis einer gewissen Geschicklichkeit und Sorgsamkeit der Zimmerhauer. Auch wird durch das Einschneiden der Hölzer ihre Widerstandsfähigkeit gegen Druck sowohl wie gegen chemische Einwirkungen beeinträchtigt. — Die polnische Zimmerung ist, weil bei ihr die Kappe nicht angeschnitten wird, gegen reinen Firstendruck sehr widerstandsfähig und zeichnet sich in diesem Falle außerdem durch ihre einfache und bequeme Ausführung aus. Bei Abwehr von Seitendruck hingegen wird sie umständlicher, und bei dem besten Verfahren, der Sicherung durch Kopfspreize, der Holzverbrauch größer. — Die schwedische Zimmerung verlangt in ihrer ursprünglichen Ausbildung (ohne Quetschhölzer) große Sorgfalt, da die schrägen Flächen genau zusammenpassen müssen. Sie ist widerstandsfähig und eignet sich besonders für die Abwehr eines von allen Seiten gleichmäßig wirkenden Druckes; doch darf dieser nicht sehr groß sein, da die Zimmerung wenig nachgiebig und der Widerstand in der Längsrichtung der Strecke gering ist.

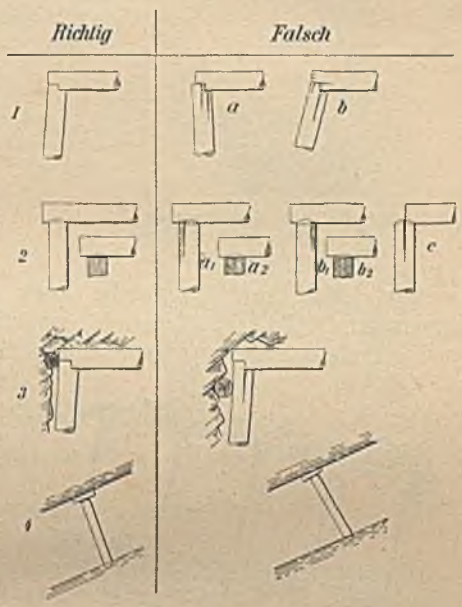


Abb. 31. Fehler bei Türstock- und Stempelzimmerung.

40. — Abarten der Türstockzimmerung. Der Türstockausbau soll sich den gegebenen Verhältnissen in jedem Falle möglichst anpassen. Man wird also nicht nur bei Bedarf von der einen zur anderen Zimmerung übergehen, sondern auch in einem und demselben Türstock verschiedenartige Vorteile zu vereinigen suchen.

Auch begnügt man sich in streichenden Strecken bei steilerer Lagerung, wenn der Druck vom Hangenden her die Hauptrolle spielt, vielfach mit halben Türstöcken (Abb. 32), die im Ruhrbezirk „Handweiser" genannt

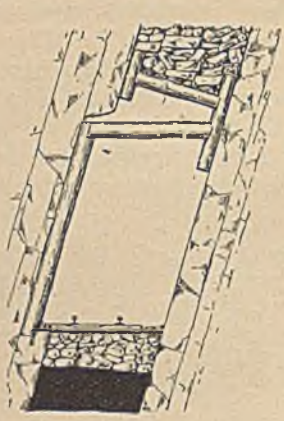


Abb. 32. Halber Türstock mit Fußpfahl am Liegenden.

Abb. 33. Türstock mit abgedeckter Wasserseige.

werden. Man kann so häufig noch ohne Nachreißen des Liegenden auskommen. Ist das Liegende gutartig, so braucht die Kappe dort nur eingebühnt zu werden. Anderenfalls sichert man es durch einen mehr oder weniger langen Fußpfahl (Abb. 32; hier haben Türstock und Bergekasten diesen gemeinsam).

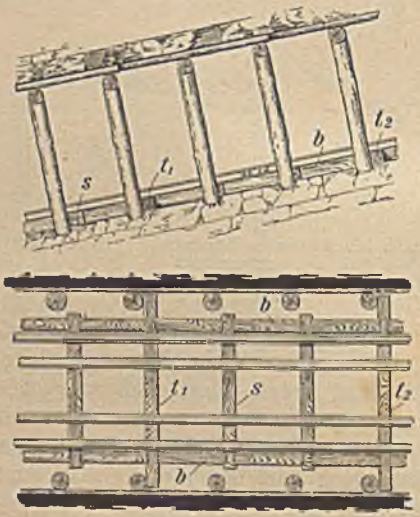


Abb. 34. Türstockzimmerung in Bremsbergen mit Tragwerk für das Gestänge.

41. — **Nebenaufgaben der Türstockzimmerung.** Abb. 33 veranschaulicht die Abdeckung einer Wasserseige: die Deckbohlen sind auf Spreizen *b* genagelt, die in das Türstockbein etwas eingelassen sind und diesem gleichzeitig noch festeren Halt gegen Druck vom Hangenden her geben. In Bremsbergen mit mittlerer Neigung können die Türstöcke auch zum Festhalten des Gestänges herangezogen werden. So veranschaulicht Abb. 34 eine Zimmerung, bei der hinter jeden dritten Türstock Traghölzer t_1 t_2 fassen, gegen welche die Schwellen *s* durch die zwischen sie getriebenen Bolzen *b* abgestützt werden.

42. — **Verbindung zwischen den einzelnen Türstöcken.** Eine Verbindung der einzelnen Türstöcke miteinander kann einerseits als „Verzug" oder „Verpfählung" den Zweck haben, das Gebirge auch in den

einzelnen „Feldern“ zwischen den Türstöcken zu sichern, anderseits der gegenseitigen Versteifung der letzteren dienen. Als Verzug benutzt man meist dünneres Holz („Schwarten“, im Ruhrkohlenbergbau auch „Scheiden“ genannt, oder „Pfähle“, im Ruhrbezirk „Spitzen“); für die Firste werden in wichtigeren Strecken vielfach alte Grubenschienen verwendet.

Der Verzug ist in erster Linie für die Firste wichtig. Die Verzugpfähle sind daher über den Kappen genügend dicht zu legen, und die Zwischenräume zwischen ihnen und dem Gebirge sind durch Berge oder altes Holz möglichst auszufüllen, damit keine Stücke aus den anstehenden Massen herunterstürzen und den Verzug durchschlagen können. Wird die Firste durch Kohle gebildet, so ist diese Ausfüllung auch zur Verhütung der Brandgefahr erforderlich. Eine ganze Reihe von Bränden ist

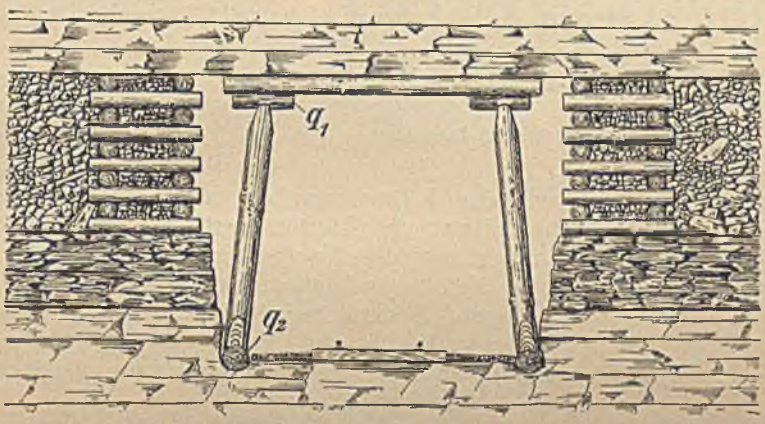


Abb. 35. Nachgiebiger Türstockausbau mit frei stehenden Türstöcken und Quetschhölzern auf Zeche Rheinpreußen.

nämlich schon dadurch entstanden, daß bei mangelhafter Ausfüllung Kohlenschalen aus der Firste sich auf den Verzug setzten, dort mehr und mehr zerfielen und schließlich sich entzündeten.

Anders steht es mit dem Verzuge der Stöße. Dessen Ausführung ist vom Gebirgsdruck abhängig. Ist dieser gering, so sucht man durch zweckentsprechend ausgeführten und gut hinterpackten Verzug die sich etwa loslösenden Gebirgschalen zurückzuhalten. Bei starkem Druck dagegen ist der Verzug zwecklos, da die Türstockbeine einem solchen Drucke nicht gewachsen sind, sondern durch ihn gebrochen oder nach innen geschoben werden. Man hält daher neuerdings in druckhaftem Gebirge den Türstockausbau an den Stößen ganz frei, so daß der Ausbau nur den Firstendruck aufzunehmen hat, der durch die Kappe auf die Türstockbeine übertragen wird (Abb. 35). Durch rechtzeitiges Bereißen der Stöße, nachdem diese durch den Druck wieder an die Zimmerung herangepreßt sind, wird dieser Abstand dauernd erhalten.

Bei größerem Druck ist darauf zu achten, daß Halbhölzer mit der geschnittenen Seite gegen das Gebirge zu liegen kommen, weil sie dann mit breiterer Fläche tragen und bei Durchbiegung nicht die geschnittenen, sondern

die gesunden Fasern auf Zug beansprucht werden. Außerdem liegen die Verzughölzer dann fester und verschieben sich weniger leicht, da sie sich in die Stempel und Kappen etwas hineindrücken.

Will man auch bei Seitendruck noch die Zurückhaltung von Gesteinschalen erreichen, so wendet man den „Zaunverzug“ (Abb. 36) an. Bei diesem legen die Verzugpfähle a_1 a_2 sich nicht unmittelbar gegen den Stoß, sondern halten diesen durch Vermittelung der Bretter b zurück, die bei zu starkem Hereindrücken der Stöße bequem vorübergehend herausgenommen werden können, um hinter ihnen durch Beseitigung der losgedrückten Schalen zu „lüften“ und sie dann wieder einzutreiben. Diese Art des Verzuges bietet außerdem den Vorteil einer gleichmäßigem Verteilung des Druckes auf die ganze Länge der Stempel.

Abb. 36. Türstockausbau mit Zaunverzug.

Die gegenseitige Absteifung der Türstöcke erfolgt durch Zwischentreiben von „Bolzen“. Sie ist besonders für unruhiges und schiebendes Gebirge von Bedeutung. Die Verbolzung kann sowohl bei den Stempeln als auch bei den Kappen erfolgen. Es muß darauf geachtet werden, daß die Bolzen alle in eine Achse zu liegen kommen, damit der durch sie ausgeübte Druck die Stempel nicht zu verdrehen sucht.

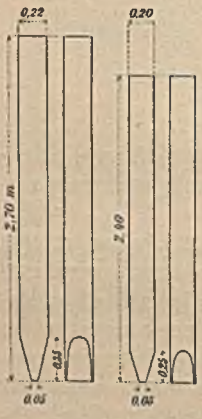


Abb. 37. Zweiseitig angeschärfte Türstockbeine.

43. — Nachgiebige Türstockzimmerung. Für die Nachgiebigkeit bei der Türstockzimmerung gilt zum Teil das bereits beim nachgiebigen Stempelausbau (Ziff. 32 u. 33) Gesagte. Denn auch ein Türstock zeigt schon in sich eine gewisse Nachgiebigkeit infolge der Zusammendrückbarkeit des Holzes. Und auch hier kann durch eine besondere Ausführung der Zimmerung selbst und durch Einschaltung von Zwischenstücken die Nachgiebigkeit erhöht werden.

Die besondere Ausgestaltung der Zimmerung läuft dann meist darauf hinaus, die Kappe möglichst widerstandsfähig zu machen, die Stempel dagegen durch Anschärfung am unteren Ende zu schwächen, so daß die so lästige Erscheinung der gebrochenen Kappen ausgeschaltet wird. Haben die Stempel etwas Seitendruck auszuhalten, so gibt man ihnen nicht eine Spitze wie in Abb. 12, sondern (durch nur zwei Schnitte mit der Kreissäge) eine Schneide, die rechtwinklig zum Stoß gerichtet wird. Auch läßt man die Anschärfung nicht so hoch hinauf reichen wie die Zuspitzung, sondern begnügt sich mit Höhen von $^1/_8$—$^1/_{10}$ der Stempellänge (Abb. 37).

Zwischenstücke zur Erhöhung der Nachgiebigkeit sind auch beim Türstockausbau weiche Holzstücke („Quetschhölzer"), meist Rundhölzer. Diese können sowohl unter die Beine (Abb. 35) als auch zwischen Beine und Kappe

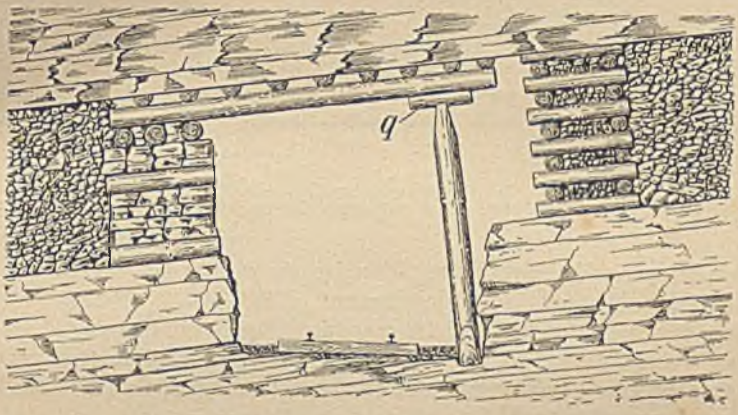


Abb. 38. Nachgiebiger Türstockausbau mit halben, frei stehenden Türstöcken mit Quetschhölzern.

(Abb. 35 u. 38) gelegt werden. Wie die Abbildungen zeigen, kann man durch schwaches Anschärfen des Stempelkopfes dessen Eindringen in das Kopfholz erleichtern.

Hat ein Stempel Seitendruck abzuwehren, so kann man ihn nach Abb. 39 als „gebrochenen" Stempel aus zwei Stücken zusammensetzen und zwischen diese das Quetschholz legen. Unter der Kappe ist hier zur weiteren Aufnahme des Seitendruckes noch eine Kopfspreize eingezogen.

Abb. 39. Türstock mit Kopfspreize, gebrochenem Stempel und Quetschholz.

Die Kappe kann man dadurch verstärken, daß man für sie einen Eisenträger oder eine Stahlschiene wählt (vgl. unten, Abb. 91 — 96). Eine andere Möglichkeit ist ihre Unterstützung durch Stücke von abgeworfenen Drahtseilen oder von Litzen solcher Seile. Diese werden entweder einfach zwischen Kappe und Türstock eingelegt und dann nur durch die Klemmwirkung festgehalten oder an beiden Enden umgeschlagen und an die obere Fläche der Kappe genagelt (Abb. 40); nach einiger Zeit drückt sie dann der Gebirgsdruck fest. Es empfiehlt sich, an der Unterfläche der Kappe eine Kerbe herzustellen, in die das Seil sich hineinlegt und die sein seitliches Ausweichen verhindert. Das Seil soll möglichst straff gespannt sein, damit es gleich von Anfang an der Kappe tragen hilft und nicht erst nach einem gewissen Durchbiegen oder gar einem Bruch der Kappe beansprucht wird. Damit die Stempelköpfe bei stärkerem Druck nicht aufgespalten werden, kann man sie durch eine Umflechtung mit Seillitzen verstärken.

Da nachgiebiger Türstockausbau nur dort verwendbar ist, wo der Seitendruck eine geringe Rolle spielt, so kommt für solchen Ausbau in der Hauptsache der einfachere polnische Türstock zur Verwendung.

44. — **Geviertzimmerung.** Soll die Türstockzimmerung auch gegen Sohlendruck widerstandsfähig sein, so muß sie durch ein viertes Holz, die „Grundschwelle" oder das „Sohlenholz", vervollständigt werden. Wird dieses

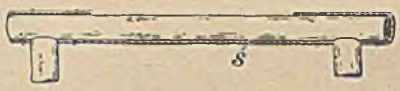


Abb. 40. Verstärkung der Kappe durch ein Drahtseil bei polnischen Türstöcken.

gleichfalls durch Verblattung mit den Beinen verbunden, so entsteht ein geschlossener Türstock (ein „Viergespann", Abb. 41).

Eine besonders kräftige Ausführung der Türstockzimmerung gegen allseitigen Druck ist in Abb. 42 dargestellt. Hier sind auf die teils zwischen die Türstockbeine getriebenen, teils zwischen den Türstöcken auf die Sohle gelegten Grundschwellen *s* beiderseits Langhölzer („Grundsohlen") *l* gelegt, gegen die sich die Hilfstürstöcke *h k* stützen, und zwar so, daß in die Mitte und an jedes Ende einer Grundsohle ein solcher Hilfstürstock zu stehen kommt.

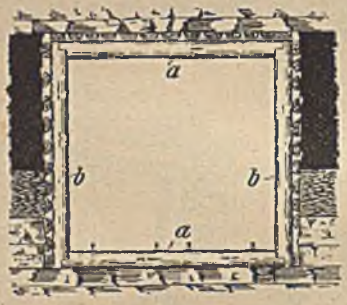


Abb. 41. Viergespann.

Abb. 42. Verstärkte Türstockzimmerung mit Grundschwellen.

Die höheren Kosten von Türstockzimmerungen nach den Abbildungen 41 u. 42 rechtfertigen sich dort, wo das Gebirge druckhaft ist, der Druck aber wegen geringer Teufe der Grubenbaue noch in solchen Grenzen bleibt, daß er sich durch die Sohlenhölzer abwehren läßt. Solche Verhältnisse liegen im deutschen Braunkohlenbergbau vielfach vor, wo es sich außerdem auch darum handeln kann, Schwimmsanddurchbrüche aus dem Liegenden abzuhalten. In größeren Tiefen dagegen, wie sie im Steinkohlenbergbau durchweg vorhanden sind, ist die Fernhaltung eines wirklich starken Druckes aus dem Liegenden auf die Dauer überhaupt unmöglich. In Ziff. 4 ist auf das „Quellen" der Sohle oder des Liegenden als auf eine Druckerscheinung hingewiesen

worden. Dieses Quellen entlastet bis zu einem gewissen Grade die Zimmerung, indem es für den Gebirgsdruck eine Art Sicherheitsventil schafft. Es belästigt allerdings den Betrieb sehr durch die Notwendigkeit des häufigen Nachsenkens des Gestänges. Wollte man es aber durch Sohlenschwellen ganz zu verhüten suchen, so würden diese auf die Dauer doch nachgeben und dann um so schwierigere Ausbesserungsarbeiten notwendig machen.

45. — Schalholzzimmerung. Ein für den Ruhrkohlenbergbau bezeichnender Ausbau ist die Schalholzzimmerung (Abb. 43 u. f.). Sie soll in erster Linie den Druck vom Hangenden her in steiler gelagerten Flözen abfangen und erfüllt diese Aufgabe dadurch, daß ein am Hangenden liegendes Holz durch einen oder mehrere Stempel, die senkrecht gegen das Einfallen angetrieben werden, gestützt wird. Während also bei der Türstockzimmerung die Kappe durchweg söhlig oder annähernd söhlig liegt und die Beine mit dieser meist einen stumpfen Winkel bilden, wird bei der Schalholzzimmerung der Kappe die Richtung des Einfallens und den Stempeln in der Regel eine zur Kappe rechtwinkelige Stellung gegeben. Und während die Türstockzimmerung ein ausgeprägter Querschlag- und Grundstreckenausbau ist, kommt die Schalholzzimmerung nur für Abbaue und für Flözstrecken in Betracht. Der Name bezog sich ursprünglich auf eine Zimmerung mit Halbhölzern („Schalhölzern") als Kappen, gilt aber jetzt auch für Rundholzkappen. Bei flacher Lagerung nähert sich diese Zimmerung in Strecken der Türstockzimmerung, während man sie dann im Abbau als „Kappenzimmerung" zu bezeichnen pflegt.

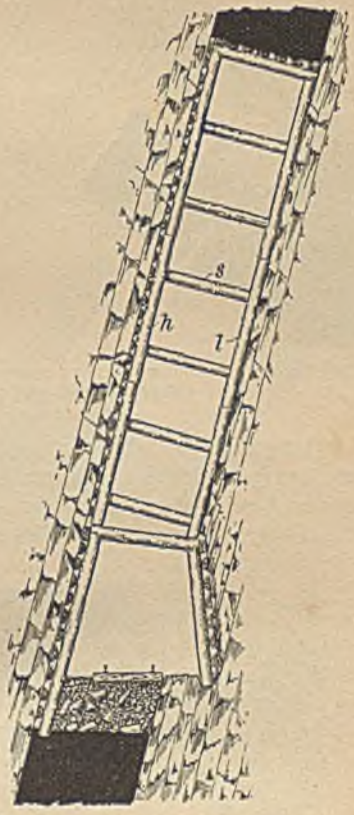


Abb. 43. Schalholzzimmerung mit Fußklemmen beim Pfeilerbau.

46. — Schalholzzimmerung im Abbau. Die Schalholz- bzw. Kappenzimmerung im Abbau bietet wenig Besonderheiten. Bei steilerem Einfallen müssen die Schalhölzer in schwebender Richtung eingebaut werden. Ist in steiler stehenden Flözen das Liegende zum Abrutschen geneigt, so muß es gleichfalls durch Langhölzer, hier „Schwellen" oder (im Ruhrkohlenbezirk) auch „Klemmen" genannt, verwahrt werden. Ein Beispiel gibt Abb. 43, die außerdem noch folgende Besonderheiten zeigt: Stützung des Ausbaues am Hangenden und Liegenden durch den Streckenausbau, dichten Anschluß der Schalhölzer und Klemmen aneinander, Abfangen der Schwebe durch die Abbauzimmerung selbst, indem die Schwebestempel mit den Schalhölzern am Hangenden und Liegenden durch Verblattung verbunden werden.

In flacher gelagerten Flözen können die Kappen nach Wahl schwebend oder streichend, auch diagonal eingebaut werden. Man richtet sich dann nach dem Verlauf der am meisten vorkommenden Gebirgsklüfte und legt die Kappen möglichst rechtwinklig zu diesen.

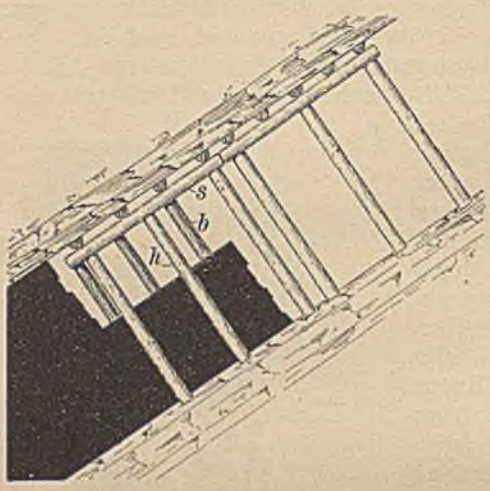


Abb. 44. Kappenzimmerung mit verlorenen Stempeln bei abfallendem Verhieb.

Abb. 44 veranschaulicht den besonderen Fall eines Schalholzausbaues bei abfallendem Verhieb eines Flözes in zwei Bänken. Die Kappen *s* werden während der Gewinnung der Oberbank durch verlorene Bolzen *b* getragen, in deren Zwischenräume nach Gewinnung der Unterbank die endgültigen Stempel *h* gesetzt werden.

47. — **Schalholzzimmerung in Strecken.** Bei der Streckenzimmerung wird der obere Tragstempel des Schalholzes gleichzeitig zum Abfangen der Firste ausgenutzt und deshalb durch Verblattung mit dem Schalholz verbunden. Das Fußende des Schalholzes kann bei nicht zu großer Länge und bei mäßigem Druck, wenn anstehende Kohle von genügender Festigkeit vorhanden ist, einfach in diese eingebühnt werden (Abb. 45). Meist aber muß es durch einen zweiten Stempel abgestützt werden (Abb. 46 u. 47).

Abb. 45. Schalholzzimmerung mit Stempel am Liegenden.

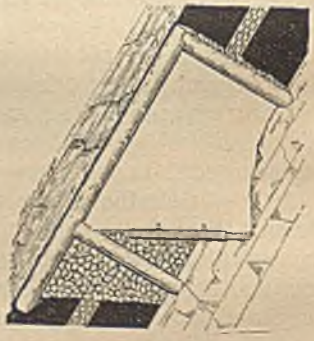


Abb. 46. Schalholzzimmerung mit untergeschlagenem Bahnstempel.

Der Firststempel kann ins Liegende eingebühnt sein (Abb. 46) oder sich dort gegen einen „Fußpfahl" stützen; er kann auch nach Abb. 45 durch ein Türstockbein am Liegenden noch besonders abgesteift werden.

Der untere Stempel kann ebenfalls angeblattet werden, so daß sich ein „liegender Türstock" ergibt. Meist wird er aber durch einen einfach untergeschlagenen Stempel (Abb. 46) oder durch eine Sohlenspreize (Abb. 47) gebildet. Bei solchen und ähnlichen Zimmerungen dient der untere Stempel gleichzeitig mit zum Tragen der Schienenstege und wird daher auch „Bahnstempel" genannt. Bei steilerer Lagerung kann auch eine Verwahrung des Liegenden erforderlich werden. Sie erfolgt durch ein zweites Schalholz am Liegenden (Abb. 47), das man dann als „Liegendholz" im Gegensatz zu dem „Hangendholz" zu bezeichnen pflegt.

Während im Abbau bei uns vorzugsweise Nadelholz für den Schalholzausbau benutzt wird, finden wir in den Strecken auch Eichenholzausbau dieser Art, wenn es sich um Strecken von längerer Standdauer (Grund- und Teilsohlenstrecken, Wetterstrecken u. dgl.) handelt. Wird nicht die ganze Zimmerung aus dem teuren Eichenholz hergestellt, so bevorzugt man es wenigstens für das Schalholz selbst, da dieses infolge der Durchbiegung auf Zug beansprucht wird, dem das zähe Eichenholz erfolgreicher widerstehen kann.

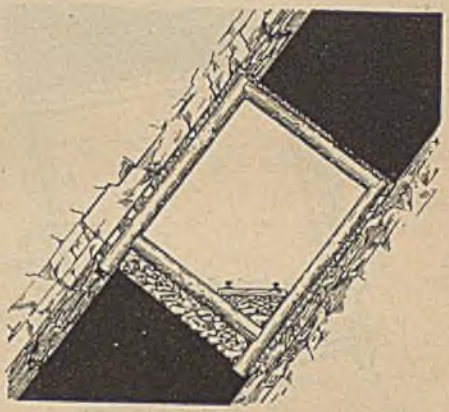


Abb. 47. Schalholzzimmerung mit Liegendholz und Bahnstempel.

48. — Schalholzzimmerung in Strecken über offenen Räumen. Besonders hohe Ansprüche werden an Streckenzimmerungen über offenen Räumen gestellt, wie solche für die Bergezufuhrstrecken beim Stoßbau oder für die Abbaustrecken beim Strebbau mit Voranstellung der oberen Stöße (vgl. Bd. I, Abschnitt „Abbau mit Bergeversatz") erforderlich werden. Beispiele geben die Abbildungen 48 u. 49. In Abb. 48 sind die Stege in den Bahnstempel *s* und das Liegendholz *l* eingebühnt. Letzteres wird hier zwar nicht durch den Bahnstempel selbst abgestützt, weil dieser dann seinerseits nicht genug Halt haben würde; seinem Hereinschieben durch den Druck vom Liegenden her wird aber durch den Schienensteg und besonders durch die Neigung von Firsten- und Bahnstempel gegeneinander nach dem Hangenden hin Widerstand geleistet. Abb. 49 veranschaulicht die Verstärkung einer solchen Zimmerung durch ein „Sprengwerk", durch das der Firstenstempel abgestützt wird und dessen eine Strebe ins Liegende eingebühnt ist, während die andere auf dem Bahnstempel ruht, in den sie etwas eingekerbt ist.

49. — Verzug bei der Schalholzzimmerung. Der Verzug bietet gegenüber dem bei der Türstockzimmerung Gesagten im allgemeinen keine Besonderheiten. Nur ein eigenartiges Verfahren, dünne Gebirgschalen durch Anwendung von Versatzleinen zurückzuhalten, wie es z. B. auf der Zeche Consolidation angewandt worden ist, verdient hier Erwähnung.

Das Leinen wird in Rollen in die Abbaue gebracht, hier mit einem Ende über der letzten eingebauten Kappe oder (bei schwebenden Kappen) über einem auf den Kappen liegenden Querholz festgenagelt und nun dem Fortschreiten des Verhiebes entsprechend unmittelbar unter dem Hangenden entlang abgerollt. Sobald für eine neue Kappe Platz geschaffen ist, wird diese unterhalb der Leinwand eingebaut usf.

Diese Art des Verzuges zeichnet sich durch die bequeme Einbringung aus. Sie wird insbesondere angewandt, um eine Verunreinigung der Kohlen durch dünne Schalen, die sich vom Hangenden loslösen, zu verhüten. Daher eignet sich der Leinenverzug für solche Flöze, auf denen unter festem Hangenden ein Brandschieferpacken oder ein sonstiger dünnschiefriger Nachfall ruht, der im Abbau gehalten werden kann und soll. Dagegen ist er zu ver-

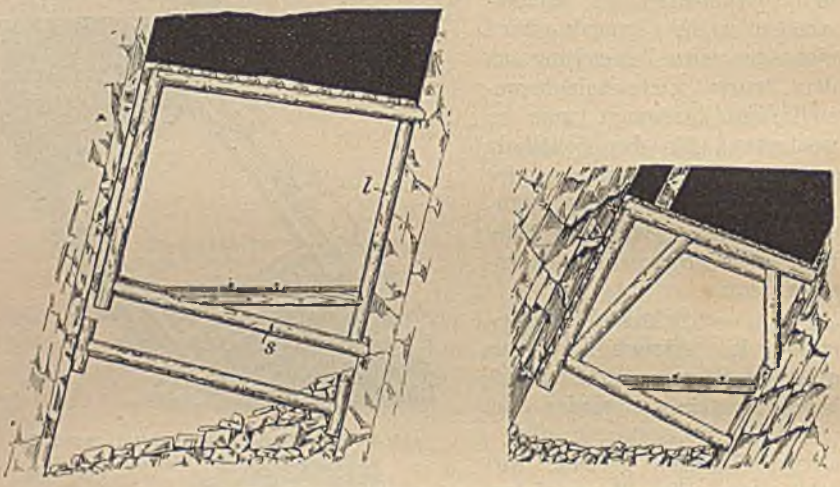


Abb. 48 und 49. Schalholzzimmerung über offenen Abbauräumen.
Abb. 48. Zimmerung mit Liegendholz. Abb. 49. Zimmerung mit Sprengwerk.

werfen für kurzklüftiges oder unruhiges Gebirge, weil er gegen schwere, hereinbrechende Blöcke keine Sicherheit gewährt und außerdem die Beobachtung des Gebirges unmöglich macht.

Bei steilerer Lagerung und einem Liegenden von der vorhin erwähnten Beschaffenheit, das also unter der Einwirkung des Gebirgschubes zur Ablösung dünner Schalen neigt, kann auch auf dem Liegenden ein solcher Leinenverzug angebracht werden.

50. — Nachgiebige Schalholzzimmerung. Auch bei der Schalholzzimmerung kann durch die früher erwähnten Mittel eine größere Nachgiebigkeit erzielt werden. So zeigen die Abbildungen 50 u. 51 Ausführungen des Schalholzausbaues im Abbau mit angespitzten Stempeln. Die schwebend eingebauten Schalhölzer (Kappen) liegen in Abb. 50 an den Enden übereinander, wodurch an Stempeln gespart und eine feste wechselseitige Verbindung der Kappen sowie eine größere Nachgiebigkeit erreicht wird, indem die jeweilig unten liegende Kappe als Quetschholz wirkt, in das der Stempel sich mit seinem schwach zugeschärften Kopfende hineindrücken kann. Nach Abb. 51

sind dagegen die Kappen unter sich durch Verblattung verbunden. Solche Zimmerungen verbieten sich allerdings bei steiler Lagerung, da dann das

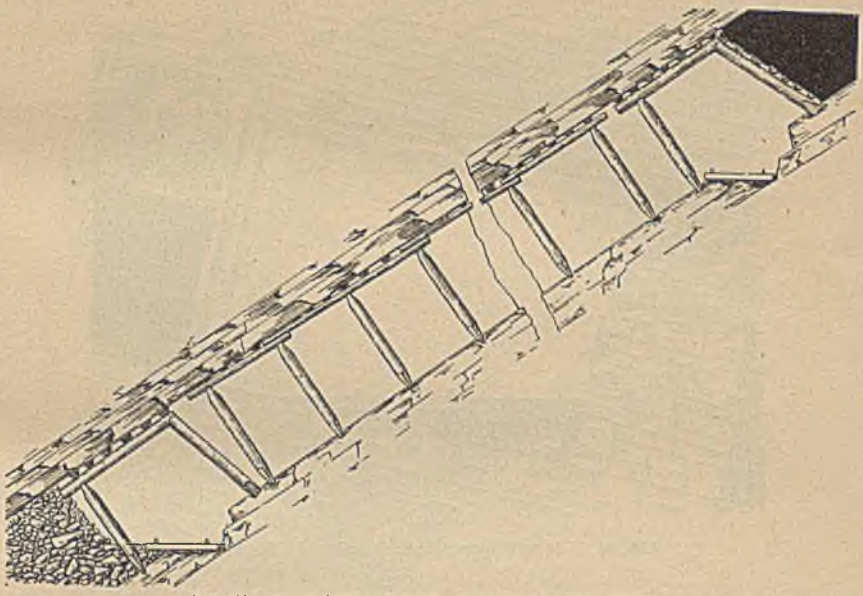


Abb. 50. Nachgiebige Schalholzzimmerung im Abbau.

Hangende zu sehr in der Fallrichtung nach unten schiebt und die Stempel in der Spitze knickt.

Beispiele für nachgiebigen Schalholzausbau in Strecken geben die Abbildungen 52 u. f. In Abb. 52 ist das Schalholz mit dem Stempel verblattet und ebenso wie dieser messerartig angeschärft. Die Anschärfung des Stempels

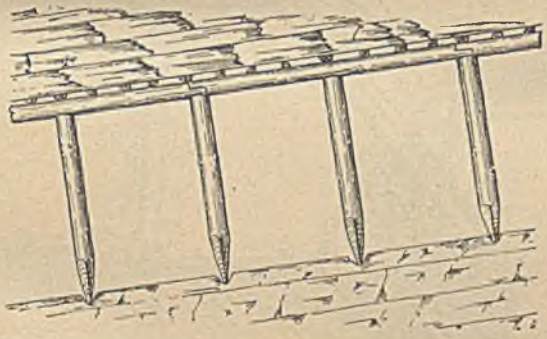


Abb. 51. Nachgiebige Schalholzzimmerung mit verblatteten Kappen im Abbau.

ermöglicht das Nachgeben gegenüber dem Druck vom Hangenden, diejenige der Kappe das Nachgeben gegenüber der in der Fallrichtung wirkenden Schubwirkung des Hangenden und des Oberstoßes. Bei den beiden anderen

Abbildungen handelt es sich um steilere Lagerung, die gleichzeitig das Abfangen des Bergeversatzes notwendig macht. In Abb. 53 ist der Firsten-

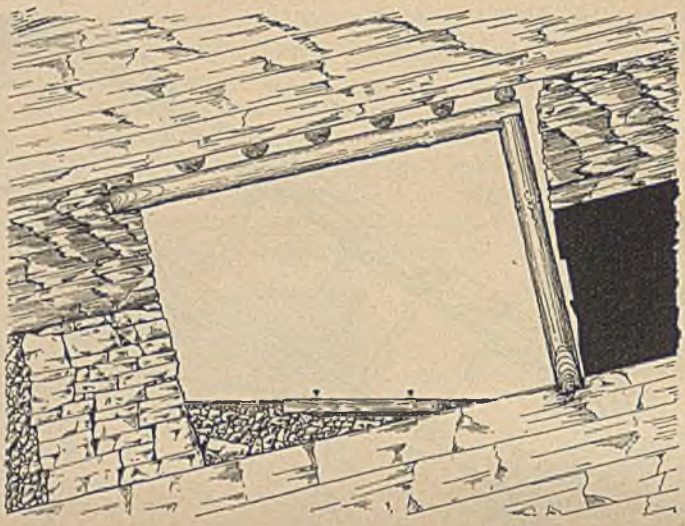


Abb. 52. Nachgiebiger Schalholzausbau in Strecken.

stempel k sowohl wie auch der Bahnstempel s_1 angespitzt, damit der Versatz zusammengedrückt werden kann. Die dadurch bewirkte Schwächung des Stempels k gegen den Firstendruck hat seine Abstützung durch den Hilf-

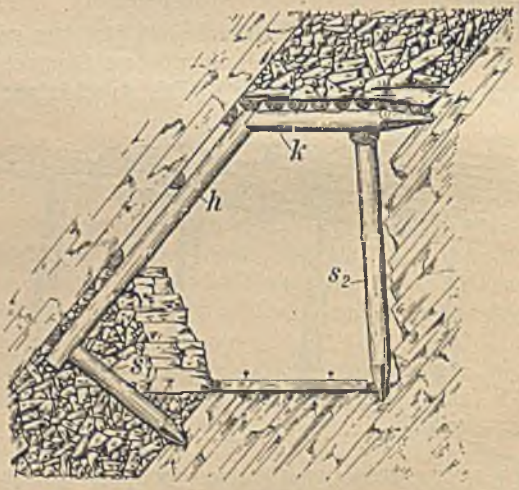


Abb. 53. Nachgiebiger Schalholzausbau mit Mittelstempel in Strecken.

stempel s_2 nötig gemacht. In Abb. 54 hat man wegen der größeren Flözmächtigkeit den Firstenstempel k durch das Sprengwerk $s\,b_2$ mit eingelegtem

Rundholz unterfangen. Der Firstenstempel ist mit der Kappe verblattet, und zwar zeigt die Hauptabbildung die Verblattung bei gutartigem, das Nebenbild die Verblattung bei druckhaftem Hangenden.

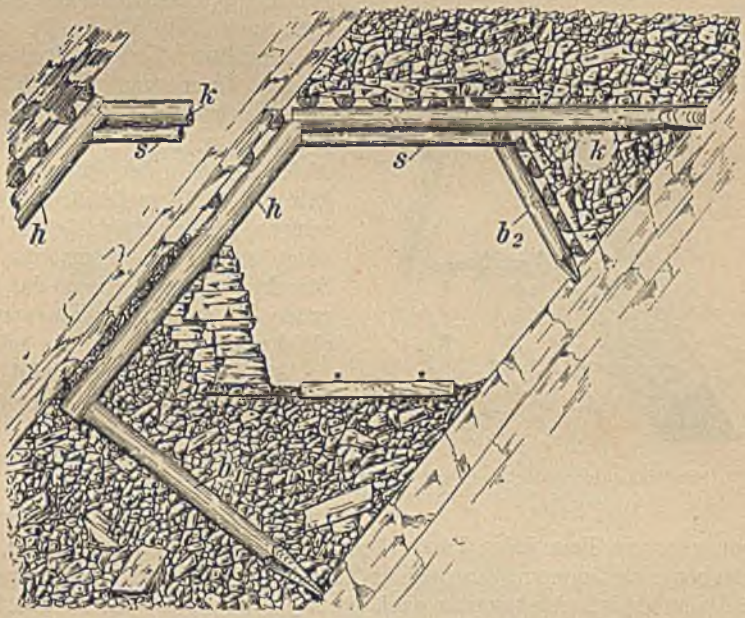


Abb. 54. Nachgiebiger Schalholzausbau mit Sprengwerk in Strecken.

Derartige nachgiebige Zimmerungen ermöglichen es, ohne einen besonderen Stempelschlag zum Abfangen des Versatzes nach Ziff. 35 aus-

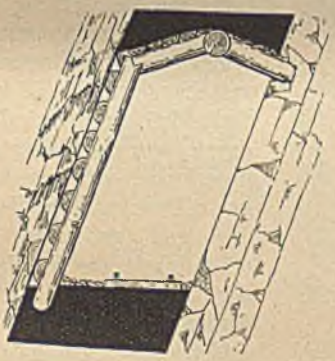


Abb. 55. Schalholzausbau mit gebrochenem Firstenstempel.

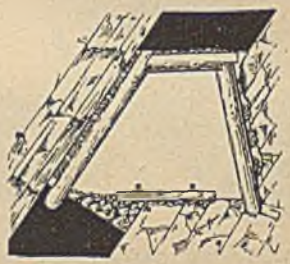


Abb. 56. Halber Türstock mit Schalholz.

zukommen, sofern von vornherein für einen genügenden Querschnitt der Strecke gesorgt wird.

Bei der Zimmerung nach Abb. 55, bei der der Firstenstempel wegen gebrächer Beschaffenheit der Kohle einen stärkeren Druck auszuhalten

hat, ist dieser als gebrochener Stempel ausgeführt und zwischen seine beiden Stücke ein Quetschholz gelegt. Der Widerstand gegen Firstensowohl wie gegen Seitendruck ist hier durch den Widerstand eines Kniehebels gegen Durchdrücken bedingt (vgl. auch Abb. 39, S. 45).

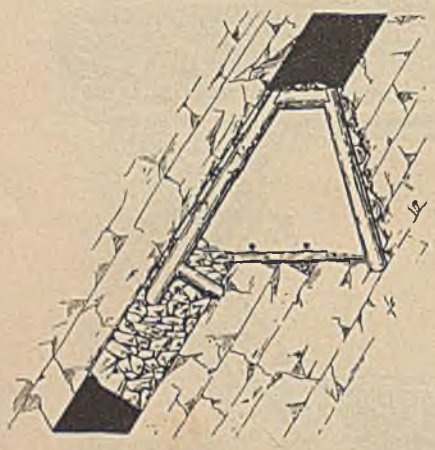


Abb. 57. Schalholz durch Bahnstempel abgefangen.

Auch durch Verschiebbarkeit der ganzen Zimmerung in sich kann diese nachgiebig gestaltet werden. So kann z. B. der Ausbau nach Abb. 54 sich in den stumpfen Winkeln ohne größere Beeinträchtigung seiner Widerstandsfähigkeit und ohne zu starke Verengung der Strecke verschieben, wenn das Hangende sich auf den Versatz setzt und gleichzeitig nach unten hin schiebt.

51. — **Übergänge und Verbindungen zwischen Türstock- und Schalholzzimmerung.** Werden Flözstrecken, deren Hangendes nicht angegriffen wird, mit Türstöcken ausgebaut, so kommt die Kappe oder ein Bein jedes Türstockes unter das Hangende zu liegen, und es ergeben sich Zimmerungen, die halb Türstock-, halb Schalholzzimmerungen sind. Dahin gehören Ausbauarten nach den Abbildungen 56—58. In Abb. 56 ist das gleichzeitig als Schalholz anzusehende Türstockbein in die Kohle eingebühnt und die Kappe des Türstockes links mit Verblattung gegen Seitendruck, rechts mit einer solchen gegen Firstendruck versehen. In Abb. 57 ist das Fußende des Schalholzes durch einen Bahnstempel unterfangen und wegen stärkeren Druckes vom Hangenden und geringerer Flözmächtigkeit die Verblattung der Kappe nur für Seitendruck berechnet. In Abb. 58 bildet das Schalholz mit seinen beiden Stempeln einen liegenden Türstock. Der Oberstempel aber stützt sich hier nicht unmittelbar gegen das Liegende sondern ist dort an einen Liegendstempel angeblattet, den er auf diese Weise gleichzeitig seinerseits abstützt.

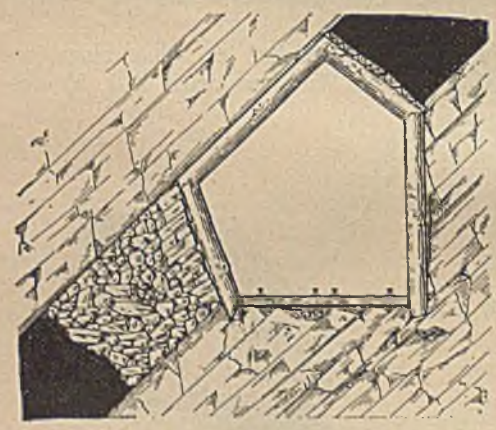


Abb. 58. Firstenstempel durch Liegendstempel gestützt.

52. — **Der Ausbau mit Firstenbänken.** Beim nachgiebigen Schalholzausbau mit angespitzten Stempeln können diese wenig Seiten-

druck aufnehmen, so daß sie fast nur noch die Aufgabe haben, die Kappe zu tragen. Ist die Lagerung flach, so kann man noch einen Schritt weiter gehen, indem man die Stempel ganz fortläßt und die Kappen beiderseits in das Gebirge einbühnt (Abb. 59) oder auf Holzpfeilern (Abb. 60) oder Bergemauern (Abb. 61) ruhen läßt. Bei einem Ausbau der letzteren Art legt

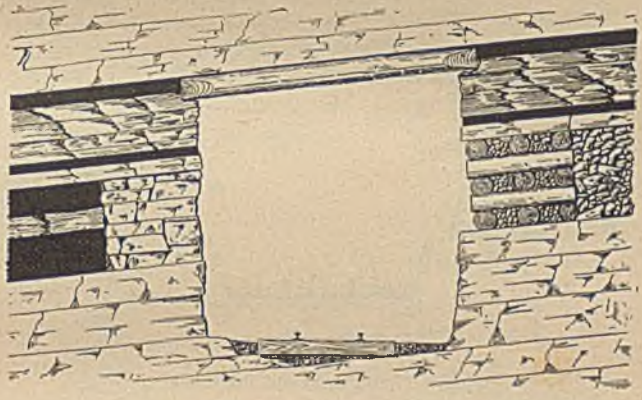


Abb. 59. Nachgiebiger Schalholzausbau ohne Stempel.

man Unterzüge *u* unter die Kappenenden, damit diese nicht die Bergemauern zerdrücken. Nach einem Saarbrücker Bergmannsausdruck werden solche beiderseits aufliegenden Kappen als „Firstenbänke" bezeichnet. Ein derartiger Ausbau zeichnet sich durch große Nachgiebigkeit aus. Denn Holz-

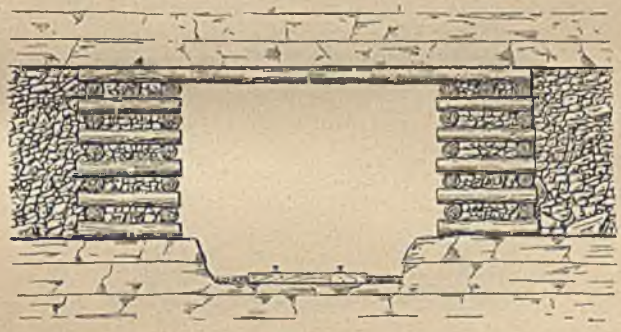


Abb. 60. Firstenbänke auf Holzpfeilern.

pfeiler, Unterzüge und Kappen lassen sich alle mehr oder weniger stark zusammendrücken, und bei Bergemauern, die gleichfalls an sich schon etwas zusammendrückbar sind, läßt sich die Nachgiebigkeit durch Holzeinlagen (*h* in Abb. 61) noch wesentlich steigern. Ferner fallen nicht nur die Stempel und damit die durch sie verursachten Kosten und Belästigungen (im Falle des Bruches) ganz weg, sondern es werden auch die Kappen wirksam vor Bruch geschützt, da sie gewissermaßen zu Teilen des Gebirges selbst werden

und dessen Bewegungen ohne starke Biegungsbeanspruchungen mitmachen können. Die größeren Kosten für die langen Kappen treten diesen Vorzügen gegenüber zurück.

53. — **Die Schwalbenschwanzzimmerung.** Der Ausbau mit Türstöcken, der für die Querschlag- und Streckenzimmerung das Gegebene ist,

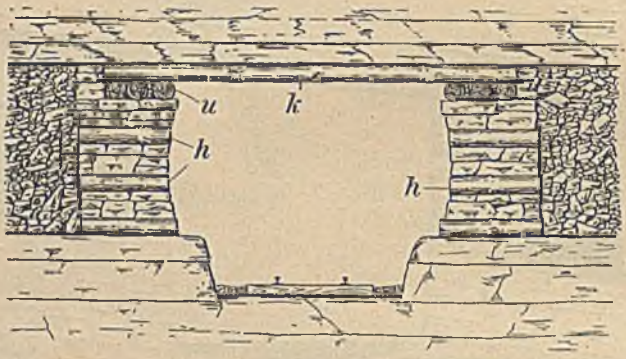


Abb. 61. Firstenbänke auf Bergemauern.

findet auch bei der Verzimmerung flacher Bremsberge und Abhauen durchgehends Anwendung. Wird jedoch das Einfallen stärker, so ist die Türstockzimmerung für solche Baue wenig geeignet, weil die einzelnen Gevierte in sich zu wenig Halt gegen die Wirkung der Schwerkraft in der Fallrichtung besitzen. Gerade hier aber werden in dieser Hinsicht besonders große Ansprüche gestellt, da der Ausbau meist auch noch das Gestänge zu tragen

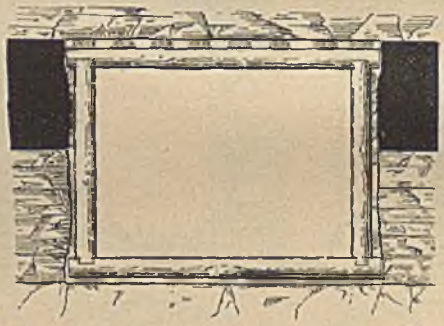


Abb. 62. Schwalbenschwanzzimmerung.

hat. Da tritt dann ergänzend die Schwalbenschwanzzimmerung (Abb. 62—64) ein, die im Ruhrkohlenbergbau von alters her gebräuchlich ist. Sie besteht aus der „Kappe" am Hangenden, den „Stoßhölzern" an den Seiten und dem „Grundholz" am Liegenden und ist dadurch gekennzeichnet, daß in der Kappe und dem Grundholz Einschnitte hergestellt werden, die sich nach außen hin keilförmig erweitern und in die sich die Stoßhölzer mit entsprechend angeschnittenen Zapfen hineinlegen. Diese Ver-

bindung wird „Verschwalbung“ genannt; sie zeichnet sich vor der Türstockzimmerung durch festeren Verband und größere Genauigkeit aus.

Je nachdem, ob der Druck stärker vom Hangenden her (bei flachem Fallen) oder in der Fallrichtung (bei steiler Lagerung) wirkt, kann die Verschwalbung passend abgeändert werden. Bei stärkerem Druck vom Hangenden darf die Kappe nicht zu sehr geschwächt werden; der Einschnitt wird daher nur oberflächlich ausgestemmt (Abb. 63). Ist dagegen infolge steilen Einfallens die in der Fallrichtung aufzunehmende Last groß, so läßt man diesen Einschnitt *c* (Abb. 64) von oben nach unten durch die Kappe hindurchgehen; er wird dann in dieser Richtung ebenfalls keilförmig, und zwar mit Verjüngung nach unten hin, hergestellt.

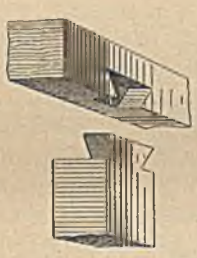


Abb. 63. Verschwalbung für Druck vom Hangenden (flaches Einfallen).

Abb. 64. Verschwalbung für Druck in der Fallrichtung (steiles Einfallen).

4. Voreilender Ausbau (Getriebe- und Abtreibezimmerung).

54. — Wesen des voreilenden Ausbaues. Während die vorstehenden Erörterungen sich stets auf einen Ausbau bezogen, der der Gewinnung nachfolgt, bezwecken verschiedene hierher gehörende Ausbauverfahren die Sicherung der Firste oder auch der Stöße und der Sohle vor der Gewinnung der Gebirgsmassen, so daß diese in vielen Fällen durch den Ausbau überhaupt erst ermöglicht wird. Wo es sich um den Ausbau von Strecken handelt, wird dieses Verfahren durch die verschiedenartigen Getriebezimmerungen vertreten, während ihm in den Abbaubetrieben der Ausbau mit Vortreibepfählen entspricht.

55. — Getriebe- oder Abtreibezimmerung; Allgemeines. Bei dieser Streckenzimmerung sind nach zwei Richtungen hin verschiedene Möglichkeiten gegeben. Einerseits kommt in Frage, ob es sich um den Streckenvortrieb durch hereingebrochene Massen oder durch anstehendes, rolliges Gebirge handelt, und anderseits kann das Abtreiben in verschiedenem Umfange stattfinden, je nachdem nur die Firste durch Abtreiben zu sichern ist (Firstengetriebe) oder auch die Stöße (vielfach auch die Sohle) eine solche Sicherung erfordern (Strecken- oder Stollengetriebe.)

Für den Steinkohlenbergmann, der es durchweg mit festem Gebirge zu tun hat, spielt die Getriebezimmerung eine bedeutend geringere Rolle als für den Braunkohlenbergmann, der schwimmendes und rolliges Gebirge stets in dichter Nähe hat. Immerhin hat z. B. auch der oberschlesische Steinkohlenbergbau ziemlich oft von diesem Ausbauverfahren Gebrauch zu

machen, da das Steinkohlengebirge häufig von Schwimmsand überlagert wird, der zum Hereinbrechen in die Baue neigt. Ganz untergeordnet ist die Bedeutung der Getriebezimmerung in Strecken für den westlichen Steinkohlenbergbau, wo sie nur aushilfsweise bei Aufwältigungsarbeiten zur Geltung kommt und deshalb nicht kunstgerecht ausgebildet worden ist. Eine hervorragende Rolle spielt allerdings das Getriebeverfahren auch hier wie anderwärts beim Schachtabteufen im schwimmenden Gebirge; doch wird darüber im Abschnitt „Abteufen der Schächte" das Erforderliche gesagt werden.

Das Wesen der Getriebezimmerung (Abbildungen 65—67) besteht darin, daß von einer fest eingebauten Zimmerung aus die sog. „Getriebepfähle"

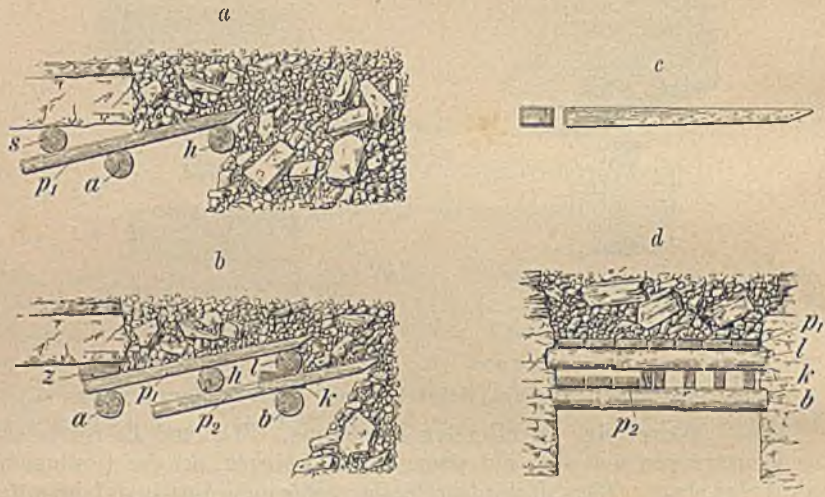


Abb. 65 *a—d*. Firstengetriebe mit Anstecken von einem Firstenstempel (*a*) aus.

p_1 p_2 nach vorn getrieben werden, und zwar unter solchem Winkel schräg nach oben, daß unter ihrem vorderen Ende wieder Platz für eine neue Zimmerung geschaffen wird. Diese Pfähle (Abb. 65*c*) bestehen aus hartem Holz. Ihr vorderes Ende (das „Schwanzende") wird einseitig zugeschärft, um leicht in die losen Massen eindringen zu können, und zwar kommt die schräge Fläche nach innen zu liegen, damit die Pfähle durch die Widerstände, auf die sie stoßen, eher nach außen als nach innen gedrängt werden. Zur Verhütung des Absplitterns beim Antreiben sind gemäß Abb. 65*c* die vorderen und hinteren scharfen Kanten abgeschrägt („die Ohren verschnitten"). Die Pfähle liegen „dicht an dicht", so daß jeder durch die beiden Nachbarpfähle geführt wird.

56. — Firstengetriebe. Das einfachste Getriebe, das „Firstengetriebe", wird durch die Abbildungen 65 und 66 veranschaulicht; nur die Firste braucht abgefangen zu werden. Sind die Stöße genügend zuverlässig für die Herstellung von Bühnlöchern, so genügt (Abb. 65) ein Firstenstempel *a* als Grundlage des ersten Getriebes, der dann als „Anstecker" bezeichnet wird. In Abb. 66 ist eine weniger gute Beschaffenheit der Stöße angenommen, wes-

halb hier von einem Türstock a_1 aus angesteckt wird. Zwischen dem Anstecker (bzw. der Kappe des Ansteck-Türstocks) und der Firste muß genügend Raum verbleiben; die dazu erforderlichen Vorrichtungen faßt man unter dem Begriff der „Pfändung" zusammen.

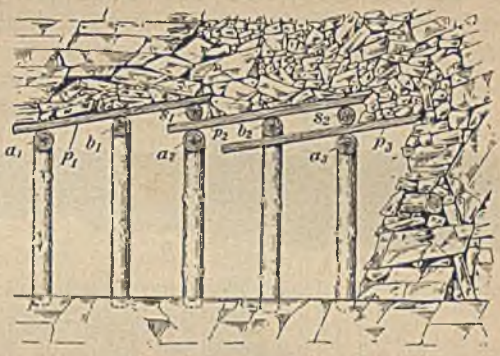


Abb. 66. Firstengetriebe mit Anstecken von einem Türstock aus.

Zur Festlegung der schrägen Richtung der Pfähle dient zunächst ein zweites, etwas weiter rückwärts verlagertes Holz, die „Spannpfändung" s (Abb. 65 a), die nach dem Vortreiben der Pfähle auf die ganze Länge durch „Zwickkeile" z ersetzt wird. Ist etwas Platz geschaffen, so werden die Pfähle durch Einbringung eines Hilfstempels h (Abb. 65 a u. b) oder durch die Kappe eines Hilfstürstocks (b_1 u. b_2 in Abb. 66) gestützt. Stempel und Kappe dienen gleichzeitig zur Festlegung der Pfahlrichtung für das nächste Getriebe. Sind die Pfähle um eine Feldbreite vorgetrieben, so werden sie durch die „Pfändlatte" l (Abb. 65) bzw. s_1 u. s_2 (Abb. 66) unterfangen, ein Stück Rund- oder auch Halbholz, unterhalb dessen dann der neue Firstenstempel b bzw. Türstock a_3 eingebaut wird. Zwischen Firstenstempel b und Pfändlatte l (Abb. 65 b u. d) wird durch die „Pfändkeile" k ein genügend hoher Raum festgelegt, der das reibungsfreie Eintreiben der nächsten Pfahlreihe p_2 gestattet.

Abb. 67[1]). Streckengetriebe mit Ortsvertäfelung.
p_1—p_4 = Getriebepfähle,
l_1 l_2 = Pfandlatten,
g = Sohlenholz,
k = Pfändkeil.

Die Pfähle werden mit dem Treibefäustel angetrieben, und zwar immer in kleinen Absätzen. Es muß vor allen Dingen verhütet werden, daß über den Pfählen Hohlräume entstehen, weil durch deren Zubruchgehen die Zimmerung zerstört werden kann. Daher sind die Schwanzenden der Pfähle nie völlig frei zu legen. Außerdem sind durch Vorsicht beim Antreiben der Pfähle Erschütterungen der lockeren Massen, die ein plötzliches Nachrollen größerer Mengen veranlassen könnten, nach Möglichkeit zu vermeiden.

57. — Streckengetriebe und Vertäfelung. Beim Streckengetriebe (Abb. 67) müssen auf allen Seiten Pfähle vorgetrieben werden, unter Umständen auch auf der Sohle. Als „Anstecker" dienen also Kappe und Beine des Türstocks, nötigen-

[1]) Nach Dittmarsch: Grubenausbau (Hannover, Jänecke), 1903, S. 58.

falls auch das Sohlenholz. Ebenso wird der Hilfstürstock hier auch an den Seiten beansprucht.

Beim Streckentreiben im Schwimmsand kommt noch eine weitere Vorsichtsmaßregel hinzu, nämlich das Zurückhalten des Ortstoßes selbst durch die „Ortsbretter" oder „Zumachebretter" *b* (Abb. 67), die zusammen die „Vertäfelung" bilden. Diese stützen sich zunächst (Abb. 67 unten) gegen

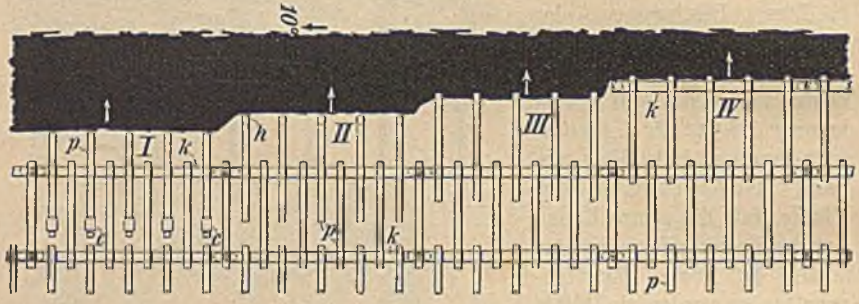


Abb. 68. Vortreibezimmerung im Abbau. Verhieb rechtwinklig zum Stoß.

die Beine des letzten Türstocks, der hart an ihnen eingebaut wird; sie werden dann mit dem Vortreiben der Abtreibepfähle absatzweise, und zwar in der Reihenfolge von oben nach unten, vorgeschoben und durch Spreizen *t* gegen die Beine des Türstocks abgesteift, bis wieder Platz für einen neuen Türstock geschaffen ist, usf. Dabei muß das Abfließen von Wasser ermöglicht werden, weil dadurch die Zimmerung entlastet wird, dagegen ist der Sand sorgfältig zurückzuhalten. Das geschieht durch Verstopfen der Fugen mit

Abb. 69. Kappe mit aufgenagelten Pfändhölzern *s* für die Vortreibezimmerung.

Stroh, Heu u. dgl. — Bei besonders starkem Druck müssen die Zumachebretter ihrerseits noch wieder aus einzelnen Stücken zusammengesetzt werden, die dann jedes für sich wieder abzuspreizen sind, so daß der tägliche Fortschritt sich in solchen Fällen vielfach nur nach Zentimetern bemißt.

58. — **Vortreibezimmerung im Abbau.** Die vorstehend beschriebene, für die Überwindung großen Druckes bestimmte Getriebezimmerung kann für den Abbau nicht in Frage kommen, da bei derartig ungünstigen Gebirgsverhältnissen ein Abbaubetrieb mit größerer Fläche nicht möglich ist. Jedoch hat sich auch für den Abbau im Steinkohlenbergbau ein Vortreibe-

verfahren (vgl. Abb. 68 u. f.) herausgebildet und gut bewährt. Diese Art der Zimmerung empfiehlt sich bei gebrächem Hangenden oder beim Vorhandensein eines „Nachfallpackens" über dem Flöze, der gehalten werden soll. Sie ist besonders wichtig für Flöze von etwas größerer Mächtigkeit,

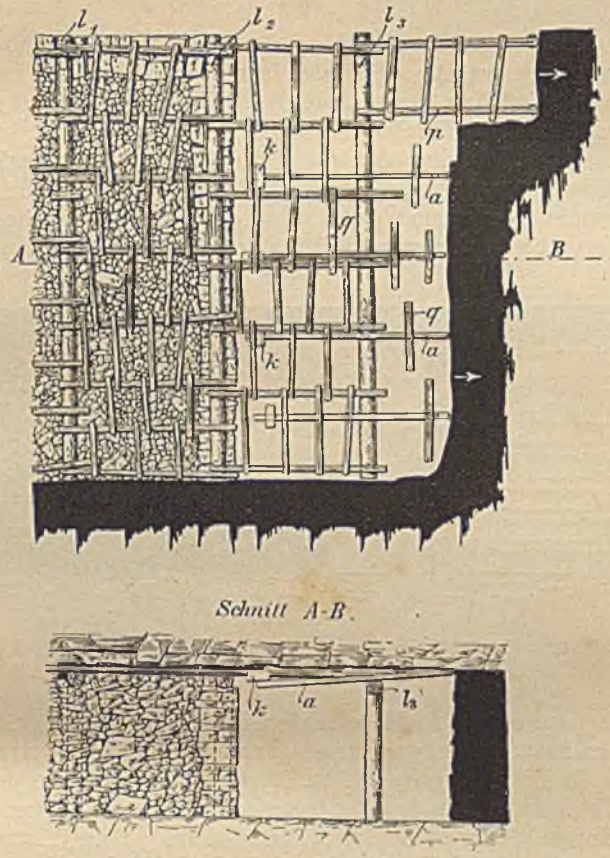


Abb. 70[1]). Vortreibezimmerung im Abbau. Erhöhung der Sicherheit durch Querverzugpfähle q.

in denen die Gewinnung in einzelnen Bänken von oben nach unten erfolgt. In solchen Flözen schreitet der Abbau langsamer vorwärts, so daß unter einer und derselben Stelle des Hangenden längere Zeit gearbeitet werden muß und dieses daher stärker in Bewegung kommen kann. Außerdem ergibt sich in mächtigen Flözen öfter die Notwendigkeit, die liegenden Bänke zuerst zu gewinnen und dabei die hangenden Schichten durch Vortreibepfähle abzufangen.

[1]) S. die auf S. 37 in Anm. [1]) erwähnten Verhandl. d. Stein- u. Kohlenfallkommission, S. 443, Abb. 29.

Ein solcher Ausbau ist nicht, wie die Getriebezimmerung, für die Gewinnung unbedingt erforderlich, trägt aber wesentlich zur Verringerung der Unfälle durch Steinfall bei. Diese seine Bedeutung ist in den letzten Jahrzehnten in immer weiteren Kreisen anerkannt worden, so daß man ihm jetzt große Aufmerksamkeit zuwendet und ihn mannigfach verbessert und weiter ausgebildet hat.

59. — **Vortreiben der Pfähle.** Da die Vortreibepfähle auch hier wieder von besonderen Ansteckhölzern aus getrieben werden müssen, so wird bei diesem Verfahren gemäß Abb. 68 der Einbau von Kappen (in Westfalen „Schalhölzer", in Niederschlesien „Zimmer" genannt), unter dem Hangenden erforderlich, die durch die nötige Anzahl von Stempeln gestützt werden. Diese Kappen werden, um Raum für die Verzugspfähle zu lassen, nicht dicht unter das Hangende gelegt, sondern durch Pfändkeile festgehalten. Zwischen diesen hindurch werden die Pfähle vorgetrieben, und zwar so lange,

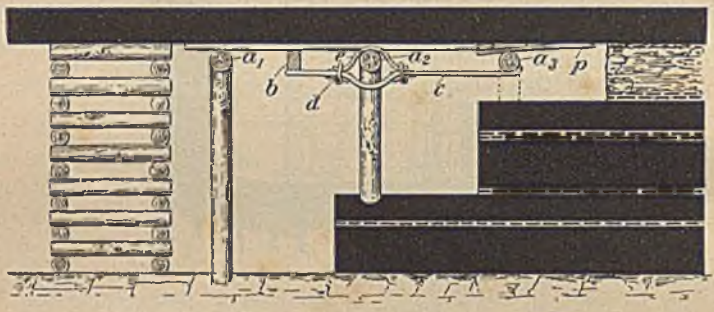


Abb. 71 [1]). Unterstützung der neuen Kappe durch Unterhänge-Eisen.

bis für eine neue Kappe Platz geschaffen ist und diese durch Stempel gestützt werden kann, worauf von ihr aus eine neue Pfahlreihe vorrückt. Vielfach werden die Pfändhölzer (*s* in Abb. 69) gleich über Tage an den Stellen, unter die die Stempel geschlagen werden sollen, auf die Kappen genagelt, um gleichmäßige Stempelabstände zu erzwingen. Beim Vortreiben der Pfähle wird (vgl. die Abbildungen) in der Weise gearbeitet, daß, sobald die Kohlengewinnung genügend Platz geschaffen hat, die Pfähle nachgetrieben werden, so daß nicht nur der Aufenthalt unter der fertigen Zimmerung, sondern auch derjenige zwischen dieser und dem Kohlenstoß und die Gewinnung der unteren Flözbänke soweit wie nur eben möglich sichergestellt wird. In jeder ihrer verschiedenen Stellungen müssen die Pfähle fest gegen das Hangende gepreßt werden, was durch Keile geschieht, die meist vom hinteren Ende aus (d. h. zwischen Pfahl und Hangendes, *c* in Abb. 68, *k* in Abb. 70, vgl. auch die übrigen Abbildungen), selten von der Seite des Abbaustoßes (d. h. zwischen Kappe und Pfahl), eingetrieben werden.

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1905, S. 84; Versuche und Verbesserungen.

60. — **Unterstützung der Pfähle.** Sind die Pfähle ein Stück weit vorgetrieben, so tritt an die Stelle dieser Unterstützung die vorläufige Stützung ihres vorderen Endes, die auf folgende Art geschaffen werden kann:

1. Bei hinreichend fester Kohle durch Einbühnen der Pfahlenden in den Kohlenstoß selbst (Abb. 68 bei III und Abb. 76).

2. Bei unzuverlässiger Beschaffenheit der Kohle durch Unterfangen mit Not- und Hilfstempeln (Abb. 68 bei II).

3. Durch die endgültig neu einzubauenden Kappen selbst nach den in den Abbildungen 71 u. 72 veranschaulichten Verfahren. Die Kappen ruhen dabei nach der in Abb. 71 dargestellten Ausführung nach dem Patent von Schwaak (D. R. P. 147544) auf Flacheisen c, die mit Bügeln e an der letzten fest eingebauten Kappe a_2 aufgehängt sind und am hinteren Ende durch Keile b in ihrer Lage festgehalten werden; die Bügel werden zwischen der Kappe und dem Hangenden durchgesteckt und sodann durch die Schäckel d mit dem Flacheisen c verbunden. In Abb. 72 liegt die neue Kappe k_3 auf Unterzügen aus Rundholz, die in doppeltgekröpften Bügeln

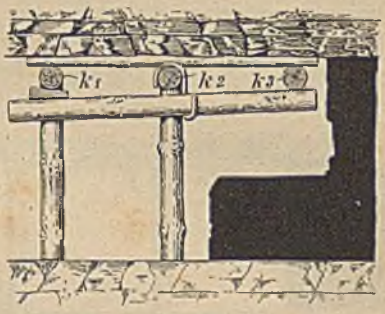


Abb. 72. Unterstützung der neuen Kappe durch Rundholz-Unterzüge.

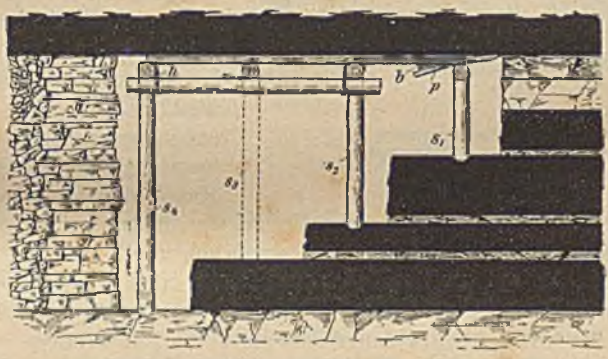


Abb. 73[1]). Auswechseln verlorener Stempel mit Hilfe eines Unterzugs.

ruhen und am hinteren Ende durch ein Keilwiderlager in ihrer Lage festgehalten werden. Derartige Unterzüge können auch durch Grubenschienen gebildet werden.

Bemerkenswert ist die Verwendung je zweier doppeltgekröpfter Bügel nach Abb. 73, die ebenso wie die Abbildungen 71 u. 72 die bankweise vorschreitende Gewinnung eines mächtigen Flözes zum Gegenstande hat. Hier wird in folgender Weise verfahren: zunächst wird über den einzelnen

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1905, S. 256; Mengelberg: Entwicklung und gegenwärtiger Stand des systematischen Ausbaues usw.

Strossen das Hangende durch verlorene Stempel s_1—s_3 von entsprechender, absatzweise zunehmender Länge getragen. Sind die Strossen weit genug vorgerückt, so wird der Stempel s_3 durch einen endgültigen Stempel ersetzt, der hintere Bügel h über dessen Kappe gehängt und der Rundholz-Unterzug bis zur vordersten Kappe weiter getrieben, worauf der vordere Bügel über diese gehängt, der Stempel s_2 gegen einen solchen von der Länge s_3 vertauscht wird usw. Der Unterzug trägt also hier jedesmal die Kappe, deren Stempel ausgewechselt werden sollen.

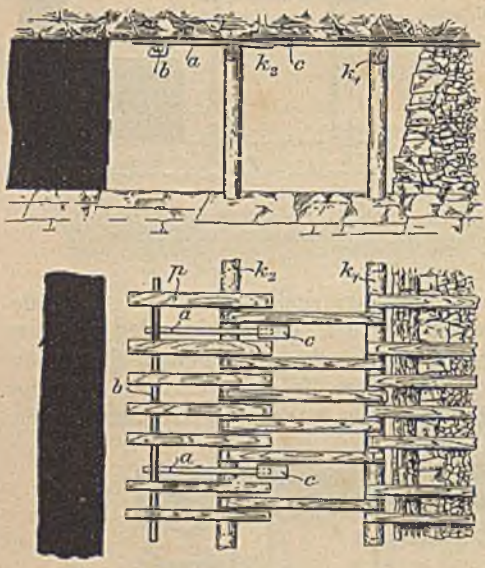


Abb. 74[1]). Vortreibezimmerung mit Grubenschiene als Hilfskappe.

4. Durch Hilfskappen, die gleich nach Einbau der letzten Kappe vor dieser aufgehängt und nun der Gewinnung entsprechend samt den Vortreibepfählen ständig nachgeschoben werden. Dieses Verfahren wird durch Abb. 74 veranschaulicht. Als Hilfskappe dient hier eine Grubenschiene b; sie ruht in den vorderen, hakenförmig umgeschmiedeten Enden der Vierkanteisen a, die in ähnlicher Weise wie die Vortreibepfähle am hinteren Ende durch Keile c gegen das Hangende abgestützt werden. Dem Vorrücken des Abbaustoßes entsprechend wird diese Schiene nebst den auf ihr ruhenden Pfählen p so lange vorgetrieben, bis eine neue Kappe eingebaut werden kann.

Das unter 3. und 4. beschriebene Vortreiben „fliegender Kappen" bietet den Vorteil, daß es ohne Hilfstempel am Kohlenstoß, die dort hinderlich sind und den Ausbau umständlicher und teurer machen, auszukommen gestattet. Außerdem wird durch die Hilfskappe in Verbindung mit den Pfählen das Hangende wirksamer abgefangen als durch die Pfähle allein. Diese Vorzüge kommen besonders beim Verhieb in einzelnen Bänken vom Hangenden zum Liegenden (Abb. 71 u. 72) sowie beim Abbau mit Schüttelrutschen und Schrämmaschinen zur Geltung.

Die im vorstehenden erwähnten Vortreibepfähle können aus Holz oder Eisen bestehen. Eiserne Pfähle (a in Abb. 70) sind besonders auf nordfranzösischen Gruben zur Anwendung gekommen und zwar in Gestalt von Flacheisen oder I-Eisen, im Gewichte von rd. 5 kg bei 1,2 m Länge. Derartige Vortreibepfähle müssen ihres höheren Preises wegen fortgesetzt wiedergewonnen und von neuem benutzt werden. Sie haben sich im deutschen Bergbau nicht

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1905, S. 85: Versuche und Verbesserungen.

eingeführt, da sie wegen ihrer geringen Breite das Hangende nur auf kleine Flächen unterfangen, auch bei einigem Druck sich in das Hangende oder die Kappen „einfressen", und das häufige Lösen und Wiederfestkeilen zur Wiederverwendung das Gebirge stark beunruhigt. Man verwendet hier deshalb lieber Holzpfähle, die entweder besonders zu diesem Zwecke hergestellt sind (*p* in Abb. 71) oder gleich den endgültigen Verzug darstellen (Abb. 68 u. 74). Im ersteren Falle ist zwar auch eine Wiedergewinnung erwünscht, doch kann diese, da eine größere Anzahl von Vortreibepfählen gleichzeitig benutzt werden kann, bis nach dem Einbringen der endgültigen Zimmerung mit ihren besonderen Verzugpfählen hinausgeschoben werden. Auch kann man ohne großen Schaden die schwer zu lösenden Pfähle stecken lassen. Als Beispiel für die Abmessungen hölzerner Vortreibepfähle sei genannt: Länge 1,2 m, Breite 0,12—0,15 m, Dicke vorn 1,5 cm, hinten 6 cm.

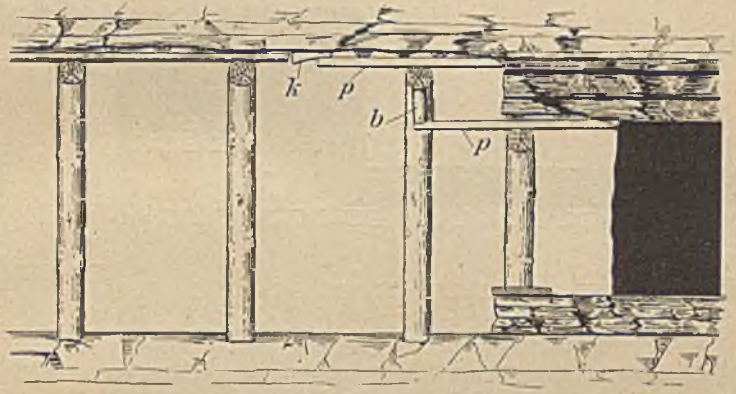


Abb. 75. Doppelte Anwendung der Vortreibezimmerung.

Wie Abb. 70 zeigt, können bei kurzklüftigem Hangenden bereits die Vortreibepfähle *p* selbst zum Tragen verlorener Querpfähle *q* ausgenutzt werden, wodurch auch die zwischen den Pfählen liegende Fläche des Hangenden schon nach Möglichkeit gesichert wird.

61. — **Abtreiben in 2 Abschnitten.** Eine Gewinnung mit doppelter Anwendung des Vortreibeverfahrens in einem Abbaubetriebe der französischen Grube Courrières zeigt Abb. 75[1]). Es handelt sich hier um ein Flöz mit je einem gebrächen Schieferpacken am Liegenden und am Hangenden. Zunächst wird nur die Kohle gewonnen und der Nachfall durch Kappen getragen, die sich auf verlorene Stempel stützen; letztere ruhen mit breitem Fußpfahl auf der liegenden Schicht. Von diesen verlorenen Kappen aus wird der Nachfall durch Vortreibepfähle *p* abgefangen, unter deren Schutz die Kohlengewinnung vor sich geht. Entsprechend rückt dann die Herstellung der vollen Öffnung durch Abdeckung des liegenden und Hereingewinnung des hangenden Packens nach, wobei gegen das Hangende wiederum Vortreibepfähle *p* verwendet werden. Die Pfähle unter dem Nachfall werden

[1]) Verhandl. d. Stein- u. Kohlenfallkommission, S. 442, Abb. 28.

durch Spreizen *b* gegen die letzte Kappe, diejenigen unter dem Hangenden durch Keile *k* hinten abgestützt.

62. — Vortreibezimmerung und Verhieb. Das Abbau- und Ausbauverfahren nach Abb. 68 auf S. 60, bei dem die Gewinnung in der durch die Pfeile bezeichneten Richtung, d. h. senkrecht zum Stoß, vorschreitet, ermöglicht das Angreifen des Kohlenstoßes in breiter Fläche, also mit günstiger Hauerleistung und hohem Stückkohlenfall. Bei gebrächem Hangenden und steilerem Einfallen als etwa 15° ist es jedoch weniger geeignet, weil es dann wegen der gleichzeitigen Bloßlegung größerer Flächen gefährlicher wird. Es verdient dann der alte westfälische „Pfändungsbau" (Abb. 76) den Vorzug. Bei diesem wird, allerdings unter Verringerung der Hauerleistung und des Stückkohlenfalles, der Kohlenstoß in einzelnen parallelen Streifen (in Westfalen „Kröpfe" genannt) von je 1 Feld Breite abfallend,

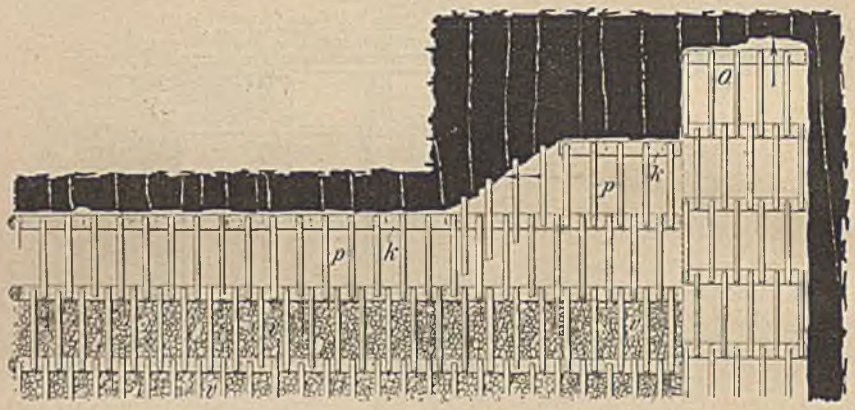


Abb. 76[1]. Vortreibezimmerung im Abbau, Verhieb gleichlaufend mit dem Stoß (Pfändungsbau) (Die weißen Linien in der Kohle deuten die Schlechten an.)

d. h. in der Richtung der schwebenden Kappen (s. die Pfeile) gewonnen. Daher werden hier Vortreibepfähle überhaupt nicht verwendet, sondern die Verzugpfähle Stück für Stück vorgeschoben, sobald durch die Kohlengewinnung hinreichend Platz geschaffen ist. Die Stützung dieser Pfähle erfolgt nach der Abbildung durch Einbühnung in die Kohle; doch können auch die früher erwähnten fliegenden „Kappen" verwandt werden, die allerdings dann nicht nach vorn, sondern nach unten allmählich vorgeschoben werden müssen. Ein solcher Ausbau ist bei jedem Einfallen anwendbar und bietet die größtmögliche Sicherheit, da das Hangende in ganz kleiner Fläche bloßgelegt wird.

b) Der Ausbau in Eisen.

63. — Vorbemerkung. Beim Eisenausbau wird sowohl Schmiedeeisen als auch Stahl verwendet. Ersteres findet in Walzprofilen aus Schweiß- oder Flußeisen Verwendung. Stahl (Schweiß- oder Flußstahl) dient in der

[1]) Vgl. Sammelwerk Bd. II, S. 177.

Form von Rohren und Walzprofilen für Abbaustempel; als Kappen werden auch Schienen eingebaut. Diese letzteren können abgelegte Eisenbahnschienen sein; doch sind diesen schmiedeeiserne Schienen vorzuziehen, da die Stahlschienen nicht zäh genug sind und daher bei stärkerem Druck plötzlich brechen, statt gebogen zu werden.

Gußeisen kommt wegen seiner Sprödigkeit und des großen Gewichtes gußeiserner Stücke infolge größerer Wandstärken nicht in Betracht.

1. Einfacher Eisenausbau[1]).

64. — Anwendungsgebiet und Erfordernisse. Der einfache oder Stempelausbau in Eisen kommt vorwiegend für den Abbau in Frage, da er in Strecken, die so wenig druckhaft sind, daß der Stempelausbau für sie ausreicht, wegen seines höheren Preises meist nicht mit dem Holzstempel in Wettbewerb treten kann. Im Abbau aber können eben dieses höheren Preises wegen nur solche eiserne Stempel verwendet werden, die sich wiedergewinnen lassen.

Daraus ergibt sich ohne weiteres die Forderung, daß jeder eiserne Stempel sich zum Zwecke der Wiedergewinnung zusammenschieben lassen muß. Zu demselben Ergebnis führt das Erfordernis, daß ein eiserner Stempel sich den verschiedenen Flözmächtigkeiten anpassen muß; denn diese Anpassung kann nicht wie bei Holzstempeln durch Bearbeitung erfolgen.

65. — Beschreibung einiger eiserner Stempel. Nachdem bereits im Jahre 1888 an Wollanky & Kowatsch ein Patent auf einen zweiteiligen eisernen Stempel mit gedrosseltem Wasserwiderstand erteilt worden war (D.R.P. 48870), dieser Stempel aber keine praktische Bedeutung erlangt hatte, kam als erster nachgiebiger Eisenstempel derjenige von Sommer (D.R.P. 139857) zur Verwendung, der durch Abb. 77 veranschaulicht wird. Dieser Stempel bestand aus zwei ineinander verschiebbaren Stahlrohren r_1 r_2. Das obere Rohr r_2 stützt sich mittels eines fest angezogenen Schellenbandes k, das nach oben hin durch einen angenieteten Haken h gehalten wird, gegen den verstärkten Kopf des unteren Rohres r_1. Der Zusammenschiebung des Stempels infolge der Durchbiegung des Hangenden wirkt also die Reibung des Schellenbandes entgegen, die nach Versuchen durch einen Druck von 10000—12000 kg überwunden wird. Zur Wiedergewinnung des Stempels muß die Mutter des Bandes gelöst werden, was im Falle der Gefahr aus größerer Entfernung mittels eines Schraubenschlüssels erfolgen kann, der an dem Vierkant s angreift.

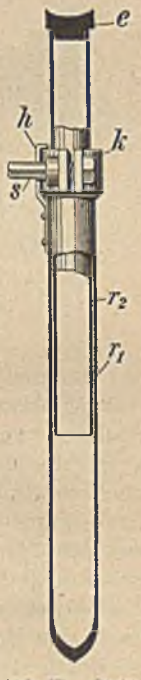


Abb. 77. Stahlstempel von Sommer.

Der Sommersche Stempel hat sich auf die Dauer nicht bewährt. Zunächst entsprach sein Widerstand gegen den Gebirgsdruck nicht den An-

[1]) Der Einfachheit halber sind hier und im folgenden unter den Begriffen „Eisen“ und „eisern“ die verschiedenen Eisen- und Stahlsorten zusammengefaßt worden.

forderungen, die gestellt werden müssen und die darauf hinauslaufen, daß die Widerstandsfähigkeit des Stempels in dem Maße seines Zusammenschiebens wachsen soll, weil der Druck des Hangenden im allgemeinen um so stärker wirkt, je mehr dieses in Bewegung gerät. Beim Sommerschen Stempel dagegen ist, wie eine einfache Überlegung ergibt und durch das Schaubild in Abb. 78*a* verdeutlicht wird, der Widerstand zuerst am größten und geht dann, sobald die Reibungsgrenze überschritten wird, in einen wesentlich geringeren Gleitwiderstand über. Ungünstig ist außerdem, daß der Reibungschluß von dem Anziehen der Schraube, also von der Aufmerksamkeit und Kraft des Hauers abhängig ist und daß wegen des ruckweisen Nachgebens das Rauben des Stempels gefährlich wird.

Im Gegensatz zum Sommerschen Stempel wurde bei dem Nellenschen Stempel (Abb. 79) die Reibung fast vollständig ausgeschaltet und an ihre Stelle eine Formänderung nachgiebiger Masse gesetzt. Der Stempel bestand

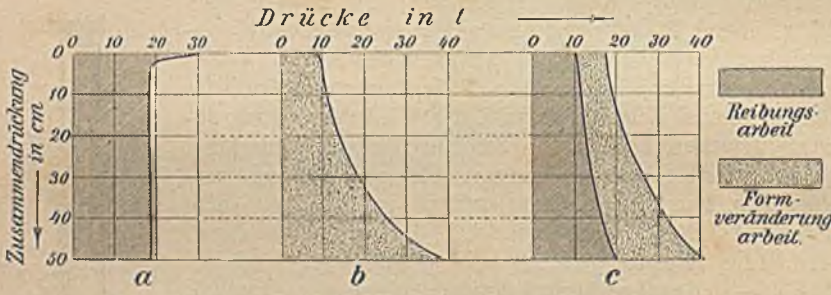


Abb. 78. Veranschaulichung des Verhaltens eiserner Stempel unter Druck[1]).

aus 2 durch Schellenbänder l zusammengehaltenen Halbrohren h_1 h_2 und einem Holzstempel s. Der letztere war oben durch einen Eisenring r gegen Spaltung geschützt und ruhte auf einer Schicht feinkörniger Berge, unterhalb deren eine Anzahl Polsterstücke t aus Preßtorf oder einer ähnlichen, nachgiebigen Masse eingelegt war; der Verschluß am unteren Ende wurde durch eine Holzscheibe p gebildet. Das eine Halbrohr hatte am Fuße der Bergeschicht einen Schlitz i, der für gewöhnlich durch das Schellenband l_1 verschlossen gehalten wurde, nach Zusammenpressung der Torfpolster aber vorübergehend freigegeben werden konnte (Abb. 79*a*), um einige Berge zu entfernen und so weiteres Nachgeben zu ermöglichen.

Durch diese Ausführung seines Stempels erreichte Nellen, daß gemäß der vorher aufgestellten Forderung der Widerstand des Stempels mit der Zusammenschiebung wuchs (vgl. Schaubild Abb. 78*b*). Doch hatte auch der Nellensche Stempel noch erhebliche Nachteile, da er nicht nur umständlich, sondern auch schwierig wiederzugewinnen war; die Entfernung der losen Massen aus dem vorgesehenen Schlitz hat sich als undurchführbar erwiesen.

Eine dritte Gruppe von Stempeln wird durch die heute in Anwendung stehenden Stempel vertreten, die den Reibungswiderstand mit dem Wider-

[1]) Näheres s. Bergbau 1919, Nr. 5 u. f., S. 68 u. f.; Ohnesorge: Die Entwickelung der nachgiebigen eisernen Grubenstempel.

stand gegen Formänderungen vereinigen. Bei diesen Stempeln liegt eine „Keilpaarung" vor, indem der obere Stempelteil nach unten keilförmig zuläuft und infolgedessen mit dem Einschieben in den unteren Stempelteil eine nachgiebige Holzeinlage immer kräftiger zusammendrückt. Da mit deren Zusammendrückung auch der Reibungswiderstand wächst, so ergibt sich gemäß dem in Abb. 78*c* dargestellten Schaubild, daß mit der Verkürzung des Stempels ein wachsender Widerstand sowohl für die Formänderung als auch für die Reibung eintritt.

Der erste Stempel dieser Art war derjenige von Schwarz in Kray, der heute sowohl für flaches Einfallen (Abb. 80) als auch für steile Lage-

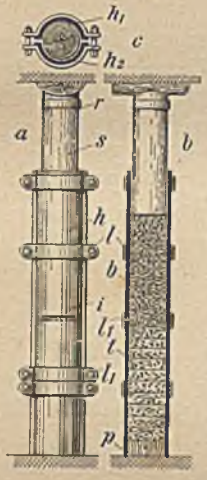


Abb. 79.
Nellenscher Stempel mit Einlagen.

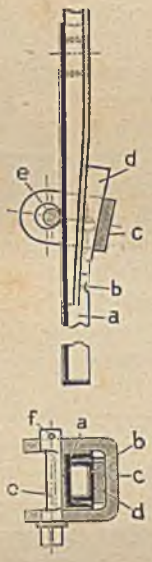


Abb. 80*a*.
Nachgiebiger Eisenstempel von Schwarz.

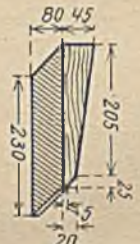


Abb. 80*b*.

Abb. 81. Schwarzscher Stempel für steiles Einfallen.

rung (Abb. 81) verwandt und auch als Streckenstempel nutzbar gemacht wird. Oberstempel *b* und Unterstempel *a* bestehen hier aus U-Eisen und werden mittels eines Bügels *c* zusammengehalten, den ein Exzenterbolzen *e*, der an der Rückwand des Unterstempels angreift, durch entsprechende Verdrehung gegen den Holzkeil *d* (s. Abb. 80*b*) preßt. Um den Bügel nach Bedarf in verschiedener Höhe feststellen und damit den Spielraum der Anpassung des Stempels an verschiedene Mächtigkeiten möglichst vergrößern zu können, sind diese Unterstempel mit Aussparungen versehen, in die sich der Bügel mit Hilfe innerer Ansätze hineinlegt. Das Einstellen des Stempels auf die erforderliche Höhe wird dadurch erleichtert, daß beide Stempelteile in 2 Reihen gegeneinander versetzte Schlitze tragen, in die nach Art des gleich zu erwähnenden „Nonius-Stempels" abwechselnd Keile eingetrieben werden, bis die gewünschte Lage erreicht wird. Für die Verwendung bei steiler Lagerung ist der einfacher gebaute Stempel nach Abb. 81 bestimmt. Hier ist

auf die Verstellbarkeit des Bügels und damit auf eine weitgehende Anpassung an verschiedene Mächtigkeiten verzichtet; der Bügel ist zwischen 2 Kröpfungen im Unterstempel festgehalten.

Für Streckenstempel wird eine besonders weitgehende Nachgiebigkeit verlangt; hier sind daher 2 Keilbänder vorgesehen, so daß nach Zusammenpressung des Keiles im oberen Keilband auch am unteren Keilband ein Keil eingetrieben werden kann und so das weitere Nachgeben des Stempels ermöglicht wird. Man hat auf diese Weise eine Nachgiebigkeit um 70 cm bei einer ursprünglichen Länge von 2,70 m erreicht.

Die Anfertigung der Keile darf nicht dem Hauer überlassen bleiben, sondern muß über Tage aus geeignetem Holz erfolgen. Als das beste Holz hat sich Fichtenholz erwiesen; die zweckmäßigsten Abmessungen des Keiles ergeben sich aus Abb. 80*b*.

Das Gewicht der Schwarzschen Stempel beträgt 16—20 kg bei den Abbau- und 40—50 kg bei den Streckenstempeln[1]).

Bei dem Stempel von Rohde (Abb. 82) führt sich der voll ausgebildete Oberstempel *i* in dem aus einem U-Eisen hergestellten Unterstempel *a* dadurch, daß der Oberstempel mit einem Schlitz *n* über den Schraubenbolzen *b* gleitet, der das Schloß *s* anpreßt; in letzteres ist eine Holzscheibe *h* eingelegt, die durch den keilförmigen Oberstempel zusammengepreßt wird. Der Stempel wird von der Firma Hermann Müller in Bochum ausgeführt. Er zeichnet sich durch seinen einfachen Bau und die Möglichkeit des gefahrlosen Raubens aus, da infolge der Drehung der Schraube die Lüftung nur ganz allmählich zu erfolgen braucht. Seine Vorzüge treten besonders bei steilerem Einfallen hervor.

Der Stempel von Rutenborn, ausgeführt von der Akt.-Ges. Phönix (Abt. Düsseldorfer Röhren- und Eisenwalzwerke), besteht gemäß Abb. 83 aus einem Stahlrohr mit eingesetztem Fußstück als Unterstempel, in das sich der keilförmige und unten mit einer zylindrischen Führung versehene Oberstempel hineinschiebt. Der Bewegungswiderstand wird durch ein Schellenband erzeugt, das mit 2 Schrauben angepreßt wird; die nachgiebige Einlage besteht (s. d. Querschnitt) aus Holzplatten, die zwischen Schellenband und Unterlegscheiben eingelegt sind. Hier ist allerdings wegen der geringeren Dicke dieser Holzplatten die Nachgiebigkeit beschränkter; auch ist die Verwendung von 2 Schrauben ein Nachteil.

Sehr einfach ist der gleichfalls nachgiebige Stempel von Reinhard (Abb. 98 auf S. 78). Seine Nachgiebigkeit wird durch den zugeschärften Holzfuß, seine Verstellbarkeit und Wiedergewinnung durch ein Schraubengewinde *d* mit kräftiger Mutter *c* ermöglicht.

Sodann seien noch kurz die nicht nachgiebigen, aber bequem einstellbaren Stempel von Hinselmann und Mommertz erwähnt. Die Nachgiebigkeit muß hier durch Quetschhölzer erreicht werden.

Bei dem „Nonius"-Stempel von Hinselmann (Abb. 84) wird der Oberstempel s_1 mit dem Unterstempel s_2 durch Keilschluß gekuppelt, und zwar sind 2 Keile k_1 k_2 vorhanden. Die entsprechenden Keillöcher sind in

[1]) Näheres s. Glückauf 1919, Nr. 17, S. 301 u. f. 1921, Nr. 25, S. 579 u. f.; Fink: Der Ausbau mit nachgiebigen eisernen Stempeln auf der Zeche Prosper III.

beiden Rohren in der Weise angebracht, daß ihre Abstände im äußeren Rohr etwas kleiner sind als im inneren. Dadurch kann immer einer der Keile angetrieben werden, worauf der andere wieder in einer höheren oder tieferen Öffnung Platz findet. Auf diese Weise wird eine sehr genaue Einstellbarkeit des Stempels erreicht.

Der Mommertz-Stempel (Abb. 85) stellt sich dar als ein Profileisen-Stempel einfachster Bauart für geringe Beanspruchungen. Die beiden gegeneinander verschiebbaren Winkeleisen w_1 und w_2, von denen ersteres mit einem Kopfstücke, letzteres mit einer Fußspitze versehen ist, werden in ihrer jeweiligen Stellung durch die Muffe m und den Keil k

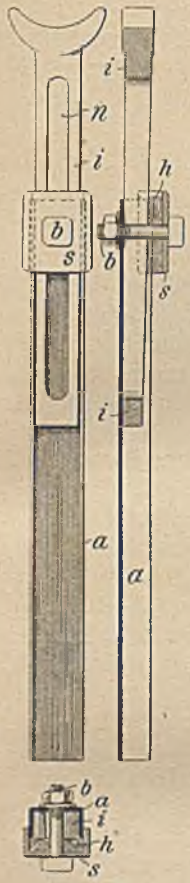


Abb. 82. Eiserner Stempel von Rohde.

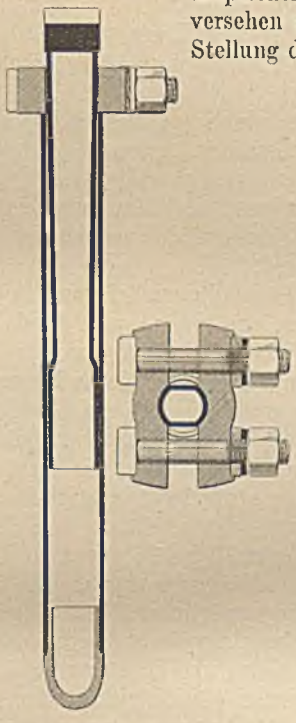


Abb. 83. Stahlstempel von Rutenborn.

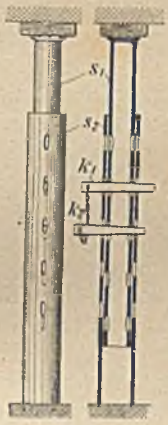


Abb. 84. Stahlstempel „Nonius“ von Hinselmann.

Abb. 85. Profileisenstempel von Mommertz.

festgehalten. Dieser wird entweder aus unmittelbarer Nähe durch einfaches Schlagen von unten oder (bei Unruhe im Gebirge) aus einiger Entfernung durch eine in die Keilschlitze fassende Brechstange gelöst.

66. — **Beurteilung der eisernen Stempel.** Nachdem die Nachteile der ersten Ausführungsformen durch zweckmäßige Gestaltung größtenteils beseitigt worden sind, haben die eisernen Stempel sich gut bewährt. Voraussetzung dafür ist die Möglichkeit einer häufigen Wiedergewinnung, da ja die eisernen Stempel wesentlich teurer als die Holzstempel sind. Ein Vergleich der Gewichte und Preise von Eisen- und Holz-Abbaustempeln ergibt etwa folgendes Bild:

	Gewicht		Preis	
	kg	kg	ℳ	ℳ
	Größte Länge:			
	1,0 m	2,0 m	1,0 m	2,0 m
Profileisenstempel . .	15—20	25—30	8—10	12—15
Stahlrohrstempel . .	8—15	18—26	10—12	15—20
Fichtenholzstempel .	9—16 [1])	18—32 [1])	0,3—0,4	0,7—0,9

Die Zusammenstellung zeigt, daß der Gewichtsunterschied zwischen Eisen- und Holzstempeln geringfügig ist. Dagegen ergibt sich ein bedeutender Preisunterschied, da der eiserne Stempel mindestens 25mal soviel kostet wie der hölzerne.

Nun ist allerdings zu berücksichtigen, daß bei Verwendung eiserner Stempel die Holzförder- und Bearbeitungskosten sich entsprechend verringern. Anderseits aber können unter günstigen Gebirgsverhältnissen auch Holzstempel mehrmals benutzt werden. Man wird daher sagen können, daß die eisernen Stempel etwa 30mal wieder verwendbar sein müssen, wenn ihre Benutzung lohnend sein soll.

Dieses Ziel hat sich mit den Stempeln von Schwarz, Rohde und Rutenborn in vielen Fällen erreichen lassen, und es sind auch durch eine weit häufigere Verwendung der Stempel noch wesentliche Ersparnisse an Holzkosten erzielt worden. Als Beispiel sei aus dem Betriebe der Zeche Prosper angeführt, daß hier der Verbrauch an Stempeln durch Verlust und Verschleiß etwa 1—1½% monatlich betrug, woraus sich ergibt, daß viele eiserne Stempel 50—100mal wieder verwandt wurden. Daher können heute die eisernen Stempel, soweit nicht ihre Handhabung durch zu große Flözmächtigkeit und zu steiles Einfallen zu sehr beeinträchtigt wird, als vorteilhaft bezeichnet werden, zumal sie ja auch ein rasches und gleichmäßiges Niedergehen des Hangenden und damit eine vollständige Beherrschung des für die Erleichterung der Gewinnung wichtigen Gebirgsdruckes ermöglichen. Nachteilig ist freilich, daß beim Zubruchgehen eines Abbaubetriebes ein größerer Kapitalverlust eintritt und daß eiserne Stempel nicht die Herstellung von Bretterverschlägen für Hand- und Spülversatz gestatten. Als besonders günstig hat sich der Ausbau mit eisernen Stempeln beim Abbau mit Schüttelrutschen gezeigt, weil hier der Verhieb rasch fortschreitet und daher eine häufige Wiederverwendung der Stempel ermöglicht und außerdem infolge des regelmäßigen und leichter zu überwachenden Betriebes ein Verlorengehen der Stempel weniger zu befürchten ist.

Im Streckenbetriebe ist für die Verwendung der eisernen Stempel von besonderer Bedeutung die wesentliche Ersparnis an Lohnkosten, die beim Holzausbau infolge der Notwendigkeit, die Zimmerung mehrmals auszuwechseln, sich ergeben, wenngleich diese Kosten durch die Hilfsmittel der nachgiebigen Zimmerung einigermaßen beschränkt werden können.

Zu erwähnen ist noch die Verwendung eiserner Stempel als Hilfstempel bei Erneuerungsarbeiten an der Streckenzimmerung. Namentlich Stempel

[1]) Das Gewicht von Holzstempeln schwankt stark je nach ihrem Feuchtigkeitsgehalt (vgl. die Zahlentafel auf S. 18).

mit Schraubenverbindung nach Art der Reinhardschen (vgl. Abb. 98 auf S. 78) hat man schon früher[1]) wegen ihrer leichten Einstellbarkeit und der mit ihnen auszuübenden Hebekraft benutzt, um Kappen über gebrochenen Stempeln abzustützen und etwas anzuheben oder hereingebrochene Gesteinsmassen vorübergehend abzufangen und dadurch das Einwechseln neuer Stempel zu ermöglichen.

2. Zusammengesetzter Eisenausbau.

67. — **Türstockausbau in Eisen.** Der eiserne Türstockausbau zeichnet sich ganz allgemein durch große Gleichmäßigkeit aus. Denn da eine Bearbeitung der einzelnen Stücke an Ort und Stelle unter Tage un-

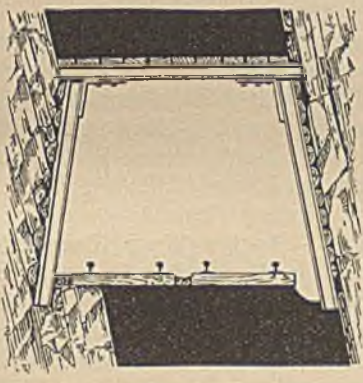


Abb. 86.

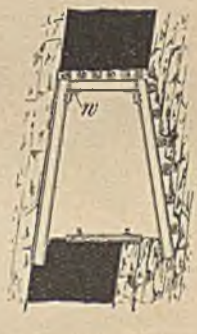


Abb. 87.

Eiserne Türstöcke mit Winkelverbindung.

durchführbar sein würde, müssen diese sämtlich von vornherein fertig zusammengepaßt angeliefert werden.

Eine Verbindung durch Verblattung nach Art der deutschen Türstockzimmerung ist möglich, aber zu teuer und umständlich. Meist erfolgt die Verbindung durch besondere Winkel (Abb. 86 u. 87), die der verlangten „Strebe" entsprechend gebogen sind und mit Schrauben befestigt werden. Da der Gebirgsdruck die Türstockbeine und -kappen ohnehin festdrückt, die einzelnen Türstöcke gegeneinander verbolzt werden (Ziff. 42) und genügend breite Auflageflächen vorhanden sind, so genügt es, die Winkel nur entweder mit der Kappe (Abb. 86) oder den Stempeln (Abb. 87) zu verschrauben und den anderen Schenkel vorläufig durch lose Bolzen zu sichern. Bei dem Ausbau nach Abb. 86 wird der Seitendruck, bei demjenigen nach Abb. 87 der Firstendruck von den Schrauben aufgenommen.

Eine vollkommenere Verbindung bilden die aus Stahlguß hergestellten „Streckengerüstschuhe", von denen Abb. 88 ein Beispiel zeigt. Derartige Verbindungstücke bieten vorn durch hakenartige Angüsse *g* dem Türstock-

[1]) Vgl. z. B. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1896, S. 176; Versuche und Verbesserungen, sowie das auf S. 59 angeführte Werk von Dittmarsch: Grubenausbau, S. 68.

bein eine Stützfläche, während die Kappschiene *k* mit ihrem Fuß in eine Tasche *h* am hinteren Ende des Gerüstschuhes sich legt, die außerdem einen Schlitz zur Aufnahme des Steges hat.

Diese Gerüstschuhe ermöglichen einen sehr gleichmäßigen und festen Ausbau, bei dem auch einem Verschieben der Beine oder Kippen der Kappen vorgebeugt wird. Doch sind sie andererseits teuer und erschweren die Auswechslung gebrochener Teile.

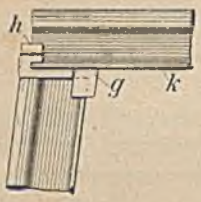


Abb. 88. Streckengerüstschuh aus Stahlguß.

Einen billigeren, aus Blech hergestellten Gerüstschuh („Kappwinkel") zeigt Abb. 89; er besteht aus einem Z-Eisen *s* mit abwärts gebogenen Lappen, die um den Steg der Stempelschiene *k* fassen.

Die Versuche, den Eisenausbau durch Verbindung von 2—3 Schienen zu Kappen, die dann auf je zwei Schienen als Stempel zu liegen kommen, zu verstärken, haben sich im allgemeinen nicht bewährt, da ein solcher Ausbau schwerfällig und teuer wird und für starken Gebirgsdruck dem nachgiebigen und dem Eisenbetonausbau nachsteht.

Als Profile kommen Eisenbahnschienen und I-Eisen in Betracht; doch eignen sich die letzteren mehr für den Gestellausbau in Eisen (Ziff. 70), während beim Türstockausbau Schienen bevorzugt werden.

Abb. 89. Streckengerüstschuh aus Blech.

68. — Nachgiebiger Eisenausbau. Es liegt auf der Hand, daß die vorbeschriebenen, ganz in Eisen ausgeführten Türstöcke dem Gebirgsdruck nur unvollkommen nachgeben können, und zwar einmal durch eine gewisse Durchbiegung der einzelnen Teile — vorausgesetzt, daß kein Stahl für die Schienen verwendet wird, der zu spröde ist — und ferner durch Eindrücken der Beine in das Liegende, falls dieses nicht zu fest ist. Dieses Eindrücken kann bei nicht zu weicher Sohle dadurch erleichtert werden, daß die Türstockbeine, ähnlich wie beim Holzausbau, aber mit anderer Wirkung, angespitzt werden (Abb. 90). Sollen stärkere Gebirgsbewegungen ausgeglichen werden, so empfiehlt sich eine Vereinigung des Eisenausbaues mit der Holzzimmerung, indem die für das Nachgeben bestimmten Teile aus Holz, die anderen aus Eisen hergestellt werden. Da in der Regel die Kappe stärker als die Beine des Türstockes sein soll, so führt dieser Grundsatz zum Ausbau mit Türstöcken, bei denen eiserne Kappen auf Beinen von weichem Holz ruhen, welche letzteren dann wieder unten angeschärft werden können. Bei diesem gemischten Ausbau müssen die Türstockbeine

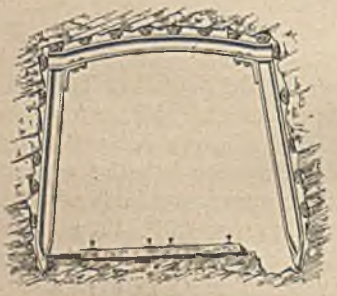


Abb. 90[1]). Eiserner Türstock mit gewölbter Kappe und angespitzten Beinen.

[1]) Glückauf 1911, Nr. 17, S. 656; Stens: Über nachgiebigen Grubenausbau (Abb. 16).

gegen das Eindrücken der schmaleren Kappe in sie geschützt werden. Das geschieht entweder durch Verstärkung des Stempels durch einen darum gelegten Eisenring r (Abb. 91) oder durch Zwischenlegen von Eisenplatten. Diese werden dann zweckmäßig zur Verhütung von seitlichen Verschiebungen an beiden Enden Z-förmig umgebogen. Besonders zweckmäßig sind diese Z-Platten, wenn nach Abb. 92 die Kappe in der Mitte etwas Durchwölbung nach oben („Schmiege") erhält, um ihren Biegungswiderstand zu erhöhen. Der Firstendruck setzt sich dann in Gewölbeschub nach beiden Seiten um, der von den hinteren Schenkeln der Platten aufgenommen wird. In Abb. 93 ist die Vereinigung der beiderseitigen Unterlegeplatten zu einer Zugstange z dargestellt, die den ganzen Seitenschub aufnimmt und die Stempel vollständig von ihm entlastet. Bei dem Kappwinkel nach Abb. 94a ist der hintere Schenkel gebogen und geschlitzt, um den Steg der Kappschiene zu umfassen.

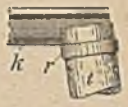


Abb. 91. Schienenkappe auf Holzstempel mit Verstärkungsring.

Neuerdings sucht man durch Quetscheinlagen zwischen Kappe bzw. Stempel und Unterlegeplatten (Abb. 94b) oder durch zweckentsprechende Gestaltung der letzteren (Abb. 95) die Nachgiebigkeit weiter zu steigern; man nimmt dabei insbesondere auf den Seitendruck Rücksicht, da gebrochene Stempel nicht mehr tragen und sehr hinderlich sind. Der Winkel nach Abb. 95a faßt mit Klauen g um den Schienenfuß und wird mittels des Flügelblechs f und zweier Schraubenbolzen mit der Stempelschiene t an dem Quetschholz q_1 vorbei verbunden; er kann auch nach Zusammendrückung von q_1 noch nachgeben, indem der durch die Klemmschraube erzeugte Reibungsdruck überwunden wird. Die Unterlegeplatte nach Abb. 95b hat eine Umbiegung s, die sich gegen einen Vorstecker stützt oder auch (nach Thiemann) gegen die sich durchbiegende Kappe klemmt und sich zusammenschieben kann. Abb. 95c zeigt den zweiteiligen Schuh g von Kohlmeyer, der in seiner Höhlung den Stempel t aufnimmt und mit seinen Klauen den Schienenfuß umfaßt, so daß er nach innen rutschend ausweichen kann.

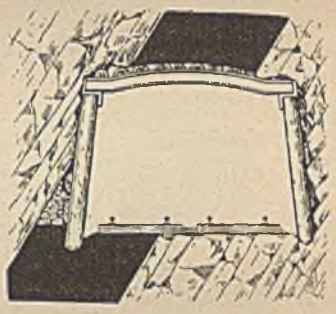


Abb. 92. Türstock aus Holz und Eisen mit Z-Eisen als Zwischenlagen.

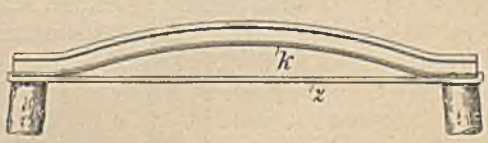


Abb. 93. Eiserne Kappe mit Versteifung durch eine Zugstange.

Benutzt man als Türstockbeine die oben (Ziff. 65) beschriebenen, zusammendrückbaren Stahlstempel, so kann man dieselbe Nachgiebigkeit wie beim entsprechend ausgeführten Holzausbau erzielen. Die Stempel erhalten dann oben passend gestaltete Kopfstücke, um nach Art der polnischen Türstockzimmerung die Kappe in der Hohlkehle aufzunehmen. Erfahrungen in größerem Umfange und für längere Zeiträume liegen mit diesem

Ausbau noch nicht vor. Allerdings hat der einfache Holzstempel wegen seines geringen Preises und der Leichtigkeit, mit der er nachgiebig gemacht und erhalten werden kann, von vornherein einen großen Vorsprung; jedoch ist die Nachgiebigkeit der eisernen Stempel größer, so daß man mit ihnen

Abb. 94 *a*. Abb. 94 *b*.

Kappwinkel aus Schmiedeeisen.

ohne die umständlichen und teuren Auswechslungsarbeiten auskommen kann, wie sie die Instandhaltung des Holz-Streckenausbaues belasten.

Der Verzug bietet bei dem aus Eisen oder aus Eisen mit Holz bestehenden Türstockausbau im allgemeinen keine Besonderheiten gegenüber den

Abb. 95 *a*. Abb. 95 *b*. Abb. 95 *c*.

Kappwinkel für Nachgiebigkeit gegen Seitendruck.

Holztürstöcken. Bemerkenswert ist nur ein Verzug mit beiderseits hakenförmig umgebogenen Flacheisenpfählen nach Abb. 96, der zugleich die als Kappen dienenden T-Träger in richtigem Abstand hält und gegen das Kippen sichert.

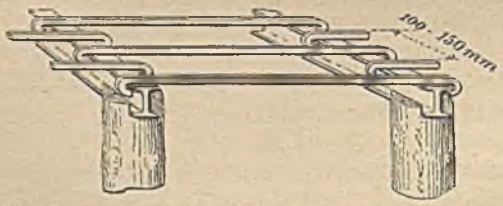


Abb. 96. Verzug mit Flacheisen bei gemischtem Ausbau.

69. — Schalholzausbau in Eisen. Für einen der Schalholzzimmerung entsprechenden Ausbau sind Walzeisen und -stahl an sich wegen ihrer großen Zähigkeit und Biegungsfestigkeit nicht ungeeignet. Jedoch ist bei steilerer Lagerung die Verwendung von Eisen in Strecken oberhalb der Grundstrecke wegen der Beförderungsschwierigkeiten nicht zweckmäßig. Gerade

diese Abbaustrecken in steil gelagerten Flözen aber kommen hauptsächlich für die Schalholzzimmerung in Betracht. Infolgedessen tritt hier das Eisen ganz zurück. Ein Beispiel für den Ausbau einer Grundstrecke liefert Abb. 97. Der Bahnstempel *c* ist wie gewöhnlich nur gegen das Schalholz *s* getrieben; die sonst übliche Verblattung des Firstenstempels *b* ist hier durch die Winkelverbindung *w* ersetzt. Die Wasserseige wird gegen die Berge in der Sohle durch einen Verschlag aus Grubenschienen *h* mit Verzug verwahrt. Nachgiebig kann ein solcher Ausbau in seinen hölzernen Teilen durch die oben beschriebenen Mittel gemacht werden.

Im Abbau kommen im Gegensatz zum Streckenausbau für das Eisen zunächst die Stempel in Frage, die dann hölzerne Kappen zu tragen haben und den oben (Ziff. 65) beschriebenen Formen für nachgiebigen Stempelausbau entsprechen. Auf Zeche Rheinpreußen u. a. hat man unter rasch sich setzendem Hangenden neben den Eisenstempeln auch Holzstempel eingebaut[1]). Die Eisenstempel werden dann immer nur für die vorderste Reihe benutzt, wo ihre Vorteile — leichter Ein- und Ausbau — voll zur Geltung kommen und ihre Nachgiebigkeit noch nicht übermäßig beansprucht wird. Ist der Stoß genügend weit vorgeschritten, so werden sie wieder in dessen nächster Nähe aufgestellt, während an ihre Stelle nachgiebige Holzstempel treten usw.

Abb. 97.
Schalholzausbau aus Eisen und Holz.

Vereinzelt hat man aber auch die Kappen bei der Abbauzimmerung aus Eisen hergestellt, so daß sich dann ein vollständiger Eisenausbau ergibt. Ein solcher Ausbau ist der sog. „wandernde Grubenausbau" von Reinhard[2]) (Abb. 98), bei dem gleichzeitig nach Art der oben (S. 60 u. f.) beschriebenen Vortreibezimmerung das Hangende möglichst frühzeitig abgefangen wird. Die Reinhardschen Stempel bestehen aus einem Stahlrohr, das unten konisch aufgestaucht ist und infolgedessen einen die Nachgiebigkeit bewirkenden angespitzten Holzfuß *b* aufnehmen kann oder eine starke Pufferfeder als Fuß trägt, während auf seinem Kopfende eine kräftige Schraubenmutter *c* ruht. Durch Drehung der Mutter kann das als Schraubenspindel *d* ausgebildete obere Stempelstück auf- und abbewegt werden. Dieses Spindelstück trägt einen entsprechend ausgestalteten Kopf *e*, in den sich die Kappe legt. Diese ist eine mit dem Kopf nach unten liegende Grubenschiene, die durch Antreiben des Keiles *f* fest gegen den Verzug unter dem Hangenden

[1]) Der Bergbau auf der linken Seite des Niederrheins; Schwemann: Der Grubenausbau, S. 175.

[2]) Bergbau 1910, Nr. 24, S. 297 u. f.; Reinhard: Wandernder Grubenausbau. — Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1912, S. 100; Versuche und Verbesserungen.

gedrückt wird, nach Lösung des Keiles aber frei liegt und quer zum Kohlenstoß vorgeschoben werden kann. Ist der Kohlenstoß genügend weit vorgerückt, so wird der hinterste Stempel fortgenommen und nach dem Stoß zu von neuem eingebaut, sodann die Kappe um ein Feld weiter vorgetrieben. In der Nähe des Stoßes genügt wegen des dort geringeren Gebirgsdruckes ein dünnerer Stempel (*w* in Abb. 98), der mittels eines auf dem Kopf der Schiene gleitenden Schlittenstückes *h* an dieser verschiebbar befestigt ist.

Wegen des verhältnismäßig hohen Preises der Stempel und der Beunruhigung des Hangenden durch das häufige Lösen und Vortreiben der Schienen sowie wegen der Behinderung des Vortreibens durch Verbiegen der Schienen hat der Ausbau keine größere Verbreitung gefunden.

70. — **Ausbau mit Gestellen.** Der Ausbau mit Streckengestellen oder Ringen ist eine Besonderheit des Eisenausbaues. Die Gestelle werden des bequemeren Einbaues halber aus einzelnen Teilstücken mittels Laschen-

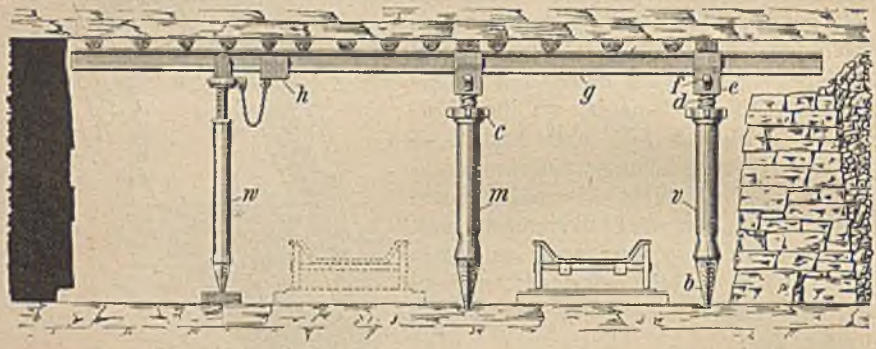


Abb. 98. Wandernder eiserner Ausbau nach Reinhard.

verbindungen zusammengesetzt. Auch hier können verschiedene Profile benutzt werden. Jedoch überwiegen I- und U-Eisen; für kleinere Querschnitte finden auch Grubenschienen Verwendung. Der Form nach kommen für ringsum geschlossene Gestelle kreisrunde und elliptische Bögen, für halbe oder offene Gestelle meist Korbbögen in Betracht.

Die geschlossenen, kreis- oder ellipsenförmigen Gestelle (Abb. 99—101) können naturgemäß am besten Druck aushalten; am widerstandsfähigsten sind die Kreisringgestelle. Im übrigen eignen diese sich besser für zweigleisige, die Ellipsengestelle für eingleisige Strecken mit Rücksicht auf die Anpassung an den Streckenquerschnitt. Die Schienenstege werden nach Abb. 99 seitlich mit entsprechender Abschrägung in die Bögen hineingelegt und in der Mitte von einem Mauerklotz getragen, während die an beiden Seiten verbleibenden Zwischenräume mit feinkörnigen Bergen ausgefüllt werden.

Nachteilig ist bei den reinen Kreis- und Ellipsenbögen, daß sie ein tiefes Ausheben der Sohle verlangen, also mehr Gesteinsarbeit erfordern. Dieser Nachteil wird vermieden bei dem in Abb. 100 dargestellten starken Ausbau aus drei flachen Schienenbögen. Ganz ohne Nacharbeiten der Sohle kann der in Abb. 101 veranschaulichte Ausbau eingebaut werden, bei dem in der

Sohle eine gerade Grundschwelle g desselben Profils eingebracht und durch Verlaschung w_1 w_2 mit den Bögen s_1 s_2 verbunden wird. Auf diesen Grundschwellen werden dann die Gestängeschienen durch Klammern befestigt.

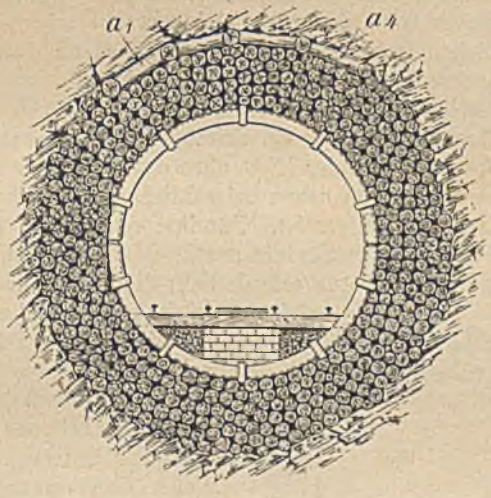


Abb. 99[1]. Geschlossener Ringausbau in U-Eisen auf Zeche Neumühl.

Da für Gestellbögen keine Bühnlöcher hergestellt werden können, so gilt für sie ganz besonders die Regel, daß sie sorgfältig miteinander verbunden werden müssen. Bei Anwendung von Bolzen können diese hier leicht an-

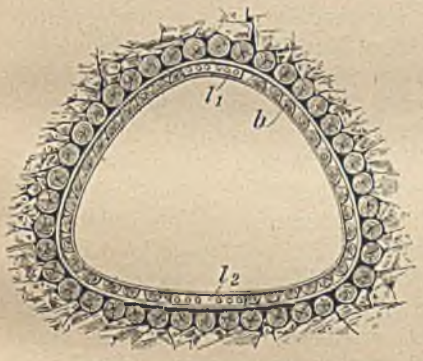


Abb. 100[2]. Ausbau mit 3 flachen Bögen. l_1 l_2 = Laschen, b = Bolzen.

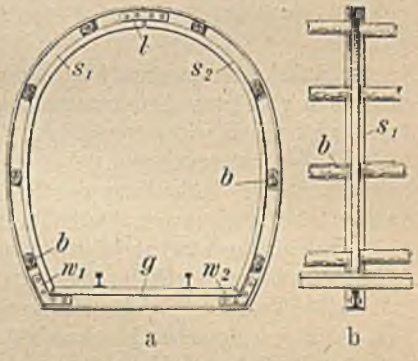


Abb. 101. Elliptisches Streckengestell aus Eisenbahnschienen mit söhligem Boden.

gebracht werden, weil sie sich gut in das Profil einfügen lassen (Abb. 100 u. 101). Ein anderes Verfahren ist dasjenige der Verankerung mit beiderseits hakenförmig gebogenen Flacheisen, ähnlich der in Abb. 96 dargestellten Verbindung.

[1]) Glückauf 1902, Nr. 36, S. 879; Jakob: Streckenausbau in sehr druckhaftem Gebirge.

[2]) Sammelwerk Bd. II, S. 365.

Die geschlossenen Gestelle sind in sich vollständig starr. Dieser Ausbau kann also nur dadurch nachgiebig gemacht werden, daß die Bögen mit einem mehr oder weniger dicken Polster aus Altholz umgeben werden, wie die Abbildungen 99 u. 100 erkennen lassen. Auch können hinter der Rundholzpackung noch Faschinen („Schanzen") eingebracht werden. Nachteilig ist allerdings bei solchen Holzpackungen die Neigung zum Faulen, namentlich in ausziehenden Strecken.

Die offenen Streckengestelle bestehen in der Regel (Abb. 102) aus flachen Bögen mit schrägen, bei geringerem Seitendruck auch senkrechten Beinen. Sie werden meist aus zwei in der Mitte oben durch Verlaschung verbundenen Teilen zusammengesetzt, von denen bei seitlicher Lage der Wasserseige der auf ihrer Seite stehende länger ist. Für ihre Aufstellung und gegenseitige Verbolzung gilt dasselbe wie für die geschlossenen Gestelle. In der Sohle sind keine besonderen Arbeiten erforderlich; die Schienenverlagerung kann in der gewöhnlichen Weise erfolgen.

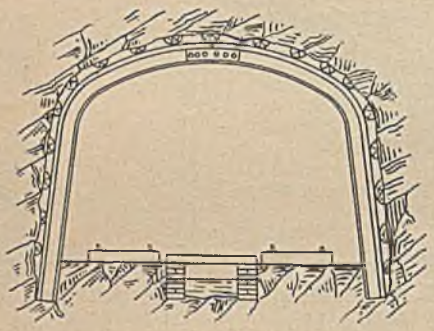


Abb. 102. Offenes Streckengestell (Korbbogen) aus Eisenbahnschienen.

Wegen ihres geringen Eisenquerschnittes drücken solche Gestelle sich leicht in die Sohle ein. Man muß daher bei unzuverlässiger Sohle „Schuhe" unterlegen. Ist jedoch die Sohle einigermaßen tragfähig, so gewährt das allmähliche Eindrücken der Gestellbeine in diese unter der Einwirkung des Gebirgsdruckes den Vorteil einer gewissen Nachgiebigkeit, die hier sonst, wie bei den geschlossenen Gestellen, nur durch Einbringung einer Holzpolsterung hinter den Bögen zu erreichen sein würde.

Im Ruhrkohlenbergbau hat man mit den eisernen Streckengestellen keine sonderlich günstigen Erfahrungen gemacht. Die leichteren Profile erwiesen sich als zu wenig widerstandsfähig, die kräftigen dagegen als zu unhandlich beim Einbau, zu teuer und dabei doch noch zu schwach für starken Druck. Nur die für die Abhaltung des höchsten Druckes bestimmten kreis- oder nahezu kreisförmigen Gestelle haben sich einigermaßen bewährt. Jedoch soll man auch solche starken Gestelle noch durch Holzpolsterung, wie in den Abbildungen dargestellt, gegen die stärksten Gebirgsbewegungen schützen.

71. — Vollständig geschlossener (rohrartiger) Ausbau in Eisen. Ein völlig geschlossener Eisenausbau hat verschiedentlich zur Abwehr eines außergewöhnlichen Gebirgsdruckes, der die Aufwendung großer Anschaffungs- und Einbaukosten rechtfertigte, Verwendung gefunden. Die eine Form eines solchen Ausbaues ist der auf der Grube Nordstern[1]) im Aachener Bezirk angewandte Ausbau aus schweren U-Ringen von 55 mm Steghöhe, 320 mm Flanschbreite und 7 mm Dicke, die dicht nebeneinander eingebaut und teils durch Schrauben, teils durch einfache Bolzen miteinander verbunden wurden. Der Ausbau kostete etwa 180 ℳ für das laufende Meter.

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1905, S. 79; Versuche und Verbesserungen.

Die Erfahrungen mit diesem Ausbau in späteren Jahren haben gezeigt, daß er gegenüber sehr hohem Gebirgsdruck trotz seiner außerordentlichen Widerstandsfähigkeit ebenfalls versagt. Die Betriebsleitung ist daher für sehr druckhafte Stellen zum nachgiebigen Ausbau übergegangen, indem sie entweder den geschilderten Ausbau mit einer starken Altholzpackung umhüllt oder Mauerung mit Holzeinlagen verwendet.

Eine andere Möglichkeit besteht im Einbau von Gußringen (Tübbings)[1]), wie sie beim wasserdichten Schachtausbau (s. u.) Verwendung finden. Diese werden von der Sohle zur Firste hin fortschreitend eingebaut und durch Schrauben miteinander verbunden. Im übrigen kommt es für die Ausführung darauf an, ob gleichzeitig wasserdichter Ausbau erstrebt wird oder nicht. Im ersteren Falle müssen wie beim Schachtausbau die Fugen durch Einlegen von Bleistreifen gedichtet und außerdem in passenden Abständen Keilkränze zur Verhütung des Wasseraustritts in der Längsrichtung der Strecke eingebaut werden, was im letzteren Falle nicht erforderlich ist.

Die Kosten eines solchen Ausbaues sind naturgemäß sehr hoch; sie beliefen sich z. B. für eine durch eine große Störungszone im Aachener Bezirk getriebene Strecke auf 920 ℳ für das laufende Meter bei einer lichten Weite von 2,3 m.

c) Ausbau in Stein.

72. — Bedeutung des Ausbaues in Stein. Der Ausbau in Stein schließt das Gebirge vollständig ab, ist also seiner Natur nach ein geschlossener Ausbau. Eine Ausnahme machen nur Stempel- und Türstöcke aus Eisenbeton, die man verschiedentlich erprobt hat[2]), die aber wegen ihrer schwierigen Handhabung und ihrer Starrheit keine weitere Verbreitung gefunden haben.

Der Ausbau in Stein wird dort angewendet, wo besonders starker Druck fernzuhalten ist oder große Räume auszubauen sind. Er findet aber auch, wie bereits früher gesagt wurde, unter Verhältnissen Anwendung, die mit Druck nichts zu tun haben, z. B. wenn es sich um luftdichten Abschluß von Kohlenstößen zur Verhütung der Brandgefahr, von Schieferschichten zur Verhütung des Quellens durch Wasseraufnahme, um die Schaffung möglichst glatter Wandungen zur Verringerung der Reibung (in Rollöchern) oder der Bewetterungswiderstände oder endlich um wasserdichten Ausbau für geringeren Wasserdruck handelt.

Der älteste und wichtigste Steinausbau ist die Mauerung in Ziegel- oder Bruchsteinen. Der dabei verwendete Mörtel wird, je nachdem er nur an der Luft oder im Wasser hart wird, als „Luftmörtel" oder „Wassermörtel" („hydraulischer Mörtel") bezeichnet. In neuerer Zeit sind hinzugekommen der Ausbau in (einfachem) Beton und in Eisenbeton. Außerdem sind hier noch verschiedene gemischte Ausbauverfahren zu besprechen.

Während früher der geschlossene Ausbau als vollständig starr galt, hat der Bergbau unserer Tage Mittel gefunden, auch ihn nachgiebig auszugestalten, wie unten im einzelnen besprochen werden soll.

[1]) Glückauf 1900, Nr. 28, S. 577; Stegemann: Die Durchörterung der Sandgewand usw.

[2]) Glückauf 1914, Nr. 36, S. 1360 u. f.; Otten: Stempel und Kappen aus Beton beim Streckenbau.

1. Mauerung.

α) Allgemeines über Baustoffe und Ausführung der Mauerung.

73. — **Steine.** In Betracht kommen natürliche oder Bruchsteine und künstliche Steine, welche letzteren wieder Ziegel- (Back-) oder Zementsteine sein können. Bruchsteinmauerwerk stellt sich teuer, da die Steine durch Behauen zugerichtet werden müssen. Jedoch kommt man für manche Zwecke mit nur teilweise behauenen Steinen aus, indem nur die in den Fugen zusammenstoßenden Flächen geglättet, die Vorder- und Hinterflächen dagegen rauh gelassen werden. Auch erfordern Steine, die in genügend dünnplattigen Schichten vorkommen und daher schon mindestens zwei glatte Flächen haben, weniger Zurichtungsarbeit. Der Basalt, der z. B. im Siegerlande vielfach zur Ausmauerung von Stürzrollen verwendet wird, macht das Behauen durch seine natürliche, säulenförmige Absonderung entbehrlich.

Im ganzen finden für regelrechte Mörtelmauerung unter Tage Bruchsteine selten Verwendung. Dagegen spielen sie eine sehr große Rolle für die Herstellung von Bergemauern mit „trockener" Mauerung, d. h. ohne Mörtel. Eine Bearbeitung der Steine fällt bei dieser trockenen Mauerung fort. Sie drückt sich nach und nach stark zusammen und wird deshalb als nachgiebige Mauerung besonders in druckhaftem Gebirge angewandt. In mächtigen Flözen, wo sie breiter hergestellt werden muß, gibt man ihr zweckmäßig eine Versteifung durch quer gelegte Hölzer, die gleichzeitig die Nachgiebigkeit noch erhöhen.

Die weitaus wichtigsten Kunststeine sind die Ziegel- oder Backsteine, die ihre Festigkeit durch mehr oder minder scharfes Brennen erhalten. Die zahlreichen Erdarten, die für die Herstellung solcher Steine verwendet werden, sind sehr verschieden zu bewerten. Von einem guten Stein muß bei genügend festem Zusammenhalt und großer Druckfestigkeit auch eine rauhe Oberfläche gefordert werden. Die ersteren beiden Eigenschaften sollen eine genügende Widerstandsfähigkeit gegen die rauhe Behandlung bei der Fortschaffung und gegen den Gebirgsdruck gewährleisten, die rauhe Oberfläche die innige Verbindung zwischen Stein und Mörtel ermöglichen. Am besten vereinigt diese Vorzüge in sich der Ton, eine wasserhaltige Verbindung von Tonerde und Kieselsäure, die ein sehr scharfes Brennen verträgt und dadurch eine hohe Festigkeit erlangen kann, ohne an der Oberfläche zu schmelzen (zu „sintern"), also glasartig zu werden. Die scharf gebrannten Tonsteine heißen „Klinker"; sie werden, da sie teurer sind, nur für besonders sorgfältig auszuführendes Mauerwerk verwendet. Für gewöhnlich kommt der Bergmann mit den billigeren, durch Beimengungen verschiedener Art verunreinigten Tonsorten aus, von denen die wichtigsten der Lehm und der Schieferton sind. Diese beiden Stoffe enthalten besonders Eisenverbindungen als Verunreinigungen, wie ihre Rot- oder Braunfärbung durch das Brennen beweist. Da der Eisengehalt die Schmelztemperatur herabdrückt, können solche Steine kein zu scharfes Brennen ertragen und daher nicht die Festigkeit von Klinkern erlangen, doch genügt ihre Festigkeit für die meisten Arbeiten vollständig. Zu verwerfen sind nur Lehmsorten mit größerem Kalkgehalt. Der Kalk wird nämlich durch das Brennen

in Ätzkalk (CaO) umgewandelt, der sich nachher durch Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft aufbläht und so den Stein zersprengt.

Die Form des gewöhnlichen Ziegelsteins, des sog. „Normalsteins", ist so gewählt, daß in möglichst einfacher Weise ein regelmäßiges Mauerwerk aus solchen Steinen hergestellt werden kann. Für diesen Zweck eignen sich am besten Steine, deren Abmessungen sich wie 1 : 2 : 4 verhalten. Der deutsche Normalstein hat die Kantenlängen 6,5 × 12 × 25 cm. Die Stärke des Mauerwerks wird nach der Zahl der Steine (in ihrer Längsrichtung gemessen) angegeben. Unter Berücksichtigung der Mörtelfugen, von denen die wagerechten mit 12 mm, die senkrechten mit 10 mm gerechnet zu werden pflegen, ergeben sich hiernach folgende Zahlen:

Dicke des Mauerwerks . . .	12	25	38	51	64	77 cm
bei einer Stärke von . . .	½	1	1½	2	2½	3 Steinen.

Auf 1 m Höhe rechnet man 13 Steinlagen, auf 1 cbm Mauerwerk 400 Steine und 0,3 cbm Mörtel. Die Steine haben ein Gewicht von 3,3 kg; 1 cbm Mauerwerk wiegt frisch 1615, trocken 1420 kg. Die Druckfestigkeit eines Steines beträgt für gewöhnlich 80—100, bei den besten Klinkern bis 200 kg/qcm. Da guter Mörtel mit der Zeit die Festigkeit der Steine erlangt, so kann man für bestes Mauerwerk als Ganzes Druckfestigkeiten von 150—200 kg rechnen.

Die zulässigen Druckbeanspruchungen für Mauerwerk in verschiedener Ausführung sind folgende[1]):

einfaches Ziegelmauerwerk in Kalkmörtel	7 kg/qcm
desgl. in Zementmörtel	12 „
bestes Klinkermauerwerk in reinem Zementmörtel . . .	14—20 „

74. — **Luftmörtel.** Beim Luftmörtel ist der Hauptbestandteil der gebrannte und sodann mit Wasser abgelöschte Kalk, nach dessen größerem oder geringerem Anteilverhältnis im Mörtel man diesen als „fett" oder „mager" bezeichnet. Dem Kalk wird Sand zugesetzt, nicht nur der Ersparnis halber, sondern auch zur Schaffung eines festen Gerüstes im Stein, zur Verringerung des „Schwindens" des Mörtels an der Luft und zur Vermehrung der Angriffsfläche für die Kohlensäure der Luft. Das Hartwerden des Mörtels beruht nämlich darauf, daß der gelöschte Kalk ($Ca[OH]_2$), der durch die Verbindung des gebrannten Kalkes (CaO) mit dem Wasser entstanden ist, aus der Luft ganz allmählich wieder Kohlensäure aufnimmt, dabei das Wasser abgibt und so wieder zu kohlensaurem Kalk, wie er als Ausgangstoff benutzt wurde, wird. In der Regel wird ein Mischungsverhältnis von 1 Teil Kalk und 2 Teilen Sand gewählt.

Da die Grubenmauerung in den meisten Fällen mit der Gebirgsfeuchtigkeit zu rechnen hat, so findet für sie der reine Luftmörtel nur untergeordnet Verwendung. Wenn man auch wegen des höheren Preises des hydraulischen Mörtels meist von reinem derartigen Mörtel absieht, so wird doch ein gewisser Prozentsatz von ihm zugesetzt.

75. — **Wassermörtel.** Die Wassermörtel zeichnen sich dadurch aus, daß sie Kalk, Kieselsäure und Tonerde enthalten, die durch Wasseraufnahme

[1]) Roch: Baukunde für Berg- und Hüttenleute (Freiberg, Craz & Gerlach) 1901, S. 12.

in wechselseitige Verbindungen (Kalk-Tonerde-Hydrosilikate) eintreten, die nach Vollendung der Umsetzung, d. h. nach der Erhärtung, sehr hohe Festigkeiten erlangen[1]). Bei den kalkreicheren Wassermörteln tritt außerdem noch der für den Luftmörtel kennzeichnende Erhärtungsvorgang durch die Aufnahme von Kohlensäure hinzu.

Man unterscheidet folgende Unterarten[2]):

a) Traßmörtel. Dieser wird durch Einrühren des natürlich vorkommenden „Traß" in gepulverter Form in Kalkteig hergestellt. Der Traß ist ein aus zerstäubtem Trachyt entstandener Tuff, der in Deutschland in großen Mengen und guter Beschaffenheit im Rheintal (bei Brohl, Andernach, Neuwied usw.) vorkommt und Kalk und Kieselsäure enthält, und zwar letztere in „aufgeschlossenem" Zustande, so daß er nicht erst gebrannt zu werden braucht. Sehr fest wird eine Mischung aus 1 Teil Traß, 1 Teil Kalkteig und 1 Teil Sand, doch kann man auch mit Mischungen von 1 Teil Traß, 1 Teil Kalk und 2 Teilen Sand bereits gute Festigkeiten (150—180 kg/qcm) erzielen. Ein Zusatz von Traß zum Portlandzement erhöht dessen Festigkeit beträchtlich. Wichtig ist die Widerstandsfähigkeit des Traßmörtels gegen Säuren und salzige Wasser im Gegensatz zum Portlandzement.

b) Wasserkalk und Romanzement. Er besteht aus etwa 70% $Ca\,CO_3$, 20% $Si\,O_2$ und 10% $Mg\,CO_3$, $Fe\,O$ und Al_2O_3. Durch Brennen wird die Kohlensäure ausgetrieben und die Kieselsäure aufgeschlossen, durch Mahlung das Abbinden und Erhärten mit Wasser begünstigt. Seine Festigkeit erreicht aber nur etwa $^1/_{10}$ der Festigkeit des Traßmörtels.

c) Portlandzement[3]). Dieser Zement wird aus künstlichen Mischungen von kalk- und kieselsäurehaltigen Gesteinen, insbesondere Mergeln, hergestellt. Diese werden bis nahe zur Sinterung gebrannt, die so entstandenen „Zementklinker" werden möglichst fein gemahlen. Die Mahlung soll nicht nur die chemische Umsetzung mit Wasser begünstigen, sondern auch den Zementverbrauch durch möglichst feine und gleichmäßige Verteilung herabsetzen. Sie soll mindestens bis zu einer einem Siebe von 900 Maschen je Quadratzentimeter entsprechenden Feinheit durchgeführt werden. 1 l Zement wiegt rd. 1,4 kg.

Wie die chemische Zusammensetzung des Portlandzementes (s. die unten folgende Zahlentafel) ergibt, gehört er zu den kalkreichen Zementen. Die Bildung eines wasserhaltigen Kalktonerdesilikates bei der Erhärtung ist mit Erwärmung verknüpft. Der dazu nötige Wasserzusatz darf nicht übertrieben werden, weil der Zement sonst nicht mehr abbindet („ersäuft").

d) Hochofenzement. Dieser Zement verdankt, wie der gleich zu besprechende Eisenportlandzement, seine Erfindung dem Bestreben der Hochofenwerke, für die gewaltigen Mengen von Hochofenschlacke eine nutzbringende Verwendung zu finden, für die durch die zementartige Zusammensetzung der Schlacke der Weg gewiesen war. Die Schlacke wird granuliert

[1]) Vgl. Stahl und Eisen 1918, Nr. 42, S. 953 u. f.; Neumann: Das System Kalk-Tonerde-Kieselsäure und seine Beziehungen zur Hochofenschlacke und zum Portlandzement.

[2]) Vgl. Glückauf 1915, Nr. 52, S. 1251 u. f.; A. Hoffmann: Die Verwendung der verschiedenen Zementarten im Kalibergbau.

[3]) Vgl. auch den Zementkalender (Charlottenburg, Zementverlag G. m. b. H.).

und fein gemahlen; der erforderliche Ätzkalk wird, da reiner Ätzkalk zu rasch durch Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft verdirbt, in Gestalt von Portlandzement (15—30%) zugesetzt. Bezeichnend für den Hochofenzement ist sein höherer Gehalt an Kieselsäure im Vergleich zum Kalkgehalt. Aus diesem Grunde ist er wetterbeständiger und erhärtet in Salzlösungen schneller als Portlandzement, neigt auch bei stärkerem Gehalt an *MgO* nicht so zum Treiben wie dieser.

c) Eisenportlandzement. Er ist eine Mischung aus 70% Portlandzement und 30% granulierter und gemahlener Hochofenschlacke.

Besonders gut hat sich der durch feine Mahlung gekennzeichnete „Thuringia"-Zement bewährt, hergestellt von der Zementfabrik Thuringia zu Unterwellenborn in Thüringen. Er zeichnet sich durch sein gutes Abbinden im Salzwasser aus und erträgt auch den Zusatz von Alkalien zum Beton gut, wie er beim Betonieren unter Frostwirkung (in Gefrierschächten) notwendig wird.

Über die chemische Zusammensetzung der drei letztgenannten Zementarten gibt die nachstehende Zahlentafel Aufschluß:

	Portlandzement %	Hochofenzement %	Eisenportlandzement %
CaO	58—65	50—55	54—60
SiO_2	20—26	30—35	20—25
$FeO+Fe_2O_3$	7—14	9—14	9—15
MgO	1— 3	0,5— 5	0,5— 4
Rest	1— 5	1— 3	1— 8

Die erzielbaren Druckfestigkeiten in kg/qcm ergeben sich für Portland- und Eisenportlandzement aus folgender Zusammenstellung[1]), bei der die Mischungsverhältnisse 1 : 2 und 1:5 (nach Raumteilen) zugrunde gelegt sind:

	1. Mischung: 1 Teil Zement + 2 Teile Rohsand				2. Mischung: 1 Teil Zement + 5 Teile Rohsand			
	Erhärtungsdauer				Erhärtungsdauer			
	7 Tage		28 Tage		7 Tage		28 Tage	
	an der Luft	im Wasser	an der Luft	im Wasser	an der Luft	im Wasser	an der Luft	im Wasser
Portlandzement . .	262	258	384	345	84	74	156	102
Eisenportlandzement	395	381	533	561	90	68	158	118

Die Wassermörtel erfordern mit Ausnahme des Traßmörtels eine „Aufschließung" der Kieselsäure durch Brennen. Nach der verschieden starken Wärme, die dabei aufgewendet wird, unterscheidet man „Leichtbrand" (Wasserkalk und Romanzement) und „Scharfbrand" (Portland-, Hochofen- und Eisenportlandzement). Die so erhaltenen „Zementklinker" werden

[1]) Stahl und Eisen 1915, Nr. 44, S. 144; Dr. Guttmann: Unbeschränkte Zulassung von Eisenportlandzement zu öffentlichen Bauten.

fein gemahlen. Bei den letztgenannten Zementarten ist noch eine Mischung der Rohstoffe vor dem Brennen erforderlich.

Traßmörtel und Wasserkalk bedürfen eines Zeitraumes von 4—6 Monaten zum Hartwerden. Das Festwerden des Zements geschieht in zwei Vorgängen. Zunächst nämlich tritt das „Abbinden", d. h. der Übergang aus dem breiigen in den festen Zustand ein; sodann erfolgt das „Erhärten", d. h. die endgültige Verfestigung. Je nach der Zeitdauer, die der Vorgang des Abbindens erfordert, unterscheidet man „Schnellbinder" (Beginn des Abbindens nach 15—20 Minuten) und „Langsambinder" (Beginn des Abbindens nach etwa 1 Stunde). Die endgültige Verfestigung dauert einige Tage, Wochen oder auch Monate.

Ob Schnell- oder Langsambinder verwandt werden, hängt in erster Linie vom Feuchtigkeitsgrade des Gebirges ab. Je nasser dieses ist, um so schneller abbindenden Mörtel wird man in der Regel benutzen, da sonst die Gefahr besteht, daß er durch das Wasser ausgewaschen wird, ehe er abgebunden hat.

76. — Mörtelmischungen. Als verbilligender Zusatz zum hydraulischen Mörtel kommt in erster Linie Sand (am besten scharfkörniger) zur Anwendung; für geringere Beanspruchungen genügt Ziegelmehl oder Asche. Stets ist auf die Fernhaltung schlammiger Stoffe zu achten, sei es nun, daß diese in den Beimischungen zum Mörtel vorhanden waren oder daß sie von den Gebirgswassern zugeführt werden. Denn während Sand u. dgl. ein durch den hydraulischen Mörtel verkittetes, festes Gerippe bildet, wird durch Schlamm-Beimengungen der Mörtel gewissermaßen „verdünnt" und so seine Bindekraft mehr oder weniger beeinträchtigt. Daher muß schlammhaltiger Sand zunächst durch Schlämmen gereinigt und bei wichtigeren Arbeiten auch die Vorsicht gebraucht werden, etwa an den Steinen anhaftende Schlammteile vor dem Legen abzuspülen.

Die wichtigsten Zahlen über die verschiedenen Zementmörtel gibt für Portlandzement die folgende Übersicht:

Anteile in hl			Mörtelausbeute	1 cbm Mörtel erfordert		
Zement	Sand	Wasser	hl	Zement kg	Sand l	Wasser l
1	1	0,53	1,50	933	667	353
1	2	0,75	2,25	622	888	333
1	3	0,98	3,00	467	1000	327
1	4	1,25	3,80	368	1053	329

Die magereren Mischungen 1:5, 1:6 usw. genügen ihrer Festigkeit nach für viele Zwecke vollkommen, haften aber dann zu wenig am Stein. Durch Zusatz von Kalk oder Wasserkalk kann die Druckfestigkeit und Haftfähigkeit dieser mageren Zementmörtel sowie auch ihre Elastizität wesentlich gesteigert und so ein billiger und brauchbarer Mörtel erzielt werden.

Ihrem Verwendungszweck nach sind einige der im Ruhrkohlenbergbau gebräuchlichsten Mischungen in der nachstehenden Übersicht zusammengestellt.

Verschiedene Mörtelmischungen für Grubenmauerung nach Raumteilen.

	Kalk	Wasserkalk	Traß	Zement	Sand	
					Flußsand	Schlackensand
	Teile	Teile	Teile	Teile	Teile	Teile
I. Gewöhnliches Mauerwerk (Scheibenmauern)	1	1	1	—	4	—
Desgl.	—	1	—	—	1	2
Desgl. für trockene Räume .	1	—	—	—	2	3
II. Höher beanspruchtes Mauerwerk (Gewölbe, Fundamente u. dgl.) sehr fest . .	—	1	1	1	3	—
Desgl. mäßig fest	1	—	—	1	2	3

In den meisten Fällen kommt man mit den Mischungen unter I. aus.

Je mehr Wert auf die Abhaltung von Wasserzuflüssen gelegt wird, um so höher muß der Zementanteil gesteigert werden. Doch läßt sich völlige Wasserdichtigkeit überhaupt nur bei mäßigen Wasserdrücken erzielen.

Bei Arbeiten im Salzgebirge muß der Zementmörtel mit Lauge statt mit Wasser angerührt werden, weil das Wasser sonst das Salz anfrißt und so Undichtigkeiten schafft.

77. — **Magnesiazement.** Beim Magnesia- oder Sorelschen Zement handelt es sich lediglich um die Verbindung MgO, die durch Brennen von Dolomit ($MgCO_3 + CaCO_3$) oder Magnesit ($MgCO_3$, verunreinigt durch SiO_2) gewonnen und mit Chlormagnesiumlauge von etwa 30° Bé. verrührt wird, wobei Magnesiumoxychlorid entsteht. Der Erhärtungsvorgang beruht also auf anderen chemischen Umsetzungen als beim gewöhnlichen Zement.

Beim Brennen des Dolomits darf die Erhitzung nur so weit getrieben werden, daß nur das Magnesium-, nicht auch das Kalziumkarbonat zersetzt wird.

Dieser Zement hat für das Salzgebirge große Bedeutung erlangt, da der gewöhnliche Zement gegen Lösungen von $NaCl$, KCl, $MgSO_4$, $MgCl_2$ u. dgl. empfindlich ist[1]). Er wird hier außer zu gewöhnlichen Mauerungen auch zu Betonierungsarbeiten und zur Ausfüllung von Spalten im Gebirge (Zementierungsverfahren, s. unten, S. 274 u. f.) benutzt. Durch Sandzusatz gewinnt er bedeutend an Festigkeit, doch darf dieser Zusatz hier nicht so weit wie beim gewöhnlichen Zement getrieben werden, und man soll in der Regel nicht unter das Verhältnis 1:3 heruntergehen.

78. — **Ausführung der Mauerung im allgemeinen.** Beim Mauern ist darauf zu achten, daß jeder Stein auf allen Seiten von Mörtel eingehüllt ist und daß bei nicht genügend feuchtem Gebirge die Steine durch vorheriges Eintauchen in Wasser gesättigt werden und infolgedessen dem Mörtel nicht mehr infolge ihrer porösen Beschaffenheit Wasser entziehen können. Ferner müssen die Steine in einem gewissen Verband zusammengefügt werden, der die verschiedenen Fugen möglichst gleichmäßig verteilen soll, damit keine durchlaufenden Linien geringeren Widerstandes entstehen und alle Teile des Mauerwerkes gleichmäßig beansprucht werden.

[1]) Kali 1916, Heft 22, S. 337; Dr. Guttmann: Die Verwendbarkeit der hydraulischen Bindemittel im Kalibergbau.

Man unterscheidet dabei die in der Richtung der Mauerwand und die quer zu dieser Richtung gelegten Steine und bezeichnet die ersteren als „Läufer", die letzteren als „Binder". So stellt Abb. 103*a* eine nur aus Läufern („Schornsteinverband"), Abb. 103*b* eine nur aus Bindern aufgemauerte Wand dar. Der Binderverband wird gewöhnlich beim Ausmauern von Schächten angewendet, da sich durch ihn eine gute Rundung erzielen läßt. Für ebene Mauern (Scheibenmauern) kommt er nur dann in Betracht, wenn, wie z. B.

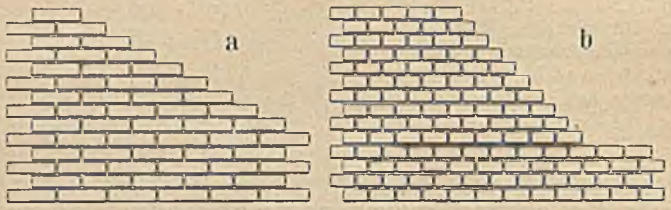


Abb. 103. Einfache Mauerverbände.
a Läuferverband, *b* Binderverband.

bei Wetterscheidern, geringe Festigkeit genügt. Dagegen erzielt man sehr innige und feste Verbände durch den Wechsel von Läufern in der einen Schicht und Bindern in der anderen. Als wichtigste Ausführungen seien hier angeführt der „Blockverband" (Abb. 104*a*) und der „Kreuzverband" (Abb. 104*b*). Die Abbildungen lassen erkennen, wie bei beiden die senkrecht übereinander liegenden Steine kreuzartige Figuren bilden, und zwar haben, wie die punktierten Stellen deutlich machen, beim Blockverband je zwei

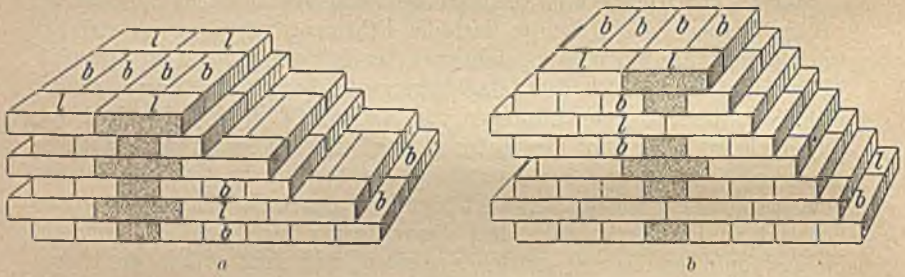


Abb. 104. Zusammengesetzte Mauerverbände.
a Blockverband, *b* Kreuzverband.

dieser Kreuze einen Balken gemeinsam, während sie beim Kreuzverband durch eine Läuferreihe voneinander getrennt sind. Der Unterschied beruht darauf, daß beim Kreuzverband in jede zweite Läuferreihe vorn ein halber Stein eingelegt ist. Die verschiedene Art der Abtreppung am freien Ende (beim Kreuzverband regelmäßig, beim Blockverband unregelmäßig) ist ebenfalls aus den Abbildungen zu entnehmen. Weiterhin lassen die linken Hälften der Abbildungen den Verlauf der gebrochenen Linie („Verzahnung") erkennen, nach der das neu anzuschließende Mauerwerk in das bereits fertiggestellte eingreift; diese Linie ist beim Blockverband einfacher als beim Kreuzverband.

Nach der Tiefe hin liegen bei Mauerwerk von 1 Stein Stärke auf jeder Binderschicht 2 Läuferschichten. Bei Mauerwerk von 2, 3, 4 usw. Steinen Stärke liegt gemäß Abb. 104*a* in den Binderschichten diese Steinzahl hintereinander, wogegen in den Läuferschichten die Läufer sich auf die beiden Außenlagen beschränken. Bei 1½, 2½, 3½ usw, Steinen Stärke wechseln (Abb. 104*b*) die Läufer- und Binderschichten in den einzelnen Lagen vorn und hinten ab.

Bei der trockenen Bergemauerung mit ihren unregelmäßig geformten Steinen lassen sich solche Verbände nur ganz unvollkommen herstellen. Immerhin sollten sie aber auch hier nicht ganz außer acht gelassen werden. Am besten kann mit den regelmäßiger gestalteten Schiefer- oder Sandschieferstücken im Verband gemauert werden.

Ferner ist beim Mauern darauf zu achten, daß Hohlräume hinter dem Mauerwerk vermieden oder sorgfältig ausgemauert werden, weil sonst der

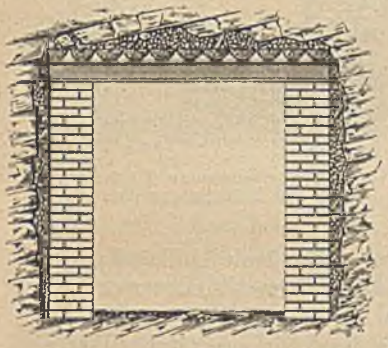


Abb. 105. Geradstirnige Scheibenmauern mit I-Trägern als Kappen.

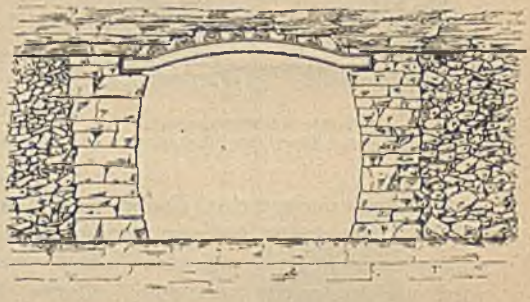


Abb. 106. Krummstirnige Scheibenmauern mit gewölbten I-Trägern (auf Winkelplatten) als Kappen.

Gebirgsdruck nicht gleichmäßig vom Mauerwerk getragen wird. Aus demselben Grunde vermeidet man auch, wenn das Gebirge nicht von vornherein druckhaft ist, die Ausfüllung von Hohlräumen hinter dem Mauerwerk durch altes Holz, da dieses mit der Zeit fault und so nicht mehr ausfüllend wirkt. Handelt es sich jedoch um druckhaftes Gebirge, so ist Derartiges nicht zu befürchten; vielmehr kann dann eine mehr oder weniger starke Holzzwischenlage zwischen Mauerung und Gebirge als nachgiebiges Polster das Mauerwerk entlasten (s. u.). Auch kann durch sachgemäße Tränkung der Füll- und Quetschhölzer das vorzeitige Faulen verhütet werden.

β) Ausführung der Mauerung im einzelnen.

79. — **Formen der Mauerung.** Der Gestaltung nach unterscheidet man Scheibenmauern und Gewölbe. Die ersteren sollen in erster Linie den in ihrer Ebene wirkenden Druck aufnehmen. Sind sie nur für diesen Zweck berechnet, so werden sie als einfache seigere Mauern gebaut und heißen dann „geradstirnige" Scheibenmauern (Abb. 105), wogegen eine krummstirnige" Scheibenmauer (Abb. 106) ein allmähliches Nachgeben durch Herein-

schieben des Mittelteils ermöglichen soll, ohne den Streckenquerschnitt zu sehr zu verengen. Größere Festigkeit von Scheibenmauern gegen Firstendruck und einen gewissen Seitendruck erzielt man durch Verstärkung der Mauerfüße („Elefantenfüße") nach Abb. 107; solche Mauern heißen „geböschte Scheibenmauern".

Stärkerer Druck in der Richtung senkrecht gegen die Mauerebene kann nur durch Gewölbe aufgenommen werden, bei denen die Steine radial

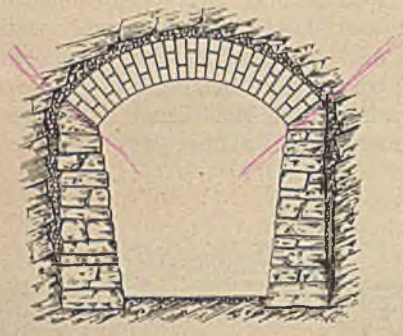


Abb. 107. Geböschte Scheibenmauern aus Bruchsteinen mit Ziegel-Gewölbekappen.

Abb. 108. Scheibenmauern (1½ Stein stark) mit Halbkreisgewölbe.

gestellt und deren beide Enden durch radial verlaufende Auflageflächen, „Kämpfer" genannt, getragen werden. Die Gewölbeformen sind verschieden einerseits nach der Größe des Radius, nach dem das Gewölbe geschlagen wird, und anderseits nach dem Umfange der durch sie geschützten Fläche des Querschnittes. In ersterer Hinsicht unterscheidet man zunächst die

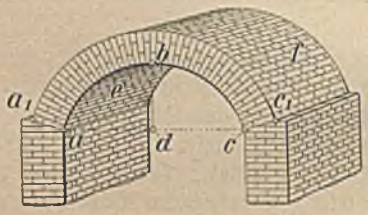


Abb. 109. Stutzgewölbe auf Scheibenmauern.

Abb. 110. Gewölbe mit Radialsteinen.

Abb. 111. Gewölbe mit keilförmigen Mörtelfugen.

Kreisbogengewölbe von den Korbbogengewölben. Die ersteren sind nach nur einem Krümmungsradius, die letzteren nach mehreren verschieden großen Radien gewölbt, so daß sie aus mehreren ellipsenartigen Bögen zusammengesetzt erscheinen. Jedoch kommen im allgemeinen für die Grubenmauerung nur Kreisbögen in Betracht. Diese haben im Gegensatz zu den Korbbögen die Eigenschaft, daß sie den ganzen auf ihnen lastenden Gebirgsdruck auf die Kämpfer übertragen. Ihre Widerlager können in einer Ebene liegen (Abb. 108) oder zwei gegeneinander geneigte Ebenen bilden (Abb. 107, 109 u. 112), oder anders ausgedrückt: der Radius, nach dem sie geschlagen sind,

kann gleich der Hälfte der Streckenbreite oder größer als dieses Maß sein. Gewölbe der ersteren Art heißen „volle Tonnengewölbe", solche der letzteren Art nennt man „flache Tonnengewölbe", auch „Stutzgewölbe" oder „Stutzbögen". Wo es die Druckverhältnisse zulassen, bevorzugt man sie, da sie mit einem geringeren Nachbrechen des Gebirges in der Firste auszukommen gestatten. Das trifft namentlich für schmale Räume zu, weil man bei diesen nicht, wie das in größeren Räumen möglich ist, mit der Wölbung schon in verhältnismäßig geringer Entfernung von der Sohle beginnen kann.

Die innere Wölbungsfläche *e* eines Gewölbebogens (Abb. 109) heißt „Leibungsfläche", ihr höchster Punkt *b* der „Scheitel"; die äußere Wölbung *f* nennt man „Rückenfläche". Der zwischen beiden bestehende Längenunterschied wird entweder durch Zunahme der Steindicken (Abb. 110) oder durch Zunahme der Mörtelfugen (Abb. 111) von innen nach außen ausgeglichen. Ersteres Verfahren erfordert besondere Steine, sogenannte „Radialsteine", und wird wegen der höheren Steinkosten nur ausnahmsweise angewandt, nämlich wenn es sich entweder um besonders wichtige Arbeiten oder um Gewölbe von besonders kleinem Radius handelt, bei denen der Längenunterschied zwischen Leibungs- und Rückenfläche verhältnismäßig groß ist und daher seine Ausgleichung durch stärkere Fugen das Mauerwerk zu sehr schwächen würde.

Abb. 112.
Stutzbogen (Firstengewölbe).

Wichtige Maße sind die Linien *a c* und *b d* in Abb. 109; die erstere heißt die „Sehne", die letztere die „Pfeilhöhe" des Gewölbes. Je größer das Verhältnis von Pfeilhöhe zur Sehne, die sogenannte „Spannung" des Gewölbes ist, um so größer ist dessen Tragfähigkeit. Bei Halbkreisgewölben ist die Spannung offenbar 1:2. Bei Stutzbögen wählt man sie zwischen 1:12 für schwache und 1:5 für starke Beanspruchung. Werden die Kämpfer durch gesundes Gebirge oder durch verstärkte Scheibenmauern gebildet, so kann man mit der Spannung bis 1:20 heruntergehen.

Der mittelste Stein des Gewölbes, der „Schlußstein", wird zuletzt eingesetzt, und zwar von oben, wenn genügend Platz vorhanden ist, sonst von vorn.

80. — **Einfache Anwendungen der Grubenmauerung.** Der einfachste Fall des Ausbaues mit Kreisgewölben in der Grube ist das Firstengewölbe (Abb. 112), ein in der Firste der Strecke oder des Querschlages geschlagener Stutzbogen. Es erfordert ein hinreichend standfestes und nicht schnell verwitterndes Gebirge an den Stößen, da dieses den ganzen Kämpferdruck auszuhalten hat. Anwendung findet das Firstengewölbe besonders zum Abhalten rolliger Massen in der Firste, also zum Abfangen von Bergeversatz bei steiler Lagerung und größerer Mächtigkeit der Lagerstätte.

Der im Steinkohlenbergbau am häufigsten vorkommende Fall der Gewölbemauerung ist das Halbkreisgewölbe auf Scheibenmauern (Abb. 108 auf S. 90), das wegen seiner einfachen Ausführung bevorzugt wird, wenngleich

hier die Scheibenmauern den vollen, auf dem Gewölbe lastenden Gebirgsdruck abzufangen haben. Diese Art der Mauerung kommt aber auch überall dort zur Anwendung, wo es sich nicht sowohl um die Abhaltung eines großen

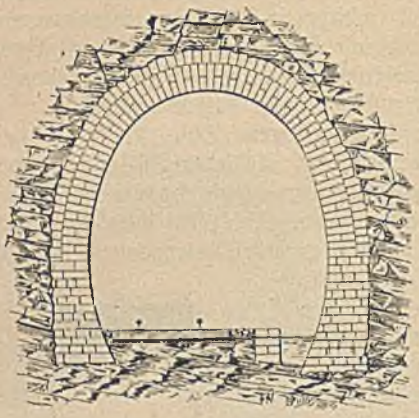


Abb. 113.
Elliptisches Gewölbe auf geböschten Scheibenmauern.

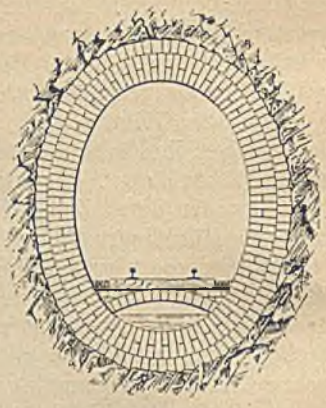


Abb. 114. Elliptische Mauerauswölbung in Strecken, mit Gegengewölbe für das Tragewerk.

Firstendruckes durch das Gewölbe, sondern lediglich um den Schutz von Firste und Stößen gegen Verwitterung oder um Abhaltung von Wasserzuflüssen oder um Verringerung der Widerstände gegen die Wetterbewegung

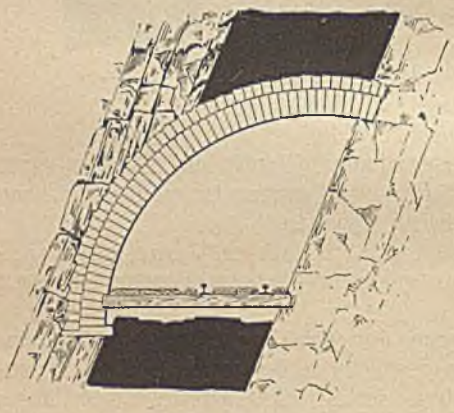


Abb. 115.
Halbelliptisches Firstengewölbe.

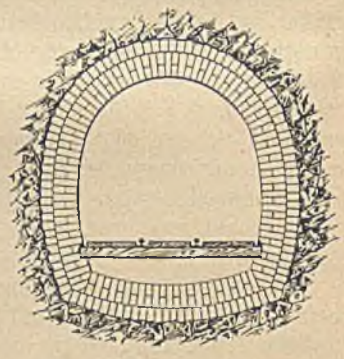


Abb. 116. Geschlossenes Gewölbe mit flacherem Sohlenbogen.

usw. handelt. Ist größerer Firstendruck zu erwarten, so läßt man nach Abb. 113 die Scheibenmauern nach unten hin zunehmen. Die Scheibenmauern werden zweckmäßig in die Sohle „eingeschlitzt" (s. die Abbildungen). Ist diese unzuverlässig, so muß der Mauerfuß auf eine Betonsohle oder auf Grundschwellen gestützt werden.

Soll größerer Seitendruck abgewehrt werden, so müssen auch die Seitenmauern als Gewölbe hergestellt werden; man erhält dann einen elliptischen Querschnitt des Mauerwerkes (Abb. 113 und 114). Eine ähnliche Form wird bei nicht ganz steilem Einfallen durch den vorhin erwähnten Firstenbogen gebildet, nämlich eine halbe Ellipse (Abb. 115). Wirkt der Druck (wie z. B. im Braunkohlenbergbau) annähernd gleichmäßig von allen Seiten, ohne allzu stark zu werden, so ergibt sich ein vollständig geschlossenes Gewölbe, und zwar je nach dem Verhältnis zwischen Streckenbreite und -höhe von Kreis- oder Ellipsenform (Abb. 114). Jedoch vermeidet man nach Möglichkeit das zu diesem Zwecke erforderliche tiefe Ausheben der Sohle und begnügt sich hier bei nicht zu starkem Sohlendruck mit Bögen von geringerer Spannung (Abb. 116).

81. — Schwierigere Ausführungen der Grubenmauerung. Schwieriger auszuführen sind die Gewölbe mit doppelter Krümmung (Kreuzgewölbe), als deren wichtigste Anwendungsfälle in der Grube die Kreuzungen von auszumauernden Strecken unter sich oder mit der Schachtmauerung zu nennen sind. Man erhält dann im einfachsten Falle Gewölbeformen, wie sie sich aus der Durchdringung zweier Zylinder ergeben, indem die Scheitellinien der beiderseitigen Gewölbe in derselben söhligen Ebene (bei gleich hohen Strecken unter sich) oder in der gleichen Seigerebene (bei Einmündung von Strecken in Schächte von kreisförmigem Querschnitt) liegen. Bei der Kreuzung von Strecken gleicher Höhe muß man die beiderseitigen Wölbungen stumpf oder mit kurzer Verzahnung zusammenstoßen lassen. Größere Tragfähigkeit ergibt sich aber, wenn das Gewölbe der Hauptstrecke durch das der Nebenstrecke getragen wird, wie das bei verschiedener Höhe der Strecken möglich wird.

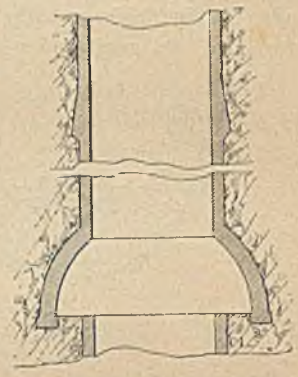


Abb. 117. Füllortausbau mit frei stehendem Schacht.

Beim Füllortausbau ist für eine genügend große Höhe des Raumes zu sorgen. Daraus folgt in dem einfachsten Falle, d. h. bei söhliger Einführung des Strecken- bzw. Querschlagsgewölbes in den Schacht, die Notwendigkeit eines plötzlichen Absetzens des Füllortgewölbes gegen das Gewölbe des vorhergehenden Streckenteils. Infolgedessen entsteht hier eine schwache Stelle, weshalb man meist eine allmähliche Überführung des Füllortgewölbes in Gestalt eines schräg ansteigenden „Kellerhalsgewölbes“ von der Streckenhöhe bis zur höchsten Stelle am Schacht vorzieht, wobei man übrigens auch eine wesentliche Ersparnis an Firstenausbruch erzielt. Im übrigen ergeben sich beim Anschluß an die Schachtmauerung günstigere Festigkeitsverhältnisse als bei Streckenkreuzen. Denn da die Berührungsfläche zwischen beiden Wölbungen eine schräg liegende Halbringfläche ist, so stellt sie ihrerseits eine gute Kämpferfläche dar, durch die der Druck dieses Teiles des Schachtmauerwerkes auf das Füllortgewölbe abgeladen wird, während anderseits der am weitesten nach dem Schachte hin vorspringende Teil des Füllortbogens nicht sein Scheitel, sondern sein Fuß ist und so dem Scheitel keine Unterstützung entzogen wird.

In einzelnen Fällen hat man nach Abb. 117 den Schachtstuhl ganz frei in das Füllort hineingestellt und dieses dann als Kuppelgewölbe (ebenfalls ein Gewölbe doppelter Krümmung) ausgeführt, die Last der Schachtmauer also durch die Kuppelwölbung abgefangen. Obwohl man hierbei den großen Vorteil eines nach allen Seiten hin freien Anschlages erzielt, ist ein solcher Füllortausbau wegen der großen freizulegenden Gebirgsfläche doch nur bei zuverlässigem Gebirge zu empfehlen, da sonst seine Herstellung zu gefährlich ist.

82. — **Tragewerk.** Der Einbau des Gestänges bietet keine Besonderheiten, wenn die Sohle nicht abgewölbt ist und nur ein Teil der Sohle, sei es in der Mitte oder an einer Seite, für die Wasserseige in Anspruch genommen zu werden braucht (Abb. 108, 113 u. a.). Es wird dann höchstens erforderlich, die Stege an der Seite, wo die Wasserseige liegt, in die Mauer einzulassen. Ist aber die Wasserseige in der ganzen Breite der Sohle zu führen, oder ist ein Sohlengewölbe vorhanden, so muß ein „Tragewerk" vorgesehen werden. Bei genügend widerstandsfähiger, z. B. elliptischer Gewölbemauerung können die Stege beiderseits in das Mauerwerk eingelegt werden, indem man auf der einen Seite einen halben Stein neben dem Bühnloch fehlen läßt, so daß die Stege in der Längsrichtung der Strecke eingeschwenkt werden können (Abb. 116). Außerdem kann bei geschlossener Ausmauerung die Verlagerung auch nach Abb. 118*a* oder mit Hilfe eines Gegengewölbes (Abb. 114 auf S. 92) erfolgen, in welchem letzteren dann von Zeit zu Zeit Mannlöcher zur Befahrung der Wasserseige auszusparen sind. Da bei den Ausführungen nach Abb. 116 u. 118*a* die Stege in feste Verbindung mit dem Mauerwerk gebracht und deshalb bereits durch geringfügige Verschiebungen infolge des Gebirgsdruckes auch ihrerseits verschoben oder gebrochen werden, so zieht man für schwächeres Mauerwerk oder unruhigeres Gebirge eine unabhängige Verlagerung nach Art der in Abb. 118 *b* dargestellten, also auf besonderen Tragbolzen, vor.

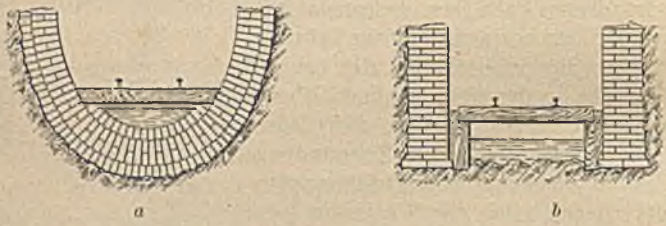


Abb. 118. Tragewerk über der Wasserseige.
a bei elliptischer Mauerung, *b* bei Scheibenmauern.

Bei der Ausmauerung von Füllörtern, die in mäßig festes Gebirge zu liegen kommen und daher nicht mit Vollausbruch, sondern unter einstweiliger Belassung eines Gesteinkerns in der Mitte (vgl. Bd. I: „Herstellung großer Räume") ausgeschossen werden müssen, werden verlorene Balkenenden in das Mauerwerk eingebettet und nach Fertigstellung des Hohlraumes wieder herausgerissen, so daß eine Rinne entsteht, in welche die Holz- oder Eisenträger eingeschoben werden können.

83. — Verfahren bei der Herstellung der Mauerung. Soll ein unterirdischer Hohlraum in Gewölbemauerung gesetzt werden, so ist in der Regel zunächst eine verlorene Zimmerung einzubringen, der die Mauerung in einem gewissen Abstande folgt. Bei hinreichend zuverlässigem Gebirge kann man, sobald die Mauerung bis dicht an einen weiteren Türstock herangeführt ist, diesen ausbauen und dann weiter mauern. Anderenfalls muß man von vornherein so viel Raum ausbrechen, daß die Mauerung noch innerhalb des verlorenen Ausbaues Platz findet. Man mauert dann über den letzten Türstock hinaus fertig, raubt ihn hinter der Mauer weg und stampft nun den so entstandenen Hohlraum zwischen Mauerwerk und Gebirge mit klaren Bergen oder besser mit Beton aus, wobei die Leute durch den noch stehenden verlorenen Ausbau geschützt sind. Wird die Mauerung erst nachträglich an Stelle des früheren Holzausbaues eingebracht, so reicht der Raum für dieses Verfahren nicht aus; es bleibt dann nichts übrig, als das Gebirge stückweise von neuem nachzureißen und durch Bolzen, Vortreibepfähle usw. abzufangen. Dem Schlagen des Gewölbes geht die Aufstellung der Lehrgerüste oder Lehrbögen voraus, die der Leibungsfläche des Gewölbes entsprechend geschnitten sind. Diese Bögen werden durch Bretterverschalung mit einem Mantel umgeben, auf den das Mauerwerk zu liegen kommt. Für ihre richtige Stellung ist durch sorgfältige Einweisung und Lotung zu sorgen. Die hintersten Bögen werden nach genügender Erhärtung des Mauerwerkes fortgenommen, um vorn wieder verwandt zu werden; man kommt also mit einer kleinen Anzahl von Lehrbögen aus. Sind nur Stutzgewölbe zu schlagen, so ruhen die Lehrbögen am besten auf Firstenspreizen.

Größere Gewölbe, wie sie für Maschinenkammern u. dgl. hergestellt werden, erfordern umständlicher zusammengebaute Lehrgerüste (vgl. auch Bd. I: „Herstellung großer Räume“).

84. — Verbindungen zwischen Mauerung und Eisen- oder Holzausbau. Ein Ausbau, der sowohl aus Mauerung wie auch aus Eisen oder Holz zusammengesetzt ist (vgl. oben, Abb. 105 und 106 auf S. 89, sowie unten, Abb. 121 auf S. 97), kann zunächst den Zweck haben, an Kosten gegenüber der reinen Mauerung zu sparen. In erster Linie handelt es sich dabei um den Wegfall der Wölbungen, die mühsamer und kostspieliger herzustellen sind, die Schaffung eines größeren Hohlraumes bedingen und einigermaßen geschulte Leute verlangen. Auch erfüllen Gewölbe ihren Zweck nur dann, wenn sie von allen Seiten gleichmäßig belastet sind, was sich unter Tage schwer erreichen läßt. Man beschränkt dann also die Mauerung auf die Verwahrung der Stöße durch Scheibenmauern und legt auf diese eiserne oder hölzerne Kappen. Ein solcher Ausbau eignet sich jedoch nur für Firsten-, nicht aber für stärkeren Seitendruck, wenn auch ein gewisser Seitendruck durch Verstärkung der Mauerfüße aufgenommen werden kann. Er kommt im übrigen in der Ausführung mit Mörtelmauerwerk für solche Fälle in Betracht, in denen Luftzutritt zu den Stößen möglichst vermieden werden soll oder in denen Holz- oder Eisenausbau durch Entgleisungen bei der Lokomotivförderung gefährdet werden würden oder die Auswechslung druckbeschädigter Zimmerungen zu große Betriebstörungen verursachen würde und dem Wetterstrom möglichst wenig Widerstand entgegengesetzt werden soll. Eine besondere Bedeutung kommt dieser Verbindung für den

nachgiebigen Ausbau zu, auf den unten noch näher eingegangen werden soll.

Eine andere Art der Verbindung zwischen Mauerung und Eisenausbau ist das „Kappengewölbe“ (Abb. 119). Es wird für die Sicherung der Firste von größeren Hohlräumen, namentlich von Pferdeställen, benutzt und soll bei großer Festigkeit einen größeren Firstenausbruch entbehrlich machen,

Abb. 119. Kappengewölbe.

wie er bei Gewölben von der vollen Spannweite des Raumes notwendig werden würde. Ein solches Gewölbe besteht aus einer Anzahl kleiner, mit ihrer Achse quer zur Längsachse des Raumes gelegter Stutzbögen, die sich beiderseits gegen I-Träger oder Schienen stützen. Bei stärkerem Stoßdruck kann es auch an den Stößen, also in seigerer Lage, eingebracht werden.

85. — **Nachgiebige Mauerung.** Die im vorstehenden beschriebene, starre Mauerung eignet sich nur für solche Fälle, in denen entweder die Mauerung überhaupt keinen erheblichen Druck auszuhalten hat, sondern nur den luft- und wasserdichten Abschluß bewirken soll — oder der zu erwartende Druck mit Sicherheit die Festigkeit des Mauerwerkes nicht übersteigen wird. Anderenfalls wird nach einiger Zeit das Mauerwerk in Bewegung geraten, Steine werden zerdrückt, größere Keile herausgequetscht und dadurch umfangreiche, betriebstörende und kostspielige, vielfach auch gefährliche Ausbesserungsarbeiten notwendig gemacht werden. Zur Vermeidung dieser Übelstände ist man neuerdings mit Erfolg bemüht gewesen, auch die Mauerung in druckhaftem Gebirge nachgiebig auszugestalten.

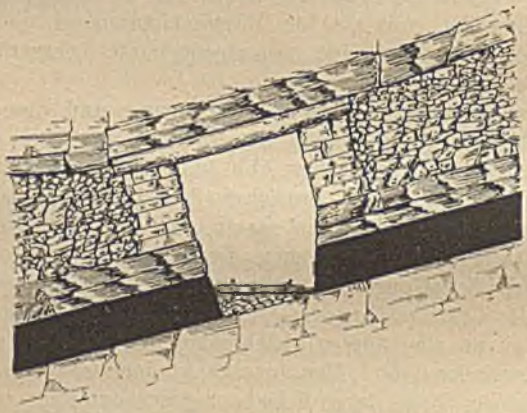


Abb. 120. Bergemauern mit Firstenbänken.

Eine gewisse Nachgiebigkeit wird bereits dadurch erzielt, daß man auf das Gewölbe verzichtet und statt der Mörtelmauerung trockene Berge-

mauerung verwendet, auf die Eisenschienen oder Rundhölzer (Abb. 120) als Kappen gelegt werden. Man erhält so den oben (S. 55) erwähnten Ausbau mit „Firstenbänken", auf dessen Nachgiebigkeit bereits aufmerksam gemacht worden ist. Ein weiteres Nachgeben kann bei Scheibenmauern durch die Beschaffenheit des Liegenden gegeben sein. Wenn dieses nämlich zum Quellen neigt, so findet hierin der Gebirgsdruck seinen Ausgleich, und die Mauerfüße drücken sich in das Liegende hinein. Jedoch wird dieses Eindrücken, das beim Ausbau in Holz oder Eisen sehr leicht erfolgt, durch die größere Dicke der Mauern erheblich erschwert.

Eine größere Nachgiebigkeit wird dadurch ermöglicht, daß nicht nur auf die Mauern, sondern auch in diese hinein Quetschhölzer gelegt werden,

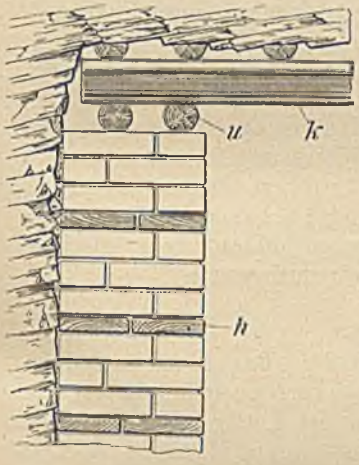


Abb. 121. Mauerung mit Holzeinlagen.

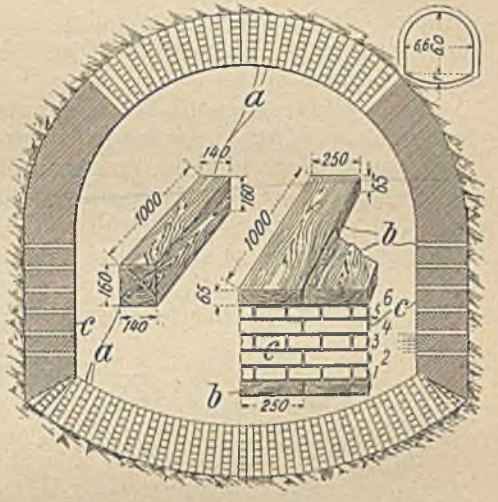


Abb. 122. Füllortausbau der Zeche Radbod.

wie das bereits in Abb. 61 auf S. 56 veranschaulicht ist. Man kann dann auch Ziegelsteinmauerwerk anwenden, da dessen Starrheit durch die Holzeinlagen vermindert wird, und sogar auch mit Gewölbemauerung einen nachgiebigen Ausbau herstellen. Und zwar kann man die Holzeinlagen in größeren oder geringeren senkrechten Abständen einbringen, indem man im ersteren Falle stärkere Pfostenstücke, im letzteren dünnere Bretter (*h* in Abb. 121) einlegt. Eine besonders sorgfältige Ausführung bei einem Füllortausbau zeigt Abb. 122; hier wurde nach jeder 5. Steinlage eine Bohlenlage von Ziegelsteinstärke (s. die Sonderzeichnung) eingebracht. Notwendig ist nur die Belassung von Luftzwischenräumen zwischen den Pfosten und Brettern, damit das gequetschte Holz seitlich ausweichen kann. Einlagen aus dickeren Hölzern müssen zwischen Bretterlagen gelegt werden, damit sie sich nicht zu stark in das Mauerwerk, dessen Gefüge zerstörend, eindrücken.

Auch Holzgewölbe auf Scheibenmauern oder vollständig geschlossene Holzgewölbe hat man für den Ausbau größerer Räume in druckhaftem Gebirge erfolgreich angewandt, indem man die Holzstücke mit Verband, also ähnlich wie bei der Steinmauerung, zusammengefügt hat. Als Beispiel sei

der bereits erwähnte Füllortausbau der Zeche Radbod bei Hamm angeführt, bei dem (Abb. 122) sowohl für das Firsten- wie für das Sohlengewölbe Läufer von 2 m und Binder von 1 m Länge verwandt und die Läufer mit Versetzung der Stoßfugen in den übereinander liegenden Reihen gelegt wurden.

Neuerdings ist man auch auf die Notwendigkeit aufmerksam geworden, in der Längsrichtung der Strecken für einen Ausgleich der Spannungen zu sorgen, wie sie sich ergeben, wenn die Strecke unter den Einwirkungen des Abbaues in ein „Pressungsgebiet" (vgl. die Erörterungen über „Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaues" im Abschnitt „Die Grubenbaue" in Band I) gebracht wird. Man sieht dann „Schiebeschlitze" vor, die je nach der Größe der zu erwartenden Drücke in Breiten von 10—20 cm und in größeren oder geringeren Abständen eingeschaltet und mit weichem Holz ausgefüllt werden, das im Falle stärkerer Bewegungen später wieder herausgerissen werden kann.

86. — **Mauerung mit Wärmeschutz.** In tiefen und warmen Gruben hat man neuerdings Versuche mit einer als Wärmeschutz ausgebildeten Mauerung gemacht, mittels deren man die Erwärmung des Wetterstromes durch die von den Gebirgstößen ausgestrahlte Wärme möglichst herabdrücken will. Auf Zeche Sachsen bei Heessen z. B. wird zu diesem Zwecke die Mauerung aus einer an das Gebirge anschließenden Schwemmsteinlage, einer davor gebauten Ziegelsteinlage und einer Zwischenfüllung von schlechten Wärmeleitern, z. B. Schlackenwolle u. dgl., zusammengesetzt.

2. Betonausbau[1]).

87. — **Überblick.** Der wirksame Bestandteil des Betons ist ein hydraulischer Mörtel, und zwar kommt in den weitaus meisten Fällen künstlicher Zement zur Verwendung, der zur Erniedrigung der Kosten mit Sand, Kies, Steinbrocken u. dgl. vermengt wird. Beschränkt sich die Mischung auf diese Bestandteile, so erhält man den einfachen oder gewöhnlichen Beton. Verstärkt man diesen dagegen durch Eiseneinlagen, so ergibt sich der Eisenbeton oder eisenbewehrte (armierte) Beton.

α) Einfacher Betonausbau.

88. — **Betonmischungen.** Da reiner Zement 40—50 ℳ je Kubikmeter kostet, so kommt er nur in besonderen Ausnahmefällen (z. B. beim Schachtabteufen) zur Anwendung. Im übrigen wird er stets in Mischungen verwendet, die je nach ihrem größeren oder geringeren Zementgehalte als „fette" oder „magere" bezeichnet werden. Als Zuschlag kommt zunächst Sand in Betracht, der mit dem Zement gemäß den Ausführungen in Ziff. 76 den „Mörtel" bildet. Die anderen Zuschläge sind grobkörnig und bestehen aus Kies, Schlacke, Kleinschlag von harten Steinen, wie Sandstein, Granit, Basalt u. dgl. Der Billigkeit halber wird auch Ziegelschrot verwendet; doch ist der damit hergestellte Beton nicht für hohe Beanspruchungen geeignet, da die Druckfestigkeit der Ziegelsteine, die dann für die Beanspruchung maßgebend ist, diejenige des Zements nicht erreicht.

[1]) Vgl. auch Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1910, S. 249 u. f.; Standinger: Beton und Eisenbeton im oberschlesischen Steinkohlenbergbau.

Die größte Festigkeit bei geringstem Zementverbrauch wird mit Zuschlägen von genügender Härte und verschiedener Körnung erzielt, indem dann die mittleren Korngrößen die Lücken zwischen den gröbsten, die feinsten Korngrößen die Lücken zwischen den mittleren Körnern ausfüllen und der Zement auf alle dann noch verbleibenden kleinen Hohlräume gleichmäßig verteilt wird. Diese Forderung wird am besten erfüllt bei einem Kies, in dem alle möglichen Korngrößen vertreten sind und der daher als „Kiessand" oder „Betonkies" bezeichnet wird. Auch zeichnet der Kies sich durch große Druckfestigkeit aus. Anderseits liefert fester Kleinschlag einen Beton von vorzüglichem Zusammenhalt, da seine scharfkantigen Brocken wegen ihrer rauheren Oberfläche fester als Kieskörner am Mörtel haften und wegen ihrer scharfen Kanten einer Loslösung aus der Masse stärkeren Widerstand entgegensetzen, also mit dem Mörtel ein festeres Steingerippe als Kies bilden.

Im allgemeinen soll man mit der Korngröße der Zuschläge nicht über 6—7 cm gehen.

Wie beim Zementmörtel ist sowohl bei den Zuschlägen als auch in dem zugesetzten Wasser Schlammgehalt sehr schädlich. Auf sorgfältig gewaschene Zuschläge und klares Wasser ist daher zu dringen.

Eine Zusammenstellung verschiedener Betonmischungen gibt nachstehende Zahlentafel:

Lfd. Nr.	Mischungsverhältnis	Verwendungszweck	1 cbm fertig gestampften Betons erfordert ungefähr			kostet[1]) bei Zuschlägen		Druckfestigkeit ungefähr
			Zement	Kiessand	Kleinschlag	aus dem eignen Betrieb	von auswärts bezogen	
			kg	hl	hl	ℳ	ℳ	kg qcm
1	1 : 5	Maschinenfundamente	295	10,6	—	23,60	27,80	210
2	1 : 2 : 4		285	4,1	8,2	23,30	28,20	200
3	1 : 6	Stampfbeton in Strecken u. Schächten bei stärkerem Druck	250	10,8	—	21,30	25,60	160
4	1 : 3 : 6		202	4,4	8,7	20,30	25,50	115
5	1 : 4 : 6	Desgl. bei geringerem Druck	175	5,0	7,5	19,00	24,00	105
6	1 : 12		125	10.8	—	16,30	20,60	60

Das Ausbringen an fertig gestampftem Beton beträgt für Kiesbeton etwa 0,6, d. h. 1 cbm loser Mischung liefert etwa 0,6 cbm Stampfbeton. Bei Verwendung von Kleinschlag geht das Ausbringen auf etwa 0,53 zurück.

Im allgemeinen gelten bei Portlandzement für die Druckfestigkeiten der einzelnen Mischungen folgende Verhältniszahlen:

Mischung	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7	1 : 8	1 : 10
Verhältniszahl . . .	100	75	60	50	40	35	25

[1]) Zement zu ℳ 40,— je t, Zuschläge aus dem eignen Betriebe zu ℳ 4,— je cbm, von auswärts bezogen zu ℳ 8,— je cbm gerechnet, Lohnbetrag mit 7,— ℳ je cbm Beton angenommen.

Hat man also z. B. die Festigkeit einer Mischung von 1 : 3 durch Versuche zu 260 kg/qcm ermittelt, so berechnet sich danach die Druckfestigkeit einer Mischung von 1 : 5 zu 260 · 0,6 = 156 kg/qcm.

89. — **Ausführung des Betonausbaues. Allgemeines.** Die Druckfestigkeit, Wasserdichtigkeit und Haltbarkeit des Betons hängt sehr wesentlich von der richtigen Herstellung ab. Zu wichtigeren Betonarbeiten sollen daher nur erfahrene und zuverlässige Leute verwendet, auch soll für gute Aufsicht gesorgt werden. Bei der Mischung ist vor allem auf den richtigen Wasserzusatz nach Zeit und Menge zu achten. Bei Verwendung von Betonkies wird Zement und Kies trocken gemischt und sodann erst unter beständigem Durcharbeiten Wasser mittels einer Gießkanne mit Brause zugegossen, wobei man aber die Wassermenge sparsam bemißt, um das Abbinden zu beschleunigen. Wird mit Kleinschlag gearbeitet, so ist dieser zunächst für sich gründlich mit Wasser zu tränken und dann dem mittlerweile trocken hergestellten Zement-Sandgemisch unter ständiger Durcharbeitung und sparsamer Befeuchtung wie vorhin zuzusetzen. Nach dem Einbringen ist dann durch weitere Tränkung mit Wasser für einen gleichmäßigen Fortschritt der Erhärtung zu sorgen.

Die Formen des Betonausbaues sind ähnlich wie die der Mauerung. Doch hat man beim Beton viel größere Gestaltungsfreiheit und kann durch Verwendung entsprechender Lehrgerüste beliebige Ausbauprofile herstellen. Insbesondere kommt infolgedessen der nur geringe Firstenausbrüche verlangende Korbbogen hier voll zur Geltung. Vorzugsweise dient Beton zur Herstellung von Gewölben auf Scheibenmauern, doch werden neuerdings in weniger druckhaften Strecken auch Betonscheibenmauern mit darauf gelegten Holz- oder Eisenkappen hergestellt, auch in Strecken mit Lokomotivförderung die Stöße zwischen den Zimmerungen in Wagenhöhe mit Beton ausgestampft, um den Ausbau gegen entgleisende Wagen zu schützen. In allen Fällen muß zunächst eine Verschalung („Einrüstung", „Lehrgerüst") eingebracht werden, hinter die der Beton gestampft wird.

90. — **Lehrgerüste.** Die Lehrgerüste bestehen aus einem hölzernen oder eisernen Gerippe mit einer Verschalung, die meist durch Holzbretter gebildet wird, aber auch aus Eisenblechen zusammengesetzt werden kann. Die Verwendung von Eisen (vgl. Abb. 183 auf S. 136) empfiehlt sich besonders in solchen Fällen, in denen der Streckenquerschnitt auf größere Erstreckungen hin gleichmäßig bleibt, da dann eine möglichst dauerhafte und bequem abzunehmende und wiederaufzubauende Verschalung erwünscht ist. Zum Ausbau unregelmäßiger Hohlräume dagegen, wie sie bei Aufwältigung von Brüchen sich ergeben, eignet sich Holzverschalung besser, die sich den wechselnden Querschnitten besser anpassen läßt. Außerdem bevorzugt man Holz für die Herstellung größerer Gewölbe, für die Eisengerüste zu schwer und unhandlich werden.

Nach Erhärtung des Betons kann das Lehrgerüst wieder entfernt werden, um weiter vorn von neuem Verwendung zu finden. Je rascher also die Erhärtung eintritt, um so kürzer braucht die Lehrverschalung zu sein, und um so häufiger kann sie wieder benutzt werden.

Auf den vorhandenen Streckenausbau braucht bei der Betonierung nicht Rücksicht genommen zu werden, da man die Zimmerungen erst im letzten

Augenblick, wenn die Betonwand ganz nahe an sie herangerückt ist, zu entfernen braucht. Ist die Strecke stark druckhaft, so kann man den Ausbau auch einfach mit einstampfen.

91. — **Stampf- und Preßverfahren.** Beim Stampfverfahren mengt man die Betonmasse mit genügend Wasser an, füllt sie hinter die Lehrverschalung und stampft zunächst die unteren Teile der Stöße, nachher die oberen und schließlich das Gewölbe aus. Die Leute bedienen sich dabei eiserner Platten, die an hölzernen Stielen befestigt sind. Hin und wieder hat man auch Stampfhämmer nach Art der Bohrhämmer verwendet. Das Stampfen wird so lange fortgesetzt, bis die Masse gründlich festgeschlagen ist, was an dem Austreten von Feuchtigkeit (dem „Schwitzen") an der Oberfläche erkannt wird.

Das Preßverfahren[1]) besteht darin, daß zunächst die Kleinschlag- usw. Beimengungen trocken eingebracht werden und sodann durch eine Rohrleitung flüssiger, reiner Zement unter Druck in sie eingepreßt wird. Der Beton wird also hierbei gewissermaßen erst an Ort und Stelle hergestellt.

Der Anwendung dieses Verfahrens stehen die umständlichen und teuren Abdichtungsarbeiten im Wege, die dem Einpressen der flüssigen Zementmilch vorausgehen müssen. Vereinzelt ist in Verbindung mit Mauerung nach dem Preßverfahren gearbeitet worden, sei es nun, daß es sich um nachträgliche Einspülung von Zementmilch in diese von der Strecke aus oder um neue Herstellung eines Mauergewölbes mit Betonanschluß an das Gebirge handelte.

β) Eisenbetonausbau.

92. — **Bedeutung des Eisenbetons**[2]). Der Eisenbeton beruht auf der Fähigkeit des Zements, mit Eisenteilen, die in ihn eingelegt sind, eine sehr feste Haftverbindung einzugehen, so daß die Masse dann bis zu einem gewissen Grade mit den Eigenschaften des Zements (Härte- und Druckfestigkeit) diejenigen des Eisens (Biegsamkeit und Zugfestigkeit) vereinigt. Infolgedessen kann der so verstärkte Beton auch stärkere ungleichmäßige Drücke aufnehmen, die auf eine Veränderung der Querschnittsform und damit auf eine Biegungsbeanspruchung des Ausbaues hinwirken, wogegen der einfache Betonausbau wie die Mauerung im wesentlichen nur gleichmäßigen Drücken, also reinen Druckbeanspruchungen gewachsen ist. Abb. 123 veranschaulicht schematisch einen Belastungsfall, für den Beton oder Mauerung wenig geeignet sind, Eisenbeton dagegen vorteilhaft ist. Da der Bergeversatz etwas nachgeben kann, so sucht hier der Druck vom Hangenden her das Kreisgewölbe zu beiden Seiten in den Versatz hineinzudrücken und dadurch in eine elliptische Form zu bringen. Infolgedessen entstehen außer den Druckkräften bei d_1 bis d_4 Zugbeanspruchungen bei z_1 bis z_4, denen der Eisenbeton im Gegensatz zu den beiden anderen Ausbauformen widerstehen kann. Steht dagegen das Gewölbe unter allseitig gleichmäßigem Druck (z. B. im Schwimmsand), so treten diese Zugkräfte nicht auf,

[1]) Glückauf 1909, Nr. 13, S. 433 u. f.; Scharf: Einige neuere Betonierungsverfahren usw.

[2]) Vgl. Glückauf 1910, Nr. 15, S. 529 u. f.; Wuczkowski: Die zweckmäßige Ausbildung des Schacht- und Streckenausbaues in Eisenbeton.

es handelt sich vielmehr um eine reine Druckbeanspruchung, die durch Mauerung oder einfachen Beton zur Genüge aufgenommen werden kann.

Ein anderer Belastungsfall, der diesen Unterschied zwischen Eisenbeton und den anderen Ausbauarten zur Geltung kommen läßt, ist der in Abb. 124 dargestellte eines Firstengewölbes mit geringer Pfeilhöhe. Hier wird der Ausbau gleichfalls auf Biegung beansprucht, so daß an der Rückenfläche Druck-, an der Leibungsfläche dagegen Zugkräfte auftreten.

93. — Ausführung des Eisenbetonausbaues im einzelnen. Die Betonmischung ist insofern eine andere wie beim einfachen Stampfbeton, als zur Erzielung einer dichten und gleichmäßigen Umhüllung der Eiseneinlagen größere Feinkörnigkeit (nicht über 7 mm) erforderlich ist. Infolgedessen herrschen Sand und Schlackensand als Beimengungen vor. Außer-

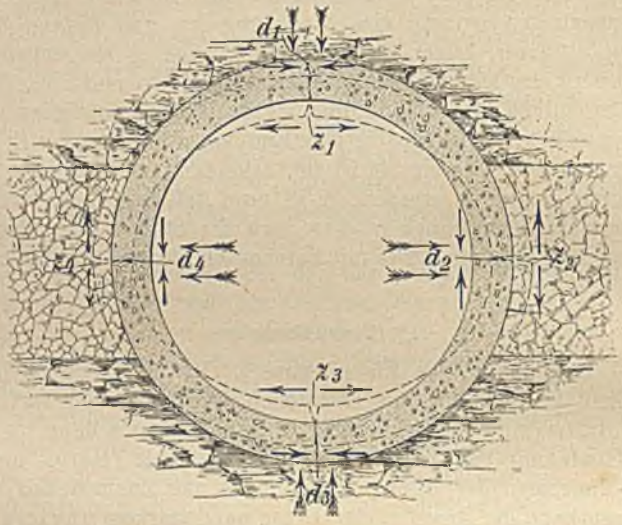


Abb. 123. Schematische Darstellung eines Betongewölbes mit Biegungsbeanspruchung.

dem werden durchweg fettere Mischungen als beim gewöhnlichen Beton verwendet (1 : 5 bis 1 : 7), weil der Eisenbeton einerseits mit bedeutend kleineren Mengen Beton auszukommen gestattet, so daß Ersparnisse durch Herabdrückung des Zementanteils keine große Rolle spielen, und anderseits nur für besonders stark beanspruchte Grubenräume in Frage kommt, die einen hochwertigen Baustoff erfordern.

Die Eiseneinlagen können von der verschiedensten Art und Stärke sein (von der Eisenbahnschiene bis herab zum Drahtgewebe). Vorzugsweise wird Rundeisen, seltener Flach- und Profileisen benutzt. Da zu geringe Querschnitte zu wenig Zugfestigkeit ergeben, bei zu großen Querschnitten aber die Widerstandskräfte des Eisens zu wenig verteilt und daher nicht voll ausgenutzt werden, so verwendet man in der Regel für den Ausbau von Querschlägen und Strecken Einlagen von 5—10 mm, für den Ausbau von Maschinenkammern, Füllörtern u. dgl. solche von 12—20 mm Stärke. Der Billigkeit halber werden auch Litzen von abgelegten Drahtseilen be-

nutzt; doch muß dann sorgfältig auf die Entfernung des Rostes und der anhaftenden Schmiere geachtet werden, weil sonst keine innige Verbindung zwischen Eisen und Beton erzielt werden kann.

Stets müssen die Einlagen durch Haken, Drahtschlingen u. dgl. zu einem festen Netzwerk verbunden werden, das die Betonwand gleichmäßig durchwebt. Es genügt also nicht, planlos Eisenmassen in den Beton zu betten.

Diese Eisenbewehrung muß nach Ziff. 92 in die Nähe der Stellen der Betonmasse gebracht werden, die am meisten auf Zug beansprucht werden. Beim einfachen Gewölbe tritt diese Beanspruchung gemäß Abb. 124 nur an der Innenseite auf, so daß die Eiseneinlage in deren Nähe einzubetonieren ist (Abb. 125). Handelt es sich dagegen um geschlossene Gewölbe nach Abb. 123, so ergeben sich sowohl innen als auch außen Zugkräfte; es muß dann also, wenn diese sämtlich aufgenommen werden sollen, eine doppelte Eisenbewehrung (innen und außen) vorgesehen werden (vgl. Abb. 126). Solche zwei Eisennetze werden für größere Beanspruchungen noch durch Querdrähte miteinander verbunden.

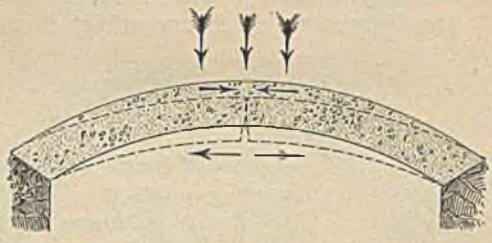


Abb. 124. Kräfteverteilung bei einem Firstengewölbe mit Biegungsbeanspruchung.

In keinem Falle freilich kann das Eisennetz genau an die theoretisch richtigste Stelle, nämlich an die äußerste Oberfläche, gebracht werden, da es immer vollständig von Betonmasse eingeschlossen sein muß, damit einerseits die notwendige feste Verbindung beider Bestandteile erreicht, anderseits das Eisen vor Rost geschützt wird. Dieser Rostschutz ist, wie die Erfahrung gezeigt hat, sehr wirksam, so daß auch in nassen und ausziehenden Strecken der Eisenbetonausbau sich gut bewährt hat. Voraussetzung ist allerdings eine sachgemäße und sorgfältige Ausführung. Auf eine solche ist man überhaupt beim Eisenbeton noch mehr wie beim gewöhnlichen Beton angewiesen. Insbesondere kommt hier noch die Rücksicht auf eine blanke, von Rost und Fett freie Oberfläche der Eisenteile hinzu sowie auf Freiheit der Zuschläge von Verbindungen, die durch Zersetzung Säuren liefern und das Eisen angreifen könnten.

94. — Ausführung des Eisenbetonausbaues im ganzen. Wie beim einfachen Betonausbau ist auch hier vor der Einbringung des Betons eine Verschalung einzubauen, für die im allgemeinen das in Ziff. 90 Gesagte gilt. Bemerkt sei nur noch, daß man in ähnlicher Weise wie beim Schachtausbau (vgl. weiter unten, Ziff. 125 u. 126) auch für die Ausbetonierung von Strecken ohne Verschalung auszukommen gesucht hat, indem man entweder statt des ganzen, erst an Ort und Stelle fertiggestellten Ausbaues einen bereits über Tage hergestellten in Gestalt von Formsteinen eingebracht oder solche Formsteine als dauernd eingebaute Verschalung verwendet und mit Beton hinterstampft hat. Ein endgültiges Urteil kann über diese Versuche noch nicht gefällt werden. Gegen den Ausbau lediglich in Formsteinen spricht einstweilen der schwächere Längsverband, den man dabei erhält, und die Schwierig-

keit, Rohrleitungen od. dgl. einzubauen. Bei der Verwendung von Formsteinen zu Verschalungszwecken anderseits ergibt sich ein höherer Preis

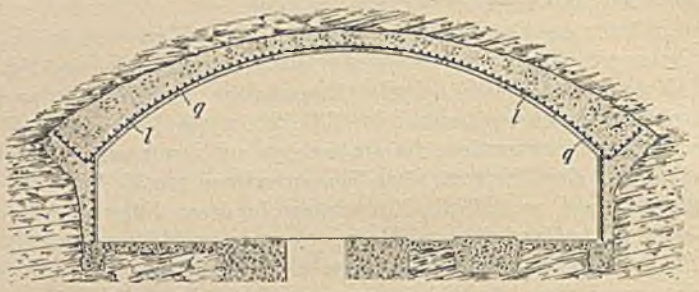


Abb. 125 [1]). Ausbau einer Pumpenkammer in Eisenbeton.
(Ausführung der Firma F. Schlüter in Dortmund.)

und ein ungenügender Verband mit dem dahinter eingebrachten Stampfbeton.

Die Einbringung des Betons erfolgt durch Stampfen. Das Preßverfahren, das schon bei gewöhnlichem Betonausbau (Ziff. 91) auf Schwierigkeiten stößt, ist für den Eisenbetonausbau nicht geeignet. Denn einerseits ist hier auf einen sehr innigen Verband zwischen Eisen und Beton Wert zu legen, wie man ihn durch das nicht von außen zu überwachende Einpressen von Zementmilch nicht erzielen kann. Anderseits kommen beim Eisenbeton, wie vorhin erwähnt, keine grobstückigen Zuschläge in Betracht, sondern feinkörnigeres Gut, das sich für nachträgliches Einpressen von Zement wenig eignet.

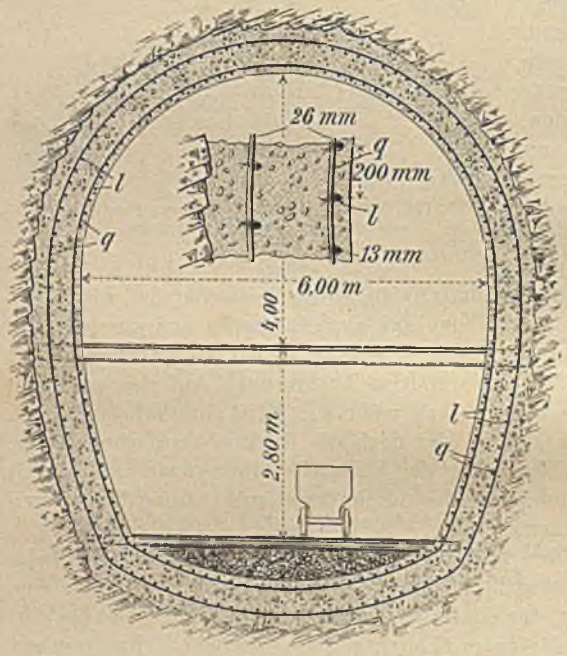


Abb. 126. Großes Füllort in Eisenbetonausbau.

Um an Zement zu sparen, stellt man vielfach den Anschluß an das Gebirge nicht durch die Eisenbetonmischung selbst, sondern durch einen mageren und grobstückigen gewöhnlichen Beton („Füllbeton") her. Das empfiehlt

[1]) Die Abbildungen 125—128 sind nach den Figuren 20, 24, 26 und 33 des Aufsatzes von Viebig: Die Verwendung von Eisenbeton beim Grubenausbau (Glückauf 1910, Nr. 24/25, S. 872 u. f.) gezeichnet worden.

sich besonders bei großen Querschnitten, wo wegen größerer Druckkräfte größere Betonmassen eingebracht werden müssen.

Da der Eisenbetonausbau dort angewandt wird, wo Biegungsbeanspruchungen zu erwarten sind, so wird er vorzugsweise als Gewölbe aus-

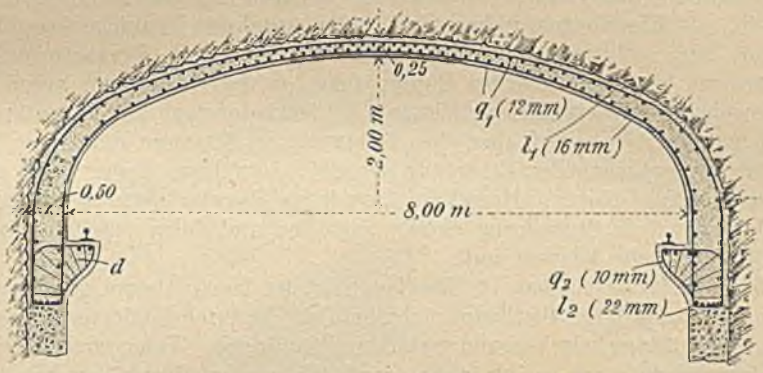


Abb. 127. Eisenbeton-Korbbogengewölbe mit Kranbahn für eine Maschinenkammer. (Ausführung der Eisenbetonbau-Gesellschaft m. b. H. O. Flügel in Mülheim-Ruhr.)

geführt. Nach Möglichkeit sucht man mit dem offenen Gewölbe (Abb. 125, 127 u. 128) auszukommen. Hier wird namentlich der Korbbogen bevorzugt (vgl. Abb. 127 u. 128). Bei geringerem Seitendruck kann man sich nach Abb. 125 für die Stöße auch mit schwachen Betonwänden begnügen, während der Gewölbedruck auf das Gebirge selbst abgeladen wird. Ein Beispiel für das geschlossene, bei starken Drücken anzuwendende Gewölbe gibt Abb. 126.

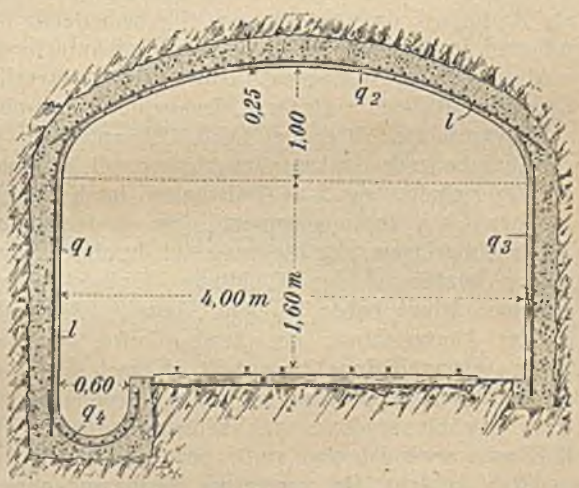


Abb. 128. Eisenbetonausbau eines Hauptquerschlags.

Für die Verlagerung von Rohrleitungen, Lutten, Kabeln u. dgl. werden die nötigen Haken, Konsolen, Ösen usw. am besten gleich mit einbetoniert, da ihre nachträgliche Einbringung in den schon erhärteten Zement große Umstände und Kosten verursacht. In Maschinenräumen pflegt man in gleicher Weise die Konsolen für die Kranbahn mit einzubauen, und zwar werden diese wegen ihrer besonders starken Beanspruchung noch durch schräge Zugdrähte mit den Eiseneinlagen des Betons verankert (Abb. 127). Die Wasserseige kann, wie Abb. 128

erkennen läßt, gleichfalls sofort als Teil des Ausbaues mit hergestellt werden.

Außer den bei den Abbildungen genannten Firmen kommen für die Ausführung von Grubenausbau in Eisenbeton noch die „Lolat"-Eisenbeton-A.-G. in Düsseldorf und die Firma Fr. Vollrath in Wesel in Betracht.

95. — **Eisenbetonausbau für sehr starken Druck.** Das Verhältnis zur vorhandenen Streckenzimmerung ist beim Eisenbetonausbau anders wie beim gewöhnlichen Betonausbau, da der Holzausbau wegen der durchgehenden Eiseneinlagen nicht in die Eisenbetonwand mit eingestampft werden kann. Nun darf aber eine Belastung der letzteren durch den Gebirgsdruck erst nach der Erhärtung des Betons erfolgen. Daher kann man bei unruhigem Gebirge jedesmal nur ganz kurze Bauabschnitte ausstampfen, so daß man jede Zimmerung einzeln ausbauen und daher möglichst lange an Ort und Stelle belassen muß.

Jedoch ist der Ausbau in Eisenbeton in der beschriebenen Ausführung für unruhiges Gebirge überhaupt nicht geeignet, da durch Gebirgsbewegungen vor der Erhärtung sein Verband gestört und damit seine Widerstandsfähigkeit von vornherein stark beeinträchtigt wird. Es wird vielfach übersehen, daß die Eiseneinlagen im Eisenbeton nach den Festigkeitsberechnungen verlaufen müssen und daß, wenn dieser Verlauf geändert wird, damit die ganze Rechnungsgrundlage fällt und die Widerstandsfähigkeit des Eisenbetons etwa so stark wie diejenige eines Holzstempels durch Knickung geschwächt wird.

Für solche Fälle ist der Ausbau in „Verbundtübbings"[1]) von Wilh. Breil in Essen bestimmt. Dieser Ausbau erhält ein festes Eisengitterwerk aus Profileisen, das schon an sich eine bedeutende Festigkeit hat und so den während des Einbaues auftretenden Druck aufnehmen kann. Darüber hinaus wird mit diesem Ausbau auch dauernd eine wesentlich größere Widerstandsfähigkeit als beim einfachen Eisenbeton angestrebt.

Die einzelnen Gitterringe (Abb. 129) werden nach dem Durchmesser, den der auszubauende Grubenraum erhalten soll, gebogen und je nach der Größe des Querschnitts aus 2—6 Teilstücken durch Verschraubung mit Hilfe von Laschen l_1—l_3 zusammengesetzt. Sie bestehen aus inneren und äußeren Winkeleisenringen r_1 r_2, die unter sich durch Schräg- und Querversteifungen d und q (letztere in der Abbildung Winkeleisen) verbunden werden. Die einzelnen Ringe haben je ½ m Abstand. Die Verbindung zwischen ihnen in der Längsrichtung der Strecke wird durch angenietete Flacheisen f (s. die Nebenabbildung) hergestellt. Je nach den an die Widerstandsfähigkeit zu stellenden Ansprüchen können die Profile der Winkeleisen verschieden stark gewählt werden; auch können doppelte Winkeleisen oder T- oder U-Eisen verwendet und statt der verbindenden Flacheisen Winkeleisen benutzt werden. Bei geringeren Beanspruchungen können die Querversteifungen q wegfallen.

Wie die Abbildung erkennen läßt, erfolgt nach Einbau eines Gitterringes das Einstampfen des Betons von der Sohle aus. Lose Schalen aus

[1]) Vgl. Glückauf 1916, Nr. 19, S. 389 u. f.; Goldkuhle: Neuerungen auf dem Gebiet des Schacht- und Streckenausbaues. — Ebenda 1917, Nr. 24, S. 477 u. f.; Straeter: Der Ausbau von Schächten und Grubenräumen nach dem Verfahren von Breil usw.

der Firste und den Stößen werden durch Holzverzug (s. die Firste) vorläufig gehalten. Im übrigen ist ein verlorener Ausbau nicht erforderlich.

Bei druckhaftem Gebirge wird in Abschnitten von je etwa 3 m Länge gearbeitet, indem jedesmal gleichzeitig ein solcher Abschnitt betoniert und der nächste mit Gitterringen ausgebaut wird. Günstiges Verhalten des Gebirges ermöglicht das Ausbauen und Betonieren in Sätzen von 20—25 m

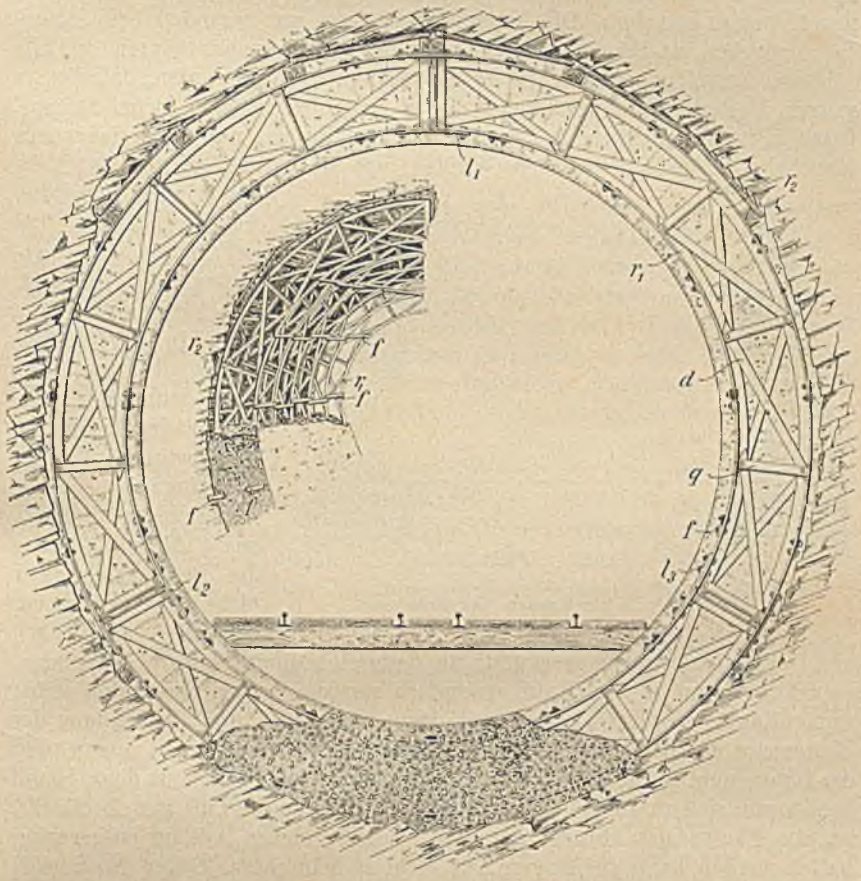


Abb. 129. Doppelspurige Richtstrecke in Breilschem Verbundausbau.

Länge. Für die Verschalung ist ein besonderes Lehrgerüst nicht erforderlich; sie wird durch Drahtschlingen an das Gitterwerk gehängt und durch verlorene Holzklötzchen im richtigen Abstand von diesem gehalten. Für gewöhnlich wird, da es sich ja um die Abwehr stärksten Druckes handelt, die Kreisform gewählt. Doch sind auch beliebige andere Querschnittsformen möglich.

Besondere Bedeutung gewinnt der Breilsche Ausbau für Maschinenräume und Füllörter in druckhaftem Gebirge. Abb. 130 läßt den Ausbau eines Füllortes der Schachtanlage Constantin der Große XI erkennen

und veranschaulicht gleichzeitig den Anschluß des Schachtausbaues an den Füllortausbau. Man erkennt daraus die Freiheit der Formgebung, wie sie dieser Verbundausbau ermöglicht, ohne die Festigkeit in den Verbindungsstellen zu stark zu beeinträchtigen.

96. — **Nachgiebigkeit beim Beton- und Eisenbetonausbau.** Der Ausbau in Beton und Eisenbeton ist an sich starr wie der Ausbau in Mauerwerk. Doch hat man neuerdings Mittel gefunden, auch diesen Ausbau nachgiebig zu gestalten. Die Notwendigkeit dazu war besonders beim Eisenbeton gegeben, da bei diesem die Kosten für Ausbesserungsarbeiten im Falle stärkerer Zerstörungen durch den Gebirgsdruck so groß werden, daß sie die ganzen Vorteile des Eisenbetons wieder zunichte machen. Beim Stampfbeton hilft man sich durch Einschaltung von Binder- und Läuferlagen aus Kantholz in den Scheitel der Gewölbe, wie sie bereits bei der Mauerung beschrieben worden sind (vgl. Abb. 122 auf S. 97). Zu verwerfen ist dagegen das Einstampfen von Holz in die Betonmasse, da das Holz sich dann nicht zusammendrücken kann. Eisenbeton wird durch Einbringung eines nachgiebigen Polsters aus Altholz hinter die Betonwand zwar nicht selbst nachgiebig gemacht, aber doch vor Gebirgsbewegungen geschützt; die dadurch bedingte größere Raumbeanspruchung kann in den Kauf genommen werden, da der Eisenbeton selbst wenig Raum erfordert. Es ist dann beim Stampfen durch Abkleidung der Hinterseite der Betonwand mittels Bretterverschalung dafür zu sorgen, daß der Beton nicht in die Hohlräume der Holzpackung dringt, damit diese Raum behält, um sich zusammenzudrücken. Da der Beton die Luft gut abschließt, ist ein Faulen des Holzes, das sonst einem solchen Ausbau entgegengehalten werden kann, für längere Zeit nicht zu befürchten. Gegen Stauchwirkungen des Pressungsdruckes in der Längsrichtung der Strecken hilft man sich durch Einschaltung von „Schiebeschlitzen“ in den Beton (vgl. S. 98).

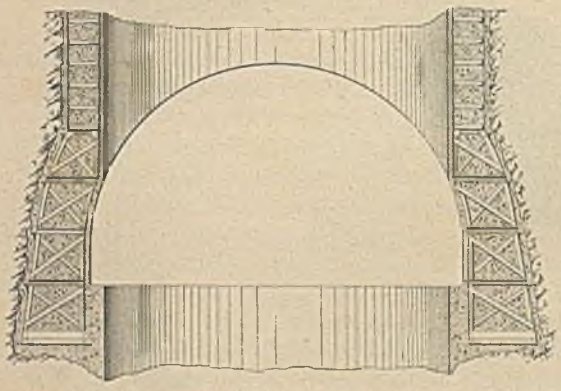


Abb. 130. Füllort in Breilschem Verbundausbau.

3. Allgemeines über die Ausbauarten in Stein.

97. — **Vergleichender Rückblick.** Der Vorteil des einfachen Betonausbaues gegenüber der Mauerung beruht hauptsächlich in dem dichten Anschluß an das Gebirge, der gleichzeitig auch dessen luftdichten Abschluß ermöglicht, in der gleichmäßigen Widerstandsfähigkeit dieses Ausbaues und in dem verhältnismäßig geringen Lohnaufwand bei seiner Einbringung. Der Betonausbau eignet sich daher besonders für solche Strecken, in denen

man bei nicht unbeträchtlichem Druck die Einwirkung von Wasser und Luft auf die Stöße verhindern und einen günstigen Durchgangsquerschnitt für den Wetterstrom erzielen will. Er kann in solchen Fällen mit geringerer Wandstärke als die Mauerung ausgeführt werden und dadurch billiger ausfallen, da nicht nur an Baustoffen, sondern auch an Hereingewinnung des Gebirges gespart wird. Bei starkem Druck ist der Beton dem Mauerwerk entschieden überlegen. Zunächst ist bei ihm infolge des dichteren Anschlusses an das Gebirge die Forderung einer gleichmäßigen Verteilung des Druckes auf den ganzen Umfang besser als bei Mauerwerk erfüllt. Ferner besitzt Stampfbeton durchweg höhere Druckfestigkeiten als Ziegelmauerwerk, da man für guten Stampfbeton mit einer zulässigen Beanspruchung von 20 kg/qcm rechnen kann, also einer Zahl, die nur bei bestem Klinkermauerwerk erreicht wird (vgl. S. 83).

Allerdings ist hier der Zementzusatz sehr wesentlich, und ein größerer Zusatz verteuert den Ausbau beträchtlich. Auch ist die Widerstandsfähigkeit des Betons weit mehr als diejenige des Mauerwerks von der Sorgfalt der Ausführung abhängig. Im übrigen leidet der Betonausbau ebenso wie die Mauerung an der geringen Biegungsfestigkeit, die wieder auf der geringen Zugfestigkeit beruht. Sobald also eine stärkere Beanspruchung in dieser Hinsicht (bei ebenflächigen oder schwach gewölbten Stellen des Ausbaues) eintritt, wird er leicht zerstört. Bei sehr druckhaftem Gebirge ist der Beton ebensowenig, vielleicht noch weniger, zu verwenden als Mauerung: auch er kann großen Drücken nicht standhalten. Ausbesserungsarbeiten aber sind dann wegen der großen Härte des Betons[1]) und wegen der Schwierigkeit, ein gutes Abbinden der neu eingefügten Teile mit den alten zu erreichen, noch schwieriger als bei Mauerwerk vorzunehmen. Jedoch können durch Einschaltung nachgiebiger Zwischenlagen diese Nachteile des Betonausbaues stark abgeschwächt werden.

Anders dagegen stellt sich der Vergleich zwischen Mauerwerk und Eisenbeton. Hier tritt die große Biegungsfestigkeit des letzteren neben seiner hohen Druckfestigkeit vorteilhaft hervor. Man vermag also bei Verwendung von Eisenbeton mit wesentlich geringeren Wandstärken als bei Mauerwerk auszukommen, weshalb er sich in vielen Fällen billiger als letzteres stellt. Außerdem aber kann er wesentlich höheren Drücken widerstehen als Mauerung, so daß für ihn eine Belastung mit 30 kg/qcm noch als zulässig erachtet wird und man, wenn auch gegenüber größeren, in Bewegung geratenen Gebirgskörpern auch dieser Ausbau in seiner gewöhnlichen Ausführung versagt, doch auch in ziemlich druckhaftem Gebirge auf Haltbarkeit des Eisenbetons rechnen kann. Allerdings hängt seine Widerstandsfähigkeit außer vom Zementzusatz noch sehr von der Zahl und Stärke der Eiseneinlagen und in noch höherem Maße als beim gewöhnlichen Beton von der sachgemäßen Ausführung ab. Der Eisenbetonausbau erscheint als besonders geeignet für den Ausbau größerer Hohlräume, wie Füllörter, Maschinenkammern, Pferdeställe, Lokomotivräume, Pumpensümpfe, Streckenkreuzungen u. dgl.

[1]) Allerdings hat man vereinzelt mit der Beseitigung zu entfernender Mauermassen durch Abbauhämmer gute Erfahrungen gemacht (vgl. Zeitschr. d. Oberschles. berg- u. hüttenmänn. Vereins 1910, Märzheft, S. 87; Gerke: Die Anwendung der Abbauhämmer im Eisenbahnschacht der Guidogrube).

Durch die Erfahrungen des letzten Jahrzehnts ist das Verwendungsgebiet des Eisenbetons in stark druckhaftem Gebirge wieder eingeengt worden. Denn die beim Zerdrücken dieses Ausbaues entstehenden Kosten sind außerordentlich groß, da das Wegspitzen des erhärteten Betons und das Zerschneiden der Eiseneinlagen äußerst langwierige und teure Arbeiten erfordern. Dabei ist der Erfolg dieser Arbeiten zweifelhaft; denn der ursprüngliche feste Verband kann in dem unruhigen Gebirge, mit dem dann gerechnet werden muß, unter keinen Umständen wieder hergestellt werden. Über die Möglichkeit, diese Kosten durch die erwähnten Mittel der Nachgiebigkeit zu vermeiden, liegen noch keine genügenden Erfahrungen vor.

Im übrigen setzt hier der Breilsche Ausbau ein, der sich eine genügende Widerstandsfähigkeit auch gegen die stärksten Drücke zum Ziele gesetzt hat und wegen seiner sehr bedeutenden Kosten (auch für den größeren Gebirgsausbruch) mit der Erreichung dieses Zieles steht und fällt. Es liegen bereits Erfahrungen vor, die es wahrscheinlich machen, daß wenigstens in einer Anzahl von Fällen dieser Ausbau bei genügend starker und sorgfältiger Ausführung halten wird. Doch kann ein abschließendes Urteil noch nicht gefällt werden. Ein besonderer Vorteil dieses Ausbaues ist jedenfalls noch, daß das Eisengerippe starr festgelegt und damit den Mängeln einer nachlässigen Ausführung, wie sie beim gewöhnlichen Eisenbeton leicht möglich ist, vorgebeugt wird.

98. — **Kostenvergleich.** Einen Vergleich zwischen den Kosten von Mauerwerk und annähernd gleich starkem Betonausbau mit und ohne Eiseneinlagen ermöglicht nachfolgende Zahlentafel, die einzelne Beispiele herausgreift. In den Gesamtkosten ist jedoch der Aufwand für den zu schaffenden Hohlraum nicht einbegriffen, welcher letztere sich aus der dritten Spalte ergibt und eine entsprechende Verringerung der Kosten für den Gebirgsausbruch bei Beton- und besonders bei Eisenbetonausbau zur Folge hat[1]).

Zusammenstellung der Kosten je lfd. Meter 2gleisiger Strecke für Ziegelmauerwerk, Beton und Eisenbeton.

(Querschnitt: Tonnengewölbe auf Scheibenmauern; lichte Breite 3,0 m, Scheitelhöhe 2,5 m)

Ausführung (I = schwächer, II = stärker)	Wandstärke	Rauminhalt der Ausbauwandung	Baustoffe					Löhne und Nebenausgaben	Insgesamt
			Steine	Mörtel	Zement	Sand, Kleinschlag usw.	Eisen		
	cm	cbm	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ
Ziegelmauerwerk I .	52	3,8	32,—	9,1	—	—	—	22,—	63,1
„ II .	52	3,8	44,—	18,7	—	—	—	22,—	84,7
Stampfbeton I (1:12)	32	2,3	—	—	11,5	11,8	—	7,5	30,8
„ II (1:6)	32	2,3	—	—	23,6	14,8	—	9,—	47,4
Eisenbeton	20	1,4	—	—	13,—	9,4	9,5	48,1	80,—

[1]) S. auch den entsprechenden Vergleich beim Schachtausbau, Abb. 175 bis 177 auf S. 134.

Dazu kommen noch die Ersparnisse, die sich schon beim einfachen Beton, ganz besonders aber beim Eisenbeton dadurch erzielen lassen, daß flachere Korbbögen an Stelle der hoch in die Firste reichenden Tonnengewölbe beim Ziegelmauerwerk hergestellt werden.

Die Kosten für den Breilschen Ausbau können für eine Strecke mit 2 m lichtem Durchmesser bei 25 cm Wandstärke auf 250—420 ℳ je lfd. Meter veranschlagt werden. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß ein solcher Ausbau wesentlich widerstandsfähiger als die eben aufgeführten Ausbauarten ist und keines verlorenen Ausbaues bedarf.

D. Allgemeine Gesichtspunkte für die Verringerung der Stein- und Kohlenfallgefahr.

99. — Einige Ratschläge der Stein- und Kohlenfall-Kommission. Die große Bedeutung, die den durch Stein- und Kohlenfälle verursachten Unfällen zukommt (vgl. Abb. 1), hat in Preußen zur Einsetzung einer Kommission zur Untersuchung der Ursachen dieser Unfälle und der zu ihrer Verringerung vorzuschlagenden Mittel geführt, die ihre Arbeiten im Jahre 1905 abgeschlossen hat. Diese Kommission hat als Schlußergebnis ihrer Untersuchungen eine Anzahl von Regeln[1]) aufgestellt, die auch jetzt noch zutreffen und ernste Berücksichtigung verdienen.

Im großen und ganzen lassen sich diese Vorschriften unter vier Gesichtspunkten zusammenfassen, nämlich:

1. Verhütung oder Verringerung gefährlicher Druckerscheinungen;
2. Besondere Maßregeln bei der Ausführung des Ausbaues;
3. Verhalten der Leute gegenüber überhängenden Massen im allgemeinen;
4. Allgemeine Maßnahmen.

100. — Verhütung oder Verringerung gefährlicher Druckerscheinungen. Es handelt sich hier darum, das Gebirge nicht unnötig, nicht zu früh und nicht in zu großem Umfange in Druck zu bringen. In dieser Hinsicht werden folgende Hauptratschläge gegeben:

1. In druckhaftem Gebirge sollen die Baufelder nicht zu groß gewählt werden. Man wird hier unter Umständen bis auf 40—50 m streichende Länge und flache Höhe heruntergehen müssen.
2. Die vorgerichteten Bauabteilungen sollen möglichst bald in Verhieb genommen werden, damit der Abbau in der Hauptsache durchgeführt sein kann, ehe sich gefährliche Druckerscheinungen zeigen. Demgemäß soll auch der einmal begonnene Verhieb rasch betrieben werden. Es wird sich unter Umständen empfehlen, in drei Schichten zu arbeiten, z. B. wenn es sich um die Gewinnung von Restpfeilern handelt.
3. Die Zahl der Abbaustrecken soll möglichst verringert werden. Ferner sollen die Abmessungen der Strecken in druckhaftem Gebirge nicht größer sein, als unbedingt erforderlich erscheint. Empfohlen wird auch

[1]) S. die auf S. 37 in Anm. [1]) erwähnten Verhandlungen und Untersuchungen dieser Kommission, S. 265 u. f.: Grundsätze zur Vermeidung von Stein- und Kohlenfall.

die gemeinsame Vorrichtung benachbarter Flöze, um auch hierdurch die Zahl der Vorrichtungstrecken beschränken zu können.

4. Die Einteilung des Baufeldes durch die Strecken soll so erfolgen, daß die Bildung von spitzwinkligen Pfeilern verhütet wird, weil deren Ecken gefährliche Stellen bilden.
5. Besondere Rücksicht ist auf diejenigen Stellen zu nehmen, an denen der Zusammenhang des Gebirges unterbrochen ist. Solche Gebiete sind einmal Verwerfungen und ferner die Grenzen alter Abbaugebiete, an denen entlang das Hangende durchgebrochen ist. Es soll nach Möglichkeit vermieden werden, in der Nähe solcher Stellen Strecken aufzufahren. Auch sollen in der Regel Verwerfungen als Abbaugrenze gewählt werden, damit sie mit dem Abbau nicht durchörtert zu werden brauchen.
6. Was den Abbau selbst betrifft, so wird naturgemäß in erster Linie der Abbau mit Versatz empfohlen und hier für gefährliche Verhältnisse dem Spülversatz der Vorzug gegeben. Der Versatz soll sorgfältig ausgeführt und — was häufig vernachlässigt wird — so rasch wie möglich nachgeführt werden, so daß der Abstand zwischen Versatz und Kohlenstoß im allgemeinen nicht 4 m überschreitet, bei besonders ungünstigem Gebirge aber auch bis auf etwa 3 m heruntergedrückt wird. Auch hier empfiehlt sich unter Umständen die Benutzung der Nachtschicht, indem diese für die Versatzarbeit mit herangezogen wird.
7. Bei der Gewinnung soll die Schießarbeit wegen ihrer schädlichen Einwirkung auf Gebirgsfestigkeit und Zimmerung um so mehr zurückgedrängt werden, je ungünstiger die Gebirgsverhältnisse sind.
8. Besondere Gefahr kann das Vorhandensein eines Nachfalles über der Lagerstätte bringen, wenn dieser zu mächtig ist, um gewonnen werden zu können. Bei genügend zäher Beschaffenheit und deutlicher Abgrenzung der obersten Kohlenbank und bei nicht zu geringer Flözmächtigkeit kann Anbau der obersten Bank zum Tragen des Nachfalls in Frage kommen.
9. Besondere Vorsichtsmaßregeln erfordert der Abbau der mächtigen oberschlesischen Flöze. Hier wird grundsätzlich dem Scheibenbau mit Versatz (besonders mit Spülversatz) der Vorzug gegeben. Soweit dieser nicht anwendbar ist, sollen nicht zu viele Pfeiler gleichzeitig in Angriff genommen werden, damit das Gebirge über dem geschaffenen Hohlraum nach Möglichkeit vor der Inangriffnahme des nächsten Pfeilers zu Bruch gehen und dieser dadurch vom Druck entlastet werden kann. Das Zubruchgehen ist in der schon von alters her üblichen Weise durch Rauben der Zimmerung zu beschleunigen. Besondere Vorsicht ist beim Abbau von Rest- und Sicherheitspfeilern anzuwenden.

101. — Vorsichtsmaßregeln beim Ausbau selbst. Hier sei zunächst mit Hilfe der Abbildungen 131—145[1]) zusammenfassend auf die verschiedenartigen Unfallmöglichkeiten hingewiesen, wie sie sich bei der Herstellung

[1]) Nach dem von der Knappschafts-Berufsgenossenschaft in Berlin herausgegebenen Merkblatt.

von Aufbrüchen, Gesenken, Querschlägen, Richtstrecken, Grund- und Teilsohlenstrecken, Überhauen und Bremsbergen in flachgelagerten, mäßig und steil geneigten Gebirgschichten ergeben und in den einzelnen Abbildungen durch kleine Pfeile angedeutet sind.

Als wichtigste Vorschläge der Kommission sind folgende zu erwähnen:

1. die Zimmerung soll nicht dem Ermessen des Hauers überlassen, sondern unter Berücksichtigung der Gebirgs- und Lagerungsverhältnisse genau vorgeschrieben werden, d. h. es soll mit „planmäßiger Zimmerung" („systematischem Ausbau") gearbeitet werden.
2. Nach Bedarf sind überhängende Massen durch verlorenen Ausbau abzufangen. Insbesondere soll beim Vorhandensein von Nachfall, Schnitten, Klüften, Sargdeckeln und in der Nähe von Bruchlinien (Störungen, Grenzen alter Abbaue) mit Vortreibezimmerung (vgl. Ziff. 58 u. f.) und sorgfältigem Verzug gearbeitet werden.
3. Eines besonders sorgsamen Ausbaues bedürfen Streckenkreuzungen aller Art und die unteren Ecken von Pfeilerstößen, da an solchen Stellen zwei zueinander senkrechte Druckkanten im Gebirge auftreten.
4. Von der Betriebsleitung ist dafür zu sorgen, daß Ausbauholz stets in genügender Menge zur Verfügung gestellt wird.
5. Auskesselungen in der Firste sind besonders zu berücksichtigen, da sie Unruhe im Gebirge anzeigen können und außerdem aus der Firste herabfallende Klötze Unfälle herbeiführen und auch die Zimmerung umwerfen können. Sie sollen entweder verfüllt oder sehr kräftig verbaut werden.
6. Für den Abbau der mächtigen Flöze in Oberschlesien werden Orgeln besonders empfohlen, falls nicht das Hangende von sehr guter Beschaffenheit ist oder das Bein gut stehenbleibt.
7. Auch des Schachtabteufens wird gedacht, indem für das Abteufen in gebrächem und druckhaftem Gebirge eine besonders vorsichtige Verpfählung der Stöße und eine sorgfältige Verspreizung des verlorenen Ausbaues verlangt wird.

102. — Besondere Maßregeln gegenüber überhängenden Massen. Überhängende Massen im Hangenden sowohl wie auch in der Lagerstätte selbst stellen eine besondere Gefahr dar. Zur Abwehr werden folgende Maßregeln empfohlen:

1. Die Gewinnungsarbeiten sollen in gesicherter Stellung, d. h. nach Möglichkeit nicht unter überhängenden Massen erfolgen, damit keine Unfälle durch herabstürzende Teile der Lagerstätte herbeigeführt werden können. Besonders bei steilem Einfallen ist Vorsicht geboten. Es wird hier grundsätzlich der Verhieb von oben nach unten empfohlen. Wird die Lagerstätte bankweise gewonnen, so wird die Gewinnung der Oberbank vor der Unterbank im allgemeinen ratsam sein; doch muß hier auf die Gewinnbarkeit beider Bänke überhaupt Rücksicht genommen werden.
2. Bei steiler Lagerung sind Schutzbühnen unter überhängenden Teilen der Lagerstätte einzubauen.
3. Mit besonderer Sorgfalt muß beim Auswechseln und beim Rauben der Zimmerung gearbeitet werden. Beim Auswechseln sollen die losen Massen vor Einbringen der neuen Zimmerung durch verlorene Stempel

Aufbrüche bzw. Gesenke.

Abb. 131.
Steiles Einfallen.

Abb. 132.
Mittleres Einfallen.

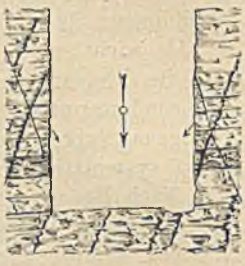


Abb. 133.
Flaches Einfallen.

Überhauen.

Abb. 134.
Steiles Einfallen.

Abb. 135.
Mittleres Einfallen.

Abb. 136.
Flaches Einfallen.

Querschläge.

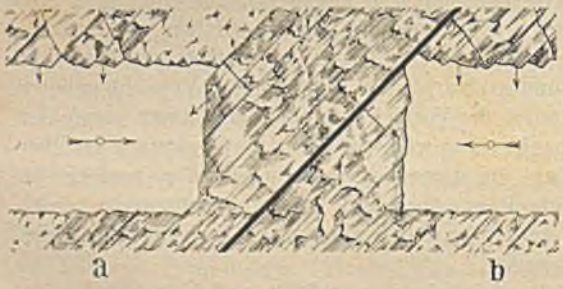


Abb. 137.
Mittleres Einfallen, Auffahren ins Liegende bzw. ins Hangende.

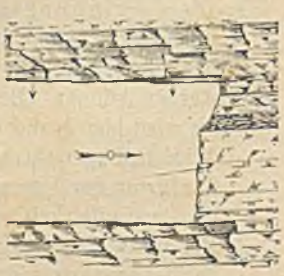


Abb. 138.
Flaches Einfallen.

Richtstrecken.

Abb. 139.
Steiles Einfallen.

Abb. 140.
Mittleres Einfallen.

Abb. 141.
Flaches Einfallen.

Flözstrecken.

Abb. 142.
Steiles Einfallen.

Abb. 143.
Mittleres Einfallen.

Abb. 144.
Flaches Einfallen.

Abb. 145.
Gefährdung des Abbau- und Streckenbetriebes durch Einlagerungen im Hangenden.

u. dgl. abgefangen werden. Das Rauben soll nur unter Aufsicht erfahrener Hauer und bei großer Ruhe in der Nachbarschaft, d. h. nicht in der Förderschicht, vorgenommen werden.

4. Bei der Schießarbeit ist das Bereißen nach dem Schuß mit besonderer Vorsicht auszuführen. Da die Nachschwaden die Beobachtung des Gebirges erschweren, so soll vor dem Bereißen ihr Abziehen abgewartet werden. Nach Möglichkeit soll jede Kameradschaft das Bereißen der von ihr abgetanen Schüsse selbst vornehmen.

103. — **Maßnahmen allgemeiner Natur.** Außer den vorstehend behandelten Einzelmaßregeln kommen noch gewisse allgemeine Grundsätze in Betracht, deren wichtigste folgende sind:

1. In großen Räumen (beim Schachtabteufen, beim Ausbau mächtiger Flöze, beim Ausschießen von Füllörtern und anderen großen Hohlräumen) ist für gute Beleuchtung zu sorgen.
2. Ferner ist die Überwachung der Leute durch die Beamten wesentlich. Diese wird erleichtert durch die Bildung kleiner Steigerabteilungen und bei besonders gefährdeten Betriebspunkten durch deren zweimalige Befahrung während einer Schicht.
3. Endlich sollen die Beamten fortgesetzt durch Belehrung die Arbeiter auf die verschiedenen Möglichkeiten von Unfällen durch Stein- und Kohlenfall und auf die Wichtigkeit der dagegen zu treffenden Maßregeln aufmerksam machen. Das gilt besonders für Gruben mit einer größeren Anzahl fremd zugezogener Arbeiter, wie sie im Ruhrbezirk eine große Rolle spielen.

104. — **Verbauregeln.** Der in Ziff. 101 unter 1. erwähnte planmäßige Ausbau ist bereits früher verschiedentlich in Anwendung gewesen und seit dem Schlußbericht der Stein- und Kohlenfallkommission in größerem Umfange eingeführt worden. Gegenwärtig müssen auf den preußischen Steinkohlengruben Verbauregeln von den Verwaltungen erlassen werden. Diese werden zweckmäßig je nach der Beschaffenheit des Nebengesteins, der Mächtigkeit des Flözes, dem Fallwinkel, dem Vorhandensein oder Fehlen von Nachfall und je nach dem Abbauverfahren verschieden ausgearbeitet; außerdem wird in ihnen der Ausbau in Strecken und im Abbau gesondert behandelt. Sie betreffen die Art des Ausbaues, die Abstände der Türstöcke in der Strecken-, der Stempel und Kappen in der Abbauzimmerung, Art und Dichtigkeit des Verzuges u. dgl. Hierhin gehören auch andere Vorschriften, wie z. B. die, daß Strecken in festem Sandstein mit ausgerundetem Querschnitt aufgefahren werden sollen, daß im Abbau der Bergeversatz nicht weiter als 4 m vom Kohlenstoß entfernt bleiben soll usw.

II. Der Schachtausbau.

105. — **Vorbemerkungen.** Auf dem Gebiete des Grubenausbaues nimmt der Schachtausbau eine besondere Stellung ein, da in Schächten das mit dem Ausbau zu verbindende „Tragewerk" für die Leitbäume, Fahrten, Rohrleitungen usw., das hier als „Einbau" bezeichnet zu werden pflegt, von weit größerer Bedeutung als beim Strecken- oder Bremsbergausbau ist.

Allerdings greift der Schachteinbau auch in andere Gebiete über: im Abschnitt „Aus- und Vorrichtung“ (s. Bd. I) ist er bei der Einteilung der Schachtscheibe gestreift worden, und auch im Abschnitt „Schachtförderung“ muß von ihm gesprochen werden.

Der Schachtausbau ist für die Kosten des Schachtabteufens von erheblicher Bedeutung, da er gewöhnlich die Höhe der Gesamtaufwendungen stark beeinflußt und unter Umständen mehrfach soviel wie die Herstellung des Schachtes selbst kostet. Von der Wahl des Ausbaues hängt ferner die Querschnittsform des Schachtes ab, da man z. B. den hölzernen Ausbau nur für rechteckige, die Mauerung nur für runde oder viereckig-gewölbte und den Ausbau mit Gußringen nur für runde Schächte verwenden kann. Schließlich ist für das Gelingen des Wasserabschlusses die Wahl des Ausbaues entscheidend. Bei mächtigerem Deckgebirge und erheblichem Drucke der darin stehenden Wassersäule wird man z. B. stets auf den Gußringausbau als den unter diesen Umständen allein wasserdichten Ausbau zurückgreifen müssen.

Bei blinden Schächten brauchen nicht so hohe Anforderungen an den Ausbau gestellt zu werden, da es sich bei ihnen um geringe Fördergeschwindigkeiten und -leistungen handelt.

Auch beim Schachtausbau ist Nachgiebigkeit erwünscht, und zwar insbesondere solche in senkrechter Richtung, um eine allmähliche Verkürzung der Schachtröhre zu gestatten. Mit der wachsenden Tiefe, in der der Abbau umgeht, nehmen die zur völligen Schonung des Schachtes erforderlichen Sicherheitspfeiler infolge der zu berücksichtigenden Bruchwinkel (vgl. Bd. I, „Sicherheitspfeiler beim Steinkohlenbergbau“) einen so außerordentlichen Umfang an, daß die dadurch erwachsenden Abbauverluste nicht mehr getragen werden können. Man bemißt deshalb die Sicherheitspfeiler kleiner, als sie bei völliger Sicherstellung der Schächte bemessen werden müßten, oder aber man entschließt sich zum völligen Abbau der Flöze bis an den Schacht. Im ersteren Falle unterliegen die Schächte in ihren oberen Teilen, im zweiten auch in den unteren mehr oder weniger starken Bewegungen, deren Wirkungen durch Nachgiebigkeit des Ausbaues Rechnung getragen werden muß. Bemerkenswert ist, daß in letzterem Falle auch — allerdings nur örtliche — Längungen der Schachtröhre eintreten können, die den Ausbau auf Zerrung beanspruchen. Dies tritt ein, wenn das Gebirge oberhalb des Abbaufeldes schichtenweise niedergeht und die oberen harten und tragfähigen Schichten noch standhalten, während die unteren sich bereits gesenkt haben[1]). In der die Abbauwirkungen darstellenden Abb. 399, S. 423, Bd. I, 4. Aufl. dieses Werkes sind solche Verhältnisse veranschaulicht.

Im folgenden soll zunächst der Ausbau mit Gevierten und schmiedeeisernen Ringen und Verzug und sodann der geschlossene Ausbau besprochen und dabei wieder nach den Ausbaustoffen der Ausbau in Holz, Eisen und Mauerung gesondert behandelt werden.

[1]) Glückauf 1921, Nr. 44, S. 1057 u. f.: Marbach: Einwirkungen des Abbaues auf Schächte im Ruhrbezirk und Maßnahmen zu ihrer Verhütung.

A. Der Ausbau mit Gevierten und schmiedeeisernen Ringen mit Verzug.

a) Der Geviertausbau in Holz.

106. — **Allgemeines.** Bei dem Holzausbau von Schächten bildet ein aus vier Hölzern zusammengesetzter rechteckiger Rahmen, das Geviert, den Hauptbestandteil der Zimmerung. Die langen Hölzer des Rahmens heißen Jöcher, die kurzen werden Kappen (auch kurze Jöcher oder Heithölzer) genannt. Die Verbindung der einzelnen Hölzer zu Gevierten muß sowohl den Seitendruck als auch die nach oben oder unten gerichteten Schubkräfte aufzunehmen gestatten. Das wird durch Verblattungen ermöglicht, für welche die Abbildungen 146 und 147 Beispiele geben. Die einfachste Verblattung ist diejenige nach Abb. 146, bei der jedes Holz sich mit einem Zapfen in einen Einschnitt des anderen legt (vgl. auch Abb. 148). Die Stärkeverhältnisse zwischen den beiderseitigen Zapfen sind nach der Richtung des stärksten Seitendruckes zu bemessen. Größere Sicherheit gegen Schiefstellung der Hölzer gegeneinander gewährt die zusammengesetzte Verblattung nach Abb. 147, bei der zu der wagerechten noch eine senkrechte Verblattung hinzutritt. Die Hölzer werden scharfkantig zugeschnitten oder auch rund benutzt und um so stärker gewählt, je größer der Querschnitt des Schachtes und der zu erwartende Druck ist. Man bevorzugt für wichtigere Schächte Eichenholz; aber man findet auch häufig Tannen- oder Fichtenholz. Bei stärkerem Einfallen der Schichten pflegt man den kurzen Stoß in das Gebirgstreichen zu legen, weil dann der größere Druck auf die kürzeren Hölzer entfällt.

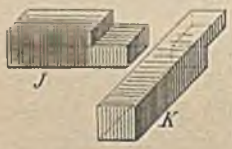


Abb. 146. Einfache Verblattung.

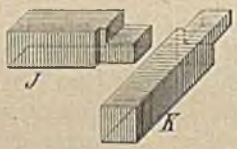


Abb. 147. Zusammengesetzte Verblattung.

107. — **Ganze Schrotzimmerung und Bolzenschrotzimmerung.** Der Ausbau ist entweder ganze Schrotzimmerung oder Bolzenschrotzimmerung (Abb. 148 und 149). Die ganze Schrotzimmerung besteht darin, daß ein Geviert unmittelbar auf dem anderen liegt, wobei ein Verzug der Stöße sich erübrigt. Diese Zimmerung wird namentlich dann angewandt, wenn ein besonders hoher Gebirgsdruck zu erwarten ist, z. B. in Störungen oder, wenn Brüche bereits den Zusammenhang des Gebirges gestört haben.

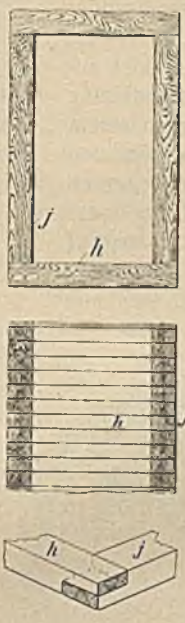
In früheren Jahren hat man namentlich im belgischen Bergbau versucht, die ganze Schrotzimmerung aus rechteckig geschnittenen, sorgfältig behobelten Hölzern wasserdicht herzustellen, indem man die Fugen durch Eintreiben von Moos und geteerten Hanffäden verdichtete, was auch bei nicht zu starken Drücken in gewissem Maße gelang. Man nannte einen solchen Ausbau „hölzerne Küvelage".

Bei der Bolzenschrotzimmerung (Abb. 149) liegen die einzelnen Gevierte in einem gewissen Abstande voneinander und sind durch Bolzen *b* verstrebt. Der Abstand der einzelnen Gevierte beträgt meistens 1 m, geht aber bei druckhaftem Gebirge auch bis auf etwa 30 cm herunter.

Ungefähr in Abständen von 5—10 m werden zur Entlastung der Gevierte Tragehölzer in das Gebirge eingebühnt. Die Gebirgstöße werden durch einen Verzug aus eichenen oder tannenen Brettern gehalten.

In festem Gebirge erfolgt das Abteufen und Ausbauen des Schachtes absatzweise, d. h. der Schacht wird zunächst ein Stück abgeteuft und sodann der Ausbau von unten nach oben eingebracht. Ist das Gebirge nicht widerstandsfähig, so wendet man die Unterhängezimmerung an. Es wird hierbei die Schachtsohle jedesmal nur so weit niedergebracht, daß ein neues Geviert eingebaut werden kann, das vorläufig durch eiserne Klammern am nächsthöheren Geviert aufgehängt wird.

Zur Verstärkung der langen Jöcher kann man sowohl bei der Bolzen- wie bei der ganzen Schrotzimmerung senkrechte Wandruten *w* (Abb. 149) einbauen, die durch Stempel oder Spreizen *s* gegen die Jöcher *j* angedrückt werden. Gewöhnlich dienen diese Verstärkungen gleichzeitig zur Einteilung des Schachtes in einzelne Trumme.



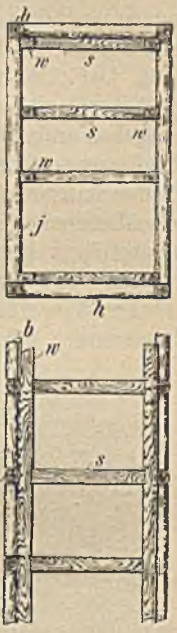


Abb. 148. Ganze Schrotzimmerung.

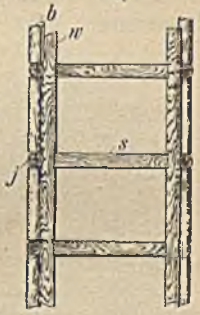


Abb. 149. Bolzenschrotzimmerung.

108. — Anwendbarkeit, Kosten. Im allgemeinen wendet man bei wichtigeren Förderschächten, die für eine längere Zeitdauer bestimmt sind, den Holzausbau nicht mehr an. Im Oberbergamtsbezirk Dortmund ist er für zutage ausgehende neue und auch für weiter abzuteufende alte Schächte gänzlich verboten. Nur für tonnlägige Schächte, die auf der Lagerstätte niedergebracht werden und deshalb in der Regel recht eckigen Querschnitt besitzen, wird der Holzausbau auch heute noch vorteilhaft sein können. Häufiger findet man ihn im Braunkohlenbergbau, wo vielfach enge Schächte von geringer Tiefe und kurzer Lebensdauer vorkommen.

In großem Umfange dagegen bedient man sich des Holzausbaues in blinden Schächten, da diese in der Regel rechteckigen Querschnitt erhalten und nicht sehr lange zu stehen brauchen und in ihnen wasserdichter Ausbau nicht in Frage kommt.

Hier wird Holz um so lieber gebraucht, als es dem Ausbau von vornherein eine gewisse Nachgiebigkeit verleiht, die jederzeit durch Lüften, d. h. durch Abreißen abgedrückter Gesteinschalen, noch erhöht werden kann. Häufig sucht man auch den Ausbau durch eine Altholz- oder Faschinenpackung gegen die Gebirgsbewegungen zu sichern. Am besten gelingt dies bei flacher Lagerung, so daß man in diesem Falle den Abbau der

Flöze ohne Einschränkung bis an den Blindschacht heranführt, wobei naturgemäß eine vorübergehende Beunruhigung der Schachtzimmerung in den Kauf genommen werden muß.

Bei steiler Lagerung ist der Abbau in der Nähe der blinden Schächte bedenklicher, weil hier die Abbauwirkungen sich teilweise in Schubbewegungen gleichlaufend zur Fallrichtung umsetzen (vgl. Bd. I, „Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaues"). Jedoch zeigt die Darstellung eines Blindschachtausbaues auf Zeche Consolidation nach Abb. 150 und 151, daß sich auch bei steilem Einfallen eines den Schacht durchsetzenden Flözes ein genügender Schutz des Ausbaues erzielen läßt. Der Ausbau ist hier zunächst mit einer Sandpackung umgeben und dann in weiterem Umkreise am Oberstoß und den beiden Seitenstößen durch einen geschlossenen Halbring von Holzpfeilern gestützt, worauf noch eine am Unterstoß stärker ausgeführte trockene Bergemauer folgt.

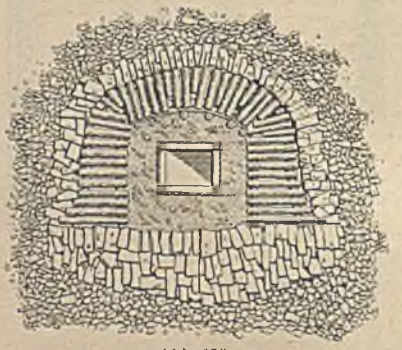


Abb. 150.

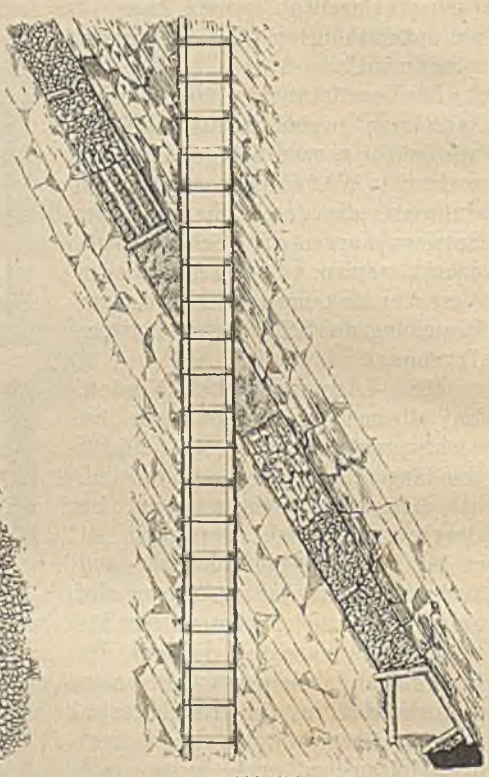


Abb. 151.

Blinder Schacht im alten Mann eines steilgelagerten Flözes.

Die Kosten des Holzausbaues schwanken je nach dem Querschnitte der Schächte, dem Abstande der Gevierte voneinander und der Stärke des Holzes in weiten Grenzen. Für einen Schacht von 3:5 m mit starken, in Abständen von 1 m eingebauten Eichenholzgevierten und gutem, eichenem Bretterverzug sind z. B. die Kosten auf 180 ℳ je Meter zu schätzen, wobei etwa 120 ℳ auf das Holz und 60 ℳ auf Löhne entfallen. Enge Schächte mit nur wenigen Quadratmetern Querschnitt sind natürlich entsprechend billiger. Einen einfachen Bremsschacht von 1,9:3,0 m in Holz auszubauen, kostet etwa 120 ℳ je Meter.

109. — **Schachteinbau in Holz.** Der „Einbau", der zum Tragen der Schachtleitungen, Fahrten usw. und zur Abtrennung der einzelnen

Trumme gegeneinander dient, wird bei rechteckigen Schächten in Holzzimmerung durch Einstriche gebildet, die gleichzeitig eine Versteifung bedeuten und deshalb in jedem Gevierte angebracht werden. Nur bei ganzer Schrotzimmerung nimmt man natürlich von einer ununterbrochenen Aufeinanderfolge der Einstriche Abstand, bringt vielmehr Wandruten an, zwischen denen in Entfernungen von etwa 1 m Einstriche eingebaut werden.

Die Verbindung der Einstriche mit den Jöchern erfolgt in der Regel durch Verschwalbung (vgl. Abb. 63 und 64, S. 57), oder durch Verblattung (Abb. 148). An den Wandruten werden die Einstriche meistens durch Einkerben der letzteren in der Weise befestigt, wie dies Abb. 149 darstellt.

b) Der Profileisenausbau.

110. — Ausbau rechteckiger Schächte. Man kann einen Ausbau mit schmiedeeisernen Gevierten und einen solchen mit Ringen unterscheiden, je nachdem es sich um rechteckige oder runde Schächte handelt. Der eiserne Ausbau mit Gevierten wird für rechteckige Schächte namentlich dann gern benutzt, wenn die Auswechslung eines alten Holzausbaues in Frage kommt. Die Gevierte werden aus I-Eisen (Abb. 152), aus ⌊-Eisen oder auch aus zwei mit den Rücken aneinander genieteten ⌊-Eisen (Abb. 153) zusammengesetzt. Die Teile stoßen in den Ecken mit schrägem Schnitt gegeneinander und werden verlascht (Abb. 152), oder sie werden ähnlich wie Hölzer miteinander verblattet. Es läßt sich dies, wie Abb. 153 zeigt, besonders gut machen, wenn zwei ⌊-Eisen in der erwähnten Weise miteinander ver-

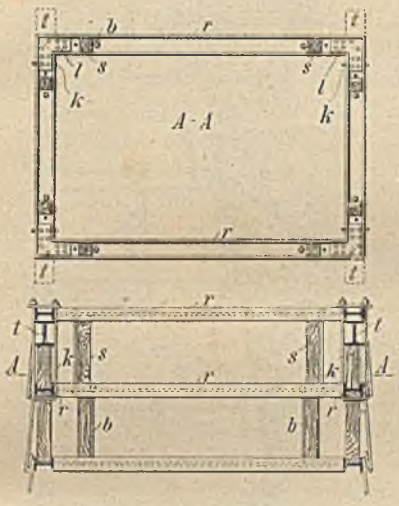


Abb. 152.
Schachtgeviert aus I-Eisen.

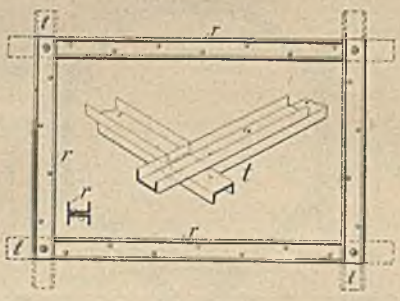


Abb. 153.
Schachtgeviert aus doppeltem ⌊-Eisen.

nietet sind. Der Abstand der Gevierte voneinander richtet sich nach der Gebirgsbeschaffenheit und beträgt etwa 1 m. Um das Gewicht des Ausbaues auf das Gebirge zu übertragen, baut man von Zeit zu Zeit entweder Trageeisen *t* (Abb. 152) ein und verbindet die einzelnen Gevierte durch Bolzen *b* miteinander, oder man schiebt in gewissen Abständen ein Geviert mit verlängerten Eisen in der aus Abb. 153 mit gestrichelten Linien kenntlich

gemachten Art ein, dessen überragende Enden *t* in das Gebirge eingebühnt werden. Im übrigen entspricht der Ausbau dem Holzausbau.

Die Einstriche lassen sich an Winkeleisen, die mit dem Eisen des Geviertes verschraubt werden, leicht und sicher befestigen.

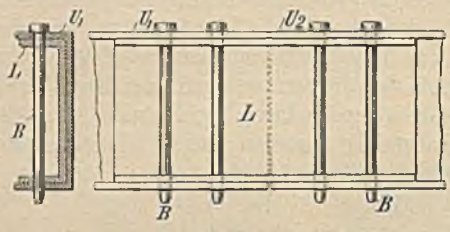


Abb. 154.
Verbindung der Segmente bei Schachtringen.

Die Kosten des eisernen Ausbaues von viereckigen Schächten sind erheblich größer als die des Holzausbaues. Man kann etwa annehmen, daß bei einem Schachte von 4 : 4 m und bei einer Entfernung der Gevierte von 1 m der eiserne Ausbau 300 ℳ je 1 m kostet, wovon 210 ℳ auf den Baustoff und 90 ℳ auf Löhne zu rechnen sind.

111. — **Ausbau runder Schächte.** Der Ausbau mit schmiedeeisernen Ringen ist in der Regel ein vorläufiger (verlorener) und nur in Ausnahme-

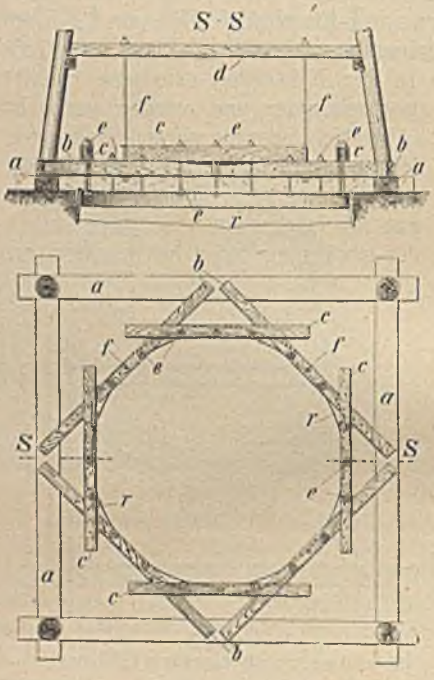


Abb. 155. Aufhängung des ersten Ringes unmittelbar unter der Tagesoberfläche.

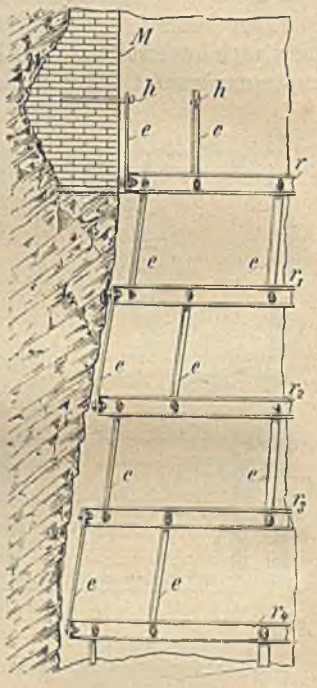


Abb. 156. Verbindung der Schachtringe untereinander durch angeschraubte Flacheisen.

fällen ein endgültiger. Als vorläufiger Ausbau eignet sich der Ringausbau vorzüglich zur einstweiligen Sicherung der Stöße und zum Schutze der im Schachte arbeitenden Mannschaft, wenn der Schacht später durch Mauc-

rung oder Gußringausbau ausgekleidet werden soll. Man setzt die Ringe aus einzelnen Segmenten zusammen, die etwa je 3—4 m lang sind, so daß auf einen Schacht von 5 m lichtem Durchmesser 4 Segmente entfallen. Bei größeren Schachtdurchmessern steigt die Zahl der Segmente auf 6. Der Querschnitt der Ringe ist gewöhnlich ⊔-förmig (N. P. 20). Die Enden der Segmente stoßen stumpf voreinander und werden, wie dies Abb. 154 zeigt, durch eingelegte Laschen und hindurchgesteckte Bolzen miteinander verbunden.

Statt der Ringe aus ⊔-Eisen hat man gelegentlich auch solche aus anderen Profileisen, insbesondere aus Schienen oder I-Trägern benutzt. Doch eignen sich diese Formen wegen der schwierigeren Herstellung der Verbindungen weniger.

Beginnt der Ausbau mit Ringen unmittelbar an der Tagesoberfläche, so muß der erste Ring an besonderen Trägern aufgehängt werden. Abb. 155 zeigt hierfür eine Ausführung, welche die Schachtscheibe frei läßt. Auf den Schachtrahmen *a a* sind als Träger die Balken *b b* und darüber als Hilfsträger die kürzeren Balken *c c* gelegt. An Trägern und Hilfsträgern hängt mittels Schraubenbolzen *e e* der Ring *r*. Zum Teil ist die Last durch die Bolzen *f f* auch auf das Geviert *d* und damit auf die Rüstbäume übertragen.

Beginnt der Ausbau im Schachte unterhalb eines Mauerfußes, so kann die Aufhängung der Ringe nach Abb. 156 an eingemauerten Bolzen *h* erfolgen.

Abb. 157. Abstützen der Schachtringe durch hölzerne Streben.

Abb. 158. Gewöhnlicher Verzug der Stöße.

Abb. 159. Verzugbretter mit Aufsatzklötzchen.

Im Schachte selbst werden zur Unterstützung des Ausbaues in Abständen von etwa 6—8 m Bolzen in das Gebirge getrieben, oder man stützt die Ringe durch eingeschlitzte hölzerne Streben (Abb. 157).

Die Ringe können durch einfache, lose Haken (vgl. die Abbildungen 157 und 166) aneinander aufgehängt oder durch verschraubte Laschen (Abb. 156) miteinander verbunden werden. Der Verzug der Stöße erfolgt in der durch Abb. 158 dargestellten Art oder noch einfacher nach Abb. 159 durch Eichenholzbretter *v*, die mit den aufgenagelten Klötzchen *k* auf den unteren Ring *r* aufgesetzt werden. Häufig verwendet man auch die in Abb. 160 dargestellten Eisenbleche *b*, die eine Stärke von 3—5 mm besitzen und durch ein oben zu einem Haken umgebogenes Flacheisen *v* verstärkt sind. Die Bleche werden mit dem Haken einfach am oberen Ringe aufgehängt, so daß das Anbringen und auch das Fortnehmen dieses Verzuges besonders leicht und bequem vor sich geht. Ein Nachteil ist der geringe Biegungswiderstand der Bleche, falls das Gebirge drückt.

Die Ringe sowohl wie der Verzug können bei einem und demselben Abteufen mehrfach benutzt werden, da sie beim Hochziehen der Mauerung oder Aufbau des Gußringsabsatzes für die Wiederverwendung frei werden. Dementsprechend sind die Kosten, ganz abgesehen von den einfacheren Verbindungen, geringer als beim endgültigen Ausbau.

Als endgültiger Ausbau kommen schmiedeeiserne Ringe, da sie einem stärkeren Gebirgsdrucke nicht gewachsen sind, nur in völlig druckfreiem Gebirge in Anwendung. Die Unterschiede gegenüber dem vorläufigen Ausbau liegen darin, daß die einzelnen Segmente durch verschraubte Laschen und die Ringe durch verschraubte Streben *s* (Abb. 161 und 162) miteinander verbunden werden. Der Verzug erfolgt zweckmäßig durch eichene Pfähle, die dicht aneinander gelegt werden.

Zur Unterstützung des Ausbaues werden in Abständen von 6—8 m Träger aus Holz oder Eisen in das Gebirge eingebühnt, die da, wo die Ein-

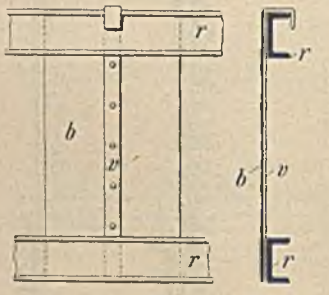


Abb. 160.
Verzugsblech.

Abb. 161.

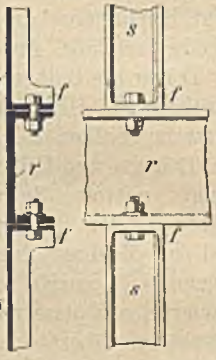


Abb. 162.
Verbindung der Schachtringe durch eiserne Streben.

teilung des Schachtes es gestattet, gleichzeitig als Einstriche dienen können. Beim Einbau der Ringe ist auf sorgfältiges Einloten zu achten, wobei die Ringe durch eingetriebene Keile genau in die richtige Lage zu bringen sind.

Der Ausbau mit eisernen Ringen ist wegen des geringen Eisenverbrauches und des einfachen Zusammenbaues verhältnismäßig billig und ist bei einem Schachte von 5 m lichtem Durchmesser auf etwa 220 ℳ je Meter, und zwar auf 170 ℳ für Baustoffe und 50 ℳ für Löhne zu schätzen.

B. Geschlossener Ausbau von Schächten.

a) Die Mauerung.

112. — Einleitende Bemerkungen. Vierbögige und elliptische Schachtmauerungen (vgl. Bd. I. Abschnitt „Schachtscheibe") stellen eine Anpassung der Mauerung an den rechteckigen Querschnitt dar und werden jetzt für neue Schächte nicht mehr ausgeführt. Nur dort, wo es darauf ankommt, einen alten, rechteckigen Holzschacht nachträglich in Mauerung zu setzen, wird man diese Schachtform bei der Mauerung noch beibehalten.

Die neuen, ausgemauerten Schächte besitzen sämtlich eine kreisrunde Schachtscheibe, die mit Rücksicht auf das zwischen dem freien Schachtquerschnitt und dem Mauerinhalt bestehende, günstige Verhältnis und auf die gleichmäßige und sehr hohe Widerstandsfähigkeit gegen äußeren Druck zweifellos am empfehlenswertesten ist.

113. — **Steine und Mörtel.** Was die Baustoffe betrifft, so wird hier auf den Abschnitt „Grubenausbau" dieses Bandes, S. 81 u. f., Ziff. 72 — 78 verwiesen. Jedoch sind für Schachtmauerung noch einige zusätzliche Bemerkungen zu machen. Von den Ziegeln sind bei trockenem Gebirge solche, die aus Tonschiefer hergestellt sind, wegen ihrer größeren Festigkeit den Lehmziegeln vorzuziehen. Diese aber sind bei Wasserzuflüssen geeigneter, weil infolge ihrer Rauheit der Mörtel sich besser mit ihnen verbindet und das ganze Mauerwerk dichter wird.

Reiner Luftmörtel (1 Teil Kalk, 2—3 Teile Sand) wird nur da angewandt, wo das Gebirge vollkommen trocken ist. Bei mäßigen Wasserzuflüssen ersetzt man den Sand teilweise durch Traß, bei stärkeren wählt man Zementmörtel, der aus 1 Teil Zement und 2—3 Teilen Sand besteht. In manchen Fällen hat man auch Kalk- und Zementmörtel vermischt angewandt. Für größeren Wasserdruck eignet sich am besten Zementmörtel, der freilich auch am teuersten ist. Es kostet 1 t Zement ungefähr 40—50 ℳ, 1 t Kalk ungefähr 13—14 ℳ.

Sind Salzwasser abzuschließen oder soll der Mörtel an Salz abbinden, so wählt man am besten, trotz der etwa dreifach höheren Kosten, Magnesiazement (s. Ziff. 77, S. 87). Doch bindet auch gewöhnlicher Zement an Salz und in Salzwasser ab, wenn man die Vorsicht gebraucht, ihn mit einer 20- bis 25-prozentigen Sole anzurühren.

114. — **Mauerungs-Absätze.** In Schächten von geringer Teufe (bis etwa 100 m) erfolgt bei genügend standhaftem Gebirge das Ausmauern in einem Satze, nachdem der Schacht fertig abgeteuft ist. Sind Wasserzuflüsse vorhanden, so kann man den Wasserspiegel mit dem Hochziehen der Mauerung aufsteigen lassen, damit der Mörtel entlastet unter Wasser abbinden und erhärten kann.

Bei allen tieferen Schächten erfolgt die Ausmauerung absatzweise, wobei die Höhe der einzelnen Absätze je nach der Festigkeit des Gebirges und dem Auftreten von Schichten, die sich für das Ansetzen des Mauerfußes eignen, verschieden ist. Sie beträgt im Kreidemergel durchschnittlich 40 m, im Tonschiefer 50 m und im Sandstein 60—80 m.

115. — **Mauerfüße.** Jeder Absatz muß in widerstandsfähigem Gebirge einen Mauerfuß erhalten, der imstande ist, das darüber aufgeführte Mauerwerk bis zum Abbinden und Erhärten zu tragen. Später trägt die mit den Unebenheiten der Schachtstöße durch das Abbinden des Mörtels und die Wirkung des Gebirgsdruckes fest verwachsene Mauerung sich selbst, und der Mauerzylinder zeigt keine Neigung zum Rutschen. Man unterscheidet den einfach konischen (Abb. 163) und den doppelt konischen (Abb. 164) Mauerfuß. Beide Formen setzen das Stehenlassen einer Gesteinsbrust voraus, die nachträglich unter Vermeidung der wegen der Erschütterungen schädlichen Schießarbeit in zeitraubender und kostspieliger Arbeit weggespitzt werden muß, wenn der untere Mauerabsatz an den oberen angeschlossen werden soll.

Der einfach konische Mauerfuß ist, da der Druck der Mauer ausschließlich senkrecht nach unten zur Äußerung kommt, nur bei gutem, festem Gebirge, der doppelt konische wegen der Übertragung der Druckwirkung schräg nach außen auf die Stöße auch in weicheren Schichten anwendbar. Bei gutem Gebirge kann man auf eine breite Druckfläche verzichten und das untere Ende der Mauerung hohlkegelförmig in das Gebirge einschneiden (Abb. 165). Man kann also den Schacht, ohne eine Gesteinsbrust stehenzulassen, mit dem vollen Durchmesser weiter abteufen. Es ist zweckmäßig, nach Aufmauerung des Hohlkegels den Mörtel erst erhärten zu lassen, ehe man die Mauer höher führt. Die Verbindung der beiden Mauerabsätze wird wegen der großen,

Abb. 163. Einfach konischer Mauerfuß.

Abb. 164. Doppelt konischer Mauerfuß.

Abb. 165. Hohlkegelförmiger Mauerfuß.

Abb. 166. Mauerung auf einer Bretterunterlage.

treppenförmig abgestuften Fläche besonders dicht und innig. Häufig kann man ohne Schaden den Hohlkegel sich schnell verengern lassen, derart, daß jede Ziegelsteinlage innen und außen einen halben Stein nach innen vorspringt und bei einer zwei Steine starken Mauerung schon nach acht Lagen der regelmäßige Durchmesser des Schachtes wieder erreicht ist, wie dies für die innere Begrenzung durch die punktierte Linie der Abb. 165 veranschaulicht wird.

Unter Umständen hat man auch wohl auf eine Verlagerung des Mauerfußes im Gebirge ganz verzichtet und die Mauerung auf einer einfachen Bretterunterlage, die teils an Pflöcken *b* hängt und teils von Pflöcken b_1 getragen wird (Abb. 166), begonnen. Freilich kann man so nur vorgehen, wenn das Gebirge mit festen, vorspringenden Ecken und Kanten bricht und die Mauerstärke gering ist. Für die Abteufarbeit ist dieses Verfahren am bequemsten und billigsten, da weder eine Gesteinsbrust wie bei den

konischen Mauerfüßen stehenzubleiben braucht, noch der Gebirgstoß über das durch den Schachtdurchmesser und die Mauerwandstärke gegebene Maß hinaus, wie dies für den hohlkegelförmigen Fuß erforderlich ist, angegriffen wird.

Wo Wasserzuflüsse vorhanden sind, die durch die Mauerung abgesperrt werden sollen, kann man diese auf einen Keilkranz (s. S. 144 u. f., Ziff. 132 u. f.) als Unterlage setzen, der verhütet, daß das Wasser um den Fuß herum in den Schacht fließt. Einen wirklichen Nutzen wird der Keilkranz aber nur in dem Falle bringen, daß es gelingt, die Mauerwand selbst wasserdicht herzustellen. Über diese schwierige Aufgabe folgt unter Ziff. 117 Näheres.

116. — Ausführung der Mauerung. Bei der gewöhnlichen Art des Mauerns ruht unterdessen die Arbeit auf der Sohle des Schachtes. Vielfach hat man aber auch gleichzeitig abgeteuft und ausgemauert. Dieses Verfahren ermöglicht erheblich höhere Abteufleistungen, ist jedoch in jedem Falle mit einer erhöhten Gefahr für die auf der Sohle arbeitenden Leute verknüpft. Man pflegt es da anzuwenden, wo ein mächtiges Deckgebirge vorhanden ist und es auf tunlichste Beschleunigung der Abteufarbeit ankommt. Der Mauerung pflegt man gewöhnlich eine Mindeststärke von 1½—2 Steinen zu geben. Die Haltbarkeit der Mauer wird durch einen guten Anschluß an das Gebirge erhöht, weshalb man sorgsam Hohlräume vermeiden soll. Auch hintergepackte Berge stören den Verband. Noch schädlicher ist Holz, da es allmählich vermodert und seine Bestandteile vom Wasser fortgetragen werden. Der Verband ist gewöhnlich der Kreuz- oder auch der Binderverband (s. S. 88), seltener der Blockverband. Wasserzugänge werden, um nicht das Mauerwerk vor dem Erhärten unter Druck kommen zu lassen, durch Abflußrohre *r* (Abb. 167) abgefangen, die das Wasser zunächst aus einer rund um den Schachtstoß gespitzten Sammelrinne ungehindert in den Schacht treten lassen. Erst nach Erhärten des Mörtels schließt man die Rohre durch Holzpfropfen oder Blindflanschen. Auch vor Tropf- und fallendem Wasser wird die in der Herstellung begriffene Mauerung durch Traufdächer geschützt, oder man legt um die Stöße ein nach der Stoßseite offenes, ringförmiges Gerinne *g* (Abb. 168), das an das Gebirge durch Lettenverschmierung Anschluß erhält. Aus dem Gerinne muß das Wasser nach dem Schachtsumpfe hin abgeleitet werden, wenn man es nicht gleich zur Verminderung der Wasserhaltungskosten von der Sammelstelle unmittelbar zutage heben kann.

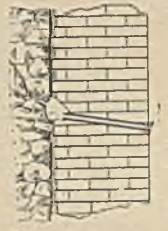


Abb. 167. Abflußrohr in der Schachtmauerung.

Abb. 168. Wasserrinne am Schachtstoß.

117. — Wasserdichte Schachtmauerung. Wie bereits gesagt, ist die Herstellung einer dauernd wasserdichten Schachtmauerung außerordentlich schwierig, namentlich dann, wenn es sich um größere Teufen handelt. Ziegelsteine und Mörtel sind stets porös und bis zu einem gewissen Grade durchlässig. Das ist um so mehr der Fall, je höher der Druck ist.

Es kommt hinzu, daß Ziegelmauerwerk an sich schon den in Frage kommenden Drücken nur unvollkommen gewachsen ist. Es folgt dies daraus,

daß die zulässige Druckbelastung für Zementmauerwerk nicht mehr als 12 kg je 1 qcm beträgt (s. S. 83). Bis zu dieser Grenze würde eine zwei Steine starke Schachtmauer bei 5 m lichter Weite des Schachtes schon bei einer Wassersäule von nur 25 m Höhe belastet sein[1]), ohne daß man den Gebirgsdruck selbst in Rechnung zieht.

Porosität und mangelnde Druckfestigkeit werden also vereint ihren ungünstigen Einfluß bei Schachtmauerungen geltend machen. Sie bewirken, daß bei Schachtteufen von über 50 m eine wirkliche Dichtigkeit des Mauerwerks, die ein Aufstauen der Wassersäule gestattet, nur noch sehr selten und ausnahmsweise erzielbar ist.

Dagegen kann es für die oberen Schachtteufen wohl gelingen, eine dichte, dem Wasserdrucke standhaltende Mauerung herzustellen. In jedem Falle muß freilich mit besonderer Sorgfalt vorgegangen werden. Zunächst ist vor dem Einmauern jeder einzelne Ziegel in Wasser zu legen, damit er sich vollsaugt und nicht beim Einmauern sofort dem Mörtel die Feuchtigkeit entzieht. Sodann muß man darauf achten, daß alle Fugen ganz vom Mörtel, der zweckmäßig Zementmörtel ist, erfüllt werden, so daß nirgendwo ein Hohlraum bleibt. Die Mauerung selbst stellt man in zwei konzentrischen Ringen her, indem man nach dem Setzen des Mauerfußes zunächst eine 1½ Steine starke Außenmauer 1,5—2 m hoch aufführt und in diese zum Austreten der Wasser nach Bedarf Abflußrohre r einmauert. Sodann wird bis zur gleichen Höhe eine Futtermauer konzentrisch zur Außenmauer hochgezogen, und zwar so, daß zwischen beiden Mauern ein etwa 8 cm breiter Ringraum verbleibt (Abb. 169). Die hier sich ansammelnden Wasser werden gleichfalls durch eingemauerte Rohre r_1 nach dem Schachtinneren abgeleitet. Schließlich wird der Ringraum mit Zement vergossen. Auf diese Weise wird die Schachtmauerung absatzweise hochgeführt. Insgesamt ist bei der Arbeit strenge Aufsicht erforderlich, weil jede kleine Nachlässigkeit den Erfolg in Frage stellt.

Abb. 169. Wasserdichte Schachtmauerung.

Bei stärkeren Wasserzuflüssen wird man aber auch in den oberen Teufen Mauerung zweckmäßig überhaupt nicht, sondern statt ihrer lieber den Gußringausbau anwenden.

In geeignetem Gebirge kann dieses selbst auch in größerer Teufe durch Anwendung des Zementier- oder Versteinungsverfahrens wasserundurchlässig gemacht werden. Die Ausführung erfolgt, wie hier vorgreifend bemerkt sein mag, derart, daß man durch Rohre, die bis in das Gebirge hinter der Mauerung reichen, Zementmilch unter einem gewissen Überdrucke so lange einlaufen läßt, bis die im Gebirge rund um die Schachtauskleidung vorhandenen Hohlräume sich vollständig geschlossen und auch die Poren des Mauerwerks sich verstopft haben. Näheres hierüber folgt in Teil VI des 7. Abschnittes.

118. — **Die Benutzung von Bühnen bei der Schachtmauerung.** Die Mauerung erfolgt von einer festen oder schwebenden Bühne aus. Die

[1]) Berechnung s. Ziff. 145 dieses Abschnittes.

stets aus mehreren Einzelteilen bestehende feste Bühne wird, wenn die Einstriche gleichzeitig mit eingemauert werden, auf diesen, sonst auf vorläufig eingebauten Hölzern verlagert und muß beim Hochkommen der Mauerung regelmäßig gehoben werden. Wenn man diese Arbeit auch durch eine zweckmäßige Unterteilung der Bühne erleichtern kann, so daß z. B. zuerst die eine und dann die andere Hälfte hochgebracht wird, so ist das Verlegen doch immerhin recht lästig und zeitraubend. Bei neuen Schächten, wo man unter Umständen noch größere Wasserzuflüsse zu befürchten hat, pflegt man auch Wert darauf zu legen, den Schacht für das Abbohrverfahren (s. S. 223,

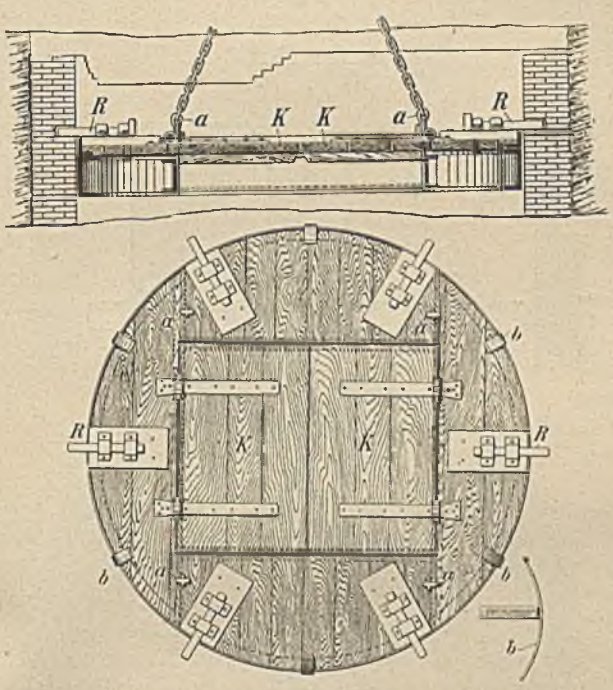


Abb. 170. Einfache schwebende Bühne.

Ziff. 75 u. f.) oder das Einhängen von Pumpen jederzeit, auch unter Wasser, völlig von allem Einbau befreien zu können, so daß man sich in solchen Fällen scheut, bei dem ersten Ausmauern bereits feste Einstriche oder Tragehölzer einzubauen. Aus diesen Gründen ist man jetzt fast allgemein dazu übergegangen, das Mauern von einer schwebenden Bühne aus vorzunehmen.

119. — Das Mauern von einer schwebenden Bühne aus. Wird nicht gleichzeitig abgeteuft, so genügt als Bühne ein einfaches Gerippe von I- und ⌊-Eisen mit einem genügend starken Bohlenbelag (Abb. 170). Diese Bühne ist durch vier Ketten, zu denen noch vier nicht vollgespannte Sicherheitsketten kommen, an einem Seile aufgehängt, das von einem Dampfkabel bewegt wird. Um bei der Arbeit jedes Kippen zu vermeiden, sind an der Bühne einige eiserne Riegel *R* vorhanden, die in ausgesparte Löcher des

Mauerwerks geschoben werden. Die Bühne erhält gewöhnlich eine mit Klappen K verdeckte Öffnung, damit der untere Schachtteil zugänglich bleibt. Man kann eine solche Bühne während des Abteufens im Schachte belassen,

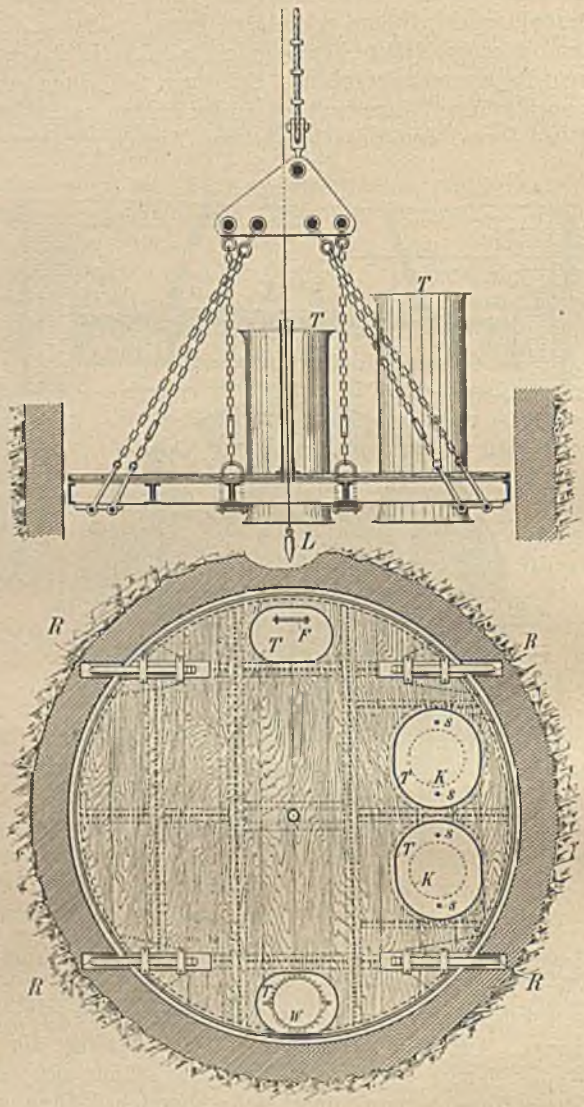


Abb. 171. Exzentrisch aufgehängte, schwebende Bühne der Maschinenfabrik H. u. G. Großmann zu Dortmund für gleichzeitiges Ausmauern und Abteufen.

indem man durch Kippen in die senkrechte Lage oder durch Zusammenklappen der in der Mitte durch Gelenke geteilten Bühne den Schachtquerschnitt für die Förderung freigibt.

Für das gleichzeitige Ausmauern und Abteufen muß die schwebende Bühne (Abb. 171) mit Öffnungen für den Durchgang der Förderkübel K nebst Seilen s und für die Durchführung der Fahrten F und der Wetterlutten W versehen sein. Die Öffnungen werden mit etwa 1 m hohen Schutzzylindern T umgeben, die sowohl ein Abstürzen der Maurer als auch ein Fallen von irgendwelchen auf der Bühne liegenden Gegenständen oder Steinen verhindern sollen. Der am Rand der Bühne verbleibende geringe Spalt wird durch sog. Segmentbretter verdeckt, die bis dicht an das Mauerwerk vorgeschoben werden.

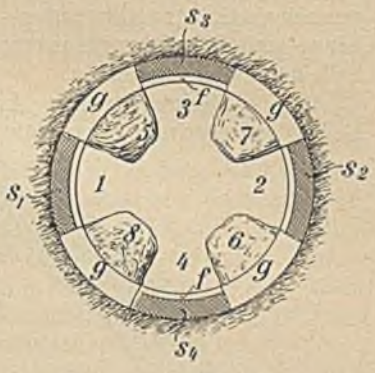


Abb. 172. Segmentweises Ausmauern im Grundriß.

Bei der gewöhnlichen Aufhängung der schwebenden Bühne ist das Einhängen des Schachtmittellotes vom Tage aus unmöglich, so daß das Abloten des Schachtes durch mehrere am Stoße angebrachte Lote erfolgen muß. Solche Lotungen am Stoße sind umständlich und unsicher, da fallendes Wasser und stärkere Luftbewegungen das Lot leicht in Schwingungen bringen, wobei dieses nicht einmal ebenso gut wie in der Schachtmitte frei ausschwingen kann. Es wird deshalb nach dem Vorschlage der Maschinenfabrik H. u. G. Großmann zu Dortmund die Bühne mittels eines unsymmetrischen Zwischenstückes außerhalb der Schachtmitte an dem

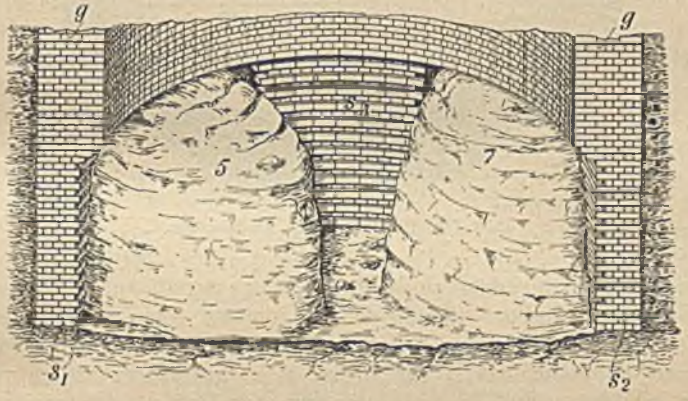


Abb. 173. Segmentweises Ausmauern in perspektivischer Ansicht.

Kabelseil aufgehängt (Abb. 171) und in der Mitte der Bühne ein Loch für den Durchgang des Lotes (unter Anbringung eines Schutztrichters) frei gehalten. Ein Schiefhängen der Bühne wird dadurch vermieden, daß die schweren Schutztrichter für die Förderkübel nach der Seite des Aufhängepunktes hin angeordnet werden und so den dieser Seite entsprechenden kürzeren Hebelarm stärker belasten.

Die Gefahren der schwebenden Bühne bestehen einerseits für die unter ihr im Schachte beschäftigte Belegschaft, anderseits aber auch für die auf ihr befindlichen Leute und ergeben sich insbesondere aus der Möglichkeit, daß einzelne Gegenstände, Teile der Bühne oder die Bühne selbst abstürzen können. Auf strenge Befolgung der Sicherheitsvorschriften und auf sorgsame Überwachung der Baustoffe — es ist nur astfreies, gerade gewachsenes Holz zu verwenden — und des Zustandes der Bühne, der Aufhänge- und Riegelvorrichtungen, des Kabels und seiner Sicherungen ist deshalb unablässig zu achten.

120. — Segmentweise Ausmauerung. Wenig widerstandsfähiges Gebirge mit geringer Wasserführung kann entsprechend einer segmentweisen

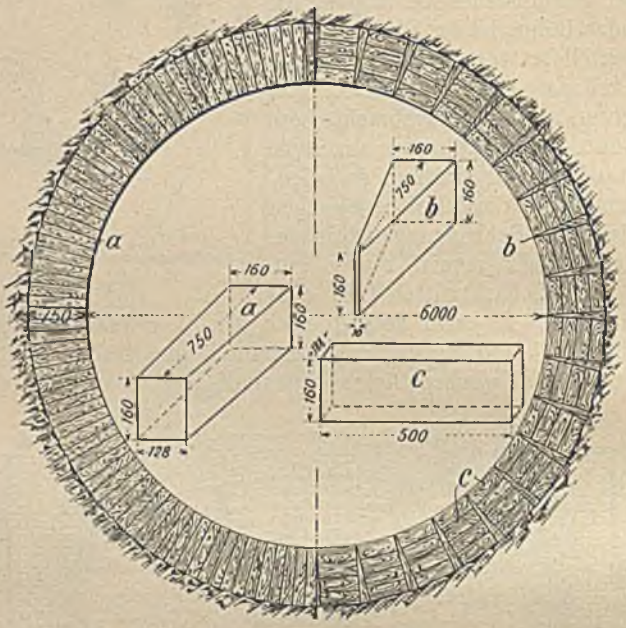


Abb. 174. Holzmauerung für Schächte.

Hereingewinnung unverzüglich durch Mauerung gemäß den Abbildungen 172 u. 173 gesichert werden. Sobald das Gebirge auf eine Tiefe von 0,5—2 m und eine Breite von 1—4 m fortgenommen ist, beginnt man mit der Aufmauerung des Segmentes s_1 und bringt es in ungefährer Stärke von zwei Steinen tunlichst schnell nach oben hin zum Anschluß mit der bereits fertigen Mauer. In ähnlicher Weise nimmt man ein weiteres Segment s_2 etwa auf der gegenüberliegenden Seite des Schachtes in Angriff und läßt die anderen Segmente folgen, bis der Kreis geschlossen ist. Jedes Mauersegment erhält nach den beiden Seiten und nach innen Verzahnung. Die Seitenverzahnung ermöglicht einen guten Verband der einzelnen Segmente untereinander, die innere dient zum Verbande mit der später herzustellenden, etwa einen Stein starken Futtermauer, die etwaige bei der Herstellung des Segmentmauerwerks nicht vermeidliche Unregelmäßigkeiten ausgleichen muß.

121. — **Nachgiebige Schachtmauerung.** Der Schachtmauerung kann man eine Nachgiebigkeit in senkrechter Richtung dadurch geben, daß man etwa in der Art der Abb. 121 auf S. 97 Einlagen aus weichem Holz (Tanne oder Fichte) an Stelle von Ziegelsteinen in regelmäßigen Abständen einmauert[1]). Auch kann man statt der Holzeinlagen, die nach dem Zusammenquetschen schwer zu entfernen sind, Ziegelsteinlagen mit geringerer Druckfestigkeit einmauern. Diese lassen sich nach der Zermürbung leicht ausspitzen, worauf neue Steinlagen von der gleichen geringen Festigkeit eingebracht werden können.

An Stellen größeren Druckes ersetzt man auch die Steinmauerung auf größere Höhen völlig durch Holzmauerung, wie man dies z. B. auf Zeche Radbod bei Hamm mehrfach mit gutem Erfolge getan hat. Man hat hier nach Abb. 174 Läufer- und Binderlagen miteinander abwechseln lassen, zum Teil hat man aber auch mit gleich gutem Erfolge die Mauern ausschließlich in Binderlagen hochgeführt. Die Hölzer wurden in verlängerten Zementmörtel gebettet. Der Holzmauerung hat man je nach dem Drucke eine Stärke von 750—1000 mm gegeben. Die Kosten stellten sich je Kubikmeter im Jahre 1920 auf 362 ℳ gegenüber 221 ℳ bei gewöhnlichem Mauerwerk.

In engen Schächten (bis etwa 4,5 m Durchmesser) hat sich in unruhigem Gebirge die Vieleckzimmerung, wie sie für Strecken in den Abbildungen 27—30 auf S. 40 dargestellt ist, vorzüglich bewährt.

122. — **Leistungen und Kosten.** Die Leistungen bei der Ausmauerung von Schächten betragen etwa 2,5—4 m in 24 Stunden, sind aber in einzelnen Fällen auch auf 5 m und noch darüber gebracht worden. Da das Abteufen selbst nicht so schnell voranschreitet und die Leistungen hierbei nur 2—3, höchstens 3½ m betragen, macht es keine Mühe, mit der Ausmauerung dem Abteufen zu folgen.

Was die Kosten betrifft, so entfallen auf 1 cbm Mauerwerk durchschnittlich 400 Steine. Diese kosten etwa 8 ℳ, die Mörtelkosten betragen etwa 7 ℳ, während auf Löhne bei der Arbeit im Schachte ungefähr 8 ℳ zu rechnen sind, so daß 1 cbm rund 23 ℳ kostet. Der Betrag für Löhne ist bei engen Schächten im Verhältnis höher, bei weiten Schächten geringer. Da in 3—6 m weiten Schächten für eine zwei Steine starke Mauerung je 1 m Schacht 5,5—10,2 cbm Mauerwerk erforderlich werden, betragen die Kosten insgesamt ungefähr 125—225 ℳ[2]), wovon etwa 90—165 ℳ auf die Baustoffe und 35—60 ℳ auf die Löhne entfallen. Bei größeren Mauerstärken steigen die Kosten entsprechend.

b) Der Beton und Eisenbeton.

123. — **Vorbemerkungen.** Über die Ausführung und die allgemeinen Vorzüge und Nachteile des Beton- und Eisenbeton-Ausbaues im Vergleich mit der Mauerung ist bereits oben (S. 81 u. f. und 108 u. f.) gesprochen worden. Hier ist noch folgendes hervorzuheben.

Das Preßverfahren ist bisher für die Auskleidung von Schächten als selbständiges Ausbauverfahren nicht benutzt worden. Dagegen ist es mehr-

[1]) Glückauf 1909, Nr. 22, S. 761 u. f.; Nieß: Die Ursachen des außergewöhnlich hohen Gebirgsdruckes usw. [2]) Sammelwerk Bd. III, S. 47.

fach zur Abdichtung von bereits mit Küvelage oder Mauerung verkleideten Schächten zur Anwendung gekommen, wie in dem Abschnitt „Versteinungs- (Zementier-) Verfahren" näher ausgeführt ist.

Was den Stampfbeton betrifft, so ist die Möglichkeit des schnellen Einbringens für neu abzuteufende Schächte von geringerer Bedeutung, weil in diesen schon die Mauerung schneller ausgeführt werden kann, als das Abteufen vorrückt. Dagegen tritt dieser Vorteil besonders bei älteren Schächten in die Erscheinung, die nachträglich mit einem geschlossenen Ausbau an Stelle eines älteren Holz- oder Profileisenausbaues versehen werden sollen. Auch wird hier öfter die Möglichkeit ausgenutzt, den alten Ausbau umstampfen zu können.

Die hohe Biegungsfestigkeit des Eisenbetons kommt besonders in Schächten zur Geltung, die in unruhigem Gebirge stehen, z. B. in Störungszonen oder in dem Wirkungsbereich von Abbaubetrieben. Die geringe Wand-

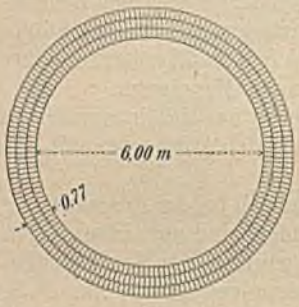


Abb. 175. Ziegelmauerwerk in Zementmörtel. (Zulässige Beanspruchung 12 kg/qcm.)

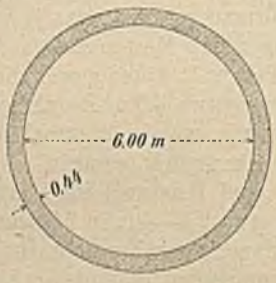


Abb. 176. Stampfbeton. (Zulässige Beanspruchung 20 kg qcm.)

Abb. 177. Eisenbewehrter Stampfbeton. (Zulässige Beanspruchung 30 kg/qcm.)

stärke, mit welcher der Eisenbeton auszukommen gestattet, ist für Schächte ebenfalls ganz besonders vorteilhaft, da es sich hier um große Durchmesser und lange offen zu haltende Hohlräume handelt. Einen Vergleich der Wandstärken bei Ausbau eines Schachtes in Zementmauerwerk, in gewöhnlichem und in eisenbewehrtem Beton gibt unter Voraussetzung gleicher Druckverhältnisse und gleicher Sicherheiten die Gegenüberstellung der Abbildungen 175, 176 und 177[1]). An Gebirgsaushub werden bei Wahl des Stampfbetons (Abb. 176) an Stelle des Ziegelmauerwerks (Abb. 175) 7,47 cbm und bei Wahl des eisenbewehrten Betons (Abb. 177) sogar 11,47 cbm je 1 m Schacht gespart.

Ein für Schächte besonders zu beachtender Nachteil des Stampfbetonausbaues ist die langsame Erhärtung. Tritt vor dem Festwerden Gebirgsdruck ein, so ist der Schacht mehr gefährdet, als wenn er ausgemauert wäre, da die das Mauerwerk bildenden festen Steine mit ihren versetzten Fugen schon vor der Erhärtung des Mörtels einen gewissen Druck aufzunehmen vermögen. Auch ist anzunehmen, daß spätere Ausbesserungen, die infolge Gebirgsdruckes notwendig werden, schwieriger und mit weniger Aussicht auf

[1]) Glückauf 1910, Nr. 24 u. 25: Viebig: Die Verwendung des Eisenbetons beim Grubenausbau.

Erfolg als bei gemauerten Schächten zu bewerkstelligen sein werden. Bei Eisenbeton wird ja die ausgebesserte Stelle nicht mehr gleichmäßig im allgemeinen Eisenverbande liegen können; auch wird der neue Beton nicht mit der vollen Haftfähigkeit an dem alten, bereits erhärteten Beton abbinden.

Bezüglich der Wasserdichtigkeit gilt im wesentlichen das für Mauerung (Ziff. 117, besonders letzter Absatz) Gesagte.

Die oben (S. 87) über das Verhältnis zwischen Zement, Sand und Zuschlägen gegebenen Zahlen gelten auch für die Betonierung in solchen Schächten, die weniger tief sind oder in wasserarmem Gebirge stehen. Bei stärkeren Beanspruchungen durch Druck und Wasserzuflüsse werden zementreichere Mischungen bevorzugt. Gewöhnlich pflegt man für Schächte Mischungen von 1 Teil Zement, 1—2 Teilen Sand und 2—4 Teilen Zuschläge zu nehmen.

124. — Ausführungsarten. Bei den Schachtauskleidungen in Beton lassen sich drei Arten unterscheiden, nämlich:

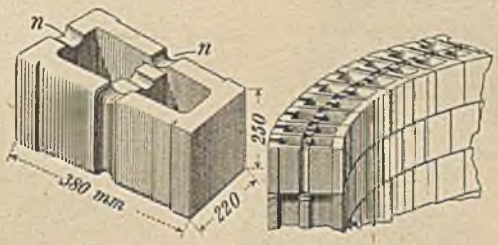


Abb. 178. Betonformstein als Hohlkörper ausgebildet.

Abb. 179. Zusammenbau der Formsteine nach Abb. 178.

1. Auskleidungen mit Betonsteinen, die über Tage als „Formsteine" hergestellt und im Schachte zu einer geschlossenen Wand zusammengebaut werden, worauf die Fugen und der geringe, zwischen der Wand und dem Gebirgstoß verbleibende Raum mit flüssigem Zementmörtel ausgefüllt werden;
2. Auskleidungen mit verhältnismäßig dünnen Betonformsteinen, die als „Verschalung" dienen, hinter der eine dickere Wand von Stampfbeton hochgeführt wird;
3. Auskleidungen, die lediglich aus Stampfbeton bestehen und zu deren Herstellung die Hochführung eines Lehrgerüstes erforderlich ist.

In allen drei Fällen kann sowohl einfacher Beton als auch Eisenbeton zur Anwendung kommen.

Nachgiebigkeit läßt sich am besten bei der unter 3. genannten Ausbauart durch Einschaltung von Ausdehnungsfugen (s. Ziff. 129) erzielen.

125. — Ausführungsbeispiel für Formsteine. Die Rheinisch-Westfälische Schachtbaugesellschaft in Essen hat auf einer Anzahl von Schächten (z. B. auf Zeche Neumühl und Engelsburg im Ruhrbezirke) Betonformsteine nach der Abb. 178 zur Anwendung gebracht, die als Hohlkörper ausgebildet sind. Das Gewicht des einzelnen Steines beläuft sich auf 16 kg, so daß ein Mann ihn ohne Schwierigkeit handhaben kann. Jede Steinschicht wird zunächst trocken verlegt (Abb. 179) und sodann mit Mörtel vergossen. Die Steine sind an ihren Längsseiten abgerundet und besitzen Nuten, damit sich der Mörtel gut verteilen kann. Damit aber das Austreten des Mörtels nach vorn verhütet wird, sind hier die Seiten der Steine scharfkantig gehalten.

Ein Kubikmeter eines solchen Zementmauerwerkes stellt sich je nach der mehr oder weniger fetten Mischung auf 16—18 ℳ, ist somit etwa 5—7 ℳ billiger als Ziegelmauerwerk.

Mehrfach sind auch Betonformsteine mit Eiseneinlagen vorgeschlagen worden. Auch hat man, um die Schachtwandung widerstandsfähiger gegen

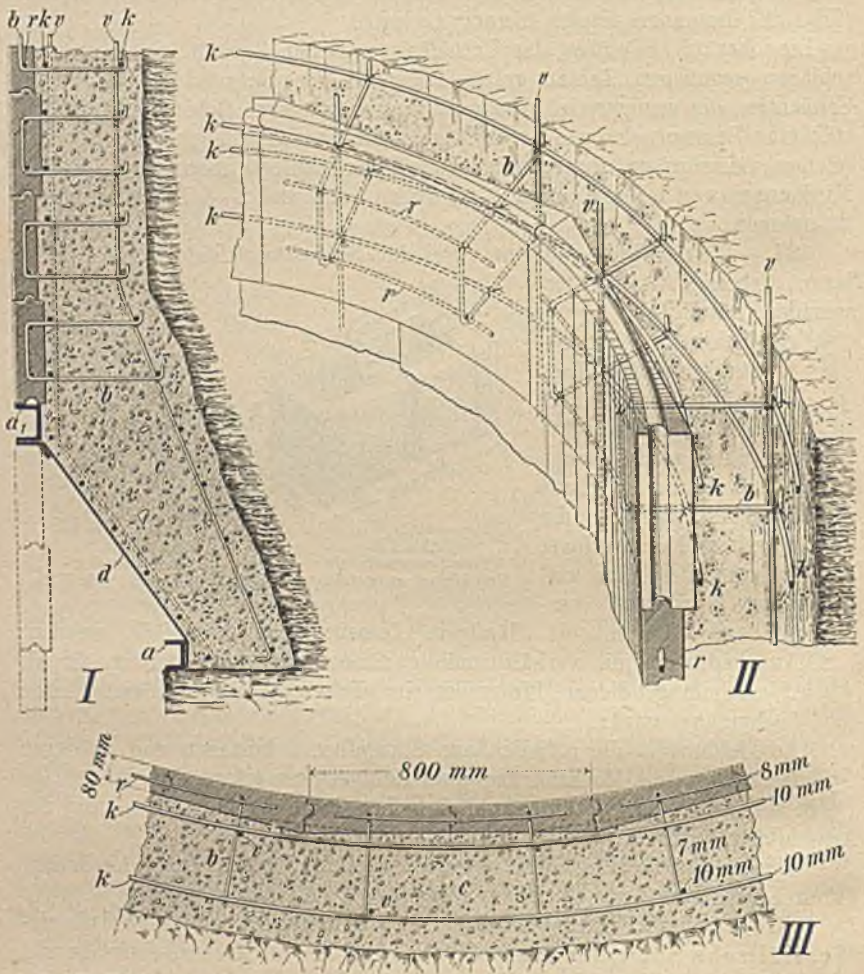


Abb. 180. Vollrathscher Schachtausbau mit Eisenbeton.

Biegungsbeanspruchungen zu machen, vorgesehen, die Eisenbewehrungen in durchlaufende Aussparungen der Steine zu verlegen und sie hier zu einem geschlossenen Ringe zu verbinden, um sodann die Aussparungen mit Zement zu verfüllen. Eine derartige Steinwand dürfte aber wohl kaum die Festigkeit einer einheitlich hergestellten, eisenbewehrten Wand aus Stampfbeton erreichen.

126. — Ausführungsbeispiele für eine Stampfbetonwand mit Formstein-Verschalung. Nach dem Verfahren der Firma Vollrath zu Wesel werden eisenbewehrte Betonsteine mit einer dahinter eingestampften, ebenfalls eisenverstärkten Betonwand durch Queranker verbunden.

Die Betonierung erfolgt ähnlich wie das Ausmauern eines Schachtes in einzelnen Absätzen. Zunächst wird, wie aus der Abb. 180 I hervorgeht, unter Benutzung zweier Schachtringe a und a_1 und als Lehrgerüst dagegen gelegter Eisenbleche d ein Fuß aus Beton eingestampft. Auf den durch den oberen Ring a_1 gebildeten Rand wird sodann die Formsteinwand aufgebaut, deren Steine die aus den Abbildungen 180 I—III ersichtliche Form und Größe besitzen und des besseren Verbandes wegen mit Nut und Feder ineinander eingreifen. In jeden Stein sind der Länge nach zwei starke Eisen-

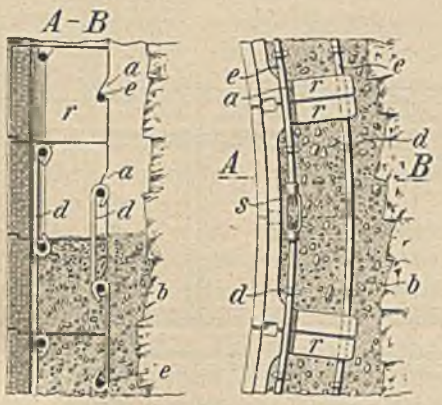


Abb. 181. Breilscher Schachtausbau mit Eisenbeton.

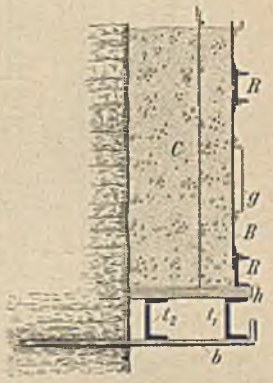


Abb. 182. Fuß eines Eisenbetonabsatzes entsprechend Abb. 183.

drähte r und außerdem zwei ⊔-förmig gebogene Drähte b eingelegt, deren freie Enden nach der äußeren Seite herausragen. Die Enden werden rechtwinkelig nach oben gebogen, so daß sie die aus 10 mm starken Rundeisenstangen k hergestellten Ringe für die Stampfbetonwand aufnehmen. An dieser werden wieder senkrechte Eisenstangen v in Abständen von etwa 2 m voneinander durch Drahtschlingen befestigt. Die Kosten dieses Ausbaues haben bei Ausführung durch die Firma etwa 325 ℳ je 1 m, einschließlich der Nebenarbeiten, insbesondere des Einbaues der Einstriche, Kabel und Leitungen betragen.

Auf dem Wannieckschacht bei Kladno hat man, da das Hinterstampfen des Betons wegen der zusitzenden Wasser Schwierigkeiten machte, die Vollrathsche Formsteinverschalung hintermauert, indem man am Gebirgstoße für den Wasserabfluß senkrechte Kanäle aussparte[1]).

Ingenieur Breil zu Essen benutzt die in Abb. 181 dargestellten Formsteine r von etwa 60 cm Breite, 25 cm Höhe und 6—8 cm Wandstärke mit radial gerichteten Rippen r. Letztere erhalten Aussparungen a, in die Eisen-

[1]) Montanist. Rundschau 1919, Nr. 18, S. 579; Neubauer: Herstellung einer wasserfreien Schachtröhre in wasserreichem Gebirge.

einlagen *e* eingebettet werden. Durch Spannschrauben *s* werden die Einlagen miteinander verbunden und kreisförmig fest um den Betonring angezogen. Außerdem werden die Einlagen in senkrechter Richtung durch starke Drähte *d* miteinander in Verbindung gebracht. Der zwischen Gebirge und Formsteinwand verbleibende Raum wird sodann mit Beton ausgestampft.

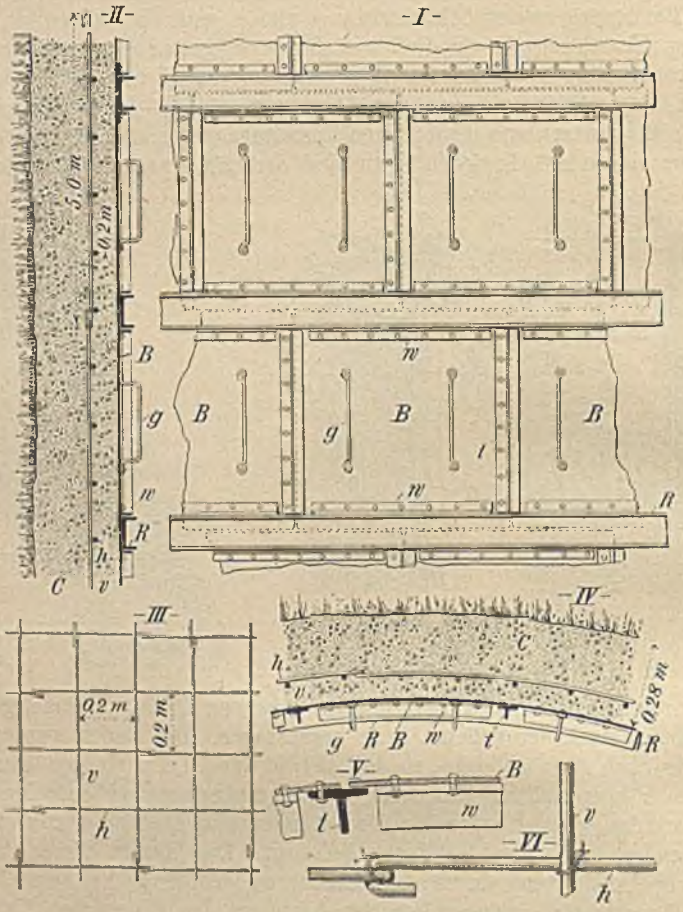


Abb. 183. Schachtausbau mit Eisenbeton unter Verwendung eines Lehrgerüstes.

127. — Ausführungsbeispiele für eine mit Lehrgerüst hergestellte Stampfbetonwand. Bei dem von der Firma Franz Schlüter zu Dortmund ausgeführten Ausbau des Schachtes Rheinelbe VI bei Gelsenkirchen mit Eisenbeton ging man wie folgt vor[1]): Das Betonieren erfolgte entsprechend dem Fortschreiten des Abteufens in einzelnen Absätzen von 28—35 m Höhe, indem der zuerst eingebaute, aus eisernen Ringen

[1]) Glückauf 1909, Nr. 18, S. 622; Kaufmann: Das Abteufen des Schachtes Rheinelbe VI mit Eisenbetonausbau im Steinkohlengebirge.

mit Eisenblechverzug bestehende, vorläufige Ausbau wieder entfernt wurde. Der Fuß für jeden Betonierabsatz wurde in der aus Abb. 182 ersichtlichen Weise dadurch hergestellt, daß ein Bohlenkranz *h* auf zwei, auf Bolzen *b* ruhenden Ringen t_1 und t_2 verlagert wurde. Das Lehrgerüst (Abb. 183) bestand aus eisernen ⊔-Ringen *R*, die aus je 4 Segmenten zusammengesetzt waren, und aus besonders für den Zweck hergerichteten Schalungsblechen *B*. Der unterste Lehrring wurde auf dem Bohlenkranze des Fußes genau in Lot und Wage gebracht. Auf die obere Kante dieses Ringes setzte man die entsprechend gekrümmten Schalungsbleche von 75 cm Höhe, 74 cm Breite und 3 mm Stärke. Auf den durch die Bleche gebildeten Ring wurde ein neuer ⊔-Eisenring gelegt, wobei die unten und oben an die Verschalungsbleche angenieteten Winkeleisen *w* (s. Abb. 183) als Tragefläche dienten. Die senkrecht angebrachten T-Eisen *t* waren lediglich als Fugendichtung zwischen den einzelnen Blechen angeordnet. Ringe und Bleche wurden durch eingesteckte Bolzen zusammengehalten und bildeten so eine nach außen, d. h. nach dem Gebirgstoße hin, völlig glatte und von diesem durchschnittlich 30 cm entfernte Wand.

Als Einlagen benutzte man je 5 m lange und 2 cm starke Eisenstangen, die nach der Nebenzeichnung III der Abb. 183 zu einem Netze von 20 cm Maschenweite zusammengebaut und mit ihren umgebogenen Enden ineinandergehakt wurden. An den Kreuzungspunkten wurden die Stangen durch dünnen Bindedraht zusammengebunden.

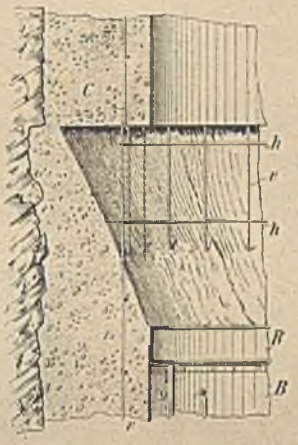


Abb. 184.
Der obere Anschluß eines Eisenbetonabsatzes entsprechend Abb. 183.

Sobald 1—2 Lehrringe aufgestellt und die Eiseneinlagen eingebracht waren, wurde der frisch gemischte, etwa erdfeuchte Beton eingefüllt und sofort in Schichten von 15—20 cm Höhe gleichmäßig und sorgfältig rund um den Schacht festgestampft. Nach den infolge des Einbaues der Ringe oder der Vornahme sonstiger Nebenarbeiten entstandenen Unterbrechungen beim Einstampfen des Betons wurde stets die abgebundene Oberfläche mit einem Stahlbesen abgekratzt, aufgerauht und mit Zementmilch besprengt, um eine gute Verbindung der alten mit der neuen Stampfschicht zu erzielen. Jedesmal wenn der Absatz bis zu der aus Abb. 184 ersichtlichen Höhe hochgeführt war, wurde das letzte, hohlkegelförmig gestaltete Stück mit einem schnellbindenden Zement von Hand ausgefüllt und verputzt.

Das Abbinden des Betons war in etwa einem Monat so weit erfolgt, daß Lehrringe und Bleche ausgebaut werden konnten.

Die Leistungen stellten sich auf etwa 3 m täglich. Die Kosten betrugen 366 ℳ je 1 m, während die Kosten einer 3½—4 Stein starken Schachtmauerung, deren Widerstandsfähigkeit ungefähr gleich hoch anzusetzen ist, sich auf annähernd 500 ℳ belaufen haben würden. Dazu wären aber noch die Kosten für die Mehrausschachtung des Gebirges gekommen, da bei

gleichem lichten Durchmesser auf ein steigendes Meter Schacht rd. 13,5 cbm Gebirge mehr hätten hereingewonnen und gefördert werden müssen.

Etwa die gleichen Schachtbetonierungen sind von der Firma Schlüter noch auf einer größeren Zahl von Schächten ausgeführt worden.

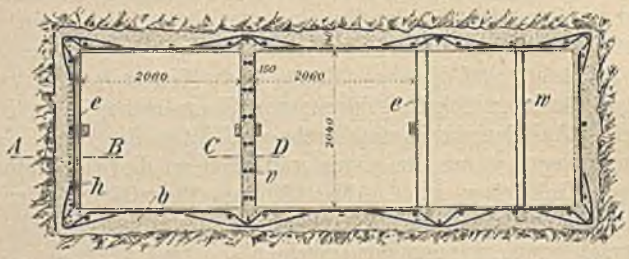


Abb. 185. Eisenbetonausbau eines rechteckigen Schachtes als Ersatz für Holzausbau.

Ferner gibt Abb. 185 ein Beispiel für den nachträglichen Ausbau eines in Druck geratenen rechteckigen Schachtes mit Eisenbeton, der hier die Holzzimmerung ersetzte[1]). Es wurden senkrecht angeordnete Rundeisenstäbe *v* (s. auch Abb. 186) verwendet und in Abständen von etwa je 100 cm eingebaut, sodann durch ein Geflecht von 15 mm starkem Rundeisen *h* miteinander zu einem Gerippe verbunden und mit Beton umgeben. Die Befestigung der Leitbäume ergibt sich im einzelnen aus Abb. 186; sie erfolgte mit Hilfe von Einstrichen *e*, die nach Maßgabe der vorhandenen Raumverhältnisse teils tiefer, teils weniger tief in den Beton eingebettet wurden. Die Abmessungen sind aus der Abbildung zu entnehmen. Die Kosten beliefen sich auf 393 ℳ für das laufende Meter.

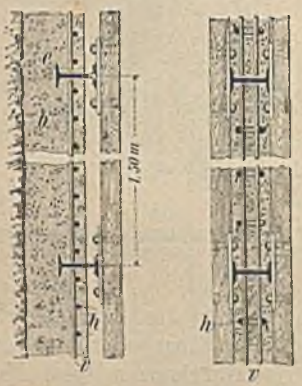


Abb. 186. Befestigung der Leitbäume an einbetonierten Einstrichen bei einem Eisenbetonausbau (nach den Schnitten *AB* und *CD* der Abb. 185).

128. — **Der Breilsche Verbundausbau** besteht aus doppelt-ringförmigem, schmiedeeisernem Gitterwerk, das durch Quer- und Längsverbindungen versteift und mit Beton ausgestampft wird. Dieser Ausbau wird in einer leichten Form unter Verzicht auf völlige Wasserdichtigkeit und in einer schweren, wasserdichten Form als Ersatz für den Gußringausbau angewandt[2]).

Für den leichten Verbundausbau (s. Abb. 187 unten) werden die über Tage fertiggestellten Ringteile *a* des Gitterwerks von 1—1,5 m Höhe und 3—5 m Länge im Schachte zu einem geschlossenen Ringe miteinander verbunden. Der Ring wird durch Holzkeile gegen den Stoß verspannt und so-

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1906, S. 315; Hundt: Ersatz des Holzausbaues im Wilhelmsschacht II usw.

[2]) S. Anm. [1]) auf S. 106.

dann unter Vorbau einer zeitweiligen Verschalung einbetoniert. Für den Ansatz des Betonfußes wird das Gebirge an dieser Stelle etwas tiefer ausgeschossen. In gebrächem Gebirge ist auch ein Unterhängen des Gitterwerks möglich, wobei man die Außenseite mit einem engmaschigen Drahtgewebe *b* verziehen kann, um die Stöße einstweilig zu sichern, bis nachträglich die Betonfüllung eingebracht wird.

Bei der schweren Form des Verbundausbaues (Abb. 187 oben) erhält das Gitterwerk eine Außenwand *c* aus Blech von etwa 3 mm Stärke. Die Fugen des Blechmantels werden durch Bleieinlagen und Verschraubung gedichtet. Der Raum zwischen Blechmantel und Gebirgstoß wird durch Hintergießen mit Zement verfüllt. Darauf erfolgt nach Vorbau der Verschalung das Betonieren.

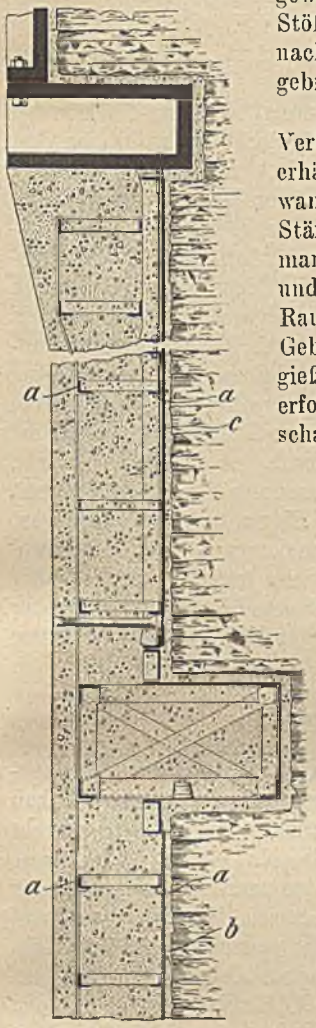


Abb. 187.
Breilscher Verbundausbau.

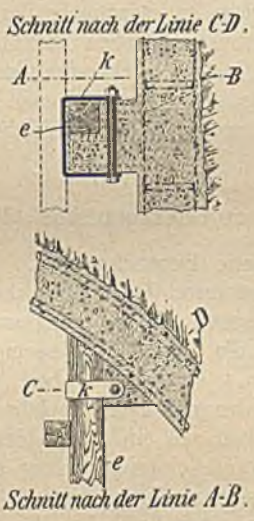


Abb. 188.
Einstrich-Verlagerung
auf Eisenbetonschuhen.

Abb. 189.
Schacht-Stopfbüchse nach Breil.

Auch dieser Ausbau kann entweder aufgebaut oder untergehängt werden. Als Unterlage für die Arbeitsbühnen werden zur Vermeidung einer Schwebebühne nach Abb. 188 Einstriche *e* benutzt, die in Eisenbetonschuhen verlagert werden und endgültig liegen bleiben. Bis zur Erhärtung des Betons werden sie durch Stempel unterstützt und darauf durch Flacheisenbügel *k*

mit dem Auflager fest verbunden. Die Einstriche liegen in ihrer ganzen Ausdehnung vor der Schachtwand und können nötigenfalls leicht ausgewechselt werden.

Der Verbundausbau stellt sich nach den Erfahrungen auf den Zechen Ewald-Fortsetzung und Constantin der Große etwa 50% billiger als der Ausbau mit Gußringen. Je Meter wurden die Kosten 1917 auf etwa 1400 ℳ angegeben, während der Gußringausbau etwa 2600 ℳ erfordert haben würde.

129. — **Nachgiebigkeit des Betonausbaues.** Um der Verkürzung des Schachtes unter der Einwirkung des Abbaues Rechnung zu tragen, hat man auf den Rheinelbeschächten bei Gelsenkirchen mit gutem Erfolge etwa 25 cm hohe Ausdehnungsfugen zwischen 20—50 m hohen Betonabsätzen offen gelassen. Zweckmäßig spart man diese Fugen gleich bei der Herstellung der Betonwand aus, indem man den oberen Ausbauabsatz durch Holzklötze abstützt. Mehrfach hat man aber auch die Fugen erst nachträglich ausgespitzt, wenn das Gebirge unruhig zu werden begann. Die senkrechten Eiseneinlagen kann man durchlaufen lassen, wodurch die einzelnen Betonabsätze in einem gewissen Verbande miteinander bleiben. Bei Annäherung der Absätze biegen sich freilich die Einlagen aus, und es können Betonschalen abgesprengt werden. Deshalb unterbricht man besser die Einlagen, so daß die gegenseitige Annäherung der Absätze ohne Hindernis vor sich gehen kann[1]).

Breil hat für seinen Verbundausbau zur Erzielung der Nachgiebigkeit die in Abb. 189 dargestellte stopfbüchsenartige Einrichtung vorgeschlagen, bei der unter Zusammenquetschen der Holzpackung *h* der obere und untere Ausbauteil *b* und *c* sich einander nähern können. Es ist aber anzunehmen, daß die oben beschriebenen, einfachen Fugen, die leichter herzustellen und zu überwachen sind, in den meisten Fällen genügen werden.

c) Gußringausbau (Küvelage).

130. — **Einleitende Bemerkungen.** In allen Gruben ohne Deckgebirge oder mit wasserdurchlässigem Deckgebirge, die durch ihren Abbau das Hangende entwässern, wird ein völlig wasserdichter Schachtausbau nicht notwendig sein, da die Wasser in jedem Falle bis in die Grubenbaue niedergezogen werden. Häufig ist aber (und namentlich trifft dies für den nördlichen Teil der rheinisch-westfälischen Steinkohlenablagerung und für den Kalisalzbergbau zu) ein Deckgebirge mit wassertragenden Schichten vorhanden, die durch einen sorgfältig geführten Abbau nicht zerrissen werden. In allen solchen Fällen besteht die Möglichkeit, die über den wassertragenden Schichten befindlichen Wasser durch wasserdichten Schachtausbau von den Grubenbauen fernzuhalten und dadurch die unterirdischen Zuflüsse zu vermindern, den Schacht trocken zu halten und Wasserentziehungen über Tage zu vermeiden.

Die bisher einzige Schachtauskleidung, die bei mehreren hundert Metern Teufe dem vollen Drucke einer Wassersäule von entsprechender Höhe standzuhalten vermag und deshalb tatsächlich wasserdicht hergestellt werden

[1]) S. Anm. [1]) auf S. 117.

kann, ist diejenige mit Gußringen (Tübbings). Der Gußringausbau kann aus Ringteilen (Segmentstücken), die zu einem vollen Ringe zusammengesetzt werden, oder aus ganzen, in einem Stücke fertig gegossenen Ringen (Schachtringen), die als solche in den Schacht eingelassen werden, bestehen. Die aus einzelnen Ringteilen zusammengesetzten oder die fertigen Schachtringe werden im Schachte übereinander aufgebaut, so daß gleichsam ein geschlossenes Rohr aus Gußeisen entsteht, dessen Wandung die Schachtauskleidung darstellt. Man nennt diese insgesamt Küvelage und spricht demgemäß von einem Ausküvelieren des Schachtes.

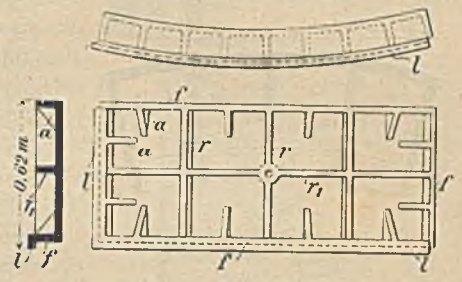


Abb. 190. Englischer Gußringteil.

131. — **Englischer und deutscher Gußringausbau.** Man unterscheidet englischen und deutschen Gußringausbau. Die englischen Gußringteile (Tübbings) besitzen (Abb. 190) äußere Flanschen *f*, so daß die innere Schachtwand glatt erscheint. Neben den Flanschen sind gewöhnlich noch Verstärkungsrippen *r* und r_1, die senkrecht und wagerecht verlaufen, und Ansätze *a* zum Abstützen der Flanschen vorgesehen. In der Mitte befindet sich ein Loch, das zum Einhängen des Ringteiles und zum Wasserabfluß während der Dichtung der Auskleidung dient. Die englischen Tübbings besitzen keine bearbeiteten Flanschenflächen. Diese bleiben vielmehr in dem Zustande, wie er sich beim Gießen ergibt, was zur Folge hat, daß die Ringteile stets mehr oder weniger schiefwinklig sind und die Seiten nicht völlig parallel verlaufen. Die Dichtung erfolgt durch Holzbrettchen und Holzkeile. Die Ringteile des deutschen Ausbaues (Abb. 191) dagegen haben ihre Flanschen *f*, Verstärkungsrippen r_1 und Ansätze *a* auf der Innenseite, und die Außenwand des Schachtes, die dem Gebirge anliegt, ist glatt. Die Ringteile werden mit bearbeiteten Flanschenflächen geliefert, so daß sie genau zusammenpassen und unter Anwendung einer Bleidichtung miteinander verschraubt werden können. Die Auskleidung bildet so ein starres, wasserdichtes Ganzes, wogegen sie bei englischem Ausbau eine gewisse Nachgiebigkeit besitzt.

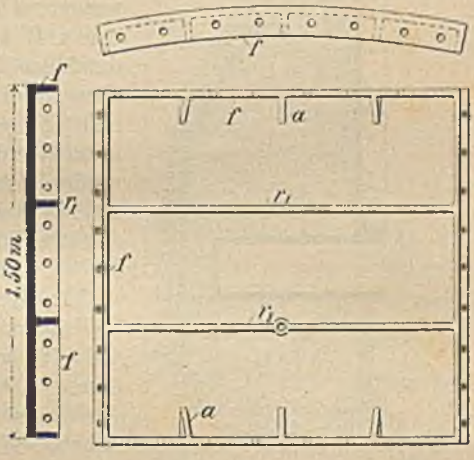


Abb. 191. Deutscher Gußringteil.

Während die englischen Tübbings nur 300—700 mm hoch zu sein pflegen, beträgt die Höhe der deutschen Ringteile gewöhnlich 1,5 m. Die ungefähre Breite der Ringteile im Verhältnis zur Höhe ergibt sich aus den Abbildungen 190 und 191.

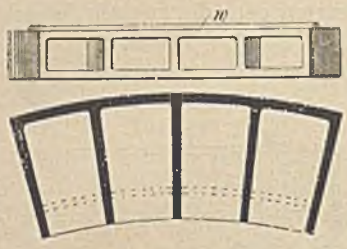


Abb. 192. Keilkranzteilstück für englischen Gußringausbau.

132. — Keilkränze. Zur sicheren Verlagerung der Gußringsäule dienen die Keilkränze, die gleichsam den Fuß bilden, mit dem sich die Auskleidung auf das Gebirge stützt. Außerdem sollen die Keilkränze verhindern, daß das hinter der Eisenwand stehende oder heruntersickernde Wasser unterhalb der Wandung in den Schacht treten kann. Entsprechend dieser doppelten Aufgabe muß der Keilkranz einerseits genügend weit in das Gebirge hineingreifen, um eine feste, unnachgiebige Lagerung zu finden, und muß anderseits wasserdicht an den Gebirgstoß angeschlossen werden.

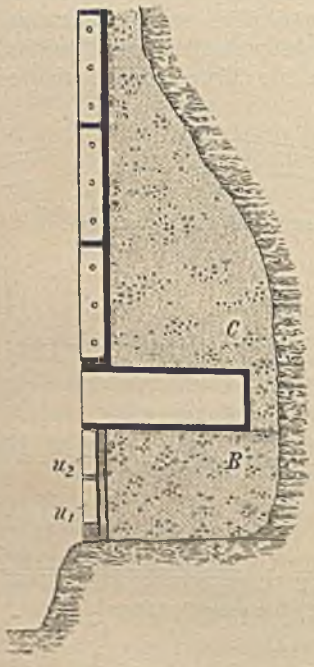


Abb. 193. Einzementierter Keilkranz.

Aus dem Gesagten folgt, daß auch das Gebirge, in dem der Keilkranz verlagert wird, fest und wassertragend sein muß, wenn dieser seine Aufgabe erfüllen soll. Der Abstand, in dem die Keilkränze voneinander gelegt werden, schwankt in weiten Grenzen. Wenn man z. B. hoffen kann, starke Wasserzugänge durch das Einbringen eines neuen Keilkranzes abzuschließen, so wird man dies tun, sobald man eine geeignete Schicht hierfür findet, auch wenn man den nächstoberen Keilkranz erst um wenige Meter unterteuft hat. Ist das Gebirge trocken und standhaft, so wählt man größere Absätze. Im allgemeinen sind Abstände von 20—50 m die Regel.

Ein Keilkranz ist ein aus gußeisernen Teilstücken von 200—300 mm Höhe und 400—750 mm Breite zusammengebauter Ring, dessen lichte Weite der lichten Weite des Küvelageschachtes entspricht. Die einzelnen Ringteile sind, wie es die Abb. 192 zeigt, hohl mit mehreren senkrechten Verstärkungsrippen und offener Vorderseite gegossen. Die Wandstärke ist etwas größer als diejenige der zu tragenden Gußringe; die Zahl der Ringteile schwankt je nach dem Durchmesser des Schachtes zwischen 6 und 12 Stück. Die Keilkränze für deutsche Gußringe unterscheiden sich von denjenigen für englische nur durch die Schraubenlöcher, die die Verbindung der Ringteile untereinander ermöglichen.

133. — **Herrichtung des Keilkranzbettes.** Die Arbeiten für das Legen des Keilkranzes beginnen mit der Herrichtung des Keilkranzbettes. Es wird mit Keilhaue und mit Fäustel und Spitzeisen genau wagerecht ausgearbeitet. Wo es möglich ist, läßt man das im Schachte befindliche Wasser zeitweise so weit ansteigen, daß der Wasserspiegel soeben das Keilkranzbett erreicht. Man merkt so etwaige Unebenheiten am leichtesten.

Statt das Bett im Gebirge selbst auszuarbeiten, kann man es auch künstlich durch Betonierung oder Mauerung schaffen. Es empfiehlt sich das nicht nur in harten Schichten, in denen eine ebene und glatte Fläche auszuspitzen schwierig ist, sondern auch in schlechtem, unzuverlässigem Gebirge, das dem Keilkranze keine genügend sichere Unterlage bietet. Man teuft dann etwas tiefer ab und richtet darauf das Keilkranzbett her. Abb. 193 zeigt ein durch Betonierung hergestelltes und Abb. 194 ein aufgemauertes Bett. Die Oberfläche muß in sorgfältiger Weise wagerecht und glatt verputzt werden.

134. — **Das Legen und Verkeilen des Keilkranzes.** Auf dem Bette werden die Segmente zu einem Ringe zusammengelegt, dessen wagerechte Lage mittels einer Wasserwage (Abb. 195) sorgfältig und wiederholt nachgeprüft wird. Der entstehende Kreis wird genau in die Schachtachse eingelotet, wobei bei Keilkränzen für englische Gußringe zwischen die Ringteile Dichtungsbrettchen gelegt werden. Hierdurch wird der lichte Durchmesser des zunächst gebildeten Kreises etwas größer, als er schließlich nach Fertigstellung der Verkeilung sein soll. Bei Keilkränzen für deutsche Gußringe werden die Segmente nach Zwischenlegen einer Bleidichtung miteinander verschraubt. Der Raum zwischen dem äußeren Kreisrande der Segmente und dem Gebirgstoße wird nun mit Holzklötzchen und Bretterstückchen möglichst dicht ausgefüllt und sodann verkeilt (pikotiert). Das bedeutet, daß man rund herum in mehrfach wiederholter Kreislinie zunächst Flachkeile und sodann Spitzkeile (picot = Spitzkeil) aus Pitchpine-Holz so lange in die Holzlage eintreibt, wie dies noch irgendwie möglich ist. Während des Verkeilens muß der Keilkranzring immer wieder eingelotet werden, damit Seitenverschiebungen vermieden oder durch kräftigere Verkeilung auf

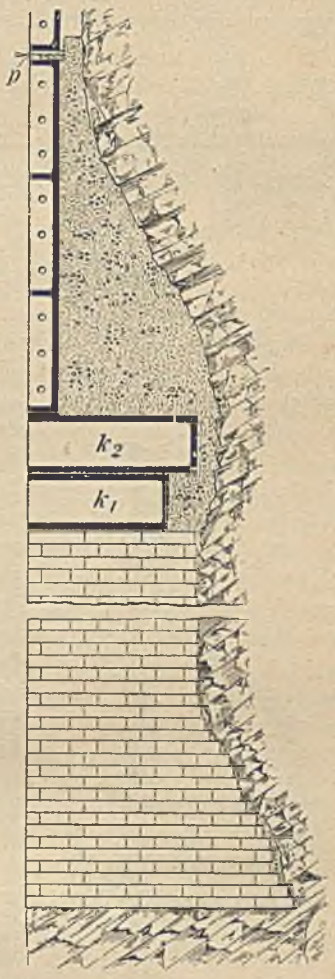


Abb. 194. Doppelter Keilkranz auf Mauerfuß in Zementbettung mit Anschlußverkeilung an einen hängenden Gußringabsatz.

der zurückgewichenen Seite wieder ausgeglichen werden. Wenn zum Schlusse der Holzkranz so fest geworden ist, daß hölzerne Keile nicht mehr einzutreiben sind, so pflegt man noch einen Kreis Stahlkeile folgen zu lassen. Nach beendigtem Verkeilen soll ein völlig wasserdichter Anschluß des Eisenringes an das Gebirge erzielt sein.

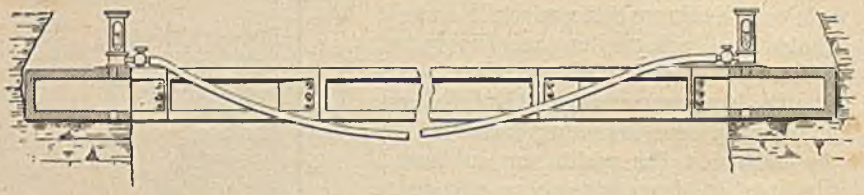


Abb. 195. Wasserwage zum Abwägen der Keilkränze.

Das Ausspitzen des Keilkranzbettes, das Legen des Keilkranzes und das Verkeilen pflegt einen Zeitraum von 3—4 Tagen in Anspruch zu nehmen, wovon 1—2 Tage auf die Herrichtung des Bettes und etwa 2 Tage auf das Legen des Keilkranzes und das Verkeilen entfallen.

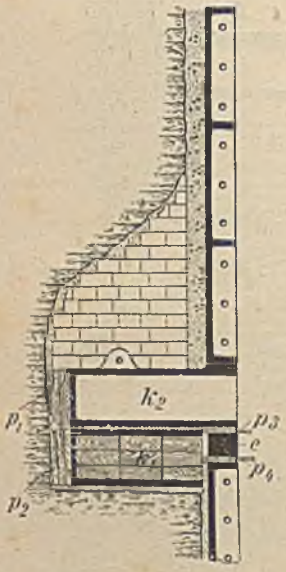


Abb. 196. Doppelter Keilkranz mit Anschluß des unteren Gußringausbaues.

135. — Doppelter Keilkranz. Man legt in neuerer Zeit häufig der Sicherheit halber zwei Keilkränze übereinander. Nach Aufbau der Gußringsäule wird auch die wagerechte Fuge zwischen den beiden Keilkränzen, in die vorher Holzbrettchen gelegt waren, gedichtet und verkeilt. Der nächstuntere Gußringabsatz wird später bis an den oberen Keilkranz herangeführt und gegen diesen gedichtet (Abb. 196). Der hierbei erzielte Vorteil ist, daß etwaige geringe Bewegungen des oberen Keilkranzes nicht unmittelbar auch die Wasserdichtigkeit des unteren in Frage stellen.

136. — Sonstige Abdichtungen von Keilkränzen. Mehrfach hat man mit gutem Erfolge die Keilkränze einzementiert und auf die eigentliche Verkeilung gänzlich verzichtet. Eine solche Abdichtung ist bei weichem Gebirge empfehlenswert, in dem die Verkeilung nicht ein genügend sicheres Widerlager am Gebirgstoß findet.

In der Regel stellt man hierbei schon das Keilkranzbett durch Betonierung (Abb. 193) oder Mauerung (Abb. 194) her (s. Ziff. 133). Nachdem der Keilkranz eingebaut ist, wird er mit Beton hinterfüllt und verstampft, und alle Fugen werden sorgfältig vergossen.

Ferner hat man in mehreren Fällen, insbesondere beim Gefrierschachtverfahren, den Raum zwischen Keilkranz und Gebirgstoß mit Moos ausgestampft.

Die gleiche Zuverlässigkeit wie von einer ordnungsmäßig durchgeführten Verkeilung wird man freilich von diesen Abdichtungen nicht erwarten dürfen.

137. — Der Einbau und das Verkeilen der englischen Gußringteile. Beim Einbau werden die englischen Gußringteile dadurch zu Ringen zusammengefügt, daß die einzelnen Stücke lose nebeneinander gesetzt werden, wobei der unterste Ring auf den inneren Rand des Keilkranzes zu stehen kommt. Der Raum zwischen den Gußringen und dem Gebirge wird mit Beton oder kleinen Gebirgstücken oder Ziegelschrot verfüllt, so daß die Segmente in ihrer Lage gehalten werden. Damit keine durchlaufenden senkrechten Fugen entstehen, werden die einzelnen Stücke der verschiedenen Ringe gegeneinander versetzt.

Zum Zwecke der Dichtung werden zwischen Keilkranz und Gußringteile und zwischen diese unter sich in die wagerechten sowohl wie in die senkrechten Fugen Weiden- oder Kiefernholzbrettchen von 7—15 mm Stärke, 10 cm Breite und 10—20 cm Länge gelegt, die nach Aufbau der Ringsäule verkeilt werden. Das Verkeilen besteht darin, daß man von unten nach oben aufsteigend ähnlich wie bei der Verkeilung der Keilkränze (Ziff. 134) zunächst flache Holzkeile und später, wenn diese keinen Platz mehr finden, schlanke Spitzkeile aus Pitchpine-Holz in die Fugen und in die zwischengelegten Dichtungsbrettchen so lange eintreibt, bis eine wasserdichte Holzlage zwischen den Ringteilen geschaffen ist. Damit die Dichtungsbrettchen beim Eintreiben nicht ausweichen können, sind sowohl an der Oberfläche des Keilkranzes wie an je zwei Seiten der Ringteile vorspringende Leisten *w* (s. Abb. 192) bzw. *l* (Abb. 190) angegossen, die als Halt und Widerlager für die Brettchen dienen. Ist das erste Verkeilen beendet, so wird das mittlere Tübbingsloch, das so lange dem Wasser den Abfluß gestattete, mittels eines eingetriebenen Holzpflockes verschlossen. Etwa sich noch zeigende Undichtigkeiten werden durch ein nachträgliches Verkeilen beseitigt.

Der Einbau und das Verkeilen des englischen Gußringausbaues erfolgt am besten von schwebenden Bühnen aus. Beim Einbau kann man auf eine durchschnittliche Leistung von 4 m je Tag rechnen. Diese verhältnismäßig geringe Leistung ist in der geringen Höhe der Ringteile und darin begründet, daß das Einpassen der unbearbeiteten und deshalb ungleich geformten Segmente und das sorgfältige Ausfüttern der Fugen von wechselnder Breite mit den Dichtungsbrettchen viel Zeit erfordert. Beim Verkeilen kann man einen täglichen Arbeitsfortschritt von etwa 3—4 m erzielen.

Zwecks Herstellung eines bequemen Anschlusses des unteren Gußringabsatzes an den Keilkranz des nächsthöheren Absatzes gibt man einem jeden Keilkranz nach vorheriger Berechnung möglichst einen solchen Abstand von dem oberen Keilkranze, daß der Gußringaufbau gerade in den Zwischenraum hineinpaßt, wobei geringe Unterschiede durch die Dicke der Dichtungsbrettchen ausgeglichen werden können. Gelingt dieses Verfahren nicht und wird die Schlußfuge zu groß, so baut man einen besonders nach Maß gegossenen Schlußring, einen sog. Paßring, ein, der dann nach oben und unten verkeilt wird.

138. — Die Dichtung des deutschen Gußringausbaues. Schon in Ziff. 131 ist im allgemeinen die Verbindung der Ringteile untereinander durch Schrauben unter Verwendung von Dichtungstreifen aus Blei erwähnt.

Hier sei im einzelnen noch hinzugefügt, daß das Bleiblech eine Stärke von etwa 3 mm zu besitzen pflegt. Falls sich Undichtigkeiten zeigen, wird das Blei in die Fugen zurückverstemmt. Da das Wasser manchmal bis zu den Schraubenlöchern gelangt und durch diese in den Schacht tritt, sucht man sie noch besonders abzudichten. Es geschieht dies zunächst durch Bleiringe *b* (Abb. 197), die oben und unten um die Schraubenbolzen gelegt und beim Anziehen der Mutter durch die konischen Ausdrehungen in den Flanschen selbst und in den Unterlegescheiben *s* gegen die Bolzen gepreßt werden. Die Tiefbau- und Kälte-Industrie A.-G. zu Nordhausen dichtet weiter die Schraubenbolzen und etwa zwischen Bleiblech *d* und den Flanschen verbliebene, geringe Spalträume durch Einpressen von Zementmilch ab, die, wie es die Abb. 197 veranschaulicht, durch den hohlen Schraubenbolzen mittels des Anschlußstückes *e* zugeführt wird.

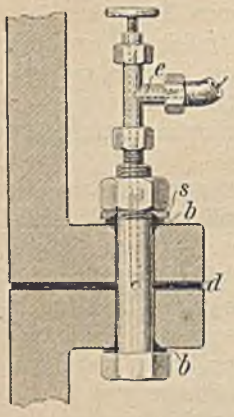


Abb. 197. Dichtung der Schraubenlöcher.

139. — **Der Einbau der deutschen Gußringe von unten nach oben.** Die deutschen Gußringe wurden früher stets von unten nach oben eingebaut. Dieser Einbau verläuft, wenn man von der Verschraubung und Dichtung absieht, ähnlich demjenigen der englischen Gußringe, so daß darüber nichts weiter gesagt zu werden braucht. Auch die Verlagerung der Keilkränze, deren einzelne Teilstücke in diesem Falle ebenfalls durch Schrauben miteinander verbunden werden, bietet nichts Bemerkenswertes.

Der zwischen Eisenwand und Gebirgstoß verbleibende Raum wird sorgfältig mit Beton (1 Teil Zement, 3—5 Teile Sand) verstampft, damit keine Hohlräume entstehen, die zu Gebirgsbewegungen und ungleichmäßigen Beanspruchungen der Auskleidung führen könnten. Die Leistungen beim Einbau deutscher Gußringe von unten nach oben übersteigen weit diejenigen beim Einbau englischer Tübbings. Man kann rechnen, daß täglich durchschnittlich 4—5 Ringe, also 6—7,5 m, eingebaut und fertiggestellt werden können.

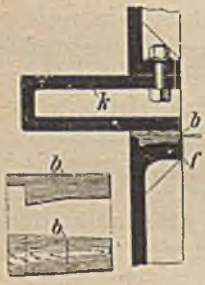


Abb. 198. Kochsche Keilnut-Verkeilung.

140. — **Der obere Anschluß.** Nach Möglichkeit richtet man die Entfernung der einzelnen Keilkränze voneinander so ein, daß zwischen dem Rande des obersten Ringes und dem Keilkranze nur eine schmale Fuge bleibt, die verkeilt werden kann. Je höher diese Fuge ist, um so leichter können die Holzkeile durch den äußeren Wasserdruck in den Schacht zurückgetrieben und herausgeschleudert werden, um so unzuverlässiger ist also die Verkeilung. Nach dem Vorschlage von Koch (D. R. P. 205225) fräst man zur Vermeidung dieses Übelstandes eine nach dem Schachtinnern sich verschmälernde Keilnut in den oberen Flansch *f* (Abb. 198) ein, in die entsprechend geformte Brettchen *b* eingeschoben werden. Darauf erfolgt die

Dichtung durch Verkeilung in gewöhnlicher Weise. Infolge der Keilwirkung wird jetzt der äußere Wasserdruck die Holzeinlage nur dichter und fester pressen.

Wenn die Schlußfuge zu groß ist, so benutzt man zum Anschluß an den oberen Keilkranz Paßringe, die in der jeweils erforderlichen Höhe gegossen werden.

Um zu vermeiden, daß durch etwaige nicht rechtzeitige Beschaffung eines solchen ein Zeitverlust entsteht, kann man, wie dies beim Abteufen des Schachtes der Gewerkschaft Glückauf[1]) bei Sondershausen geschehen ist, mehrere fertige Paßringe von z. B. 2, 4, 6, 8 und 10 cm Höhe vorrätig halten. Die Höhenlage des unteren Keilkranzes läßt sich leicht so genau bemessen, daß einer dieser Ringe als Paßring zum Schlusse des betreffenden Satzes zu verwenden ist. Wenn er verbraucht ist, wird sofort ein gleicher Ersatzring

Abb. 199. Anschluß-Verkeilung zwischen zwei Gußringen.

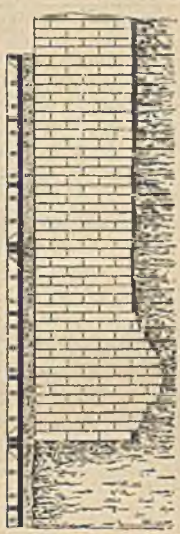


Abb. 200.

Abb. 201.

Abb. 202.

Anschlüsse der Gußringwandung an die obere Mauerung.

in Auftrag gegeben. Die zuletzt übrigbleibenden Ringe besitzen zum mindesten noch einen gewissen Schrotwert, so daß das Verfahren den Vorzug der Einfachheit und Billigkeit hat.

Die Verkeilung zwischen Keilkranz und Gußring hat gelegentlich dadurch zu Unzuträglichkeiten geführt, daß das Bodenstück des Keilkranzes infolge des beim Verkeilen wirksamen ungleichmäßigen Druckes brach. Auch sind solche Verkeilungsarbeiten insofern bedenklich, als schon sehr geringe Be-

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1898, S. 149; Gröbler: Das Abteufen des Schachtes der Gewerkschaft Glückauf zu Sondershausen.

wegungen des Keilkranzes genügen, um seine nach oben hin etwa erreichte völlige Wasserdichtigkeit in Frage zu stellen. Man zieht deshalb jetzt in der Regel vor, nach Abb. 199 einen Ring unter den Keilkranz unterzuhängen und die Verkeilung zwischen zwei Gußringen anzuordnen.

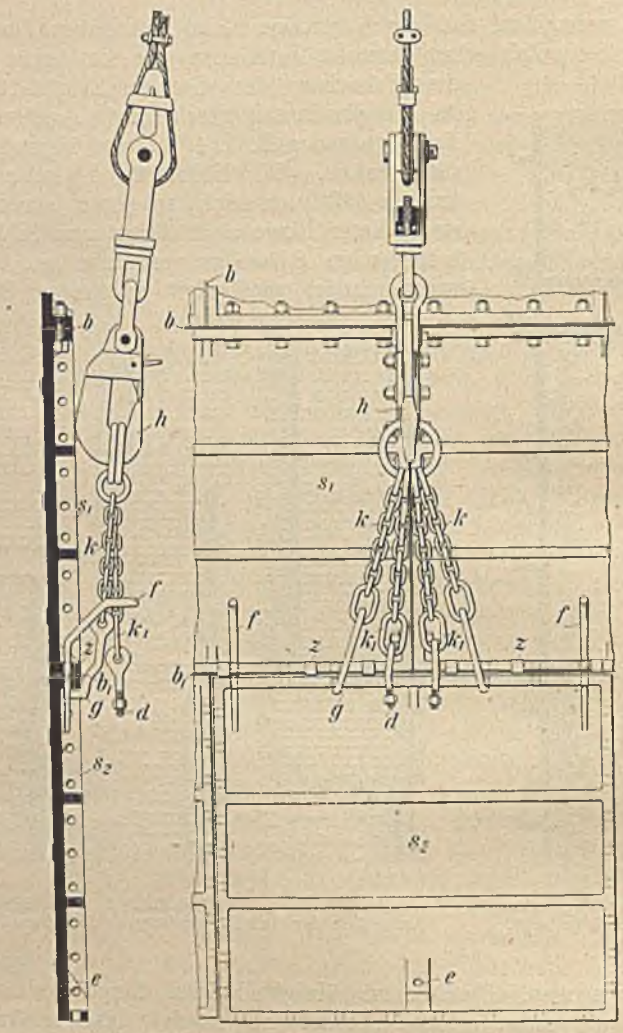


Abb. 203. Das Unterhängen von Gußringteilen.

Zum Anschlusse eines Gußringsatzes an eine darüber befindliche Mauerung führt man ihn ein Stück in die Höhe und verfüllt den Zwischenraum nach Abb. 200 mit Beton. Ist die Mauerung hierfür zu eng, so muß zuvor ein Teil weggespitzt werden (Abb. 201). Auch kann man den Mauerfuß von vornherein auf einen Keilkranz setzen, um an diesen später die Gußringsäule in der gewöhnlichen Weise anzuschließen (Abb. 202).

141. — **Das Unterhängen der Gußringe oder der Einbau von oben nach unten.** Diese Art des Ausbaues ist zuerst im Jahre 1892 von der Firma Haniel & Lueg bei dem Braunkohlenschachte Ernst bei Düderode am Harz durchgeführt, wo es sich um die Durchteufung von stark treibenden, blähenden Tonschichten handelte. Zum zweiten Male wurde das Verfahren 1894 bei der Herstellung der Schächte für das Schiffshebewerk zu Henrichenburg benutzt[1]). Das Unterhängen erfolgt in der Regel von einem Keilkranze aus, kann aber auch von jedem irgendwie fest verlagerten Gußringe aus seinen Anfang nehmen. Diese Art des Einbaues wird durch Abb. 203 veranschaulicht. Das mit dem Förderseile eingelassene Ringstück s_2 hängt an 4 Ketten, von denen 2 (mit k bezeichnet) in Haken und 2, die Sicherheitsketten (mit k_1 bezeichnet), in Schrauben endigen. Sobald das Stück unten angekommen ist, werden die Sicherheitsketten gelöst, so daß es nur noch von den beiden Haken getragen wird. Nunmehr drücken die Arbeiter den Ringteil gegen den Stoß, wobei er von der Maschine so weit angehoben wird, daß er in die richtige Lage unter den Flansch des vorhergehenden Ringes kommt. Zwei eingesteckte Führungsbolzen f erleichtern diese Arbeit so lange, bis das Einstecken und Anziehen zweier Schrauben ermöglicht wird. Sobald diese tragen, können die Haken gelöst und die Führungsbolzen entfernt werden. Vorher ist schon das Bleidichtungsblech b_1 unter den Flansch des oberen Segments s gelegt, wo es durch Klammern z gehalten wird. Jetzt werden auch die übrigen Schrauben eingesteckt und einstweilen lose angezogen. Gleichzeitig wird der senkrechte Flansch mit einer Bleidichtung versehen und mit dem Nachbarsegment lose verschraubt. Für den letzten Ringteil wird der Stoß nach Abb. 204 weiter ausgearbeitet, so daß das Segment S eingeschoben und nach vorn in die richtige Lage gezogen werden kann. Sobald der ganze Ring zusammengesetzt ist, werden die Schrauben fest angezogen, wobei darauf zu achten ist, daß der Ring seine kreisrunde Form behält.

Abb. 204. Einschieben des letzten Ringteils bei Unterhängegußringen.

Sind mehrere Ringe untergehängt, so wird der Raum zwischen ihnen und dem Gebirgstoße durch Einspülen mit Zement ausgefüllt. Bei Wasserzugängen geschieht dies schon, wenn nur 2 oder 3 Ringe eingebracht sind, um möglichst schnell die zusitzende Wassermenge zu vermindern. Ist das Gebirge trocken (z. B. bei Gefrierschächten), so erfolgt das Zementieren erst, wenn etwa 6 Ringe im Schachte hängen.

Damit die Zementtrübe unten nicht ausläuft, verstopft man den Spalt zwischen dem unteren, äußeren Ringrande und dem Gebirge mit Lehm oder besser mit Stroh, Holzwolle oder trockenem Farnkraut, das die Eigenschaft starken Quellens besitzt, und schraubt, wie dies die Abb. 205 andeutet, nötigen-

[1]) Riemer: Das Schachtabteufen zur Zeit der Düsseldorfer Ausstellung 1902 (Düsseldorf, Haniel & Lueg), S. 5.

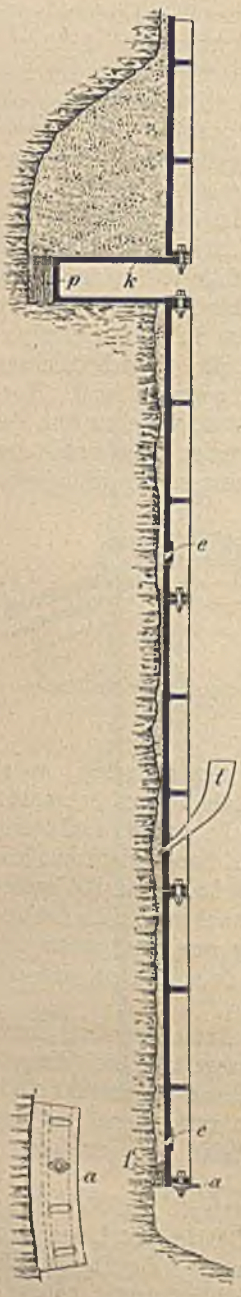


Abb. 205.
Hintergießen von hängenden Gußringen mit Zement und Abschluß des unteren Ringspaltes zu diesem Zwecke.

falls noch Bleche *a* an, die möglichst dicht an den Gebirgstoß herangeschoben werden. Mehrfach hat man auch den Ringspalt mit Bretterstücken ausgefüllt und diese Holzlage durch Verkeilen verdichtet (Abb. 206 und 207). Man erhält so einen tatsächlich dichten, die Zementtrübe mit Sicherheit zurückhaltenden Abschluß. Alsdann beginnt man mit dem Einlaufenlassen einer tunlichst dickflüssigen Zementtrübe durch Löcher, die in den Ringteilen vorgesehen sind. Man benutzt hierzu Trichter, die in die Löcher hineingesteckt werden, oder aber man läßt die Trübe von über Tage her durch Rohrleitungen, die an die Löcher angeschlossen werden, einlaufen. Für die zuerst eingeführte Trübe pflegt man einen schnell bindenden Zement zu bevorzugen, um schnell einen guten Abschluß im unteren Spalt zu erhalten. Der Zement setzt sich nieder, während das überschüssige Wasser

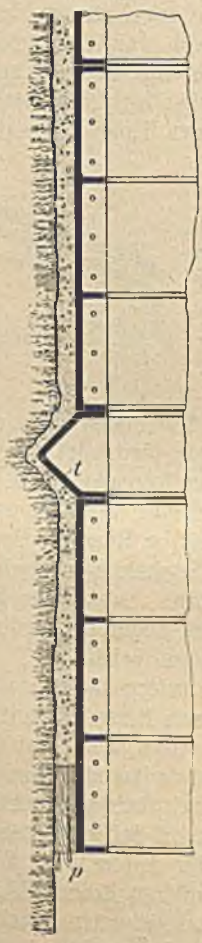


Abb. 206.
Abschluß des unteren Ringspaltes bei hängenden Gußringen durch Verkeilung zum Zwecke des Hintergießens.

Abb. 207.
Offenlassen eines Gußloches unter der Spaltverkeilung bei hängenden Gußringen.

und die Luft durch die oberen, in den Gußringen vorhandenen Löcher austreten. Bei dieser Arbeit ist besonders darauf zu halten, daß die Hohlräume hinter der Gußringwand bis oben hin mit Zementbrei erfüllt werden. Es bilden sich sonst leicht in dem oberen Teile des jedesmaligen Zementierabschnittes Wasseransammlungen, wie dies Abb. 208 andeutet. Wenn keine Trübe mehr aufgenommen wird, werden die Einfüllöcher durch Blindflanschen, Schrauben oder Holzpflöcke verschlossen.

Damit die Schraubenbolzen in den senkrechten Flanschen nicht die ganze Last der hängenden Gußringsäule zu tragen haben, unterstützt man den untersten Ring vom Schachttiefsten her möglichst durch untergestellte Bolzen und trägt im übrigen dafür Sorge, daß sofort nach der Erhärtung des Zementes dieser das Gewicht der Eisenwandung aufnimmt. Zu diesem Zwecke wählt man Gußringe mit äußeren Tragerippen (Abb. 220, S. 161) und baut außerdem in Abständen von etwa 20—25 m Tragekränze *t* (Abb. 206) ein, die ebenso wie die Gußringe selbst untergehängt werden. Gußringe mit Querschnitten entsprechend den Abbildungen 221 und 222 bedürfen besonderer Vorkehrungen nicht, sondern tragen sich infolge ihrer äußeren Oberfläche ohne weiteres.

Abb. 208. Ungenügende Zementhinterfüllung von Gußringen.

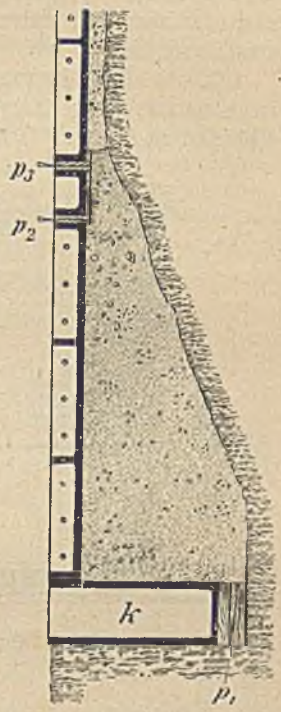


Abb. 209. Keilkranz mit Anschluß an einen hängenden Gußringabsatz.

142. — Anschluß der Unterhängegußringe an den unteren Keilkranz. Sobald man mit dem Unterhängeausbau wassertragendes Gebirge erreicht hat, schließt man die Gußringsäule unten durch einen Keilkranz ab. Wo es sich machen läßt, wird dieser nach einem Stichmaß genau in solcher Höhe verlegt, daß nach Zwischenlegen der üblichen Bleidichtung der unterste Ring unmittelbar mit dem Keilkranz verschraubt werden kann. Sollte hierbei ein ganz geringfügiges Anheben des Keilkranzes eintreten, so ist das bei Holzverkeilung am Umfange des Keilkranzes in der Regel nicht bedenklich, namentlich dann nicht, wenn 2 Keilkränze übereinander verlegt sind, so daß auch die Fuge zwischen beiden noch verkeilt werden kann.

Läßt sich die Verlagerung der Küvelage nicht genau genug für die unmittelbare Verschraubung bewirken und bleibt eine Fuge, so wird diese, falls sie nicht höher als etwa 20 mm ist, verkeilt. Gewöhnlich pikotiert man nicht die Fuge zwischen dem untersten Ringe und dem Keilkranz, sondern man verschraubt jenen mit dem Keilkranz, um die Fuge zwischen dem letzten und vorletzten Ringe zu verkeilen. Auf diese Weise erzielt man den Vorteil, daß man den Raum hinter dem untersten Ringe über dem Keil-

kranz sorgfältig mit Beton ausstampfen und durch Aufführen des Verputzes in Form eines Ringes über den Rand des Segmentes ein Widerlager für die Verkeilungsbrettchen schaffen kann (Abb. 209). Ist dieses geschehen, so wird der vorletzte Ring eingebaut, die Fuge verkeilt und der Raum hinter dem vorletzten und den darüber befindlichen Ringen mit Zement vergossen.

Läßt der Keilkranz sich nur so einbauen, daß ein größerer Zwischenraum zwischen den Ringen bleibt, so werden Paßringe eingeschaltet und entweder oben und unten verkeilt (Abb. 209) oder oben verschraubt und unten verkeilt.

143. — **Bewährung der Unterhängegußringe.** Unterhängegußringe werden zumeist angewandt, um Wasserzugänge möglichst schnell abschließen zu können. Tatsächlich hat man in dieser Beziehung gute Erfolge erzielt, und es ist mehrfach gelungen, auf diese Weise beträchtliche Wasserzuflüsse alsbald nach ihrem Auftreten abzusperren, so daß man bei erheblich verminderten Zuflüssen weiter abteufen konnte.

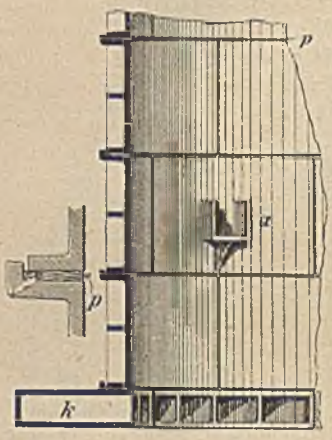


Abb. 210. Englische Gußringe mit angegossenem Schuh.

Außerdem wendet man Unterhängegußringe an, um die Gebirgstöße sobald als möglich zu sichern. Namentlich hat man dies beim Gefrierverfahren getan. Auch hier hat sich diese Art des Ausbaues durchaus bewährt, worüber weiter unten in dem betreffenden Abschnitte Näheres folgt.

144. — **Vergleich des englischen und des deutschen Gußringausbaues.** Der englische Gußringausbau besitzt den Vorzug, daß er in seinen mit Holz ausgefütterten Fugen eine gewisse Nachgiebigkeit besitzt und nicht gleich der Gefahr des Brechens ausgesetzt ist. Dieser Vorzug erscheint heute, wo die Schächte häufig in die Gefahr kommen, durch Abbauwirkungen beansprucht zu werden, wichtiger als früher. Tatsächlich sucht man aus diesen Rücksichten auch beim deutschen Gußringausbau neuerdings nicht etwa die Zahl der Verkeilungsfugen zu vermindern, sondern man ersetzt lieber eine an sich mögliche Verschraubung durch eine Holzverkeilung und gibt so dem Schachtausbau bis zu einem gewissen Grade die Möglichkeit, den Gebirgsbewegungen zu folgen. Freilich genügen hierfür die Holzverkeilungen in vielen Fällen nicht. Ein brauchbarer Ausgleich für Schachtverkürzungen beim Gußringausbau bleibt noch zu finden[1]).

Bei Beanspruchungen des Ausbaues auf Biegung (s. auch Ziff. 146) haben wir bei englischen Gußringen die günstige Wirkung, daß die neutrale Faser näher, als dies bei deutschen Gußringen der Fall ist, an der besonders gefährdeten Innenseite der Wandung belegen ist. Diese Vorzüge sind aber damit erkauft, daß der Ausbau leicht undicht wird und daß er fast nie so wasserdicht gehalten werden kann, wie dies bei dem deutschen Gußringausbau möglich ist. Nach-

[1]) Vergl. den S. 117 in Anm. [1]) angezogenen Aufsatz, S. 1112.

teilig ist ferner, daß der Aufbau und die Verkeilung verhältnismäßig viel Zeit in Anspruch nehmen und daß die Herstellung nur von unten nach oben und nicht, wie dies bei deutschem Gußringausbau der Fall ist, auch von oben nach unten stattfinden kann.

Auch die Verlagerung der Einstriche macht bei den englischen Gußringen größere Schwierigkeiten als bei den deutschen. Man verlagert die Einstriche entweder nach Abb. 210 in angegossenen Schuhen *a*, oder man befestigt sie an Wandruten, die an den Dichtungsfugen festgenagelt werden. Bei den deutschen Gußringen dagegen können die Einstriche einfach auf die wagerechten Flanschen gelegt werden.

Die Kosten für englischen und deutschen Gußringausbau weichen insgesamt nur wenig voneinander ab. Infolge der Bearbeitung, des Verbrauchs an Bleiblech und der Verwendung von Schrauben sind die deutschen Gußringe etwas teurer, während der Lohnaufwand wegen des langsamen Einbaues und der lästigen Verkeilung bei den englischen Gußringen höher ist. Das Sammelwerk (Bd. III, S. 55 u. 64) nimmt für einen Schacht von 5 m lichtem Durchmesser bis 100 m Teufe etwa folgende Kosten an:

	englischer Ausbau	deutscher Ausbau
Gußringe	965 ℳ	994 ℳ
Dichtungstoffe . . .	10 „	120 „
Beton	40 „	40 „
Löhne	200 „	50 „
Summe	1215 ℳ	1204 ℳ

Für 100—200 m Schachtteufe sind die Kosten des Ausbaues etwa um 50%, für 200—300 m um 100% zu erhöhen.

Zugunsten der deutschen Gußringe fällt der schnellere Einbau und die beschleunigte Fertigstellung auch insofern wirtschaftlich ins Gewicht, als sich durch die Zeitersparnis die Generalkosten der Schachtanlage für Gehälter, Dampferzeugung, Zinsverlust usw. vermindern. Z. B. bedeutet der Zinsverlust, der durch einen um nur 1 Monat verspäteten Beginn der Förderung entsteht, für eine Anlage, die 10 Mill. ℳ gekostet hat, bereits 40000 ℳ. Der Schacht wird somit schon deshalb, weil er schneller fertig wird, billiger.

In den letzten Jahren sind englische Gußringe in Deutschland nicht mehr eingebaut worden. Dagegen ist die Zahl der noch in diesem Ausbau stehenden Schächte groß. Das Sammelwerk[1]) gibt z. B. für den Ruhrbezirk um 1900 89 Schächte in englischem gegenüber nur 68 Schächten in deutschem Gußringausbau an.

145. — Wandstärke der Gußringe. Die Druckbeanspruchung. Die Gußringe werden einerseits auf Druck, anderseits auf Biegung beansprucht. Die Druckbeanspruchung richtet sich nach der Höhe des zu erwartenden Wasserdruckes. Für schwimmendes Gebirge ist nach den Untersuchungen Hoffmanns[2]) sogar noch ein höherer, gleichmäßig auf den Schachtumfang wirkender Druck anzunehmen, der etwa auf das 1,7fache des Wasserdruckes allein zu schätzen ist. Es mag zweifelhaft sein, ob in allen Fällen dieser hohe Druck im Schwimmsand wirksam ist, zumal in der

[1]) Sammelwerk Bd. III, S. 48.
[2]) Sammelwerk Bd. III, S. 334.

Regel auch festere Schichten den Böschungsdruck vermindern werden. Jedenfalls kann der erhöhte Druck eintreten, sobald das Gebirge unruhig zu werden beginnt. Die im folgenden für die Berechnung der Wandstärke aufgestellte Formel wäre also für schwimmendes Gebirge entsprechend zu berichtigen.

Wenn H den Wasserdruck in Atmosphären, D den äußeren Durchmesser des Schachtes in Zentimetern und K die angenommene zulässige Druckbeanspruchung des Gußeisens in kg/qcm bedeuten, so würde bei H m Teufe entsprechend dem Wassersäulendruck der Halbring einer Schachtwandung von D cm äußerem Durchmesser und 1 cm Höhe einen Druck von $H \cdot D$ kg zu tragen haben, der von den beiden Wandquerschnitten auf jeder Seite des Halbringes aufgenommen werden müßte. Die erforderliche Wandstärke E errechnet sich also wie folgt:

$$E = \frac{H \cdot D}{2 \cdot K}.$$

Nun darf aber zur Erzielung eines einwandfreien Gusses die Wandstärke weder ein gewisses Mindestmaß noch ein bestimmtes Höchstmaß überschreiten. Jenes pflegt man allgemein auf 2,5 cm, dieses auf 12—15 cm zu bemessen. Für die geringeren Teufen begnügt man sich deshalb nicht mit den rechnungsmäßig erforderlichen Wandstärken, sondern bringt einen Sicherheitszuschlag in Anwendung, der allerdings sehr verschieden, und zwar vielfach lediglich nach Gutdünken, bemessen wird.

Eine von Chastelain aufgestellte, dem erforderlichen Sicherheitszuschlage Rechnung tragende Formel lautet:

$$E = 0{,}9 + 0{,}00065 H \cdot D,$$

worin E, H und D die oben genannte Bedeutung haben. Stellt man nun für einen Schacht von 5 m äußerem Durchmesser die nach der einen oder anderen Formel berechneten Werte gegenüber, so erhält man:

Teufe	Wandstärke nach der ersten Formel	Wandstärke nach der Formel von Chastelain
m	cm	cm
100	2,5	4,15
200	5,0	7,4
300	7,5	10,65
400	10,0	13,9

Die Formel von Chastelain ergibt also reichlich hohe Werte, die namentlich für größere Teufen das Maß des Erforderlichen übersteigen und ungünstige Gußspannungen hervorrufen. Tatsächlich hat man sich vielfach bei tiefen Schächten und großen Durchmessern nicht an diese Formel gehalten, sondern hat geringere Wandstärken gewählt.

146. — Die Wirkung der Biegungsbeanspruchung im Verein mit der Druckbeanspruchung. In vielen Fällen genügen nun die vorstehend angeführten, lediglich die Druckbeanspruchung berücksichtigenden

Rechnungen nicht, da diese nur für den Fall zutreffen, daß der Gebirgsdruck wie der Druck einer Wassersäule ringsum gleichmäßig auf die Schachtwandung wirkt. Für die Vermeidung von Biegungsbeanspruchungen ist zunächst die allseitige dichte Hinterfüllung des Ausbaues wichtig, da sonst (s. Abb. 123, S. 102) ein seitliches Ausweichen möglich wird. Aber auch dann können noch solche Beanspruchungen dadurch eintreten, daß das Gebirge „schiebt", d. h. von verschiedenen Seiten her verschieden stark drückt. Namentlich treten solche ungleichmäßigen Gebirgsbewegungen auf, sobald die Abbauwirkungen den Schacht in ihren Bereich ziehen.

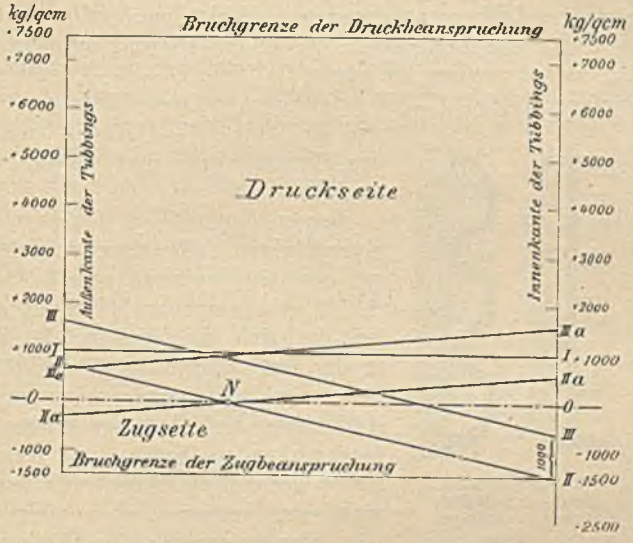


Abb. 211.
Darstellung der an Gußringe herantretenden Beanspruchungen.

Die Art der Beanspruchungen, die an den Querschnitt der Gußringwand teils durch den von allen Seiten wirkenden Wasserdruck und teils durch eine Einzelkraft herantreten können[1]), ist in Abb. 211 schematisch dargestellt. *00* ist die Nullinie, darüber befindet sich die Druckseite, auf der die Bruchgrenze der Druckbeanspruchung für Gußeisen mit 7500 kg/qcm angegeben ist, und darunter die Zugseite, auf der die Bruchgrenze der Zugbeanspruchung bei 1500 kg/qcm verläuft. Die Druckbeanspruchungen sind durch positive, die Zugbeanspruchungen durch negative Vorzeichen gekennzeichnet. Erreicht die Gesamtbeanspruchung des Ringes eine dieser beiden Linien, so wird ein Bruch die Folge sein. Links ist die Außenkante und rechts die Innenkante der Eisenwand angenommen. Auf der Nullinie liegt, je nach der Gußringform, die neutrale Faser *N*. Die in der Abbildung angenommene Lage der Faser *N* auf der der Außenkante zugewandten Hälfte entspricht etwa den tatsächlichen Verhältnissen bei deutschen Gußringen. *I—I* ist

[1]) Glückauf 1910, Nr. 3, S. 91; Heise: Über die Verstärkung der Tübbings durch geeignete Formgebung.

die Linie der Druckbeanspruchung durch gleichmäßigen Wasserdruck, die mit 1000 kg/qcm angenommen ist. *II—II* ist die Linie der Biegungsbeanspruchung durch eine von außen wirkende Einzelkraft, die sich links von der neutralen Faser als Druck und rechts als Zug äußert. Summiert man nun die durch die Linien *I—I* und *II—II* ausgedrückten Kräfte, so erhält man als Gesamtbeanspruchung die Linie *III—III*. Erreicht diese Linie eine der beiden Bruchgrenzen (entweder auf der Druckseite oder auf der Zugseite), so ist der Ring über seine Festigkeit hinaus in Anspruch genommen, und es wird ein Bruch eintreten.

Im Falle der Abb. 211 endigt die Linie *III—III* rechts so, daß sich auf der Zugseite eine Zugbeanspruchung von 500 kg/qcm ergibt, die noch zulässig ist. Würde die Einzelkraft, welche die Biegungsbeanspruchung im Gefolge hat, weiter wachsen, so würde die Linie *II—N—II* und ebenso die ihr gleichlaufende Linie *III—III* unter einem steileren Winkel zu *00* verlaufen und die Linie *III—III* sehr bald die Linie der Bruchgrenze der Zugbeanspruchung erreichen.

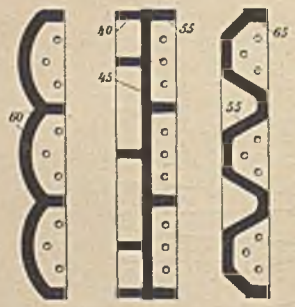


Abb. 212. Aufgewölbter Gußring. Abb. 213. Kreuz-Gußring. Abb. 214. Gewellter Gußring.

Ferner ist noch zu beachten, daß der eingedrückten Stelle einer Schachtwandung, um etwa 90° versetzt, gemäß Abb. 123 auf S. 102 eine ausgebauchte Stelle entspricht, bei der sich die Wirkung der Einzelkraft in der Art äußert, daß Druckkräfte an der Innenseite, Zugbeanspruchungen an der Außenseite der Gußringe auftreten. Die hier wirkenden Kräfte sind zwar geringer als an der eingedrückten Stelle der Schachtwandung, betragen aber immerhin noch 57% der ersteren[1]). Die Linien II_a—II_a und III_a—III_a deuten an, wie die Beanspruchungen an der ausgebauchten Stelle in die Erscheinung treten. Wichtig ist, daß man mit Rücksicht auf diese letzteren Beanspruchungen die Formgebung der Gußringe zweckmäßig so wählt, daß zwar die neutrale Faser nahe an die Innenseite verlegt, aber eine gewisse Grenze nicht überschritten wird.

Wie sich aus der Abbildung ferner ergibt, ist es ausgeschlossen, daß die Linien *III—III* und III_a—III_a die Linie der Bruchgrenze der Druckbeanspruchung früher als die Linie der Bruchgrenze der Zugbeanspruchung schneiden. Daraus folgt weiter, daß bei den üblichen Wandstärken niemals eine zu geringe Druckfestigkeit, sondern stets die mangelnde Zugfestigkeit des Gußeisens die Ursache des Bruches ist.

Um diesem Mangel abzuhelfen, gibt man den gewöhnlichen Gußringen größere Wandstärken, als sie, unter Berücksichtigung der Druckbeanspruchung allein, erforderlich sind. Auch sucht man die Widerstandsfähigkeit der Gußringe durch geeignete Formgebung zu erhöhen. Z. B. sind zu diesem

[1]) Glückauf 1905, Nr. 9, S. 276; Heise: Neues über die Festigkeitsverhältnisse gewellter und anderer Tübbings.

Zwecke die in den Abbildungen 215—217 dargestellten Querschnitte vorgeschlagen und ausgeführt worden.

147. — **Gußringe aus Stahlguß.** Stahlguß würde gegenüber Gußeisen eine 3—4fach höhere Biegungsfestigkeit verbürgen, wenn er auch keine wesentlich höhere Druckfestigkeit als dieses besitzt, so daß mit Rücksicht auf die Druckbelastung etwa die gleichen Wandstärken zur Anwendung kommen müßten. Bisher hat aber der Preis von Stahlguß, der sich bei gleichem Gewichte auf etwa das Dreifache desjenigen der gußeisernen Ringe stellte, der Anwendung hindernd im Wege gestanden. Die Kriegs- und Nachkriegsverhältnisse haben das Preisverhältnis zugunsten des Stahlgusses verschoben. Tatsächlich hat deshalb die Firma Fr. Krupp A.-G. auf ihrem Schachte Hannover Stahlgußringe eingebaut. Bei Versuchen hat sich gezeigt, daß derartige Ringe erhebliche Formänderungen ohne Bruch vertragen[1]).

148. — **Gußringe für große Teufen oder besonders hohe Drücke.** Nach den obigen Berechnungen muß die Wandstärke der Gußringe für einen Schacht von 5 m äußerem Durchmesser und 600 m Tiefe bereits mindestens 150 mm betragen, und es ist schon gesagt, daß eine solche Wandstärke an der Grenze des Zulässigen liegt. Der Grund ist, daß bei derartig dicken Wandungen ein zuverlässiger Guß schwer zu erzielen ist, weil besonders in den Ecken die sog. Gußspannung wächst und die Gefahr der Lunkerbildung entsteht.

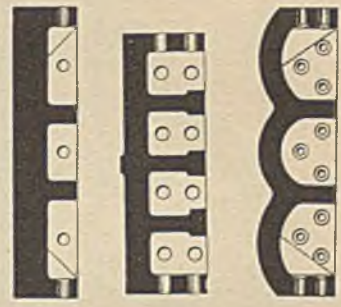


Abb. 215. Abb. 216. Abb. 217.
Gußringe für große Teufen.

Durch besonders sorgfältige Herstellung, insbesondere durch eine langsame Abkühlung nach dem Gusse, gelingt es freilich, die Grenzen der Wandstärke wesentlich heraufzusetzen. Die Firma Haniel & Lueg zu Düsseldorf hat z. B. im Jahre 1911 an die Zeche Maximilian bei Hamm Gußringe mit 15 cm und in einem Falle sogar mit 18 cm Wandstärke (Abb. 215) geliefert. Tomson hat die Schwierigkeiten der Herstellung dadurch zu umgehen versucht, daß er, um den erforderlichen Eisenquerschnitt unterzubringen, die Flanschen und Verstärkungsrippen vermehrte und in eigentümlicher Weise verbreiterte. So entstanden die in Abb. 216 dargestellten Gußringe, die bereits früher auf der ebengenannten Zeche Maximilian z. B. von 504.6—515 m Teufe gegenüber einem Drucke der salzigen Wasser von 64 Atmosphären eingebaut worden sind. Der Querschnitt ergibt durchschnittlich eine Wandstärke von 22,2 cm, während die tatsächliche Wandstärke 12,0 cm nicht übersteigt. Das Anziehen der Schrauben ist freilich bei dieser Form sehr erschwert. Besser bewährt haben sich in dieser Beziehung die aufgewölbten, breitflanschigen Gußringe nach Abb. 217 (Breitflanschtübbings), deren Schrauben zugänglicher liegen.

[1]) Kruppsche Monatshefte, 1920, Oktoberheft; Reichard: Über Schachtausbauten mit Tübbings usw.

Für besonders hohe Drücke und gefährliches Gebirge (z. B. wenn in größerer Tiefe erhebliche Fließsandschichten zu durchteufen sind) hat man die Zuverlässigkeit der Schachtauskleidung über das durch eine einzige Gußeisenwand erreichbare Maß zu steigern gesucht. Schon Riemer hatte (D. R. P. 125789) für Kind-Chaudronsche Bohrschächte und Honigmann (D. R. P. 218613) für Senkschächte eine doppelte Wand mit Betonzwischenfüllung vorgeschlagen, ohne daß aber die Vorschläge zur

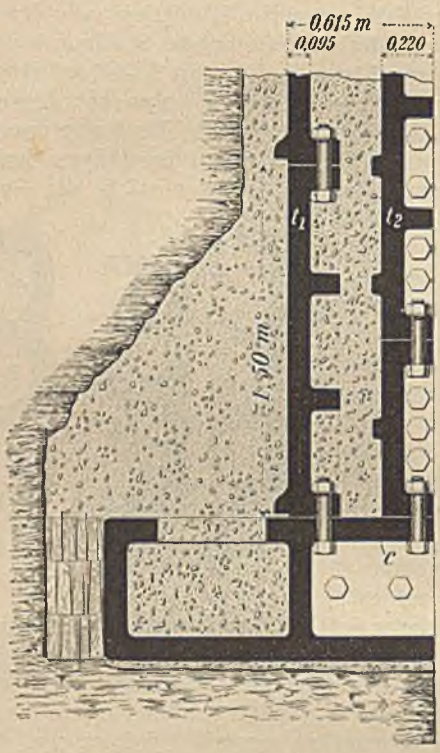


Abb. 218.
Doppelter Gußringausbau für besonders hohe Drücke.

Abb. 219. Gußringausbau in Verbindung mit Eisenbeton für besonders hohe Drücke.

Ausführung gekommen waren. Dagegen hat man in tiefen Gefrierschächten von diesem Gedanken Gebrauch gemacht und konnte es hier mit um so größerem Nutzen tun, als während der Zeit des Abteufens unter dem Schutze der Frostmauer die äußere, durch Unterhängen eingebrachte Gußringwand allein schon zur Sicherung des Schachtes genügt. Erst kurz vor dem Auftauen des Gebirges wird, wie dies z. B. auf den Schächten I, V, VI und VII der Gewerkschaft Fr. Thyssen und auf den Lohbergschächten derselben Gewerkschaft geschehen ist, die innere Gußringwand hoch geführt und gleichzeitig der Raum zwischen den beiden Eisenwänden mit Beton ausgestampft oder vollgespült. Abb. 218 zeigt die Maße der auf den Loh-

bergschächten bei 400 m Teufe eingebauten doppelten Schachtauskleidung. Es ist zweifellos, daß einem solchen Schachtausbau ein ganz besonders hohes Maß von Zuverlässigkeit und Sicherheit innewohnt.

Auf dem Schachte Karl Alexander bei Baesweiler hat man den Gußringausbau durch Verwendung von Eisenbeton noch besonders zu sichern gesucht. Man wandte hier Gußringe mit kreuzförmigem Querschnitt (Abb. 213, S. 158) an, bei denen der Querschnitt des gesamten Gußeisens sich auf eine lange Linie verteilt, so daß die Wandstärke an jedem einzelnen Punkte verhältnismäßig niedrig liegt. Der Raum *r* zwischen den äußeren Rippen wurde schon über Tage mit einer Betonmischung ausgestampft. Diese so vorbereiteten Ringteile wurden von unten nach oben aufgebaut, gleichzeitig wurde eine Eisenbetonwand *B* zwischen ihnen und dem Gebirgstoße hoch geführt. Die Maße ergeben sich aus Abb. 219, und man sieht aus dem Vergleiche mit Abb. 218, daß der gesamte Raumbedarf in beiden Fällen etwa der gleiche ist. Die höhere Festigkeit wird man aber unbedingt der Schachtauskleidung nach Abb. 218 zusprechen müssen.

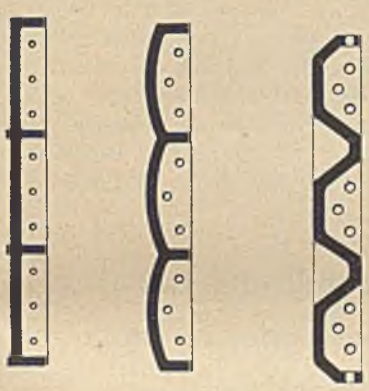


Abb. 220. Abb. 221. Abb. 222.
Gußringe als Tragekränze.

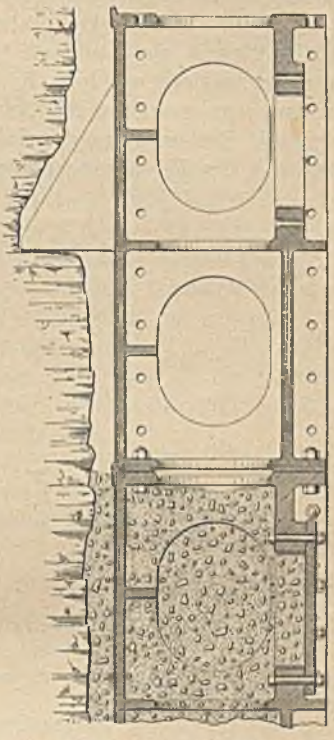


Abb. 223. Kruppscher Stahlguß-Kastenausbau.

149. — Gußringe als Tragekränze. Wie schon in Ziff. 141 angedeutet wurde, ist es bisweilen erwünscht, daß die Gußringwand sich selbst trägt. Auch kann es vorkommen, daß das Legen eines Keilkranzes unmöglich wird, z. B. wenn beim Schachtabteufen mittels des Gefrierverfahrens (s. u.) Gefrierrohre sich allzusehr dem Schachtinnern genähert haben. Dann müssen die unteren Ringe die oberen zu tragen imstande sein. In solchen Fällen kann man Gußringe mit nach außen vorspringenden Rippen (Abb. 220) oder mit aufgewölbten (Abb. 221) oder gewellten (Abb. 222) Wandungen als Trag-

kränze benutzen, die, sorgfältig in Beton eingebettet und zu mehreren übereinander angeordnet, dieselben Dienste wie ein Keilkranz tun.

150. — **Kastenausbau aus Stahlguß oder Schmiedeeisen.** Die Firma Fr. Krupp A.-G. zu Essen schlägt für große Teufen und besonders hohe Drücke einen ringförmigen Kastenausbau vor, der ähnlich wie das Breilsche Gitterwerk (s. Ziff. 95 u. 128) vollständig mit Beton ausgefüllt und teilweise in diesen eingebettet werden soll. Abb. 223 zeigt, wie zwei Ringwände durch wagerechte und senkrechte Querwände zu einem Ganzen verbunden werden, das sich durch angegossene Vorsprünge auf das Gebirge stützt. Die durch Verschraubung zu einem Ringe zu vereinigenden Teilstücke können aus Stahlguß (Abb. 223) bestehen oder aus Schmiedeeisen zusammengenietet werden. Es ist kein Zweifel, daß ein derartiger Kastenausbau sehr weitgehenden Ansprüchen an die Druck- und die Biegungsfestigkeit Rechnung tragen wird. Freilich wird der hohe Preis eines solchen Ausbaues der Einführung hinderlich im Wege stehen.

Siebenter Abschnitt.

Schachtabteufen.

1. — **Einleitende Bemerkungen.** Das Schachtabteufen hat für die verschiedenen Arten des Bergbaues eine sehr verschiedene Bedeutung. Im Erzbergbau ist seine Wichtigkeit nur gering, weil in der Regel kein Deckgebirge vorhanden ist und demgemäß keine besonderen Schwierigkeiten zu überwinden sind. Im Braunkohlenbergbau sind die dem Abteufen entgegentretenden Schwierigkeiten oft schon größer, jedoch pflegt es sich dabei um geringere Teufen zu handeln. Bei dem Steinkohlen- und dem Kalisalzbergbau schließlich gesellen sich häufig zu schwierigen Gebirgsverhältnissen erhebliche Teufen, so daß hier Gelegenheit zu einer recht mannigfaltigen Entwicklung verschiedener Abteufverfahren gegeben war.

Die folgende Zusammenstellung (s. S. 164) gibt einen Überblick über die verschiedenen Verfahren, deren Anwendbarkeit in der Hauptsache durch Teufe, Gebirgsbeschaffenheit und Wasserzugänge bedingt wird.

I. Das gewöhnliche Abteufverfahren.

A. Das Abteufen ohne besondere Vorkehrungen.

a) Einleitende Bemerkungen.

2. — **Allgemeines**[1]). Bei dem gewöhnlichen Schachtabteufen wird die Sohle des Schachtes durch unmittelbare Hand- oder durch Sprengarbeit vertieft, die zusitzenden Wasser werden durch Kübelförderung, Pumpen oder Wasserziehvorrichtungen niedergehalten und die Schachtstöße, falls die Natur des Gebirges es erfordert, gleichzeitig ausgekleidet. Ein solches Schachtabteufen setzt im allgemeinen standhaftes (nicht-schwimmendes) Gebirge bei nicht übermäßig großen Wasserzuflüssen voraus. Man wendet es beim Niederbringen neuer Schächte von Tage aus soweit als möglich, stets beim

[1]) Bei der überwiegenden Bedeutung, die die runden Schächte für neue Abteufarbeiten im deutschen Bergbau besitzen, ist in dem folgenden Abschnitt hauptsächlich auf sie Rücksicht genommen. Für rechteckige Schächte gelten die Ausführungen nur mit gewissen Einschränkungen oder insoweit es ausdrücklich bemerkt ist.

	Bedingungen der Anwendbarkeit		
	nach der Teufe	nach der Gebirgsbeschaffenheit	nach den Wasserzuflüssen
I. Gewöhnliches Abteufverfahren			
a) ohne besondere Vorkehrungen . . .	für alle Teufen	in jedem Gebirge	bis höchstens etwa 8 cbm minutlich
b) mittels Ansteckarbeit	bis etwa 30 m Teufe	in schwimmendem Gebirge	bei mäßigen Wasserzugängen
II. Senkschachtverfahren			
a) mit Arbeit auf der Sohle	bis etwa 50 m Teufe, nur ausnahmsweise darüber	in gleichmäßig lockerem Gebirge	bei mäßigen Wasserzugängen
b) mit Arbeit im toten Wasser			bei beliebigen Wasserzugängen
III. Abteufen unter Anwendung von Preßluft	bis etwa 30 m Teufe	dgl.	dgl.
IV. Schachtbohrverfahren mit unverkleideten Stößen			
a) nach Kind-Chaudron	für einzelne Schachtteile in beliebiger Teufe	in festem Gebirge	dgl.
b) nach Honigmann	bis etwa 400 m Teufe	in lockerem Gebirge	dgl.
V. Gefrierverfahren . .	bis etwa 600 m Teufe	in jedem Gebirge	dgl.
VI. Versteinungsverfahren	für alle Teufen	in klüftigem, standhaftem Gebirge	dgl.

Weiterabteufen eines Schachtes unterhalb einer bereits in Betrieb befindlichen Sohle sowie schließlich beim Abteufen blinder Schächte an. Es übertrifft, wenn nicht etwaige Wasserschwierigkeiten ein anderes Vorgehen notwendig machen, hinsichtlich der Schnelligkeit und Billigkeit weit alle anderen Verfahren. Je mehr Wasser freilich dem Schachte zusitzen, um so schwieriger und teurer wird die Handarbeit. Wir kommen dann bald an eine Grenze, wo andere Abteufverfahren, insbesondere das Senkschachtverfahren im toten Wasser, das Gefrier- und das Schachtbohrverfahren, sicherer und billiger werden.

Welche Bedeutung die Wasserzuflüsse besitzen, mögen einige Zahlen klarmachen. Bei nur 100 l minutlichem Wasserzufluß sind in 24 Stunden bereits 144 cbm oder t Wasser aus dem Schachte zu heben. Rechnet man nun, daß in dieser Zeit der Schacht, der eine lichte Weite von 5 m besitzen mag, um 2 m tiefer gebracht wird, so sind in dieser Zeit 39,30 cbm oder rd. 100 t Gestein zu fördern. Die Wasserförderung übertrifft also die Gebirgsförderung schon ganz erheblich. Ein Wasserandrang von 100 l ist aber gering,

da die Wasserzuflüsse auf mehrere Kubikmeter minutlich, ja sogar auf 20 und 30 cbm und noch darüber steigen können.

Es ist schwer, Zahlen dafür anzugeben, bei welchen Wasserzuflüssen das gewöhnliche Abteufen mit Hand unzweckmäßig wird und besser durch andere Verfahren zu ersetzen ist. Die Frage muß je nach Lage des einzelnen Falles entschieden werden. Im allgemeinen nimmt man an, daß bei Wasserzugängen von etwa 8 cbm in einigen hundert Meter Tiefe ein Abteuffortschritt nicht mehr zu erzielen ist.

3. — Überblick über die für das Abteufen erforderlichen Tagesanlagen. Zu den für das Schachtabteufen erforderlichen Einrichtungen über Tage gehören in erster Linie das Fördergerüst und die Fördermaschine, von denen jenes oberhalb des Schachtes errichtet, diese seitlich davon aufgestellt wird. Ein Dampfkabel zur Bewegung einer schwebenden Bühne, von der aus gemauert werden kann, ist zweckmäßig. Er muß, wenn gleichzeitig abgeteuft und ausgemauert werden soll, zugleich mit einer zweiten Fördermaschine für die Baustofförderung vorhanden sein. Gewöhnlich pflegt man dann die eine Fördermaschine auf die eine Seite des Schachtes und die andere Fördermaschine und den Dampfkabel auf die gegenüberliegende Seite in derselben Linie zu legen. Falls gleichzeitig zwei Schächte abgeteuft werden, ordnet man zweckmäßig alle diese Einrichtungen, die nunmehr doppelt vorhanden sind, in einer Reihe an, wie dies Abb. 224 darstellt, und behält so beiderseits den Platz für sonstige Anlagen frei. In der Abbildung sind die Schächte mit *I* und *II*, die zugehörigen Fördermaschinen mit a_1 und a_2, die Maschinen für die Baustofförderung mit m_1 und m_2 und die Dampfkabel mit k_1 und k_2 bezeichnet. Bei einer Doppelschachtanlage kann aber auch eine der mittleren Fördermaschinen fehlen, namentlich dann, wenn die Schächte nicht gleichzeitig begonnen werden, da die verbleibende eine, in der Mitte zwischen beiden Schächten aufgestellte Maschine für die Baustofförderung im zweiten Schachte frei wird, sobald der erste Schacht seine vorgesehene Teufe erreicht hat.

Zu den Tageseinrichtungen für das Schachtabteufen gehört weiter eine Dampfkesselanlage, falls nicht eine solche bereits vorhanden ist oder

Abb. 224. Einrichtungen über Tage für das Abteufen eines Doppelschachtes.

Anschluß an eine elektrische Zentrale besteht. Ebenso ist für Mannschafts- und Beamtenräume, Geschäftszimmer, Lagerräume, eine Schmiede und Schreinerei Sorge zu tragen. Ferner müssen die maschinellen Einrichtungen für die Bewetterung und je nach den Umständen solche für die Wasserhaltung vorgesehen werden.

Die Bewetterungsmaschinen sind in der Abb. 224 mit w_1 und w_2 angedeutet. Für die Wasserhaltung durch Pumpen, die im Schachte aufgehängt werden, sind, abgesehen von der in der Regel etwas abseits belegenen Krafterzeugung, besondere Anlagen über Tage nicht erforderlich. Bei Benutzung von Tomsonschen Wasserzieheinrichtungen (s. u., 9. Abschnitt) dagegen wird als Wasserfördermaschine in erster Linie die Baustoffördermaschine dienen, da bei größeren Wasserzuflüssen das gleichzeitige Abteufen und Ausmauern unmöglich ist, ganz abgesehen davon, daß man in solchem Falle den Ausbau mit Gußringen statt der Mauerung anzuwenden pflegt. Sind die Wasserzuflüsse sehr groß, so daß man für jeden Schacht eine doppelte Wasserzieheinrichtung schaffen will, so kann die zweite Wasserziehmaschine hinter der Abteuffördermaschine in einer Linie mit dem Schachte und den übrigen Maschinen aufgestellt werden. Diese Aufstellung ist in Abb. 224 gestrichelt angedeutet und mit z_1 und z_2 bezeichnet. Häufig ist es erwünscht, von vornherein auch einen Kompressor vorzusehen, um Bohrhämmer bei der Abteufarbeit verwenden zu können.

Für größere Schachtanlagen ist neben dem Bau der erforderlichen Wege noch die vorherige Herstellung eines Eisenbahnanschlusses sehr zu empfehlen, da die Anfuhr der schweren Maschinenteile und der Baustoffe mit der Achse allzu zeitraubend, schwierig und teuer ist.

Schließlich ist für genügend große Lager- und Haldenplätze zu sorgen. Soweit es möglich ist, muß man bei dem Plan für die Abteuftagesanlagen auf die spätere, endgültige Einrichtung Rücksicht nehmen. Namentlich gilt dies für die Dampfkesselanlage, die später zu der endgültigen Anlage erweitert werden kann, und für den Bahnhof. In jedem Falle ist die Anordnung so zu treffen, daß die Inangriffnahme des Baues der endgültigen Anlagen noch vor der Entfernung der vorläufigen und ohne Störung des Abteufbetriebes geschehen kann.

Die Kosten der Tagesanlagen sind unter den im Ruhrbezirke herrschenden Verhältnissen für einen Schacht von etwa 5 m Durchmesser und 500—600 m Teufe ausschließlich der Grunderwerbskosten und etwaiger größerer Ausgaben für die Wasserhaltung auf annähernd 100000—125000 ℳ und bei einer gleichzeitig herzustellenden Doppelschachtanlage auf 175000—220000 ℳ zu schätzen[1]), wovon jedoch nur etwa 30% als Ausgabe zu Lasten der Abteufkosten zu rechnen sind, da die Einrichtungen zum Teil, wie die Kesselanlage, weiter benutzt werden können, zum Teil, wie die Abteuffördermaschinen, durch Verkauf für Wiederbenutzung bei anderen Abteufarbeiten zu verwerten sind.

Für weniger tiefe und ohne besondere Beschleunigung herzustellende Schächte kann man aber mit weit geringeren Summen auskommen.

[1]) Sammelwerk Bd. III, S. 86.

b) Die Abteufarbeit.

4. — **Ausführung der Gewinnungsarbeit.** Die Abteufarbeit beginnt in den oberen, weichen Schichten mit dem Spaten oder der Schaufel, wobei die Hacke, die Keilhaue und der Spitzkeil nebst Treibfäustel zu Hilfe genommen werden, sobald die Natur des Gebirges es erfordert. In festem Gebirge wird die Sprengarbeit angewandt. In letzterem Falle erfolgt die Herstellung der Bohrlöcher mit Hand oder mittels Maschinen.

Bei der Arbeit mit Hand benutzt man drehendes Bohren nur ausnahmsweise in besonders mildem Gestein. In der Regel gebraucht man Stoßbohrer, die sich hier vorzüglich bewähren und wie sonst nirgendwo im Bergbau am Platze sind. Man erzielt damit, wenn das Gestein nicht allzu fest ist, recht gute Ergebnisse. In sehr festem Gestein (z. B. in Konglomeraten und harten Sandsteinen) versagen freilich die Stoßbohrer, und man muß dann, falls man nicht Bohrmaschinen anwenden will, zur schlagenden Arbeit mit Fäustel und Bohrmeißel übergehen. Hierbei kann zweimänniches Bohren angebracht sein.

Für die maschinelle Bohrarbeit benutzte man früher, als man die Bohrhämmer noch nicht kannte, schwere Stoßbohrmaschinen, die an großen Schachtspreizen befestigt wurden. Jetzt sind die Stoßbohrmaschinen aus den Schachtabteufbetrieben verschwunden, und man gebraucht an ihrer Stelle die leichteren, frei in der Hand gehaltenen Bohrhämmer. Als Nachteil der maschinellen Bohrarbeit bleibt in jedem Falle, daß man die Schwierigkeiten der Drucklufteinrichtungen mit in den Kauf nehmen muß, die namentlich dann schwer ins Gewicht fallen, wenn der Schacht durch gleichzeitiges Ausmauern und Abteufen stark beansprucht ist und wenn außerdem noch alle Einbauten mit Rücksicht auf etwaige Wasserdurchbrüche an Seilen aufgehängt werden müssen, um nötigenfalls den Schacht leicht für das Abbohren frei machen zu können.

5. — **Ansetzen der Schüsse.** Bei steilerem Einfallen der Schichten legt man den Einbruch in die Nähe desjenigen Stoßes, nach dem hin das Einfallen gerichtet ist, weil hier die günstigste Sprengwirkung erzielt wird. Auch bei Wasserzuflüssen schießt man den Einbruch gern am Stoße, um so einen seitlichen Sumpf zu schaffen und den übrigen Teil der Sohle wasserfrei zu halten. Wenn solche besonderen Gründe nicht mitsprechen, pflegt man den Einbruch in die Mitte zu legen. Man unterscheidet alsdann in der Regel den Einbruch, den ersten Kranz und den zweiten Kranz (es sind dies die sog. Stoßschüsse). Der Einbruch hebt die Schachtmitte kegelförmig heraus, und die zu ihm gehörigen Schüsse werden stets gleichzeitig durch elektrische Zündung abgetan. Die Schüsse des ersten Kranzes werden zugleich mit denen des Einbruches gebohrt, geladen und besetzt, pflegen aber Zeitzünder zu erhalten, so daß sie bei gleichzeitiger Betätigung der Zündung etwas nach den Einbruchschüssen kommen.

Bei den neueren Schachtabteufarbeiten ist man dazu übergegangen, auch diese Kranzschüsse gleichzeitig mit denen des Einbruches kommen zu lassen. Da man ferner die Schüsse immer tiefer bohrte und auf Bohrlochlängen von 3,5—4 m kam, rückten die Ansatzpunkte für die Einbruchschüsse immer weiter auseinander. Man pflegt deshalb jetzt im Einbruchkegel außerdem

noch 2—5 Löcher annähernd senkrecht herunterzubohren, deren Ladung im wesentlichen den Inhalt des Einbruchkegels zertrümmern soll (Zerkleinerungsschüsse).

Abb. 225 zeigt die Schußanordnung in mittelfestem Gebirge. Es sind 6 Einbruch- und 3 Zerkleinerungsschüsse vorhanden, die in der oberen Abbildung unter *E* zusammengefaßt sind. Die Einbruchschüsse sind von 12 Schüssen des ersten Kranzes, der mit *H* bezeichnet ist, umgeben. Darauf folgen 20 Stoßschüsse (mit *S* bezeichnet). Abb. 226 zeigt die Anordnung der Schüsse in sehr festem Gebirge. Hier sind 6 Einbruch- und 5 Zerkleinerungsschüsse vorhanden. Der erste Kranz zählt 14 und der zweite Kranz 20 Schüsse.

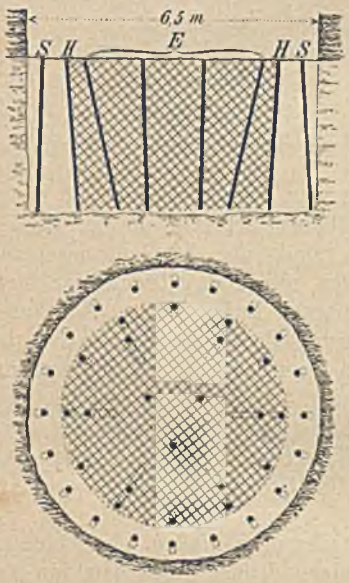


Abb. 225.

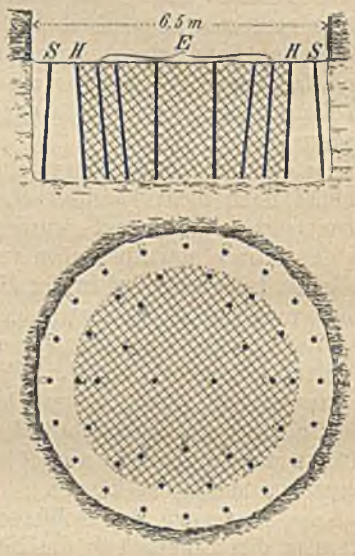


Abb. 226.

Anordnung der Schüsse beim Schachtabteufen in mittelfestem Gebirge. in sehr festem Gebirge.

Als Sprengstoff verwendet man in der Regel Gelatinedynamit. In sehr festem Gestein empfiehlt es sich, statt dessen die zwar teurere, aber auch kräftigere Sprenggelatine anzuwenden. In schlagwetterführendem Gebirge benutzt man Sicherheitsprengstoffe. Die Ladungen entsprechen der Tiefe der Löcher und der Härte des Gesteins. Bei Löchern von 4 m Tiefe geht man bis zu Ladungen von 2, ja sogar von $2\frac{1}{2}$ kg Sprengstoff hinauf.

Soweit irgend möglich, soll man den Zusammenhalt der Stöße nicht durch zu schwere Schüsse erschüttern. Man muß deshalb in der Nähe des Stoßes mit der Richtung, die man den Sprenglöchern gibt, und der Größe der Ladung besonders vorsichtig sein. Etwa vorspringende Ecken des Gebirges beseitigt man zweckmäßig mit Spitzeisen und Fäustel, eine Arbeitsweise, die man auch für die Herstellung von Bühnlöchern, für das erste Abteufen dicht unter den Mauerfüßen und in ähnlichen Fällen anwendet.

6. — **Die Zündung der Schüsse.** Die Schüsse werden beim Schachtabteufen stets elektrisch gezündet, weil jede andere Zündung weniger sicher für die Mannschaft und auch ungünstiger für den Fortschritt der Arbeiten ist. Am besten betätigt man die Zündung über Tage von der Hängebank aus, nachdem alle Leute den Schacht verlassen haben. Das Zwillingskabel der Zündleitung bringt man vorteilhaft in der Luttenleitung unter, weil es freihängend im Schachte leicht Beschädigungen ausgesetzt ist. Um das Kabel entsprechend dem Fortschreiten des Abteufens bequem verlängern zu können, ist eine entsprechende Länge über Tage auf eine Trommel gewickelt. Hier erfolgt für die Zündung der Anschluß der Leitung an die Stromquelle. Letztere bzw. der Stechkontakt, mittels dessen das Kabel stromführend gemacht werden kann, ist zur Verhütung von Unglücksfällen sorgfältig unter Verschluß zu halten, so daß nur ein Beamter die Zündung betätigen kann.

Ist bereits eine Starkstrom-, insbesondere eine Lichtleitung im Schachte vorhanden, so benutzt man diese, wobei aber die in Bd. I, 3. Abschnitt, unter „Benutzung einer Starkstromleitung als Stromquelle" angegebenen Vorsichtsmaßregeln zu beachten sind.

7. — **Abloten des Schachtes.** Beim Abteufen muß sorgfältig darauf geachtet werden, daß einerseits der volle Durchmesser des Schachtes an jeder Stelle gewahrt bleibt und anderseits die Schachtstöße nicht weiter, als es der Ausbau erfordert, hereingeschossen werden. Die Überwachung erfolgt durch sorgsames Abloten des Schachtes.

In runden Schächten wird der Schachtmittelpunkt an der Rasenhängebank markscheiderisch festgelegt und hier das Lot, dessen Schnur nachgelassen werden kann, aufgehängt. Das Lotgewicht taucht zur Dämpfung der Schwingungen auf der Sohle in einen Wassereimer ein. Von der Schnur aus wird die Entfernung der Stöße mittels einer Latte immer wieder überwacht und festgelegt.

Bei rechteckigen Schächten hängt man vier Lote in den vier Ecken des Schachtes auf und sorgt für gleiche Abstände zwischen den Loten und der Zimmerung.

8. — **Schichten- und Arbeitseinteilung.** Wenn es auf schnelles Abteufen ankommt, so wird auf der Schachtsohle in vier „Dritteln" gearbeitet, d. h. es werden täglich vier Schichten von je sechs Stunden Dauer verfahren. In dieser Zeit kann der Mann seine Arbeitskraft hergeben, ohne daß er längere Ruhepausen einzulegen braucht. Die Abteufarbeit läuft also ohne Unterbrechung weiter.

Die Leistungen sind am höchsten, wenn ein regelmäßiger Wechsel der Arbeiten ein für allemal innegehalten wird. Ein Drittel, das sogenannte „Bohrdrittel", bohrt die sämtlichen für einen „Abschlag" erforderlichen Sprengschüsse. Die übrigen drei Drittel müssen die losgeschossenen Massen fördern, die Stöße nacharbeiten und den vorläufigen Ausbau einbringen. Ist alles eingearbeitet, so sind Leistungen von 3,5—4 m täglich möglich. Geschieht das Bohren der Bohrlöcher mit Hand, also ohne Bohrhämmer, so ist das Bohrdrittel die am stärksten belegte Schicht; es werden alsdann bis zu 35 Mann gleichzeitig auf der Sohle eines Schachtes, der 6½ m lichten Durchmesser erhalten soll, beschäftigt. Durch

Benutzung von Bohrhämmern kann man diese Zahl auf den dritten Teil herabsetzen[1]).

Auf den Westfalenschächten, auf denen man Tage und Wochen hindurch zeitweise Leistungen von 115—120 m, auf den Monat umgerechnet, erzielen konnte, zeigte sich, daß die schließliche Begrenzung der Abteufleistung nicht etwa bei der Arbeit auf der Sohle oder der Schachtförderung oder etwa der Schachtmauerung, sondern in den Schwierigkeiten der Bergeabförderung über Tage lag. Man wird also, um sehr hohe Abteufleistungen zu erzielen, von vornherein eine leistungsfähige Drahtseilbahn oder eine sonstige maschinelle Fördereinrichtung vorsehen müssen.

9. — **Gedinge.** Das Gedinge für die Schachthauer, einschließlich der Kosten für die Sprengstoffe und für das Einbringen der vorläufigen Zimmerung, aber ausschließlich der sonstigen Kosten für den Ausbau, beträgt bei einem Schachte von 5 m lichtem Durchmesser und bei trockenem Gebirge je 1 m etwa:

140—160 ℳ in mildem Mergel,
160—180 „ „ hartem „
200 „ „ Schieferton,
250—300 „ „ Sandstein,
400—450 „ „ Konglomerat.

Hierbei sind die Abteufleistungen eines nicht besonders beschleunigten Betriebes, d. h. etwa 40 m monatlich in mildem Mergel, 34 m in hartem Mergel, 32 m in Schieferton, 27 m in Sandstein und 15 m in Konglomerat, angenommen.

c) Einrichtungen für die Förderung.

10. — **Fördergerüst.** Das Fördergerüst, das nur für das Abteufen selbst bestimmt ist und später dem endgültigen Förderturme weicht, wird aus Gründen der Billigkeit aus Holz erbaut. Auf vier langen, in und auf dem Erdboden sorgfältig verlagerten Sohlenhölzern („Traggeviert") oder auf besonderen Mauerfüßen werden vier Masten als Eckstreben mit Neigung nach innen aufgestellt.

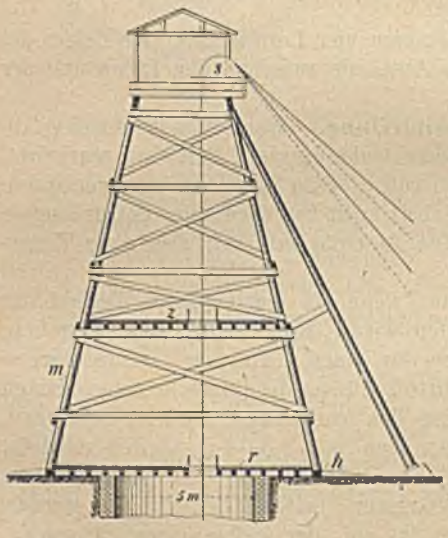


Abb. 227. Einfaches Abteuffördergerüst mit Seilscheiben für eine Fördermaschine.

In der Regel kann man an dem Gerüste drei Bühnen unterscheiden: die obere für die Verlagerung der Seilscheiben und Spannseilrollen, die Zwischenbühne zum Ausstürzen oder Abhängen des Fördergefäßes und die untere, die als Rasenhängebank dient.

[1]) Glückauf 1911, Nr. 21, S. 809 u. f.; Morsbach: Das Abteufen der Westfalenschächte bei Ahlen.

Seitliche Streben stützen das Gerüst in der Richtung des Zuges der Förderseile ab. Die Höhe solcher Gerüste schwankt zwischen 12 und 24 m.

Abb. 227 zeigt ein einfaches Gerüst für nur eine Fördermaschine, Abb. 228 ein starkes, schweres Gerüst, wie es für das Abteufen tiefer Schächte mit großem Durchmesser gebraucht wird, mit Seilscheiben für 2 Fördermaschinen und 1 Dampfkabel und den entsprechenden Streben.

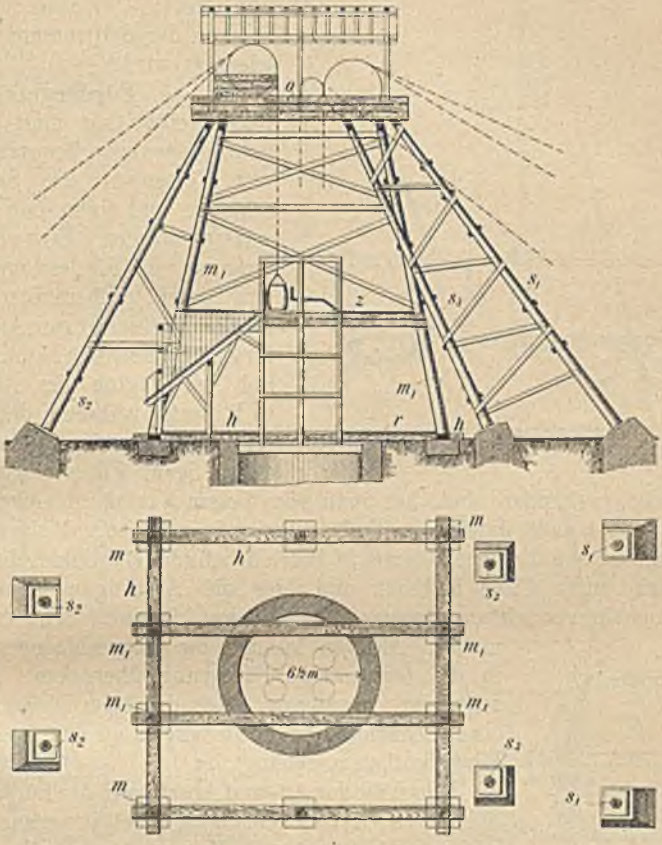


Abb. 228. Abteufördergerüst mit Seilscheiben für 2 Fördermaschinen und 1 Dampfkabel.

11. — **Abteufördermaschine.** Die Abteufördermaschine wird in 10—25 m Entfernung vom Schachte aufgestellt. Eine zu große Nähe am Schachte ist mit Rücksicht auf etwaige Gebirgsbewegungen bedenklich, bei zu großer Entfernung sind die Seilschwankungen zu stark. Die Maschinen sind stets Zwillingsmaschinen. Für geringere Teufen genügen Vorgelegemaschinen mit 50—100 PS, für größere Teufen wählt man Maschinen ohne Übersetzung mit 100—200 PS und noch darüber. Zur Vermeidung des Dralls, der beim Schachtabteufen um so lästiger wirkt, als gewöhnlich

noch keine festen Führungen vorhanden sind und unterhalb des Spannlagers (s. u., Ziff. 15) der Kübel völlig frei im Schachte hängt, pflegt man Bobinen und Bandseile zu bevorzugen. Bobinen haben ferner den für tiefe Schächte wichtigen Vorteil, daß bis zu einem gewissen Grade Seilausgleichung erzielt und das beim Tieferwerden des Schachtes immer von neuem erforderliche Umstecken der Seiltrommel sehr erleichtert wird.

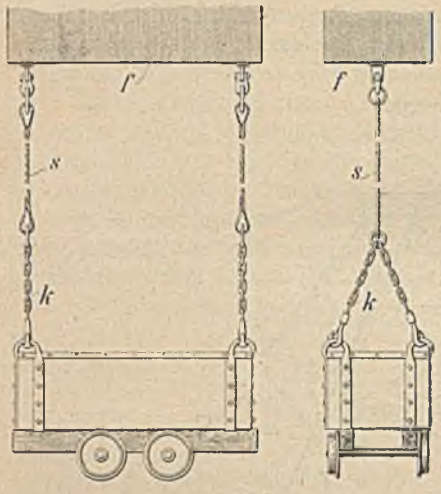


Abb. 229. Abteufförderung mit Förderwagen.

12. — **Fördergefäße.** Als Fördergefäße hat man gelegentlich Förderwagen benutzt, die mit vier Ketten an das Seil angeschlagen und so in den Schacht gelassen werden. Eine solche Benutzung von Förderwagen bietet den Vorteil, daß unmittelbar das Fördergefäß selbst zum Ausstürzen fortgefahren werden kann. Namentlich bei Beginn des Abteufens, z. B. wenn während des Niederbringens eines Senkschachtes die endgültigen Fördereinrichtungen noch nicht vorhanden sind, hat man von diesem Verfahren Gebrauch gemacht. Es ist auch dann vorteilhaft, wenn, wie z. B. beim Weiterabteufen eines Schachtes unter einer bereits in Betrieb befindlichen Sohle, die Hängebank sich unter Tage befindet und hier die Anbringung einer Kipp- oder Ausstürzvorrichtung wegen der engen Räume Schwierigkeiten macht. Alsdann können die abgeschlagenen Wagen in die regelmäßige Förderung übergehen. Abb. 229 zeigt eine Anordnung, nach der beim Weiterabteufen eines Schachtes der Förderwagen an den Boden eines Förderkorbes angehängt ist [1]).

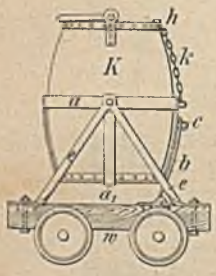


Abb. 230. Förderkübel auf einem Kippgestellwagen.

Jedoch ist das An- und Abschlagen der Förderwagen, da stets vier Ketten befestigt und gelöst werden müssen, lästig und zeitraubend. Man sucht deshalb gern zur Kübelförderung überzugehen. Die Kübel haben 300—600, bei den neueren Schachtabteufen sogar bis 1000 l Inhalt. Der Kübel ist aus Stahlblech gefertigt, die Wandungen sind etwas nach außen aufgewölbt, damit ein Untergreifen und Festhaken sicher verhindert wird. Der Bügel muß beim Umlegen so weit überstehen, daß der Haken des Zwischengeschirrs bequem gelöst und befestigt werden kann. Am sichersten ist die Verbindung durch sogenannte Karabinerhaken.

[1]) Sammelwerk Bd. III, S. 165.

13. — Entleerung der Kübel. Die Entleerung der Förderkübel erfolgt entweder auf der Halde oder über dem Schachte selbst. Im ersteren Falle wird der beladene Kübel auf einen untergeschobenen Wagen mit Kippgestell (Abb. 230) gesetzt, vom Förderseile abgeschlagen und zur Berge-

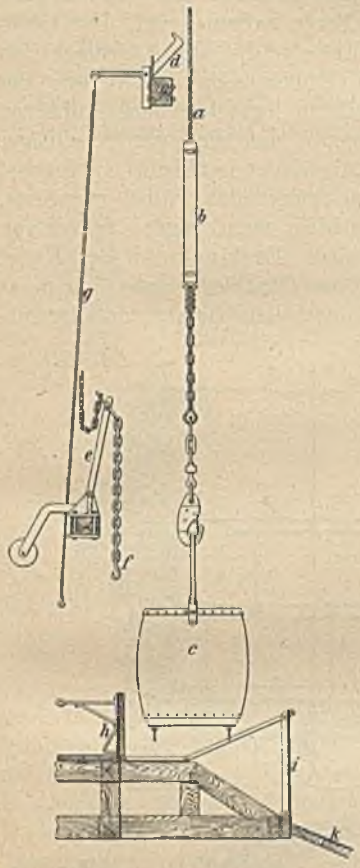


Abb. 231. Kübelkippvorrichtung: Kübel am Seile hängend.

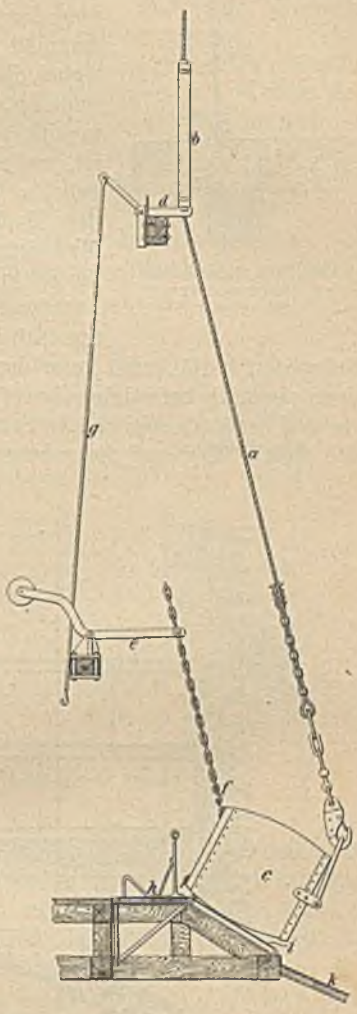


Abb. 232. Kübelkippvorrichtung: Kübel in Kippstellung.

halde gefahren. An Stelle des vollen Kübels wird zur Beschleunigung der Arbeit sofort ein leerer Wechselkübel angeschlagen.

Immerhin nimmt dies Verfahren ziemlich viel Zeit in Anspruch, erfordert viel Bedienung und ist lästig. Wo es auf Schnelligkeit ankommt, kippt man den Kübel über dem Schachte aus, und zwar in eine Rutsche als Zwischenbehälter, die für mehrere Kübelfüllungen Raum bietet. Aus der Rutsche fallen nach Öffnung eines Schiebers die Berge in die untergeschobenen Förderwagen.

Eine zweckmäßige Kübelkippvorrichtung, die z. B. beim Abteufen der Schächte Hermann I/II bei Borkgebraucht wurde[1]), ist in den Abbildungen 231 und 232 dargestellt. Die Schachtöffnung wird nach dem Durchgang des Kübels von dem Anschläger durch zwei durch Hebel miteinander verbundene Klappen *h* und *i* verschlossen, wobei die letztere schräg zu liegen kommt. An sie schließt sich ein schräg liegendes Gleitblech *k*, das in eine sehr geräumige Rutsche führt, die imstande ist, mehrere Kübel Berge aufzunehmen. Der Lenkhebel *e* trägt eine Kette *f*, die zum Anschlagen an den Bodenring des Kübels dient. Gibt nun der Maschinist Hängeseil, so legt sich nach Aufsetzen des Führungsschlittens *b* auf die vom Anschläger untergeschobene Stütze *d* der Lenkhebel *e* zunächst um 90° herum und drückt den Kübel zur Seite. Bei weiterem Hängeseil kann der Lenkhebel nicht mehr folgen, weil er von einer oberhalb befestigten Kette gehalten wird. Es kippt nun der Kübel um und schüttet seitlich des Schachtes auf das Gleitblech *k* aus, indem er sich dabei völlig auf die schräge Klappe *i* legt. Die Gefahr, daß irgend-

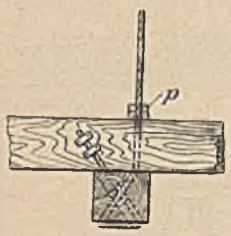


Abb. 233. Befestigung des Führungseiles am Spannlager.

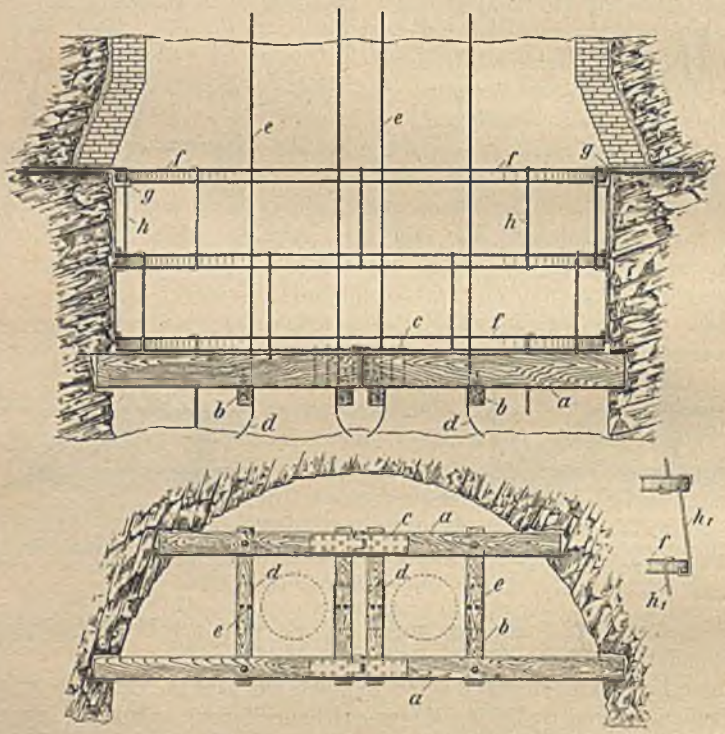


Abb. 234. Zusammenklappbares Spannlager.

[1]) Glückauf 1908, Nr. 9, S. 314 u. f.

welche Teilchen der Fördermasse wieder in den Schacht zurückfallen, ist so ausgeschlossen. Sobald der Kübel wieder hoch kommt und den Führungsschlitten anhebt, klappt der Fänger *d* selbsttätig zurück, so daß der Schlitten darauf mit dem Kübel niedergehen kann. Die ganze Kippvorrichtung kann von einem einzigen Manne leicht bedient werden.

14. — **Führungseile.** Die Führung der Kübel im Schachte während der Förderung erfolgt, falls nicht sofort beim Abteufen der Einbau des Schachtes fertiggestellt wird und endgültige Einstriche und Führungsbäume eingebaut werden, durch je zwei Führungseile. Als solche werden flachlitzige Seile, Längsschlagseile oder patentverschlossene Seile (s. Abschnitt „Schachtförderung") wegen ihrer glatteren Außenfläche bevorzugt.

Die Führungseile, die entsprechend dem Vorrücken des Abteufens verlängert werden müssen, sind in der erforderlichen größten Länge auf Kabel

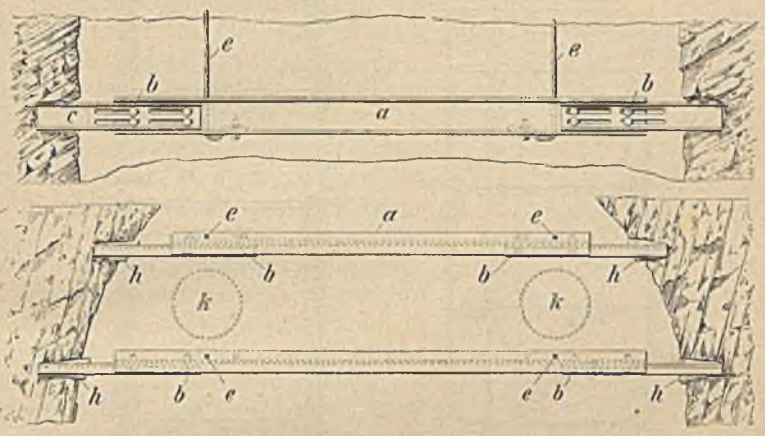


Abb. 235. Eisernes Spannlager mit verschiebbaren Endstücken.

gewickelt, die seitlich des Schachtes an beliebigen Punkten aufgestellt sind. Von den Kabeltrommeln sind die Seile nach Rollen, die auf der oberen Bühne des Schachtgerüstes verlagert sind, geführt, von wo aus sie in den Schacht hinabhängen und dem Abteufen entsprechend abgewickelt werden können. Die unteren Enden sind an einem Spannlager, z. B. in der durch Abb. 233 dargestellten Art, befestigt. Der Stoß des Schlittens beim Aufsetzen wird durch die Gummipuffer *p* gemildert.

15. — **Die Spannlager und ihre Anordnung im Verhältnis zu den Mauerabsätzen.** Das Spannlager kann aus einem Rahmen aus geschnittenem Holz oder Profileisen, der fest eingemauert oder sonst an der Schachtauskleidung befestigt wird, bestehen.

Wo man sich die Möglichkeit, den Schacht schnell von jedem Einbau zu befreien, sichern will, z. B. um zum Schachtbohren überzugehen, wendet man gern zusammenklappbare Rahmen (Abb. 234) an, die beim Nachlassen der Seile nach unten einknicken und sodann in diesem Zustande aus dem Schachte gezogen werden können. Abb. 235 zeigt eiserne Spannlager mit

verschiebbaren Endstücken c, die ebenfalls ein schnelles Ein- und Ausbauen gestatten. Hölzerne Keile h verhindern ein Kippen der als Lager benutzten I-Eisen a.

Entsprechend dem Tieferwerden des Schachtes müssen die Spannlager von Zeit zu Zeit nach unten verlegt werden. Der Abstand von der Sohle

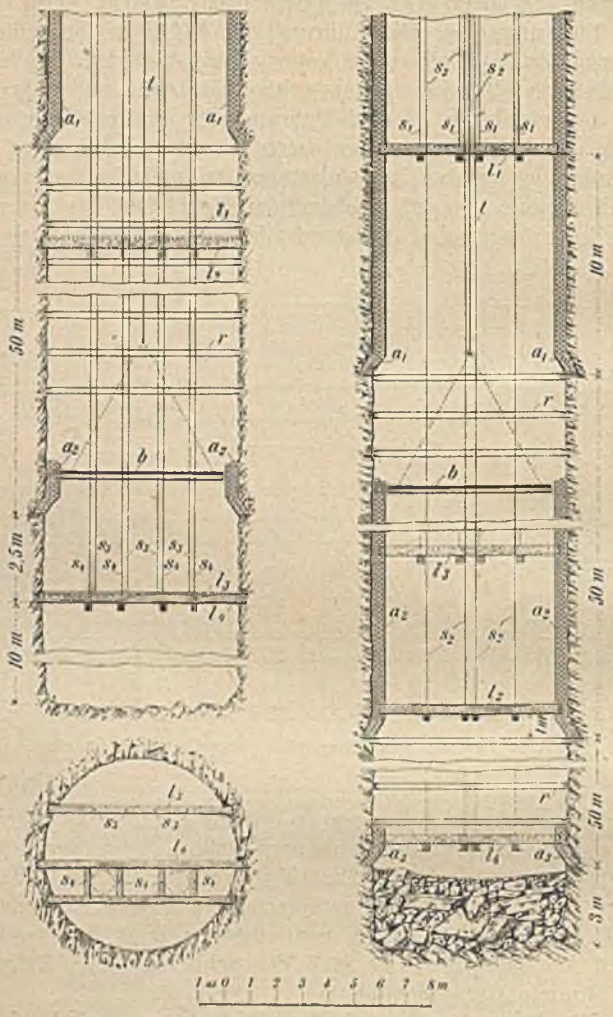


Abb. 236. Abb. 237.
Anordnung der Spannlager im Verhältnis zu den Mauerabsätzen bei gleichzeitigem Abteufen und Ausmauern.

darf ein gewisses Höchstmaß (nach der Bergpolizeiverordnung für den Oberbergamtsbezirk Dortmund 30 m) nicht überschreiten. Sind beim gleichzeitigen Abteufen und Ausmauern zwei Spannlager, und zwar eines für die Berge- und eines für die Baustofförderung, vorhanden, so kann deren Anordnung und das Tieferrücken in verschiedener Weise erfolgen, wie dies die Abbildungen 236 u. 237 verdeutlichen.

Nach Abb. 236 liegen die Spannlager l_3 und l_4 für beide Förderungen während der Herstellung des Mauerabsatzes a_2 in gleicher Höhe nebeneinander unter der Mauerbühne b. Das Spannlager l_4 für die Bergeförderung ist in bekannter Weise als Rahmen für den Durchgang der Förderkübel eingerichtet (s. die Schachtscheibe in der Abbildung), während das Spannlager l_3 für die Baustofförderung bis zur Bühne b aus einem einfachen Balken bestehen kann. Die Kübel mit Baustoffen werden auf der Bühne „im Seile gekippt", da sie wegen des Niedergehens des Führungsschlittens bis zur Bühne nicht frei hängen, sondern zwischen den beiden Führungseilen s_3 entleert werden müssen. Die beiden Spannlager werden jedesmal gemeinsam tiefer gelegt, sobald der Schacht unterhalb des letzten Mauerfußes eine Teufe von 12—15 m erreicht hat und Beschädigungen der Lager durch die Sprengwirkung der Schüsse nicht mehr zu befürchten sind. Mit punktierten Linien und der Bezeichnung l_1 und l_2 ist die Lage der Spannlager während der Herstellung des vorhergehenden Mauerabsatzes a_1 angedeutet.

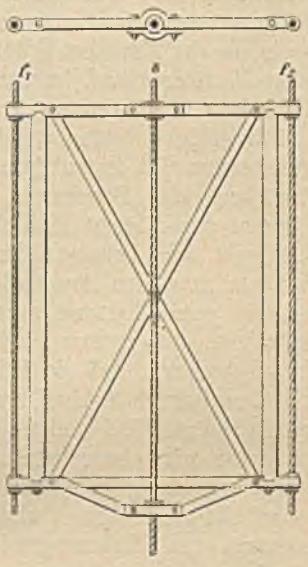


Abb. 238. Führungsschlitten.

Nach Abb. 237 sind dagegen beide Spannlager in verschiedenen Höhen angeordnet, so daß die Baustoffkübel nicht im Seile gekippt zu werden brauchen. Es befindet sich das Spannlager l_2 für die Bergeförderung unter der Mauerbühne b, und zwar unmittelbar oberhalb des Mauerfußes des in der Herstellung begriffenen Absatzes a_2. Das Spannlager l_1 für die Baustofförderung dagegen ist oberhalb der Mauerbühne b etwa 10 m über dem Fuße des nächstoberen Mauerabsatzes angebracht, in einer Höhe, die das allmähliche Anheben der schwebenden Bühne bis zur vollen Fertigstellung des Mauerabsatzes a_2 ermöglicht. Ist das geschehen, so wird das Spannlager l_1 in die Lage l_3 und das Spannlager l_2 in die Lage l_4 gebracht, und das Ausmauern des folgenden Schachtabschnittes kann vor sich gehen. Wie Abb. 237 erkennen läßt, nutzt man die durch die Bergemassen gebotene Standfläche für die Mauerung aus, indem man den Fuß von der Oberfläche der Bergemassen in die Höhe mauert und in ihm die Löcher für das Spannlager l_1 ausspart. Nach Vollendung des Fußes werden die Bergemassen gefördert, und das Abteufen wird in gewohnter Weise fortgesetzt. Die Mauerung wird erst hochgeführt, nachdem der oberste Mauerabsatz a_2 vollendet ist und die Spannlager tiefer gelegt sind.

16. — **Führungsschlitten.** Da der Kübel zum Zwecke des Kippens und Auswechselns frei beweglich bleiben muß und deshalb keine Führungsösen erhalten kann, wird die Führung des Kübels an den Führungseilen durch den Führungsschlitten vermittelt, der in der Regel aus Flacheisen hergestellt ist und mit vier Augen die Führungseile umfaßt (Abb. 238). Wo

aus besonderen Gründen statt der Führungseile Leitbäume benutzt werden, trägt der Schlitten die bei den Förderkörben üblichen Gleitschuhe. Während der Förderung zwischen Hängebank und Spannlager wird der Schlitten durch den Einband des Förderkübelgehänges getragen. Unterhalb des Spannlagers hängt der Kübel nach Aufsetzen des Schlittens frei im Schachte.

d) Die sonstigen Betriebseinrichtungen.

17.—**Bewetterung.** Bis etwa 30 m Teufe pflegt man ohne künstliche Hilfsmittel beim Schachtabteufen auszukommen, da ja die Wirkung der Diffusion durch das Auf- und Niedergehen der Fördergefäße und durch die Bewegung der Menschen erhöht wird. Auch tritt zumeist ein gewisser natürlicher Wetterzug auf, insofern die Luft an den Stößen sich abkühlt, hier niedersinkt und dafür in der Schachtmitte aufsteigt.

Für größere Teufen wendet man Luttenbewetterung an, und zwar gebraucht man des festen Zusammenhaltes der einzelnen Stücke wegen meist Flanschen- oder Bundlutten. Wo der endgültige Einbau erst später eingebracht wird, hängt man die Lutten an Seilen nach Abb. 239 auf und verlängert die Leitung oben durch Aufsetzen eines weiteren Stückes, nachdem man den Anschluß an den über Tage befindlichen Teil gelöst und die ganze Leitung durch Nachlassen der Tragseile entsprechend gesenkt hat. Als unteres Ende gebraucht man gern Tuchlutten, die den Vorteil besitzen, daß sie beim Schießen leicht angehoben werden können und dann durch Schleuderstücke weniger leiden. Der Durchmesser der Lutten beträgt bei tiefen Schächten 500—1000 mm. Die saugende Bewetterung wird bevorzugt. Für Schächte von geringer Teufe kann eine Strahlvorrichtung genügen; für tiefere Schächte oder größeren Wetterbedarf ist aber die Aufstellung eines Ventilators rätlich, da dessen Leistung und Wirkungsgrad günstiger sind, so daß die höheren Anschaffungskosten bald aufgewogen werden.

Gewöhnlich macht die Bewetterung der Schächte keine besonderen Schwierigkeiten. Trotzdem ist für alle Fälle, wo es sich um ein noch nicht aufgeschlossenes Gebirge handelt und schädliche Gase auftreten können, eine reichliche und gute Ausstattung der Bewetterungseinrichtungen anzuraten. Im rheinisch-westfälischen Kohlenbezirke haben mit Grubengas erfüllte Klüfte, die im Deckgebirge angefahren wurden, dem Schachtabteufen mehrfach erhebliche Schwierigkeiten[1]) bereitet. In Schächten von Kalisalzbergwerken hat man außerdem vereinzelt mit dem Auftreten von Schwefelwasserstoff zu kämpfen gehabt.

Ist das Auftreten schädlicher Gase zu erwarten, so führt man Vorbohrungen zur Untersuchung des Gebirges aus. Auch ist es zweckmäßig,

[1]) Im Schacht III der Zeche Ewald lieferte ein angefahrener Bläser längere Zeit durchschnittlich 6,2 cbm CH_4 minutlich, so daß Wettermengen bis zu 1800 cbm minutlich notwendig wurden (s. Sammelwerk Bd. VI, S. 99 u. f.).

für solche Fälle sich von vornherein die Möglichkeit der saugenden Bewetterung zu sichern.

18. — **Beleuchtung.** Einfache Grubenlampen genügen in der Regel nicht, auch wenn jeder Mann damit ausgerüstet ist. Letzteres wäre aber überdies für die Arbeit hinderlich. Heller brennende, gemeinsame Lampen sind deshalb vorzuziehen.

Elektrische Beleuchtungskörper, die frei im Schachte herunterhängen, geben zwar ein schönes, helles Licht und lassen sich am Kabel leicht auf und nieder ziehen. Jedoch leiden die elektrischen Einrichtungen infolge der mannigfachen, mechanischen Beanspruchungen beim Schachtabteufen und der Einwirkung der Feuchtigkeit sehr, so daß sie sich nicht gerade besonderer Beliebtheit erfreuen. Akkumulatorenlampen sind schon angenehmer, aber teuer und schwer.

Wenn man elektrisches Licht beim Abteufen benutzt, so hat man dafür wohl 4 Glühlampen von je 32 Normalkerzen Lichtstärke unter einem Schutzschirme, der gleichzeitig als Reflektor dient, vereinigt. Das aus 2 gegeneinander isolierten Leitungen bestehende Kabel ist über Tage auf eine Trommel gewickelt und hängt frei im Schachte. Beim Abtun der Schüsse werden die Lampen hochgezogen.

Man hat auch die Leitungen gleichzeitig für die Schußzündung mitbenutzt und zu diesem Zwecke noch eine dritte Leitung auf der Kabeltrommel angebracht. Für das Abtun der Schüsse wird eine der beiden Beleuchtungsleitungen mit der Schießleitung verbunden.

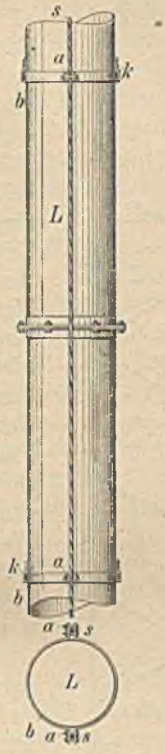


Abb. 239. Aufhängung der Wetterlutten an Seilen in Schächten.

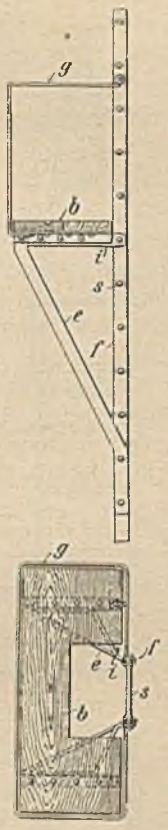


Abb. 240. Sicherheitsfahrt.

Sehr gut bewähren sich entsprechend große Azetylenlampen. Drei oder vier solcher Lampen, am Stoße aufgehängt, geben ein schönes, gleichmäßiges und billiges Licht. Wo Schlagwettergefahr besteht, wählt man geschlossene Azetylenlampen größerer Bauart, sogenannte Füllortlampen.

19. — **Fahrung.** Die Sicherung der Abteufmannschaft (z. B. bei Wasserdurchbrüchen, Unruhe im Gebirge, Versagen der Fördermaschine und ähnlichen Fällen) erfordert eine doppelte Fahrungsmöglichkeit. Diese läßt sich leicht einrichten, wenn der Schacht sofort mit Einbau, d. h. mit Einstrichen und Bühnen, versehen wird. Es können dann Fahrten ein-

gebaut und neben der Kübelförderung für die Ein- und Ausfahrt der Belegschaft benutzt werden. Da der Einbau der Einstriche und Bühnen mit Rücksicht auf die Sprengarbeit in einer gewissen Höhe oberhalb der Schachtsohle endigt, wird zur Überwindung dieses letzten Stückes eine Strickleiter, die aus Drahtseilen mit eisernen Sprossen gefertigt ist, angehängt.

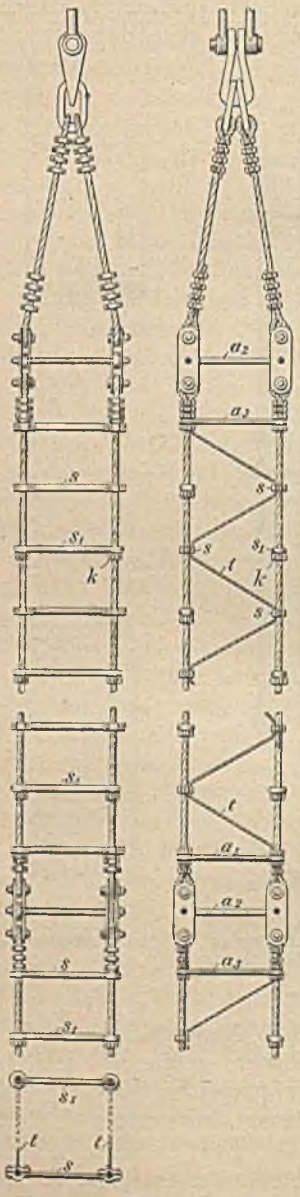


Abb. 241. Hängefahrt.

Soll der Schacht während des Abteufens ohne festen Einbau bleiben, so ist die Forderung einer doppelten Fahrungsmöglichkeit schwieriger zu erfüllen. Zwar ist es möglich, eiserne, ohne Unterbrechung senkrecht an den Schachtstößen herablaufende Fahrten einzuhängen. Die Fahrung ist aber bei größeren Schachtteufen, selbst wenn man die Fahrenden eingittert und von Zeit zu Zeit Sitzgelegenheiten anbringt, überaus anstrengend und daher nicht ungefährlich. Man pflegt sich deshalb damit zu begnügen, eine sogenannte „Sicherheitsfahrt" von beschränkter Länge (z. B. 20—50 m) einzuhängen, die eine Anzahl von Bühnen b mit Raum für je 4—5 Mann und mit Geländer g trägt (Abb. 240). Diese Fahrt hängt an dem starken Drahtseile eines über Tage aufgestellten Handkabels. Im Falle von plötzlichen Wasserdurchbrüchen können die Leute auf die Fahrt flüchten und nötigenfalls auch auf dieser durch das Kabel zutage gezogen werden.

Bei gleichzeitigem Abteufen und Ausmauern ist durch das Hinzutreten der Baustofförderung von der schwebenden Bühne aus für eine doppelte Fahrungsmöglichkeit gesorgt, und es braucht eine besondere Hängefahrt dann nur von der Schachtsohle bis zur Bühne zu reichen. Immerhin handelt es sich auch hier bereits um Höhen, die bis zu 80—100 m steigen können. Eine sehr geeignete Hängefahrt für solche Fälle wird durch Abb. 241 veranschaulicht. Die Fahrt besteht aus zwei gewöhnlichen Hängefahrten, die in Abständen von je 6 m durch drei feste Bügel a_1—a_3 in einer Entfernung von 600 mm voneinander gehalten werden. Die nicht mit Sprossen versehenen Seiten dieser Doppelfahrt sind durch zickzackförmig geführte Seile t geschlossen, so daß ein Absturz nach der Seite ausgeschlossen erscheint.

Um ein bequemeres Besteigen der Fahrt von jeder Stelle aus zu ermöglichen, ist jede zweite Sprosse s_1 so eingerichtet, daß sie gehoben werden kann. Sie umschließt die Seile nur lose und ruht auf fest um diese gelegten Klammern. Der Fahrende kann, indem er sich mit jedem Beine auf eine der beiden gegenüberliegenden Sprossen stellt, überall nach Belieben ruhen.

c) Leistungen und Kosten.

20. — **Leistungen.** Nach dem Sammelwerk (Bd. III, S. 146) betrugen bei 120 in den 1890er Jahren im Ruhrbezirk niedergebrachten Schächten die durchschnittlichen Monatsleistungen 22 m im Mergel und 20 m im Steinkohlengebirge. Hierbei sind aber die Schächte, die mit erheblichen Wasserschwierigkeiten zu kämpfen hatten oder die wegen schwierigen Gebirges Unterhängegußringe und segmentweise Ausmauerung anwenden mußten, nicht miteingerechnet. Bei diesen Schächten waren die Leistungen geringer. Insbesondere sind größere Wasserzuflüsse hinderlich. In Schächten mit 5—8 cbm minutlichen Wasserzuflüssen gingen die Leistungen auf 3—7 m monatlich zurück.

In trockenem Gebirge dagegen kann man weit höhere als die angegebenen Durchschnittsleistungen erzielen, namentlich dann, wenn der Schacht gleichzeitig abgeteuft und ausgemauert wird. Auf Zeche Werne I und II und auf Radbod I hat man z. B. Durchschnittsleistungen von 48—49 m erzielt.

Einzelne Schachtabschnitte sind noch schneller abgeteuft worden; Schacht I der Zeche Hermann I—III bei Bork wurde in 6 Monaten von 302—735 m Teufe niedergebracht, was einer durchschnittlichen Monatsleistung von 72 m entspricht.

Noch höher sind die bisweilen in einzelnen Monaten erzielten Leistungen. Z. B. hat man auf Zeche Sachsen bei Heessen in einem Monate den Schacht I um 116 m (von 250—366 m Teufe) und Schacht III um 121 m (von 190—311 m Teufe) niedergebracht.

Bei derartigen Leistungen besteht freilich immer die Gefahr, daß in dem angestrengten Betriebe die Stoßschüsse nicht mit der erforderlichen Vorsicht angesetzt werden und als Folge davon das Gebirge zerklüftet und druckhaft wird.

21. — **Kosten.** Die Höhe der Kosten hängt zunächst von dem Durchmesser des Schachtes, sodann aber von der Art des erforderlichen Ausbaues und ganz besonders von den Wasserschwierigkeiten ab. Das Sammelwerk berechnet nach den Ermittelungen für die oben erwähnten 120 Schächte, bei denen also größere Schwierigkeiten nicht bestanden, daß die Durchschnittskosten für einen Schacht von 5—5,5 m lichtem Durchmesser bis 400 m Teufe 1138 ℳ je Meter im Mergel und 935 ℳ je Meter im Steinkohlengebirge betragen haben. Die höheren Kosten für das Mergelgebirge erklären sich daraus, daß hier vielfach die teueren Gußringe als Schachtauskleidung gewählt werden mußten, während im Steinkohlengebirge nur die billigere Mauerung in Anwendung steht. Im einzelnen zerlegt das Sammelwerk die Zahlen wie umstehend.

	Im Mergel ℳ	Im Steinkohlengebirge ℳ
1. Anteil an den Einrichtungen für das Abteufen	82	82
2. Löhne der Schachthauer und Sprengstoffe . . .	203	245
3. Vorläufiger Ausbau	28	28
4. Endgültiger Ausbau	384	206
5. Einstriche, Fahrten und Fahrbühnen	53	53
6. Löhne der Tagesarbeiter, Gehälter der Aufsichtsbeamten sowie Kohlenverbrauch	293	226
7. Verschiedenes	95	95
Summe:	1138	935

Für den nur mit Gußringen ausgebauten Teil der Schächte sind die Durchschnittskosten wesentlich höher und können für die oberen Teufen auf nahezu 2000 ℳ je Meter geschätzt werden.

Von noch größerer Bedeutung aber für die Kosten ist die Menge der Wasserzuflüsse. Diese behindern ganz außerordentlich den regelmäßigen Fortschritt der Arbeiten, so daß die Leistungen sinken und die Kosten steigen. Es kommen die Aufwendungen für die Pumpen, deren Bedienung und Kraftbedarf hinzu. Schon bei 4—8 cbm minutlichen Wasserzuflüssen und mittleren Schachtteufen von 50—250 m berechnet das Sammelwerk die durchschnittlichen Abteufkosten auf 5000—15000 ℳ je Meter.

In solchen Fällen wird häufig eine andere Abteufweise billiger sein und sicherer zum Ziele führen als das gewöhnliche Abteufen mit der Hand.

f) Das Weiterabteufen von Schächten unterhalb einer im Betrieb befindlichen Sohle.

22. — Das Weiterabteufen von Schächten mit Benutzung von Aufbrüchen. Aufbrüche, wie sie bei Unterfahrung des Schachtes von einem benachbarten Schachte oder von sonstigen Grubenbauen aus zweckmäßig sein können (Abb. 242), lassen sich ohne Gefahr für die Belegschaft nur in standhaftem, gutem Gebirge herstellen, in dem auch die Gefahr von Wasserdurchbrüchen ausgeschlossen ist. Beim Steinkohlenbergbau pflegt man deshalb die Herstellung von Aufbrüchen auf das eigentliche Steinkohlengebirge zu beschränken, während man im Deckgebirge die sicherere Arbeit von oben nach unten vorzieht.

Ist die Herstellung eines Aufbruches möglich, so kann hierdurch namentlich dann eine Beschleunigung der Arbeit erzielt werden, wenn gleichzeitig von oben her abgeteuft und von unten her aufgebrochen wird. Durch die Benutzung von Aufbrüchen pflegt ferner eine Verbilligung der Arbeiten einzutreten, da das lästige und zeitraubende Laden der Berge fortfällt.

Für weiter abzuteufende, in Betrieb befindliche Schächte ergibt sich insbesondere noch der wichtige Vorteil, daß der Schacht so am sichersten für die Abteufmannschaft und ohne größere Störung des Betriebes im oberen Schachtteil fertiggestellt werden kann, da hier zwar auch eine Sicherheits-

bühne (s. u.) einzubauen oder eine Bergfeste zu belassen ist, diese aber nicht für Fahr- und Förderzwecke eine Öffnung zu erhalten brauchen. Dieser letztere Grund führt sogar in manchen Fällen dazu, daß man nach Abb. 243 neben dem weiter abzuteufenden Schachte einen besonderen blinden Schacht bis zu der Teufe, die erreicht werden soll, niederbringt, um sodann nach Unterfahrung des weiter abzuteufenden Schachtes hochbrechen zu können. Hierbei muß man natürlich mit höheren Kosten rechnen. Läßt sich aber der blinde Schacht für andere Zwecke, z. B. zunächst für die Vorrichtung und später für die Wetterführung oder als Bremsschacht für die letzten Reste der oberen Sohle, verwerten, so können die höheren Kosten durch andere Vorteile wieder aufgewogen werden. Der blinde Schacht kann bei geeigneten Flözverhältnissen nach Abb. 244 auch durch ein Abhauen im Flöze ersetzt werden, das sich billiger und schneller herstellen läßt.

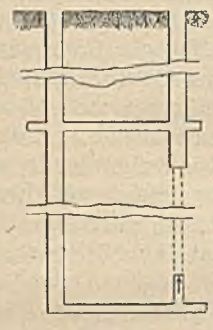


Abb. 242. Unterfahrung eines Schachtes zum Zwecke des Weiterabteufens.

Abb. 243.

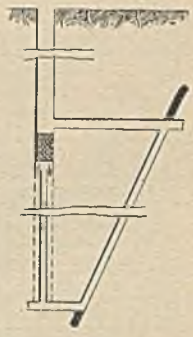


Abb. 244.

Unterfahrung eines weiter abzuteufenden Schachtes von einem blinden Schachte und von einem Abhauen aus.

Man pflegt dem Aufbruche einen geringeren Durchmesser als dem abzuteufenden Schachte zu geben. Es muß dann, nachdem der Aufbruch mit der Schachtsohle durchschlägig geworden ist, der Schachtdurchmesser von oben nach unten noch erweitert werden. Wenn dies auch eine gewisse Zeitversäumnis bedeutet, so ist dafür die Arbeit des Hochbrechens bei einem engen Querschnitte ungefährlicher als bei einem so großen Durchmesser, wie er für Hauptschächte üblich ist. Auch können geringe Fehler in der markscheiderischen Festlegung des Mittelpunktes des Aufbruches im Verhältnis zum Schachtmittelpunkt bei der Erweiterung ausgeglichen werden, so lange nur der Aufbruch noch voll in die Schachtscheibe fällt.

Die Herstellung der Aufbrüche verläuft in derselben Weise, wie dies im I. Bande unter Ausrichtung („Herstellung der blinden Schächte") geschildert ist. Die Höhe der Aufbrüche wird man nur ganz ausnahmsweise 80—100 m überschreiten lassen, weil sonst die Fahrung und das Hochziehen der Ausbaustoffe und der Gezähestücke zu lästig werden.

Nach erfolgtem Durchschlage läßt man die beim Erweitern fallenden Berge durch das Bergetrumm des Aufbruches nach unten sinken und zieht sie auf der unteren Sohle ab. Zum Schutze der Mannschaft wird der Querschnitt des Aufbruches in der Regel durch eine schwebende Bühne abgedeckt,

die beim Schießen angehoben werden kann und im übrigen entsprechend dem Fortschreiten der Erweiterungsarbeiten gesenkt wird. Will man die schwebende Bühne vermeiden, so müssen die Abteufmannschaften während der Arbeit angeseilt werden. Beim Erweitern wird der Schacht mit vorläufigem Ausbau versehen und nach Erreichen der vorgesehenen Teufe oder, sobald die Umstände es sonst erfordern, ausgemauert.

Handelt es sich um Arbeiten unter einem in Betrieb befindlichen Förderschacht, so muß nach erfolgtem Durchschlage vor Beginn der Erweiterung zum Schutze der Leute eine Sicherheitsbühne kurz unter dem Füllort eingebaut werden, die fallende Gegenstände und auch die etwa abstürzenden Förderkörbe mit Sicherheit aufzuhalten imstande ist. Solche Sicherheitsbühnen werden in sehr verschiedener Weise aus Eisen, Holz, Faschinen, Bergeschüttung u. dgl. gebaut. Abb. 245 zeigt eine

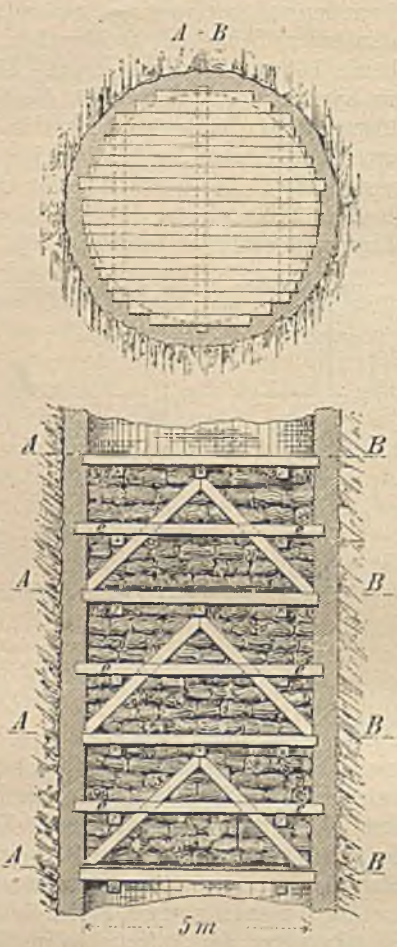


Abb. 245. Sicherheitsbühne aus Holz mit Faschinenpackungen.

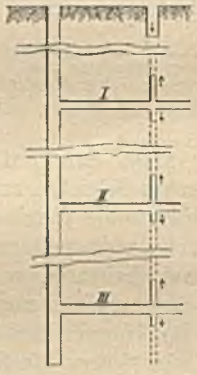


Abb. 246. Inangriffnahme eines Schachtes von verschiedenen Sohlen aus.

Sicherheitsbühne, die aus mehrfach wiederholten Balkenlagen mit hölzernen Sprengwerken und Faschinenpackungen zusammengesetzt ist. Auch findet man über der Bühne noch ein aus eisernen Schienen gebildetes Dach eingebaut, das den ersten Anprall aufnehmen und nach Möglichkeit auf die Gebirgstöße übertragen soll.

Bei neu abzuteufenden Schächten besteht ebenfalls bisweilen die Möglichkeit der Unterfahrung, so daß man in der beschriebenen Weise vorgehen kann. Auch kommt es vor, daß der Schacht auf verschiedenen Sohlen gleich-

zeitig unterfahren werden kann. In solchen Fällen hindert nichts, den Schacht an allen diesen Punkten gleichzeitig in Angriff zu nehmen. Man kann sogar, sobald die Aufbrüche eine Höhe von 10—12 m über der betreffenden Sohle erreicht haben und das Bergetrumm einen genügenden Schutz bietet, gleichzeitig mit Absinken (Abb. 246) vorgehen und so das Abteufen noch mehr beschleunigen. Nach Abb. 246 kann an sieben Punkten gleichzeitig gearbeitet werden.

In günstigem Gebirge hat man gelegentlich auch das Aufbrechen mit dem endgültigen vollen Querschnitte des Schachtes vorgenommen. Als Beispiel hierfür sei der Förderschacht Baaker Mulde der Zeche Friedlicher Nachbar bei Bochum erwähnt, der von der 478 m- bis zur 325 m-Sohle mit einem lichten Durchmesser von 4,6 m aufgebrochen und gleichzeitig ausgemauert worden[1]) ist. Bei der Einteilung der Schachtscheibe während des Aufbrechens hat man den endgültig herzustellenden Ausbau zum Anhalt genommen und demgemäß die Einstriche so eingemauert, daß sie auch später verwendbar blieben. Man erzielte hierbei gegenüber dem sonst üblichen Verfahren, den Aufbruch zunächst enger herzustellen und erst später von oben her zu erweitern, eine Ersparnis von etwa 10 % der Kosten.

Auch auf Zeche Dannenbaum II bei Bochum hat man im Jahre 1911 von der 630 m- bis zur 500 m-Sohle den Förderschacht in drei Absätzen, und zwar von 630, 610 und 555 m aus in vollem, 4,5 m betragendem Durchmesser hochgebrochen. Je nach der Beschaffenheit des Gebirges wurden 2—3 m herausgearbeitet und sofort ausgemauert. Die Einteilung des Schach-

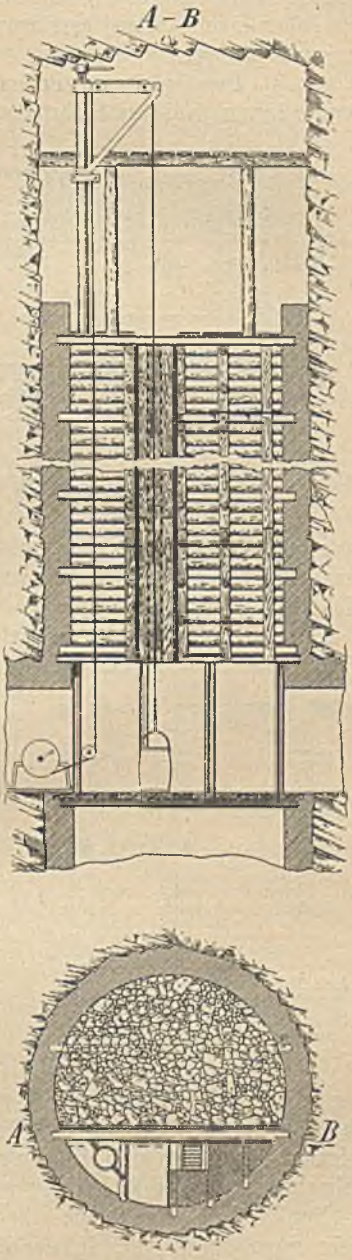


Abb. 247. Schachthochbrechen in vollem Durchmesser auf Zeche Dannenbaum II.

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1912, S. 85 u. 86; Versuche und Verbesserungen. Vgl. auch Zeitschr. d. Zentr.-Verb. d. Bergbau-Betriebsl. 1915, Nr. 1, S. 1; Rottenbacher: Einiges über Schachtbetonierung.

tes nebst den Einrichtungen für das Hochziehen der Mauerungstoffe, für das Absteifen des Bergetrumms und das Abziehen der Berge zeigen die Abbildungen 247 und 248. Jeweils die letzten 4 m wurden durch Abteufen von oben nach unten hereingewonnen. Die Kosten betrugen 414 ℳ je steigendes Meter.

23. — Das Weiterabteufen von Schächten ohne Benutzung von Aufbrüchen. Können Aufbrüche nicht benutzt werden, so geht das Weiterabteufen von Schächten, in denen regelmäßige Förderung nicht umgeht, auf gewöhnliche Weise vor sich und bietet zu besonderen Bemerkungen keinen Anlaß. Geht dagegen im Schachte Förderung oder Fahrung um, so kann man, falls die Zeit nicht drängt, das Abteufen in die Nachtschicht oder auf eine Tageszeit, in der die Förderung ruht, verlegen. Ist das nicht möglich, sei es, daß die Fertigstellung des Abteufens drängt oder daß die Benutzung des oberen Schachtteils nicht einmal für eine gewisse Zeit täglich unterbrochen werden kann, so muß man für den Schutz der Abteufmannschaft durch Stehenlassen einer Bergfeste oder Einbringung einer Sicherheitsbühne Sorge tragen.

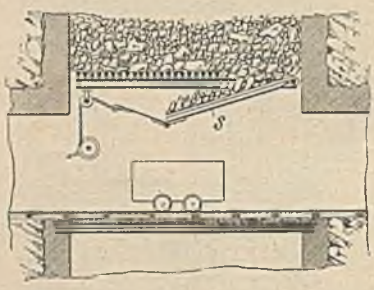


Abb. 248. Einrichtung zum Bergeabziehen.

Das Stehenlassen einer Bergfeste ist bei festem, sicherem Gestein, das Einbringen einer Sicherheitsbühne bei unzuverlässigem Gebirge mehr zu empfehlen. Bergfeste und Sicherheitsbühne können entweder geschlossen sein, d. h. die Schachtscheibe völlig verschließen, oder sie können Öffnungen für die Fahrung und den Durchgang der Förderkübel freilassen. Diese Öffnungen wählt man so eng wie möglich. Für die Förderung begnügt man sich in der Regel mit einem einzigen Förderkübel.

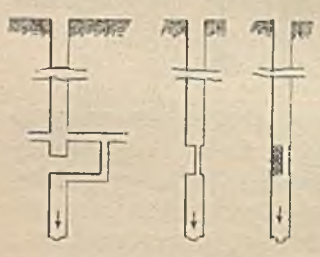


Abb. 249. Weiterabteufen von Schächten mit Belassung einer Bergfeste (*a* und *b*) und mit Einbau einer Sicherheitsbühne (*c*).

Soll eine völlig geschlossene Bergfeste stehen bleiben, so teuft man in einiger Entfernung vom Hauptschachte einen Hilfschacht bis auf eine Teufe von 8—10 m ab, unterfährt den Hauptschacht und teuft nun in seiner Verlängerung im vollen Querschnitte unterhalb der Bergfeste ab (Abb. 249*a*). Förderung und Fahrung nehmen ihren Weg durch die Unterfahrungstrecke und den Hilfschacht. Das Gleiche ist der Fall, wenn man den Schacht durch eine Sicherheitsbühne völlig verschließt.

Der Vorteile wegen, die eine nicht unterbrochene Bergeförderung bietet, zieht man meist vor, in der Bergfeste oder Sicherheitsbühne eine Öffnung für den Durchgang eines Förderkübels zu schaffen (Abb. 249*b* u. *c*). Diese Öffnung legt man nicht unter die Fördertrümmer des Schachtes, sondern

unter das etwa vorhandene Wetter-, Fahr- oder Pumpentrumm, wo sie vor abstürzenden Massen nach Möglichkeit gesichert ist.

Die Unterfahrungstrecke und der Hilfschacht sind auch unter diesen Umständen bisweilen vorhanden, dienen alsdann aber nur für die Fahrung und Wetterführung. Muß das bisherige Schachttiefste als Sumpf benutzt werden, so kann man nach Abb. 250 auf das in der Bergfeste geschaffene Förderloch ein Rohr *r* setzen und dieses einzementieren, so daß die Wasser nicht in den unteren Teil des Schachtes fallen können.

Wenn Unterfahrungstrecke und Hilfschacht fehlen, so muß in der Bergfeste oder Sicherheitsbühne eine zweite enge Öffnung für die Fahrung und die Wetterlutte vorgesehen werden, die selbstverständlich auch unter ein ungefährdetes Trumm des Schachtes zu verlegen und jederzeit abgedeckt zu halten ist.

Schon beim ersten Abteufen eines Schachtes kann es ratsam sein, auf ein späteres Weiterabteufen dadurch Rücksicht zu nehmen, daß man dem Schachte unterhalb der Füllortsohle eine für das Einbauen einer Sicherheitsbühne genügende Teufe gibt. Auf diese Weise erleichtert man die späteren Arbeiten sehr. Denn der Einbau der Sicherheitsbühne geht dann schnell und ohne erhebliche Störung des Betriebes im oberen Schachtteil vor sich, und das Weiterabteufen kann unmittelbar auf die Fertigstellung der Bühne folgen. Dabei fällt die lästige und nicht ungefährliche, nachträgliche Gewinnung der Bergfeste fort.

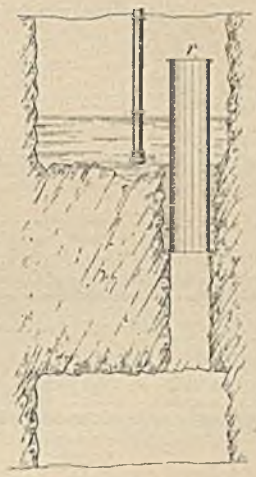


Abb. 250.
Schachtsumpf über einer durchbrochenen Bergfeste.

B. Abteufen im schwimmenden Gebirge.

24. — **Einleitung.** Bei dem oben beschriebenen Abteufen wird das Gebirge zunächst hereingewonnen und sodann der geschaffene Raum mit dem Ausbau versehen. Das eigentliche Abteufen eilt also dem Ausbau voraus.

Dieses Verfahren ist für unruhiges und namentlich für schwimmendes Gebirge nicht anwendbar. Will man darin mit Hand abteufen, so muß der Ausbau dem Abteufen voraus sein. Das älteste, hierfür angewandte Verfahren, das auch jetzt für einfache Verhältnisse bei geringeren Schachtteufen und kleinen Schachtquerschnitten noch viel benutzt wird, ist die sogenannte Abtreibe- oder Getriebearbeit (s. oben, S. 57 u. f.), die dadurch gekennzeichnet ist, daß Pfähle (Bretter) als Teile der Wandung in diese eingefügt, d. h. „angesteckt" und sodann in das Gebirge vor- oder „abgetrieben" werden. Man unterscheidet das gewöhnliche Anstecken, das in schräger Richtung erfolgt, und das senkrechte Anstecken.

a) Das gewöhnliche Anstecken.

25. — Ausführung im allgemeinen. Vor dem Beginn des Abteufens ist es zweckmäßig, sich durch eine Bohrung von der Lagerung und der Mächtigkeit des lockeren oder schwimmenden Gebirges zu überzeugen. Da man in diesem keine Tragehölzer für die Schachtzimmerung in die Stöße einbühnen kann, muß für eine sichere Aufhängung des Ausbaues Sorge getragen werden. Beginnt das schwimmende Gebirge ganz nahe unter der Erdoberfläche, so wird auf dieser ein die Schachtstöße möglichst weit überragender Tragekranz gelegt, der die nach unten folgende Zimmerung mittels Klammern oder Haken trägt. Ist dagegen das schwimmende Gebirge von einer standhaften Schicht überlagert, so wird diese auf gewöhnliche Weise durchteuft. Kurz vor dem Erreichen der schwimmenden Schicht werden dann Tragehölzer tief in die Stöße eingebühnt, um daran die folgenden Gevierte der Bolzenschrotzimmerung aufzuhängen. Am letzten Schachtgeviert

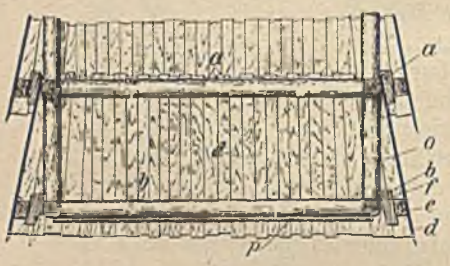


Abb. 251. Gewöhnliches Anstecken. (Geviert *b* ist zum Eintreiben der Pfähle fertig.)

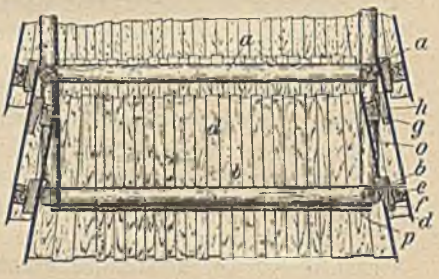


Abb. 252. Gewöhnliches Anstecken. (Die neue Pfahlreihe ist auf ein Drittel der Länge eingetrieben.)

über dem mit Getriebearbeit zu durchteufenden Gebirge beginnt das „Anstecken" der „Abtreibepfähle". Es sind dies Bretter, die am besten aus Eichenholz in einer Stärke von 3—5 cm und einer Breite von 15—20 cm geschnitten werden. Größere Breiten sind nicht zweckmäßig, da sonst die Pfähle beim Eintreiben mit dem Fäustel leicht spalten. Unten erhalten die Pfähle eine nach außen gerichtete Zuschärfung, oben wird öfters ein Bandeisenring um den Kopf gelegt, der ihn gegen Zerschlagen und Aufspalten schützen soll. Die Pfähle sind im allgemeinen rechteckig, nur die für die Schachtecken bestimmten Pfähle sind unten breiter, damit trotz der schräg nach außen gerichteten Stellung die Eckpfähle zweier Stöße möglichst aneinander anschließen. Anstatt hölzerner Pfähle verwendet man auch solche aus Flacheisen, ⌊-Eisen oder Wellblech.

Das Eintreiben der Pfähle erfolgt mittels des Treibfäustels oder auch mit einer Rammvorrichtung. Die Pfähle werden nicht auf einmal auf ihre ganze Länge abgetrieben, weil sie alsdann leicht aus der Richtung kommen könnten. Zumeist treibt man sie so weit ein, daß sie der Schachtsohle 20 bis 25 cm voraus sind.

Durch das Abtreiben der dicht aneinander liegenden, schräg nach außen gerichteten Pfähle wird die Schachtwandung nach unten verlängert. Das

in Gestalt einer abgestumpften Pyramide abgetrennte Gebirgstück wird nach und nach, erforderlichenfalls unter Sicherung der Sohle durch guten Verzug, hereingewonnen. In dem auf diese Weise geschaffenen Raume wird das neue Geviert der Zimmerung gelegt, hinter dem die neuen Pfähle wiederum angesteckt werden.

26. — Die Arbeiten im einzelnen. In welcher Weise die Arbeit vor sich geht, zeigen die Abbildungen 251 bis 254. Die Abb. 251 läßt die Zurüstung erkennen, die zum Anstecken einer neuen Pfahlreihe an dem letzten auf der Sohle befindlichen Geviert zu treffen ist. Zwischen dem Geviert *b* und den Pfählen *d* wird das Pfändholz *e* (Pfändlatte) angebracht und durch die Keile *f* angetrieben, so daß zwischen Holz *e* und Geviert *b* ein für das Anstecken der Pfähle genügend breiter Schlitz entsteht. Die Abbildung zeigt

Abb. 253.
Gewöhnliches Anstecken. (Das Hilfsgeviert *i* ist eingebaut.)

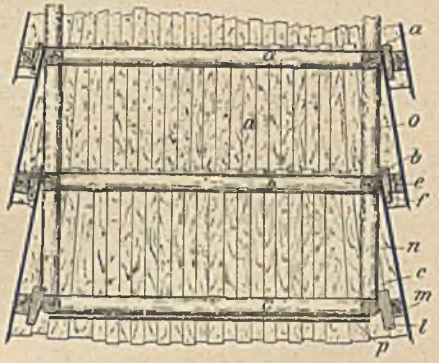


Abb. 254.
Gewöhnliches Anstecken. (Das Hilfsgeviert ist entfernt, das neue Geviert *c* ist gelegt.)

am linken Stoße in schwach gestrichelter Linie, wie das erste Anstecken der Pfähle erfolgt.

Abb. 252 veranschaulicht, wie die neuen Pfähle bereits auf etwa ⅓ ihrer Länge in den Schlitz hineingetrieben sind und wie sie am oberen Ende durch die Spannpfändung *g* und Keile *h* in ihrer Lage erhalten werden. Statt der eckigen Spannpfändhölzer *g* werden auch wohl Rundhölzer eingelegt.

Nachdem die Pfähle noch etwas weiter, auf ungefähr die halbe Länge, eingetrieben sind, wird nach Abb. 253 ein Hilfs- oder verlorenes Geviert *i* eingebaut, das die freien Enden der Pfähle zu stützen und diese in der richtigen Lage zu halten bestimmt ist. Nunmehr können die Pfähle auf ihre ganze Länge abgetrieben werden. Schließlich wird nach Abb. 254 das neue Geviert *c* gelegt und nach Entfernung des Hilfsgeviertes *i* mit dem oberen Gevierte *b* verbolzt, wobei wiederum durch Einbringen der Pfändung *m* und der Keile *l* ein Schlitz für die nächste Pfahlreihe hergestellt wird.

27. — Sicherung der Sohle. Wo das Gebirge nicht unruhig ist, braucht die Sohle nicht verwahrt zu werden.

Im treibenden Gebirge dagegen muß mit einer Sicherung der Sohle durch Vertäfelung und mit Wasserhaltung gearbeitet werden. Die Vertäfelung erfolgt in der Regel durch einen Bohlenbelag *p* (Abb. 255—257), der dem

Wasser das Empordringen durch die Fugen gestattet, aber das Hervorquellen des Gebirges verhindert. Beim Vertiefen der Schachtsohle werden die Bohlen einzeln gegen das letzte Geviert oder Hilfsgeviert abgespreizt, wie dies in einem Schnitt parallel zum langen Stoße Abb. 255 zeigt. Abb. 256 stellt einen Schnitt parallel zum kurzen Stoße dar. Man ersieht daraus, wie die Bohlen p und p_1 sich überdecken und in der Mitte durch ein Längsholz q,

Abb. 255.

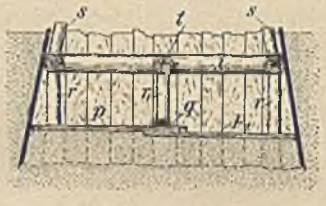


Abb. 256.

Abspreizen der Sohlenvertäfelung.
(Schnitt parallel zum langen Stoße). (Schnitt parallel zum kurzen Stoße).

das gegen ein Hilfsholz l abgespreizt ist, gehalten werden. Durch Lüften der einzelnen Bohlen und Herausnehmen des Gebirges bringt man die Sohle allmählich tiefer, wobei ein Treiben der Sohle möglichst verhütet wird. Gelingt dies nicht, so stopft man kurze Strohwiepen (es sind dies kurze Bündel Stroh) unter das Holz. Das Stroh läßt Wasser durch, hält aber den Sand zurück, so daß das Gebirge an Festigkeit gewinnt. Das Lüften einzelner Bretter und das Herausnehmen von Gebirge gelingt dann sicherer.

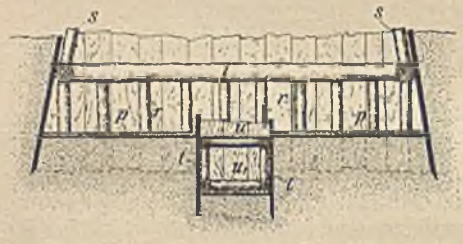


Abb. 257. Vorgesümpfe bei der Abteufarbeit.

Mit gutem Erfolge hat man auch die Klötzelvertäfelung der Sohle angewandt, die darin besteht, daß die Sohle nicht mit Bohlen belegt, sondern mit rechteckigen Holzklötzen von etwa 300 mm Breite, 350 mm Länge und 300—400 mm Höhe ausgepflastert wird, deren jeder mit einem nach unten trichterförmig sich erweiternden Loche durchbohrt ist. Die Klötze werden durch Spreizen, die quer durch den Schacht gelegt und nach oben hin verspreizt sind, reihenweise gehalten. Das Niederbringen geschieht mittels eiserner Handrammen, wobei das Gebirge durch die Löcher nach oben tritt. Das Ausquellen des Gebirges wird, wenn es zu stark wird, durch Einstopfen von Stroh in die Löcher gehemmt, während man, wenn es zu langsam erfolgt, durch Ausbohren nachhilft. Auch hat man bisweilen die Löcher in den Klötzen durch eiserne Schieber verschlossen, die je nach Bedarf geöffnet werden.

Für die Wasserhaltung muß ein „Vorgesümpfe“ gebildet werden, das etwas tiefer als die sonstige Schachtsohle ist. Dieses wird ebenfalls mit Holzzimmerung versehen und ausgetäfelt (Abb. 257), oder man benutzt

einen eisernen Sumpfkasten mit durchlochten Wandungen, der in die Sohle gerammt oder durch Winden eingepreßt wird.

28. — **Kosten.** Die Kosten des Abteufens mit Abtreibezimmerung sind je nach der Weite des Schachtes, der Art des Gebirges und der Größe der Wasserzuflüsse sehr verschieden.

Für enge Schächte von etwa $2 \times 2\frac{1}{2}$ m betragen die Kosten für 1 m bei günstigem Gebirge und geringen Wasserzuflüssen nur 150—200 ℳ, während die Kosten für Schächte von 3×4 m auf etwa 300—400 ℳ zu schätzen sind[1]). In schwierigerem Gebirge und bei Wasserzuflüssen, die über 100 bis 200 l in der Minute hinausgehen, betragen die Kosten 500—1000 ℳ und steigen sogar bis 1500 ℳ und darüber.

b) Das senkrechte Anstecken.

29. — **Allgemeines.** Während bei dem bisher beschriebenen, gewöhnlichen Anstecken die Weite des Schachtes infolge der Schrägstellung der Ansteckpfähle dauernd erhalten bleibt, geht bei dem senkrechten Anstecken (Abb. 258) mit jeder Wiederholung der Arbeit von dem Querschnitt des Schachtes ein Stück verloren. Man kann rechnen, daß man mit jedem neuen Anstecken mindestens 400—500 mm in der Länge und ebensoviel in der Breite des Schachtes einbüßt. Um diesen Nachteil zu verringern, wählt man die Ansteck-Absätze möglichst hoch. Verwendet man Pfähle aus Holz, so gibt man ihnen Längen bis zu 4, ja sogar bis 6 m. Bevorzugt werden aber eiserne Spundwände, denen man Längen von 10—15 m und auch noch darüber geben kann.

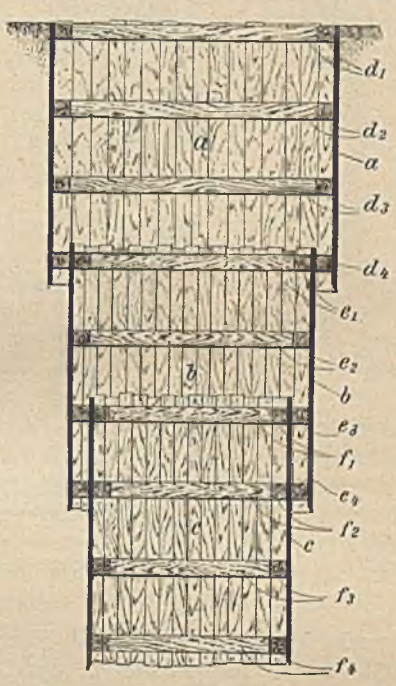


Abb. 258. Senkrechtes Anstecken.

Für die Arbeit muß man durch genau lotrecht übereinander als Führung angeordnete Rahmen, deren Lage gegen Verschiebungen gesichert sein muß, einen senkrechten, den Schachtumfang umfassenden Schlitz herstellen, in dem die Pfähle oder die Teile der Spundwand niedergetrieben werden. Nach Abb. 258 ist dieser senkrechte Schlitz zwischen den Gevierten e_3, e_4 einerseits und den Gevierten f_1, f_2 anderseits vorhanden.

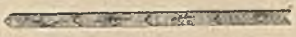


Abb. 259. Hölzerne Spundwand.

[1]) G. Klein: Handbuch für den deutschen Braunkohlenbergbau, (Halle a. S., Knapp) 1907, S. 287.

30. — **Das senkrechte Anstecken mit hölzernen Pfählen.** Die Pfähle, zu denen man in der Regel starke Bohlen verwendet, werden durch Nut und Feder oder Verspundung miteinander verbunden. Auch wendet man Bohlen in doppelter Lage (doppeltes Bohlenanstecken) an, wobei die Fugen gegeneinander versetzt werden. Hierdurch wird das Durchquellen des Sandes noch besser verhindert. Die Pfähle werden unten zu-

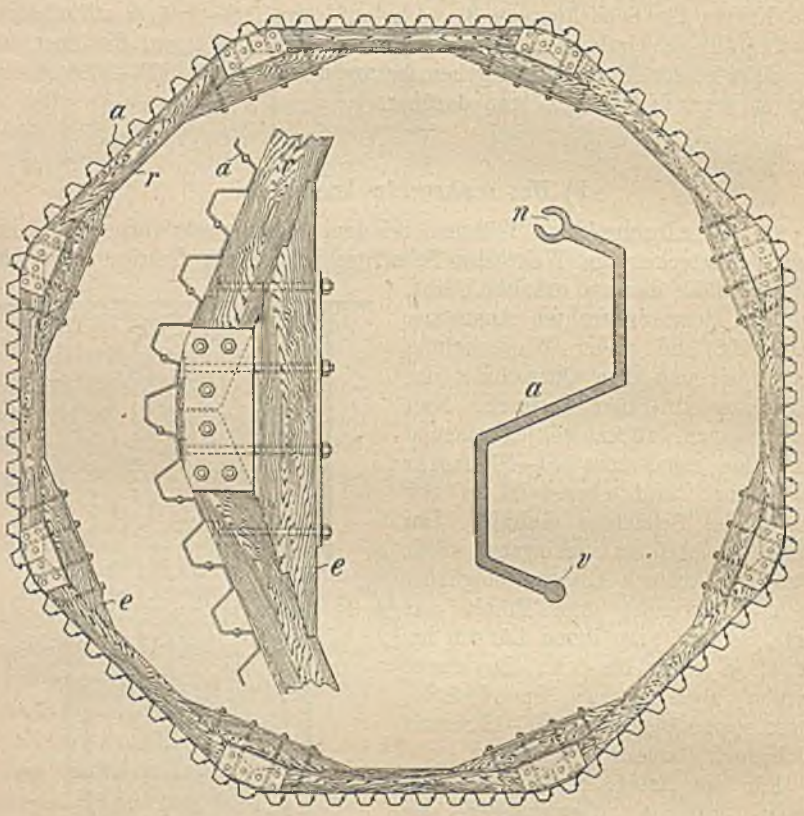


Abb. 260. Larsensche Spundwand.

geschärft und zweckmäßig mit Eisenblech beschlagen, damit sie widerstandsfähiger sind und leichter in das Gebirge eindringen. Das Eintreiben der Pfähle erfolgt durch Rammen oder Winden. Es kommt dabei darauf an, daß die Pfähle aneinander schließen und weder nach außen noch nach innen abweichen. Man fördert deshalb, sobald sie ½—1 m eingetrieben sind, das eingeschlossene Gebirge heraus und legt ein neues Geviert als Führungsrahmen, der den Bohlen beim weiteren Abtreiben nach innen Halt und Führung gibt. Da durch das Abteufen der Gebirgsdruck rege wird und von außen nach innen wirkt, ist ein Abweichen der Bohlen nach außen weniger zu befürchten.

Trotz aller Vorsicht kann es vorkommen, daß die Pfähle auseinandergehen und den Erfolg des Abteufens in Frage stellen. Namentlich ist dies zu befürchten, wenn härtere Einlagerungen, Findlinge u. dgl. in den zu durchteufenden Schichten vorkommen. Die Gefahr wird naturgemäß um so größer, je tiefer der Schacht und je bedeutender die Wasserdruckhöhe wird.

Die Sicherung der Sohle geschieht ähnlich wie bei der Getriebearbeit mit schrägem Anstecken (s. d.).

Des öfteren hat man die Verfahren des gewöhnlichen und des senkrechten Ansteckens miteinander verbunden in der Art, daß man mittels des senkrechten Ansteckens nur einen Sumpf oder engen Vorschacht zur Entwässerung des Gebirges herstellte und sodann das eigentliche Abteufen mittels der gewöhnlichen Getriebearbeit folgen ließ.

Über einen besonderen Fall des Senkrechtansteckens ist der Abschnitt „Senkschachtverfahren" unter „Der Anschluß der Mauersenkschächte an das feste Gebirge" (Ziff. 66) zu vergleichen.

31. — Das senkrechte Anstecken mit eisernen Spundwänden. Man kann hier einfache Spund- und Spundrohrwände unterscheiden.

Abb. 260 zeigt die sogenannten Larsenschen Spundbohlen, wie sie z. B. zum Durchteufen einer 4½ m mächtigen Fließsandschicht in Schacht IX der Zeche Consolidation bei Gelsenkirchen mit gutem Erfolge benutzt worden sind. Die ganze Spundwand wie auch die einzelnen Bohlen *a* haben wellblechartige Form und greifen mit Wulst *v* und Nute *n* ineinander. Am Schlusse des Spundes werden die Bohlen mit Überdeckung eingetrieben, da hier die Fuge nicht paßt. Das Eintreiben der Bohlen geschieht mit einer Dampframme, deren genau senkrecht aufgestellte Bahn den Kopf der Bohle führt, so daß der Holzrahmen *r* nur den Ansatzpunkt festlegt.

Abb. 261. Haasesche Spundwand.

Für mächtigere Schwimmsandschichten und schwierigere Verhältnisse wendet man Rohrwände an. Der Erfinder dieses Verfahrens ist Bergwerksdirektor Haase. Er benutzte eiserne Rohre, denen zum Zwecke der gegenseitigen Führung nach Art von Nut und Feder ineinander greifende Lappen angenietet waren (Abb. 261). Hieraus ergibt sich der Vorteil, daß ein Spülbohrer in die Rohre sich einführen läßt und damit entgegenstehende Hindernisse beseitigt werden können. Die einzelnen, die Wand bildenden Rohre gehen also schon bei einem verhältnismäßig geringen Drucke nieder. Das hat eine geringe Beanspruchung der Rohre beim Einpressen zur Folge, woraus sich wieder die Möglichkeit ergibt, daß man die Rohre nach oben hin durch Aufsetzen leicht verlängern kann. Es lassen sich also mit einem einzigen senkrechten Anstecken verhältnismäßig große Gebirgsmächtigkeiten überwinden. Die Grenze, bis zu der ein solches Anstecken möglich ist, scheint etwa bei 18—20 m zu liegen. Darüber hinaus wird die gegenseitige Führung der Rohre zu unsicher. Die Rohre laufen auseinander, und die Wand klafft, oder sie keilen sich so gegeneinander fest, daß sie nicht weiter zu bringen sind.

Eine vereinfachte Form der Haaseschen Spundwand, bei der die Rohre durch Profileisen *h* und die Nuten durch angenietete Lappen *l* gebildet sind, ist durch Abb. 262 veranschaulicht.

Später sind mehrfach noch andere Spundrohrwandformen vorgeschlagen, von denen diejenige von Simon (Abb. 263) dadurch bemerkenswert ist, daß sie durch nachträgliches Einfüllen von Zement in die durch Profileisen gebildeten Hohlkörper vollkommen wasserdicht gemacht werden kann, was bei der Haaseschen Rohrwand nicht möglich ist.

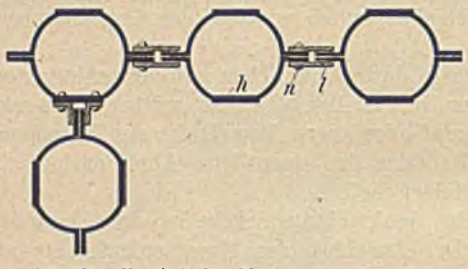


Abb. 262. Vereinfachte Haasesche Spundwand.

Bei dem Anstecken der Rohrwandteile muß für eine gute, genau senkrechte Führung Sorge getragen und darin die Spundwand aufgestellt werden. Es geschieht dies im trockenen Gebirge oder über der durch Einbringen einer Betonschicht geschützten Sohle. Sodann geht man an das Niederbringen der Rohre, die nacheinander absatzweise um je ½—1 m eingepreßt werden. Man bedient sich dabei gewöhnlicher Wagenwinden, für die man nach oben hin ein Holz der Zimmerung als Widerlager benutzt. Erst wenn man damit nicht mehr weiter kommt, gebraucht man Rammvorrichtungen. Das Niederbringen wird durch Einführen eines Spülbohrers, wie er beim Tiefbohren Anwendung findet, befördert.

Hat man mit der Bohlen- oder mit der Rohrwand die wassertragende Schicht erreicht, so beginnt man mit dem Abteufen unter stetiger Vertäfelung der Sohle, solange das Gebirge schwimmend bleibt. Der Schacht wird dabei innerhalb der Spundwand mit hölzernen oder schmiedeeisernen Gevierten und Bohlenverzug oder mit Mauerung endgültig ausgekleidet.

32. — Anwendbarkeit und Kosten der eisernen Spundwände. Das Verfahren des Senkrechtansteckens mit eisernen Spundwänden wird häufig zur Durchteufung der nahe unter der Tagesoberfäche befindlichen Schwimmsandschichten mit Erfolg benutzt. Finden sich grobe Gerölle oder Findlinge in den zu durchteufenden Schichten, so ist zwar ein Durchbohren solcher Hindernisse nicht unmöglich, doch wachsen dann die Schwierigkeiten bedeutend und stellen den Erfolg der Arbeit in Frage. Die Kosten schwanken dementsprechend in weiten Grenzen. Für den oben erwähnten Schacht IX der Zeche Consolidation haben sie bei 8,3 m lichtem Schachtdurchmesser etwa 3600 ℳ je Meter betragen. Für engere Schächte werden sie auf 700—3000 ℳ je Meter angegeben. 1 qm Schachtwandung kostet 60—140 ℳ.

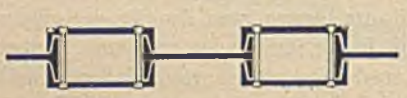


Abb. 263. Simonsche Spundwand.

II. Das Senkschachtverfahren.

a) Einleitung.

33. — Allgemeines über Art und Wesen des Verfahrens. Während bei der Abtreibearbeit die Schachtwandung in einzelnen Teilen in die zu durchteufenden Schichten eingetrieben wird, dringt bei dem Senkschachtverfahren die geschlossene Schachtwandung als Ganzes in das Gebirge vor. Entsprechend ihrem Niedersinken wird sie oben höher gebaut und so andauernd verlängert. Die Herrichtung und Fertigstellung des Ausbaues geschieht also oberhalb der zu durchteufenden Schichten. Das Niedergehen der Schachtauskleidung erfolgt entweder allein durch ihr eigenes Gewicht oder wird durch künstliche Belastung oder durch besondere Preßeinrichtungen begünstigt. Der Querschnitt eines Senkschachtes ist stets kreisrund.

Die niedergehende Schachtwandung nennt man den Senkkörper, den

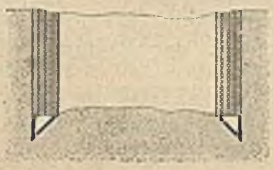


Abb. 264.

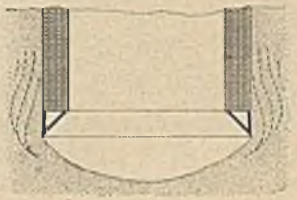


Abb. 265.

Schneidschuh in seinem Stande zur Schachtsohle.

untersten Ring des Senkkörpers den Senk- oder Schneidschuh, weil er das Gebirge durchschneiden muß.

Während der Senkarbeit wird die Sohle des Schachtes etwa entsprechend dem Vorrücken des Senkkörpers vertieft, was entweder bei niedergehaltenem Wasserspiegel durch unmittelbare Handarbeit auf der Sohle oder aber durch Bagger, Sackbohrer u. dgl. im „toten Wasser", nachdem dieses bis zum natürlichen Wasserspiegel angestiegen ist, geschehen kann. In jedem Falle soll möglichst der Schneidschuh nach Abb. 264 der Schachtsohle gegenüber voraus sein und soll nicht etwa, wie dies Abb. 265 andeutet, unterhöhlt und unterschnitten werden, weil hierdurch das Gebirge rund um den Schacht in Bewegung kommen und nachstürzen und so den Schacht sowie auch die Tagesanlagen gefährden kann. Freilich wird man manchmal, wenn der Senkkörper durchaus nicht weitersinken will, zu einem Unterschneiden des Senkschuhs gezwungen. Es bleibt dies aber in jedem Falle ein gewagtes und in seinen Folgen nicht zu übersehendes Mittel.

Hat der Senkschacht wassertragendes Gebirge erreicht, so sucht man den Senkkörper ein Stück in dieses einzupressen, um einen Abschluß der Wasser nach unten hin zu erhalten. Durch besondere Anschlußarbeiten wird der Wasserabschluß noch des weiteren sichergestellt.

Das Senkschachtverfahren ist seiner Natur nach auf weiches, mildes Gebirge beschränkt, das dem Schneidschuh ein Eindringen gestattet. Im

festen Gebirge, das der Senkschuh nicht durchschneiden kann, oder auch in Schichten, die einzelne harte Blöcke (z. B. Findlinge) enthalten, ist es nicht anwendbar. Selbstverständlich wird man das Senkschachtverfahren nur dann zur Anwendung bringen, wenn die schwimmende Beschaffenheit des Gebirges dazu zwingt. Im trockenen Gebirge ist das gewöhnliche Abteufverfahren billiger.

Abb. 266. Ineinanderschachtelung von 4 Senkkörpern.

34. — Die bei wachsender Teufe auftretenden Schwierigkeiten und die Verwendung mehrerer Senkkörper. Mit dem Niedergehen des Senkkörpers nimmt sowohl der Gebirgsdruck wie die diesem ausgesetzte Fläche der Schachtwandung in einfachem Verhältnis zu. Das bedeutet, daß die aus beiden Größen sich ergebende Gesamtreibung mit der Tiefe in quadratischem Verhältnis wächst. Ein 20 m tiefer Senkschacht findet einen viermal und ein 30 m tiefer Schacht bereits einen neunmal so großen Widerstand als ein 10 m tiefer Senkschacht.

Nimmt man z. B. den Druck des Schwimmsandes mit dem 1,7fachen des Wasserdruckes und den Reibungswiderstand mit 10% des Druckes an, so errechnet sich für einen Senkschacht mit 5,5 m äußerem Durchmesser der Reibungswiderstand

bei	10 m	Teufe	auf	147000 kg
„	20 „	„	„	588000 „
„	30 „	„	„	1323000 „
„	40 „	„	„	2352000 „

Diese Zahlen machen erklärlich, daß auch künstliche Belastung, die im Höchstfalle bisher auf 2000000 kg gesteigert worden ist, schließlich versagt. Es muß dann ein zweiter Senkschacht in den ersten eingebaut werden, der nun von der bereits erreichten Sohle aus von neuem in das Gebirge solange vordringt, bis auch er seinerseits zum Stillstande kommt. Auf diese Weise kann es notwendig werden, nach Abb. 266 eine ganze Reihe von Senkschächten mit stets enger werdendem Durchmesser nach Art eines Fernrohres ineinander zu bauen, wenn man größere Teufen erreichen will. In Abb. 266 sind ein Mauersenkschacht m und drei eiserne Senkzylinder t_1, t_2, t_3 dargestellt. Auf Zeche Deutscher Kaiser II hat man z. B. bis 116 m Teufe fünf und auf Rheinpreußen I bis 125 m Teufe sogar sieben Senkkörper ineinander schachteln müssen.

35. — Verwendungsbereich. Im Ruhrbezirk hatte man nach dem Sammelwerk bis 1900 beim Schachtabteufen 178mal von dem Senkschachtverfahren Gebrauch gemacht. Von diesen Senkschächten erreichten

155	eine	Teufe	unter	25 m
12	„	„	von 25—50	„
5	„	„	„ 50—100	„
4	„	„	„ 100—150	„
2	„	„	„ 150—178	„

Der tiefste im Ruhrbezirk mittels Senkarbeit mit Erfolg niedergebrachte Schacht ist Schacht Hugo bei Holten, der 178 m erreicht hat.

In den folgenden Jahrzehnten haben die durch den Reibungswiderstand des Senkkörpers verursachten Schwierigkeiten, die bei größerer Tiefe allzu starken Druckbeanspruchungen der Schachtwandung und schließlich die Ausbildung neuerer Abteufverfahren noch mehr zu einer Beschränkung des Senkschachtverfahrens auf geringere Tiefen geführt.

b) Einrichtungen über Tage und vorbereitende Arbeiten.

36. — **Fördergerüst.** Da bei jedem Senkschacht Gebirgsbewegungen und Senkungen der Erdoberfläche um den Schacht herum zu besorgen sind, so pflegt man sich gern mit einem vorläufigen, tunlichst leichten Fördergerüst zu begnügen.

Um der Unsicherheit des Baugrundes Rechnung zu tragen, verlagert man gewöhnlich in der für Fördergerüste auch sonst üblichen Weise (s. Abb. 227 und 228) lange Grundsohlenhölzer unmittelbar auf dem Erdboden, auf denen man sodann das Gerüst aufbaut. Gut bewährt hat sich auch das Verfahren, die Sohlenhölzer auf eine größere Zahl von Mauerfüßen (bis zu 22) zu legen, so daß beim Nachgeben des einen oder anderen nicht der Verband des ganzen Gerüstes gestört wird und durch Aufmauern des betreffenden Fußes der Stützpunkt wieder gewonnen werden kann.

37. — **Fördermaschine und Förderkabel und sonstige Einrichtungen.** In etwa 20—30 m seitlicher Entfernung vom Schachte wird die Fördermaschine aufgestellt. Eine geringere Entfernung ist wegen etwaiger Bodensenkungen nicht rätlich. Die Stärke der Maschine wird je nach der mit dem Senkschachte zu erreichenden Tiefe bemessen und beträgt in der Regel 120—200 PS. Die Maschine dient bei der Arbeit auf der Sohle zur Bergeförderung und wird bei der Arbeit im toten Wasser (s. Ziff. 54 u. f.) außerdem zum Antrieb der Bohrvorrichtungen oder zum Einhängen und Aufholen des Greifbaggers benutzt.

Für tiefere Senkschächte mit gußeisernem Senkkörper pflegt man außer einer Fördermaschine, und zwar dieser gegenüber auf der anderen Seite des Schachtes, noch einen Dampfkabel von etwa 50000 kg Tragkraft aufzustellen. Er trägt beim Einbau der Gußringe die schwebende Bühne, von der aus die Arbeit zweckmäßig vorgenommen wird. Auch benutzt man den Dampfkabel bei der Arbeit im toten Wasser zum Einhängen und Aufholen des Greifbaggers oder der Bohrvorrichtungen.

Die sonstigen Einrichtungen über Tage (Kesselanlage, Werkstätten, Kauen usw.) entsprechen denjenigen, wie sie auch für das gewöhnliche Abteufen mit Hand erforderlich sind.

Bis zum Grundwasserspiegel teuft man den Schacht mit einem genügend großen Durchmesser mit Hand ab. Auf der Sohle dieses Vorschachtes wird sodann der Schneidschuh des Senkkörpers zusammengesetzt und der Senkkörper selbst von hier aus aufgebaut.

c) Die Senkkörper und ihr Einbau.

38. — Einteilung. Die Senkkörper bestehen:

1. aus Mauerung oder
2. aus eisenbewehrtem Beton oder
3. aus einer Gußringwand oder
4. aus einer Verbindung von Mauerung und Gußringwand.

Der unter 4 genannte Senkkörper ist bisher nur in wenigen Fällen angewandt worden. Was die beiden ersten betrifft, so haben Mauerung und Beton den Vorteil, daß sie sich wesentlich billiger stellen als Gußringe und daß ihr Gesamtgewicht größer ist. Dafür nehmen sie mehr Raum ein, die Reibung gegenüber dem Gebirge ist größer, und trotz des höheren Gewichtes ist die Belastung der Schneide, auf die Flächeneinheit berechnet, geringer als bei der gußeisernen Wandung. Ferner ist die Widerstandskraft, namentlich des Mauersenkkörpers, gegen von außen kommende Biegungsbeanspruchungen nur gering; auch sind Belastungen mittels Pressen nicht zulässig. Aus diesen Gründen wendet man Mauerung und Beton nur zu Anfang des Abteufens bis etwa 20—30 m Teufe an und geht sodann zu Gußeisenschächten über.

In einzelnen Fällen sind früher auch aus Schmiedeeisen zusammengesetzte Senkkörper benutzt worden. Jedoch ist Schmiedeeisen nur in verhältnismäßig dünnen Blechen herstellbar, so daß es für größere Schachtdurchmesser und Teufen außer Betracht bleiben muß.

39. — Die Mauersenkschächte. Der Schneidschuh. Der die Unterlage für das Mauerwerk bildende und das Einschneiden erleichternde Schneidschuh besteht aus Gußeisen und wird (Abb. 267) aus 6—14 hohlen Teilstücken *s*, die Verstärkungsrippen *r* besitzen, zusammengeschraubt. Oben sind sie in der Regel offen. Nach dem Zusammenbau werden sie mit Zement oder Mauerwerk ausgefüllt.

Die obere Breite des Schuhes beträgt je nach der Mauerstärke 0,55—1,10 m, die Höhe 0,60—1,2 m, die Wandstärke 30—50 mm. Zwischen die Ringteile wird vor dem Zusammenschrauben eine Bleidichtung gelegt. An deren Stelle fügt man auch nach Abb. 267 zwischen die Ringteile einen Holzrahmen *h* ein, wobei die Dichtung durch Einstampfen einer Eisenkittmischung *c* erfolgt.

Die Außenfläche der gußeisernen Senkschuhe erhält häufig eine geringe Neigung nach außen, so daß also die äußerste Schneide etwas nach außen vorspringt. Hierdurch schneidet sich der Schuh leichter in das Gebirge ein. Der Winkel an der Spitze liegt zwischen 40 und 50°.

Ein mittelstarker Senkschuh für eine Anfangstärke der Mauerung von drei Steinen bei 6—8 m Schachtdurchmesser wiegt etwa 15000—20000 kg und kostet 4500—6000 ℳ.

40. — Die Verankerung. Zur festeren Verbindung des Mauerwerkes mit dem Senkschuh einerseits und zur Erhöhung der Festigkeit des Mauerwerkes in sich anderseits dient die Verankerung, die aus den senkrechten Ankerstangen *a* (Abb. 268), den Verschraubungen *v* und den wagerechten Verbindungslaschen *l* besteht. Die Ankerstangen *a* sind mit ihrem unteren Ende an Rippen *r* des Schneidschuhes *s* befestigt, sei es, daß sie hier durch Löcher gesteckt und mittels Schrauben gehalten werden, sei es, daß

sie, wie dies die Abbildung darstellt, gabelförmig über die Querrippen greifen und durch hindurchgesteckte Bolzen befestigt werden. Die 3—6 cm dicken Stangen besitzen Längen von 3—4 m und können nach oben hin durch Aufsetzen weiterer Stangen mittels Mutterschrauben *v* mit Rechts- und Linksgewinde beliebig verlängert werden. Die an den Enden durchbohrten, wagerechten, 12—40 mm dicken und 100 bis 200 mm breiten Verbindungslaschen *l* werden so über die Stangen *a* geschoben, daß diese mit den Mutterschrauben auf ihnen ruhen. Auf diese Weise wird ein großmaschiges Gitterwerk in der Mauerwand hergestellt.

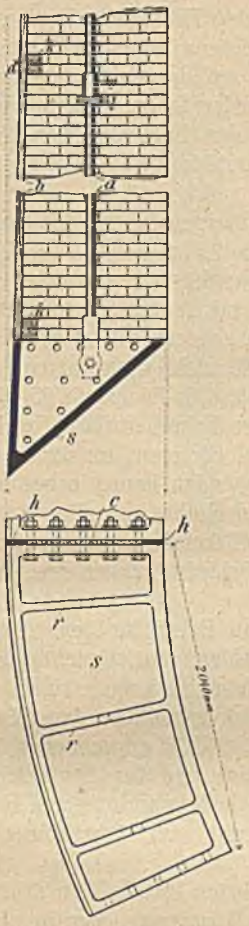


Abb. 267. Eiserner Schneidschuh für Mauersenkschächte mit Ankerstange.

41. — **Das Mauerwerk.** Für das Mauerwerk verwendet man tunlichst feste Ziegel und einen guten Zementmörtel, der zweckmäßig aus 1 Teil schnell bindenden Zement und 2—3 Teilen Sand besteht. Die Mauer erhält je nach dem Durchmesser des Schachtes und der Teufe, bis zu der der Senkkörper vordringen soll, eine Anfangstärke von 2—4 Steinen. Nach oben hin gibt man der Außenseite der Mauer, um die Reibung zu vermindern, eine schwache Neigung nach innen — die sog. Dossierung —, die 1 : 50 bis 1 : 100 beträgt und bei Bemessung der anfänglichen Mauerstärke zu berücksichtigen ist. Ferner dient zur

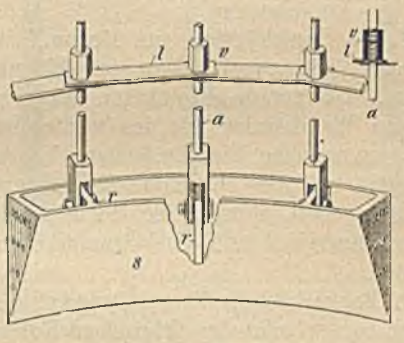


Abb. 268. Ansicht eines Teilstückes eines eisernen Schneidschuhes für Mauersenkschächte mit zugehöriger Verankerung.

Herabsetzung der Reibung eine außen angebrachte Ummantelung der Mauer mit 20—30 mm starken Holzbrettern, die an eingemauerten Holzkränzen festgenagelt und mit Schmierseife bestrichen werden (Abb. 267). Mehrfach hat man die Bretterummantelung fallen lassen und dafür einen guten und schnell bindenden Zementverputz (1 Teil Zement, 3 Teile Sand) angewandt.

42. — **Der Einbau und das Hochmauern des Senkkörpers.** Der Einbau des Senkkörpers erfolgt derart, daß zunächst der Schneidschuh auf

der Sohle des Vorschachtes zusammengesetzt und genau wagerecht gelegt wird. Alsdann wird mit dem Hochziehen der Mauerung begonnen, was anfangs von der Schachtsohle und später von einer schwebenden oder festen Bühne oder auch von der Erdoberfläche aus am Umfange des Mauerwerks geschieht.

Hat die Mauerung einige Meter Höhe über der Erdoberfläche erreicht, so beginnt die Arbeit auf der Sohle mit der Hereingewinnung des Gebirges, während die Mauerarbeiten ruhen, um nicht die auf der Sohle arbeitenden Leute zu gefährden. Das Mauern wird erst wieder fortgesetzt, wenn die Oberfläche der Mauerung nur noch wenig über den Erdboden hervorragt. Damit der Wechsel nicht zu oft eintritt, sind Mauersätze von 3—4 oder noch mehr Metern Höhe zweckmäßig.

Bei der Senkarbeit im toten Wasser wird dagegen häufig gleichzeitig gemauert und die Sohle vertieft.

43. — Die Teufengrenze für Mauersenkschächte. Es ist zwar in einzelnen Fällen gelungen, Mauersenkschächte auf Teufen von 50—60, ja sogar von 75 bzw. 92 m niederzubringen[1]). Doch gehören solche Erfolge zu den Ausnahmen und sind von vornherein jedenfalls nicht zu erwarten. Deshalb tut man gut, Mauersenkschächte nur für Teufen bis höchstens 25—30 m in Aussicht zu nehmen, weil man alsdann mit einiger Sicherheit darauf rechnen kann, das Ziel zu erreichen. Die künstlichen Mittel, die man, um ein weiteres Niedergehen des Senkschachtes zu erzwingen, anwenden kann, insbesondere das Unterschneiden oder Unterspülen des Schneidschuhes, das Pressen und Belasten des Senkkörpers, nützen erfahrungsgemäß bei Mauersenkschächten wenig, geben aber leicht zu Beschädigungen und Schiefstellungen des Mauerzylinders Veranlassung.

44. — Senkkörper aus Beton. Wenn man Beton für Senkschächte verwenden will, so wird man stets Eisenbeton wählen. Es ist nicht zu verkennen, daß gerade Eisenbeton wegen der hohen Biegungsfestigkeit bei geringen Wandstärken für den vorliegenden Zweck gegenüber dem Mauerwerk mannigfache Vorteile bietet. Von den auf S. 135 angegebenen Ausführungsarten von Schachtauskleidungen in Beton sind für Senkschächte bisher nur zwei, nämlich die Hochführung der Schachtwandung aus Formsteinen einerseits und aus Stampfbeton anderseits, zur Anwendung gekommen.

Ein Beispiel für die Verwendung von eisenbewehrten Betonformsteinen ist der Senkschacht der belgischen Kohlengrube Hautrage, der im Jahre 1907 bis zu einer Teufe von 22 m niedergebracht wurde[2]). Die Schachtwand wurde aus großen, 1 m langen und 80 cm breiten Betonsteinen zusammengesetzt, die oben und unten zickzackförmig ineinander griffen. Ihre durchschnittliche Höhe betrug 50 cm. In durchgehenden, senkrechten Löchern und in wagerechten Fugen wurde die Eisenbewehrung untergebracht und mit flüssigem Zement vergossen. Der Senkkörper hielt den an ihn herantretenden Beanspruchungen gut stand.

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1863, S. 51, und ebenda 1875, S. 244.

[2]) Ann. d. min. de Belgique 1908, S. 1173 u. f.; Stassart: Emploi d'un revêtement descendant en béton armé.

Senkschächte aus eisenbewehrtem Stampfbeton sind in größerer Zahl in den Vereinigten Staaten von Amerika niedergebracht worden[1]). Als Beispiel sei der Mortonschacht bei Hibbing (Minnesota) erwähnt, dessen Abmessungen aus Abb. 269 ersichtlich sind. Der Beton wurde zwischen eine innere und äußere Verschalung eingestampft, die entsprechend dem Einsinken des Senkkörpers hochgezogen wurde. In der Betonwandung wurden ringsum Rohre r angeordnet, durch die Wasser unter einem Drucke von 7 Atmosphären, gemessen an der über Tage aufgestellten Pumpe, auf die Schachtsohle geführt wurde. Das Wasser lockerte das Gebirge am Umfange des Schachtes auf und beförderte es nach der Schachtmitte, von wo es durch einen Bagger zutage geschafft wurde. Da das Gewicht des Betonmantels nicht genügte, um den Schacht zum Sinken zu bringen, wurde in den Senkschacht ein eiserner Hohlzylinder h eingebracht und der Raum zwischen beiden mit Sand und Wasser ausgefüllt. Der Senkschacht erreichte in zwölf Monaten eine Teufe von 48,75 m; die Unternehmerfirma erhielt je 1 m 7000 ℳ.

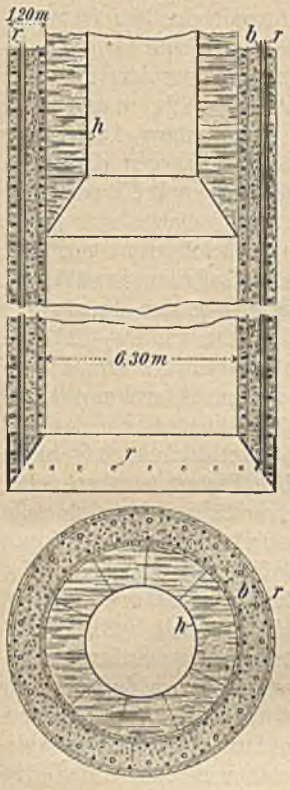


Abb. 269. Senkschacht aus eisenbewehrtem Beton.

Abb. 270. Schneidschuh für gußeiserne Senkschächte.

Abb. 271. Schneidschuh mit unterem Flansch für den Anschluß von Paßringen.

Abb. 272. Schneidschuh mit Stahlband für gußeiserne Senkschächte.

Mehrfach hat man in den Vereinigten Staaten auch eisenverstärkte Betonsenkschächte in Verbindung mit dem Preßluftverfahren (s. S. 219 u. f.) benutzt.

45. — Die gußeisernen Senkkörper. Der Schneidschuh. Der Schneidschuh für gußeiserne Senkkörper besteht aus mehreren Teilstücken, deren Zahl je nach dem Durchmesser des Schachtes 8—14 beträgt. Die

[1]) Glückauf 1910, Nr. 24 und 25, S. 872; Viebig: Die Verwendung von Eisenbeton beim Grubenausbau; ferner The Engineering and Mining Journal 1909, S. 599; Fay: Sinking a reinforced concrete mineshaft.

Stücke werden in der üblichen Weise unter Benutzung von Bleistreifen als Dichtung zu einem geschlossenen Ringe verschraubt. Der übliche Querschnitt entspricht demjenigen der deutschen Gußringe, nur daß statt des unteren Flansches eine Schneide *s* angebracht ist (Abb. 270). Soll später ein Gußpaßring von unten her zum Zwecke des Anschlusses angebaut werden, so kann man auch einen Schuh mit unterem Flansch wählen, wie er in Abb. 271 dargestellt ist. Für Teufen bis etwa 50 m besteht der Senkschuh aus Gußeisen; für größere Teufen, ebenso wenn harte oder ungleichmäßig feste Gebirgschichten zu erwarten stehen, wählt man lieber Senkschuhe aus Stahlguß, da diese eine höhere Biegungsfestigkeit besitzen und weniger leicht zu Bruche gehen. Auch verstärkt man sie wohl noch (Abb. 272) durch umgelegte und verschraubte Stahlbänder *b*, die so in einer ringförmigen Aussparung des Senkschuhes angebracht werden, daß ihre Stoßfugen gegen diejenigen des Senkschuhes versetzt sind. Auf diese Weise erhalten auch die seitlichen Flanschenverbindungen eine höhere Festigkeit.

Die Wandstärke der Senkschuhe pflegt man auch für geringere Teufen immerhin auf 50—75 mm zu bemessen, falls Gußeisen gewählt ist. Bei stählernen Senkschuhen hat man sich auch mit 40—60 mm Wandstärke begnügt. Anderseits geht man aber bis zu Wandstärken von 90—120 mm, falls es sich um größere Teufen handelt. Dementsprechend schwankt das Gewicht in weiten Grenzen und kann für mittlere Schachtdurchmesser auf 6000—18000 kg angenommen werden.

46. — **Die Gußringwand.** Die auf den Schneidschuh aufgebaute Wand besteht aus deutschen Gußringen der üblichen Bauart (s. oben). Der Versuch, die Gußringe durch senkrechte Rippen zu verstärken, hat sich nicht bewährt, weil die Kreuzungstellen der senkrechten und wagerechten Rippen zu ungleicher Abkühlung und Gußspannungen Anlaß geben.

Mit der Wandstärke pflegt man bei Senkschächten nicht unter 40 mm zu gehen, selbst wenn es sich nur um flache Teufen handelt, weil die Beanspruchungen mannigfacher Art an Senkschächte einerseits außergewöhnlich groß sind und sich anderseits der Rechnung entziehen, so daß ein sehr erheblicher Sicherheitszuschlag bei der Wandstärke nur rätlich ist. In jedem Falle tut man gut, der Rechnung nicht nur den Druck der Wassersäule, sondern den Druck des schwimmenden Gebirges, der, wie schon auf S. 196 gesagt, auf etwa das 1,7fache des reinen Wasserdruckes anzunehmen ist, zugrunde zu legen.

47. — **Verbundsenkkörper.** Nach dem Vorschlage des Bergwerksdirektors Pattberg ist einige Male, z. B. auf Zeche Rheinpreußen IV und V bei Homberg und auf dem Eduard-Schachte der Zeche Anna bei Aachen ein Senkkörper, der teils aus einer Gußeisenwand und teils aus Mauerwerk besteht, zur Anwendung gekommen. Wie die Abb. 273 zeigt, werden zwischen die Gußringe kastenförmige, gußeiserne, durch Ankerstangen *a* verbundene Ringe *k* von etwa 500 mm Höhe und 650 mm Breite eingeschaltet, zwischen denen eine zwei Steine starke Mauerung hochgeführt wird. Hierdurch soll einerseits eine gute Versteifung des Senkkörpers gegen den Gebirgsdruck erreicht werden und anderseits ein höheres Gewicht zur Wirkung kommen, um auf diese Weise den Senkkörper tiefer, als es bei gewöhnlichen, gußeisernen Senkzylindern der Fall ist, niederbringen zu können.

Tatsächlich sind die mit den Verbundsenkschächten erzielten Erfolge recht befriedigend gewesen, da mit ihnen in den oben genannten drei Fällen Teufen von 60,5, 74,5 und 69,0 m erreicht wurden[1]), wobei aber die Vorschachtteufe mit 17—20 m in Abzug kommt. Freilich ist das Verfahren auch mit nicht unerheblichen Nachteilen verknüpft. Denn die Raumbeanspruchung des Verbundschachtes ist bedeutend größer als diejenige eines gewöhnlichen, gußeisernen Senkschachtes, so daß an Schachtquerschnitt ein Mehr verlorengeht. Auch besteht bei dem Verbundschachte nicht die Möglichkeit, die undicht gewordenen Fugen zwischen den Gußringen durch Nachstemmen von Blei verdichten zu können.

Abb. 273. Verbundsenkschacht.

48. — **Der Einbau der gußeisernen Senkzylinder.** Vor dem Einbau eines jeden Senkzylinders muß durch sorgfältige Lotungen in dem bereits vorhandenen Schachtteil festgestellt werden, welcher Raum für die lotrechte Hochführung der Wandungen noch zur Verfügung steht, um danach den Durchmesser des neuen Senkkörpers zu bemessen.

Der Schneidschuh des ersten gußeisernen Senkzylinders wird auf der Sohle des Mauersenkschachtes oder, falls ein solcher ausnahmsweise nicht vorhanden sein sollte, eines Vorschachtes zusammengebaut. Der Schneidschuh kann bei sehr weichem Gebirge, um ein ungleichmäßiges Einsinken zu verhüten, auf untergelegten Bohlen zusammengesetzt werden. Doch macht die Entfernung der Bohlen durch Wegziehen oder Durchhacken gewisse Schwierigkeiten, so daß man möglichst ohne solche Unterlage fertig zu werden sucht. Nach Fertigstellung des Schuhes baut man die Gußringwand auf. Man pflegt sich dabei einer schwebenden Bühne zu bedienen, die vom Kabel getragen wird. Sobald die Schachtauskleidung bis zur Tagesoberfläche hochgeführt ist, kann das Abteufen beginnen. Entsprechend dem Einsinken des Senkzylinders werden dann wieder neue Ringe aufgesetzt, wobei die Arbeit auf der Sohle ruht. Der Einbau der Ringe erfolgt hierbei auf einer unmittelbar an den Balken des Fördergerüstes aufgehängten Bühne.

Die folgenden Senkzylinder werden am einfachsten von der Sohle des Schachtes aus aufgebaut. Es ist dies ohne weiteres möglich, wenn mit Arbeit auf der Sohle abgeteuft wird.

Wird dagegen im toten Wasser gearbeitet, so muß für den Einbau des zweiten und der folgenden Senkzylinder der Schacht gesümpft werden. Hierbei sind Gebirgsdurchbrüche um so mehr zu fürchten, je größer die bereits erreichte Schachtteufe, je größer der Druck der Wassersäule auf der Schachtsohle und je weicher und nachgiebiger das Gebirge ist. Die Sicherung

[1]) Riemer: Das Schachtabteufen in schwierigen Fällen, (Freiberg i. S., Craz u. Gerlach) 1905, S. 132; und Festschr. z. XI. Allgem. Deutschen Bergmannstage; Stegemann: Das Schachtabteufen usw., S. 75.

der Sohle gegen solche Gebirgsdurchbrüche erfolgt dadurch, daß man im Schachte entweder eine Anschüttung aus losem Kies, Sand oder Lehm herstellt oder aber einen Betonpfropfen einbringt.

49. — **Anschüttung.** Die lose Anschüttung erhält eine Höhe, die je nach der Festigkeit des Gebirges und der Menge der zusitzenden Wasser $^1/_3$—$^2/_3$ der Entfernung zwischen Schachtsohle und Grundwasserspiegel beträgt. Um eine feste Unterlage für den Einbau des Senkschuhes zu haben und dessen sofortiges Einsinken zu verhüten, bringt man auf die Anschüttung eine 1½—2 m hohe Lage von Ziegelschrot. Nach Fertigstellung des neuen Schneidschuhes und nach Aufbau des Senkzylinders wird die Anschüttung anfangs mit Hand und später durch Sackbohrer oder Greifbagger wieder hereingewonnen und zutage gefördert, während der Senkzylinder leicht bis zur früheren Schachtsohle nachsinkt.

Bei Verwendung von Kies für die Anschüttung hat sich bisweilen gezeigt, daß gröbere Stücke sich zwischen die beiden Senkzylinder setzten und Klemmungen verursachten. Es empfiehlt sich daher, einen gleichmäßig durchgesiebten Sand zu wählen. Lehm ist weniger geeignet, weil er sich schwerer als Sand wieder hereingewinnen läßt.

50. — **Betonpfropfen.** Bei tieferen Schächten bevorzugt man, um nicht allzu große Sandmassen in den Schacht füllen zu müssen, zur Sicherung und zum Abschluß der Sohle Betonpfropfen, die z. B. zweckmäßig aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 2—4 Teilen Ziegelschrot bestehen. Vor Einbringen des Betons ist der Schacht nach Möglichkeit vom Schlamme zu reinigen, da dieser das Erhärten des Zements hindert und die Dichtigkeit des Pfropfens in Frage stellen kann. Der Beton wird in möglichst dickflüssiger Mischung in ununterbrochenem Strome durch einen Rohrstrang eingespült. Um den Beton nicht mit zu viel Wasser in Berührung kommen (ihn „versaufen") zu lassen, muß man dafür Sorge tragen, daß die Austrittsöffnung der Zementierleitung sich zunächst unmittelbar über der Schachtsohle befindet und beim Auftragen des Betonbreies stets unter dessen Oberfläche steht[1]). Beobachtet man diese Vorsichtsmaßregel nicht, so bindet der Beton nicht regelmäßig ab. (Zu vgl. S. 283, Ziff. 133.) Zweckmäßig bringt man auch eine Kiesfüllung in den Schacht und läßt die Zementierrohre unten in diese münden, so daß der aufsteigende Zement allmählich die Zwischenräume erfüllt. Die Höhe der Betonpfropfen schwankt zwischen 6 und 15 m, je nach der Teufe des Schachtes und dem Wasserdrucke.

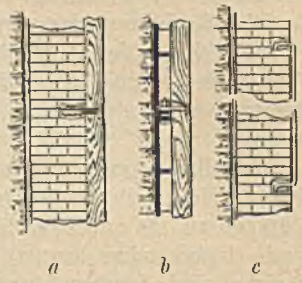
Nach dem Erhärten des Pfropfens, für das bei sachgemäßer Einbringung des Betons nur etwa 2—3 Wochen zu rechnen sind, kann der Schacht gesümpft und, nachdem die Oberfläche der Betonsohle eingeebnet ist, der neue Senkzylinder eingebaut werden. Ist dies geschehen, so beginnt man den Betonpfropfen mit Hand zu entfernen und sodann im toten Wasser mit einem Schachtbohrer (s. u.) gänzlich zu durchstoßen. Diese Arbeit nimmt wegen der damit verbundenen Umständlichkeiten einige Monate in Anspruch und ist auch insofern schwierig, als der unter dem Schneidschuh anstehende Beton für den gewöhnlichen Schachtbohrer, dessen Breite die lichte Weite

[1]) Glückauf 1914, Nr. 24, S. 949 u. f.; Schwemann und Schneiders: Das Durchteufen fester Gebirgschichten nach dem Versteinungsverfahren.

des Schachtes nicht überschreiten darf, unerreichbar bleibt. Zum Nacharbeiten der Stöße benutzt man deshalb besonders nachstellbare Bohrer.

Das Verfahren der Abdichtung der Schachtsohle mittels eines Betonpfropfens ist also zeitraubend und umständlich. In der Regel dürfte bei nicht zu großen Teufen die Anschüttung mit losem Sand den Vorzug verdienen.

51. — Führung für die Senkzylinder. Während der erste Senkkörper, der ein Mauerschacht zu sein pflegt, in der Regel unmittelbar und ohne Führung in das Gebirge eindringen muß, ist man in der Lage, das lotrechte Niedergehen der folgenden Senkkörper durch eine Führung in dem oberen Senkschachte zu sichern.



a *b* *c*

Abb. 274. Führungen für Senkschächte.

Soll der Mauersenkschacht für die Führung benutzt werden, so müssen etwaige Abweichungen aus der Senkrechten durch Ablotung festgestellt und beseitigt werden, indem das Mauerwerk teilweise auf einer Seite weggespitzt und entsprechend auf der Gegenseite durch Aufführen einer Futtermauer verstärkt wird.

Die Führungen selbst werden auf den Umfang des Schachtes gleichmäßig in einer Anzahl von 6—12 Stück verteilt und sorgfältig eingebaut. Beispiele von verschiedenen Führungen geben die Abbildungen 274 *a*—*c*.

d) Die eigentlichen Abteufarbeiten.

52. — Einleitende Bemerkungen. Die Abteufarbeit auf der Sohle unter Wältigung der zusitzenden Wasser wird angewandt, solange die zu durchteufenden, losen Gebirgschichten nahe unter Tage liegen, der Wasserdruck noch gering ist, die Hebung der Wasserzuflüsse keine Schwierigkeiten macht und das Gebirge nicht zu Durchbrüchen neigt. Wenn aber lose Gebirgschichten mit vielem Wasser in größere Teufen niedersetzen ist es zweckmäßiger, die Arbeit im toten Wasser anzuwenden.

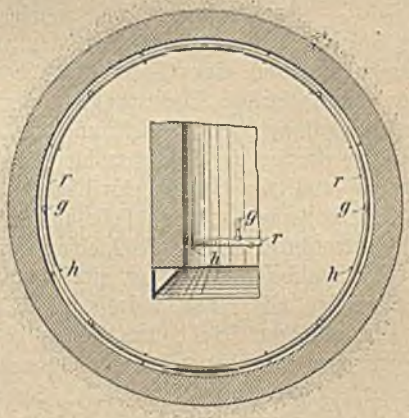


Abb. 275. Kanalwage zur Überwachung des lotrechten Niedergehens von Senkkörpern.

53. — Arbeit auf der Sohle. Die Hereingewinnung des Gebirges geschieht in üblicher Weise, wobei man den Einbruch in die Mitte legt und, insoweit das Gebirge nicht sich selbst heranschiebt, von hier nach den Stößen hinarbeitet.

Das lotrechte Niedergehen überwacht man am besten mit einer Kanalwage (Abb. 275), die am Umfange des Senkkörpers etwa 1 m oberhalb des

Schneidschuhes angebracht wird und aus einem Ringe r und einer Anzahl von senkrecht stehenden, mit Marken versehenen Wasserstandsgläsern g besteht. Wenn diese Wage bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser gefüllt ist, so genügt ein einziger Blick auf die Gläser zur Überwachung der Stellung des Schachtes. Für den gleichen Zweck benutzt man auch Lote, die an mehreren Stellen nahe an der Innenwand aufgehängt werden.

Die Förderung des gewonnenen Gebirges erfolgt in üblicher Weise. Jedoch bleibt der Schacht zweckmäßig behufs leichten Überganges zur Arbeit im toten Wasser und für den etwaigen Einbau eines neuen Senkkörpers von geringerem Durchmesser möglichst frei von jeglichem Einbau.

Derselbe Grundsatz gilt auch für die Wasserhaltung. Soweit also die Wasser nicht mit den Fördergefäßen gehoben werden können, wendet man Pumpen an, die an Seilen hängen und mit deren Hilfe leicht hoch zu ziehen sind. Insbesondere benutzt man Pulsometer, die ja für geringe Teufen sehr geeignet sind, daneben aber auch Dampfstrahlvorrichtungen, Duplexpumpen usw. (zu vgl. 9. Abschnitt „Wasserhaltung").

54. — **Arbeit im toten Wasser. Überblick.** Bei der Arbeit im toten Wasser läßt man die dem Schachte zusitzenden Wasser bis zur Höhe des Grundwasserspiegels aufsteigen. Die Hereingewinnung und die Förderung des Gebirges erfolgen alsdann durch mechanische Hilfsmittel unter Wasser. Handelt es sich um leicht bewegliches Gebirge, so benutzt man die Schlammbüchse, die in Bauart und Wirkung dem Ventilbohrer (s. Bd. I, 4. Aufl., Abb. 69, S. 83) ähnlich ist, aber größere Abmessungen erhält. Der Blechzylinder von etwa 3 m Höhe und 1 m Durchmesser besitzt zwei Bodenklappen und wird durch mehrfaches Aufstauchen mit dem Schlamme gefüllt.

Sonst benutzt man Sackbohrer, Eimerbagger, Greifbagger oder auch den Pattbergschen Stoßbohrer.

55. — **Sackbohrer.** Für weiches, insbesondere sandiges Gebirge ist der Sackbohrer gut geeignet, der aus dem Arbeitsgestänge, dem Sackrahmen und dem eigentlichen Sack besteht. Das Gestänge kann aus Holz oder quadratischen Eisenstangen oder aus Rohren zusammengesetzt sein. Der Sackrahmen, der die Öffnung des eigentlichen Sackes bildet, ist in der Regel an der auf der Schachtsohle gleitenden Unterseite mit auswechselbaren Reißern und Messern zwecks Einschneidens in das Gebirge besetzt. Der Sack ist in seinem unteren Teile aus haltbarem Leder, in seinem oberen Teile aus wasserdurchlässiger Sackleinewand gefertigt.

Die Sackbohrer in ihrer einfachsten Form sind klein, einseitig gebaut und werden mit Hand gedreht (Abb. 276).

Die größeren Sackbohrer haben je einen Sack auf jeder Seite des Gestänges und erreichen mit ihrer Gesamtbreite annähernd den lichten Durchmesser des Schachtes (Abb. 277). Sie werden von Ochsen oder Pferden gedreht oder durch maschinelle Kraft mittels Riemen- oder Zahnradübertragung angetrieben. Sobald der Sack gefüllt ist, wird er zwecks Entleerung aufgeholt.

Um nicht gezwungen zu sein, jedesmal beim Aufholen des Sackes das ganze Gestänge auszubauen, haben Sassenberg und Clermont einen

Sackbohrer mit gesondert aufholbaren Säcken gebaut, der beim Abteufen des Adolfschachtes bei Aachen[1]) mit gutem Erfolge benutzt worden ist.

56. — Eimerbagger. Die Anwendbarkeit des Eimerbaggers ist auf die oberen, lockeren Sand- und Kiesschichten beschränkt. Bis zu 16—17 m Teufe ist er mehrfach benutzt worden.

Eine in Abständen von etwa 2½ m mit Eimern besetzte Gliederkette wird über 2 Endscheiben, die an den Enden von langen, verschiebbaren Leitbäumen angebracht sind, bewegt. Beim Gange um die untere Rolle füllen sich die etwa 25—30 l fassenden Becher, worauf sie oben umkippen und ihren Inhalt auf eine Rutsche entleeren. Mit der Vertiefung der Schachtsohle können die Ketten durch Einsetzen neuer Glieder verlängert und die Leitbäume nach Lüftung der Laschen tiefer herabgelassen werden.

Abb. 276. Einfacher Sackbohrer.

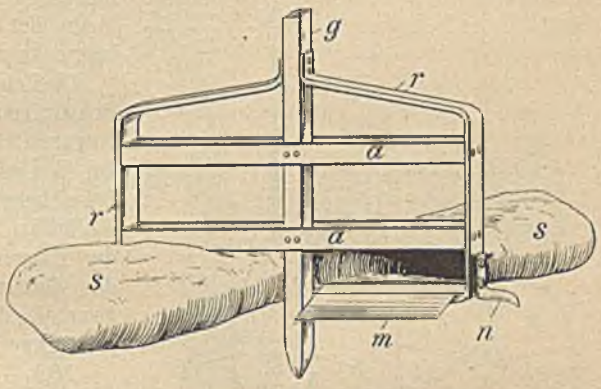


Abb. 277. Größerer Sackbohrer.

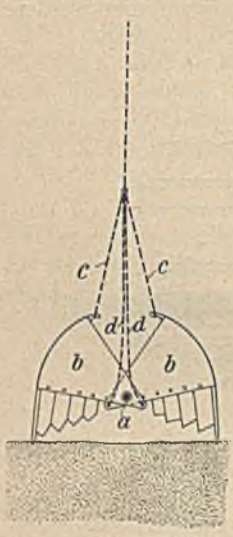
Man hat auf diese Weise Monatsleistungen von 7—17 m erzielt. Das Verfahren ist insofern bequem und vorteilhaft, als die dafür erforderlichen Einrichtungen leicht beschafft werden können und nicht einmal Maschinen und Kesselanlagen notwendig sind.

57. — Greifbagger. Der Greifbagger wird in geöffnetem Zustande eingelassen, schließt sich, auf der Sohle des Schachtes angekommen, selbsttätig, indem er eine mehr oder minder große Gebirgsmasse faßt und in sich aufnimmt, und wird nun unmittelbar wieder zwecks Entleerung zu Tage gehoben. Die Wirkungsweise erhellt aus den Abbildungen 278 und 279, von denen Abb. 278 den Bagger in geöffnetem und Abb. 279 in geschlossenem Zustande darstellt. Der Bagger besteht aus zwei muldenförmigen, um eine Achse *a* drehbaren Blechkästen *bb*, die beim Einlassen von den am äußeren Umfange angreifenden Ketten *cc* getragen und offen gehalten werden. Stößt der Bagger auf der Sohle auf und entsteht Hängeseil, so fallen diese Ketten von ihren Tragehaken ab. Wird nun das Seil wieder angezogen, so werden die Ketten *dd* gespannt, worauf sich infolge Hebelwirkung die Kästen *bb* schließen und gleichzeitig das Gebirge fassen. Darauf wird der Bagger aufgeholt.

[1]) Riemer: Das Schachtabteufen in schwierigen Fällen, (Freiberg i. S., Craz u. Gerlach) 1905, S. 117 u. f.

Die tatsächlichen Ausführungsformen weichen von der schematischen Darstellung der Abbildungen 278 und 279 mehr oder minder ab, ohne aber den zugrunde liegenden Gedanken gänzlich aufzugeben. Am häufigsten ist der Priestmannsche Greifbagger benutzt worden, bei dem die den Bagger tragenden Ketten sowohl im offenen wie im geschlossenen Zustande an Rollen angreifen. Ein Bagger faßt 0,5—1,25 cbm und wiegt 1200—1800 kg.

Greifbagger haben den Vorteil, daß man sich ihrer bei geeignetem Gebirge in allen Teufen mit annähernd gleichem Nutzen bedienen kann. Auf Schacht Hugo bei Holten hat man sie z. B. bis zu einer Teufe von 163 m benutzt. Freilich macht die gleichmäßige Bearbeitung der Schachtsohle Schwierigkeiten. Bei weichem, rasch nachschiebendem Gebirge ist das allerdings ohne Belang, da man hier den Greifbagger stets in der Mitte des Schachtes angreifen lassen kann.



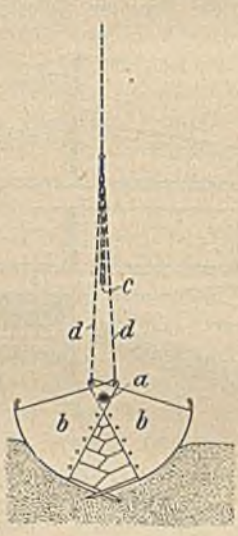


Abb. 278. Abb. 279.
Greifbagger in geöffnetem und geschlossenem Zustande.

Die Leistungen sind in reinem Schwimmsand recht gut und betragen 15—25 m monatlich. Im Ton gehen sie stark zurück. Bei zähem und festem Ton muß schließlich vor der Förderarbeit des Baggers eine Auflockerung des Gebirges stattfinden. Es kann dies durch besondere Rührbohrer geschehen.

58. — **Stoßbohrverfahren von Pattberg.** Das Verfahren besteht darin, daß ein großer Schachtbohrer, dessen Breite dem lichten Durchmesser des Schachtes entspricht, im Schnellschlag unter stetem Umsetzen die Schachtsohle bearbeitet und daß das auf diese Weise aufgelockerte Gebirge gleichzeitig mit der Bohrarbeit und ununterbrochen durch zwei Mammutpumpen (s. 9. Abschnitt) zu Tage gefördert wird.

Den Schachtbohrer und seine Anordnung im Schachte selbst stellt Abb. 280 dar. Der Bohrer hat eine im stumpfen Winkel zusammenlaufende, mit Zähnen z besetzte Schneide a, in deren tiefstem Punkte das den Bohrer tragende Röhrengestänge b mündet. Dieses dient außerdem zur Zuführung des Spülwassers von Tage her. Der Schneidenkörper besitzt Längsbohrungen c und einzelne in die Zähne z ausmündende Spülöffnungen d, so daß das Spülwasser rechts und links in dem Schneidenkörper aufsteigen und durch die Öffnungen d ausfließen kann. Dabei wirbelt es das losgelöste Gebirge auf, das nach dem Tiefsten zu, also nach der Schachtmitte hin, zusammenfließt. Hier befinden sich die Ansaugöffnungen der beiden auf jeder Seite des Bohrers angebrachten und neben dem Hohlgestänge hochgeführten Mammutpumpen e und e_1, die im ununterbrochenen Strome das losgelöste

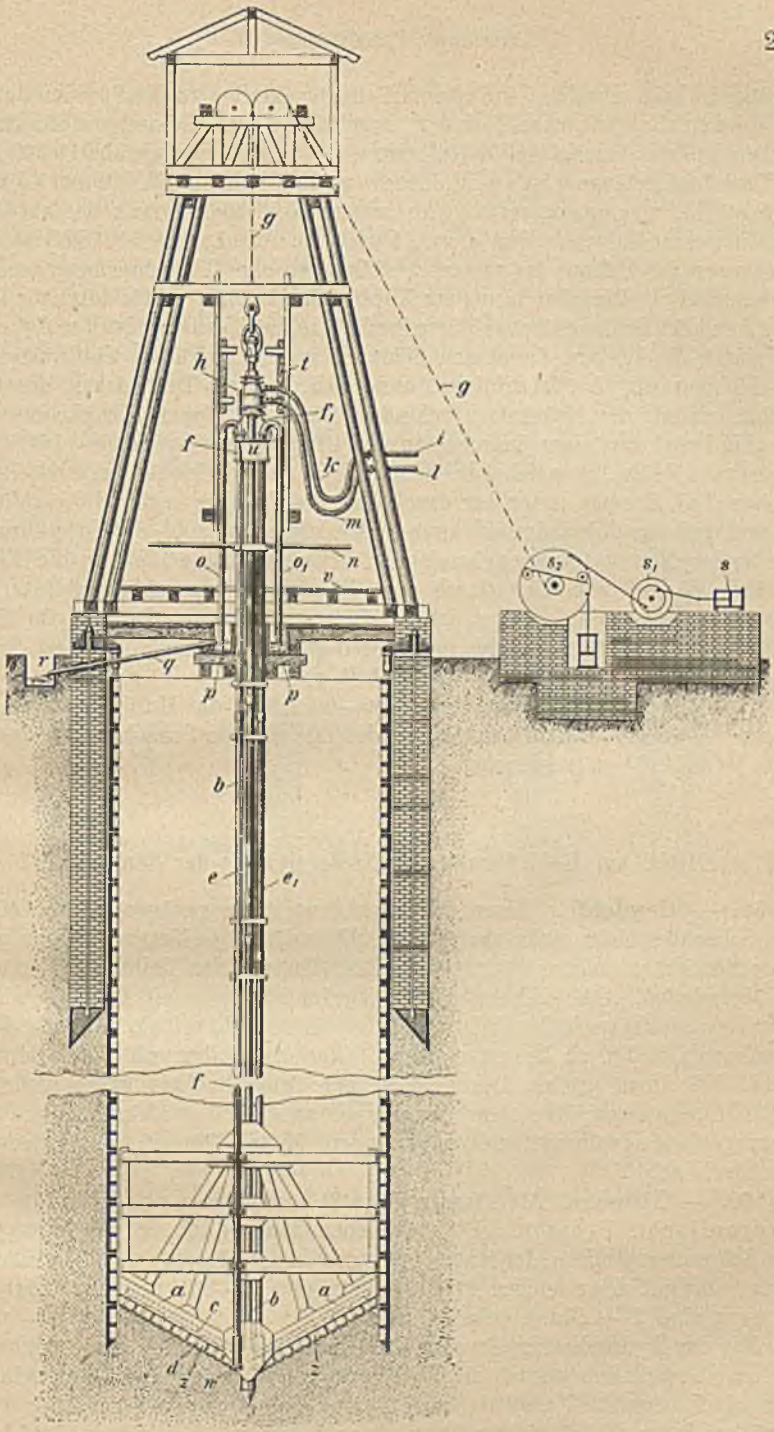


Abb. 280. Pattbergsche Schachtbohreinrichtung.

Gebirge zu Tage schaffen. Die erforderliche Druckluft wird den Pumpen durch die dünnen Rohrleitungen f und f_1 zugeführt. Das Gesamtgewicht eines solchen Bohrers beträgt bei Meißelbreiten von etwa 6 m ungefähr 10 000 kg.

Das Hohlgestänge b ist aus Rohren von 150 mm lichter Weite und 15 mm Wandstärke zusammengesetzt. An seinem Kopfstücke greift das zur Antriebsmaschine führende Seil g an. Durch die Aufhängung am Seil ist das Nachlassen des Bohrers bis zu gewissen Grenzen ohne Unterbrechung des Betriebes möglich. Die Einrichtung des Kopfstückes h gestattet, die durch die Leitung i und den Schlauch k zugeführte Preßluft in die Rohrleitungen f und f_1 und das durch die Leitung l und den Schlauch m nachgedrückte Spülwasser in das Hohlgestänge b überzuführen, ohne daß die freie Drehbarkeit des Gestänges mittels des Krückels n behindert wird. Zu diesem Zwecke besteht das Kopfstück aus einer äußeren, an der Drehung des Gestänges nicht teilnehmenden Hülse, in welche die Schläuche k und m einmünden, und einem inneren Teil, der von unten her durch eine Stopfbüchse in die Hülse geführt ist und sich in dieser drehen kann. Mit o und o_1 sind die Ausgußrohre der beiden Mammutpumpen bezeichnet. Die Bohrtrübe fließt in die Ringbehälter p und von hier durch das Rohr q in das Abflußgefluter r. Die Antriebsmaschine s, s_1, s_2 ist in Wesen und Bauart die auch für Tiefbohrungen benutzte Maschine mit schwingender Trommel, die das Nachlassen des Seiles während der Bohrarbeit gestattet.

Der Bohrer macht in der Minute 50—60 Hübe, die Hubhöhe ist 20 bis 30 cm. Über die hohen Leistungen, die mit diesem Schachtbohrer erzielt sind, ist Ziff. 69 zu vergleichen.

c) Mittel zur Beförderung des Niedersinkens der Senkkörper.

59. — Gewichte. Wenn der Senkkörper trotz genügender Vertiefung des Schachtes nicht mehr nachsinken will, weil die Gebirgsreibung zu groß geworden ist, so sucht man durch erhöhte Belastung den Reibungswiderstand zu überwinden. Das einfachste Mittel hierfür ist die unmittelbare Beschwerung des Senkkörpers durch Gewichte, wofür man Eisenbahnschienen, Roheisenbarren u. dgl. zu benutzen pflegt. Man kann aber mit diesen Mitteln selbst bei einem großen Durchmesser des Senkschachtes kaum mehr als 500 t Eisenmassen über dem Senkkörper anbringen, während höhere Belastungen oft erwünscht und durch andere Mittel (Pressen) tatsächlich erreichbar sind.

60. — Pressen. Als Pressen benutzt man Schraubenwinden oder hydraulische Pressen. Die Schraubenwinden (Abb. 281) bestehen aus der Schraubenspindel a, der Mutter b, dem drehbaren Kopfe c und den Füßen d. Man kann mit einer solchen Presse Drücke von 20—30 t erzeugen. Zur Bedienung sind 2—4 Mann erforderlich.

Mit den hydraulischen Pressen kann man leicht noch höhere Drücke erzielen. Gewöhnlich werden die in Benutzung stehenden Pressen gemeinsam von einer maschinell angetriebenen Pumpe mit Preßwasser gespeist, wobei Drücke bis zu 600 Atm. zur Anwendung kommen. Bei diesem Preßdruck ist eine einzelne Presse mit z. B. nur 12 cm Kolbendurchmesser, also 113,1 qcm

Kolbenquerschnitt imstande, einen Druck von 67,8 t auszuüben. Abb. 282 zeigt eine solche Presse. Es ist c der Preßzylinder, in dem der Tauchkolben k verschiebbar angeordnet ist. Die Abdichtung nach außen geschieht durch die auch für sehr hohe Drücke geeignete Stopfbüchse t, während die obere Gummi- oder Ledermanschette d nicht völlig dicht an die Zylinderwand anzuschließen braucht. Das Druckwasser strömt nach Öffnung des Hahnes v_1 ein und drückt den Tauchkolben k nach unten.

Der Hub der Presse beträgt in der Regel 500 mm, so daß das Niederdrücken des Senkkörpers um eine Gußringhöhe in 3 Absätzen unter zeitweiliger Einschaltung von Paßringen erfolgt. Zum Zwecke des Zusammenschiebens der beiden Teile läßt man das Wasser durch einen Hahn v_2 ausfließen, indem man gleichzeitig durch ein Umführungsröhrchen Druckwasser in den Ringraum zwischen die Stopfbüchse und Manschette treten läßt. Hierfür ist allerdings eine gewisse Abdichtung der Ledermanschette d un-

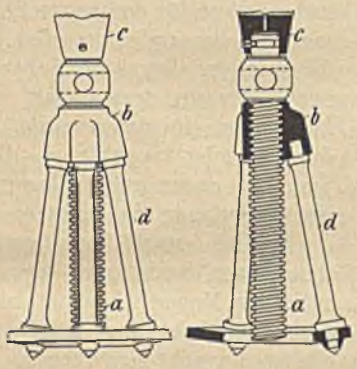


Abb. 281. Schraubenwinde.

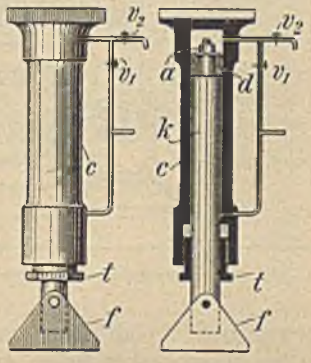


Abb. 282. Druckwasserpumpe.

entbehrlich. Der Kolben trägt unten einen breiten Fuß f, der gewöhnlich einen auf den Gußringrand passenden Einschnitt besitzt und zum Ausgleich kleiner Schiefstellungen drehbar ist.

61. — **Druckausgleichvorrichtung.** Um die Pressen und den Senkkörper nicht den Wasserstößen, die bei nicht ganz vorsichtiger Überwachung des Betriebes der Druckpumpe auftreten können, auszusetzen und um ferner alle Pressen unter genau gleichem Drucke halten zu können, schaltet man zweckmäßig zwischen sie und die Druckpumpe eine Druckausgleichvorrichtung ein, die das Druckwasser auf seinem Wege zu den Pressen erst durchfließen muß.

Die Druckausgleichvorrichtung (Abb. 283) besteht aus dem Zylinder c mit Stopfbüchse und dem beschwerten Tauchkolben k. Die Belastungsgewichte g sind an dem Querhaupte q des Tauchkolbens mittels der Stangen b aufgehängt. Das Druckwasser tritt durch das Röhrchen z in den Zylinder ein und verläßt ihn durch das Röhrchen a wieder. Von der Ausgleichvorrichtung fließt das Druckwasser nach der um den Schacht angeordneten Ringrohrleitung von etwa 10 mm lichtem Durchmesser, aus der es durch kurze Anschlußröhrchen in die einzelnen Pressen übertreten kann.

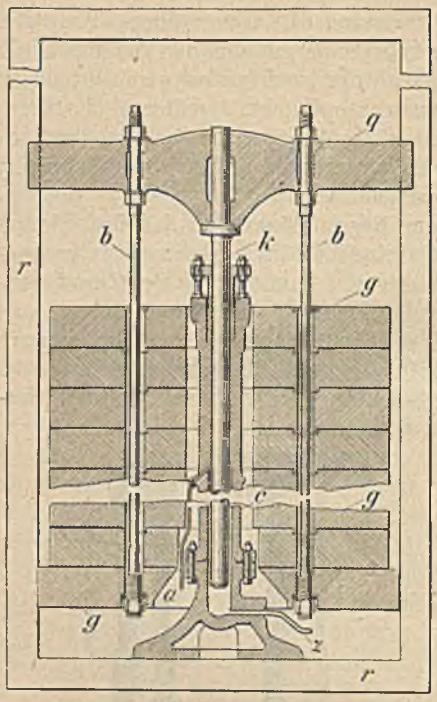


Abb. 283. Druckausgleichvorrichtung.

Auf Schacht Hugo bei Holten hat man z. B. 20 solcher Pressen von je 100 t Druckkraft angewandt, so daß insgesamt ein Druck von 2000 t[1]) ausgeübt wurde.

62. — Allgemeines über Widerlager. Mauerwerk als Widerlager für den ersten Senkkörper. Die Anwendung von Pressen setzt ein festes Widerlager voraus, von dem aus der Druck auf den niederzupressenden Senkkörper übertragen werden kann. Die Herrichtung eines geeigneten Widerlagers macht insbesondere für den ersten Senkkörper Schwierigkeiten, weil alsdann in der Regel im Schachte noch keinerlei fester Halt vorhanden ist; für den zweiten und die folgenden Senkkörper pflegt man den ersten zur Verlagerung des Widerlagers zu benutzen.

Freilich setzt man gerade den ersten Senkkörper, der zumeist ein Mauerschacht ist, nicht gern größeren Preßdrücken aus. Man läßt ihn zur Schonung der Festigkeit des Mauerwerkes lieber durch sein eigenes Gewicht niedergehen. Ist er alsdann infolge der allmählich gestiegenen Reibung des Gebirges zur Ruhe gekommen und sinkt nicht weiter, so kann er um so sicherer als Widerlager für die folgenden Senkkörper gebraucht werden.

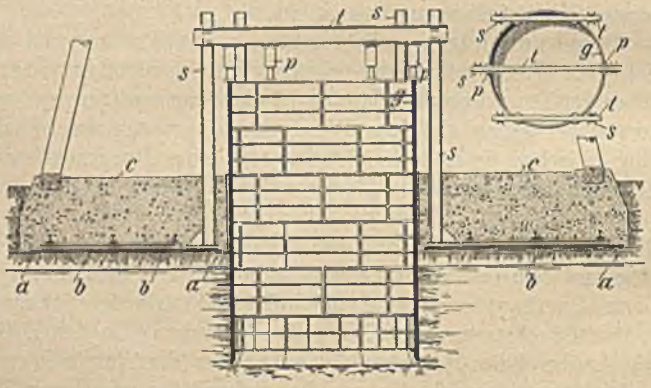


Abb. 284. Betonkörper als Widerlager für das Abpressen eines Senkkörpers.

[1]) Eine mittelschwere Eisenbahnlokomotive wiegt 70—80 t.

Will man aus besonderen Gründen auch den ersten Senkkörper niederpressen, so muß man hierfür ein zuverlässiges Widerlager schaffen. Ein solches zeigt Abb. 284. Über einer eisernen Grundplatte *a* mit Verstärkungsrost *b*, an die die Säulen *s* anschließen, ist ein Betonkörper *c* aufgeführt. Die Pressen *p* werden unter den Trägern *t*, die die Säulen oben verbinden, angesetzt. Ein solches Widerlager kann sich wegen der breiten Grundfläche nicht neigen oder absinken und ist überall mit leicht erreichbaren Mitteln herzustellen[1]).

63. — **Der Mauersenkschacht als Widerlager.** Das Widerlager für den zweiten (zumeist eisernen) Senkkörper kann unter Benutzung des ersten Mauerschachtes etwa in derselben Art hergerichtet werden, wie dies Abb. 285 zeigt. Nur tritt an die Stelle der vier Mauerklötze das runde Mauerwerk des Schachtes, dessen Ankerstangen in einer im übrigen gleichen Weise die Träger aus I-Eisen festhalten. Die Benutzung von I-Trägern für das eigentliche Widerlager hat aber den Nachteil, daß der Schachtquerschnitt teilweise überdeckt wird und nicht frei bleibt und daß ferner immer nur zwei Pressen unter einem Träger an denjenigen Punkten angesetzt werden können, die gerade über der Kreislinie des einzupressenden Senkkörpers liegen.

64. — **Druckring.** Es ist deshalb zweckmäßiger, einen besonderen „Druckring" einzubauen, der oben dem Mauersenkschachte aufgesetzt und mit diesem in geeigneter Weise durch „Ankerstangen" verbunden wird, die entweder an den Senkschuh oder an einen eigens dafür angebrachten „Ankerring" oder sowohl an den Senkschuh wie an einen Ankerring anschließen.

Abb. 285 zeigt einen solchen Druckring *d*, der durch die Ankerstangen *a* an den Schneidschuh und die Stangen *z* an den Ankerring *r* angeschlossen ist. Der Ankerring wird gewöhnlich erst dann in das Mauerwerk des Senkkörpers eingespitzt, wenn dieser zur Ruhe gekommen ist und man zum Einbau der gußeisernen Senkzylinder übergehen will. Auf diese Weise kann

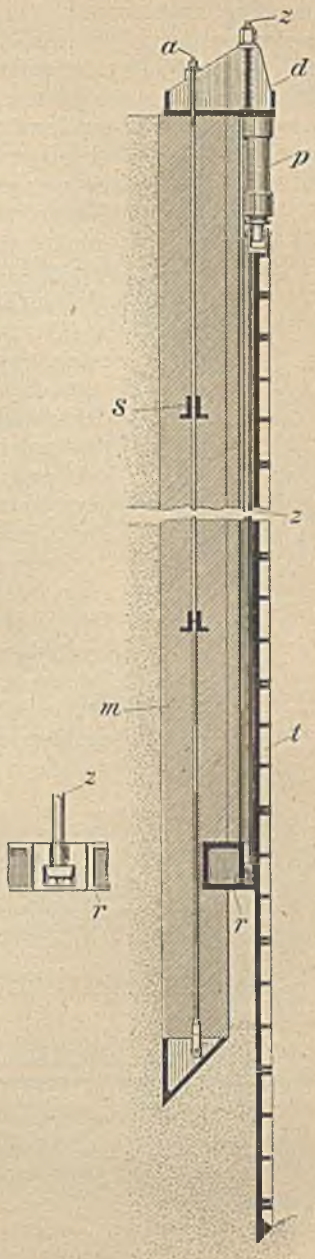


Abb. 285. Druckring mit Ankerstangen und Ankerring.

[1]) Glückauf 1913, Nr. 9, S. 309; Beil: Erfolge mit dem Senkschachtverfahren.

der Ring, auch wenn der Mauerschacht schief gegangen ist, genau wagerecht verlegt werden. Durch Aufsetzen einer Futtermauer können dann die Stöße der Senkmauer ausgeglichen und senkrecht hochgezogen werden. Der Druckring besteht aus einzelnen, zusammengeschraubten Segmenten und ragt nach innen über das Mauerwerk um etwa 25 cm vor, so daß unter diesem vorspringenden, ringförmigen Rande die Pressen zum Niederdrücken des Senkzylinders an beliebig vielen Punkten angesetzt werden können.

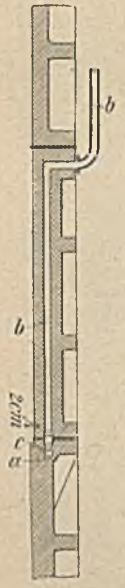


Abb. 286. Sassenbergs Druckwasser-Verfahren.

65. — Andere Mittel zur Beförderung eines gleichmäßigen Niedersinkens. Außer durch Gewichte und Pressen sucht man einen hängengebliebenen Senkschacht auch dadurch zum Niedergehen zu bringen, daß man die entgegenstehenden Hindernisse unterhalb des Schneidschuhes beseitigt. Bei mäßigen Wasserteufen kann dies unmittelbar durch die Arbeit eines Tauchers geschehen. Sonst benutzt man Stoßwerkzeuge, oder man lockert das Gebirge unterhalb des Schneidschuhes durch einen starken Wasserstrahl auf.

Bergverwalter Sassenberg hat ferner zur Erleichterung des Niedergehens des Senkkörpers vorgeschlagen, Druckwasser zwischen die äußere Zylinderwand des Senkschachtes und das Gebirge einzupressen. Zu diesem Zwecke ordnete er etwa 7 m über dem Schneidschuh in dem gußeisernen Senkzylinder einen Ringkanal *a* (Abb. 286) an, dem durch zwei besondere Rohrleitungen *b* Druckwasser von über Tage her zugeführt wurde. Die Schachtwandung, die sich unter dem Ringkanale befand, hatte einen um 4 cm größeren Durchmesser, so daß ein rund um den Senkkörper um 2 cm vorspringender Absatz entstand. In diesem Absatz mündeten die nach oben geführten Öffnungen *c* für den Austritt des Druckwassers, dem durch den unteren Vorsprung der Weg um den Schneidschuh herum nach dem Innern des Schachtes versperrt war.

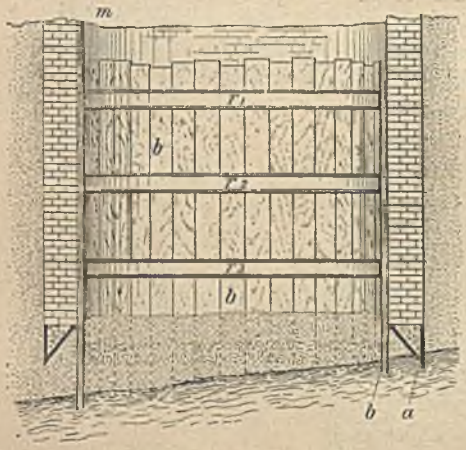


Abb. 287. Senkrechtes Anstecken in einem Senkschachte.

Das Verfahren ist auf dem Adolf- und auf dem Eduard-Schachte, beide bei Aachen, mit gutem Erfolge angewandt worden[1]).

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1904, S. 281; Versuche und Verbesserungen.

f) Die Anschlußarbeiten.

66. — Der Anschluß der Mauersenkschächte an das feste Gebirge. Erreicht der Mauersenkschacht das feste Gebirge, so ist es erwünscht, daß der Senkschuh in dieses zur besseren Zurückhaltung des schwimmenden Gebirges und zum besseren Abschluß des Wassers noch ein Stück eindringt. Es ist dies namentlich dann möglich, wenn das feste Gebirge annähernd söhlig liegt und im oberen Teile verwittert und aufgeweicht ist.

Ist dagegen die Oberfläche des festen Gebirges geneigt oder uneben und stößt der Schneidschuh nur mit einer Seite auf, so entsteht die Gefahr, daß der Senkschacht infolge des ungleichen Widerstandes schief geht. Es kann dann rätlich sein, mit dem Senken aufzuhören und durch ein senkrechtes Anstecken und Abtreiben von Pfählen den vorläufigen Anschluß an das feste Gebirge herzustellen, wie dies Abb. 287 schematisch darstellt.

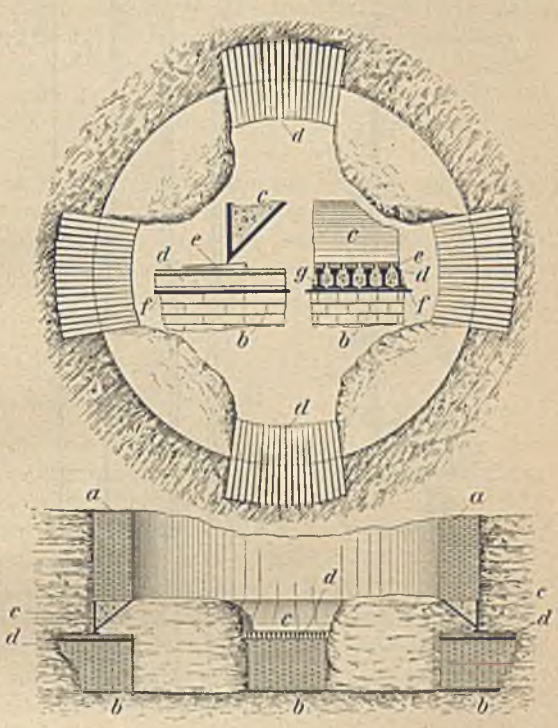


Abb. 288. Unterfangen eines Mauersenkschachtes.

Hat man sodann das feste, wassertragende Gebirge erreicht, so erhält der Schacht gewöhnlich noch eine wasserdichte, besondere Mauerung, die man zweckmäßig als Futtermauer vor der Senkmauer in die Höhe führt, wobei der Zwischenraum zwischen den beiden Mauern mit Zement vergossen wird.

Folgt nach unten hin im Schachte Gußringausbau, so tut man gut (nach Abb. 200, S. 149) die Gußringwand auch innerhalb des Mauersenkschachtes bis zum Grundwasserspiegel in die Höhe zu ziehen und mit Zement zu hintergießen, um jeder Schwierigkeit infolge der Wasserdurchlässigkeit des Mauerwerks überhoben zu sein.

67. — Das Unterfangen des Schneidschuhes. Teuft man, nachdem der Mauersenkschacht zur Ruhe gekommen ist, auf gewöhnliche Weise weiter ab, so ist es bei nicht ganz festem Gebirge empfehlenswert, den Schneidschuh durch Unterfangen zu sichern. Es geschieht dies dadurch, daß man zunächst eine starke Gesteinsbrust rings unter dem Schneidschuh stehenläßt und diese nun ähnlich wie beim segmentweisen Ausmauern (s. S. 131)

in einzelnen, jeweils einander gegenüberliegenden Keilstücken nach und nach hereingewinnt und durch Mauerklötze ersetzt. Diese tragen den Schneidschuh gleichmäßig mit Hilfe von Eisenplatten *f* (Abb. 288), Eisenbahnschienen *d* und untergeschlagenen Keilen *e*. Zuletzt wird der zwischen Mauerfuß und der Abschrägung des Schneidschuhes noch verbleibende konische Ring ausgemauert.

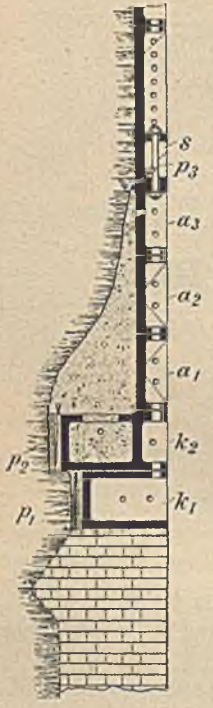


Abb. 289. Anschluß des Schneidschuhes eines Senkschachtes an Anschlußgußringe mit Keilkranz.

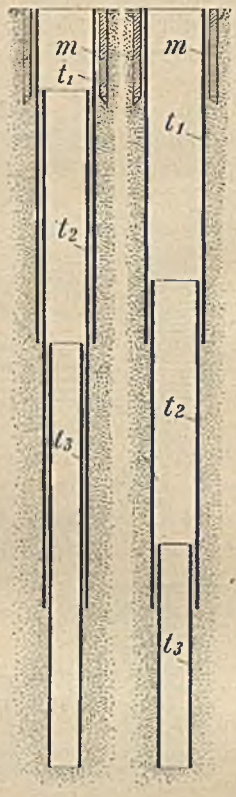


Abb. 290. Abb. 291. Wiederausbau der gußeisernen Senkkörper aus Senkschächten nach deren Fertigstellung.

68. — **Der Anschluß der gußeisernen Senkschächte nach unten und nach oben.** Ist nur ein gußeiserner Senkschacht vorhanden, so ist dieser, und wenn es sich um mehrere ineinandergeschachtelte Senkschächte handelt, so ist der engste und tiefste an das Gebirge anzuschließen oder richtiger mit dem nach unten folgenden Schachtausbau zu verbinden. Auch hier ist in erster Linie das Einpressen des Senkschachtes um ein gewisses Stück in das feste Gebirge zu empfehlen. Es gelingt dies gewöhnlich besser als bei Mauersenkschächten, weil der hohe Druck hydraulischer Pressen angewandt werden kann und der Schneidschuh schmaler ist. Nach genügender Einpressung kann man den Schneidschuh abschrauben und nun unter Verwendung von Unterhängegußringen weiter abteufen, bis man eine für das Legen des Keilkranzes geeignete Gebirgschicht findet. Häufiger teuft man unmittelbar weiter ab, legt den Keilkranz in einer passenden Gesteinsbank und baut die Gußringe bis an den Schneidschuh auf. Die Verbindung mit diesem wird, falls er zu diesem Zwecke mit Flanschen (s. oben Abb. 271, S. 201) versehen ist, durch besonders nach Maß gegossene Paßstücke hergestellt, wie dies Abb. 289 zeigt.

Ist der Senkschacht nicht lotrecht niedergegangen, so daß eine solche Verbindung Schwierigkeiten machen würde, so hilft man sich dadurch, daß man den tieferen Gußringausbau enger wählt, um ihn 10—12 m in dem

Senkschachte hochführen zu können. Der Zwischenraum zwischen den beiden gußeisernen Wandungen wird dann während des Aufbaues der inneren sorgfältig mit Beton verstampft.

Ist so der Schacht nach unten hin gesichert, so kann, falls mehrere gußeiserne Senkzylinder zum Durchsinken der lockeren Schichten notwendig gewesen sind, der obere Teil der einzelnen Ringsäulen wieder ausgebaut werden. Will man besonders vorsichtig sein, so baut man nur soviel von jeder einzelnen Wand aus, daß der Schacht, abgesehen von dem untersten Teile, an jedem Punkte noch durch zwei Wandungen gesichert bleibt (Abb. 290); geben der Zustand des Schachtes und die Verhältnisse des Gebirges zu keinerlei Befürchtungen Anlaß und genügt voraussichtlich eine einzige Schachtwandung, so können die einzelnen Ringsäulen nach Abb. 291 so weit ausgebaut werden, daß nur noch an den Endpunkten eine Überdeckung von 10—15 m Höhe verbleibt.

Der Raum zwischen zwei gußeisernen Wandungen wird in jedem Falle möglichst sorgfältig ausbetoniert. Die oberste Gußringwand pflegt man innerhalb des Senkmauerschachtes bis zur Höhe des Grundwasserspiegels aus dem schon in Ziff. 66 (letzter Absatz) angegebenen Grunde im Schachte zu belassen.

g) Leistungen, Kosten.

69. — **Leistungen.** Da das Senkschachtverfahren von vielen unberechenbaren Zufällen abhängt, schwanken die mit ihm erzielten Leistungen in weiten Grenzen. Naturgemäß werden sie um so geringer und der Erfolg um so zweifelhafter, je tiefer der Schacht ist und je mehr Senkkörper zur Erreichung des Zieles ineinandergeschachtelt werden müssen.

Bei Mauersenkschächten, die 10—20 m tief werden sollen und in dieser Teufe das feste Gebirge erreichen, können monatliche Abteuf- und Durchschnittsleistungen von etwa 12 m erzielt werden. In schwierigen Fällen bleibt freilich die Leistung auch weit darunter, unter besonders günstigen Umständen hat man aber auch bis zu 19 m erreicht.

Bei tiefen Schächten muß zwischen den mit einem einzelnen Senkkörper erzielten, zeitweisen Abteufleistungen und der Gesamtdurchschnittsleistung bei Fertigstellung des ganzen Schachtes unterschieden werden. Jene Leistungen sind bedeutend höher als der Gesamtdurchschnitt, da dieser durch die unvermeidlichen Störungen und Zwischenfälle, durch den Zeitverlust bei Bestellung und Einbau neuer Senkkörper und durch Nebenarbeiten stark herabgedrückt wird.

Bei gußeisernen Senkschächten hängt die reine Abteufleistung wesentlich von der Art der Hereingewinnung und Förderung des Gebirges ab. Weit voran steht in dieser Beziehung das Pattbergsche Stoßbohrverfahren, mit dem monatliche Abteufleistungen von 30—40 m erreicht worden sind. In weitem Abstande folgt dann die Arbeit mit dem Greifbagger, die bei günstigem Gebirge immer noch Monatsfortschritte von etwa 11 m gestattet. Muß das Gebirge vor der Förderung durch den Greifbagger erst noch durch einen Rührbohrer aufgelockert werden, so sinken die Leistungen auf etwa

6—7 m. Noch geringer sind die Leistungen bei Verwendung des Sackbohrers; sie können vielleicht auf 5—6 m eingeschätzt werden.

Dagegen hat man nach dem Sammelwerk, wenn man das Pattbergsche Stoßbohrverfahren unberücksichtigt läßt, an Gesamtdurchschnittsleistungen nur erzielt:

bei Schachtteufen von 0— 50 m etwa 3,0 m (von 1,21—5,00 m)
„ „ „ 50—100 m „ 2,0 m („ 0,87—5,00 m)
„ „ „ 100—150 m „ 1,4 m („ 0,51—3,19 m).

Derartige Leistungen sind außerordentlich gering. Durch Anwendung des Pattbergschen Stoßbohrverfahrens wird man zwar etwas höhere Durchschnittsleistungen erzielen können. Im Sammelwerk werden aber diese auch nur

bei Schachtteufen von 0— 50 m auf etwa 7,0 m
„ „ „ 50—100 m „ „ 5,0 m
„ „ „ 100—150 m „ „ 4,5 m

geschätzt.

Es sind auch dies noch sehr unbefriedigende Durchschnittsleistungen.

70. — Kosten. Die Kosten des Verfahrens sind entsprechend den geringen Leistungen hoch und steigen um so schneller, je tiefer der Schacht wird. Ganz besonders sind es die hohen Kosten der verschiedenen, erforderlichen Senkzylinder aus Gußeisen, die das Verfahren bei größeren Teufen so stark verteuern.

Handelt es sich nur um einen einzigen Mauersenkschacht und Teufen von 10—20 m, so sind die Kosten auf durchschnittlich 1600 ℳ je 1 m zu veranschlagen; sie können in besonders günstigen Fällen auf etwa 1000 ℳ sinken und bei ungünstigen Verhältnissen bis zu 2200 ℳ steigen. Nach dem Sammelwerk verteilen sich die durchschnittlichen Kosten etwa wie folgt:

Anteil an Tagesanlagen	70 ℳ
Kosten der Senkmauer	750 „
Kosten der Kohlen und Baustoffe	150 „
Löhne und Gehälter	450 „
Verschiedenes	160 „
Insgesamt:	1580 ℳ

Für größere Teufen steigen diese Kosten je Meter sehr schnell, wie die folgenden, nach der genannten Quelle zusammengestellten Zahlen zeigen. Die Kosten haben durchschnittlich je 1 m betragen:

bei Schachtteufen von 0— 50 m . . . 3500 ℳ
„ „ „ 50—100 m . . . 7500 „
„ „ „ 100—150 m . . . 11000 „

und gliedern sich etwa wie folgt (s. S. 219).

Auch die Anwendung des Pattbergschen Stoßbohrverfahrens setzt diese beträchtlichen Kosten nicht sehr herab, weil es im wesentlichen nur die Löhne und Gehälter sind, an denen infolge der erzielten größeren Leistungen gespart werden kann.

	Bei Teufen von		
	0—50 m ℳ	50—100 m ℳ	100—150 m ℳ
Anteil an den Tagesanlagen . . .	300	800	1250
Senkkörper nebst Zubehör	2250	5000	6500
Kohlen und Baustoffe	180	300	750
Löhne und Gehälter	700	1200	2000
Verschiedenes	70	200	500
Insgesamt:	3500	7500	11000

III. Das Abteufen unter Anwendung von Preßluft.

71. — **Allgemeines.** Durch künstliche Erhöhung des Luftdruckes im Innern des Schachtes und insbesondere im eigentlichen Arbeitsraume unmittelbar über der Sohle kann man das Wasser in das Gebirge zurückpressen. Zu dem Zwecke muß der ganze Schacht oder der untere Teil nach oben hin luftdicht abgedeckt sein, wobei durch Schleuseneinrichtungen sowohl die Ein- und Ausfahrt der Mannschaft als auch die Förderung ermöglicht wird.

Nach dem älteren Verfahren baute man die Schachtabdeckung mit Schleuseneinrichtung nahe unter der Erdoberfläche fest in das Gebirge ein, wie dies Abb. 292 darstellt. Die Schleusenkammer K besitzt in ihrer oberen und unteren wagerechten Wand je eine Einsteigeöffnung mit luftdicht schließenden Klappen k_1 und k_2. In der Kammer selbst ist ein Haspel h aufgestellt, mit dem man das auf der Sohle hereingewonnene Gebirge heraufholt, um es zunächst in der Kammer zu lagern und später nach Schluß der Klappe k_2 und Öffnung der Klappe k_1 ins Freie zu befördern. Das Rohr r_1 dient zum Einblasen der Preßluft. Durch das Rohr r_2 kann etwa auf der Sohle noch vorhandenes Wasser herausgedrückt werden.

Da mit dem Tieferwerden des Schachtes auch der Druck der Luft steigen muß, wächst im selben Maße die Gefahr von Luftverlusten durch das die Schleuse seitlich bis zur Tagesoberfläche umfassende Gebirge.

72. — **Senkschacht mit eingebauter Schleuseneinrichtung.** Der eben erwähnte Nachteil wird vermindert, wenn man, wie es jetzt gewöhnlich geschieht, die Abdeckung mit der Luftschleuse in einen Senkkörper einbaut, da ja alsdann die luftdichte Schachtwand selbst dem Tieferwerden des Schachtes folgt. Immerhin pflegt auch dann noch die Luft in Blasen rund um den Schacht emporzubrodeln. Abb. 293 zeigt ebenfalls schematisch eine solche Einrichtung. In dem gemauerten Senkkörper ist etwa 2,2 m über dem Schneidschuh die Abdeckung a mit dem Mauerwerk fest verbunden. Auf die Abdeckung wird ein Rohr r gesetzt, das zur Förderung und Fahrung dient und sich oben zur Schleusenkammer K erweitert. Die Fahrung wird durch die Vorkammer V und die Türen t_1 und t_2 vermittelt. Für die Förderung dient der Haspel h, mittels dessen das gewonnene Gebirge bis in die Kammer K gehoben wird. Hier wird der Kübel in eine der Förderschleusen s_1 oder s_2 entleert. Sobald diese gefüllt ist, wird

der obere Deckel (d_1 oder d_3) geschlossen, der untere (d_2 oder d_4) geöffnet und so der Inhalt auf die Bühne b entleert, von wo aus er weiter befördert wird.

Solange während der eigentlichen Abteufarbeit der Luftdruck unter der Abdeckung steht, pflegt der unbelastete Senkschacht nicht freiwillig niederzugehen. Zum Zwecke der Belastung bringt man einen Teil des geförderten Gebirges auf der Abdeckung unter und läßt vielleicht auch noch Wasser zufließen. Trotzdem ist man gewöhnlich gezwungen, um den Senkkörper tiefer zu bringen, zeitweise die Preßluft ausströmen zu lassen, nachdem die Mannschaft aus dem Schachte zurückgezogen ist. Zur Vermeidung von Durchbrüchen des schwimmenden Gebirges in das Schachtinnere bei der so vorgenommenen Entlastung ist Beschleunigung geboten, derart, daß man das Ausströmen der Preßluft rasch erfolgen und die Entlastung nicht allzu lange andauern läßt. Sobald sich irgendwie bedenkliche Erscheinungen (z. B. Erschütterungen, Setzen des Gebirges, Schiefstellungen des Senkkörpers) zeigen, bläst man sofort wieder Preßluft ein und stellt den der Teufe entsprechenden Gegendruck her.

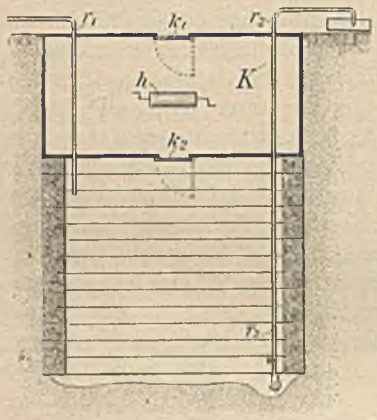


Abb. 292. Fest eingebaute Schleuseneinrichtung für Schachtabteufen mit Anwendung von Preßluft.

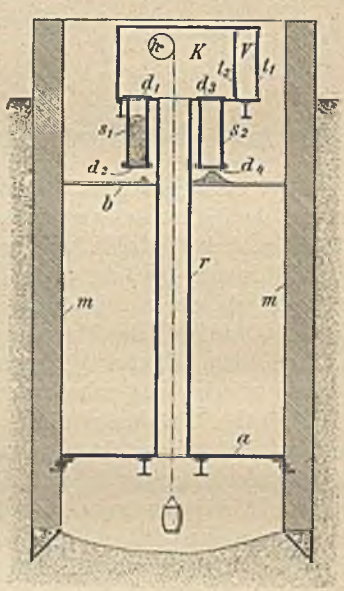


Abb. 293. Senkschacht mit Schleuseneinrichtung für Anwendung von Preßluft.

73. — Anwendungsbeispiele. Im Ruhrbezirke hat das Verfahren z. B. im Jahre 1911 auf den Schächten Ickern I und II und 1913 auf Schacht Diergardt III Anwendung gefunden. Die Arbeiten wurden in beiden Fällen von der Firma Phil. Holzmann & Co. zu Frankfurt (Main) ausgeführt. Die Abb. 294 zeigt den auf Schacht Ickern II zur Anwendung gekommenen Senkkörper mit Abdeckung und Schleuseneinrichtung. Die Schachtwandung wurde aus besonders gewalzten I-Eisen a (s. auch Nebenabbildung rechts oben) zusammengebaut, von denen je sechs Ringteile zu einem Ringe zusammengefügt wurden. Die Dichtung erfolgte durch eingelegte Bleistreifen. Die Außenseite der Schachtwandung erhielt einen glatten, mit Eisengewebe b bewehrten Zementverputz i, der das Absinken erleichtern sollte. 3½ m über

dem Senkschuh wurde die Abdeckung c hergestellt, wozu 550 mm hohe I-Eisen eingebaut und an die Schachtringe angeschraubt wurden. Die Felder zwischen den I-Eisen wurden mit gutem Stampfbeton ausbetoniert. Alsdann wurden die Schleusenrohre d_1 und d_2 für die Förderung und die Fahrung und die Schleusen e_1 und e_2 selbst aufgebaut. Immer wenn der Senkschacht

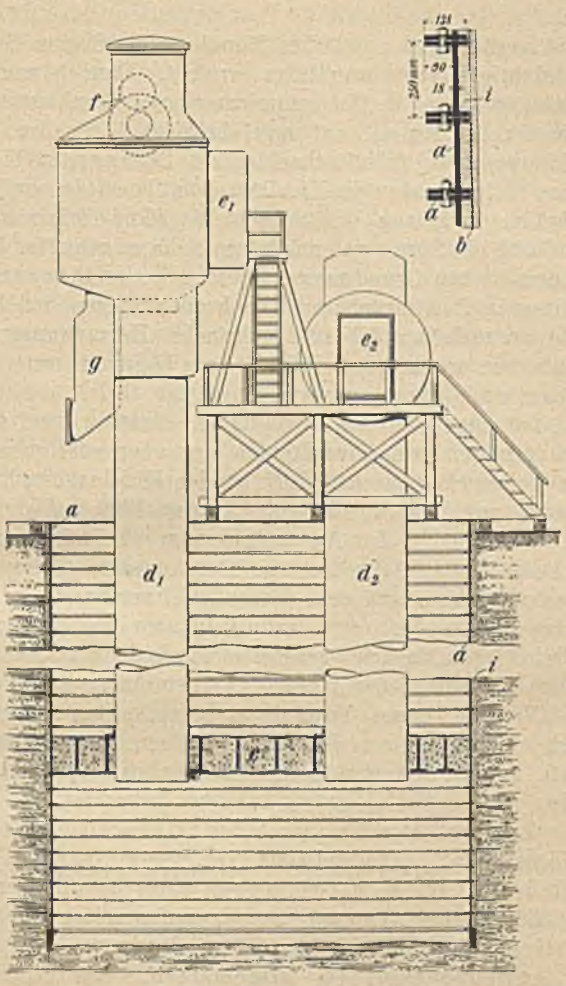


Abb. 294. Einrichtung des Preßluft-Senkkörpers auf Schacht Ickern II.

2 m tiefer gegangen war, wurden die Schleusenrohre verlängert und die Schleusen höher gesetzt. An jeder Schleuse war ein Druckmesser, eine Uhr und zwei Luftventile vorhanden. Druckmesser und Uhr waren erforderlich, um die für das Ein- und Ausschleusen von Menschen vorgeschriebene Zeit (vgl. Ziff. 74) mit Sicherheit innehalten zu können. Von den beiden Luftventilen führte das eine nach außen und diente zum Ablassen der Preßluft, während das andere Luft aus dem Schachtinnern in die Schleuse treten ließ.

Die auf der Sohle gelösten Erdmassen wurden mittels eines elektrisch angetriebenen Haspels *f* in die Schleuse gezogen und von hier durch eines der beiden vorhandenen Hosenrohre *g* (s. auch Abb. 293) ins Freie befördert. Da der Motor nicht mit in der Schleuse untergebracht war, so mußte die Achse zwischen Motor und Fördertrommel durch eine Stopfbüchse abgedichtet werden.

Die Arbeit verlief glatt, und drei Monate nach Beginn des Abteufens war die beabsichtigte Teufe von 20 m erreicht. Danach wurde noch ein innerer Eisenbetonmantel in den schmiedeeisernen Senkkörper eingebaut. Die Gesamtkosten beliefen sich auf ungefähr 5000 ℳ für 1 m.

Der Senkkörper des Preßluftschachtes auf Diergardt III bestand aus Eisenbeton, im übrigen waren die Einrichtungen denen des vorbeschriebenen Schachtes ähnlich. Es gelang, den Schacht bis 56 m Tiefe niederzubringen, wobei ein Preßlufthöchstdruck von nur 3 Atmosphären genügte, da die unteren Wasser mit dem oberen Grundwasser nicht in Verbindung standen[1]).

Die Arbeiten in 3 Atmosphären Überdruck erwiesen sich bereits als in hohem Maße gesundheitschädlich. Mehrfache Erkrankungen und sogar zwei Todesfälle, die anscheinend Folgen der Tätigkeit unter dem hohen Drucke gewesen sind, waren zu verzeichnen[2]).

Mehrfach hat man in den Vereinigten Staaten von Amerika von dem Preßluftverfahren zum Durchteufen der oberen schwimmenden Gebirgschichten Gebrauch gemacht. Z. B. ist der Kidderschacht bei Princeton in Michigan von August 1908 bis Januar 1909 auf diese Weise bis 34,4 m abgeteuft worden[3]). Zur Anwendung kam ein Senkschacht aus eisenbewehrtem Beton mit 5,15 m lichtem Durchmesser, dessen Wandstärke unten 1,07 m betrug und nach oben bis auf 0,61 m abnahm. Die luftdichte Abdeckung lag 3,05 m über dem Schneidschuh. Der größte Überdruck, unter dem schließlich im Schachte gearbeitet wurde, betrug 3,14 Atmosphären. Bei diesem Drucke verfuhr jeder Arbeiter an einem Arbeitstage zwei Schichten von nur je 40 Minuten Dauer. Trotz dieser beschränkten Arbeitszeit stellten sich mehrfach erhebliche Gesundheitstörungen ein. Im übrigen verlief das Abteufen glatt, und die Arbeiten kamen zu dem beabsichtigten Ende.

In Belgien ist das Verfahren bis 1910 bei insgesamt 18 Schächten zur Anwendung gekommen. Der Überdruck der zu überwindenden Wassersäule betrug im Höchstfalle 2,2 Atmosphären. Die Kosten betrugen in der Mehrzahl der Fälle etwa 2000 ℳ je 1 m, stiegen unter ungünstigen Umständen aber auch bis 6800 ℳ und in einem Falle sogar auf ungefähr 11000 ℳ je 1 m[4]).

74. — **Gesundheitschädliche Einwirkungen des Verfahrens und seine Anwendbarkeit im allgemeinen.** Das Arbeiten in verdichteter Luft ist für den Menschen ohne schädliche Folgen, so-

---

[1]) Glückauf 1914, Nr. 34, S. 1313 u. f.; Braunsteiner: Das Abteufen des Schachtes Diergardt III nach dem Preßluftverfahren.

[2]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1913, S. 152; Versuche und Verbesserungen.

[3]) Mines and Minerals 1909, Dezemberheft, S. 271 u. f.; s. auch ebenda 1912, Januarheft, S. 344 u. f.

[4]) Ann. d. min. de Belgique 1910, S. 1069 u. f.; Breyre: Les creusements etc.

lange der Überdruck nicht mehr als etwa eine Atmosphäre beträgt. Bei höheren Drücken können Krankheitserscheinungen auftreten, die man früher allein auf die Steigerung des Luftdruckes und die dadurch veranlaßte Behinderung der Atmung zurückführte. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß die Krankheitserscheinungen eine Folge der Einwirkung der Kohlensäure und des Stickstoffs auf das Blut sind. Die Gefahren wachsen um so mehr, je höher der Druck ansteigt und je länger der Aufenthalt in der verdichteten Luft dauert[1]). Es sind insbesondere zwei vorbeugende Maßnahmen, die man zur Gesunderhaltung der Mannschaft anwenden muß. Die eine ist, daß man entsprechend der Drucksteigerung auch die zugeführte Luftmenge anwachsen läßt. Dem Arbeiter muß bei 20 und 30 m Wassersäule die doppelte und dreifache Luftmenge wie bei 10 m Wassersäule nachgepumpt und dauernd zugeführt werden. Die andere Vorsichtsmaßregel ist, daß man bei mehr als 1 Atmosphäre Überdruck das Ausschleusen nicht plötzlich vornimmt, sondern auf den einzelnen Stufen des Ausschleusens Ruhepausen einschiebt. Bei Arbeiten in 3 Atmosphären Über-, also 4 Atmosphären absolutem Druck soll man z. B. bei 2 Atmosphären absolutem Druck während des Ausschleusens eine Pause, deren Länge von der Dauer der vorausgegangenen Arbeit und dem angewandten Luftdrucke abhängt, eintreten lassen, damit das Blut Zeit findet, sich von den aufgenommenen Gasen zu befreien. Bei Beobachtung dieser Maßnahmen ist das Arbeiten in verdichteter Luft bei 25—30 m Teufe unter dem Grundwasserspiegel gut möglich. Einzelne Taucherarbeiten sind aber auch in 40—50 m, ja sogar in 60 bis 70 m Wasserteufe ausgeführt worden.

Als Vorzug des Verfahrens ist hervorzuheben, daß es einfach und ziemlich billig ist, auch zumeist sicher zum Ziele führt, falls die Vorbereitungen sachgemäß getroffen werden. Es hat ferner den Vorteil, daß der Grundwasserspiegel nicht niedergezogen wird und keine Bodenbewegungen um den Schacht herum eintreten. Aus diesen Gründen wird das Verfahren stets, insbesondere für das Abteufen von neuen Schächten auf alten Anlagen, eine gewisse Bedeutung behalten, obwohl es naturgemäß immer auf die obersten Schichten beschränkt bleiben wird.

IV. Das Schachtabbohren bei unverkleideten Stößen.

A. Das Schachtbohrverfahren in festem Gebirge nach Kind-Chaudron.

75. — Einleitende Bemerkungen über Wesen und Art des Verfahrens. Das Verfahren besteht darin, daß der Schacht in voller Weite im toten Wasser abgebohrt wird, wobei die Schachtstöße zunächst unverkleidet bleiben. Nach Erreichung wassertragender Schichten beendet man

[1]) Braunkohle 1917, Nr. 35, S. 286; Bericht über zwei Unfälle bei den Taucharbeiten beim Abteufen des Hermannschachtes usw.; ferner Braunkohlen- u. Brikettindustrie 1918, Nr. 17, S. 129 u. f.; Grahn: Über Vermeidung von Taucherkrankheiten; ferner Glückauf 1910, Nr. 1, S. 1; Grahn: Über Taucherei in größerer Tiefe.

das Bohren und läßt eine wasserdichte Schachtauskleidung ein, deren Wandung unter Wasser gegen das Gebirge abgedichtet wird. Hierauf wird der Schacht gesümpft und, falls die Arbeiten gelungen sind, mit Hand weiter abgeteuft. Das Verfahren verlangt also eine gewisse Standfestigkeit des Gebirges, da die Stöße während der Bohrarbeit nicht hereinbrechen dürfen. Einzelne minder feste Schichten, die zu Nachfall neigen, können freilich durch Einlassen einer „verlorenen" Auskleidung (in der Regel eines schmiedeeisernen Zylinders) durchteuft werden, womit aber jedesmal eine Verkleinerung des Bohrers und Verringerung des Schachtdurchmessers verknüpft ist. Das Verfahren setzt ferner voraus, daß man nach Durchbohren des wasserreichen Gebirges wassertragende Schichten erreicht, in denen eine Abdichtung des Raumes zwischen der Schachtauskleidung und dem Gebirge möglich ist.

Wegen der hohen Kosten und geringen Leistungen beschränkt man die Anwendung auf besonders wasserreiche Schichten. Die folgende Zahlentafel gibt Aufschluß über die Häufigkeit der Anwendung in einzelnen Bezirken, die Höhe der abgebohrten Schachtteile und die größten Bohrteufen:

Bezirk	Zahl der Anwendungsfälle	Höhe der abgebohrten Schachtteile m	Größte Bohrteufen m
Ruhrbezirk[1]) . . .	13	21,8—140,57	75—373
Oberbergamtsbezirk Clausthal[2]) . .	12	41—161	130—204
Belgien[3])	21	50,65—324	75,8—324

Der Kalisalzschacht Großherzog von Sachsen bei Dietlas (Thüringen) ist von 340—404 m Teufe abgebohrt worden.

Das Verfahren stammt in seinen Grundzügen von dem deutschen Bergingenieur Kind, der es bereits im Jahre 1849 angegeben hatte. Von ihm und dem belgischen Ingenieur Chaudron ist es in den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts vervollkommnet und ausgestaltet worden. In Deutschland sind späterhin derartige Schachtbohrungen insbesondere von der Firma Haniel & Lueg zu Düsseldorf ausgeführt worden.

a) Das Abbohren des Schachtes.

76. — Vorbereitende Arbeiten. Rechnet man mit der Möglichkeit, zum Schachtbohrverfahren übergehen zu müssen, so ist von Anfang an dafür Sorge zu tragen, daß der Schacht für die Bohrarbeiten auch in dem Falle leicht frei gemacht werden kann, wenn unvermutete Wasserdurchbrüche zu einem plötzlichen Verlassen des Schachtes zwingen. In Rücksicht hierauf

[1]) Sammelwerk Bd. III, S. 183.

[2]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1913, Heft 2, S. 223 u. f.; Albrecht: Das Schachtabteufen nach dem Verfahren von Kind-Chaudron im Oberbergamtsbezirk Clausthal.

[3]) Ann. d. min. de Belgique 1910, S. 1069 u. f.; Breyre: Les creusements etc.

werden Einstriche, Pumpen, Verlagerungen, Spannlager, Lutten, Bühnen, Fahrten od. dgl. in keinem Falle fest in den Schacht eingebaut. Vielmehr werden die sämtlichen Einbauten nach dem Vorschlage Tomsons an Seilen so aufgehängt, daß sie, falls der Schacht unter Wasser kommt, ohne Schwierigkeit herausgezogen werden können. Ist diese Vorsorge nicht getroffen, so muß nach dem Durchbruche der Wasser nötigenfalls ein Betonpfropfen in den Schacht eingebracht werden, nach dessen Erhärtung der Schacht gesümpft, von dem Einbau befreit und für den Beginn der Bohrarbeit fertiggestellt werden kann.

77. — **Die Bohrarbeit im allgemeinen und die erforderlichen Einrichtungen.** Das Abbohren der Schächte erfolgt in der Regel so, daß man zunächst mit einem kleinen Bohrer, dessen Breite etwa ⅓ des Schachtdurchmessers beträgt, einen Vorschacht herstellt und darauf diesen mit einem großen Bohrer auf den vollen Querschnitt erweitert. Der engere Vorschacht dient für den großen Bohrer als Führung und nimmt gleichzeitig den von diesem erzeugten Bohrschlamm in sich auf, so daß die Arbeit des Bohrers, da er nur einen ringförmigen Querschnitt und eine reine Sohle zu bearbeiten hat, wesentlich erleichtert und beschleunigt wird. Der Schlamm wird von Zeit zu Zeit nach Aufholung des Bohrers und des Gestänges mittels des Schlammlöffels gefördert.

Man kann so arbeiten, daß entweder der Vorschacht auf seine ganze Tiefe fertiggestellt und danach der Schacht mit seinem vollen Durchmesser abgebohrt wird oder daß man abwechselnd je ein Stück des engen und je ein Stück des weiten Schachtes niederbohrt. Empfehlenswerter ist das zweite Verfahren, weil dann die Ruhepausen für den einzelnen Bohrer zu Ausbesserungsarbeiten an ihm benutzt werden können.

In Belgien hat man in einigen Fällen von der Verwendung eines kleinen Vorbohrers ganz Abstand genommen und sofort den Schacht in der vollen Weite mittels eines außergewöhnlich schweren Bohrers (30000 kg) abgebohrt. Man hatte hier für eine besonders wirksame Schlämmung des Schachttiefsten mittels einer eigenartigen Baggervorrichtung (s. Ziff. 83) Vorsorge getroffen[1]).

Für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron ist über Tage erforderlich:

a) ein Bohrgerüst,
b) eine Bohrvorrichtung,
c) eine Löffelmaschine,
d) eine Kabelmaschine,

über deren gegenseitige Lage die Abbildungen 295 u. 296 Aufschluß geben. Ferner gehören zur Tageseinrichtung die erforderlichen Kessel, Werkstätten, Mannschafts- und Geschäftsräume.

78. — **Bohrgerüst.** Das Bohrgerüst erhält die beträchtliche Höhe von 20—25 m, um darin die 18—20 m langen Gestängestücke unterbringen und bewegen zu können. Der Grundriß des Gerüstes ist rechteckig. Die Längserstreckung (s. Abb. 296) steht senkrecht zu der Linie, in der die Löffelmaschine, Bohrvorrichtung und Kabelmaschine liegen. Im Gerüste sind der

[1]) Rev. univ. d. min. 1902, Tome LX, S. 1 u. f.; Tock u. Verwilghen: Notes sur le creusement etc.

Länge nach in der erforderlichen Höhe über der Rasenhängebank Gleise angebracht, auf denen kleine Tragewagen w für den großen und kleinen Bohrer, den Löffel und die Gestängestücke laufen. In Abb. 295 ist angedeutet, daß zwei verschiedene Gleise f_1 und f_2 in verschiedener Höhe einerseits für die Bohrer und den Löffel und anderseits für die längeren Gestängestücke vorhanden sind. Mit e ist die Bohrbühne bezeichnet, von der aus der Bohrer während der Bohrarbeit regelmäßig umgesetzt wird.

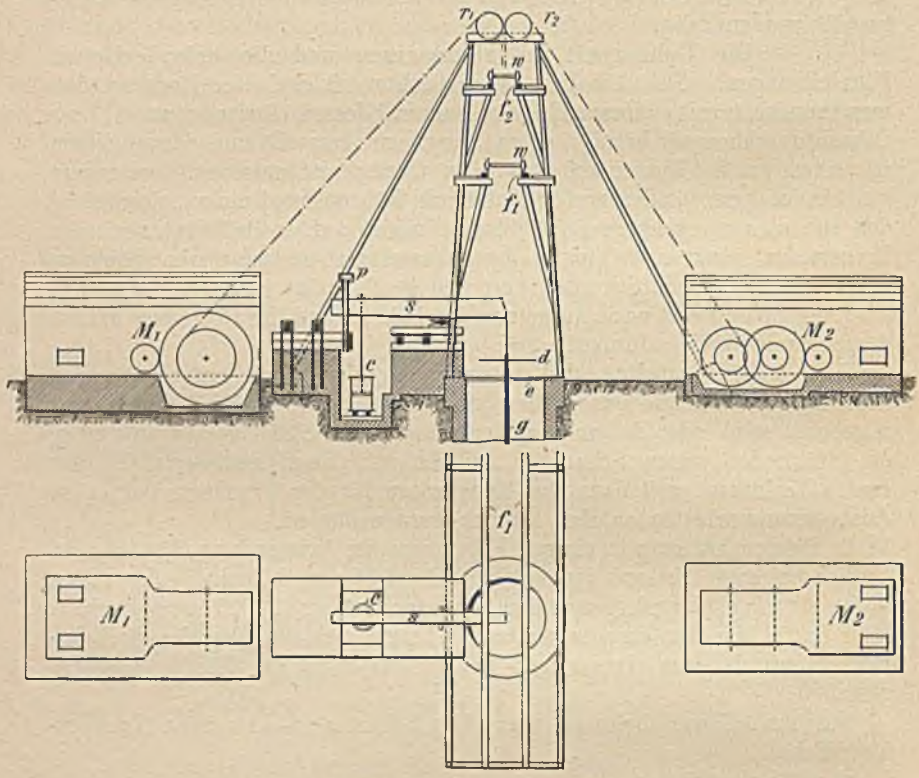


Abb. 295 (oben) u. 296 (unten).
Einrichtungen über Tage für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron.
(s, c = Bohrvorrichtung, M_1 = Löffelmaschine, M_2 = Kabelmaschine.)

79. — **Bohrvorrichtung.** Die Bohrvorrichtung (Abb. 295 und Abb. 297, Nebenzeichnung) besteht aus einem Bohrschwengel s mit Schlagzylinder c, wie solcher im 1. Bande, 2. Abschnitt dieses Werkes für gewöhnliche Tiefbohrungen beschrieben und abgebildet ist. Der Bohrschwengel muß besonders kräftig sein und wird jetzt zumeist aus Walzeisen in einer Länge von etwa 9 m und einer Höhe von 1 m hergestellt. In der Nähe des hinteren Endes greift der Schlagzylinder an, der, um mit Zahl und Höhe der Hübe beliebig wechseln zu können, mit Hand umgesteuert wird. Der Hub wird nach oben und unten durch eine Federprellvorrichtung p begrenzt, die vermöge ihrer starken Federung den

Hubwechsel erleichtert und beim Bohren mit der Kindschen Freifallvorrichtung das Abwerfen des Abfallstückes herbeiführen hilft.

Am anderen Ende des Schwengels hängt an einer Laschenkette k das Gestänge g, das mittels einer Nachlaßschraube n während der Bohrarbeit gesenkt und mittels eines Krückels d umgesetzt werden kann.

80. — **Löffelmaschine, Kabelmaschine.** Die Löffelmaschine M_1 (Abb. 295 u. 296) ist eine zweizylindrige Fördermaschine von etwa 200—300 PS mit Bobine und Flachseil, die zum Fördern des Bohrschlammes mittels des Schlammlöffels dient. Mit der Kabelmaschine M_2, die ebenfalls eine zweizylindrige Fördermaschine mit Bobine und Flachseil zu sein pflegt und etwa 100—200 PS leistet, werden die Bohrer eingelassen und aufgeholt. Bei den großen, in Frage kommenden Lasten gibt man dieser Maschine in der Regel ein doppeltes Vorgelege.

81. — **Der kleine und der große Bohrer.** Die Bohrer werden jetzt aus Stahlguß hergestellt. Ihre Form ist aus Abb. 297 ersichtlich. Als Hauptteile kann man den Schaft, den Meißelhalter und die Führungen unterscheiden. Der Schaft ist das Mittelstück a_1 und a_2, der Meißelhalter das untere Querstück b_1, b_2, in dem die Meißel oder Zähne einzeln befestigt werden, während die durch Arme und Streben mit Mittelstück und Meißelhalter verbundenen Führungen i_1, i_2 den Bohrer im Schachte gerade zu führen bestimmt sind. Der Meißelhalter verbreitert sich nach seinen beiden Enden hin, so daß hier zunächst zwei und am Rande drei Meißel nebeneinander angeordnet sind. Es geschieht dies, damit am Umfange des Bohrschachtes nicht Ecken stehen bleiben. Ist dies trotzdem der Fall, so kann man den Bohrer mit einem der Schachtweite entsprechenden, zylindrischen Mantel umgeben, der unten mit Schruppzähnen besetzt ist.

Am großen Bohrer ist noch die unten am Meißelhalter verschraubte, in den kleineren Bohrschacht eintauchende Führung m bemerkenswert, die bewirkt, daß beide Bohrungen stets genau zentrisch stehen.

Die Schneidenbreite des kleinen Bohrers schwankt zwischen 1,5 und 2,6 m, sein Gewicht zwischen etwa 6000—15000 kg. Der große Bohrer hat 4,30—5,05 m Breite und wiegt etwa 18000—25000 kg.

82. — **Gestänge und Zwischenstücke.** Das Gestänge (g in Abb. 297) besteht zweckmäßig aus Holz, da dieses sich bei Ausbesserungen bequem bearbeiten läßt, außerdem leicht ist und einen gewissen Auftrieb besitzt. Am besten hat sich das Holz der amerikanischen Pechkiefer (pitch-pine) bewährt. Oben und unten sind die quadratischen (etwa 22:22 cm) Holzstangen von eisernen Gabeln umfaßt und mit ihnen verschraubt. Die Gabeln laufen in eiserne Stangen mit Schraubenköpfen oder Mutterschrauben aus. Die Länge eines solchen Gestängestückes beträgt meist 18—20 m. In Belgien hat man, um die Anzahl der Verbindungen zu vermindern und die Nebenarbeiten einzuschränken, die Länge der Gestängestücke auf 35,2 und sogar auf 56,1 m erhöht[1]). Hierbei ist allerdings ein genügend tiefer und weiter Vorschacht die Vorbedingung, da ein entsprechend hohes Bohrgerüst viel zu teuer werden würde.

Als Zwischenstück zwischen Bohrer und Gestänge wird die Kindsche Freifallvorrichtung und die Rutschschere verwendet, (s. Bd. I, 2. Abschnitt dieses

[1]) Ann. d. min. d. Belgique 1899, S. 465 u. f.; Demeure: Création d'un nouveau siège etc.

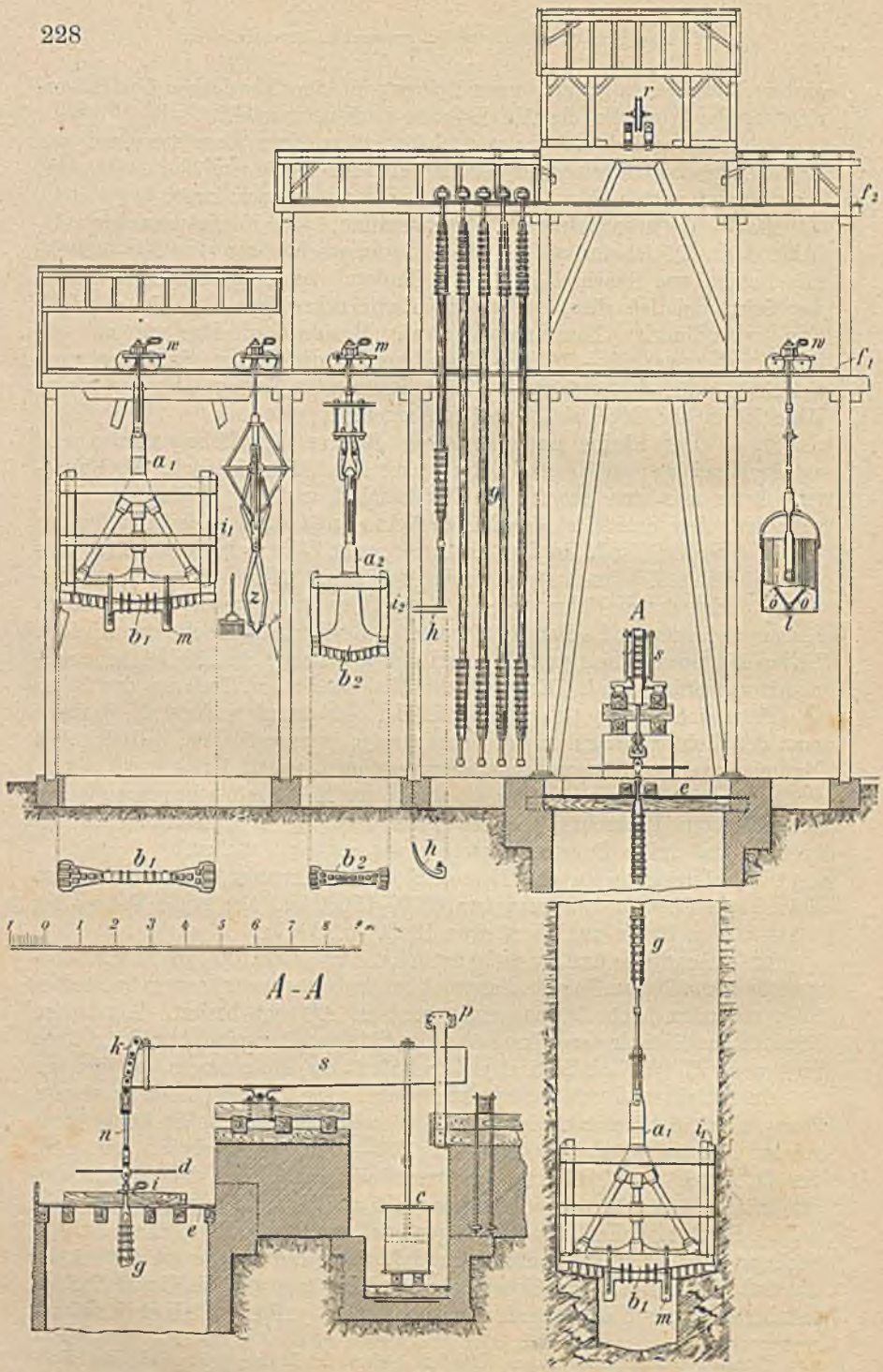


Abb. 297. Bohrgerüst mit den Bohrgeräten für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron.

Werkes). Die Freifallvorrichtung benutzt man für den kleinen Bohrer und erzielt so infolge des freien Falles des Bohrwerkzeuges besonders günstige Leistungen. Bei dem großen Bohrer gebraucht man dagegen die Rutschschere. Diese arbeitet bei den großen, in Frage kommenden Gewichten verläßlicher, weil ein Fassen und Wiederloslassen des schweren Abfallstückes bei jedem Hube durch Scherenzangen nicht erforderlich ist. Die geringere Fallgeschwindigkeit wird durch das größere Gewicht gegenüber dem kleinen Bohrer zum Teil wieder ausgeglichen.

Bei Benutzung des Freifalles arbeitet man mit 15—30 Hüben in der Minute und einer Fallhöhe von 25—40 cm, während man mit dem großen Bohrer unter Anwendung der Rutschschere 8—12 Schläge bei einer Hubhöhe von 30—40 cm macht. Je härter das Gestein ist, um so geringer wählt man die Hubhöhe und um so größer die Schlagzahl. In Gips und Steinsalz hat man die Hubhöhe bei Verwendung der Rutschschere mit gutem Erfolge bis auf 70 cm gesteigert. Während der Bohrarbeit wird der Bohrer mittels des Krückels *d* von der Bohrbühne aus regelmäßig umgesetzt, was in der Regel drei Leute besorgen.

83. — Das Löffeln. Von Zeit zu Zeit muß gelöffelt, d. h. der Bohrschlamm aus dem Schachte entfernt werden. Bei dem kleinen Bohrer, der ständig in dem von ihm erzeugten Schlamm arbeiten muß, geschieht dies mehrere Male am Tage. Bei der Arbeit mit dem großen Bohrer dagegen genügt es, wenn das Löffeln etwa alle acht Tage einmal erfolgt, da ja der Schlamm sich in dem kleinen Vorschachte ansammeln kann. Für das Löffeln muß zunächst das Gestänge und der Bohrer aufgeholt werden, eine Arbeit, die für je 100 m Teufe etwa 25 Minuten erfordert. Sodann wird der Schlammlöffel am Kabel mit der Löffelmaschine eingelassen. Der gewöhnliche Schlammlöffel (*l* in Abb. 297) ist seinem Wesen nach ein großer Ventilbohrer, der aus einem Blechzylinder besteht, dessen Boden durch zwei Ventilklappen gebildet wird. Sobald der Löffel auf der Sohle angekommen ist, wird er zum Zwecke der Füllung einige Male auf und nieder bewegt, sodann wieder aufgeholt und oben ausgekippt. Das Aufholen geschieht mit mäßiger Geschwindigkeit (etwa 1 m in der Sekunde), um nicht zu viel Schlamm durch die nicht völlig dicht schließenden Ventilklappen zu verlieren.

Das einmalige Einlassen, Aufholen und Entleeren des Löffels dauert je nach der Teufe etwa ¼—½ Stunde. Der Löffel wird bei der Arbeit mit dem kleinen Bohrer 2—4mal hintereinander, bei der Arbeit mit dem großen Bohrer entsprechend der Menge des im Vorschachte angesammelten Schlammes erheblich öfter eingelassen.

Bei geringen Teufen hat man in einzelnen Fällen auch mit dem Gestänge gelöffelt. Es nimmt das zwar mehr Zeit in Anspruch, kann aber bei zähem Schlamm, da ein kräftigeres Eindrücken des Löffels möglich ist, zweckmäßig sein.

Wirkungsvoller als der gewöhnliche Löffel und insbesondere besser zum Aufholen kleinstückigen Gebirges geeignet ist der in Abb. 298 dargestellte Kolbenlöffel[1]), dessen Gebrauch allerdings den Nachteil hat, daß er mittels des Gestänges betätigt werden muß. Der Zylinder *a* besitzt die auch bei

[1]) Tecklenburg: Handbuch der Tiefbohrkunde, (Leipzig, Baumgärtner) 1896, Bd. 6, S. 115 u. f.

dem gewöhnlichen Löffel vorhandenen Bodenklappen *b*. Das Gestänge greift aber hier an einem Kolben *c* an, der durchbohrt und ebenfalls mit Klappen *e* besetzt ist. Sobald der Kolbenlöffel die Sohle erreicht hat und mit seinen Füßen *f* aufsteht, bewegt man mittels des Gestänges den Kolben *c* pumpend auf und ab und saugt so den Schlamm in den Zylinder. Die gröberen Stücke lagern sich auf den Bodenklappen ab, während der feinere Schlamm über den Kolben tritt und sich auf diesem absetzt oder auch über den oberen Zylinderrand hinweg in den äußeren Ringbehälter *g* gelangt und hier verbleibt.

In Belgien hat man in den Schächten, die sofort in voller Weite allein mit dem großen Bohrer niedergebracht wurden, zum Schlämmen einen von dem Ingenieur Degueldre angegebenen Baggerlöffel[1]) benutzt (Abb. 299). Um Rollen *a* laufen zwei Ketten *b*, die zwischen sich Becher *c* tragen. Die

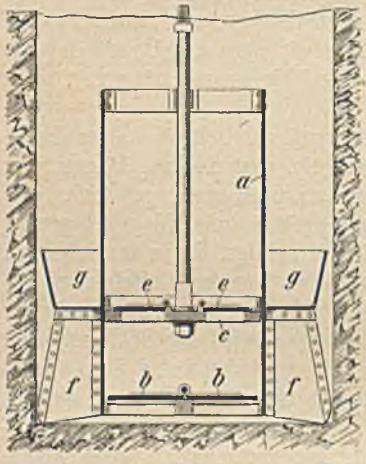


Abb. 298. Kolbenlöffel.

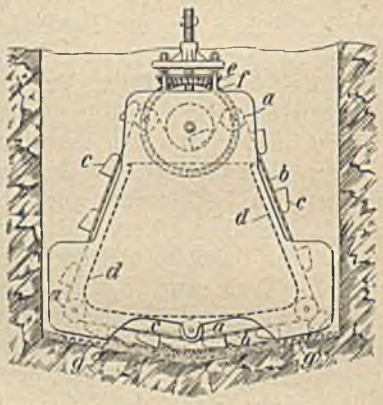


Abb. 299. Baggerlöffel.

Becher füllen sich mit Schlamm, während sie über die Schachtsohle bewegt werden, und schütten, oben angekommen, ihren Inhalt in den kastenförmigen Behälter *d* aus. Der Antrieb des Becherwerkes geschieht durch Drehung des Gestänges und wird durch die Kegelzahnräder *e f* auf das Becherwerk übertragen. Die Füße *g* stehen auf der Schachtsohle auf und bewirken, daß zwischen den Bechern und der festen Sohle ein gewisser Spielraum verbleibt.

Ein Nachteil der Vorrichtung ist, daß das Gestänge bei der Betätigung des Becherwerkes stark auf Verdrehung in Anspruch genommen wird.

Für die Bohrarbeit sind außerdem noch Fanggeräte notwendig, da Betriebstörungen durch Gestänge- und Meißelbrüche oder durch Gegenstände, die auf die Schachtsohle gefallen sind, trotz aller Vorsicht nicht zu vermeiden sind. Namentlich ist dies der Fall, wenn es sich um sehr ungleichmäßiges Gebirge mit harten Einlagerungen und stärkerem Einfallen handelt oder wenn Klüfte und Spalten auftreten, die Klemmungen des Bohrers im Ge-

[1]) S. Anm. [1]) auf S. 227; ferner Anm. [1]) auf S. 222 und Anm. [1]) auf S. 225.

folge haben. Als Fanggeräte benutzt man insbesondere die im 2. Abschnitt des 1. Bandes für Tiefbohrungen beschriebenen Glückshaken, Löffelhaken und Eisenfänger (*h* und *z* in Abb. 297), wobei diese natürlich entsprechend dem großen Schachtdurchmesser und den bedeutenden, zu hebenden Gewichten groß und stark gebaut sein müssen.

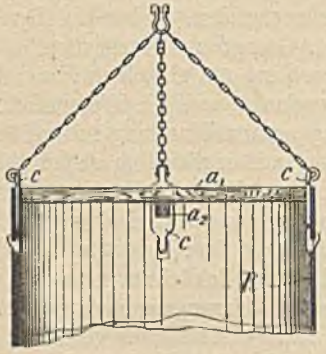


Abb. 300. Einhängen einer verlorenen Auskleidung.

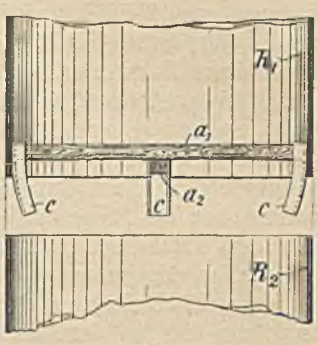


Abb. 301. Aufsetzen einer verlorenen Auskleidung auf eine andere.

84. — Verlorene Verrohrung in Nachfallschichten. In Schichten, die zum Nachfall neigen, muß der Schacht durch verlorene Rohre gesichert werden. Man benutzt hierzu Zylinder aus vernieteten, doppelt liegenden Kesselblechen von 12—15 mm Stärke. Diese Zylinder werden mittels Senkwinden eingelassen. Abb. 300 zeigt die Aufhängevorrichtung. Nachdem der Zylinder an seinem Platze angekommen ist, werden die Holzspreizen $a_1 a_2$ herausgerissen, worauf sich das Gehänge *c* bei weiterem Nachlassen löst. Da Zylinder von mehr als 20 m Höhe zu schwer werden, setzt man die einzelnen Stücke, wie dies Abb. 301 andeutet, zentrisch aufeinander. Auch hier werden nach dem Aufsetzen die die Führungstücke *c* haltenden Spreizen $a_1 a_2$ herausgerissen, worauf auch die Führungstücke entfernt werden können. Die Blechzylinder werden, soweit sie nicht auf der Sohle aufstehen, durch Bandseile, die am Schachtstoß nach oben führen, getragen. Der Raum zwischen Blechzylinder und Gebirgstoß kann, namentlich wenn reichlicher Nachfall entstanden ist, mittels enger Rohrleitungen zementiert werden. Zu diesem Zwecke bringt man am unteren, äußeren Mantelrande in Gelenken bewegliche Klappen *a* an (Abb. 302), die den Ringraum nach unten hin absperren[1]).

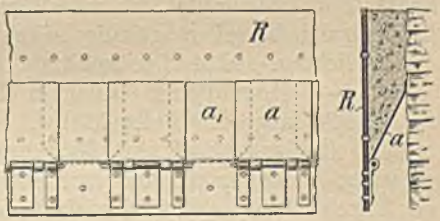


Abb. 302. Zementier-Abschlußklappen an verlorenen Verrohrungen.

[1]) S. Anm. [2]) auf S. 224.

b) Das Auskleiden des Schachtes.

85. — **Die Gußringwand für Bohrschächte** besteht aus ganzen Schachtringen von 1,2—1,5 m Höhe mit äußerer, glatter Wand und inneren, wagerecht verlaufenden Flanschen und Verstärkungsrippen. Die Flanschen sind genau abgedreht. Die einzelnen Ringe werden durch Schrauben unter Benutzung von Bleidichtungen miteinander verbunden. Über die Berechnung der Wandstärke ist das auf S. 155 u. f. Gesagte zu vergleichen.

Von einem Zusammenbau der Schachtwandung aus einzelnen Ringteilen hat man bisher Abstand nehmen zu sollen geglaubt, weil die Wasserdichtigkeit bei einer aus ganzen Ringen zusammengesetzten Wandung mit größerer Sicherheit zu erreichen ist. Bei der jetzigen, außerordentlich genauen Bearbeitung der einzelnen Gußringteile dürften aber die Bedenken gegen einen Zusammenbau der Ringe aus einzelnen Segmenten wesentlich abgeschwächt erscheinen. Tatsächlich hat man auch bei den nach dem Honigmannschen Verfahren im schwimmenden Gebirge abgebohrten Schächten mehrfach die Gußringwand über Tage aus einzelnen Segmenten zusammengebaut und genau ebenso, wie dies bei dem Verfahren nach Kind-Chaudron geschieht, in den mit Wasser gefüllten Schacht eingehängt, ohne irgendwelche Schwierigkeiten bezüglich der Wasserdichtigkeit gehabt zu haben. Zuerst hat dies bei ihren Bohrschächten die Gewerkschaft Deutscher Kaiser getan, auch Schacht Diergardt bei Hochemmerich ist in dieser Weise ausgekleidet worden (s. Ziff. 98, S. 243 u. f.).

Der Umstand, daß man bisher die Verwendung ganzer Schachtringe für unbedingt erforderlich hielt, hat den Nachteil im Gefolge gehabt, daß man den Durchmesser der Bohrschächte dem Normalbrückenprofil der Eisenbahnen anpassen mußte. Die meisten Bohrschächte haben deshalb nur einen lichten Durchmesser von 3,65 und 4,10 m erhalten. Nur einige, für den Eisenbahnversand besonders günstig belegene Schächte sind mit Ringen von 4,40 m lichtem und 4,78 m äußerem Durchmesser ausgebaut worden.

86. — **Moosbüchse, falscher Boden, Gleichgewichtsrohr.** Für die Auskleidung der Bohrschächte, die ja über Tage zusammengebaut, sodann eingelassen und schließlich unter Tage gegen die Gebirgstöße abgedichtet werden muß, sind zunächst als Besonderheiten die Moosbüchse, der falsche Boden (Gleichgewichtsboden) und das Gleichgewichtsrohr erforderlich. Für das Einlassen kommt weiter in Frage das Senkgestänge mit der Senkvorrichtung und der Deckel, der allerdings nicht in allen Fällen Verwendung findet.

Die Moosbüchse ist meistens der Fuß der Auskleidung und muß deshalb zuerst zusammengebaut werden. Ihr ist hauptsächlich die Aufgabe der Abdichtung gegen die Gebirgstöße zugewiesen.

Die Moosbüchse ist in Einrichtung und Wirkung einer Stopfbüchse an Maschinen ähnlich. Sie besteht (Abb. 303) aus dem inneren Ringe *a*, über den sich der Mantelring *b* schieben läßt. Der innere Ring ist gewöhnlich aus einem Stücke gegossen, während der Mantelring aus mehreren Segmenten derart zusammengesetzt wird, daß sein kreisförmiger Vorsprung *c* den ebenfalls kreisförmigen Vorsprung *d* des inneren Ringes faßt und, falls beide Teile soweit als möglich auseinander gezogen sind, trägt. Zwischen den Fuß *e*

des Mantelringes und den angeschraubten Fuß *f* des inneren Ringes wird eine dichte Moospackung eingebracht, die durch ein darüber gespanntes Netz *h* gehalten wird. Letzteres wird an den in die kreisförmigen Nuten *i* und *k* eingetriebenen Holzeinlagen angenagelt. Der Tragring *l* gibt dem Fuße *f* eine sichere Versteifung und Verstärkung und beugt außerdem einer Schiefstellung der Moosbüchse infolge von Schlammansammlungen vor, indem er diese durchdringt. Ist die Ringwand in den Schacht eingelassen, so setzt zunächst der Tragring *l* und der Fuß *f* des inneren Ringes auf die Schachtsohle auf. Infolge des Gewichtes der Wandungsäule schiebt sich nun der Mantelring *b* über den inneren Ring, wobei die Moospackung *g* zusammengedrückt und nach außen fest gegen den Gebirgstoß gepreßt wird.

Der Zusammenbau der Moosbüchse aus ihren einzelnen Teilen erfolgt über Tage auf einer über den Schacht gelegten Balkenunterlage. Sobald der Mantelring *b* zusammengefügt ist, setzt man ihm den Ring *m* der Wandung auf und verschraubt beide Ringe in der üblichen Weise. Nunmehr werden diese Ringe um 1 m angehoben, so daß die Moospackung zwischen *e* und *f* eingebracht werden kann.

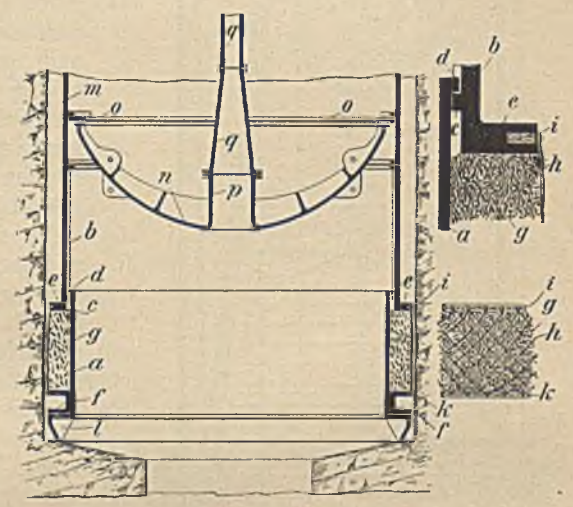


Abb. 303. Moosbüchse.

In den Ring *m* wird danach der falsche Boden *n* eingebaut. Es ist dies ein nach unten gewölbter Boden aus Eisen- oder Stahlguß, der das Eindringen von Wasser in die Ringsäule verhindern soll. Die ganze gußeiserne Schachtauskleidung wird nämlich in der Regel so schwer, daß es nicht angängig sein würde, sie mit den Senkstangen allein zu halten und niederzulassen. Durch den Einbau des Bodens erhält man einen Hohlkörper, der, wenn er erst auf eine gewisse Höhe in das Wasser eintaucht, zu schwimmen beginnt, so daß die Senkstangen entlastet werden und bald ganz ausgebaut werden können. Das Ein- und Ausbauen des Gleichgewichtsbodens wird durch Zwischenschaltung eines aus mehreren Teilen bestehenden Ringes *o* (Abb. 303) ermöglicht.

Das beim Einlassen der Auskleidung in den Schacht unter dem Gleichgewichtsboden verbleibende Wasser muß, sobald die Moospackung durch die sich zusammenschiebende Moosbüchse gegen den Gebirgstoß gepreßt wird, Gelegenheit zum Entweichen finden. Zu diesem Zwecke ist in der Mitte des Gleichgewichtsbodens ein Stutzen *p* angebracht, der beim Aufbau der Wandung im selben Maße durch Aufsetzen von Rohren *q*, den sogenannten Gleichgewichtsrohren, nach oben verlängert wird.

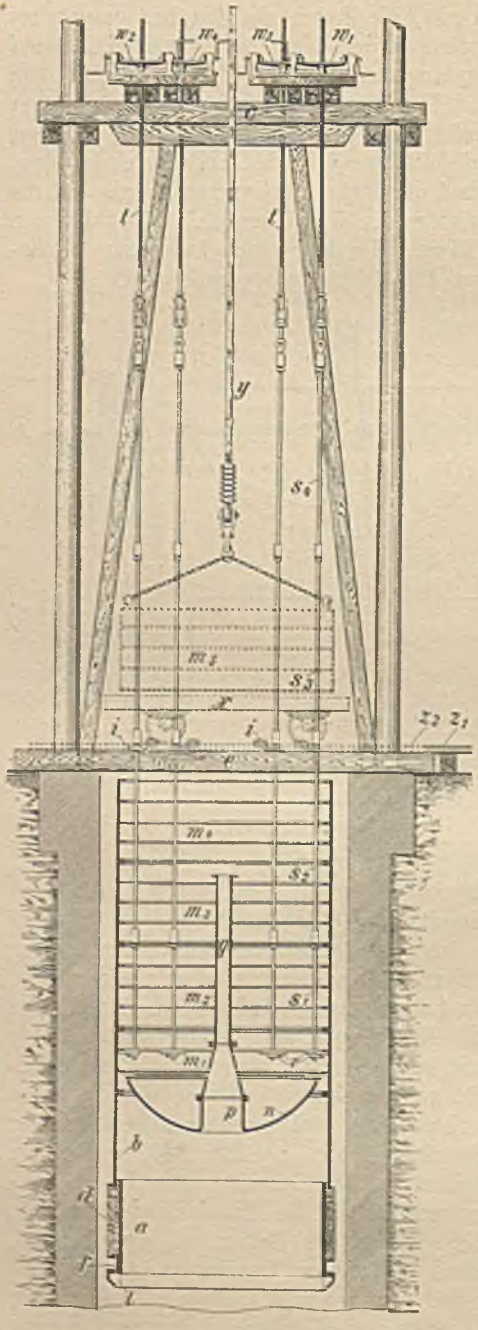


Abb. 304. Das Einlassen der Auskleidung in Bohrschächte.

87. — Das Einlassen der Auskleidung. An die obersten Verstärkungsrippen des untersten Wandungsringes werden die Ansatzstücke v (Abb. 304) zur Befestigung der meist 6—8 eisernen Senkstangen s_1 geschraubt, die durch Aufsetzen weiterer Stücke s_2, s_3, s_4 (von etwa je 4 m Länge) beliebig verlängert werden können. Sodann wird die Moosbüchse mit dem untersten Wandungsringe und dem falschen Boden zunächst soweit angehoben, daß die bisherigen Unterzüge entfernt werden können, worauf mit dem Senken bis zum Wasserspiegel begonnen wird. Man bedient sich hierbei der Senkwinden w_1—w_4, die auf einer wagerechten Balkenlage aufgestellt sind. Sie bestehen (Abb. 305) aus etwa 4 m langen und 8 cm dicken Schraubenspindeln t, deren Muttern die Naben von konischen Zahnrädern a bilden, die durch kleine Zahnräder b_1, b_2 und Kurbeln c, c_1, c_2 angetrieben werden.

Sind die Schraubenspindeln abgedreht, so werden die Stangen durch Gabeln i (Abb. 304) etwa in der Höhe der Rasenhängebank abgefangen und darauf die oberen Stangenverlängerungen entfernt. Nunmehr wird der nächste Schachtring m_5 über den Schacht gefahren, an das Kabelseil angeschlagen und etwas angehoben, so daß er frei schwebt. Darauf schraubt man die Senkstangen wieder zusammen und hebt die fertige Ringsäule mittels der Senkwinden so weit an, daß die Abfanggabeln und die Balken

über der Schachtmündung entfernt werden können und der neue Schachtring auf die bereits fertige Ringwand niedergelassen und mit dieser verschraubt werden kann.

Sobald die Wandung schwimmt, entfernt man die Senkgestänge und Senkwinden und baut unter entsprechender Verlängerung des Gleichgewichtsrohres ohne weiteres einen Ring nach dem anderen auf, indem man immer von neuem soviel Wasser in den Zylinder laufen läßt, daß dieser entsprechend sinkt. In dieser Weise fährt man fort, bis die Moosbüchse die Schachtsohle erreicht hat und der eiserne Zylinder bis über den natürlichen Wasserspiegel hinaus in die Höhe geführt ist.

Abb. 306 zeigt die eben auf der Schachtsohle angekommene, zum Teil mit Wasser gefüllte Schachtauskleidung.

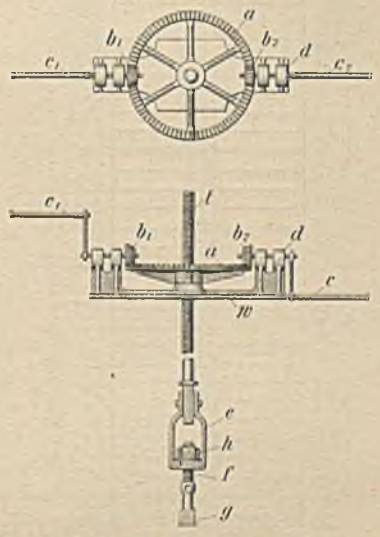


Abb. 305. Senkwinde.

88. — **Tauchwandung.** Die oben erwähnte Beschränkung des Abbohrens auf besonders wasserreiche Schichten bringt es mit sich, daß der Schacht zumeist in den oberen Teilen bereits vorher ausgemauert oder sonst mit Hand ausgekleidet worden ist. In solchen Fällen ist der obere Teil der Gußringwand bis zum natürlichen Grundwasserspiegel überflüssig, und es genügt, die wasserführenden Schichten allein wasserdicht zu verkleiden. Zu diesem Zwecke baut man, wenn die Wandung eine solche Höhe erreicht hat, daß sie das wasserführende Gebirge noch um 15—20 m überragt, einen Deckel r (Abb. 307) ein, der umgekehrt wie der falsche Boden angeordnet ist. In der Mitte des Deckels befindet sich ein Mannloch, das so groß ist, daß es das Gleichgewichtsrohr q aufnehmen kann und dabei einem Manne Platz zum Durchklettern läßt. Nachdem alle Schrauben zur Befestigung des Deckels und des letzten Stückes des Gleichgewichtsrohres angezogen sind und der Mann wieder herausgeklettert ist, wird das Mannloch durch einen Deckel s mit Stopfbüchse verschlossen. Man pflegt sodann dem Tauchkörper noch zwei Ringe aufzusetzen, um in ihnen ein lösbares Gehänge anzubringen, an dem man mit Hilfe der Kabelmaschine die Auskleidung nach genügender Wasserbeschwerung in die Tiefe lassen kann. Letztere Arbeit geht in einigen Stunden, je nach der Schachtteufe, vor sich.

In Schächten, die mit Sole von nach unten zunehmendem spez. Gewichte gefüllt sind, muß man während des Einsenkens der Auskleidung durch ein Ventil mehrfach Flüssigkeit nachströmen lassen. Man kann das lösbare Gehänge in solche Verbindung mit dem Ventil bringen, daß sich dieses durch Druck des Gehänges auf den Ventilhebel jedesmal selbsttätig öffnet, sobald die Auskleidung schwimmend stehen bleibt.

Sowohl bei der oben offenen wie bei der Tauchwandung füllt man nun den Hohlzylinder mit Wasser, um auf die Moosbüchse das volle Gewicht der Eisenmassen wirken zu lassen und sie nach Möglichkeit zusammenzupressen. Bei der offenen Gußringauskleidung läßt man das Wasser durch eine in einen Schachtring gebohrte Öffnung einströmen. Bei der Tauch-

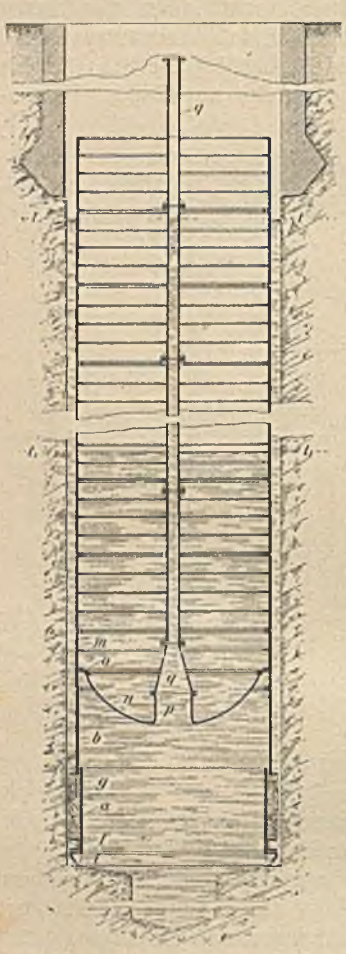


Abb. 306. Offene Gußringwandung für Bohrschächte.

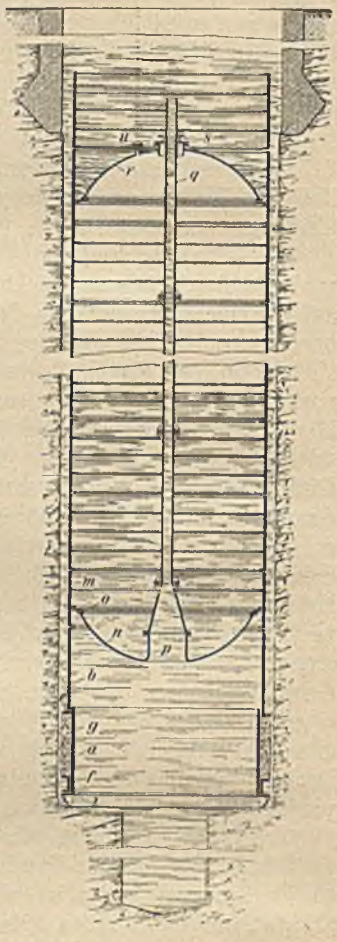


Abb. 307. Tauchwandung für Bohrschächte.

wandung ist im Deckel ein Stutzen mit einer durch ein Ventil *u* (Abb. 307) geschlossenen Öffnung vorgesehen, das durch Seilzug von oben geöffnet wird, sobald die Auskleidung unten angekommen ist.

89. — **Schachtauskleidung ohne Moosbüchse.** Auf dem Kalisalzschachte Adolfsglück, wo der Anschluß im fetten Ton hergestellt werden mußte, hat man die Schachtauskleidung unten nach Art eines Senkschachtes mit einem Schneidschuh versehen. Die Auskleidung wurde nach Aufsetzen

auf die Schachtsohle mit Wasser voll belastet und außerdem einem von vier Pressen erzeugten Drucke von 200000 kg unterworfen, während gleichzeitig durch eine im Ausgleichrohr hinabgeführte Mammutpumpe der auf der Schachtsohle befindliche Tonschlamm abgesaugt wurde. Tatsächlich schnitt sich der Schneidschuh fest in den zähen Ton ein, und der Wasserabschluß gelang völlig.

In Belgien und Frankreich hat man die Tatsache daß in einem Kind-Chaudronschen Bohrschachte trotz gebrochener Moosbüchse der Wasserabschluß allein durch die in jedem Falle erforderliche Betonierung (s. Ziff. 91) vollständig gelungen war, zum Anlaß genommen, die Moosbüchse gänzlich zu beseitigen. Mit dem Fortfall der Moosbüchse wurde auch das Gleichgewichtsrohr überflüssig, da keine Notwendigkeit mehr vorlag, dem Wasser unter dem falschen Boden während des Zusammenschiebens der Moosbüchse einen Ausweg zu verschaffen. Insgesamt wird also durch die Beseitigung dieser Teile, die beim Einbau immerhin viel Aufmerksamkeit verlangen und außerdem erhebliche Kosten verursachen, eine bemerkenswerte Vereinfachung und Verbilligung erreicht.

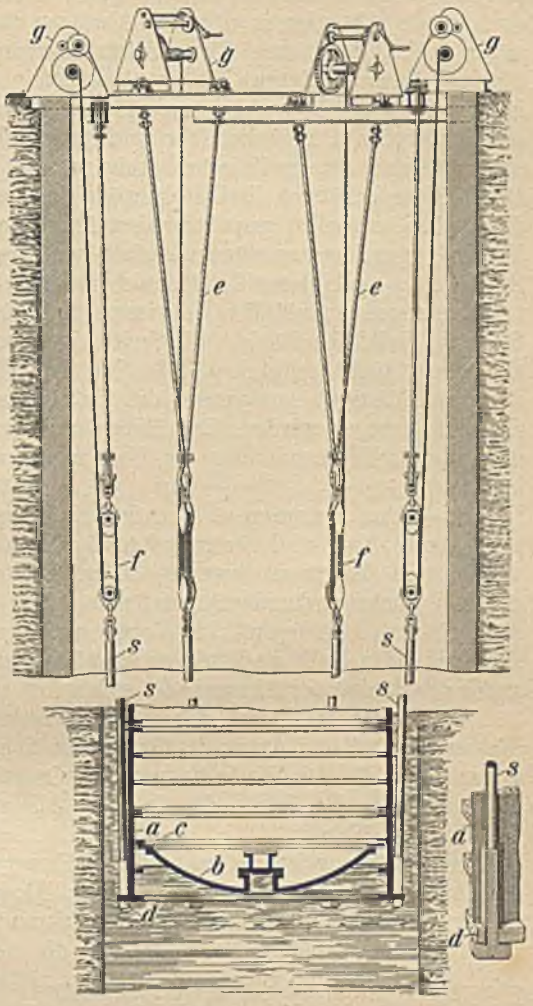


Abb. 308. Einhängen einer Gußringwand ohne Moosbüchse.

Die Abb. 308 zeigt in ihrem unteren Teile, wie der Fuß einer Gußringwand ohne Moosbüchse und Gleichgewichtsrohr beschaffen ist. In den untersten Schachtring *a* wird der falsche Boden *b* unter Zwischenschaltung des Ringes *c* in der üblichen Weise eingebaut. Die unterste Flansche, mit der sich der Schachtring auf die Schachtsohle setzt, ist verstärkt und insbesondere zu einem nach außen vorspringenden Rande *d* verbreitert, über

dessen Bedeutung für das Einhängen der Auskleidung in der folgenden Ziffer gesprochen werden wird.

90. — **Das Einhängen der Auskleidung ohne Moosbüchse.** Die vereinfachte Auskleidung hat man in Belgien auch auf einfachere Weise eingehängt, indem man die Senkstangen von innen nach außen verlegte und dadurch das Absenken in einzelnen Absätzen durch ein solches mit Flaschenzügen (Abb. 308) ersetzte. Der nach außen vorspringende Fußrand *d* der Auskleidung besitzt bei einer solchen Ausführung trapezförmige Aussparungen, in die die unten ebenfalls trapezförmig gestalteten Senkstangen *s* eingeschoben werden (s. auch die Nebenzeichnung rechts unten). Die Senkstangen sind an Seilen *e* unter Zwischenschaltung von Flaschenzügen *f* aufgehängt. Durch Kabel *g* können die Flaschenzüge gleichmäßig nachgelassen und damit die Auskleidung selbst gesenkt werden. Neue Ringe werden, ohne irgendwelche Verbindungen lösen zu müssen, einfach von oben in den durch die Seile *e* und Senkstangen *s* gebildeten Kreis bis auf die bereits zusammengebaute Ringwand niedergelassen. Sobald diese schwimmt, sind die Senkstangen, Flaschenzüge, Seile und Kabel überflüssig. Die Senkstangen werden dadurch gelöst, daß man sie etwas tiefer einsinken läßt, bis ihr schwächerer, runder Teil aus der trapezförmigen Aussparung des Fußrandes *d* tritt, worauf sie aus dem Schachte gezogen werden. Das Heben und Senken der Auskleidung erfolgt dann durch Herauspumpen von Wasser aus dem Zylinder oder Einlassen in ihn.

91. — **Das Betonieren.** Nachdem die Ringsäule sich fest auf die Schachtsohle gesetzt hat, wird der zwischen der Eisenwand und den Gebirgstößen verbleibende Ringraum von 20—30 cm Breite ausbetoniert. Auch wenn eine Moosbüchse vorhanden ist, muß man auf eine gute, sorgfältige Betonierung den größten Wert legen. Denn eine gut abgebundene Betonhinterfüllung sichert in jedem Falle die Festigkeit und Dauerhaftigkeit des Schachtausbaues und bewirkt, daß der Eisenschacht sich selbst trägt. Versagt aber die Moosbüchse oder ist überhaupt keine zur Anwendung gekommen, so hängt der Wasserabschluß und damit der Erfolg des Schachtabteufens allein von der Betonierung ab. Die Vorbedingung für ein gutes Abbinden des Betons ist die sorgfältige Reinigung der Schachtsohle vom Bohrschlamme und die Klärung des Wassers.

Die Einführung des Betons erfolgte früher durch Löffel. Diese waren entsprechend dem zur Verfügung stehenden Ringraume schmal und segmentförmig gestaltet und erhielten, um ein Entmischen des Betons während des Einlassens zu verhüten, Bodenklappen, die sich beim Aufstoßen öffneten. Die Löffel hingen an Seilen und wurden mittels der vorhandenen Dampfmaschinen (Kabel- und Löffelmaschine) bewegt. Gewöhnlich brachte man auch Führungseile an, die am unteren Ende beschwert waren. Dieses Verfahren hatte den Nachteil, daß wegen der unvermeidlichen Wasserbewegungen das Abbinden des Betons gestört wurde. Deshalb läßt man neuerdings den Beton in geschlossenem Strom durch Rohrstränge in den Ringraum hinabgleiten, wobei ebenfalls ein Entmischen des Betons vermieden wird, während

[1]) S. Anm. [1]) auf S. 227, Anm. [3]) auf S. 224 und Anm. [1]) auf S. 225; ferner Haton de la Goupillière: Exploitation des mines, (Paris, Dunod) 1905, T. 1, S. 956 u. f.

die Wassersäule mehr in Ruhe bleibt. Entsprechend der Anfüllung des Raumes werden die Rohrleitungen allmählich hochgezogen.

Die unteren 10—20 und die oberen 5—10 m pflegt man mit reinem Zement auszufüllen. Im übrigen setzt man der Billigkeit halber dem Zement 1—2 Teile Sand zu. In salzhaltigem Gebirge benutzt man Magnesiazement, der die Eigenschaft besitzt, gut unter Salzwasser ab- und an Steinsalz anzubinden. Beim Betonieren kann man auf einen täglichen Fortschritt von 3—5 m rechnen.

Nachdem man dem Beton oder Zement etwa sechs Wochen Zeit zum Erhärten gegeben hat, beginnt man mit dem Sümpfen des Schachtes.

92. — Das Sümpfen und Fertigmachen des Schachtes zum Weiterabteufen. Das Sümpfen geschieht mit zylindrischen Blechgefäßen mit Bodenventil, die sich beim Eintauchen füllen. Sobald es möglich ist, werden Deckel und Gleichgewichtsrohr, wenn sie vorhanden sind, und der falsche Boden ausgebaut.

Zunächst wird dann der Schacht vorsichtig ohne Schießarbeit ein Stück weiter abgeteuft. Nach Erreichung einer tragfähigen Gebirgschicht wird zur sicheren Abfangung der Moosbüchse oder des Fußes und zum Abschlusse etwa noch vorhandener Wasserzugänge ein Keilkranz gelegt und ein Anschluß hergestellt. Es geschieht dies in derselben Weise, wie es bei Besprechung der Anschlußarbeiten für Senkschächte (s. S. 215) beschrieben ist.

Abb. 309. Anschluß der Ringsäule an eine obere Schachtmauerung.

Bei größeren Tiefen kann die Gefahr entstehen, daß die unter hohem Drucke stehenden Gebirgswasser nach oben hin durchbrechen, so daß für einen sicheren Anschluß der Gußringwand an das obere Mauerwerk gesorgt werden muß. Der Anschluß kann in der schon auf S. 148 u. f. besprochenen und durch Abb. 200 erläuterten Weise geschehen. Auch setzt man in solchen Fällen auf die Eisenwand nach teilweiser Fortspitzung des hier befindlichen Mauerwerkes einige Tragekränze a und a_1 (Abb. 309), die sorgfältig einzementiert werden und sodann als Fuß für die wiederherzustellende Verbindung mit der oberen Schachtmauer dienen.

Unterhalb der Gußeisenwand wird man in der Regel wieder zu einem größeren Schachtdurchmesser übergehen.

c) Leistungen und Kosten.

93. — Leistungen. Die Gesamtabteufleistung, die die Bohrarbeit, den Zusammenbau und das Einlassen der Schachtauskleidung, das Betonieren und das Freimachen des Schachtes für das weitere Abteufen umfaßt, schwankt je nach der Art des Gebirges, nach der Höhe des abzubohrenden Schachtteils und wegen der vielen Zufälligkeiten, denen die Arbeiten ausgesetzt sind, in weiten Grenzen.

Nach dem Sammelwerk hat im Ruhrbezirke bei insgesamt 13 Schächten, die bis 1900 abgebohrt wurden, die Gesamtleistung nur 2¼ m monatlich

betragen. Seit 1900 ist im Ruhrbezirke das Verfahren nur noch einmal angewandt worden, so daß also dort neuere Ergebnisse in genügender Zahl fehlen. Nach den Erfahrungen, die man bei dem Kalisalzbergbau bis etwa 1912 gesammelt hat, können etwa 4¼ m monatlich als Durchschnittsleistung angesehen werden. Am günstigsten schneidet wohl der Kalisalzschacht Glückauf bei Sarstedt ab, der von der Firma Haniel & Lueg von 35—160 m Teufe innerhalb eines Jahres abgebohrt, verkleidet und betoniert worden ist[1]), so daß sich eine Gesamtmonatsleistung von etwas über 10 m ergibt.

94. — **Kosten.** Die Kosten des Abteufens hängen wesentlich von der Höhe des abgebohrten Schachtteils ab. Je höher dieser Schachtteil ist, um so mehr verteilen sich die Kosten für die Einrichtungen und Tagesanlagen, und um so weniger belasten sie ein Meter des Schachtes. Die Höhe dieser Kosten ist auf etwa 200000—280000 ℳ zu veranschlagen. Da aber die Einrichtungen zum großen Teile noch wieder verwendet werden können, so ist davon nur etwa die Hälfte auf das einzelne Schachtabteufen zu rechnen. Ferner ist von erheblichem Einflusse auf die Kosten der Auskleidung die Schachtteufe, weil mit wachsender Tiefe die Wandstärken der Schachtringe entsprechend größer genommen werden müssen und das einzubauende Eisengewicht steigt. Die Kosten von 1 m Eisenwandung schwanken etwa zwischen 1200 und 2600 ℳ und steigen bei den größten Schachttiefen noch höher. Die Kosten der Betonierung schwanken nicht wesentlich und liegen zwischen 120 und 200 ℳ je 1 m. Im übrigen sind die erzielten Leistungen von entscheidendem Einfluß auf die Höhe der Kosten. Nimmt man 6 m monatliche Leistung an, so sind zu veranschlagen: die Ausgaben für Löhne und Gehälter auf 900—1800 ℳ, für Bau- und Betriebstoffe und Dampf auf 600—1200 ℳ und für Verschiedenes auf 500—1000 ℳ je 1 m.

Danach kann man die Gesamtkosten unter Mitbenutzung der Zahlen des Sammelwerkes etwa, wie folgt, schätzen:

Mittlere Bohrteufe	Kosten je laufendes Meter bei einer Höhe des abzubohrenden Schachtteils von	
	100 m	50 m
m	ℳ	ℳ
50	5000	6000
100	5200	6300
150	5500	6600
200	5900	7000
250	6700	7700
300	7500	8700
350	8500	9700

Weiteres über die Beurteilung des Verfahrens findet sich unter den Ziffern 145 u. 146 dieses Abschnittes.

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1908, S. 136; Versuche und Verbesserungen.

B. Das Schachtabbohren im lockeren Gebirge. Verfahren nach Honigmann, Friedrich Thyssen, Stockfisch.

95. — Das Wesen des Verfahrens. Das von dem Bergwerksbesitzer Honigmann zu Aachen zuerst angegebene Verfahren beruht auf dem Gedanken der Tiefbohrung mit Dickspülung (s. Bd. I, 4. Aufl., S. 95): Die Stöße des Bohrschachtes werden durch eine möglichst hohe und durch Aufschlämmen von Ton, Schwerspatmehl oder anderen Bestandteilen spezifisch schwere Flüssigkeitsäule[1]) unter Gegendruck gehalten, so daß sie vor dem Zusammenrutschen und Abböschen bewahrt werden. Die Verkleidung der Stöße erfolgt erst, wenn der Schacht wassertragende Schichten erreicht hat.

Das Verfahren ist später von der Gewerkschaft Friedrich Thyssen zu Hamborn und von dem Ingenieur Stockfisch wesentlich verbessert und vervollkommnet worden.

96. — Die ältere Honigmannsche Ausführung. Die Honigmannsche drehend wirkende Schachtbohreinrichtung[2]) ist schematisch in Abb. 310 dargestellt. Es ist *a* eine eiserne Bohrspindel von quadratischem Querschnitt, die im Wirbel *b* drehbar aufgehängt ist und an diesem mittels eines Seiles auf und nieder bewegt werden kann. Die Bohrspindel gleitet hierbei durch das Stirnrad *d*, das durch das Vorgelege *e*, *f*, *g* und die Riemenscheibe *h* angetrieben werden kann. Das Vorgelege *d*, *e*, *f* ist auf dem Bohrwagen *i* verlagert. Die Bohrspindel *a* trägt das Hohlgestänge *k*, in das der Drehkopf *l* eingeschaltet ist. *s* ist der Bohrer, an dem die eigentlich arbeitenden Teile nicht dargestellt sind. Der Bohrschmand wird durch das Hohlgestänge *k* nach Art einer Mammutpumpe (s. diese) zutage gefördert, indem die Preßluft durch das Rohr *r* zugeführt wird. Die Bohrtrübe fließt durch den Ansatz *n* und das Rohr *o* nach *p* aus. Das mit Ton angerührte Füllwasser wird bei *q* in solchem Maße zugeführt, daß der Wasserstand im Schachte den Grundwasserspiegel *t t* um etwa 10 m überhöht.

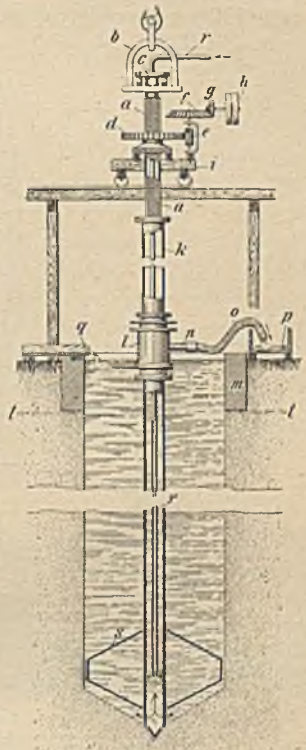


Abb. 310. Honigmannsche Schachtbohreinrichtung.

Der Erfinder hat das Verfahren bereits 8 mal mit Erfolg angewandt. Die von ihm auf Zeche Nordstern bei Aachen niedergebrachten drei

[1]) Das spez. Gewicht kann bei Tontrübe bis etwa 1,3, bei Schlämmkreidetrübe bis etwa 1,5 und bei Schwerspatmehltrübe bis ungefähr 1,7 gesteigert werden.

[2]) Glückauf 1896, Nr. 14, S. 257 u. f. und ebenda 1895, Nr. 70, S. 1277.

Schächte besitzen lichte Weiten von 3,4, 2,6 und 2,1 m, während die erreichte Teufe 75 m beträgt. Von den fünf bei Heerlen in Holland abgebohrten Schächten ist bekannt, daß der eine 4 m l. W. besitzt[1]).

97. — Das Verfahren der Gewerkschaft Friedrich Thyssen. Die Gewerkschaft Friedrich Thyssen hat das Honigmannsche Verfahren weiter ausgebildet und statt des Drehbohrers eine Schlagbohreinrichtung benutzt, wobei die Zahl der Schläge in der Minute etwa 45—50 und der Hub jedes Schlages 30 cm beträgt. Der Meißelkörper besitzt drei unter Winkeln von 120° zueinander angeordnete Flügel, die mit Schneiden besetzt sind.

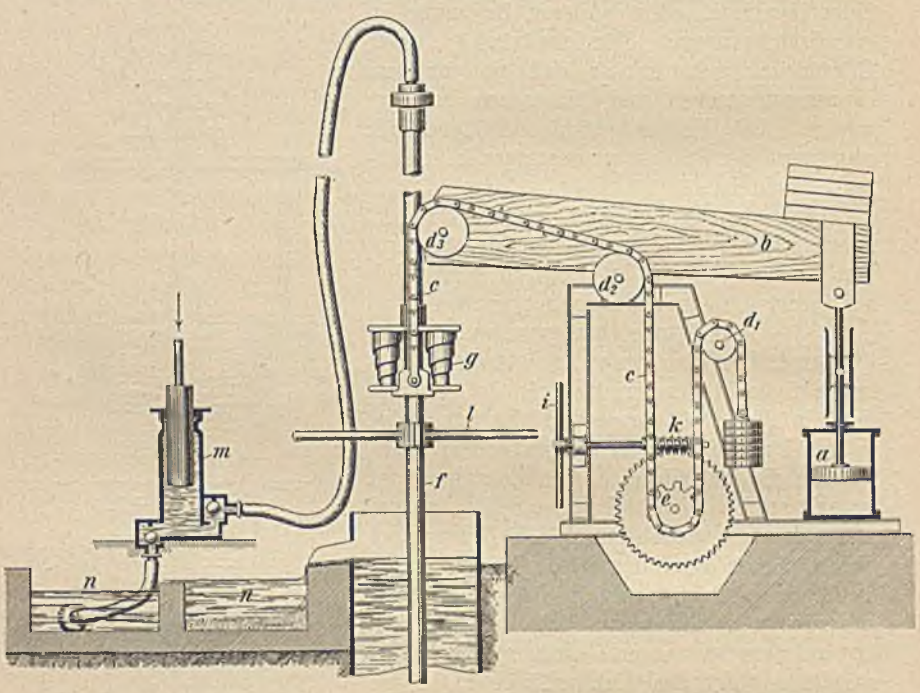


Abb. 311. Schema einer Schachtbohreinrichtung der Gewerkschaft Friedrich Thyssen.

Diese dreiflügelige Form soll bei Gestängebrüchen ein Kippen des Meißels ausschließen. Gebohrt wird in der Regel mit steifem Gestänge, also ohne Freifall oder Rutschschere. Wie Abb. 311 veranschaulicht, ist a der Arbeitszylinder, der auf den Bohrschwengel b wirkt. An dessen anderem Ende ist mittels zweier Laschenketten c, die zu beiden Seiten des Bohrschwengels über Rollen d_1—d_3 geführt und durch die Zahnrollen e gehalten werden, das Hohlgestänge f unter Einschaltung einer Federbüchse g aufgehängt. Durch Drehung des Handrades i und der Schraube k kann das Gestänge während der Bohrarbeit nachgelassen werden, während der Hebel l zum Umsetzen des Bohrers dient. Die Spültrübe wird durch die Pumpe m in das Gestänge gedrückt, tritt unten im Meißel aus und steigt frei im Schachte

[1]) Festschr. z. XI. Allgem. Deutschen Bergmannstage 1910; Stegemann: Das Schachtabteufen usw., S. 77 u. 78.

wieder in die Höhe, wobei der Bohrschlamm so stark aufgerührt wird, daß er sich schwebend im Wasser hält, ebenfalls aufsteigt und mit hochgebracht wird. Das Schlammwasser fließt oben aus dem Schachte in Klärbehälter *n* und setzt sich in diesen teilweise ab. Dieselbe Trübe wird dann im Kreislaufe weiter benutzt. Der Schacht selbst wird in seinem oberen Teile auf 10—20 m Teufe verrohrt, um Nachfall zu verhüten.

Die Gewerkschaft Friedrich Thyssen hat auf diese Weise mehrere Schächte niedergebracht und z. B. Schacht I der Anlage Wallach II der Deutschen Solvaywerke mit 2,2 m lichtem Durchmesser bis 307,1 m Teufe und Schacht II derselben Anlage mit 2,4 m Durchmesser bis 340 m Teufe fertiggestellt.

98. — **Das Stockfischsche Verfahren.** Der Ingenieur Stockfisch benutzt wie die Gewerkschaft Friedrich Thyssen das Schlagbohr-Spülverfahren. Die Bohreinrichtung ist der in Abb. 311 dargestellten ähnlich; jedoch steht der Bohrschwengel etwas seitlich des Schachtes, und die Schlagbewegung wird durch ein Seil, das über Rollen geführt ist und ein bequemes Nachlassen gestattet, auf das Gestänge übertragen[1]). Der Meißelkörper ist ebenfalls demjenigen der Gewerkschaft Friedrich Thyssen ähnlich.

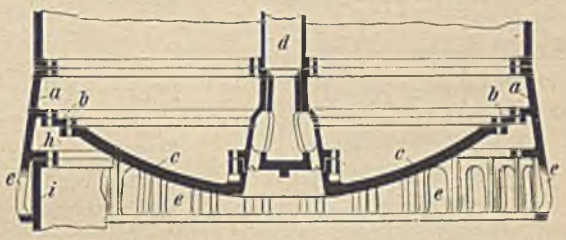


Abb. 312. Tragring nach Stockfisch.

Völlig neu ist die Art, wie nach Stockfisch die Abdichtung der einzulassenden gußeisernen Schachtauskleidung gegen das Gebirge vorgenommen wird. Diese besteht aus deutschen Gußringen, so daß jeder Ring aus einer Anzahl von Teilstücken zusammengebaut wird. Das untere Ende der Eisenwand bildet der Tragring *a* (Abb. 312), in den unter Zwischenschaltung eines flachen Ringes *b* der falsche Boden *c* eingebaut wird. Auf dessen mittlere Öffnung wird das Rohr *d* aufgebaut, das als Spül- und Ausgleichsrohr dient.

Während des Einlassens der Auskleidung, die etwa ebenso wie bei dem Kind-Chaudronschen Verfahren (s. Ziff. 87, S. 234) erfolgt, muß in dem Schachte eine Spülung mit dicker Trübe aufrechterhalten werden, um ein Absetzen des Schlammes zu verhüten. Hierfür dienen die Rohre *f* (Abb. 313), deren untere gekrümmte Querarme *g* in den Schacht ragen, die aber, sobald die Auskleidung unten ankommt, nach außen geschwenkt werden, so daß sie in den Ringraum zwischen Wandung und Gebirgstoß zu liegen kommen und hier zutage gezogen werden können. Nachdem der Tragring sich auf die Schachtsohle aufgesetzt hat, wird die solange für die Spülung benutzte Tontrübe durch eine spezifisch schwerere Schlämmkreidetrübe ersetzt und diese nicht allein durch die Spülrohre *f*, sondern auch durch das Rohr *d* zugeführt.

[1]) Glückauf 1912, Nr. 14, S. 552 u. f.; Krecke: Das Schachtabbohrverfahren von Stockfisch und seine Anwendung usw.; ferner ebenda 1912, Nr. 36, S. 1472 u. f. von demselben Verfasser: Spülschlagverfahren zum Abbohren von Schächten.

Auf diese Weise geht ein Schlämmkreidespülstrom unter dem falschen Boden *e* hinweg durch die Löcher *e* und steigt in dem Ringraum zwischen Auskleidung und Gebirge wieder empor. Schlämmkreidetrübe ist gewählt, weil sie die Eigenschaft besitzt, durch ihre Anwesenheit das Abbinden des später einzuspülenden Zementes nicht zu hindern. Nachdem der Schacht von Schlamm und Tontrübe befreit ist, beginnt man mit dem Zementieren, indem man zunächst Zementmilch auf den bisher für die Schlämmkreidetrübe benutzten Wegen einführt. Sobald sich in dem Ringraume zwischen Auskleidung und Gebirge ein Zementniederschlag zu bilden beginnt, zieht man die Rohre *f* hoch, unterbricht auch die Spülung durch das mittlere Rohr *d* und spült nun eine Betonmischung durch besondere Rohre ein, die entsprechend der Auffüllung des Raumes mit Beton allmählich hochgezogen werden.

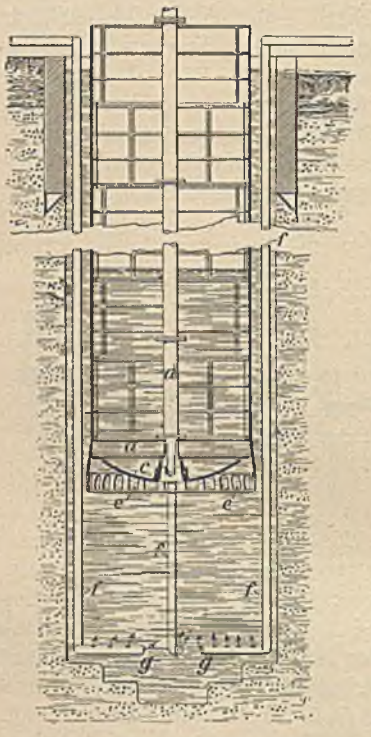


Abb. 313. Einlassen der Schachtauskleidung nach Stockfisch.

Auf dem Schachte II der Gewerkschaft Diergardt hat das Betonieren des 88 m tiefen und 3 m weiten Schachtes nur drei Stunden in Anspruch genommen. Der Wasserabschluß war völlig gelungen. Das Weiterabteufen konnte mit Unterhängen der Gußringe erfolgen, zu welchem Zwecke der unterste Tragring konisch sich erweiterte. Abb. 312 zeigt links unten, wie der nächste Ring *i* an die Flansche *h* gehängt wird.

99. — **Leistungen, Kosten, Anwendbarkeit des Verfahrens.** Über die mit dem Verfahren erzielten Leistungen ist nur wenig bekannt geworden. Auf dem Schachte II der Zeche Diergardt betrug die Höchstleistung beim Abbohren an einem Tage 7 m. Leistungen bis zu 8 m hat an einzelnen Tagen die Gewerkschaft Friedrich Thyssen bei ihren Bohrschächten erreicht. Die durchschnittlichen Leistungen sind naturgemäß sehr viel geringer; sie werden hauptsächlich durch Betriebstörungen (Gestängebrüche, Meißelklemmungen u. dgl.) beeinträchtigt.

Noch weniger als über die Leistungen ist über die Kosten zu sagen, da die ausführenden Firmen mit Mitteilungen hierüber zurückhalten.

Die tatsächlich erzielten Erfolge lassen jedenfalls erkennen, daß das Verfahren für enge Schächte (bis zu 3 m) sehr wohl anwendbar ist. Die Gebirgstöße stehen gut und leiden wenig unter Nachfall. Als ungünstig haben sich Tonschichten erwiesen, die zum Quellen neigen und bei nicht genügender Aufmerksamkeit leicht den Bohrer festklemmen. Es steht zu erwarten, daß z. B. am Niederrhein das Verfahren noch weitere Anwendung finden wird.

V. Das Gefrierverfahren.

a) Einleitung.

100. — **Geschichtliches.** Schon in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts bediente man sich in Sibirien beim Abteufen kleiner Schächte, mit denen man an die vom Schwimmsand bedeckten Goldseifen zu gelangen suchte, der Hilfe des natürlichen Frostes. Nachdem das Schächtchen durch die Frostdecke bis nahe an deren untere Grenze abgeteuft war, wurde es abwechselnd 2—3 Tage lang der Einwirkung der natürlichen Kälte ausgesetzt und sodann wieder um etwa 15—20 cm vertieft. In drei Wochen kam man dabei ungefähr 1 m vorwärts.

Künstliche Kälte wurde beim Schachtabteufen zum ersten Male im Jahre 1862, und zwar in England (Wales) beim Durchteufen einer nahe unter Tage befindlichen Schwimmsandschicht, angewandt, indem man die Schachtsohle durch ein eingelegtes Schlangenrohr, das von künstlich abgekühlter Salzlauge durchflossen wurde, zum Gefrieren brachte und, nachdem dies geschehen war, vertiefte. Man vollendete die Durchteufung der Schwimmsandschicht, indem man das Verfahren mehrfach absatzweise wiederholte[1]).

Pötsch aus Aschersleben trat mit seiner Erfindung im Jahre 1883 an die Öffentlichkeit.

101. — **Wesen und Anwendbarkeit des Pötschschen Verfahrens im allgemeinen.** In einem gewissen Abstande von dem äußeren Umfange des abzuteufenden Schachtes werden Bohrlöcher in Entfernungen von etwa 0,9—1,0 m voneinander durch die zu durchteufenden, wasserreichen Schichten bis ins wassertragende Gebirge abgebohrt und sodann durch unten geschlossene Rohre (Gefrierrohre) ausgekleidet. In diese Rohre hängt man engere, unten offene Rohre (Einfallrohre) so weit ein, daß ihre Mündung sich nahe über dem Boden der Gefrierrohre befindet. Eine tief herabgekühlte Flüssigkeit (der Kälteträger) wird durch die Einfallrohre heruntergeführt und steigt in den ringförmigen Räumen zwischen Einfall- und Gefrierrohren wieder in die Höhe, indem sie hierbei ihre Kälte an das umgebende Gebirge abgibt und diesem Wärme entzieht. Über Tage wird der Kälteträger durch eine Kältemaschine von neuem abgekühlt, um im Kreislaufe wieder nach den Einfallrohren geführt zu werden. So entsteht, wie in Ziff. 116 näher ausgeführt wird, ein fester Frostzylinder, innerhalb dessen der Schacht unter fortdauernder, weiterer Kältezufuhr in gewöhnlicher Weise mit Hand abgeteuft wird, wobei die unverritzte, äußere, 2—4 m starke Frostwand den Schacht gegen Wasserdurchbrüche schützt. Spätestens nach Erreichen des wassertragenden Gebirges wird der Schacht wasserdicht ausgekleidet, worauf die Kältezufuhr beendet wird und die Rohre gezogen werden.

Das Verfahren hat den Vorteil, daß es in gleicher Weise sowohl für lockeres als auch für festes wasserführendes Gebirge anwendbar ist, so daß es das

[1]) Zeitschr. f. d. gesamte Kälteindustrie 1898, S. 59; Schmidt: Die Benutzung des Gefrierverfahrens zur Ausführung bergmännischer Arbeiten.

Senkschachtverfahren ebenso wie das Schachtbohrverfahren ersetzen kann. Der Erfolg wird gefährdet, wenn das Gefrieren der unterirdischen Wasser erschwert ist, sei es, daß diese warm oder stark salzig sind oder daß sie infolge von Grundwasserströmungen oder infolge irgendeiner künstlichen, ständigen Wasserentziehung sich in Bewegung befinden. Das Tiefkälteverfahren (s. Ziff. 109) hat freilich auch für solche Fälle neue Aussichten eröffnet.

Das Pötschsche Verfahren wurde im Jahre 1883 zum ersten Male durch Pötsch selbst auf Grube Archibald bei Schneidlingen mit Erfolg angewandt. Freilich gelang es in der Folge dem Erfinder nicht, die ersten mit der Einführung des Verfahrens verbundenen Schwierigkeiten zu überwinden.

b) Tagesanlagen und vorbereitende Arbeiten.

102. — Tagesanlagen, Vorschacht, Bohr- und Fördergerüst. Die Tagesanlagen für das eigentliche Abteufen im Frostzylinder unterscheiden sich nicht erheblich von denjenigen für das gewöhnliche Abteufen, so daß hier nicht näher darauf eingegangen zu werden braucht. Zu diesen Tagesanlagen kommt aber noch die Kälteerzeugungsanlage, deren Maschinen in einem besonderen Gebäude untergebracht werden. Die Kälteerzeugung wird in den Ziffern 106—112 besonders besprochen werden.

Das Abteufen nach dem Gefrierverfahren wird, falls der Grundwasserspiegel sich nicht ganz nahe unter der Tagesoberfläche befindet, in der Regel mit der Herstellung eines Vorschachtes begonnen, den man mit Hand so tief niederbringt, daß seine Sohle bei den Schwankungen des Grundwasserspiegels trocken bleibt. Diesem Vorschachte gibt man einen so großen Durchmesser, daß der Gefrierrohrkreis (d. i. der Kreis, auf dem die Gefrierbohrlöcher angesetzt werden) darin Platz findet und auch noch Raum für den Ansatz etwaiger Ersatzbohrlöcher etwas außerhalb dieses Kreises bleibt.

Der Vorschacht bietet die Annehmlichkeit, daß man für das Abbohren der Bohrlöcher und das Einlassen und Ziehen der Rohre freie Höhe gewinnt und daß in ihm die Verbindungen der Gefrier- und Einfallrohre mit den Leitungen für die Kälteflüssigkeit untergebracht werden können, so daß die Rasenhängebank frei und von allen Seiten zugänglich bleibt.

Über dem Vorschachte wird das Bohrgerüst errichtet, das in der Regel später auch für die Förderung beim Abteufen benutzt wird. Damit alle Bohrlöcher vom Gerüste beherrscht werden können, muß dieses so geräumig sein, daß seine quadratische Grundfläche den ganzen Vorschacht und damit den gesamten Bohrlochkreis umfaßt. Demgemäß pflegt man das Gerüst aus langen und starken Hölzern aufzubauen, etwa wie dies Abb. 314 veranschaulicht.

Im Gerüste oder in einem seitlichen Anbau stehen 2—3 Bohrvorrichtungen (2,3), von denen aus die Bohrseile über Rollen geführt und mit Hilfe von verstellbaren Führungschlitten (10,11) über die einzelnen Bohrlöcher geleitet werden können. Eine Antriebsmaschine (1), eine den Bohrvorrichtungen entsprechende Anzahl von Spülwasserpumpen (5,6) und Handhaspeln (8,9), sowie ein Dampfkabel (7) und ein Haspel (4) vervollständigen die Bohrausrüstung des Turmes.

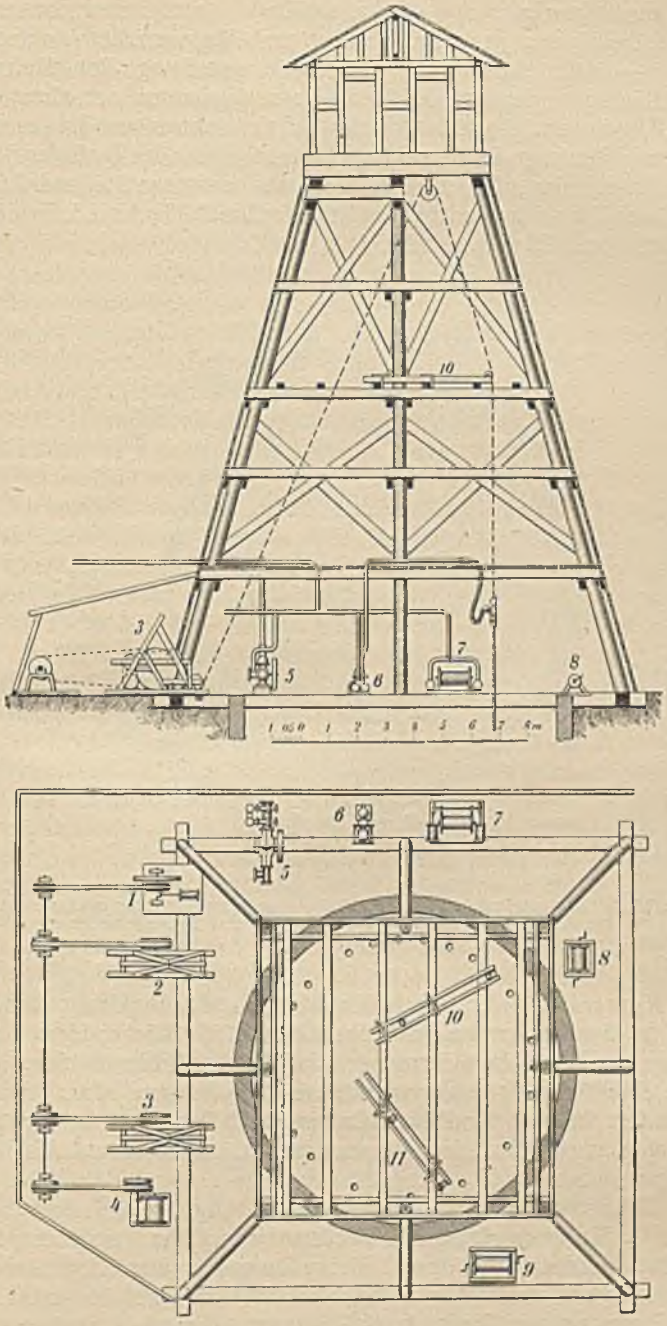


Abb. 314.[1]) Bohr- und Fördergerüst für Gefrierschächte.

[1]) Sammelwerk Bd. III, Abb. 359.

Sind die Bohrarbeiten beendet, so erhält der Turm Seilscheiben und wird für die Kübelförderung mit Seilleitungen und Kippvorrichtung versehen.

103. — Die Anordnung und Fertigstellung der Bohrlöcher. Die Bohrlöcher werden gewöhnlich in einem Kreise um den abzuteufenden Schacht angeordnet. Der Abstand des Bohrlochkreises von dem in Aussicht genommenen Umfange des Schachtes schwankt je nach der Teufe des Schachtes und der Stärke der erforderlichen Frostwand zwischen 1,5 und 3,5 m, der Abstand der Bohrlöcher untereinander zwischen 0,75 und 1,5, in der Regel zwischen 0,9 und 1,0 m (vgl. Abb. 315).

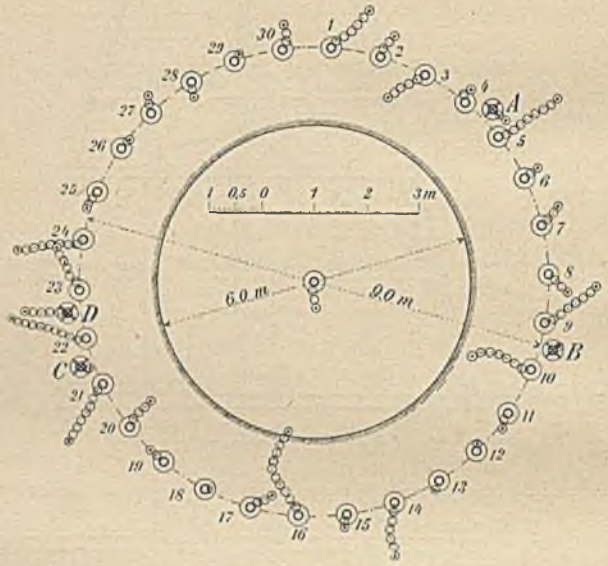


Abb. 315. Gefrierrohrkreis mit grundrißlicher Darstellung der Bohrlochabweichungen bei einem 130 m tiefen Schachte. (*A*—*D* sind Ersatzbohrlöcher.)

Die Herstellung der Bohrlöcher erfolgt in der Regel mit dem Meißelbohrer, da diese Bohrweise die billigste ist und die Löcher hierbei auch am wenigsten aus dem Lote kommen. Jedoch empfiehlt es sich, ein oder mehrere Bohrlöcher entweder trocken mit der Schappe oder, falls das Gebirge zu fest ist, mit der Diamantkrone abzubohren, um aus den Gebirgsproben sich unmittelbar ein Bild von den zu erwartenden Gebirgschichten machen zu können.

Die Bohrlöcher werden, insoweit das Gebirge es erfordert, vorläufig verrohrt. Wo es angängig ist, läßt man jedoch die Verrohrung fort und sucht die Bohrlochstöße durch Dickspülung vor dem Hereinbrechen zu schützen. Sobald die Löcher die erforderliche Teufe erhalten haben, werden die an ihrem unteren Ende durch Zusammenschweißen geschlossenen Gefrierrohre eingelassen und danach die Bohrrohre gezogen, soweit dies möglich ist.

Von dem senkrechten und annähernd parallelen Niederbringen der Bohrlöcher hängt der Erfolg des ganzen Verfahrens ab. Vor allem ist darauf zu achten, daß die obersten Führungsrohre genau senkrecht eingesetzt und so bis zu einer Teufe von mindestens 7—10 m heruntergebracht werden. Die hierbei aufgewandte Sorgfalt wird sich gut bezahlt machen. Weichen die Löcher allzusehr aus der Senkrechten ab und klaffen infolgedessen die Entfernungen zwischen zwei benachbarten Löchern zu weit, so wird hier der Frostkörper sich nicht schließen, so daß Wasserdurchbrüche unvermeidlich sind, sobald sich das Abteufen dieser Stelle nähert. Es muß deshalb jedes einzelne Gefrierrohr sorgsam mittels eines Neigungsmessers abgelotet und sein Verlauf festgestellt werden (zu vgl. Bd. I unter: „Tiefbohrung, Überwachung des Bohrbetriebes"). Abweichungen aus der Senkrechten um 1—2% der Bohrlochteufe sind trotz aller Vorsicht beim Einbau der Führungen nicht ausgeschlossen. In Ausnahmefällen sind aber auch Abweichungen bis zu 10% der Bohrlochteufe festgestellt worden. Wird die Entfernung zweier Nachbarlöcher voneinander zu groß, so werden Ersatzbohrlöcher gestoßen und ebenfalls mit Gefrierrohren ausgerüstet. Abb. 315 zeigt grundrißlich den Verlauf der Bohrlöcher (*1—30*) und einiger Ersatzlöcher (*A—D*) bei einem mittels des Gefrierverfahrens niederzubringenden Schachte von 130 m Teufe, wobei die kleinen Kreise den Stand der Bohrlöcher in den verschiedenen Teufen andeuten.

Die regelmäßige Überwachung des Bohrbetriebes durch Ablotung der Bohrlöcher bietet aber auch verschiedene sonstige Vorteile. Zunächst gibt sie die Möglichkeit, gegebenenfalls das Bohrloch wieder in die beabsichtigte Richtung zu zwingen. Es geschieht dies durch einseitig offene Keilrohre (Abb. 316), die in das Bohrloch eingelassen werden und den Bohrmeißel bei Fortsetzung der Bohrarbeit nach der offenen Seite drängen. Abb. 317 zeigt die Beeinflussung eines Loches durch ein bei 200 m Tiefe eingebautes Keilrohr. Auch empfiehlt es sich, die Bohrlöcher nicht in ununterbrochener Reihenfolge, sondern beispielsweise zunächst das erste, dritte und fünfte Loch zu stoßen, um sodann je nach dem Verlaufe dieser Löcher das zweite und vierte Loch anzusetzen und deren Verlauf durch Keilrohre zu beeinflussen.

Abb. 316. Keilrohr.

Verläuft ein Loch in die Schachtscheibe (Abb. 315, Bohrloch Nr. 16), so muß bei Annäherung an das Rohr vorsichtig vorgegangen werden, um es nicht zu verletzen und Lauge austreten zu lassen. Das Rohr muß, wenn es durch das Abteufen freigelegt wird, außer Betrieb gesetzt und abgehauen werden. In der Regel bleibt die Außerbetriebsetzung eines oder mehrerer Rohre während des Abteufens ohne nachteilige Folgen, da die übrigbleibenden Rohre zur Erhaltung der geschlossenen Frostmauer genügen.

Gehen Bohrlöcher so weit aus dem Rahmen des Schachtquerschnittes heraus, daß die von ihnen ausgehende Kältewirkung die Frostwand des Schachtes nicht mehr erreichen würde, so wäre es zwecklos, in ihnen hier die Kälteflüssigkeit noch umlaufen zu lassen. Man senkt deshalb die Einfallrohre für die Kälteflüssigkeit nur so tief ein, als von den einzelnen Bohrlöchern noch eine Wirkung auf die Schachtfrostwand zu erwarten ist. Auf diese Weise kann man erheblich an Betriebskosten für die Kälteerzeugung sparen.

Abb. 317.
Beeinflussung eines Bohrloches durch ein Keilrohr.

104. — Die Gefrierrohre. Der lichte Durchmesser der Gefrierrohre schwankt zwischen 100 und 140 mm, die Wandstärke ist 6—8 mm. Zum Zwecke des Ausgleichs der Längenverkürzung der Rohre infolge der Kältewirkung ist es rätlich, nachgiebige Verbindungen einzubauen, und zwar so häufig, daß auf je 100 m Rohrlänge mindestens eine solche Verbindung entfällt. Bei der in Abb. 318 dargestellten Verbindung der Tiefbau- und Kälte-Industrie-A.-G. ist das obere Rohr *G* mit dem unteren Rohr *G* durch ein Endstück *J* und eine dieses umfassende Stopfbüchse St_1, St_2 verbunden, deren Packung *D* den Austritt der Gefrierflüssigkeit in das Gebirge verhütet. In dieser Stopfbüchse kann sich das Rohrstück *J* bis zu einer gewissen Grenze frei verschieben. Der unten auf *J* aufgeschraubte Ring *T* setzt sich beim Eindrücken der Rohre in das Gebirge auf einen Absatz des unteren Rohres *G*, während anderseits beim Ziehen der Rohre der Ring unter den Stopfbüchsenteil St_1 faßt, so daß die Nachgiebigkeit der Verbindung nach beiden Seiten hin begrenzt ist.

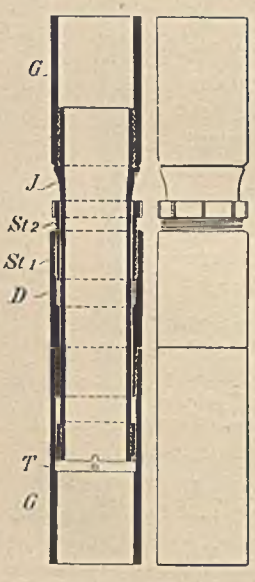


Abb. 318.
Nachgiebige Verbindung für Gefrierrohre.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Dichtigkeit der Rohrverbindungen. Die Gewerkschaft Friedrich Thyssen pflegt bei schwierigeren Abteufarbeiten die Gefrierrohre nicht allein zu verschrauben, sondern auch von außen zusammenzuschweißen. Tritt die Kälteflüssigkeit durch Undichtigkeiten der Gefrierrohre aus, so bilden sich sog. „Laugennester“ (der Name rührt von der zumeist als Kälteflüssigkeit gebrauchten Lauge her, s. Ziff. 110), in denen das Gebirge weich bleibt und nicht gefriert. Solche Laugennester sind öfters, namentlich in den ersten Jahren der Anwendung des Verfahrens, die Ursache von Wasserdurchbrüchen in den Schacht gewesen. Die Prüfung auf die Dichtigkeit der Rohrverbindungen muß deshalb mit äußerster Sorgfalt geschehen. Sie erfolgt während des Einlassens der Gefrierrohre, indem immer wieder nach Aufsetzen eines Rohres der ganze eingelassene Rohrstrang einer Wasserdruckprobe unterworfen wird. Der dabei angewandte

Überdruck liegt 10—20 Atmosphären höher, als der Druck beträgt, den die Gefrierrohre während des Betriebes auszuhalten haben. Wird der Druck der Kälteflüssigkeit z. B. 200 m Wassersäule betragen, so muß man die untersten, zuerst eingelassenen Rohre mit 30—40 Atmosphären drücken, kann aber nach oben diesen Druck allmählich vermindern, bis nach Einbau des obersten Rohres die Prüfung nur noch mit dem angewandten Überdrucke von 10 bis 20 Atmosphären erfolgt. Das Abdrücken der Rohre geschieht von einer Bühne des Bohrturmes aus.

Auch nach Ingangsetzung der Kälteerzeugungsanlage und nach bereits erfolgtem Beginn der Abteufarbeiten ist dauernd darauf zu achten, daß keine Kälteflüssigkeit durch Austritt in das Gebirge verlorengeht. Sinkt der Spiegel der Kältelauge im Verdampfer (s. Ziff. 107), so sind die Leitungen der Bohrlöcher einzeln aus dem Kreislauf auszuschalten, worauf man an dem etwaigen Fallen des Flüssigkeitspiegels im Bohrloche schadhafte Rohrleitungen erkennen kann. Insbesondere kann die Schießarbeit gefährlich werden, falls ein Rohr sich allzusehr dem Schachte nähert. Ein Rohr, das Lauge verliert, ist sofort außer Betrieb zu setzen. Unter Umständen ist dafür ein Ersatzbohrloch zu stoßen.

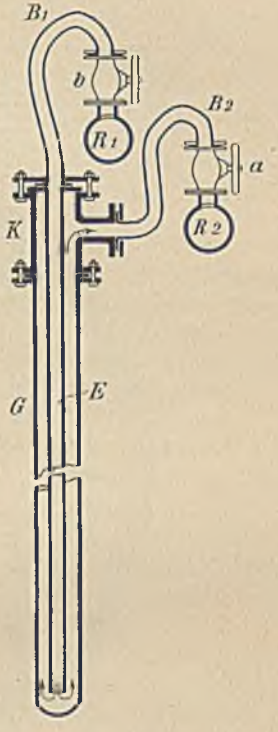


Abb. 319. Gefrier- und Fallrohr nebst Kopfstück, Sammel- und Verteilungsring.

105. Die Einfallrohre und die Laugenverteilung. In die Gefrierrohre werden die unten offenen Fallrohre, die einen inneren Durchmesser von 26—40 mm und einen äußeren von 34—48 mm besitzen, so weit eingelassen, daß sie nahe über dem Rohrtiefsten endigen. Die Verbindung der Fall- und der Gefrierrohre untereinander und die beiderseitige Verbindung mit der Zufluß- und Abflußableitung der Kälteflüssigkeit erfolgt durch das Kopfstück K in der durch Abb. 319 veranschaulichten Weise. Die gleichmäßige Verteilung der Lauge auf die einzelnen Bohrlöcher geschieht durch den Verteilungsring R_1, der an die von der Kälteanlage kommende Hauptleitung L_1 (zu vgl. Abb. 320) angeschlossen ist und von dem die Verbindungsrohre B_1 nach den sämtlichen Gefrierlöchern hin abzweigen. Durch das Ventil b kann der Zufluß geregelt werden. Die Abflußleitungen B_2 sind ebenfalls mit einem Abschlußventil a besetzt und vereinigen sich in ähnlicher Weise zu einem Sammelring R_2, aus dem die Lauge durch eine gemeinsame Rückleitung L_2 wieder zur Kälteanlage geführt wird. Die an das Kopfstück der Gefrierrohre unmittelbar angeschlossenen Zufluß- und Abflußleitungen sind Bleirohre, um sie leicht verlegen und in die gewünschte Form bringen zu können.

Der Sammel- und der Verteilungsring besitzen einen kleineren Durchmesser als der Gefrierrohrkreis, liegen also innerhalb des letzteren, damit die Gefrierrohre von oben her stets zugänglich bleiben.

Bei neueren Anlagen hat man auch den Sammelring fortgelassen. Statt dessen läßt man die Abflußleitungen frei in einen Sammelkasten ausgießen, an den die Rückleitung zur Kälteanlage anschließt. Dies Verfahren bietet

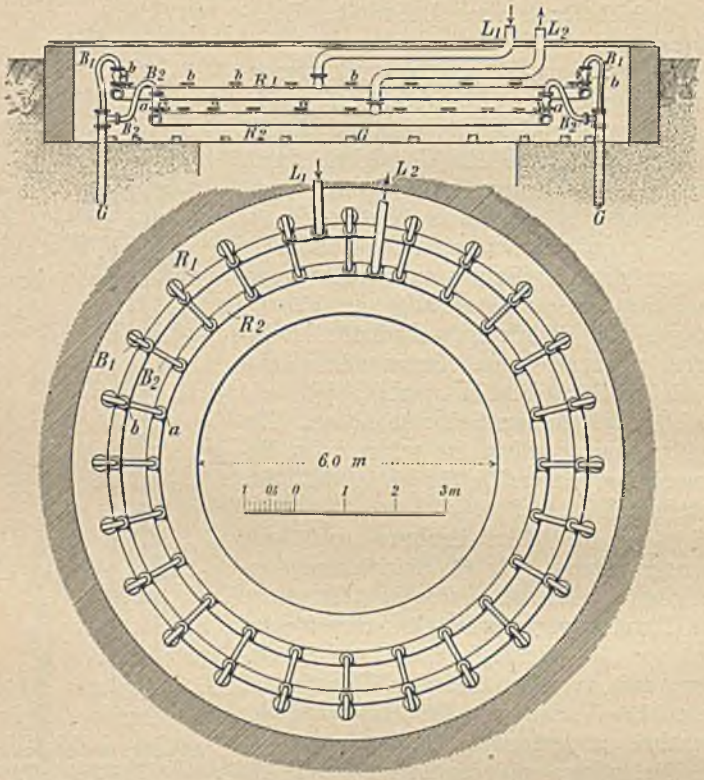


Abb. 320. Verteilungs- und Sammelring in der Anordnung über einem Gefrierschachte.

den Vorteil, daß man mit dem Auge jederzeit die durch die verschiedenen Gefrierrohre fließende Laugenmenge unmittelbar beurteilen kann. Dafür wird aber auch ein gewisser Kälteverlust in den Kauf zu nehmen sein.

c) Die Kälteerzeugung.

106. — Die Anlage im allgemeinen. Die Kälte wird in den Kälteerzeugungsanlagen der Gefrierschächte stets durch Verdunstung oder Verdampfung von Flüssigkeiten mit niedrigem Siedepunkt erzeugt, wobei die Verdampfungswärme der Umgebung der verdampfenden Flüssigkeit entzogen wird. Insbesondere werden als Kälteerzeuger Ammoniak oder Kohlen-

säure in flüssigem Zustande benutzt. Die entstandenen, kalten Dämpfe werden wiederum verdichtet.

1 kg Ammoniak, das bei + 15 bis + 20° C verdampft, verbraucht hierbei etwa 290 Wärmeeinheiten (WE), erzeugt also eine entsprechende Kältemenge; 1 kg Kohlensäure erfordert bei der Verdampfung unter derselben Temperatur etwa 35 WE. Um die zum Verdampfen des Kälteerzeugers erforderliche Wärmemenge dem Gebirge zu entziehen, bedient man sich der Vermittelung des Kälteträgers. Es ist dies eine schwer gefrierbare Flüssigkeit (z. B. Chlormagnesiumlauge, Chlorkalziumlauge, Alkohol), die im „Refrigerator" Wärme an den verdampfenden Kälteerzeuger abgibt und sie ihrerseits wieder dem Gebirge entnimmt. Da der Ersparnis halber sowohl der Kälteerzeuger als auch der Kälteträger bei dem Verfahren immer von neuem benutzt werden, kann man bei jedem von einem geschlossenen Kreislaufe sprechen. Beide Kreisläufe stehen durch Austausch der Temperaturen in Wechselwirkung.

Für das Verfahren ist außerdem noch Kühlwasser zur Aufnahme der bei der Verdichtung der kalten Dämpfe entstehenden Verdichtungswärme und der bei der Verflüssigung frei werdenden Verdampfungswärme erforderlich. Das Wasser wird Pumpanlagen oder Wasserläufen entnommen und fließt erwärmt wieder ab. Bei Mangel an frischem, kaltem Wasser wird das erwärmte Wasser wiedergewonnen und zur erneuten Verwendung gekühlt, so daß es in diesem Falle auch einen Kreislauf macht.

Bei der Verflüssigung des Kälteerzeugers wird dieselbe Wärmemenge an das Kühlwasser abgegeben, die später bei der Verdampfung dem Kälteträger entzogen wird.

107. — Der Kreislauf des Kälteerzeugers. Vier Vorrichtungen sind es hauptsächlich, die, miteinander durch Leitungen verbunden, diesen Kreislauf bilden, nämlich: Kompressor, Kondensator, Expansionsventil und Refrigerator oder Verdampfer (Abb. 321).

Vom Kompressor *C* wird das verdampfte und wieder angesaugte Gas unter starker Erwärmung verdichtet, und zwar wird Ammoniak auf etwa 9 Atm., Kohlensäure auf 60—75 Atm. Überdruck gepreßt. Das verdichtete und erhitzte Gas wird nun zum Kondensator *K*, einem vom Kühlwasser durchflossenen, zylindrischen Behälter, gedrückt und durchfließt diesen von oben nach unten in mehreren parallel geschalteten Schlangenrohren. Das Kühlwasser tritt unten ein und fließt oben ab, so daß es im Gegenstrom die Gasrohrleitung bestreicht und das jeweils kälteste Wasser auf die bereits abgekühlten Rohre trifft. Ein Rührwerk, das von oben her mittels Kegelradvorgelege angetrieben wird, setzt das Wasser in eine kreisende Bewegung.

Solche Kondensatoren heißen geschlossene oder Tauchkondensatoren. Neben diesen gibt es auch Rieselkondensatoren, bei denen die Abkühlung und Verflüssigung des Kälteerzeugers in frei liegenden, von herabrieselndem Wasser umspülten Schlangenrohren bewirkt wird. Die ersteren Kondensatoren beanspruchen geringeren Raum und gestatten eine bessere Ausnutzung des Kühlwassers. Doch ist sowohl ihre Reinigung von Schlamm und Kesselstein als auch die Auffindung von Undichtigkeiten in den Rohrschlangen schwieriger und zeitraubender. Die Rieselkondensatoren gestatten bei allerdings größerem Wasserverbrauch eine

sehr kräftige Kühlung, so daß sie namentlich beim Tiefkälteverfahren gern Anwendung finden.

Unter der Einwirkung des Druckes einerseits und der niedrigen Temperatur des Kühlwassers anderseits wird das Gas flüssig und fließt so dem Expansionsventile *E* (Abb. 321) zu. Durch dieses strömt die Flüssigkeit in denjenigen Teil der Rohrleitung, der bereits wieder unter der Saugwirkung des Kompressors steht, und zwar gelangt sie zunächst in den Refrigerator oder Verdampfer *V*. Der Überdruck geht hier bei Benutzung von Ammoniak

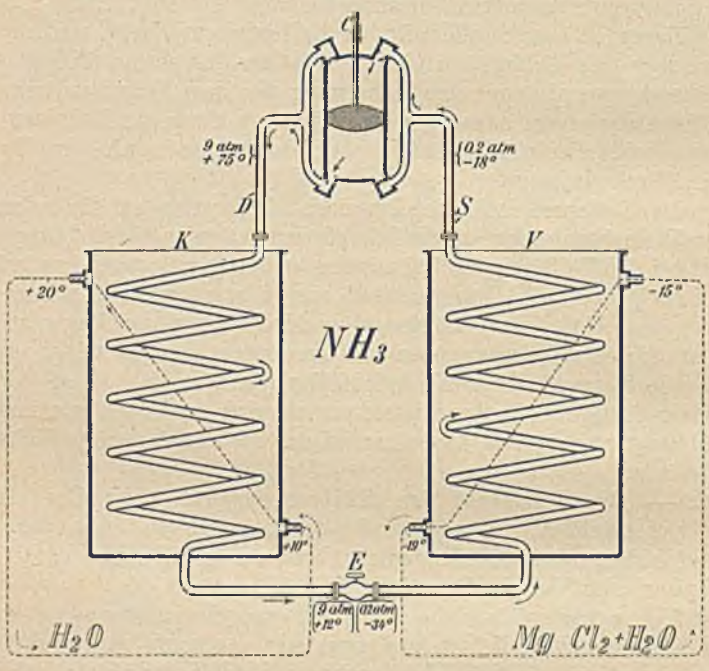


Abb. 321. Schematische Darstellung des Kreislaufes des Ammoniaks, des Kühlwassers und der Chlormagnesiumlauge unter Angabe der Temperatur- und Druckverhältnisse.

auf 0,2—0,5 Atm. und bei Verwendung von Kohlensäure auf etwa 8 bis 12 Atm. zurück. Die plötzlich eintretende Druckentlastung hat eine lebhafte Verdampfung und eine damit verbundene, durch Wärmeentziehung entstehende, starke Abkühlung des Kälteträgers zur Folge.

Der Verdampfer ist ähnlich wie der Kondensator mit konzentrisch in Parallelschaltung angeordneten Schlangenrohren, die von unten nach oben von dem verdampfenden Gase durchflossen werden, ausgerüstet. Die Kälteflüssigkeit tritt im Gegenstrom oben ein und fließt unten ab. Ein Rührwerk bringt alle Teile der Kältelauge mit den kalten Rohren in Verbindung. Gegen Kälteverluste ist der ganze Behälter ebenso wie die vor Erwärmung zu schützenden Rohrleitungen mit einer Wärmeschutzhülle umgeben. Aus dem Verdampfer fließt das noch immer kalte Gas wieder dem Kompressor zu erneutem Kreislaufe zu.

Bei diesen Vorgängen beruht die Kälteerzeugung in letzter Linie darauf, daß die bei der Verflüssigung des Kälteerzeugers und bei der Kompression entstehende Wärme ununterbrochen vom Kühlwasser gebunden und fortgeführt und daß dafür eine entsprechende Wärmemenge dem Kälteträger und durch seine Vermittelung dem Gebirge entzogen wird.

Da das durch die Kompression erhitzte Gas leicht Schmieröl mit sich fortnimmt, das bei der Abkühlung im Kondensator zu Verstopfungen Anlaß geben kann, baut man zwischen Kompressor und Kondensator gewöhnlich Ölabscheider ein.

Auch schaltet man, um eine ausgiebigere Kühlung zu erzielen, bisweilen zwischen Kompressor und Kondensator noch einen Vorkühler ein, in dem die Rohrschlangen in der beschriebenen Weise entweder in einem zylindrischen Behälter oder frei an der Luft vom Wasser umspült werden.

Der Kreislauf des Kälteerzeugers muß, was Temperatur- und Druckverhältnisse betrifft, dauernd und sorgfältig durch Messungen mit Thermometern und Manometern überwacht werden. Würden z. B. die Schlangenrohre des Kondensators durch erhärtete Schmieransätze sich teilweise verstopfen, so könnten hier Drosselungen und hinter diesen bereits Expansion und Abkühlung der Gase eintreten. Insbesondere ist ferner darauf zu achten, daß in der Gasleitung zwischen Verdampfer und Kompressor stets noch Überdruck herrscht, damit nicht etwa durch Undichtigkeiten Luft angesaugt wird.

108. — Die verschiedenartige Eignung des Ammoniaks und der Kohlensäure als Kälteerzeuger. Die wichtigsten Eigenschaften des Ammoniaks und der Kohlensäure hinsichtlich ihrer Verwendung für die Kälteerzeugung erhellen aus folgender Zusammenstellung:

	Kritische Temperatur	Verflüssigung erfolgt bei	Siedepunkt
Ammoniak (NH_3)	131° C	15° C und 7,1 Atm.[1])	—34° C bei 1 Atm.[1])
		20° „ „ 8,4 „	—23° „ „ 1,5 „
		25° „ „ 9,8 „	—18° „ „ 2 „
Kohlensäure (CO_2)	31° C	15° „ „ 49,9 „	—49° „ „ 7 „
		20° „ „ 56,3 „	—45° „ „ 8 „
		25° „ „ 66 „	—42° „ „ 9 „

Danach läßt sich Ammoniak bei geringeren Drücken verflüssigen; man kommt bei Temperaturen des Kühlwassers von 15—25° C mit Kompressordrücken von etwa 9—11 Atm. aus. Die Temperatur, die man bei den gewöhnlichen Betriebsverhältnissen ohne Schwierigkeit der Kälteflüssigkeit mitteilen kann, beträgt etwa — 22° C. Bei Verwendung der Kohlensäure sind die entsprechenden Zahlen 60—80 Atm. und — 40 bis — 45° C. Wegen der erheblich niedrigeren kritischen Temperatur der Kohlensäure, oberhalb deren eine Verflüssigung nicht mehr möglich ist, muß für viel und genügend kaltes Kühlwasser Sorge getragen werden.

Ammoniak hat den Vorteil, daß man Undichtigkeiten der Maschine und Leitungen durch den stechenden Geruch leicht merkt. Anderseits ist Am-

[1]) Absoluter Druck.

moniak teurer als Kohlensäure; auch verunreinigt es sich leichter als Kohlensäure mit dem Schmieröl des Kompressors, so daß auf die Ölabscheidung Sorgfalt zu verwenden ist.

Insgesamt zieht man Ammoniak der Kohlensäure vor, wenn die Kälteflüssigkeit nicht tiefer als auf —18° bis —20° herabgekühlt werden soll. Will man dagegen mit tieferen Temperaturen der Kälteflüssigkeit arbeiten, so benutzt man besser Kohlensäure. Namentlich in tiefen Schächten gibt man ihr neuerdings den Vorzug, um jederzeit in der Lage zu sein, das Gebirge tiefer herabzukühlen.

109. — **Tiefkälteverfahren.** Um auch Salzwasser zum Gefrieren zu bringen, erniedrigt man die Temperatur der Kälteflüssigkeit bis auf —40° und noch tiefer. Man spricht dann vom „Tiefkälteverfahren". Wie aus

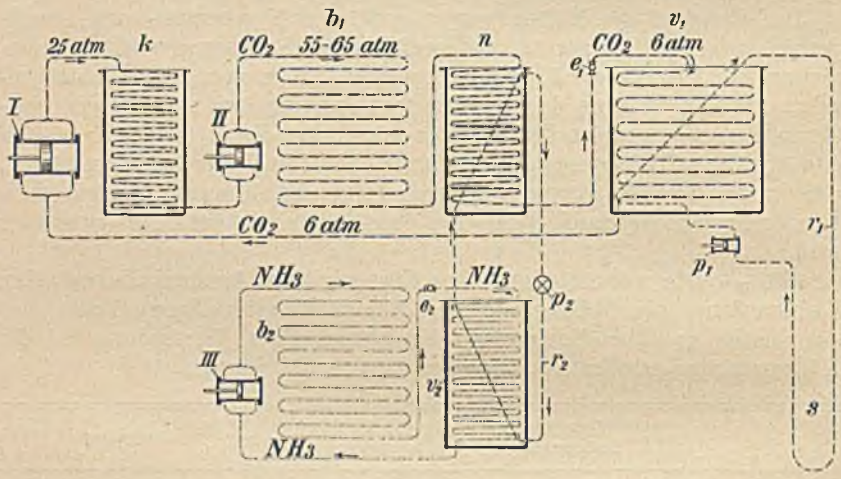


Abb. 322. Schema einer Tiefkälteanlage nach Haniel & Lueg.

den in Ziff. 108 angegebenen Zahlen hervorgeht, ist es möglich, diese Temperaturen bei Benutzung der Kohlensäure ohne weiteres zu erhalten. Um sie aber während des Betriebes dauernd sicherzustellen, wendet man zweckmäßig künstliche Kühlung der Kohlensäure durch eine besondere Ammoniak-Kälteanlage an, wie dies seitens der Firma Haniel & Lueg auf dem Kalisalzschachte Prinz Adalbert bei Oldau unweit Celle geschehen ist. Abb. 322 zeigt schematisch die Anordnung. Der obere Teil der Abbildung stellt die Kohlensäure-, der untere die Ammoniakkälteanlage dar. Es ist *I* der erste Kompressor, der die mit etwa 6 Atm. Überdruck angesaugte Kohlensäure auf 25 Atm. preßt. Die Kohlensäure wird zunächst in dem Vorkühler *k* mit Wasser gekühlt, um sodann in dem Hochdruckkompressor *II* auf 55 bis 80 Atm. gepreßt zu werden. Sie durchstreicht dann den Berieselungskühler b_1, um schließlich in den mit der Kälteflüssigkeit der Ammoniak-Kälteanlage gespeisten Nachkühler *n* zu gelangen. Hier sinkt die Temperatur der dem Expansionsventile e_1 zufließenden flüssigen Kohlensäure auf etwa —20° C, so daß im Verdampfer v_1 unschwer Temperaturen von —45°

bis —50° C gehalten werden können. Die durch die Pumpe p_1 bewegte Kältelauge fließt in dem Kreislaufe r_1 zum Schachte s.

Die besondere Ammoniak-Kälteanlage besteht in der üblichen Weise aus dem Kompressor *III*, dem Kühler b_2, dem Expansionsventile e_2 und dem Verdampfer v_2. Der Umlauf der Kältelauge in dem Kreislaufe r_2 wird durch die Pumpe p_2 vermittelt.

Mittels einer solchen Anlage gelang es auf dem Schachte Prinz Adalbert mehrere Monate hindurch, die Temperatur der dem Schachte zufließenden Kältelauge auf —42° bis —43° C zu halten, während die rückkehrende Lauge sich auf etwa —36° erwärmt hatte [1]). Das Abteufen glückte, obwohl schließlich in etwa 170 m Teufe eine 25%ige Sohle gefroren werden mußte.

110. — Die Kälteflüssigkeit und ihr Kreislauf. Die Kälteflüssigkeit darf bei den in Frage kommenden tiefen Temperaturen weder fest noch auch nur steif werden und darf auch nicht zur Bildung von Ansätzen neigen. Sie darf ferner Leitungen und Pumpe nicht angreifen. Überdies ist, soweit irgend möglich, Wohlfeilheit erwünscht.

Meistens hat man als Kälteflüssigkeit Chlormagnesiumlauge mit 26% $Mg\,Cl_2$ benutzt, die bei —33° gefriert. Die tatsächlich angewandten Temperaturen liegen bei dem meist angewandten Ammoniakverfahren nicht so tief und sinken während des eigentlichen Gefrierens auf höchstens —22° bei der Einströmung in die Fallrohre und —17° bei der Ausströmung aus den Gefrierrohren. Während des Abteufens kann man in der Regel schon eine Entlastung der Gefriermaschinen eintreten lassen, indem etwas höhere Temperaturen (z. B. —18° bei der Einströmung und —15° bei der Ausströmung) für die Erhaltung der Frostmauer zu genügen pflegen. Zur ständigen Überwachung der Laugetemperaturen werden am Kopfe jedes Gefrierrohres Thermometer angebracht.

Chlorkalziumlauge ist teurer, ist aber für das Tiefkälteverfahren gut geeignet, da sie noch bei —50° C flüssig bleibt. Man wendet etwa 30%ige Lösungen an und setzt auch zur Erniedrigung des Erstarrungspunktes noch Alkohol zu.

Sehr tiefe Kältegrade lassen sich mit Alkohol allein erreichen, da dieser erst bei —112° C gefriert. Freilich stellt sich Alkohol am teuersten, auch ist er feuergefährlich.

Als bewegende Kraft in dem Kreislaufe der Kälteflüssigkeit dient eine Pumpe. Der Weg, den die Flüssigkeit macht, führt von dieser zum Verteilungsringe oberhalb des Schachtes und von hier in Parallelschaltung durch die Fallrohre abwärts und durch die Gefrierrohre aufwärts. Infolge der Parallelschaltung der Gefrierrohre fließt jedem die Kälteflüssigkeit mit der gleichen Temperatur zu. Aus den Gefrierrohren gelangt die Kälteflüssigkeit zum Sammelring oder Sammelkasten, sodann weiter zum Verdampfer und schließlich wieder zur Pumpe.

111. — Der Weg (Kreislauf) des Kühlwassers. Einen eigentlichen Kreislauf des Kühlwassers braucht man nicht einzurichten, wenn soviel kaltes Wasser, z. B. aus Pumpwerken oder einem Bache, zur Verfügung steht

[1]) Festschrift zum XI. Allgem. Deutschen Bergmannstage in Aachen 1910; Stegemann: Das Schachtabteufen usw.

daß man das erwärmte einfach ablaufen lassen kann. Jedoch darf man Pumpanlagen nicht in der Nähe der Gefrierschächte errichten, um nicht Grundwasserbewegungen, die den Gefrierverlauf stören können, zu veranlassen.

Wenn das Wasser knapp ist, so kühlt man das im Kondensator erwärmte Wasser zurück, indem man es über Kaminkühler oder Dornwände nach Art der Gradierwände laufen läßt und danach wieder benutzt. In diesem Falle besteht auch für das Kühlwasser ein geschlossener Kreislauf, wobei aber dauernd ein Ersatz für die verdunsteten Mengen, die auf 15% geschätzt werden können, zugeführt werden muß.

112. — Beispiel für den Bedarf an Ammoniak, Chlormagnesiumlauge und Kühlwasser. Ein Gefrierschacht, der bei 5,5 m lichtem Durchmesser 200 m Teufe erreichen soll und insgesamt etwa 5000 m Bohrlochslänge erfordert, bedarf etwa 950 kg Ammoniak, 80 000 kg Chlormagnesiumlauge und einer stündlichen Kühlwassermenge von 50 cbm.

d) Theoretische Betrachtungen.

113. — Berechnung der erforderlichen Wärmeeinheiten. Die für die Herstellung des Frostzylinders erforderliche Kältemenge läßt sich, wenn auch nur überschläglich und annähernd, berechnen. Die Kältemenge entspricht nach den obigen Ausführungen der dem Gebirge entzogenen und dem Kühlwasser zugeführten Wärmemenge, so daß man die Abkühlungswirkung durch diese Wärmemengen ausdrücken kann. Je nachdem man die eine oder andere, dem Wesen nach aber gleiche Wirkung meint, spricht man von Frigorien oder Kalorien. Im folgenden soll der allgemeine Ausdruck Wärmeeinheiten (WE) benutzt werden. Da die spezifische Wärme des Wassers $= 1$, die des Eises $= 0{,}5$ und die des festen Gebirges etwa $= 0{,}2$ ist, wird die Abkühlung um je 1° C von 1 cbm Wasser (= 1000 kg) 1000 WE, von 1 cbm Eis[1]) 500 WE und von 1 cbm Gebirge, das ein spezifisches Gewicht von 2,6 besitzt, $0{,}2 \cdot 2{,}6 \cdot 1000 = 520$ WE erfordern. Außerdem sind für den Übergang des Wassers in Eis je 1 kg 79 WE notwendig.

Wenn 1 cbm Wasser von + 10° C in 1 cbm Eis von —15° C verwandelt werden soll, so sind demnach:

$$10 \cdot 1000 + 79 \cdot 1000 + 15 \cdot 0{,}5 \cdot 1000 = 96500 \text{ WE}$$

nötig, während 1 cbm festes Gebirge, das um den gleichen Betrag abgekühlt werden soll, nur

$$25 \cdot 520 = 13000 \text{ WE}$$

erfordert.

Das Gebirge möge in 1 cbm 1700 kg feste Bestandteile und 300 kg Wasser enthalten. Für die Abkühlung von + 10° C auf —10° C sind alsdann je 1 cbm erforderlich:

$$1700 \cdot 0{,}2 \cdot 20 + 300 \cdot 10 + 300 \cdot 79 + 300 \cdot 0{,}5 \cdot 10 = 35000 \text{ WE.}$$

[1]) Das etwas geringere spezifische Gewicht des Eises ist hier nicht berücksichtigt worden.

Ein völlig geschlossener Frostzylinder von z. B. 11,3 m Durchmesser und 100 m Höhe, der 10000 cbm Gebirge umfaßt, würde also zu seiner Herstellung und Abkühlung auf —10° C einer Gesamtleistung von

350 Mill. WE

bedürfen.

Tatsächlich sind aber noch wesentlich höhere Leistungen aufzuwenden, da Leitungs- und Strahlungsverluste auftreten und nicht allein der Frostzylinder, sondern auch das umliegende Gebirge sich abkühlt und diesem während der ganzen Dauer sowohl des Gefrierens wie des Abteufens Kälte zugeführt werden muß. Man kann annehmen, daß die Verluste durch Leitung und Strahlung über Tage etwa 25% und die Kälteverluste an das umgebende Gebirge während der Gefrierdauer etwa 50% der rechnungsmäßig erforderlichen Kälteleistung betragen, so daß insgesamt während der Gefrierdauer etwa

$$350 + 0{,}75 \cdot 350 = 612{,}5 \text{ Mill. WE}$$

abzugeben wären.

Soll der Schacht in 100 Tagen abgefroren sein, so müßten bei den angenommenen Verlusten täglich 6125000 WE und stündlich 255200 WE geleistet werden.

Nach Beginn des Abteufens kommt es nur noch darauf an, die Frostwand zu unterhalten und die Kälteverluste zu ersetzen, so daß eine weit geringere Kältezufuhr als zur Zeit des Gefrierens genügt.

Um nun nicht unnötig große Maschinen in Betrieb zu haben, wird man im vorliegenden Falle beispielsweise drei Kältemaschinen für

160000 WE
120000 WE
80000 WE

aufstellen können, wovon dann mindestens eine als Aushilfe verbleibt. In der letzten Zeit des Abteufens wird der Betrieb der schwächsten Maschine genügen.

114. — **Druckfestigkeit des gefrorenen Gebirges.** Über die Druckfestigkeit des gefrorenen Gebirges sind an verschiedenen Stellen mehrfach Versuche angestellt worden. Die Versuchsergebnisse sind freilich nicht bedenkenfrei, weil die durch den Druck erzeugte Wärme nicht so gleichmäßig wie im Gebirge abgeführt werden kann, immerhin sind sie als Vergleichszahlen wertvoll. Im einzelnen wurde hierbei festgestellt, daß die Druckfestigkeit mit sinkender Temperatur wächst und im übrigen von der Art des Gebirges abhängig ist. Ein voll mit Wasser gesättigter und sodann gefrorener, reiner Quarzsand liefert die höchsten Festigkeitszahlen, die von 20 kg/qcm bei 0° auf etwa 120 kg/qcm bei —10° und auf annähernd 200 kg/qcm bei —25° ansteigen. Die in Abb. 323 dargestellte Kurve[1]) veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Festigkeit und Temperatur des gefrorenen Sandes.

Gefrorener, reiner Ton mit Wasser ergibt Festigkeiten, die nur etwa halb so hoch wie die des gefrorenen Sandes sind, so daß solche Schichten den Erfolg des Abteufens gefährden können. Sandiger Ton und tonige Sande liefern

[1]) Zu vgl.: Zeitschr. f. d. gesamte Kälteindustrie 1898, S. 107 u. f.; Schmidt: Die Benutzung des Gefrierverfahrens usw.

Mittelwerte. Im großen und ganzen wird man für tonigsandiges Gebirge Festigkeiten annehmen können, die etwa zwei Drittel derjenigen des gefrorenen, reinen Sandes betragen.

Reines Eis, das auch unter Tage, z. B. beim Ausfrieren von Spalten, vorkommen kann, besitzt eine noch geringere Festigkeit. Bei —15° zersplittert es bereits bei 18 kg/qcm Belastung[1]).

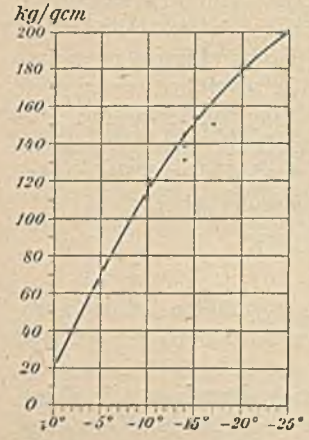


Abb. 323. Druckfestigkeiten gefrorenen Sandes in Beziehung zur Temperatur nach Alby.[2])

Sehr geringe Festigkeiten ergibt auch gefrorene Braunkohle[2]).

Die angegebenen Zahlen treffen nicht zu, wenn man es mit Salzwasser zu tun hat, da gesättigte Sole erst bei —22° C gefriert. Aber auch in diesem Falle kann man bei genügend tiefen Temperaturen noch hohe Druckfestigkeiten des gefrorenen Gebirges erzielen. Z. B. hat die Firma Wegelin & Hübner zu Halle (Saale) bei einem mit vollgesättigter Sole getränkten Sandblock bei —47° bis —49° C eine Druckfestigkeit von 188 kg/qcm festgestellt.

115. — Die erforderliche Stärke der Frostwand und die Abteufgrenzen. An der Hand der Festigkeitszahlen hat man die erforderliche Stärke der Frostwand für die verschiedenen Teufen zu berechnen versucht. Freilich kann jede solche Rechnung wegen der unvermeidlichen Ungleichmäßigkeiten in der Gestalt des Frostzylinders und wegen der je nach der Temperatur an den verschiedenen Punkten des Frostkörpers verschiedenen Festigkeit nur ganz rohe und stets unzuverlässige Ergebnisse liefern. Es kommt hinzu, daß über die Zunahme des Druckes im schwimmenden Gebirge mit wachsender Tiefe etwas Zuverlässiges nicht bekannt ist. Man wird deshalb mit Recht jede Rechnung anzweifeln müssen. Immerhin ist es nützlich, mangels einer bisher allgemein anerkannten Erfahrungsformel die bekannten Gesetze der Mechanik für den vorliegenden Fall anzuwenden.

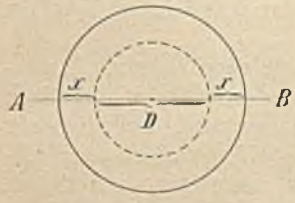


Abb. 324. Veranschaulichung der Frostwandberechnung.

Der Druck, den die Frostwand auszuhalten hat, hängt von der Teufe und dem von dem schwimmenden Gebirge ausgeübten Drucke ab. Letzteren kann man auf etwa das 1,7 bis höchstens das 1,8fache des der Teufe entsprechenden Wasserdruckes annehmen[4]). Die Temperatur des Frostkörpers, die ja für seine Druckfestigkeit hauptsächlich maßgebend ist, sinkt von 0°

[1]) Bericht des Internat. Kongresses f. Bergbau usw. 1910, Düsseldorf; Zäringer: Das Gefrierverfahren und seine neueste Entwicklung.

[2]) Glückauf 1910, Nr. 44, S. 1721; Walbrecker: Versuche und Studien über das Gefrierverfahren.

[3]) Bull. d. l. soc. de l'ind. min. 1895, 3. Série, Tome IX, S. 319; Schmidt: L'emploi de la congélation etc.

[4]) S. S. 155 dieses Bandes.

an der äußersten Grenze bis zu etwa —16° bis —17° C unmittelbar an den Gefrierrohren, wobei die Verfahren zur Erzeugung tieferer Kältegrade nicht in Rücksicht gezogen sind. Nach dem Inneren des Schachtes zu steigt sodann die Temperatur bis auf etwa —9° bis —10° unmittelbar am Schachtstoße wieder an. Durchschnittlich wird man also eine Temperatur der Frostmauer von rund —10° annehmen dürfen[1]). Dieser würde eine durchschnittliche Druckfestigkeit von 120 kg/qcm entsprechen.

Zur Berechnung der für die Frostwand erforderlichen Stärke soll angenommen werden, daß durch die Frostwirkung ein ganz regelmäßiger, oben und unten den gleichen Durchmesser besitzender Frostzylinder entstanden ist. Denken wir uns den Zylinder durch eine beliebig durch die Seelenachse gelegte Ebene in zwei gleiche Hälften geteilt, so erhalten wir grundrißlich das Bild der Abb. 324, worin der äußere Kreis den Umfang des Frostzylinders, der gestrichelte innere Kreis den Umfang des abzuteufenden Schachtes und die Linie AB die senkrechte Ebene durch die Mitte des Frostzylinders bedeuten[2]). Entsprechend den auf S. 156 bei der Berechnung der Gußringwandstärke gemachten Ausführungen können wir nun setzen:

$$2x \cdot k = (D + 2x) \cdot H \cdot 1{,}8$$

worin x die gesuchte Frostwandstärke in cm, k die zulässige Beanspruchung in kg/qcm, D den Durchmesser des abzuteufenden Schachtes in cm und H den Wasserdruck in Atmosphären bedeuten. Um den Druck des schwimmenden Gebirges in die Rechnung einzuführen, ist H noch mit 1,8 multipliziert. Löst man die Gleichung nach x auf, so erhält man:

$$x = \frac{D \cdot H \cdot 1{,}8}{2(k - H \cdot 1{,}8)}.$$

In dieser Gleichung wird $x = \infty$, wenn der Nenner $= 0$, d. h. $k = H \cdot 1{,}8$ wird. Diese Grenze wird erreicht für gefrorenen Sand und einfache Sicherheit ($k = 120$ kg/qcm) bei 666,7 m

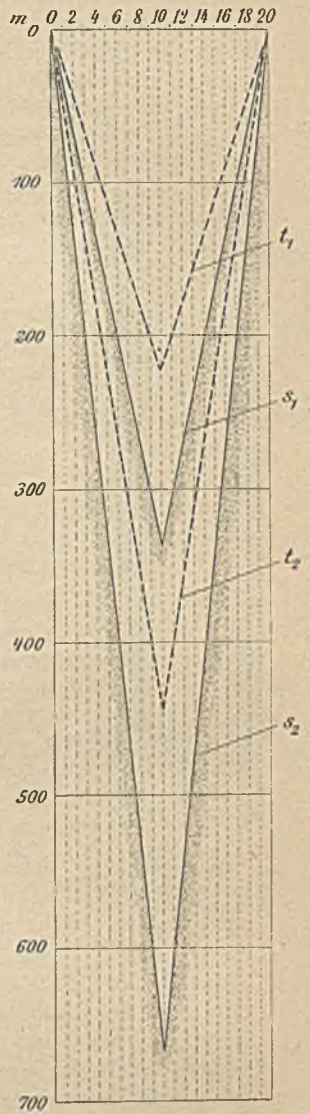


Abb. 325.
Abnahme des zulässigen Schachtdurchmessers mit der Schachtteufe in einem zylindrischen Frostkörper.

[1]) Glückauf 1904, Nr. 50, S. 1541; Joosten: Die neueste Anwendung des Gefrierverfahrens auf der Zeche Auguste Viktoria i. W.

[2]) Nach dem in Anm. [1]) angegebenen Aufsatze von Joosten; ferner nach Bergbau 1907. Nr. 38, S. 8; Kegel: Das Schachtabteufen nach dem Gefrierverfahren von Poetsch.

Teufe, für zweifache Sicherheit schon bei 333 m, während für tonige Sande und Ton die Grenzen noch darunter liegen.

Wenn man umgekehrt einen zylindrischen Frostkörper von einem bestimmten Durchmesser betrachtet und durch Rechnung feststellt, welcher lichte Durchmesser des Schachtes in den verschiedenen Teufen noch möglich erscheint, so erhält man das Bild der Abb. 325. Der äußere Umfang des Rechtecks stellt einen Frostzylinder von z. B. 20 m Durchmesser dar. In ihm würde man in der Voraussetzung eines sandigen Gebirges bei doppelter Sicherheit den Schacht s_1 und bei einfacher Sicherheit den Schacht s_2 herstellen können. In tonig-sandigem Gebirge mit halber Bruchfestigkeit wäre der Schacht t_1 bzw. t_2 möglich.

Abb. 326. Allmähliches Zusammenschieben eines unverkleideten Gefrierschachtes.

Die Prüfung der Rechnungsergebnisse durch tatsächliche Beobachtungen stößt auf Schwierigkeiten. Allerdings sind bereits Schächte etwa bis zu den errechneten Grenzteufen niedergebracht worden, so daß die rechnungsmäßig sich ergebende, zu geringe Stärke der Frostmauer zu Durchbrüchen des schwimmenden Gebirges hätte führen müssen. Die Widerstandsverhältnisse der Frostwand werden aber durch eine gewisse Nachgiebigkeit des gefrorenen Gebirges verschleiert. Gerät die Gebirgswand nur wenig in Bewegung, so wird das in etwa entstehende Risse eintretende Wasser wegen der hier vorhandenen tiefen Temperatur sofort gefrieren, und die Frostwand bleibt trotz geringer Bewegung dicht. Ein überlasteter, gefrorener Gebirgstoß von immerhin einigen Metern Dicke wird also in der Regel nicht plötzlich hereinbrechen, sondern wohl stets allmählich hereinschieben. Es wird dies dadurch zum Ausdruck kommen, daß der hergestellte Schachtraum in einigen Tagen oder Wochen merklich enger geworden ist (Abb. 326). Wenn man dann sofort die Schachtstöße durch untergehängte Gußringe entweder endgültig oder vorläufig (s. Ziff. 120) sichert, so wird man häufig trotz Überlastung der Frostwand noch zum Ziele gelangen. Tatsächlich hat man die angedeuteten Bewegungen der Schachtstöße, ohne daß Gebirgsdurchbrüche eingetreten wären, in tiefen Gefrierschächten feststellen können[1]). Allerdings werden hierbei die Gefrierrohre, wie dies Abb. 326 andeutet, in unliebsamer Weise beansprucht.

Prof. Domke hat eine die geschilderte Fließfähigkeit des gefrorenen Gebirges berücksichtigende Formel für die Frostwandberechnung aufgestellt[2]), nach der die Anwendung des Gefrierverfahrens eine Grenze in der Teufe findet, wo der senkrechte Gebirgsdruck die Bruchfestigkeit des gefrorenen Gebirges übersteigt. Bei einem spezifischen Gewichte des Schwimmsandes von 1,8 würde der senkrechte Gebirgsdruck in 500 m Teufe 90 kg/qcm betragen. Auch nach

[1]) Bergbau 1917, Nr. 33, S. 510 u. f.; Landgräber: Das Deckgebirge am unteren Niederrhein und die darin anwendbaren Schachtabteufverfahren.

[2]) Glückauf 1915, Nr. 47, S. 1129 u. f.; Domke: Über die Beanspruchungen der Frostmauer usw.

dieser Betrachtungsweise scheint also die Anwendbarkeit des Gefrierverfahrens tiefer als 600—700 m kaum möglich.

Ein anderer, schon in Ziff. 103 erwähnter Umstand, der der Anwendbarkeit des Gefrierverfahrens in großen Teufen entgegensteht, liegt in der Schwierigkeit, die Gefrierbohrlöcher genau senkrecht und parallel zueinander abzubohren. Diese Schwierigkeit wächst bei Teufen von 300—400 m zu einem recht bedenklichen Grade an. Durch sorgsames Abloten und Stoßen von Ersatzlöchern kann man den Übelstand mildern, aber nicht ganz beseitigen. Zur Vermeidung dieser Schwierigkeit wurde das Gefrieren in Absätzen vorgeschlagen, das in der Ziff. 122 besprochen ist.

Der tiefste, nach dem Gefrierverfahren in einem Absatze bisher tatsächlich niedergebrachte Schacht ist der Zwartbergschacht 1 in der Campine (Belgien), dessen Gefrierteufe 560 m betrug; Schacht 2 derselben Anlage ist noch im Abteufen begriffen. Nächstdem kommen die Wallachschächte I und II bei Borth mit je 547 m Gefrierteufe, die Winterslagschächte in der Campine (428 m), die Lohbergschächte bei Hiesfeld (413 m Gefrierteufe), die Schächte Karl Alexander bei Baesweiler (400 m), ferner Schacht Rhein I bei Dinslaken (335 m) und die Schächte Friedrich Heinrich bei Lintfort (315 m). In zwei Gefrierabsätzen sind bis 502 m Tiefe niedergebracht die beiden Schächte der Deutschen Solvaywerke bei Borth.

Im Bau begriffen sind noch folgende tiefe, sämtlich in der Campine belegenen Schächte: Beeringen (620 m Gefrierteufe), Helchteren-Zolder (ebenfalls 620 m), Waterschey (520 m) und Eysden (505 m).

e) Der tatsächliche Gefrierverlauf und das Abteufen.

116. — Bildung des Frostkörpers. Sobald die Kälteerzeugung begonnen hat, bedecken sich die Gasleitungen zwischen dem Verdampfer und dem Kompressor und die Laugeleitungen, insbesondere der Verteilungs- und der Sammelring und deren über Tage befindliche Abzweigungen, mit Reif. Das Gebirge gefriert zunächst in gleichmäßigen, kreisförmigen Schichten um die einzelnen Gefrierrohre, bis die so entstehenden Frostzylinder zusammenstoßen und sich zu einem Ringe schließen. Sobald das geschehen ist, schreitet der Frost nach dem Schachtinneren erheblich schneller als nach dem Umfange hin fort, weil im Inneren des Frostringes die Kälteverluste durch Strahlung und durch Erwärmung des benachbarten Gebirges viel geringer als außen sind. Man kann annehmen, daß einer Zunahme der Frostmauerstärke nach innen um 1 m eine Zunahme nach außen um etwa 60 cm entspricht. Abb. 327 stellt dieses allmähliche Fortschreiten des Gefrierens nach der Schachtmitte hin dar. Die einzelnen Kreisviertel zeigen die Froststärke nach verschiedenen, gleichen Zeiten, z. B. 1, 2, 3 und 4 Monaten. Es ist also angenommen, daß nach dieser Frist der Schacht an der Schnittstelle bereits bis zur Mitte gefroren ist.

Wichtiger ist die Frostbildung im senkrechten Schnitt. Bei nicht besonders tiefen Schächten besitzt die aus den Fallrohren tretende Kältelauge unten ihre tiefste Temperatur, so daß sie hier dem Gebirge mehr Wärme als im oberen Teile entziehen wird. Das Gefrieren beginnt also unten, und die

Frostwand wird hier zunächst stärker als oben. Abb. 328 zeigt den Gefrierverlauf um ein einzelnes Gefrierrohr nach gewissen, etwa gleichen Zeiträumen. Je länger das Gefrieren andauert, um so mehr nimmt auch im oberen Teile die Frostwandstärke zu. Beim Ausfrieren des Schachtinneren wird naturgemäß unten und oben der Frostkörper die Form eines Flaschenbodens annehmen, wobei der ungefrorene Teil sich oben tiefer einsenken, als er unten emporsteigen wird (Abb. 329 b u. c).

In tiefen Gefrierschächten von etwa 400—600 m werden sich andere Verhältnisse herausbilden. Es findet in erheblichem Maße ein Wärmeaustausch zwischen der Fallrohr- und der Steigrohrlauge derart statt, daß erstere erwärmt wird und letztere sich an jener wieder abkühlt[1]). Daraus folgt, daß

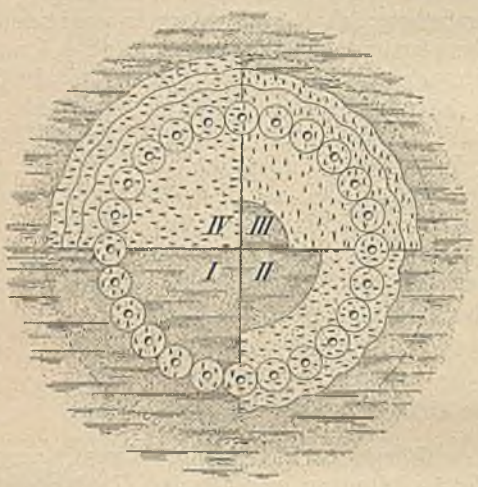


Abb. 327.
Fortschreiten der Frostkörperbildung eines Gefrierschachtes im wagerechten Schnitt.

Abb. 328. Bildung des Frostkörpers um ein einzelnes, wenig tiefes Bohrloch im senkrechten Schnitt.

die Steigrohrlauge im Bohrlochtiefsten eine höhere Temperatur als beim Austritt aus dem Gefrierrohr besitzen wird. Das Gefrieren des Gebirges wird also nach Abb. 330 von oben her beginnen, und die Frostwand wird nach unten hin an Stärke abnehmen. Eine solche Frostwandbildung ist allerdings unerwünscht.

117. — **Beeinflussung der Frostkörperbildung.** Um auch in tiefen Schächten die Frostwirkung hauptsächlich in das Schachttiefste zu lenken, versieht man die Fallrohre mit einem Kälteschutz, indem man ihnen doppelte Wandung mit einem Luftmantel[2]) gibt. Die Wirkung dieses Mittels wird erhöht, wenn man gleichzeitig die Fließgeschwindigkeit der Lauge dadurch beeinflußt, daß man nach Abb. 331 dem Fallrohr oben

[1]) Glückauf 1921, Nr. 24, S. 553 u. f.: Heise und Drekopf: Die Temperaturverhältnisse in den Bohrlöchern eines Gefrierschachtes uws.; ferner ebenda 1922, Nr. 5, S. 129 u. f. von denselben Verfassern: Die Beeinflussung der Frostwirkung usw.

[2]) D.R.P. 168024 u. D.R.P. 315 117.

und unten verschieden weite Querschnitte gibt und dadurch den Umlauf der Lauge in den oberen Teufen beschleunigt und in den unteren verlangsamt. Auf diese Weise gelangt die Fallrohrlauge annähernd mit ihrer Anfangstemperatur in das Schachttiefste, erwärmt sich hier wegen des langsameren Umflusses verhältnismäßig stark und wird sodann im Steigrohre schnell und ohne Gelegenheit zu haben, die aufgenommene Wärme wieder an die Fallrohrlauge abzugeben, nach oben befördert.

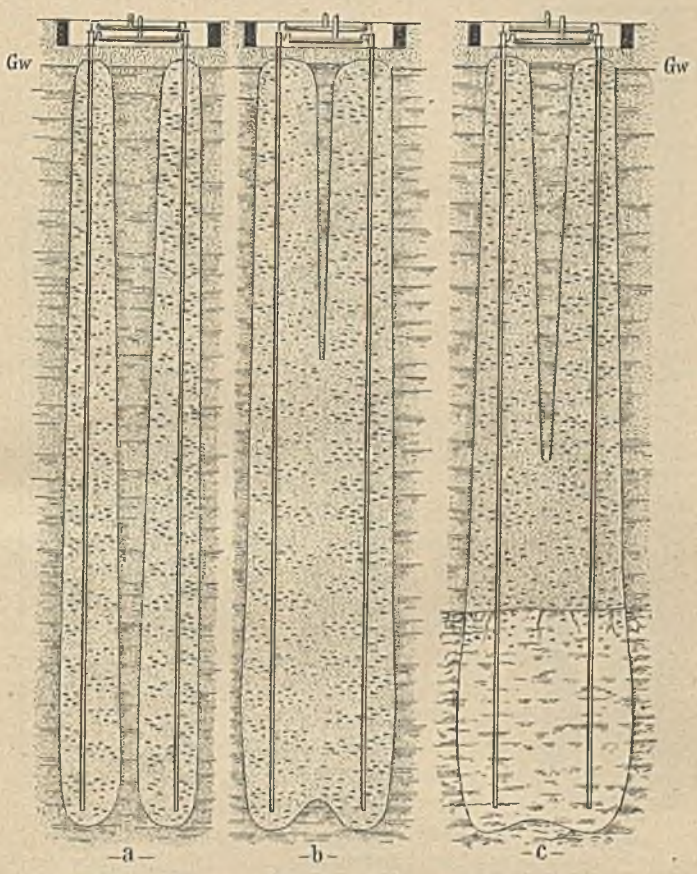


Abb. 329.
Bildung des Frostkörpers eines Schachtes, dargestellt im senkrechten Schnitt.

Noch mehr kann man die Frostwirkung auf das Schachttiefste dadurch verstärken, daß man den oberen Flüssigkeitspiegel im Gefrierrohre durch einen Stopfen (Abb. 332a) oder durch Preßluft, die mittels des durch einen Verschluß eingeführten Röhrchens *P* (Abb. 332b) eingeleitet wird, niederdrückt. Im Falle der Abb. 332a kann das Gefrierrohr im oberen Teile durch eine Wärmeschutzmasse ausgefüllt werden.

Das letztere Verfahren hat man öfter bei den in der Schachtmitte niedergebrachten Bohrlöchern mit der Absicht angewandt, nur das Tiefste des

Schachtes bis zur Mitte durchfrieren zu lassen und gegen Wasserdurchbrüche von unten zu sichern, während man im oberen Teile des Schachtes auf die Erhaltung des weichen Kernes zur Erleichterung des Abteufens Wert legte. Das Verfahren nach Abb. 332b ist auf dem Schachte des Kalisalzwerkes Niedersachsen bei Wathlingen (Hannover) für alle Gefrierbohrlöcher zeitweise durchgeführt worden, um eine tunlichst hohe Kälte im Schachttiefsten zur Wirkung kommen zu lassen.

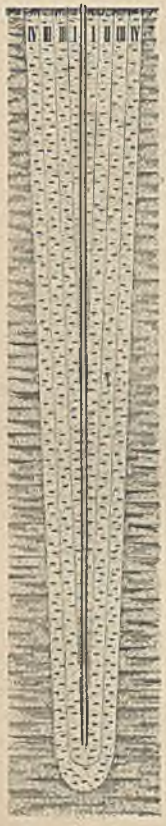


Abb. 330.
Bildung des Frostkörpers um ein einzelnes, tiefes Bohrloch im senkrechten Schnitt.

Abb. 331.
Fallrohr mit abgestuftem Luftmantel.

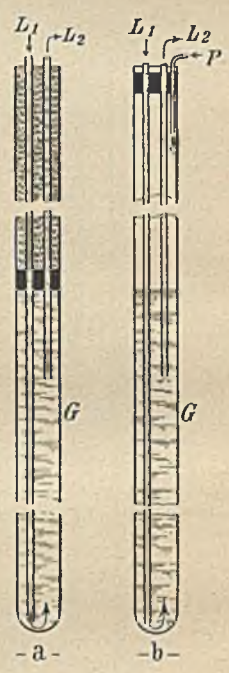


Abb. 332.
Tiefhaltung des Flüssigkeitspiegels in Gefrierrohren.

Wenn man dagegen den oberen Teil des Schachtes möglichst schnell zum Gefrieren bringen will, so kann man dies dadurch erreichen, daß man die Fallrohre nicht bis in das Tiefste der Gefrierrohre, sondern nur bis etwa zur Hälfte einhängt. Die jeweilig unter dem Einfallrohre in dem Gefrierrohre stehende Lauge nimmt an dem Kreislauf nicht teil, so daß sich die Kältezufuhr im wesentlichen auf diejenige Teufe beschränkt, bis zu der die Einfallrohre reichen. Von diesem Verfahren hat man mit gutem Erfolge auf dem Kalisalzschachte Schieferkaute bei Gödringen Gebrauch gemacht.

Eine auch in tiefen Schächten gut ausgeglichene Kälteverteilung über die ganze Höhe des Gefrierschachtes läßt sich erzielen, wenn man nach Abb. 333 ein weites Fallrohr *b* wählt, dessen freier Querschnitt etwa gleich dem Querschnitt des Ringraumes zwischen dem Fall- und dem Gefrierrohr *c* ist. Bei solcher Anordnung kann man die 3- bis 4-fach größere Laugenmenge durch die Gefrierrohranlage senden und mit einer entsprechend geringeren Abkühlung der einfallenden Lauge trotz gleicher Kälteabgabe an das Gebirge arbeiten. Hierbei braucht nur ein Teil der Lauge über *e* und *d* zur Abkühlung in der Kälteanlage abgezweigt zu werden, während der Hauptteil durch Pumpe *a* über den Verteilungsring *f* unmittelbar wieder in das Fallrohr gedrückt wird.

Abb. 333. Gefrierrohranlage mit weitem Fallrohr und vermehrtem Laugenumlauf.

118. — Die Beobachtung der Frostkörperbildung und der Beginn des Abteufens. Um das Fortschreiten des Gefrierens zu beobachten, pflegt man in einiger Entfernung vom Gefrierrohrkreise Löcher bis in das wasserführende Gebirge zu bohren, die mit unten geschlossenen Rohren besetzt werden. Die Rohre werden mit Kältelauge etwa bis zur Höhe des Grundwasserspiegels gefüllt und dienen nun zur Beobachtung der Temperatur.

Die Feststellung der Gebirgstemperaturen durch Messung in den Gefrierbohrlöchern selbst ist wegen der Unzugänglichkeit der Löcher und wegen der Empfindlichkeit der üblichen Thermometer stark erschwert. Die Tiefbau- und Kälte-Industrie-A.-G. zu Nordhausen wendet hierfür den in Abb. 334 dargestellten Temperaturmesser an, der allerdings die Außerbetriebsetzung des Bohrloches zum Zwecke der jedesmaligen Messung notwendig macht. Der Messer wird mittels eines Seiles bis zur bestimmten Gebirgsteufe eingelassen. Die in der Stahlflasche *a* befindliche Ausdehnungsflüssigkeit wirkt auf einen Wellblechverschluß *b*, von wo aus die bei Temperaturänderungen eintretenden Bewegungen mittels Hebelübertragung *c* und Schreibstift *d* auf der durch ein Uhrwerk *e* angetriebenen Schreibtrommel *f* verzeichnet werden. Nach genügend langem Verweilen in einer bestimmten Teufe hat der Messer die Temperatur des benachbarten Gebirges angenommen, und die auf der Schreibtrommel verzeichnete Linie verläuft wagerecht.

Abb. 334. Temperaturmesser für Gefrierbohrlöcher

Im übrigen läßt sich die Schließung der Frostmauer durch die Beobachtung des Grundwasserspiegels innerhalb und außerhalb des Gefrierrohrkreises feststellen. Solange nämlich die Frostwand noch nicht geschlossen ist, steht der Wasserspiegel innen und außen gleich hoch, und etwaige Schwankungen machen sich hier wie dort bemerkbar. Nach Schließung der Frostmauer dagegen steigt das am Entweichen nach außen verhinderte und durch die Raumver-

mehrung infolge der Eisbildung verdrängte Wasser im Schachte langsam und gleichmäßig an.

Bald danach kann man mit dem Abteufen beginnen. Der Schacht braucht zu diesem Zeitpunkte auch in seinem Tiefsten nicht bis zur Mitte ausgefroren zu sein. Es genügt, wenn der Frostring rundum geschlossen ist und mit seinem unteren Ende in trockenem, wassertragendem Gebirge steht. Das Abteufen wird naturgemäß wesentlich erleichtert und verbilligt, wenn man tunlichst lange im ungefrorenen, weichen Schachtkerne arbeiten kann. Der

Abb. 335. Frostkörperbildung ohne Gefrieren des Schachtkerns.

Abb. 336. Durch wassertragende Schichten unterbrochener Frostkörper.

Schachtbaugesellschaft Thyssen ist es z. B. gelungen, den 155 m tiefen Schacht Oranje-Nassau (Holland) völlig (etwa nach Abb. 335) im ungefrorenen Kerne niederzubringen.

Das Ansteigen des Grundwasserspiegels innerhalb des Gefrierrohrkreises ist aber kein sicheres Anzeichen für die Schließung des Frostringes auf die ganze Schachttiefe, nämlich dann nicht, wenn das zu durchteufende Gebirge nach Abb. 336 durch eine oder durch mehrere wassertragende Schichten (z. B. durch Tonschichten im Tertiär) unterbrochen wird. Unterhalb einer solchen wassertragenden Schicht kann nämlich der Frostring noch klaffen, so daß nach Durchteufen der Schicht unvermutete Gebirgsdurchbrüche eintreten können. Zweckmäßig bringt man deshalb beim Auftreten mehrerer geschiedener Wasservorkommen im Gebirge in der Schachtmitte ein oder

mehrere, bis zu den einzelnen wasserführenden Schichten reichende Bohrlöcher nieder und besetzt sie nach Abb. 336 mit unten offenen oder an den Seitenwandungen geschlitzten Rohren a_1 a_2. Man kann nun von der Tagesoberfläche aus den Wasserstand in den Rohren beobachten und aus dessen Verhalten zutreffende Folgerungen hinsichtlich der Schließung der Frostwand auch in der Tiefe ziehen.

119. — Das Abteufen. Das Abteufen selbst verläuft sodann nach Art des gewöhnlichen Abteufens mit Hand. Solange der Schachtkern noch weich ist, wird das Gebirge mit der Schaufel oder der Keilhaue hereingewonnen, während die gefrorenen Stöße fortgespitzt werden. Ist der Kern fest, so wendet man in vorsichtiger Weise Schießarbeit an. Hierbei ist Zeitzündung zu empfehlen, da die Erschütterung des Gebirges bei den einzeln kommenden Schüssen geringer ist und man das Kommen der Schüsse leichter durch Zählen überwachen kann. Die Einbruchschüsse pflegt man nicht tiefer als 1,5 m und die Stoßschüsse nicht tiefer als 1 m zu bohren. Besonders die letzteren Schüsse sollen keine allzu große Vorgabe erhalten und sollen nicht nach dem Stoße zu verlaufen.

Früher glaubte man, als Sprengstoff stets Schwarzpulver benutzen zu müssen, um nicht durch die heftigere Wirkung der brisanten Sprengmittel die Frostwand allzusehr zu erschüttern. Es hat sich aber gezeigt, daß bei einiger Vorsicht auch andere Sprengstoffe verwandt werden können. Zweckmäßig benutzt man solche aus der Gruppe der Ammonsalpetersprengstoffe, deren Brisanz nicht allzu hoch liegt und die außerdem den Vorzug besitzen, daß sie nicht gefrieren.

Die Lufttemperatur in den Gefrierschächten pflegt bei dem gewöhnlichen Verfahren etwa bei —8° bis —10° C zu liegen, so daß bei der Arbeit die Kälte nicht unangenehm empfunden wird. Bei dem Tiefkälteverfahren dagegen sinkt die Temperatur unter Umständen bis auf —30° und tiefer. Derartige Temperaturen behindern die Arbeit sehr und machen sorgfältigen Frostschutz für die Belegschaft nötig.

120. — Der Ausbau. Der endgültige Ausbau in Gefrierschächten wird in der Regel der Ausbau mit deutschen Gußringen sein, da diese die sicherste Gewähr für die Wasserdichtigkeit der Auskleidung nach Auftauen des Gebirges bieten. Am zuverlässigsten geschieht der Aufbau der Gußringwandung von unten nach oben, nachdem Keil- oder Tragekränze gelegt sind. Neuerdings hat man aber auch mehrfach mit gutem Erfolge von dem Verfahren des Unterhängens der Gußringe (s. S. 151 u. f.) Gebrauch gemacht.

Bei dem ersten Verfahren erhält der Schacht während des Abteufens entweder einen vorläufigen, aus eisernen Ringen und Verzughölzern bestehenden Ausbau, der die auf der Sohle beschäftigten Arbeiter vor etwa sich lösenden und abstürzenden Schalen sichern soll, oder er bleibt bis zur endgültigen Sicherung der Stöße durch Gußringe ohne jede Verkleidung. Erfahrungsgemäß lösen sich im sandigen Gebirge Frostschalen nicht ab, wie man bei einer großen Zahl von Gefrierschächten hat beobachten können, in denen die Stöße zum Teil bis 100 m Höhe völlig unverkleidet ohne Gefahr für die auf der Sohle beschäftigte Belegschaft geblieben sind. Anders verhält sich rissiger Ton, in dem unter Umständen Schalen sich lösen und abstürzen[1]),

[1]) Ann. d. min. d. Belg. 1911, S. 359 u. f.; Breyre: Le développement récent usw.

so daß ein sofortiger Ausbau mit schmiedeeisernen Ringen und Verzugpfählen notwendig sein kann. Die weitere Gefahr, daß durch eine schwache Stelle der Frostwand Wasser in den Schacht bricht, nachdem vielleicht ein Laugenaustritt durch eine Undichtigkeit der Gefrierrohre erfolgt ist, wird durch den vorläufigen Ausbau freilich nicht verhindert. Man kann vielleicht sogar sagen, daß diese Gefahr schneller und sicherer an dem Dunkelwerden der mit Lauge getränkten Stoßstellen erkannt wird, wenn die Stöße bloß liegen, als wenn sie ganz oder teilweise durch den vorläufigen Ausbau verkleidet sind.

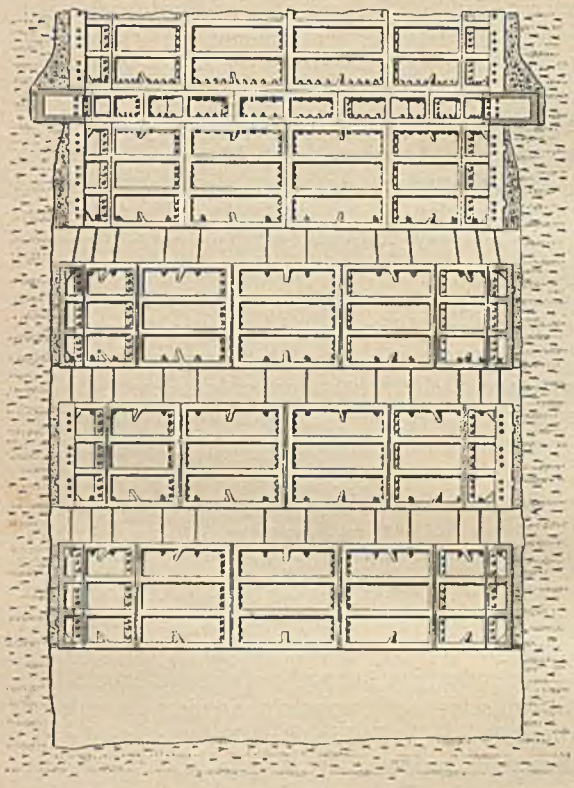


Abb. 337. Vorläufiger Gußringausbau in Gefrierschächten.

Das Unterhängen der Gußringe schützt die Belegschaft nicht allein vor dem etwaigen Fall von Frostschalen, sondern auch gegen plötzliche Wasserdurchbrüche aus den Stößen. Es hat ferner den Vorteil, daß bei Wasserdurchbrüchen aus der Sohle der Schacht bis zum jeweiligen Tiefsten gesichert bleibt.

Gegen das Unterhängen der Gußringe wendet man insbesondere ein, daß das Einspülen des Betons hinter die Gußeisenwand nicht so gut und gleichmäßig wie das Einstampfen beim Aufbau der Ringe erfolge. Auch könne der Zusammenbau der Ringteile keinesfalls so sorgfältig wie beim Aufbauen von unten nach oben geschehen. Diese Einwände erscheinen durchaus berechtigt, wenn auch bisher der Zustand der mit Unterhängegußringen abgeteuften Schächte nach dem Auftauen nicht zu Schwierigkeiten geführt hat.

Für tiefe Schächte freilich, in denen die Schachtstöße (nach Abb. 326, S. 262) bereits Fließerscheinungen zu zeigen beginnen und sich schon beim Abteufen Druck bemerkbar macht, hat man mit gutem Erfolge zur einstweiligen Aufnahme des Druckes nur vorläufig Unterhängegußringe angewandt, die dann später durch sorgfältig aufgebaute Gußringe ersetzt wurden. Nach Abb. 337 wird der vorläufige Gußringausbau so eingebracht, daß zwischen

den Ringen Zwischenräume von etwa ½ m Höhe verbleiben, wobei die Ringe an entsprechend langen Schraubenbolzen hängen. Der Raum zwischen dem Ringe und dem Gebirgstoße wird mit feuchtem, sofort gefrierenden Sande verfüllt. Zwischen die senkrechten Flanschen legt man starke Holzbretter, die sich zusammenquetschen lassen und so dem vorläufigen Ausbau eine gewisse Nachgiebigkeit verleihen. Für den späteren endgültigen Ausbau des Schachtes von unten nach oben können die Ringteile leicht gelöst und unmittelbar wieder verwandt werden.

Noch größere Vorsicht hat die Gewerkschaft Friedrich Thyssen bei mehreren, ihr selbst gehörigen, tiefen Gefrierschächten angewandt, indem sie eine äußere Gußringwand sofort beim Abteufen unterhängte und nach Erreichen des wassertragenden Gebirges noch unter dem Schutze der Frostwand eine zweite innere Gußringwand von unten nach oben einbaute (s. Abb. 218 auf S. 160). Hierbei wurde in den Raum zwischen der äußeren Wand und dem Gebirgstoße Beton eingespült und der Raum zwischen den beiden Ringsäulen mit Beton ausgestampft. Auf diese Weise erzielte man beim Abteufen eine sofortige vorläufige Sicherung des Schachtes, ohne daß die untergehängten Gußringe mit Rücksicht auf die Frostwand schon die dem Drucke des ungefrorenen Gebirges entsprechende Stärke zu besitzen brauchten, während die innere, mit aller Sorgfalt aufgebaute Ringwand den Schacht endgültig sicherstellte. Das Verfahren bietet zweifellos eine hohe Sicherheit, und die Festigkeit der Schachtwandung ist außergewöhnlich groß; freilich sind auch die Kosten entsprechend hoch.

Für die Betonierung des Zwischenraumes zwischen der Eisenwandung und den Gebirgstößen pflegt man Betonmischungen von 1 Teil Zement und 2—3 Teilen Sand anzuwenden. Da gefrorener Zement nicht abbindet, hat man versucht, durch Zusatz von Alkalien (Soda oder auch Chlorkalziumlauge) zum Mischwasser das Abbinden in der Kälte zu erreichen. Doch ist hierbei ein voller Erfolg nicht immer erzielt worden, da auch solcher Zement unter Frostwirkung schwer abbindet. Nach Joosten[1]) verliert der gewöhnliche Beton während des Frostes seine Abbindefähigkeit nicht. Taut er später auf, so bindet er alsdann noch in der gewöhnlichen Weise ab. Es erscheint also im allgemeinen unbedenklich, gewöhnlichen Beton und süßes Mischwasser zu benutzen. Die „Langsambinder" (s. S. 86) bewähren sich am besten; nur wo es darauf ankommt, daß der Zement oder Beton noch bei Frost abbindet, wird man stark alkalisches Wasser und schnellbindenden Zement benutzen.

In einigen wenigen Fällen hat man Gefrierschächte, um die hohen Kosten der Gußringe zu ersparen, auf andere Weise ausgebaut. So wurden in Galizien zwei Schächte der Steinkohlengewerkschaft Brzeszcze, die etwa 40 m tief waren, mit gutem Erfolge ausgemauert[2]). Als Mörtel verwendete man 1 Teil Zement (Schnellbinder) und 3 Teile Sand; zum Anrühren benutzte man eine Lösung von kalzinierter Soda. In Rußland wurden

[1]) Glückauf 1904, Nr. 51, S. 1587; Joosten: Die neueste Anwendung des Gefrierverfahrens auf der Zeche Auguste Viktoria i. W.

[2]) Montanistische Rundschau 1911, Nr. 1, S. 1 u. f.; Drobniak: Das Gefrierverfahren beim Schachtabteufen.

zwei 180 m tiefe Gefrierschächte mit Betonsteinen ausgebaut[1]). Auch hier soll der Wasserabschluß nach Angabe der ausführenden Firma (Tiefbau- und Kälte-Industrie A.-G. zu Nordhausen) gut gelungen sein.

121. — **Das Auftauen des Frostkörpers und das Ziehen der Gefrierrohre.** Das Auftauen des Frostkörpers kann man bei Gefrierschächten von geringer Teufe der Zeit überlassen. Da es nicht gleichmäßig vor sich geht, wird hierbei die eiserne Schachtwandung durch erhebliche Temperaturunterschiede beansprucht. Die Folge sind Undichtigkeiten in den Flanschenfugen, aber auch Risse und Brüche der Gußringe selbst können eintreten. Es ist deshalb eine sorgfältige Beobachtung des Schachtes während und unmittelbar nach dieser Zeit erforderlich.

Je tiefer der Schacht ist, um so schwerer lassen sich die beim Auftauen zutage tretenden Undichtigkeiten der Schachtwandung beheben, und um so mehr stehen gefahrvolle Folgen aus etwaigen Brüchen von Gußringen zu befürchten. Mehrfach hat man, um ein völlig gleichmäßiges Auftauen des Schachtes zu erzielen, den Schacht mit Wasser gefüllt, das man durch eine Pumpe und eine bis zum Tiefsten eingehängte Rohrleitung in ständigem Umflusse erhielt. Wenn auch so der angestrebte Zweck erreicht wird, so bleibt doch das Bedenken, daß die beim Auftauen sich ergebenden Undichtigkeiten der Schachtwandung wegen ihrer Lage unter Wasser unzugänglich bleiben und ein gewisses Maß nicht überschreiten dürfen, wenn das Sümpfen und Abdichten des Schachtes gelingen soll.

Nach dem Vorschlage von Bergwerksdirektor Mommertz hat man den 560 m tiefen Zwartbergschacht (s. S. 263) ringweise von oben nach unten mit warmer Luft aufgetaut, indem man gleichzeitig jeden einzelnen Ring sorgfältig abdichtete. Während die Leute von einer schwebenden Bühne aus den bereits aufgetauten Ring dichten, läßt man die warme Luft (minutlich 600—1000 cbm) mit etwa 30—35° C unmittelbar unter der Bühne austreten und an der Schachtwandung emporsteigen. So kann man — allerdings unter Aufwand einer immerhin beträchtlichen Zeit — Ring für Ring auftauen und sicherstellen.

Die Gefrierrohre stellen erhebliche Werte dar, so daß man sie wiederzugewinnen sucht. Um nicht monatelang auf das Auftauen des Gebirges warten zu müssen, macht man die einzelnen Rohre dadurch aus den Klammern des Frostes frei, daß man erwärmte Kältelauge oder auch Druckluft hindurchströmen läßt. Dampf darf man zu diesem Zwecke nicht benutzen, weil er sich sofort niederschlagen und weil das entstehende Wasser in den Rohren gefrieren und diese verstopfen würde.

Das Ziehen der Rohre hat die unerwünschte Folge, daß das Gebirge rund um den Schacht etwas nachsinkt und in Bewegung kommt. Es wird hierdurch auch das regelmäßige Abbinden des Betons zwischen Eisenwandung und Gebirgstoß in Frage gestellt. Man hat deshalb vorgeschlagen, den Fuß der Gefrierrohre vor dem Ziehen abzuschneiden und das Loch während des Ziehens des nunmehr unten offenen Rohres mit Ton oder Sand zu verfüllen.

Öfter hat man, um jede Beunruhigung des Gebirges zu vermeiden, vorgezogen, die Rohre steckenzulassen.

[1]) Bericht über den Intern. Kongreß f. Bergbau usw. 1910, Düsseldorf; Zäringer: Das Gefrierverfahren usw.

f) Gefrieren in Absätzen.

122. — Abteufen mittels des Gefrierverfahrens in Absätzen. Wegen der Schwierigkeiten, die das senkrechte und parallele Niederbringen der Gefrierbohrlöcher macht, hat man für größere Teufen mehrfach vorgeschlagen, den Gefrierschacht in einzelnen Absätzen abzuteufen, indem man nach Erreichen einer gewissen Teufe unter Anwendung besonderer Vor-

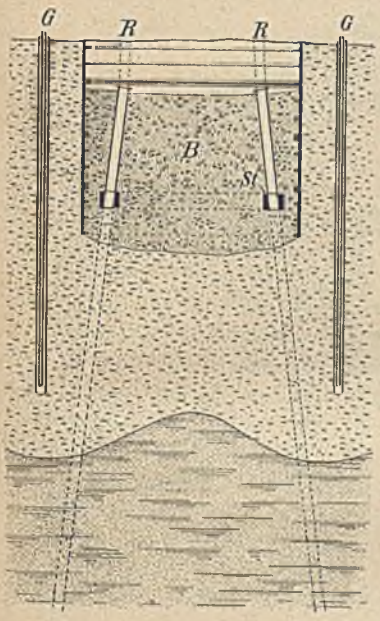


Abb. 338. Absatzweises Gefrieren ohne Schachterweiterung.

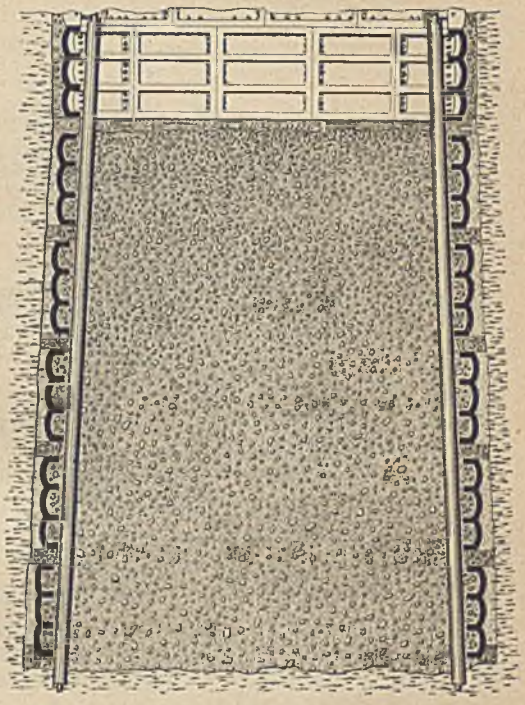


Abb. 339. Schachterweiterung für das absatzweise Gefrieren.

kehrungen neue Gefrierbohrlöcher stößt und das ganze Verfahren wiederholt[1]). Mittlerweile sind freilich das Lotverfahren sowohl wie das Geradrichten abirrender Bohrlöcher während der Bohrarbeit wesentlich vervollkommnet worden, so daß es jetzt selbst bei 500—600 m tiefen Schächten keine unüberwindlichen Schwierigkeiten mehr macht, die Abweichungen der Bohrlöcher in erträglichen Grenzen zu halten und nötigenfalls durch einige Ersatzlöcher auszugleichen. Man wird deshalb grundsätzlich das Niederbringen des Schachtes in einem Gefriersatze in Aussicht nehmen.

Dagegen ist es mehrfach vorgekommen, daß man sich erst nachträglich zum Weiterabteufen mittels des Gefrierverfahrens entschließen mußte, weil

[1]) Zu vgl. die deutschen Reichspatente 148614 und 155384.

es sich herausstellte, daß die Gebirgsverhältnisse eine andere Art des Weiterabteufens unmöglich machten. Unter solchen Umständen hat erstmalig die Firma Tiefbau- und Kälteindustrie-A.-G. auf dem Schachte I der Zeche Baldur bei Dorsten mit Erfolg das in Abb. 338 dargestellte Verfahren zur Anwendung gebracht. Sie brachte einen Betonpfropfen *B* in den Schacht und verlagerte darin einen eisernen Ringkörper *St*, in dem Löcher für die Bohrungen des zweiten Gefrierabsatzes vorgesehen waren. Die Löcher und ebenso die nach oben daran anschließenden Standrohre verliefen nicht genau senkrecht,

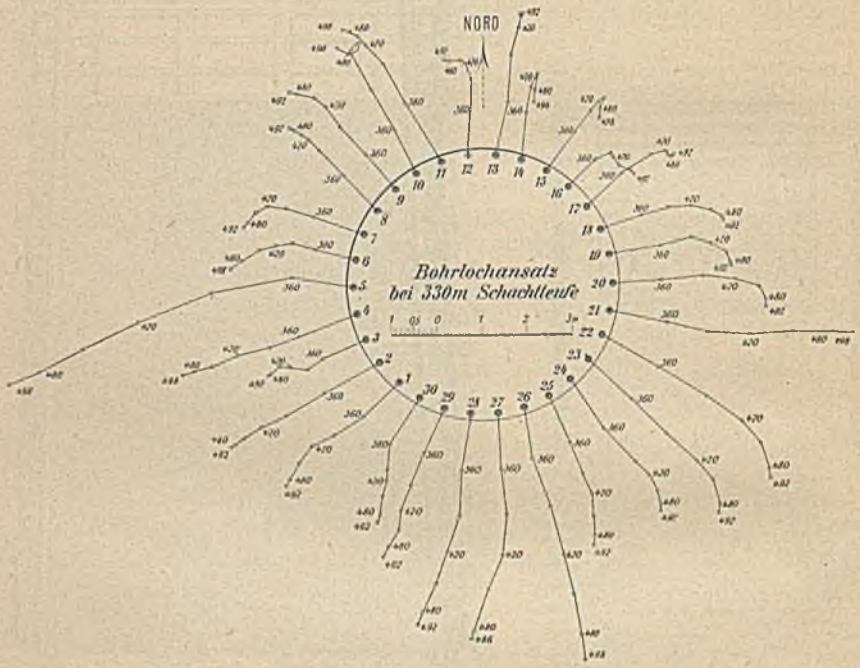


Abb. 340. Verlauf der schrägen Gefrierbohrlöcher von 330 bis 502 m Teufe in dem Schachte der Deutschen Solvaywerke bei Borth.

sondern gingen nach unten etwas schräg auseinander. Für das Abbohren der Gefrierbohrlöcher des zweiten Absatzes wurden die Standrohre nach oben durch die Rohre *R* bis über den Grundwasserspiegel verlängert.

Infolge des schrägen Ansatzes verließen die neuen Gefrierbohrlöcher bald die Schachtscheibe, so daß man beim Abteufen nach einer zeitweiligen Verminderung des Schachtdurchmessers allmählich wieder auf den alten Durchmesser zurückkehren konnte. Es gelang sogar, beim Aufbauen der Gußringe die untere Ringwand mit dem vollen Durchmesser an die obere anzuschließen, da die Frostmauer für die kurze Zeit, die man zum Erweitern des Schachtes an der engen Stelle und zum Aufbau und Anschluß der Gußringe an die obere Ringsäule brauchte, eine genügende Widerstandsfähigkeit auch nach der Außerbetriebsetzung und dem Abhauen der unteren Gefrierrohre beibehielt.

Auf den Schächten der Deutschen Solvaywerke bei Borth, die in einem zweiten Gefrierabsatze von 330—502 m Teufe niedergebracht wurden, war man in der Lage, den sichernden Betonpfropfen und die Standrohre in einer unter dem Schutze der oberen Frostmauer nach Abb. 339 hergestellten Schachterweiterung anzuordnen. Es wurden auf einem Gefrierlochkreis von 6,6 m Durchmesser 30 Bohrlöcher mit einer Neigung von 5° nach außen gebohrt. Den Verlauf der sorgfältig abgeloteten Löcher zeigt Abb. 340. Auch hier verlief die Arbeit glatt und mit vollem Erfolge.

Neue Vorschläge über absatzweises Gefrieren finden sich in dem in Anm.[1]) auf S. 267 erwähnten Aufsatze.

g) Leistungen und Kosten.

123.—**Leistungen.** Zur Veranschlagung der Leistungen, die mit dem Gefrierverfahren erzielbar sind, teilt man die gesamte Abteufzeit zweckmäßig in

a) die Zeit für Herstellung und Ausrüstung der Bohrlöcher,
b) die Zeit des Gefrierens bis zum Beginn des Abteufens,
c) die Zeit des Abteufens und des Ausbaues.

Wenn das Abteufen beschleunigt werden soll, so pflegt man für die Herstellung der Bohrlöcher drei Bohrvorrichtungen gleichzeitig in Betrieb zu nehmen. Treten keine besonderen Schwierigkeiten auf, so kann man wohl annehmen, daß bei Tiefen von etwa 150 m jede Bohrvorrichtung durchschnittlich täglich 15—20 m Bohrloch leistet, so daß für 5000 m Bohrloch, die ein Schacht mit 6 m lichtem Durchmesser bei 150 m Teufe etwa nötig hat, bei Benutzung nur einer Bohrvorrichtung 100 Arbeitstage erforderlich werden. Da nun noch die Zeit für das Besetzen der Löcher mit den Gefrierrohren, das Ziehen der Futterrohre, das Einlassen der Fallrohre und die Herstellung der Verbindungen mit dem Sammel- und dem Verteilungsring hinzukommt, wird man insgesamt hierfür bei einem Schachte von 150 m Teufe 4—5 Monate rechnen können.

Soll der Schacht 300 m tief werden, so verläuft zwar das eigentliche Bohren verhältnismäßig schneller, weil weniger Pausen eintreten. Bei den 400 m tiefen Lohbergschächten hat man sogar einen Tagesdurchschnitt von 40 m für jede Bohrvorrichtung erreicht. Da aber für einen derartig tiefen Schacht der Gefrierrohrkreis größer genommen werden muß, auch wegen des seitlichen Verlaufens der Bohrlöcher mehr Ersatzlöcher notwendig werden, wird man die Zeit für die Herstellung und Ausrüstung der Bohrlöcher immerhin auf 8—9 Monate annehmen können. In günstigem, weichem Gebirge mag man noch etwas darunter bleiben; in hartem oder sonst ungünstigem Gebirge wird man aber auch noch höher kommen.

Die Zeit des Gefrierens bis zum Beginn der Abteufarbeiten wird bei einem 150 m tiefen Schachte mindestens 2 und bei einem 300 m tiefen Schachte mindestens 2½—3 Monate betragen.

Die reinen Abteufleistungen im Frostzylinder sind mit der Zeit sehr gestiegen. Insbesondere liegt dies daran, daß man allmählich zu immer umfangreicherer Verwendung der Sprengarbeit übergegangen ist. Auf Brassert II bei Marl hat man sogar in 5½ Monaten 175 m abgeteuft und gleichzeitig mit Unterhängegußringen ausgebaut. Wenn diese Leistung auch

das übliche Maß überschreitet, so kann man bei glücklichem und störungsfreiem Verlaufe der Arbeiten doch rechnen, daß 150 m Schachtteufe in 6—7 Monaten und 300 m Schachtteufe in 11—13 Monaten niedergebracht und ausgebaut werden können.

Stellt man die angegebenen Zahlen zusammen, so erhält man für den Durchschnitt aller Arbeiten insgesamt monatliche Leistungen von 9—11 m. Diese Leistungen sind freilich für die große Mehrzahl der älteren Schächte nicht erreicht worden, für die man vielleicht 6—8 m als Durchschnitt annehmen kann. Anderseits hat man aber auch auf dem genannten Schachte Brassert II eine durchschnittliche Monatsleistung von 13 m erzielt. Stegemann veranschlagt[1]) für das tertiäre Deckgebirge der niederrheinischen Bucht, das allerdings für das Gefrierverfahren besonders günstig ist, die Leistungen im Höchstfalle auf 11,7—13,1 m, rechnet aber für den Kalisalzbergbau, für den die Gebirgsverhältnisse ungünstiger liegen, mit wesentlich niedrigeren Zahlen.

124. — Kosten[1]). Die Gesamtabteufkosten je 1 m Schacht können unter der Voraussetzung günstiger Gebirgsverhältnisse bei einem lichten Schachtdurchmesser von 5—6 m geschätzt werden auf:

3500— 4000 ℳ	bei	Schachtteufen	bis	etwa	100 m	
4000— 6000 „	„	„	„	„	200	„
5800— 7000 „	„	„	„	„	300	„
7000— 9000 „	„	„	„	„	400	„
9000—11000 „	„	„	„	„	500	„

Die Kosten steigen mit den wachsenden Teufen so erheblich, weil der Gefrierrohrkreis größer gewählt, ein umfangreicherer Frostkörper hergestellt und der Frost längere Zeit unterhalten werden muß, ferner weil die eigentlichen Abteufkosten steigen und die Kosten für die Gußringwand ganz erheblich wachsen und schließlich namentlich auch deshalb, weil die Abteuffirmen verhältnismäßig höhere Preise fordern müssen, da für sie wegen der größeren Gefahr des Mißlingens ein größerer Gewinn im Einzelfalle sich ergeben muß. Für den Kalisalzbergbau mit seinen ungünstigeren Deckgebirgsverhältnissen werden die obigen Zahlen noch erhöht werden müssen.

Für Teufen bis 100 m gliedern sich die Kosten etwa wie folgt:

Für Herstellung der Bohrlöcher	900 ℳ
„ Aufwand beim Gefrieren	1100 „
„ Schachtabteufkosten	550 „
„ Ausbau	1200 „
Insgesamt:	3750 ℳ

VI. Die Versteinung (Zementierung) des Gebirges.

125. — Einleitende Bemerkungen. Unter der Bezeichnung „Versteinungs- oder Zementierverfahren“ faßt man mehrere Arbeiten zusammen, die zwar in Art und Ausführung einander ähnlich sind, aber doch einen wesentlich verschiedenen Endzweck verfolgen.

[1]) Glückauf 1912, Nr. 11, S. 417 u. f.; Stegemann: Leistungen und Kosten beim Schachtabteufen nach dem Gefrierverfahren.

Bei der einen Gruppe von Arbeiten handelt es sich nicht einmal unmittelbar um das eigentliche Schachtabteufen, sondern um die Sicherung bereits abgeteufter Schächte, die unter Wasserschwierigkeiten leiden, sei es, daß die Wasser durch die undichte Schachtwandung selbst hindurchtreten, sei es, daß sie, wie es namentlich bei Senk- und Kind-Chaudronschen Bohrschächten öfter vorkommt, unter dem Fuße der Schachtauskleidung auf oder nahe über der Schachtsohle ausbrechen. In dem einen Falle wird durch die Einführung flüssigen Zementbreies hinter die durchlässige Schachtwandung diese gedichtet, in dem anderen Falle wird durch wasserdichte Verfüllung des Raumes zwischen Schachtwandung und Gebirgstoß der Wasserabschluß nach unten hin bewirkt. In beiden Fällen wird außerdem das den Schacht umgebende Gebirge durch Schließung seiner Hohlräume und Klüfte mit Zement verfestigt.

Bei der zweiten Gruppe von Arbeiten erfolgt vor dem Abteufen des Schachtes oder auch während desselben eine Zementierung des Gebirges, d. h. eine künstliche Durchtränkung desselben mit Zement zu dem Zwecke, es zu versteinen und wasserundurchlässig zu machen, um so die Möglichkeit zu gewinnen, den Schacht trocken niederzubringen. Die Zementierung geht von eigens gestoßenen Bohrlöchern aus vor sich, die das wasserführende Gebirge gleichsam aufschließen und für die Einwirkung der Zementmilch zugänglich machen.

Die Besprechung beider Gruppen von Arbeiten muß aber wegen der geschichtlichen Entwicklung, der Verwandtschaft ihres Wesens und der tatsächlichen Ausführung gemeinsam erfolgen.

A. Die Sicherung bereits abgeteufter Schächte durch Versteinung.

126. — Geschichtliches. Das Verfahren, flüssigen Zementbrei zu Abdichtungszwecken in das Gebirge zu pressen, ist alt. Z. B. sind schon im Jahre 1864 auf Schacht Rheinpreußen I bei Homberg Risse in der Schachtmauerung bei etwa 70 m Teufe dadurch wieder dicht gemacht worden, daß man mittels einer kleinen Pumpe, die einen Druck bis zu 14 Atm. erzeugen konnte, Zementbrei hinter die Mauer preßte[1]). Ferner hat man schon vor dem Jahre 1873 nasse Tunnelgewölbe durch Hinterpumpen von Zementbrei gedichtet, ein Verfahren, von dem man noch des öfteren im Tunnelbau Gebrauch machte[2]). Allgemeine Aufmerksamkeit erregte das Verfahren, als im Jahre 1899 mit seiner Hilfe es dem französischen Ingenieur Portier gelang, einen alten, in ganzer Bolzenschrotzimmerung stehenden Schacht zu Courrières, der mit starken Wasserzuflüssen zu kämpfen hatte, mit vollem Erfolge abzudichten. Das Verfahren wurde bald danach zu gleichem Zwecke noch sehr häufig in Nordfrankreich und in Belgien angewandt.

Für die Abdichtung des Gußringausbaues in neuen Schächten, wo in großer Teufe und gegenüber hohen Wasserdrücken die Dichtung der Guß-

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1869, S. 395 u. 396; Wagner: Die zweite Betriebsperiode der Schachtbohrarbeiten usw.

[2]) Handbuch der Ingenieurwissenschaften 1880, I. Band, S. 1044 u. 1045; Mackensen & Richard: Tunnelbau.

ringwandung auf gewöhnliche Weise durch Bleieinlagen, Verschraubung und Betonierung bisweilen ganz besondere Schwierigkeiten macht, ist das Zementierungsverfahren im Jahre 1901 wohl zum ersten Male auf dem Kalisalzschachte Wintershall in Thüringen angewandt worden, wo es in allen Stücken zum Ziele führte[1]).

127. — Ausführung der Zementtränkung bei undichten Schachtwandungen[2]). Für das Zementieren einer durchlässigen Schachtauskleidung wird diese angebohrt, wobei man das Bohrloch zweckmäßig bis in das Gebirge selbst vertieft, um die wasserführenden Klüfte unmittelbar aufzuschließen. Die Bohrung muß sodann durch ein mit einem Hahn versehenes Anschlußrohr wieder verschlossen werden. Hat das Loch bereits Wasser erbohrt, so verwendet man als Anschluß zweckmäßig die in Abb. 341 dargestellte Vorrichtung, bei der durch Drehung der Schraube die Gummiwulste p_1—p_3 herausgepreßt werden und sich fest gegen die Bohrlochwand anlegen, während das Wasser noch durch das Rohr r abfließen kann. Diese Standrohre besitzen den Vorteil, daß sie nach der Zementierung zwecks Wiederbenutzung sofort entfernt werden können; sie stören also auch die folgenden Gewinnungsarbeiten nicht und beschleunigen somit den Fortgang des Verfahrens. Bei trockenen Bohrlöchern kann das Anschlußrohr einzementiert (s. Ziff. 141) und bei Gußringausbau eingeschraubt werden.

Abb. 341. Abdichtungsrohr.

Die Abbildungen 342 und 343 zeigen die Zementierung eines Mauerschachtes. Das Anschlußstück h besitzt vier Hähne 1—4. Nach Öffnung von 2 und 4 kann das in das Gebirge führende Loch nachgebohrt werden. Die Hähne 1 und 3 gestatten ein Durchstoßen in senkrechter Richtung. Für die Zementierung wird an 1 ein biegsamer Schlauch s angeschraubt, dessen anderes Ende an ein im Schachte niedergeführtes Zementspülrohr r anschließt. Die Zementmilch wird über Tage in einem Mischgefäße m durch Anrühren bereitet und fließt von hier unter dem natürlichen Gefälle dem Spülrohre zu. w ist die Frischwasserleitung, die je nach der Hahnstellung sowohl das Mischgefäß speist als auch mit dem Spülrohr in Verbindung steht.

Man beginnt beim Zementieren an dem unteren Teile der Schachtauskleidung, läßt zunächst den Schlamm austreten, bis klares Wasser kommt, und läßt durch jede Bohrung so viel Zementtrübe wie möglich einfließen. Stockt der Abfluß, so fährt man an anderer Stelle der Schachtwand mit der Arbeit fort, nachdem vorher das Rohr durch eine Spülung mit frischem Wasser gereinigt ist. Gewöhnlich spült man gleichzeitig an zwei gegenüberliegenden Stellen des Schachtes. Wie oft man diese anbohrt und das Ein-

[1]) Intern. Zentralblatt für Baukeramik 1908, S. 2359; L. Rosenstein: Über die Verwendung des Zementes bei Schachtanlagen.

[2]) Vgl. auch oben, S. 98 u. f. „Betonausbau".

spülen wiederholt, hängt von dem Zustande des Schachtes, der Wasserdurchlässigkeit der Wandung und dem Erfolge der vorhergehenden Spülungen ab.

Man kann den Druck der Flüssigkeitsäule im Spülrohr noch durch Einschalten einer Pumpe dicht hinter dem Mischgefäß erhöhen. Im übrigen ist wegen des Spüldruckes das unter Ziff. 133 Gesagte zu vergleichen.

Man kann auch das Mischgefäß im Schachte selbst aufstellen und die hier bereitete Zementtrübe durch eine Pumpe hinter die Schachtwandung drücken. Besser ist aber die Ausnutzung des natürlichen Druckes, da dann bei Herstellung und Lösung der Anschlüsse weniger die Gefahr von Rückströmungen, die den ruhigen Absatz des Zementes und das Abbinden hindern, eintritt.

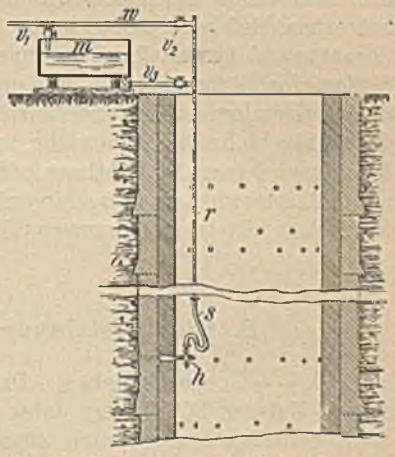


Abb. 342. Zementieren eines Mauerschachtes.

128. — Wasserabschluß am Fuße von Senk- und Bohrschächten. Es ist oft mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft, den Fuß von Senkschächten und Kind-Chaudronschen Bohrschächten wasserdicht abzuschließen. Bei Senkschächten kann dies daran liegen, daß der Schneidschuh nicht genügend tief in wassertragendes Gebirge eingedrungen ist. Bei Bohrschächten kann Nachfall oder der im Schachte befindliche Schlamm, dessen völlige Beseitigung nahezu eine Unmöglichkeit ist, die Moosbüchse umlagern und den Wasserabschluß verhindern. Der Einbau eines engeren Eisenschachtes würde den Nachteil einer erheblichen Verzögerung und Verteuerung und einer unliebsamen Verengerung des Schachtes mit sich bringen. In solchen Fällen hat sich die Zementtränkung mehrfach gut bewährt.

Abb. 343. Hahnanordnung beim Zementieren eines Mauerschachtes.

Bei Senkschächten muß vor der Zementeinführung die Sohle gegen Wasserdurchbrüche durch Einbringen eines 4—6 m hohen Betonklotzes gesichert werden. Ist das geschehen, so wird der Schacht gesümpft und die Zementierung der Schachtwandung in der gleichen Weise durchgeführt, wie es oben für die Dichtung von durchlässigen Schachtauskleidungen beschrieben wurde. Beim späteren Durchteufen des Betonklotzes wird nach jedem Bloßlegen eines Gußringes das Anbohren der Wandung und das Hinterpressen von Zement fortgesetzt, bis die Sohle des Schachtes erreicht ist.

Das Verfahren ist z. B. auf dem Schachte Bismarckshall bei Samswegen (Prov. Sachsen) und dem Schachte der Adlerkaliwerke bei Oberröblingen mit Erfolg angewandt worden.

Bei Bohrschächten, aus denen der falsche Boden noch nicht entfernt ist, kann unmittelbar mit dem Anbohren der Gußeisenwand und

nach Entfernung des Schlammes mit dem Einpressen des Zements begonnen werden, sobald bei dem allmählichen Ausbau des Gleichgewichtsrohres festgestellt ist, daß der Abschluß der Wasser durch die Moosbüchse nicht gelungen ist.

Als Beispiel seien zunächst die Wasserabschlußarbeiten auf dem Schachte Großherzog von Sachsen bei Dietlas genannt. Hier waren am Fuße der gußeisernen Schachtauskleidung so erhebliche Wassermengen durchgebrochen, daß man den Schacht bereits verloren gab. Durch die in der Schachtwand hergestellten Bohrungen zapfte man zunächst große Mengen Schlamm ab, die so lange die ordnungsmäßige Betonierung der Auskleidung verhindert hatten und führte dann 69 t Portlandzement ein[1]). Der Wasserabschluß glückte so völlig. Ähnlich verfuhr man auf den Schächten Friedrich Franz bei Lübtheen in Mecklenburg und Hildesia bei Hildesheim, nur daß hier wegen des Salzgebirges Magnesiazement (s. S. 87) zur Anwendung kam, der mittels Handpumpen hinter die Schachtwand gepreßt wurde.

B. Die Versteinung beim Schachtabteufen.

129. — Geschichtliches. Dr. Tietjens zu Staßfurt hat bereits in seinem Patente 36085 vom Jahre 1885 vorgeschlagen, die Wasserzuflüsse beim Schachtabteufen durch Zuschlämmen der Spalten mit erhärtenden Salzen, die mittels versenkter Röhren eingespült werden, abzusperren, und gibt in der Patentschrift an, daß dieses Verfahren besser als das Verschlämmen der Spalten mit Mörtel und Zement sei.

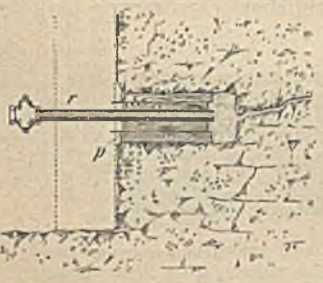


Abb. 344. Zementierung aufgeschlossener, wasserführender Klüfte nach Wiede.

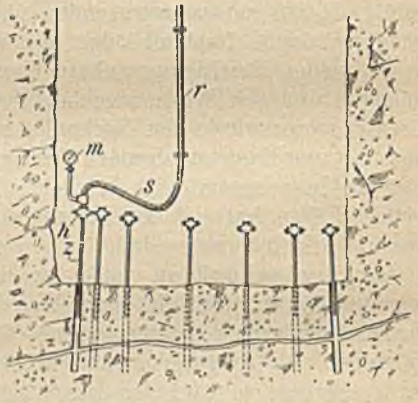


Abb. 345. Zementierung nicht aufgeschlossener, wasserführender Klüfte nach Wiede.

Nachweislich zum ersten Male unmittelbar für das Schachtabteufen benutzt ist das Verfahren wohl von dem Bergwerksdirektor A. Wiede zu Zwickau, der davon beim Abteufen des Pöhlauer Schachtes im Staate Sachsen im Jahre 1900 und 1901 Gebrauch machte[2]). Da dem Schachte

[1]) Festschrift zum X. Allgem. Deutschen Bergmannstag 1907; Löwe: Die bergmännische Gewinnung der Kalisalze.

[2]) Jahrbuch f. d. Berg- u. Hüttenwesen im Königr. Sachsen 1901, S. 66 u. f.; Wiede: Die Wasserabdämmung beim Abteufen des Pöhlauer Schachtes usw.

bei etwa 60 m Teufe durch mehrere Klüfte in dem aus Konglomerat bestehenden Gebirge Wasser zuflossen, die die Pumpen nicht mehr zu bewältigen vermochten, versuchte Wiede, durch Einführung eines dünnflüssigen Zementbreies unter Druck in die Wasseradern des Gebirges in diesen das Wasser zurückzudrängen und eine Versteinung der wasserführenden Klüfte zu erzielen. Zu diesem Zwecke wurden die Wassereintrittstellen durch Schrämen erweitert und vertieft. Alsdann wurde der Schram durch Holzklötze und Keile unter gleichzeitiger Einlegung von Rohrstücken verschlossen, wie dies Abb. 344 darstellt. Mittels einer Handpumpe wurde Zementbrei eingepumpt, solange das Gebirge ihn aufnahm. Beim weiteren Abteufen wartete man nicht erst auf die völlige Bloßlegung der Wasseradern, sondern bohrte auf der Schachtsohle regelmäßig vor. Sobald man mit diesen Vorbohrlöchern Wasser erschloß, trieb man in sie mit Hanf als Dichtung umwickelte Rohre z (Abb. 345) ein, die oben einen Hahn h besaßen und an die Zementleitung r mittels des Schlauches s angeschlossen werden konnten. Darauf ging das Einspülen der Zementtrübe vor sich, während noch eine schützende Gebirgsdecke zwischen der Schachtsohle und der Wasserkluft sich befand. Auch diese Arbeiten waren von Erfolg begleitet.

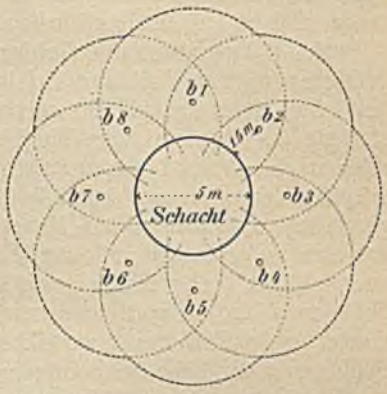


Abb. 346. Zementierung des Gebirges durch rings um den Schacht angeordnete Bohrlöcher.

Um die gleiche Zeit schlug der bereits genannte Ingenieur Portier vor, ähnlich wie bei dem Gefrierverfahren eine Anzahl von Bohrlöchern rund um den Schacht bis zu den festen, wassertragenden Gebirgschichten niederzubringen, wie dies Abb. 346 andeutet, nach der acht Bohrungen b_1—b_8 um einen Schacht von 5 m Durchmesser angeordnet sind. Mittels der Löcher sollte durch Zementeinführung das ganze benachbarte Gebirge etwa in dem Umfange, wie dies die punktierten Linien der Abb. 346 darstellen, verfestigt und wasserundurchlässig gemacht werden. Nach Portiers Vorschlägen sind sodann tatsächlich mehrere Schächte niedergebracht worden, von denen der erste im Jahre 1904 in Angriff genommen wurde.

a) Allgemeines.

130. — **Wesen des Verfahrens und seine Anwendbarkeit in verschiedenartigem Gebirge.** Die durch Bohrlöcher in das Gebirge gepreßte Zementmilch verlangsamt um so mehr ihre Strömungsgeschwindigkeit und lagert den mitgeführten Zement ab, je weiter sie sich vom Bohrloche entfernt und sich in den Hohlräumen des Gebirges verliert. Nach einer gewissen Zeit binden diese Zementniederschläge ab, werden fest und verschließen so die Spalten, Klüfte, Risse und Hohlräume, die bisher dem Wasser einen Weg boten. In dem nunmehr trockenen Gebirge wird der

Schacht abgeteuft. Auch wenn der Abschluß der Wasser nicht völlig gelingt, so ist schon jede Verringerung der Zuflüsse wertvoll. In günstigem Gebirge ist sogar der Ersatz des teuren Gußringausbaues durch die Zementtränkung des Gebirges möglich.

Am günstigsten liegen die Vorbedingungen für die Anwendbarkeit des Verfahrens, wenn es sich um klüftiges, im übrigen aber festes Gebirge handelt. In den von festem Gestein eingeschlossenen Hohlräumen verbreitet sich die Zementmilch leicht, indem sie frei weiter fließt, bis sich die Öffnungen allmählich durch den Zementabsatz schließen und das Ganze eine einheitliche, dichte Gebirgsmasse bildet. Auch bei groben, tonfreien Kiesen ist die Zementierung und Verfestigung des Gebirges möglich. In feinem Schwimmsande dagegen gelingt die Versteinung nicht, da der Zement wie durch ein Filter zurückgehalten wird und die Milch selbst in sehr dünnflüssigem Zustande und bei hohem Überdrucke nicht gleichmäßig in das Gebirge eindringt.

131. — **Ausspülen des Gebirges.** Anwesenheit von Ton und Schlamm gefährdet in jedem Falle den Erfolg des Verfahrens, weil der Zement in Gemisch mit Schlamm schlecht oder gar nicht abbindet. Selbst der bei Herstellung der Zementierungs-Bohrlöcher im festen Gebirge erzeugte Bohrschlamm ist sehr schädlich und nach Möglichkeit ebenso wie anderer Schlamm vor der Zementierung durch Spülung zu beseitigen. Dies kann dadurch geschehen, daß man größere Mengen reinen Wassers durch das Bohrloch in das Gebirge preßt und auf diese Weise den Schlamm in Bewegung setzt und zurückdrängt. Der Erfolg wird immerhin zweifelhaft bleiben, da ja der Schlamm nicht entfernt, sondern nur auf eine gewisse und vielleicht nicht einmal große Entfernung zurückbewegt wird. Besser ist es deshalb, den Schlamm in der Nähe des Bohrloches gänzlich aus dem Gebirge zu entfernen, was durch Ansaugen und Auspumpen des Wassers aus dem Bohrloche oder, falls das Wasser unter Überdruck steht und in einen Schacht oder in Grubenräume ausspritzen kann, durch einfaches Strömenlassen geschieht. Mit dem Pumpen oder Fließenlassen des Wassers fährt man so lange fort, bis es völlig klar aus dem Bohrloche kommt. Am sichersten ist es, wenn man danach außerdem noch für einige Zeit die Spülung umkehrt und reines Wasser in das Gebirge preßt, um die letzten Schlammreste aus der Nachbarschaft des Bohrloches weiter in das Gebirge hineinzutragen.

132. — **Wahl des Zementes und des Mischungsverhältnisses.** Für das Verfahren benutzt man in der Regel Hochofenzement (besonders beliebt ist die Marke Thuringia, s. S. 85), wobei auf feinste Mahlung des Kornes Rücksicht zu nehmen ist. Denn je feiner die Mahlung, um so leichter werden die Zementteilchen die Möglichkeit finden, in die engsten Spältchen und Risse einzudringen. In vereinzelten Fällen (z. B. beim Zementieren eines „Salzhutes") hat man auch Magnesiazement mit Erfolg benutzt[1]).

Einen schnell bindenden Zement zu wählen, ist im allgemeinen nicht empfehlenswert, da beim Einspülen unter Umständen längere Zeit vergeht, ehe die Aufnahmefähigkeit des Gebirges erschöpft ist. Solange aber die Zementmilch noch fließt, kommt der zum Teil im Gebirge bereits abgelagerte

[1]) Zeitschr. d. Intern. Vereins d. Bohring. u. Bohrtechniker 1917, Nr. 9/10, S. 57 u. f.; Meuskens: Zementierverfahren beim Abteufen des Schachtes Wendland usw.

Zement nicht zur Ruhe, so daß er nicht als geschlossene, feste Masse abbinden kann, sondern einen losen Schlamm bildet.

Die Zementmilch wird in verschiedenem Mischungsverhältnisse eingerührt, wobei man als Grenzen etwa 5—30% Zementbeimischung zum Wasser ansehen kann. Enthält das Gebirge große und weite Hohlräume, so wählt man dicke Trüben mit hohem Zementgehalt. In solchen Fällen kann auch der Zusatz grober, scharfkantiger Sand- oder Kiesmassen zweckmäßig sein, oder aber man sieht zunächst von dem Einfließenlassen von Zement ganz ab und füllt die Räume im Spülstrom mit scharfkantigen Geröllen aus. Erst nach Ablagerung dieser Versatzmassen läßt man den dünnflüssigen Zementbrei folgen, der nunmehr die verbliebenen Hohlräume verkittet[1]). Je enger und verästelter die auszufüllenden Klüfte und Risse sind, um so leichtflüssiger stellt man die Zementmilch ein. Auch pflegt man zum Schlusse der Spülung, wenn bereits der Abfluß stockt, zu noch leichtflüssigeren, wenig Zement enthaltenden Mischungen überzugehen.

Trotz Wahl der feinsten Zementmahlung und der flüssigsten Milch findet die Zementierfähigkeit klüftigen Gebirges eine gewisse Grenze, da ganz feine Haarrisse, auf denen reines Wasser noch fließen kann, der Zementmischung den Eintritt verwehren. Die auf solchen engen Wegen etwa zusitzenden Wassermengen werden aber in jedem Falle nur gering sein.

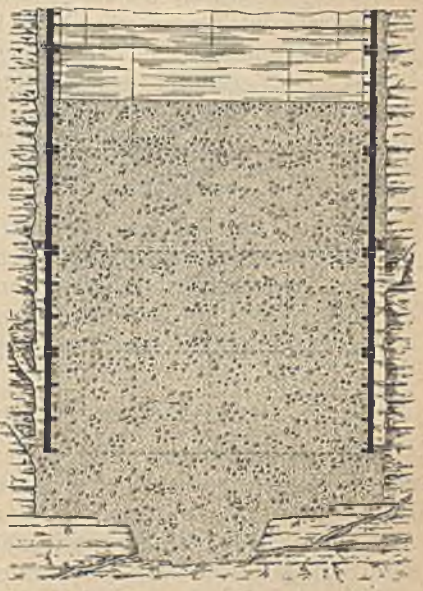


Abb. 347. Vorzeitiges Erhärten des Zementes als Folge eines zu langsamen Einbringens.

133. — Die bei der Zementeinführung zu beobachtenden Bedingungen. Von besonderer Bedeutung ist die Schnelligkeit der Zementeinführung. Wird der Zement zu langsam eingebracht, so fängt der Brei in der unteren Lage an abzubinden und zu erhärten, verschließt, wie dies Abb. 347 andeutet, die Öffnungen von etwa ansteigenden Hohlräumen und kann dann in diese nicht mehr emporsteigen[1]). Ein schnell eingebrachter Zement dagegen dringt auch in ansteigende Hohlräume mit ein und füllt sie vollständig aus.

Der Druck, mit dem die Zementtrübe in das Gebirge gepreßt wird, braucht zum Beginne der Arbeit, solange die Trübe leicht aufgenommen wird, nur gering zu sein, muß aber in jedem Falle den im Gebirge vorhandenen Wasserdruck übersteigen. Je mehr der Widerstand durch Bildung von Zementniederschlägen im Gebirge wächst und je enger die auszufüllenden Hohlräume sind, desto höher wird zweckmäßig der angewandte Druck werden.

[1]) S. Anm. [1]) auf S. 204.

Hierbei ist zu beachten, daß die Zementtrübe selbst ein höheres spezifisches Gewicht als Wasser besitzt. Geschieht also das Einspülen durch senkrechte Rohrleitungen von der Tagesoberfläche her, so wird schon das höhere spezifische Gewicht der Zementmilch einen gewissen Überdruck erzeugen. Genügt dieser Überdruck nicht, so kann man Pumpen anwenden. Man hat auf diese Weise Überdrücke bis zu 20, ja bis zu 80 Atm. zur Wirkung gebracht. Erst wenn das Gebirge gar keine Zementtrübe mehr aufnimmt, hört man mit dem Einpressen auf. Sofort danach werden die Rohrleitungen und die etwa vorhandene Pumpe durch Wasserspülung gereinigt, damit Ansätze in ihnen vermieden werden.

Im allgemeinen ist bei der Arbeit von Wichtigkeit, daß das Einspülen der Zementmilch in ununterbrochener Folge bis zur Beendigung vor sich geht, damit in Rohrleitung und Gebirge sich keine Stopfen bilden.

134. — Zeitdauer des Erhärtens des Zementes und räumliche Ausdehnung der Versteinung. In den engen Gebirgspalten erhärtet der Zement schnell. Gewöhnlich gibt man ihm nur 4—5 Tage Zeit zur Erhärtung, da nach dieser Zeit das Gebirge bereits dicht und wasserundurchlässig zu sein pflegt.

Über die Verbreitung des Zementes um das Bohrloch lassen sich naturgemäß bestimmte Angaben nicht machen, da hierbei die Natur des Gebirges und der Zusammenhang der Hohlräume entscheidend sind. Auf den Schächten der Grube Édouard-Agache hat man festgestellt[1]), daß sich der Zement bis zu 50 m um den Schacht verbreitet hatte.

b) Handhabung des Verfahrens beim Schachtabteufen.

135. — Einteilung. Ein in den Einzelheiten feststehendes Schachtabteufverfahren mittels der Zementtränkung hat sich bisher noch nicht herausgebildet. Vielmehr weichen die an verschiedenen Orten durchgeführten Arbeiten mehr oder weniger voneinander ab. Die schon in der geschichtlichen Entwicklung erkennbaren Hauptunterschiede liegen darin, daß die Herstellung der Bohrlöcher und die Zementtränkung entweder

a) von der Tagesoberfläche her oder

b) absatzweise von der Schachtsohle aus

vorgenommen werden.

Das Verfahren, die Herstellung der erforderlichen Bohrlöcher und die Zementtränkung von der Tagesoberfläche aus vorzunehmen, hat insbesondere in Frankreich Aufnahme gefunden. In Deutschland ist man bisher fast allgemein absatzweise von der Schachtsohle aus vorgegangen.

136. — Zementierung von der Tagesoberfläche her. Auskleidung und Fassung der Bohrlöcher. Das Verfahren eignet sich besonders für den Fall, daß die wasserführenden Schichten nahe unter Tage liegen. Man setzt die Löcher in einem Kranze um den abzuteufenden Schacht an und hat dann den Vorteil, daß das Gebirge in einem größeren Umkreise, als dies bei der Arbeit von der Schachtsohle aus möglich ist, versteint wird. Die Zahl der Bohrlöcher kann wesentlich geringer als beim Gefrierverfahren sein. Man hat sich bisher mit etwa 6—8 Löchern begnügt (s. Abb. 346, S. 281).

[1]) Ann. d. min., Paris 1908, Tome XIII; Saclier: Sur le creusement etc.

Die für die Zementierung zu benutzenden Bohrlöcher bleiben am besten, soweit das Gebirge es gestattet, unverkleidet. Ist Nachfall zu befürchten, so werden sie mit gelochten Rohren besetzt.

Das oberste Stück des Bohrloches wird jedoch, damit die unter Druck gebrachte Zementflüssigkeit nicht nach oben hin durchbricht, fest verrohrt und gesichert. Zu diesem Zwecke wird das Kopfende des Futterrohres in der Regel auf eine gewisse Länge (etwa 6 m) fest in das Gebirge einzementiert, was durch Feststampfen geschehen kann, falls das Loch weit genug ist (Abb. 348), oder auch auf die in Ziff. 141 angegebene Weise.

137. — Tränkung der Bohrlöcher. Das einzelne Loch pflegt man gewöhnlich auf die volle Teufe abzubohren und danach als Ganzes zu tränken. Freilich werden die Löcher hierbei nicht allzu tief sein dürfen. Denn wenn die Zementmilch an vielen Stellen zugleich aus dem Bohrloche in das umgebende Gebirge übertreten kann, wird ihre Strömungsgeschwindigkeit allzu schnell verlangsamt, und die Folge ist, daß die Zementniederschläge nur in der unmittelbaren Nähe des Bohrlochs stattfinden. Um dies zu vermeiden, bringt man wohl die Löcher in einzelnen Absätzen (von z. B. je 8 m) nieder und tränkt jedesmal danach sofort das durchstoßene Gebirge[1]). Es findet also ein fortschreitendes Zementieren des Gebirges von oben nach unten statt.

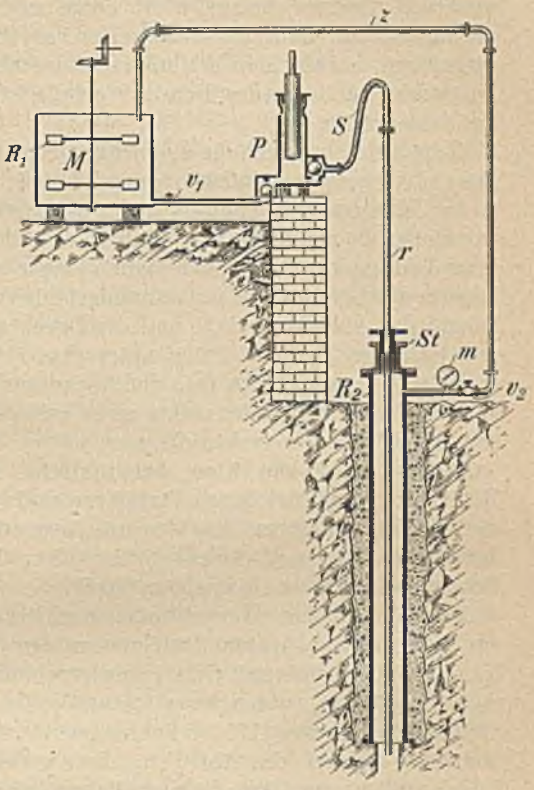


Abb. 348. Fassung der Bohrlöcher und sonstige Einrichtungen für das Zementierverfahren.

Das Einpressen des Zements kann in allen Löchern gleichzeitig oder nacheinander erfolgen. Es mag vorteilhafter erscheinen, die Arbeit gleichzeitig vorzunehmen, solange noch sämtliche Wasserklüfte offen stehen, damit die Zementmilch sich gleichmäßig weit nach allen Seiten hin um den Schacht verbreiten kann. Auf diese Weise wird verhindert, daß der Wirkungskreis des ersten zementierten Bohrloches denjenigen der Nachbarlöcher durch vorzeitiges Schließen der Verbindungskanäle schädigt. Anderseits erfordert

[1]) S. Anm. [1]) der vorhergehenden Seite.

das Verfahren der gleichzeitigen Zementierung mehrerer Löcher besondere Vorrichtungen und wird in seiner Wirkung unübersichtlich, da Stockungen der Arbeiten bei einem Bohrloche auch den Betrieb der anderen beeinträchtigen. In der Regel zieht man deshalb aus Gründen der Einfachheit vor, ein Loch nach dem anderen zu zementieren. Die Aufnahmefähigkeit der einzelnen Löcher ist dabei außerordentlich verschieden.

138. — **Rückleitung der überschüssigen Zementtrübe.** Gewöhnlich pflegt man für ein Rückfließen der Zementtrübe, sobald das Gebirge die weitere Aufnahme versagt, nicht Sorge zu tragen, sondern die Flüssigkeit so lange in das Bohrloch einzupressen, als dieses sie aufnimmt, und damit aufzuhören, sobald kein Abfluß mehr besteht. In diesem Falle dient das Futterrohr, mit dem das Bohrloch gefaßt ist, gleichzeitig als Zuleitung für die Zementtrübe.

Man kann aber auch die Möglichkeit eines Rückflusses der überschüssigen Flüssigkeit vorsehen, indem man nach Abb. 348 ein besonderes Fallrohr r in das Futterrohr R_2 einführt und an letzteres seitlich eine Abflußleitung z anschließt, die die Trübe zum Teil wieder in das Mischgefäß M zurückführt[1]). Diese Leitung kann durch den Hahn v_2 mehr oder weniger abgesperrt werden. Solange das Gebirge noch gut aufnahmefähig ist, bleibt der Hahn verschlossen. Sobald der Abfluß nachläßt und der Druck ansteigt, öffnet man allmählich den Hahn, so daß die Trübe unter dem eingestellten Höchstdrucke auch dann noch einige Zeit in dem Bohrloche umfließt, wenn schon das Gebirge nur noch sehr wenig oder nichts mehr aufnimmt. Dieses Verfahren ist zwar umständlicher, aber auch wirksamer.

139. — **Angaben über tatsächliche Ausführungen und Kosten.** Mittels des vorgeschriebenen Verfahrens sind in Frankreich mehrere Schächte niedergebracht worden. Die Zementierung erfolgte z. B. auf den Schächten der Grube Édouard-Agache[2]) bis 53 m Teufe, auf den Schächten der Gruben bei Béthune[1]) bis 95 m Teufe.

Die tatsächlichen Kosten haben nach Saclier für die beiden Schächte von 3,65 und 5 m lichtem Durchmesser der Grube Édouard-Agache, die bis 53 m im zementierten Gebirge niedergebracht und bis 80 m Teufe mit Gußringen ausgebaut wurden, etwa 1500 ℳ je 1 m betragen, wovon rund 315 ℳ auf die Zementierung (175 ℳ Bohrungen, 50 ℳ Einrichtungen, 90 ℳ Zement) und 1185 ℳ auf das Abteufen, die Auskleidung und Sonstiges entfallen. Lombois[3]) veranschlagt die eigentlichen Zementierungskosten von der Tagesoberfläche aus für einen Schacht von 100 m Teufe auf etwa 500 ℳ je 1 m.

140. — **Zementtränkung in Absätzen von der Schachtsohle aus. Allgemeines.** Diese Art der Zementierung wird stets dann angewandt werden, wenn die wasserführenden Schichten unter einem trockenen Deckgebirge von größerer Mächtigkeit lagern, so daß das Niederbringen der Bohrlöcher von Tage aus einen erheblichen und an sich unnützen Aufwand an Kosten und Zeit bedingt. Fälle solcher Art liegen z. B. vor, wenn man im Ruhrbezirke unter dem Emscher Mergel in den klüftigen und öfter wasser-

[1]) Bull. d. l. soc. d. l'ind. min. 1908, IV. Livr.; Fagniez: Emploi de la cimentation etc. [2]) S. Anm. [1]) auf S. 284.

[3]) Bull. d. l. soc. d. l'ind. min. 1908, 4. Série, S. 109; Lombois: Sur la cimentation etc.

reichen weißen Mergel gelangt oder wenn man in Thüringen erst in großer Tiefe den gefürchteten Plattendolomit im Zechstein zu durchteufen hat. Auch wenn im festen Gebirge nur vereinzelte Klüfte ausnahmsweise und unregelmäßig als Wasserzubringer auftreten, wird man dem einfacheren und billigeren Verfahren der Zementtränkung von der Schachtsohle aus den Vorzug geben.

Die Herstellung der Bohrlöcher muß wegen der Gefahr des Einbruches der Wasser in den Schacht in jedem Falle unter Anwendung besonderer Vorsichtsmaßnahmen geschehen. Das einfache Wiedesche Verfahren (s. Ziff. 129, S. 280), daß man die Wasserklüfte ohne weiteres anbohrt und das Bohrloch erst danach durch das Zementeinführungsrohr selbst verschließt, würde bei bedeutenderen Wasserdrücken nicht mehr ausführbar und zu gefährlich sein. Nur wo man zur planmäßigen Zementierung noch nicht entschlossen ist, aber damit rechnet, daß man schon die eine oder andere wasserführende Kluft anbohren kann, wendet man ein ähnliches Vorgehen an, indem man auf der Sohle des Schachtes mehrere Holzpflöcke oder auch eiserne Abschlußpfähle[1]) vorrätig hält, die man schnell mit Treibfäusteln in das wasserbringende Bohrloch eintreiben kann. Die Verschlußpflöcke besitzen seitlich angeschraubte Arme, damit sie von mehreren Leuten gehalten und gehandhabt werden können.

Vorsichtiger ist es, überall da, wo man Wasser erwartet, die sog. „Standrohre" zur Anwendung zu bringen, die vor Erreichung der Wasserklüfte fest und sicher im Gebirge einzementiert werden (s. Ziff. 141). Die Rohre erhalten an ihrem Kopfe einen Verschluß, der einerseits die Fertigstellung des Zementierbohrloches nicht hindert, aber anderseits auch nach Anbohren der Wasser diese ohne Gefahr abzuschließen gestattet.

Den ersten Zementierabsatz sucht man möglichst noch im trockenen Gebirge anzusetzen. Ist bereits ein Wasserdurchbruch erfolgt, so bringt man einen Zementklotz auf die Schachtsohle, damit der Schacht wieder gesümpft werden kann. Alsdann werden in dem Klotze die Standrohrlöcher hergestellt. Um ganz sicher zu gehen, kann man auch mit untergehängten Gußringen arbeiten und einen falschen Boden anwenden, der die für das Abbohren des nächsten Kranzes von Zementierlöchern erforderlichen Durchbohrungen besitzt[2]). In Deutschland hat man von diesem ziemlich umständlichen und teuren Verfahren allerdings noch nicht Gebrauch gemacht.

141. — Die Standrohrlöcher und das Einzementieren der Standrohre. Für die Standrohrlöcher genügt eine lichte Weite von 70 bis 80 mm. Bei den ersten Anwendungen des Verfahrens glaubte man ihnen eine Tiefe von 6 m geben zu müssen; man ist aber jetzt in festem, gutartigem Gebirge bis auf 2—3 m zurückgegangen, ohne daß die Festigkeit der Verlagerung der Rohre zu Bedenken Anlaß gegeben hätte.

Die Herstellung der Standrohrlöcher kann mit Diamant-Drehbohrmaschinen erfolgen; meistens verwendet man jetzt Bohrhämmer, die erheblich billiger arbeiten. Sobald das Loch die beabsichtigte Teufe erreicht

[1]) Glückauf 1911, Nr. 21, S. 809 u. f.: Morsbach: Das Abteufen der Westfalenschächte bei Ahlen.

[2]) Ann. d. min., Paris 1907, 10. Série, Tome XII, S. 493; Morin: L'emploi de la cimentation etc.

hat, wird es mit flüssigem Zement gefüllt und das unten mit einem Zementpfropfen verschlossene Standrohr eingeschoben. Man benutzt zum Einzementieren der Rohre entweder Magnesiazement, der den Vorteil besitzt, daß er bereits in vier Stunden erhärtet[1]), oder einen schnellbindenden Portlandzement, der zwar etwa 14—16 Stunden zum Erhärten gebraucht, aber auch fester hält. Die Einrichtung der Standrohre ergibt sich aus den Abbildungen 349 und 350. Damit sie im Zement möglichst festsitzen, erhalten sie ringförmige Einfräsungen (Abb. 349) oder am Fuße eine konische Aufweitung (Abb. 350). Der Abschlußhahn am Kopfe ist in beiden Fällen mit h_2 bezeichnet.

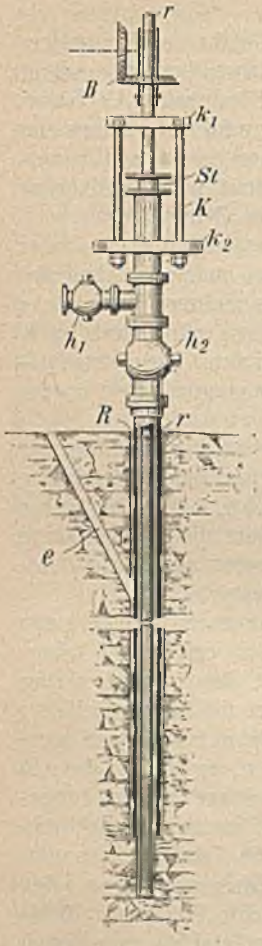


Abb. 349. Standrohr mit Drehbohreinrichtung.

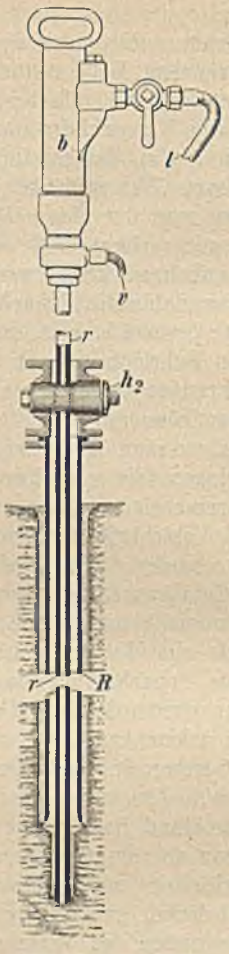


Abb. 350. Standrohr mit Bohrhammer.

Eine besondere Art eines Standrohres für wasserführende Löcher ist bereits in Ziff. 127 beschrieben.

142. — **Die Zementierlöcher.** Nachdem die Standrohre befestigt und mit dem zu erwartenden Drucke, vermehrt um einen angemessenen Sicherheitszuschlag, abgepreßt sind[2]), geht man an die Fertigstellung der Zementierlöcher. Ihr Durchmesser wird auf 28—45 mm, ihre Tiefe auf 8—12 m bemessen. Sie können wie die Standrohrlöcher durch Diamant-Drehbohrmaschinen oder durch Bohrhämmer hergestellt werden.

Die Abb. 349 stellt eine Vorrichtung dar, wie sie von der Allgemeinen Tiefbohr- und Schachtbau-A.-G. zu Düsseldorf für die Arbeiten auf Zeche Viktoria bei Lünen benutzt wurde. Eine Drehbohrmaschine, die das Bohrrohr r in Umdrehung versetzt, greift bei B an. Die durch die

[1]) S. Anm. [1]) auf S. 287.

[2]) Auf Zeche Emscher-Lippe bei Datteln unterwarf man bei etwa 500 m Schachtteufe die mit Portlandzement fest gemachten Standrohre einem Probedrucke von 100 Atm.

Bolzen K miteinander verbundenen Klammern k_1 und k_2 stellen eine nachgiebige Verbindung zwischen dem Bohrrohr r und dem Standrohr R her und dienen dazu, beim Anbohren von Wasser, das unter starkem Drucke steht, ein allmähliches Abbremsen des sich herausschiebenden Bohrgestänges zu ermöglichen.

Die Abb. 350 zeigt die Verwendung von Bohrhämmern. Mit ihnen kann in mittelfestem Gestein ein Loch von 12 m Teufe in etwa einer Stunde fertiggestellt werden. Man arbeitet mit Hohlbohrern und Luft- oder Wasserspülung. In der Abb. 350 ist letztere angedeutet. Die Bohrstange ist nicht zusammengesetzt, sondern besteht aus einem Stück.

Die Löcher werden senkrecht nach unten oder auch in schräger Richtung und gleichzeitig etwas auswärts gerichtet (Abb. 351) abgebohrt. Letzteres erscheint ratsamer, weil infolge der wechselnden Richtung der Löcher die Gefahr, daß Klüfte nicht getroffen werden, verringert wird. Der in Abb. 351 dargestellte Ansatz und Verlauf der Bohrlöcher kam bei den Zementierungsarbeiten der Zeche Viktoria bei Lünen zur Anwendung.

Es ist vorgeschlagen worden[1]), von den Bohrlöchern aus mittels elektrischer Wellen einerseits die Leitfähigkeit und damit die Wasserführung des Gebirges und anderseits nach bewirkter Tränkung des Gebirges den Erfolg der Zementierung festzustellen. Über die tatsächliche Durchführung solcher wissenschaftlicher Untersuchungsweisen ist freilich noch nichts bekannt geworden.

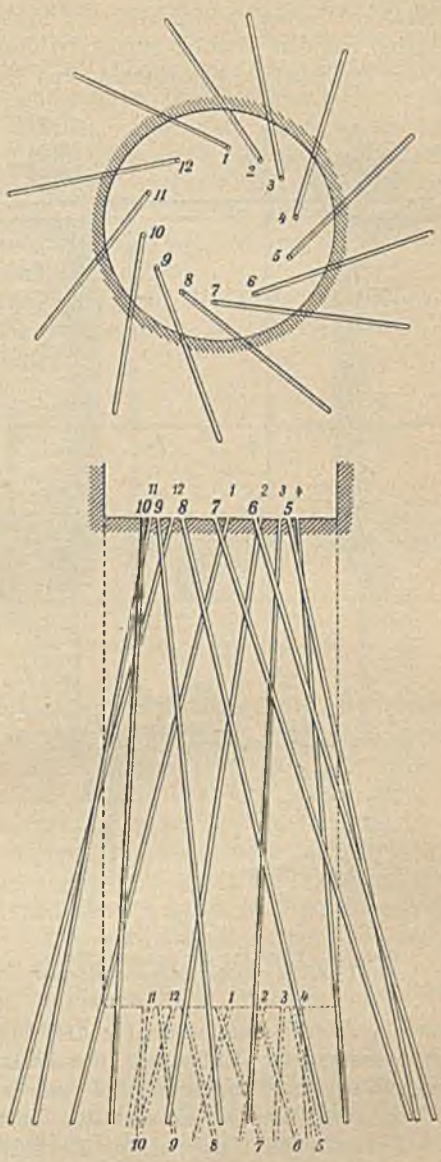


Abb. 351. Schräger Ansatz und Verlauf der Bohrlöcher für Zementierung des Gebirges beim Schachtabteufen.

[1]) Zeitschr. f. a. Chemie 1919, Bd. I, S. 353 u. f.; Dr. Ambronn: Die Durchforschung der Erdrinde und ihre Nutzbarmachung im Berg- und Tiefbau.

143. — **Die Tränkung der Zementierlöcher.** Das Zementieren kann von über Tage aus erfolgen, wie dies auf der linken Hälfte der Abb. 352 dargestellt ist. Die Zementtrübe wird durch einfaches Umrühren in dem Behälter *b* bereitet und mit Eimern in den Trichter *t* übergefüllt. Sobald der Abfluß aus dem Trichter stockt, ist das Loch gesättigt. Man schließt dann unten im Schachte den Hahn h_2 und löst die Verbindung der Rohrleitung *l* mit dem Standrohr *R*, so daß die Trübe aus der Rohrleitung auslaufen kann, ehe ein Niederschlagen und Erhärten des Zementes eintritt. Zwecks Reinigung spült man sofort mit klarem Wasser nach. An Einfachheit ist dieses Verfahren kaum zu übertreffen.

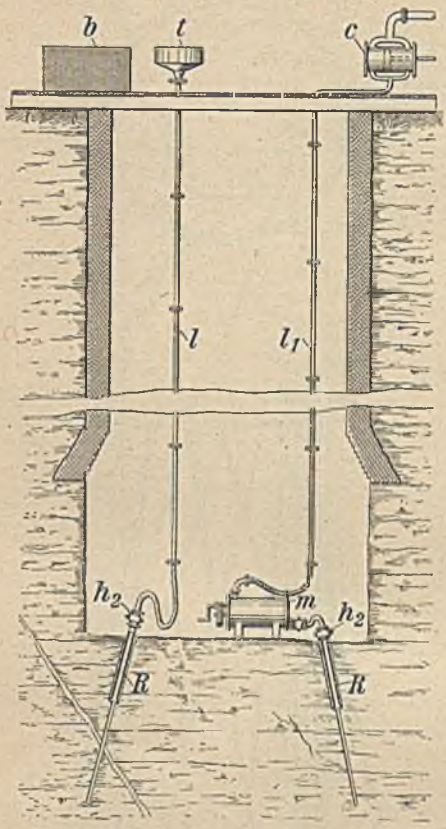


Abb. 352. Tränkung der Zementierlöcher von Tage und von der Schachtsohle aus.

Sollen dicke Zementtrüben angewandt werden, so ist wegen der zu befürchtenden Verstopfungen der Leitungen die Zementierung von der Schachtsohle aus vorzuziehen. Z. B. wurde auf der Heinrichsglückgrube[1]) bei Nikolai (O.-S.) die Zementtrübe im Schachttiefsten in einem 800 l haltenden Mischgefäß *m*, dessen Einrichtung Abb. 353 zeigt, hergestellt. Die Welle *b* mit den Rührarmen *c* wurde von Hand mittels des Vorgeleges *d*, *e* und später durch einen kleinen Elektromotor in Umdrehung versetzt und auch in Bewegung gehalten, nachdem das Gefäß (s. rechte Seite der Abb. 352) einerseits an die Preßluftleitung l_1 und anderseits an das Standrohr *R* angeschlossen war. Selbstverständlich muß hierbei der Preßluftdruck den Druck der Wassersäule im Gebirge übersteigen. Zu diesem Zwecke war auf der Heinrichsglückgrube am Schacht ein Hochdruckkompressor *c* aufgestellt, der die Luft aus der Preßluftanlage der Grube mit 6½ Atm. ansaugte und sie auf 15—18 Atm. verdichtete. Die Einrichtung bot insbesondere den Vorteil, daß man den Druck, mit dem die Zementtrübe in das Gebirge überführt wurde, beliebig einstellen konnte.

Nachdem alle Löcher mit Zement gesättigt sind, gibt man diesem 4 bis 5 Tage Zeit zum Abbinden. Sodann wird der Absatz in gewöhnlicher Weise abgeteuft und, wenn möglich, gleich ausgebaut. Etwa 4 m oberhalb der Teufe,

[1]) Glückauf 1911, Nr. 32, S. 1245 u. f.; Ebeling: Neue Erfahrungen mit dem Zementierverfahren usw.

die die Zementierlöcher erreicht haben, unterbricht man das Abteufen, um von neuem die Standrohrlöcher in dem noch fest zementierten Gebirge des ersten Absatzes anzusetzen (s. Abb. 351).

144. — **Angaben über tatsächliche Ausführungen und Kosten.** Mittels des absatzweisen Zementierverfahrens wurde auf dem Schachte Sachsen-Weimar bei Unterbreizbach (Thüringen) der Plattendolomit von 529—550 m Teufe zementiert, wobei die in ihm enthaltenen Wasser unter einem Drucke von 50 Atm. standen. Bei den ganz unregelmäßig durcheinanderlaufenden Klüften und Spalten dieser Schicht gelang freilich mit den 16 angesetzten, engen Bohrlöchern von nur 40 mm Weite die völlige Versteinung und der Wasserabschluß nicht. Immerhin gingen die Wasserzuflüsse auf 3 cbm minutlich zurück, so daß es möglich wurde, den Schacht mit Hand durch den Plattendolomit abzuteufen.

Auf Zeche Viktoria bei Lünen teufte man nach dem Verfahren, wie es durch die beiden Abbildungen 349 u. 351 gekennzeichnet ist, von 342,7—437,7 m, also insgesamt einen Schachtteilvon95m, mit vollem Erfolge in 194 Tagen ab, wobei die Gesamtkosten auf 3276 ℳ je 1 m berechnet wurden[1]).

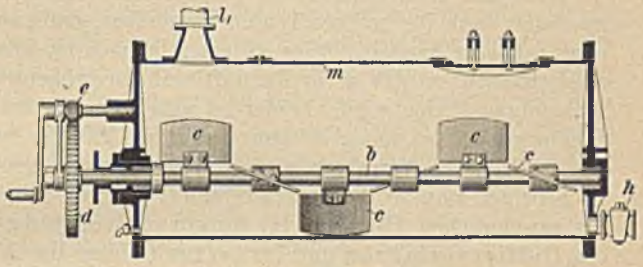


Abb. 353. Mischgefäß für Schachtzementierungen.

Auf der Heinrichsglückgrube bei Nikolai (O.-S.) wurde etwa dasselbe Verfahren, wobei nur die Drehbohrmaschinen durch Bohrhämmer ersetzt waren, von rund 38—95 m Teufe ebenfalls mit gutem Erfolge angewandt. Die durch das Abteufen mit dem Zementierverfahren entstandenen Mehrkosten berechneten sich für 1 m auf nur 142 ℳ[2]).

Teurer wird das Zementieren, wenn man auf die umständlicheren Verfahren zurückgreift und unter Verwendung einer Gußeisenauskleidung mit falschem Boden (s. Ziff. 140) vorgeht. Nach Morin[3]) hat in diesem Falle die Zementierung des Gebirges bis 98 m Teufe bei dem Schachte III der Kohlenbergwerksgesellschaft zu Liévin je 1 m etwa 720 ℳ Kosten (ohne die Aufwendungen für Abteufen und Schachtauskleidung) verursacht. Die Kosten, die das Gefrieren des Gebirges in diesem Falle veranlaßt haben würde, werden auf 1840 ℳ je 1 m geschätzt.

Insgesamt läßt sich über Leistungen und Kosten nur sagen, daß das Verfahren bisher unter verschiedenen Umständen und örtlichen Verhältnissen mit mehr oder minder gutem Erfolge ausgeführt worden ist, daß es aber unmöglich scheint, allgemeingültige Angaben zu machen, die in einer auch nur annähernd gültigen Weise für alle Verhältnisse zuträfen.

---

[1]) Berichte über den Intern. Kongreß f. Bergbau usw. 1910, Düsseldorf; Bruchhausen: Schachtabteufen nach dem Versteinungsverfahren.

[2]) S. Anm. [1]) auf S. 290.

[3]) S. Anm. [2]) auf S. 287.

VII. Vergleichender Rückblick auf die Anwendbarkeit der verschiedenen besonderen Abteufverfahren.

145. — **Überblick.** Bereits in Ziff. 2 dieses Abschnittes ist gesagt, daß das gewöhnliche Abteufverfahren stets in erster Linie in Betracht kommen wird und daß nur allzu starke Wasserzuflüsse dazu zwingen können, auf die sonstigen Verfahren zurückzugreifen. Von diesen ist das Abteufen mittels der Ansteckarbeit, möge sie mit hölzernen Pfählen oder mit eisernen Spundwänden durchgeführt werden, nur für wenig tiefe Schächte geeignet, so daß es schon aus diesem Grunde einen allgemeinen Vergleich nicht zuläßt. Auch das Abteufen unter Verwendung von Preßluft beschränkt sich auf die obersten Teufen, weshalb ihm ebenfalls die Vergleichsfähigkeit im allgemeinen fehlt.

Was das Honigmannsche Schachtbohrverfahren betrifft, so ist es zweifellos auch für größere Teufen anwendbar, namentlich wenn es sich um enge Schächte handelt. Aller Voraussicht nach ist seine Entwicklung nicht abgeschlossen, so daß es in Zukunft wohl in größerem Umfange als bisher Anwendung finden wird. Leider ist aber über die mit ihm zu erzielenden Ergebnisse erst so wenig bekannt geworden, daß ein beurteilender Vergleich mit den übrigen Verfahren nicht durchgeführt werden kann.

Scheidet man so die vorgenannten Verfahren aus, so stehen als Ersatz des gewöhnlichen Abteufens für lockeres Gebirge das Senkschacht- und das Gefrierverfahren und für festes Gebirge das Abbohren nach Kind-Chaudron, das Gefrier- und das Versteinungsverfahren zur Verfügung.

Die hauptsächlichsten Gesichtspunkte für die Wahl des einen oder anderen Verfahrens sind, abgesehen von der Rücksicht auf das Gebirge, die Kosten, die Schnelligkeit des Abteufens oder die Leistungen, die Wahrscheinlichkeit des Gelingens und die Größe des erzielbaren Schachtdurchmessers.

Was die Kosten und die Leistungen betrifft, so mag darüber die auf S. 293 folgende Zahlentafel einen ungefähren Überblick geben.

146. — **Vergleichende Einzelbesprechung.** Die Zusammenstellung lehrt unmittelbar, daß das Senkschachtverfahren nur bis ungefähr 50 m Teufe dem Gefrierverfahren gleichwertig ist und daß sich für dieses schon bei 50—100 m eine zweifellose Überlegenheit herausstellt. Tatsächlich wachsen auch für den Senkschachtbetrieb mit Teufen über 50 m die Schwierigkeiten unverhältnismäßig schnell, und es wird immer ungewisser, ob und mit welchem Schachtdurchmesser man das in Aussicht genommene Ziel erreicht. Mit Recht hat man deshalb neuerdings das Senkschachtverfahren für solche Teufen kaum noch angewandt.

Das Bohrverfahren nach Kind-Chaudron bietet zunächst den Vorteil, daß man es für das Durchteufen einer einzelnen, besonders wasserreichen Schichtengruppe anwenden kann, wobei man bis zur Erreichung des wasserführenden Gebirges das billigere gewöhnliche Abteufen zu benutzen pflegt. Hierdurch wird die Gesamthöhe der Abteufkosten günstig beeinflußt. Auch wachsen Kosten und Schwierigkeiten mit zunehmender

Bei Teufen von m	Senkschacht-Verfahren: Kosten je 1 m ℳ	Senkschacht-Verfahren: Monatliche Leistungen m	Abbohren nach Kind-Chaudron: Kosten[1] je 1 m ℳ	Abbohren nach Kind-Chaudron: Monatliche Leistungen m	Gefrierverfahren: Kosten je 1 m ℳ	Gefrierverfahren: Monatliche Leistungen m	Versteinungsverfahren
0— 50	3500	3(7)[2]	5000	6	3750	10	Die Zementierungskosten betragen je 1 m Schacht 200—500 ℳ, die Kosten des Gußeisenausbaues je nach der Teufe und dem Durchmesser des Schachtes 1000—2000 ℳ und die eigentlichen Abteufkosten etwa 1000 ℳ. Die Leistungen sind bei gutem Gelingen der Arbeiten höher als für das Gefrierverfahren einzuschätzen.
50—100	7500	2(5)					
100—150	11000	1,4(4,5)	5500		5000		
150—200	Nicht mehr anwendbar		6700		6400		
200—300			8500		8000		
300—400			10500		12500		
400—500			13000		10000		
500—600							

Teufe nicht erheblich. Dabei spricht für das Abbohren eine besonders große Wahrscheinlichkeit des Gelingens. Diese Vorteile werden, obwohl die Leistungen nicht gerade hoch sind, dem Verfahren immer eine besondere Bedeutung sichern. Diese Bedeutung wird sich noch steigern, sobald man sich entschließen wird, von der Verwendung ganzer Schachtringe abzusehen und zur Erzielung größerer Schachtdurchmesser zum Aufbau der Gußeisenwandung aus einzelnen Ringteilen überzugehen.

Das Gefrierverfahren ist hinsichtlich der Leistungen sowohl dem Senkschacht- wie dem Schachtbohrverfahren erheblich überlegen. Auch hinsichtlich der Kosten wird es in den meisten Fällen sich günstiger stellen. Von der Art des Gebirges ist es nur in geringem Grade abhängig. Es ist ferner hervorzuheben, daß das Gefrierverfahren verhältnismäßig mit nur wenig Fehlschlägen zu rechnen gehabt und in den meisten Fällen zum Ziele geführt hat. Es steht in dieser Beziehung nur dem Schachtbohrverfahren nach. Ein besonderer Vorteil des Gefrierverfahrens ist aber weiter, daß der Schachtdurchmesser beliebig gewählt werden kann. Alle diese Vorteile haben ihm eine steigende Beliebtheit in den letzten Jahren verschafft. Freilich wachsen die Schwierigkeiten mit zunehmender Teufe schnell. Immerhin hat man bereits Teufen über 500 m erreicht (s. S. 263), und es ist anzunehmen, daß man damit noch nicht an der Grenze des Möglichen steht.

Das Versteinungsverfahren schließlich hat den Vorzug, sehr vielseitig zu sein und die verschiedensten Anwendungsmöglichkeiten zu gestatten. Es versagt freilich dann völlig, wenn es sich um toniges, schlammiges Gebirge oder Schwimmsand handelt. Wo es anwendbar ist, besitzt es eine Reihe besonderer Vorzüge. Die zu treffenden Einrichtungen sind einfach, billig und schnell zu beschaffen. Auch verläuft das Verfahren selbst verhältnismäßig schnell, da nur wenige Tage zur Erhärtung des Zements in den Gebirgspalten notwendig sind. Abweichungen der Bohrlöcher aus ihrer

[1]) Falls Schachtteile von 100 m Höhe abgebohrt werden.

[2]) Die in Klammern angegebenen Zahlen sind die vom Sammelwerke geschätzten Leistungen, die mit dem Pattbergschen Stoßbohrverfahren (zu vgl. Ziff. 69, S. 217 u. f.) erzielbar sind.

Richtung sind unbedenklich; auch ist die Zahl der erforderlichen Bohrungen weit geringer als beim Gefrierverfahren. Als günstige Nebenwirkung stellt sich heraus, daß das Gebirge ebenso wie die Schachtwandung befestigt und gesichert wird. Ganz besonders dann wird das Verfahren mit Vorteil anwendbar sein, wenn es sich darum handelt, in festem, geschlossenem Gebirge einzelne wasserführende Klüfte zu schließen oder eine nicht allzu mächtige, wasserführende Schichtengruppe zu überwinden. Gegenüber dem Bohrverfahren nach Kind-Chaudron besitzt in solchen Fällen das Versteinungsverfahren den Vorteil der Billigkeit, der höheren Leistung und der Möglichkeit, den vollen Schachtdurchmesser beizubehalten.

Achter Abschnitt.

Förderung.

1. — **Einleitung.** Die Fördereinrichtungen sollen die gewonnenen Mineralien vom Gewinnungspunkte zunächst bis zur Hängebank und von dort aus je nach ihrem Verwendungszweck weiter fortschaffen, ferner die von Tage her zugeführten und die unterirdisch gewonnenen Versatzberge ihrem Bestimmungsort zuführen und die erforderlichen Betriebstoffe (Grubenholz, Ziegel und Mörtel, Schienen, Rohre usw.) an Ort und Stelle schaffen.

Hier soll nur die Grubenförderung — d. h. die Förderung zwischen Abbau und Hängebank — besprochen, die an der Hängebank ihren Ausgangspunkt nehmende Tagesförderung dagegen nur gelegentlich dort erwähnt werden, wo das ihre Beziehungen zur Grubenförderung erfordern.

Auch für die Förderung gilt, daß sie von ganz besonderer Bedeutung für den Steinkohlenbergbau ist. Nicht nur die großen Fördermengen sind hier zu nennen, sondern auch die langen Förderwege, die sich daraus ergeben, daß zur Gewinnung der großen Mengen in der Regel zahlreiche Betriebspunkte notwendig sind, zu denen ein weitverzweigtes Streckennetz führt. Die meisten Gruben haben also große Förderleistungen zu verzeichnen, und kleine Ersparnisse, die im einzelnen durch Verbesserungen erzielt werden, machen für sie bedeutende Gesamtbeträge aus, die hier um so mehr ins Gewicht fallen, als der verhältnismäßig geringe Wert des Fördergutes keine große Belastung zuläßt. Erschwerend tritt in vielen Fällen noch die Notwendigkeit hinzu, das Fördergut möglichst sanft zu behandeln, um eine zu starke Entwertung durch Zerkleinerung zu verhüten und die Staubentwicklung zu verringern.

2. — **Überblick über die Grubenförderung.** Die Einteilung der Grubenförderung im einzelnen ergibt sich zunächst aus ihrer verschiedenen Richtung, da die Fördereinrichtungen ganz verschiedenartige werden, je nachdem es sich um die Fortschaffung der Massen auf söhliger oder annähernd söhliger Bahn oder nach oben oder unten in schräger oder seigerer Richtung handelt. Nahezu die gleiche Unterteilung erhält man, wenn man nach den Räumen, in denen die Förderung vor sich geht, die Abbau-, Strecken-, Bremsberg- und Schachtförderung unterscheidet.

Diese Reihenfolge der Besprechung entspricht dann auch ungefähr dem Wege des zu fördernden Minerals bis zur Erdoberfläche; allerdings liegt die Streckenförderung teils zwischen Abbau und Bremsberg, teils zwischen Bremsberg und Schacht[1]).

I. Die Abbauförderung.

3. — **Bedeutung der Abbauförderung.** Die Abbauförderung umfaßt die Förderung des gewonnenen Gutes vom Abbaustoß bis zur nächsten Förderstrecke. Sie hat mit der fortschreitenden Entwicklung der Technik in erster Linie beim Steinkohlenbergbau mit seinen schwierigen Lagerungsverhältnissen und großen Fördermengen zu besondern Maßregeln geführt, wogegen im Braunkohlen- und Salzbergbau in der Regel mit den gewöhnlichen Förderwagen auf söhliger Bahn aus dem Abbau selbst bzw. aus Stürzrollen gefördert werden kann und beim Erzbergbau, wenigstens in Deutschland, wegen der geringen zu bewältigenden Mengen durchweg einfachere Vorkehrungen genügen.

Beim Steinkohlenbergbau verlangen wiederum nur diejenigen Flöze besondere Fördervorrichtungen, die so flach gelagert sind, daß die gewonnenen Massen nicht mehr durch einfaches Rutschen der nächsten Förderstrecke zugeführt werden können.

A. Einfache Förderverfahren.

4. — **Tragen und Schleppen.** Die älteste und einfachste Art des Fortschaffens von Fördergut im Abbau ist die des Tragens durch Menschen in Körben, Säcken u. dgl. Sie wird in Ländern mit sehr niedrigen Löhnen oder wenig entwickeltem Bergbau — wie z. B. in den Schwefelgruben Siziliens, im südamerikanischen Erzbergbau, im Kohlenbergbau in China — auch noch zur Förderung in Strecken und Schächten benutzt.

Eine bequemere Art der Fortschaffung wird durch die schleppende Förderung ermöglicht, indem die zu fördernden Massen in Körbe oder Kasten gefüllt und diese auf Schlitten gesetzt und so gezogen werden. Ihre große Verbreitung bei uns in früherer Zeit wird durch die Ausdrücke „Schlepper" und „schleppen" bekundet. Heute kommt dieses beschwerliche Förderverfahren für unsern Bergbau kaum noch in Frage.

Ein wesentlicher Fortschritt ergab sich mit dem Ersatz dieser gleitenden durch die rollende Förderung, bei der das Fördergefäß auf Räder gesetzt wird.

5. — **Karrenförderung.** Den Übergang von der tragenden zur rollenden Förderung vermittelt die Karrenförderung, bei der kleine Schiebekarren verwendet werden und so die Last zwar zum Teil von den Armen und den Schultern des Arbeiters getragen wird, zum größeren Teil aber auf dem Rade ruht. Derartige Karren wurden früher auch im Steinkohlenberg-

[1]) Die geschichtliche Entwicklung der Förderung kann hier nur gelegentlich gestreift werden. Einen Überblick für den Mansfelder Bergbau gibt das Buch von Dr. Schroeder: Die Entwicklung des Mansfelder Kupferschieferbergbaues usw. (Leipzig, Engelmann), 1913.

bau verwandt, wo sie etwa 100 kg Kohle faßten und durch Erhöhung des Kastens mit Hilfe von Aufsatzbrettern auf einen Fassungsraum für 150 bis 170 kg gebracht werden konnten. Heute beschränkt ihre Anwendung im deutschen Bergbau sich im allgemeinen auf die Förderung im Erzbergbau und auf einigen Braunkohlengruben. Auf Erzgruben dienen Karren zur Förderung der verhältnismäßig kleinen Mengen, um die es sich hier handelt, vom Abbaustoß bis zur nächsten Stürzrolle. Ihr Fassungsraum beträgt 0,1—0,2 cbm. Im Braunkohlenbergbau finden sie noch dort eine Stätte, wo man wegen nur vorübergehender Benutzung von Strecken die Kosten für die Einrichtung einer Schienenbahn mit Wagenförderung nicht aufwenden will. Namentlich ist das der Fall, wenn oberhalb der eigentlichen Fördersohle kleinere Flächen abzubauen sind, sei es, daß mächtigere Flözteile durch Etagenbau abgebaut werden sollen oder daß einzelne Flözstücke infolge von Verwerfungen oberhalb der Sohle auftreten. In solchen Fällen wird mit Karren gefördert, die durch Stürzrollen oder Schurren in die Förderwagen, die in den Hauptstrecken fahren, entleert werden.

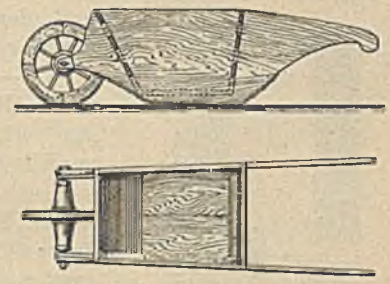


Abb. 354. Karre.

Ein Bild einer der am häufigsten benutzten Karren gibt Abb. 354. Die Karren laufen auf „Karrenstegen" oder „Laufbohlen", falls die Sohle nicht hart und glatt genug ist.

6. — Einfache Wagenförderung im Abbau. In Lagerstätten, deren Mächtigkeit größer als die Förderwagenhöhe ist, wird bei genügend flachem Einfallen (bis zu etwa 3°) einfach die Schlepperförderung bis an den Abbaustoß fortgeführt, während bei steilerer Lagerung kleine fliegende Bremsen mit hochgenommen werden (*b* in Abb. 355). Letztere werden bei schwebendem Verhieb absatzweise unter entsprechender Verlängerung des Gestänges höher gesetzt. Die dabei notwendig werdende Seilverlängerung wird entweder durch Aufwickeln des überschüssigen Seilendes auf dem Gegengewichtswagen (bei Scheibenbremsen wie in Abb. 355) oder durch Verwendung eines Rundbaumes, von dem nach Bedarf Seil abgewickelt werden kann, ermöglicht (vgl. auch den Abschnitt über Bremsbergförderung). Bei streichendem Verhieb muß das Gestänge in seiner ganzen Länge von Zeit zu Zeit gleichlaufend mit dem Abbaustoß verschoben werden.

7. — Förderung mit niedrigen Wagen. Für diejenigen Lagerstätten, deren Mächtigkeit unterhalb der Förderwagenhöhe bleibt, benutzt man im Mansfelder Bergbau schon seit Jahrhunderten besonders gebaute „Streb-Räderhunde" (Abb. 356), langgestreckte, niedrige Wagen von etwa 1,4 m Länge, 0,5 m Breite und 0,3 m Höhe, die höchstens 150 kg zu fassen vermögen und von den Schleppern mittels eines an den rechten Fuß gehängten Lederriemens über das Liegende gezogen werden. Dabei liegt der Förderjunge auf der Seite, und sein Knie ruht auf einem an den Oberschenkel geschnallten Brette, während er ein zweites, als Unterlage für den Arm dienendes Brett mit der Hand hält.

Dieses mühsame Schleppverfahren kommt jedoch wegen seiner geringen Leistungsfähigkeit für den Steinkohlenbergbau nicht in Frage, ganz abgesehen davon, daß es heute dort, wo es nicht von alters her besteht, nicht mehr würde eingeführt werden können.

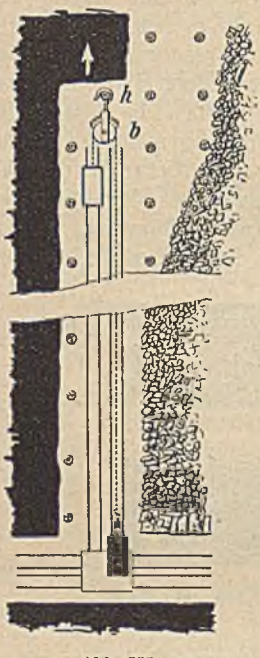


Abb. 355.
Fliegende Bremse im Abbau.

Auf englischen Gruben hat man daher für die Bewegung solcher niedrigen Wagen Seilzug statt des unmittelbaren Ziehens durch Schlepper benutzt. Die Einrichtung besteht[1]) aus einem von Hand bewegten und am vorderen und hinteren Ende über Umkehrscheiben geführten Seil, an das die etwa der Abb. 356 entsprechenden Wagen angekuppelt werden, die mit Bodenschieber versehen sind. Diese Wagen, die auf dem Liegenden laufen, werden nach Füllung im Abbau über die im Liegenden nachgerissene Strecke gezogen und dort in einen untergeschobenen Förderwagen entleert.

8. — **Rutschenförderung und andere einfache Hilfsmittel.** Ferner sind schon seit Ende des vorigen Jahrhunderts festliegende Rutschen aus Eisenblech mit halbkreisförmigem Querschnitt, wie sie namentlich von der Firma G. Kuntze (vorm. Würfel & Neuhaus) in Bochum-Riemke hergestellt werden, in Gebrauch. Solche Rutschen werden gemäß Abb. 357 durch Winkeleisen *w* versteift und ineinander gesteckt, so daß die einzelnen Rutschenstücke sich schuppenartig überdecken. Sie ermöglichen zunächst wegen ihrer glatten Flächen ein Rutschen der Kohlen noch bei Neigungswinkeln von etwa 15—20°. Ferner gestatten sie in Flözen, die schwach muldenartige Einsenkungen und infolgedessen stellenweise ein zu flaches Einfallen haben, die Herstellung einer Bahn von mittlerem Gefälle durch Überbrückung solcher Stellen sowie überhaupt eine gewisse Ausgleichung von wellenartigen Unebenheiten im Liegenden.

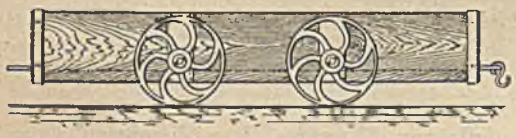


Abb. 356. Mansfelder Streb-Räderhund.

Derartige Rutschen können auch bei Fallwinkeln von 10—15° noch nützlich sein, indem die Hauer sich in die Rutschen setzen und mit den Füßen die Kohlen zum Rutschen bringen. Zu diesem Zwecke versieht die genannte Firma sie mit umgebörtelten Rändern *r*, die den Leuten als Handleiste dienen und mit Holz ausgefüttert werden können.

[1]) Glückauf 1907, Nr. 9, S. 256; Forstmann: Fördereinrichtungen vor Ort auf englischen und amerikanischen Steinkohlengruben.

Am unteren Ende werden die Rutschen, solange keine Wagen zu beladen sind, durch einfache Schieber verschlossen gehalten.

Ebenso wie zur Kohlenförderung können die Blechrutschen auch zur Zuführung von Bergen von oben her benutzt werden.

Diese Blechrutschen scheiden in allen solchen Fällen aus, in denen die Neigung des Flözes unter einen gewissen Grenzwinkel herabgeht. Aber auch bei günstigem Gefälle lassen sich mit Rutschen keine befriedigenden Förderleistungen mehr erzielen, wenn die flache Bauhöhe über etwa 30 m hinausgeht, weil dann infolge der stärkeren Rutschenfüllung leicht Stauungen eintreten.

In einzelnen Fällen hat man auch mit „fliegenden Drahtseilbahnen" vor dem Abbaustoß gefördert, indem Kohlenkübel mittels Rollen an Drahtseilen, die am Stoß entlang gespannt waren, bewegt wurden. Doch hat dieses Förderverfahren keine Bedeutung erlangt.

Abb. 357. Blechrutsche des Kuntze-Werks.

B. Maschinelle Abbauförderung für größere Leistungen[1]).

9. — Bedeutungsgebiet und Anwendung der maschinellen Abbauförderung. Die hierhin gehörenden Vorrichtungen sollten ursprünglich im Steinkohlenbergbau beim Pfeiler-, Streb- und Stoßbau in Flözen von geringerer Mächtigkeit die Förderung vom Abbaustoß bis zur nächsten Abbaustrecke übernehmen, um den Hauern das anstrengende mehrmalige Umschaufeln der Kohle zu ersparen. Für diesen Zweck genügten einfache Einrichtungen mit kleinen Antriebsmotoren. Bei nicht zu flachem Einfallen kam man auch schon mit Hängerutschen aus, die an Ketten oder Seilen aufgehängt und von Hand bewegt wurden und die auch heute noch vereinzelt in Betrieb stehen.

Nachdem man aber erkannt hatte, welche Vorteile sich durch die Heranziehung der maschinellen Abbauförderung in größerem Umfange bei entsprechenden Lagerungs- und Gebirgsverhältnissen durch den Abbau mit hohen Stößen und geschlossenem Versatz erzielen lassen (vgl. die Ausführungen in Band I unter „Abbau", insbesondere in der Ziffer „Rutschenbau"), wurden die maschinellen Förderverfahren immer leistungsfähiger ausgebaut und immer sorgfältiger durchgebildet. Ihr Anwendungsgebiet umfaßt jetzt sowohl dünne als auch mächtige Flöze von söhliger Lagerung bis zu mittleren Fallwinkeln (etwa 35°); in erster Linie kommen sie aber für geringmächtige Flöze, die für die Förderwagen keinen Raum bieten, in Betracht.

[1]) Vergl. außer dem unten angeführten Aufsatz hierzu auch: Verhandlungen des Deutschen Kongresses usw. 1910, Abteilung Bergbau, S. 76; Franke: Abbauförderung; — ferner Gerke: Die maschinelle Abbauförderung (Kattowitz, Böhm), 1910, S. 46 u. f.

10. — **Arten der maschinellen Abbauförderung.** In Flözen von geringer Mächtigkeit haben sich im Steinkohlenbergbau nur die Schüttelrutschen behauptet. Neben ihnen sind anfangs auch Schleppketten- oder Bandförderer versucht worden. Erstere[1]) bestanden aus Eisenblechrinnen von rechteckigem Querschnitt, in denen Ketten mit daran in gleichen Abständen befestigten Kratzblechen bewegt wurden, wobei diese das Fördergut vor sich herschoben. Sie wurden rasch wieder fallen gelassen, da sie zu umständlich gebaut waren, eine zu sorgfältige Verlegung erforderten und zu starken Verschleiß ergaben. Die Verwendung der über Tage gut bewährten und bei geringem Kräfteverbrauch sehr leistungsfähigen Bandförderer scheiterte daran, daß sie unter den schwierigen Raumverhältnissen im Steinkohlenbergbau nicht genau genug ausgerichtet werden konnten und infolgedessen zu rasch verschlissen; außerdem kamen bei stärkerer Flözneigung leicht Kohlenstücke ins Rollen; endlich waren sie für Bergeförderung zu wenig widerstandsfähig. Vielleicht gewinnen sie aber im Salzbergbau, wo die Raumverhältnisse wesentlich günstiger sind und anderseits die söhlige Förderung, für die sich Schüttelrutschen weniger eignen, eine größere Rolle spielt, eine gewisse Bedeutung, namentlich wenn sie mit Schuppenketten an Stelle der Bänder ausgerüstet werden.

Für Flöze, deren Mächtigkeiten größer sind als die Förderwagenhöhe, kommen die Schüttelrutschen auch in Betracht. Doch treten hier die neuerdings eingeführten Haspelförderungen mit besonders gebauten kleinen Haspeln (vgl. Ziff. 24) mit in den Wettbewerb.

11. — **Allgemeines über den Fördervorgang bei Schüttelrutschen.** Meist wird die Bewegung der Schüttelrutsche mit dem Schaufelwurf verglichen. Dieser Vergleich trifft aber nur für die Vorwärtsbewegung der Rutsche einigermaßen zu, indem diese, wie die Schaufel, mit dem auf ihr liegenden Fördergut allmählich beschleunigt und im Augenblick der Höchstgeschwindigkeit plötzlich angehalten werden muß, um dem Fördergut Gelegenheit zu geben, vermöge seiner lebendigen Kraft eine mehr oder weniger große Strecke über die Rutsche hinwegzugleiten. Während aber die Schaufel auf einem beliebigen Wege leer zurückgezogen wird, um dann erst wieder neue Ladung aufzunehmen, geht die Rutsche in gefülltem Zustande auf einem genau vorgeschriebenen Wege zurück.

Eine geradlinig in der wagerechten Ebene bewegte Eisenblechrinne kann einem auf ihr liegenden Körper eine lebendige Kraft erteilen, die ihn instand setzt, im Augenblick der Umkehr der Rinnenbewegung sich noch um ein Stück weiter zu bewegen, dessen Länge von der dem Körper erteilten Geschwindigkeit einerseits und der Reibung anderseits abhängt. Beträgt z. B. die Geschwindigkeit 0,8 m in der Sekunde, das Gewicht des Körpers 1 kg und die Reibungszahl für die Verschiebung des Körpers auf der Rinne 0,35 und wird der selbständige Weg des Fördergutes bei jedem Hub mit x bezeichnet, so gilt die Gleichung

$$\frac{1 \cdot 0{,}8^2}{2 \cdot 9{,}81} = 1 \cdot 0{,}35 \cdot x,$$

woraus sich berechnet $x = 9{,}3$ cm.

[1]) Vgl. den auf S. 298 unter [1]) angeführten Aufsatz von Forstmann: Maschinelle Fördereinrichtungen vor Ort usw.

Der Körper würde also einen Weg von 9,3 cm selbständig zurücklegen und sich um dieses Maß bei jedem Hube auf der Rutsche vorwärts bewegen können. Auch eine ansteigende Bewegung, freilich in verringertem Maße, läßt sich auf diese Weise erzielen. Derartig bewegte Rutschen werden als Schwing- oder Schüttelrutschen bezeichnet.

Man erkennt nun, daß sich für den Hin- und Rückgang der Rutsche verschiedene Bedingungen ergeben, wenn dieser Fördervorgang erzielt werden soll. Beim Hingange muß unter allen Umständen eine zu plötzliche Beschleunigung der Rutsche vermieden werden, damit nicht der Körper sich infolge seiner Trägheit von der Rutsche löst und hinter deren Bewegung zurückbleibt. Beim Rückgange dagegen ist diese innige Verbindung zwischen Körper und Rutsche unerwünscht; das Vorteilhafteste würde jetzt eine vollständige Loslösung des Stückes von der Rutsche sein, so daß der Körper an der Rückbewegung der Rutsche überhaupt nicht teilnehmen könnte. Demgemäß ergibt sich als vorteilhaftester Bewegungsvorgang der dem Schaubilde in Abb. 358 entsprechende: die Rutsche wird nebst dem Fördergut auf dem Hingange allmählich bis zur Geschwindigkeit 0,7 m beschleunigt, dann möglichst rasch (stoßartig) auf die Geschwindigkeit o gebracht; darauf wird sie, um das Fördergut noch möglichst lange an der Rückbewegung zu hindern, so schnell wie möglich in die entgegengesetzte Höchstgeschwindigkeit versetzt und kommt allmählich wieder in der hinteren Endlage zur Ruhe, um den Hingang von neuem beginnen zu können. Diese Bewegungsvorgänge können mit einer genau in ihrer Ebene hin- und zurückbewegten Rutsche (Abb. 359a) nur unvollkommen erreicht werden, weil hier die Bedingung der verringerten Reibung zwischen Rutsche und Körper während des Rückganges schwierig zu erfüllen ist. Besser ist es, wenn der Rutsche und dem Fördergut während des Hingangs gleichzeitig eine kleine Bewegung nach oben (Abb. 359c) erteilt wird, so daß dann nicht nur das Fördergut in eine hüpfende, sich etwas über die Rutschenfläche erhebende Bewegung versetzt, sondern auch beim Rückgange die Rutsche um die Höhe h nach unten bewegt, also gewissermaßen unter dem Fördergut weggezogen wird. Die meisten Rutschenförderungen im Bergbau arbeiten allerdings aus betrieblichen Gründen nach Abb. 359b, wobei die Reibung zwischen Rutsche und Fördergut während des Rückgangs dadurch erhöht wird, daß die Rutsche sich dabei um die Höhe h gegen das Fördergut hebt. Die Unterlegenheit des Fördervorganges gegenüber dem der Abb. 359c entsprechenden wird infolge der günstigen Wirkung der Neigung der Rutsche wenig fühlbar.

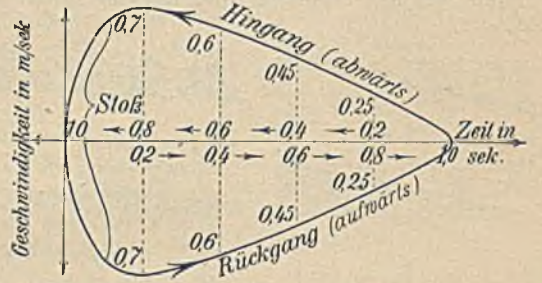


Abb. 358. Darstellung des Bewegungsvorgangs bei Schüttelrutschen.

Überhaupt liegen im Bergbau die Bedingungen für die Förderung mit Schüttelrutschen meistens günstig, indem durchweg eine gewisse Neigung in

der Förderrichtung vorhanden ist. Dadurch erzielt man zunächst den Vorteil, daß die dem Fördergut erteilte lebendige Kraft dieses zu einem größeren Wege befähigt. Dieser beträgt nämlich unter den oben gemachten Voraussetzungen

bei 5° 12,5 cm,
bei 10° 19,2 cm,
bei 15° 41,3 cm.

Ein weiterer Vorteil ist, daß man die Beschleunigung während des Hinganges dem Rutschengewicht selbst überlassen kann, der Motor also nur noch den Rückgang der Rutsche zu bewirken hat.

Bei stärkerer Neigung wird die genaue Innehaltung des oben geschilderten Bewegungsvorgangs immer weniger wichtig; es genügt dann vielfach schon, der Rutsche eine rüttelnde Bewegung zu erteilen, um den Reibungswiderstand zwischen Fördergut und Rutsche soweit zu verringern, wie es bei der

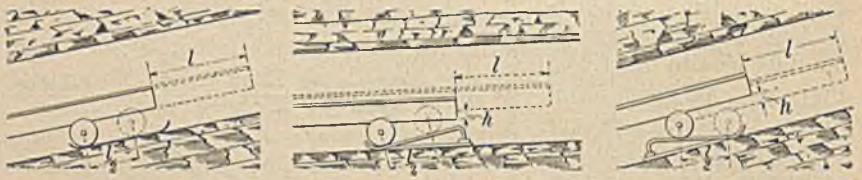


Abb. 359. Verschiedene Möglichkeiten der Rutschenbewegung.

an sich schon vorhandenen Neigung des Gutes zum Rutschen überhaupt noch erforderlich ist. Die bei söhliger Bewegung scharf abgesetzte Fortbewegung des Gutes in einzelnen Stößen geht dann immer mehr in ein gleichmäßiges Gleiten über.

Von den verschiedenen Rutschenbauarten haben sich im Bergbau zwei Hauptgruppen behauptet: die an Ketten oder Seilen aufgehängte Pendel- oder Hängerutsche einerseits und die auf Rollen laufende Rollenrutsche anderseits.

12. — Pendel- oder Hängerutschen. Bei den Pendelrutschen (Abb. 360, vgl. auch die Abb. 366 und 367 auf S. 307) erfolgt die Bewegung meist dadurch, daß zunächst ein Anheben des Punktes *a* bis nach *b*, d. h. auf eine Höhe h_1, und dann ein Fallenlassen stattfindet. Die zu erzielende Beschleunigung wächst mit der Hubhöhe h_1. Die größte Geschwindigkeit erlangen Rutsche und Fördergut in der Mittellage des Pendels, also in der tiefsten Stellung. Doch kann man, da die Beschleunigung in der Nähe dieser Pendellage immer geringer wird, den Stoß auch schon vorher erfolgen lassen. Es wird dann der Zeitabschnitt der stärksten Beschleunigung besser ausgenutzt, allerdings auch Rutsche und Motor stärker beansprucht. Man arbeitet bei solchem Betrieb mit kürzeren, aber zahlreicheren Hüben. Anderseits erzielt man, wenn man die Rutsche etwas über den tiefsten Punkt hinaus schwingen läßt, eine gewisse Aufwärtsbewegung des Fördergutes im

Augenblicke des Stoßes; auch wird dann die Rutsche, wie das vorhin als richtig bezeichnet wurde, beim Rückgange zunächst unter der Füllung weg nach unten gezogen.

Übrigens werden wegen des fast stets ungleichmäßigen Einfallens immer einige Pendel anders als beabsichtigt schwingen.

Wie die Abbildung erkennen läßt, ist auch die Länge des Pendels wichtig, da bei einer großen Länge der gleiche Hub l die Rutsche nur um die Höhe h_2 anhebt, also ein sehr großer Hub erforderlich wird, um eine ausreichende Hubhöhe zu erzielen. Wird anderseits das Pendel zu kurz, so werden die Hübe zu zahlreich, und Rutsche und Motor werden durch den schnellen Gang und die Stöße stark beansprucht. Auch kann es dann vorkommen, daß beim Hingange die Rutsche so schnell fällt, daß sie das Fördergut nicht auf dem ganzen Hube mitnimmt.

Da auch bei ganz söhliger Lagerung die Hubhöhe h_1 für die Beschleunigung der Rutsche nutzbar gemacht wird, so können die Pendelrutschen für jedes Einfallen Verwendung finden.

Die Pendelrutschen wurden früher auch in der Weise betrieben, daß die Rutschen an besondern Gestellen aufgehängt wurden („Bockrutschen"). Daraus ergab sich der Vorteil, daß man von den Flözmächtigkeiten unabhängig wurde, anderseits jedoch wurde der Einbau umständlicher und die Umsetzung zeitraubender; auch waren diese Rutschen wieder stärker vom Einfallen abhängig, was sich um so ungünstiger bemerklich machte, als die Rutschenbewegung nur für ein mittleres Einfallen eingestellt werden konnte.

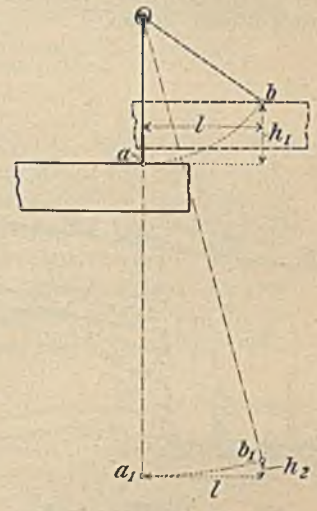


Abb. 360. Wirkungsweise der Pendelrutschen.

Daher haben sich auf die Dauer nur die an der Zimmerung unmittelbar aufgehängten Rutschen behauptet, von denen namentlich diejenigen der Maschinenbau-Aktiengesellschaft H. Flottmann & Co. in Herne sich vorzüglich bewährt haben. Die Aufhängung erfolgt an Ketten oder Seilen, die an der Zimmerung befestigt werden. Bei Verwendung von Ketten wird das Geräusch und der Verschleiß größer, wogegen bei Benutzung von Seilen die Länge weniger leicht je nach Einfallen und Mächtigkeit verschieden eingestellt werden kann.

Die Hängerutschen haben den Vorteil einer einfachen Ausführung und einer gewissen Unabhängigkeit von der Lagerung, indem Wellen im Einfallen durch entsprechende Längenbemessung der Aufhängungen ausgeglichen werden können, auch bei ganz flachem Einfallen künstlich eine gewisse Neigung in die Rutsche durch Verkürzung der Aufhängung am oberen Ende gebracht werden kann, um die Förderleistung zu erhöhen. In Flözen von größerer Mächtigkeit eignen sie sich gut für die Bergeförderung, weil hier eine größere Höhe der Rutsche über dem Liegenden erwünscht ist und die Zuführung der Berge bis unter das Hangende ermöglicht wird (vgl. Ziff. 22).

Nachteilig ist anderseits, daß man sehr viele einzelne Aufhängepunkte erhält, so daß die Verlegung der Rutschen entsprechend dem Vorrücken des Abbaustoßes nur nach Zerlegung der Rutschenanlage möglich und daher umständlich wird. Auch wird die Zimmerung durch die Erschütterungen des Rutschenbetriebes ungünstig beansprucht. Ferner können infolge ungleichmäßiger Längung der Ketten oder Seile Schiefstellungen der einzelnen Rutschenstücke eintreten. Bei der Aufhängung an Ketten macht sich außerdem das Geräusch unangenehm bemerkbar. Endlich sind solche Rutschen nur in Flözen mit mäßiger Mächtigkeit anwendbar, weil man die Rutsche in die Nähe der Sohle bringen muß und dann in mächtigen Flözen die Pendellängen zu groß und die Stöße zu schwach werden.

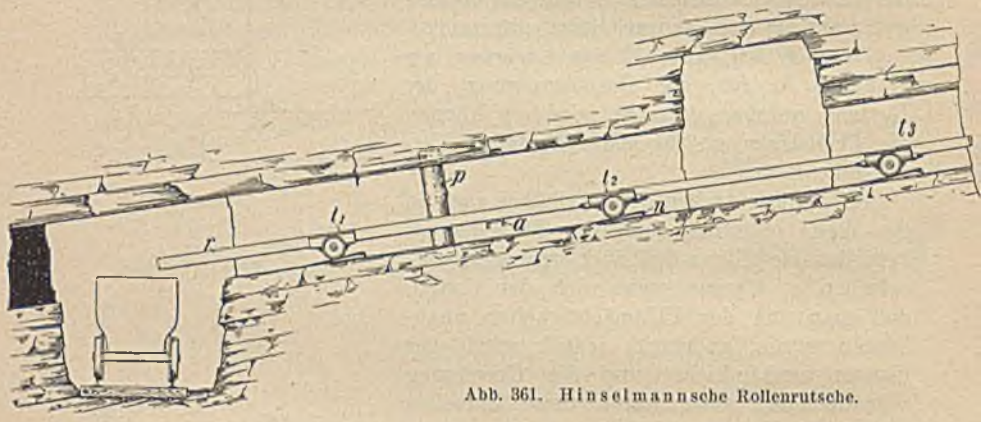


Abb. 361. Hinselmannsche Rollenrutsche.

13. — **Rollenrutschen.** Bei den Rollenrutschen, die sich heute das größte Anwendungsgebiet erworben haben, erfolgt die Bewegung auf Rollen, die auf Blechunterlagen laufen. Diese Rollen sind, wie die Abbildungen 361—364 erkennen lassen, nicht mit ihren Achsen fest verlagert, sondern bewegen sich lose zwischen ebenen (Abb. 361) oder gekrümmten (Abb. 363 und 364) Wälzflächen, so daß jede gleitende (Zapfen-) Reibung vermieden und durch wälzende Reibung ersetzt ist. Wie das Bewegungsbild der Abb. 362 erkennen läßt, ist dabei der Weg der Rutsche (l_2) stets doppelt so groß wie die Bewegung der Rollenmittelpunkte (l_1), da nicht nur die Rutsche auf der Rolle, sondern auch diese wieder im gleichen Maße auf ihrer Unterlage sich abwälzt.

Bei geringen Neigungswinkeln hat es sich bald als vorteilhaft erwiesen, durch entsprechende Gestaltung der Unterlagen (Abb. 361, 363 u. 364) künstlich schiefe Ebenen von stärkerer Neigung zu schaffen und dadurch die Verwendung einseitig wirkender Antriebe zu ermöglichen, die nur das Anheben der Rutsche vermitteln und diese dann frei fallen lassen. Namentlich für Preßluftantrieb läßt diese Art der Bewegung sich gut durchführen, da die Steuerung dieser Motoren sich mit der Rutschenbewegung gut in Einklang halten läßt und einseitig wirkende Motoren einfacher sind und weniger Preßluft verbrauchen als zweiseitige.

Für eine künstliche Vergrößerung des Neigungswinkels ist noch zu berücksichtigen, daß die Rutschenbewegung doppelt so stark wie die Rollenbewegung ist und daher auf eine bestimmte Hubhöhe h (vgl. Abb. 359) ein entsprechend längerer Weg l der Rutsche entfällt. Der Rutschenweg ist aber gleich dem Motorhub und damit beschränkt. Infolgedessen werden die Rutschen heute

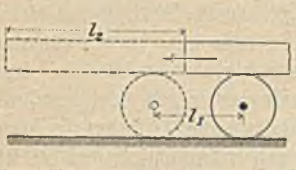


Abb. 362. Bewegungsvorgang bei Rollenrutschen.

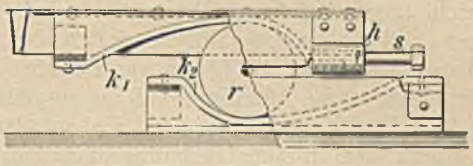


Abb. 363. Führung der Eickhoffschen Rollenrutsche.

meist mit besonders angenieteten Tragflächen ausgerüstet, deren Neigung derjenigen der Laufflächen auf den Rollenböcken entspricht und sie gewissermaßen verdoppelt. Abb. 363 veranschaulicht beispielsweise die Führung einer Rutsche von Gebr. Eickhoff. Hier verläuft die Lauffläche (und dieser entsprechend auch die Tragfläche) zunächst etwas steiler, um die Einleitung des Rückgangs zu erleichtern, und am Schluß ist noch ein steil ansteigendes Stück vorhanden, das der Rutsche im Augenblick des Stoßes eine kleine Aufwärtsbewegung mit den bereits erwähnten Vorteilen erteilt.

Neuerdings ist man noch dazu übergegangen, die Rutschen verschiedenen Neigungswinkeln dadurch anzupassen, daß Tragflächen von verschiedener Neigung vorgesehen werden. So zeigt Abb. 364 eine Rutsche der Bohrmaschinenfabrik „Glückauf“ mit zwei Tragflächen, von denen die Fläche t_1 für flachere, die Fläche t_2 für steilere Neigung bestimmt ist. Für besonders große Fallwinkel ist noch die Umstellung der Rutschenböcke um 180° gemäß der punktiert gezeichneten Stellung vorgesehen. Man will dadurch den Antrieb entlasten und das Voreilen von größeren Stücken vermeiden, die bei steilerer Neigung leicht ins Rollen kommen und Schaden anrichten können. Auch wird dabei der Vorteil erzielt, daß die aufwärtsgehende Rutsche unter dem Fördergut weg nach unten gezogen wird (Abb. 359c) und so dieses weniger leicht wieder mit nach oben nimmt.

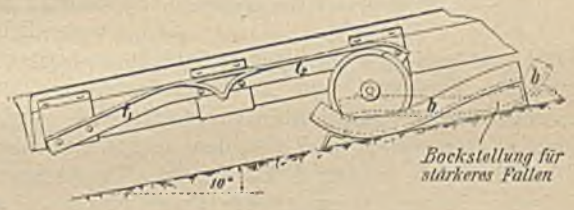


Abb. 364. Rutsche der Bohrmaschinenfabrik „Glückauf“ mit zweierlei Tragflächen.

Verschiedentlich hat man die Rollenrutsche auch für den Schrägbau, wie er sich bei noch steilerem Einfallwinkel ergibt (vgl. Band I, Abschnitt „Abbau“), nutzbar gemacht; man hat dann die Rollenböcke auf der dem Abbaustoß abgewendeten Seite unterklötzt, um eine Schrägstellung der Rutsche quer zur Bewegungsrichtung zu vermeiden.

Die Rollenrutschen zeichnen sich durch ihre geringe Höhe aus, die ihre Verwendung auch in Lagerstätten geringster Mächtigkeit ermöglicht. Auch in besonders mächtigen Lagerstätten verdienen sie gemäß Ziff. 12, soweit es sich nicht um die Versatzförderung handelt, den Vorzug vor den Pendelrutschen. Infolge der geringen Höhe kann ihre Beschickung mit geringstem Kraftaufwande erfolgen, um so mehr, als auch die Oberfläche der Rutsche nicht durch Aufhängeteile versperrt wird. Aus letzterem Grunde ist auch der Verkehr zwischen beiden Seiten der Rutsche sehr erleichtert. Dazu kommt, daß das von ihnen verursachte Geräusch kleiner ist als bei den Pendelrutschen. Allerdings muß auf sorgfältige Verlagerung geachtet werden.

Nachteilig ist der im Vergleich mit den Pendelrutschen umständlichere Aufbau und größere Reibungswiderstand, der sich namentlich bei nicht genauer Ausrichtung der Rutsche geltend macht. An das Einfallen ist die Rollenrutsche mehr gebunden als die Pendelrutsche; doch lassen sich kleinere Wellen im Einfallen bei nicht zu geringer Flözmächtigkeit ausgleichen.

14. — Ausführung der Rutschen selbst. Während man anfangs Rutschen von halbkreisförmigem Querschnitt verwendete, ist man bald allgemein zu Rutschen mit flachtrapezförmigem Querschnitt (s. die verschiedenen Abbildungen) übergegangen. Man kann nämlich diese in sehr geringer Höhe mit genügend großem Fassungsraum bauen, und die Reibung wird wesentlich verringert, indem das Fördergut sich in einer flachen Schicht ausbreiten kann und die Reibung zwischen Fördergut und Blech großenteils an die Stelle der Reibung zwischen den einzelnen Stücken gesetzt wird. Daher verdient der trapezförmige Querschnitt auch vor dem rechteckigen den Vorzug, bei dem das Fördergut sich in den Ecken staut. Die Abmessungen schwanken etwa zwischen 30 und 60 cm unterer Breite und 8—20 cm Höhe; doch kommt man für die meisten Fälle mit Höhen unter 15 cm aus, die zur Erzielung beträchtlicher Förderleistungen schon völlig ausreichen. Abb. 365a zeigt das Profil einer Eickhoffschen Abbaurutsche für mäßige Leistungen, Abb. 365b dasjenige einer Sammelrutsche der gleichen Firma, die einen Bremsberg in einem mächtigen Flöz ersetzen soll und daher sehr leistungsfähig sein muß.

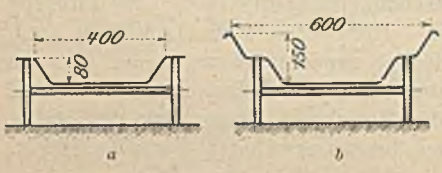


Abb. 365. Profile von Rollenrutschen.

Die Blechstärke beträgt 2—4 mm, doch sind die größeren Stärken vorzuziehen, da dann die Rutschen weniger schnell verschleißen und nicht so leicht Verbiegungen und Einbeulungen ausgesetzt sind. Die Länge eines Rutschenstückes beträgt 3—4 m, das Gewicht je nach der Blechstärke und den Abmessungen etwa 15—40 kg je laufendes Meter.

Von besonderer Wichtigkeit sind die Verbindungen der einzelnen Rutschen[1]). Sie sollen einerseits starr sein, um den Erschütterungen und der wechselnden Druck- und Zugbeanspruchung während des Betriebes

[1]) Vgl. hierzu auch Glückauf 1918, Nr. 18 u. f., S. 277 u. f.; Wille: Lösbare Verbindungen der Schüsse von Schüttelrutschen.

Widerstand leisten zu können und möglichst wenig Geräusch zu verursachen. Anderseits sollen sie leicht lösbar sein, damit der Rutschenstrang zum Zwecke seines Umlegens rasch zerlegt werden kann. Die einfachste Verbindung ist die Schraubenverbindung. Da sie aber den Nachteil den Starrheit und einer gewissen Umständlichkeit hat, auch die Muttern leicht verlorengehen können, so hat man auch andere Kupplungen herangezogen. Bei den Pendelrutschen werden am besten die Verbindungen mit den Aufhängestellen

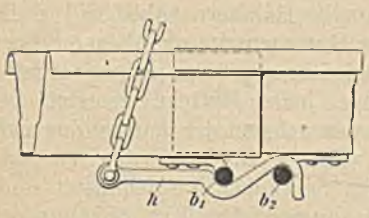


Abb. 366. Hebelverbindung nach Wolf, Netter & Jacobi, für Hängerutschen.

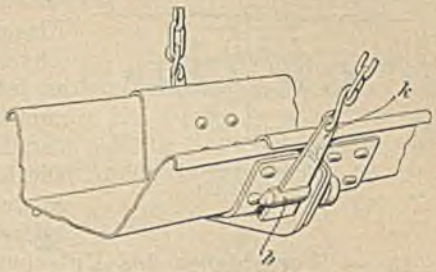


Abb. 367. Keilverbindung nach Flottmann, für Hängerutschen.

zusammengelegt und so eingerichtet, daß sie durch den Zug der Aufhängung selbst festgezogen werden. Danach ist die Hebelverbindung nach Abb. 366 und die Keilverbindung nach Abb. 367 ausgeführt. Abb. 366 zeigt, wie durch Vermittlung der beiden Bolzen b_1 und b_2 die Rutschen, an denen sie befestigt sind, durch Verdrehung des Hebels h, an dem die Aufhängung angreift, gegeneinander gepreßt werden. Bei der Verbindung nach Abb. 367 sind an jeder Rutsche Winkeleisenbleche befestigt, die durch das Keilstück k

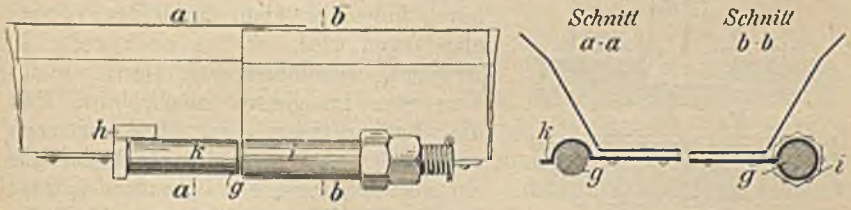


Abb. 368. Rutschenverbindung von Gebr. Hinselmann.

mit Hilfe des Bolzens b, in welchem letzteren der Keil sich in einem Schlitz führt, aneinandergepreßt werden.

Allerdings haben diese Verbindungen wieder den Nachteil, daß bei nicht genügend straff gespannter Kette infolge von ungleicher Längung der einzelnen Ketten oder von Unregelmäßigkeiten im Einfallen die Verbindung locker wird. Daher sind andere Hersteller bei der Schraubenverbindung geblieben, die sich auch für Rollenrutschen behauptet hat. Jedoch ist man bemüht gewesen, die Nachteile dieser Verbindung abzuschwächen. Gut bewährt hat sich die Schraubenverbindung von Gebr. Hinselmann, Essen (Abb. 368). Die Schraubenbolzen g gehen durch die Augen i der einen Rutsche hindurch, legen sich in die unten offenen Lager k der anderen Rutsche und fassen mit Haken h hinter deren Ränder; ein Splint sichert die Mutter.

Abb. 369 zeigt eine Schraubenverbindung der Firma Gebr. Eickhoff, bei der die Hülsen für die Schraubenbolzen nicht zylindrisch, sondern konisch sind. Dadurch wird der Verschraubung die Starrheit genommen, indem die Rutschen sowohl in der söhligen als auch in der Seigerebene stumpfe Winkel miteinander bilden und sich so den Krümmungen in Strecken und den „Wellen" im Einfallen anschmiegen können.

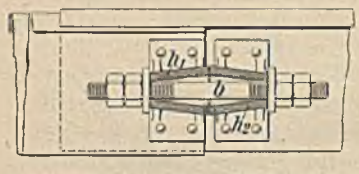


Abb. 369. Schraubenverbindung von Gebr. Eickhoff.

Bei dem durch seine Einfachheit und seinen festen Schluß ausgezeichneten Klauenschloß der Gewerkschaft Friedr. Thyssen in Hamborn (Abb. 370) greift an jeder Rutschenseite eine Klaue k über zwei Flacheisen $s_1 s_2$, deren je eins quer unter das Ende jeder Rutsche genietet ist. Die Klauen nehmen den ganzen Zug auf, so daß die sie an den Flacheisen festhaltenden Schrauben $b_1 b_2$ entlastet sind.

15. — Vorschieben des Rutschenstranges. Das Vorschieben der Rutschen mit dem Fortschreiten des Abbaues wird man, wenn es eben möglich ist, immer im ganzen vornehmen. Es ist dazu aber eine gute Beschaffenheit des Hangenden erforderlich, da die nahe am Kohlenstoß stehende Stempelreihe vorübergehend entfernt werden muß. Ein „wandernder" Grubenausbau kann hier gute Dienste leisten (vgl. Abb. 98 auf S. 78). Im übrigen ist zu berücksichtigen, daß gerade durch ein rasches Vorrücken des Stoßes, wie es durch die Rutschenförderung ermöglicht wird, das Hangende gewissermaßen verbessert werden kann, indem es schon durch den Versatz abgefangen wird, ehe es noch recht in Bewegung gekommen ist. Dort, wo das Vorrücken im ganzen möglich ist, sind die Rollenrutschen den Hängerutschen entschieden überlegen. Der Zeitbedarf für ein solches Vorschieben im ganzen beträgt nur 15—30 Minuten. Gestattet die Rücksicht auf das Hangende dieses Verfahren nicht, so muß der Rutschenstrang zerlegt werden, was bei den Hängerutschen einfacher als bei den Rollenrutschen ist.

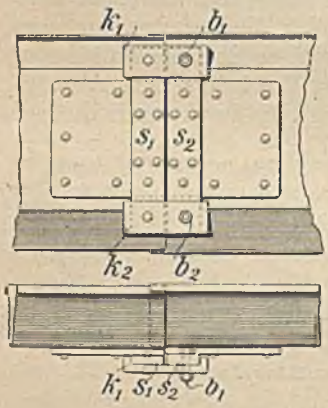


Abb. 370. Klauenschloß der Gewerkschaft Friedr. Thyssen.

16. — Antrieb der Schüttelrutschen. Allgemeines. Für die Art des Antriebes ist die Flözlagerung wesentlich. Allerdings erfolgt bei Hängerutschen auch im Falle ganz söhliger Lagerung aus dem Bewegungsvorgange heraus bereits eine Aufwärtsbewegung der Rutsche während des Rückgangs. Und bei Rollenrutschen erreicht man dieselbe Wirkung durch die schrägen Flächen an den Böcken und Tragblechen, die gewissermaßen das Einfallen ersetzen sollen. Aber bei Hängerutschen mit größerer Pendellänge ergibt sich so gemäß Abb. 360 nur ein schwaches Anheben, und bei Rollenrutschen kann man die Rollenböcke nicht beliebig steil ansteigen

lassen. Man muß daher bei flacher Lagerung einen größeren Hub des Antriebsmotors vorsehen, um durch eine größere Endgeschwindigkeit die stärkere Reibung zwischen Rutsche und Fördergut überwinden zu können. Genügt dieser für die verlangte Leistung noch nicht, so muß der Motor die Rutsche auch noch während des Rückganges beschleunigen, also zweiseitig arbeiten.

Je steiler das Einfallen ist, um so weniger Triebkraft ist notwendig, da gemäß Ziff. 11 mit wachsendem Fallwinkel der Reibungswiderstand für das Gut immer geringer wird.

Die einfachste Antriebsweise ermöglicht der Preßluftmotor, der im Steinkohlenbergbau mit geringen und mittleren Flözmächtigkeiten das Feld beherrscht. Doch ist neuerdings auch der elektrische Antrieb, der zwar schwierig durchzuführen ist, aber die Vorzüge der elektrischen Kraftübertragung für sich hat, mehr und mehr in Aufnahme gekommen.

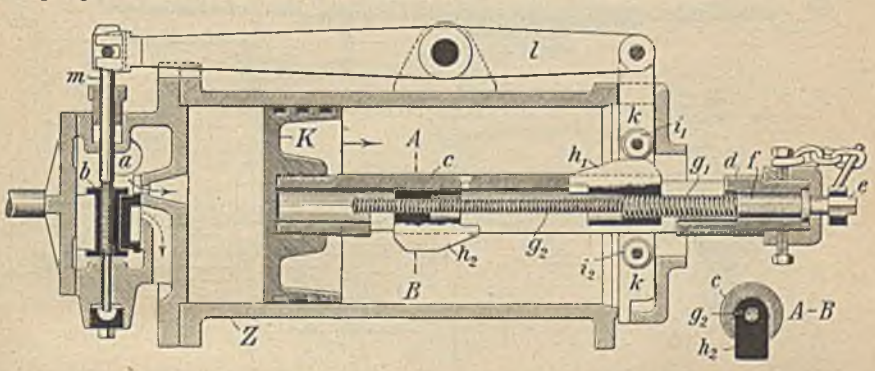


Abb. 371. Eickhoffscher Schüttelrutschenmotor, einseitig wirkend, mit Hubverstellung.

17. — Antrieb mit Preßluftmotoren. Gemäß den Ausführungen in Ziff. 13 und 16 unterscheidet man einfach- und doppeltwirkende Preßluftmotoren. Die einfachwirkenden Motoren vermitteln nur das Anheben der Rutsche und lassen sie nach Erreichung des Höchstpunktes frei fallen. Sie finden vorzugsweise bei Fallwinkeln von etwa 5° aufwärts Anwendung, kommen aber für geringere Leistungen auch bei söhliger Lagerung in Betracht. Doppeltwirkende Motoren beschleunigen die Rutsche sowohl auf dem Hingange wie auf dem Rückgange; sie eignen sich in erster Linie für ganz geringe Neigungswinkel.

Die einseitig wirkenden Motoren können mit Seilantrieb arbeiten, da bei ihnen nur eine Zugbeanspruchung des Angriffsmittels stattfindet, wogegen dieses bei zweiseitigem Arbeiten abwechselnd auf Druck und Zug beansprucht wird.

Als Beispiel eines einfachwirkenden Motors sei der in Abb. 371 dargestellte von Gebr. Eickhoff beschrieben. Die durch *a* eintretende und durch den vom Schieber *b* freigelegten Steuerkanal in den Arbeitszylinder einströmende Preßluft drückt den Kolben *K* nach rechts, wodurch auch der mit der Kolbenstange durch ein Querstück gekuppelte Rutschenstrang (vgl. Abb. 376 auf S. 314) nach rechts bewegt wird. In der festen Kolbenstange *c* ist die mit Vierkant *e*

und mit den beiden entgegengesetzt geschnittenen Gewindespindeln g_1 g_2 ausgerüstete Welle f verlagert. Auf den Schraubenspindeln verschieben sich bei ihrer Drehung die als Wandermuttern ausgebildeten Nocken h_1 h_2, die mit schrägen Auflaufflächen versehen sind, auf denen die Rollen i_1 i_2 während des Kolben-Hin- und Rückganges abwechselnd nach oben und unten bewegt werden. Dabei nehmen sie den Bügel k mit und steuern so durch Vermittelung des Hebels l und der Schieberstange m den Kolben um. Je nach der Entfernung der Nocken h_1 h_2 voneinander tritt diese Umsteuerung früher oder später ein; man kann daher durch Drehung des Vierkants e, wodurch der Abstand der Nocken geändert wird, den Hub verstellen.

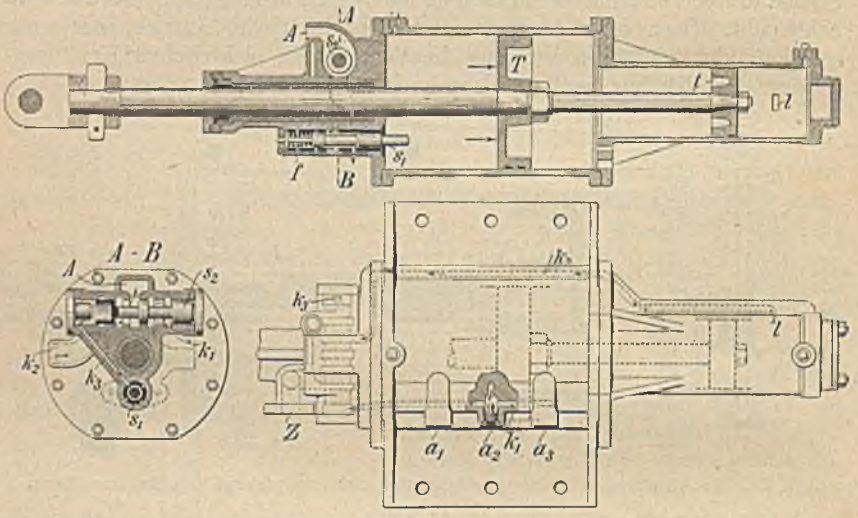


Abb. 372. Doppeltwirkender Schüttelrutschenmotor von Flottmann & Co.

Ein doppeltwirkender Motor ist derjenige der Maschinenbau-A.-G. Flottmann & Co. (Abb. 372). Entsprechend der verschieden großen Arbeitsleistung beim Hin- und Rückgange ist er als Differentialmotor gebaut; die große Kolbenfläche T dient zum Anheben des Rutschenstranges, die kleine Fläche t zur Beschleunigung des Rückganges. Die Steuerung erfolgt durch den Kolbenschieber s_2, der seinerseits wieder vom Arbeitszylinder aus durch Vermittlung des Hilfs-Kolbenschiebers s_1 umgesteuert wird. Dieser wird durch den großen Treibkolben unmittelbar gegen den Druck der Feder f zurückgeschoben und bringt dadurch den im linken Kolbenraume herrschenden Auspuffdruck auf die linke Steuerfläche des Kolbenschiebers s_2 (s. Schnitt $A-B$), wodurch dieser umgesteuert wird und die linke Treibkolbenfläche wieder unter Volldruck setzt. Zur Hubverstellung dienen die drei in der Zylinderwand angebrachten Bohrungen a_1-a_3, die nach Bedarf durch Vermittlung der mit Schraubengewinde zu bewegenden Kegelventilchen an den Auspuff angeschlossen werden, so daß die linke Kolbenfläche früher oder später durch den Steuerkanal k_1 unter Auspuffdruck kommt, während die rechte, kleine Kolbenfläche t gleichzeitig durch den Steuerkanal k_2 und die Öffnung l Volldruck erhält.

Bei dem Klernerschen Motor der Bohrmaschinenfabrik „Glückauf“ in Gelsenkirchen-Schalke (Abb. 373) ist neben dem Hauptkolbenschieber c_1 ein kleiner Hilfskolbenschieber c_2 vorgesehen. Die durch die Leitung a eintretende Preßluft wird durch die Bohrungen b_1 b_2 und den Hauptsteuerkanal d gegen die hintere Fläche des Treibkolbens K_1 geführt. Nach einem gewissen Hube des Treibkolbens wird der Schieber c_1 durch das geöffnete Kegelventil e_1 und den Steuerkanal f_1 mit seiner äußeren Ringfläche unter Volldruck gesetzt und dadurch umgesteuert, so daß dann nur noch der Hilfschieber c_2 einen schwachen Luftzutritt unterhält. Das Schließen des Hauptschiebers kann aber durch Verschluß bzw. Freigabe einer der Bohrungen e_1—e_5 hinausgezogen und dadurch die Zuführung der größeren Preßluftmenge verlängert werden, bis der kleine Kolben K_2 die Öffnung l überschliffen und damit durch die anschließenden Steuerkanäle die Innenflächen der Steuerkolben unter Auspuffdruck gebracht und die Umsteuerung

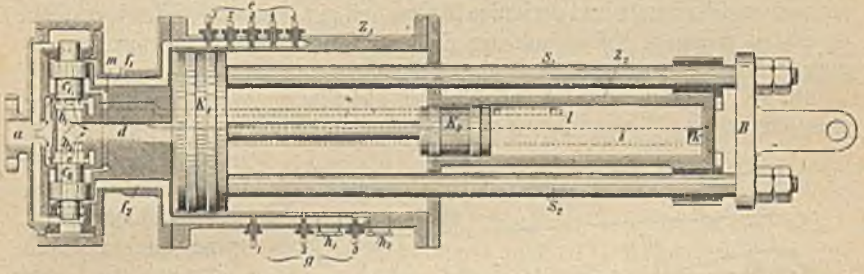


Abb. 373. Doppeltwirkender Schüttelrutschenmotor nach Klerner.

veranlaßt hat. Für den Rückgang sorgt der Steuerkanal i, der mittels der Öffnung k dem kleinen Kolben K_2 Preßluft zuführt. Der Hub wird ähnlich wie beim Flottmann-Motor durch Öffnen und Schließen der Ventile g_1—g_3 geändert.

Andere Preßluftmotoren bauen die Maschinenfabriken Gebr. Hinselmann in Essen, Förster in Altenessen, Frölich & Klüpfel in Barmen, Carlshütte in Altwasser in Schl., Franz Graafen Söhne in Eschweiler.

Wichtig ist bei allen Motoren die kräftige Stoßwirkung und rasche Umsteuerung am unteren Hubende des Rutschenstranges gemäß Abb. 358 auf S. 301. Dieses Ziel wird zunächst durch eine kräftige Pufferwirkung mittels eines Polsters aus stark verdichteter Luft angestrebt, weshalb z. B. in den dargestellten Motoren die Auspufföffnungen in einem gewissen Abstande von der entsprechenden Zylinderstirnfläche angeordnet sind bzw. freigegeben werden. Außerdem dient diesem Zwecke die raschere Zulassung der Preßluft am unteren Ende im Vergleich zum oberen Ende, die durch größeren Durchmesser und geringere Länge der entsprechenden Steuerkanäle erreicht wird. Die Firma Gebr. Hinselmann verwendet für diese Pufferwirkung auch einen besonderen Gegenzylinder, der am unteren Ende des Rutschenstranges eingebaut und an die Preßluftleitung angeschlossen wird; in ihm bewegt sich ein mit der Rutsche verbundener Kolben.

Neuerdings ist man immer mehr bestrebt gewesen, den Hub des Rutschenstranges verstellbar zu machen, um ihn so nicht nur dem wechselnden Einfallen, sondern auch dem schwankenden Luftdruck und der verschiedenen Förderleistung anpassen zu können. Bei der Erläuterung der Abbildungen 371—373 ist bereits auf die Beeinflussung der Steuerung zu diesem Zwecke hingewiesen worden. Auch in das Zwischengetriebe von Motor und Rutsche läßt sich diese Verstellbarkeit legen, wie der Hinselmannsche Antrieb (Abb. 374) zeigt. Bei diesem wird der Rutschenstrang durch ein Seil bewegt und dieses durch eine Doppelschwinge h angezogen, die zwei Reihen von Bolzenlöchern l trägt. Wird der Bolzen für die Kurbelstange s in das oberste und derjenige für das Seil z in das unterste Loch gesteckt, so ist bei gleichem Kolbenhub der Hub der Rutsche am kleinsten, im entgegengesetzten Falle wird er am größten.

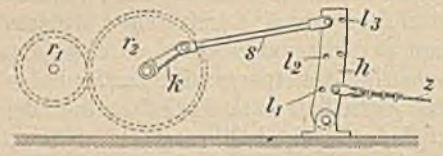


Abb. 374. Rutschenantrieb mit Schwinge nach Hinselmann.

18. — Elektrischer Antrieb. Der elektrische Antrieb von Schüttelrutschen ist eine Notwendigkeit für solche Gruben, die, wie die meisten Kalisalzbergwerke und viele oberschlesische Steinkohlengruben, ganz ohne Preßluftleitungen sind oder doch nur über mäßige Preßluftmengen verfügen. Er hat sich infolgedessen dort auch bereits in größerem Umfange eingeführt. Gleichwohl ist es noch nicht gelungen, eine unter allen Umständen befriedigende Lösung des Rutschenantriebes durch Elektromotor zu finden. Die zu überwindenden Schwierigkeiten bestehen zunächst in der erforderlichen starken Übersetzung ins Langsame, die man teils durch mehrfaches Stirnradvorgelege, teils durch Schneckenantrieb bewirkt hat, hauptsächlich aber in der Notwendigkeit, die gleichförmige Drehbewegung des Elektromotors in die ungleichförmigen Stoßbewegungen des Rutschenstranges überzuführen. Dabei ist noch besonders darauf Rücksicht zu nehmen, daß jeder Rutschenstrang seine Eigenbewegung hat, die je nach seiner Länge, Neigung und Füllung wechselt und mit der die Bewegung des Motors in Einklang gebracht werden muß, was sich bei Preßluftmotoren durch deren Zusammenhang zwischen Rutschenbewegung und

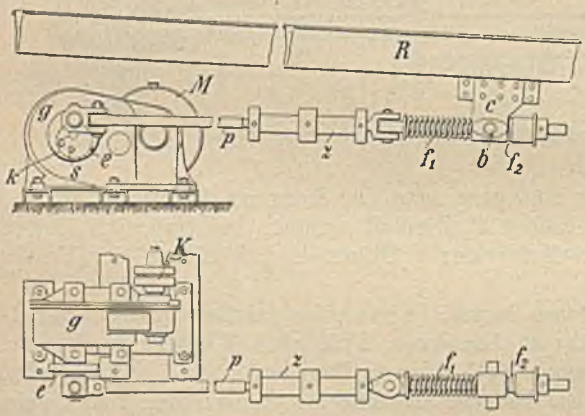


Abb. 375. Elektrischer Rutschenantrieb der Siemens-Schuckert-Werke.

Steuerung leicht erreichen läßt, bei Elektromotoren aber auf erhebliche Schwierigkeiten stößt.

Bei dem Antrieb der Siemens-Schuckert-Werke (Abb. 375) ist als Vermittler zwischen Motor und Rutsche der von den elektrischen Bohrmaschinen her bekannte Federschlitten gewählt. Der Motor *M*, der gekapselt oder offen ausgeführt werden kann, treibt die Hauptwelle *K* mit etwa 1000 Umdrehungen in der Minute, die durch ein in dem Gehäuse *g* staub- und öldicht eingekapseltes Stirnradvorgelege in 80—140 Umdrehungen der Kurbelscheibe *e* übersetzt werden. Die von dieser bewegte Kurbelstange *p* wirkt auf die Stoßstange *z*, die durch Vermittlung zweier Federn f_1 und f_2 und des Schuhes *c* die Rutsche mitnimmt, so daß deren Hub um das Maß der Federspannung größer als der Kurbelhub wird. Die starke Pufferfeder f_2 liefert den Rückstoß am unteren Ende der Abwärtsbewegung, die schwächere Schraubenfeder f_1 vermittelt die Umkehr am oberen Ende. Die Regelung der Hubzahl (in vier Stufen von 80—140) wird durch Auswechseln der Vorgelegeräder, die Regelung der Hubhöhe durch Verdrehung der in der Kurbelscheibe *e* exzentrisch gelagerten und in ihr durch die Bolzen *s* festgehaltenen Nuß *k* ermöglicht; durch diese Verdrehung wird die Exzentrizität der Kurbelscheibe vergrößert oder verkleinert.

Mit gutem Erfolge hat auch die Deutsche Bergbaumaschinen-A.-G. in Zalenze (O./S.) den elektrischen Antrieb ausgebaut. Bisher hat sie einen Antrieb mit Schneckengetriebe und Übertragung auf die Rutsche durch eine Exzenterscheibe mit Stoßstange gebaut; die Stöße am oberen und unteren Hubende werden dadurch aufgenommen, daß die Welle des Schneckenrades in einem Federschlitten verlagert ist. Neuerdings baut die Gesellschaft einen „Pulsator"-Antrieb mit Luftpuffer, dem der Gedanke der Pulsator-Bohrmaschine (s. den Abschnitt „Gewinnungsarbeiten" in Bd. I) zugrunde liegt. Der Motor treibt mittels Schneckengetriebes und doppelten Exzentergestänges den Pulsatorkolben. Die von diesem während des Aufwärtsganges der Rutsche zusammengepreßte Luft tritt durch eine Bohrung in den Arbeitszylinder und treibt dort den Arbeitskolben, von dem aus eine Stoßstange zur Rutsche geht.

Auf einem ähnlichen Gedanken beruht der neuerdings von der Maschinenfabrik H. Flottmann & Co. gebaute elektrische Rutschenantrieb mit Kniehebelwirkung, der gut durchdacht ist und nach den bisherigen Versuchen vorteilhaftes Arbeiten verspricht.

19. — **Die Aufstellung des Motors.** Der Motor kann entweder in unmittelbarer Nähe der Rutsche oder von dieser getrennt aufgestellt werden.

Im ersteren Falle ergibt sich der einfachste Antrieb dadurch, daß der Motor unmittelbar am oberen Ende des Rutschenstranges angreift. Doch läßt dieser Antrieb sich nur bei kurzen Strängen durchführen, weil sonst die oberen Verbindungen zu stark belastet werden. Auch scheidet er für Bergerutschen aus. Im übrigen ist der einfachste Antrieb der, bei dem der Motor nach Abb. 375 unterhalb der Rutsche steht und mit seiner Schubstange unmittelbar an Winkeleisen angreift, die an ein Rutschenstück angenietet sind. Da dann aber im Liegenden ein Raum für den Motor ausgeschossen werden muß, wenn man nicht die ganze Rutsche um die Höhe des Motors höher legen will, so hilft man sich in Lagerstätten von geringer

Mächtigkeit meist in der Weise, daß man den Motor seitlich aufstellt und mit Hilfe eines ein- oder zweiarmigen Hebels angreifen läßt; der Motor läßt sich dann auch besser beaufsichtigen und vor Verschmutzung schützen.

Abb. 376 veranschaulicht diese Antriebsweise; die ausgefüllt gezeichneten Querschnitte sind diejenigen der zum Feststellen dienenden Spannsäulen. Der Motor *M*, dessen Kolbenstange (vgl. auch Abb. 371) auf eine hintere Brücke wirkt, setzt durch diese und ein Umführungsgestänge die vordere abgefederte Brücke in Bewegung, an der die Zugstangen und -seile angreifen. In Abb. 376a wird die Bewegung durch einen Winkelhebel *w* übertragen, der es ermöglicht, den Motor seitwärts in einem Blindorte aufzustellen. In Abb. 376b steht der Motor gleichlaufend mit der Rutsche und greift sie mittels eines einarmigen Hebels *s* an. Bei dem in Abb. 376c

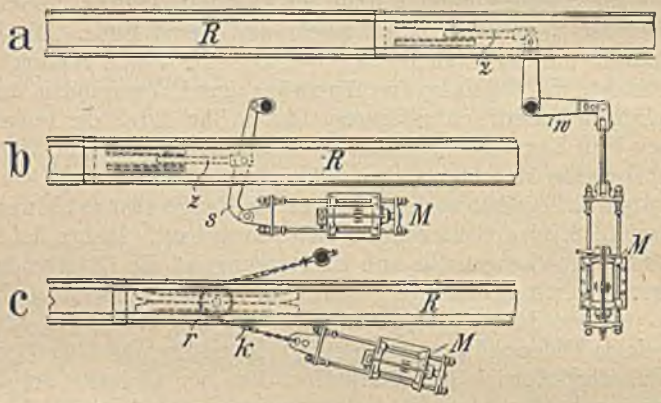


Abb. 376a—c. Schüttelrutschenantrieb mit seitlich aufgestelltem Motor.

dargestellten Antrieb nach Müggenburg wird der Rutschenstrang von dem schräg gestellten Motor aus flaschenzugartig mittels einer Laschenkette *k* bewegt, die um die Kettenscheibe *r* herumgelegt ist. Auf diese Weise wird das Triebwerk selbsttätig in Spannung gehalten und ein Schlagen der einzelnen Teile vermieden.

Die in den Abbildungen *a* und *b* dargestellten Antriebe ermöglichen die Veränderung des Rutschenhubes durch die Änderung der Hebelübersetzung (vgl. auch Abb 374).

Wird der Motor ganz von der Rutsche getrennt aufgestellt, so erfolgt der Antrieb mit Hilfe eines Seiles. Man kann den Motor unabhängig vom Vorschieben des Rutschenstranges an Ort und Stelle belassen, indem nur das Seil von einer zwischengeschalteten Seiltrommel entsprechend abgewickelt zu werden braucht. Der Motor kann in diesem Falle am oberen Ende des Rutschenstranges, also auf der Teilsohle, aufgestellt werden oder auch weiter unten in einem Blindort Aufstellung finden. Ein Beispiel bildet der von Hinselmann zuerst verwandte und in der Flottmannschen Ausführung durch Abb. 377 veranschaulichte Seilantrieb, bei dem das vom Motor kommende Seil d_1 an einem Knotenstück *k* angreift, das mittels des Seiles d_2 an dem Stempel *s* hängt und durch das Seil d_3 die Rutsche faßt.

Das Anheben der letzteren erfolgt dadurch, daß der Endpunkt von d_2 bogenförmig nach oben schwingt.

Auch der in Abb. 376a dargestellte Winkelhebelantrieb kann für Seilzug eingerichtet werden.

Der Seilantrieb bietet den Vorteil, daß man den Motor seltener umzusetzen braucht und daß dieser unter günstigeren Bedingungen arbeitet, weil er dem Staube des Abbaustoßes entzogen ist. Der erstgenannte Vorteil ist besonders für große Rutschenanlagen wichtig, die schwere Motoren erfordern. Außerdem wird das Geräusch der auspuffenden Preßluft bzw. (bei elektrischem Antrieb) der Zahnräder außer Hörweite der Hauer gebracht. Anderseits wird bei größeren Seillängen die Bewegung der Rutsche zu unsicher. Auch ist die Überwachung des Motors auf der Teilsohle erschwert; setzt man ihn aber in ein Blindort, so muß für dessen Bewetterung gesorgt werden, was umständlich ist.

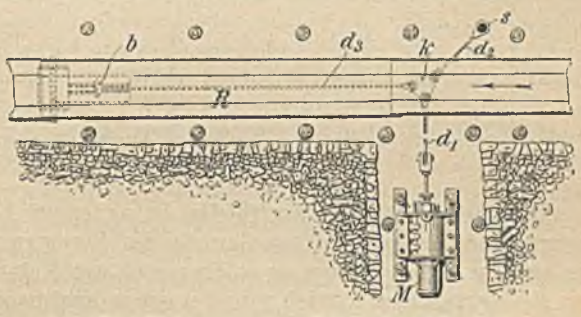


Abb. 377. Flottmannscher Rutschenantrieb mit Seil.

Der Motor wird meist auf einem Balkenrahmen verlagert, der in das Liegende eingespitzt oder gegen das Hangende durch Stempel oder Spannsäulen abgespreizt wird. Der Zylinder wird dann mit angegossenen Flanschen versehen, mittels deren er auf dem Rahmen befestigt werden kann. Auch kann der Motor in einen besonderen Lagerbock gesetzt oder (bei kleineren Anlagen) nach Art der Stoßbohrmaschinen an einer Spannsäule befestigt werden. Besonders einfach gestaltet sich die Verlagerung, wenn der Motor an der Rutsche selbst befestigt wird, so daß er deren Bewegung mitmacht und sich samt der Rutsche an einer Kette hochzieht (Kniehebelantrieb von Flottmann u. a.).

Die Angriffstelle für den Antrieb ist grundsätzlich beliebig. Jedoch ist die Lage des Rutschenschwerpunktes zu berücksichtigen. In dem gewöhnlichen Falle, wo der Rutschenstrang von der Seite aus beschickt wird, nimmt die Füllung von oben nach unten hin gleichmäßig zu, der Schwerpunkt liegt also mehr oder weniger unterhalb der Mitte, je nach dem Gewicht der leeren Rutsche und dem spezifischen Gewicht des Fördergutes.

Bei Aufstellung des Motors am unteren Ende ergibt sich als Vorteil der bequeme Einbau und Umbau und die leichte Überwachung und Regelung. Dafür gerät aber der Rutschenstrang, weil er unterhalb des Schwerpunkts angegriffen wird, in schlingernde Bewegung, was unerwünscht ist. Bei Aufstellung am oberen Ende dagegen wird zwar ein ruhigeres Arbeiten des Rutschenstranges erzielt, anderseits aber die Überwachung des Motors erschwert, auch werden die oberen Rutschenverbindungen durch das Gewicht des ganzen Rutschenstranges stark beansprucht. Man wählt daher bei größeren Rutschenanlagen meist den Mittelweg, den Motor un-

gefähr in der Mitte des Rutschenstranges angreifen zu lassen. Für Rutschenstränge von geringer Länge spielt die Stellung des Motors keine große Rolle.

20. — **Kraftbedarf und Leistungen.** Über die wichtigsten Betriebszahlen für Preßluftmotoren bei verschiedenen Beanspruchungen gibt nachstehende Zahlentafel Aufschluß:

Größe	Wirkung ein- oder zweiseitig	Zylinderdurchmesser mm	Hub- länge [1]) mm	Hub- zahl	Leistung PS	Luftverbrauch, auf Luft von atmosphärischer Spannung umgerechnet [2]), l i. d. Min.	Länge des Rutschenstranges ungefähr m
I	einseitig	150	180—300	60—80	6,5	700— 800	35
II	„	250			12	1300—1400	100
III	„	350			25	1600—1700	200
I	zweiseitig	150	150—250	80—100	2,5	400— 500	30— 50
II	„	250			6,5	1100—1200	60— 90
III	„	350			13	1500—1600	90—150

Bestimmend für den Kraftbedarf ist außer der Förderhöhe und Fördermenge und dem spezifischen Gewicht des Fördergutes auch das Einfallen; je geringer dieses ist, um so stärker muß der Motor sein.

Bei elektrischem Antrieb wird mit einem Kraftbedarf von etwa 3—10 KW gerechnet. Die Kraftersparnis durch den elektrischen Betrieb ist nicht so groß, wie man zunächst annehmen möchte, da der Motor ununterbrochen läuft, was sich besonders bei einseitiger Wirkung ungünstig bemerklich macht.

Die Leistungsfähigkeit einer Förderrutsche von gegebenem Querschnitt ist bei einer bestimmten Hubzahl durch die Größe des „Ruckes" gegeben, den das Fördergut im Augenblick der Umkehr der Bewegung erhält. Wichtig für die Steigerung der Leistung ist bei gegebener Neigung die Verringerung der Reibung, da diese die dem Fördergut während des Vorschubes der Rutsche erteilte lebendige Kraft mehr oder weniger rasch aufzehrt. Allerdings darf beim Vorwärtsgange der Rutsche die Reibung eine gewisse Größe nicht unterschreiten, weil sonst das Fördergut die Bewegung nicht voll mitmacht; daher ergibt sich für größere, rundliche Stücke bei flacher Neigung der Rutsche eine gewisse Minderleistung, da diese zum Zurückrollen neigen. Doch ist dann die Änderung des Antriebs oder der Führung der Rutsche wirtschaftlicher als die Vergrößerung der Reibung.

Die Reibung wiederum ist bei gegebenem Rutschenquerschnitt verschieden je nach der Art des Fördergutes, nach seiner Korngröße und nach seiner größeren oder geringeren Feuchtigkeit. Sie ist bei grobem Korn und trocknem Fördergut geringer, bei feinem Korn und einem gewissen Feuchtigkeitsgehalt größer. Auch die Oberflächenbeschaffenheit der Rutsche spielt eine Rolle;

[1]) Unter Berücksichtigung der Verstellbarkeit des Hubes.

[2]) Betriebsdruck zu 4 Atm. Überdruck und Betrieb mit voller Füllung angenommen; bei Sparsteuerungen kann der Luftverbrauch auf annähernd die Hälfte herabgedrückt werden.

so haben sich z. B. verzinkte Rutschen gut bewährt, da sie nicht rosten und infolgedessen eine sehr glatte Oberfläche durch den Betrieb erhalten. Im übrigen ist naturgemäß die kraftverzehrende Wirkung der Reibung um so geringer, je größer die Neigung des Rutschenstranges ist (vgl. Ziff. 11).

Eine Rutsche von nur 40 cm Breite kann bei einem Ruck von jedesmal 10 cm ohne Schwierigkeiten 12 t, bei einem Ruck von je 25 cm 30 t je Stunde reiner Arbeitszeit bewältigen, was auch für größere Flözmächtigkeiten, starke Belegung und große Bauhöhe vollkommen ausreicht.

21. — **Kosten der Schüttelrutschenförderung**[1]). Die Ausgaben für die Schüttelrutschenförderung setzen sich hauptsächlich aus denjenigen für die Rutschen selbst, für die Motoren und für die Antriebskraft zusammen.

Der Rutschenverschleiß wird verschieden angegeben. Man rechnet für Kohle, daß eine Rutsche von 4 mm Blechstärke je nach Einfallen und Förderlänge die Förderung von 20000—40000 t aushält. Da eine Rutsche je lfd.m etwa 10—15 ℳ kostet, so belastet der Verschleiß einer Rutschenanlage von 60 m Länge, unter Berücksichtigung der Kosten für Aufhängung oder Verlagerung der Rutschen, die Tonne Förderung mit 3—4 ₰.

Die Kosten für den Motor belaufen sich bei Preßluftmotoren auf etwa 500—1600 ℳ je nach der Leistung und je nachdem, ob der Angriff unmittelbar oder durch Vermittlung von Schwingen, Winkelhebeln u. dgl. erfolgt. Die Leistungsfähigkeit eines Motors kann auf 60000—80000 t veranschlagt werden, so daß sich für Tilgung und Verzinsung eine Ausgabe von etwa 1—2 ₰ je Tonne Kohlen ergibt.

Die Kosten der verbrauchten Preßluft, auf die Tonne Kohlen berechnet, wachsen mit den Rutschenlängen, da mit diesen auch die mittleren Förderwege zunehmen. Sie betragen bei Nichtausnutzung der Expansion für mittlere Fallwinkel bei Rutschen von 30—50 m Länge etwa 3—5 ₰ je Tonne, bei Rutschen von 80—100 m Länge 5—12 ₰ je Tonne.

Zu diesen Ausgaben kommen noch kleine Beträge für Schmierung u. dgl., so daß sich die Gesamtkosten bei regelrechter Ausnutzung der Rutschenförderung auf etwa 9—18 ₰ für die Tonne berechnen.

Bei elektrischem Antrieb betragen die Ausgaben für den Motor das 2- bis 2½fache, wogegen die Kosten für die Antriebskraft auf etwa die Hälfte heruntergehen.

22. — **Bergeförderung mittels Schüttelrutschen.** Die Zuführung fremder Berge ist wegen der Notwendigkeit, mit geschlossenem Versatz zu arbeiten, bei allen Rutschenförderungen wichtig. Sie muß gleichfalls durch die letzteren erfolgen, denen die Berge von der jeweils oberen Teilsohle aus zugeführt werden. Bei größerer Bergezufuhr empfiehlt sich eine Trennung zwischen Kohlen- und Bergeförderung, indem man die Teilsohlenstrecken zweispurig auffährt. Auch kann man gemäß Abb. 378 die Kohlen- und Bergeförderstrecken trennen, indem man die ersteren im Liegenden, die letzteren im Hangenden auffährt. Doch machen geeignete Kippvorrichtungen

[1]) S. auch Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- und Sal.-Wes. 1911, S. 418; Hochstrate: Abbauförderereinrichtungen auf den staatlichen Steinkohlenbergwerken bei Saarbrücken. — Glückauf 1910, Nr. 24/25, S. 863; Jüngst: Kritik des Schüttelrutschenbetriebes.

für die Bergewagen, die diese an der Kippstelle zu heben gestatten (s. Ziff. 33), eine solche Trennung der Strecken unnötig.

Für die Bergezufuhr mittels Schüttelrutschen ergeben sich folgende Möglichkeiten:

1. Benutzung derselben Rutsche in einer besonderen Schicht nur für die Bergeförderung. Man muß dann, wenn man in zwei Schichten fördern will, die Nachtschicht für die Bergeförderung benutzen, was nur bei gleichzeitigem Betriebe einer großen Anzahl von Abbauförderungen lohnend ist.

2. Gleichzeitige Kohlen- und Bergeförderung in derselben Rutsche nach Abb. 379. Hier werden zunächst die Berge am unteren Ende ausgetragen, sodann wird die Austragstelle entsprechend den Nummern in der Abbildung nach und nach höher gelegt, worauf die unter der Absperrung liegenden Rutschenteile zur Kohlenförderung ausgenutzt werden können. Dieses Verfahren hat den Übelstand, daß die weiter oben arbeitenden Hauer länger auf die Abförderung ihrer Kohlen warten müssen und die Beanspruchung

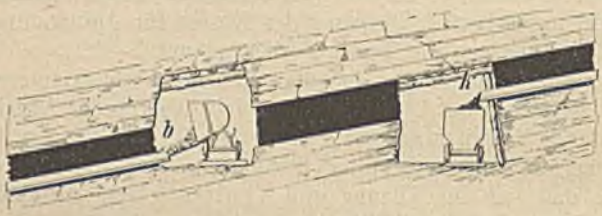


Abb. 378. Kohlen- und Bergeförderstrecken bei mechanischer Abbauförderung.

der Rutschen sich fortgesetzt ändert. Außerdem müssen die Rutschen sehr leistungsfähig sein, werden also breit und schwer.

3. Verwendung von zwei selbständigen Rutschensträngen, deren einer für die Kohlen-, der andre für die Bergeförderung dient[1]). Man kann unter Umständen in dieser Weise zwei Rutschenstränge gleichzeitig durch einen Motor antreiben.

Bei dieser Anordnung kann man mit leichteren Rutschen auskommen und bei selbständigem Antrieb jeder Rutsche sich den Erfordernissen des Betriebs durch gesonderte Regelung des Ganges jedes einzelnen Motors am besten anpassen. Das Vorschieben der Rutschen mit dem Vorrücken des Abbaustoßes kann, wenn das Hangende nicht das geschlossene Vorschieben beider Rutschen gestattet, in der Weise erfolgen, daß immer die hintere Rutsche aus- und vor der vorderen wieder eingebaut wird, so daß jede Rutsche zunächst zur Kohlen- und dann zur Bergeförderung dient.

Bei den unter 2. und 3. genannten Verfahren werden wegen der größeren Breite der Rutschenförderungen größere Ansprüche an die Festigkeit des Hangenden gestellt. Auch die Erhöhung des Geräusches, das die Beobachtung der Gebirgsbewegungen erschwert, und die Übertragung der Erschütterungen durch den Motor auf das Gebirge wirkt in gleichem Sinne. Ist das Hangende

[1]) Vgl. auch Glückauf 1922, Nr. 19, S. 553 u. f.; Gerke: Die Anwendung von doppelten Rutschen beim Strebbau.

nicht sehr gut, so wird man daher die Bergeförderung in einer besonderen Schicht oder in einem besonderen Abschnitt der Schicht vorziehen.

In allen Fällen muß dafür gesorgt werden, daß die Berge an beliebigen Stellen seitlich ausgetragen werden können. Das wird nach dem Hinselmannschen Verfahren dadurch ermöglicht, daß in jedem Rutschenstück ein etwa 1,5 m langer Teil der einen Seitenwand drehbar eingerichtet wird, so daß man ihn nach Bedarf schräg an die gegenüberliegende Wand anlegen und damit gleichzeitig die andre Wand öffnen kann (Abb. 379 bei 1—11). Eine andre Möglichkeit ist die, daß in die Rutsche an ganz beliebigen Stellen ein Trog mit ansteigendem Boden und seitlicher Austragrinne eingesetzt wird (Abb. 380). Dieser Trog wird dann durch Schraubenbügel k_1 k_2 an die Rutschenwandungen angeklemmt; das kurze ansteigende Stück wird auch bei flachem Einfallen von den Bergen ohne Schwierigkeiten überwunden. Auch hat Hinselmann beide Verfahren vereinigt, indem er derartige Tröge mit drehbaren Seitenklappen ausgerüstet hat.

In Flözen von größerer Mächtigkeit hat es sich als vorteilhaft erwiesen, das letzte Stück der Bergerutsche ansteigend zu führen, um die Berge bis nahezu unter das Hangende bringen zu können. Am einfachsten läßt diese Möglichkeit sich bei Hängerutschen ausnutzen, während bei Rollenrutschen die Verlagerung Schwierigkeiten macht.

Bei schwebendem Verhieb wird zweckmäßig die oberste Kohlen- und die unterste Bergerutsche schwenkbar angeordnet, um den ganzen Kohlen- bzw. Versatzstoß bestreichen zu können.

23. — Beurteilung und Verwendungsgebiet der Schüttelrutschenförderung. Der Nutzen der Rutschenförderung ist einmal ein unmittelbarer, indem bei geringer Flözmächtigkeit das mehrmalige Schaufeln der Kohlen von Hand bis zur nächsten Förderstrecke fortfällt, bei größerer Mächtigkeit aber wenigstens die Arbeit des Füllens der Förderwagen im Abbau durch die bedeutend bequemere Arbeit der Beschickung der Rutsche ersetzt wird. Auf der andern Seite ergeben sich mittelbare Vorteile durch den Wegfall von Bremsbergen und Förderstrecken. Hiernach ist der Nutzen der Abbauförderungen am größten in dünnen Flözen, weil sie in diesen die bequemste Abförderung des gewonnenen Haufwerks ermöglichen und sich

Abb. 379. Gleichzeitige Berge- und Kohlenförderung bei Hinselmannschen Schüttelrutschen.

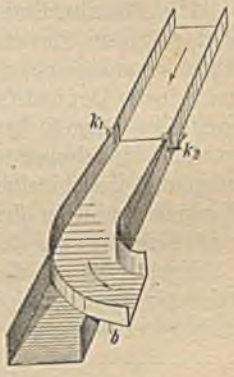


Abb. 380. Verlegbarer Bergeaustrag bei Schüttelrutschen.

hier vergleichsweise hohe Kosten für Bremsberge und Strecken und namentlich auch für deren Unterhaltung ergeben.

Bei etwas größerer Flözmächtigkeit werden die Abbauförderungen besonders nützlich sein für Flöze, die kein Bergemittel führen und für die infolgedessen die bequeme Zuführung fremder Berge durch die Rutschen besonders ins Gewicht fällt.

Anders liegen die Bedingungen, wenn die Lagerstätte so mächtig ist, daß Förderwagen im Abbau verkehren können. Hier tritt die Haspelförderung (Ziff. 24) mit der Rutschenförderung in Wettbewerb. Es fällt dann für die letztere der große Vorteil weg, daß das mehrmalige Kohlenschaufeln durch die Abbauförderung entbehrlich gemacht wird. Die Strecken- und Bremsbergkosten werden geringer; ihre Verringerung durch den Abbau mit hohen Stößen kommt der Haspelförderung ebenso wie der Rutschenförderung zugute. Je geringer das Einfallen wird, um so größer wird der Vorsprung der Haspelförderung wegen des geringeren Kraftverbrauchs, insbesondere auch bei der Bergeförderung, zumal bei flachem Einfallen die Gefahr des Abgehens von Wagen bei der Haspelförderung abnimmt.

In jedem Falle bleibt freilich der geringere Kraftaufwand für das Einschaufeln der Kohlen und die bequemere Zuführung der Versatzberge, letztere insbesondere bei größerer Flözmächtigkeit, ein Vorzug der Rutschenförderung.

Wird der Verhieb einer Lagerstätte schwebend geführt, so werden die Rutschenförderungen nicht genügend ausgenutzt, da ein schwebender Betrieb nur eine geringe Förderleistung ergibt, wenn nicht die Lagerstätte sehr mächtig ist. Man hat sich aber in solchen Fällen damit geholfen, daß man den Stoß in größerer Breite (20—40 m) in Angriff genommen und diese ganze Breite durch eine söhlig liegende Rutsche bedient hat, die auf eine zweite, im Einfallen liegende und allmählich nach oben verlängerte Rutschenanlage austrug[1]). Bei geringerer Stoßbreite läßt sich durch eine gewisse Schwenkbarkeit der vordersten Rutsche eine Bestreichung des ganzen Stoßes ermöglichen (vgl. Ziff. 22).

In mächtigeren Flözen arbeitet bei schwebendem Verhieb die Haspelförderung günstiger.

Die Rutschenförderungen verursachen bei schwacher Beschickung nicht viel geringere Kosten als bei voller Ausnutzung. Arbeitet also z. B. eine Rutschenanlage nur mit halber Leistung, so gehen die Förderkosten je t auf nahezu das Doppelte der oben angegebenen Sätze herauf. Es muß demnach vor allen Dingen stets auf volle Ausnutzung gehalten werden, wenn man günstige Ergebnisse erzielen will. Nur dann lassen sich auch die Vorzüge der maschinellen Abbauförderungen, die in der Beschleunigung des Verhiebes und in der dadurch bedingten Verringerung des Gebirgsdruckes und Erleichterung der Aufsicht liegen, voll zur Geltung bringen.

Nachteilig ist die Empfindlichkeit der Abbauförderungen gegen Betriebstörungen. Da von einer einzelnen Rutschenanlage eine große Fördermenge geliefert wird, so wird durch einen Bruch aus dem Hangenden oder

---

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, S. 125; Versuche und Verbesserungen.

eine Betriebstörung des Motors u. dgl. sofort ein erheblicher Förderausfall herbeigeführt. Demgemäß muß bei druckhaftem Gebirge mit allem Nachdruck für die ausreichende Beschaffung von Versatzbergen gesorgt werden, damit der Abstand zwischen Abbaustoß und Versatz nicht zu groß wird. Die Bergebeschaffung hat also hier mindestens dieselbe Wichtigkeit wie die Kohlenförderung.

24. — **Haspelförderung im Abbau.** Die neuzeitlichen Fortschritte im Bau von kleinen Luft- und elektrischen Haspeln haben die Möglichkeit geschaffen, auch im Abbau mit solchen Haspeln zu fördern, und zwar bei geneigter Lagerung mit offenem Seil, in söhligen oder ganz schwach geneigten Lagerstätten mit Seil ohne Ende. Der Verwendungsbereich solcher Haspel ist allerdings im Vergleich zur Rutschenförderung beschränkt. Zunächst kommen nur solche Flöze in Betracht, bei denen die Mächtigkeit den Verkehr mit Förderwagen im Abbau ermöglicht. Sodann scheiden diejenigen Fälle aus, in denen die Neigung ausreicht, um mit fliegenden Bremsen zu arbeiten und in denen keine Bergezuführung von unten erforderlich ist.

Das Hauptgebiet der Haspelförderung werden also mächtige Flöze mit ganz flacher Lagerung sein. Außerdem eignet sich dieses Förderverfahren auch für mächtigere Flöze mit steilerem Einfallen, falls der Verhieb schwebend mit breiten Stößen geführt wird, namentlich wenn die Berge von unten zugeführt werden müssen oder der Abbau als Unterwerksbau betrieben wird.

In solchen Fällen bietet die Haspelförderung gegenüber der Rutschenförderung folgende Vorteile: Der Kraftbedarf ist gering, weil nur rollende Reibung in Frage kommt, wogegen bei der Schüttelrutsche die gleitende Reibung zu überwinden ist, und weil die Leerlaufarbeit, die bei der Rutschenbewegung einen mehr oder weniger großen Teil der Betriebszeit einnimmt, fortfällt. Auch ist das Gestänge leichter umzulegen als ein Rutschenstrang, während der Umbau des Haspels keine größeren Umstände macht als derjenige eines Rutschenmotors. Dazu kommt, daß die Haspelförderung auch für den Unterwerksbetrieb geeignet ist, für den die Rutschenförderung bei einem etwa über 3° hinausgehenden Einfallen ausscheidet. Nachteile der Haspelförderung sind dagegen: Die schwierigere Beladung der Kohlen- und die umständliche Entladung der Bergewagen. Diese letztere Schwierigkeit fällt besonders ins Gewicht, weil gerade für mächtige Flöze die Bergezuführung eine große Rolle spielt. Ferner ist die Gefährdung durch durchgehende Wagen zu bedenken, die nicht nur unmittelbar Leute beschädigen, sondern auch mittelbar durch Umreißen der Zimmerung große Unfälle herbeiführen können. Auch nimmt die Leistungsfähigkeit der Haspelförderung mit wachsender Stoßhöhe ab, wogegen diejenige der Rutschenförderung, genügend große Rutschenquerschnitte vorausgesetzt, von der Stoßhöhe unabhängig ist. Allerdings ist dieser Gesichtspunkt von geringerer Bedeutung, da man in mächtigen Flözen, für die die Haspelförderung in Betracht kommt, ohnehin nicht mit großen Stoßhöhen arbeiten wird.

II. Die Streckenförderung.

25. — **Allgemeine Möglichkeiten.** Für die Streckenförderung bildet im allgemeinen der Förderwagen die Grundlage. Er ist das alleinige Fördermittel für die Förderung in Querschlägen, Richt- und Grundstrecken. Auch für die Förderung in den Abbaustrecken beim Pfeilerbau, Streb- und Stoßbau ist die Wagenförderung das Gegebene, da die Rutschenförderung hier zu viele Antriebsvorrichtungen erfordern würde und die einzelnen Anlagen zu wenig ausgenutzt werden würden.

Dagegen hat sich für den Rutschenbau bereits in gewissem Umfange die Förderung mit Schüttelrutschen auf den Teilsohlen eingeführt. Da nämlich die Bremsbergförderung bei nicht zu steilem Einfallen durch den Rutschenbetrieb ersetzt werden kann, so erzielt man durch den Betrieb der Streckenförderung zwischen Abbau- und Bremsbergrutsche mittels Schüttelrutsche den großen Vorteil, daß man die Förderwagen oberhalb der Hauptsohle überhaupt nicht mehr gebraucht und damit an Streckenquerschnitten und Streckenunterhaltungskosten erheblich sparen kann, auch Schlepper- und Anschlägerlöhne großenteils fortfallen. Allerdings eignet sich dieses Förderverfahren nicht für die Zuführung fremder Berge, kommt also nur für den Pfeilerbau, für den Strebbau mit großen Stoßhöhen und eigenen Bergen oder für den Abbau mit Spülversatz in Betracht.

Bei einer solchen Förderanlage trägt die Abbaurutsche auf die Streckenund diese auf die Bremsbergrutsche aus. Man kann, wenn es sich nur um *eine* Teilsohle handelt, alle drei Rutschen durch einen gemeinsamen Motor betreiben, indem der durch diesen angetriebene Rutschenstrang mit Hilfe von Winkelhebeln die beiden andern Rutschen mitnimmt. Dadurch ist man nur von *einem* Motor abhängig. Der Nachteil, daß mit dem Versagen dieses Motors die ganze Förderanlage stillgesetzt wird, ist nicht so groß, wie es auf den ersten Blick scheint, da ja der Fortbetrieb der Abbau- und Bremsbergrutsche bei Stillstand der Streckenrutsche oder umgekehrt ohnehin zwecklos sein würde. Anderseits ergibt sich allerdings der Übelstand, daß die Streckenrutsche wegen der allmählichen Verlängerung oder Verkürzung der Teilsohlenstrecke ständig mehr bzw. weniger Kraft verbraucht, während der Kraftbedarf der beiden andern Rutschen gleich bleibt. Daher erzielt man eine bessere Regelfähigkeit, wenn man jede Rutsche durch einen besonderen Motor antreiben läßt. Dieses Verfahren ist das Gegebene, wenn die Rutschen *mehrerer* Teilsohlen auf dieselbe Bremsbergrutsche austragen sollen.

Bei der Streckenförderung mit Wagen ist zunächst über die Förderwagen und Förderbahnen und sodann über die Wagenbewegung durch Menschen, Tiere und Maschinen zu sprechen.

A. Förderwagen[1]).

26. — **Allgemeine Erfordernisse.** Die wesentlichen Bestandteile eines Förderwagens sind der *Wagenkasten* und der *Radsatz*. Hierzu tritt vielfach ein beide Teile verbindendes *Rahmengestell*.

[1]) S. auch Glückauf 1917, Nr. 3, S. 54 u. f.; *Roelen*: Gesichtspunkte für die Gestaltung und Bemessung der Förderwagen im deutschen Steinkohlenbergbau. — *Bansen*: Die Streckenförderung, (Berlin, *Springer*) 1908, S. 49. u. f.

An einen guten Förderwagen sind zahlreiche verschiedenartige und sich teilweise widersprechende Anforderungen zu stellen, von denen als die wichtigsten zu nennen sind: Billigkeit, geringes Gewicht bei großem Fassungsraum, Widerstandsfähigkeit gegen Stöße einerseits, Verschleiß, Staub und saure Wasser anderseits, sichere Spurhaltung, leichte Handhabung beim Schleppen und beim Wiedereinheben nach Entgleisungen, leichte und sichere Durchfahrung von Kurven, genügende Standfestigkeit, möglichst bequeme Füllung. Endlich muß der Wagen den besonderen Verhältnissen der Grube, namentlich der Mächtigkeit der Lagerstätten einerseits und dem Schachtquerschnitt anderseits, angepaßt sein. Die Erfüllung dieser Bedingungen in ihrer Gesamtheit ist nicht möglich. So ist z. B. der hölzerne Wagen billig, aber gegen Verschleiß und Stoß wenig widerstandsfähig. Niedrige Wagen sind standsicher, leicht zu schleppen und zu beladen, müssen aber zur Erzielung eines genügenden Fassungsraumes lang gebaut werden, wodurch sie mehr Raum im Schachte beanspruchen. Wagen mit breiter Spur sind standsicher, aber schwerer

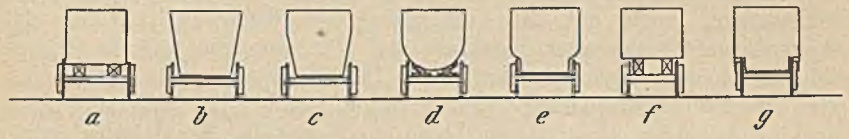


Abb. 381. Verschiedene Förderwagenformen.

durch Kurven zu bringen. Wagen mit dicht nebeneinander stehenden Achsen können leicht durch Kurven gefahren, bequem in Kopfkippern gekippt und im Entgleisungsfalle wieder ohne große Mühe auf die Schienen gehoben werden, eignen sich aber wegen ihrer Neigung zum Schaukeln und Entgleisen schlecht für maschinelle Förderung usw. Besondere Schwierigkeiten verursacht auch die Notwendigkeit, bei der Wahl der Förderwagen Schachtquerschnitt und Verhältnisse unter Tage in gleichem Maße zu berücksichtigen.

27. — **Wagenkasten.** Beim Wagenkasten ist die Querschnittsform, die Größe der Abmessungen nach Länge, Breite und Höhe, der Fassungsraum und der zur Herstellung verwandte Stoff von Bedeutung. Die am meisten gebräuchlichen Querschnittsformen werden durch Abb. 381 veranschaulicht. Wagen mit untergebauten Rädern (*f*) sind jedoch wenig zweckmäßig, da sie wegen höherer Lage des Schwerpunktes wenig standsicher sind. Der Wagen *a* hat einen verhältnismäßig geringen Fassungsraum. Wesentlich mehr faßt bei gleicher Breite, Höhe und Länge der Wagen *e*, jedoch sind diesem trotz etwas geringeren Inhalts die Wagen *b* und *c* vorzuziehen, da die einspringenden Ecken von *e*, wenn auch abgerundet, dem Verschleiß stark ausgesetzt sind, namentlich bei Erz- und Bergeförderung. Sehr empfehlenswert ist der Muldenwagen *d*, der den Vorzug guter Raumausnutzung mit den weiteren der Standsicherheit, des geringen Verschleißes und der leichten und vollständigen Entleerung, sowie der bequemen Reinigung vereinigt. Letztere Vorteile ergeben sich aus dem Fehlen der Ecken, die immer die schwachen Stellen des Wagens sind und zum Festsetzen von Teilen des Inhalts Veranlassung geben, namentlich bei Förderung feuchter

Massen, zu denen z. B. Waschberge und Kohlen aus Abbauen mit Berieselung stets zu rechnen sind.

Was die Abmessungen betrifft, so sind vom Standpunkte einer guten Ausnutzung der Schachtscheibe hohe und kurze Wagen vorzuziehen. Auf der andern Seite ist es für flache und mäßig geneigte Lagerstätten günstig, wenn man mit den Wagen bis unmittelbar vor den Abbaustoß fahren kann. Für diesen Zweck verdienen die niedrigen Wagen, seien sie nun kurz und breit oder schmal und lang, durchaus den Vorzug, zumal bei ihnen auch das Einladen geringere Mühe verursacht. Bei Abbauförderung mit Rutschen verliert jedoch dieser Gesichtspunkt an Bedeutung, so daß man bei voller Durchführung einer solchen Abbauförderung die Abmessungen des Wagenkastens der Schachtförderung anpassen kann.

Der Fassungsraum des Wagens soll zu seinem Gewicht in möglichst günstigem Verhältnis stehen. Daher ist es erwünscht, nicht nur die Wagen so leicht zu bauen, wie es die Rücksicht auf die Festigkeit zuläßt, sondern auch in der Größe der Wagen so weit zu gehen, wie es die verfügbaren Streckenquerschnitte und die Rücksicht auf die Schlepperförderung ermöglichen. Denn mit der Verdopplung des Wageninhalts steigt das Wagengewicht nicht etwa gleichfalls auf das Doppelte. Große Wagen sind besonders angebracht einerseits für Gruben, deren Verhältnisse für die Schlepperförderung günstig liegen, d. h. die auf mächtigen, flach einfallenden Lagerstätten bauen und deshalb überall über große Streckenquerschnitte verfügen und in denen flach geneigte Wagenbremsberge mit Zwischenanschlägen mit ihren für das Anschlagen schwierigeren Verhältnissen von geringer Bedeutung sind, — und anderseits für Gruben mit tiefen Schächten. Mit zunehmender Schachttiefe wachsen nämlich die Ansprüche, die an das Förderseil gestellt werden müssen, sehr beträchtlich, da man zur Erzielung genügender Förderleistungen eine größere Anzahl von Förderwagen mit jedem Zuge zu heben bestrebt ist. Infolgedessen muß dann die im Wagengewicht steckende tote Last möglichst herabgedrückt werden.

Daher finden wir im deutschen Kalisalzbergbau, der sich durch große Streckenquerschnitte und Zurücktreten der Bremsbergförderung auszeichnet, Wagen bis zu 1 t Fassungsraum, und im lothringischen Minettebergbau, der ähnliche Verhältnisse aufweist, geht man sogar bis zu 1,5 t; auch im oberschlesischen Steinkohlenbergbau sind auf verschiedenen Gruben Wagen von ähnlicher Größe im Gebrauch. Dagegen ist es anderseits im Ruhrkohlenbezirk, wo auf den neuen Anlagen große Fördermassen aus bedeutenden Teufen gehoben werden müssen, die Rücksicht auf die Schachtförderung, die zur Verwendung größerer Wagenformen geführt hat. Zwar ist hier die obere Grenze wegen der geringeren Flözmächtigkeiten niedriger gesteckt als für die andern Bergbaubezirke, doch ist man immerhin von den früher meist üblichen Wagen von 500 kg Inhalt auf vielen Gruben zu solchen für 600—650 kg übergegangen, vereinzelt werden auch Wagen für 750 kg benutzt.

Für die Förderung in Zügen mit Pferden oder Lokomotiven bieten große Wagen den Vorteil der Verkürzung der Züge, woraus sich dann wieder eine geringere Entgleisungsgefahr, kleinere Bahnhöfe und Füllörter, geringerer

Bedarf an Kuppelvorrichtungen und geringerer Zeitverlust durch das Kuppeln und den Verschiebebetrieb ergeben[1]).

Übrigens ist die Verwendung schwerer Wagen durch die leichtere Beweglichkeit infolge der Verbesserungen in der Bauart der Radsätze begünstigt worden.

Der Wagenkasten wird aus Holz oder Stahlblech hergestellt. Hölzerne Kasten (Abb. 382) haben den Vorteil der Billigkeit. Sie verschleißen allerdings schneller, namentlich bei Erz- und Bergeförderung, können aber durch Erneuerung der verschlissenen Bohlen leicht und billig ausgebessert werden. Nachteilig ist dagegen ihr geringer Widerstand gegen Feuchtigkeit, ihr größeres Gewicht, da sich das Holz mit Feuchtigkeit vollsaugt und dadurch wesentlich schwerer wird, sowie ihr größerer Raumbedarf infolge der größeren Wandstärken, der, obwohl an sich nicht erheblich, doch für stark beanspruchte Schachtförderungen wegen des beschränkten Raumes auf den Gestellen ins Gewicht fällt. Daher bevorzugt der Steinkohlenbergmann Wagen aus Stahl, während im Erzbergbau Holzwagen viel in Gebrauch sind. Verschiedentlich wird aber auch eine Verbindung beider Stoffe angewandt, indem man die Wandungen aus Blech, den Boden als den am schnellsten abgenutzten Teil aus Holz herstellt.

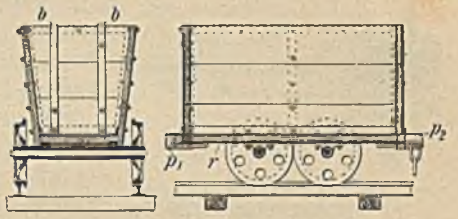


Abb. 382. Hölzerner Förderwagen (Saarbezirk).

Gegen Zugbeanspruchungen, wie sie bei der Zusammenkupplung von Wagen zu größeren Wagenzügen auftreten, sind Holzwagen wenig widerstandsfähig. Man hilft sich dann nach Abb. 382 durch ein durchgehendes, untergeschraubtes Flacheisen *r*, das die Kuppelringe oder -haken trägt und den Wagenboden entlastet.

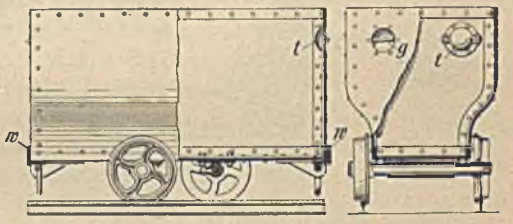


Abb. 383. Stählerner Förderwagen.

Stahlblechwagen (Abb. 383) kann man gegen Nässe durch Verzinkung schützen; sie kommt besonders für Steinkohlengruben mit Berieselung in Betracht, da diese dem Rosten wesentlich Vorschub leistet.

Die Stärke der Wandungen beträgt für Holzwagen in den Seitenwänden etwa 40, im Boden etwa 60 mm, wogegen man bei Stahlwagen mit 3 bzw. 4 mm auskommt. Holzwagen werden durch Beschläge aus Flach- oder Winkeleisen zusammengehalten und gleichzeitig versteift; Stahlblechwagen bestehen aus einem Gerippe von Profileisen (in der Regel ⌊-Eisen), an das

[1]) Vgl. Fördertechnik 1914, Heft 17, S. 209 u. f.; Fr. Herbst: Die Förderung im deutschen Kalibergbau.

die Bleche angenietet sind, und werden zweckmäßig durch ein um den oberen Rand gelegtes Flacheisen (s. Abb. 383 u. 385) verstärkt.

Die Verbindung zwischen Wagenkasten und Radsatz kann mit oder ohne Vermittlung eines Rahmengestells erfolgen. Ein solches kann, einerlei, aus welchem Stoff der Wagenkasten besteht, aus Holz (Abb. 381 *a* und *f*) oder Eisen hergestellt werden. Die Gestelle machen den Wagen höher und beeinträchtigen dadurch seine Standsicherheit und seine Verwendung in niedrigen Abbaubetrieben; auch verteuern sie ihn etwas. Anderseits bieten sie den Vorteil einer leichten Anbringung und Erneuerung der Lager und einer elastischen Verbindung zwischen Kasten und Radsatz. Auch stellen sie eine wirksame Versteifung des Wagenbodens dar und gewähren die Möglichkeit zur Anbringung einfacher Puffervorrichtungen, da man zu diesem Zwecke nur die Gestellbäume über den Wagenkasten hinaus vorspringen zu lassen und durch Eisenbänder oder Blechkappen zu verstärken braucht, soweit sie nicht schon aus Eisen bestehen. Wenn kein Rahmengestell vorhanden ist, muß in andrer Weise für die unerläßlichen Puffervorrichtungen gesorgt werden. Bei Stahlblechwagen kann man zu diesem Zwecke starke Winkeleisen (*w* in Abb. 383, *p* in

Abb. 384. Haken und Puffer eines Förderwagens.

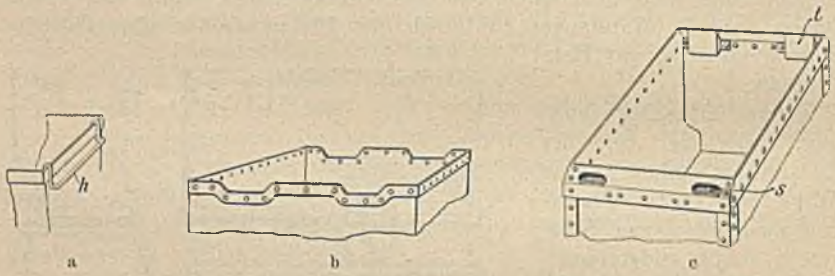


Abb. 385 a—c. Fingerschutz-Einrichtungen bei Förderwagen.

Abb. 391) außen anbringen oder zwischen Wagenboden und innerer Winkeleisenversteifung Pufferköpfe (*p* in Abb. 384) befestigen. Auch werden starke auswechselbare Prellhölzer außen angeschraubt. Prellhölzer mit Stahlblechschutz zeigt Abb. 382 (p_1 p_2).

Zwecks Verkupplung miteinander zu Wagenzügen erhalten die Wagen Ringe (Abb. 382 u. 383), Haken (*h* in Abb. 384) oder besondere Kuppelvorrichtungen (s. Abb. 439 u. 440 auf S. 363).

Von andern Bestandteilen der Wagen sind noch zu erwähnen:

a) Schutzvorrichtungen gegen Handquetschungen der Schlepper, wie sie leicht vorkommen können, wenn die Hände auf den Wagenrand gelegt werden müssen. Einfache Mittel dieser Art sind sog. „Schlepphaken" (*h* in Abb. 385a), Aussparungen in der Oberkante der Stirnwände (Abb. 385b) oder „Taschen" (*l* in Abb. 383, *s* in Abb. 385c). Bei der letztgenannten Bauart, die vom Betriebsinspektor Droste auf Zeche ver. Constantin der Große bei Bochum

angegeben ist, sind überdies die Wagenstirnwände etwas nach innen geneigt, so daß der Schlepper die Hände bequemer in die Taschen als auf die Wagenoberkante legen und an Füllörtern u. dgl. seitwärts neben dem Wagen gehend diesen nach sich ziehen kann, ohne verletzt werden zu können.

b) Vorrichtungen gegen betrügerischen Austausch der die Kameradschaft kennzeichnenden Wagennummern: Abb. 386 zeigt z. B., wie die außen hängende Wagennummer durch einen durchgesteckten gekrümmten Riegel *b*, der an der Kette *k* hängt, festgehalten wird; das Herausziehen des Riegels wird durch die auf ihm ruhende Last des Wageninhaltes verhindert. Umständlicher, aber sicherer ist die Befestigung nach Abb. 387[1]). Die Marke *M* wird (s. die gestrichelte Stellung) über den Hakenansatz *h* des gekröpften Bügels gestreift und dieser dann durch Zug am Ringe *r* in die ausgezogen dargestellte Lage gebracht.

Abb. 386. Sicherung des Nummertäfelchens.

28. — **Radsatz.** Eine besondere Wichtigkeit kommt dem „Geläufe" oder Radsatz, d. h. den Achsen und Rädern zu. Man kann sowohl die Achsen in ihren Lagern als auch die Räder um ihre Achsen sich drehen lassen. Im ersteren Falle ergibt sich jedoch die Schwierigkeit, daß die Räder sich nicht unabhängig voneinander drehen können und daß infolgedessen beim Durchfahren von Kurven das über die äußere Schiene laufende Rad, da es den größeren Weg zu machen hat, durch das innere Rad gebremst wird, was Reibung und Verschleiß erhöht. Bei lose laufenden Rädern wiederum sind die Reibungsflächen zwischen Rädern und Achsen schwer unter Schmiere zu halten und gegen das Eindringen von Staub zu schützen; infolgedessen ergeben sich rasche Abnutzung und große Ölverluste. Man sucht daher in der Regel die Vorteile beider Anordnungen zu vereinigen, indem man die „über Kreuz" liegenden Räder lose laufen läßt und im übrigen die Achsen drehbar verlagert. Ein Beispiel gibt Abb. 388, die gleichzeitig die meist übliche Art der Verbindung zwischen Achsen und Rädern erkennen läßt. Die an einem Ende mit einem Bund *d* versehene Achse wird durch beide Räder und Lager hindurchgesteckt und nun das auf dem entgegengesetzten Ende sitzende Rad durch einen Splint *f* fest mit der Achse verbunden, die an dieser Seite schwach konisch abgedreht ist. Zur Sicherung der genauen Parallelrichtung beider Achsen werden vielfach die Achsen selbst (wenn sie fest sind), oder die Lagerbüchsen beider Achsen, wenn diese beweglich sind (s. Abb. 389), zu einem Rahmen zusammengegossen, wodurch gleichzeitig eine gute Versteifung des Wagenbodens erzielt wird.

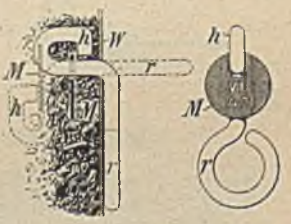


Abb. 387. Gekröpfter Bügel zur Sicherung der Nummerscheibe.

29. — **Lagerung und Schmierung von Achsen und Rädern. Offene Lager.** Die richtige Lagerung beweglicher Achsen und Räder bietet

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.-, Sal.-Wes. 1913, S. 176; Versuche und Verbesserungen.

Schwierigkeiten, da sie bei möglichst billiger und leichter Ausführung wenig Verschleiß ergeben soll und dazu eine möglichst gute Ausnutzung und daher sparsame Verwendung der Schmiermittel anzustreben ist.

Die einfachsten, aber auch unvollkommensten Lager sind die offenen. Derartige Lager für Achsen sind in Abb. 389 dargestellt; die Achse *a* ist durch einen vorgesteckten Splint *s* gegen das Herausfallen beim Anheben

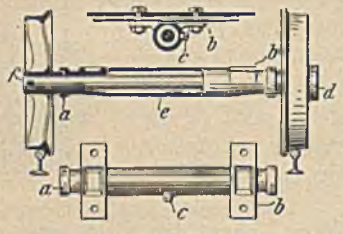


Abb. 388.
Achslagerbüchse.

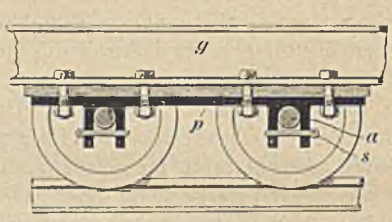


Abb. 389.
Offene Lager, als Rahmen zusammengegossen.

des Wagens gesichert. Bei Rädern kann von offenen Lagern gesprochen werden, wenn die Räder lose auf den Achsen laufen. Die Schmierung erfolgt am einfachsten und schnellsten durch Bestreichen mit einem Quast, der in zähe Wagenschmiere getaucht wird. Die Achsen werden von unten, die Räder von der Seite geschmiert. Es muß also zu diesem Zweck der Wagen um 180° oder 90° gedreht werden, was bei schwächerer Förderung während des Ausstürzens des Inhalts der vollen Wagen auf die Schwingsiebe usw. an der Hängebank, bei starker Förderung, wo diese Aufenthalte zu vermeiden sind, mit Hilfe besonderer „Schmierwipper" geschieht, die zwischen Sturzwipper und Schachtmündung in den Rücklauf der leeren Wagen eingeschaltet werden. Diese Schmierung muß bei dem schnellen Auslaufen der Schmiere aus den offenen Lagern genügend häufig, mindestens einmal in jeder Schicht stattfinden.

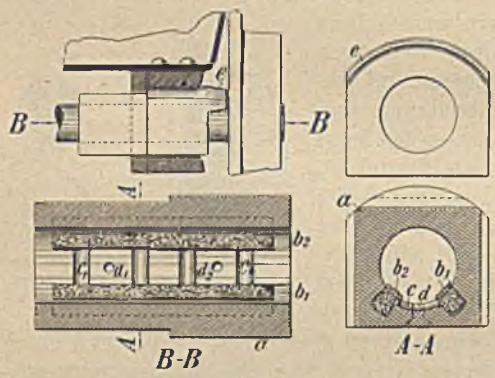


Abb. 390. Geschlossenes Lager von Lenz.

Den offenen Lagern haften die erheblichen Nachteile raschen Verschleißes und großer Schmiereverluste an. Diese Nachteile haben sich mit der zunehmenden Größe der Förderwagen und mit den stark gestiegenen Preisen für Schmieröle immer stärker geltend gemacht. Daher sollten heute für Massenförderung nur noch geschlossene Lager benutzt werden.

30. — Geschlossene Lager. Bei den geschlossenen Lagern ist die Lagerstelle selbst ein Teil der Schmierbüchse. Und zwar kann entweder jede Lagerstelle von einer besonderen Büchse umschlossen werden, so daß

sich für einen Wagen vier Lagerbüchsen ergeben; oder es können die beiden Lagerstellen einer jeden Achse durch eine die letztere auf ihre ganze Länge umgebende Büchse verbunden sein. Die Übertragung der Schmiere an die Achsen wird vielfach durch eingelegte Filzringe oder Filzstreifen vermittelt. Als Beispiel sei das Lager von Lenz (Abb. 390) erwähnt, das aus zwei zusammengegossenen Teilen besteht. Der hintere ist vierkantig und dient zur Befestigung am Wagen, die bei der in der Abbildung dargestellten Ausführung durch Vermittlung von ⊔-Eisen bewirkt ist, die vierkantige Öffnungen zum Durchstecken der Büchsen haben. Die durch beide Teile sich erstreckende Schmierbüchse ist in ihrem unteren Teil mit zwei durch Querkanäle $c_1 - c_4$ unter sich verbundenen Kanälen $b_1\, b_2$ versehen. Alle Kanäle dienen als Ölbehälter. Die Längskanäle $b_1\, b_2$ sind mit Filzstreifen ausgelegt. Zum Schutz gegen das Eindringen von Kohlenstaub usw. von der Vorderseite her ist die Büchse hier mit einem halbzylindrischen Ansatz e versehen, der über die Radnabe greift.

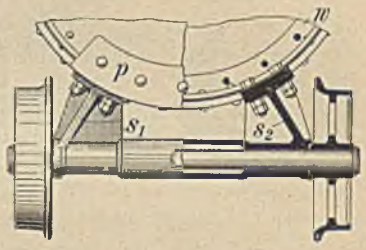


Abb. 391. Geschlossene Lagerbüchse mit angegossenen Lagerstühlen für Muldenwagen.

Beispiele für Lagerbüchsen, die die ganze Achse umschließen, bieten die Abbildungen 388, 391, 393 und 394. Als Schmierebehälter dient der ganze, die Achse umgebende Raum. Zur Verringerung des Verschleißes wird vielfach der obere Teil des Lagers mit Lagermetall ausgegossen; auch greift wie beim Lenzschen Lager die Büchse mit einem Ansatz über die Radnabe. Die Befestigung des Lagers am Wagen wird durch angegossene Flanschen (b in Abb. 388, siehe auch Abb. 394) bzw. Lagerstühle $s_1\, s_2$ (Abb. 391) vermittelt. Zur Füllung dient eine seitliche, für gewöhnlich durch eine Schraube geschlossen gehaltene Öffnung.

Abb. 392a u. b.
Rollenkörbe der Wittener Stahlformgießerei.

Zur weiteren Verringerung des Verschleißes und der Reibung können die geschlossenen Lager beider Bauarten als Rollenlager gebaut werden, indem man die Achse in Stahlrollen laufen läßt und so an die Stelle der gleitenden Reibung zwischen Achse und Lager diejenige der geringeren rollenden (wälzenden) Reibung zwischen der Achse und den Rollen treten läßt. Die Schwierigkeit besteht bei einem solchen Lager in der Erhaltung der Rollen in genau paralleler Lage trotz aller Stöße und Erschütterungen, weil sonst Klemmungen eintreten, die sofort eine sehr starke Vergrößerung der Reibung zur Folge haben und leicht zu Brüchen führen. Auch dürfen die Rollen sich nicht berühren. Zwei Bauarten von Rollenkörben werden durch Abb. 392 veranschaulicht. Bei beiden liegen die Rollen r zwischen Ringen s_1 und s_2, die durch Längsbolzen b miteinander verbunden sind.

Die Ringe haben in Abb. 392 a Aussparungen für die Rollen, während sie in Abb. 392 b mit Einbuchtungen versehen sind, in denen die Rollen mit Spitzen laufen.

Ein vollständiges Rollenlager zeigt Abb. 393. Die Rollen r liegen hier lose auf dem in einem Stück gegossenen und nach innen zusammengezogenen Rollen-

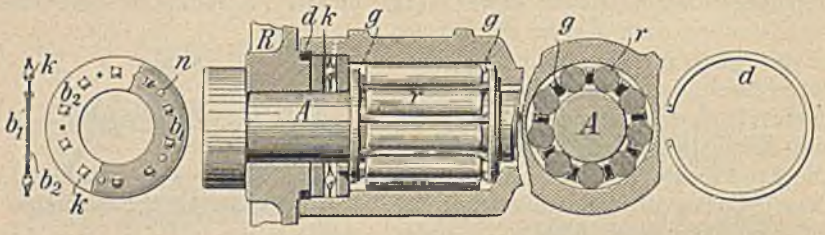


Abb. 393. Rollenlager der Bergischen Stahlindustrie.

korbe g. Die Seitendrücke, wie sie beim Schleudern des Wagens, beim Durchfahren vom Krümmungen usw. auftreten, werden durch die Kugeln k aufgenommen, die zwischen 2 Ringscheiben laufen und zwischen den Blechringen b_1 und b_2 durch deren Aufbörtelungen festgehalten werden. Gegen das Eindringen von Staub und das Austreten von Schmiere schützt der federnde Klemmring d, der um die Nabe des Rades R herumgreift. Andere Rollenlager sind diejenigen von Schulze-Vellinghausen in Düsseldorf und von Halstrick in Herne. — Ein Rollenlager-Radsatz kostet etwa 40—60 ℳ.

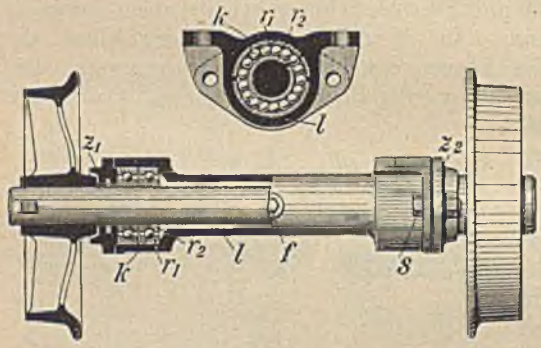


Abb. 394. Radsatz mit Kugellagern.

Auch Kugellager hat man neuerdings angewandt, wie Abb. 394[1]) zeigt; hier sind in den beiden Lagerstellen der Lagerbüchse l je zwei Reihen von Stahlkugeln k untergebracht, die zwischen zwei Ringen r_1 r_2 laufen. Die Lager umschließen die Radnaben mit den Angüssen z_1 z_2.

Die Kosten eines solchen Radsatzes betragen 70—80 ℳ. Nun ist allerdings (s. auch Ziff. 44) nach Versuchen von Schulte u. a. der Reibungswiderstand von Wagen mit Kugellagern um 20—25 % geringer als derjenige von Wagen mit Rollenlagern; auch brauchen die ersteren nur einmal jährlich neu mit Schmiere gefüllt zu werden, während die letzteren alle 4—6 Wochen einer Neufüllung bedürfen. Trotzdem ist aber der Preisunterschied so groß, daß die Verwendung von Kugellagern keine Vorteile bringt, wenn nicht die Betriebskraft für die Förderung sehr teuer ist[1]).

[1]) Glückauf 1910, Nr. 7, S. 240; Schulte: Kugel- und Rollenlagerradsätze für Förderwagen.

Neuerdings baut die „Lindener Spirallagerfabrik" Lager mit Einlagen von Stahlspiralen (vgl. unten, Abb. 396), die sich infolge ihrer federnden Nachgiebigkeit der Achse in jeder Stellung anschmiegen, wobei diese immer nur in wenigen Punkten aufliegt; dadurch wird gleichfalls die Reibung stark verringert.

Die geschlossenen Lager bieten den großen Vorzug einer bedeutenden Ölersparnis und einer Verringerung der Reibung und des Verschleißes wegen der dauernden Zuführung von Schmieröl und der besseren Fernhaltung von Staub und Schmutz von den Lagerstellen. Auch verringern sich die Ausgaben für Löhne, da der Schmierevorrat nur alle 3—6 Wochen erneuert zu werden braucht. Nachteilig ist jedoch, namentlich bei den die ganze Achse umschließenden Büchsen, daß Verschmutzungen und Beschädigungen der Lager und Achsen länger verborgen bleiben und so starken Verschleiß und große Kraftverluste bewirken können. Die Vermeidung dieser Nachteile erfordert durchaus eine sorgfältige Überwachung der sämtlichen Wagen; insbesondere ist der Tag der letzten Schmierung in irgendeiner Weise am Wagen zu vermerken, sei es nun, daß dieser Tag selbst auf ihm verzeichnet wird oder daß alle Wagen, deren Schmierbüchsen an einem bestimmten Zeitpunkt neu gefüllt werden müssen, eine gemeinsame Marke oder Kerbe erhalten. Ein anderes Mittel der Überwachung ist die öftere Feststellung des Reibungswiderstandes durch einfache Mittel, über die weiter unten (Ziff. 46) gesprochen werden wird.

Die Füllung der Lagerbüchsen mit Schmiere erfolgt von Hand oder auf mechanischem Wege. Bei letzterem Verfahren kann man sich der Zylinder von abgeworfenen Dampf- oder Preßluftmaschinen als Schmierebehälter bedienen und die Schmiere durch den Kolben, der von der Kolbenstange eines zweiten Zylinders vorgeschoben wird, oder einfacher durch unmittelbaren Luftdruck von wenigen Bruchteilen einer Atmosphäre heraus und in die Lager pressen lassen.

Die Schmiere darf nicht zu dünnflüssig sein, weil dann leicht Verluste eintreten, und anderseits nicht zum Festwerden oder Verharzen neigen, weil sie dann im Laufe der Zeit die Reibung eher vergrößert als verringert. Auch muß sie säurefrei sein. Statt flüssiger Schmiere wird vielfach auch „konsistentes Fett", d. h. Schmiere von butterartiger Festigkeit, benutzt.

31. — Achsen und Räder. Die Achsen werden ihrer starken Beanspruchung halber jetzt stets aus Stahl hergestellt. Für die Büchsen kommt getempertes, zähes Gußeisen oder getemperter Stahlguß in Betracht. Von Wichtigkeit ist jedoch, daß für Büchsen und Achsen nicht völlig gleichartiger Stoff benutzt wird, da dann der Verschleiß sehr groß wird. Man muß also entweder ein weicheres Eisen für die Büchsen verwenden oder deren Lagerstellen mit Lagermetall besonders auskleiden.

An die Förderwagenräder werden ganz besonders hohe Ansprüche gestellt, da sie nicht nur durch die Stöße bei der Streckenförderung, sondern auch durch hartes Aufsetzen bei der Bremsberg- und Schachtförderung beschädigt werden können. Zudem sind sie dem Verschleiß erheblich unterworfen, weil ihre Laufflächen in der Grube besonders leicht verschmutzen und sie wegen ihres geringen Durchmessers eine verhältnismäßig sehr große Anzahl Umdrehungen machen müssen. Infolgedessen sind an die Stelle der

einfach und billig herzustellenden Gußeisenräder, die wegen ihrer Sprödigkeit leicht zerbrechen, Räder aus Gußstahl und später solche aus getempertem Gußstahl getreten. Nach Erfahrungen im Saarbezirk[1]) verhielt sich die Lebensdauer von Rädern aus Temperstahl zu solchen aus Gußstahl bzw. Gußeisen ungefähr wie 100 : 6,13 : 2,0.

Ein Rad der gebräuchlichsten Form besteht aus der Radnabe, dem Laufkranz und den diese verbindenden Speichen (daher „Speichenrad"). Die Speichen wurden früher S-förmig gegossen, um in sich etwas federn und so dem Rad eine gewisse Elastizität geben zu können. Heute ist diese Form infolge der vorzüglichen Beschaffenheit des Tempergusses als unnötig erkannt und wegen des größeren Gewichts derartiger Räder verlassen worden. Außer diesen Rädern werden auch die sog. „Scheibenräder" verwandt, bei denen an die Stelle der Speichen eine volle Scheibe tritt, die jedoch mit kreisförmigen Aussparungen versehen ist. Diese Löcher sollen einmal das Gewicht verringern, ferner die Haltbarkeit erhöhen, indem schädliche Spannungen beim Guß vermieden werden, und endlich das Durchstecken von Bremsknüppeln ermöglichen.

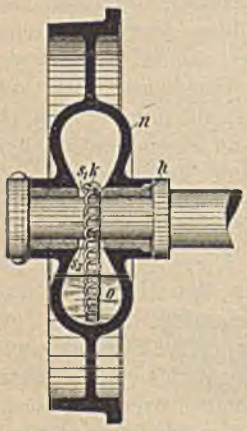


Abb. 395. Rad mit Kettenschmierung nach Frantz.

Die Radnabe darf nicht zu schmal sein, sondern soll den Raddruck zwecks besserer Schmierung und geringeren Verschleißes auf eine größere Fläche verteilen. Der Laufkranz wird schwach konisch hergestellt, damit er sich fest gegen den Innenrand der Schiene legt und so ein seitliches Schlingern der Wagen vermieden wird; auch wird auf diese Weise der Spurkranz vor seitlichem Verschleiß geschützt.

Besondere Aufmerksamkeit erfordern die auf der Achse lose laufenden Räder, da deren Schmierung bedeutend schwieriger ist als die der Achsen. Infolgedessen ist im Laufe der Zeit eine ganze Reihe verschiedener Bauarten von Rädern mit geschlossenen Schmierebehältern vorgeschlagen worden, von denen die Abbildungen 395 und 396 zwei Beispiele veranschaulichen. Bei dem Rade nach Abb. 395 ist der Schmierebehälter *o* im Radkörper selbst schon beim Guß ausgespart worden, so daß seine Wandung als ringförmiges Gehäuse *n* die auf der Achse laufende Schleißbüchse *h* umgibt. Für die Hochförderung der immer im tiefsten Teile sich sammelnden Schmiere sorgt nach Art der Ringschmierlager die Kette *k*, die in den Hohlraum herabhängt und die an ihr haftende Schmiere durch die Schlitze *s* der Achse zufließen läßt. Das Rad nach Abb. 396 läuft auf dem auf S. 331 erwähnten Spirallager, das hier durch zwei entgegengesetzt gewundene Stahlspiralen $f_1 f_2$ gebildet wird, die zwischen sich die Rollen *r* tragen. Der Seitendruck wird durch zwei Stahleinsätze *z* aufgenommen, deren Berührungsflächen gewölbt und gehärtet sind. Für die Dichtung sorgt ein in den Nutenring *d* gebetteter und mittels des federnden Ringes *s* angedrückter

[1]) Sammelwerk Bd. V, S. 26.

Filzring. Der allgemeinen Einführung solcher Räder steht bei uns der hohe Preis im Wege; dagegen sind sie in Bergwerksgebieten, in denen mit sehr schweren Wagen gefördert wird, viel in Gebrauch, weil sich dort höhere Ausgaben für die Räder lohnen.

Der Durchmesser der Räder wird zur Verringerung der Umlaufzahlen so groß genommen, wie es die Rücksicht auf die Standsicherheit der Wagen und auf die Höhe der Grubenräume zuläßt. Er schwankt im Ruhrbezirk etwa zwischen 270 und 400 mm, im Laufkranz gemessen.

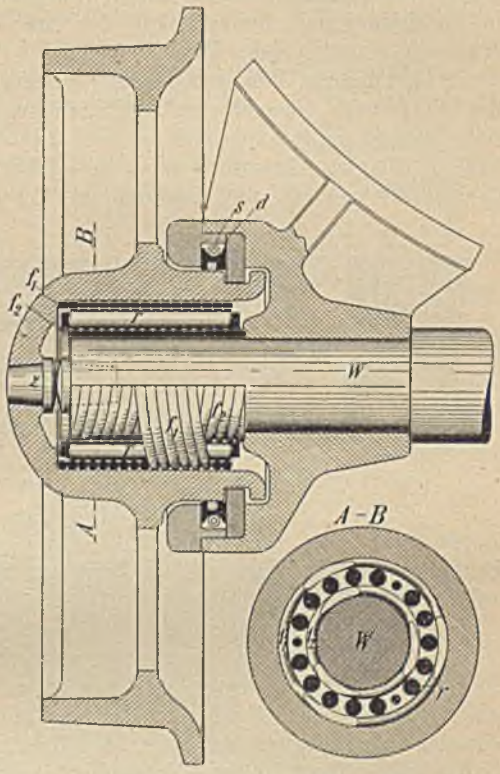


Abb. 396.
Rad mit Spirallager der Lindener Spirallagerfabrik.

Beim Geläuf, im ganzen betrachtet, sind zwei Maße von besonderer Wichtigkeit: der Abstand der Achsen oder der „Radstand" und der Abstand der beiderseitigen Spurkränze oder die „Spurweite". Über die Bedeutung von Radstand und Spurweite ist in Ziff. 26 gesprochen worden. Im Ruhrkohlenbezirk bilden Radstände (von Mitte zu Mitte Achse gemessen) von 40—50 cm und Spurweiten von 55—60 cm die Regel.

32. — Besondere Wagenformen. Die Verwendung von Wagen mit abweichender Bauart wird teils durch ungünstige Querschnitt- oder Höhenverhältnisse von Strecken und Abbauräumen, teils durch die Rücksicht auf besondere Zwecke, denen die Wagen dienen sollen, wünschenswert.

In ersterer Hinsicht sind zu erwähnen Wagen, die besonders schmal oder niedrig gebaut sind. Beispiele liefern die aus Holz hergestellten, langen und niedrigen Wagen, die verschiedentlich (unter dem Namen „Teckel") auf Ruhrkohlengruben mit steilgelagerten dünnen Flözen benutzt werden (Abb. 397). Die Kopfwände werden der bequemen Entleerung halber durch Schieber *s* gebildet. Mit der zunehmenden Verbreitung des Abbaues mit Bergeversatz sind solche Wagen mehr und mehr zurückgedrängt worden, da entweder das Nachreißen der Strecken beim Abbau mit Versatz für die Gewinnung von Bergen vorteilhaft ist (wie beim Strebbau) oder (beim Rutschenbau) besondere Abbaustrecken gänzlich wegfallen. Im übrigen

haben sie auch den Nachteil, daß sie an Ort und Stelle bleiben müssen und daher mindestens ein einmaliges Umladen notwendig machen, was für Kohlengruben unerwünscht ist.

Wagen für besondere Zwecke sind im Steinkohlenbergbau in erster Linie die für die Bergeförderung bestimmten und für bequeme Entleerung eingerichteten Förderwagen. Gekennzeichnet sind diese durch bewegliche Kopf- oder Seitenwände oder durch Beweglichkeit des ganzen Wagenkastens in Verbindung mit Beweglichkeit der einen oder anderen Wandung. Zu erwähnen sind folgende Wagenformen:

1. Gewöhnliche Förderwagen mit beweglicher Stirnwand, die während der Fahrt durch eine einfache Riegelvorrichtung festgehalten wird. Sie eignen sich besonders für Kopfkipper, haben aber den schwerwiegenden Nachteil, daß die Klappe, namentlich wenn sie im Betriebe verbogen worden ist, nie ganz dicht schließt und dadurch zu Verlusten Anlaß gibt; auch muß beim Abziehen dieser Wagen an Bremsbergen und Stapelschächten darauf geachtet werden, daß die Klappwand nach vorn kommt.

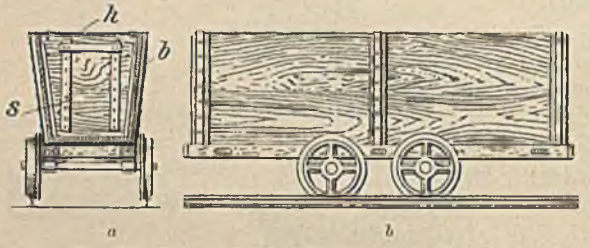


Abb. 397. Hölzerne kleine Förderwagen („Teckel").

2. Wagen mit beweglichen Seitenwänden, aber festem Wagenkasten. Sie erhalten einen ein- oder zweiseitig schrägen Boden und erinnern in ihrer Bauart an die über Tage vielfach benutzten Selbstentlader, eignen sich aber nur für mächtige Lagerstätten.

3. Wagen mit beweglichem Wagenkasten[1]). Sie können so gebaut sein, daß der Kasten nach vorn oder nach der Seite gekippt werden kann. Sie müssen, wenn man von der gewöhnlichen Kastenform nicht abgehen will, mit beweglicher Kopf- oder Seitenklappe versehen werden, deren Auslösung zweckmäßig mit derjenigen des Kastens gleichzeitig erfolgt. Seitenkipper sind namentlich im Tagebaubetrieb und im lothringischen Minettebergbau sehr verbreitet, da man hier wegen der günstigen Raum- und Förderverhältnisse Wagen von großem Fassungsraum bevorzugt, die für die Entleerung durch Kreiselwipper schlecht geeignet sind, und da bei Verwendung von Seitenkippwagen ganze Wagenzüge gleichzeitig entleert werden können.

Man kann von beweglichen Wandungen ganz absehen, wenn man den Wandungen eine schräge Neigung gibt, die in der Kipplage das Abrutschen des Wageninhaltes ermöglicht. Das ist der Fall bei den Muldenkippern, wie sie nach Abb. 398 in Anlehnung an die über Tage gebräuchlichen Muldenwagen, nur entsprechend kleiner, verschiedentlich für den Bergeversatz in Steinkohlengruben benutzt werden. Der Wagenkasten ist hier mit einer Winkeleisenleiste *c* versehen, die sich beim Kippen auf dem Bügel *b* ab-

[1]) Näheres s. in dem auf S. 322 in Anm. [1]) angeführten Buche von Bansen, S. 74 u. f. — S. auch 2. Aufl. dieses Bandes, S. 321, Abb. 349.

wälzt, wobei sie durch die gebogenen Seitenwangen a_1 a_2 geführt wird. Zum Festhalten während des Fahrens dient die Schwinge d, die mit zwei Bolzenlöchern versehen ist, denen die Augen an beiden Enden von c entsprechen. In der Kippstellung legt der Kasten sich auf die Abschrägungen e der Gestellbalken. Solche Wagen eignen sich nur für mächtigere Flöze, besonders bei flacher Lagerung. Sie haben den Nachteil, daß sie verhältnismäßig wenig Fassungsraum haben und wegen der hohen Lage des Schwerpunktes wenig standsicher sind, ermöglichen allerdings infolge des Fehlens von Ecken eine leichte und vollständige Entleerung.

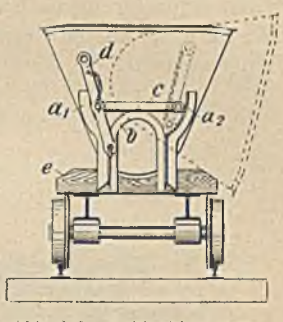


Abb. 398. Muldenkippwagen.

33. — Entleerung von Förderwagen mit Versatzbergen. Der Verwendung der unter 2. und 3. genannten Wagenformen zur Förderung von Versatzbergen in Steinkohlengruben haftet immer der Nachteil an, daß solche Wagen nicht zur Kohlenförderung benutzt werden können und daher nur schlecht ausgenutzt werden. Daher zieht man neuerdings meist vor, die gewöhnlichen Förderwagen auch zur Zuführung von Bergen zu benutzen, um sie dann mit Kohlenfüllung zurücksenden zu können.

Die Entleerung solcher Versatzwagen kann durch Kopf- oder Kreiselwipper erfolgen. Jedoch ist das Anwendungsgebiet beider Kippvorrichtungen

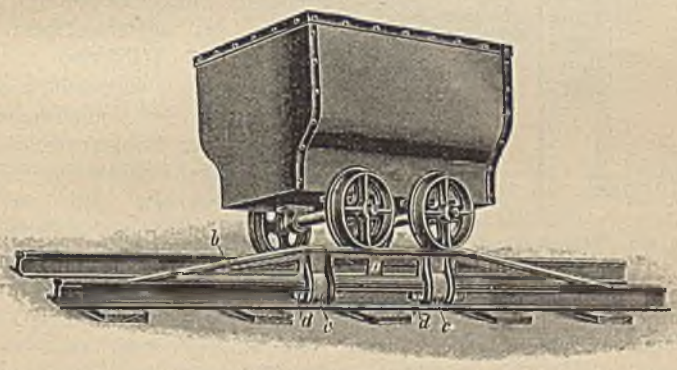


Abb. 399. Schienenaufsatz der Westfalia zum Umwerfen von Bergewagen.

beschränkt. Kopfwipper verlangen um so steileres Einfallen, je geringer die Flözmächtigkeit ist, und müssen außerdem immer am Ende der Förderbahn liegen, eignen sich also nicht für den Fall, daß der nächsthöhere Abbaustoß dem Kipper voreilt. Kreiselwipper kommen nur für große Flözmächtigkeiten und nicht zu flaches Einfallen in Betracht. Eine besondere Bauart der Kreiselwipper für den Bergeversatz liefert die Fabrik für Bergwerksbedarfartikel in Sprockhövel[1]).

[1]) Glückauf 1915, Nr. 1, S. 17; Bergewagenkipper.

Deshalb sind für den Abbau mit Schüttelrutschen, der bei großem Bedarf an fremden Bergen flache Lagerung verlangt und daher die Verwendung von Kopf- und Kreiselwippern ausschließt, besondere Hilfsmittel erforderlich.

Am einfachsten ist das Umwerfen des Wagens, das man durch eine „Kippschiene" an der zu hebenden Seite erleichtern kann. Der Wagen gießt dann in ein trapezförmig nach oben sich verbreiterndes Blech aus, das die Berge dem darunter ausschwingenden Rutschenstrange zuführt. Abb. 399 zeigt den Schienenaufsatz der Westfalia in Gelsenkirchen, der durch Vermittlung von Klauen c, die durch Antreiben der Keile d festgepreßt werden, an der äußeren Schiene befestigt wird und mit schrägen Bahnen b zum Auf- und Ablaufen der Wagen versehen ist. Nachteilig ist bei diesem einfachen Umwerfen die starke Beanspruchung der Wagen. Daher verdienen besondere Kippvorrichtungen den Vorzug, bei denen der Wagen durch einen Rahmen festgehalten und sanft in die Kipplage gebracht wird. Wenn gemäß Abb. 378 auf S. 318 die Bergestrecke im Hangenden aufgefahren ist, so genügt ein einfaches Kanten des Wagens. Jedoch legt man neuerdings Wert darauf, für die Berge- und Kohlenförderung bei gleichzeitigem Abbau über mehreren Teilsohlen mit einer Teilsohlenstrecke auszukommen, muß dann aber, da der Kohlenwagen unter dem Boden der Kohlenrutsche bleiben und daher die Strecke im Liegenden aufgefahren werden muß, den Bergewagen vor dem Kippen anheben. Zwei Ausführungen zeigen die Abbildungen 400 und 401. Bei der Kippvorrichtung nach Abb. 400 dient die mit den Stühlen c_1 c_2 auf der äußeren Schiene festgeklemmte Zulaufschiene a dazu, den Wagen soweit zu heben, daß er sich mit den Rädern auf das schräge Blech d und mit dem Kasten auf die Walze e legt und diese zwischen Wagenkasten und Radsatz nimmt; er wird dann mit der Walze auf den beiden Flacheisen f_1 f_2 nach vorn geschoben und auf das zur Rutsche überleitende Trichterblech gekippt. Zum Anheben kann an Stelle der Auflaufschiene auch ein Preßluftzylinder benutzt werden, der senkrecht über der äußeren Schiene an der Zimmerung befestigt wird. — Die Kippvorrichtung der Maschinenfabrik Beien[1]) (Abb. 401) zieht den Wagen mittels eines durch Druckluft betriebenen Kettenhaspels k hoch, der zwei in die beiden Wagenringe eingehängte und über die Rollen $r_1 r_2$ laufende Ketten bewegt, und kippt

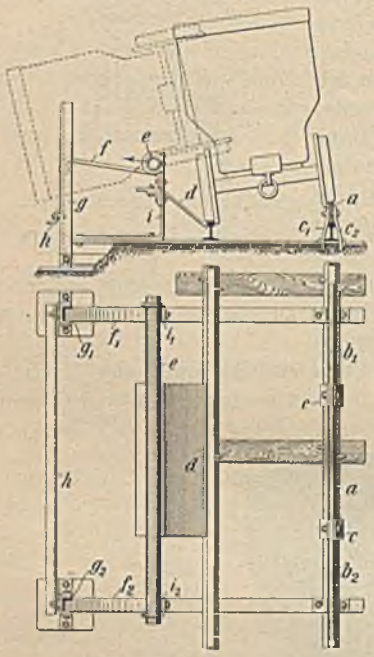


Abb. 400. Wagenkippvorrichtung von Hausherr, Hinselmann & Co.

[1]) Patent König, D. R. P. 273645.

ihn dadurch über eine Walze w, wobei der Wagen durch zwei Haken h, die an der Walze drehbar befestigt sind, gehalten wird. Diese Anordnung ist allerdings umständlicher und schwerfälliger, bietet aber den Vorteil, daß die Durchfahrt frei bleibt, die Bedienungsleute vollständig entlastet werden und der Wagen nach Bedarf auf verschiedene Höhen gehoben werden kann.

Bei dem Kipper von Gebr. Hinselmann[1]) wird der Wagen auf ein Rahmengestell gefahren, das mittels eines Winkeleisens die nach der Kippseite gelegenen Räder festhält und durch eine Hebelübertragung bewegt wird. Dieser Kipper ist für solche Fälle bestimmt, in denen ein Heben des Wagens nicht erforderlich ist.

34. — Wagenbeschaffung und -behandlung. Die Zahl der zu beschaffenden Wagen (der „Wagenpark" der Grube) hängt außer von der Größe der Förderung auch von der Länge der Förderwege, von dem Förderverfahren und von den verschiedenen Fördergeschwindigkeiten ab. Denn je mehr Zeit bis zur Rückkehr des leeren Wagens zur Füllstelle verstreicht, um so mehr Wechselwagen müssen vorhanden sein, wenn die Förderung nicht leiden soll. Neuzeitliche Tiefbaugruben mit ihren großen Schachtteufen und hohen Schachtbau- und Förderkosten, die mit möglichst wenig Schächten auszukommen suchen und daher große Förderlängen unter Tage haben, werden vielfach mit einer nur 1—2maligen Benutzung eines und desselben Wagens in der siebenstündigen Schicht rechnen dürfen. Dazu tritt aber noch die Berücksichtigung der unvermeidlichen Förderstockungen bei der Kohlen- und Bergeförderung. Ferner ist auf die in der Ausbesserung befindlichen und auf die zwischen Aufbereitung und Landverkaufstelle und zwischen Aufbereitung und Bergehalde laufenden Wagen Rücksicht zu nehmen. Endlich verlangt das vielfach gebräuchliche Ansammeln einer größeren Anzahl voller Wagen am Füllort vor der Förderschicht („Vollsetzen"), das die sofortige Aufnahme der Schachtförderung vor Beginn der Streckenförderung ermöglichen soll, einen größeren Bestand an Wechselwagen. Daher muß bei doppelschichtigem Betriebe unter Verhältnissen, die denjenigen des Ruhrkohlenbergbaues entsprechen, im großen Durchschnitt für je 1 t täglicher Förderung ein Wagen beschafft werden, so daß

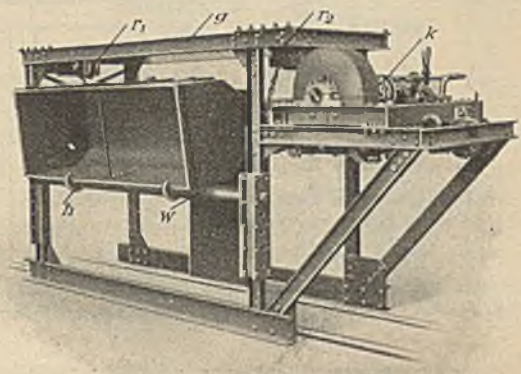


Abb. 401. Kipprahmen Beien-König.

[1]) S. das auf S. 299 in Anm. [1]) angeführte Buch von Gerke, S. 284 und 285.

sich eine Jahresleistung von 300 t je Wagen ergibt. In ungünstigen Fällen kann diese Zahl auf 125 t herabgehen, wogegen sie bei guter Ausnutzung auf 500 t steigen kann[1]).

Bei den großen Fördermengen des Steinkohlenbergbaues ist die Reinigung der Wagenkasten von anhaftendem Fördergut, besonders wenn dieses feucht ist, wichtig. Wird durch sorgfältiges Abkratzen auch nur eine Menge von etwa 5 kg jedesmal gewonnen, so ergibt das bei einer Tagesförderung von 3000 Wagen bereits 15 t Kohlen im Werte von etwa 100 ℳ, wogegen die Mehrausgabe an Löhnen nur gering ist, da jugendliche Arbeiter das Reinigen besorgen können.

Neuerdings ist man verschiedentlich zu Reinigungsvorrichtungen mit maschinellem Betrieb übergegangen. Am besten wird dabei der Wagen in halbe Kippstellung gebracht, da dann einerseits das Zurückfallen der abgekratzten Teile möglichst beschränkt, anderseits deren Abfuhr erleichtert wird.

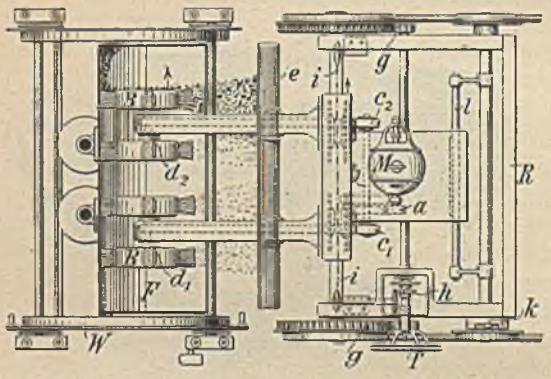


Abb. 402. Förderwagen-Reinigungsmaschine (Grundriß).

Vorrichtungen, die mit vier kreisförmigen, durch Zahnradgetriebe bewegten Bürsten[2]) arbeiten oder einen an einer biegsamen Welle befestigten Fräser benutzen[3]), haben sich nicht bewährt. Mit besserem Erfolge arbeitet die in Abb. 402 dargestellte Reinigungsvorrichtung der Eisenhütte Westfalia in Lünen. Hier dreht der Motor *M* mittels Riemenvorgeleges *abc* die Wellen $d_1 d_2$ mit den auf ihnen sitzenden Bürstenkörpern *B*. Die von den Bürsten abgekratzten Kohlenteile werden durch die Blechwand *e* aufgefangen und nach unten geschleudert, wo sie in einem untergeschobenen Wagen abgefahren werden können. Das Handrad *f* ermöglicht das Verschieben des Motors nebst dem Bürstenhalter quer zum Wagen *F* (durch die Zahnradgetriebe *g*) sowie in der Längsrichtung (durch das Kegelradgetriebe *h* und die Laschenkette *i*). Der Handhebel *k* dient zum Schwenken der Vorrichtung in der Seigerebene mittels der Stange *l*, damit im Bedarfsfalle auch die Seitenwände gereinigt werden können. Solche Vorrichtungen eignen sich am besten für Muldenwagen, die überhaupt die bequemste und gründlichste Reinigung ermöglichen.

Auch das Ausspritzen mittels Druckwasserstrahls ist zur Reinigung benutzt worden[4]).

[1]) Vgl. Festschrift z. XI. Deutschen Bergmannstag, Bd III, S. 198; Hamel: Die Förderung.

[2]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- und Sal.-Wes. 1914, S. 115, Tafel VIII; Versuche und Verbesserungen.

[3]) Daselbst 1909, S. 47; Versuche und Verbesserungen.

[4]) Glückauf 1916, Nr. 1, S. 14; Förderwagen-Reinigungsanlage.

35. — **Gewichte und Kosten der Förderwagen.** Die durchschnittlichen Gewichte und Kosten von eisernen Förderwagen ergeben sich aus folgender Zahlentafel:

Gewicht der Kohlenladung:	500	550	600	750 kg
Gewicht des Wagens:	300	340	370	420 kg
Preis des Wagens:	80—90	90—100	100—120	110—130 ℳ

Hiernach steckt auf einer Grube von 2000 t Tagesförderung allein in den Förderwagen ein Anlagewert von rund 200000 ℳ, gute Ausnutzung der Wagen angenommen.

Der Anteil der toten Last an der Gesamtlast beträgt nach den oben gegebenen Zahlen etwa 36—38%. Bei größerem spez. Gewicht der Ladung (z. B. im Kalisalz- und Erzbergbau sowie bei der Bergeförderung) wird dieser Anteil entsprechend niedriger. Im einzelnen Falle ergeben sich jedoch naturgemäß viele Abweichungen je nach Form des Wagenkastens, Bauart der Radsätze usw.

Hölzerne Wagen sind 10—20 ℳ billiger als eiserne. Ihr Gewicht schwankt stark je nach der Feuchtigkeit des Holzes, so daß ein Wagen, der in trockenem Zustande bei 500 kg Ladegewicht 250 kg wiegt, in nassem Zustande 350 bis 400 kg wiegen kann, also dann bedeutend schwerer als ein eiserner Wagen ist. Mit nassen Wagen muß aber in der Grube durchweg gerechnet werden.

Die jährlichen Unterhaltungskosten eines Förderwagens sind im Saarbrücker Bergbau mit 10—15 ℳ ermittelt worden[1]). Da die Förderleistung des Wagens dabei 180—300 t jährlich betrug, so belastete die Unterhaltung der Förderwagen die Tonne Kohlen mit 5—6 ₰.

B. Gestänge[2]).

36. — **Allgemeines.** Es hat lange Zeit gedauert, ehe die heute fast ausschließlich in Anwendung stehende Flügelschiene (nach ihrem Erfinder auch „Vignoles-Schiene" genannt) zur Herrschaft gelangte. In früheren Jahrhunderten kannte man überhaupt keine Eisen- und Stahlschienen, sondern verwandte Laufbohlen mit Spurhaltung durch außen oder innen befestigte Leitbäume. Ein derartiges Holzgestänge wurde als „deutsches Gestänge" bezeichnet. Diesem wurde später das Schienengestänge mit Spurhaltung durch die Spurkränze an den Wagenrädern als „englisches Gestänge" gegenübergestellt, das heute allein noch in Betracht kommt.

37. — **Schienen.** Die Flügelschienen werden jetzt durchweg aus Stahl hergestellt und je nach dem besonderen Zweck, für den sie bestimmt sind, in Profilen von verschiedener Stärke gewalzt, die am einfachsten nach der Höhe und nach dem Gewicht für das laufende Meter bezeichnet werden. Die im Ruhrbezirk gebräuchlichsten Profile, die neuerdings, um die Herstellung verbilligen zu können, dort als Normalprofile angenommen worden

[1]) Der Steinkohlenbergbau des preußischen Staates in der Umgebung von Saarbrücken, (Berlin, Jul. Springer), 1906, Bd. III, Seite 114; Mellin: Der technische Betrieb.

[2]) Vgl. auch Glückauf 1917, Nr. 45, S. 810 u. f.; Roelen: Gesichtspunkte für die Wahl und Verlegung des Grubengestänges.

sind[1]), ergeben sich aus der Abb. 403, aus der auch die Hauptabmessungen und die Gewichte zu entnehmen sind. Die leichtesten Schienen (*a* u. *b*) sind die für Abbaustrecken bestimmten. Schienen von größerem Gewicht (*c* u. *d*) werden für Bremsberge (namentlich für Gestellbremsberge) und für die Förderung mit Pferden und mit Seil ohne Ende in Hauptförderstrecken und -querschlägen erfordert. Zu noch schwereren Profilen (*e*—*g*) nötigt die Lokomotivförderung, für die man schon bis zu 24 kg, im Minettebergbau sogar ausnahmsweise schon bis zu 44 kg je laufendes Meter gegangen ist. Je wichtiger eine Förderstrecke und je größer infolgedessen der durch Betriebstockungen infolge von Entgleisungen u. dgl. verursachte Schaden ist, um so weniger sollte man vor der Beschaffung schwererer Profile zurückschrecken, und um so mehr sollte man den Grundsatz, verringerte Betriebskosten durch höhere Anlagekosten zu erkaufen, befolgen (s. Ziff. 48).

Der Ruhrkohlenbezirk verbraucht gegenwärtig etwa 45000 t Grubenschienen jährlich.

An der Flügelschiene unterscheidet man den Kopf, den Steg und den Fuß. Von der Härte des Kopfes hängt die Schnelligkeit der Abnutzung,

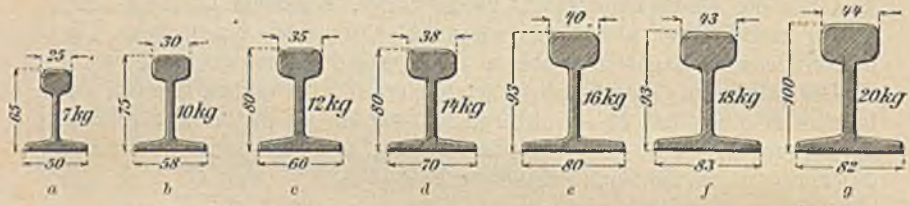


Abb. 403. Westfälische Flügelschienen-Normalprofile mit Angabe der Gewichte für das laufende Meter.

von der Höhe des Steges (weniger von seiner Dicke, da die Biegungsfestigkeit im einfachen Verhältnis mit dieser, aber im quadratischen Verhältnis mit der Höhe wächst) die Tragfähigkeit, von der Stärke und Breite des Fußes die Sicherheit der Verlagerung und der Widerstand gegen Kippen ab.

Die Schienen werden auf den aus Holz oder Eisen bestehenden Schwellen (in Westfalen „Stege" genannt) in verschiedener Weise befestigt.

38. — **Holzschwellen.** Für Holzschwellen wird am besten ein Holz verwendet, das bei genügendem Widerstand gegen Feuchtigkeit hart und zäh genug ist, um nicht zu spleißen und um die zur Schienenbefestigung dienenden Nägel und Schrauben dauernd festzuhalten. Daher eignet sich Eichenholz für stärker beanspruchte Grubenschwellen in erster Linie. Eine Tränkung mit fäulniswidrigen Stoffen ist durchaus zweckmäßig, erfordert aber die Anwendung eines Kerntränkungsverfahrens (s. 6. Abschnitt, Ziff. 26), da die Schwellen aus behauenem Holze bestehen und infolgedessen der durch die einfacheren Verfahren nicht tränkbare Kern an die Oberfläche kommen kann. Für leichtere Gestänge, wie sie insbesondere in Abbaustrecken und fliegenden Bremsbergen Verwendung finden, genügen auch roh zugehauene Schwellen aus Eichenknüppelholz; auch kann hier das billigere Buchen- und Fichtenholz verwandt werden.

[1]) Glückauf 1911, Nr. 20, S. 782; Normalien für Grubenschienen.

Die Abmessungen der Schwellenquerschnitte sind im Ruhrbezirk meist 15×10 cm für schwereres, 10×8 cm für leichteres Gestänge.

Für die Befestigung der Schienen auf den Schwellen genügen unter einfachen Verhältnissen (söhlige Förderung bei geringen Leistungen, Förderung in Abbauen) die gewöhnlichen Hakennägel (Abb. 405 auf S. 342 und 417 u. 418 auf S. 345). Eine Verstärkung dieser Befestigung ergibt sich bei dem Nagel von Höing, der infolge einer Verdickung an der Spitze sich im Holze selbsttätig krumm biegt und dadurch gegen Lockerung gesichert wird.

Für stärkere Beanspruchungen, wie sie insbesondere bei schweren Förderwagen und größeren Geschwindigkeiten auftreten und ihr Höchstmaß beim Durchfahren von Krümmungen erreichen, reichen die einfachen Hakennägel nicht aus; insbesondere verlangt die Lokomotivförderung zuverlässigere Befestigungsmittel.

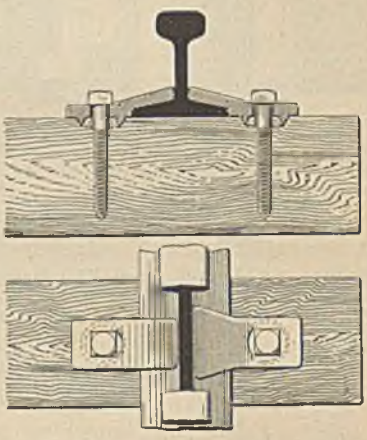


Abb. 404. Schienenbefestigung nach Kornfeld-Bußmann.

Die Hauptanforderungen an eine gute Schienenbefestigung für starke Belastung sind außer der Haltbarkeit: Schutz der Schwellen gegen den Auflagedruck der Schienen, einfacher Bau, Schutz der Befestigungsnägel und -schrauben bei Entgleisungen von Wagen, bequeme Anbringung, rasche Auswechselbarkeit. Die Forderung der Haltbarkeit schließt insbesondere ein den Widerstand gegen senkrechte sowohl wie gegen wagerechte Kräfte. Erstere ergeben sich aus der Durchbiegung der Schienen zwischen den Schwellen, wodurch die Befestigungsmittel nach oben gedrückt und infolgedessen einem fortwährenden Wechsel von Druck- und Zugbeanspruchungen ausgesetzt werden. Wagerechte Kräfte werden durch den Druck der konischen Laufkränze der Räder, insbesondere beim Durchfahren von Kurven, erzeugt. Sie suchen die Schienen zu kippen und setzen sich in ihrer Rückwirkung auf die Befestigung wieder großenteils in senkrechte Kräfte um.

Infolgedessen hat man bereits früher die Befestigungsnägel und -schrauben gegen den Seitendruck durch Vorsprünge an der Unterseite der Befestigungsplatten zu entlasten gesucht; bei der in Abb. 404 dargestellten Befestigung nach Kornfeld z. B. drücken sich diese mit ringförmigen, unten angeschärften Vorsprüngen in die Schwellen hinein. Bei den neueren Befestigungsarten, von denen die Abbildungen 405—408 einige Beispiele geben, wird dieser Gedanke gleichfalls verwertet (Abb. 406 u. 408) und außerdem besonderer Wert darauf gelegt, daß der Schienenfuß auf einer Unterlegeplatte ruht und dadurch sein „Einfressen“ in die Schwellen verhindert wird.

Wie die Abbildungen zeigen, dienen als Befestigungsmittel sowohl Schrauben als auch Nägel. Die ersteren haben den Vorzug einer größeren Widerstandsfähigkeit, werden aber am besten gleich über Tage eingedreht, da unter Tage die Leute aus Bequemlichkeit dazu neigen, sie mit dem Fäustel ein-

zuschlagen. Die Befestigungen von Höing und den Düsseldorfer Metallwerken in Düsseldorf-Ratingen (Abb. 406 und 407) erreichen auch bei Hakennägeln eine gute Haltbarkeit durch zwei Längsfurchen in jedem

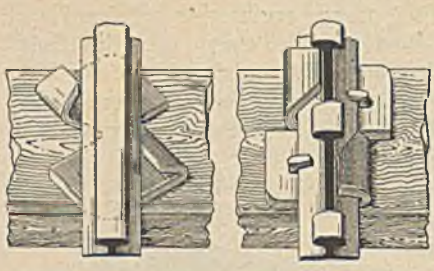


Abb. 405.
„Fix"-Platte von Böllhoff in Herdecke.

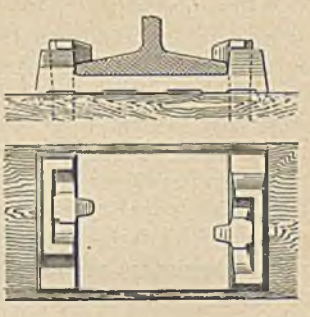


Abb. 406.
Schienenplatte der Düsseldorfer Metallwerke in Ratingen.

Nagel, in die sich die Holzmasse hineindrückt und so der Lockerung einen stärkeren Widerstand entgegensetzt. Die aus einem Stück bestehenden Platten (Abb. 405 und 406) haben den Vorzug der Einfachheit, müssen

Abb. 407.
Schienennagel von Höing.

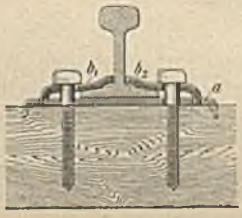


Abb. 408.
Schienenbefestigung von N. Koch in Essen.

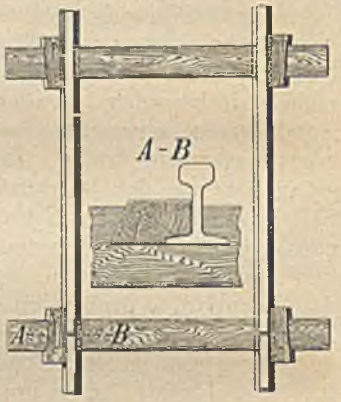


Abb. 409.
Schienenbefestigung von Berg.

allerdings für jedes Schienenprofil besonders hergestellt werden. Die „Fix"-Platte nach Abb. 405 umfaßt den Schienenfuß von beiden Seiten, weshalb sie aus schräger Lage eingeschwenkt werden muß. — Die Kochsche Befestigung (Abb. 408) nimmt die Seitenkräfte, die auf den Schienensteg wirken, durch die Stirnflächen der Klauen $b_1 b_2$ auf und läßt sie durch diese auf die Haken-Grundplatte a übertragen. Sie eignet sich für alle Profile.

Eine sehr einfache Befestigungsart ist diejenige von Berg (Abb. 409), bei der die Schienen lediglich durch Holzkeile festgehalten werden, die in entsprechende Aussparungen der Schwellen hineingetrieben werden. Aller-

dings ist dabei mit der Möglichkeit des Abspleißens der Oberflächen der Schwellen zu rechnen; auch verzichtet man bei dieser Befestigung auf eine Unterstützung des Schienenfußes und muß die Schwellen entsprechend stärker herstellen, um ihre Schwächung durch die Einschnitte wieder auszugleichen[1]).

39. — **Eiserne Schwellen** bestehen meist aus gewalztem und an beiden Enden umgebörteltem Profileisen oder -stahl (Abb. 410 und 411). Die Befestigung der Schienen auf ihnen kann erfolgen durch eingewalzte Lagerstühle oder Nasen oder durch angenietete Fußklauen. Für die letztere Befestigungsart gibt Abb. 411[2]) ein Beispiel mit abwechselnd außen und innen sitzenden Klauen p; sie zeigt, wie dabei die Schwellen von der Seite her eingeschwenkt werden können.

Abb. 410. Eiserne Schwelle.

Die eisernen Schwellen, die sich über Tage für Haupt- sowohl wie für Feldbahnen in großem Umfange eingeführt haben, sind für die Grubenförderung nur mit gewissen Einschränkungen geeignet. Zunächst rosten sie leicht und sind insbesondere gegen saure Wasser sehr empfindlich. Verzinkung bietet einigen Schutz dagegen, erhöht aber die Kosten nicht unwesentlich. Die geringe Wandstärke läßt die Eisenschwellen für Strecken mit Pferdeförderung als wenig geeignet erscheinen, da sie durch die Pferdehufe bald durchgetreten werden. Außerdem ist die Einbettung der eisernen Schwellen in die Packung, da sie Hohlkörper bilden, weniger einfach als bei den Holzschwellen. Man wird daher sagen müssen, daß Eisenschwellen in erster Linie für trockene Förderstrecken und Querschläge mit wenig Druck und maschineller Förderung geeignet sind. Außerdem können im Abbau leichte eiserne Schwellen mit Vorteil für „fliegendes", d. h. dem Abbaustoß ständig nachzuschiebendes Gestänge verwandt werden, da sie hier von den eben genannten schädlichen Einwirkungen wenig zu leiden haben und sich auf der anderen Seite wegen ihrer geringen Höhe und ihrer dauerhaften Verbindung mit den Schienen empfehlen.

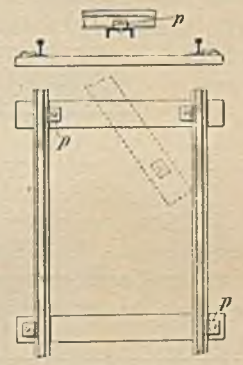


Abb. 411. Befestigung von Schienen auf eisernen Schwellen.

40. — **Verlegen der Gestänge.** Gestänge von geringerer Bedeutung werden nach dem Augenmaß verlegt. Bei wichtigeren Schienenbahnen bedient man sich einer ausgespannten Schnur, an der entlang die eine Schiene verlegt wird, worauf die Verlegung der zweiten Schiene mit Hilfe eines Spurmaßes (Abb. 412) erfolgt. Letzteres legt den Gleisabstand fest, der, um dem Radsatze den unerläßlichen Spielraum zu bewahren, 10—20 mm größer

[1]) Näheres s. Glückauf 1921, Nr. 33, S. 785 u. f.; Heinrich: Die im rheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbau gebräuchlichen Grubenschienenbefestigungen.

[2]) Demanet: Der Betrieb der Steinkohlenbergwerke, deutsche Ausgabe, II. Auflage, (Braunschweig, Vieweg), 1905, S. 396, Abb. 334.

als die Spurweite ist, so daß gemäß Abb. 413 jeder Spurkranz 5—10 mm Spiel hat.

An den Stoßstellen sollen die Schienen einen Abstand von 2—3 mm behalten, was namentlich für einziehende Förderwege in flacheren Gruben

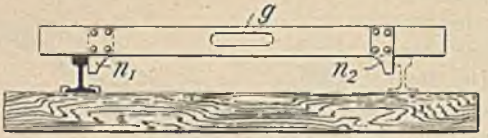


Abb. 412.
Spurmaß für Gestängeverlegung.

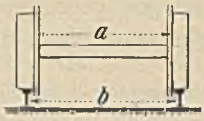


Abb. 413.
Spurweite (*a*) und Schienenabstand (*b*).

wichtig ist, da hier die Längenänderungen infolge der Wärmeschwankungen über Tage sich bemerklich machen.

Über die Innehaltung des gewünschten Gefälles ist bereits in Band I (Abschnitt „Grubenbaue" unter „Querschläge") das Erforderliche gesagt. Die Verwendung einer Setzlatte zeigt Abb. 414.

Abb. 414. Gestängeverlegung mit Gefälle mit Hilfe der Setzlatte (*l*) und Wasserwage (*w*).

In Kurven muß einmal der Schleuderwirkung der Wagen und anderseits der Erhöhung des Widerstandes durch die ständige Ablenkung, der die Trägheit der Wagen entgegenwirkt, Rechnung getragen werden. Der Schleuderwirkung begegnet man durch Überhöhung der äußeren Schiene um etwa 5—10% der Spurweite. Den Ablenkungswiderstand sucht man durch Vergrößerung der Spurweiten in der Krümmung um etwa 15—20 mm sowie durch einen möglichst großen Krümmungshalbmesser zu verringern. In letzterer Hinsicht ist man allerdings in der Grube beschränkt, so daß die über Tage üblichen Regeln, wonach für ein Gestänge von 60 cm Spurweite Krümmungshalbmesser von etwa 25 m verlangt werden, nicht innegehalten werden können. Man begnügt sich bei einfachen Förderbahnen mit etwa 4 m, geht aber bei Lokomotivbahnen im Felde nach Möglichkeit auf mindestens 10 m herauf; für Füllortanlagen kommen Halbmesser von 50 m und mehr in Frage. Gemäß Abb. 415 beträgt der Abstand *a* des Mittelpunktes der Krümmungsbahn von der durch diese auszugleichenden Ecke auf Grund der Beziehung

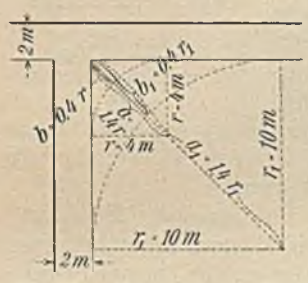


Abb. 415. Abrundung der Ecken in Streckenkreuzungen bei verschiedenen Krümmungshalbmessern.

$$a = \sqrt{r^2 + r^2} = \sqrt{2r^2} = r \cdot \sqrt{2}$$

ungefähr das 1,4fache des Krümmungshalbmessers, der Abstand b der Krümmungsbahn von der Ecke also

$$r \cdot 1{,}4 - r = r \cdot 0{,}4.$$

Man muß daher die Ecke bei einem Krümmungshalbmesser von 4 m um $4 \cdot 0{,}4 = 1{,}6$ m, bei einem Krümmungshalbmesser von 10 m um $10 \cdot 0{,}4 = 4$ m abrunden.

Der Schwellenabstand richtet sich nach der Beanspruchung und voraussichtlichen Betriebsdauer des Gestänges. In Hauptförderwegen sind Abstände von 70 bis 90 cm zu wählen, die aber bei Wechseln und Kreuzungen bis auf wenige Zentimeter herabgehen oder ganz wegfallen können, falls man hier nicht Eisenplatten als Unterlage (Ziff. 43) vorzieht. In Abbaustrecken dagegen kann man mit Abständen von 1—1,2 m auskommen. An den Verbindungsstellen der Schienen sollen die Schwellen dichter gelegt werden, was besonders für die Lokomotivförderung wichtig ist. In doppelspurigen Förderstrecken nimmt man am einfachsten Schwellen von solcher Länge, daß sie für beide Gestänge ausreichen. Jedoch ist bei nicht ganz zuverlässiger Sohle die Befestigung der beiden Gestänge auf gesonderten Schwellen vorzuziehen, da dann eine Schiefstellung der letzteren durch das größere Gewicht der vollen Förderwagen vermieden wird und überdies (bei quellender Sohle) das Senken der Gestänge einzeln erfolgen kann und dadurch erleichtert wird. — In Brems-

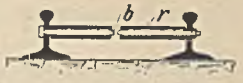


Abb. 416. Schienenverlagerung ohne Schwellen.

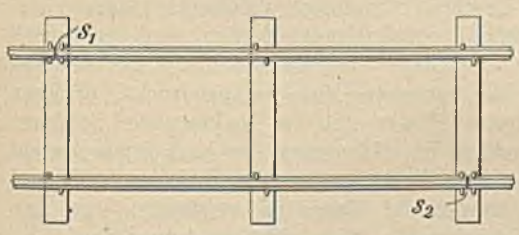


Abb. 417. Gestänge mit Befestigung durch Schienennägel, mit festen Stößen.

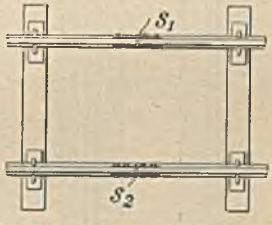


Abb. 418. „Schwebende" Schienenstöße mit Laschenverbindung.

bergen müssen bei steilerer Lagerung die Schwellen dadurch, daß man sie sämtlich oder doch in gewissen Abständen hinter die Stempel legt, gegen Abrutschen gesichert werden (vgl. Abb. 34 auf S. 42).

Die Schwellen sollen gut eingebettet, aber nicht in die Sohle eingespitzt oder (bei steilem Einfallen in Abbaustrecken) zwischen Hangendes und Liegendes eingeklemmt werden, da sie sonst durch die Gebirgsbewegungen gestaucht werden und dadurch die Spurweite verringert wird.

Eine für die Förderung im Abbau bei glattem Liegenden geeignete Verlagerung der Schienen ganz ohne Schwellen, also mit der geringstmöglichen Höhe, zeigt Abb. 416[1]). Die Schienen kommen hier unmittelbar auf das Liegende zu liegen und werden durch Bolzen b verbunden und durch Gasrohre r in der richtigen Entfernung gehalten.

[1]) Glückauf 1907, Nr. 13, S. 382; Grubengleise ohne Schwellen.

Die Verbindung der einzelnen Schienen miteinander durch Laschen ist nicht unbedingt notwendig, wenn wie in Abbaustrecken an das Gestänge nur geringe Anforderungen gestellt werden; man legt dann einfach eine Schwelle unter die Verbindungstelle (den „Stoß") und nagelt auf diese beide Schienen fest, muß aber (Abb. 417) die Stöße auf beiden Seiten um eine mindestens dem Radstande entsprechende Länge gegeneinander versetzen, damit nicht beide Räder gleichzeitig den Stoß beim Übergange von einer Schiene auf die andere erleiden. Bei den stärker beanspruchten Gestängen in Bremsbergen und wichtigen Förderstrecken ist dagegen eine Laschenverbindung erforderlich, mittels deren die einzelnen Schienen zu einem einheitlichen Strange verbunden und so insbesondere auch gegen das Ausweichen nach außen hin (durch den Seitendruck der Radlaufkränze) besser geschützt werden. Die Verbindungstellen („Stöße") werden dann nicht auf die Schwellen, sondern gemäß Abb. 418 als „schwebende Stöße" zwischen zwei Schwellen gelegt, einmal wegen der bequemeren Anbringung der Laschen zwischen den Schwellen und sodann wegen der stoßfreieren Förderung. Da nämlich beide Schienenenden infolge der Laschenverbindung gleichzeitig durch das Wagenrad niedergedrückt werden, wird der Anprall beim Übergange von einer Schiene zur anderen auf das geringste Maß herabgedrückt, wogegen bei festen Stößen mit der Neigung der Schienen zu rechnen ist, sich unter der Last etwas durchzubiegen (Abb. 419). Um die Zahl der Stoßbeanspruchungen der Wagen zu verringern, legt man die schwebenden Stöße einander gegenüber.

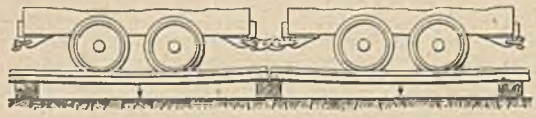


Abb. 419. Ungünstige Druckwirkungen bei festen Stößen.

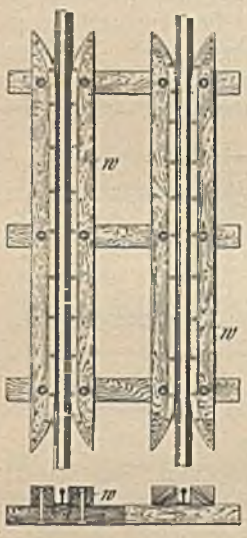


Abb. 420. Aufgleisrampen.

Es ist darauf zu achten, daß das Gestänge für die leeren Wagen auf die Seite der Wasserseige zu liegen kommt. Zunächst wird hierdurch eine Verstopfung der letzteren durch herunterfallendes Fördergut verhütet. Ferner würde das größere Gewicht der vollen Wagen leichter die Streckensohle nach der Wasserseige hin abdrücken. Endlich ist ein entgleisender voller Wagen, der in die Wasserseige fällt, sehr schwer wieder einzuheben.

41. — Aufgleisvorrichtungen. Bei der Pferdeförderung und in noch weit höherem Maße bei der Lokomotivförderung (namentlich beim Fahren leerer Züge) wird das Entgleisen eines Wagens vielfach erst verspätet bemerkt, so daß der entgleiste Wagen Beschädigungen anrichten und erleiden kann, ehe der Zug zum Stillstande gebracht wird. Diesem Übelstande sollen die in Abb. 420 dargestellten Aufgleisrampen steuern, die in gewissen Abständen (etwa 100—200 m) eingebaut und auch in einem Stück zu

Aufgleisplatten vereinigt werden. Der entgleiste Wagen gerät zwischen die seitlich ausgebogenen und sanft ansteigenden Zungen *w*, die durch Benagelung mit Flacheisen geschützt sind, und wird durch diese wieder auf die Schienen gebracht. Nachteilig ist allerdings, daß der Fahrer bei der Lokomotivförderung durch diese Platten dazu verführt wird, sich auf sie zu verlassen und den entgleisten Wagen bis zur nächsten Aufgleisplatte mit durchzuziehen. Auch ist zu bedenken, daß die Aufgleisvorrichtungen, wenn sie zu dicht hintereinander gelegt werden, die Anlage zu sehr verteuern, bei zu großen Abständen dagegen wenig Zweck haben. Man wird sie daher wohl am besten auf solche Stellen beschränken, wo wegen druckhafter Sohle das Gleis trotz sorgfältigster Ausführung und Überwachung nicht ruhig liegt und daher die Entgleisungsgefahr besonders groß ist.

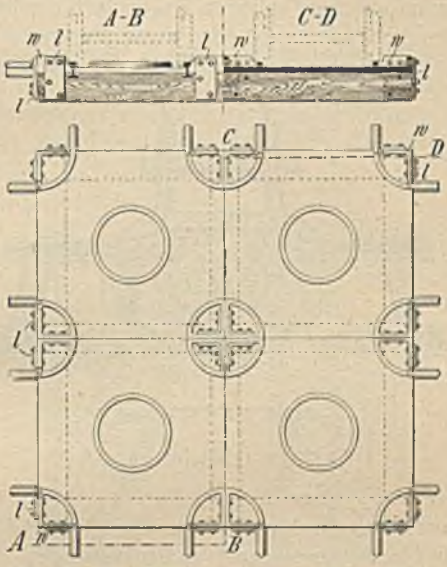


Abb. 421. Wendeplatz mit 4 Kranzplatten.

42. — Verbindung von Schienensträngen miteinander. Wendeplätze. Die einfachste Verbindung zweier Schienenstränge ist eine solche durch Wendeplätze, die mit Wechselplatten belegt werden und für rechtwinklige Kreuzungen bestimmt sind. Am häufigsten werden die bekannten Kranzplatten aus Gußeisen oder Gußstahl benutzt (Abb. 421), die durch die kreisförmige Mittelrippe und die Segmentrippen in den Ecken ein sicheres Schwenken des Wagens ermöglichen. Der Raum innerhalb des Mittelkranzes kann zur Verringerung des Gewichts hohl gelassen werden. Die Platten werden auf einen Holzrahmen gelegt (s. d. Abb.) oder in Beton eingebettet. Statt der Kranzplatten werden auch Nutenplatten verwendet, und zwar vorzugsweise bei der Streckenförderung mit endlosem Seil (s. Ziff. 71); die Wagenräder laufen dann für gewöhnlich mit ihren Spurkränzen in den Nuten, wodurch freilich das Herausschwenken des Wagens erschwert wird. Im übrigen läßt man in solchen Strecken an den Abzweigstellen auch die Schienen durchgehen und legt zwischen und beiderseits neben sie einfache Holz- oder Eisenplatten, die mit der Kopffläche der Schienen abschneiden und an den Innenseiten der Schienen Raum für die Spurkränze lassen. In Förderbahnen mit endlosem Seil kann man das Überfahren von Kranzplatten an Abzweigstellen mit geringerer Förderung durch Einlegung von Flacheisenstücken erleichtern; diese Zwischenstücke werden für gewöhnlich durch Zapfen, die in entsprechende Löcher passen, festgehalten und zum Herausholen oder Hereinschieben eines Wagens aus der oder in die Seitenstrecke weggenommen.

Ein Nachteil der Kranzplatten ist ihre mangelhafte Verbindung mit dem Gestänge und unter sich, wodurch starke Stöße beim Befahren der Platten entstehen können. Peisen sucht gemäß Abb. 421[1]) diesem Übelstand durch eine feste Verbindung zu begegnen, indem er die Kranzplatten mit angegossenen Eckrippen *w* versieht, die das Verschrauben der einzelnen Platten miteinander und das Anschrauben von Laschen *l*, zwischen diesich die Schienen fest hineinlegen, ermöglichen.

Drehscheiben, die auf Kugeln oder Rollen laufen, finden namentlich auf solchen Gruben Anwendung, die, wie z. B. im lothringischen Eisenerzbergbau, besonders große und schwere Förderwagen benutzen, deren Schwenkung auf gewöhnlichen Kranzplatten sehr anstrengend ist. Im Ruhrkohlenbergbau haben sie sehr wenig Verbreitung gefunden.

Eine zweckmäßige Neuerung ist die „Kletterwendeplatte" der Firma Klemp, Schultz & Co. in Düsseldorf, die sich auch in der Grubenförderung rasch eingebürgert hat. Diese Platte (Abb. 422) besteht aus einer Kranzplatte, die an jeder beliebigen Stelle ein Quergestänge anzuschließen gestattet, ohne daß das Hauptgestänge unterbrochen zu werden braucht. Solche Platten eignen sich besonders für Förderung und Versatzarbeit in den Abbauräumen mächtiger Flöze mit flacher Lagerung. Sie können auch mit Drehscheiben ausgerüstet und dadurch für das Drehen schwerer Förderwagen geeignet gemacht werden.

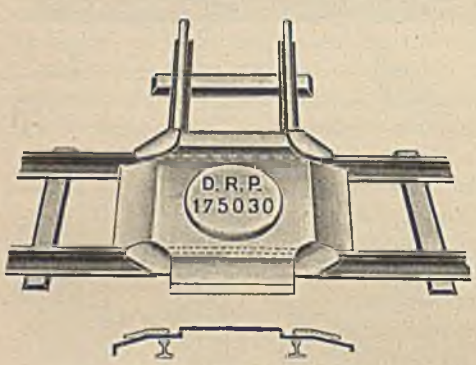


Abb. 422. Kletter-Wendeplatte.

Größere Wendeplätze werden an den Kreuzungen mehrgleisiger Förderstrecken sowie an den Füllörtern der Schächte und an den Anschlägen von Stapelschächten erforderlich. An Kreuzungen können vier Kranzplatten in der in Abb. 421 dargestellten Weise zusammengelegt werden. Doch ist eine solche Anlage für Pferde- und Lokomotivförderung, wie sie in zweigleisigen Strecken die Regel bildet, nicht geeignet. Von den an den Schachtanschlägen in größerer Zahl gelegten Platten werden die dem Schachte und die den Streckengleisen benachbarten als „Einlaufplatten" mit Zungen („Einweisern") versehen, die eine sichere Überführung der Wagen auf die Gleise der Fördergestelle und der Förderstrecke ermöglichen.

43. – Wechsel. Die Weichen oder Wechsel sollen eine Überführung auf ein anderes Gestänge ohne Unterbrechung der Spurhaltung ermöglichen. Sie werden für die Förderung mit Pferden oder Maschinen bevorzugt und kommen auch für die Förderung in flachen Bremsbergen in Betracht, deren Gestängeanlagen hier, da sie von denen der söhligen Förderstrecken nicht nennenswert abweichen, gleich mit besprochen werden sollen.

---

[1]) S. den auf S. 339 in Anm. [2]) angeführten Aufsatz von Roelen, S. 813.

Nach der Bauart unterscheidet man feste Wechsel (Abb. 423 und 431—433) und solche mit beweglichen Teilen, welche letzteren wieder „Stoßweichen“ (Abb. 424) oder „Zungenweichen“ (Abb. 425—428) sein können. Die Zungen legen sich mit ihren zugeschärften Spitzen an die Innenseite

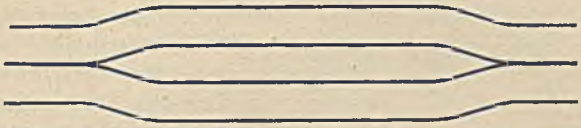


Abb. 423. Dreischieniges Gestänge mit Ausweichestelle.

des Gestänges, von dem der Wagen abgelenkt werden soll, während die beweglichen Stücke der Stoßweichen eine Lücke im Gestänge ausfüllen und stumpf vor das mit ihnen zu verbindende Gestänge gelegt werden. Die Zungen sind offen, wenn sie den Spurkranz des Wagens durchlassen, so daß keine Ablenkung stattfindet; andernfalls ist die Weiche nach der betreffenden Richtung hin geschlossen. Die Zungenweichen werden wieder je nach der Richtung, nach der hin sie ablenken, als Rechts- und Linksweichen bezeichnet. Ferner werden die einfach von Hand umzustellenden Weichen unterschieden einerseits von solchen, die mittels eines mit Gegengewicht versehenen Hebels umgelegt werden („Bockweichen“), und anderseits von solchen, bei denen die Umstellung selbsttätig mit Hilfe einer federnden Zugvorrichtung („Federweichen“) erfolgt. Solche Federweichen lassen die von ihrer hinteren Seite her kommenden Wagen durch, werden aber dann durch die Federkraft wieder in die Schlußstellung gebracht.

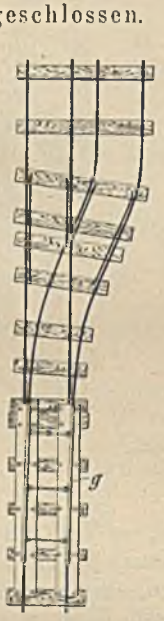


Abb. 424. Rechtsweiche (Stoßweiche) einer Ausweichstelle.

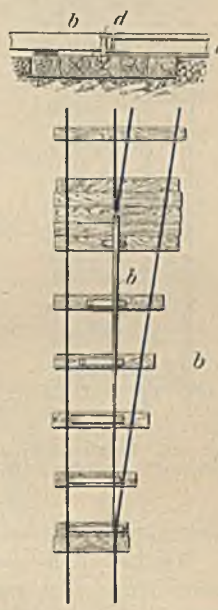


Abb. 425. Weiche mit Wechselbaum.

Weiterhin ist auch der Zweck der Wechsel im einzelnen noch verschieden. Der einfachste Fall ist derjenige, wo der Wechsel als Ausweichstelle dient (Abb. 423). Solche Wechsel schaltet man in denjenigen Strecken ein, wo die Begegnungstellen der vollen und der leeren Wagen genau festgelegt werden können, also z. B. in zweitrümmigen Bremsbergen (s. u.) oder in Strecken mit schwacher Zugförderung, wo der beladene Zug an der Weiche auf den leeren warten kann und umgekehrt. Man kann dann für den übrigen Teil der Förderstrecke mit zwei oder drei Schienen auskommen.

Weichen der letzteren Art (Abb. 423) zeichnen sich durch ihre Betriebsicherheit aus, da sie keine beweglichen Teile haben; sie werden deshalb für Bremsbergförderung öfter benutzt.

Im weiteren Sinne gehören zu den vorbeschriebenen Weichen auch alle diejenigen, die eine wechselseitige Verbindung nebeneinander liegender Gestänge ermöglichen sollen, wie das besonders bei der Lokomotivförderung zum Zwecke des Verschiebebetriebs (s. Ziff. 87) erforderlich ist.

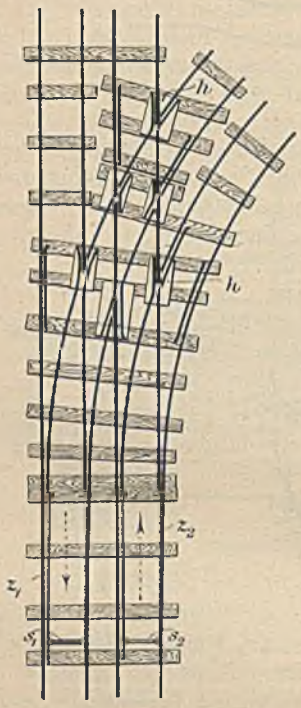


Abb. 426. Rechtsweiche (Zungenweiche) für zweispurige Strecken.

Wechselanlagen für seitliche Abzweigungen von Strecken sind naturgemäß am einfachsten, wenn lediglich an ein einspuriges Gestänge ein oder zwei Zweiggleise angeschlossen werden sollen oder wenn bei Doppelgleisen die Abzweigung (Abb. 426) nur nach einer Seite hin erfolgt. Verwickeltere Anlagen ergeben sich, wenn von beiden Seiten Strecken in die durchgehende Strecke einmünden (Abb. 427), besonders wenn die eine der drei Strecken oder gar alle drei zweispurig sind (Abb. 428). Im letzteren Falle kann man gemäß den Abbildungen 427 und 428 den Wechsel dadurch vereinfachen, daß man je zwei mittlere Schienen zu einer einzigen vereinigt, so daß nur dreischienige Bahnen sich kreuzen.

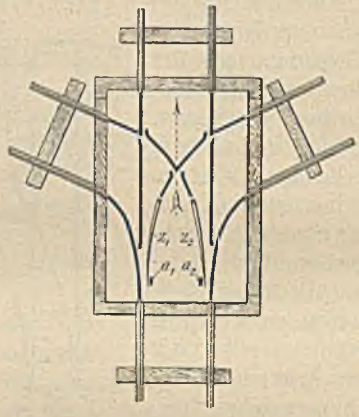


Abb. 427. Plattenweiche für einspurige Strecken.

Weichen von größerer Bedeutung erfordern, wenn Betriebstörungen vermieden werden sollen, eine besonders sorgfältige Verlagerung. Will man die Schienen auf Schwellen legen, so müssen diese unter den Schnittpunkten der Gestänge in sehr geringen Abständen, am besten dicht anschließend, gelagert werden. Besser ist es aber, die ganze Wechselanlage auf einer Platte oder, wenn das wegen der schwierigeren Fortschaffung nicht angängig ist, doch auf einer möglichst geringen Anzahl von Platten zu befestigen, was durch Herstellung der ganzen Weiche aus Gußeisen in einem Stück oder durch Vernietung der als Flacheisen hergestellten Führungstücke mit den Platten in der Schmiede geschieht. Derartige „Plattenweichen", wie sie in den Abbildungen 427 und 428 dargestellt sind, empfehlen sich besonders bei quillender Sohle. Es wird dann nicht nur die Ver-

schiebung der einzelnen Zungen usw. gegeneinander verhütet, sondern auch das von Zeit zu Zeit notwendige Senken der ganzen Anlage wesentlich erleichtert.

Im einzelnen besteht eine Zungenweiche (vgl. Abb. 426) aus der die beiden Mittelschienen vereinigenden Weichenspitze und aus den beiden Zungen, die an dieser Spitze etwas umgebogen sind. Da diese inneren Zungenenden starken Stößen ausgesetzt sind, so werden sie besser mit der Spitze zu einem Stück, dem sog. „Herzstück" (Abb. 429, s. auch *h* in Abb. 426), vereinigt, das in der Regel aus Stahlguß hergestellt wird. Die beweglichen Spitzen der Zungen (z_1—z_4 in den Abbildungen 426—428) bestehen in Anbetracht ihrer starken Beanspruchung zweckmäßig ebenfalls aus Stahl. Für einfache Wechsel empfiehlt sich der Ersatz der zwei Zungen durch eine einzige, die dann nach Abb. 425 als sog. „Wechselbaum" *b* möglichst lang hergestellt wird, um den Übergang der Wagen durch sehr flache Gestaltung der Krümmung nach Möglichkeit zu erleichtern. Das Entgleisen der Wagen in den Weichen, das an den Schnittpunkten der einzelnen Schienen, also an den Herzstücken, am leichtesten eintritt, wird durch die diesen Stellen gegenüber angebrachten Zwangschienen (Abb. 424, 426, 430 und 431) verhütet, welche die äußeren Räder auf ihren Schienen festhalten. Bei den Plattenweichen sind außerdem nach innen hin noch Anschläge für die Zungen in Gestalt von angegossenen oder angeschweißten Nasen (a_1 a_2 in Abb. 427 und 428, s_1 s_2 in Abb. 428) erforderlich.

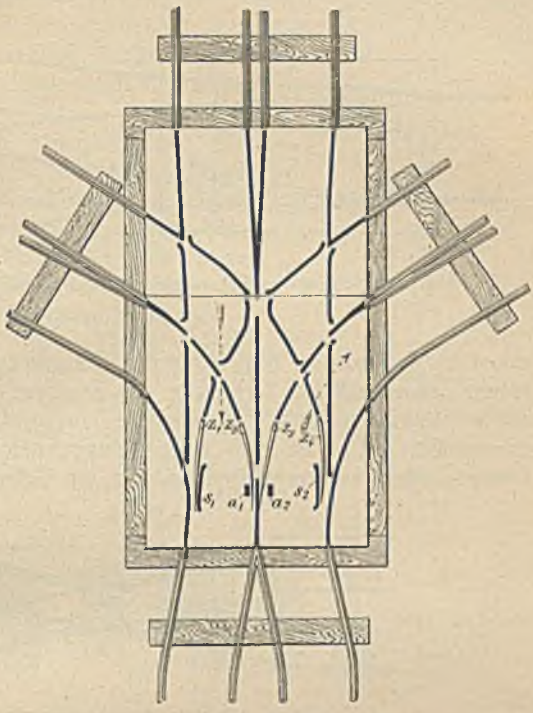


Abb. 428. Plattenweiche für zweispurige Strecken.

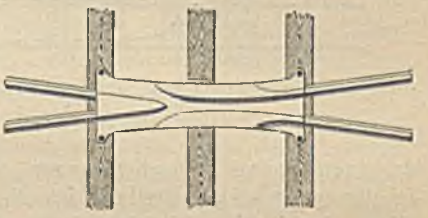


Abb. 429. Herzstück.

Wieder andere Wechselanlagen ergeben sich aus der Notwendigkeit, mehrere Förderbahnen zu einer einzigen zusammenzuziehen oder, was dasselbe bedeutet, ein Einzelgestänge in mehrere Gestänge zu verzweigen. Dieser

Fall liegt besonders bei größeren Füllörtern vor, wo die an die Einlaufplatten sich anschließenden zahlreichen Gestängestücke mit den zwei oder drei Gestängen des zum Füllort führenden Hauptförderweges verbunden werden

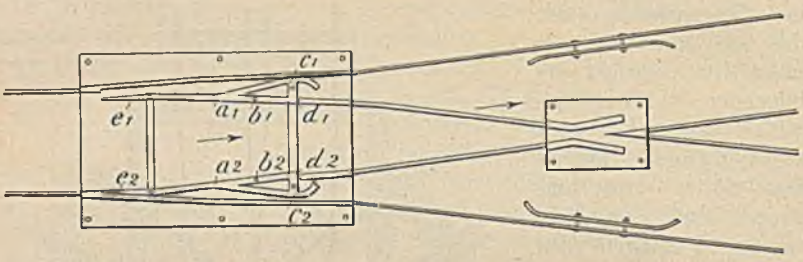


Abb. 430. Selbsttätige Weiche zur gleichmäßigen Beschickung zweier Gleise.

müssen. In solchen Fällen werden verschiedentlich Wechsel mit selbsttätiger, gleichmäßiger Verteilung der in einem Gleis ankommenden Wagen auf zwei Gleise benutzt. Eine einfache Vorrichtung dieser Art ist in Abb. 430 dargestellt[1]). Hier ist eine Doppel-Zungenweiche a_1 a_2 vorgesehen, deren Zungen unter sich verbunden und um die Gelenkzapfen b_1 b_2 drehbar sind.

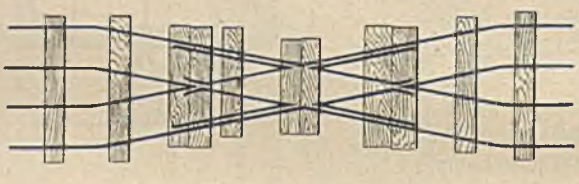


Abb. 431. Schienenkreuzung.

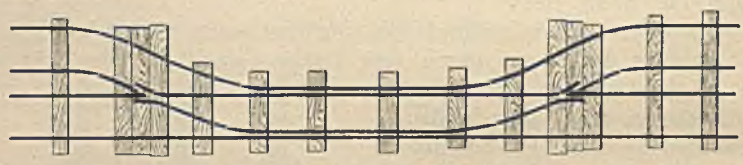


Abb. 432. Zusammenziehung von Doppelgestängen.

An ihren Enden sind die Zungen mit Krümmungstücken c_1 c_2 versehen. In der gezeichneten Stellung ist die Weiche für das linke Zweiggleis geöffnet. Der in dieses einfahrende Wagen drückt mit seinem vordersten linken Spurkranz das Bogenstück c_1 zurück und öffnet damit durch Drehung der Doppelzunge um die Bolzen b_1 b_2 die Weiche für das rechte Zweiggleis. In gleichem Sinne wirkt auch sein rechtes Vorderrad, da das Zungenstück a_2 der äußeren linken Schiene nicht genau parallel, sondern nach dieser hin

[1]) Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1899, Nr. 23, S. 278; Gössel: Neue Fördereinrichtungen.

etwas eingezogen ist und somit durch die Verengung des Gleises bei d_2 dem Rade ein Widerstand entgegengesetzt wird.

Den Fall einer einfachen Durchkreuzung zweier Gestänge in einer zweispurigen Förderstrecke veranschaulicht Abb. 431. Es handelt sich hier darum, die auf dem rechten Gestänge laufenden Wagen auf das linke hinüberzuführen und umgekehrt.

Bei dem Wechsel nach Abb. 432 liegt keine Verbindung zweier Gestänge zu einem einzigen, sondern nur eine Zusammendrängung der vier Schienen auf einen möglichst schmalen Raum vor. Solche Anlagen zeichnen sich, da bewegliche Teile fehlen und jeder Wagen auch ohne Nachhilfe seitens eines Bedienungsmannes auf seinem Gestänge bleibt, durch große Betriebsicherheit aus. Es handelt sich hier z. B. um eine Strecke, in der eine Dammtür vorgesehen und innerhalb deren, um eine möglichst kleine Tür mit geringer Druckfläche zu erhalten, die doppelspurige Strecke auf den Querschnitt einer einspurigen zusammengezogen ist. Ähnliche Fälle können in Bremsbergen vorliegen, wenn einzelne Stellen in ihnen besonders druckhaft sind und daher möglichst schmal gehalten werden sollen. So z. B. zeigt Abb. 433 einen Wagenbremsberg mit zusammengezogenem Gestänge im oberen Teile.

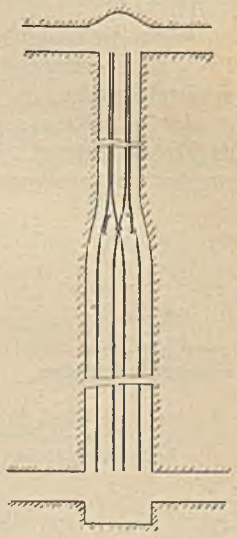


Abb. 433. Zusammenziehung eines Doppelgestänges im druckhaften oberen Teile eines Bremsberges.

C. Allgemeine Erwägungen über die Bewegung von Förderwagen auf Schienenbahnen.

44. — Die bei der Bewegung von Förderwagen auf söhliger Schienenbahn zu überwindenden Widerstände. Der bei der Bewegung eines Förderwagens auf söhliger Bahn zu überwindende Widerstand wird allein durch die Reibung verursacht. Diese setzt sich zusammen aus der rollenden oder „wälzenden" Reibung zwischen den Rädern und den Schienen und aus der Zapfenreibung zwischen den Achsen und Radnaben. Letztere Reibung ist in der Regel eine gleitende, bei Verwendung von Rollen- oder Kugellagern (s. S. 329 u. 330) aber ebenfalls eine rollende. Ohne auf diese beiden Arten der Reibung näher eingehen zu wollen, sei hier nur bemerkt, daß der Reibungsbeiwert f eines Förderwagens mittlerer Größe im großen und ganzen zwischen 0,004 und 0,008 für Kugellager[1]), zwischen 0,008 und 0,012 für Rollenlager und zwischen 0,012 und 0,022 für gewöhnliche Lager schwankt. Der in Kilogramm ausgedrückte Reibungswiderstand beträgt hiernach 0,4—2,2%, meistens

[1]) Schulte: Die Grubenbahnen (Essen, Baedeker), 1907, S. 11 u. f. — Glückauf 1910, Nr. 7, S. 240; Schulte: Kugel- und Rollenlagerradsätze für Förderwagen.

1,0—1,5% der Förderlast oder 4—22 bzw. 10—15 kg je Tonne. Rechnen wir mit einem Reibungswiderstande von 1,5%, so ist, um einen Wagen von 800 kg Gewicht in Bewegung zu halten, ein Druck oder eine Kraft von $\frac{800 \cdot 1{,}5}{100} = 12$ kg erforderlich. Abb. 434 deutet dies schematisch an.

Wenn der Wagen von 800 kg Gewicht mit einem Reibungswiderstande von 1,5% 20 m weit geschoben ist, so ist dabei eine Arbeit von $20 \cdot 12 = 240$ mkg geleistet worden.

Zur Ermittelung der dabei erzielten Leistung ist dann noch die Zeit zu berücksichtigen. Ist diese Arbeit von 240 mkg in 10 Sekunden geleistet worden, so berechnet sich die Leistung zu:

$$\frac{240}{10} = 24 \text{ mkg in der Sekunde, also zu } \frac{24}{75} = 0{,}32 \text{ PS.}$$

Abb. 434. Veranschaulichung des Reibungswiderstandes.

Hiernach muß ein Pferd, das acht solcher Wagen mit 0,8 m Geschwindigkeit zieht,

$$8 \cdot 12 \cdot 0{,}8 \sim 77 \text{ mkg/Sek.},$$

also etwas mehr als 1 PS leisten. Eine Seilbahn ferner, die 50 volle Wagen in dem einen und 50 leere in dem anderen Gleise gleichzeitig bewegt, hat (ohne Berücksichtigung der Nebenwiderstände) bei einem Gewicht der leeren Wagen von 300 kg, einer Geschwindigkeit von 0,7 m/Sek. und einem Reibungswiderstand von 1,5% zu leisten

$$50 \cdot 800 \cdot 0{,}015 \cdot 0{,}7 + 50 \cdot 300 \cdot 0{,}015 \cdot 0{,}7 \sim 577 \text{ mkg/Sek.} \sim 7{,}7 \text{ PS.}$$

Eine Lokomotive, die 30 volle Wagen und ihr Eigengewicht von 5000 kg mit 3 m Geschwindigkeit bewegt, leistet

$$(5000 + 30 \cdot 800) \cdot 0{,}015 \cdot 3 = 1300 \text{ mkg/Sek., also } 17{,}3 \text{ PS.}$$

Die vorstehenden Betrachtungen bezogen sich lediglich auf die für die Bewegung der Förderwagen mit und ohne Inhalt auf söhliger und geradliniger Bahn zu leistenden Zugkräfte. Außer diesen hat jedoch die Antriebskraft noch zu leisten:

1. die Beschleunigung oder den „Anfahrwiderstand". Diese Beschleunigungsarbeit ist um so größer, je größer die volle Geschwindigkeit ist und je rascher sie erreicht werden soll;
2. die beim Durchfahren von Krümmungen infolge der Ablenkung und einer gewissen Klemmung zu entwickelnde Zusatzkraft, die von dem Krümmungshalbmesser, der Spurweite und dem Radstand abhängt und die Zugkraft auf gerader Bahn leicht noch übertreffen kann;
3. das etwa mitzuziehende Gewicht der Antriebskraft selbst, also des Seiles, der Kette, der Lokomotive usw.;
4. die in der Antriebsvorrichtung selbst auftretenden Widerstände.

45. — Gefälleverhältnisse und ihre Bedeutung. Bewegt sich ein Wagen auf geneigter Bahn, so muß bei der Ermittelung des Bewegungswiderstandes sowohl für die Fahrt abwärts wie für die Fahrt aufwärts

noch der Neigungswinkel α der Bahn berücksichtigt werden. Nach den Gesetzen der schiefen Ebene zerlegt sich in solchem Falle die durch das Wagengewicht P ausgeübte Schwerkraft in eine parallel und eine senkrecht zur Ebene der Bahn gerichtete Teilkraft, welche letztere mit dem Reibungsbeiwert zu multiplizieren ist. Die erstere Teilkraft läßt sich durch die Beziehung

$$P \cdot \sin\alpha$$

ausdrücken und kommt für die Abwärtsbewegung fördernd, für die Aufwärtsbewegung hemmend in Betracht. Die Größe $\sin\alpha$ ist dabei gleichbedeutend mit dem Ausdruck „Gefälle". — Die zweite Teilkraft ist gleich

$$P \cdot \cos\alpha .$$

Sie muß mit dem Reibungsbeiwert f multipliziert und muß für abwärts und aufwärts laufende Wagen in gleicher Weise als Widerstand gerechnet werden.

Daraus ergibt sich der in jedem Falle zu überwindende Reibungswiderstand zu

$$P \cdot f \cdot \cos\alpha ,$$

so daß für die Aufwärtsbewegung insgesamt die Kraft

$$P \cdot \sin\alpha + P \cdot f \cdot \cos\alpha = P \cdot (\sin\alpha + f \cdot \cos\alpha)$$

erforderlich ist. Für die Abwärtsbewegung ergeben sich, da hier der Reibungswiderstand $P \cdot f \cdot \cos\alpha$ der Zugkraft des Wagens $P \cdot \sin\alpha$ entgegenwirkt, je nach dem Winkel und der Reibungszahl noch folgende beiden Möglichkeiten:

1. $$P \cdot f \cdot \cos\alpha > P \cdot \sin\alpha ,$$

d. h., dem Wagen muß eine Kraft

$$P \cdot f \cdot \cos\alpha - P \sin\alpha = P \cdot (f \cdot \cos\alpha - \sin\alpha)$$

zugeführt werden. Dieser Fall liegt in der Regel bei der Streckenförderung vor.

2. $$P \cdot f \cdot \cos\alpha < P \cdot \sin\alpha ,$$

d. h., der Wagen entwickelt seinerseits einen Kraftüberschuß von

$$P \cdot \sin\alpha - P \cdot f \cdot \cos\alpha = P \cdot (\sin\alpha - f \cdot \cos\alpha) .$$

Dieses Verhältnis kennzeichnet die Bremsbergförderung (vgl. Ziff. 93).

Für die Streckenförderung ergibt sich dabei wegen des geringen Neigungswinkels der Förderbahn (ein Gefälle von 1 : 150 entspricht erst einem Winkel von 23′) die Vereinfachung, daß $\cos\alpha = 1$ gesetzt werden kann, so daß hier für die Aufwärts- bzw. Abwärtsfahrt die Zugkräfte

$$P \cdot (f + \sin\alpha) \text{ bezw. } P \cdot (f - \sin\alpha)$$

erforderlich werden.

Hiernach ergeben sich für verschiedene Gefälle und für die beiden Grenzwerte $f = 0{,}005$ und $f = 0{,}020$ die auf Seite 356 folgenden Zahlenbeziehungen.

Die Zahlen zeigen auch die große Bedeutung einer Herabsetzung des Reibungswiderstandes für die Verringerung des Kraftbedarfs.

	Förderung auf schwach geneigter Bahn (Streckenförderung)						Förderung auf stärker geneigter Bahn (Bremsbergförderung)			
Gefälle	1 : 500		1 : 200		1 : 50		1 : 5		1 : 1,2	
α	7′		17′		1° 10′		11° 53′		56° 26′	
$\sin\alpha$	0,002		0,005		0,020		0,20		0,833	
	$f =$		$f =$		$f =$		$f =$		$f =$	
	0,005	0,020	0,005	0,020	0,005	0,020	0,005	0,020	0,005	0,020
$f - \sin\alpha$	0,003	0,018	0,00	0,015	−0,015	0,00	—	—	—	—
$f + \sin\alpha$	0,007	0,022	0,010	0,025	0,025	0,040	—	—	—	—
$f\cdot\cos\alpha - \sin\alpha$	—	—	—	—	—	—	−0,1951	−0,1804	−0,831	−0,822
$f\cdot\cos\alpha + \sin\alpha$	—	—	—	—	—	—	0,2049	0,2196	0,836	0,844

d. h. für je 1000 kg Gesamtgewicht werden an Zugkraft in kg erforderlich (+) bezw. überschüssig (−):

abwärts	3,0	18,0	0,0	15,0	− 15,0	0,0	−195,1	−180,4	− 831	− 822
aufwärts	7,0	22,0	10,0	25,0	25,0	40,0	204,9	219,6	836	844

Nach dieser Übersicht hat beispielsweise ein Pferd, das acht Wagen zu je 900 kg mit einem Gefälle von 1 : 200 abwärts zu ziehen hat, für $f = 0{,}020$ eine Zugkraft von

$$8 \cdot 0{,}9 \cdot 15 = 108 \text{ kg}$$

zu entwickeln. Kann es in der Sekunde eine Arbeit von 70 mkg leisten, so vermag es diesen Zug mit

$$\frac{70}{108} = 0{,}65 \text{ m Geschwindigkeit}$$

zu ziehen.

Eine Seilbahn, die zu gleicher Zeit 43 volle Wagen von 950 kg abwärts und 43 leere Wagen von 350 kg aufwärts zu ziehen hat, muß bei einem Gefälle von 1 : 200 und einem Reibungsbeiwert $f = 0{,}005$ an Nutzarbeit leisten:

$$43 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}0 + 43 \cdot 0{,}35 \cdot 10 = 150{,}5 \text{ kg}.$$

Soll sie dabei eine Geschwindigkeit von 0,8 m entwickeln, so beträgt ihre Nutzarbeit

$$\frac{150{,}5 \cdot 0{,}8}{75} = 1{,}61 \text{ PS}.$$

Eine Lokomotive, die 15 PS Nutzarbeit (also ohne Berücksichtigung ihres Eigengewichtes) zu leisten imstande ist und mit einer Geschwindigkeit von 2 m fahren soll, kann eine Zugkraft am Haken (s. Ziff. 78) ausüben von

$$\frac{15 \cdot 75}{2} = 562 \text{ kg}.$$

Folglich kann sie bei einem Gefälle von 1 : 500 und einem Reibungsbeiwert von $f = 0{,}020$ an vollen Wagen zu je 900 kg Gewicht ziehen:

a) abwärts: $\dfrac{562}{0{,}9 \cdot 18} = 34;$

b) aufwärts: $\dfrac{562}{0{,}9 \cdot 22} = 28.$

Wenn in der einen Richtung stets volle und in der anderen stets leere Wagen zu fördern sind, gibt man der Bahn zweckmäßig ein solches Ansteigen, daß die Abwärtsbewegung des vollen Wagens dieselbe Anstrengung erfordert wie die Aufwärtsbewegung des leeren. Diese Forderung läßt sich nun nach den obigen Ausführungen, wenn man das Wagengewicht mit G und die Nutzlast mit N bezeichnet, durch folgende Gleichung ausdrücken:

$$(G + N) \cdot (f - \sin\alpha) = G \cdot (f + \sin\alpha),$$

woraus folgt:

$$2 \cdot G \cdot \sin\alpha + N \cdot \sin\alpha = N \cdot f,$$

mithin:

$$\sin\alpha = \frac{N \cdot f}{2 \cdot G + N}.$$

Nimmt man z. B. für G 300 und für N 500 kg an, so erhält man:

$$\sin\alpha = \frac{500 \cdot f}{1100} = 0{,}455\, f.$$

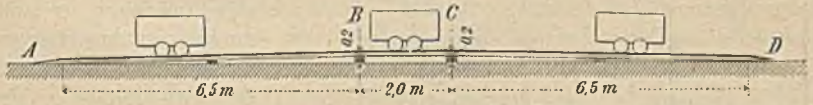


Abb. 435. Prüfung des Reibungswiderstandes von Förderwagen durch schiefe Ebenen.

Daraus leiten sich für einige Werte von f die folgenden Beziehungen ab:

$f =$	0,008	0,010	0,012	0,015
$\sin\alpha =$	0,0036	0,0045	0,0055	0,0068
günstigstes Gefälle ungefähr	1 : 280	1 : 220	1 : 180	1 : 150

Diese Gefälle entsprechen im allgemeinen den im Betrieb üblichen, die sich meist zwischen 1 : 150 und 1 : 250 bewegen. Doch kommen, wie im Band I des Näheren ausgeführt ist, vielfach noch andere Erwägungen, insbesondere die Rücksicht auf die ins Feld zu fördernden Bergewagen, hier in Betracht, so daß wir in Hauptquerschlägen häufig das ganz schwache Ansteigen 1 : 500, 1 : 800, 1 : 1000 und mitunter sogar eine „totsöhlige" Verlegung des Gestänges finden.

46. — Überwachung der Reibungsverhältnisse im Betriebe. Die Bedeutung des Reibungswiderstandes läßt bei großer Förderung seine regelmäßige Feststellung und Nachprüfung im Betriebe als erwünscht erscheinen. Es wird dann ermöglicht, Wagen mit zu hohem Reibungswiderstande rechtzeitig auszusondern und schlechte Stellen der Bahn rasch festzustellen. Dem ersteren Zweck dient der in Abb. 435[1]) dargestellte „Wagen-Ablaufberg" der Zeche Shamrock I/II bei Herne, eine sehr einfache Vorrichtung, die es gestattet, durch Ablaufenlassen der Wagen von der 2 m langen söhligen Fläche in der Mitte auf einer schiefen Ebene von bestimmter Länge und Neigung — in der Abbildung beträgt die Länge 6,5 m, die Neigung 1 : 325 — den Reibungswiderstand beliebig oft von neuem festzustellen.

[1]) Glückauf 1909, Nr. 36, S. 1312.

Wagen, die wegen der Verharzung der Schmierbüchsen, wegen unrund gewordener Räder oder wegen krummer oder gebrochener Achsen überhaupt nicht selbsttätig ablaufen oder auf halbem Wege stehen bleiben, werden sofort zur Schmiede geschickt.

Für den zweiten Zweck, bei dem es sich also um die Ermittelung der Widerstände der Bahn durch zu starke Steigungen, durch fehlerhafte Verlegung der Gestänge, durch Quellen des Liegenden usw. handelt, sind die sog. „Dynamometer-Wagen" geeignet. Bei dem in Abb. 436 dargestellten Wagen dieser Art[1]) wird der Widerstand, den der Wagen auf seinem Wege findet, mittels der Zugstange *a*, des Winkelhebels *b c*, der seigeren Zugstange *d* und des zweiarmigen Hebels *e* auf einen Schreibstift *k* übertragen, der sich auf der Trommel *l* bewegt. Die letztere erhält ihre Drehung um die senkrechte Achse durch Vermittelung des Schneckengetriebes *m n* und der Kettenscheibe *p* von dem Kettenrade *q* aus, das auf die hintere Wagenachse aufgekeilt ist. Zur Abschwächung der beim ruckweisen Anziehen erfolgenden Stöße dient der Schwimmer *g*, der sich in dem Wasserbehälter *h* auf und ab bewegt. — Ein solcher Wagen kann auch vor einen ganzen Wagenzug gehängt und so zur Ermittelung des Widerstandes ganzer Züge, zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Pferden und Lokomotiven u. dgl. benutzt werden.

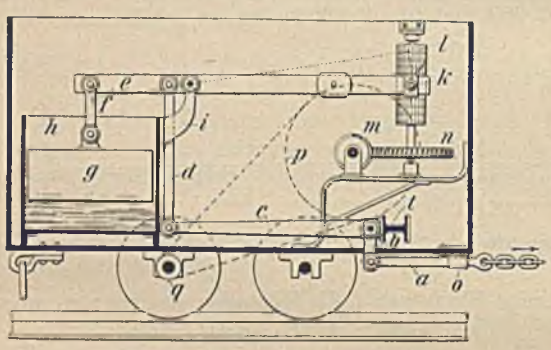


Abb. 436. Dynamometerwagen.

47. — Das Tonnenkilometer als Einheit. Zur Beurteilung von Förderleistungen und Förderkosten im großen bedient man sich der Einheit des Tonnenkilometers (tkm, genauer Nutz-Tonnenkilometer) und versteht darunter eine Förderleistung, die sich als Produkt der geförderten Masse in Tonnen Nutzlast und des dabei zurückgelegten Weges in Kilometern darstellt. Ein Tonnenkilometer ist also z. B. geleistet, wenn eine Nutzlast von

	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0 t
auf eine Länge von	2,0	1,0	0,5	0,2	0,1 km

gefördert worden ist. Da es sich bei der Streckenförderung nur um die Bewegung der Last auf ganz oder nahezu söhliger Bahn handelt, so hat hier der Begriff des Tonnenkilometers für den erforderlichen Kraftaufwand eine ganz andere Bedeutung als in der Mechanik. Hier bedeutet 1 tkm einfach eine Arbeit, die geleistet wird, wenn 1 t auf 1 km Höhe gehoben wird, d. h. eine Arbeit von 1000000 mkg. Bei der Streckenförderung dagegen hat

[1]) Glückauf 1897, Nr. 42, S. 809; Honigmann: Wagen zur Bestimmung der Widerstände bei Streckenförderungen (Taf. 27).

das Tonnenkilometer zunächst nur die Bedeutung einer wirtschaftlichen Einheit. Die diesem Begriffe entsprechende Arbeit ist in jedem Falle verschieden und hängt von den wechselnden Größen von α und f ab. Sie beträgt z. B. bei $f = 0{,}012$, einem Gefälle von 1 : 200 und einem Anteil der toten Last an der Gesamtlast von 37 % (vgl. S. 339), entsprechend rund 590 kg auf 1000 kg Nutzlast:

für die Bewegung der vollen Wagen zum Schacht $1{,}59 \cdot 7 \cdot 1000 \sim 11100$ mkg
für die Rückförderung der leeren Wagen . . $0{,}59 \cdot 17 \cdot 1000 \sim 10000$ mkg
also insgesamt ~ 21100 mkg

ohne Berücksichtigung der Beschleunigungsarbeit.

48. — **Bedeutung eines guten Zustandes der Wagen und Gestänge.** Die Bedeutung von Ersparnissen an laufenden Förderkosten, wie sie sich durch große einmalige Ausgaben, also durch sorgfältige Anlage der Schienenwege und sachgemäße Ausrüstung der Wagengeläufe erzielen lassen, ist beim Steinkohlenbergbau sehr groß, wie am besten aus folgender Gegenüberstellung einer Steinkohlen- und einer Erzgrube mit einer Hauptförderstrecke von 1500 m bzw. 700 m Länge zu ersehen ist. Es möge angenommen werden, daß beide Gruben diese Förderstrecke anstatt mit einem gerade ausreichenden mit einem sehr kräftigen Oberbau (Schienen und Schwellen) ausgerüstet und Wagen mit Geläufen von vorzüglichster Ausführung beschafft haben. Die dadurch verursachten Mehrausgaben mögen 2 ℳ je Meter doppelspuriger Strecke und 40 ℳ je Förderwagen betragen; die Wagenzahl sei 2000 für die Steinkohlen- und 250 für die Erzgrube. Die Ausgaben für Verzinsung und Tilgung sollen für die Steinkohlengrube mit 20 %, für die Erzgrube mit ihrer geringeren Beanspruchung des Gestänges mit 18 % eingesetzt werden. Die Ersparnis je Tonnenkilometer an Kraft- und Schmierölkosten durch die bessere Ausführung möge 3 ₰ betragen.

	Steinkohlengrube	Erzgrube
Fördermenge je Tag in t	2000	300
Jährliche Leistung in tkm	900000	63000
Jährliche Ersparnis in ℳ	27000	1890
Mehrausgaben für Tilgung und Verzinsung in ℳ	16600	2052
Jährlicher Gewinn in ℳ	10400	—
Jährlicher Verlust in ℳ	—	162

Während also das Steinkohlenbergwerk durch die an sich geringfügige Ersparnis von 3 ₰ auf das Tonnenkilometer jährlich 10400 ℳ gewinnt, hat das Erzbergwerk einen jährlichen Verlust von 162 ℳ gegen früher infolge der Belastung durch ein unnötig großes Anlagekapital zu verzeichnen.

D. Die Betätigung der Wagenförderung.

49. — **Überblick.** Die Bewegung der Wagen in den Förderstrecken kann durch Menschen, Tiere oder Maschinen erfolgen. Von diesen drei Fördermitteln sind heute für den deutschen Bergbau die Maschinen das wichtigste; auch ist die Bedeutung der maschinellen Förderung bei uns noch ständig im Steigen begriffen. Im allgemeinen kann hinsichtlich der Arbeitsgebiete für die drei Förderarten gesagt werden, daß in deutschen

Steinkohlengruben heute die Förderung durch Menschen auf die Abbaue und Abbaustrecken beschränkt und auch dort bereits vielfach durch maschinelle Fördermittel verdrängt ist, daß Pferdeförderung in den Hilfsförderstrecken und -querschlägen herrscht und maschinelle Förderung in den Hauptförderwegen auf der Sohle die Regel ist, aber auch auf den Teilsohlen mehr und mehr an die Stelle der Pferdeförderung tritt. Die Hauptgründe für die wachsende Bedeutung der mechanischen Fördermittel sind: stark gestiegene Löhne für Schlepper und Pferdetreiber, Anwachsen der Fördermengen und -längen und damit größere Ausnutzungsmöglichkeit für die maschinelle Förderung, Zunahme der Schachttiefen und dadurch Steigerung der lästigen Begleiterscheinungen der Pferdeförderung (Feuersgefahr in den Ställen unter Tage, Erkrankungen der Pferde, Verschlechterung der Wetter), besonders aber auch die bedeutende Verbesserung und Verbilligung der Maschinenförderung.

a) Förderung durch Menschen und Tiere.

50. — **Menschenförderung.** Die Förderung durch Menschen begreift nach dem Vorstehenden heute in sich die Bewegung der Wagen vom Abbauorte bis zum Bremsberg, Stapelschacht, Rolloch oder Abhauen oder, wenn es sich um Betriebe auf der Sohle handelt, bis zum nächsten Förderquerschlag.

Bei dieser Sachlage lassen sich über die Leistungen der Schlepperförderung und ihre Kosten keine Zahlen geben, da die Schlepper nicht lediglich als solche beschäftigt, sondern auch im Abbau als Lehrhauer zu leichteren Arbeiten vor Ort und an Füllörtern und sonstigen Anschlagspunkten als Anschläger mit herangezogen werden. Auf Gruben, auf denen in Sohlenstrecken Schlepperförderung ohne anderweitige Beschäftigung der Schlepper umgeht, kann man bei gutem Zustande der Wagen und des Gestänges auf eine Leistung von 3—4 tkm in der Schicht rechnen. Allerdings ist man in Ausnahmefällen, wo die Verwendung großer Wagen oder das gleichzeitige Schleppen mehrerer Wagen möglich war, bei bester Ausführung der Radsätze und vorzüglichster Verlegung und Instandhaltung der Gestänge auf 15 tkm und darüber gekommen[1]). Die Kosten der Schlepperförderung sind demgemäß hoch und im allgemeinen, je nach den Förderverhältnissen und nach der Höhe der Löhne, mit 0,60—1,10 ℳ je 1 tkm zu veranschlagen.

51. — **Förderung mit Tieren. Allgemeines.** Von Tieren kommen im deutschen Bergbaubetriebe fast nur Pferde in Betracht.

Die Größe der zu verwendenden Pferde richtet sich nach der Höhe der Förderwege und nach der Förderleistung. Kleine Pferde, die nur eine geringere Anzahl von Wagen gleichzeitig ziehen können, kommen besonders für die Förderung auf Teilsohlenstrecken sowie für solche Fälle in Frage, in denen die Fördermenge nicht groß genug ist, um große und starke Pferde regelrecht auszunutzen.

Die Pferde können bei geringer Tiefe der Grubenbaue in Ställen über Tage untergebracht und täglich im Schachte aus- und eingefördert

[1]) Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwes. 1895, Nr. 4, S. 48.

werden. Die zunehmende Tiefe der Gruben aber und die verschärften gesetzlichen Bestimmungen über die Schichtdauer, die auf möglichste Beschränkung der Dauer der Seilfahrt hinwirken, haben im Ruhrkohlenbezirk die meisten Gruben zur Anlage unterirdischer Stallungen genötigt. Aus diesen werden die Grubenpferde nur in größeren Zwischenräumen (etwa jährlich oder halbjährlich einmal) ans Tageslicht gebracht, vielfach hält man sie aber auch dauernd unten. Die Ställe unter Tage haben vor den oberirdischen außer dem Wegfall des Zeitverlustes durch die Ein- und Ausförderung der Pferde auch den Vorteil voraus, daß Erkältungskrankheiten, die sich die Pferde beim Aus- und Einfördern in der kalten Jahreszeit leicht zuziehen, vermieden werden. Als Nachteile der unterirdischen Ställe sind hervorzuheben: schwierige Reinhaltung und daher leichterer Ausbruch und schwierigere Bekämpfung ansteckender Krankheiten, ferner Verschlechterung der Grubenwetter durch die Ausdünstungen der Ställe, Brandgefahr wegen der Entzündlichkeit der Futtervorräte, leichtes Verderben der letzteren.

52. — **Unterirdische Pferdeställe.** Demgemäß muß bei der Anlage unterirdischer Pferdeställe wenigstens alles getan werden, um diese Nachteile so wenig wie möglich in die Erscheinung treten zu lassen. In erster Linie ist bei größeren Stallungen zu empfehlen, als Baustoffe nur Stein und Eisen zu verwenden, sowohl der Sauberkeit als auch der Feuersicherheit wegen. Ferner muß durch eine gut gepflasterte und nach einer Abflußrinne hin geneigte Sohle für schnellen und vollständigen Abfluß des Schmutzwassers bei den regelmäßigen Reinigungen gesorgt werden. Für diese letzteren ist außerdem ein Spritzschlauch mit Anschluß an eine Klarwasserleitung vorzusehen. Futtervorräte sind entweder in Mauernischen, die durch Eisenblechtüren geschlossen werden können, oder in Behältern aus Eisenblech unterzubringen. Für die Beleuchtung ist elektrisches Licht am besten, da es eine gute Überwachung des ordnungsmäßigen Zustandes des Stalles ermöglicht und die Wetter nicht verschlechtert. Endlich ist noch erforderlich ein im Längsgang vor den Ständen verlegtes Fördergestänge zur bequemen Anfuhr der Futtervorräte und Abfuhr des Düngers. Solche Ställe erhalten etwa 4 m Tiefe und 2—3 m Höhe. Für jedes Pferd rechnet man 1,3—1,4 m Breite. Als Streu hat sich Torfstreu, die den Harn aufsaugt, besonders gut bewährt.

Bei der Ausschießung des nötigen Hohlraumes kann unter Umständen ein Flöz benutzt werden. Die Kosten können dann bis auf 70—100 ℳ für jedes Pferd heruntergedrückt werden; anderenfalls rechnet man im Ruhrbezirk auf den Stand 200—300 ℳ einschließlich der Ausgaben für die Ausstattung mit Krippen, Raufen, Schlagbäumen usw.[1]). Meist finden die Pferdeställe ihren Platz in der Nähe des Schachtes. Ist jedoch durch größere maschinelle Förderanlagen die Pferdeförderung in den Hintergrund gedrängt, so daß sie nur noch als Zubringeförderung für diese dient, so wird man zweckmäßig den Stall weiter im Felde anlegen, damit die abzulösenden Pferde keine weiten Wege in kälteren Wettern zu machen haben und die Maschinenförderung nicht stören. Es kann dann zweckmäßig werden, die Pferde auf verschiedene, an den passenden Stellen angelegte Einzelstallungen zu verteilen.

[1]) Sammelwerk Bd. V, S. 46.

53. — Einrichtungen in den Förderstrecken. Bei der Herrichtung von Strecken und Querschlägen für die Pferdeförderung ist darauf zu achten, daß Anlässe für Kopf- und Hufverletzungen vermieden werden und die Hufe genügenden Widerstand zum Anstemmen finden. Demgemäß müssen diese Förderwege genügend hoch sein. Bei knapper Höhe, wie sie namentlich in Strecken mit stark quellender Sohle sich leicht einstellen kann, nagelt man wohl Bretter unter die Kappen der Zimmerungen, damit die Pferde nicht mit dem Kopfe anstoßen. Die Sohle wird vielfach durch Pflasterung des Raumes zwischen den Schienen und Schwellen besonders widerstandsfähig gemacht. Das Pflaster kann durch Klinkersteine, die der größeren Widerstandsfähigkeit wegen und zur Schaffung möglichst zahlreicher Angriffspunkte für die Hufe hochkant gestellt werden, oder in vorteilhafter Weise durch Klötze von altem Holz, die auf die Hirnseite zu stehen kommen, gebildet werden. Für ein solches Holzpflaster verwendet man am besten alte eichene Stempel, die in 10—15 cm lange Stücke geschnitten, auf die Hirnseite gelegt und durch Eintreiben von Holzkeilen in die Fugen zu einer festen Pflastersohle

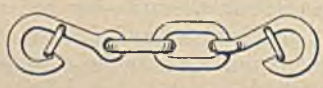


Abb. 437. Kuppelkette.

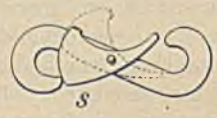


Abb. 438. Sicherheits-Kuppelhaken.

verbunden werden, wobei man darauf achtet, daß die Oberflächen der einzelnen Klötze abwechselnd höher und tiefer zu liegen kommen, damit das Pflaster nicht zu glatt wird. In vielen Fällen begnügt man sich aber auch mit einer Lage von Sandsteinkleinschlag oder Ziegelschrot, auf die Kesselasche geschüttet wird.

Zum Schutze der Schwellen gegen die Huftritte versieht man sie wohl mit Kappen aus verzinktem ⌊-Eisen.

Die Wasserseige wird am besten auf eine Seite gelegt und abgewölbt oder mit Bohlen abgedeckt. Man legt dann das Gestänge für die leeren Wagen neben die Wasserseige aus den oben (S. 346) angeführten Gründen. Wassersäcke in den Strecken sind zu vermeiden, ganz besonders bei sauren Wassern, weil diese die Hufe angreifen.

54. — Wagenzüge. Die Vereinigung der Förderwagen zu Zügen, wie sie für die Pferdeförderung (und für die weiter unten zu besprechende Lokomotivförderung) notwendig ist, erfolgt mit Hilfe einfacher Kuppelvorrichtungen („Knebel"), die in die zu diesem Zwecke an beiden Enden des Wagenbodens angenieteten Ringe eingehängt werden. Gegen selbsttätige Auslösung werden solche Kuppelhaken oder Kuppelketten entweder durch einfache Ringe nach Abb. 437 gesichert, die sich vor den Wagenring legen, oder durch ein Zungen- oder Pendelstück (*s* in Abb. 438), das sich infolge der Lage seines Schwerpunktes selbsttätig in die Verschlußstellung dreht. Ein Übelstand solcher losen Kuppelhaken ist, daß sie leicht verlorengehen, so daß auf vielen Gruben durchschnittlich jährlich der ganze Be-

stand an Kuppelhaken erneuert werden muß[1]). Außerdem ist das An- und Abkuppeln zeitraubend, was sich namentlich bei der später zu besprechenden Lokomotivförderung sehr ungünstig bemerklich macht, die überhaupt infolge der größeren Fördergeschwindigkeiten und Zuglängen die Ansprüche an die Kuppelungen wesentlich gesteigert hat.

Daher werden heute in großem Umfange Kuppelungen verwendet, die aus zwei gleichen Hälften bestehen, deren jede an Stelle des gewöhnlichen Wagenringes an jedem Ende des Förderwagens befestigt ist. Eine solche Kuppelung ist z. B. diejenige von Klever, die durch Abb. 439 veranschaulicht ist. Jede ihrer Hälften besteht aus einem Schäckel (s_1, s_2) mit einem Haken (h_1, h_2), der sich um einen Mittelbolzen im Schäckel dreht; es kann also nach Belieben h_1 in s_2 eingreifen oder umgekehrt. Die selbsttätige Entkuppelung wird dadurch verhütet, daß der Schäckel s_1 sich gegen den Rücken des Hakens h_2 legt und dieser mit der Spitze gegen das Auge am Wagenboden stößt, also nicht ausweichen kann. Allerdings wird dadurch auch das absichtliche Abkuppeln erschwert und der Kuppelung eine gewisse Starrheit gegeben, die sich beim Durchfahren von Kurven ungünstig bemerklich macht, außerdem auch einen größeren Raumbedarf der Züge an den Füllörtern und Bahnhöfen sowie ein schwierigeres Anfahren zur Folge hat.

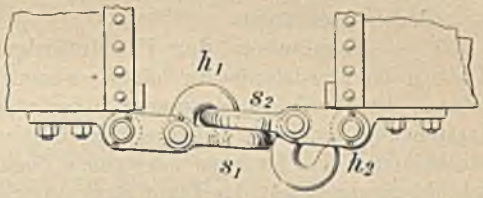


Abb. 439. Klevers che Kuppelung.

Gut bewährt hat sich die Kuppelung von W. Kohlus & Co. in Plettenberg, bei der (Abb. 440) die Kuppelung durch Ringe (r_1, r_2) erfolgt, die in den Augen der Haken h_1 h_2 hängen und wechselseitig in die Haken eingreifen können.

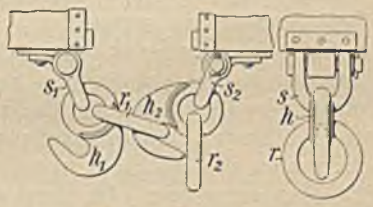


Abb. 440. Kohlus-Kuppelung.

In jedem Falle muß eine solche Kuppelung den örtlichen Verhältnissen angepaßt sein, da an sie mancherlei Anforderungen gestellt werden müssen: sie soll bei zusammengeschobenen Wagen nicht zu tief durchhängen, um nicht auf die Schwellen, Weichenzungen u. dgl. aufzustoßen oder an den Vorsprüngen der Sicherheitsverschlüsse in Bremsbergen und Bremsschächten hängenzubleiben; sie soll auch nicht im herabhängenden Zustande über die Stirnwände der Wagen vorragen, damit sie nicht in Schächten und Bremsschächten unter die Einstriche fassen kann; sie soll in Kurven nachgiebig sein, anderseits aber auch keinen zu großen Spielraum gewähren, um die Rucke beim Anziehen, namentlich für die letzten Wagen, nicht

[1]) Glückauf 1910, Nr. 43, S. 1689; Schulz: Die auf den Zechen des rheinisch-westfälischen Industriebezirks gebräuchlichsten Vorrichtungen zur Verbindung der Förderwagen.

zu scharf zu machen und die Wagen möglichst kurz und straff zusammenhalten zu können; sie soll dem Mitnehmen der Wagen durch oberirdische Kettenförderung mit unterlaufender Kette keine Schwierigkeiten entgegensetzen; sie soll endlich billig, haltbar und leicht auszuwechseln sein[1]).

Die Zahl der zu einem Zuge zusammenzukuppelnden Wagen hängt von ihrem Gewicht, von dem mehr oder weniger guten Zustande der Geläufe und Schienen, von dem Gefälle der Bahn und der Leistungsfähigkeit der Pferde ab. Im Ruhrbezirk sind Züge von 10—14 Kohlenwagen und 5—8 Bergewagen üblich.

55. — Ergebnisse der Pferdeförderung. Die Leistungen und Kosten der Pferdeförderung hängen wesentlich mit von der richtigen Ausnutzung der Pferde ab; denn sowohl bei zu geringer als auch bei zu großer Anstrengung gehen die Leistungen zurück und steigen die Ausgaben. Da nun besonders das Anziehen eines vollen Zuges wegen der dabei zu leistenden Beschleunigungsarbeit das Pferd stark anstrengt, so sind diejenigen Förderverhältnisse die günstigsten, die bei verhältnismäßig seltenem Anziehen lange Förderwege mit sich bringen. Demgemäß sind umgekehrt kurze Förderlängen vom Übel, weshalb z. B. bei einer maschinellen Streckenförderung mit zu kurzen Zubringestrecken, in denen Pferdeförderung umgeht, die Ersparnisse infolge der maschinellen Förderung durch zu teures Arbeiten der Pferdeförderung großenteils aufgezehrt werden können (s. S. 383). Ähnliches gilt von der Einteilung größerer Förderlängen durch Wechsel in kürzere Stücke, einer Maßnahme, die man früher befürwortete, um den Pferden öfter Gelegenheit zum Rasten zu geben. Jetzt zieht man es bei nicht zu großen Förderlängen vor, jedes Pferd den ganzen Weg gehen zu lassen, um das öftere Anziehen zu vermeiden.

Im Ruhrkohlenbezirk schwankten um 1900[2]) die Leistungen der Pferdeförderung in der achtstündigen Schicht zwischen rund 16 und 55 tkm und betrugen im Durchschnitt etwa 35 tkm. Die Kosten für 1 tkm beliefen sich bei der billigsten Förderung auf rund 16 ₰, bei der teuersten auf rund 35 ₰, schwankten also innerhalb weiter Grenzen und waren im Durchschnitt mit 21—22 ₰ anzusetzen. Im einzelnen setzten sich diese Kosten bei dem billigsten Satze (auf der Emscher-Schachtanlage des Köln-Neuessener Bergwerksvereins in Altenessen) wie folgt zusammen:

Kosten der Pferde selbst	12,7 %	der Gesamtkosten.
Futter	43,3 %	
Löhne für Stallknechte und Pferdetreiber	36,9 %	
Geschirr, Hufbeschlag, Arznei	7,1 %	

Jedoch ist dabei zu berücksichtigen, daß auf denjenigen Gruben, auf denen gleichzeitig Pferde- und maschinelle Förderung umgeht, die erstere wesentlich ungünstiger gestellt ist. Nicht nur werden die Pferde, da ihre Förderwege sich der mechanischen Förderung anzupassen haben, schlechter ausgenutzt, sondern auch die Strecken- und Wetterverhältnisse sind für die Pferdeförderung besonders ungünstig. Denn der mechanischen Förderung

[1]) Näheres s. in dem auf S. 363 in Anm. [1]) angeführten Aufsatz von Schulz.
[2]) Vgl. Sammelwerk Bd. V, S. 144 u. f.

bleiben naturgemäß die geraden und langen und dem einziehenden Schachte am nächsten liegenden Strecken und Querschläge vorbehalten, wogegen die Pferdeförderung in die engeren, schlechter bewetterten und beaufsichtigten Strecken weiter im Felde zurückgedrängt wird. Daher sind die oben gegebenen Zahlen, weil größtenteils schon ungünstig durch die mechanische Förderung beeinflußt, für die Pferdeförderung zu hoch. Besonders aber würde es aus diesem Grunde unrichtig sein, auf einer und derselben Grube die Kosten der Pferdeförderung mit denjenigen der auf derselben Sohle umgehenden Maschinenförderung zu vergleichen und daraus Schlüsse zu ziehen.

b) Maschinelle Streckenförderung.

56. — **Einteilung.** Für den maschinellen Betrieb der Streckenförderung kommen feststehende und bewegte Maschinen in Frage. Im ersteren Falle bewegt die Maschine die Wagen mit Hilfe eines Seiles oder einer Kette, und zwar können die Wagen entweder zuvor zu Zügen zusammengestellt und dann mit dem Zugmittel verkuppelt, oder es kann jeder Wagen einzeln angeschlagen bzw. abgehängt werden. Es ist also bei der Förderung mit feststehenden Maschinen noch diejenige mit ganzen Zügen und einzelnen Wagen zu unterscheiden. Die Förderung mit beweglichen Maschinen, d. h. die Lokomotivförderung, kann dagegen sinngemäß nur zugweise erfolgen.

1. Förderung mittels feststehender Maschinen[1]).

57. — **Vorbemerkung.** Soll eine Streckenförderung von einer feststehenden Maschine angetrieben werden, so sind wieder verschiedene Möglichkeiten gegeben. Zunächst werden je nach dem zur Verwendung kommenden Zugmittel Seil- und Kettenförderungen unterschieden. Derartige Förderungen können sowohl mit unterlaufendem als auch mit oberlaufendem (schwebendem) Zugmittel betrieben werden. Ferner gestaltet die Förderung mit Seil sich verschieden, je nachdem mit offenem oder geschlossenem Seile gearbeitet wird, d. h. je nachdem die Wagen an das freie Seilende angehängt bzw. in das zweiteilige Seil eingeschaltet oder aber mit Hilfe besonderer Kuppelungsvorrichtungen von einem geschlossenen oder endlosen Seile mitgenommen werden. Förderungen der letzteren Art werden daher auch als Förderungen mit Seil ohne Ende bezeichnet. Bei der Kettenförderung kommt nur die Förderart mit endloser Kette in Frage.

α) Förderverfahren mit offenem Seil.

58. — **Förderung mit Vorder- und Hinterseil.** Die Förderarten mit offenem Seil können hier, da sie für den deutschen Bergbau kaum noch Bedeutung haben, nur ganz kurz besprochen werden. Sie lassen sich alle

[1]) Näheres s. bei Braun: Die Seilförderung auf söhliger und geneigter Schienenbahn, (Freiberg, Craz & Gerlach), 1898, S. 9 u. f.; — Stein: Die verschiedenen Methoden der mechanischen Streckenförderungen, (Gelsenkirchen, Bertenburg), 1898, S. 127 u. f.

auf das als „Förderung mit Vorder- und Hinterseil" bezeichnete Verfahren zurückführen.

Eine Einrichtung für die Förderung mit Vorder- und Hinterseil im eigentlichen Sinne besteht nach Abb. 441 aus einer eingleisigen Förderstrecke, in der sich das Haupt- oder Vorderseil v bewegt, während seitlich das Neben- oder Hinterseil h mittels der Umkehrscheibe u zur Maschine zurückgeführt wird. Diese ist mit zwei Trommeln t_1 t_2 ausgerüstet, von denen jeweils die eine durch eine ausrückbare Kuppelung fest mit der Achse gekuppelt wird, während die zweite lose läuft. Der volle Zug wird durch Aufwicklung des Vorderseiles herangeholt, wobei das Hinterseil sich selbsttätig von der lose mitlaufenden zweiten Trommel abwickelt. Die Bewegung dieser letzteren Trommel wird durch eine Bremse nach Bedarf geregelt, was namentlich für wechselndes Gefälle wichtig ist. Nach Ankunft der vollen Wagen am Schachte wird die Bewegungsrichtung der Maschine umgekehrt und mit Hilfe der jetzt mit der Welle gekuppelten zweiten Trommel der leere Zug durch das Hinterseil ins Feld gezogen. Erforderlich ist hiernach eine Gesamt-Seillänge gleich der dreifachen Streckenlänge, jedoch kann das Hinterseil,

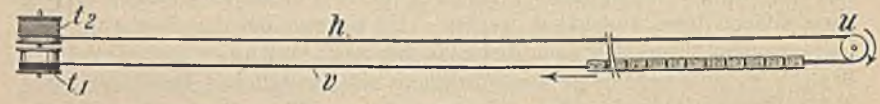


Abb. 441. Förderung mit Vorder- und Hinterseil.

da es nur leere Wagen zu ziehen hat, schwächer sein. Die Wagenzahl der Züge schwankt etwa zwischen 50 und 150.

Solche Förderungen sind neuerdings verschiedentlich für die Förderung auf Teilsohlen und ähnliche kleine Förderanlagen wieder eingebaut worden. Sie können dann durch „Zwerghaspel" (vgl. Ziff. 120) angetrieben werden.

59. — **Andere Förderverfahren.** Wird die vorstehend beschriebene Einrichtung dahin abgeändert, daß auf zwei Gleisen gleichzeitig gefördert wird, indem auf dem einen ein voller Zug zum Schachte, auf dem anderen ein leerer Zug ins Feld läuft, so sind zwei stärkere Förderseile nötig, während die beiden Züge hinten durch ein schwächeres Hinterseil verbunden sind. Diese Förderart wird als „Förderung mit zwei Vorderseilen und einem Hinterseil" bezeichnet. Sie kann auch mit langen Gestellen durchgeführt werden, auf welche die Wagen von der Seite her aufgeschoben werden, und ist in dieser Form bei uns noch vereinzelt über Tage (auch als „Truckförderung" bezeichnet) in Gebrauch.

Steht von den beiden Trommeln nur die eine in der Nähe des Schachtes, die andere dagegen im Felde, so daß die Züge zwischen ihnen hin und her gehen, so spricht man von einer „Förderung mit Seil und Gegenseil".

β) Förderung mit geschlossenem Zugmittel.

(Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende.)

60. — **Wesen und Bedeutung.** Bei der Förderung mit einem in sich selbst zurücklaufenden Zugmittel bewegt dieses sich oberhalb oder unterhalb der Wagen und nimmt an den Endpunkten sowohl wie auch an Zwischen-

anschlagspunkten die mit ihm durch besondere Einrichtungen zu kuppelnden Förderwagen auf.

Die Förderverfahren mit geschlossenem Zugmittel haben für deutsche Förderverhältnisse jetzt im allgemeinen die anderen Förderarten mit feststehenden Maschinen verdrängt.

61. — **Unterarten der Förderung mit endlosem Zugmittel.** Die bei diesem Förderverfahren gemäß Ziff. 57 möglichen Unterschiede kommen in der folgenden Aufzählung zur Geltung:

1. Förderung mit schwebendem Seil oder schwebender Kette und einzelnen Wagen,
2. Förderung mit unterlaufender Kette und einzelnen Wagen,
3. Förderung mit unterlaufendem Seil und ganzen Zügen.

Hierzu ist zunächst zu bemerken, daß das unter 3. genannte Verfahren zwar verschiedentlich auch in Deutschland angewandt worden ist, daß aber seine Anwendung vereinzelt geblieben und es heute wieder fallen gelassen worden ist, da durch die Vereinigung der Wagen zu Zügen ein Teil der Vorzüge der Förderung mit endlosem Zugmittel (s. Ziff. 76) geopfert und der Seilverschleiß wesentlich gesteigert wurde. Ferner ist die Besprechung des unter 2. angeführten Förderverfahrens hier nicht am Platze, da es sich fast nur für die Förderung über Tage eingebürgert hat und unter Tage nur an Schachtfüllörtern verschiedentlich Anwendung findet. Überhaupt ist darauf aufmerksam zu machen, daß unterlaufende Zugmittel sich für die Förderung über Tage weit besser eignen, da sie dort die erforderliche freie Bewegung der Leute quer zum Gleise am wenigsten hindern. Unter Tage dagegen spielt dieser Gesichtspunkt keine Rolle, hier ist vielmehr anderseits das unterlaufende Zugmittel wegen des starken Verschleißes infolge von Verschmutzung dem schwebend geführten unterlegen.

aa) Förderung mit schwebendem Seil ohne Ende.

62. — **Antrieb.** Die Antriebsmaschine muß imstande sein, lediglich durch Reibung die ganze Bewegung auf das Seil zu übertragen. Dabei ist immer die größtmögliche Schonung des Seiles im Auge zu behalten, da der Seilverschleiß wesentlich zu den Kosten einer solchen Förderung beiträgt (vgl. die Zahlentafel auf S. 384). Zur Erzielung einer genügend rauhen Oberfläche werden die Rillen der Antriebscheiben mit Holz oder Leder ausgefüttert, wodurch gleichzeitig Seile und Scheiben erheblich geschont werden. Holzfutter wird durch eine Anzahl von Klötzen aus hartem Holz gebildet, die mit der Hirnseite nach außen zu liegen kommen. Beispiele liefern die Abbildungen 442a und b[1]). Eine empfehlenswerte Lederausfütterung ist diejenige der Gesellschaft für Förderanlagen Ernst Heckel m. b. H. in Saarbrücken und Achern (Baden) nach Abb. 443. In den Lederstreifen l, der aus lauter einzelnen Querscheiben besteht, ist hier ein Draht d eingebettet, dessen Enden $d_1 d_2$ nach innen geführt und mittels der Haken $h_1 h_2$ an zwei Speichen der Treibscheibe befestigt sind.

[1]) Sammelwerk Bd. V, S. 118.

Statt einer mehrrilligen Antriebscheibe können auch mehrere einrillige Scheiben benutzt werden. Bezüglich der Zahl der Rillen bzw. Scheiben ist zu berücksichtigen, daß jede Rille infolge der in ihr herrschenden Reibung einen gewissen Unterschied in die auf das ablaufende und auf das auflaufende

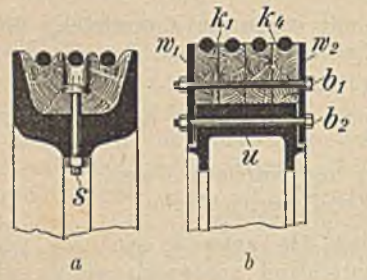


Abb. 442a u. b. Holzfutter bei Treibscheiben für endloses Seil.

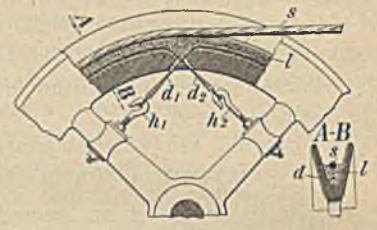
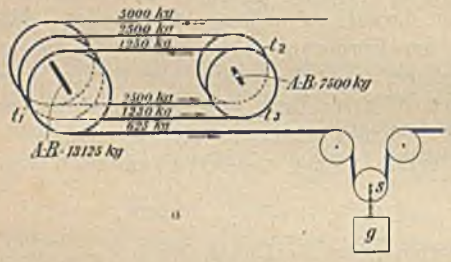


Abb. 443. Heckelsches Lederfutter für Treibscheiben.

Seilende wirkenden Zugkräfte bringt, und zwar hat man im allgemeinen bei einer halben Umschlingung (180°) die Spannung im ablaufenden Seiltrumm mit 2,2—2,6[1]), je nach den Reibungsverhältnissen, zu multiplizieren, um die Spannung im auflaufenden Trumm zu erhalten. Soll also z. B. bei einer Reibungszahl von 2,5 eine Gesamtlast von 5000 kg auf der Seite der vollen Wagen („Vollseil") herangeholt werden, so würde bei nur einer Rille im ablaufenden Trumme („Leerseil") noch eine Spannung von $\frac{5000}{2,5} = 2000$ kg herrschen müssen,



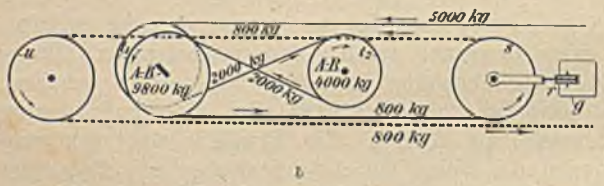


Abb. 444a u. b. Schematische Darstellung verschiedener Anordnungen von Treibscheiben nebst Gegen- und Spannscheiben.

die man als „tote Spannung" bezeichnet. Derartig große tote Spannungen müssen aber vermieden werden, da sie eine sehr hohe Beanspruchung der verschiedenen Ablenk- und Kurvenrollen und damit einen starken Verschleiß dieser Rollen und besonders des Seiles selbst im Gefolge haben würden. Man vermehrt daher die Zahl der Antriebsrillen so lange, bis man auf eine tote Spannung von einigen hundert Kilogramm, je nach der Länge der Strecke und der Zahl der Krümmungen, herunterkommt. Im vorliegenden Falle würde man z. B.

[1]) Die Ableitung dieser Zahl kann bei dem beschränkten Raum dieses Buches hier nicht gegeben werden.

diese Spannung durch eine weitere Rille auf $\frac{2000}{2{,}5} = 800$ kg, durch eine dritte auf $\frac{800}{2{,}5} = 320$ kg herabdrücken können.

Aus den schematischen Abbildungen 444a und b sind für verschiedene Anordnungen sowohl die Seilspannungen in den verschiedenen Seiltrummen wie auch die diesen Spannungen entsprechenden Belastungen der Achsen zu entnehmen. Dabei ist durch verschiedene Stärken der Linien angedeutet, daß mit der wachsenden Zugspannung eine Dehnung des Seiles und daher eine kleine Verringerung des Seildurchmessers Hand in Hand geht. Die Reibungszahl ist in Abb. 444a mit 2,0, in Abb. 444b mit 2,5 angenommen. Die Treibscheiben sind mit t_1, die Gegenscheiben mit t_2 t_3, die Spannscheiben (Ziff. 63) mit s, die Gegengewichte mit g bezeichnet. Die auf die einzelnen Achsen wirkenden Gesamtkräfte sind bei *A.-B.* angegeben.

Zwischen den einzelnen Rillen der Treibscheiben t_1 und der Gegenscheiben t_2 t_3 findet eine seitliche Ablenkung des Seiles statt. Da diese das Seil und die Rillenwangen infolge der seitlichen Reibung stark beansprucht, so legt man vielfach die Gegenscheiben-Achse etwas schräg, um so zu erreichen, daß das von der einen Scheibe ablaufende Seil ohne Ablenkung in die entsprechende Rille der anderen Scheibe einlaufen kann. Das empfiehlt sich namentlich bei geringem Scheibenabstand (vgl. Abb. 451 auf S. 374 sowie auch die Beiensche Anordnung in Abb. 530 auf S. 449).

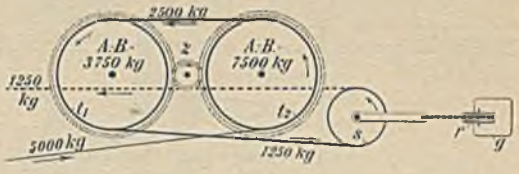


Abb. 445. Schema eines Heckelschen Antriebs für Förderung mit endlosem Seil.

Die mehrrilligen Antriebscheiben haben den Übelstand, daß auf die einzelnen Rillen und Seilstücke verschieden große Kräfte einwirken. Da nämlich die Seilspannung von der Auflaufseite her nach der Ablaufseite hin abnimmt, so unterliegt die Rille an der Auflaufseite der Treibscheibe einem bedeutend stärkeren Drucke und damit auch einer stärkeren Abnutzung als die Rille am Ablaufende. Infolgedessen wird der Umfang der ersten Rille allmählich kleiner als derjenige der letzten, d. h. die erste Rille wickelt in der Zeiteinheit weniger Seil auf, als die letzte aufnehmen will. In demselben Sinne wirkt das Verhalten des elastischen Seiles selbst. Der ersten Rille wird nämlich in der Zeiteinheit das längste, weil am stärksten ausgereckte, der letzten Rille das kürzeste Seilstück zugeführt; also gerade die letzte Rille, die ihrem Umfange nach das längste Stück in der gleichen Zeit durchziehen müßte, erhält das kürzeste. Dadurch entstehen immer stärkere Spannungen, die sich schließlich in einem Rutschen des Seiles, wodurch dieses stark leidet, oder noch ungünstiger in dem Bruch einer Scheibe äußern.

Dieser Nachteil der mehrrilligen Antriebscheiben mit Gegenscheiben hat die Gesellschaft für Förderanlagen Ernst Heckel m. b. H. zu der in Abb. 445 dargestellten Anordnung geführt. Hier sind Gegenscheiben

gänzlich vermieden; es kommen also nur Treibscheiben $t_1 t_2$ zur Verwendung, die durch ein Stirnradgetriebe mit Hilfe des Ritzels z gedreht werden. Dadurch wird die insgesamt vom Seile umschlungene Fläche wesentlich verringert und infolgedessen ein gewisses Gleiten des Seiles zur Ausgleichung der erwähnten Spannungsunterschiede ohne größeren Schaden für Seil und Scheiben ermöglicht. Auch ist der Durchmesser der Scheiben so groß (3—7 m) gewählt, daß die Seildrücke auf die Flächeneinheit in mäßigen Grenzen bleiben und infolgedessen auch die Unterschiede im Verschleiß beider Rillen verhältnismäßig gering sind. Infolge der Verringerung der Zahl der Scheiben fallen die Achsdrücke, wie auch die Abbildungen erkennen lassen, bedeutend geringer als bei den anderen Anordnungen aus. Durch die großen Scheibendurchmesser und die dadurch bedingten sanften Biegungen und geringen Auflagedrücke wird das Seil geschont.

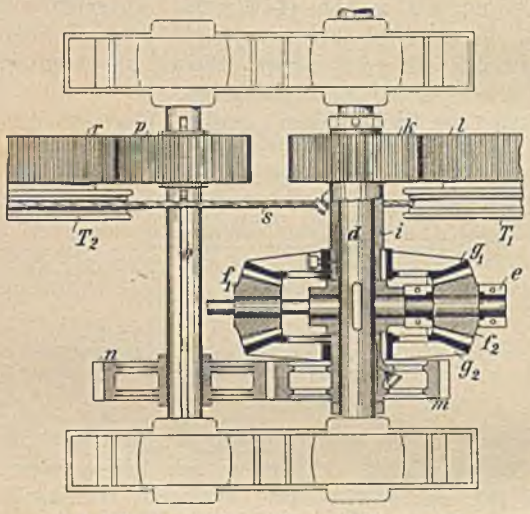


Abb. 446. Ausgleichgetriebe nach Ohnesorge.

Neuerdings hat dann Dipl.-Ing. Ohnesorge in Bochum ein besonderes Ausgleichgetriebe (D. R. P. 263391 und 292500) eingeschaltet, das den Treibscheiben eine selbständige Bewegung gestattet, ohne die Verbindung mit dem Antriebe aufzuheben. Das geschieht gemäß Abb. 446 dadurch, daß die vom Motor angetriebene Welle d den auf ihr festgekeilten Doppelarm e mitnimmt, auf dessen Enden zwei Kegelräder („Planetenräder") f_1 und f_2 drehbar befestigt sind, die in die großen Kegelräder („Sonnenräder") g_1 und g_2 eingreifen. Das Sonnenrad g_1 nimmt durch Vermittlung der Hülse i das Ritzel k, damit das Zahnrad l und die Treibscheibe T_1 mit, während die Bewegung des Rades g_2 durch das Stirnradgetriebe $m\,n$, die Welle o und das Stirnradgetriebe $p\,r$ auf die Treibscheibe T_2 übertragen wird. Die beiden Sonnenräder werden durch die Planetenräder gleichmäßig mitgenommen, solange die Spannung im Seil sich in den gewöhnlichen Grenzen hält, können sich aber, da ja die Planetenräder um ihre Achse drehbar sind, unabhängig voneinander bewegen, sobald die Seilspannung zu groß wird; es eilt also nach und nach das eine Rad dem anderen und damit auch die eine Treibscheibe der anderen etwas voraus und gleicht dadurch den verschiedenartigen Verschleiß wieder aus.

Die Vorrichtung läßt sich ohne große Schwierigkeiten in vorhandene Anlagen einbauen[1]).

[1]) Näheres s. Glückauf 1921, Nr. 17, S. 385 u. f.; Goetze: Die Zusammenkuppelung in Seil- und Kettenbahnen mit mehreren Treibrillen und ihre Reglung durch den Ausgleichregler von Ohnesorge.

Bei allen Antrieben ist eine starke Übersetzung notwendig, da bei den in Betracht kommenden geringen Seilgeschwindigkeiten von 0,5—1,2 m die Antriebscheiben nur wenig Umdrehungen machen dürfen.

Zu berücksichtigen ist noch, daß die Seilspannung an allen Stellen des Seiles verschieden ist; sie nimmt von der Ablaufstelle des Leerseils an fortgesetzt zu, und zwar hinter jedem Wagen und hinter jeder Kurvenrolle um das Maß des von diesen ausgeübten Widerstandes.

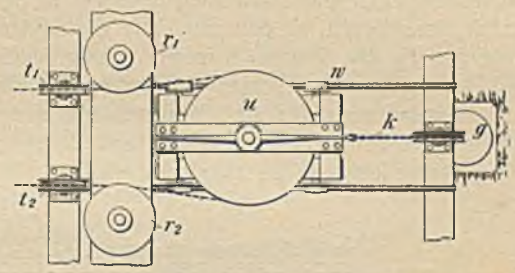


Abb. 447. Spannwagen mit Gegengewicht.

63. — Spannscheibe. Das aus der Maschinenkammer tretende Seil durchläuft die Strecke mit ihren verschiedenen Krümmungen und kehrt über eine Umkehr- oder Endscheibe am Ende der Strecke zurück. Es bedarf nun noch einer Spannscheibe (*s* in den Abbildungen 444 und 445) mit Belastungsvorrichtung, die dem Seile die nötige „tote" Spannung gibt, damit es nicht zu sehr durchhängt oder von den Kurvenrollen abfällt. Diese Scheibe muß verschiebbar sein, um die unvermeidlichen Längungen

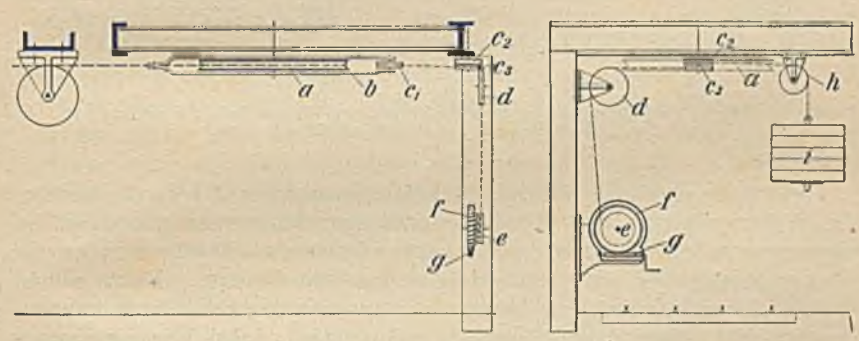


Abb. 448.[1]) Spannschlitten mit Gegengewicht und Seilwinde.

des Seiles auszugleichen. Um die Achsbelastung der Spannscheibe und den Druck des Seiles gegen sie (also auch den Seilverschleiß) möglichst zu verringern, legt man diese Scheibe am besten in das von der Maschine kommende Leerseil, da an dieser Stelle die geringste Spannung im ganzen Seile herrscht. Jedoch richtet man bei längeren Seilförderungen zweckmäßig außerdem auch noch die Endscheibe als Spannvorrichtung ein, um mit ihr Längungen noch besonders ausgleichen zu können.

Die Verlagerung der Spannscheibe und die dementsprechende Seilführung ist aus den verschiedenen Abbildungen zu entnehmen. Abb. 447

[1]) Nach dem Sammelwerk, Bd. V, S. 123.

zeigt die Spannscheibe u auf einem kleinen Wagen w verlagert, der durch ein Gewicht g mit Hilfe der Kette k angezogen wird. Das Gewicht bewegt sich in einem kleinen Gesenk und muß, wenn es infolge der Längung des Seiles den Boden des Gesenkes erreicht hat, wieder hochgewunden und mit kurzer Kette wieder befestigt werden. Um das Gesenk zu sparen, kann man auch nach Abb. 448 an den Spannschlitten b eine Seilwinde anschließen, so daß mit Hilfe der Seiltrommel e und des Schneckengetriebes fg das Gewicht i immer wieder hochgewunden werden kann, sobald es infolge des Zurückweichens der Scheibe a die Sohle erreicht hat. Die Zugvorrichtung erhält ein besonderes Seil, das mit Hilfe der Rolle c_1 an dem Spannschlitten b angreift und durch die Rollen c_2, c_3, d und h in der erforderlichen Weise abgelenkt wird.

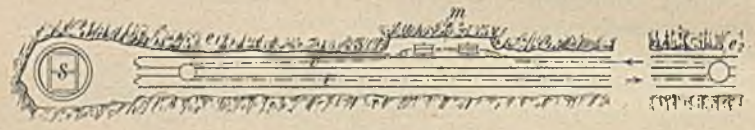


Abb. 449.

Abb. 450.

Abb. 449 und 450. Beispiele von Streckenförderungen für den Fall, daß der Schacht in der Verlängerung der Hauptförderstrecke liegt.

Andere Spannwerke arbeiten mit Schraubenspindeln, die durch Drehung einer Mutter mittels eines Handrades zurückgezogen werden und dabei die Spannscheibe mittels einer Laschenkette mitnehmen. Doch verdienen die Spannvorrichtungen mit Gewichtsbelastung den Vorzug. Denn einmal wirken sie mit gleichmäßiger Belastung und werden nicht wie die Schraubenspannvorrichtungen durch Menschenhand betätigt, wobei Überspannungen leicht möglich sind. Außerdem aber stellt das Gewicht eine Art Puffer dar, indem es bei ausnahmsweise starken Belastungen des Seiles in der Strecke durch Zusammenstöße u. dgl. hochgehen kann und so Seilbrüche verhütet.

64. — **Lage der Antriebsmaschine.** Für die Lage der Antriebsmaschine und die Seilführung zu und von ihr sind hauptsächlich folgende Erwägungen maßgebend:

1. möglichste Schonung des Seiles, daher möglichste Vermeidung von Seilablenkungsrollen oder doch deren Verlegung in das Leerseil statt in das Vollseil;
2. nach Möglichkeit Heranziehung der Seilförderung zur Bedienung am Füllort.

Der zweiten Forderung trägt man jedoch in vielen Fällen schon dadurch Rechnung, daß man vom Seil die vollen Wagen in einer ausreichenden

Entfernung vor dem Füllort eine schiefe Ebene heraufziehen läßt, damit sie mit Gefälle dem Schachte zulaufen können (vgl. Abb. 592 auf S. 510). Für den Ablauf der leeren Wagen läßt dieses Gefälle sich auch noch ausnutzen, doch kann man deren Abholung auch durch zweckmäßige Seilführung wesentlich erleichtern, was besonders wichtig ist, wenn außer den leeren Wagen auch Bergewagen eingefördert werden.

Zwei Beispiele für die Lage des Antriebes geben die Abbildungen 449 und 450[1]). In Abb. 449 befindet sich der Schacht *S* am Ende der Hauptförderstrecke und ist nicht zum Durchschieben eingerichtet. Der Maschinenraum ist seitlich angeordnet; die im Gleis *v* ankommenden vollen Wagen werden durch das Seil bis zur Maschine gezogen, um dann mit Gefälle dem Schachte zuzulaufen. Die leeren Wagen (im Gleis *l*) werden unmittelbar am Schachte durch das Seil abgeholt. Voll- und Leerseil werden in gleichem Maße (schwach) abgelenkt. In Abb. 450 ist der Antrieb in die Verlängerung der Hauptförderstrecke hinter den Schacht verlegt; die vollen Wagen werden unmittelbar zum Schachte gezogen, die leeren Wagen gleich hinter dem Schachte abgeholt. Das Vollseil braucht nur mäßig abgelenkt zu werden, während das Leerseil eine starke Biegung (bei *e*) und eine schwache Ablenkung (im Umbruch) erleidet.

65. — Kraftbedarf. Über die zur Bewegung der Wagen mit einer gewissen Geschwindigkeit notwendige Zugkraft unter Berücksichtigung des Reibungswiderstandes und der Gefälleverhältnisse ist bereits unter Ziff. 45 das Erforderliche gesagt worden. Diese für die Wagenbewegung zu leistende reine Nutzarbeit ist aber nur ein Teil der insgesamt aufzuwendenden Arbeit. Es kommt nämlich noch hinzu die Bewegung des Seilgewichts, die Achsenreibung (Zapfenreibung) der Treib-, Gegen-, Umkehr- und Spannscheiben, Ablenk-, Trag- und Kurvenrollen, der Widerstand des Seiles gegen Verbiegung beim Übergange über diese verschiedenen Scheiben und Rollen (Seilsteifigkeit) und die vermehrte Reibung der Wagen in Kurven.

Man trägt diesen Widerständen, deren genauere Berechnung sehr unsicher und umständlich und wegen der ständig wechselnden Verhältnisse auch zwecklos sein würde, durch einen entsprechend bemessenen Zuschlag zu dem Kraftbedarf für die Wagenbewegung Rechnung. Berechnet sich z. B. die reine Zugkraft Z zu 960 kg, so kann man, wenn das Gebirge gutartig und die Krümmungen wenig zahlreich oder wenig scharf sind, mit einem Zuschlag von etwa 15 % für die sonstigen Widerstände in der Strecke auskommen. Man erhält dann eine Gesamtkraft $Z_1 = 1{,}15\,Z \sim 1100$ kg, woraus sich bei einer Fördergeschwindigkeit von 0,7 m eine tatsächliche Leistung der Antriebsmaschine von $N = \frac{1100 \cdot 0{,}7}{75} \sim 10{,}3$ PS ergibt. Für Anlagen mit einer größeren Zahl von Krümmungen oder schärferer Ablenkung in diesen und bei quellendem Liegenden würde ein Zuschlag von 25—30 % angemessen sein.

66. — Triebmittel. Als Triebkraft kommen Druckluft, Druckwasser und der elektrische Strom in Frage. Letzterer bildet jetzt die Regel, da der Antrieb einer Streckenförderung durch Elektromotoren keine Schwierigkeiten bietet und der erforderliche Strom jetzt auf fast jeder neueren Anlage

[1]) Nach dem Sammelwerk, Bd. V, S. 112 und 113.

vorhanden ist. Die sehr unwirtschaftlich arbeitende Preßluft ist dadurch mehr und mehr zurückgedrängt worden. Druckwasser läßt sich hin und wieder vorteilhaft ausnutzen, wenn es nicht auf einer höheren Sohle abgefangen und von dort unmittelbar zutage gehoben werden kann, sondern der Fördersohle zufallen muß; es findet dann am einfachsten in der Form von Peltonrädern Verwendung. Einen Antrieb mittels Elektromotors (m) zeigt Abb. 451. Hier ist Riemenantrieb (l) gewählt, da der Riemen bei gefährlichen Klemmungen rutschen kann; außerdem ist noch ein doppeltes Zahnradvorgelege $z_1 - z_4$ zwischengeschaltet. Die Abbildung läßt die gedrängte Bauart solcher Maschinen erkennen, vermöge deren sie an die Festigkeit des Gebirges für die Maschinenräume nur geringe Anforderungen stellen.

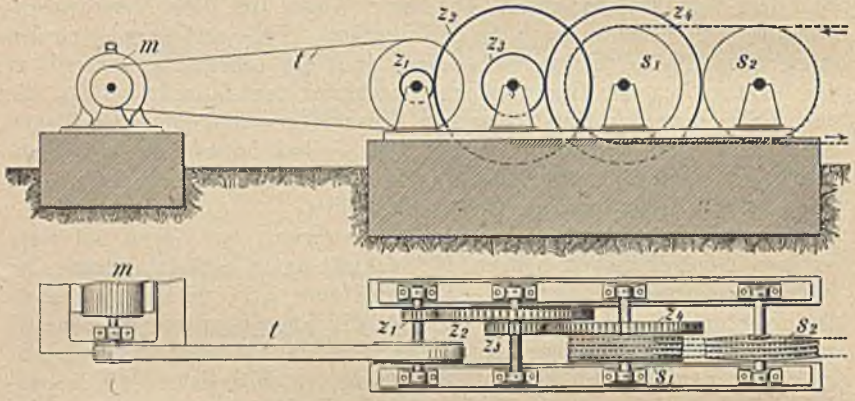


Abb. 451. Antrieb einer Streckenförderung durch Elektromotor und Treibriemen.

67. — Größere Streckenförderanlagen. Für größere Grubengebäude kommt man mit einer einfachen Förderanlage nicht aus. Es müssen für solche mehrere besondere Antriebe geschaffen werden, sei es nun, daß mehrere ganz selbständige Hauptförderungen einzurichten sind, die alle bis zum Schachte fördern, oder daß einer solchen Hauptförderung mehrere Neben- oder Zubringeförderungen angegliedert werden müssen. In derartigen Fällen kann man trotzdem mit einer einzigen Antriebsmaschine auskommen, wie Abb. 452a zeigt. Die Antriebsmaschine ist mit zwei stehenden Königswellen k_1 k_2 ausgerüstet, von denen je zwei Antriebscheiben — die zweite durch Vermittlung einer Reibungskuppelung — mitgenommen werden und die jede für sich angetrieben werden können. Es können also mit der einen Maschine je nach Bedarf 1—4 Förderungen (in den Querschlägen $q_1 - q_3$ und zwischen Maschinenraum und Schacht), entsprechend den Gegenscheiben $g_1 - g_4$, angetrieben werden. Jedoch sind solche Reibungskuppelungen nicht dauernd zuverlässig und dem Verschleiß stark ausgesetzt. Auch wird durch eine Betriebstörung an der Maschine der gesamte Förderbetrieb lahmgelegt. Zudem wird die Maschine, da die Förderung im Gebiete der verschiedenen Zweigförderungen doch erst nach und nach auf ihre volle Höhe gebracht werden kann, längere Zeit nicht richtig ausgenutzt. Daher bevorzugt man jetzt nach Abb. 452b die Aufstellung selbständiger Antriebe ($m_1 - m_3$) für

die einzelnen Förderungen. Man braucht dann die Einzelmotoren erst aufzustellen, wenn der Abbau genügend weit vorgeschritten ist, und der Betrieb der Hauptförderung wird durch Versagen eines Nebenantriebes nicht sofort in Mitleidenschaft gezogen.

68. — **Trag- und Kurvenrollen.** Die Erhaltung und Führung des Seiles in der richtigen Lage geschieht durch Rollen. Die Kurvenrollen

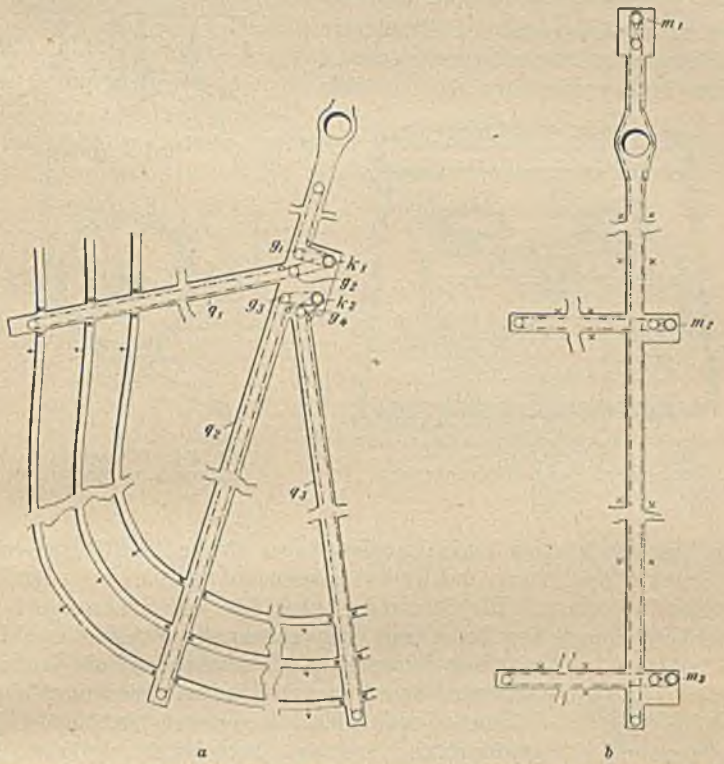
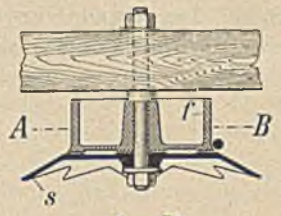


Abb. 452 *a* und *b*. Antrieb von Zweigförderungen bei Förderung mit endlosem Seil. (Die Kreuzchen bezeichnen die Anschläge.)

sollen das Seil durch Krümmungen führen. Die Tragrollen sind zunächst dazu bestimmt, das zwischen je zwei Wagen frei durchhängende Seil vor dem Schleifen auf der Sohle zu bewahren, und sollen weiterhin dem Seil an den Zwischenanschlägen und vor allen söhlig liegenden Rollen und Scheiben die richtige Höhenlage geben, auch es vor dem Maschinenraum hochführen. Bei der Bauart und Anbringung dieser Rollen ist auf die Kuppelvorrichtungen zwischen Seil und Wagen (Ziff. 69) Rücksicht zu nehmen.

Kurvenrollen sollen ihren Zweck mit möglichster Schonung des Seiles erreichen; scharfe Ablenkungen müssen daher vermieden werden. Das geschieht durch Anlage der Krümmung nach einem möglichst großen Halbmesser (6—10 m), ferner durch Einbau einer größeren Anzahl von Rollen, damit die durch jede Rolle bewirkte Ablenkung möglichst gering wird, beispiels-

weise den Ablenkungswinkel von 10° (entsprechend 9 Rollen bei einer rechtwinkligen Krümmung) nicht übersteigt. Außerdem empfiehlt sich die Verwendung von möglichst großen Rollen, an die sich das Seil in einem längeren und sanfteren Bogen anlegt. Beispiele von Kurvenrollen geben die Abbildungen 453—455. Um dem Seile einen gewissen Spielraum für die Auf- und Abbewegung zu lassen und den Mitnehmern einen bequemen Durchgang zu gestatten, werden die Kurvenrollen nicht mit einer



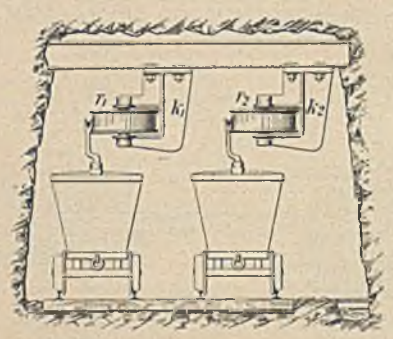


Abb. 453.
Kurvenrollen nach Hasenclever.

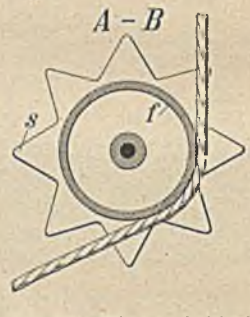


Abb. 454. Dinnendahlsche Sternrolle als Kurvenrolle.

engen Nut, sondern mit einer ziemlich hohen freien Lauffläche versehen. Für Strecken mit stark quellendem Liegenden ist ein besonders hoher Spielraum erwünscht. Die Sternrollen nach Abb. 454 zeichnen sich durch das sichere Tragen des Seiles aus. Sie können nach Abb. 455 auf einer mit dem Schwenkarm *b* versehenen Welle laufen; der Arm wird dann durch den Bolzen *c*, der durch eines der Löcher *d* im Tragblech *a* gesteckt wird, in der jeweils gewünschten Stellung festgehalten. Diese Rollen können also als „Einheitsrollen" den örtlichen Verhältnissen angepaßt und nach Bedarf auch als Tragrollen verwendet werden. Wird mit glattem Seil und exzentrisch angreifenden, klemmenden Mitnehmergabeln (Ziff. 69) gefördert, so müssen die Rollen nach Abb. 453 um das Maß dieser Exzentrizität gegen die Gleismitte versetzt sein.

Abb. 455.
Verstellbare Sternrolle von Gebr. Eickhoff.

Bei allen Kurvenrollen ist mit besonderer Sorgfalt auf richtige gegenseitige Höhenlage zu achten, da davon der ungestörte Betrieb der Förderung wesentlich abhängt.

Während Kurvenrollen das Seil nur von der Seite stützen, so daß die „Mitnehmer" verschiedener Bauart bequem an ihnen vorüber können, müssen Tragrollen mit einer breiten Auflagefläche unter das Seil greifen und daher, um die Mitnehmer glatt durchgehen zu lassen, beweglich angeordnet werden. Bei den stark konisch gebauten Rollen r_1 r_2 der Firma Hasen-

clever in Düsseldorf (Abb. 456), die paarweise mittels eines Blechkastens k und der Bügel h_1 h_2 an der Zimmerung oder Mauerung aufgehängt sind und zusammen eine Rinne für das Seil s bilden, ist der eine Bügel (h_2) um seinen Aufhängebolzen drehbar, kann also mit der Rolle r_2 zur Seite ausweichen. Die Dinnendahlsche Sternrolle (c_1 c_2 in Abb. 457; s. auch Abb. 454) ist wagerecht drehbar; sie trägt unten einen Sternkranz, in dessen Einschnitte die Mitnehmer sich hineinlegen können. Solche Rollen müssen paarweise angeordnet sein, damit das Seil nicht abfällt; am einfachsten geschieht das nach Abb. 457 durch Anbringung beider Rollen an den Armen eines schräg in dem Lager b verlagerten drehbaren Bügels a, wodurch gleichzeitig eine nachgiebige Lagerung geschaffen ist.

Die Tragrollen müssen in größerer Anzahl vorhanden sein, wenn die Wagen durch Seilschlösser (s. Ziff. 69) mitgenommen werden. Dagegen kommt man

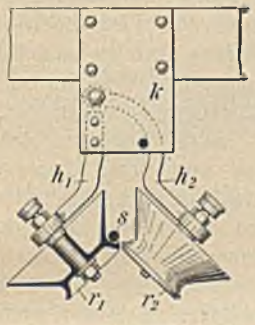


Abb. 456. Doppel-Tragrolle nach Hasenclever.

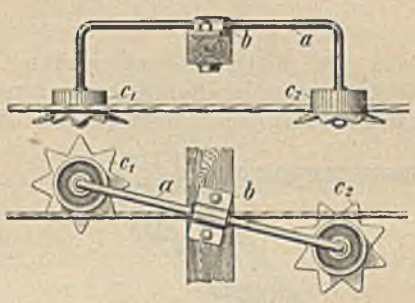


Abb. 457. Sternrollenpaar an drehbarem Bügel.

bei Anwendung von Mitnehmergabeln, die auf die Wagen gesteckt werden, mit weniger Rollen aus, da hier die Mitnehmer selbst das Seil hochhalten helfen.

69. — **Mitnehmer.** Als Kuppelvorrichtungen oder Mitnehmer können Zugketten mit Seilschlössern u. dgl. oder Gabelmitnehmer dienen. Die ersteren werden in den Bodenring des Wagens eingehängt und bieten daher den Vorteil, daß sie keine besonders gebauten und dadurch schwereren Wagen erfordern. Außerdem gestatten sie eine größere Schonung des Seiles auch bei stärkerer Belastung, da dieses glatt bleibt und der Angriff mit größerer Fläche erfolgt. Ferner gehen sie viel weniger leicht verloren als Gabelmitnehmer. Auch verhüten sie eine zu starke Seilbelastung durch das regelwidrige Anschlagen einer zu großen Wagenzahl an einen Mitnehmer, da mehrere Wagen ohne besondere Kuppelungen nicht von einem Seilschloß mitgenommen werden können. Seilschlösser sind besonders für Strecken mit stärkerer Neigung, insbesondere für Bremsberge mit endlosem Seil geeignet, in denen Gabelmitnehmer zu stark beansprucht werden und auch die Seile durch sie sehr leiden würden. Nachteilig ist bei den Zugketten, daß sie das Seil nicht tragen helfen. Auch wirkt ein im Seil zurückgebliebener Drall ungünstig, indem dann an Stellen, wo infolge entgegengesetzten Gefälles die Zugkette schlaff wird, der Drall diese um das Seil wickeln und Knotenbildung veranlassen kann.

Die Seilschlösser mit Ketten werden besonders von der Firma E. Heckel in Saarbrücken bevorzugt, deren Ausführungen in der Regel der Gedanke des Festziehens des Schlosses durch die Last selbst infolge einer Keil-, Hebel- oder Exzenterwirkung zugrunde liegt. In Abb. 458 wird durch den Zug an der Kette k_1 der Hebel c mit dem Drehpunkt bei d gedreht und dadurch eine an seinem Kopfe sitzende exzentrische Scheibe gegen den Keil b in der Muffe a gepreßt. Das Hilfskettchen k_2 soll das Verlorengehen des Keiles und außerdem in Strecken mit wechselndem Gefälle das Durchgehen des Wagens infolge selbsttätiger Lösung des Keiles dadurch verhüten, daß dann die Zugwirkung vom Keil statt von der Muffe aufgenommen wird. Hierhin gehört auch die einfache Kette nach Abb. 459, die lediglich einige Male um das Seil geschlungen und deren freies Ende dann mittels eines Knebels mit einem Kettenglied verkuppelt oder mittels eines Hakens eingehängt wird; sie hat sich gut bewährt.

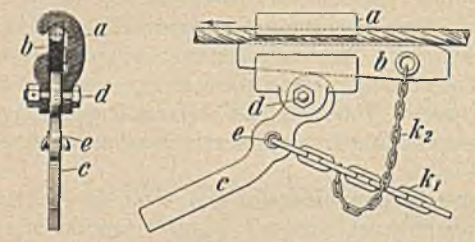


Abb. 458. Seilschloß mit Keil und Exzenterhebel nach Heckel.

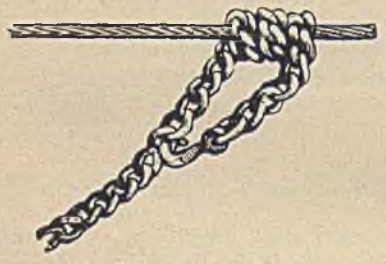


Abb. 459. Mitnehmerkette.

Die Gabelmitnehmer werden in besondere Bügel gesteckt, die an den Wagen, in der Regel in dessen Mitte, angenietet werden und wegen der starken Beanspruchung auf Verdrehung besonders steif hergestellt werden müssen (s. Abb. 460). Es muß eben immer mit einer ungebührlich starken Belastung durch Anhängen einer ganzen Wagenreihe an einen einzigen Mitnehmer gerechnet werden, die sich trotz sorgfältiger Aufsicht nicht vermeiden läßt, da leicht Mitnehmer, namentlich durch Hineinwerfen in leere Wagen, verlorengehen. Die ältesten Mitnehmer dieser Art sind die einfachen geraden Gabeln (s. Abb. 465), die hinter Knoten fassen, die auf dem Seile befestigt sind. Man hat hierbei geringe Anschaffungs- und Verschleißkosten für die Mitnehmer selbst. Hingegen ergeben sich erhebliche Schwierigkeiten durch die Anbringung und Unterhaltung der Seilknoten. Läßt man diese durch das Seil hindurchgreifen, wie z. B. bei der in Abb. 461 dargestellten Muffe m mit Zinkausguß b und Nietbefestigung n, so werden die Seildrähte durch die Zugkräfte schnell zerstört. Stellt man dagegen die Knoten durch Umwickelung des Seiles mit Werg u. dgl. her, das mit flüssig

Abb. 460. Beispiele für Mitnehmerbügel.

gemachtem Kolophonium getränkt wird, so halten sie nicht lange stand, müssen daher häufig erneuert werden, auch bleiben die Mitnehmer beim Hochführen des Seiles vor der Maschinenkammer leicht in den Knoten hängen. Besser sind die Jorissenschen Hanf-Metallknoten nach Abb. 462, bestehend aus einer Wergwickelung, auf die mit grobem Gewinde eine eiserne Hülse aufgeschraubt ist, gegen die der Mitnehmer faßt. Auch die Boeckerschen Knoten nach Abb. 463 haben sich bewährt. Hier wird zur Schonung des Seiles und Erzielung eines dichten Anschlusses zunächst eine Hülse *h* aus weichem Holz vor dem Zusammenspleißen der beiden Seilenden aufgeschoben und auf dieser eine geteilte, schmiedeeiserne Muffe m festgekniffen und durch Einlegung des Schwalbenschwanzstückes s gesichert.

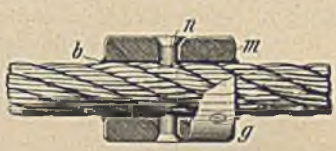


Abb. 461. Seilmuffe mit Niet und Zinkausguß.

Abb. 462. Wergknoten mit Eisenhülse nach Jorissen.

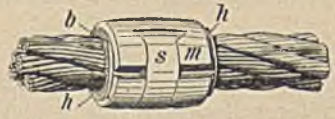


Abb. 463. Boeckersche Seilmuffe mit Schwalbenschwanz-Einlage.

Ein großer Nachteil aller Knoten ist der durch sie veranlaßte erhebliche Seilverschleiß, da das Seil beim Übergang über die Kurvenrollen, Antriebscheiben usw. an beiden Seiten jedes Knotens geknickt wird. Dazu kommt noch die Notwendigkeit, bei wechselndem Gefälle ein Durchgehen des Wagens durch Anbringung eines zweiten Knotens hinter dem Mitnehmer verhüten zu müssen. Mit solchem Wechsel des Gefälles muß aber in druckhaften Strecken stets gerechnet werden, da die ursprünglichen Gefälleverhältnisse durch Quellen der Sohle mannigfach geändert werden können.

Die andere Gruppe der Gabelmitnehmer wird durch die exzentrisch angreifenden, drehbaren, gekröpften Gabeln dargestellt, die das Seil lediglich durch Klemmung festhalten, so daß hier wie bei den Seilschlössern ein glattes Seil genügt. Die einfachste Gabel dieser Art ist diejenige von Hohendahl (Abb. 464), mit der sowohl Rechts- als Linkskrümmungen mittels der Kurvenrollen anstandslos durchfahren werden können. Die Abbildung läßt erkennen, daß zur Verstärkung der klemmenden Wirkung das Gabelmaul etwas schräg zu der durch die Kröpfung gelegten Seigerebene gestellt ist.

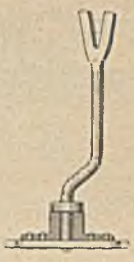


Abb. 464. Hohendahlsche Gabel.

Da ein Hauptnachteil dieser Mitnehmer ihr starker Verschleiß ist, der sowohl im Gabelmaul als auch in dem im Bügel sich drehenden Fußende der Gabel stattfindet, so sind verschiedentlich andere Ausbildungen der Hohendahlschen Gabel verwendet worden. So z. B. hat man das Maul mittels eines in einem Kugellager spielenden, exzentrischen Zapfens für sich auf der Gabel drehbar angebracht oder den Fuß der Gabel vierkantig aus-

geschmiedet, so daß er starr im Bügel sitzt, während das Schwingen der Gabel in einer besonderen Büchse weiter oben stattfindet. Doch haben diese Ausführungen sich wegen ihrer größeren Empfindlichkeit und ihres höheren Preises nicht behaupten können.

Die klemmenden Gabeln haben den großen Vorteil, daß die Knoten mit ihren verschiedenen Übelständen wegfallen. Sie werden daher im allgemeinen vor den geraden Gabeln bevorzugt. Immerhin sind ihre Anschaffungs- und Unterhaltungskosten wegen des höheren Preises und größeren Verschleißes ziemlich beträchtlich. Der Seilverschleiß ist bei richtigem Anschlagen der Wagen geringer als derjenige der Knotenseile, da die beanspruchten Stellen fortgesetzt wechseln. Wird aber eine größere Anzahl von Wagen durch einen Mitnehmer bewegt, so kann das Seil stark leiden, da der Mitnehmer festhält, wogegen die Knoten bei übermäßiger Beanspruchung rutschen.

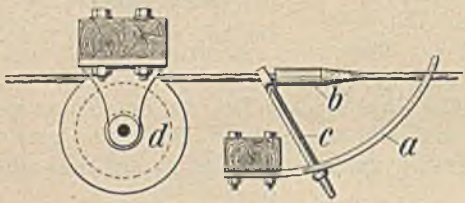


Abb. 465. Abstreichvorrichtung für Mitnehmer.

70. — Besonderheiten bei Mitnehmern. Um vor der Maschinenkammer das Hängenbleiben der Mitnehmer am Seil, wie es namentlich bei Hanfknoten vorkommt, zu verhüten, sind verschiedentlich besondere Vorrichtungen im Gebrauch, von denen Abb. 465 ein Beispiel gibt. Der Mitnehmer *c* wird vor der Tragrolle *d*, die das Seil hochführt, in das Gabelmaul *a* hineingezogen und bleibt in dessen innerem Einschnitt mit seinem unteren Bunde hängen.

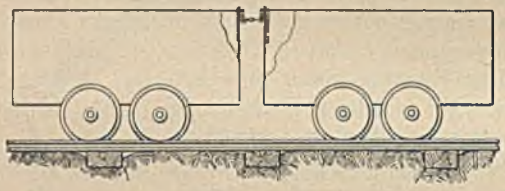


Abb. 466. Stechkuppelung zum Mitnehmen mehrerer Wagen.

Da die Mitnehmer leicht verlorengehen, so werden häufig mehrere Wagen durch einen einzigen Mitnehmer fortbewegt. Hat die Förderstrecke gleichbleibende Neigung, so kann das einfach in der Weise geschehen, daß die mitzunehmenden Wagen lose vor den mit Gabel versehenen Wagen geschoben werden, wie das ohnehin infolge regelwidrigen Anschlagens häufig vorkommt. Bei wechselndem Gefälle dagegen oder bei Verwendung von Zugketten nach den Abbildungen 458 und 459 können die Wagen durch „Stechkuppelungen“ gemäß Abb. 466 verbunden werden. Auf Zeche Prosper werden bis zu 6—8 Wagen durch eine um sie herumgeschlungene Kette verbunden.

Knotenseile eignen sich für die Belastung eines Mitnehmers mit mehreren Wagen nicht, weil die Knoten dann rutschen. Aber auch im übrigen ist die Mitnahme mehrerer Wagen durch eine Kuppelvorrichtung nicht zu empfehlen, da das Seil dadurch besonders bei Gabelmitnehmern stark leidet und die Bedeutung der Förderung mit endlosem Zugmittel gerade in der Möglichkeit

liegt, durchweg mit einzelnen Wagen fördern zu können. Jedenfalls sollte man aber bei solcher Gruppenförderung für genügend widerstandsfähige, insbesondere aus nicht zu dünnen Drähten geflochtene Seile sorgen.

Strecken mit wechselndem Gefälle (wie solches bei quellendem Liegenden auch nachträglich auftreten kann) können am besten mit Seilschlössern durchfahren werden. Bei Verwendung von Klemmgabeln kommt es öfter vor, daß diese durch den voreilenden Wagen vom Seile gelöst werden. Knotenseile erfordern Doppelknoten mit den vorhin erwähnten Übelständen. Vorübergehend kann man sich auch in Gefällestrecken durch Bremsung des Wagens helfen, indem man die Räder zwischen Zwangschienen von beiden Seiten her einklemmt oder die Wagenkasten zwischen besondere, entsprechend eng gestellte, federnde Holzbretter einzwängt.

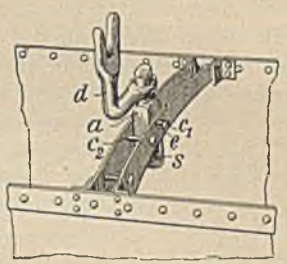


Abb. 467.
Umklappbarer Mitnehmer der Zeche Zollverein.[1])

Neuerdings werden von dem Hammerwerk Schulte & Co. m. b. H. in Plettenberg auch umklappbare Mitnehmer gemäß Abb. 467 geliefert. Die Gabel ist um den Bolzen *e* drehbar und trägt unten einen Schlitz *s*, kann also hochgezogen und dann umgeklappt und auf die Anschläge $c_1 c_2$ gelegt werden. Solche Mitnehmer bleiben dauernd am Wagen, können also nicht verlorengehen.

71. — Anschlagspunkte. An den Anschlagstellen sind besondere Tragrollen einzubauen, die das Seil so hoch halten, daß die Anschläger bequem darunter herfahren können. Außerdem muß das Aus-

a b

Abb. 468*a* und *b*. Beispiele für die Einrichtung der Anschläge bei Förderung mit endlosem Seil.

und Einwechseln der Wagen möglichst erleichtert werden, ohne den Durchlauf der bereits am Seile hängenden Wagen zu behindern. Das geschieht durch den Einbau von Wechseln oder von besonderen Bühnen. Letztere werden vielfach durch einen Bohlenbelag *b* zu beiden Seiten der Schienen (Abb. 468*a*) oder durch Nutenplatten gebildet, in deren Nuten die Spurkränze der in der Strecke laufenden Wagen sich führen. Doch bieten bei nicht zu engem Rad-

[1]) Glückauf 1922, Nr. 6, S. 171; Ortfester umlegbarer Förderwagenmitnehmer.

stand auch gewöhnliche Kranzplatten (Abb. 468 *b*) schon genügende Sicherheit gegen Entgleisen. Die Gestänge, in denen keine Wagen geschwenkt werden sollen, können durch einfache Einlegestücke in diesen Platten überfahren werden. Mit Rücksicht auf die schwerere Beweglichkeit der vollen Wagen trifft man die Anordnung so, daß bei allen Anschlägen oder, wenn diese auf verschiedenen Seiten liegen müssen, wenigstens bei ihrer Mehrzahl die Bahn für die vollen Wagen an der Seite des Anschlages liegt, das Gleis also nur mit den leeren Wagen überfahren zu werden braucht. Aus demselben Grunde ordnet man für die vollen Wagen lieber Weichen an, während man sich für die leeren Wagen mit Bühnen oder Kranzplatten begnügt. Beispiele liefern die Abbildungen 468*a* und *b*, von denen Abb. 468*a* die Einmündung von Zweigstrecken in die Hauptstrecke, Abb. 468*b* den Anschluß von seigeren Bremsschächten an diese veranschaulicht. Der Anschluß ist in Abb. 468*a* durch einen Wechsel für die Vollbahn und eine Bühne für die Leerbahn bewerkstelligt. In Abb. 468*b* ist die Vollbahn ebenfalls mit einem Wechsel angeschlossen, während die leeren Wagen mit Hilfe von einfachen Kranzplatten über die Vollbahn herübergefahren werden.

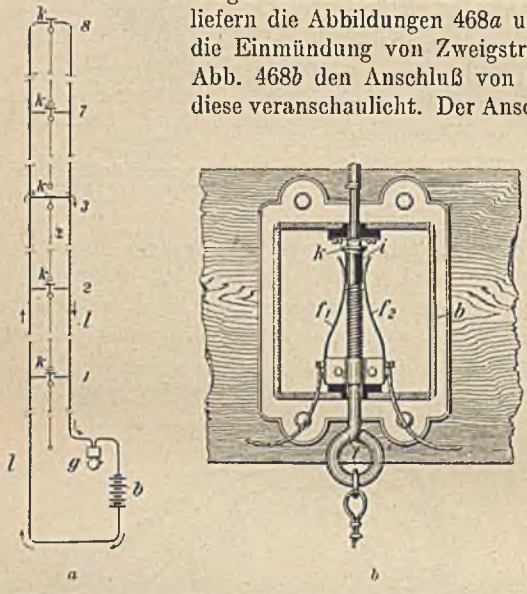


Abb. 469a und b. Signalgebung bei Streckenförderungen mittels Zugkontakts.

72. — Signalgebung. Für den Fall einer Entgleisung, eines Zusammenstoßes zweier Wagen, eines Bruches in der Strecke, eines Unfalles an einem Anschlage u. dgl. muß die Maschine sobald wie möglich stillgesetzt werden können. Außerdem muß aber auch die Lage der Unfallstelle dem Maschinenwärter und den Aufsichtsbeamten mitgeteilt werden können. Zu diesem Zwecke wird nicht nur eine Signalisierungseinrichtung eingebaut, sondern auch die Strecke in eine Anzahl von Zwischenstücken eingeteilt, deren jedes durch ein besonderes Signal gekennzeichnet wird. Heute finden durchweg elektrisch betätigte Signaleinrichtungen Verwendung. Und zwar ist jetzt allgemein eine Zug-Kontaktvorrichtung nach Abb. 469 *a* und *b* üblich, die in Abständen von 50 bis 100 m (1—8 in Abb. 469*a*) unter der Firste eingebaut wird. Durch Ziehen an dem Draht *t* (Abb. 469*b*) mittels des Zugdrahtes *z* wird an Stelle der isolierenden Hülse *i* der Metallkegel *k* zwischen die beiden Kontaktfedern $f_1 f_2$ gebracht und dadurch der Strom geschlossen (in Abb. 469*a* geht dieser von der Stromquelle *b* über k_3 zur Glocke *g*). Täuschungsversuchen von Bedienungsleuten beugt man dadurch vor, daß man jedes Signal durch Einbau einer entsprechenden Anzahl von Signalglocken in allen Streckenstücken

(„Stationen") gleichzeitig hörbar macht oder vom Maschinisten wiederholen läßt.

73. — Kosten der Förderung mit Seil ohne Ende. Die auf ein tkm Nutzleistung entfallenden Kosten hängen in hohem Maße von der Größe der Förderleistung, d. h. von der Zahl der Nutz-tkm ab. Denn wenn diese Zahl größer wird — sei es nun durch eine größere Förderlänge oder eine größere Wagenzahl in der Schicht —, so wachsen die Kosten nicht im gleichen Verhältnis, da namentlich die Ausgaben für die maschinellen Anlagen und für Löhne in wesentlich geringerem Maße ansteigen. Förderanlagen von hoher Leistung oder mit bedeutenden Förderlängen arbeiten also unter sonst gleichen Verhältnissen von vornherein günstiger als andere. Im übrigen werden die Kosten beeinflußt durch die verschieden hohen Kosten der Antriebsmaschine, durch den Verschleiß der Seile, Mitnehmer, Trag- und Kurvenrollen und durch die Ausgaben für Aufsicht und Bedienung. Der Antrieb wird teurer bei vielen Krümmungen, bei Strecken mit quellendem Liegenden und bei gesondertem Betrieb von Zubringestrecken mit verhältnismäßig geringer Leistung. Die Ausgaben für Verschleiß hängen besonders von der Zahl, dem Winkel und dem Halbmesser der Krümmungen sowie von der Art der Mitnehmer ab, werden aber auch durch druckhaftes Gebirge, namentlich bei Verwendung von Gabelmitnehmern, ungünstig beeinflußt. Die Aufsicht und Bedienung stellt sich teurer bei einer größeren Kurvenzahl, bei schlechteren Gebirgsverhältnissen, die leichter zu Betriebstörungen führen können, und bei einer größeren Anzahl von Zwischenanschlägen, falls nicht die Seilbahn-Anschläger gleichzeitig als Anschläger für Bremsberge oder -schächte tätig sein können.

Außerdem aber ist von wesentlicher Bedeutung die mittelbare Belastung der Streckenförderung durch die in den etwaigen Zubringestrecken erwachsenden Förderkosten, die vielfach nicht genügend beachtet werden. Denn je kürzer und zahlreicher solche Zubringestrecken sind, um so ungünstiger beeinflussen sie das Gesamtergebnis. Wird z. B. eine Pferdeförderung, die 2000 tkm in der Schicht zum Kostensatz von 17 ₰ je tkm leistete, in der Hauptstrecke durch eine Förderung mit Seil ohne Ende ersetzt und in die Zubringestrecken zurückgedrängt und liegt das Anteilverhältnis so, daß die Seilförderung 1200 tkm für je 7 ₰, die Pferdeförderung noch 800 tkm für je 35 ₰ liefert, so betragen die Gesamtkosten in der Schicht jetzt

$$1200 \cdot 0{,}07 + 800 \cdot 0{,}35 = 364 \text{ ℳ},$$

während sie sich früher auf nur $2000 \cdot 0{,}17 = 340$ ℳ beliefen. Trotz der wesentlich billigeren Förderung in der Hauptstrecke ist hier also, im ganzen betrachtet, sogar eine Verteuerung um 7% eingetreten.

Im Ruhr-Lippe-Kohlenbezirk liegen die Verhältnisse im allgemeinen für die Förderung mit endlosem Seil nicht sonderlich günstig, weshalb hier auch die Lokomotivförderung neuerdings schnelle Fortschritte gemacht hat. Das liegt einmal an den meist druckhaften Gebirgsverhältnissen, ferner an den in der Regel nicht zu vermeidenden Krümmungen, an der Unmöglichkeit, an wenigen Anschlagspunkten größere Fördermengen zu vereinigen, und an den hohen Löhnen. Nach dem

„Sammelwerk“[1]) beliefen sich um 1900 die Durchschnittskosten je tkm in diesem Bezirk für Leistungen in der Schicht von

	im ganzen	im Durchschnitt
über 700 tkm auf	5—13 ₰	8,3 ₰
450—700 „ „	7—15 „	10,0 „
250—450 „ „	11—17 „	14,5 „
unter 250 „ „	über17 „	20,0 „

Unter wirklich günstigen Verhältnissen dagegen darf eine solche Förderung auch bei nur mittleren tkm-Zahlen nicht über 5 ₰ für das tkm kosten.

Eine der am günstigsten arbeitenden Seilförderungen, diejenige des Carlstollens bei Diedenhofen (Minettebezirk), die sich durch sehr große Förderlängen und -mengen, durch das Fehlen von Kurven, gutes Gebirge und große Förderwagen auszeichnete, arbeitete mit nur 1,99 ₰ je tkm[2]).

Einen Überblick über die Verteilung der Kosten auf die einzelnen Posten gibt nachstehende Zahlentafel, die unter 1.—3. Förderanlagen des Ruhrbezirkes behandelt, während 4. die Zahlen für den vorhin genannten Carlstollen gibt. Die unteren Zahlenreihen bezeichnen den Anteil der Einzelbeträge in Prozenten der Gesamtkosten.

Laufende Nummer	Bahnlänge	Leistung in der Schicht	Verteilung der Gesamtkosten auf:							Gesamtkosten	Zahl und Größe der Krümmungen, Art der Kuppelung
			Antrieb (Kraft, Wartung und Unterhaltung)	Tilgung und Verzinsung	Seilverschleiß (bei Nr. 3 einschließl. Knoten)	Mitnehmer und Bügel	Unterhaltung des Antriebs und der Rollen	Löhne: Aufsicht	Löhne: Anschläger		
	m	tkm	₰ %	₰ %	₰ %	₰ %	₰ %	₰ %	₰ %	₰ %	
1.	1520	1200	**1,27**	**0,25**	0,28	0,34	**0,31**	0,73	2,32	5,5	1 schwache, 1 starke Kurve, Seilschlösser
			23,2	*4,6*	*5,1*	*6,2*	*5,6*	*13,2*	*42,1*	*100*	
2.	1250	520	**2,46**	**1,43**	0,25	0,37	**0,38**	0,58	1,88	7,35	3 schwache Kurven, Klemmgabeln
			33,5	*19,5*	*3,4*	*5,0*	*5,2*	*7,9*	*25,6*	*100*	
3.	2000	210	**4,77**	**3,51**	4,28	0,11	**0,34**	5,03	5,75	23,78	3 schwache, 4 starke Kurven, Knotenseil
			20,0	*14,7*	*18,0*	*6,5*	*1,4*	*21,2*	*24,2*	*100*	
4.	5000	10500	**0,49**	0,61	**0,10**	0,11	**0,08**	0,07	0,53	1,99	Keine Krümmungen, Seilzungen
			24,7	*30,5*	*5,0*	*5,5*	*4,1*	*3,6*	*26,6*	*100*	

Die fettgedruckten Zahlen lassen erkennen, daß die Kosten des Antriebes (1.—4.) und die Anlagekosten (Tilgung und Verzinsung, 1.—3.) im umgekehrten Verhältnisse zur Förderleistung stehen, wie erheblich der Seilverschleiß bei Knoten (3.) ist und welche Bedeutung der Verschleiß an Kurvenrollen (1.—3.) im Vergleich mit vollständig geraden Strecken (4.) hat. Die verhältnismäßig hohe Zahl für Tilgung und Verzinsung unter 4. erklärt sich

[1]) Bd. V, S. 149.

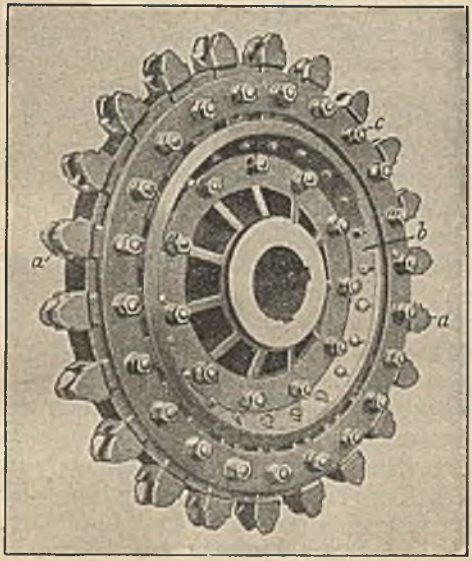
[2]) Stahl und Eisen 1908, Nr. 39, S. 1385; Schwartzkopff: Die Seilförderung im Carlstollen bei Diedenhofen.

dadurch, daß man hier größere Kosten für die Anlage nicht gescheut hat, um die laufenden Betriebskosten möglichst herabzudrücken. Ein Vergleich der Zahlen unter 3. und 4. zeigt schlagend die Bedeutung der Größe der Förderleistung.

bb) Förderung mit schwebender Kette ohne Ende.

74. — **Besonderheiten der Kettenförderungen.** Wird statt des endlosen Seiles eine Kette benutzt, so bleibt der Betrieb im großen und ganzen der gleiche; nur treten im einzelnen verschiedene Abänderungen ein.

Für die Antriebsvorrichtung ist zu berücksichtigen, daß die Kette nicht lediglich durch Reibung mitgenommen zu werden braucht, sondern daß man die Gestalt der



a

b

Abb. 470 a und b. Ketten-Greiferscheibe von Heckel.

Kette benutzen kann, um durch Klauen, die zwischen ihre Glieder fassen, die Bewegung des Antriebes auf sie zu übertragen. Das geschieht mittels der sog. „Kettengreiferscheiben", von denen Abb. 470[1]) ein Beispiel gibt. Bei solchen Scheiben ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Kettenglieder sich allmählich längen und daß dann der Abstand der einzelnen Greifklauen voneinander am Umfange entsprechend vergrößert werden muß, was am einfachsten durch radiale Verschiebung der Greifer nach außen geschieht.

Bei der Heckelschen Greiferscheibe werden die einzelnen Greifer *a* (Abb. 470b) durch Klemmschrauben *c* am Umfange des Scheibenkörpers zwischen diesem und einem Ring festgeklemmt, während gegen ihre abgeschrägten Füße sich der weiter nach innen folgende, im Querschnitt stumpf-

[1]) S. das auf S. 322 in Anm.[1]) angeführte Buch von Bansen: Die Streckenförderung, Fig. 202 und 203.

winkelig gebogene Ring *b* anlegt. Sollen die Greifer nach außen geschoben werden, so werden die Klemmschrauben gelöst und die Schrauben des inneren Ringes fester angezogen, wodurch dieser sich parallel zur Achse verschiebt und mit seiner schrägen Fläche sämtliche Greifer gleichzeitig nach außen drückt. — Bei anderen Scheiben wird derselbe Zweck dadurch erreicht, daß die Greifer mit Gewinde im Scheibenkranz befestigt sind und nach Bedarf einzeln herausgeschraubt werden können.

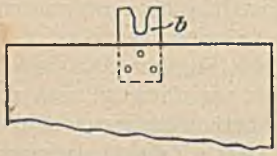


Abb. 471. Einfache Blechscheibe als Mitnehmer bei der Kettenförderung.

Statt der Greiferscheiben können auch wie bei der Seilförderung Scheiben mit Reibungswirkung verwendet werden, deren Kranz mit Holz ausgefüttert ist. Der Antrieb wird dann umständlicher, da bei größerer Belastung Gegenscheiben vorgeschaltet werden müssen, wogegen bei Greiferscheiben eine einzelne Scheibe genügt. Auch verschleißen die glatten Treibscheiben stark, und ihre Achsbelastungen sind größer als bei den Greiferscheiben. Anderseits stellen die letzteren an die Genauigkeit in der Herstellung der Kette und der Scheibe und an gleichmäßige Längung der einzelnen Kettenglieder die denkbar höchsten Anforderungen, da schon bei kleinen Verschiedenheiten die Greifer nicht mehr richtig fassen oder gefährliche Rucke entstehen.

In vielen Fällen kommt man aber auch mit einfachen, schwach-kegeligen Trommeln aus, um die man die Kette in mehrfachen Windungen herumführt. Die auflaufenden Windungen schieben dann die ablaufenden immer wieder an die Seite des kleineren Durchmessers, so daß die Kette fortgesetzt vom breiteren zum schmäleren Trommelende wandert.

Abb. 472. Ketten-Tragrolle.

Die Kuppelung der Wagen mit der Kette erfolgt, da diese schon durch ihre Gestalt zum Mitnehmen der Wagen befähigt ist, in sehr einfacher Weise. Bei größerem Kettengewicht oder stärkerem Durchhang, d. h. größerem Abstand zwischen den einzelnen Wagen, können diese schon durch einfaches Aufliegen der Kette auf dem Wagenrand mitgenommen werden. Anderenfalls genügen einfache, in Ösen an der Stirnwand eingesteckte Gabeln oder daselbst angenietete Flügelbleche (*b* in Abb. 471), in die sich die Kette hineinlegt.

Die Trag- und Kurvenrollen, Umkehr- und Spannscheiben usw. können der Gestalt der Kette angepaßt werden und werden meistens nicht mit einfach glatter Fläche hergestellt, sondern mit einer Mittelrinne *a* (Abb. 472) versehen, in welche die hochkant stehenden Kettenglieder sich einlegen, während die flachliegenden auf den Rändern *b* der Rinne liegen und die Kränze *c* das Abschlagen der Kette verhüten.

Das Durchfahren von Kurven ist bei der Kettenförderung schwierig. Da nämlich die Kette entweder durch bloßes Aufliegen oder mit Hilfe niedriger Bleche oder Gabeln die Wagen mitnimmt, so muß sie in Kurven hochgeführt und, vom Wagen getrennt, um die Kurvenrollen geleitet werden. Damit dabei die Wagen in den Kurven nicht stehenbleiben, werden sie vor diesen eine schiefe

Ebene heraufgezogen, so daß sie die Krümmung selbsttätig mit Gefälle durchlaufen, um an deren Ende wieder unter die Kette zu gelangen. Infolgedessen empfiehlt es sich, bei jeder Kurve einen Bedienungsmann aufzustellen.

Da bei Kettenförderungen jederzeit durch Bruch eines Kettengliedes lästige Betriebstörungen möglich sind, sucht man diese Unterbrechungen durch sog. Notglieder möglichst abzukürzen. Diese werden an geeigneten Stellen in Bereitschaft gehalten und bestehen aus 2 Teilen, die an Stelle des gebrochenen Gliedes in die Nachbarglieder eingehängt und durch Umwickelung mit Draht u. dgl. einstweilen zusammengehalten werden; nach Beendigung der Schicht kann dann ein neues Glied an Stelle des Notgliedes eingeschweißt werden. Abb. 473 veranschaulicht ein solches Notglied, dessen Teile $h_1 h_2$ je ein längs durchgeschnittenes Kettenglied darstellen und mittels Löcher l und Zapfen z ineinander greifen.

2. Beurteilung der Förderung mit geschlossenem Zugmittel.

75. — Vergleich zwischen Seil und Kette. Anfangs herrschte als Zugmittel die Kette durchaus vor. Mit den Fortschritten der Drahtseilherstellung hat aber die Verwendung des Seiles stark zugenommen. Unter den heutigen Verhältnissen ergibt der Vergleich beider Zugmittel folgendes:

Abb. 473.
Notglied für Förderketten.

Die Antriebsmaschine hat, da eine Kette etwa 7mal so schwer ist wie ein gleich starkes Seil, bei der Kettenförderung eine bedeutend größere tote Last zu bewältigen, wird also entsprechend schwerer und teurer.

Die Anschaffungskosten für die Kette sind wesentlich höher als für das Seil. Allerdings kostet die Kette nur 0,5—0,6 ℳ je kg gegen 0,7—0,8 ℳ für das Kilogramm Drahtseil, jedoch sind wegen des erwähnten Gewichtsunterschiedes die Gesamtkosten einer Kette immer noch 4—5mal so groß wie diejenigen eines Seiles von gleicher Tragfähigkeit. Auf laufende Betriebsausgaben umgerechnet, gleicht dieser Unterschied sich jedoch großenteils wieder aus, da Seile nur in seltenen Fällen länger als 1—2 Jahre halten, wogegen eine Kette bei stärkerem Verschleiß einzelner Glieder deren Auswechselung ermöglicht, also nicht gleich im ganzen erneuert zu werden braucht, und infolgedessen bei Ketten Benutzungszeiten von 10—15 Jahren bekannt geworden sind. Freilich arbeiten Kettenförderungen hinsichtlich des Verschleißes meist unter günstigeren Betriebsbedingungen als Seilförderungen.

Für das Anschlagen der Wagen verdient die Kette wegen der einfachen Vorrichtungen für das Mitnehmen weitaus den Vorzug, wogegen die beim Seil erforderlichen Mitnehmer den Verschleiß wesentlich vergrößern und auch manche anderweitigen Übelstände im Gefolge haben. Daher ermöglicht es die Kette auch, mit wesentlich größeren Fördergeschwindigkeiten (3—4 m in der Sekunde gegen 0,5—1 m beim Seil) zu arbeiten, weshalb bei der Kettenförderung ein bedeutend kleinerer Wagenpark erforderlich ist, was sich namentlich bei größeren Förderlängen bemerklich macht. Das Anschlagen der Wagen an Zwischenpunkten dagegen macht bei Kettenförderungen im Gegensatz zu Seilförderungen große Schwierigkeiten. Da nämlich die Kette

zwischen je 2 Wagen sehr tief hängt und auch zu schwer ist, um vom Anschläger angehoben zu werden, so muß sie an Zwischenanschlägen durch Tragrollen so hoch geführt werden, daß der Anschläger mit seinem Wagen darunter herfahren kann. Dadurch kommen aber sämtliche Wagen an diesen Stellen von der Kette los und müssen von Hand oder durch selbsttätigen Ablauf (mittels schiefer Ebene) wieder angeschlagen werden. In Bremsbergen mit Kette ohne Ende ist aus diesem Grunde die Bedienung von Zwischenanschlägen gänzlich ausgeschlossen.

Ein gleichmäßiger Wagenabstand ist für die Kette in viel höherem Maße Erfordernis als für das Seil, da die Kette bei größerem Wagenabstand stark durchhängt und auf der Sohle schleift. Daraus ergibt sich, daß eine Kettenförderung größere Ansprüche an die Sorgfalt der Förderleute stellt und außerdem für das Durchfahren von Kurven (s. S. 386) wenig geeignet ist. Da nämlich die Wagen in der Kurve von der schiefen Ebene mit ungleicher Geschwindigkeit ablaufen, so wird durch jede Kurve der Wagenabstand derartig gestört, daß mehrere Kurven kaum zu überwinden sind. Außerdem erfordert jede Kurve bei der Kettenförderung in der Regel einen besonderen Bedienungsmann.

Ein Nachteil der Kettenförderung ist die jederzeitige Möglichkeit lästiger Betriebstörungen infolge des Bruches von Kettengliedern, der immer unvorhergesehen eintritt, während beim Seile schwache Stellen rechtzeitig erkannt werden können. Allerdings kann die Kette durch Einsetzen von Notgliedern (s. oben) schnell wieder geschlossen werden, wogegen die Zusammenspleißung eines Seiles, wie sie bei Brüchen erforderlich wird, länger dauert.

Nach dem Vorstehenden sind Ketten in erster Linie dort am Platze, wo es sich um die Bewältigung großer Fördermengen, also um große Geschwindigkeiten und geringe Wagenabstände handelt und wo wenig Kurven zu überwinden und keine Zwischenanschläge zu bedienen sind, ferner in allen Fällen, wo auf geneigter Bahn aufwärts gefördert werden soll. Was die Förderlänge betrifft, so macht sich bei großen Längen der geringere Wagenbedarf der Kettenförderung vorteilhaft bemerklich. Anderseits aber sind dann auch sehr große tote Lasten in Gestalt des Kettengewichtes von der Antriebsmaschine zu bewältigen. Hingegen tritt diese tote Last bei geringen Förderlängen und großen Fördermengen mehr zurück. Demgemäß umfaßt das Arbeitsgebiet der Kettenförderungen vorzugsweise die Abförderung der von einem Brems- oder Haspelschacht gelieferten Fördermengen zum Hauptschachte oder die zusammenfassende Weiterförderung der von mehreren Seilförderungen herangebrachten Wagen bis zum Schachte. Auch für die Wagenbewegung an größeren Schachtfüllörtern, wo man die leeren Wagen auf schiefen Ebenen wieder in die Höhe des Anschlages bringen und so das Auflaufen der vollen Wagen mit Gefälle auf den Förderkorb ermöglichen will, wird die Kette — und zwar als unterlaufende Kette — bevorzugt.

Besonders geeignet sind Ketten für „Transportbremsberge“ mit endlosem Zugmittel, zumal sie auch deren überschüssige Kraft (s. Ziff. 97) auszunutzen gestatten.

Auf die Wichtigkeit der Kette für Tagesförderzwecke ist bereits vorhin aufmerksam gemacht worden; sie beruht darauf, daß die Kette als unter-

laufendes Zugmittel mit Nutzen verwendet werden kann, und ferner darauf, daß über Tage häufig Steigungen zu überwinden sind. Unbestritten ist die Herrschaft der Kette im Braunkohlentagebau, wo große Wagenmengen in regelmäßiger Folge zu bewegen und Steigungen zur Erdoberfläche (vielfach auch noch bis zum Kohlenboden der Brikettfabriken) zu überwinden sind, Zwischenanschläge dagegen nicht in Betracht kommen und Kurven spärlich sind, anderseits die geringe Tragfähigkeit des Liegenden die Lokomotivförderung ausschließt.

76. — Beurteilung der Förderung mit endlosem Zugmittel und einzelnen Wagen. Die Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende hat in erster Linie den Vorteil eines sehr gleichmäßigen Betriebes.

Daraus ergeben sich verschiedene Sondervorteile. Zunächst wird bei Seilförderungen die Bedienung einer größeren Anzahl von Zwischenanschlägen in einfacher Weise ermöglicht, da die von dort gelieferten Wagen ohne Unterbrechung des Betriebes lediglich mit dem Zugmittel verkuppelt zu werden brauchen. Ferner wird das Zugmittel auf seiner ganzen Länge ausgenutzt und dadurch bei mäßiger Geschwindigkeit eine hohe Leistung ermöglicht. Nimmt man z. B. eine Förderung mit einzelnen Wagen an, so erhält man bei einem Wagenabstand von 18 m und einer Geschwindigkeit von 1 m/Sek. alle 18 Sekunden 1 Wagen, also in 1 Stunde 200 und in der 7stündigen Schicht bei 6 Stunden reiner Förderzeit 1200 Wagen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß diese Leistung von der Länge des Förderweges gar nicht abhängig ist, sondern lediglich durch die Seilgeschwindigkeit und den Wagenabstand bedingt wird.

Ferner ermöglicht die ununterbrochene und gleichmäßige Förderung eine sehr gleichförmige und verhältnismäßig geringfügige Belastung und gute Ausnutzung der Antriebsmaschine, zumal auch wechselnde Gefälleverhältnisse auf beiden Seiten sich größtenteils ausgleichen.

Ein weiterer Vorzug dieses Förderverfahrens ist die geringere Raumbeanspruchung an den Endpunkten, da hier keine langen Wagenzüge aufzustellen und zu verschieben sind. Auch gestaltet sich die selbsttätige Schachtbedienung durch Schaffung von Höhenunterschieden einfacher als bei der Lokomotivförderung (vgl. Ziff. 87). Man kann hier die vollen Wagen, indem man sie vorher eine schiefe Ebene hinaufzieht, mit Gefälle dem Schachte zulaufen und in vielen Fällen auch die leeren Wagen gleich am Schachte durch das Seil abholen lassen.

Eine Schwäche der Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende ist hingegen die Unmöglichkeit, nach Bedarf auch aus beliebigen Nebenstrecken zu fördern, da sich für solche Strecken, wenn sie keine größeren Fördermengen liefern, eine besondere Seil- oder Kettenförderung nicht lohnt. Es wird auf diese Weise notwendig, Zubringeförderungen in den Nebenstrecken einzurichten, und durch die verhältnismäßig großen Kosten solcher meist ungünstig arbeitenden Nebenförderungen können dann leicht die Ersparnisse der Hauptförderung großenteils aufgezehrt werden (vgl. auch S. 383).

Im übrigen ist hier noch auf die Bemerkungen über die Anwendungsgebiete der Seil- und Lokomotivförderung in Ziff. 86 zu verweisen.

3. Allgemeines über die Förderung mit beweglichen Maschinen (Lokomotivförderung).

77. — **Die Entwickelung der Lokomotivförderung.** Die Schwierigkeit, eine für den Grubenbetrieb geeignete Lokomotive zu finden, hat bewirkt, daß trotz frühzeitiger Versuche mit Grubenlokomotiven ihre Verwendung erst seit dem Anfang dieses Jahrhunderts allgemein geworden ist. Die Förderung mit gewöhnlichen Dampflokomotiven, wie sie bis vor kurzem noch in den großen Stollen des Minettebezirkes in Gebrauch waren, verbot sich für Steinkohlentiefbaugruben aus naheliegenden Gründen ohne weiteres. Natron-Dampflokomotiven nach Honigmann[1]) sind über einen Versuchsbetrieb nicht hinausgekommen. Die über Tage auf Grubenbahnhöfen vorteilhaft benutzten feuerlosen Heißwasserlokomotiven nach Lamm-Francq, die einen großen Kessel mit überhitztem Wasser als Dampferzeuger verwenden und ihren Wärmevorrat von Zeit zu Zeit durch Einleitung von hochgespanntem Frischdampf in dieses Wasser ergänzen, konnten sich wegen der Wärmeentwicklung und der Umständlichkeit nicht behaupten. Daher wurden schon früh Preßluftlokomotiven vorgeschlagen, die ihren Kraftvorrat in Gestalt eines Behälters mit hochgespannter Preßluft mitführen. Jedoch scheiterte ihre Verwendung in unseren Gruben zunächst an der schwerfälligen Bauart, dem großen Gewicht und der ungünstigen Kraftausnutzung dieser Lokomotiven. So waren es zuerst die elektrischen Lokomotiven, die anfangs der 1880er Jahre, und zwar im sächsischen und oberschlesischen Steinkohlenbergbau, festen Fuß faßten. Ihre allgemeine Anwendung stieß aber auf die Schwierigkeit, daß die Ausrüstung der Gruben mit elektrischer Kraft noch im weiten Felde lag und außerdem die Schlagwetter- und Berührungsgefahr abschreckte. Eine neue Zeit begann mit den in der zweiten Hälfte der 1890er Jahre von der „Gasmotorenfabrik Deutz“ auf den Markt gebrachten Benzinlokomotiven, durch die den Grubenlokomotiven allgemein Eingang verschafft wurde und die infolge des Wettbewerbes auch zweckentsprechende Bauarten elektrischer Lokomotiven ins Leben riefen.

Im letzten Jahrzehnt hat dann die von Bergrat Dr.-Ing. Winkhaus wieder eingeführte Druckluftlokomotive auf Grund der mittlerweile mit ihr vorgenommenen Verbesserungen sich im Steinkohlenbergbau rasch ein großes Anwendungsgebiet erobert.

78. — **Kraftbedarf und Gewicht der Grubenlokomotiven.** Unter der Zugkraft einer Lokomotive versteht man die am Zughaken der Lokomotive zur Verfügung stehende Kraft, die auch als „Zugkraft am Haken“ bezeichnet wird. Über die erforderliche Größe dieser Kraft, die zur Überwindung des Reibungswiderstandes des Wagenzuges sowie der Zusatzwiderstände beim Anfahren, in Kurven usw. dient, ist bereits unter Ziff. 44 und 45 das Erforderliche gesagt worden.

Mit dieser nutzbar zu machenden Zugkraft ist nicht zu verwechseln die vom Motor der Lokomotive insgesamt auszuübende Kraft. Diese muß vielmehr groß genug sein, um auch noch den Reibungs- und Anfahrwiderstand der Lokomotive selbst überwinden zu können. Zieht z. B. eine

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1884, S. 317: Versuche und Verbesserungen.

Lokomotive von 5,5 t Eigengewicht 30 Wagen zu je 900 kg, also $30 \cdot 0{,}9 = 27$ t, so erfordert die Fortbewegung ihres Gewichtes allein rund 20% der gesamten Motorleistung.

Der Kraftbedarf für die Beschleunigung beim Anfahren ist von um so größerer Bedeutung, je öfter der Zug unterwegs anhalten muß, weil dann zur Verringerung der Zeitverluste jedesmal möglichst schnell wieder angefahren werden muß.

Das Gewicht der Lokomotiven hat also zunächst, da es mitbewegt werden muß, die Bedeutung einer Verringerung der Nutzleistung. Anderseits ist aber bis zu einem gewissen Grade wieder die Zugkraft vom Gewichte abhängig. Denn da eine Lokomotive nur durch ihr Gewicht und den dadurch erzeugten Reibungswiderstand zwischen Rädern und Schienen in den Stand gesetzt wird, eine entsprechende Zugkraft auszuüben, so muß das Gewicht eine entsprechende Größe haben. Ist es zu gering, so gleiten die Räder auf den Schienen: es kommt daher hier die gleitende Reibung in Frage, deren Beiwert meist zwischen 0,15 und 0,20 liegt. Wiegt eine Lokomotive also z. B. 6000 kg und beträgt der Reibungsbeiwert 0,20, so kann sie ohne die Beschleunigungsarbeit $6000 \cdot 0{,}2 = 1200$ kg ziehen. Umgekehrt muß eine Lokomotive, die eine Zugkraft von 800 kg einschl. Beschleunigung ausüben soll, bei einem Reibungsbeiwert von 0,15 mindestens $\frac{800}{0{,}15} = 5333$ kg wiegen.

Für die Belastung der Förderkosten durch die Antriebskraft ist außerdem das Verhältnis zwischen PS und tkm wichtig. Nach der Berechnung auf S. 359 bedeutet 1 Nutz-tkm eine Arbeit von etwa 20000—25000 mkg unter gewöhnlichen Verhältnissen, wenn die Bewegung der leeren Wagen ins Feld mit berücksichtigt wird. Da anderseits eine Arbeit von 1 PS-Std. theoretisch einer Gesamtleistung von 270000 mkg entspricht, so müßten mit einer Arbeitsleistung von 1 PS-Std. etwa 11—13 tkm geleistet werden können. Tatsächlich bleibt aber die wirklich erreichbare Leistung weit hinter dieser berechneten zurück. Das liegt zunächst an dem Eigengewicht der Lokomotive und an der Beschleunigungsarbeit. Außerdem wird die Lokomotive auch nur zum Teil ausgenutzt, da sie nicht stets die volle Wagenzahl zieht und öfter stillsteht, auch Verschiebebewegungen und Einzelfahrten ausführen muß. Man kann daher höchstens mit 5, meistens aber nur mit 3—4 Nutz-tkm je PS-Std. rechnen.

4. Einzelbeschreibung der Grubenlokomotiven.

79. — **Arten der Grubenlokomotiven.** Die heute für die Grubenförderung in Betracht kommenden Lokomotivarten sind: Brennstoff-, elektrische und Druckluft-Lokomotiven. Die elektrischen Lokomotiven können wiederum solche mit Stromzuführung von außen (Fahrdraht-Lokomotiven) oder mit einem bestimmten Stromvorrat (Akkumulator-Lokomotiven) sein. Von diesen verschiedenen Maschinen fährt nur die Fahrdraht-Lokomotive unter stets gleichen Bedingungen, während bei den drei anderen Bauarten der Kraftvorrat während der Fahrt abnimmt und von Zeit zu Zeit bei der Brennstoff-Lokomotive durch einfache Auffüllung, bei der Akkumulator- und Preßluft-Lokomotive auf maschinellem Wege ergänzt werden muß.

Der gegenwärtige Stand der Verwendung der verschiedenen Lokomotivarten im Ruhrkohlenbergbau zeigt folgende Zusammenstellung[1]):

Grubenlokomotiven		Beförderte Kohle	Jahresleistung	
			insgesamt	einer Lokomotive
Gattung	Zahl	t	Nutz-tkm	Nutz-tkm
Fahrdraht-Lokomotiven	881	26748979	77386717	87840
Druckluft-Lokomotiven	624	14983629	27756770	44482
Benzol-Lokomotiven .	721	13826248	23038499	31954
Akkumulator-Lokom. .	55	1326006	3743053	68058
zus.	2281	56884862	131925039	—

80. — **Brennstoff-Lokomotiven.** Bei diesen Lokomotiven, die von der Gasmotorenfabrik Deutz eingeführt sind und heute außerdem auch von der Motorenfabrik Oberursel bei Frankfurt a. M., von der Ruhrthaler Maschinenfabrik in Mülheim-Ruhr, von der Maschinenfabrik Montania in Nordhausen u. a. gebaut werden, wird ein flüssiger, leicht vergasbarer Brennstoff benutzt, der durch feine Zerstäubung in Gasform gebracht, dann mit Luft gemischt und in einem Explosionsmotor durch elektrische Zündung verbrannt wird. Sie bestehen demgemäß in der Hauptsache aus einem Viertaktmotor — auf dessen Bau im einzelnen hier nicht eingegangen werden kann — mit magnet-elektrischer Zündvorrichtung und Regler, ferner aus einem Benzinbehälter und einer das Benzin zum Vergaser führenden Pumpe, sowie endlich aus einem Kühlwasserbehälter, der das zum Kühlhalten der Zylinder und Kolben notwendige Wasser enthält. Als Brennstoffe werden verwandt:

1. Benzin, durch Destillation von Erdöl gewonnen, Siedepunkt zwischen 70° und 120°; spez. Gewicht ca. 0,70; Preis etwa 28 ℳ je 100 kg;
2. Benzol (C_6H_6), als Nebenerzeugnis bei der Steinkohlenverkokung gewonnen; Siedepunkt 80,4°; spez. Gewicht 0,88; Preis etwa 20 ℳ je 100 kg;
3. Spiritus, in der Regel nur in Mischungen mit Benzol benutzt (z. B. 40% Spiritus, 60% Benzol); Preis etwa 30 ℳ je 100 kg.

Bevorzugt wird Benzol, das von der heimischen Industrie geliefert wird und gut geeignet ist. Spiritus ist schwieriger zu behandeln und Benzin zu teuer, da es durchweg vom Auslande bezogen werden muß.

Die Eigenart des Verbrennungsmotors nötigt zu gewissen Besonderheiten in der Bauart der Lokomotiven. Zunächst kann dieser Motor seine Kurbel immer nur in derselben Richtung drehen. Das Vor- und Rückwärtsfahren mit der Lokomotive kann daher nur durch Einschaltung besonderer Getriebe mit Hilfe von ausrückbaren Kuppelungen ermöglicht werden, die für Vor- und Rückwärtsfahrt verschieden eingestellt werden.

Ferner macht der Viertakt, bei dem erst auf jeden vierten Hub ein Antrieb erfolgt, ein schweres Schwungrad zum Ausgleich der Massenkräfte erforder-

[1]) Glückauf 1920, Nr. 28, S. 551; Gunderloch: Vergleichsgrundlagen für die verschiedenen Arten der Grubenlokomotivförderung. — Vgl. auch Glückauf 1922, Nr. 20 u. f., S. 589 u. f.; Gunderloch: Der Stand der Grubenlokomotivförderung im Ruhrbezirk.

lich. Auch ist das Anlassen, da der Motor dann noch keinen Brennstoff hat, etwas umständlich, weshalb man bei kleineren Stillständen der Lokomotive den Motor durchlaufen läßt und nur das Getriebe abschaltet.

Besondere Vorsichtsmaßregeln erfordert die Feuergefährlichkeit der flüssigen Brennstoffe sowohl bei der Ergänzung des Brennstoffvorrates wie auch bei der Bauart des Motors und der Lokomotive. In ersterer Hinsicht wird z. B. vom Oberbergamt Dortmund die unlösbare Verbindung des Behälters mit der Lokomotive verlangt. Die Überfüllung der Flüssigkeit in diesen erfolgt dann aus einem zur Füllstelle gefahrenen Tankwagen (der auch ein gewöhnlicher Grubenwagen mit einem Behälter sein kann). Und

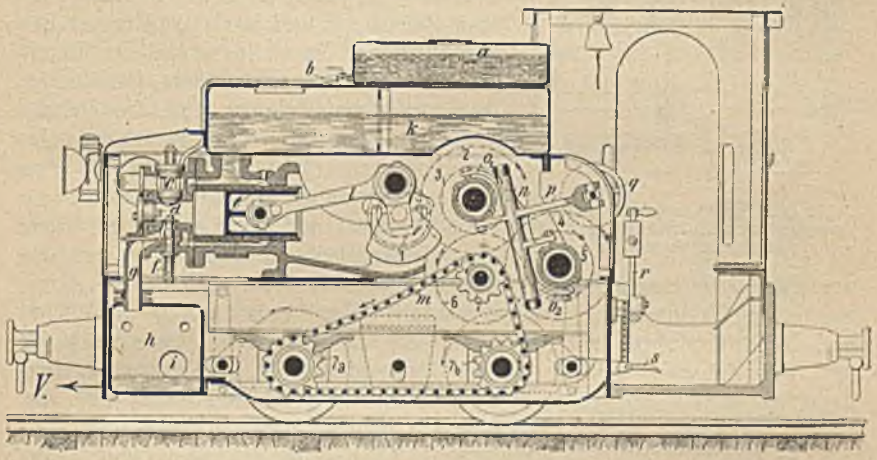


Abb. 474. Benzollokomotive der Ruhrthaler Maschinenfabrik zu Mülheim-Ruhr.

zwar kann man sich dabei nach Russell[1]) der Vermittelung von Kohlensäure bedienen, die aus einer Stahlflasche geliefert wird. Einfacher ist aber die Verwendung einer gewöhnlichen Flügelpumpe nach dem Verfahren der Fabrik Deutz[2]) mit Hinzufügung einer Rücklaufleitung, die den etwa zuviel eingepumpten Brennstoff dem Hauptbehälter wieder zuführt, um ein Überlaufen zu vermeiden. Der Überfüllraum muß, da sich in ihm entzündliche Dämpfe entwickeln können, gut bewettert werden. — Die Sicherheitsvorkehrungen am Motor bestehen in dem Schutz der Luftansauge- und der Auspufföffnung. Beide dürfen Stichflammen, wie sie durch Früh- oder Spätzündung entstehen können, nicht nach außen treten lassen und werden daher mit Sieb- oder Plattenschutz u. dgl. versehen. Außerdem läßt man die Ansaugeöffnung („Ansaugetrompete") jetzt nicht mehr im Gehäuse der Lokomotive münden, wo sie statt Luft leicht ein entzündliches Gasgemisch ansaugen kann, sondern führt sie nach außen. Das auspuffende Verbrennungsgas wird neuerdings durch Wassereinspritzung gekühlt und durch ein Filter von Eisendrehspänen u. dgl.

[1]) Glückauf 1907, Nr. 17, S. 493; Russell: Die Verhütung der Brandgefahr bei Benzol-Grubenlokomotiven.

[2]) Glückauf 1908, Nr. 38, S. 1250; Beyling: Sicherheitsvorrichtungen zum Umfüllen des Brennstoffes für Benzin-Lokomotiven.

geleitet; man erzielt dadurch nicht nur Schlagwettersicherheit, sondern macht auch die Verbrennungsgase und ihren lästigen Geruch großenteils unschädlich.

Eine Vorstellung von der Bauart derartiger Lokomotiven gibt Abb. 474, die eine Lokomotive der Ruhrthaler Maschinenfabrik darstellt[1]). Das im Behälter *a* mitgeführte Benzol fließt durch die Leitung *b* dem Vergaser- und Mischventil *c* zu, um durch die elektrische Abreißzündung *d* entzündet zu werden, wodurch der Kolben *e* nach rechts getrieben wird. Im folgenden Arbeitshub tritt das verbrannte Gemisch durch das Auslaßventil *f* und die Auspuffleitung *g* in den Behälter *h* und aus diesem unter Berieselung mit Wasser ins Freie. Das Kühlwasser umfließt, aus dem Behälter *k* kommend, den Zylinder und die Ventile und wird durch eine kleine Pumpe im Kreislauf zurückgeführt. Die auf den Kolben ausgeübte Kraft wird durch die Druckstange *l* und die Getriebe 1—6 auf die Kettenscheibe 7 übertragen, von wo aus durch die Laschenkette *m* die Kettenscheiben *7a* und *7b* und damit die beiden Radachsen bewegt werden. Zur Umschaltung auf Vor- und Rückwärtsfahrt dient das Handrad *q*, das mittels des Gabelstückes *p* und der Achse *n* auf die beiden Kuppelmuffen 0_1 und 0_2 wirkt und damit einmal die Stirnräder *1*, *2*, *4*, *5* und *6* (vgl. auch 475a) und das andere Mal die Stirnräder *1*, *2*, *3* und *6* (vgl. auch Abb. 475b) zusammen schaltet, so daß bei Rechtsgang des Kolbens *e* die Drehung der Kettenscheibe 7 im ersteren Falle entgegen der Richtung, im letzteren Falle in der Richtung des Uhrzeigers erfolgt. *r* ist eine Hand-, *s* eine Fußbremse.

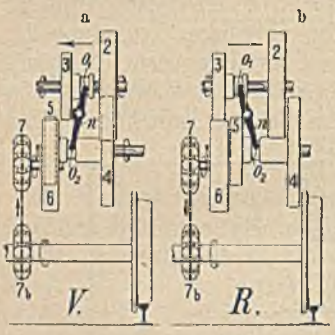


Abb. 475. Umschaltung auf Vorwärtsgang (V.) und Rückwärtsgang (R.) für Brennstofflokomotiven.

Abb. 476. Stromweg und Streuströme bei Förderung mit Fahrdraht-Lokomotiven.

Der Brennstoffverbrauch schwankt für 1 Nutz-tkm zwischen etwa 0,05 und 0,09 kg, für 1 PS-Stunde (s. Ziff. 78, S. 391) des Motors zwischen 0,2 und 0,4 kg. Der entsprechende Kostenbetrag ist je nach den Brennstoffen und ihren Marktpreisen ziemlich verschieden und kann je tkm für Benzin mit 1,9—2,5 ₰, für Benzol mit 1,4—1,8 ₰, je PS-Std. mit 8—10 ₰ bzw. 6—7 ₰ angenommen werden.

Die Lokomotiven werden meist für Leistungen von 8, 12 oder 16 PS gebaut. Sie entwickeln mäßige Geschwindigkeiten (1,5—3 m, meist nur 2 m). Als Beispiel für die Abmessungen sei erwähnt, daß eine 12 PS-Lokomotive etwa 3,5 m lang, 0,9 m breit und 1,5 m hoch ist und mit Brennstoff- und Wasserfüllung 5 t wiegt.

[1]) Ein Bild einer Deutzer Benzollokomotive ist in der zweiten Auflage, S. 375, wiedergegeben.

81. — **Fahrdraht-Lokomotiven.** Bei den Fahrdraht-Lokomotiven erfolgt die Stromabnahme in der bei den Straßenbahnen üblichen Weise durch Bügel (Abb. 479) oder Rollen, die mittelst eines Hebels oder eines Parallelogrammgerüstes (Abb. 479) durch Federkraft gegen den Draht gedrückt werden; außerdem kommen auch Schleifschuhe und söhlige Schleifhebel oder „Ruten“[1]) für Stromabnahme neben den Schienen in Betracht. Es muß dabei Rücksicht auf die Umkehrung der Fahrrichtung genommen werden, die namentlich beim Verschiebebetrieb öfter notwendig wird. Am einfachsten ist in dieser Hinsicht der Parallelogrammbügel, mit dem sowohl vorwärts- als rückwärts gefahren werden kann, während der einfache Schleifbügel und die Rolle herumgedreht werden muß und der Schleifschuh kippbar und in doppelter Anordnung angebracht wird, so daß ein Schuh zum Vorwärts-, der andere zum Rückwärtsfahren dient. Zur Vermeidung von schlagwettergefährlichen, stärkeren Funken werden vielfach mehrere Stromabnehmer angeordnet, so daß beim Abspringen des einen oder anderen der Hauptstrom noch nicht unterbrochen wird.

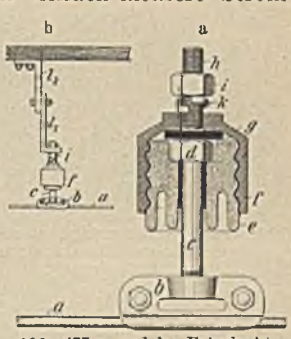


Abb. 477 a und b. Fahrdraht-Aufhängung bei elektrischer Lokomotivförderung.

Die Rückleitung erfolgt wie bei den elektrischen Bahnen über Tage durch die Schienen, die zu diesem Zwecke an den Stößen durch besondere, stromleitende Verbindungen überbrückt sind. Der eine Pol der Dynamomaschine (s. Abb. 476) ist also an die Erde angeschlossen und steht hierdurch bei II mit dem Ende der Schienenleitung in Verbindung, während die Lokomotive in ihrer jeweiligen Stellung bei I den Stromschluß zwischen der Ober- und der Schienenrückleitung herstellt.

Der Fahrdraht für die Lokomotiven wird an Isolatoren befestigt. Diese werden bei gutem Gebirge einfach in die Kappen der Zimmerung eingeschraubt. Einen zweckmäßig gebauten Isolator zeigt Abb. 477 in der Ausführung des Elektrowerkes Dümpelmann in Essen. Der Draht *a* wird mit Hilfe eines Bronzehalters *b* von einem Schraubenbolzen *c* getragen, der mit einem Sechskant *d* hinter den mit grobem Gewinde in die gußeiserne Hülse *f* eingeschraubten Porzellaneinsatz *e* faßt, wobei die Isolierung gegen die Aufhängung durch die eingelegte Isolierplatte *g* gesichert wird. Diese Befestigungsart ermöglicht rasche Anbringung und bequeme Auswechselung.

Wichtig für die Aufhängung sind die Sicherheitsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, wonach für die Oberleitung bei Niederspannung (unter 250 Volt) ein Abstand von mindestens 1,8 m, bei Hochspannung (über 250 Volt) ein solcher von mindestens 2,3 m über der Schienenoberkante innezuhalten oder sonst ein besonderer Fahrweg für die Leute neben den Gleisen anzulegen ist. Bei Rollen- und Schleifschuhabnehmern kann außerdem die Gefahr wesentlich dadurch eingeschränkt werden, daß

[1]) Glückauf 1910 Nr. 26, S. 983· Spackeler: Schutzmaßnahmen gegen die Berührung der Fahrdrähte elektrischer Grubenbahnen.

die Leitung durch seitlich angebrachte Holzbretter gegen zufällige Berührung abgeschlossen wird[1]).

Da die dauernde Sicherung des vorgeschriebenen Abstandes bei druckhaftem Gebirge schwierig wird, so werden hier Befestigungsarten mit nachstellbarem Abstand bevorzugt. Abb. 477 *a* zeigt eine derartige Befestigung, bei der die beiden Laschen l_1 l_2 mit Hilfe der in ihnen angebrachten Schraubenlöcher gegeneinander versteckt werden können, so daß Senkungen der Firste oder Quellen der Sohle bis zu einem gewissen Grade ausgeglichen werden können. In anderen Fällen hat man sich auch genötigt gesehen, die Drähte an Querdrähten aufzuhängen, die an besonders aufgestellten Jöchern gespannt wurden, so daß kein Zusammenhang mit der Zimmerung bestand.

Neuerdings hat man der Rückleitung durch die Schienen besondere Aufmerksamkeit zuwenden müssen. Von einer gut leitenden Schienenverbindung für die Rückleitung des Stromes hängt nämlich nicht nur die Wirtschaftlichkeit des Lokomotivbetriebes, sondern auch der Schutz der Nachbarschaft gegen die „vagabundierenden" oder „Streuströme"[2]) ab, die bei mangelhafter Verbindung der Schienen in das Gebirge austreten und sich in der Nachbarschaft in Spannungsunterschieden zwischen dem Gebirge und den verschiedenen am Stoße verlagerten Rohrleitungen und eisenbewehrten Kabeln und zwischen diesen unter sich äußern können. Man hat verschiedentlich Spannungen bis zu 6—10 Volt feststellen können. Derartige Spannungen können einerseits zu Funkenbildungen führen und dadurch schlagwettergefährlich werden, anderseits bei nicht sehr sorgfältig verlagerten Leitungen für die elektrische Schießarbeit das vorzeitige Losgehen der Schüsse veranlassen, da die meisten Zünder nur wenige Volt Spannung benötigen.

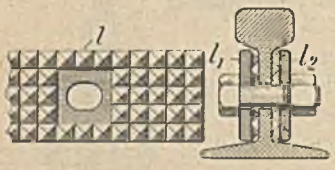


Abb. 478. Laschenverbindung nach Brunnenbusch für elektrische Lokomotivförderung.

Abb. 476 veranschaulicht die Entstehung solcher Streuströme bei gleichmäßigem Übergangswiderstand in den einzelnen Stoßverbindungen. Bei I tritt ein Teil des Rückstromes mit einem Spannungsunterschied von 5 Volt in das Gebirge aus, um bei II mit einem gleichen, aber entgegengesetzten Spannungsunterschied in die Schienen zurückzufließen.

Abhilfe kann hier einmal durch möglichst sorgfältige Verbindung der Schienen und anderseits durch regelmäßige Verbindung der Rohrleitungen usw. mit den Schienen (etwa alle 250 m) geschaffen werden. Das erste Hilfsmittel stößt auf die Schwierigkeit, daß die früher gebräuchlichen Kupferverbindungen bei Ausbesserungsarbeiten entwendet, auch durch entgleisende Wagen abgefahren werden können; auch wird vielfach bei Ausbesserungsarbeiten die Schienenverbindung vergessen oder nicht ordnungsmäßig ausgeführt. Eine diese Übelstände vermeidende Schienenverbindung ist die in Abb. 478 dargestellte von Brunnenbusch. Sie besteht aus einer gewöhnlichen eisernen Schienenlasche, die mit einer größeren Anzahl von Spitzen versehen

[1]) Näheres s. Glückauf 1922, Nr. 8, S. 221 u. f.; Vogel: Gefahren in elektrischen Lokomotivförderstrecken unter Tage und ihre Verhütung.

[2]) Glückauf 1916, Nr. 44, S. 925 u. f.; Alvensleben: Die beim Betriebe elektrischer Grubenbahnen mit Oberleitung auftretenden Streuströme usw.

ist. Diese vermitteln den Stromübergang mit genügender Sicherheit, da auch bei Verbiegungen von Laschen und Schienen immer eine ausreichende Anzahl von Spitzen anliegen wird. In dieser Lasche ist also die mechanische und die Stromverbindung in einem Stück vereinigt.

Nach den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker müssen in nicht zu großen Abständen Einrichtungen vorgesehen werden,

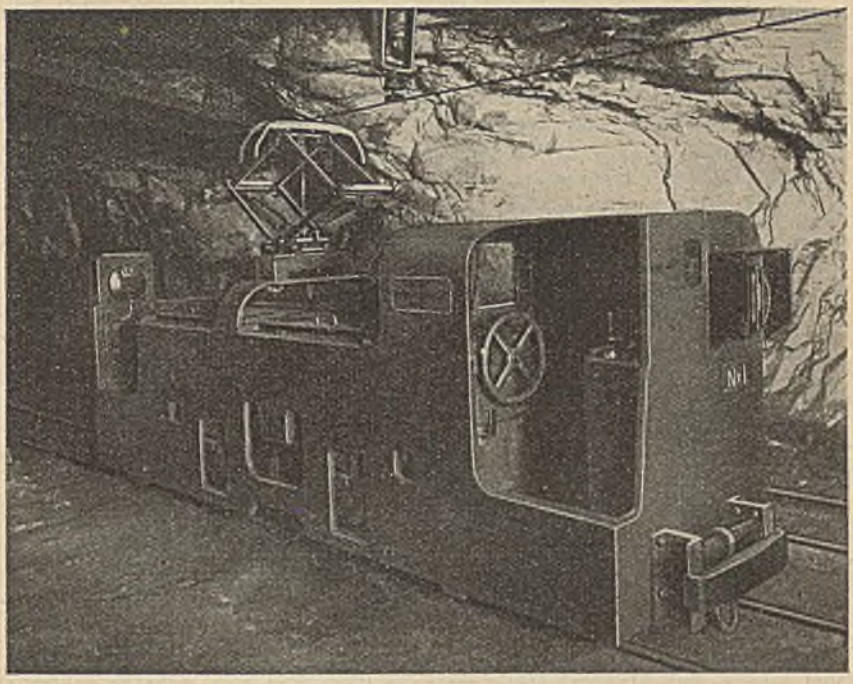


Abb. 479.
Elektrische Fahrdraht-Lokomotive der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, Berlin für Gleichstrom, mit Parallelogrammbügel.

die es gestatten, die Oberleitung stromlos zu machen. Das kann von einer Zentralstelle oder auch von der Lokomotive aus geschehen.

Für den Antrieb können alle Stromarten verwandt werden; doch hat der Gleichstrom im wesentlichen das Feld behauptet, da er niedrige Spannungen und eine bequeme Stromabnahme ermöglicht und der Gleichstrommotor günstige Eigenschaften für den Lokomotivbetrieb besitzt, indem er beim Anlaufen geringe Geschwindigkeit mit großer Anzugkraft vereinigt, bei der späterhin ausreichenden geringeren Zugkraft aber größere Geschwindigkeiten ermöglicht. Allerdings macht der Gleichstrom, da die elektrischen Kraftwerke in der Regel Drehstrom liefern, dessen Umformung erforderlich, doch sind die Umformer neuerdings wesentlich vereinfacht worden. Neben den Einanker-Umformern kommen heute auch Quecksilberdampf-Gleichrichter in Betracht.

Drehstrom erfordert 3 Drahtleitungen, also größere Anlage- und Unterhaltungskosten, und schließt außerdem die Stromabnahme durch die einfachen, widerstandsfähigen und betriebsicheren Bügel und Walzen aus. — Einphasiger Wechselstrom, der sich an und für sich gut für den Lokomotivbetrieb eignet und die Vorzüge des Gleich- und Wechselstromes großenteils vereinigt[1]), hat sich nicht bewährt, da die Berührungsgefahr für ihn bei gleicher Spannung wesentlich größer ist als für Gleichstrom.

Für die Bauart von Fahrdraht-Lokomotiven gibt Abb. 479 ein Beispiel, die eine A.E.G.-Lokomotive für Gleichstrom darstellt. Die Abbildung läßt die geringe Raumbeanspruchung der Lokomotive und den Schutz der empfindlichen Teile durch einen kräftigen Stahlblechmantel erkennen.

Beim Anfahren ist eine große Stromstärke erforderlich, wogegen in voller Fahrt die Spannung zur Erzielung genügender Geschwindigkeit möglichst gesteigert werden muß. Man schaltet daher die beiden Motoren, deren jeder eine Radachse antreibt, für das Anfahren hintereinander, für die Fahrt dagegen parallel.

Die Lokomotiven können für sehr hohe Leistungen gebaut werden. Im Minettebezirk z. B. hat man schon Lokomotiven für 112 PS in Betrieb genommen[2]). Solche Kräfte können in keiner der anderen Lokomotiven bei unterirdischer Förderung untergebracht werden. Für den Stromverbrauch diene als Anhalt, daß eine Leistung von 1 Nutz-tkm in günstigen Fällen 0,15 KW-Std., in ungünstigen Fällen 0,30 KW-Std. und darüber erfordert, was bei einem Preise von 4 ₰ je KW-Std. einen Kostenbetrag von nur 0,6 bis 1,2 ₰ je Nutz-tkm ausmacht.

82. — **Akkumulator-Lokomotiven**[3]). Die Akkumulator-Lokomotiven erhalten ihren Strom aus einer mitgeführten Akkumulatorbatterie, die nach Erschöpfung durch eine Stromquelle neu aufgeladen werden muß. Um die Lokomotive nicht während der Ladezeit außer Betrieb setzen zu müssen, wird die Batterie lösbar auf ihr befestigt und nach Entladung einfach gegen eine frischgeladene vertauscht. Man erzielt dadurch gleichzeitig den Vorteil, daß man das Laden zu einer passenden Zeit, d. h. bei geringer son tiger Beanspruchung der Dynamomaschine, vornehmen und so die letztere gut ausnutzen kann. Eine zweckmäßige Wechselvorrichtung für die Batterien ist diejenige von Böhm, die von der „Elektromontana“ in Berlin gebaut wird[4]). Die Batterie ist hierbei auf Rollen gelagert und wird nur durch eine Sperrung festgehalten. Die Lokomotive fährt zum Zwecke des Batteriewechsels zwischen 2 ebenfalls mit Rollen ausgerüstete Tische. Durch eine Laschenkette, die zunächst über die Rollen der Lokomotive und des einen Tisches und sodann über die ersteren und die des anderen Tisches gelegt und durch eine Kurbel bewegt wird, zieht man zuerst die entladene

[1]) Vgl. Glückauf 1911, Nr. 49, S. 1905; Dr. Siemens: Die elektrische Lokomotivförderung mit einphasigem Wechselstrom auf Zeche Rosenblumendelle.

[2]) Glückauf 1910, Nr. 32, S. 1218; Tillmann: Streckenförderung unter Tage.

[3]) Vgl. auch Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1922, Nr. 4, S. 79; Beckmann: Fortschritte in der Verwendung von Akkumulatoren.

[4]) Glückauf 1907, Nr. 15, S. 437; Böhm: Die elektrische Streckenförderung mit Akkumulator-Lokomotiven auf Zeche Monopol.

Batterie auf den einen Tisch und dann die frischgeladene von dem anderen Tisch auf die Lokomotive, so daß diese nach Verriegelung der Batterie gleich wieder fahren kann.

Als Zahlenbeispiel für Akkumulator-Lokomotiven sei angeführt, daß eine Lokomotive von 16 PS eine Länge von 4 m, eine Breite von 0,95 m und eine Höhe von 1,5 m hat und rund 5 t wiegt. Eine solche Lokomotive enthält in 81 Zellen einen Kraftvorrat („Kapazität") von 74 Amperestunden und kann bei einer Geschwindigkeit von 3 m und einer Förderung mit Zügen von je 25 Wagen zu 500 kg bei mittleren Gefälleverhältnissen eine Wegstrecke von 4—5 km zurücklegen, ehe eine frische Batterie eingewechselt werden muß.

Wegen der Empfindlichkeit der Akkumulatoren muß für deren sorgfältige Behandlung, besonders in elektrischer Hinsicht, Sorge getragen werden; nur geschulte Leute sind damit zu betrauen. So darf z. B. für die Ladung der Batterie der eben erwähnten Lokomotive ein Strom von höchstens 37 Ampere benutzt, bei ihrer Entladung ein solcher von höchstens 74 Ampere abgegeben werden. Auch darf die Entladung nicht zu weit, sondern höchstens bis auf 60—70% der Kapazität getrieben werden.

Die Lokomotiven werden in Stärken von 8—20 PS gebaut. Ihr Kraftverbrauch ist an sich wegen der Verluste im Akkumulator größer als derjenige der Fahrdraht-Lokomotiven, doch scheint dieser Unterschied durch die Leitung- und Anfahrverluste bei den Fahrdraht-Lokomotiven wieder ausgeglichen zu werden.[1]). Die Stromkosten je KW-Std. sind niedriger, da für die Ladung der Akkumulatoren der Nachtstrom benutzt und daher das Kraftwerk vorteilhafter ausgenutzt werden kann.

Vereinzelt hat man, um den Lokomotivführer zu sparen, eine Förderung mit selbststeuernden Akkumulator-Lokomotiven eingerichtet[2]). Eine solche Lokomotive erhält vorn einen federnden Holzbügel, der durch Hebelgetriebe auf die Kontrollerwalze einwirkt. Soll die Lokomotive an einer Kreuzung usw. halten, so wird dort durch elektrische Übertragung ein Sperrhebel vorgelegt, gegen den der Bügel stößt und infolgedessen seine Feder zurückdrückt und den Motor stromlos macht. Nach Beseitigung des Hindernisses drückt die Feder den Bügel wieder vor und schaltet den Strom wieder ein.

Wegen der geringen Geschwindigkeiten, die bei solchem Verfahren nur zulässig sind, und wegen der schwierigen Regelung des Betriebes mit mehreren Lokomotiven eignen solche Lokomotiven sich nicht für größere Fördermengen.

83. — **Preßluft-Lokomotiven.** Während in Nordamerika bereits seit längerer Zeit Preßluft-Lokomotiven eingeführt sind, ist bei uns nach fehlgeschlagenen Versuchen zu Anfang der 1890er Jahre erst vor 14 Jahren die erste derartige Förderanlage, und zwar auf den Emscherschächten des Kölner Bergwerksvereins[3]) in Betrieb gesetzt worden, hat aber wegen ihrer guten Bewährung bald Nachahmung gefunden. Eine solche Lokomotive besteht aus einem Hauptluftbehälter von großen Abmessungen, der einen Vor-

[1]) S. auch den S. 392 in Anm.[1]) an zweiter Stelle angeführten Aufsatz von Gunderloch, S. 653.

[2]) Glückauf 1911, Nr. 38, S. 1483 u. f.; Recktenwald: Führerlose Akkumulator-Lokomotiven.

[3]) Glückauf 1908, Nr. 48, S. 1685 u. f.: Winkhaus: Die Druckluftförderung unter Tage auf den Schächten des Kölner Bergwerksvereins.

rat von hochgespannter Preßluft enthält, einem kleinen Zwischenbehälter, der sog. „Arbeitsflasche", die die Luft mit dem zum Betrieb geeigneten Drucke aufnimmt, ehe sie dem Motor zuströmt, und diesem selbst, der die Achsen ähnlich wie bei einer Dampflokomotive antreibt.

Preßluft-Lokomotiven bauen: die Berliner Maschinenfabrik vorm. L. Schwartzkopff in Berlin, die Ruhrthaler Maschinenfabrik

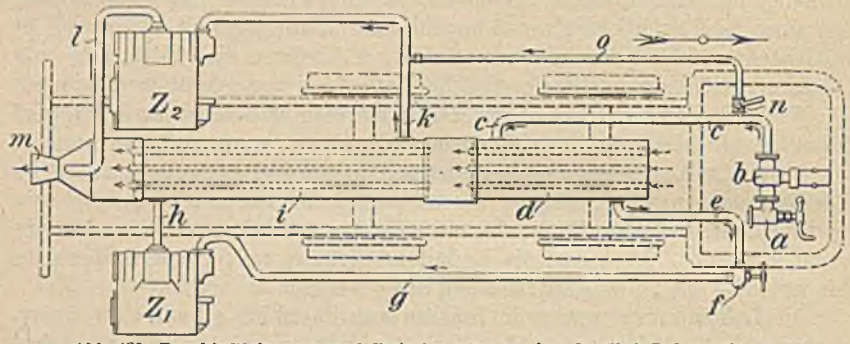


Abb. 480. Druckluftleitungen und Zwischenwärmer einer Preßluft-Lokomotive der Deutschen Maschinenfabrik, Duisburg.

Schwarz & Dyckerhoff in Mülheim-Ruhr, A. Borsig in Berlin-Tegel, die Deutsche Maschinenfabrik A.-G. in Duisburg u. a. Die Maschinenfabrik Schwartzkopff und die jetzt in die Deutsche Maschinenfabrik aufgegangene Maschinenfabrik R. Meyer in Mülheim-Ruhr haben bereits in der ersten Hälfte der 1890er Jahre solche Lokomotiven hergestellt. Die wesentlichen Züge der Bauart ergeben sich aus der schematischen Darstellung einer Demag-Lokomotive in Abb. 480. Die Preßluft wird aus dem (nicht mit abgebildeten) Hochdruckbehälter durch das Absperrventil *a*, das Druckminderungsventil *b* und das Rohr *c* in die „Arbeitsflasche" *d* geleitet und strömt von dort aus durch die Leitung *e*, das Ventil *f* und die Leitung *g* zu dem Hochdruckzylinder Z_1, um nach Ausnutzung in diesem dem Zwischenwärmer *i* und durch die Leitung *k* dem Niederdruckzylinder Z_2 zugeführt zu werden und schließlich durch die Leitung *l* und die Saugdüse *m* ins Freie zu strömen. In Bedarfsfällen kann auch durch das Ventil *n* und die Leitung *o* frische Luft unmittelbar in den Niederdruckzylinder geleitet werden.

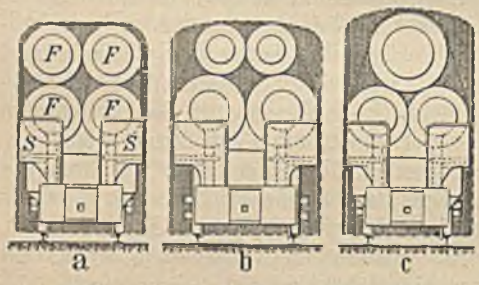


Abb. 481 a—c. Verschiedene Anordnung der Preßluftbehälter bei Schwartzkopff-Lokomotiven.

Die Vorratsbehälter (F in Abb. 481) werden jetzt, nachdem man sich anfänglich mit einem Druck von 50 Atm. begnügt hatte, meist für einen Druck von 120 bis 170 Atm. gebaut. Je nach dem Streckenquerschnitt werden die Lokomotiven je mit einem oder mit mehreren (bis zu 9) Behältern aus-

gerüstet. Durch die Unterteilung des Behälters wird das Gewicht nicht erhöht, da die kleineren Behälter wegen ihrer geringeren Beanspruchung dünnwandiger sein können. An Stelle der früheren genieteten werden jetzt nahtlos gezogene Behälter verwandt. Die Arbeitsflasche *d* (Abb. 480) erhält Preßluft, die durch das Druckminderungsventil *b* auf 12—15 Atm. gebracht worden ist. Sie besteht ebenso wie der Zwischenwärmer *i* aus einem Zylinder mit einem Einsatz von vorn und hinten offenen Rohren, durch die während der Fahrt warme Grubenluft streicht und so die durch die Entspannung abgekühlte Luft wieder anwärmt; diese Luftbewegung wird durch die Saugwirkung der Düse *m* begünstigt. Diese Vorwärmung in der Arbeitsflasche sowie die Zwischenwärmung zwischen Hochdruck- und Niederdruckzylinder ermöglichen weitgehende Ausnutzung der Entspannung der Preßluft ohne Eisbildung.

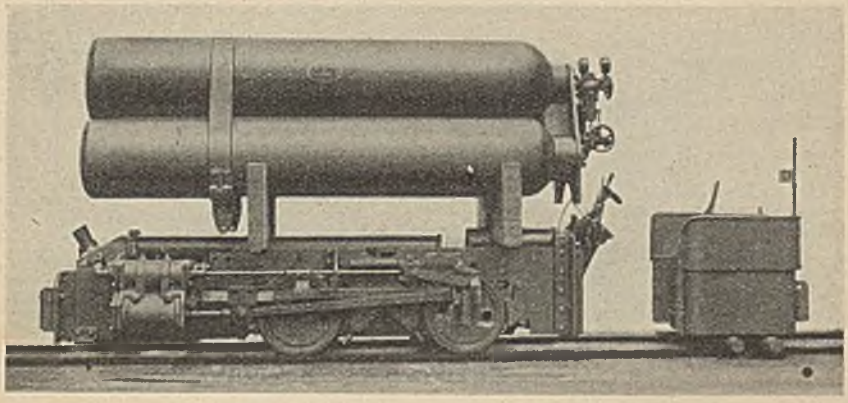


Abb. 482. Schwartzkopffsche Preßluftlokomotive im zerlegten Zustande.

Die äußere Ansicht einer Schwartzkopffschen Lokomotive liefert Abb. 482, die den Rahmen mit dem Antrieb, die 3 Luftflaschen und den Führersitz erkennen läßt. Das Getriebe wird jetzt stets außen angeordnet, um es gut überwachen und bequem ausbessern zu können, ohne dabei zu große Ansprüche an die Spurweite der Lokomotive stellen zu müssen. Die gute Bewährung der Lokomotiven mit doppelter Expansion und natürlicher Zwischenwärmung hat neuerdings auch zur Verwendung von Lokomotiven mit dreifacher Expansion, also 3 Zylindern und 2 Zwischenwärmern, geführt, die den Erwartungen bezüglich des geringeren Luftverbrauches entsprochen haben, allerdings wegen ihres verwickelteren Baues größere Sorgfalt in der Behandlung erfordern.

Die Maschinenfabrik Borsig baut auch (Abb. 483) Lokomotiven mit 2 Führersitzen, vorn und hinten, um bei Rückwärtsfahrt den Führer ohne Drehung der Lokomotive stets an der richtigen Stelle zu haben.

Eine größere Preßluftlokomotive ist etwa 4 m lang, 0,9 m breit und 1,6 m hoch. Sie hat ein Gewicht von rund 7—7,5 t und vermag bis zu 900 kg Zugkraft am Haken auszuüben und bis zu 4 m Geschwindigkeit zu entwickeln, also eine Nutzarbeit im Höchstbetrage von 48 PS zu leisten, womit sie die Benzol- und Akkumulator-Lokomotiven wesentlich übertrifft.

Der Gesamtinhalt der Behälter beträgt 1300—1500 l, was bei 150 Atm. Anfangsdruck einem Vorrat von 195—225 cbm Luft von atmosphärischer Spannung entspricht. Die Arbeitsflasche hat 40—50 l Inhalt. Mit einer Behälterfüllung kann die Lokomotive etwa 90 tkm leisten. Doch wird der Wirkungsgrad bei einem Sinken des Luftdruckes unter den gewöhnlichen Betriebsdruck sehr gering, so daß es richtiger ist, durch rechtzeitige Auffüllung stets die Erhaltung des vollen Betriebsdruckes im Hochdruckzylinder zu ermöglichen. Zum Zwecke dieser Ergänzung des Luftvorrates läßt man die Lokomotive nach jeder Rückkehr zum Schachte zur Füllstelle fahren. Auch können bei größeren Entfernungen noch im Felde Füllstellen angeordnet werden, die dann das Fahren mit vollem Druck ermöglichen und außerdem Sicherheit dagegen bieten, daß eine Lokomotive etwa wegen

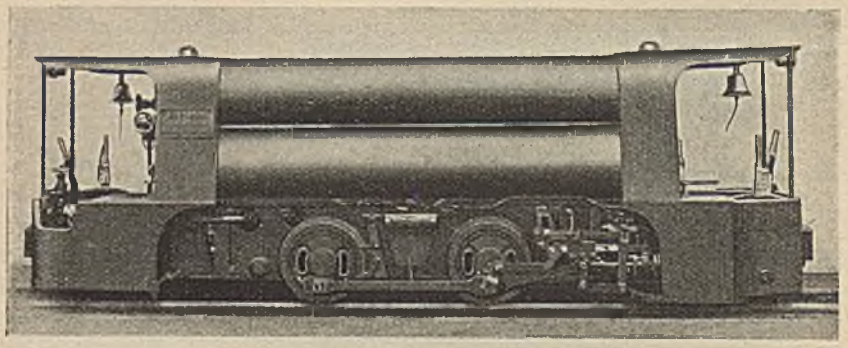


Abb. 483. Borsigsche Preßluftlokomotive mit 2 Führersitzen.

zu stark gesunkenen Druckes auf der Strecke liegenbleibt. Diese letztere Gefahr ist allerdings nicht groß, da die Lokomotiven noch mit 4 Atm. 1000 m ohne Zug fahren können.

An den Füllstellen werden bei stärkerer Förderung größere Preßluftvorräte in gruppenweise zusammengefaßten, nahtlos gezogenen Stahlbehältern untergebracht, die meist für einen Druck von 150—180 Atm. bemessen sind.

Um für den Abstand des Anschlußstutzens der Lokomotive vom Füllstutzen einen gewissen Spielraum zu bieten, führt die Firma W. Ahrend Nachf. in Oberhausen die Füllrohre als Gelenkrohre aus, die um 1—2 m in der Streckenrichtung verschiebbar sind und in den Gelenken durch besonders eingesetzte „Patronen" gedichtet werden.

Zur Erzeugung der Preßluft dient ein über Tage stehender, mehrstufiger Hochdruckkompressor. Der Kraftverbrauch der Preßluftlokomotiven ist, der geringen Wirtschaftlichkeit der Preßluft entsprechend, hoch. Er beläuft sich, am elektrisch angetriebenen Kompressor gemessen, auf etwa 0,7—1,2 KW-Std. je Nutz-tkm.[1])

84. — Vergleich der verschiedenen Lokomotivarten. Die Betriebskraft stellt sich im allgemeinen am billigsten bei der Fahrdraht-

[1]) Glückauf 1912, Nr. 13, S. 509; Bütow und Dobbelstein: Vergleichende Untersuchungen an Grubenlokomotiven.

Lokomotive, am teuersten bei der Preßluft-Lokomotive. Bei der Benzol-Lokomotive nutzt der Motor allerdings die im Brennstoff enthaltene Kraft sehr gut aus, doch wird dieser Vorteil durch den hohen Preis der Brennflüssigkeit wieder ausgeglichen, während bei der elektrischen Lokomotive, wenn sie von einem größeren Kraftwerk gespeist wird, mit sehr niedrigen Stromkosten gerechnet werden kann. Von den beiden Arten von elektrischen Lokomotiven arbeitet bei gleichen Stromkosten die Akkumulator-Lokomotive allerdings an sich etwas teurer, da bei ihr wegen der doppelten Umformung des Stromes der Gesamtwirkungsgrad nur 40 bis 50% beträgt, gegenüber einem solchen von 60—65% bei der Fahrdrahtlokomotive. Doch wirken, wie bereits auf S. 399 angeführt wurde, die geringeren Leitungs- und Anfahrverluste ausgleichend. Auch kann der Ladestrom für die Akkumulatoren billiger berechnet werden.

Auch die Betriebsicherheit ist bei der Fahrdrahtlokomotive am größten. Einerseits ist diese nicht von einem abnehmenden Kraftvorrat abhängig und anderseits beansprucht sie wegen ihrer verhältnismäßig einfachen und kräftigen Bauart geringe Sorgfalt in der Unterhaltung und verursacht wenig Ausbesserungskosten. Auch die Preßluft-Lokomotive muß nach dieser Richtung hin günstig beurteilt werden, da ihr Getriebe kräftig und widerstandsfähig ist und der Motor auch bei weitgehender Abnutzung noch arbeitet. Die Gefahr des Liegenbleibens auf offener Strecke ist nach dem oben Gesagten bei ihr nur gering. Dagegen weist die Brennstoff-Lokomotive eine größere Anzahl bewegter Teile auf, die dem Verschleiß stark ausgesetzt sind und eine sorgfältige Behandlung und ausgiebige Schmierung erfordern. Auch nötigt die Feuergefährlichkeit des Brennstoffes zu besonderer Vorsicht. Bei der Akkumulator-Lokomotive ist auf ihre Empfindlichkeit gegen mechanische Stöße und gegen unrichtige Ladung und Entladung bereits aufmerksam gemacht worden; auch sie erfordert also eine vorsichtige Behandlung.

Vorteilhaft ist ferner bei der Fahrdraht-Lokomotive, daß sie einer Erneuerung ihres Kraftvorrates nicht bedarf. Auch die Brennstofflokomotiven stehen in dieser Hinsicht günstig da, weil der Brennstoffvorrat für eine Schicht vollkommen ausreicht und nur von Zeit zu Zeit die Ergänzung des Kühlwasservorrates notwendig wird, die aber beim Vorhandensein einer Berieselungsleitung an jeder beliebigen Stelle und bei jedem erzwungenen Stillstand der Lokomotive erfolgen kann. Bei der Preßluft- und bei der Akkumulator-Lokomotive dagegen erfordert die Erneuerung des Kraftvorrates verhältnismäßig viel Zeit (vgl. Ziff. 90).

In der Raumbeanspruchung bestehen keine erheblichen Unterschiede, da alle Lokomotiven sich dem Streckenquerschnitt gut anpassen lassen. Die Fahrdraht-Lokomotive kann allerdings für sich selbst mit der geringsten Höhe auskommen, verlangt aber dafür eine ausreichende Streckenhöhe für die Drahtleitung, stellt also hinsichtlich der Höhe von allen Lokomotiven die größten Anforderungen. Die Preßluft-Lokomotiven sind wegen der Möglichkeit, ihren Querschnitt nach oben hin abnehmen zu lassen (vgl. Abb. 481 b u. c), gegenüber den Akkumulator- und Brennstoff-Lokomotiven im Vorteil.

Den verschiedenen Vorzügen der Fahrdraht-Lokomotive steht als Hauptnachteil die Abhängigkeit von dem Leitungsdraht gegenüber. Diese Leitung

verteuert die Anlage bedeutend, verursacht in der Grube größere Schwierigkeiten hinsichtlich der Unterhaltung und der Berührungsgefahr, namentlich bei druckhaftem Gebirge, ist schlagwettergefährlich und beeinträchtigt erheblich die bei der Lokomotivförderung sonst so vorteilhafte freie Beweglichkeit. Diese Übelstände müssen sich besonders in Nebenstrecken bemerklich machen, da hier einmal die Kosten für die Drahtleitungen und für die Stromrückleitung wegen der geringeren Förderung schwerer ins Gewicht fallen und ferner die Schlagwettergefahr und der Gebirgsdruck im allgemeinen größer sind.

Bei der Akkumulator-Lokomotive ist trotz des gleichfalls elektrischen Antriebes eine Schlagwettergefahr kaum vorhanden, da Funken nur an den Motoren auftreten können, diese aber sich ganz in der Nähe der Sohle befinden und außerdem mit Schlagwetterschutz versehen werden können. — Auch bei den Brennstoff-Lokomotiven ist jetzt infolge der wesentlichen Verbesserungen hinsichtlich der Füllung und des Schutzes der Ansauge- und Ausblaseöffnungen die Feuer- und damit die Schlagwettergefahr nur noch sehr gering.

Ein nur der Brennstofflokomotive anhaftender Nachteil ist die Verschlechterung der Wetter durch die Entwicklung schädlicher Gase. Allerdings sind die Verbrennungsgase bei ordnungsmäßigem Betrieb ungefährlich. Doch kann bei unrichtiger Einstellung des Gas-Luftgemisches eine nicht unbedenkliche Entwicklung von Kohlenoxyd stattfinden.

Beim Vergleich der Leistungsfähigkeit nach Größe der Züge und Fahrgeschwindigkeit steht die Fahrdraht-Lokomotive an der Spitze. An zweiter Stelle folgt die Preßluft-Lokomotive. Brennstoff- und Akkumulator-Lokomotiven dagegen eignen sich nur für geringere Leistungen; untereinander sind sie nicht sehr verschieden.

Aus diesen Erörterungen folgt, daß in solchen Gruben, in denen mit langen Zügen gefahren werden kann und große Förderleistungen erzielt werden müssen, Fahrdraht- und Preßluft-Lokomotiven den Vorzug verdienen. Von diesen sind wieder die ersteren für solche Gruben vorteilhafter, in denen infolge großer Mächtigkeit der Lagerstätten die Förderung an wenigen Punkten gesammelt, also mit sehr leistungsfähigen Lokomotiven gefördert werden kann und die Herstellung und Unterhaltung hoher Strecken keine großen Kosten verursacht. Dagegen sind für Gruben mit geringmächtigen Lagerstätten und zersplitterter Förderung (vgl. Abb. 484c und *d* auf S. 407) Preßluftlokomotiven angebracht. — Für kleine Fördermengen sind am besten Brennstoff-, nächst ihnen Akkumulator-Lokomotiven geeignet. Doch können beide auch in Gruben mit größeren Fördermengen vorteilhaft Verwendung finden, wenn die Verhältnisse die Zusammenstellung größerer Züge nicht gestatten. Für schlagwettergefährliche Gruben kommen in erster Linie Preßluft-, in zweiter Akkumulator-Lokomotiven in Frage, während Brennstoff- und Fahrdraht-Lokomotiven hier weniger geeignet sind.

5. Beurteilung der Lokomotivförderung. Lokomotivbetrieb.

85. — Vergleich zwischen Lokomotivförderung und Förderung mit endlosem Zugmittel. Vor der Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende hat die Lokomotivförderung zwei wertvolle Eigenschaften voraus, nämlich ihre Anpassungsfähigkeit an die Betriebsverhältnisse und die ver-

ringerte Bedeutung von Betriebstörungen. Anpassungsfähig ist diese Förderart wiederum in doppelter Hinsicht. Einmal kann man mit allmählich zunehmender Fördermenge und -länge mehr und mehr Lokomotiven einstellen und bei allmählichem Übergang der Förderung von einer höheren auf eine tiefere Sohle die Maschinen nach und nach auf die letztere herübernehmen; ebenso kann die Größe der einzelnen Maschinen dem Bedarf angepaßt werden. Es verringern sich dadurch die Verzinsungs- und die laufenden Betriebskosten. Und zweitens können Zweigstrecken, die eine für feststehende Maschinen zu geringe Fördermenge liefern, mit Lokomotiven noch vorteilhaft bedient werden, indem man z. B. nur einmal in der Schicht eine Lokomotive hineinfahren läßt. Betriebstörungen an der Maschine aber, die bei feststehenden Maschinen sogleich den ganzen Betrieb lahmlegen, erfassen hier immer nur eine verhältnismäßig kleine Fördermenge und lassen sich überdies, wenn sie ernsterer Natur sind, durch Einstellung einer Aushilfsmaschine leicht beheben.

Ein wesentlicher Vorzug der Lokomotivförderung ist ferner ihre Unabhängigkeit von Krümmungen, deren Durchfahrung weder besondere Vorkehrungen erfordert noch auch Schwierigkeiten verursacht. Dadurch entfällt nicht nur die vielfach lästige Notwendigkeit, alle Hauptförderstrecken nach Möglichkeit schnurgerade aufzufahren, sondern es wird auch die Befahrung von Zweigstrecken aller Art ohne weiteres ermöglicht. Außerdem gestattet die Lokomotivförderung eine größere Geschwindigkeit (3—5 m/Sek.), weil keine Ankuppelung von Wagen während der Bewegung stattfindet und die Schienenbahn schon wegen des Gewichtes der Lokomotiven so sorgfältig ausgeführt und unterhalten werden muß, daß größere Geschwindigkeiten unbedenklich sind. Dadurch werden Wagen und Lokomotiven bedeutend besser ausgenutzt, so daß man mit einer geringeren Wagen- und Lokomotivenzahl auskommt. Dazu kommt noch, daß Verschiedenheiten im Gefälle keine Schwierigkeiten machen und insbesondere auch Verschiebungen des Gefälles während des Betriebes durch Quellen der Sohle nicht von erheblicher Bedeutung sind. Auch ist für viele Fälle die Möglichkeit der Mannschaftsförderung mit Hilfe von Lokomotiven (Ziff. 89) von großer Bedeutung.

Für die Bergewirtschaft bietet die Lokomotivförderung den großen Vorteil, daß die Betriebsleitung den einzelnen Bremsberg- und Stapelanschlägen die erforderlichen Bergewagen zwangsläufig zuführen lassen kann, wogegen bei Seil- und Kettenförderungen ihre Entnahme in das Belieben der einzelnen Anschläger gestellt ist. Infolgedessen ist die Einführung der Lokomotivförderung durch den allgemeinen Übergang zum Abbau mit Bergeversatz, insbesondere durch den großen Bedarf an „fremden" Bergen, wie er den Rutschenbau kennzeichnet, wesentlich gefördert worden.

Diese Vorzüge kommen allerdings nicht bei allen Lokomotiven in gleichem Maße zur Geltung. Vielmehr ergeben sich bei den Fahrdraht-Lokomotiven ähnliche, wenn auch geringere, Schwierigkeiten wie bei der Seilförderung. Die Förderung aus Nebenstrecken kann hier wegen der notwendigen Verlegung von Drahtleitungen nicht bei beliebig kleinen Fördermengen erfolgen, und die Unterhaltung der Leitungen sowie ihre Erhaltung in der richtigen Höhenlage verursacht bei quellendem Liegenden erhebliche Übelstände.

Aber auch für die anderen Arten von Lokomotiven sind gewisse Nachteile nicht zu verkennen. Zunächst macht das große Gewicht der Maschinen schwere und teure Schienen und Schwellen erforderlich. Auch erhöht dieses mitzubewegende tote Gewicht der Lokomotive den Kraftbedarf nach Ziff. 78 wesentlich. Nachteilig ist ferner der Verschiebebetrieb an den Anschlagspunkten, da die Lokomotivförderung gewissermaßen „stoßweise" arbeitet und die Ansammlung größerer Wagenmengen an diesen Stellen mit sich bringt. Dieser Verschiebebetrieb erfordert größeren Raum für besondere Gleisanlagen sowie andere Vorkehrungen, legt auch größere Wagenmengen als Wechselwagen fest und drückt so die Wagenersparnis durch die größere Fördergeschwindigkeit wieder herab. Zudem stellen die Lokomotiven an die Breite (und teilweise auch an die Höhe) der Förderstrecken größere Anforderungen als die Pferde- und Seilförderung. Ferner darf nicht übersehen werden, daß die größere Fördergeschwindigkeit nicht nur möglich, sondern auch notwendig ist, wenn die Ausgaben für Lokomotiven und Führerlöhne nicht zu groß werden sollen, und daß diese Geschwindigkeit den Betrieb gefährlicher macht.

Für die Bergeförderung ins Feld steht dem vorhin gewürdigten Vorzug der Lokomotivförderung der Nachteil gegenüber, daß in allen Fällen, wo nicht geschlossene Bergezüge den einzelnen Anschlägen zugeführt werden können, sich der unwirtschaftliche Betrieb des Abhängens einzelner Gruppen von Bergewagen und dementsprechend der unvollkommenen Ausnutzung der Lokomotiven (s. Ziff. 87) ergibt.

86. — Abgrenzung der Anwendungsgebiete der Lokomotiv- und Seilförderung. Am einfachsten lassen sich die Förderarten mit feststehenden und beweglichen Maschinen mit Hilfe der schematischen Zeichnungen in den Abbildungen 484*a*—*e* vergleichen. Eine Förderung nach Abb. 484*a*, bei der es sich um die Fortschaffung einer durch den blinden Schacht *h* aus einer besonderen Flözgruppe gehobenen größeren Fördermenge zum Hauptschachte *s* handelt, ist für die Förderung mit endlosem Zugmittel wegen des Fehlens von Krümmungen nicht ungünstig, bringt aber, da keine Zwischenanschläge vorhanden sind, ihre besonderen Vorzüge nicht zur Geltung. Hier würde auch eine Lokomotivförderung sehr günstig arbeiten können, weil die Maschinen glatt durchfahren, also ihre Geschwindigkeit voll ausnutzen können und die durch den Verschiebebetrieb bedingten Gleisanlagen und Betriebserschwerungen auf das denkbar geringste Maß herabgedrückt sind. Namentlich wenn nur geringe oder zeitlich stark wechselnde Fördermengen auf solche Längen zu fördern sind, ist die Lokomotivförderung vorzuziehen. Denn dann kann man sich durch Zahl und Stärke der Lokomotiven der Förderleistung gut anpassen, wogegen die Ausgaben für ein Seil wegen der geringen Ausnutzung schwer ins Gewicht fallen. Bei den Förderungen nach Abb. 484*b*, *c* und *d* handelt es sich um solche mit Zwischenanschlägen. Und zwar liegen die Verhältnisse in Abb. 484*b* so günstig wie nur möglich für die Seil-, dagegen ungünstig für die Lokomotivförderung. Infolge der Geradlinigkeit der Strecke nämlich ist der Seilverschleiß sehr gering. Die vielen Zwischenanschläge zeigen die Fähigkeit der Seilförderung zu deren Bedienung in hellem Lichte, während die Löhne für die Bedienung an diesen Stellen wegfallen, da als „Zubringer" Stapelschächte dienen und die Anschläger für

diese gleichzeitig das An- und Abkuppeln der Wagen besorgen. Lokomotivförderung dagegen würde sich hier nicht bewähren können. Denn entweder müßten die einzelnen Maschinen an jedem Anschlag halten, um leere Wagen abzugeben und auf der Rückfahrt volle Wagen mitzunehmen; sie würden dann hinsichtlich der Geschwindigkeit sowohl wie der Förderlast nur sehr schlecht ausgenutzt werden. Oder jede Lokomotive müßte bei jeder Fahrt

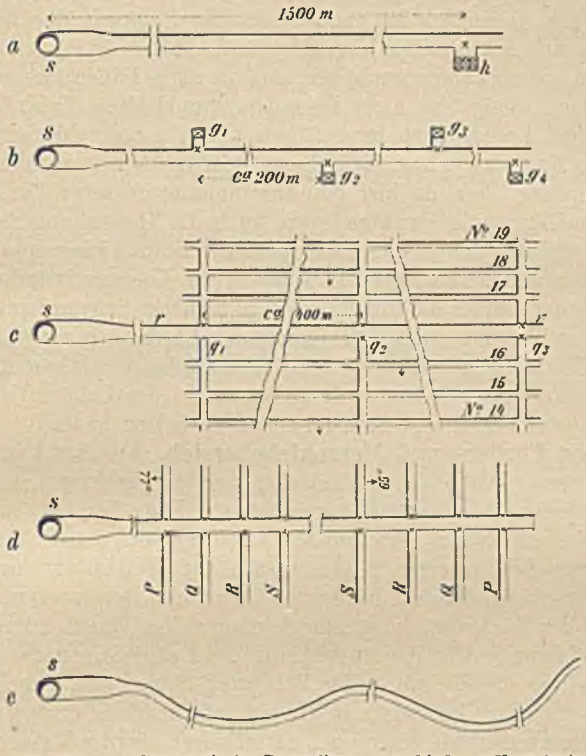


Abb. 484*a—e*. Schematische Darstellung verschiedener Verhältnisse bei der Streckenförderung. (Die Kreuzchen bezeichnen die Anschläge.)

nur einen Anschlag bedienen. Dann würden aber an allen Anschlägen besondere Verschiebebahnhöfe eingerichtet und größere Wagenzüge angesammelt werden müssen, und es würde sich außerdem ein verwickelter und schwer zu regelnder Betrieb ergeben.

Ungünstiger für die Seil- und günstiger für die Lokomotivförderung gestalten sich die Verhältnisse nach Abb. 484*c* und *d*. In Abb. 484*c* münden auf eine Richtstrecke Abteilungsquerschläge als Zubringer. Es ergeben sich so allerdings in den letzteren größere Fördermengen, die den Betrieb besonderer Seilbahnen für sie lohnend machen können, während die Zahl der Anschläge an der Hauptbahn und demgemäß die Bedienungskosten herabgedrückt sind. Auf der anderen Seite bewährt sich hier aber auch die Beweglichkeit der Lokomotivförderung, da die Lokomotiven ohne weiteres auch

in die Abteilungsquerschläge fahren können. Unbedingt vorzuziehen ist die Lokomotivförderung unter Verhältnissen nach Abb. 484*d*, wo es sich um einen Hauptquerschlag mit einmündenden Grundstrecken *PQRS* handelt, weil hier die Fähigkeit der Lokomotiven, nach Bedarf von beliebigen Stellen zu fördern, voll zur Geltung kommt, dagegen bei Seilförderung die Kosten durch die großen Ausgaben für Anschlägerlöhne und durch die unverhältnismäßig teure Zubringeförderung ganz wesentlich gesteigert werden.

Ohne weiteres ersichtlich ist endlich die Überlegenheit der Lokomotivförderung in stark gekrümmten Strecken nach Abb. 484*e*.

Im übrigen ist noch hervorzuheben, daß in allen Fällen, wo es sich bei gutem oder doch wenigstens nicht besonders druckhaftem Gebirge um den Abbau mächtiger Lagerstätten handelt, wie z. B. im oberschlesischen Steinkohlen- und im Kalisalzbergbau, die Lokomotivförderung von vornherein einen gewissen Vorsprung hat, da hier die Ansammlung größerer Fördermengen an verhältnismäßig wenig Punkten sowie auch die Herstellung der nötigen Streckenquerschnitte und die Anlage größerer Verschiebebahnhöfe keine besonderen Schwierigkeiten bietet. Ebenso ist die Lokomotivförderung dort im Vorteil, wo der Absatz der Mineralien regelmäßigen Schwankungen unterliegt und zeitweilig eine starke Erhöhung der Förderung notwendig wird. Hier würde eine Seilbahn während des größten Teiles des Jahres mit unvollkommener Ausnutzung arbeiten, wogegen man bei der Lokomotivförderung sich durch Einstellung von Aushilfslokomotiven helfen kann.

87. — Der Förder- und Verschiebebetrieb. Für den Förderbetrieb mit Lokomotiven ergeben sich grundsätzlich zwei Möglichkeiten.[1]) Entweder nämlich wird jeder Anschlag durch geschlossene Züge bedient, so daß jede Fahrt nur zwischen dem zu versorgenden Anschlage und dem Schachte stattfindet, oder von den einzelnen Zügen werden auf der Hinfahrt an den verschiedenen Anschlägen die dort benötigten leeren und Bergewagen abgehängt und dafür auf der Rückfahrt die entsprechenden vollen Wagen mitgenommen. Das erste Verfahren ist für die Ausnutzung der Lokomotiven durchaus vorzuziehen, da diese ständig mit voller Belastung fahren und keine Zeit- und Kraftverluste durch Stillstände mit den entsprechenden Verzögerungs- und Beschleunigungsabschnitten eintreten. Es erfordert allerdings einen größeren Wagenpark wegen der Festlegung einer größeren Wagenzahl und dementsprechend auch größere Bahnhöfe an den einzelnen Anschlägen, macht auch eine genaue Zuteilung der Berge- und leeren Wagen nach einem vorher festgesetzten Verteilungsplan notwendig. — Im Gegensatz dazu ergibt sich beim Verfahren mit Abhängen und Ankuppeln an den einzelnen Anschlägen eine schlechte Ausnutzung der Lokomotiven und ein zeitraubender und umständlicher Verschiebebetrieb, namentlich bei gemischten, aus leeren und Bergewagen zusammengesetzten Zügen. Anderseits kommt man bei solcher Bedienungsweise mit kleinen Bahnhöfen und weniger Wechselwagen aus.

Nach Möglichkeit sollte immer mit geschlossenen Zügen gefördert werden. Die Vorzüge dieses Förderbetriebes treten besonders bei einer geringeren Zahl von Anschlägen hervor, weil dann die Bahnhöfe von geringerer Be-

[1]) Vgl. Glückauf 1921, Nr. 20, S. 453 u. f.; Matthiaß: Planmäßiger Ausgleich von Schwankungen der Förderung.

deutung sind und anderseits größere Fahrtlängen in Betracht kommen, bei denen die mangelhafte Ausnutzung, wie sie das andere Förderverfahren mit sich bringt, sich besonders ungünstig bemerklich machen würde.

Der Verschiebebetrieb auf den Bahnhöfen am Füllort und im Felde kann durch die Lokomotiven selbst oder durch besondere Hilfsmittel erfolgen. Beispiele für das erstere Verfahren am Füllort liefern die Abbildungen 485*a*—*c*, in denen der Übersichtlichkeit halber die verschiedenen Voll- und Leergleise in je 1 Linie zusammengefaßt sind. Bei der Anlage nach Abb. 485*a*[1]) fährt die Lokomotive mit dem vollen Zug in das Gleis *v* ein, zieht den Zug bis zur Weiche I vor und fährt sodann durch diese in das Gleis *l*, in diesem zurück und durch Weiche II hinter den vollen Zug. Diesen drückt sie bis zum Schachte, um sodann durch Weiche II abermals ins Leergleis *l* zu fahren und sich vor den mittlerweile dort gebildeten leeren Zug zu setzen. Einfacher

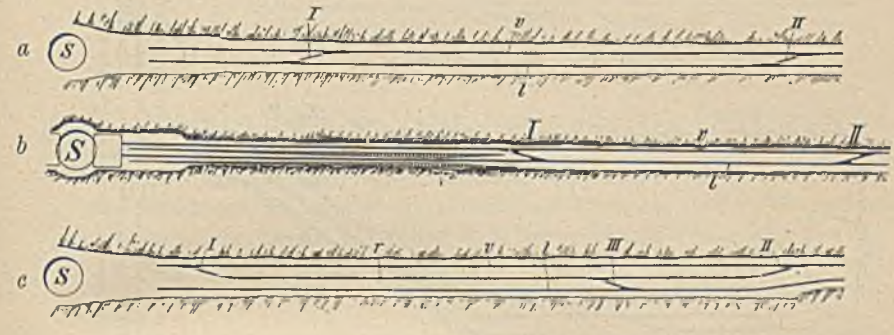


Abb. 485*a*—*c*. Beispiele für den Verschiebebetrieb mittels Lokomotiven an Füllorten mit einseitiger Bedienung.

und rascher wird die Aufgabe gelöst, wenn die Lokomotive, an der Weiche I angekommen und vom vollen Zuge abgekuppelt, mit diesem durch eine Kette verbunden wird, so daß sie, im leeren Gleis *l* hin- und herfahrend, den vollen Zug im Gleis *v* soweit heranbringen kann, bis sie auf den leeren Zug stößt, den sie dann allmählich vorzieht, bis er seine volle Wagenzahl hat. Bei stärkerer Förderung legt man (Abb. 485*b*) die Weiche I weiter zurück und läßt die leeren Wagen vom Schachte aus mit Gefälle bis zu einem tiefsten Punkt vor dieser Weiche laufen, von dem aus die Lokomotive sie dann abholt. Kürzer baut sich der Bahnhof, wenn man nach Abb. 485*c*[1]) ein besonderes Verschiebegleis *r* einlegt, in dem die Lokomotive, den vollen Zug in einzelnen Wagengruppen mittels Kette vorwärts bewegend, hin- und herfährt, und die leeren Wagen mit etwas Gefälle bis zur Weiche III laufen läßt, wo die mittlerweile durch diese Weiche in das Gleis *l* eingefahrene Lokomotive sie in Empfang nimmt. Auf diese Weise kann man den vollen Zug durch die Lokomotive bis nahe zum Schachte bringen, ohne diese durch leere Wagen zu stören.

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, S. 651; Paehr: Erfahrungen mit Grubenlokomotiven beim Steinkohlenbergbau im Oberbergamtsbezirk Dortmund.

Die Füllortanlage nach Abb. 486[1]) ist zum Durchschieben eingerichtet; die leeren Wagen werden im Umbruchgleis *l* gesammelt. Die Lokomotive zieht den vollen Zug durch das Gleis *v* bis zur Weiche I, fährt durch *r* zur Weiche II zurück, drückt den vollen Zug vor und holt nunmehr, durch Weiche III fahrend, den leeren Zug aus dem Umbruch ab.

Dieser Verschiebebetrieb mittels der Lokomotiven selbst hat den Nachteil, daß diese dadurch sehr in Anspruch genommen werden und nur mangelhaft ausgenutzt werden können. Dieser Übelstand fällt um so mehr ins Gewicht, je größer und teurer die Lokomotiven sind. Anderseits fahren aber gerade solche Lokomotiven mit den längsten Zügen, für die der Verschiebebetrieb am wichtigsten ist. Man entlastet daher vielfach die Lokomotiven von diesen Nebenarbeiten. In einfacher Weise kann das dadurch geschehen, daß eine kleine Seil-[2]) oder Kettenbahn[3]) (letztere am besten mit unterlau-

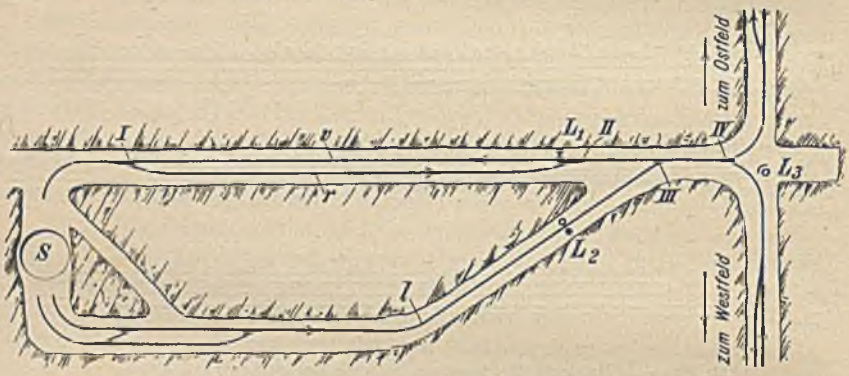


Abb. 486. Füllort für Durchschiebebetrieb und mit Stellwerk für Lokomotivförderung.

fender Kette) am Füllort eingerichtet wird, so daß die Lokomotive den Zug dieser nur zuzubringen braucht und sich gleich wieder vor den durch dieselben Hilfsmittel schon bereitgestellten leeren Zug setzen kann (vgl. Abb. 593 auf S. 510). Ein anderes Mittel ist die Herstellung einer Gefällestrecke. Die Lokomotive zieht dann, ähnlich wie das bei der Förderung mit Seil ohne Ende geschieht, den vollen Zug gemäß Abb. 487 *a* eine schiefe Ebene hinauf und auf der anderen Seite wieder herab, um dann in das Leergleis herüberzufahren, während der volle Zug zunächst durch eine Hemmvorrichtung festgehalten und dann abschnittsweise zum Schachte laufen gelassen wird. Auch kann man der Lokomotive noch das Hinaufziehen auf die schiefe Ebene abnehmen, indem man das Füllort um eine entsprechende Höhe tiefer legt und diese Höhe durch eine Kettenbahn für die leeren Wagen wieder einbringen läßt. Oder die Lokomotive drückt (Abb. 487 *b*, vergl. auch Abb. 485 *b*) den vollen Zug auf einer söhligen Ebene

[1]) Glückauf 1911, Nr. 48, S. 1871; Kliver: Die Verwendung von Stellwerken bei der elektrischen Lokomotivförderung unter Tage.

[2]) Glückauf 1907, Nr. 18, S. 529; Wex: Versuche mit Grubenlokomotiven verschiedener Systeme.

[3]) Glückauf 1911, Nr. 19, S. 750; Die Verwendung von Kettenbahnen am Füllort.

vor, während die leeren Wagen selbsttätig ablaufen und die Lokomotive sie aus der so gebildeten Mulde wieder heraufziehen muß. Bei der Ausführung nach Abb. 487*a* ergibt sich das Bedenken, daß die vollen Wagen, wenn sie nicht genügend gesichert werden, durchgehen und in den Schacht laufen können. Man muß daher dann für zuverlässige Sicherungseinrichtungen sorgen oder das Gefälle auf die volle und leere

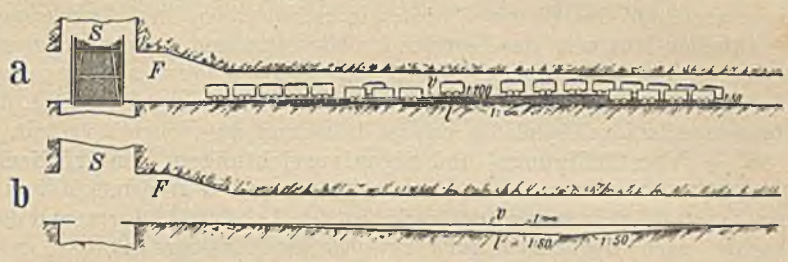


Abb. 487 a und b. Füllortbedienung mit Benutzung von Gefälle.

Bahn verteilen, so daß die vollen Wagen mit entsprechend geringerer Beschleunigung dem Schachte zulaufen.

Derartige Einrichtungen eignen sich besonders für den Durchschiebebetrieb an den Füllörtern, weil dieser die vollständige Trennung und beliebige Ausgestaltung der Gleise für die vollen und leeren Wagen ermöglicht.

An Stapel- und Bremsberganschlägen ist in der Regel genügend Raum vorhanden, um die vollen und leeren Gleise hintereinander, statt neben-

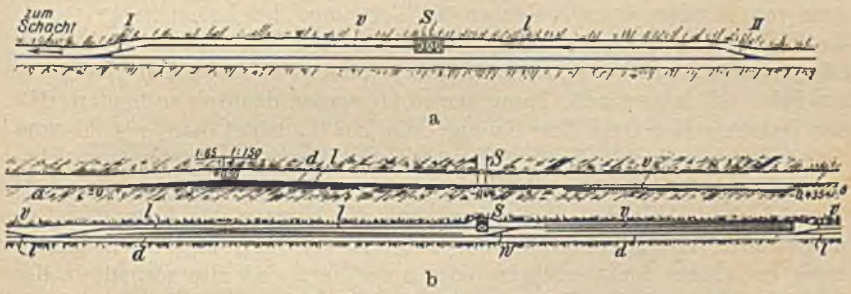


Abb. 488 a und b. Stapelbahnhöfe.

einander, zu legen. Eine derartige Bahnhofsanlage wird meist auch schon durch den Gebirgsdruck geboten, der mit möglichst geringer Breite auszukommen nötigt. Solche Bahnhöfe veranschaulichen die Abbildungen 488*a* und *b*, in denen für die Wagenbewegung ein vom Durchgangsgleise abzweigendes Gleis vorgesehen ist, das vor dem Anschlag die leeren, hinter ihm die vollen Wagen aufnimmt. Die vom Schachte kommende Lokomotive fährt nach Abb. 488*a* bis ganz über die Weiche II hinaus und drückt dann, rückwärts fahrend, den leeren Zug in das Gleis *l*, um darauf durch Weiche II zurück und zur Weiche I zu fahren und dort den vollen Zug aus dem Gleis *v* abzuholen. Bei der Anlage nach Abb. 488*b* wird die Lokomotive an der vorderen Weiche vom leeren Zuge abgekuppelt und zieht diesen, indem sie

selbst im Durchfahrtsgleis *d* weiterfährt, mit Hilfe einer Kette in das Gleis *l*, fährt dann durch die Weiche II und holt den im Gleis *v* angesammelten vollen Zug ab. Bei dieser Betriebsweise wird der Zeitaufwand für den Verschiebebetrieb auf das Mindestmaß beschränkt. Auch hier kann man die Bedienung des Fördergestelles durch Gefälle erleichtern, indem man entweder die leeren Wagen eine schiefe Ebene hochzieht oder -drückt und die vollen Wagen am Ende des Gleises *v* wieder in Schienenhöhe dem Durchgangsgleis zulaufen läßt oder das Leergleis *l* söhlig führt und nur das Vollgleis *v* abfallen läßt, so daß die vollen Wagen von der Lokomotive aus einer Vertiefung herausgeholt werden müssen, oder endlich nach Abb. 488 *b* das Gefälle annähernd gleichmäßig auf das Leer- und das Vollgleis verteilt.

88. — **Verständigungs- und Signalvorrichtungen. Unterirdische Lokomotivwerkstätten.** Wo Lokomotivförderung in größerem Maßstabe umgeht, ist dafür zu sorgen, daß zwischen den Lokomotivführern und dem Schachte, nach Möglichkeit auch zwischen den Lokomotivführern unter sich, eine Verständigung möglich wird, um die Züge nach Bedarf verteilen und Zeitverluste vermeiden zu können. Außerdem erfordert die Unfallverhütung Signalvorrichtungen. Für den Signaldienst hat man teilweise Signal- und Blockierungsvorrichtungen vom Eisenbahnbetriebe herübergenommen. Zunächst kommen rote und grüne Lampen als Signale für „Halt" und „freie Fahrt" zur Verwendung. Ferner kann man Zentralweichenstellwerke einrichten, die derartig arbeiten, daß gleichzeitig mit der Freigabe einer Weiche auch die entsprechende Signalisierung erfolgt. Eine solche Anlage deutet Abb. 486 an. Hier ist bei L_3 der Raum für den Weichensteller zu denken, der auf Grund seiner Aufzeichnungen oder auf Veranlassung von Fernsprechermitteilungen die Verteilung der Lokomotiven regelt. Zu diesem Zwecke stellt er jeweilig die Weiche bei IV auf Fahrt nach Osten oder Westen, so daß der Lokomotivführer ohne weiteres in den gewünschten Feldesteil fahren muß. Zusammenstöße werden dadurch verhindert, daß der Weichensteller eine rote Lampe, die bei L_3 hängt und sowohl vom Schachte als auch von der östlichen und westlichen Richtstrecke aus sichtbar ist, nach der Seite hin, die freie Fahrt erhalten soll, durch einen drehbaren Schirm abblendet. Außerdem sind die Lampen bei L_1 und L_2 so miteinander verbunden, daß entweder bei L_1 ein rotes und bei L_2 gleichzeitig ein grünes Licht erscheint oder umgekehrt, daß also niemals in der Füllortstrecke und dem Umbruch gleichzeitig gefahren werden kann.

Ähnliche Einrichtungen hat man auch so getroffen, daß man durch selbsttätige Signalisierung und Blockierung die Verteilung der Lokomotiven auf die einzelnen Feldesteile und die Verhütung von Zusammenstößen auch ohne einen Weichensteller ermöglicht hat.[1]) Man läßt dann durch Kontakte, die durch die Lokomotiven selbsttätig geschlossen werden und auf eine Zahlenscheibe wirken, den an der Weiche ankommenden Lokomotivführern die Zahl der in einen Feldesteil gefahrenen Züge angeben und außerdem durch den in eine Weiche einfahrenden Zug die Lichter für die anderen, in diese Weiche einmündenden Gleise auf „Halt" stellen.

---

[1]) Glückauf 1910, Nr. 42, S. 1658; Meyer: Selbsttätige Signalvorrichtung zur Sicherung des Betriebes elektrischer Lokomotiven.

Verständigungsmöglichkeiten können dadurch geschaffen werden, daß man ähnlich wie bei der Seilförderung ein Schwachstromkabel in den Förderstrecken verlegt und durch Zugkontakte in Verbindung mit diesem vereinbarte Glockensignale gibt. Doch ist die unmittelbare und uneingeschränkte Verständigung durch Fernsprecheinrichtungen vorzuziehen, die Mißverständnisse ausschließt. Es genügt dann ein blanker Draht aus Bronze u. dgl., an den der Lokomotivführer seinen Fernsprecher einfach anhängt, um durch

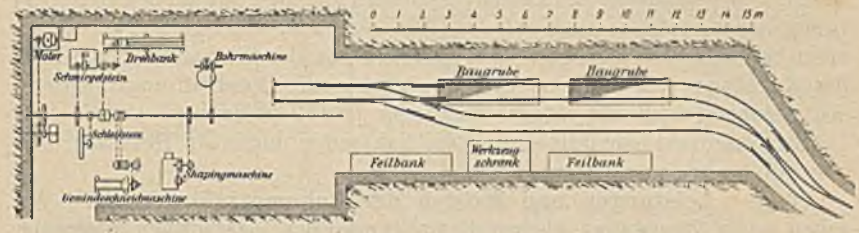


Abb. 489. Unterirdische Lokomotivkammer und -werkstatt auf Zeche Minister Stein bei Dortmund.

ein verabredetes Klingelzeichen die gewünschte Stelle anzurufen; als Rückleitung dient das Gebirge.

Wegen der Umständlichkeiten, mit denen die Aus- und Einförderung der Lokomotiven im Schachte verbunden ist, sind unterirdische Räume mit möglichst weitgreifenden Einrichtungen für die Prüfung, Instandhaltung und Ausbesserung der Lokomotiven einzurichten. Ein Beispiel für eine gut ausgestattete Lokomotivkammer und -werkstatt gibt Abb. 489,

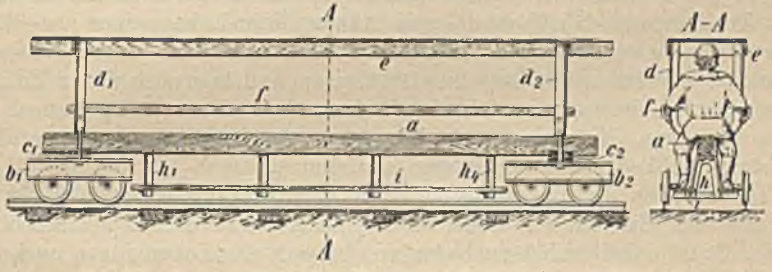


Abb. 490. Mannschaftswagen („Wurstwagen") für Lokomotivförderung.

aus der sich ohne nähere Erläuterung die vorhandenen Einrichtungen ergeben. Die Baugruben sollen die Lokomotiven von unten zugänglich machen und so die Arbeiten erleichtern. Neuerdings baut man zum gleichen Zwecke auch Hebevorrichtungen ein, bestehend in Gestellen mit vier Schraubenspindeln, zwischen denen die Lokomotive aufgehängt wird, um durch Drehung der Spindeln oder der Aufhängemuttern mittelst eines Schneckengetriebes auf- und abbewegt werden zu können.

89. — **Mannschaftsfahrung mit Lokomotiven.** Die Möglichkeit der Beförderung von Leuten ist ein wesentlicher Vorzug der Lokomotivförderung. Die rasche Beförderung ermöglicht außer der Abkürzung der Anfahrzeit und der geringeren Ermüdung der Leute vor Beginn der Arbeit

auch die schnellere Wiederaufnahme der Förderung in Strecken, die zu eng sind, als daß in ihnen während des Betriebes maschineller Förderung die Belegschaft ein- und ausfahren könnte. Es kann also, anders ausgedrückt, die Anlage besonderer Anfahrwege in solchen Strecken gespart werden.

Als Wagen dienen entweder die gewöhnlichen Förderwagen, in die Sitzbretter gelegt werden, oder besonders dazu gebaute Mannschaftswagen, wie z. B. der Wagen nach Abb. 490[1]), auf dessen Balken *a* die Leute rittlings sitzen, wobei sie sich an den Latten *f* festhalten und die Füße auf den Brettern *i* ruhen lassen; letztere sind auf den Winkeleisen h_1-h_4 durch Querwinkeleisen befestigt. Die Drehgestelle $b_1 b_2$, von denen der Sitzbalken *a* mit Hilfe der Kugellager $c_1 c_2$ getragen wird, ermöglichen die Durchfahrung schärferer Krümmungen auch mit langen Wagen für je 24—30 Mann.

Bei Fahrdrahtlokomotiven sind die Fahrenden durch ein Holzdach (*e* in der Abbildung) zu schützen.

90. — **Leistungen und Kosten der Lokomotivförderung.**[2]) Wie schon in Ziff. 78 erwähnt, bleiben die Leistungen der Lokomotiven infolge der außer der eigentlichen Zugarbeit noch zu leistenden Nebenarbeiten und infolge der Stillstände und Zeitverluste durch Verschiebebetrieb und Ergänzung des Kraftvorrates weit hinter den theoretisch möglichen zurück. Sie können unter den Verhältnissen des Ruhrkohlenbezirkes bei guter Ausnutzung im Mittel für Lokomotiven von 12—15 PS auf 110—150 tkm, für solche von 30—35 PS auf 300—350 tkm in der 7stündigen Schicht veranschlagt werden. Bergeförderung ins Feld erhöht die Leistung wegen der Ausnutzung der sonst nur für die Leerfahrt verbrauchten Arbeit. Welche Rolle die Zeitverluste spielen, zeigen Versuche im Ruhrbezirk,[3]) nach denen der Verschiebebetrieb 40—60% der ganzen Arbeitszeit und der Zeitaufwand für die Erneuerung des Kraftvorrates bei Preßluft- und Akkumulator-Lokomotiven 10—20% dieser Zeit beanspruchte. Je kürzer die Schichtdauer ist, um so schwerer fallen diese Verluste ins Gewicht. Im übrigen sind hier noch die in Ziff. 87 gebrachten Erörterungen über den Lokomotivbetrieb im allgemeinen zu berücksichtigen. Mit zunehmender Förderlänge wächst die Ausnutzungsziffer, da dann die Bedeutung der Pausen abnimmt.

Die Kosten der Lokomotivförderung belaufen sich auf etwa 8—12 ₰ für das tkm. Sie sind also höher als diejenigen der Förderung mit Seil ohne Ende. Es ist dabei freilich zu bedenken, daß mit den Lokomotiven auch die Nebenstrecken mit ihren ungünstigeren Verhältnissen befahren werden, daß also dieser Satz auch die erhöhten Ausgaben für die Zubringeförderung einschließt, was bei den oben (S. 384) für die Seilförderung angegebenen Kosten nicht der Fall ist. Anderseits jedoch sind hier die mittelbaren Kosten für Streckenerweiterung und Oberbau nicht berücksichtigt, da sie im einzelnen

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1907, S. 127; Versuche und Verbesserungen.

[2]) Näheres s. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, S. 647; Paehr: Erfahrungen mit Grubenlokomotiven usw. — Daselbst 1911, S. 673; Wendriner: Erfahrungen bei der maschinellen Streckenförderung auf den Steinkohlengruben Oberschlesiens. — Glückauf 1912, Nr. 12, S. 461 u. f.; Bütow u. Dobbelstein: Versuche mit Grubenlokomotiven verschiedener Systeme.

[3]) S. den unter [2]) genannten Aufsatz von Bütow u. Dobbelstein, S. 477, 482, 484.

Falle zu verschieden ausfallen[1]). — Einen Anhalt für die im einzelnen erwachsenden Ausgaben bei den verschiedenen Lokomotiven liefert die nachstehende Zahlentafel, die gleichzeitig den Anteil der einzelnen Posten in Prozenten der Gesamtsumme sowie die Förderlängen und die Leistungen und Stärken der Lokomotiven erkennen läßt.

Durchschnittliche Kosten der verschiedenen Lokomotivförderungen je Nutz-tkm und ihre prozentuale Verteilung auf die einzelnen Posten.

Art der Lokomotive	mittlere Förderlänge m	Nutz-tkm in 7 Stunden	Stärke der Lokomotive PS	Kosten je Nutz-tkm für: Triebkraft ₰ %	Löhne ₰ %	Unterhaltung ₰ %	Putz- und Schmiermittel ₰ %	Tilgung und Verzinsung ₰ %	insgesamt ₰ %
Brennstoff-Lokomotiven .	1000–1200	100—120	12—14	1,9 *16,0*	5,4 *45,3*	1,2 *10,1*	0,7 *5,9*	2,7 *22,7*	11,9 *100,0*
Fahrdraht-Lokomotiven . .	1500–1600	210—250	20—25	0,7 *8,9*	2,4 *30,4*	1,3 *16,5*	0,2 *2,5*	3,3 *41,7*	7,9 *100,0*
Akkumulator-Lokomotiven	1100—1200	140—160	18—20	1,0 *8,1*	4,4 *35,5*	3,2 *25,8*	0,2 *1,6*	3,6 *29,0*	12,4 *100,0*
Preßluft-Lokomotiven . .	1000—1100	190 —210	20—25	1,5 *16,5*	2,3 *25,3*	1,3 *14,3*	0,5 *5,5*	3,5 *38,4*	9,1 *100,0*

Die Kosten werden sich stets dort besonders niedrig stellen, wo die Verhältnisse es gestatten, mit starken Lokomotiven zu fahren, da wenige große Maschinen erstens an sich billiger in Anschaffung und Unterhaltung werden als eine größere Anzahl kleiner und zweitens auch geringere Ausgaben für Führerlöhne verursachen. So werden für eine Förderung im Minettebergbau die Kosten je tkm bei Verwendung von Fahrdraht-Lokomotiven von je 112 PS mit nur 2,3 ₰ angegeben[2]).

Hinsichtlich der Zuglängen ist zu bedenken, daß bei zu kleinen Zügen der Bedarf an Lokomotiven und Lokomotivführern zu groß und der Betrieb zu unübersichtlich wird, wogegen bei zu langen Zügen die Förderung an Anpassungsfähigkeit verliert, der Förderausfall beim Versagen einer Lokomotive zu groß wird, die Wagenkuppelungen zu stark beansprucht und die Bahnhöfe unvorteilhaft groß werden. Im allgemeinen kann man die Zuglängen um so größer nehmen, je geringer die Zahl der zu bedienenden Anschläge ist. Die meist üblichen Zugeinheiten bestehen aus 25—40 Wagen, doch kommen namentlich beim Durchfahren großer Längen ohne Zwischenanschläge auch höhere Wagenzahlen vor. Die Fördergeschwindigkeiten schwanken zwischen 1,5 und 5 m/Sek. (5,4 und 18 km/Std.). Die Gewichte betragen für Lokomotiven von 15—20 PS etwa 5—5,5 t, für solche von 30—40 PS 6,5—7 t.

[1]) Vgl auch den auf S. 398 in Anm. [1]) angeführten Aufsatz von Dr. Siemens, S. 1947.

[2]) Glückauf 1910, Nr. 32, S. 1218; Tillmann: Streckenförderung unter Tage.

Lokomotiven mittlerer Größe kosten rund 7000 ℳ mit Ausnahme der Akkumulator-Lokomotiven, deren Preis sich wegen der teuren Batterie und wegen der Notwendigkeit einer zweiten (Wechsel-)Batterie für jede Lokomotive auf etwa 13000 ℳ stellt.

III. Brems- und Haspelförderung.

A. Bremsbergförderung.

a) Allgemeines. Arten der Bremsbergförderung.

91. — Vorbemerkung. Die Bedeutung der Bremsberge ist in neuerer Zeit mehr und mehr zurückgegangen, da sie durch seigere Bremsschächte einerseits und durch die mechanische Abbauförderung anderseits großenteils verdrängt worden sind. Neuerdings hat man im oberschlesischen Steinkohlenbergbau auf den mächtigen Flözen, wo seigere Bremsschächte sich nicht eingeführt haben, angefangen, in den geneigten Strecken, die früher als Bremsberge dienten, mittels großer Sammelschüttelrutschen (Abb. 365*b* auf S. 306) die Förderung der einzelnen Abbaustrecken zur Sohle zu schaffen. Man hat auf diese Weise den ganzen Förderbetrieb oberhalb der Sohle (vom Abbaustoß zur Abbaustrecke, in dieser zum Bremsberg gemäß Ziff. 25 und in letzterem zur Sohle) durch Schüttelrutschen bewirkt.

92. — Einteilung der Bremsberge. Bei den Bremsbergen unterscheidet man zunächst die Wagen- und die Gestellbremsberge, je nachdem die Wagen unmittelbar an das Seil angeschlagen oder auf besondere Fördergestelle aufgeschoben werden.

Die Anwendung von Gestellen ist notwendig bei steilerem Einfallen (von etwa 25° an aufwärts), bei dem die Wagen nicht mehr unmittelbar ans Seil angeschlagen werden können. Man findet sie aber auch bei kleineren Fallwinkeln, wenn es sich um die Förderung von Zwischenanschlägen und um zweiflügeligen Betrieb handelt. Denn sie ermöglichen eine bequeme Bedienung von beiden Seiten, und das Aufschieben erfolgt leichter, gefahrloser und rascher als das Anschlagen der Wagen ans Seil. — Wagenbremsberge werden billiger in der Anlage, weil weniger Nebengestein nachgerissen zu werden braucht, jedoch gestaltet sich bei ihnen die Bedienung an den Anschlägen schwieriger und umständlicher.

Dem Förderverfahren nach unterscheidet man Örterbremsberge — das sind Bremsberge, die eine Anzahl von Zwischenanschlägen zu bedienen haben — und Transportbremsberge, deren Aufgabe die Weiterbeförderung des so gesammelten Fördergutes bis zur Hauptfördersohle ist. Allerdings sind die ersteren durch die Rutschenförderung, die letzteren durch die Stapelschächte mehr und mehr verdrängt worden. Abb. 491 veranschaulicht unter *a* das ältere Verfahren, wo Örterbremsberge O_1—O_3 das Fördergut sammeln und an die Transportbremsberge *T* abgeben, unter *b* den Ersatz des Transportbremsberges durch einen Stapel mit Ortsquerschlägen Q_1—Q_2 und unter *c* die Förderung mit Rutschen *R* und einem Stapel, also mit vollständiger Beseitigung der Bremsberge.

Weiterhin werden die Bremsberge in eintrümmige und zweitrümmige eingeteilt. Die ersteren sind dadurch gekennzeichnet, daß zwar 2 Gleise vorhanden sind, aber nur eins von ihnen für die Förderung der vollen sowohl wie der leeren Wagen benutzt wird, während das zweite für die Bewegung eines Gegengewichtes dient. Bei einem solchen Bremsbetrieb erfolgen also die Bewegungen des vollen und des leeren Wagens zeitlich nacheinander.

Bei den zweitrümmigen Bremsbergen dagegen bewegen sich in dem einen Gleise die vollen, in dem anderen die leeren Wagen, und die Förderung beider geht gleichzeitig vor sich.

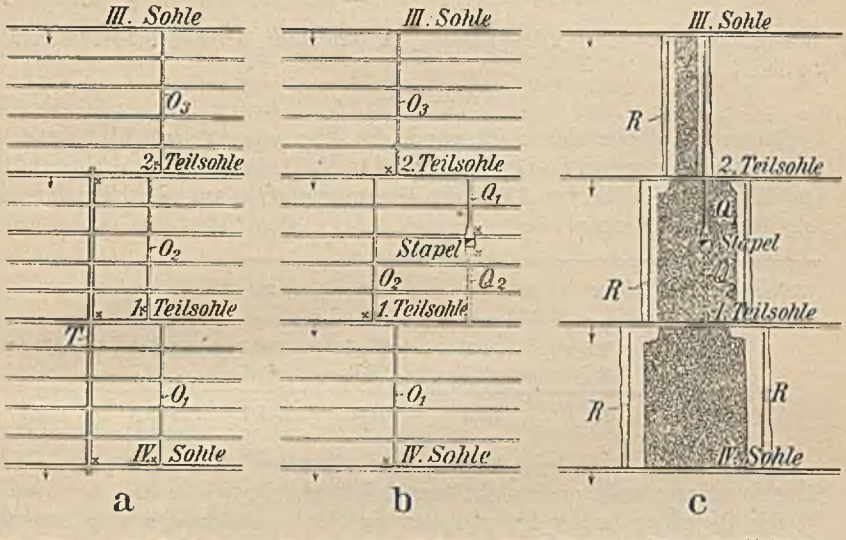


Abb. 491 a—c. Die Verdrängung der Bremsbergförderung durch Stapel- und Rutschenförderung.

Andere Unterschiede ergeben sich aus der Art der Bewegung des Gegengewichtes, aus der Regelung der Förderung und aus der Art der Verbindung der Wagen mit dem Seile, wie im folgenden gezeigt werden wird.

93. — Verfügbare und erforderliche Zugkraft beim Bremsbetriebe. Über die bei der Bewegung von Wagen auf Gefällestrecken entwickelten Zugkräfte und zu überwindenden Widerstände ist bereits unter Ziff. 45 gesprochen worden. Beim Bremsbergbetriebe ist noch zu berücksichtigen, daß die zur Überwindung dieser Widerstände notwendige Zugkraft durch die Nutzlast geliefert werden muß und daß zum Wagenwiderstande noch das Seilgewicht, die Zapfenreibung der Bremsscheibe und der Biegungswiderstand des Seiles (die Seilsteifigkeit) hinzuzurechnen sind.

Da die von den leeren Wagen in den beiden Gleisen eines zweitrümmigen Bremsberges ausgeübten Zugkräfte $G \cdot \sin \alpha$ sich gegenseitig aufheben, so

steht der Zugkraft der Nutzlast $N \cdot \sin \alpha$ der Reibungswiderstand des vollen und des leeren Wagens, d. h. die Größe

$$(N + 2G) \cdot f \cdot \cos \alpha$$

gegenüber. Für die Wagenbewegung steht also die überschüssige Zugkraft

$$Z = N \cdot \sin \alpha - (N + 2G) \cdot f \cdot \cos \alpha$$

zur Verfügung.

Diese Zugkraft muß nun noch die eben erwähnten Nebenwiderstände R decken, die mit etwa 10—15% der gesamten, an beiden Enden des Seiles wirkenden Zugkräfte, d. h. also mit 10—15% von der Größe

$$(N + 2G) \cdot (\sin \alpha - f \cos \alpha)$$

in Rechnung gestellt werden müssen, so daß dann als überschüssige Kraft verbleibt:

$$K = Z - R.$$

Dieser Kraftüberschuß muß durch die Bremsarbeit vernichtet werden.

Nimmt man nun z. B. für G 350 kg, für N 600 kg, für f die Größe 0,015 und für R eine Größe von 10% der Gesamtzugkräfte an, so erhält man die folgenden Beziehungen:

Neigungswinkel	2°	5°	10°	20°	50°	70°
$Z =$	1.5	32,7	85,2	186 7	447,1	557,4
$R =$	2.6	9,4	20 6	42,6	98,3	121 3
$K =$	**—1,1**	**23,3**	**64,6**	**144,1**	**348,8**	**436,1**

Hierbei ist aber die beim Beginn des Treibens außerdem zu entwickelnde Beschleunigungskraft noch nicht berücksichtigt.

Die Rechnung ist der Kürze halber nur für zweitrümmige Wagenbremsberge durchgeführt worden. Ihre Anwendung auf eintrümmige und Gestellbremsberge ergibt sich sinngemäß.

94. — Eintrümmige Bremsberge. Die eintrümmigen Bremsberge können Wagen- oder Gestellbremsberge sein. Erstere werden auch als Bremsberge mit nebenlaufendem Gegengewicht bezeichnet, wogegen bei den Gestellbremsbergen das Gegengewicht sich unterhalb des Gestelles bewegt und sein Gestänge zwischen den Schienen für das Gestell liegt. Es läßt sich hier bequem unter dem Gestell durchführen, und man kann auf diese Weise den Bremsberg möglichst schmal halten und das Gestell von beiden Seiten gleich gut bedienen.

Wegen der umständlichen Bedienung von der Gegengewichtseite aus sind Bremsberge mit nebenlaufendem Gegengewicht selten. Man ersetzt sie meist durch Bremsberge mit endlosem Seil oder wendet sie nur bei einflügeligem Betriebe an, so daß nur von einer Seite angeschlagen zu werden braucht. Jedoch kann man ihre Übelstände auch durch Herstellung eines einfachen Gestänges in einem mehr oder weniger langen Stücke des Bremsberges mit Gelegenheit zum Ausweichen an den Begegnungstellen abschwächen (vgl. Abb. 423 auf S. 349, Abb. 433 auf S. 353 und Abb. 494 auf S. 424).

Da bei eintrümmiger Förderung das Gewicht des Gegengewichtes etwa in der Mitte zwischen demjenigen des vollen und des leeren Wagens bzw. Gestelles liegen muß, so steht hier für die Bewegung nur der halbe Gewichtsüberschuß wie bei der zweitrümmigen Förderung zur Verfügung. Ferner muß bei der Gestellförderung noch das tote Gewicht des Gestelles mit bewegt werden, so daß für diese Förderung ein größerer Neigungswinkel erforderlich ist. Anderseits kann naturgemäß ein Wagenbremsberg nicht mehr bei Neigungen von mehr als etwa 25° betrieben werden, wogegen Gestellförderung auch bei steilem Einfallen möglich ist. Man wird daher bei gutem Zustande der ganzen Förderanlage die eintrümmigen Wagenbremsberge für Fallwinkel zwischen etwa 9° und 25°, die eintrümmigen Gestellbremsberge für solche zwischen etwa 12° und 90° anwenden können.

Die Leistungsfähigkeit der eintrümmigen Bremsberge bleibt offenbar erheblich hinter derjenigen der zweitrümmigen zurück. Anderseits eignen sie sich im Gegensatz zu den letzteren gut zur Bedienung von Zwischenanschlägen (als „Örterbremsberge").

95. — Zweitrümmige Bremsberge. Die zweitrümmigen Bremsberge sind fast stets Wagenbremsberge, da die Förderung mit 2 Gestellen nebeneinander zu viel Raum beansprucht, die Einrichtung von Ausweichstellen aber die Gestellförderung zu wenig betriebsicher macht. Auch ist das große tote Gewicht von 2 Gestellen nachteilig.

Im übrigen können die zweitrümmigen Bremsberge solche mit offenem oder mit geschlossenem Seile sein.

Bremsberge mit offenem Seile sind solche, bei denen an jedem der beiden Enden eines Seiles ein Wagen hängt. Sie eignen sich zunächst nur zur Förderung zwischen 2 Punkten, d. h. als „Transportbremsberge". Sollen auch Zwischenanschläge mit zweitrümmiger Förderung bedient werden, so müssen besondere Kunstgriffe angewandt werden, von denen die folgenden erwähnt werden mögen:

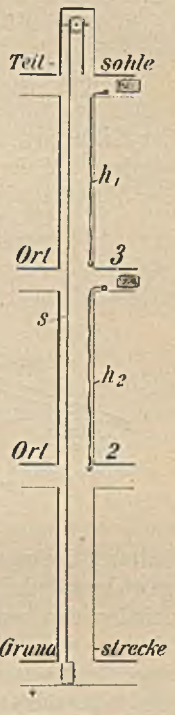


Abb. 492. Zweitrümmiger Bremsberg mit Verlängerungseilen.

a) Die Verwendung von Verlängerungseilen. Dieses Hilfsmittel beruht auf dem Gedanken, daß durch verschiedene Bemessung der Seillänge der leere Wagen vor jeden beliebigen Anschlag gebracht werden kann, wenn der volle auf der Sohle angelangt ist. Die erforderliche Verlängerung bzw. Verkürzung erreicht man durch An- und Abkuppeln von Zwischenstücken, den sog. Verlängerungseilen, deren Längen den Entfernungen der einzelnen Anschlagspunkte vom Kopfe des Bremsberges entsprechen. Eine solche Anordnung zeigt Abb. 492, in der die Verlängerungseile mit $h_1 h_2$ bezeichnet sind. Notwendig ist dabei jedoch, daß der betreffende Anschlag zwei volle Wagen zur Hand hat. Denn wenn z. B. der erste leere Wagen von Ort 3 nach Ankunft des ersten vollen Wagens auf der Sohle bis zum Anschlag gelangt ist, befindet das Verlängerungseil sich noch nicht an seiner früheren Stelle, muß vielmehr durch Anschlagen des zweiten vollen

Wagens wieder dorthin gezogen werden, worauf der zweite leere Wagen eingewechselt werden kann und der Anfangszustand nach Abhängen des Seiles h_1 wiederhergestellt ist.

Statt solcher Verlängerungseile kann man auch mit zwei Trommeln fördern und die eine Trommel lösbar mit der Achse kuppeln, so daß man sie wie bei Schachtfördermaschinen im Bedarfsfalle gegen die andere Trommel verdrehen kann.

b) Die Förderung mit Zusatzgewichten. Das Zusatzgewicht ermöglicht das Hochziehen eines vollen Wagens durch einen anderen Wagen. Es besteht am besten in einem kleinen, entsprechend beschwerten Rädergestell und wird auf der oberen oder unteren Sohle aufgestellt. Will nun z. B. der Schlepper auf Ort 3 einen vollen Wagen anschlagen, so hängt der Anschläger auf der Teilsohle hinter den vollen Wagen, den er selbst anschlägt, das Zusatzgewicht und läßt den hochkommenden leeren Wagen an Ort 3

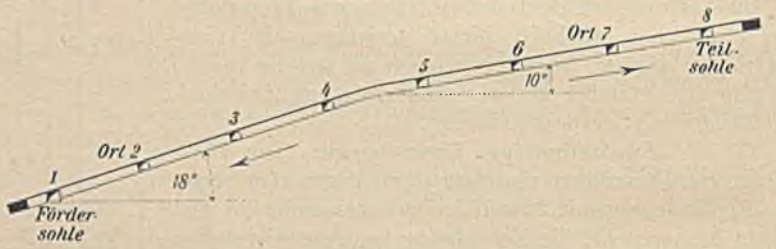


Abb. 493. Ausnutzung von Gefälleverschiedenheiten zur Bedienung von Zwischenanschlägen in zweitrümmigen Bremsbergen.

halten. Der nunmehr hier angeschlagene volle Wagen wird durch das Übergewicht auf der anderen Seite zunächst bis zur Teilsohle hochgezogen. Der mittlerweile unten angelangte volle Wagen von der Teilsohle wird gegen einen leeren Wagen eingewechselt, das Zusatzgewicht wieder an diesen angehängt, damit es zur Teilsohle zurückgelangt, und nunmehr der von Ort 3 herrührende volle Wagen heruntergebremst. Wie man sieht, macht bei diesem Verfahren jeder an einem Zwischenanschlag angeschlagene volle Wagen einen Umweg.

c) Die Förderung mit Ausnutzung wechselnder Gefälle. Vereinzelt hat man[1]) die Lagerungsverhältnisse in der Weise ausgenutzt, daß man das Nachreißen des Nebengesteines gespart, auch den Bremsberg nicht abgesetzt und so einen auf einem Sattel (Abb. 493) oder in einer Mulde liegenden Bremsberg erhalten hat. Dadurch ergab sich die Möglichkeit, mit gleichen Gewichten (vollen oder leeren Wagen) auf beiden Seiten zu fördern. Bei einer solchen Förderung ersetzt das stärkere Gefälle am oberen bzw. unteren Ende das vorhin erwähnte Zusatzgewicht. Jedoch darf der Gefälleunterschied nur so groß sein, daß unter allen Umständen ein voller Wagen stärker zieht als ein leerer.

Die zweitrümmigen Bremsberge mit geschlossenem oder endlosem Zugmittel (Seil oder Kette) gestatten ein Anschlagen der Wagen an beliebiger

[1]) Glückauf 1897, Nr. 5, S. 87; Eine neue Art der Bremsbergförderung. — Daselbst Nr. 10, S. 188; Über Bremsbergförderung.

Stelle, eignen sich also als Transportbremsberge wie auch als Örterbremsberge. Als erstere können sie bei geringerer flacher Höhe auch in der Weise betrieben werden, daß immer nur ein Wagen oder auch ein Wagenzug auf einmal abgebremst wird, wie das vielfach im deutschen Braunkohlenbergbau geschieht. Bei dieser Förderung kann also die Bremse nach jedem Treiben stillgesetzt werden. Auch kann dabei sowohl mit stets gleicher wie auch mit jedesmal entgegengesetzter Bewegungsrichtung des Seiles oder der Kette gefördert werden. Ein solcher Betrieb von Transportbremsbergen ist besonders für die Förderung mit Kette geeignet, da bei dieser größere Förderhöhen und eine größere Anzahl von gleichzeitig zu bewegenden Wagen sehr schwere Ketten mit ihren Übelständen notwendig machen würden, auch die Kette für die Bedienung von Zwischenanschlägen nicht in Betracht kommt.

Die Regel bildet aber bei der zweitrümmigen Förderung mit endlosem Zugmittel, daß wie bei der Streckenförderung das Seil oder die Kette sich stets in gleichem Sinne bewegt und die Wagen in regelmäßigen Abständen angeschlagen werden. Solche Bremsberge können auch für die Bedienung von Zwischenanschlägen nutzbar gemacht werden. Sie eignen sich besonders für größere Förderhöhen.

Die Bremsberge mit endlosem Zugmittel bieten verschiedene Vorteile. Wegen der großen Zahl von Wagen auf beiden Seiten können sie nach Ziff. 93 noch bei geringem Fallwinkel betrieben werden, zumal bei ihnen das Seil- bzw. Kettengewicht ausgeglichen ist. Ferner sind sie sehr leistungsfähig. Sodann ermöglichen sie eine Ausnutzung der überschüssigen Zugkraft gemäß Ziff. 97. Nachteilig ist nur die Erschwerung der Bedienung an den Anschlägen. Freilich ist dieser Nachteil nur in geringem Maße vorhanden, wenn es sich um einen Transportbremsberg handelt und mit Kette gefördert wird, weil dann das Anschlagen der Wagen während des Ganges der Förderung keine Schwierigkeiten macht, wogegen eine Seilförderung jedesmal stillgesetzt werden muß. Man bevorzugt daher vielfach bei nicht sehr großen Förderhöhen Kettenförderungen für solche Bremsberge. (Falls gemäß Ziff. 97 eine Streckenförderung mit betrieben werden soll, kommt ohnehin das Seil wegen der Förderpausen, die es verlangt, nicht in Betracht.) Bei Zwischenanschlägen jedoch ergeben sich erhebliche Schwierigkeiten. Kettenförderungen eignen sich hier gar nicht, weil bei ihnen jedesmal die schwere Kette künstlich angehoben und dadurch die Kuppelung zwischen Wagen und Kette gelöst werden müßte. Aber auch bei Förderung mit Seil ist die Bedienung von Zwischenanschlägen schwierig, namentlich wenn von beiden Seiten angeschlagen werden soll, weil dann von einer Seite mit dem leeren, von der anderen sogar mit dem vollen Wagen ein Gleis überfahren werden muß. Zur Erleichterung des Anschlagens können an den Anschlagstellen entsprechende Einrichtungen (s. unten, S. 425 u. 426) getroffen werden. Auch kann man für den der Leerbahn gegenüberliegenden Abbauflügel das Herüberwechseln der leeren Wagen dadurch umgehen, daß diese zunächst bis zum Kopfe des Bremsberges mitgenommen, dort abgehängt, in der Vollbahn wieder angeschlagen und so dem betreffenden Betriebspunkt zugeführt werden. Dieses Verfahren kann bei genügendem Gefälle und schwächerer Besetzung der einen Seite des Bremsberges auch bei zweiflügeligem Betriebe,

also auch mit den vollen Wagen durchgeführt werden, kommt aber dann nur für die oberen Anschläge in Betracht.

96. — **Bremsbergbetrieb bei geringen Neigungswinkeln.** Je flacher das Einfallen wird, um so schwieriger wird es, einen leistungsfähigen Bremsbergbetrieb mit ausreichender Fördergeschwindigkeit durchzuführen. Der Grenzwinkel, unterhalb dessen das Übergewicht der vollen Wagen nicht mehr zur Überwindung der sämtlichen Bewegungswiderstände ausreicht, ist zunächst davon abhängig, ob ein- oder zweitrümmig, mit Wagen oder Gestellen und mit offenem oder geschlossenem Seile gefördert wird. Im übrigen liegt die Grenze nach unten hin um so tiefer, je geringer der Reibungswiderstand der Förderwagen, die Zapfenreibung der Bremsscheiben, das Seilgewicht und die Seilsteifigkeit ist.

Zweitrümmige Bremsberge mit offenem Seile können bei gutem Zustand der Fördereinrichtungen noch bei Fallwinkeln von 4—5° und, wenn mit ganzen Wagenzügen gefördert wird, noch bei einem Gefälle bis zu 3° herunter benutzt werden. Durch den Betrieb mit endlosem Seile und einer größeren Anzahl gleichzeitig angeschlagener Wagen kann man die Förderung sogar noch bei einem Gefälle von 2° ermöglichen.

Nach der in Ziff. 93 aufgestellten Zahlentafel ist allerdings bei den gemachten Annahmen bei einem Gefälle von 2° keine Förderung mehr möglich, da dann K negativ wird, selbst wenn die Beschleunigungsarbeit gar nicht in Ansatz gebracht wird. Jedoch kann K durch Verringerung des Reibungswiderstandes der Wagen infolge verbesserter Achslager noch erhöht werden. Außerdem kommen noch besondere Kunstgriffe für die Ermöglichung eines Bremsbetriebes bei geringen Neigungswinkeln in Betracht. Solche Mittel sind:

1. Erhöhung der Zahl der gleichzeitig in jedem Gestänge laufenden Wagen durch Förderung in Zügen oder mit Seil (Kette) ohne Ende. Da nämlich das Leergewicht der Wagen auf beiden Seiten sich stets ausgleicht, so wird mit der Vermehrung der Wagenzahl das Übergewicht größer, wogegen die Reibungswiderstände langsamer zunehmen.
2. Ausgleichung des Seilgewichtes, die erforderlich ist, da zu Beginn des Treibens das ganze Seilgewicht auf der Seite des leeren Wagens wirkt, ohne daß ihm ein entsprechendes Seilstück auf der anderen Seite gegenüberstände. Sie kann bei Förderung mit offenem Seil durch schwachkonische oder durch abgesetzt-zylindrische Trommeln bewirkt werden, deren beide Teile durch eine Spiralwindung miteinander verbunden sind. In beiden Fällen wird erreicht, daß das über dem leeren Wagen hängende, ganz abgewickelte Seil am kleinsten, der volle Wagen ohne die Seillast dagegen am größten Hebelarme zieht. Bei Bremsbergen mit endlosem Seile ist ohne weiteres eine vollständige Seilausgleichung vorhanden.
3. Erleichterung der Einleitung der Bewegung durch Verringerung der Beschleunigungsarbeit. Dieser Zweck kann erreicht werden durch Aufhöhung der Schienen am Kopfe des Bremsberges für den vollen Wagen oder Zug, bzw. durch Herstellung einer söhligen Ebene am Fuße für den leeren Wagen oder Zug, sowie außerdem durch Zusammenschieben des leeren Zuges, so daß bei diesem jeder einzelne Wagen für sich beschleunigt wird.

97. — Ausnutzung der überschüssigen Kraft von Bremsbergen. Wenn man bei Neigungswinkeln von etwa $15 - 25^0$ einen Bremsberg mit Kette ohne Ende — das Seil kommt hier wegen der zum Anschlagen nötigen Stillstände, wie oben (S. 421) erwähnt, kaum in Frage — betreibt, so erhält man wegen der größeren Anzahl von Wagen auf jeder Seite einen genügend großen Kraftüberschuß, um von der Welle der unteren Kettenscheibe aus eine Streckenförderung mit Seil ohne Ende antreiben zu können.

Einen solchen Antrieb veranschaulicht Abb. 494. Die Bremsscheibe a ist am Fuße des Bremsberges verlagert und mit einer Rillenscheibe verbunden, über die die Kette läuft und der zur Erzeugung der nötigen Reibung und als Spannscheibe die Gegenscheibe g_1 vorgelagert ist. Die Bremsscheibe ist zur Regelung der Geschwindigkeit und zum Anhalten nach Bedarf erforderlich. Die senkrechte Welle der Kettenscheibe trägt nun außer dieser eine darüberliegende Scheibe, die als Treibscheibe für die Streckenförderung benutzt wird und wiederum eine Gegenscheibe (g_2) vorgelagert erhält. Die vollen Wagen werden unten von der Kette abgekuppelt und durch den Umbruch zur Strecke gefahren, um dort an das Seil angeschlagen zu werden. Die Scheibe e_1 am Kopfe des Bremsberges dient nur als Umkehrscheibe. Die Abb. 494 setzt voraus, daß der Bremsberg, wie das gewöhnlich der Fall sein wird, senkrecht auf die Strecke einmündet. Bei flachwelliger Lagerung kann der Fall auch so liegen, daß eine Hauptförderstrecke mit wechselndem Gefälle angelegt wird und daß dann unter Umständen die überschüssige Kraft einer Strecke mit Gefälle zum Schachte hin benutzt werden kann, um die Wagen durch eine anschließende kürzere oder schwächer ansteigende Strecke mit entgegengesetztem Gefälle weiterzufördern[1]).

Die Leistungsfähigkeit einer so ausgenutzten Bremsbergförderung ermittelt sich gemäß den in den Ziffern 44 und 93 angestellten Rechnungen.

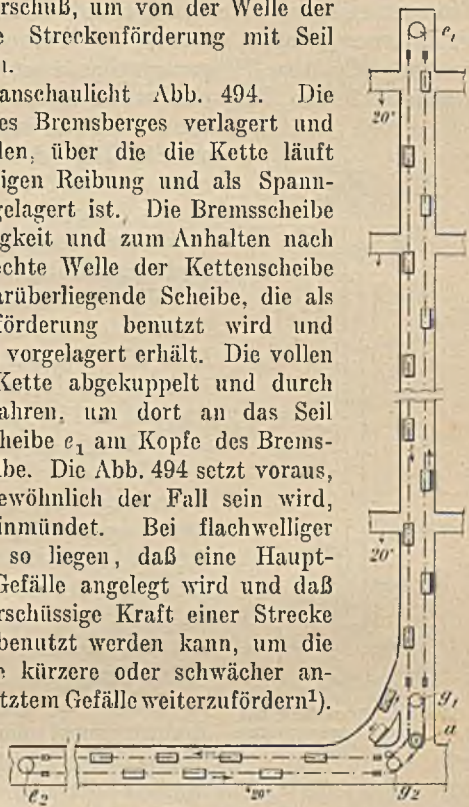


Abb. 494. Schematische Darstellung eines Bremsbergbetriebes mit anschließender Streckenförderung.

b) Die zum Bremsbergbetrieb erforderlichen Anlagen und Vorrichtungen.

1. Ausgestaltung des Bremsberges selbst.

98. — Raumbedarf. Über die Schaffung des erforderlichen Hohlraumes im Gebirge ist bereits im Abschnitt „Vorrichtung" gesprochen worden. An dieser Stelle muß nur noch auf die für Höhe und Breite wichtigen Gesichtspunkte hingewiesen werden. Die Höhe muß bei Gestellbremsbergen meist

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1912, S. 108; Versuche und Verbesserungen.

durch Nachreißen des Hangenden oder Liegenden geschaffen werden; Wagenbremsberge können vielfach ganz ohne Nachreißen hergestellt werden. Die Breite ist bei Gestellbremsbergen (abgesehen von den Gestellen mit Drehscheibe, S. 434) durch die Gestellbreite gegeben, die ihrerseits wieder von der Wagenlänge abhängt. Bei Wagenbremsbergen kann die Breite durch Zusammenziehung des Gestänges außerhalb der Begegnungstellen von vollem und leerem Wagen, bezw. von Wagen und Gegengewicht, verringert werden, falls diese Begegnungstellen dauernd an derselben Stelle verbleiben. Das ist z. B. bei „Transportbremsbergen" stets und bei „Örterbremsbergen" dann der Fall, wenn der Abbau im oberen und im unteren Teile des Bremsbergfeldes nahezu gleichzeitig beendigt wird, der Bremsberg also in seiner ganzen Länge gleichzeitig abgeworfen werden kann. Durch eine derartige Verschmälerung des Bremsberges wird gleichzeitig die Bedienung an den Zwischenanschlägen erleichtert und an Schienen gespart. Am besten eignet sich die 3 schienige Anlage nach Abb. 423 auf S. 349, die sich durch Betriebsicherheit auszeichnet, da sie keine beweglichen Teile enthält, was bei der Bremsbergförderung besonders wichtig ist. Hier gehen durch jeden Zweig der Ausweiche abwechselnd volle und leere Wagen. Zweischienige Bremsberge mit Ausweiche gestatten eine größere Raum- und Schienenersparnis, machen aber betriebliche Schwierigkeiten. Bremsberge mit Federweiche in der Mitte (S. 349) können nur unter der Voraussetzung benutzt werden, daß die Bremsvorrichtung gestattet, durch den einen Zweig nur volle, durch den anderen nur leere Wagen fahren zu lassen. Es muß also für sie entweder eine Bremstrommel oder senkrecht gestellte Bremsscheibe benutzt oder bei flachliegender Scheibe die Einrichtung so getroffen werden, daß die Seilenden bei jedem zweiten Treiben gekreuzt werden. In eintrümmigen Bremsbergen kann nach Abb. 495 für das Gegengewicht ein kürzeres Gestänge g benutzt werden; das Gegengewicht muß dann an einer Trommel l_2 mit entsprechend kleinerem Durchmesser hängen und dafür schwerer sein. Auch kann man für das Gegengewicht ein Gestänge mit kleinerer Spurweite benutzen. Ein nur in der oberen Hälfte des Bremsberges zusammengezogenes Gestänge (Abb. 433 auf S. 353) ermöglicht eine allmähliche Verlegung der Ausweichstelle und dementsprechend des Bremswerkes nach unten in dem Maße, wie der Abbau im oberen Teile nach und nach zu Ende kommt. — Auch in Gestellbremsbergen hat man öfter an Schienen gespart, indem man die Schienen für das Gestell gleichzeitig für das Gegengewicht benutzt hat oder letzteres mit der einen Seite auf einer Gestellschiene, mit der anderen auf einer dritten Schiene hat laufen lassen. Man kann dann an der Begegnungstelle das Gestänge für das Gegengewicht gerade durchführen und die Räder des Gestelles auf den Achsen verschiebbar anbringen, so daß die Gestellräder über die

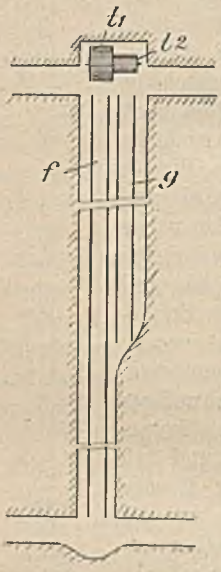


Abb. 495. Bremsberg mit verkürztem Gegengewichts-Gestänge.

beiden äußeren, ausgebogenen Schienen fahren. Oder man baut dort eine Federweiche oder eine feste Weiche mit 4 offenen Zungen ein und versieht im letzteren Falle die äußeren Räder von Gestell und Gegengewicht mit doppelten Spurkränzen, damit sie über die äußersten Schienen fahren müssen.

99. — **Gestänge.** Die Verlagerung der Schienen bietet bei flacher Lagerung keine Besonderheiten. Bei steilerem Einfallen müssen die Schwellen gegen Abrutschen gesichert werden, was entweder in der Weise geschieht, daß der Ausbau aus Viergespannen mit Schwalbenschwanzzimmerung hergestellt und die Sohlenhölzer als Schwellen benutzt werden, oder durch Übergreifen der Schwellen nach beiden Seiten (Abb. 34 auf S. 42) hinter die Stempel erreicht wird. Die einzelnen Zimmerungen werden gegeneinander verbolzt.

100. — **Einrichtung der Zwischenanschläge.** Für die an den Zwischenanschlägen einmündenden Abbaustrecken sind die Sicherheitsvorkehrungen (s. unten, S. 451 u. f.) wichtig. Außerdem ist auf den Örtern für Raum zum Wagenwechsel zu sorgen, was durch Herstellung eines Plattenbelages oder eines kleinen Wechsels geschieht.

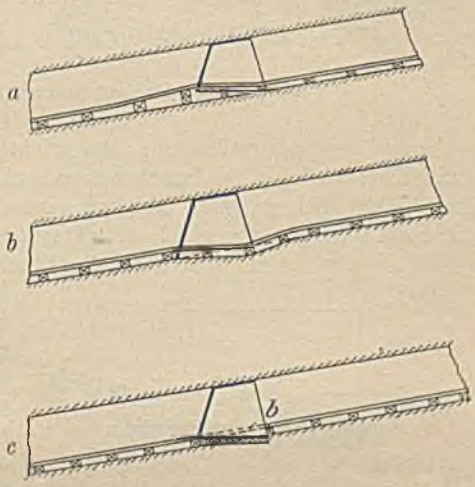


Abb. 496 *a*—*c*. Hilfsmittel zur Erleichterung des Anschlagens in Wagenbremsbergen.

Die im Bremsberge selbst an diesen Zwischenanschlägen zu treffenden Einrichtungen sollen das Anschlagen erleichtern. Sie kommen deshalb für Bremsberge mit Gestellförderung nur für den seltenen Fall in Betracht, daß mit nebenlaufendem Gegengewicht gefördert und dadurch eine Überfahrung des Gegengewichtstrumms notwendig gemacht wird. Diese erfolgt dann mit Hilfe von seiger oder söhlig zu drehenden Klappschienen oder von besonderen Einlegestücken. Dagegen sind die für die Erleichterung des Anschlagens bestimmten Einrichtungen wichtig für die Wagenbremsberge. Sie bestehen hier in Bühnen, die im Bremsberge gelegt sind und entweder nur die Räume zwischen den Schienen ausfüllen (*b* in Abb. 537 auf S. 454) oder die Schienen vollständig ersetzen. Im letzteren Falle erhalten die Bühnen Nuten (für die Spurkränze) oder Einlegestücke, welche letzteren an Zapfen befestigt sind und während des Anschlagens der Wagen herausgenommen werden. Solche Bremsbergbühnen entsprechen den bei den Zwischenanschlägen der Streckenförderung erwähnten Bühnen (vgl. Abb. 468 *a* auf S. 381), nur ist an ihrem unteren Ende noch ein Widerstand, bestehend in einer angegossenen Rippe oder einem aufgenagelten Holzstück, zu befestigen, um das Durchgehen der Wagen während des Drehens zu verhüten. Außerdem sind verschiedene Mittel gebräuchlich, um namentlich bei etwas größerem Fallwinkel das Einfallen des Bremsberges an der Anschlagstelle abzuschwächen.

Das kann zunächst durch Hochziehen der Schienen am Unterstoße der Strecke (Abb. 496*a*) oder durch Tieferlegen der Schienen am Oberstoße (Abb. 496*b*) erfolgen. Jedoch beeinträchtigt ein solcher Knick im Bremsberggestänge die Betriebsicherheit der durchgehenden Bremsbergförderung, weshalb man öfter das Gestänge im Bremsberg an solchen Stellen für das An-

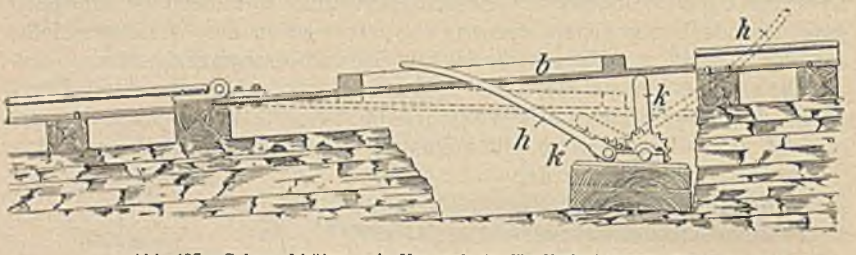


Abb. 497. Schwenkbühne mit Kranzplatte für Zwischenanschläge.

schlagen der Wagen vollständig unterbricht und die durchgehende Förderung durch Überbrückung des Zwischenraumes mit Einlegeschienen (*b* in Abb. 496*c*) ermöglicht. Bei größerer Neigung sind Schwenkbühnen vorzuziehen, die das Anschlagen wesentlich erleichtern; sie liegen in der unteren Endlage söhlig, in der oberen im Gefälle des Bremsberges. Eine solche Bühne mit Hebelübertragung zeigt Abb. 497[1]): der Handhebel *h* bringt mittels Zahnradübersetzung die Knagge *k*, auf der die Bühne ruht, in die obere bzw. untere Endlage. Die Bestsche Schwenkbühne[2]) nach Abb. 498 kann ohne Hebel bewegt werden. Die Bühne *p* wälzt sich mittels der gezeichneten Ausschnitte auf dem gezahnten Kreisbogen *f* ab, wobei der Unterstützungspunkt so gelegt ist, daß der Schwerpunkt dicht bei ihm, nur etwas oberhalb liegt, die Bewegung eines vollen Wagens also keine Schwierigkeiten macht. Im gehobenen Zustande wird die Bühne durch die Stange *b* festgelegt, die durch das Auge *o* an der Bühne und durch das Auge *r* der im Bremsberge befestigten Lasche *l* gesteckt wird.

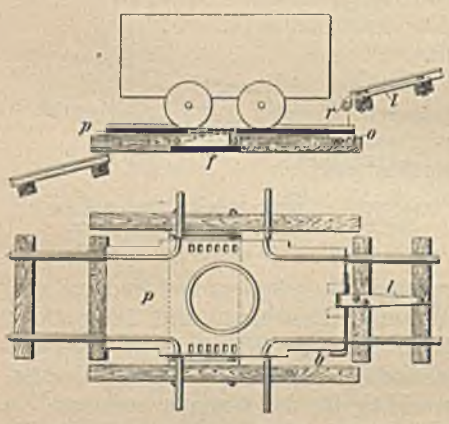


Abb. 498. Bestsche Schwenkbühne mit Verzahnung.[2])

Versuche mit Drehbühnen, die mit einem schräg abgeschnittenen Zapfen sich auf einem entsprechend geschnittenen Fuß im Bremsberg derartig bewegen, daß mit der Drehung um 90° in der söhligen Ebene

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1921, S. 227; Versuche und Verbesserungen.

[2]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1905, S. 103; Versuche und Verbesserungen.

gleichzeitig die erforderliche Neigungsänderung bewirkt wird, haben sich nicht bewährt[1]).

101. — Einrichtungen am Fuße des Bremsberges. Der Hauptanschlag am Fuße eines Bremsberges muß drei Forderungen gerecht werden: er muß eine möglichst bequeme und gefahrlose Überleitung der Wagen aus der Bremsberg- in die Streckenförderung ermöglichen, eine Störung der Bremsberg- durch die Streckenförderung und umgekehrt verhüten und die Wetterführung unbehelligt lassen. Hiernach fallen die Anschläge verschieden aus, sowohl nach dem Förderverfahren (Gestell- oder Wagenbremsberge) als auch nach der Lage des Bremsberges zur Streckenförderung. In letzterer Hinsicht ist zu unterscheiden, ob am Fuße des Bremsberges noch eine durchgehende Streckenförderung vorbeizuführen ist oder der Bremsberg am Ende einer Flözförderstrecke oder in der Nähe eines Querschlages steht.

Führt am Fuße des Bremsberges oder doch ganz in seiner Nähe eine Förderung mit Seil (oder Kette) ohne Ende vorüber, so braucht nur ein kleiner Wechsel für den unteren Anschlag vorgesehen zu werden, da dann eine sofortige Überführung der vollen Wagen vom Bremsberge zum Seile und der leeren Wagen von diesem zum Bremsberg möglich ist. In allen anderen Fällen muß für einen genügend großen Wechsel am Fuße des letzteren gesorgt werden, der als Vorratsraum für volle und leere Wagen für die Zeit zwischen je 2 Pferdezügen (oder Lokomotivfahrten) dient. Ist Platz in der Länge vorhanden, und hat man außerdem Grund, das Nebengestein möglichst wenig anzugreifen, so richtet man am besten gemäß Abb. 488 auf S. 411 den Bremsberg zum Durchschieben ein, so daß die vollen Wagen hinter ihm zu einem Zuge gesammelt werden und das Pferd (oder die Lokomotive) den leeren Zug bis zum Bremsberg bringen und den vollen hinter ihm abholen kann. Man zieht dann die beiden Streckengestänge zu einem einzigen Gestänge zusammen und kommt so mit einem Durchfahrtsgleis und einem zur Aufstellung der Wagen dienenden Sammelgleis aus. — Bei gutem Gebirge und flotter Förderung kann die Streckenförderung zweispurig durchgeführt werden.

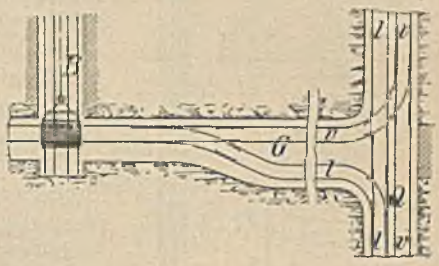


Abb. 499. Bremsberganschlag an der Einmündung einer Grundstrecke *G* in einen Querschlag *Q*.

Die Erleichterung der Arbeit des Anschlägers durch Herstellung von Gefälle zum selbsttätigen Ab- und Zulaufen der Wagen (Abb. 488*b*) ist besonders für die Lokomotivförderung wichtig, da es sich bei dieser um längere Züge und Wechsel handelt und die Lokomotive die Steigung, die zur Gewinnung des erforderlichen Gefälles an irgendeiner Stelle hergestellt werden muß, leichter als ein Pferd überwinden kann.

Eine andere Art von Wechseln sind die kurzen, aber breiten Wechsel, wie sie bei größerer Flözmächtigkeit namentlich für Bremsberge am Ende

[1]) Glückauf 1901, Nr. 33, S. 719; Verstellbare Drehscheibe für Förderung auf schiefer Ebene.

einer Förderstrecke oder an deren Einmündung in einen Querschlag (Abb. 499) viel benutzt werden. Sie bieten für den vollen und den leeren Zug nebeneinander Platz und entsprechen bei Lokomotivförderung den Wechseln mit Verschiebegleis nach Abb. 485c, während bei Pferdeförderung (Abb. 499) zwischen beiden Gleisen so viel Raum bleibt, daß das mit dem leeren Zuge im Gleis *l* angekommene Pferd nach Abschirrung zwischen den Gleisen vor den im Gleis *v* bereitstehenden vollen Zug geführt werden kann.

Verhältnismäßig einfach sind die Anschläge für Gestellbremsberge. Hier ist die oben an erster Stelle geforderte gefahrlose Überleitung ohne weiteres gegeben. Den ungestörten Betrieb der Strecken- neben der Bremsbergförderung ermöglicht man durch Verumbruchung des Bremsberges im Hangenden oder im Liegenden. Bei einem Umbruch der ersteren Art muß die Strecke durch besondere Vorrichtungen gegen abgehende Wagen und Gestelle geschützt werden, während ein Umbruch im Liegenden die Strecke unter dem Bremsberge hindurchführt und so ohne weitere Vorkehrungen schützt. Was die Wetterführung betrifft, so erfordern die meisten Abbauverfahren den wetterdichten Abschluß der Bremsberge an ihrem unteren Ende durch Verschläge mit Wettertüren, damit Kurzschluß durch den Bremsberg hindurch verhütet wird. (Vgl. im übrigen Bd. I: „Anschluß der Bremsberge an die Grundstrecken".)

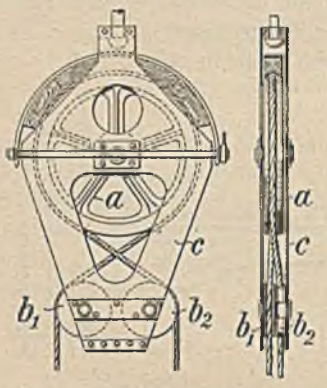


Abb. 500.
Laufbremse mit vergrößertem Seil-Umschlingungsbogen.

Wagenbremsberge werden in der Regel durch eine söhlige, mit Platten belegte Bühne und eine kurze Anschlußdiagonale mit der Grundstrecke verbunden; in die Diagonale wird die Wettertür gestellt.

Über den Schutz der Streckenförderung gegen abgehende Wagen ist bereits in dem eben genannten Abschnitt des Bandes I gesprochen worden; dieser Schutz erfolgt durch Mauerung, Gebirgspfeiler und Stempelschlag allein oder Stempelschlag mit Drahtseilgeschlinge.

2. Bremsbetrieb.

102. — Das Bremswerk. Das Bremswerk besteht aus 2 Teilen: der Trommel oder Scheibe für das Seil und der Bremsvorrichtung. Es wird in der Bremskammer verlagert, für die früher die alte bergmännische Bezeichnung „Haspelstube" oder „Hornstatt" (von den „Hörnern", d. h. den Kurbeln der Haspel) gebräuchlich war.

Wie schon angedeutet, kann das Seil auf eine Trommel gewickelt oder einfach über eine Nutscheibe geführt werden, wonach man „Trommelbremsen" und „Scheibenbremsen" unterscheidet. Das Urbild der Trommelbremse ist der Haspelrundbaum, ein starkes Rundholz, auf dem das Seil sich auf- und abwickelt. Man benutzt ihn jetzt nur noch für vorübergehende Zwecke, da die heute üblichen Drahtseile gegen die starken Biegungsbeanspruchungen,

wie sie beim Aufwickeln auf so kleine Durchmesser auftreten, zu empfindlich sind. — Wegen des großen Raumbedarfes und Gewichtes der Trommeln werden jetzt Scheibenbremsen bevorzugt. Jedoch läßt sich bei Trommelbremsen bei flacher Lagerung durch Differentialtrommeln (Ziff. 96 unter 2.) eine Ausgleichung des Seilgewichtes erzielen, die bei Scheibenbremsen nur möglich ist, wenn die Förderung mit Seil ohne Ende betrieben wird. Zur Vergrößerung der Reibung wird ein Hanfstrick oder dgl. in die Nut eingelegt. Auch verhindert man wohl nach Abb. 505 auf S. 432 ein Rutschen des Seiles durch dessen Andrücken mittels eines besonderen Bremsklotzes. Bei stärkerer Belastung würde eine solche Bremsung zu einem raschen Seilverschleiß führen; für solche Fälle ist die in Abb. 500 dargestellte Laufbremse[1]) mit Vergrößerung des Umschlingungsbogens durch Leitrollen mit Kreuzführung

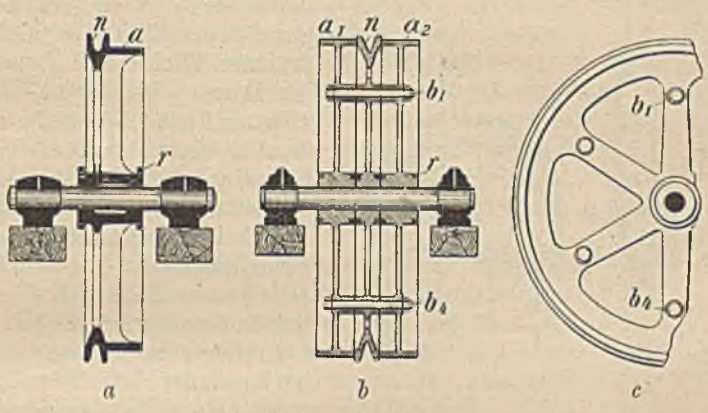


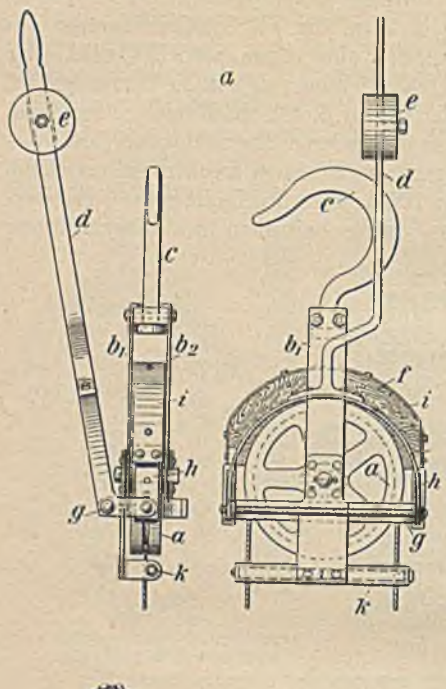
Abb. 501 *a*—*c*. Stahl-Bremsscheiben mit einfachem und doppeltem Bremskranz.

des Seiles bestimmt. Zu vermeiden ist dabei die Verlagerung der beiden Leitrollen in derselben Ebene, weil sonst an der Kreuzungstelle der Seilverschleiß zu stark werden würde.

Die Scheiben werden gemäß Abb. 501 mit angegossener Bremsscheibe versehen. Sie werden bei steilem Einfallen zweckmäßig senkrecht zur Flözebene aufgestellt (Abb. 501 und Abb. 504 auf S. 431), bei flachem Fallen in dieser verlagert, weil beide Seiltrumme im ersteren Falle (wegen des unterlaufenden Gegengewichtes) übereinander, im letzteren Falle nebeneinander liegen. Ihre Beanspruchung ist bei steiler Neigung besonders groß, weil hier einerseits das Gestellgewicht mit zu fördern und anderseits die Größe sin α stark gewachsen ist. In erhöhtem Maße gilt das für seigere Bremsschächte, in denen deshalb auch vielfach doppelte Bremskränze nach Abb. 501*b* vorgesehen werden. Die dort dargestellte Scheibe besteht aus einer mittleren Nutscheibe und 2 seitlichen, mit ihr durch die 6 Schrauben b_1—b_6 verbundenen Bremsscheiben $a_1 a_2$. Die Naben der gezeichneten Scheiben sind durch warm aufgezogene Stahlringe *r* verstärkt. In der Regel werden jetzt diese stärker beanspruchten Scheiben aus Stahlguß hergestellt

[1]) Glückauf 1922, Nr. 19, S. 566; Wengeler: Laufbremse mit zwei vorgelegten Leiträdern.

Bei den schwächer beanspruchten Bremsen nach Abb. 500, 501*a* und 502 ist die Seilnut einfach als Rille im Bremskranz ausgespart.



Bei flacher Lagerung spielen die sog. „fliegenden Bremsen" (Abb. 502*a* und *b*) eine große Rolle. Sie werden einfach mit Haken (Abb. 502*a*) oder Kette (Abb. 502*b*) an einen Stempel gehängt und im Abbau sowie beim Aufhauen von Überhauen und Bremsbergen benutzt. Bei der Bremseinrichtung nach Abb. 502*a* erfolgt die Bremsung durch den mittels des Gegengewichts *e* selbsttätig niedergedrückten Winkelhebel *d*, der um den Bolzen *g* drehbar ist und mit Hilfe der Bänder *h* die in das Stahlband *i* eingeschraubten Bremsklötze *f* andrückt. Des Verschleißes der letzteren wegen sind in den Zugbändern *h* verschiedene Bolzenlöcher ausgespart. Die Eickhoffsche Bremsscheibe nach Abb. 502*b* hat die Besonderheit, daß sie nicht fest verlagert ist, sondern mit Hilfe der Zugstange *c* durch den Bremshebel *d* angehoben werden kann. Der letztere dient hier also nicht zum Bremsen, sondern im Gegenteil zum Lüften der Bremse. Auf diese Weise wird erreicht, daß die Last selbst die Scheibe mit dem Bremskranz in das unten vorliegende Bremsband hineinzieht und so die bergpolizeiliche Forderung, daß die Bremse selbsttätig geschlossen sein soll, auch ohne Gegengewicht erfüllt wird. Eine ähnliche Bremseinrichtung ist diejenige von Beien in Herne, bei der die Lüftung der Scheibe mit Hilfe einer Zahnradübersetzung erfolgt.

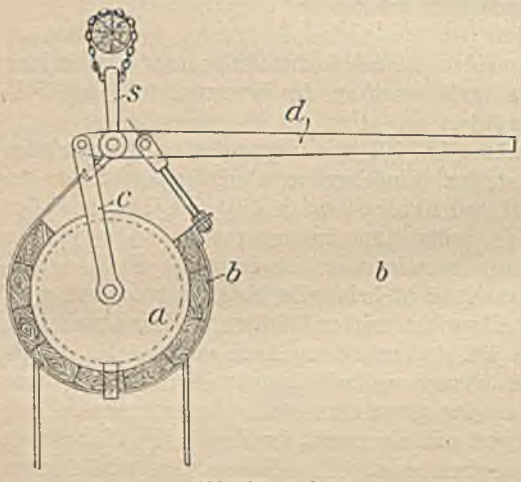


Abb. 502*a* und *b*.
Ausführungsbeispiele für fliegende Bremsen.

Mittel zur Verlängerung und Verkürzung des Seiles bei Höher- oder Tieferlegung fliegender Bremsen sind auf S. 297 angeführt. Eine andere

Möglichkeit ist noch die, daß man nach Abb. 503 mit Seil ohne Ende fördert und die Spannscheibe s, die mit der Schraubenspindel v und der zugehörigen Mutter an einem Querholz t verlagert wird, von Zeit zu Zeit höher rückt (s. die gestrichelte Stellung in der Abbildung). Wenn man die Scheiben a_2 und s mehrrillig macht, kann man größere Längen von Vorratseil zwischen ihnen unterbringen, ohne den Abstand beider Scheiben voneinander sehr groß machen zu müssen.

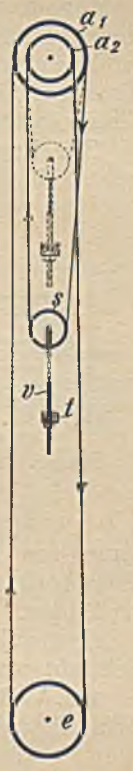


Abb. 503. Bremsscheibe mit Verlängerungsvorrichtung.

Die Bremsvorrichtung selbst wirkt meist nur auf die Scheibe, zuweilen außerdem auch auf das Seil. Die Bremse ist durchweg eine Band-, keine Backenbremse, d. h. es werden nicht lediglich 2 Backen wie bei Fördermaschinen an die Bremsfläche gedrückt, sondern diese wird gemäß Abb. 504 (s. auch die Abbildungen 500 und 502a u. b) auf fast ihrer ganzen Erstreckung von einem eisernen Bande e_1e_2 umgeben, das mit Hilfe der Winkelhebel-Übertragung $kihf_1f_2$ angezogen oder gelockert werden kann. Der Bremshebel k greift rechtwinklig zum Hebel h an, damit der Bremser seitlich stehen kann und für den Fall eines Übertreibens u. dgl. gesichert ist. Zur Erhöhung der Reibung und Verringerung der Abnutzung wird das Bremsband mit Holzklötzen c ausgefüttert, die nach Verschleiß erneuert werden. Bis zur Erneuerung gestatten die Schrauben f_1f_2 mit den Muttern n den allmählichen Ausgleich der Abnutzung durch Zusammenziehen des Bandes. Das Gegengewicht l muß dabei so angebracht sein, daß es die Bremse zu schließen bestrebt ist, so daß nur vermittelst einer besonderen Anstrengung des Bremsers gefördert werden kann.

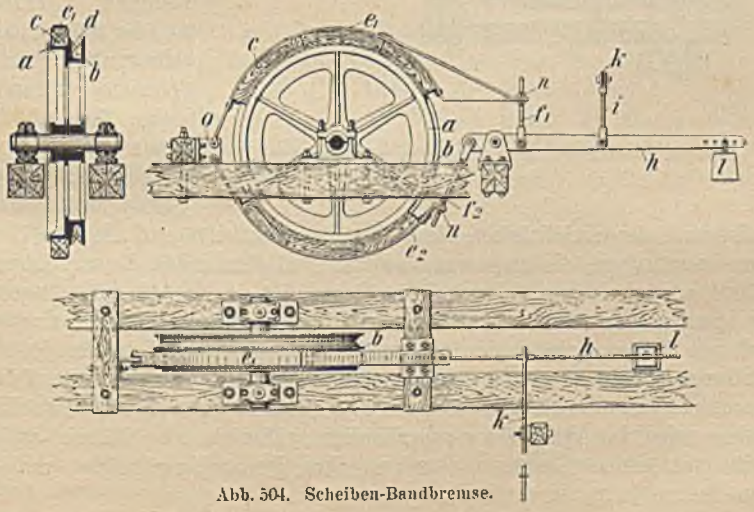


Abb. 504. Scheiben-Bandbremse.

Für wenig belastete Bremsvorrichtungen bei flacher Lagerung bieten die bereits besprochenen Abbildungen 500 und 502 Beispiele.

Knüppelbremsen sind Nutscheiben ohne Bremskranz, bei denen die Bremsung einfach dadurch erfolgt, daß das Seil durch Gegendrücken eines Holzknüppels zu einer scharfen Biegung gezwungen wird.

Eine Bremsscheibe mit Bremsung an der Scheibe sowohl wie am Seil zeigt Abb. 505; die Seilbremsung durch die Klötze k_2 und den Hebel h_2 soll das Rutschen des Seiles in der Nut verhüten.

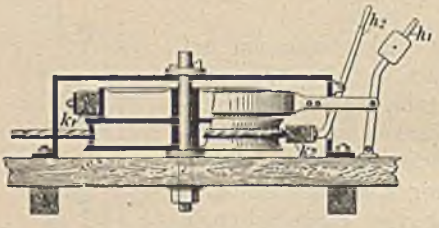


Abb. 505. Bremsscheibe mit Bremsung von Seil und Scheibe.

Bei der Bremsförderung kann durch Unachtsamkeit des Bremsers oder Schadhaftigkeit der Bremse leicht ein Übertreiben stattfinden, so daß der volle Wagen zu tief heruntergelassen wird. Da dadurch die Leute zu gefährlichen Hebungsversuchen im Bremsberge verleitet werden können, so empfiehlt sich bei steiler Lagerung die Verwendung von Bremsen mit innerem Zahnkranz nach Abb. 506 (Bauart Sommer), um das Gestell mittels des Zahnradvorgeleges wieder hochbringen zu können. Das kleine Ritzel r mit Kurbel k ist auf einer verschiebbaren Achse a verlagert und kann im Notfalle mit dem Zahnkranze z in Eingriff gebracht werden.

103. — Bremsgestelle. Die für die Gestellförderung benutzten Gestelle oder „Bremsböcke" werden in einfacher Weise aus Holz oder Profileisen nach Abb. 507 zusammengebaut. Sie erhalten eine Bühne b, die in söhliger Lage auf dem Rahmen r einerseits und der Stütze s anderseits ruht. Verschiedentlich hat man Gestelle eingeführt, bei denen für die verschiedenen, auf der Grube vorkommenden Fallwinkel der einheitlichen Herstellung wegen eine und dieselbe Gestellform benutzt und die Anpassung an das Einfallen durch Beweglichkeit der Bühne ermöglicht wird. Ein solches Gestell ist das in Abb. 508 dargestellte Koepesche, bei dem die Bühne in einem Ringrahmen a verlagert ist und mit diesem gedreht werden kann; der Rahmen wird in der jeweiligen Stellung mittels Bolzen in einer Ausbuchtung des Gestellrahmens b festgehalten. Ein für flachere Lagerung geeignetes Gestell mit verstellbarer Bühne wird in Abb. 509 veranschaulicht. Hier ist die Bühne an einer Seite mit einem Gelenk z versehen, ihre Feststellung erfolgt mit Hilfe von Bolzen p in einem Kreisbogensegment b.

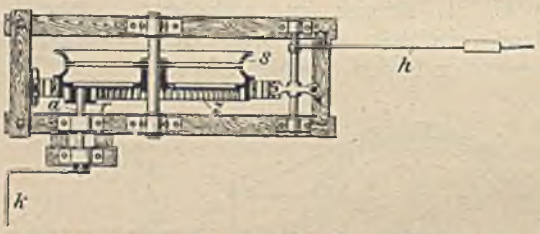


Abb. 506. Sommersche Bremsscheibe mit Handhaspel.

Wichtig sind die bei der Gestellförderung angewandten Mittel zur Raumersparnis und demgemäß zur Verringerung der Anlage- und Unterhaltungskosten des Bremsberges. Diese Raumersparnis kann der Höhe nach zunächst durch eine Kröpfung des Rahmens zwischen den Rädern nach unten hin erzielt werden, wie die Abbildungen 508—510 zeigen, von denen Abb. 509 außerdem die Verringerung des Durchmessers der Vorderräder zum gleichen Zwecke erkennen läßt. Ein anderes Mittel ist die Anbringung der Achslager oberhalb statt unterhalb des Rahmens (vgl. die Abbildungen 507, 511 und 512).

Die Begegnung des Gestelles mit dem unterlaufenden Gegengewicht kann, wenn unter dem Gestell zwecks Verringerung der Höhe zu wenig Raum für

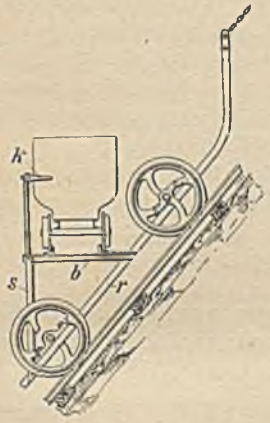


Abb. 507. Eisernes Bremsgestell.

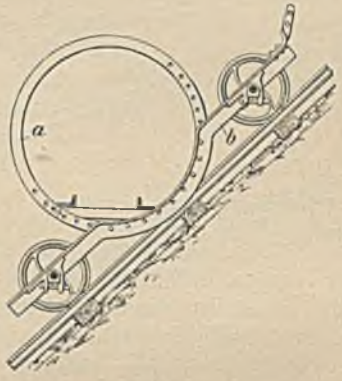


Abb. 508. Bremsgestell nach Koepe mit verstellbarer Bühne.

das Gegengewicht gelassen ist, durch Hochführung der Gestellschienen oder entsprechende Senkung der Schienen für das Gegengewicht ermöglicht werden. Jedoch ist es wegen der Gefahr der Entgleisung bei solchen Änderungen des Gefälles besser, durch Kröpfung der inneren Teile der Achsen des Gestelles nach oben hin oder durch Verwendung einer kurzen Achse für jedes Rad die lichte Durchfahrhöhe für das Gegengewicht unter dem Gestell zu vergrößern.

In mächtigeren Lagerstätten, in denen der Höhe nach genügend Raum vorhanden, dagegen des Gebirgsdrucks wegen in der Breite auf Ersparnis zu sehen ist, kann nach Abb. 510 eine Drehscheibe auf dem Gestell angebracht werden, die es ermöglicht, den Wagen im Bremsberg quer zur Fallrichtung zu stellen, so daß der Bremsberg nur nach der Breite des Wagens bemessen zu werden braucht. Der Wagen wird hier beim Auffahren durch die Aufbiegung *f* der Schienen festgehalten und sodann mit der auf den Rollen *i* laufenden Drehscheibe *g*, die sich mit dem Zapfen *h* in einer Pfanne dreht, geschwenkt. Die Festlegung erfolgt durch die Klinke *k*, die sich in die Ausschnitte *e* legt.

Gestelle für 2 Wagen (Abb. 511 und 512) ermöglichen eine größere Förderleistung sowie das Hochfördern von Versatzbergen, indem zunächst durch 2 volle Kohlenwagen das Gegengewicht hochgezogen wird und dieses dann seinerseits das mit einem leeren und einem Bergewagen beladene Gestell hochziehen

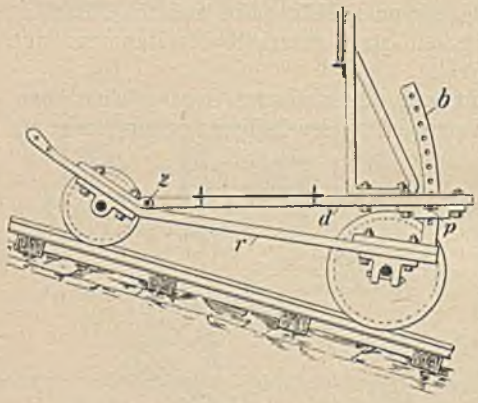


Abb. 509. Bremsgestell mit verstellbarer Bühne für flache Lagerung.

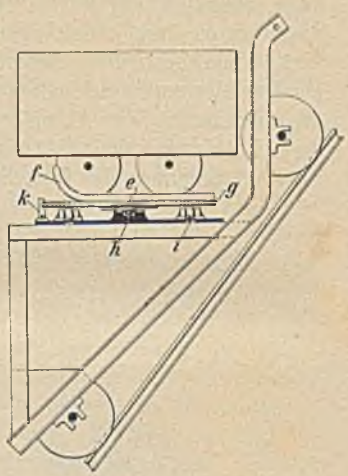


Abb. 510. Bremsgestell mit Drehscheibe.

kann (s. unten, Ziff. 109). Stehen beide Wagen nach Abb. 511 nebeneinander, so ist der Raumbedarf in der Höhe groß; auch kippt das Gestell leicht. Sind beide Wagen übereinander angeordnet (Abb. 512), so zeigt eine

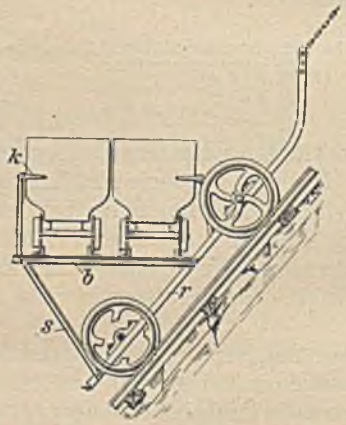


Abb. 511.

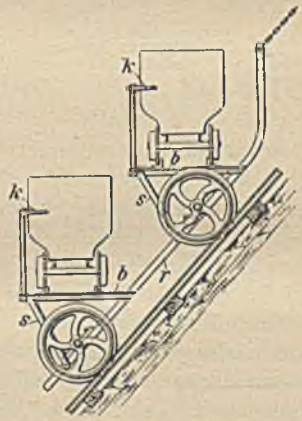


Abb. 512.

Abb. 511 und 512. Bremsgestelle für zwei Wagen.

einfache Überlegung, daß bei der Förderung von Versatzbergen mit Rücksicht auf das Gewicht des Gegengewichtes

1. stets der Bergewagen auf die untere Gestellbühne, der leere Wagen auf die obere Bühne aufgeschoben werden muß,

2. der Bergewagen stets auf einem tieferen Zwischenanschlag abgezogen werden muß als der leere Wagen.

104. — Gegengewichte. Während bei Wagenbremsbergen das Gegengewicht durch einen entsprechend belasteten Förderwagen gebildet werden kann, sind bei Gestellbremsbergen besonders gebaute Gegengewichte erforderlich, die, da sie unter den Gestellen hindurchgeführt werden müssen, sowohl

Abb. 513. Gegengewicht für Gestellbremsberge.

der Breite als auch der Höhe nach möglichst zu beschränken sind, dafür aber entsprechend länger ausgeführt werden können. Ihre Belastung erfolgt zweckmäßig, um eine und dieselbe Bauart eines Gegengewichtes im Massenbetrieb herstellen und für verschiedenartige Gestellgewichte benutzen zu können, in der Weise, daß nach Bedarf eine gewisse Anzahl von Gewichten eingelegt werden kann. Zwei Hauptarten solcher Gegengewichte stellen die Abbildungen 513 und 514 dar. Abb. 513 zeigt ein Gegengewicht aus zwei Winkeleisen w, die durch Winkeleisen-Querverbindungen q_1 q_2 zu einem Rahmen vereinigt sind und zwischen die die nötige Anzahl von Gußstücken g eingelegt werden kann, die gegen das Herausfallen durch aufgeschraubte Eisenlaschen f gesichert werden. Das Gegengewicht nach Abb. 514 besteht aus Gußeisen, ist aus 2 Teilen a_1 a_2 zusammengeschraubt und bietet in seinen Hohlräumen Platz für die Belastung mit Steinen oder Eisenteilen. Die Gabel c dient als selbsttätiger Fänger im Falle eines Seilbruchs, sie fällt dann nieder und faßt hinter die nächste Schwelle (vgl. auch die Besprechung der Fangvorrichtungen in Ziff. 124).

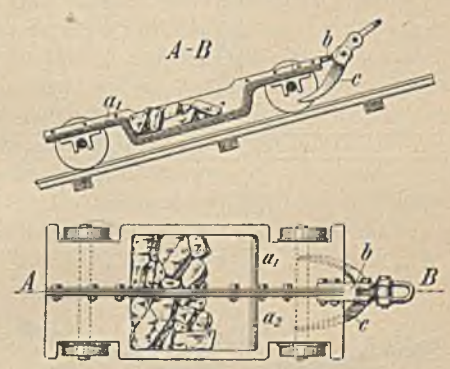


Abb. 514. Gegengewicht aus Gußeisen.

B. Bremsschachtförderung.

105. — Allgemeines über seigere Bremsschächte. Seigere Bremsschächte haben vor den Bremsbergen zwei wichtige Vorzüge voraus, nämlich 1. bedeutend höhere Förderleistung, weil einerseits der Weg durch die Senkrechte abgekürzt wird und anderseits wegen des Fehlens von rollenden Teilen mit bedeutend größerer Geschwindigkeit gefördert werden kann; 2. Verringerung der Unterhaltungskosten, die sowohl durch den geringeren Gebirgsdruck als auch durch den Wegfall des Verschleißes von Rädern, Schienen und Achsen bedingt wird.

Seigere Bremsschächte mit Zwischenanschlägen, wie sie in Gestalt von Stapelschächten namentlich im Ruhrkohlenbezirk große Bedeutung gewonnen haben (vgl. Ziff. 92 und Bd. I unter „Gruppenbau"), werden meist mit eintrümmiger Förderung versehen. Zweitrümmige Förderung ist zunächst nur angebracht, wenn lediglich zwischen zwei Punkten gefördert werden soll, also z. B. bei dem unteren von zwei übereinanderstehenden Stapelschächten, der die Gesamtförderung des oberen abzuführen hat. Jedoch kann bei langsamerer Führung des Abbaues dieser auch so geregelt werden, daß nur jeweils der oberste Anschlag zur zweitrümmigen Förderung nach unten benutzt und die Bremsscheibe mit dem Vorschreiten des Abbaues nach unten hin allmählich tiefer gelegt wird.

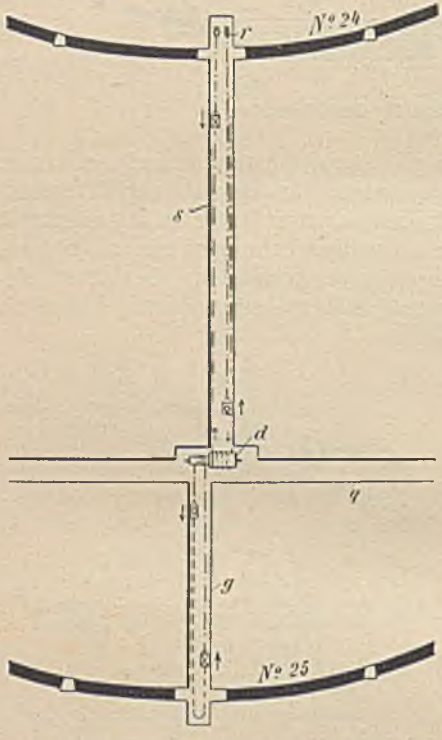


Abb. 515. Ausnutzung der überschüssigen Kraft eines seigeren Bremsschachtes.

106. — Einrichtung seigerer Bremsschächte im einzelnen. Seigere Bremsschächte werden meistens für flotte Förderung eingerichtet und müssen daher in ihren Einrichtungen der starken Belastung angepaßt werden. Die Bremsvorrichtung, als welche in der Regel eine Scheibenbremse aus Stahl Verwendung findet, wird hier besonders stark beansprucht: einerseits zieht das Fördergewicht mit seinem vollen Betrage, und anderseits werden in der Regel durch seigere Bremsschächte, namentlich wenn sie als Stapelschächte verwandt werden, wesentlich größere Fördermengen heruntergebremst als durch tonnlägige Bremsberge. Die Bremse muß daher besonders widerstandsfähig gebaut und mit ausreichend großen Bremsflächen versehen werden (vgl. Abb. 500*b* auf S. 429). Auch gegen die Brandgefahr ist Vorsorge zu treffen, da hier in besonderem Maße ein Heißlaufen des Bremsbandes und -kranzes zu befürchten ist. Ein Mittel gegen dieses Heißlaufen ist zunächst die schon erwähnte Vergrößerung der Bremsfläche, durch die sowohl die entstehende Wärme auf eine größere Fläche verteilt werden kann als auch die Möglichkeit gegeben ist, abwechselnd einige Zeit den einen und dann den anderen Bremskranz zu benutzen. Ferner kommen als Vorbeugungsmaßnahmen in Frage: Ersatz der hölzernen durch gußeiserne Futterklötze, dauernde Berieselung der Bremsfläche und innere Wasserkühlung von Bremskranz

und Achse[1]). (Vgl. im übrigen hierzu den Abschnitt „Grubenbrände" weiter unten.)

Gegen das Gleiten des Seiles können ähnliche Anordnungen getroffen werden, wie sie weiter unten für Haspelschächte beschrieben sind (s. die Abbildungen 528 und 529 auf S. 448). Bei größeren Förderhöhen wird zweckmäßig das Seilgewicht durch ein Unterseil ausgeglichen. Die Gestelle und ihre Führungen bieten wenig Besonderheiten, da sie den bei der Schachtförderung zu besprechenden ähnlich sind.

Das bei eintrümmiger Förderung erforderliche Gegengewicht besteht in der Regel aus einem langgestreckten, schmalen Eisenrahmen und kann in einem schmalen Seitentrumm neben der Längs- oder Schmalseite des Fördertrumms untergebracht werden. Bei ungünstigen Raumverhältnissen muß eine Überfahrung des Gegengewichtstrumms durch bewegliche Schienenbrücken oder dgl. ermöglicht werden (vgl. S. 425).

107. — Ausnutzung überschüssiger Zugkräfte. Die Ausnutzung der an und für sich bedeutenden überschüssigen Kraft eines seigeren Bremsschachtes kann, da er nicht mit endlosem Seile betrieben werden kann, nur unter ausnahmsweise vorhandenen, besonders für eine solche Förderung geeigneten Verhältnissen erfolgen. Ein Beispiel gibt Abb. 515. Der Querschlag *q* hat eine Mulde durchfahren, in der 2 Flöze auftreten, die unter bzw. über dem Querschlage in solchen Abständen mulden, daß die in dem Aufbruch *s* durch das Herunterbremsen der Kohlen aus Flöz Nr. 24 erzeugte Zugkraft nach Abzug der Reibungswiderstände noch zur Förderung aus dem Gesenk *g* für die Mulde von Flöz Nr. 25 ausreicht. Den verschieden großen Förderhöhen entsprechen die verschiedenen Durchmesser der Differentialtrommel *d*, von der aus die Seile für das Gesenk unmittelbar nach unten führen, diejenigen für den Bremsschacht dagegen über die Seilscheiben *r* geführt sind.

C. Bremsberge und Bremsschächte mit Hochförderung von Lasten.

108. — Erläuterung. Bei einem Bremsberge und Bremsschachte wird immer die niedergehende Nutzlast zum Hochziehen des leeren Wagens benutzt, mag das nun mit oder ohne Vermittelung eines Gegengewichtes geschehen. Man kann aber durch verschiedene Kunstgriffe auch die Hochförderung von schweren Massen durch das Gewicht der Nutzlast ermöglichen. Im Steinkohlenbergbau handelt es sich dabei stets um das Hochziehen von Versatzbergen. Naturgemäß muß aber darauf verzichtet werden, das dem Kohlengewicht entsprechende Gewicht an Bergen auf die Höhe, von der die Kohlenwagen kommen, zu bringen. Es muß also entweder ein Gewichtsüberschuß der Kohlenwagen künstlich hergestellt werden, oder es können die Bergewagen nur auf eine geringere Höhe gefördert werden.

109. — Bergeförderung mit Hilfe von unmittelbaren Gewichtsunterschieden. Am einfachsten liegt der Fall bei der Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende, wo bei nicht zu schwacher Neigung das überschüssige

[1]) Glückauf 1909, Nr. 12, S. 414; Bremsscheibe mit Wasserkühlung.

Gewicht ausreicht, um eine beschränkte Anzahl von Bergewagen auf der Seite der leeren Wagen mit hochzuziehen. Bei Förderung mit offenem Seile verringert man meist die Zahl der gleichzeitig zu fördernden Bergewagen im Vergleich zur Anzahl der Kohlenwagen, am einfachsten in der Weise, daß man durch je 2 mit Kohlen beladene Wagen einen leeren und einen Bergewagen ziehen läßt. Bei Wagenbremsbergen bedarf es dazu keiner besonderen Einrichtungen, abgesehen von der notwendigen Verstärkung der Bremsscheibe und ihrer Verlagerung. Daher ist dieses Förderverfahren besonders für flache Lagerung geeignet und empfiehlt sich namentlich für den schwebenden Strebbau, bei dem die Beschaffung fremder Berge auf andere Weise schwierig ist.

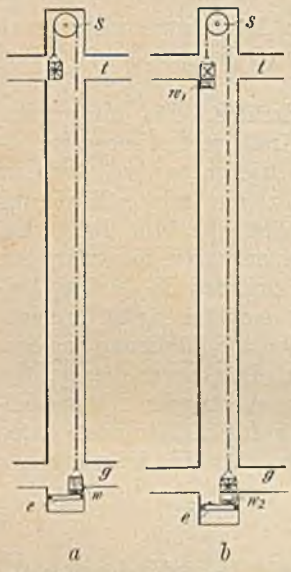


Abb. 516 *a* und *b*. Bergeförderung in Bremsbergen mittels Wasserkasten.

Bei Gestellbremsbergen sind für diesen Fall Doppelgestelle vorzusehen, sei es nun, daß diese auf einer Bühne 2 Wagen nebeneinander aufnehmen oder daß zweibödige Gestelle mit 2 Wagen übereinander Verwendung finden. Die letzteren werden bevorzugt, weil sie ein geringeres Nachreißen des Nebengesteins erfordern. (Im übrigen vgl. oben, S. 434 und 435.)

Eine andere Möglichkeit ist die schwächere Füllung der Bergewagen, so daß diese leichter als die Kohlenwagen werden.

110. — Förderung mit Wasserkasten. Mit Benutzung von Wasserkasten können infolge künstlicher Gewichtsausgleichung Berge in der gleichen Menge wie Kohlen und auf dieselbe Höhe gefördert werden, indem die außer dem Kohlenübergewicht noch erforderliche Triebkraft durch einen Wasserballast geliefert wird, der oben eingefüllt und nach Ankunft des Bergewagens an Ort und Stelle wieder durch Entleerung abgegeben wird. Eine solche Förderung kommt in erster Linie dort in Betracht, wo auf einer oberen Sohle Wasser abgefangen und dem Bremsberg zugeführt werden kann oder wo, wie in Gruben mit Berieselungs-Rohrnetz, Druckwasser zur Verfügung steht. Sie ist nur für Gestellbremsberge und für seigere Bremsschächte geeignet.

Die Wasserkastenförderung kann ein- oder zweitrümmig erfolgen. Im ersteren Falle (Abb. 516*a*) hängt an einem Seilende das (durch ein Doppelkreuz gekennzeichnete) Gestell mit dem Bergewagen, am anderen der Wasserkasten w, dessen Füllung mittels einer Druckwasserleitung und dessen Entleerung nach Ankunft auf der Sohle selbsttätig durch Aufstoßen des Fußventils auf eine „Nuß" in der Sohle des Anschlages erfolgt. Der entleerte Wasserkasten wird dann durch einen auf das obere Gestell aufgeschobenen vollen Kohlenwagen wieder hochgezogen. — Bei zweitrümmiger Förderung wird jedes Gestell mit einem Wasserkasten versehen (Abb. 516*b*), der abwechselnd gefüllt und entleert wird, so daß das Gestell mit Kohlenwagen und gefülltem Wasserkasten w_1 schwerer ist als dasjenige mit Bergewagen und geleertem Wasserkasten w_2.

111. — **Bergeförderung mit Differentialtrommeln.** Die Verringerung der Höhe der Bergeförderung wird erreicht durch Förderung mit Differentialtrommeln, d. h. mit abgesetzten Bremstrommeln, an deren größerem Durchmesser der Kohlenwagen angreift, während der Bergewagen am kleineren hängt. Dieses Förderverfahren muß immer auf vereinzelte Fälle beschränkt bleiben. Denn nur selten werden die Verhältnisse so liegen, daß nur die unteren Örter eines Bremsberges Berge notwendig haben oder diese nicht von der oberen Sohle erhalten können und daß anderseits den oberen Örtern die Berge- oder leeren Wagen am zweckmäßigsten von oben zugeführt werden.

112. — **Zusammenfassung.** Alles in allem sind heute die Mittel der Bergeförderung in Bremsbergen nur noch von geringer Bedeutung. Denn einmal sind sie umständlich, oder sie erfordern eine besondere Aufmerksamkeit der Anschläger und Schlepper, mit der nicht immer gerechnet werden kann, und außerdem vielfach noch eine besondere Gestaltung der Abbauverhältnisse wegen der geringeren Fördermengen und -höhen für die Berge. Anderseits ist mit den Fortschritten des Maschinenbaues und der Elektrotechnik die Verwendung von Luft- und elektrischen Haspeln gegen früher bedeutend verbilligt worden. Das gilt namentlich für den Fall, daß man die Bergeförderung weniger zersplittert, indem man die Berge bis zur Teilsohle hebt und dafür Sammelstellen in Gestalt von besonderen Haspelschächten schafft, in denen die sämtlichen Berge für eine größere Anzahl von Abbaubetrieben hochgezogen werden, um von dort in den einzelnen Bremsbergen bis zur Verwendungstelle abgebremst oder noch einfacher in Rollöcher gestürzt zu werden.

D. Rollochförderung.

113. — **Rollochförderung in der Grube. Vorbemerkung.** Über die Bedeutung der Rollochförderung für die verschiedenartigen Betriebe, über ihre Vorzüge und Nachteile sowie über die Herstellung und den Ausbau der Rollöcher ist bereits in den Abschnitten „Streckenbetriebe im Einfallen“ und „Firstenbau auf Erzgängen“ in Band I gesprochen worden. Hier bedarf es nur noch einiger Bemerkungen über die für die Rollenförderung selbst, d. h. für die Füllung und Entleerung der Rollen, in Frage kommenden Einrichtungen.

114. — **Füllung der Rollen.** Für die Füllung der Rollen werden im Steinkohlenbergbau Kopf- und Kreiselwipper oder auch Wagen mit beweglichem Kasten oder beweglichen Seitenwänden verwandt, sei es nun, daß Kohlen von den Abbaustrecken bis zur unteren Sohle oder Berge von der oberen Sohle zu den Abbaustrecken gefördert werden sollen. Im Braunkohlenbergbau finden auch Karren für diesen Zweck Verwendung. Der Erzbergmann benutzt ebenfalls Karren und außerdem bei geringer Entfernung zwischen Abbaustoß und Rolle den mit der Kratze gefüllten Trog.

Die Beschickung durchgehender Rollen läßt sich auch von Zwischenanschlägen aus ohne größere Schwierigkeiten ermöglichen. Eine Gefährdung der Förderleute an diesen Zwischenpunkten wird vermieden, wenn man in der Streckensohle neben den Rollen schräge Taschen herstellt, aus denen das gestürzte Gut in die Rollen gelangt.

Bei seinen als Stürzrollen verwandten, geschlossenen Lutten (vgl. Band I) ermöglicht das Röhrenwerk G. Kuntze (vorm. Würfel & Neuhaus) in Bochum die Füllung von Zwischenstrecken aus durch Unterbrechung des Luttenstranges an diesen Stellen und Aufsetzen eines Trichters (Abb. 517) auf seine untere Fortsetzung. Allerdings macht die Verlagerung solcher Rohrstränge Schwierigkeiten, da sie erheblichen Ansprüchen gewachsen sein muß.

Abb. 517. Rollochbetrieb mit geschlossenen Rutschen nach Würfel & Neuhaus.

Es empfiehlt sich, Stürzrollen immer voll zu halten, damit größere Kohlenstücke nicht zu sehr durch den Fall zertrümmert werden und Erz- und Bergestücke den Ausbau nicht zu stark beschädigen.

Erz- und Bergerollen werden vielfach — abgesehen von den zum Schutze gegen das Hineinstürzen von Leuten dienenden Vorkehrungen — oben mit einem Gitterrost abgedeckt. Man verhütet dadurch die Beschädigung und das Verstopfen der Rollen durch zu große Stücke, da diese auf dem Rost zunächst klein geschlagen werden können. Beim Erzbergbau erzielt man durch die Gitterabdeckung außerdem den Vorteil, daß die Sieb- und Zerkleinerungsvorrichtungen der Aufbereitung entlastet werden, indem diese nur Wände von einer für sie passenden Größe erhalten. Überdies kann hier — gute Beleuchtung vorausgesetzt — bereits unter Tage eine Handscheidung vorgenommen werden, indem die Wände zerschlagen werden, das Taube gleich in der Grube bleibt und nur das Erz in die Rolle gelangt, besonders wertvolle Stücke auch gleich in Säcke oder Kistchen verpackt werden.

Abb. 518. Hebelverschluß für Stürzrollen.

115. — Entleerung der Rollen. Am unteren Ende können die Rollen offen bleiben oder mit einem Verschluß ausgerüstet werden. Offene Rollen müssen seitlich von der Förderstrecke münden. Sie bieten den Vorteil, daß sie sich nicht leicht zusetzen und etwa doch eintretende Verstopfungen leicht beseitigt werden können, werden aber heute nur noch selten benutzt, da sie ein besonderes Füllen der Wagen mit Schaufel von der Sohle aus erfordern.

Geschlossene Rollen münden unten am Stoße der Förderstrecke. Sie werden mittels einer schrägen Holzrutsche entleert, die durch einen Schieber verschlossen gehalten und zur Verringerung des Verschleißes bei härterem Fördergut mit Eisenblech belegt wird. Und zwar rüstet man nicht nur tonnlägige, sondern auch seigere Rollen mit einem solchen vorgebauten Kasten mit schrägem Boden aus, um einen söhligen Verschlußschieber zu vermeiden, auf dem ein zu starker Druck lasten würde. Da ein in Falzen gehender Schieber sich leicht festklemmt, so ist der Verschluß nach

Abb. 518[1]) vorzuziehen, bei dem die Winkelklappe k leicht durch den Handhebel h in die punktierte Öffnungstellung gebracht werden kann. — Ein Mittelding zwischen den offenen und geschlossenen Rollen sind diejenigen, die unten durch eine Anzahl von dicht nebeneinander, quer zur Rollenmündung gelegten Rundhölzern verschlossen gehalten werden, die an beiden Seiten auf Längsbalken oder eisernen Trägern aufruhen und mit fortschreitender Entleerung der Rolle nach und nach von hinten vorgezogen werden; das Fördergut wird dann mit der Kratze herangezogen und in den Wagen geschafft. Solche Bodenverschlüsse werden neuerdings auch beim Schräg- und Firstenbau an Stelle der dort sonst üblichen Trichter verwandt und dann als „Ladetische" bezeichnet.

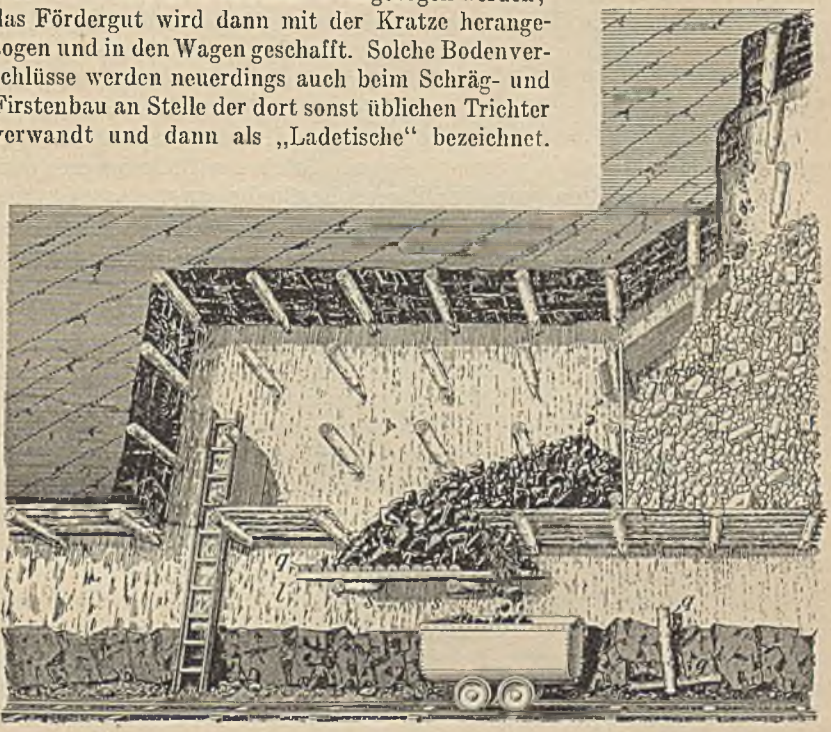


Abb. 519. Ladetisch für Schrägbau auf der Zeche Herkules in Essen.

Abb. 519 zeigt eine derartige Einrichtung, bei der die den Verschluß bildenden Halbhölzer q auf Langhölzern l ruhen, die durch Stempel s gehalten werden. Diese Ladetische haben vor den Trichtern den Vorzug wesentlich rascherer Herstellung und geringerer Kosten voraus, ermöglichen auch die gleichzeitige Füllung von 2 Wagen und verhüten das Vorbeifallen von Kohle, da die Fallrichtung in der Längsachse des Wagens liegt und die Kohle nur mit mäßiger Geschwindigkeit nachstürzt.

Bei den Neuhausschen Luttenrutschen (Abb. 517) werden neuerdings durch den Einbau eines Zwischenbehälters r am Fuße des Rutschenstranges Verstopfungen, die gerade hier am leichtesten eintreten, mehr vermieden, auch können sie gefahrlos von oben aus beseitigt werden.

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1892, S. 434; Versuche und Verbesserungen.

Bergerollen kann man auch für Zwischenentnahme von Bergen zur Versorgung mehrerer Abbaustrecken einrichten. Man bringt dann an diesen Stellen den vorgebauten Kasten mit Schieber an und richtet den Boden dieses Kastens gleichfalls als Schieber ein, der sich in Schlitzen in der Auskleidung des Rollochs führt und für gewöhnlich zurückgezogen wird, um das Rolloch freizugeben. Sollen auf einem Orte Berge aus dem Rolloch entnommen werden, so fängt man diese aus dem letzteren durch Einschieben des Bodens ab und führt sie so dem Vorkasten zu. Auch können Klappwände Verwendung finden, indem (ähnlich wie bei den Schüttelrutschen, vgl. z. B. Abb. 379 auf S. 319) ein Stück der Wandung der Rolle an der Stelle, wo sie durch die Strecke hindurchgeht, drehbar gemacht und nach Lösung eines Verschlusses als schräger Zwischenboden in die Rolle hineingeschwenkt wird. Bei diesen Anordnungen muß aber das oberhalb der Strecke liegende Stück des Rolloches leer sein.

116. — **Stürzrollen von der Tagesoberfläche aus.** Auf Gruben, die größere Mengen von Versatzbergen in Gestalt von Klaub-, Wasch- und Haldenbergen im Steinkohlenbergbau oder von Fabrikrückständen im Kalisalzbergbau durch den Schacht einzufördern haben, macht sich die Belastung der Schachtförderung durch dieses Einhängen von Bergen nachteilig bemerklich. Es sind daher in solchen Fällen verschiedentlich Stürzrollen in größtem Maßstabe für diese Bergeförderung verwandt worden, und zwar in Gestalt von geschlossenen Rohrleitungen im Schachte. Am besten eignen sich für diesen Zweck alte Pumpen-Steigleitungen von etwa 500 mm Weite, die als solche nicht mehr benutzt werden. Da der Boden des unten an eine solche Stürzrolle angeschlossenen Entladekastens stark beansprucht wird, so kann man zu seinem Schutze ähnliche Mittel anwenden, wie sie in Band I unter „Krümmer" im Abschnitt „Abbau mit Spülversatz" angegeben sind; im übrigen wird man hier ganz besonders darauf zu achten haben, daß die Rolle stets genügend voll gehalten wird. — Es ist erforderlich, eine größere Anzahl von Entlüftungsvorrichtungen in solchen Leitungen vorzusehen, damit nicht durch größere Massen, die sich festgesetzt hatten und nach Lösung geschlossen herabstürzen, infolge des dadurch verursachten Luftdruckes die Rohrleitung zum Platzen gebracht wird. Zu diesem Zwecke kann man z. B. zwischen die Flanschen Ringe einlegen, die mit Schlitzen versehen sind.

Derartige hohe Stürzrollen eignen sich am besten für ganz trockene Berge, da Berge mit Wassergehalt, wie z. B. Waschberge, leicht Verstopfungen herbeiführen. Vielfach werden sie durch den Spülversatz entbehrlich gemacht. Doch haben auch Gruben, die mit Spülversatz arbeiteten und die Mischung erst unter Tage herstellen wollten, sich dieser Rollen bedient, um die Berge zunächst trocken nach unten gelangen zu lassen.

E. Aufwärtsgehende Förderung unter Tage.

117. — **Vorbemerkung.** Die aufwärtsgehende Förderung innerhalb der Grubenbaue kann sich ebenso wie die abwärtsgehende Förderung in tonnlägigen Strecken einerseits, in seigeren Haspelschächten anderseits vollziehen. Bei den letzteren ergeben sich dann ganz ähnliche Verhältnisse wie bei der Hauptschachtförderung, so daß hier nur einige Besonderheiten erwähnt zu werden brauchen.

118. — Förderhaspel. Antrieb. Die mechanisch angetriebenen Haspel sind jetzt derartig vervollkommnet worden, daß sie sich den verschiedenartigsten Förderaufgaben anpassen lassen und ganz allgemein sowohl für tonnlägige wie für seigere Förderung verwandt werden.

Man unterscheidet zunächst nach dem Triebmittel Preßluft-, Druckwasser- und elektrisch angetriebene Haspel. Die Preßlufthaspel spielen im Steinkohlenbergbau heute immer noch die Hauptrolle. Jedoch ist nach Möglichkeit ihr Ersatz durch elektrisch betriebene Förderhaspel anzustreben, da diese sich vor den Drucklufthaspeln durch ihren bedeutend geringeren Kraftverbrauch, durch den Wegfall der umständlich einzubauenden und schwer dicht zuhaltenden Leitungen und durch das geringe Geräusch, das sie verursachen, vorteilhaft auszeichnen, auch bei ihnen im Gegensatz zu den Preßlufthaspeln während der Stillstände keine Kraftverluste eintreten. Anderseits verlangen sie wegen der hohen Umdrehungszahlen der Motoren stärkere Übersetzungen als Preßlufthaspel. Diese Übersetzungen bewirken auch, daß der Raumbedarf elektrisch betriebener Haspel trotz der geringen Raumbeanspruchung durch den Motor selbst doch im ganzen demjenigen der Preßlufthaspel mindestens gleichkommt. — Haspel mit Druckwasserantrieb haben sich im Steinkohlenbergbau wenig eingebürgert, da in der Regel die Verhältnisse nicht so liegen, daß eine entsprechende Menge Druckwasser billig zur Verfügung gestellt werden kann, und da außerdem die Abführung des verbrauchten Wassers Schwierigkeiten und Belästigungen verursacht.

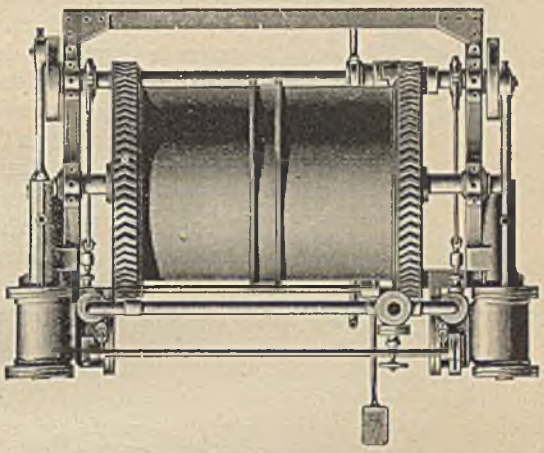


Abb. 520. Zwillings-Preßlufthaspel mit einfachem Vorgelege und doppeltem Eingriff. (Eisenhütte Westfalia, Lünen.)

119. — Bauarten der Förderhaspel. Nach der Bauart unterscheidet man bei den Preßlufthaspeln noch Schubkolben- und Drehkolbenhaspel. Die Schubkolbenhaspel entsprechen den gewöhnlichen Dampf- und Preßluft-Kolbenmaschinen. Sie werden durch die Abbildungen 520, 526 (S. 447) und 530 (S. 449) veranschaulicht, und zwar in der Ausführung als Zwillingshaspel. Das Vorgelege braucht bei geringeren Beanspruchungen nur auf einer Seite (Abb. 526 und 530) angebracht zu werden, wogegen stärker belastete Haspel mit zweiseitigem Eingriff (Abb. 520) ausgerüstet werden müssen, damit die Welle nicht zu stark auf Verdrehung beansprucht wird.

Die Drehkolbenhaspel sind neuerdings nach dem Vorgange der Maschinenfabrik Axmann in Bochum-Riemke rasch in Aufnahme gekommen, nachdem

vergleichende Versuche[1]) gezeigt haben, daß ihr Luftverbrauch nicht größer als derjenige der Schubkolbenhaspel ist. Sie erhalten (Abb. 521) ihren Antrieb durch Drehung einer exzentrisch in einem geschlossenen, ringförmigen Gehäuse verlagerten Trommel *a*, die den Drehkolben darstellt. Diese wird nach den Ausführungen von Axmann & Co., E. Wolff u. a. dadurch in Bewegung gesetzt, daß Schieber *b*, die sich in Schlitzen der Trommel *a* führen, durch die Schleuderkraft gegen die Wandung des Gehäuses gedrückt werden und dadurch Zwischenwände bilden, gegen die die Preßluft drückt. In der bezeichneten Stellung hat der Umsteuer-Muschelschieber *d* für die bei *c* eintretende Preßluft den Kanal *e* freigegeben, durch den sie in den Halbringkanal *f* eintritt, um aus diesem in die durch die einzelnen Schieber *b* gebildeten Druckkammern zu strömen. Umgekehrt wird dann die Auspuffluft in dem Halbringkanal *g* gesammelt und durch den Steuerkanal *h* der Auspufföffnung *i* zugeführt.

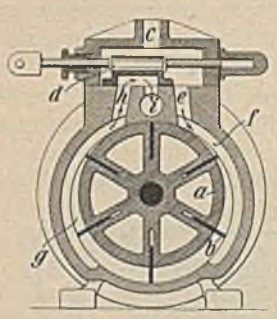


Abb. 521. Schema des Drehkolbenantriebs von Axmann.

Eine Verbindung des Schubkolbenantriebs mit dem Drehkolbenantrieb liegt bei dem durch Abb. 522 veranschaulichten Antrieb der Gewerkschaft Eisenhütte Westfalia in Lünen vor. Hier bewegt sich in

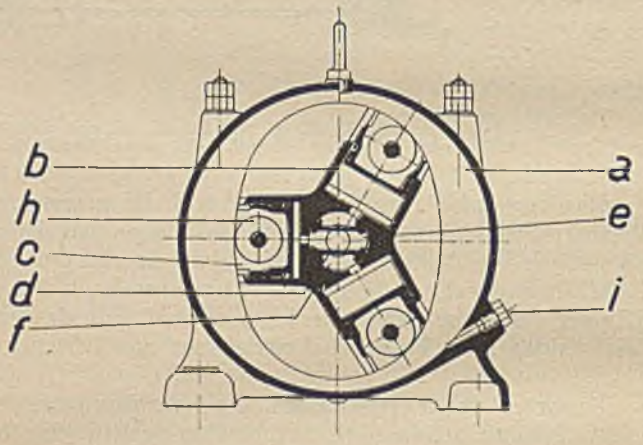


Abb. 522. Schema des kreisenden Haspelantriebs der Gewerkschaft Eisenhütte Westfalia. (Ruhestellung).

einem elliptischen Ausschnitt des Gehäuses *a* ein aus 3 Zylindern *b* bestehender Drehkörper. In den Zylindern gleiten die Kolben *c*, die durch den Steuerdrehschieber *d* abwechselnd unter Volldruck (durch den Steuerraum *e*) und Auspuffdruck (durch die Steuerräume *f*) gesetzt werden. Die Drehbewegung erfolgt dann dadurch, daß immer mindestens ein

[1]) Glückauf 1921, Nr. 35, S. 833 u. f.; Schimpf: Vergleichende Versuche an Preßlufthaspeln.

Kolben unter Volldruck steht und dadurch infolge seiner Schrägstellung gegen die Gehäusewand (s. die beiden rechts befindlichen Kolben) aus dem engeren in den weiteren Raum des elliptischen Gehäuses gedrückt wird. Die Reibung der Kolben gegen die Gehäusewandung wird durch die Rollen *h* aufgenommen. Hier sind also die erforderlichen Dichtungsflächen zwischen Kolben und Zylinder gelegt, wogegen die Gehäusewand mit der Dichtung nichts zu tun hat.

Die Außenansicht eines Drehkolben-Scheibenhaspels mit doppeltem Vorgelege stellt Abb. 523 dar.

Solche Haspel haben vor den Schubkolbenhaspeln verschiedene Vorzüge voraus. Zunächst kommen sie als „Schnelläufer" (Drehzahl etwa 700—900) mit wesentlich geringeren bewegten Massen aus, so daß ihre Abmessungen

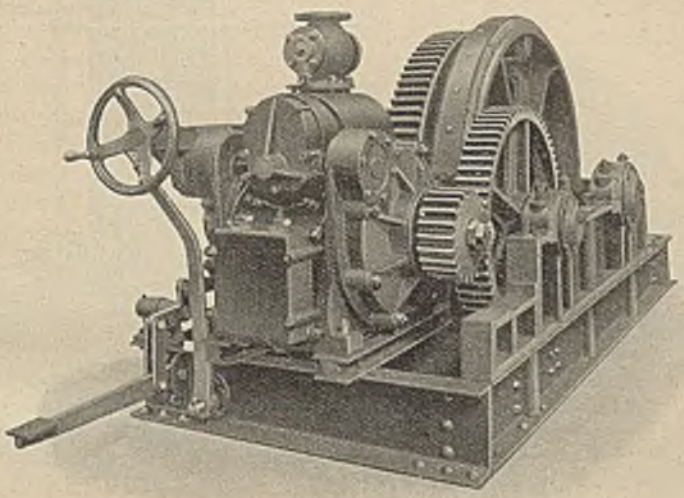


Abb. 523. Drehkolbenhaspel von Axmann & Co.

erheblich geringer als die der Schubkolbenhaspel sein können. Sodann arbeiten sie ohne Kurbel, also mit weniger Gelenken und mit gleichmäßigem Gange, d. h. geringer Beanspruchung des Sohlenrahmens. Ferner ermöglichen sie weitgehende Ausnutzung der Luftentspannung, da die bei dieser sich einstellende Eisbildung durch die ständige Beseitigung der Eisansätze infolge der schleifenden Bewegung der Kolben- bzw. Steuerteile unschädlich gemacht wird. Außerdem sind alle bewegten Teile unter Verschluß, also staubsicher untergebracht. Der Nachteil des Verschleißes zwischen den kreisenden Teilen und der Gehäusewand scheint durch zweckentsprechende Bauart in mäßigen Grenzen gehalten werden zu können.

Einen elektrisch angetriebenen Haspel stellt Abb. 524 dar; wegen der hohen Drehzahl des Elektromotors ist ein doppeltes Zahnradvorgelege zwischengeschaltet. Bei elektrisch betriebenen Haspeln ist darauf zu achten, daß der Steuerhebel nicht eher auf Fahrt gestellt werden kann, als bis der Bremshebel gelüftet ist, weil sonst ein Durchbrennen der Wickelungen oder wenigstens der Sicherung durch den vollen Betriebstrom zu befürchten ist.

Eine Anordnung zur Erreichung dieses Zweckes ist die Zwangsverriegelung nach Abb. 525, wobei der am Bremsgegengewichtshebel *h* sitzende Stift während der Schlußstellung der Bremse *r* in den Einschnitt *b* des Steuerhebels greift und dadurch dessen Bewegung hindert, bis der Stift durch Lüftung des Bremshebels in die Aussparung *a* des Steuerhebels gelangt und nunmehr diesem keinen Widerstand mehr bietet.

Nach der Art der Bewegung des Seiles sind ähnlich wie bei der Bremsbergförderung Trommel- und Scheibenhaspel zu unterscheiden. Die letzteren haben aus ähnlichen Gründen, wie sie oben dargelegt worden sind, die ersteren

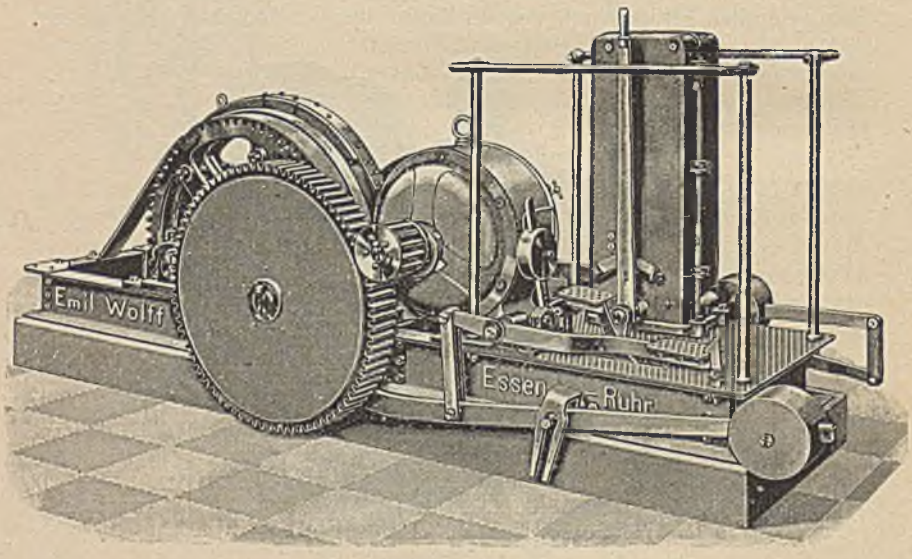


Abb. 524. Elektrisch angetriebener Scheibenhaspel von E. Wolff in Essen mit doppeltem Vorgelege.

vielfach verdrängt. Jedoch ist der Unterschied bei der Haspelförderung geringer als bei der Bremsbergförderung, weil die Antriebsmaschine selbst einen gewissen Mindestraum verlangt und durch die Trommel die Raumbeanspruchung im Vergleich zur Scheibe nicht wesentlich vergrößert wird. Scheibenhaspel erhalten für die seigere Förderung senkrecht gestellte Scheiben (Abb. 524), wogegen Haspel, die für die Förderung aus Abhauen bestimmt sind, vorteilhaft als Flachscheibenhaspel gebaut, d. h. mit einer in der Fallebene liegenden und durch ein Kegelradgetriebe angetriebenen Scheibe ausgerüstet werden. Trommelhaspel werden zur Verringerung des Raumbedarfes zweckmäßig so gebaut, daß die Trommel zwischen Motor und Vorgelegeritzel zu liegen kommt (Abbildungen 520 und 526).

120. — Aufstellung der Förderhaspel. Nach der Art der Aufstellung werden feststehende und fahrbare Haspel unterschieden. Die letzteren können Verwendung finden für die Förderung aus mehreren, nicht weit voneinander entfernten Abhauen bei beschränkter Förderleistung oder auch für das Hochziehen von Holz in Aufbrüchen, die im Hochbrechen begriffen sind.

Jedoch hilft man sich bei der Förderung aus Abhauen auch durch Verwendung eines feststehenden Haspels, von dem aus nach Bedarf mit Hilfe von Ablenkrollen das eine oder andere Abhauen bedient wird. Einen fahrbaren Haspel einfacher Bauart nach der Ausführung von Beien in Herne veranschaulicht Abb. 526; der Haspel wird durch Haken festgehalten, die unter die Schienenköpfe fassen. Der Haspel der Westfalia in Lünen wird mittels 4 Ketten verankert, die an Keilschlitten angreifen, die sich selbsttätig auf den Schienen festziehen.

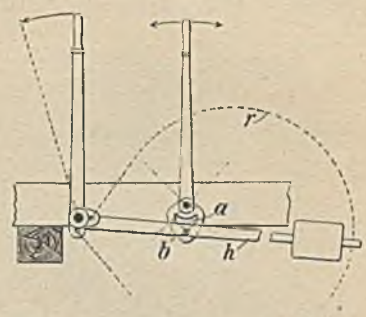


Abb. 525. Zwangsverriegelung zwischen Anlasser- und Bremshebel nach Beien.

Die Haspel können ferner bei seigerer Förderung sowohl am unteren als auch am oberen Ende des Schachtes aufgestellt werden. Die letztere Aufstellung bildet naturgemäß die Regel. Sie erfolgt in den meisten Fällen seitwärts vom Schachte, und die Überleitung der Seile in diesen wird dann wie bei der Hauptschachtförderung durch Seilscheiben bewirkt. Jedoch bietet die Anordnung des Haspels am unteren Ende den Vorteil, daß einmal seine Aufstellung und Beaufsichtigung wesentlich erleichtert und ferner die Brandgefahr, die in der „Haspelstube" am Kopfe eines Haspelschachtes besonders groß ist, verringert wird. Bei elektrisch betriebenen Haspeln kommt hinzu, daß in den frischen Wettern am Fuße des Haspelschachtes die Gefahr der Schlagwetterzündung durch Funken so gut wie ausgeschlossen ist. Vorteilhaft ist hier auch die Möglichkeit, den Anschläger am Fuße des Schachtes gleichzeitig als Maschinenwärter zu benutzen, da man ohne Schwierigkeiten den Steuerhebel vorn am Anschlag anbringen kann. Diesen Vorzügen gegenüber, die namentlich für elektrische Haspel wichtig sind, fällt die Notwendigkeit, ein Seil von doppelter Länge zu benutzen, weniger ins Gewicht.

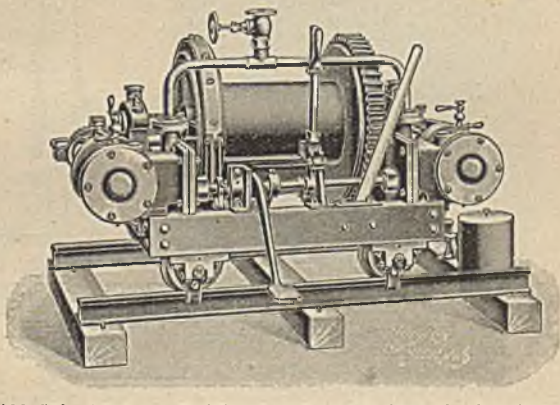


Abb. 526. Fahrbarer Zwillingshaspel von Beien mit einfachem Vorgelege und einseitigem Eingriff.

Mit dem weiteren Vordringen des Haspelbetriebes in die Grubenbaue haben neuerdings die „Zwerghaspel" rasch größere Bedeutung erlangt; es sind dies kleine Haspel mit Druckluft- (Abb. 527) oder elektrischem Antrieb, die je nach der Stärke ihrer Beanspruchung an einer oder zwei Spannsäulen befestigt werden. Bei Preßlufthaspeln dieser Art wird der stehende Haspel, den die Abbildung zeigt, bevorzugt. Sie kommen für die Förderung aus

Abhauen von geringer Länge, namentlich bei flacher Lagerung, in Betracht, werden aber auch im Abbau und auf Teilstrecken (Ziff. 58) mit Erfolg verwandt.

121. — Die Seile bei der Haspelförderung. Seigere Haspelschächte werden zweckmäßig mit Unterseil ausgerüstet. Bei Förderung mit Treibscheibe (s. auch unten, S. 522 u. f.) sind Vorrichtungen zur Verhütung des Gleitens des Förderseiles erwünscht, da hier infolge der geringen Gewichte der Reibungsdruck zwischen Seil und Scheibe nur klein ist. Solche Hilfsmittel veranschaulichen die Abbildungen 528—530. Bei der Anordnung nach Abb. 528[1]) ist der Gedanke verwertet, daß die Reibung vermehrt wird, wenn man die Last auf 2 Seile verteilt, deren jedes in einer besonderen Nut der Bremsscheibe *b* liegt. Damit beide Seile immer gleichmäßig angespannt werden, sind sie mit dem Gestell *g* durch Vermittelung eines Wage-

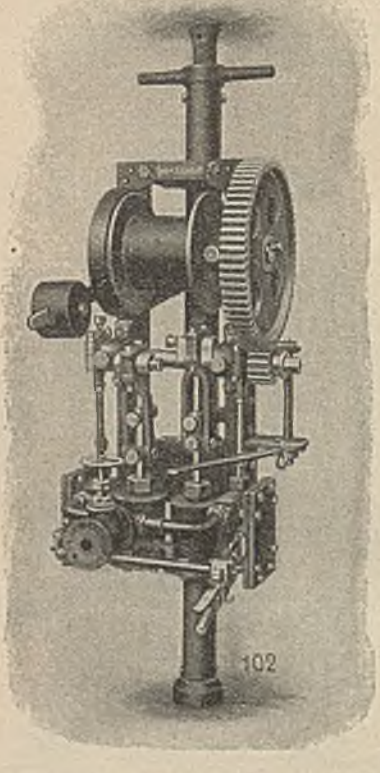


Abb. 527. Druckluft-Zwerghaspel (mit Trommel) der Maschinenfabrik Gebr. Eickhoff in Bochum.

Abb. 528. Haspel mit zwei Seilen.

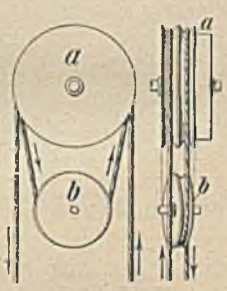


Abb. 529. Haspel mit Gegenscheibe.

balkens *w* verbunden. In Abb. 529 ist eine zweirillige Bremsscheibe *a* mit vorgelagerter Gegenscheibe *b* dargestellt. Abb. 530 endlich zeigt einen Haspel mit Treibscheibe und Gegenscheibe, ähnlich wie bei Antriebsmaschinen für Streckenförderungen. In den beiden letztgenannten Abbildungen sind die Gegenscheiben zur Verhütung der gegenseitigen Reibung zwischen dem ab- und auflaufenden Seil schräg eingebaut.

Um das Seil beim Wagenwechsel ständig gespannt zu halten und das Hochschnellen des Gestells nach dem Abziehen eines schweren Wagens zu vermeiden, hat Betriebsführer Ehring in Altenessen einen mit Handgriff versehenen Schuh angegeben, der über den Boden des Gestells greift und dieses festhält.

[1]) Sammelwerk Bd. V, S. 196.

F. Sicherheitsvorrichtungen bei der Brems- und Haspelförderung.

122. — Überblick. Die Förderung in Bremsbergen, Abhauen und Haspelschächten erfordert außer den bereits erwähnten Einrichtungen am untersten Anschlage noch zweierlei Sicherheitsvorkehrungen. Einmal nämlich müssen seillos gewordene Wagen oder Gestelle nach Möglichkeit rechtzeitig festgehalten werden, ehe sie größeren Schaden anrichten können, und anderseits sind bei steilerer Lagerung und bei Seigerschächten Maßregeln gegen den Absturz von Leuten unerläßlich.

a) Fangvorrichtungen.

123. — Vorbemerkung. Über die Fangvorrichtungen in Seigerschächten wird bei der Schachtförderung gesprochen werden, so daß hier nur die Aufhaltevorrichtungen in Bremsbergen und Abhauen berücksichtigt zu werden brauchen. Derartige Vorrichtungen sind unter Tage einfacher zu treffen als über Tage, weil das Gebirge selbst schließlich die Wagen aufhält. Jedoch sind auch unter Tage Mittel zur Vermeidung größerer Beschädigungen von Ausbau und Anschlag und zur Verhütung der Verletzung von Personen erforderlich. Die Hemmung eines abgehenden Wagens oder Gestelles soll zur Verringerung der Stoßwirkung möglichst rasch nach der Lösung vom Seil erfolgen.

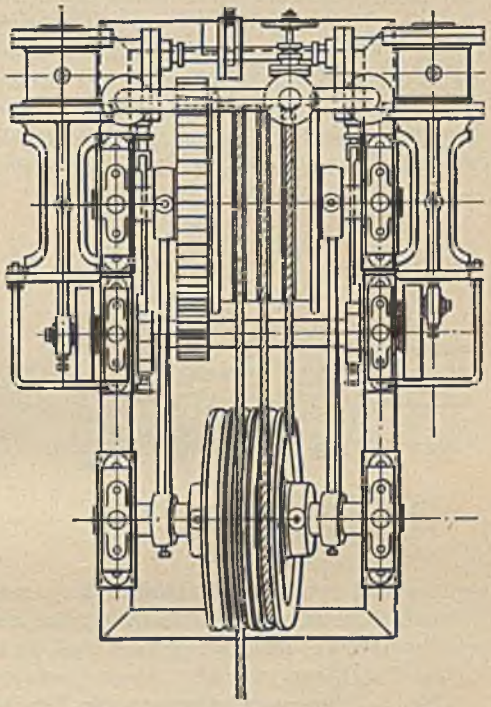


Abb. 530. Beienscher Haspel mit einseitigem Vorgelege, dreirilliger Antriebscheibe und Gegenscheibe.

124. — Fangvorrichtungen für Förderung mit offenem Seil. Bei der Förderung mit offenem Seil sind Fangvorrichtungen weniger wichtig, weil im oberen Teile des Bremsberges, wo das Abgehen von Wagen am nachteiligsten ist, die Beanspruchung des Seiles und damit die Gefahr eines Seilbruches am geringsten ist. Eine einfache Hemmvorrichtung ist der sog. „Faulenzer", eine hinten an den Wagen gehängte und um ein Gelenk pendelnde Gabel, die auf der Sohle nachgeschleppt wird und sich im Falle eines Seilbruches gegen die nächste Schwelle stützt. Da eine solche Gabel aber nur für aufwärts fahrende Wagen brauchbar ist, die in der Regel leer sind, also das Seil gerade am wenigsten beanspruchen, so ist ihr der in Abb. 531 dargestellte Fanghaken *b* vorzuziehen. Dieser ist mittels des Doppelbügels *a* an der Vorder-

wand des Wagens aufgehängt und ruht für gewöhnlich auf der straff angespannten Zugkette. Ähnlich wirkt die in Abb. 514 auf S. 435 dargestellte Gabel *c*, die vorn angebracht und durch eine Hebelverbindung so an das Seil angeschlossen ist, daß sie im Falle des Seilbruches selbsttätig niederfällt.

Derartige Fänger eignen sich besonders für die Förderung in Zügen bei geringen Neigungswinkeln; bei der Förderung mit einzelnen Wagen ist ihre Anbringung an jedem Wagen umständlich. Für solche Förderungen hilft man sich daher besser durch Hemmungen im Bremsberge selbst. Eine einfache derartige Hemmvorrichtung besteht in einem schwachen Knick im Gleise in der Nähe des unteren Anschlages, wodurch ein abgehender Wagen zur Entgleisung gebracht und gegen den Stoß geschleudert wird. In ähnlicher Weise hat man für die Förderung in ganzen Zügen bei flacher Neigung zur Verhütung des Durchgehens mangelhaft gekuppelter Wagen auch besondere Entgleisungsweichen[1]) am oberen Ende des Bremsberges eingebaut. Diese

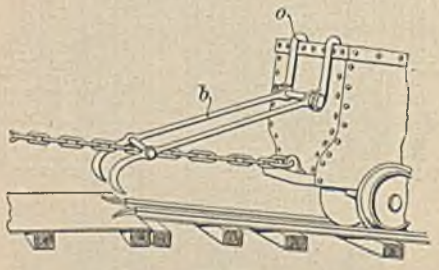


Abb. 531.
Fanghaken für Bremsberge nach Hese.

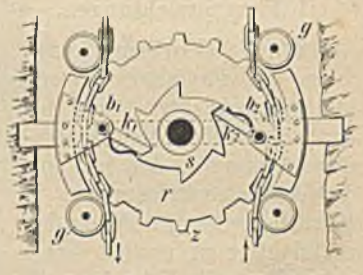


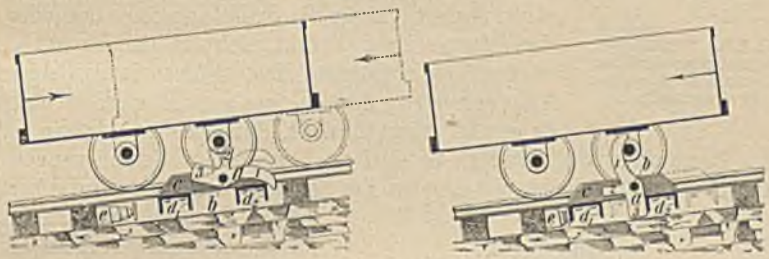
Abb. 532. Fangvorrichtung nach Berrendorf für Kettenbahnen.

werden erst geschlossen, nachdem der Anschläger sich durch Öffnung einer Sicherheitschranke davon überzeugt hat, daß alle Wagen richtig zusammengekuppelt sind. Ist das nicht der Fall, so laufen die durchgehenden Wagen in die Entgleisungsweiche.

125. — Fangvorrichtungen für Förderung mit geschlossenem Zugmittel. Bei den Förderungen mit Seil (oder Kette) ohne Ende wächst die Gefahr eines Seil- oder Kettenbruches im allgemeinen nach dem oberen Ende des Vollgleises hin, weil nach hierhin die Beanspruchung des Zugmittels ständig zunimmt. Eine Fangvorrichtung für aufwärts gehende Kettenförderungen zeigt Abb. 532[2]). Die Kettenscheibe *r* ist an einer Stelle eingebaut, wo aller Voraussicht nach ein etwaiger Kettenbruch eintreten wird, nämlich am oberen Ende der Förderbahn, kurz vor der Antriebscheibe. Sie ist mit dem Sperrad *s* fest verbunden. Im Falle eines Bruches der rechts sich bewegenden Vollkette vor der Antriebscheibe wird die Drehung der Kettenscheibe in entgegengesetzter Richtung, also das Durchgehen des unteren Kettenstückes mit den Wagen, durch die Sperrklinken k_1 k_2 gehindert. — Für Seilförderungen ist die in Abb. 533a und b dargestellte Fangvor-

[1]) Sammelwerk Bd. V, S. 176.
[2]) Glückauf 1904, Nr. 17, S. 463; Gertner: Fangvorrichtungen an steilen Förderbahnen.

richtung[1]) bestimmt, die den einzelnen Wagen festhalten soll und sowohl für aufwärts- als auch für abwärtsgehende Wagen geeignet ist. Sie besteht aus einem dreiarmigen Hebel *a*, der um den Bolzen *b* in dem Schlitten *c* drehbar ist; der Schlitten wird von dem U-Eisen d_1 d_2 getragen und ist mit Klemmschrauben am Fuß jeder Schiene befestigt. Der Hebel ist in seinen Gewichtsverhältnissen so ausgeglichen, daß sein Arm 2 in der Ruhelage annähernd senkrecht steht. In dieser Stellung wird er von den Achsen des hochgehenden sowohl wie des mit gewöhnlicher Fördergeschwindigkeit abwärtsgehenden Wagens etwas nach rechts bzw. links (Abb. 533*a*) herübergedrückt, um gleich wieder in die Ruhelage zurückzupendeln. Geht der Wagen dagegen ab, so schlägt seine Vorderachse den Hebel *a* so heftig herum, daß dieser, ehe er wieder zurückfallen kann, mit seinem Fangarm 1 die Hinterachse festhält (Abb. 533*b*). Der dabei auftretende Stoß wird dadurch gemildert, daß die Klemmschrauben



a *b*

Abb. 533 *a* und *b*.
Fangvorrichtung von Stasch für aufwärts- und abwärtsgehende Wagen in Bremsbergen.

nachgeben und der Schlitten etwas abwärts gleitet, wobei noch eine Pufferfeder *e* für das Aufhalten des Schlittens vorgesehen werden kann.

Die Gesellschaft für Förderanlagen Ernst Heckel m. b. H. baut für aufwärts- und abwärtsgehende Wagen besondere Fangvorrichtungen[2]).

b) Sicherheitsverschlüsse.

126. — Allgemeines. Für Bremsberge mit steilerem Einfallen (von 30° aufwärts) sowie für Bremsschächte wird eine Sicherung der Zugänge notwendig, um die Anschläger sowohl als auch dritte Personen vor dem Absturz zu schützen. Am einfachsten sind solche Verschlüsse am Fuße und Kopfe eines Bremsschachtes, wo einfache Türen Verwendung finden können, die als Gittertüren gebaut und sowohl am unteren als auch am oberen Anschlag durch das Fördergestell selbst betätigt werden können, so daß der Verschluß bei Abwesenheit des Fördergestelles jederzeit selbsttätig gesichert ist. Das Anheben am oberen Anschlag erfolgt durch unmittelbares Erfassen eines an

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1912, S. 111; Versuche und Verbesserungen.

[2]) S. die 2. Aufl. dieses Bandes, Fig. 466 und 467, S. 424 und 426.

der Tür vorspringenden Nockens durch das Fördergestell, wogegen am unteren Anschlag nach Abb. 534 ein über eine Rolle geführtes Seil *b* zwischenzuschalten ist. Am Kopfe ist außerdem die Möglichkeit gegeben, einen im Schachte selbst liegenden Deckel zu verwenden, der durch das Fördergestell gehoben wird.

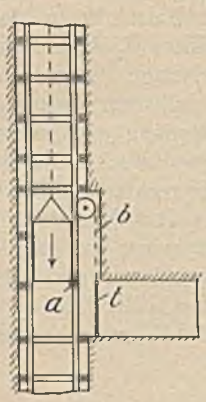


Abb. 534. Selbsttätiger Gittertürverschluß am unteren Anschlag eines Bremsschachtes.

Dagegen ergeben sich an den Zwischenanschlägen Schwierigkeiten, weil durch die Verschlußvorrichtungen die Förderung im Bremsberge und Bremsschachte nicht behindert werden darf. Die Verschlüsse an den Zwischenanschlägen können entweder allgemein gegenüber jedem Manne, der sich dem Bremsberge nähert, in Wirksamkeit treten, oder besonders auf den häufig vorkommenden Fall zugeschnitten sein, daß der Anschläger mit seinem Wagen sich dem Zugange nähert und nicht genügend achtgibt. Die besondere Schwierigkeit, die in der Schaffung eines brauchbaren Verschlusses liegt, beruht nicht in der Bauart einer solchen Vorrichtung an sich, sondern in den scharfen Anforderungen, die an sie gestellt werden müssen. Es genügt nämlich nicht, daß der Verschluß in tadellosem Zustande wirkt, sondern er darf auch nach den Veränderungen im Betriebe durch Verbiegen, Verschieben der Schacht- und Streckenzimmerung infolge des Gebirgsdruckes usw. nicht versagen. Außerdem ist dahin zu streben, daß dem Anschläger die Betätigung des Verschlusses nach Möglichkeit erleichtert wird, so daß für ihn möglichst wenig Anreiz gegeben ist, die Vorrichtung unbrauchbar zu machen, und daß überdies die Unbrauchbarmachung erschwert wird. Die Erfahrung hat gelehrt, daß gerade die letzteren Forderungen von besonderer Wichtigkeit sind.

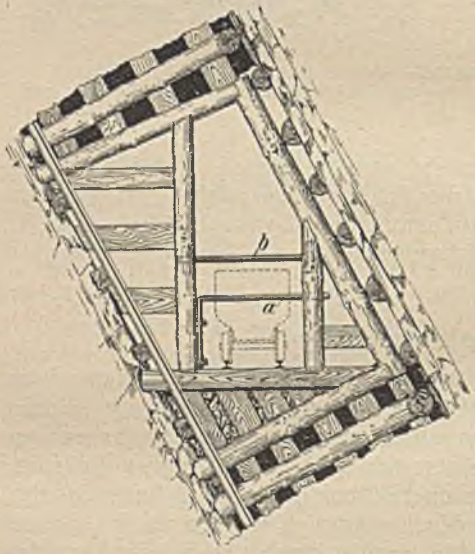


Abb. 535. Bremsberg-Zwischenanschlag mit Drehschranke und fester Eisenstange.

127. — Einfache Verschlüsse. Frühere Verschlüsse, wie Schranken in Gestalt schwenkbarer Eisenstangen (*a* in Abb. 535) u. dgl., waren von der Aufmerksamkeit des Anschlägers abhängig, boten also nur ungenügenden Schutz. Es wurden daher schon frühzeitig auf vielen Gruben Einrichtungen vorgesehen, die bei Vergeßlichkeit des Anschlägers den Absturz des Wagens mit dem Anschläger verhüteten. Die einfachste Vorrichtung dieser Art ist eine in etwa 20 cm Höhe über

der Oberkante des Wagens fest eingelegte Eisenstange (*b* in Abb. 535), die sich in genügend großer Entfernung vom Bremsberge befindet, um den Absturz des Wagens bei seinem Hochkippen zu verhindern, falls der Anschläger vergessen hat, die Drehschranke *a* zu schließen. Allerdings können dann durch größere Kohlen- oder Bergestücke beim Aufschieben der Wagen auf das Gestell leicht Fingerquetschungen verursacht werden, weshalb man auch wohl die söhlige Stange durch zwei dachförmig gegeneinander geneigte Fanghölzer ersetzt oder nach Abb. 536 sich mit zwei an den Anschlaghölzern angebrachten Eisenwinkeln $f_1 f_2$ begnügt, die in die Ecken des Wagens hineinfassen. Doch kann man auch durch Taschen u. dgl. in den Förderwagen (S. 325 und 326) Fingerverletzungen verhüten.

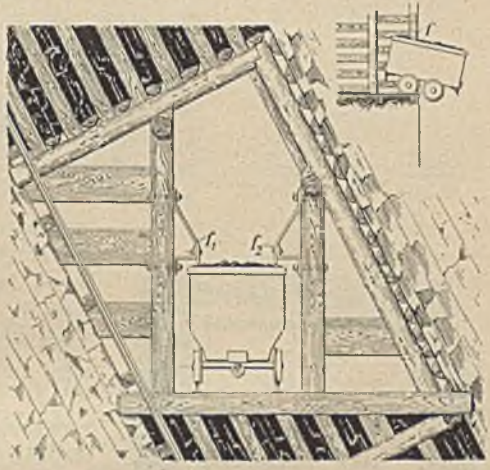


Abb. 536. Bremsberganschlag mit Fangwinkeln nach Hausherr, Hinselmann & Co. in Essen.

128. — Selbstwirkende Verschlußeinrichtungen. Überblick. In neuerer Zeit ist dann das Bestreben auf die Herstellung solcher Verschlüsse gerichtet gewesen, die den Anschläger zu einer zwangläufigen Betätigung nötigen, und dieses Bestreben hat zu einer großen Anzahl von Vorrichtungen geführt, die noch fortwährend im Zunehmen begriffen ist, so daß hier nur die für die verschiedenen Grundgedanken bezeichnenden Vorkehrungen erwähnt werden können. Es sollen dabei vier Gruppen von Verschlüssen unterschieden werden, nämlich:

1. solche, die sich auf Einrichtungen in der Anschlagstrecke selbst beschränken und von der Bewegung des Förderwagens auf dieser Strecke abhängig sind;
2. Verschlüsse, die auf der Wirkung des Fördergestelles beruhen;
3. Verschlüsse, bei denen das Gestell mit gewissen, am Anschlag getroffenen Einrichtungen derartig zusammenwirkt, daß der Anschlag erst dann geöffnet werden kann, wenn das Gestell angekommen ist, und daß anderseits das Gestell den Anschlag erst nach Schließung der Verschlußvorrichtung wieder verlassen kann;
4. Verschlüsse, bei denen die unter 3. genannten Wirkungen erzielt werden, außerdem aber noch als weitere Sicherheitsmaßregel die Lüftung der Bremse von der Herstellung des Verschlusses abhängig gemacht wird.

129. — Einrichtungen am Anschlag. Eine einfache Vorrichtung ist eine Schutzweiche (Abb. 537) mit nur je einem Wechselbaum w_1 bzw. w_2 am vorderen und hinteren Ende. Diese bewirkt, daß die Zufahrt zum Bremsberge selbsttätig gesperrt wird, indem der mit seinem Wagen kommende

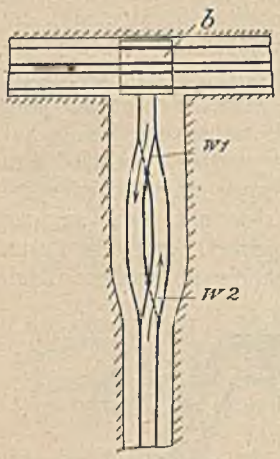
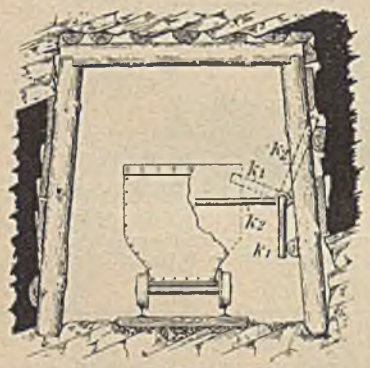


Abb. 537. Schutzweiche für Bremsberganschläge.

Anschläger beispielsweise auf den rechten Zweig der Weiche einfährt und nun den Zugang zum Bremsberge verschlossen findet. Er wird dann zunächst die Ankunft des Gestelles abwarten, von diesem den leeren Wagen abziehen und ihn in den anderen Zweig der Weiche schieben. Um darauf den vollen Wagen zum Gestell und den leeren vor Ort bringen zu können, ist er zur Umlegung beider Wechselbäume in die entgegengesetzte Stellung genötigt, so daß für den nächsten Wagenwechsel ebenfalls wieder der Verschluß gesichert ist. Ferner ist hier noch zu erwähnen eine in halber Wagenhöhe söhlig am Stoße verlagerte Eisenstange s (Abb. 538), die mit zwei um 90° gegeneinander versetzten Armen k_1 k_2 derartig versehen ist, daß die Entfernung beider Arme voneinander einer Wagenlänge entspricht und daß bei senkrechter Stellung von k_1 der Arm k_2 söhlig die Strecke sperrt und umgekehrt. Der zum Bremsberge fahrende Anschläger findet den Arm k_2 in der Verschlußstellung. Er kann sich den Zugang zum Bremsberge also nur durch Hochklappen dieses Armes eröffnen und bringt dadurch wiederum den Arm k_1 in die Verschlußstellung, die ihn, wenn er mit dem leeren Wagen vor Ort zurückfahren will, nötigt, den Arm k_1 herunterzuklappen und damit k_2 wieder in die söhlige Lage zu bringen.



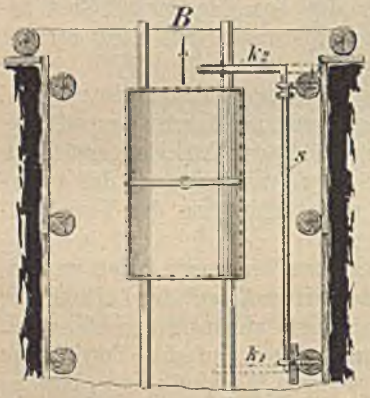


Abb. 538. Bremsbergverschluß mit zweiarmiger Stange.

Ein sehr einfaches Mittel ist auch die vielfach eingeführte gekröpfte Eisenstange, die in heruntergeklappter Stellung (I in Abb. 539*a*) den Wagen aufhält und derartig angebracht ist, daß sie selbsttätig in diese Verschlußstellung herunterkippt. Eine solche Stange vereinigt in sich die früher gebräuchliche Schranke unterhalb der Wagenoberkante und die fest eingelegte Eisenstange oberhalb derselben. Mit einer Drehschranke wird diese gekröpfte Stange verbunden beim Vogelsangschen Verschluß (Abb. 539*a* und *b*), bei dem durch Öffnung der Drehschranke h_1 mit Hilfe des Hebels h_2, der Zugstange z und der Kurbel k die

Eisenstange s in die gestrichelt angedeutete Stellung I (Abb. 539a) heruntergeklappt wird und umgekehrt, so daß stets ein Verschluß in Sperrstellung ist.

Während diese Verschlüsse den Wagenkasten aufhalten, richtet sich der Verschluß von Hirtz-Peisen (Abb. 540) auf das Festhalten der Räder[1]). Durch Niederdrücken der Klaue n wird der mit ihr auf einer Achse a sitzende Hemmschuh h aufgerichtet und hält dadurch den Wagen fest (Abb 540b). Das Umlegen des Hemmschuhes zum Zwecke der Freigabe der Durchfahrt bringt die Klaue n wieder in ihre ursprüngliche Lage (Abb. 540a), so daß der vom Bremsberge zurückgeschleppte leere Wagen sie wieder herunterklappt und der nächste volle Wagen den Hemmschuh wieder in der Verschlußstellung trifft.

Die Verschlüsse der ersten Gruppe eignen sich sowohl für Wagen- wie auch für Gestellbremsberge.

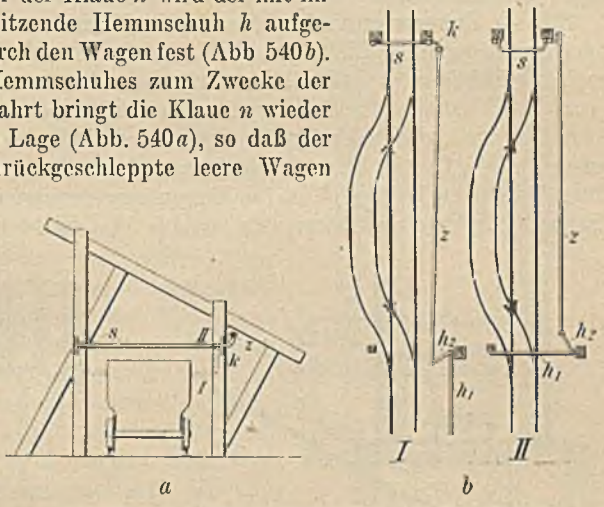


Abb. 539a und b. Bremsbergverschluß nach Vogelsang.

130. — **Verschlüsse mit unmittelbarer Betätigung durch das Gestell.** Als Beispiel für diese Gattung sei der Verschluß von Neuhaus erwähnt[2]). Das Gestell wirkt hier auf eine in den Bremsberg hineinragende Eisenstange, die auf derselben Achse eine mit der Bewegung der Stange auf- und

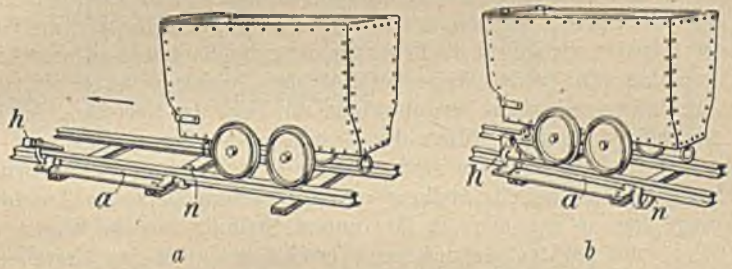


Abb. 540a und b. Hemmschuhverschluß nach Hirtz und Peisen.

niederklappende Schranke trägt. Die Betätigung erfolgt mit Hilfe eines Anschlages am Gestell, der bei niedergehendem Gestell nachgeben kann, so daß dann keine Einwirkung auf die Verschlüsse stattfindet. Die Schranken müssen in ihrer Schwerpunktlage so eingerichtet werden,

[1]) Glückauf 1902, Nr. 21, S. 472; Hecker: Die Förderung auf der Düsseldorfer Ausstellung.

[2]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1900, S. 131; Versuche und Verbesserungen.

daß sie nach Durchgang des Gestelles selbsttätig in die Verschlußlage zurückfallen, so daß nur an dem jeweils zu bedienenden Anschlage der Verschluß geöffnet bleibt, indem er vom Gestell getragen wird. Für eine größere Anzahl von Zwischenanschlägen sind solche Verschlüsse wegen der zahlreichen Stöße gegen die einzelnen Schranken nicht zweckmäßig.

131. — Zusammenwirken von Gestell und Anschlag. Die hierher gehörigen Verschlüsse bilden die wichtigste Gruppe. Es lassen sich bei ihnen noch verschiedene besondere Arten unterscheiden:

a) Das Gestell wirkt durch einen von ihm ausgeübten Widerstand; der Anschlag wird also nach Entfernung des Gestelles selbsttätig wieder geschlossen, das Gestell jedoch nicht festgehalten. Das einfachste Beispiel für einen derartigen Verschluß ist die Verbindung der bereits vorher erwähnten drehbaren, gekröpften Eisenstange s (Abb. 541) mit dem Gestell durch eine

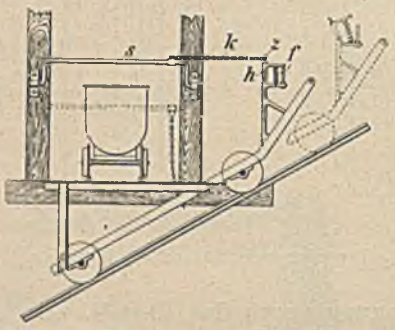


Abb. 541. Bremsbergverschluß mit gekröpfter Stange und Kette.

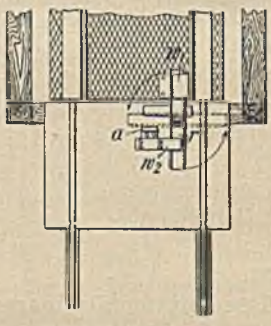


Abb. 542. Knohlscher Drehriegel.

Kette k, die mit einer Hülse an der Stange befestigt ist und mit einem Gliede über den Stift z greift, der sich an einem drehbaren Winkelhebel h am Gestell befindet; letzterer wird durch die Feder f in der gezeichneten Lage festgehalten. Der Verschluß wird in der Weise betätigt, daß die Eisenstange, die so verlagert ist, daß sie selbsttätig herunterkippt, mit Hilfe der Kette und der Hülse vom Anschläger an dem Stifte z des Gestelles befestigt und dadurch hoch gehalten wird. Das hoch- oder niedergehende Gestell zieht dann den Stift aus der Kette (s. die gestrichelte Stellung) und gibt so ohne Zutun des Anschlägers die Stange frei, so daß diese in ihre untere Stellung zurückschlägt.

b) Bei einer zweiten Gruppe von Verschlüssen wird das Gestell selbst durch einen vom Schlepper eingerückten Widerstand festgehalten. Hierhin gehört der Knohlsche Drehriegel (r in Abb. 542), der in der einen Stellung (gestrichelt) sich über die eine Schiene des Anschlages legt und dadurch die Zufahrt zum Bremsberge sperrt, da seine Drehung durch den Anschlag a verhindert wird. Der Schlepper ist genötigt, den Drehriegel in die gezeichnete Lage zu bringen. Da dieser aber dann in den Bremsberg vorspringt und so die Förderung im Bremsberge unmöglich macht, so kann dieses Herumlegen des Hebels nur geschehen, wenn das Gestell sich vor dem Anschlage befindet. Der Riegel greift dann unter eine auf dem Gestellboden befestigte Klaue w_1 und eine zweite Klaue w_2 am Anschlag und hält auf diese Weise

das Gestell fest. Um das Gestell durch Zurücklegung des Riegels wieder freizugeben, ist der Anschläger genötigt, das Gestänge wieder zu sperren. Ähnlich wirkt ein Verschluß von Hirtz und Peisen[1]).

Ein einfaches Mittel ist auch der Bestsche[2]) bogenförmige Schubriegel (*r* in Abb. 543), der in der gezeichneten Stellung die Schiene sperrt, in der gestrichelt angedeuteten aber unter eine Klaue am Gestell faßt und dieses festhält. Seine Verschiebung erfolgt mittels des Handgriffes *g*.

c) Bei einer dritten Gruppe wird für gewöhnlich ein Widerstand dem Öffnen des Verschlusses entgegengesetzt und dieser Widerstand erst durch das Fördergestell selbst ausgelöst, so daß der Verschluß nur während des Aufenthaltes des Gestelles am Anschlage geöffnet werden kann. Außerdem wird durch die Öffnung des Verschlusses ein Widerstand betätigt, der das Gestell am Anschlage festhält, bis der Verschluß wieder hergestellt ist. Von den zahlreichen Verschlüssen dieser Gruppe sei hier nur der Blechschmidtsche erwähnt. Er ist für Angeltüren bestimmt und wird durch Abb. 544[3]) veranschaulicht. Mit der Tür *a* verschiebt sich der Winkelhebel *bc*

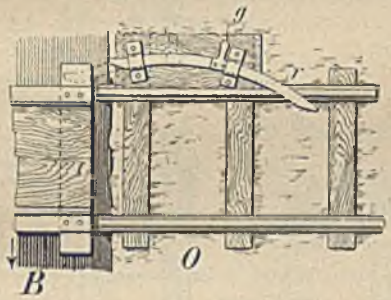


Abb. 543.
Bestscher Schubriegel.

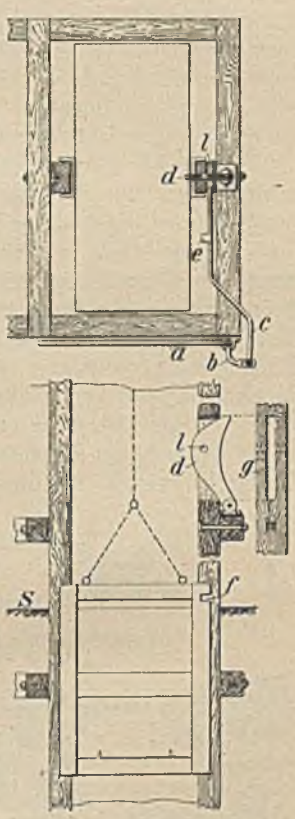


Abb. 544. Bremsschachtverschluß nach Blechschmidt.

und dringt dadurch mit seinem Nocken *e* in einen Schlitz *f* des Führungschuhes des Gestelles ein, wodurch dieses festgehalten wird. Diese Bewegung und damit das Öffnen der Tür kann jedoch erst dann erfolgen, wenn die um einen Bolzen drehbare und in dem Ausschnitt *g* der Spurlatte sich bewegende Blechscheibe *d* durch das Gestell so weit zurückgedreht wird, daß die Verlängerung des Winkelhebels *c* durch die Öffnung *l*

[1]) Glückauf 1902, Nr. 21, S. 472; Hecker: Die Förderung auf der Düsseldorfer Ausstellung.

[2]) Glückauf 1904, Nr. 52, S. 1634; Best: Sicherheitsvorrichtung für Bremsschächte.

[3]) Sammelwerk Bd. V, S. 209.

dieser Platte hindurchgeschoben werden kann. Die Freigabe des Gestelles erfolgt durch Schließen der Tür, wodurch mittels der Hebelübertragung *b c* der Nocken *e* wieder aus dem Führungsschuh des Gestelles entfernt wird, während die Blechplatte *d* in ihre Verschlußstellung selbsttätig zurückfällt.

Die Verschlüsse dieser Art leiden an dem Mangel, daß sie einen nur geringen Spielraum gestatten und daher durch Verbiegungen infolge von Stößen oder durch kleine Verschiebungen der Zimmerung infolge des Gebirgsdruckes leicht unbrauchbar gemacht werden können.

d) Von allen Verschlüssen hat sich im Ruhrkohlenbezirk am besten der einer vierten Sondergruppe angehörende Mollsche Kippriegel (Abb. 545) bewährt. Dieser Riegel wird nicht durch das Gestell, sondern lediglich durch die Schwerkraft in der Sperrstellung gehalten. Wie die Abbildung erkennen läßt, hängt der Ring *a* infolge des Übergewichtes seines vorderen Endes dauernd in der Verschlußstellung. Da er in einer um den Bolzen *c* schwenkbaren Doppellasche *b* aufgehängt ist, so kann der Anschläger ihn nach Ankunft des Bremsgestelles am An-

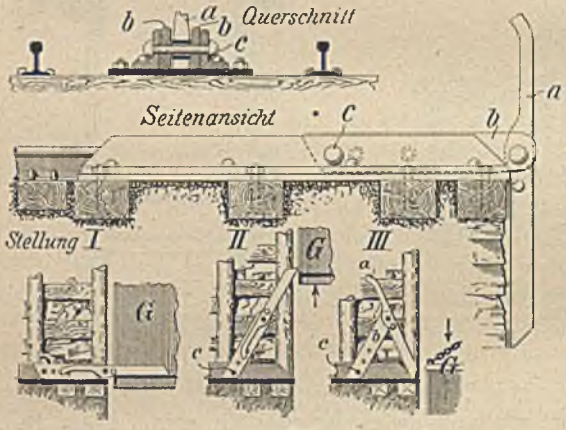


Abb. 545.
Kippriegelverschluß von Moll.

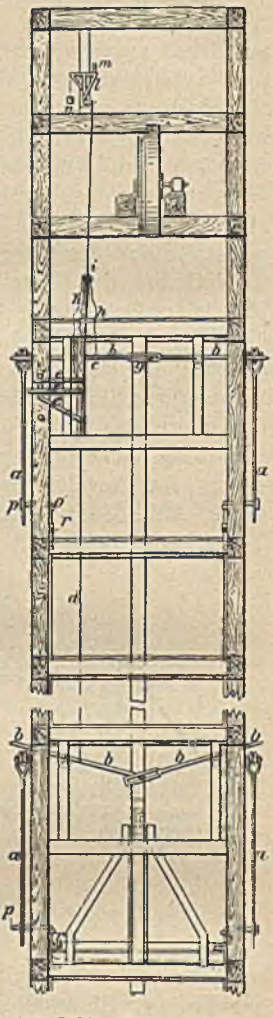


Abb. 546[1]). Bremsschachtverschluß nach Giese.

schlage hochziehen (Stellung III) und dann auf den Gestellboden (Stellung I) legen. Die freie Beweglichkeit des Hebels ermöglicht sein Anheben gemäß Stellung II, so daß der Verschluß die Abwärts- sowohl wie die Aufwärtsförderung im Bremsberge bzw. Stapelschacht gestattet. Betriebsführer Romberg in Wellinghofen hat neuerdings den Verschluß durch zweck-

[1]) Sammelwerk Bd. V, S. 212.

mäßige Ausgestaltung der Einzelteile noch verbessert, insbesondere den Riegel etwas aus der Mitte heraus nach der Seite verlegt, um das Hängenbleiben der Wagenkupplungen an ihm zu verhüten.

132. — **Verschlüsse, deren Betätigung von der Stellung des Bremshebels abhängig gemacht wird.** Von Verschlüssen dieser vierten Gattung sei hier nur derjenige von Betriebsführer Giese (Abb. 546) erwähnt, der nur für seigere Schächte bestimmt ist. Die Verriegelung der Schiebetüren vor den einzelnen Anschlägen wird hier durch die Hebel *bb* veranlaßt; durch Senken der in der Mitte gelenkig miteinander verbundenen Hebel *bb* in die Stellung, wie sie bei dem unteren Anschlage dargestellt ist, werden die Schiebetüren *aa* freigegeben. Diese Senkung erfolgt mit Hilfe der Drähte *d* von den Hebeln *e* aus, welche letzteren für gewöhnlich durch die Bolzen *f* in ihrer Verschlußstellung festgehalten werden. Die Hebel *e* sind nun außerdem nach oben durch Verbindungsdrähte mit einem Ringe *i* gekuppelt, von dem aus ein weiterer Draht zu einer Wippstütze *l* führt. Diese ist durch das Gewicht *n* so ausgeglichen, daß sie für gewöhnlich nach der Seite gezogen wird und damit den Bremshebel *m* freigibt. Sobald jedoch einer der Anschlagverschlüsse geöffnet ist, wird durch das Übergewicht der Sperrhebel *bb* die Wippstütze in die gezeichnete Stellung gebracht, in der sie das Lüften des Bremshebels so lange unmöglich macht, bis die Tür wieder geschlossen ist und die Sperrhebel wieder in die söhlige Stellung gebracht sind. Außerdem wird durch das Öffnen der Schiebetür *a* der Schuh *r* mit Hilfe des Hebels *p* in den Schacht hineingedreht, so daß er den Boden des Gestelles festhält und dieses erst durch Schließen der Türen wieder freigegeben werden kann.

Ein anderer Verschluß dieser Gruppe ist derjenige von Bergrat Morsbach[1]).

IV. Die Schachtförderung[2]).

A. Einleitung.

133. — **Bedeutung der Schachtförderung für die verschiedenen Bergbaugebiete.** Die Schachtförderung umfaßt die Förderung der unterirdisch gewonnenen Massen zur Erdoberfläche. Sie ist heute für zahlreiche Bergbaubezirke sehr wichtig geworden, weil sowohl die Förderteufen als auch die gleichzeitig zu hebenden Lasten mehr und mehr angewachsen sind. Die durch diese beiden Größen verursachten Schwierigkeiten steigern sich gegenseitig, indem größere Tiefen zur Ermöglichung einer gewissen Förderleistung dazu nötigen, die gleichzeitig zu fördernden Lasten entsprechend zu steigern. Aus dieser stärkeren Belastung ergibt sich eine Reihe besonderer Schwierigkeiten für das Heben dieser Lasten und für die dazu bestimmten maschinellen Vorrichtungen.

Für die Schachtförderung bietet der Steinkohlenbergbau die weitaus schwierigsten Bedingungen, da er sowohl die Bewältigung sehr großer Massen

[1]) S. die 2. Aufl. dieses Bandes, S. 432.

[2]) Näheres s. Bansen-Teiwes: Die Schachtförderung, (Berlin, Julius Springer), 1913; — ferner Möhrle: Die Fördermittel (Breslau, Phönix-Verlag), 1911.

verlangt, als auch in teilweise schon sehr bedeutende Tiefen eingedrungen ist. Der Erzbergbau kommt in Deutschland wegen seiner geringen Fördermengen und mäßigen Fördertiefen mit bedeutend kleineren Förderleistungen aus, stellt jedoch in manchen ausländischen Bergbaugebieten (z. B. am Oberen See in Nord-Amerika, in Australien und in Transvaal) an die Schachtförderung Ansprüche, die denen unserer großen Steinkohlengruben mindestens gleichkommen. Der deutsche Kalisalzbergbau hat zwar mit teilweise großen

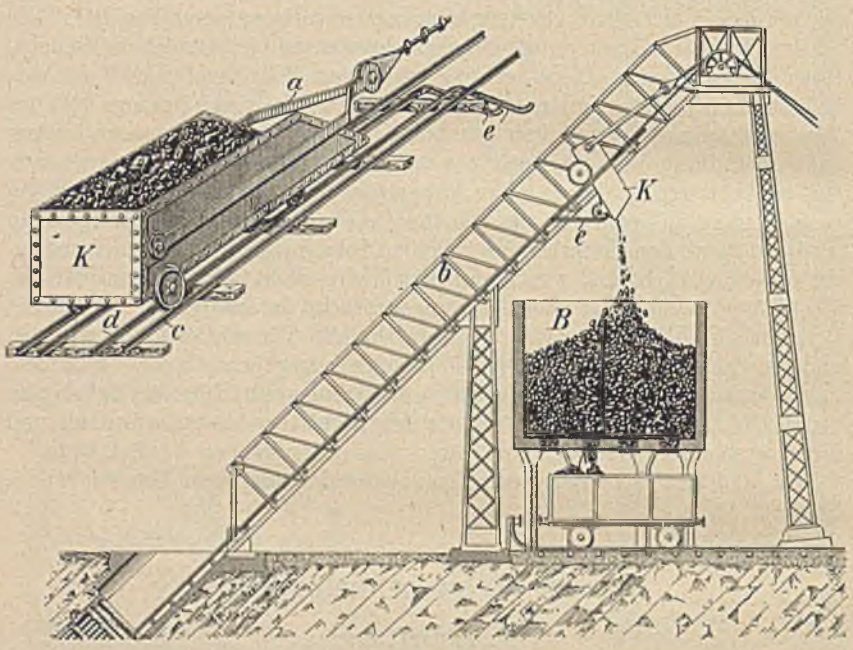


Abb. 547. Tonnlägige Kübelförderung der Gesellschaft für Förderanlagen Ernst Heckel m. b. H. in Saarbrücken.

Tiefen, aber dafür nur mit mäßigen Fördermengen zu rechnen, während beim unterirdisch betriebenen Braunkohlenbergbau die Fördermengen bedeutend, die Teufen aber meist geringfügig sind.

134. — Allgemeine Möglichkeiten der Schachtförderung. Die Ausführung der Schachtförderung ist verschieden, je nachdem man

1. sich damit begnügt, die gewonnenen Massen einfach in besondere Schachtfördergefäße zu stürzen, also ohne die tote Last der Förderwagen zutage zu heben (Gefäß- oder Kübelförderung), oder
2. die Streckenfördergefäße auf besondere Gestelle aufschiebt und mit diesen zutage hebt (Gestellförderung).

Von den beiden Verfahren ist für den Steinkohlenbergbau aller Länder die Gestellförderung das fast allein in Betracht kommende. Sie verdankt diese herrschende Stellung dem Umstande, daß die Kohle hierbei ohne Umladung befördert werden kann und infolgedessen ihre Zerkleinerung sowohl

als auch die Staubbildung verhütet wird. Es läßt sich jedoch nicht verkennen, daß diese Förderungsart schwerwiegende Nachteile in sich schließt, die es erklärlich erscheinen lassen, daß man für Mineralien, bei denen auf diese Gesichtspunkte nicht Rücksicht genommen zu werden braucht, in großem Umfange von der Gefäßförderung Gebrauch macht. Insbesondere hat diese neuerdings im deutschen Salzbergbau Eingang gefunden[1]). In diesem Buche kann sie allerdings nur ganz kurz besprochen werden.

B. Gefäß- oder Kübelförderung.

135. — Einiges über die Ausführung der Gefäßförderung. Die Gefäßförderung läßt sich am einfachsten in tonnlägigen Schächten durchführen. In diesen laufen die Gefäße mit Rädern auf Schienen; sie werden unter Tage von einem Vorratsbehälter aus gefüllt, der am Füllorte hergestellt wird und in den oben die Förderwagen mit Hilfe von Wippern entleert werden. An Zwischenanschlägen können im Gestänge Klappschienen vorgesehen werden, die man hochklappt, wenn ein Gefäß dort gefüllt werden soll[2]).

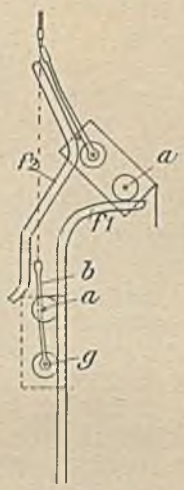


Abb. 548. Entleerung eines Fördergefäßes bei seigerer Förderung.

Die Entleerung über Tage wird jetzt stets selbsttätig bewirkt, und zwar entweder durch Kippen oder durch Öffnung eines Bodenverschlusses. Für den Kippvorgang gibt Abb. 547 ein Beispiel; es handelt sich um eine tonnlägige Förderung für eine von A. Thyssen geschaffene Schachtanlage in der Normandie. Die Vorderräder des Kübels K laufen auf einem Gleise d mit geringerer Spurweite, als sie das für die Hinterräder bestimmte Gestänge e hat. Die inneren Schienen sind oberhalb des Bunkers B aus der Förderebene heraus nach vorn (e) geführt, so daß das am unteren Ende mittels des drehbaren Bügels a vom Seil gefaßte Gestell an der Hängebank selbsttätig hinten hochgehoben und in die Kipplage gebracht wird.

Bei Seigerförderung kann das Stürzen in ähnlicher Weise erfolgen. Wie die schematische Darstellung in Abb. 548 zeigt, wird das Fördergefäß dadurch, daß seine Vorderräder a in die doppelte, schräg nach außen verlaufende Führung $f_1 f_2$ gelangen, gezwungen, mit den Vorderrädern auf den rechtwinklig umgebogenen Schienen f_1 weiter zu laufen, während sein hinteres Ende durch den Zug des Förderseiles an dem in g drehbar angreifenden Tragbügel b angehoben wird. Bei der Förderung im Schachte (s. die gestrichelt gezeichnete

[1]) Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1914, Nr. 20, S. 780 u. f.; Buhle: Die Förder- und Speicheranlagen der Gewerkschaft Wefensleben. — Glückauf 1916, Nr. 6, S. 108; Cabolet: Die unterirdischen Mahl- und Speicheranlagen der Kaliwerke Heimboldshausen und Ransbach usw.

[2]) Glückauf 1908, Nr. 10, S. 335; Baum: Kohle und Eisen in Nordamerika.

Stellung) wird das Gefäß dadurch gegen die Führungen gedrückt, daß der Bügel *b* sich gegen die Verlängerungen der Achse *a* legt.

Einen Förderkübel für Kalisalz mit Bodenentleerung, der gleichzeitig für Leuteförderung eingerichtet ist, zeigt Abb. 549[1]). Der Förderbehälter II bildet nur eine Abteilung des Fördergestelles I — III; er ist oben mit einem Roste *a* abgedeckt, der als Standfläche für Leute und Betriebstoffe dient, ohne das Einfüllen des Salzes zu hindern, und wird aus dem Bunker *F* durch Vermittlung einer Klappschurre gefüllt. Unter ihm ist noch eine durch Türen verschließbare Fahrabteilung vorgesehen. Die Bodenklappe *c* wird durch einen um *d* drehbaren Schwinghebel betätigt, der oberhalb der Hängebank gegen einen Anschlag stößt und dadurch die Klappe öffnet, so daß das Salz auf der schrägen Schurre *f* herausrutschen kann.

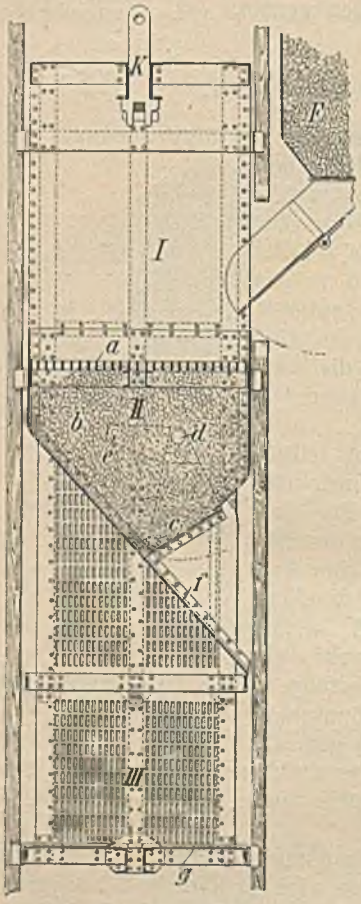


Abb. 549. Kübel-Fördergestell der Gewerkschaft Ransbach.

136. — Beurteilung der Gefäßförderung und Vergleich mit der Gestellförderung. Ein Hauptvorteil der Gefäßförderung ist die Verringerung der toten Förderlast, da außer den Mineralien nur die Schachtfördergefäße bewegt zu werden brauchen. Dadurch ergibt sich die für tiefe Schächte sehr wichtige Möglichkeit, mit dünneren Seilen auskommen zu können, so daß alle mit der Seilbewegung und dem Seilgewicht zusammenhängenden Schwierigkeiten bedeutend verringert werden. Rechnet man z. B. mit einer im Anfang 8fachen Sicherheit des Seiles und Drähten von 150 kg Bruchfestigkeit je 1 qmm, so ergibt sich für 1000 m Teufe der folgende Zahlenvergleich zwischen beiden Förderarten bei 4800 kg Nutzlast und einem dementsprechenden Gewicht von 2800 kg für die Wagen und 5000 kg für das Gestell bzw. 4300 kg für das Gefäß:

	Nutzlast kg	tote Last kg	Verhältnis von toter Last zur Nutzlast	Grundfläche eines Förderturmmes qm	Seilgewicht kg	Gesamt-Belastung des Seiles kg
Gefäßförderung	4800	4300	$\sim$ 0,9[2])	2,4	9300	18400
Gestellförderung	4800	7800	$\sim$ 1,6	3,6	12800	25400

[1]) Siehe den auf S. 461 in Anm.[1]) angeführten Aufsatz von Cabolet, S. 108.
[2]) Dies Verhältnis ist für Kohlenförderung berechnet, bei Erzförderung sinkt es bis auf 0,6.

Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß eine Steigerung der gleichzeitig gehobenen Fördermenge bei der Gestellförderung viel schwieriger als bei der Gefäßförderung ist. In der Tat sind im Diamantbergbau von Kimberley in Südafrika bereits Fördergefäße mit bis zu 11 t Inhalt im Gebrauch[1]), die nur 6600 kg wiegen.

Ferner ist ein wesentlich geringerer Wagenpark erforderlich, weil die Wagen nach Entleerung bedeutend schneller vor Ort zurückkehren können. Weiterhin ergibt sich die Annehmlichkeit einer größeren Unabhängigkeit der Streckenförderung von der Schachtförderung und umgekehrt, so daß geringe Störungen der einen auf die andere nicht einwirken. Diese Unabhängigkeit geht so weit, daß auf verschiedenen Sohlen gleichzeitig Streckenförderung umgehen kann, ohne daß deshalb die Schachtförderung in kurzen Zwischenräumen durch „Umstecken" der Seiltrommeln von der einen auf die andere Sohle umgeschaltet zu werden braucht. Vielmehr genügt es in solchen Fällen, wenn jede Sohle z. B. für die Dauer einer Förderschicht an die Schachtförderung angeschlossen wird; während der anderen Schicht können die Förderwagen in den Vorratsbehälter am Füllort entleert werden. Dazu kommt der ruhige Gang der Fördergefäße im Schachte, weil in ihnen keine Schwerpunktverschiebungen, wie sie durch Bewegungen der Wagen auf den Fördergestellen eintreten, möglich sind. Auch die Ansprüche an den in der Schachtscheibe zur Verfügung zu stellenden Raum werden wegen des Wegfalles der Förderwagen und der Zwischenräume zwischen ihnen und den Fördergestellwandungen bedeutend verringert. Nach dem in der Zahlentafel zugrunde gelegten Beispiel beträgt der Raumbedarf für die Gefäßförderung mit 2,4 qm nur $^2/_3$ desjenigen für die Gestellförderung mit 3,6 qm. Das Füllen und Entleeren der Gefäße erfolgt selbst bei größerem Inhalt in sehr kurzer Zeit, auf den Kimberley-Gruben z. B. in nur je 5 Sek. bei Benutzung von mechanisch betätigten Verschlußschiebern der Füllrümpfe[2]). Demgemäß ist auch die Leistungsfähigkeit derartiger Förderanlagen sehr bedeutend: auf den genannten Gruben sind Förderleistungen von 4000 t in 11 Std. aus 475 m Tiefe und 5000 t in 24 Std aus 1150 m Tiefe erzielt worden. Endlich fällt auch das mehrmalige Umsetzen, wie es bei der Gestellförderung meist üblich ist, fort, womit auch die dabei möglichen Mißverständnisse und die ungünstigen Belastungen der Maschine beseitigt werden.

Anderseits erschwert die Gefäßförderung allerdings die Seilfahrt, da für diese bei größeren Förderanlagen die Fördergefäße gegen besondere Fördergestelle ausgewechselt[3]) oder besondere Gestellförderanlagen vorgesehen werden müssen. Bei kleineren Förderleistungen bleibt, wie Abb. 549 zeigt, der Ausweg, das Fördergefäß in das für die Mannschaftsfahrung bestimmte Gestell einzubauen.

Die Gefäßförderung ist wegen ihrer Vorzüge, die in erster Linie für die Erzförderung aus großen Teufen zur Geltung kommen, im nordamerikanischen, südafrikanischen und australischen Erzbergbau in großem Umfange in Anwendung.

---

[1]) Engineering & Min. Journ. 1911, Bd. 92, S. 582; The Kimberley hoisting skips.

[2]) Engineering & Min. Journ. 1908, Bd. 86, S. 1010; Rapid hoisting.

[3]) Vgl. z. B. Mines & Minerals 1910, Bd. 30, S. 359; Skip changing devices at Butte usw.

C. Gestellförderung.

a) Die im Schachte sich bewegenden Teile und die unmittelbar für sie bestimmten Vorrichtungen.

1. Die Förderseile.

137. — **Vorbemerkung.** Die Gestellförderung erfolgt mit unerheblichen Ausnahmen durchweg mit Hilfe von Seilen, mit denen die Fördergestelle im Schachte bewegt werden.

Die Förderseile können in verschiedene Gruppen eingeteilt werden, je nachdem man den Stoff, aus dem sie bestehen (Pflanzenfaser oder Draht), oder die Art und Weise, wie sie aus einzelnen Teilen zusammengeflochten sind (Band- und Rundseile, Litzenseile, Kabelseile usw.), zugrunde legt.

138. — **Pflanzenfaserseile.** Unter den Seilen aus Pflanzenfaser werden Hanf- und Aloëseile unterschieden, von denen die letzteren die weitaus größte Bedeutung haben[1]). Beide Arten von Seilen müssen für nasse Schächte mit einem fäulniswidrigen Stoffe getränkt werden; in der Regel wird Teer verwendet. Diese Teerung erfolgt in der Faser selbst vor der Verseilung. Es tritt dabei eine Gewichtszunahme ein, die zwischen 13 und 15 % des Seilgewichtes schwankt.

Die Pflanzenfaserseile zeichnen sich durch sehr große Biegsamkeit aus. Sie eignen sich vorzüglich als Band- oder Flachseile, so daß sich mit ihnen alle diejenigen Vorteile erzielen lassen, die mit der Verwendung von Bandseilen verknüpft sind und bei Besprechung dieser Seilart selbst näher dargelegt werden sollen. Auf der anderen Seite ist die Tragfähigkeit solcher Seile verhältnismäßig gering: sie beläuft sich bei 10facher Sicherheit für Hanf auf etwa 60 kg, für Aloë auf 65—75, ausnahmsweise bis 90 kg je qcm Querschnitt, so daß schon bei verhältnismäßig geringen Tiefen die Tragfähigkeit nicht mehr zum Tragen des Seilgewichtes selbst ausreichen würde, wenn man das Seil in gleicher Stärke von oben nach unten herstellen wollte (vgl. S. 475). Jedoch läßt sich durch Verjüngung des Seiles nach unten hin (Ziff. 145) die Förderung aus wesentlich größeren Teufen ermöglichen. Derartige Seile erfreuen sich im belgischen und französischen Bergbau noch heute einer großen Beliebtheit; namentlich in Belgien haben sich die Stahlrundseile erst in geringem Maße einführen können.

Als ein Vorzug der Pflanzenfaserseile wird noch angegeben, daß sie „warnen", d. h. kurz vor dem Reißen sich in auffälliger Weise längen. Jedoch ist dieser Vorzug nicht zu überschätzen, weil dann der Seilbruch schon sehr nahe ist.

139. — **Drahtseile. Allgemeine Bemerkungen.** Die Erfindung der Drahtseile geht auf den Clausthaler Oberbergrat Albert zurück, der im Jahre 1834 in den tiefen Oberharzer Schächten die ersten Versuche, und zwar mit Eisendrahtseilen, anstellte, nachdem die hier vorher an Stelle der Hanfseile versuchten Ketten sich nicht bewährt hatten. Heute kommt für die Schachtförderung nur noch Stahldraht in Frage.

[1]) Die Ausdrücke „Aloëfaser, Aloëseil" usw. haben sich in der Technik erhalten, obwohl es sich jetzt dabei durchweg um die Faser einer Bananenart (musa textilis) handelt, die vorzugsweise auf den Philippinen gezogen wird (daher auch die Bezeichnung „Manilahanf").

Die Stahlförderseile haben sich für alle diejenigen Bergbaubezirke eingebürgert, in denen große Massen (8000—12000 kg und mehr einschließlich des Gestellgewichtes) aus größeren Teufen zu heben sind. Solche Verhältnisse liegen z. B. auf vielen Gruben im deutschen Steinkohlenbergbau vor. Da die Stahldrahtseile sich als Bandseile wenig eignen, werden sie in der Regel als Rundseile hergestellt. Es ergibt sich daraus sowie aus ihrer geringen Biegsamkeit eine Reihe von Schwierigkeiten, die bei Pflanzenfaserseilen unbekannt sind.

Als Stoff für Stahldrahtseile kommt heute durchweg bester Siemens-Martin-Stahldraht zur Verwendung[1]). Die einzelnen Drahtlängen werden für tiefe Schächte durch Lötung zu langen Drähten verbunden, wobei man darauf achtet, daß die Lötstellen, die das Seil schwächen, auf die einzelnen Drähte möglichst gleichmäßig verteilt, d. h. gegeneinander versetzt werden. Der Stahl darf nicht zu spröde sein, weil an seine Biegsamkeit sehr hohe Anforderungen gestellt werden (vgl. S. 473). Man begnügt sich daher meist mit Zugfestigkeiten von 120—180 kg je qmm, obwohl es möglich wäre, die Bruchbelastung auf etwa 250 kg zu steigern und damit den Querschnitt eines Förderseiles erheblich zu verringern. Jedoch kann nicht gesagt werden, daß allgemein mit zunehmender Tragfähigkeit die Biegsamkeit in demselben Verhältnis abnimmt; innerhalb gewisser Grenzen hält härterer Draht sogar mehr Biegungen aus als weicherer[2]).

Stahlseile müssen zum Schutze gegen Rost u. dgl. gut eingefettet werden. Bei der Wahl der Seilschmiere ist darauf zu achten, daß diese keine Säure enthält. In nassen Schächten bevorzugt man vielfach Seile aus verzinktem Draht, da in solchen Schächten eine ausreichende Schmierung schwer durchzuführen ist. Doch ist die Schutzwirkung der Verzinkung hinter den Erwartungen zurückgeblieben. Namentlich gegen saure und salzige Wasser schützt sie wenig[3]), da diese auch den Zinküberzug bald zerstören. Überdies ist Vorsicht bei der Ausführung der Verzinkung erforderlich, da bei zu großer Hitze der Draht in seiner Biegsamkeit beeinträchtigt wird[4]). Auch für die Treibscheibenförderung (s. unten, Ziff. 189 u. f.) kamen früher vorzugsweise verzinkte Seile zur Verwendung, weil man nicht durch Schmierung die Reibung verringern wollte. Heute jedoch werden Seilschmieren hergestellt, die ein säurefreies Harz enthalten, so daß die Seile bei vorsichtiger Schmierung nicht mehr rutschen als verzinkte Seile.

Versuche, durch Zusatz von Nickel zum Stahl die Rostgefahr zu verringern[5]), haben ergeben, daß geringe Zusätze nichts nützen, größere Zusätze aber den Stahl unverhältnismäßig verteuern und seine Zugfestigkeit zu sehr herabsetzen.

[1]) Die vielfach gebrauchte Bezeichnung „Tiegelgußstahldraht" ist unrichtig.

[2]) Glückauf 1912, Nr. 30, S. 1198; Speer: Die Sicherheit der Förderseile.

[3]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1908, S. 88; Wagner: Die Rostgefahr von Drahtseilen.

[4]) Glückauf 1910, Nr. 22, S. 790 u. f.; Speer: Mechanische Untersuchungen über den Einfluß der Verzinkung auf Förderseile. — Daselbst, Nr. 24/25, S. 601 u. f.; Dr. Winter: Metallographische Untersuchungen über den Einfluß der Verzinkung usw.

[5]) Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwes. 1905, Nr. 4, S. 41; Diviš: Förderseildraht aus Nickelstahl.

Nach der Flechtart unterscheidet man Bandseile einerseits und Rundseile anderseits, sowie eine Anzahl verschiedener Rundseilarten.

140. — Bandseile. Bandseile (Flachseile) werden in der Weise hergestellt, daß (Abb. 550) eine Anzahl kleiner Seile oder „Schenkel" 1—6 (in der Regel aus je 4 Litzen bestehend) nebeneinander gelegt und durch Nähllitzen oder Nähdrähte *n* zu einem breiten Seile verbunden werden. Dabei wird zur Verhütung eines einseitigen Dralles im Seile darauf geachtet, daß die Windungen der Drähte bzw. Fasern je zweier benachbarten Litzen in entgegengesetztem Sinne verlaufen.

Bandseile sind sehr verschieden zu bewerten, je nachdem sie aus Pflanzenfaser oder Stahldraht hergestellt werden. Grundsätzlich haben sie den großen Vorzug vor Rundseilen, daß sie sich übereinander aufwickeln lassen. Daraus ergibt sich eine Reihe weiterer Vorteile. Zunächst fallen die schweren Trommeln an der Fördermaschine weg, wie sie für Rundseile, wenn nicht mit Treibscheiben gefördert wird, notwendig sind; an ihre Stelle treten leichte Seilkörbe („Bobinen", vgl. unten, Ziff. 187). Dadurch wird nicht nur die Fördermaschine bedeutend leichter, ihre Steuerung viel handlicher und die Gefahr des Übertreibens erheblich verringert, sondern es wird auch ermöglicht, die Fördermaschine nahe an den Schacht heranzurücken, da Seilkörbe und Seilscheiben in je eine seigere Ebene gelegt werden können und eine seitliche Ablenkung des Seiles zwischen Maschine und Schacht, wie sie bei Trommelmaschinen auftritt, fortfällt. Weitere Vorzüge sind die Ausgleichung des Dralles durch die entgegengesetzte Flechtrichtung in den einzelnen Schenkeln und die selbsttätige Ausgleichung des Seilgewichtes durch die wechselnden Wickelungshalbmesser der Bobinen (s. Ziff. 186 und 187).

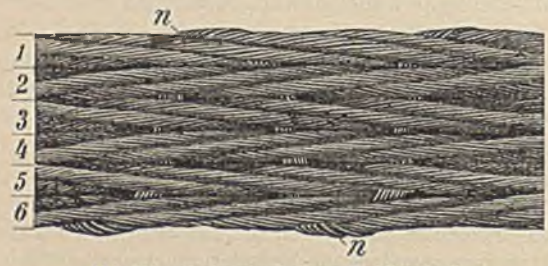


Abb. 550. Sechsschenkeliges Stahlbandseil.

Diesen großen Vorzügen der Bandseile steht vor allem der Übelstand gegenüber, daß die einzelnen Schenkel nicht miteinander verseilt sind und daher die gleichmäßige Verteilung der Last auf alle Schenkel außerordentlich schwierig ist. Auch ist nachteilig, daß wegen der Aufwickelung des Bandseiles in übereinanderliegenden Windungen das obere Fördergestell an einem großen, das untere an einem kleinen Durchmesser hängt und infolgedessen bei einer und derselben Bewegung der Maschine das obere Gestell um ein größeres Stück gehoben und gesenkt wird als das untere. Es müssen daher beim Umsetzen beide Fördergestelle unabhängig voneinander bewegt werden, was die Förderung sehr aufhält und außerdem durch fortwährendes Hängeseil auf der einen oder der anderen Seite und dessen ruckweises Wegholen beim Anheben mittels der Maschine das untere Seilende nebst Einband und Zwischengeschirr sehr ungünstig beansprucht.

Bei den Pflanzenfaserseilen treten nun die genannten Nachteile zurück, da infolge der größeren Nachgiebigkeit der Pflanzenfaser die einzelnen Schenkel

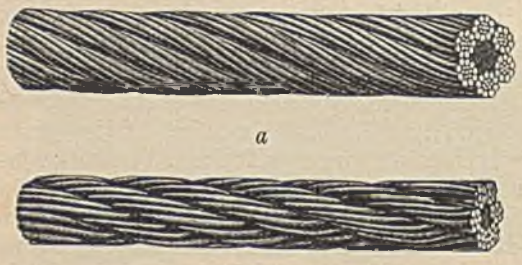
gleichmäßiger tragen und das Seil gegen die zahlreichen Stauchungen und Stöße bei dem häufigen Umsetzen der Fördergestelle wenig empfindlich ist. Anderseits lassen sich hier die Vorzüge der Bandseile voll ausnützen; denn die Pflanzenfaserseile können wegen ihrer sehr großen Biegsamkeit auf einen so kleinen Durchmesser gewickelt werden, daß das Verhältnis zwischen diesem und dem größten Durchmesser immer derartig bleiben kann, daß nahezu volle Seilausgleichung erzielt wird. Außerdem ist der infolge des Übereinanderlegens der einzelnen Windungen eintretende Seilverschleiß unbedeutend. Endlich ist das Pflanzenfaserseil gegen die zahlreichen Stauchungen und Stöße bei dem häufigen Umsetzen der Fördergestelle wenig empfindlich.

Ganz anders dagegen sind Stahlflachseile zu beurteilen. Hier können die gegenseitigen Windungen beim Aufwickeln sich ineinanderpressen und beim Wiederabwickeln einzelne Drähte gelockert und allmählich gebrochen werden. Nach Bruch einiger Drähte schreitet dann die Zerstörung des Seiles schnell fort. Zudem werden durch die Nähltzen die Tragdrähte gequetscht und dadurch gleichfalls in ihrer Haltbarkeit beeinträchtigt. Außerdem steigern die Nähltzen das tote Gewicht erheblich. Der Nachteil der ungleichmäßigen Verteilung der Zugbeanspruchung auf den ganzen Seilquerschnitt macht sich bei Stahlbandseilen besonders geltend, so daß leicht Überbeanspruchungen einzelner Drähte eintreten. Ferner ist man bei Stahlseilen an einen gewissen kleinsten Aufwicklungsdurchmesser gebunden, so daß die Ausgleichung der Seilgewichte nur weit unvollkommener als bei Pflanzenfaserseilen ausfallen kann. Die Stauchungen infolge des häufigen Hängeseiles schaden dem Stahlbandseil auf die Dauer sehr bedeutend. Es erklärt sich daraus, daß Aloebandseile noch heute in großen Bergbaugebieten eine hervorragende Rolle spielen, dagegen Stahlbandseile sich nur in geringem Maße eingebürgert haben. Bei uns haben sie sich nur für Abteufförderungen gehalten, wo die Vorzüge der Drallfreiheit, der leichten Fördermaschine und des bequemen Umsteckens der Bobinen zur Verlängerung des Seiles voll zur Geltung kommen.

141. — Rundseile. Herstellung im allgemeinen. Hinsichtlich der Verbindung der Drähte sind bei Rundseilen zu unterscheiden Seile, die einfach aus konzentrischen Drahtlagen hergestellt, und Seile, die aus einer Anzahl kleinerer Seile (Litzen) zusammengedreht werden. Unter den letzteren unterscheidet man noch solche, bei denen das Seil aus den Litzen selbst besteht (vgl. Abb. 551—554), und Seile, bei denen jede Litze ihrerseits (hier „Seilchen" oder „Schenkel" genannt) noch wieder aus einem Bündel von Litzen zusammengedreht ist. Bei Seilen der letzteren Art erhält man naturgemäß eine sehr große Anzahl dünnerer Drähte für den ganzen Querschnitt und damit eine große Biegsamkeit des Seiles. Solche Seile eignen sich also in erster Linie für Kabelseile, die auf einen kleinen Durchmesser aufgewickelt werden müssen. Für Förderseile finden sie weniger Verwendung, weil die geringe Dicke der einzelnen Drähte auch leicht zur Zerstörung von Drähten durch Verschleiß und Rost führt.

Die Drahtdurchmesser schwanken im großen und ganzen zwischen 1,7 und 2,8 mm. Die dickeren Drähte werden für nasse Schächte und stärkere Reibungsbeanspruchungen, die dünneren für größere Biegungsbeanspruchungen bevorzugt.

142. — Herstellung der Litzenseile. Nach der Flechtart können Litzenseile zunächst unterschieden werden in solche, bei denen die Drähte in den Litzen nach derselben Richtung gewunden sind wie die Litzen im Seile, und solche, bei denen diese beiderseitigen Windungen entgegengesetzt gerichtet sind. Seile der ersteren Gattung werden als Seile mit „Längsschlag" bezeichnet, den man auch nach dem Erfinder der Drahtseile, dessen erste Seile in dieser Art hergestellt waren, „Albert-Schlag" („altes Machwerk") nennt. Solche Seile haben den Vorteil, daß der einzelne Draht verhältnismäßig lange an der Oberfläche des Seiles bleibt und daher dieses eine glattere Oberfläche erhält (Abb. 551*a*). Da infolgedessen in den Seilscheiben und Trommelrillen das Seil mit großer Fläche aufliegt, wird der einzelne Punkt bedeutend weniger gedrückt und damit der Verschleiß wesentlich verringert. Ein Nachteil der Seile ist dagegen der stärkere Drall, da sowohl die Drähte in den Litzen als auch die Litzen im Seile das Bestreben haben, sich nach derselben Seite hin auseinanderzudrehen, beide Kräfte sich also summieren. Die einzelnen Drähte verlaufen schräg zur Seilachse.



a

b

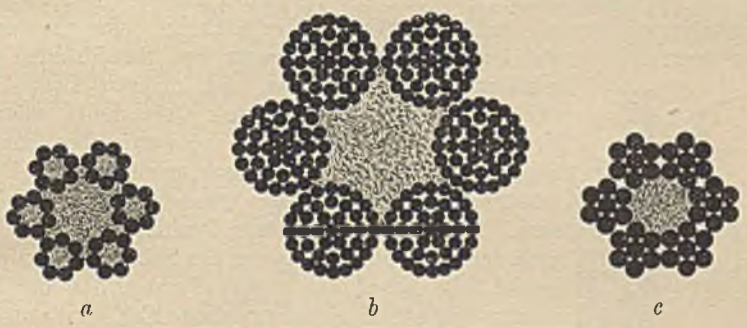
Abb. 551 a und b. Längsschlag (*a*) und Kreuzschlag (*b*) bei Drahtseilen.

Bei Seilen mit Kreuzschlag ergeben sich die entgegengesetzten Eigenschaften. Die Oberfläche ist hier (vgl. Abb. 551*b*) viel welliger, weil jeder Draht nur kurze Zeit an der Oberfläche bleibt. Der Seilverschleiß ist wegen der geringeren Auflagefläche stärker; auch treten wegen der ungünstigeren Biegungsverhältnisse der Drähte im Seil leichter Drahtbrüche ein. Günstig ist anderseits, daß der Drall der einzelnen Litzen und derjenige des ganzen Seiles in entgegengesetztem Sinne wirken und sich dadurch großenteils ausgleichen. Die Drähte verlaufen hier fast in der Richtung der Seilachse.

Seile mit Längsschlag sind hiernach vorzugsweise für alle solche Zwecke geeignet, bei denen das Seil stark auf Oberflächenverschleiß beansprucht wird, wie das bei Seilen für Strecken- und Bremsbergförderung der Fall ist, und kommen bei der Schachtförderung in erster Linie für die Förderung mit Treibscheibe in Frage, weil die schräge Lage der einzelnen Drähte in bezug auf die Seilachse die Wirkung einer Verzahnung hat, mittels deren die Reibung zwischen Scheibe und Seil in erwünschter Weise gesteigert wird. — Kreuzschlagseile dagegen werden für Trommelförderungen bevorzugt. Im Ruhrbezirk ist z. Zt. das Verhältnis der Längsschlagseile zu den Kreuzschlagseilen bei der Treibscheibenförderung etwa wie 1,5:1, bei der Trommelförderung wie 0,7:1.

Die Litzen werden mit Hanfseelen versehen (Abb. 552*a*) oder um Kerndrähte gewickelt (Abb. 552*b* und *c*); ihre Verbindung zum Seile erfolgt unter Zwischenlagerung einer Seelenlitze, die in der Regel (Abb. 551 u. 552) aus Jute besteht, um die gegenseitige Reibung der Litzen im Seile möglichst zu ver-

ringern. Ein solches Seil nimmt durch den Gebrauch infolge des Zusammenpressens der Seele einen etwas geringeren Durchmesser an und längt sich infolgedessen bedeutend, bei größeren Tiefen gleich in den ersten Tagen um einige Meter. Die Zahl der zu einem Seile zu vereinigenden Litzen beträgt in der Regel 6—7, da sich eine größere Zahl von Litzen nicht gut verseilen läßt. Infolgedessen muß man zur Herstellung von Seilen mit größerer Tragfähigkeit



a *b* *c*

Abb. 552 *a*—*c*. Beispiele für Litzenseilquerschnitte.

zu einer Vermehrung der Drähte in den einzelnen Litzen greifen, was durch Wicklung mehrerer (in Abb. 552*b* z. B. dreier) Drahtlagen um die Kerndrähte erreicht wird.

143. — Besondere Arten von Litzenseilen. Zu den bisher betrachteten Seilen mit runden Litzen stehen diejenigen mit flachen (Abb. 553*b*) bzw. Dreikant-Litzen (Abb. 554) in einem gewissen Gegensatze. Bei

a *b*

Abb. 553 *a* und *b*. Schematische Darstellung der größeren Auflagefläche eines flachlitzigen Seiles (*b*) im Vergleich mit einem rundlitzigen (*a*).

Abb. 554. Querschnitt eines dreikantlitzigen Seiles.

diesen Seilen werden an Stelle der Kerndrähte in den Litzen Ovaldrähte bzw. dreikantige Formdrähte benutzt. Flachlitzige Seile werden in der Regel aus fünf, dreikantlitzige aus sechs Litzen zusammengesetzt; beide zeichnen sich vor den rundlitzigen Seilen, wie der Vergleich der Abbildungen 553*b* und 554 mit Abb. 553*a* erkennen läßt, durch eine bedeutend größere Auflagefläche und demgemäß verringerten Verschleiß aus. Dieser Vorzug derartiger Seile kommt besonders bei der Bremsberg- und Streckenförderung zur Geltung. Für die Schachtförderung haben dreikantlitzige Seile, mit Längsschlag hergestellt, namentlich bei der Förderung mit Treibscheibe Verwendung gefunden, weil die bei Längsschlagseilen ohnehin schon vorhandene Verzahnungswirkung.

welche die Reibung vergrößert, hier infolge der verhältnismäßig großen aufliegenden Oberfläche eines jeden Drahtes in verstärktem Maße auftritt. Sie haben sich bisher gut bewährt.

144. — Patentverschlossene Seile. Auf einer vollständig anderen Flechtart beruhen die „patentverschlossenen" Seile, die zu Anfang dieses Jahrhunderts auf verschiedenen Gruben eingeführt wurden und von denen Abb. 555 ein Beispiel gibt. Wie diese erkennen läßt, besteht ein solches Seil aus drei verschiedenen Arten von Drähten. Der Kern des Seiles wird durch einen Seelendraht s und eine oder mehrere Lagen von Runddrähten r_1 r_2 gebildet. Um diese legen sich mehrere Lagen von Drähten t_1 t_2 mit trapezförmigem Querschnitt, während die äußere Fläche durch die schuppenartig übereinanderliegenden und das ganze Seil zusammenhaltenden „Deckdrähte" d_1 d_2 von eigenartiger Querschnittsform gebildet wird. Die Zahl der einzelnen Drahtlagen richtet sich nach der Tragfähigkeit, die von den Seilen verlangt wird. Solche Seile haben den großen Vorzug, daß der Seildurchmesser auf das geringstmögliche Maß herabgedrückt ist, da Zwischenräume fast ganz fortfallen und daher der Seilquerschnitt nahezu ausschließlich durch die Summe der nutzbaren Metallquerschnitte der einzelnen Drähte gebildet wird. Bei Trommelförderungen ermöglicht daher die Benutzung von patentverschlossenen Seilen, mit erheblich schmäleren Trommeln auszukommen. Wegen des Wegfalles der Hanfeinlagen und der nicht tragenden Seelendrähte bei Litzenseilen ist das Gewicht eines patentverschlossenen Seiles um 10—12% geringer als das eines Litzenseiles von gleicher Tragkraft. Auch sind die verschlossenen Seile nahezu frei von Drall, da die Drallbestrebungen der entgegengesetzt gewickelten Drahtlagen sich gegenseitig aufheben. Wegen ihrer glatten Oberfläche ist überdies der Verschleiß äußerst gering. Endlich kann wegen des dichten Schlusses der Deckdrähte Luft und Feuchtigkeit nicht zu den Kerndrähten dringen, so daß Rostwirkungen im Innern des Seiles kaum möglich sind.

Abb. 555. Patentverschlossenes Seil mit je zwei Drahtlagen.

Diesen Vorzügen der patentverschlossenen Seile steht als wesentlicher Nachteil ihre Starrheit gegenüber. Diese Starrheit und das Fehlen einer Verbindung zwischen den einzelnen, schalenartig aufeinander ruhenden Drahtlagen macht die Seile äußerst empfindlich gegen Stauchungen, wie sie sowohl beim Auflegen des Seiles als auch besonders bei Hängeseilbildung während der Förderung sich ergeben und trotz sorgfältiger Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln kaum gänzlich zu vermeiden sind. Daher haben sich patentverschlossene Seile für Förderzwecke nicht in größerem Umfange einführen können und sind meist wieder abgelegt worden. Eine hervorragende Bedeutung kommt ihnen aber überall dort zu, wo ihre glatte Oberfläche von Bedeutung und ihre große Steifigkeit kein Hinderungsgrund ist. Dieser Fall liegt z. B. vor bei Führungseilen für die Schachtförderung (s. unten) und bei Tragseilen für Drahtseilbahnen.

145. — Verjüngte Seile. Wie bereits oben erwähnt, kann man für größere Fördertiefen, wenn man auf die Seilausgleichung durch Unterseil (s. unten) verzichtet, das Seilgewicht dadurch verringern, daß man das Seil nach dem Einbande hin entsprechend der Verringerung der Last, die nach unten hin infolge des stetig abnehmenden Seilgewichtes eintritt, fortgesetzt dünner macht. Diese Verjüngung geschieht am besten nicht durch Verringerung der Anzahl, sondern durch Verringerung der Dicke der Drähte nach unten hin. Bei Bandseilen äußert sich die Verjüngung besonders in einer starken Verschmälerung des Seiles. Bei Rundseilen würde die Idealform diejenige eines Seiles mit vollständig gleichbleibender Belastung in jedem beliebigen Querschnitte sein. Da diese Gestaltung aber in der Herstellung auf große Schwierigkeiten stoßen würde, so zieht man es vor, die Seilstärke absatzweise von oben nach unten abnehmen zu lassen.

Bei uns haben verjüngte Rundseile sich bisher nicht eingeführt; denn bei größeren Tiefen, für die sie ja in erster Linie in Betracht kommen würden, wird die Förderung mit Treibscheibe, bei Trommelmaschinen aber die Seilausgleichung durch Unterseile bevorzugt, und für beide Förderverfahren scheiden verjüngte Seile aus.

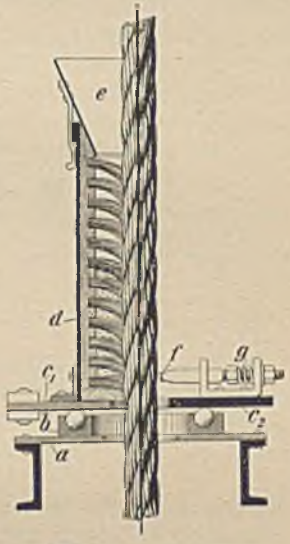


Abb. 556. Schmiervorrichtung (links) und Reinigungsvorrichtung (rechts) für Förderseile, von Salau & Birkholz.

146. — Prüfung und Überwachung der Förderseile im Betriebe. Man hat im Laufe der Zeit erkannt, daß die größte Sicherheit gegen Abstürzen der Fördergestelle trotz aller Verbesserungen der Fangvorrichtungen immer noch in einer einwandfreien Beschaffenheit der Förderseile gegeben ist. Die Überwachung wird daher jetzt bei uns sehr sorgfältig durchgeführt. Sie erfolgt sowohl durch unmittelbare Beobachtung als auch durch Untersuchung von Seilproben, die von Zeit zu Zeit genommen werden.

In ersterer Hinsicht ist zu bemerken, daß in der Regel ein tägliches Prüfen des Seiles durch Augenschein seitens der hierzu bestimmten verantwortlichen Beamten erfolgt, indem das Seil vor Beginn der Seilfahrt langsam einmal durch den Schacht gezogen wird. Am besten kann diese Prüfung bei Förderung mit elektrischen Fördermaschinen erfolgen, weil diese die Einstellung einer außerordentlich geringen und durchaus gleichmäßigen Fördergeschwindigkeit gestatten. Außerdem ist eine ganz genaue Besichtigung in längeren Zwischenräumen durchaus zu empfehlen und demgemäß auch z. B. vom Oberbergamt Dortmund vorgeschrieben.

Bei diesen Prüfungen ist auf die Zahl der gebrochenen und auf den Zustand der nicht gebrochenen Drähte (z. B. ihre etwaige Schwächung durch Rost) sowie auf etwa locker gewordene Litzen u. dgl. zu achten. Da durch den Überzug von hart gewordener Schmiere, Rost, Staub usw. die Feststellung solcher Mängel sehr erschwert wird, so muß von Zeit zu Zeit das Seil von

solchen Krusten gereinigt werden. Eine dafür geeignete Vorrichtung, die gleichzeitig für die Schmierung des Seiles nutzbar gemacht werden kann, ist die von Salau & Birkholz in Essen gelieferte (Abb. 556 rechts). Sie besteht aus einer ringförmigen Blechplatte c_2, die mit Kratzern f besetzt ist, welche durch Federn g fest gegen das Seil gepreßt werden. Damit die Platte den Bewegungen der Kratzer folgen kann, wie sie durch die Windungen des Seiles bedingt werden, läuft sie auf Kugeln. Auf das Kugellager kann nach der Reinigung, wie die linke Hälfte der Abbildung veranschaulicht, eine Ringplatte c_1 mit einer mit Seilschmiere gefüllten Blechbüchse d gesetzt werden, durch die das Seil hindurchgezogen wird, um durch die Wirkung

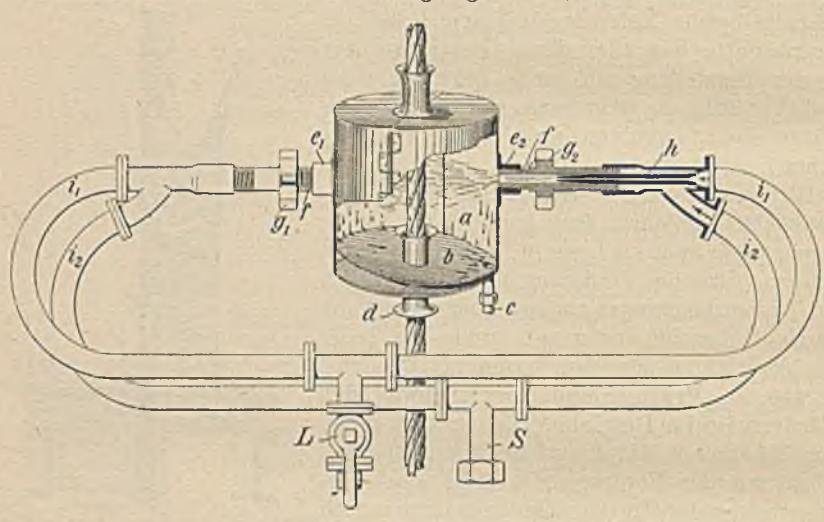


Abb. 557. Preßluft-Seilschmiervorrichtung von Romberg.

der in der Innenwand des Behälters befestigten Bürsten gründlich mit Schmiere getränkt zu werden.

Eine rasche und gründliche Schmierung bei möglichst geringem Schmiere-verbrauch soll mit der Preßluftschmiervorrichtung (Abb. 557) von Betriebsführer Romberg in Wellinghofen i. W. erzielt werden. Das Seil wird durch die zweiteilige Blechbüchse a hindurchgezogen, auf deren schrägem Boden b die überschüssige Schmiere abläuft, um durch das Röhrchen c abgezogen zu werden. Während des Durchziehens wird das Seil einem zweiseitigen Sprühregen von Schmiere ausgesetzt, der durch Preßluft, also mit einer auch für nasse Seile zu gründlicher Durchtränkung ausreichenden Druckwirkung gegen das Seil geschleudert wird. Die Preßluft tritt bei L in die Leitung i_1, die Schmiere bei S in die Leitung i_2 ein; durch die Düsen h, deren Öffnung mittels der konisch ausgebohrten Schraubenspindeln f durch Drehen der Muttern g_1 g_2 geregelt werden kann, wird die Schmiere von der Preßluft selbsttätig angesaugt.

Die genauere Prüfung von Probestücken wird an dem untersten Seilstück unmittelbar über dem Einbande vorgenommen, da dieses, wenigstens bei den Seilen für Trommelförderung, abgehauen werden kann. Die Prüfung

auf Zugfestigkeit erfolgte früher stets nur durch Zerreißen der einzelnen Drähte eines solchen Seilstückes mit Hilfe von Zerreißmaschinen, die durch eine Hebelübertragung mit Gewichtsbelastung die Größe des auf den Draht im Augenblicke des Zerreißens ausgeübten Zuges in kg zu erkennen gestatten. Außerdem werden bei dieser Einzelprüfung der Drähte diese auf ihre Biegsamkeit geprüft, indem sie je nach ihrem Durchmesser eine verschieden große Anzahl von Biegungen um eine Walze oder abgerundete Kante mit bestimmtem Halbmesser (in der Regel 5 mm) aushalten müssen. Neuerdings wird auf den Widerstand der Drähte gegen Verdrehung besonderer Wert gelegt[1]). Diese wird dann durch die Zahl von Drehungen um 360° bestimmt, die ein an der einen Seite fest eingespannter, an der anderen Seite mittels einer sich drehenden Klammer gewundener Draht von etwa 200 mm Länge aushalten muß. Eine Übersicht über die nach den Ermittelungen der Seilprüfungstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse mindestens zu fordernden Biegungszahlen für Drähte von bestimmter Dicke und Beschaffenheit gibt die nachstehende Zahlentafel.

Drahtdurchmesser in mm bis	2,0	2,2	2,5	2,8	über 2,8
Zahl der Biegungen um 180° und 5 mm Kantenhalbmesser . . .	8	7	6	5	4

Für die Verwindungen brauchen keine bestimmten Zahlen vorgeschrieben zu werden, da die Verwindungsprobe nur die Gleichförmigkeit des Drahtes nachweisen soll. Dagegen ist zu fordern, daß die Drähte sich gleichförmig verwinden, dabei gerade und frei von Rissen bleiben und daß der Bruch spiegelglatt wird.

Nach Erledigung dieser Prüfungen der Einzeldrähte wird dann aus der für diese ermittelten Tragfähigkeit durch Summierung die Gesamtbruchfestigkeit des Seiles berechnet. Dabei werden aber bei uns der Sicherheit halber diejenigen Drähte ausgeschaltet, welche die vorgeschriebene Anzahl von Biegungen nicht mehr auszuhalten vermögen, sowie diejenigen, deren Tragfähigkeit um einen gewissen Prozentsatz (20%) hinter dem Durchschnitt sämtlicher Drähte zurückbleibt.

Diese Berechnung der Tragfähigkeit ist jedoch nicht einwandfrei, weil die einzelnen Drähte im Seile nicht so völlig gleichmäßig gespannt sind, daß an jeder Stelle alle Drähte gleichmäßig tragen, sondern stets einige stärker als die anderen beansprucht werden. Zu einem sichereren Ergebnis gelangt man daher, wenn man, wie das z. B. in der Seilprüfungstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse an der Bochumer Bergschule geschieht, das Seil mit Hilfe sehr starker Zerreißmaschinen im ganzen zerreißt. Die Bochumer Seilzerreißmaschine wird durch die schematische Abb. 558 veranschaulicht. Das zwischen zwei Hohlkeilen (bei Bandseilen Flachkeilen) in einer weichen Metallegierung liegende Seil s wird hinten in dem festen Querhaupt f_1 und vorn in dem beweglichen Querhaupt c_2, das durch die Zugstangen d_1 d_2 mit dem Querhaupt c_1 verbunden ist, eingespannt. Das letztere wird dadurch

[1]) Glückauf 1905, Nr. 11, S. 344; Speer: Mitteilungen aus der Seilprüfungstelle der Westfäl. Berggewerkschaftskasse.

von dem festen Querhaupt entfernt, daß der hohle Tauchkolben b, dessen Kopf es bildet, durch Einführung von Druckwasser mit Hilfe einer (nicht gezeichneten) Druckpumpe und des Rohres g_2 unter Druck gesetzt wird, wobei der wachsende Druck an einem Manometer abgelesen werden kann. Nach Zerreißung des Seiles können die Dreiweghähne h_1 h_2 umgeschaltet und dadurch der Tauchkolben b wieder zurückgeschoben werden, indem jetzt der auf seine Innenfläche durch das Rohr g_1 wirkende Druck stärker ist als der auf die andere Seite wirkende atmosphärische Druck.

147. — Berechnung von Förderseilen. Ein Schachtförderseil muß nicht allein die Förderlast, sondern auch sein eigenes Gewicht tragen. Da dieses nun wiederum mit der Größe der angehängten Förderlast wächst, so muß mit zunehmender Förderlast der Seilquerschnitt in erheblich stärkerem Maße zunehmen. Das weist die Rechnung genauer nach. Bezeichnet man mit Q die Förderlast in kg, mit S den tragenden Seilquerschnitt in

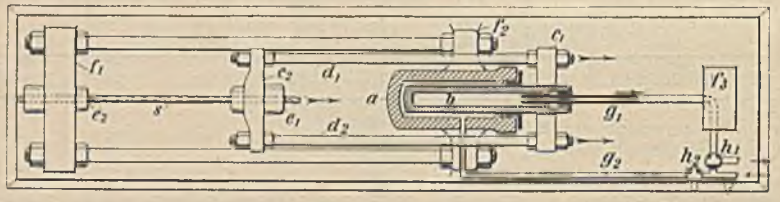


Abb. 558.
Schematische Darstellung der Seilzerreißmaschine an der Bochumer Bergschule.

qcm, mit k_z die Bruchfestigkeit des Seildrahtes in kg/qcm, mit T die Teufe des Schachtes in m und mit γ das Seilgewicht in g/cbcm und nimmt man eine 8fache Sicherheit des Seiles im Verhältnis zur Meistbelastung bei der Förderung an, so ist die zulässige Belastung des Seiles während der Förderung

$$\frac{S \cdot k_z}{8}$$

Dieser zulässigen muß die tatsächliche Belastung des Seiles mit der Förder- und der Seillast, also

$$Q + \frac{S \cdot \gamma \cdot T \cdot 100}{1000}$$

entsprechen, so daß wir nach einer Umformung die Gleichung erhalten:

$$S = \frac{Q}{\frac{k_z}{8} - \frac{\gamma \cdot T}{10}}$$

Nehmen wir nun für Q eine Last von 10000 kg, für k_z bei Aloë 700 kg (entsprechend 7 kg je qmm), bei Eisendraht 6000 kg (= 60 kg je qmm) und bei Stahldraht 15000 kg (= 150 kg je qmm) an und rechnen wir γ für diese 3 Stoffe zu 1,07, 9,0 und 9,5 g, so erhalten wir für verschiedene Teufen die nachstehende Zahlentafel:

Teufe in m		400	600	800	1000	Art des Seiles
Querschnitt in qcm	Aloë	224	430	5260	∞	Bandseil
	Eisendraht	25,7	47,7	333,3	∞	Rundseil
	Stahldraht	6,7	7,6	8,3	10,8	Rundseil
Gewicht je lfd. m in kg	Aloë	24,0	46,0	562,8	∞	Bandseil
	Eisendraht	23,1	42,9	300	∞	Rundseil
	Stahldraht	6,4	7,2	7,9	10,3	Rundseil

Diese Zahlentafel zeigt zunächst die außerordentlich große Überlegenheit der Stahldrahtseile schon bei der hier angenommenen Bruchfestigkeit von 150 kg je qmm, die leicht noch überschritten werden kann und auch schon vielfach überschritten worden ist. Sie läßt ferner erkennen, daß die Eisendrahtseile hinsichtlich des Gewichtes vor den Aloëseilen nur wenig voraus haben, da ihre größere Tragfähigkeit durch das höhere spezifische Gewicht des Eisens großenteils ausgeglichen wird. Weiter ergibt sich aus den Zahlen, daß unverjüngte Pflanzenfaserseile bei größeren Förderlasten schon für Teufen von 400 m ausscheiden, da der erforderliche Querschnitt dann schon ein betrieblich nicht mehr zulässiges Maß erreichen würde. Rechnet man für die 3 Seilarten diejenige Teufe aus, bei der ein nicht verjüngtes Seil gerade noch sein Eigengewicht mit achtfacher Sicherheit tragen kann, so ergibt sich diese aus der Gleichung

$$S \cdot \frac{k_z}{8} = \frac{\gamma \cdot S \cdot T \cdot 100}{1000}$$

zu

$$T = \frac{10 \cdot k_z}{8 \cdot \gamma}, \text{ mithin}$$

für Aloëseile zu . . . . . 818 m
für Eisendrahtseile zu . . . . . 833 m
für Stahldrahtseile zu . . . . . 1975 m.

Diese Teufengrenze läßt sich bei Aloëseilen durch Verjüngung, bei Stahldrahtseilen durch Erhöhung der Bruchfestigkeit wesentlich nach unten verschieben.

Endlich läßt die Betrachtung der Zahlen für Aloë- und Eisendrahtseile erkennen, wie rasch Querschnitt und Seilgewicht zunehmen, wenn man sich der Grenze der Tragfähigkeit der Seile nähert.

Das Gewicht der Seile würde sich nach den spezifischen Gewichten für Aloëseile auf etwa 1 g, für Eisendrahtseile auf etwa 7,5 g und für Stahldrahtseile auf etwa 7,8 g je cbcm Seil berechnen. Nun ist aber noch das durch die Windungen der Fasern, Drähte und Litzen sich ergebende Mehrgewicht und das tote Gewicht der Nähllitzen (bei Bandseilen), Hanfseelen und Kerndrähte hinzuzurechnen, woraus sich die oben für γ angenommenen Zahlen ergeben. Da 1 cbcm Seil bei 1 m Länge einem Querschnitt von $\frac{1}{100}$ qcm entsprechen würde, so bedeutet die Zahl 9,5 g/cbcm für Stahldrahtseile, daß auf je 1 qcm Querschnitt $100 \cdot 9{,}5 = 950$ g ~ 1 kg Gewicht je lfd. m entfällt. Man kann also für diese Seile in roher Annäherung als Gewicht für das laufende Meter die Zahl der qcm des Querschnittes annehmen und umgekehrt.

Die oben mit 8 angenommene Sicherheitszahl ist nur für die Zugfestigkeit berechnet; sie kann als „statische" Sicherheitszahl bezeichnet werden. Und zwar wird die größte vorkommende Förderlast (Bergeförderung) zugrunde gelegt, so daß die statische Sicherheit für die Seilfahrt mit ihrer geringeren Seilbelastung wesentlich höher ist. Beträgt z. B. diese Belastung 70% der Hauptbelastung, so bedeutet eine 8fache Sicherheit bei der Förderung eine solche von $\frac{8}{0{,}7} = 11{,}4$ bei der Seilfahrt.

Abb. 559. Grundgedanke des Beschleunigungsmessers von Jahnke und Keinath.

Die tatsächliche Seilsicherheit ist nun aber aus verschiedenen Gründen geringer, als der statischen Sicherheitszahl entspricht. Zunächst treten zu den Zug- außerdem noch die Biegungspannungen hinzu, die um so größer werden, je schärfer die Biegungen, d. h. je geringer die Durchmesser der Seilkörbe, Treib- und Seilscheiben sind. Außerdem tritt beim Anfahren eine weitere Verringerung der Sicherheit ein, da dann das Seil außer der Förderlast auch die Beschleunigungskräfte auszuhalten hat.

Die Beschleunigungskräfte sind überhaupt nach den Erfahrungen der letzten Jahrzehnte von erheblicher Bedeutung für die Beanspruchung und Haltbarkeit des Seiles. Der verstorbene Geh. Bergrat Jahnke in Berlin hat mit Dr.-Ing. Keinath zusammen eine Vorrichtung gebaut, die, auf den Förderkörben angebracht, eine Messung der Beschleunigungen und Verzögerungen während der Förderung gestattet[1]). Der Grundgedanke dieser Vorrichtung ist durch Abb. 559 veranschaulicht. Das an einer Feder *a* aufgehängte Gewicht *b* übt nur im ruhenden Zustande des Förderkorbes *F* seinen vollen Zug aus, wogegen es bei freiem Fall vollständig gleichmäßig mit dem Förderkorbe fällt, also im Vergleich zu diesem gewichtslos wird. Zwischen diesen beiden Grenzfällen sind je nach der Größe der Beschleunigung (d. h. je nach der Annäherung an den freien Fall) alle möglichen Zwischenstufen denkbar. Die Feder wird diesen Zwischenstufen entsprechend mehr oder weniger be- oder entlastet, so daß das Gewicht in tanzende Bewegung gerät und diese durch den Schreibstift *c* auf die Trommel *d* aufzeichnet. Die erforderliche Dämpfungsvorrichtung ist durch den in dem Zylinder *e* sich bewegenden Kolben, der Luft durch die Öffnungen $f_1 f_2$ ansaugt bzw. verdrängt, angedeutet. Ein Beispiel für die Aufzeichnung mit dieser Vorrichtung gibt Abb. 560: hier war bei rund 115 m Tiefe eine

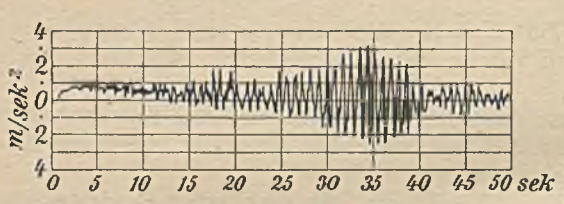


Abb. 560. Beschleunigungsschaubild, aufgenommen mit dem Beschleunigungsmesser.

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1921, S. 153 u. f.; Jahnke & Keinath: Zur Überwachung von Schacht und Förderung während der Betriebsfahrt.

Annäherung der Spurlatten durch den Gebirgsdruck herbeigeführt und dadurch eine Klemmung des Förderkorbes zwischen den Führungen veranlaßt worden, die sich in einer Verzögerung der Bewegung des Förderkorbes und entsprechenden Seilschwingungen äußerte.

148. — Das Auflegen der Förderseile. Zum Auflegen eines neuen Förderseiles bedient man sich für tiefere Schächte eines durch Dampf oder elektrischen Strom betätigten Haspels, der zwischen der Trommel, auf der das neue Seil angeliefert worden ist, und der Fördermaschine eingeschaltet

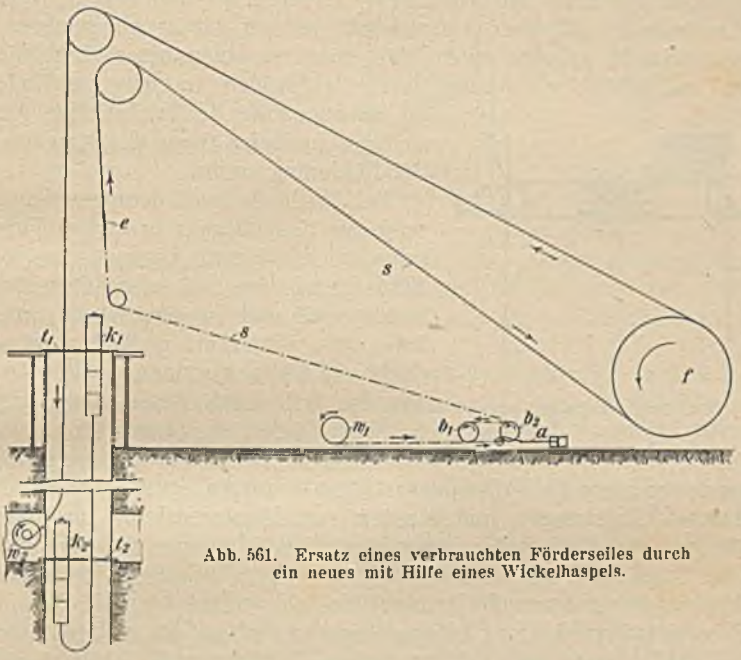


Abb. 561. Ersatz eines verbrauchten Förderseiles durch ein neues mit Hilfe eines Wickelhaspels.

wird und die Last des im Schachte hängenden Seiles trägt, bis dieses an dem Seilkorb der Maschine oder (bei Treibscheibenförderung) an den Fördergestellen befestigt werden kann. Das Auswechseln eines alten Seiles wird dadurch erleichtert, daß das neue Seil mit dem alten verbunden und so gleichzeitig mit dem Abwickeln des letzteren das neu aufzulegende Seil aufgewickelt werden kann. Auch bei Treibscheiben-Fördermaschinen kann man, wie Abb. 561 zeigt, von diesem Verfahren Gebrauch machen. Hier hat man zunächst die beiden Fördergestelle k_1 k_2 an der Hängebank und am Füllort durch Träger t_1 t_2 abgefangen, sodann die beiden Seilenden aus den Einbänden gelöst und das untere an der Wickeltrommel w_2 befestigt, das obere bei e mit dem gestrichelt angedeuteten neuen Seil verbunden. Letzteres wird mittels eines Flaschenzuges oder dgl. bis zu diesem Punkte herangeholt. Es wird nun der zur Erzielung der nötigen Reibung mit 2 mehrrilligen Scheiben b_1 b_2 ausgerüstete Dampfhaspel a in Betrieb gesetzt und das neue Seil langsam von der Trommel w_1 abgewickelt und durch das Übergewicht des im Schachte hängenden alten Seiles nachgezogen, bis das vorderste Ende beim unteren

Fördergestell k_2 und das hinterste beim oberen Fördergestell k_1 angelangt ist, worauf das Einbinden dieser beiden Seilenden erfolgen kann.

Einfacher wird das Verfahren, wenn man die Treibscheibe verbreitert[1]) (Abb. 562) und so zu beiden Seiten der Nut n für das Seil s Platz zum Aufwickeln des alten und des neuen Seiles zwischen den Wangenblechen w_1 w_2 schafft. Es kann dann in der Weise verfahren werden, daß mit der Treibscheibe zunächst das alte Seil aufgewickelt wird, um dann wieder abgewickelt und auf eine kleine Trommel übergeführt zu werden, worauf in umgekehrter Reihenfolge das neue Seil von seiner Trommel ab- und durch Drehung der Treibscheibe auf diese aufgewickelt, sodann wieder abgewickelt und in den Schacht gelassen wird. Man spart so einen besonderen Wickelhaspel und erhöht gleichzeitig durch das größere Gewicht am Umfange die Schwungmasse der Treibscheibe, woraus sich ein ruhigerer Gang der Maschine bei der Förderung ergibt.

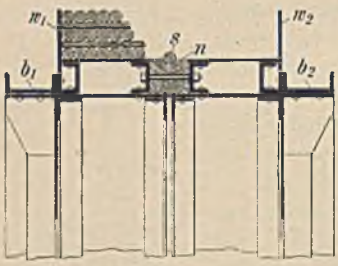


Abb. 562. Treibscheibe mit Kranz zum Auflegen von Seilen.

Bei Treibscheibenförderungen ist während des Seilauflegens besondere Vorsicht erforderlich, da nach Lösung vom oberen Fördergestell das Seil nirgends mehr gehalten wird und in den Schacht stürzen kann, was wiederholt geschehen ist. Es darf deshalb keine Verbindung gelöst werden, ehe das Seil durch Festklemmen an den richtigen Stellen abgefangen ist.

Das neue Seil ist in gut eingefettetem Zustande und gegen die Witterung geschützt bis zur Auflegung aufzubewahren.

149. — Leistungen und Kosten von Förderseilen. Die über die Haltbarkeit von Förderseilen ermittelten Zahlen beziehen sich teils auf die Zahl der Tage, während deren das Seil aufgelegen hat, ehe es wegen Bruchgefahr abgelegt werden mußte, teils auf die Zahl der Aufzüge, d. h. Biegungen, die das Seil während seiner Lebensdauer ausgehalten hat, und teils endlich auf die Zahl der insgesamt geleisteten tkm. Der letztere Maßstab ist für den Betriebsleiter der wichtigste, weil er die Aufliegedauer des Seiles und damit seine Kosten unmittelbar zu der durch das Seil erzielten Leistung in Beziehung setzt. Nach der Seilstatistik des Oberbergamtes Dortmund ergibt sich folgendes Bild:

Es leisteten im Jahre 1910 von 364 im Ruhrbezirk für Hauptschachtförderung in Betrieb gewesenen Stahlrundseilen

	1000 tkm			
	0—100	100—200	200—400	über 400
von 266 Trommel-Förderseilen . .	54,5%	32,4%	10,5%	2,6% sämtl. Seile
von 98 Treibscheiben-Förderseilen . .	35,6%	25,5%	29,8%	9,1% „ „

[1]) Glückauf 1903, Nr. 35, S. 830; Hellmann: Das Auflegen der Seile bei Koepe-Fördermaschinen.

Die Seilpreise sowie die Seilkosten je tkm ergeben sich aus folgender Zahlentafel, für die einzelne Beispiele (und zwar je eins für eine kleine und eine große Leistung) herausgegriffen sind.

Lfd. Nr.	Art des Seiles	Geleistete tkm[1])	Seilpreis je kg ℳ	Seilkosten je tkm[1]) im einzelnen ₰	Seilkosten je tkm[1]) im Durchschnitt ₰
1.	Aloëbandseil	72470	1,20	5,60	5,5
2.	desgl.	131704		5,64	
3.	Stahlbandseil	21639		5,09	6,26
4.	desgl.	57485		6,50	
5.	Stahlrundseil f. Trommelförderung	48450		4,69	2,5[2])
6.	desgl.	435010	0,50	0,60	
7.	Stahlrundseil für Treibscheibenförderung	34380	—0,70	3,84	2,0[3])
8.	desgl.	500342		0,81	

Die Zusammenstellung läßt gleichzeitig die geringe Leistungsfähigkeit der Stahlbandseile und die Überlegenheit der Stahlrundseile über die beiden anderen Seilarten bei großen Förderlasten, um die es sich hier handelt, erkennen.

Die geringeren Kosten für die Treibscheibenseile erklären sich daraus, daß bei der Treibscheibenförderung einerseits nur halb so viele Förderseile wie bei der Trommelförderung erforderlich und anderseits die Teufen im Durchschnitt größer als bei der letzteren Förderart sind, sich somit bei der gleichen Zahl von Biegungen größere tkm-Zahlen ergeben.

150. — Verschiedenheiten in der Bruchgefahr bei Förderseilen. Bei kleineren Trommel- und Seilscheibendurchmessern wird von den zwei Seilen einer Trommelfördermaschine das sog. „unterschlägige" Seil, das von der Seilscheibe nach der unteren Seite der Trommel geführt wird, etwas stärker verschleißen als das oberschlägige Seil, weil bei ersterem zwei in entgegengesetztem Sinne gerichtete Biegungen (um die Trommel und um die Seilscheibe) unmittelbar hintereinander vom Seil durchlaufen werden müssen. Ferner[4]) wird außer dem bereits obenerwähnten Seilstück unmittelbar über dem Seileinbande auch dasjenige Seilstück besonders stark beansprucht, das sich während des Aufenthaltes der Förderkörbe an Hängebank und Füllort auf den Seilscheiben befindet, weil es außer dem Auflagedruck noch die beim Anheben auftretenden starken Beschleunigungskräfte aufzunehmen hat. Jedoch verschiebt sich bei Seilen, die in regelmäßigen Zeitzwischenräumen am unteren Ende abgehauen werden, diese Stelle in erwünschter Weise fortwährend. In engen Schächten wird überdies auch das mittlere Seilstück

[1]) Sammelwerk Bd. V, S. 273 u. f.

[2]) Für Förderungen mit 6—8 Wagen auf dem Gestell und zylindrische Seiltrommeln, Unterseilkosten einbegriffen.

[3]) Unterseilkosten einbegriffen.

[4]) Vgl. hierzu auch Glückauf 1904, Nr. 29, S. 863 u. f.; Speer: Mitteilungen aus der Seilprüfungstation der Westfälischen Berggewerkschaftskasse.

zwischen Füllort und Hängebank ungünstig beansprucht, weil es während der Förderung am stärksten schlägt und infolgedessen sich am Schachtein- und -ausbau reibt. Weiterhin können auch die während der Endstellungen der Förderkörbe zwischen Seilscheiben und Maschine hängenden Seilstücke durch Stauchwirkungen leiden, die dadurch eintreten, daß die Seilscheiben der Bewegung der Seiltrommel bzw. Treibscheibe nicht sofort folgen[1]).

Bemerkenswert ist die fortwährend sich verringernde Zahl derjenigen Seile, die während des Förderbetriebes gebrochen sind, und die darin sich ausprägende, gegen früher bedeutend gesteigerte Sicherheit der Schachtförderung. Das Anteilverhältnis solcher Seile an den überhaupt während eines Jahres als unbrauchbar abgelegten Förderseilen ist nämlich im Ruhrkohlenbezirk von 19,3% im Jahre 1872 auf 0,5—1,5% im letzten Jahrzehnt zurückgegangen[2]), und für die übrigen deutschen Bergbaubezirke ist das Verhältnis ähnlich. Bemerkenswert ist dabei, daß der Prozentsatz von gebrochenen Seilen in der Zeit von 1872—1910 für Eisenbandseile 12,93, für Eisenrundseile 11,92, für Aloebandseile 7,22, für Gußstahlbandseile 3,81 und für Gußstahlrundseile nur 1,41 betragen hat[2]), wodurch die vorzügliche Bewährung der Stahlrundseile deutlich gekennzeichnet ist.

Unter allen Umständen leiden die Förderseile stark in nassen Schächten, besonders wenn die Schachtwasser sauer oder salzig sind. Man kann annehmen, daß die Haltbarkeit der Seile in solchen Schächten nur etwa $^3/_5$—$^2/_3$ derjenigen in trockenen Schächten beträgt. Da Ausziehschächte immer naß sind, so muß man in diesen stets mit erheblich größeren Seilkosten rechnen.

2. Die Fördergestelle.

151. — Größe der Fördergestelle. Die Fördergestelle, die auch als „Förderkörbe", „Förderschalen", „Fördergerippe" bezeichnet werden, können für einen oder für mehrere Wagen gebaut werden. Im letzteren Falle sind noch ein- und mehrbödige Gestelle zu unterscheiden. Gestelle für nur einen Wagen finden wir in Deutschland nur noch in geringem Maße, hauptsächlich im Erzbergbau. Für alle Förderungen, die mit größeren Massen arbeiten oder aus größeren Tiefen heben müssen, ist die Unterbringung einer größeren Anzahl von Wagen auf dem Gestell notwendig, da der durch Förderung größerer Massen mit jedem Treiben erzielte Zeitgewinn größer ist als der Mehraufwand an Zeit für die Bedienung von mehrbödigen Gestellen an den Anschlagspunkten. Im Ruhrkohlenbezirk z. B. hat der Förderkorb mit 8 Wagen schon eine solche Verbreitung gefunden, daß solche Förderkörbe bereits 1910 bei der Trommelförderung mit rund 36%, bei der Treibscheibenförderung sogar mit 45% aller Förderungen beteiligt waren. Bei solchen größeren Fördergestellen wird außerdem das Verhältnis zwischen toter Last und Nutzlast günstiger, weil beispielsweise ein Gestell für 8 Wagen nicht das Doppelte eines Gestelles für 4 Wagen wiegt.

---

[1]) Glückauf 1919, Nr. 17, S. 297 u. f.; Weber: Stauchungen als Ursache von Förderseilschäden.

[2]) Nach den Ergebnissen der Statistik der Schachtförderseile im Oberbergamtsbezirk Dortmund.

Die Unterbringung mehrerer Wagen auf einer Gestellbühne kann durch Hintereinander- oder Nebeneinanderschieben dieser Wagen ermöglicht werden. Im ersteren Falle wird der Grundriß des Gestelles lang und schmal, im letzteren kurz und breit. Im einzelnen sind allerdings zahlreiche Übergänge zwischen diesen beiden Formen, je nach der Länge und Breite der Förderwagen, vorhanden. Fördergestelle mit Nebeneinanderstellung der Wagen lassen sich schneller bedienen, erfordern aber dazu eine etwas größere Zahl von Anschlägern. Im übrigen ist auch die Größe der Schachtscheibe und die Notwendigkeit, den Grundriß der Fördergestelle der Schachteinteilung anzupassen, hier von Bedeutung. Durch die verschiedenen Grundrißformen der Förderkörbe ergibt sich auch deren verschiedenartige Führung (Ziff. 161), indem bei den schmalen Gestellen Kopfführung, bei den anderen Seitenführung überwiegt; jedoch lassen sich auch schmale Körbe für Seitenführung und breite für Kopfführung einrichten. Die Aufstellung von mehr als zwei Wagen auf einer Bühne ist im deutschen Bergbau kaum bekannt, findet sich dagegen im französischen und englischen Steinkohlenbergbau, wo bis zu 6 Wagen auf einer Bühne Platz finden[1]).

Vereinzelt hat man in engeren Schächten auch 8—12 bödige Fördergestelle mit nur einem Wagen auf jeder Bühne verwandt. Jedoch werden dabei Förderkörbe und Leitungen in nicht ganz geraden Schächten durch die unvermeidlichen Stöße stark beansprucht, und die Bedienung an den Anschlagspunkten wird, wenn nicht besondere Maßnahmen getroffen werden (S. 501 u. f.), erheblich verzögert. Außerdem ergibt sich der Übelstand, daß bei der Höchstlage des oberen Förderkorbes an der Hängebank sein Abstand bis zu den Seilscheiben nur verhältnismäßig gering ist und dadurch die Gefahr eines Übertreibens vergrößert wird. Man ist daher im allgemeinen wieder von solchen Gestellen abgekommen.

Von erheblicher Bedeutung ist das Gewicht der Förderkörbe, das man für tiefere Schächte notgedrungen durch weitgehende Anwendung von Stahl immer mehr herabgedrückt hat. Nach den Erfahrungen im Ruhrkohlenbezirk[2]) betrug es im Jahre 1899 bei 2bödigen Gestellen im Durchschnitt 3000 kg, bei 4bödigen 4500 kg, wobei immer Körbe mit je 2 Wagen auf einer Bühne gewählt sind. Das Verhältnis der Nutzlast zum Gewicht des Fördergestelles stellte sich hiernach im allgemeinen auf 1:1, es kann in besonders günstigen Fällen auf 1:0,8 herunter- und in besonders ungünstigen auf 1:1,7 heraufgehen. (Vgl. auch die Zahlentafel auf S. 462, wo noch das Wagengewicht mit in Rechnung gestellt ist.) Verhältnismäßig gering ist das Gewicht 4bödiger Gestelle für je 2 Wagen hintereinander.

152. — **Bauart der Fördergestelle.** Die Fördergestelle, für die Abb. 563 (in Anlehnung an die Bauart der Eisenhütte Westfalia in Bochum) ein Beispiel gibt, werden aus Profileisenrahmen zusammengesetzt, deren Anzahl der Zahl der Gestellböden entspricht und die unter sich durch Profileisen in den Ecken und in der Mitte der Seitenwände zu einem kräftigen Gerippe zusammengefügt werden. Besonders stark muß der Kopfrahmen

[1]) Vgl. z. B. Futers: Mechanical engineering of collieries, (London, Chichester Press) 1905, Bd. I, S. 90.

[2]) Sammelwerk Bd. V, S. 297 u. f.

ausgeführt werden, da an diesem das Seil angreift und die etwa vorgesehenen Fangvorrichtungen befestigt werden. Die Seitenwände werden durch diagonal gestellte Flach- oder Winkeleisen *d* versteift. Die Verbindungen werden meist durch Nietung hergestellt, doch zieht man verschiedentlich Schweißung mit Rücksicht auf die starke Beanspruchung der Niete durch die häufigen Erschütterungen der Förderung vor. Für die Führung an den Schachtleitungen dienen die Gleitschuhe f_1—f_3.

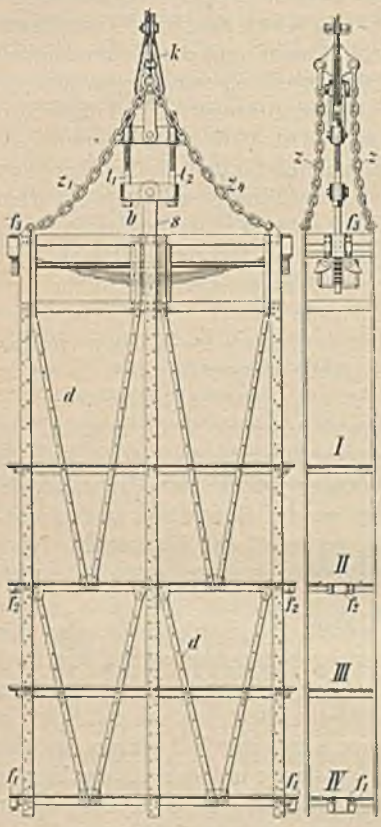


Abb. 563. Vierbödiger Förderkorb mit Zwischengeschirr.

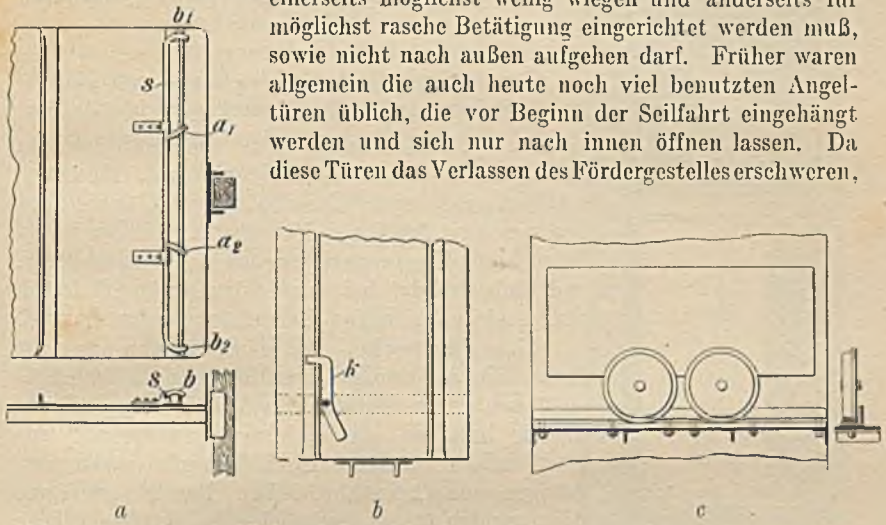
Bei der Bauart der Fördergestelle ist nicht nur auf die gewöhnliche Förderung, sondern auch auf die Seilfahrt und auf das gelegentliche Einhängen besonders umfangreicher Stücke, wie Maschinenteile, und besonders langer Gegenstände, wie langer Grubenhölzer und Schienen, Rücksicht zu nehmen. Zu diesem Zwecke wird das Dach des Fördergestelles zum Aufklappen eingerichtet; ebenso werden vielfach die Belagplatten der einzelnen Böden abnehmbar befestigt. Auch wird für eine für die Mannschaftsfahrung ausreichende Höhe zwischen den einzelnen Bühnen Sorge getragen. Die unteren Abteilungen werden etwa 1,4—1,5 m hoch, während die oberste 1,8—1,9 m Höhe erhält.

Die zur Seilfahrt bestimmten Fördergestelle müssen nach außen hin gut verkleidet werden, was mit möglichst geringer Vermehrung des Förderkorbgewichtes geschieht, indem man als Abkleidung gelochte Bleche oder auch Drahtgewebe verwendet. Der Gewichtsersparnis halber legt man verschiedentlich auch an Stelle eines geschlossenen Plattenbelages auf den einzelnen Böden einen Rost aus enggestellten Stäben und erzielt dadurch nebenbei den weiteren Vorteil, daß der Wetterzug möglichst wenig behindert wird.

153. — Festhalten der Wagen auf dem Gestell. Das Festhalten der Förderwagen auf den Gestellen kann entweder durch Klinken in mittlerer Wagenhöhe erreicht werden, die vom Anschläger herumgelegt werden, oder man bedient sich verschiedener Hemmvorrichtungen auf dem Schienenbelag des Bodens. Anordnungen der letzteren Art werden durch die Abbildungen 564 *a*—*c* dargestellt. Abb. 564 *a* zeigt eine Fußklinke *s*, die mittels der Arme $a_1 a_2$ die Schiene sperrt und mit Hilfe der Klauen $b_1 b_2$ herumgeworfen werden kann. In Abb. 564 *b* werden die Räder des Wagens durch eine quer über der Schiene liegende Fußklinke *k* festgehalten, die vom Anschläger mit dem Fuße zur

Seite gedreht werden kann. Bei der Anordnung nach Abb. 564c besteht die Sicherung einfach in einer Einsenkung der Schienen, in der die Räder Platz finden; umgekehrt kann man auch durch Erhöhungen auf den Schienen die Räder festhalten. Andere Sperrvorrichtungen sind für selbsttätige Bewegung eingerichtet (s. Abb. 588 und 590 auf S. 504 und 507). Bei drehbaren Klinken in halber Höhe sind Unfälle nicht ausgeschlossen, da durch Zurückschnappen der Klinken infolge ihres Beharrungsvermögens bei starken Schwankungen während der Förderung die Wagen frei werden können.

154. — Seilfahrt mit Fördergestellen. Während der Seilfahrt ist für einen Verschluß der offenen Seiten des Fördergestelles zu sorgen, der einerseits möglichst wenig wiegen und anderseits für möglichst rasche Betätigung eingerichtet werden muß, sowie nicht nach außen aufgehen darf. Früher waren allgemein die auch heute noch viel benutzten Angeltüren üblich, die vor Beginn der Seilfahrt eingehängt werden und sich nur nach innen öffnen lassen. Da diese Türen das Verlassen des Fördergestelles erschweren,



a b c

Abb. 564 a—c. Sperrvorrichtungen für die Wagen auf den Fördergestellen.

außerdem auch die Standfläche des Gestelles nicht voll auszunutzen gestatten, so werden neuerdings vielfach in einer Ebene bleibende Verschlüsse in verschiedener Form bevorzugt. Diese öffnen sich entweder durch Zurückschieben nach den Seiten oder durch Hochziehen nach Art von Vorhängen mit Hilfe einer Rolle mit Sperrvorrichtung. Die erstere Anordnung wird durch Abb. 565 veranschaulicht. Die Tür besteht aus einem Winkeleisen und 4 daran befestigten, schuppenartig sich übereinander schiebenden Streifen aus gelochtem Blech. Mit Hilfe einer an dem vordersten Streifen befestigten Rolle, die auf dem Winkeleisen läuft, lassen sich die Streifen übereinanderschieben. Das Einsetzen erfolgt unten mit einem Spurzapfen, oben mit einem losen Stift, der mittels eines Splintes am Bühnenträger befestigt wird.

Für die Belastung eines Fördergestelles bei der Seilfahrt schreiben die Bergpolizeiverordnungen in der Regel eine Höchstziffer vor, die nicht nur danach bemessen ist, daß auf jeden Mann eine genügende Standfläche entfällt, sondern auch das zulässige Höchstgewicht bei der Seilfahrt festlegt, und zwar so, daß während der Seilfahrt die Sicherheit des Seiles und Zwischengeschirres wesentlich größer ist als während der Förderung (vgl. S. 476).

155. — Ersatzfördergestelle. Bei dem großen Wert, den Förderanlagen mit Massenförderung auf möglichste Vermeidung längerer Unterbrechungen legen müssen, sind an der Hängebank stets Ersatzfördergestelle für den Fall von Unfällen bei der Förderung bereitzuhalten. Für diese ist wegen des heutigen großen Gewichtes der Gestelle die Ausstattung des Fördergerüstes an der Hängebank mit besonderen Schienen (s_1 und s_2 in Abb. 620 auf S. 555) für eine einfache Laufkatze sehr zu empfehlen, an der der Förderkorb aufgehängt ist und durch die er rasch und leicht an den Schacht gefahren werden kann.

Abb. 565. Schubgitterverschluß der „Westfalia" in Gelsenkirchen für Fördergestelle.

3. Die Verbindungstücke zwischen Seil und Fördergestell. (Das Zwischengeschirr.)

156. — Seileinband. Das oberste Stück des Zwischengeschirres ist der Seileinband. Zu unterscheiden sind solche Seileinbände, bei denen das Seil um eine Scheibe („Kausche") geschlagen und dann durch Klemmvorrichtungen festgehalten wird, und Seileinbände, bei denen das untere Seilstück ohne Umbiegung in eine Klemmbüchse gebracht wird.

157. — Kausche. Die Kausche kann aus einer Holzscheibe mit beiderseitigen Blechwangen (Abb. 566) oder aus einem Gußstück (vgl. k in Abb. 563 auf S. 482) bestehen oder als sog. „Handschuh" aus einer einfachen starken Eisenblechrinne zusammengebogen sein (k in Abb. 567a). Das Festklemmen des umgeschlagenen Seilstückes an das eigentliche Seil oberhalb der Kausche erfolgt entweder durch einfache Schellenbänder s, s_1 usw. nach Abb 567a und b oder durch Winkelschrauben w_1 w_2 (Abb. 567c), deren eines Ende als Schraube, das andere als Öse ausgebildet ist. Die Zahl der Klemmstellen richtet sich nach der Größe der Last. Es ist darauf zu halten, daß die Herstellung eines solchen Einbandes durch geschulte und erfahrene Leute erfolgt, weil durch unrichtiges Anlegen der Klemmbacken und durch ungenügendes oder zu starkes Anziehen der Schrauben entweder das Seil nicht genügend gefaßt wird oder einzelne Drähte zu stark beansprucht und dadurch zerstört werden. Der untere Teil der Kausche bleibt offen zur Einhängung des Zwischengeschirres und ist zur größtmöglichen Verringerung des Verschleißes des letzteren innen abzurunden. Bei Kauschen mit Blechplatten an beiden Seiten (Abb. 566) kann das Seil noch in der Kausche selbst durch Anziehen der Schrauben s zwischen diesen Platten festgeklemmt werden, indem die Dicke des Kernes h etwas geringer als die Seildicke genommen wird.

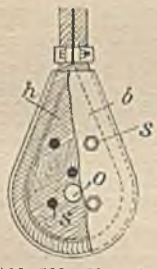


Abb. 566. Kausche mit Holzkern.

Die Kausche hat den Vorzug, daß sie eine beliebige Anzahl von Klemmbacken anzusetzen gestattet und daher sich ein hoher Grad der Sicherheit mit ihr erreichen läßt. Nachteilig ist aber, daß durch das scharfe Umbiegen des zurückgebogenen Seilstückes bedenkliche Biegungspannungen eintreten können und daß bei unachtsamem Anziehen der Klemmschrauben der Litzenverband im Seile gestört und mancher Draht zerdrückt werden kann, so daß die Sicherheit von der Sorgsamkeit der Leute abhängt. Auch wird für den Einband ein nicht unbeträchtliches Seilstück beansprucht, so daß man in Anbetracht der in gewissen Zeitabschnitten zu wiederholenden Seiluntersuchungen (Ziff. 146), die jedesmal das Abhauen eines Stückes von etwa 3 m Länge über dem Einbande erfordern, eine gewisse Mehrlänge von Seil auf die Trommel wickeln muß, was die Seilkosten und die Ansprüche an die Trommelbreite erhöht. Für besondere Fälle kommt noch die Unmöglichkeit hinzu, mit Seil ohne Ende zu fördern, an das die Fördergestelle einfach angeklemmt werden, durch welches Verfahren eine vollständige Seilausgleichung und ein bequemes „Umstecken" für die Förderung von verschiedenen Sohlen auch bei Förderung mit Treibscheibe (s. Ziff. 191) ermöglicht wird.

Abb. 567 *a*—*c*. Seileinband mit Kausche und Klemmen.

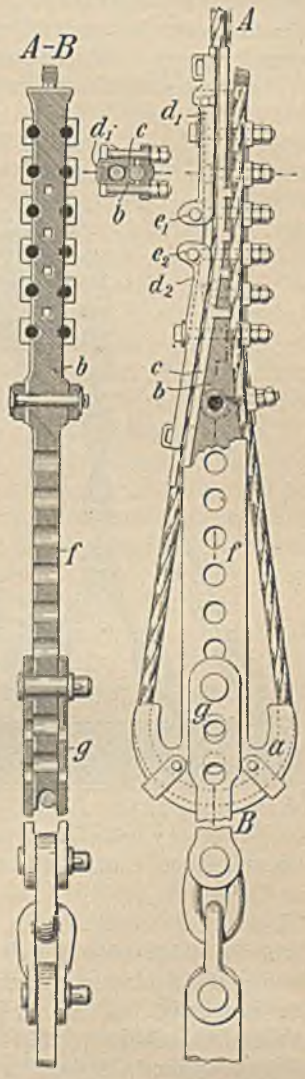


Abb. 568. Seileinband von Eigen.

Einen verbesserten Seileinband stellt derjenige von Eigen dar, der von der Deutschen Maschinenfabrik in Duisburg hergestellt wird (Abb. 568). Dieser Einband zeichnet sich zunächst dadurch aus, daß durch den großen Halbmesser der Kausche *a* und die Einlegung eines Zwischenstückes *b* die Ablenkung und Umbiegung des Seiles möglichst sanft gestaltet wird. Ferner ist hier besonderer Wert auf die Schonung des unmittelbar tragenden

Seilstückes gelegt worden, indem dieses von den Klemmschrauben überhaupt nicht erfaßt wird; diese pressen vielmehr nur den umgeschlagenen Seilschwanz gegen das Einlegestück *b*, so daß das Hauptseil entlastet und vor schädlichen Überbeanspruchungen geschützt ist. Außerdem ist der obere Teil der Hülse *c* zum Aufklappen eingerichtet, indem die beiden Außenschalen d_1 und d_2 mit Hilfe von Handgriffen herunter- bzw. hochgeklappt werden können und so das Seil für die Besichtigung freigeben. Das Zwischengeschirr greift mittels eines Schäckels und Riegels und der Doppellasche *g* an der Lasche *f* an, die einen Bestandteil der Kausche selbst bildet; der

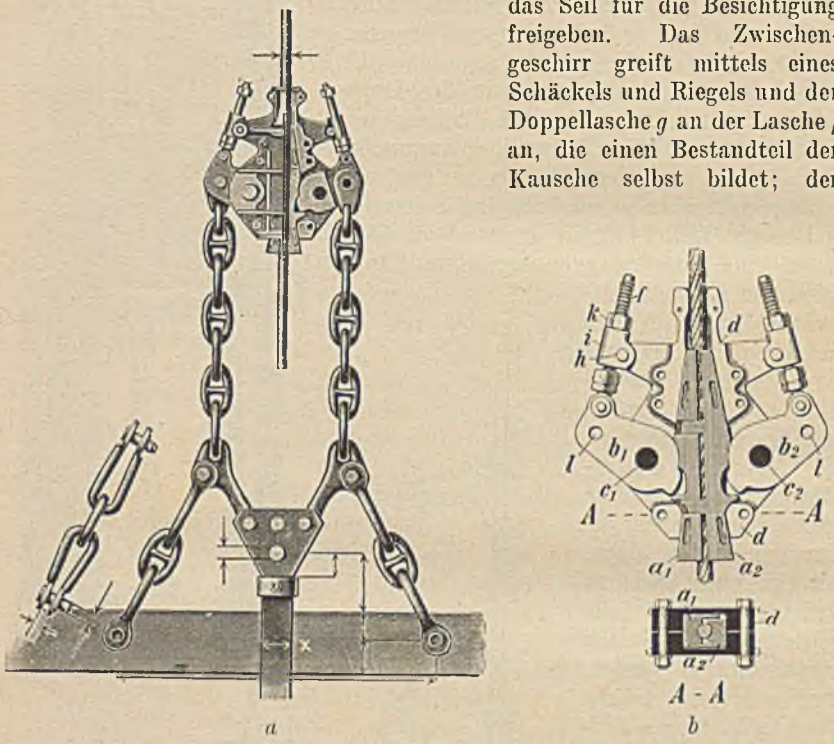


Abb. 569 *a* und *b*. Seilklemme der Deutschen Maschinenfabrik und ihre Verbindung mit dem Fördergestell.

Schäckel trägt noch 2 weitere Löcher, deren Abstand unter sich und von dem ersten Bolzenloch etwas größer als der Abstand der Bolzenlöcher in der Lasche ist, so daß auch feinere Einstellungen innerhalb dieses letzteren Abstandes möglich sind. Außerdem kann auch die Lasche durch eine Schraubenspindel ersetzt und so die genauere Feineinstellung der Seillänge ermöglicht werden.

158. — Seilschlösser. Die ohne Kausche wirkenden Seilklemmvorrichtungen („Seilschlösser") können dadurch hergestellt werden, daß das Seil unten aufgedreht, jeder einzelne Draht umgeschlagen und der so gebildete Seilknoten mit einer Hartgußlegierung in eine nach unten sich erweiternde und das Zwischengeschirr tragende Büchse eingegossen wird. Eine andere Möglichkeit bieten Klemmbacken verschiedener Ausführungen, die mit Keilwirkung das Seil fassen.

Die Seilschlösser mit Metallausguß sind für große Belastungen nicht geeignet, weil die Drähte an den Umbiegungstellen leicht abbrechen, auch durch die heiß eingegossene Legierung in ihrer Tragfähigkeit beeinträchtigt werden können. Außerdem gestatten solche Seilschlösser ebensowenig wie die Kauschen eine Verlegung des Befestigungspunktes der Körbe am Seile, welche Möglichkeit die Seilschlösser mit besonders eingesetzten Klemmbacken vorteilhaft kennzeichnet. Seilschlösser der letzten Gattung sind u. a. diejenigen von dem Maschineninspektor Baumann in Schwientochlowitz und von der Deutschen Maschinenfabrik. Bei der Baumannschen Klemme[1]) wird das Seil von mehreren kegelförmigen, zusammen eine geschlossene Hülse bildenden Hartgußstücken gefaßt (z. B. aus einer Mischung von 75% Blei und 25% Antimon bestehend), die durch eine nach unten sich erweiternde Büchse zusammengehalten werden; es können 3 oder 4 derartige Keilstücke Verwendung finden. Wichtig ist dabei, daß die benutzte Metallegierung so hart ist, daß das Seil sich nicht aus ihr herausziehen kann, anderseits aber weich genug, um ein Eindringen der Drahtwindungen in die Legierung zu gestatten und dadurch einen festen Verband zwischen Seil und Büchse herzustellen. Diese Verbindung wird um so inniger sein, je rauher die Oberfläche des Seiles ist, weshalb solche Klemmen bei Seilen mit Kreuzschlag im allgemeinen zuverlässiger wirken werden als bei Seilen mit Längsschlag. Die neuerdings aufgenommene und auf zahlreichen Schachtanlagen im Dauerbetrieb erprobte Seilklemme der Deutschen Maschinenfabrik wird durch Abb. 569*a* und *b* veranschaulicht. Sie beruht auf einer Verbindung von Hebel- und Keilwirkung, indem die Förderlast an Ketten, die in den Augen *ll* (Abb. 569*b*) hängen, angreift und dadurch die Hebel b_1 b_2 herumdrückt, welche letzteren sich um die Bolzen c_1 c_2 drehen und mit Daumen die außen abgeschrägten Klemmhülsen $a_1 a_2$ fassen und zwischen das Seil und die entsprechend gestalteten Innenflächen *dd* der eigentlichen Seilbüchse pressen. Soll die Klemme gelöst werden, so werden die an den oberen Enden der Winkelhebel angreifenden Schraubenspindeln *f*, die durch die um die Bolzen *h* drehbaren Hülsen *i* geführt sind, durch Drehung der Muttern *k* herausgezogen, nachdem die unterhalb der Hülsen *i* angebrachten Muttern genügend weit zurückgeschraubt sind. Die letzteren dienen im übrigen dazu, bei starkem Hängeseil das Zurückschlagen der Hebel $b_1 b_2$ und damit die Lockerung der Klemme zu verhüten. Es muß jedoch sorgfältig darauf geachtet werden, daß die Muttern *k* für gewöhnlich weit genug zurückgeschraubt werden (s. Abb. 569*a*), weil sonst die Hebel b_1 b_2 nicht weit genug herum gedreht werden und das Anklemmen nicht mit genügender Kraft erfolgen kann. Diese Seilklemme faßt sicher, weil der Grundsatz der Keilwirkung, nach dem die Förderlast selbst durch ihr Gewicht das Seil immer fester zieht, hier vermöge der Hebelübersetzung am schärfsten zur Geltung kommt. Sie ist außerdem bequem zu handhaben, weil durch Aufhören des Druckes nach dem Aufsetzen der Last ihre Lösung ohne große Schwierigkeiten erfolgen kann und infolgedessen die Neuherstellung des Seileinbandes nach Abhauen des untersten Seilstückes sowie das Umstecken zum Zwecke der Förderung

[1]) S. das auf S. 459 in Anm. [2]) erwähnte Buch von Bansen-Teiwes: Schachtförderung, S. 169.

von einer anderen Sohle bei einer etwaigen Förderung mit endlosem Seile (Ziff. 191) wesentlich erleichtert ist.

Ein gewisser Nachteil der Seilschlösser — und auch der Eigenschen Kausche — ist die starre Einspannung des Seiles, die sein freies Ausschwingen beim Schlagen verhindert und so die Drähte an der Eintrittstelle stark beansprucht.

159. — Die eigentlichen Zwischengeschirrteile. Die weitere Verbindung zwischen Seil und Förderkorb wird durch die Königstange oder durch Zwieselketten vermittelt. Die Königstange ist fast immer vorhanden, wenn Fangvorrichtungen angebracht sind, die man durchweg durch die Königstange betätigt. Von Ketten können 2 oder 4 Verwendung finden, jedoch ist letztere Zahl weitaus die Regel. Zur Sicherheit pflegt man außerdem 4 Notketten anzubringen, die im Vergleich mit den Hauptketten länger, unter sich aber von gleicher Länge sein müssen und für den Fall des Bruches einer Hauptkette zur Wirkung kommen. Ferner lassen die Abbildungen 563 auf S. 482 und 569 auf S. 486 erkennen, daß man auch Zwieselketten (z_1—z_4 in Abb. 563) und Königstange (s) gleichzeitig verwenden kann. Wichtig ist, daß Zwieselketten beim Schlaffwerden infolge Aufsetzens des Fördergestelles sich nicht in Klanken werfen („klinken") dürfen, weil dann leicht ein Bruch zu befürchten ist. Verhütet wird das Klinken entweder durch richtige Bemessung des Verhältnisses zwischen Gliedstärke und Gliedlänge oder durch Benutzung von Stegketten, deren Glieder durch einen Mittelsteg in 2 Hälften geteilt sind (vgl. Abb. 569a).

Verschiedene Arten der Verbindung zwischen Seileinband und Königstange sind aus den Abbildungen 569—571 zu entnehmen. Die einzelnen Hauptteile werden durch Schäckel ($f_1 f_2$ in Abb. 570a, a_1—a_4 in Abb. 570b) oder Ringe miteinander verbunden.

Die Zwischengeschirre sind neuerdings vereinfacht worden. Die früher vielfach eingebauten Seilauslöser, die für den Fall des Übertreibens das Seil freigeben sollten (vgl. Ziff. 210), sind durch zuverlässigere Hilfsmittel ersetzt worden, und die Wirbel, die dem Seil ein freies Ausschwingen, seinem inneren Drall entsprechend, ermöglichen und dadurch innere Spannungen verhüten sollten, haben sich als nachteilig erwiesen, da sie ein fortwährendes Auf- und Zurückdrehen des Seiles herbeiführten und so dieses durch Lockerung des Litzenverbandes und inneren Verschleiß schädigten. Heute hat man es als ausreichend erkannt, wenn von Zeit zu Zeit der Drall herausgelassen wird, indem man dem Seil eine Anzahl von Drehungen ermöglicht.

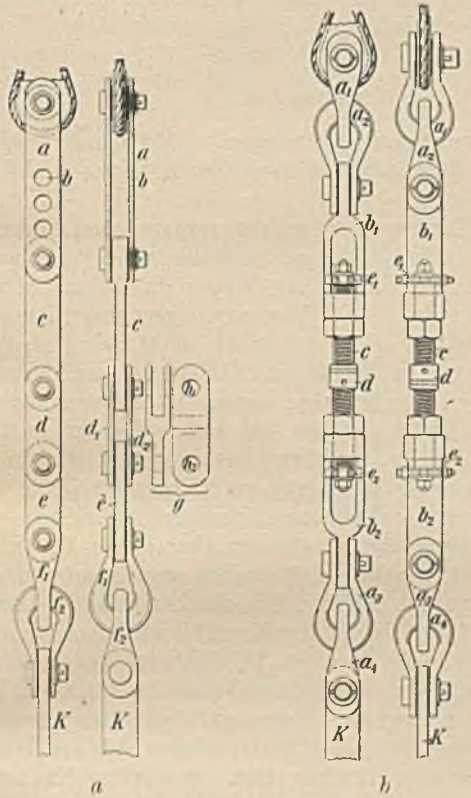
Den Hauptbestandteil der Zwischengeschirre bilden daher jetzt die zum Ausgleich der unvermeidlichen Längenänderungen des Seiles dienenden Verkürzungstücke. Als solche dienen

a) Laschenketten ($c\,d\,e$ in Abb. 570a, $a_1 a_2$ in Abb. 571), deren einzelne Glieder herausgenommen werden können, wobei dann der Bolzen des Schäckels f_1 (Abb. 570a) zunächst in das Auge h_2 eines Gabelstückes g und später in das untere Auge der Lasche c gesteckt wird,

b) gelochte Laschen (b in Abb. 570a, c_1 c_2 in Abb. 571, s. auch f in Abb. 568), die wegen des geringen Abstandes der Löcher eine feinere Einstellung ermöglichen und daher vielfach neben den Laschenketten verwandt werden.

c) Schraubenspindeln, wie sie Abb. 570*b* zeigt. Die in die Gabelstücke $b_1 b_2$ eingeschraubte Schraubenspindel *c* hat Rechts- und Linksgewinde und wird mittels der Schraubenmuffe *d* gedreht. Gegen das Verdrehen durch den Seildrall ist sie durch Brücken $e_1 e_2$ geschützt, die hinter die Seitenwangen der Gabelstücke fassen.

Von besonderer Bedeutung sind die Verkürzungstücke bei der Förderung mit Treibscheibe, weil bei dieser nur ein Förderseil verwendet wird. Bei Trommelmaschinen dagegen ist auch ein Ausgleich der Seillängung durch Verdrehen der Trommel gegen die Achse



a *b*

Abb. 570*a* und *b*. Zwischengeschirre der Siegener Maschinenbau A.-G.

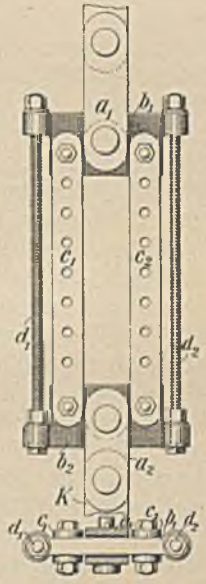


Abb. 571. Zwischengeschirr mit Abfangschrauben nach Droste.

(sog. „Umstecken") möglich, so daß nur die feineren Unterschiede noch durch die Zwischenstücke im Zwischengeschirr ausgeglichen zu werden brauchen. Bei der Treibscheibenförderung rüstet man in der Regel die Gehänge beider Förderkörbe mit Verkürzungstücken aus und richtet dann das eine Gehänge für Grob-, das andere für Feineinstellung ein. Um das Verkürzen ohne vorherige Festlegung der Körbe vornehmen zu können, werden bei dem Zwischenstück nach Direktor Droste in Bochum (Abb. 571) die zwischen den Querstücken $b_1 b_2$ eingesetzten Verkürzungslaschen $c_1 c_2$ vorübergehend durch die Kordelschrauben $d_1 d_2$ entlastet, die das ganze Gewicht aufnehmen können. Sollen die Laschen umgesteckt werden, so

werden zunächst die oberen Muttern der Kordelschrauben soweit heruntergedreht, daß die oberen Bolzen der Laschen entlastet sind und herausgenommen werden können. Dann werden die Muttern solange weiter gedreht, bis die Bolzen in die nächstunteren Laschenlöcher gesteckt werden können.

160. — **Unterseilgehänge.** Ähnlich werden die Unterseilgehänge ausgeführt. Jedoch ist bei diesen, namentlich wenn es sich um Rundseile handelt, die freie Drehbarkeit wichtig, damit das Klankenwerfen in der Seilbucht im Schachttiefsten verhindert wird; hier werden daher Wirbel mit Kugellagern eingeschaltet (vgl. Abb. 596 auf S. 515).

4. Die Schachtleitungen.

161. — **Anordnung der Schachtleitungen.** Man unterscheidet nach der Art der Anbringung der Schachtleitungen Kopf-, Seiten- und Eckführungen.

Kopfführungen führen die Fördergestelle an den vorderen und hinteren, bei der Mineralienförderung offenen Seiten. Sie bilden bei schmalen Fördergestellen mit Hintereinanderstellung der Wagen die Regel, werden aber auch für Fördergestelle mit je zwei Wagen nebeneinander benutzt. Ein Vorteil der Kopfführung ist die Möglichkeit einer besseren Ausnutzung des Schachtquerschnittes, indem für die Anbringung der Führungen die sog. „verlorenen Ecken" runder Schächte ausgenutzt werden können, wogegen bei Seitenführungen nicht nur der für andere Zwecke nutzbar zu machende Raum des Schachtes beeinträchtigt, sondern auch noch die besondere Anbringung von Mitteleinstrichen erforderlich wird. Im übrigen ist die Führung durch Kopfführungen weniger stoßfrei als diejenige durch Seitenführungen, weil für die ersteren über jedem Boden die am Gestell angebrachten Führungschuhe unterbrochen werden müssen und außerdem auch durch die Bewegungen der Wagen bei den langen und schmalen Gestellen, für welche die Kopfführung in der Regel benutzt wird, fortwährende Verschiebungen des Schwerpunktes sich ergeben. Bei Seitenführungen können ununterbrochene Führungschuhe von der ganzen Höhe des Gestelles Verwendung finden, und die Bewegungen der Wagen auf dem Gestelle wirken bei breiten Fördergestellen weniger stark, weil sie an einem kleineren Hebelarme als bei langen und schmalen Gestellen angreifen. An den Anschlagstellen müssen bei Kopfführung die Schachtleitungen unterbrochen werden, um den Wagenwechsel zu ermöglichen. Diese Unterbrechungen machen sich besonders bei niedrigen Gestellen mit nur einem oder zwei Böden nachteilig bemerkbar. Man sieht daher für solche Gestelle vielfach nach Abb. 572 Eckführungen durch je 4 Winkeleisen an den Anschlagspunkten vor. Bei höheren Fördergestellen schadet die Unterbrechung der Leitungen weniger, weil stets trotz der Unterbrechung mehrere Führungschuhe mit ihnen in Eingriff bleiben. Bei Gestellen mit Nebeneinanderstellung der Wagen kann man an den Anschlägen in der durch Abb. 573 veranschaulichten Weise die Führung durch ein in die Hauptleitung eingeschaltetes Flacheisengabelstück *l* erhalten, das genügend Raum für das Aufschieben der Wagen läßt.

In der Regel werden die Fördergestelle auf zwei gegenüberliegenden Seiten geführt. Doch können unter Umständen auch Führungen auf nur einer Seite

gemäß Abb. 575—577 (Ziff. 163) vorteilhaft sein. Bei Seilführungen hat man hinsichtlich der Anordnung der Führungseile verschiedene Möglichkeiten (vgl. Ziff. 164 und Abb. 578).

162. — Ausführung der Schachtleitungen im einzelnen. Holzführungen. Die Führungen können aus Holz, Profileisen oder Drahtseilen bestehen. Holzführungen bieten gegenüber den eisernen Führungen den Vorteil eines bequemen Einbaues, einer gewissen Anpassung an Schachtbewegungen infolge der Möglichkeit des Absplitterns von Stücken durch die Führungschuhe und einer leichten Erneuerung; sie ermöglichen einen sanften Gang der Fördergestelle und einen kräftigen Angriff von Fangvorrichtungen. Anderseits nehmen sie verhältnismäßig viel Platz in Anspruch und leiden in ausziehenden Schächten stark durch Nässe und schlechte Wetter. Für die Holzführungen wird in der Regel

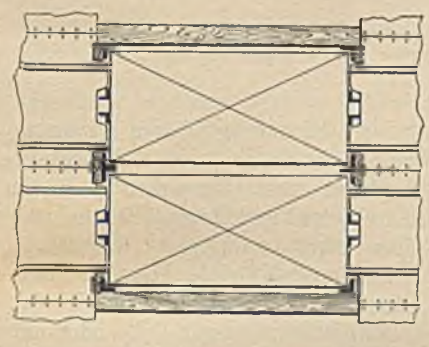


Abb. 572. Eckführung für Fördergestelle an Füllort und Hängebank.

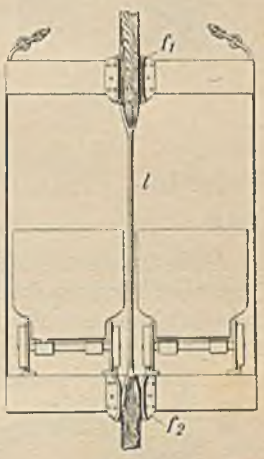


Abb. 573. Verbindungstück für Kopfführungen bei breiten Fördergestellen an Füllort und Hängebank.

das Holz der amerikanischen Pechkiefer (pitch-pine), das sich in größeren Längen schneiden läßt, verwendet; außerdem findet Eichenholz Anwendung.

Die hölzernen Schachtleitungen, auch „Leitbäume" oder „Spurlatten" genannt, werden in Längen von 6—9 m eingebaut. Ihre Befestigung an den Einstrichen wird durch die Abbildungen 574*a*, *b*, *d* und *e* veranschaulicht. Sie erfolgt durch Schrauben mit versenkten Köpfen unmittelbar an den Einstrichen (Abb. 574*a* und *e*) oder durch Vermittelung von Winkeleisen (Abb. 574*b*), die mit den Einstrichen verschraubt sind. Letztere Befestigungsart führt bei den Mitteleinstrichen zu der Befestigung je zweier benachbarten Spurlatten an einem gemeinsamen ⊥-Eisen (Abb. 574*d*). Von besonderer Wichtigkeit ist eine gute Verbindung der Spurlatten unter sich, damit sowohl ein stoßfreier Übergang des Fördergestelles von einer Spurlatte auf die andere ermöglicht als auch eine seitliche Verschiebung der Spurlatten gegeneinander verhütet wird. Derartige Verbindungen werden in den Abbildungen 574*a*, *c*, *d* und *e* wiedergegeben. In Abb. 574*c* ist jede Spurlatte mit einer Kerbe und einem vorspringenden Zapfen versehen, wodurch eine doppelte gegenseitige Verblattung erzielt wird. Bei der Verbindung nach Abb. 574*e* greift die eine Spurlatte mit

2 gegeneinander versetzten Zapfen in entsprechende Kerben der anderen. Die feste Verbindung erfolgt hier durch Schrauben in der Stoßstelle selbst. In Abb. 574*a* dienen diese Verbindungsschrauben gleichzeitig zur Befestigung der Leitbäume an dem Einstrich, wogegen bei der Verbindung nach Abb. 574*d* eine Lasche hinter beide Leitbäume gelegt ist.

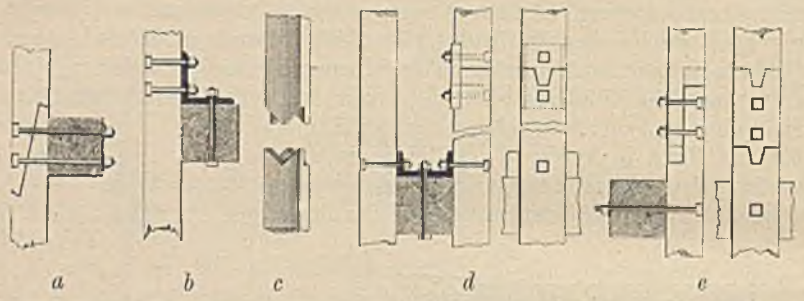


Abb. 574*a—e*. Verbindungen hölzerner Spurlatten unter sich und mit den Einstrichen.

An Zwischenanschlägen mit nur zeitweiser Förderung müssen für Kopfführungen Einrichtungen vorgesehen werden, durch die nach Belieben die Schachtleitung geschlossen und geöffnet werden kann. Dazu dient z. B. ein Leitungstück, das um einen Gelenkbolzen drehbar ist und für gewöhnlich durch einen Riegel in der Schlußlage festgehalten wird.

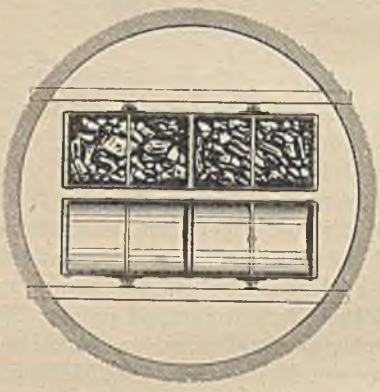


Abb. 575. Briartsche Führung mit zwei Einstrichen.

Es empfiehlt sich, hölzerne Spurlatten zur Verringerung des Verschleißes zu schmieren, was mit Seife oder mit Mineralölen erfolgen kann, welche letzteren für Schächte mit salzhaltigem Wasser verwendet werden.

163. — Eiserne Führungen. Eiserne Schachtleitungen haben den Vorteil einer verhältnismäßig geringen Raumbeanspruchung und einer geringeren Empfindlichkeit gegen ausziehende Wetter, vorausgesetzt, daß sie gut unter Schmiere gehalten werden. Außerdem zeichnen sie sich durch Feuersicherheit aus. Der Verschleiß ist in vollständig lotrechten Schächten und bei sehr sorgfältigem Einbau geringfügig, kann aber anderenfalls sehr bedeutend werden. Auch ergeben sich bei nicht ganz genauem Einbau der einzelnen Leitbäume heftige Stöße bei der Förderung. Bevorzugt werden Leitungen aus Eisenbahnschienen nicht zu leichten Profiles (36—45 kg je lfd. m). Die Schienen werden in Längen von 10—12 m eingebaut und vom Förderkorb mit Klauen nach Abb. 575—577 gefaßt. Die übliche Art der Führung mit Eisenbahnschienen ist die in den Abbildungen dargestellte Briartsche.

Sie ist für lange und schmale Fördergestelle bestimmt, deren jedes nur an einer Seite, dafür aber an je zwei Leitungen geführt wird. Und zwar können diese entweder (Abb. 575) an zwei äußeren Einstrichen oder (Ab-

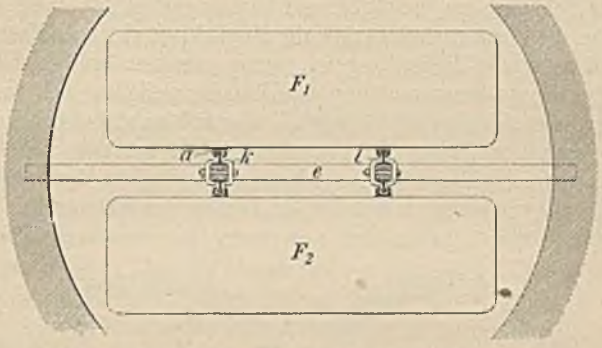


Abb. 576. Briartsche Führung mit einem Mitteleinstrich.

bildungen 576 und 577) an einem gemeinsamen Mitteleinstrich befestigt werden. Man erreicht dadurch den Vorteil, daß bei Vermeidung der Nachteile der Kopfführung an Einstrichen im Schachte gespart wird, so daß sich ein sehr günstiger, freier Schachtquerschnitt für die Wetterführung ergibt, der Einbau sich wesentlich verbilligt und der Schacht besser für eine Doppelförderung eingerichtet werden kann. Im letzteren Falle können an jedem der beiden in Abb. 575 dargestellten Einstriche die sämtlichen 4 Leitungen (wie in Abb. 576) für eine Förderung befestigt werden. Die Befestigung erfolgt in diesem Falle am besten nach Abb. 577. Die beiden Leitschienen $l_1 l_2$ legen sich in Ausschnitte des I-Trägers e, der den Einstrich bildet; ihre Füße werden durch die Klauen $k_1 k_2$ umfaßt, die durch Schrauben zusammengehalten werden. Eine unverrückbare und doch etwas elastische Verlagerung sichert der Holzklotz w. — Wichtig für eiserne Schachtleitungen ist eine ständige Schmierung, die am einfachsten durch Schmierbüchsen ermöglicht wird, die oberhalb der Führungsklauen am Fördergestell befestigt werden.

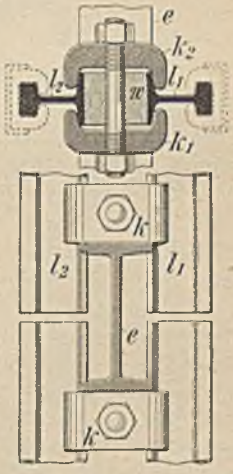
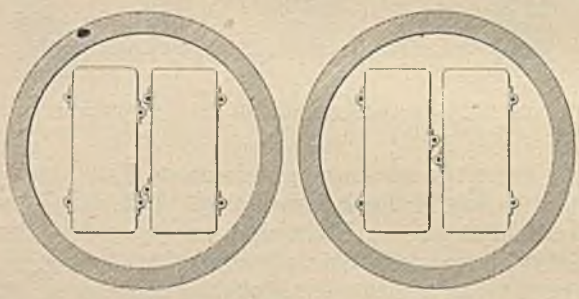


Abb. 577. Befestigung der Schachtleitungen bei der Briartschen Führung mit Mitteleinstrich.

Als Spielraum sind bei Holz- und Eisenführungen mindestens 5 mm zwischen Führungsschuh und Spurlatten erforderlich. Zwischen den Fördergestellen und der Schachtzimmerung sowie zwischen den Fördergestellen unter sich sind mindestens 100 mm frei zu lassen; nur in besonders guten Schächten kann man bis auf 80 mm heruntergehen.

164. — Seilführungen. Bei Verwendung von Seilführungen kann man ohne Führungseinstriche auskommen, spart also wesentlich an Kosten, an Raum und an Widerstand gegen die Wetterbewegung. Außerdem sind

Führungseile sehr bequem einzubauen und zu erneuern und ihrer Biegsamkeit wegen wenig dem Verschleiß ausgesetzt, auch sind sie feuersicher und ermöglichen einen stoßfreien Gang der Förderkörbe. Daher stellen sie für mäßig tiefe Schächte ein vorzügliches Führungsmittel dar. Dagegen sind sie gerade für große Fördertiefen, für die die Möglichkeit einer stoßfreien Führung von besonders großer Bedeutung ist, wenig geeignet, weil hier der Vorteil der geringen Raumbeanspruchung, wie ihn die Seile an sich bieten, durch das Schlagen der Seile aufgewogen wird, das sich auch bei möglichst starren und stark gespannten Seilen nicht vermeiden läßt und der Sicherheit halber zu einem entsprechend großen Zwischenraum zwischen den Fördergestellen nötigt. Dieser Zwischenraum beträgt für Teufen von 500 m schon mindestens 30 cm. Seilführungen haben daher bei uns, wo es sich bei beschränkten



a *b*

Abb. 578*a* und *b*. Anordnung der Führungseile bei Seilleitungen.

Schachtquerschnitten vielfach schon um größere Tiefen handelt, nur untergeordnet Verwendung gefunden.

Als Führungseile eignen sich am besten Seile patentverschlossener Bauart (Ziff. 144), weil diese wegen ihrer glatten Oberfläche eine sehr ruhige Führung ermöglichen und einen sehr geringen Verschleiß ergeben und außerdem wegen ihrer Starrheit wenig schlagen.

Die Aufhängung der Führungseile muß ihrem unvermeidlichen Längen Rechnung tragen. Solche Seile dürfen daher am unteren Ende nicht starr eingespannt werden, sondern müssen zwar zur Vermeidung von Bewegungen mit wenig Spiel durch einen Rahmen geführt werden, dürfen aber die erforderliche Spannung nur durch Belastung mit Gewichten unterhalb des Rahmens erhalten. Die Fördergestelle führen sich an den Seilen mit Hilfe von zylindrischen Führungsbüchsen, die oben konisch erweitert werden und so gleichzeitig als Schmierbüchsen benutzt werden können. Man kann für jedes Fördergestell vier Seilführungen verwenden (Abb. 578*a*), jedoch auch mit dreien (Abb. 578*b*) auskommen. Die inneren Führungsbüchsen der Fördergestelle werden zur Verringerung des Zwischenraumes zweckmäßig gegeneinander versetzt, wie die Abbildungen andeuten. Verschiedentlich hat man sich auch mit je zwei Führungseilen an den Außenseiten der Fördergestelle begnügt und die gegenseitige Berührung der Fördergestelle einfach durch zwischengehängte Seile verhütet[1]).

[1]) S. das auf S. 481 in Anm. [1]) angeführte Buch von Futers, Bd. I, S. 95.

5. Die Aufsetz- und Anschlußvorrichtungen an Hängebank und Füllort.

165. — Allgemeines über die Verwendung von Aufsetzvorrichtungen. In früheren Zeiten bildete es die Regel, daß das Fördergestell sowohl an der Hängebank als auch am Füllort auf Aufsetzvorrichtungen (auch „Schachtfallen" oder nach der englischen Bezeichnung „Keps"[1]) genannt) gesetzt wurde. Heute ist man von dieser allgemeinen Regel vielfach abgekommen, indem man mindestens am Füllort die Aufsetzvorrichtungen lieber fortläßt. Man vermeidet dadurch Unglücksfälle, wie sie durch zu hartes Aufsetzen des Fördergestelles infolge unrichtiger Maschinenführung eintreten können und daher beispielsweise im Ruhrbezirk schon zu dem bergpolizeilichen Verbot der Benutzung von Aufsetzvorrichtungen am Füllort während der Seilfahrt geführt haben. Vielfach werden auch an der Hängebank die Aufsetzvorrichtungen fortgelassen, so daß „am freien Seile" aufgeschoben wird. Allerdings ist hierbei größere Sorgfalt seitens des Maschinenwärters und bei der Ausgleichung der Seillängung im Betriebe erforderlich. Außerdem ergeben sich beim Fehlen von Unterseil Schwierigkeiten dadurch, daß nach dem Abziehen einer besonders schweren Last (z. B. zweier Bergewagen) das Fördergestell etwas hochschnellt und dadurch das Aufschieben der leeren Wagen erschwert wird. Jedoch läßt sich hier durch die schwenkbaren Anschlußbühnen (Ziff. 167) Abhilfe schaffen.

Bei der Treibscheibenförderung glaubte man früher, die Aufsetzvorrichtungen mindestens an einer Stelle fortlassen zu müssen, weil sonst ein Rutschen des Seiles auf der Treibscheibe während des Aufsetzens der Gestelle befürchtet wurde. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, daß auch für Aufsetzvorrichtungen, die zum Zurückziehen ein Anheben des Fördergestelles erfordern, schon bei mäßigen Schachttiefen diese Befürchtung nicht mehr zutrifft, weil die Seillast an sich schon genügt, um ein Rutschen zu verhindern. Nur kann der untere Förderkorb nicht angehoben werden, während der obere auf Keps steht.

166. — Ausbildung der Aufsetzvorrichtungen im einzelnen. Die Aufsetzvorrichtungen können so eingerichtet sein, daß der Boden des Fördergestelles auf sie aufsetzt, oder sie können als sog. „Hängekeps" das Fördergestell am Kopfe fassen. Bei Aufsetzvorrichtungen der letzteren Art werden die aus dem Plattenbelag der Hängebank aufragenden Hebel vermieden, die zu Unfällen Anlaß geben können. Außerdem werden Hängekeps für hohe Fördergestelle bevorzugt, weil diese beim Aufsetzen starken Stauchwirkungen und wechselnden Beanspruchungen ausgesetzt sind. Denn die während des Treibens vorhanden gewesenen Zugbeanspruchungen gehen beim Aufsetzen plötzlich in eine Druckbeanspruchung über, wogegen bei Hängekeps die Zugbeanspruchung bleibt. Jedoch kann dieser Vorteil nur dann voll ausgenutzt werden, wenn an der Hängebank alle Gestellböden gleichzeitig bedient werden, weil sonst die Hängekeps nur um eine Bühnenhöhe über der Hängebank angebracht werden können und der Unterschied gegenüber den unter den Korb geschobenen Keps nur noch gering ist.

Zu den älteren Formen der zum Unterschieben unter die Böden der Fördergestelle bestimmten Keps gehörten z. B. die „Riegelkeps", wie sie durch

[1]) Englische Schreibweise (nicht „Caps").

die Abb. 579[1]) veranschaulicht werden; diese zeigt, wie mit Hilfe des Handhebels h und der Zugstange z die beiden Riegel $r_1 r_2$ von beiden Seiten in den Schacht vorgeschoben werden.

Solche und ähnliche Aufsetzvorrichtungen erfordern jedoch ein Anheben der Fördergestelle, um zurückgezogen werden zu können. Damit ergeben sich verschiedene schwerwiegende Nachteile. Zunächst bewirkt das Anheben des Fördergestelles an der Hängebank schädliches Hängeseil am Füllort und umgekehrt, und dieser Vorgang wiederholt sich bei mehrbödigen Gestellen so oft, wie umgesetzt wird. Außerdem stellt dieses einseitige Anheben eines Fördergestelles ohne das Gegengewicht des anderen eine starke Belastung der Fördermaschine dar, und überdies wird durch die fortgesetzt wechselnden Bewegungen des Steuerhebels, die zu diesen verschiedenen Umsetzungen notwendig sind, der Fördermaschinist auf die Dauer leichter verwirrt, so daß Unfälle dann nicht ausgeschlossen sind.

Daher finden wir heute Aufsetzvorrichtungen bevorzugt, die unter der Last des Fördergestelles selbst zurückgezogen werden können, so daß nicht nur diese zeitraubenden und bedenklichen Anhebungs- und Senkungsbewegungen wegfallen, sondern außerdem auch der Förderkorb ins Seil fällt und dadurch dem Maschinisten die einzuschlagende Förderrichtung anzeigt. Als Beispiele mögen diejenigen von Haniel & Lueg, Beien und Westmeyer angeführt werden.

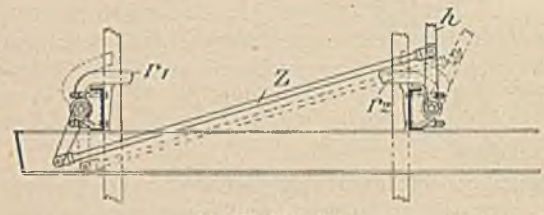


Abb. 579. Riegelkeps.

Die Aufsetzvorrichtung von Haniel & Lueg (Abb. 580) hat mit der Westmeyerschen (sowie übrigens auch mit der älteren Schachtfalle von Stauß[2]) u. a.) den Grundgedanken gemeinsam, daß ein in eine gerade Linie gebrachter Kniehebel sich in einer Totpunktlage befindet, in der er dem Drucke des Gestelles Widerstand leisten kann, die aber durch Einknicken des Hebels mit Hilfe des Handhebels des Anschlägers ohne große Anstrengung aufgehoben werden kann. Die Vorrichtung setzt sich in ihrer neuen Bauart aus der oben keilförmig abgeschrägten Aufsetzknagge d, die sich in der festen Führungsbüchse e bewegt, und dem Handhebel a mit dem Gelenkhebel bc zusammen. Beim Aufsetzen des Gestelles wird die Knagge durch den Gegendruck des starren Hebels bc (Abb. 580b) zurückgehalten, kann aber zum Ausweichen unter der Last des Fördergestelles dadurch veranlaßt werden, daß der Anschläger den Hebel einknickt (Abb. 580a), wobei d sich in die Büchse e zurückschiebt. Die Knagge d kann um den Drehpunkt im Hebel c frei schwingen, also vom hochkommenden Förderkorbe zurückgeschlagen werden (s. die gestrichelte Stellung in Abb. 580b), falls sie infolge eines Versehens des Anschlägers in den Schacht ragen sollte.

[1]) Sammelwerk Bd. V, S. 385.

[2]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1885, S. 234; Versuche und Verbesserungen.

Die Aufsetzvorrichtungen dieser Bauart am Füllort werden selbsttätig in die zurückgezogene Stellung gebracht, und zwar (Abb. 581) durch ein Gegengewicht b, das den Hebel a und damit die Knagge c zurückzieht. In vorgeschobener Stellung muß dann der Hebel a durch den Gegenhebel d

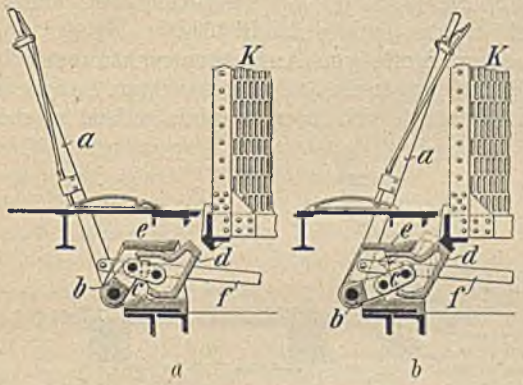


Abb. 580 a und b. Aufsetzvorrichtung von Haniel & Lueg in ihren 2 verschiedenen Stellungen.

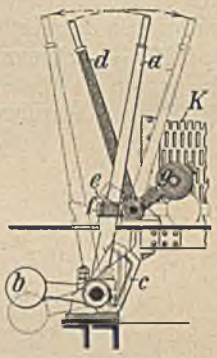


Abb. 581. Füllort-Aufsetzvorrichtung mit Sicherung.

gehalten werden, der hinter die seitliche Auskragung e des Hebels a mittels der Klammer f faßt und seinerseits durch das Gegengewicht g ausgeglichen ist.

Ähnlich wie die vorbeschriebene wirkt die Beiensche Aufsetzvorrichtung[1]).

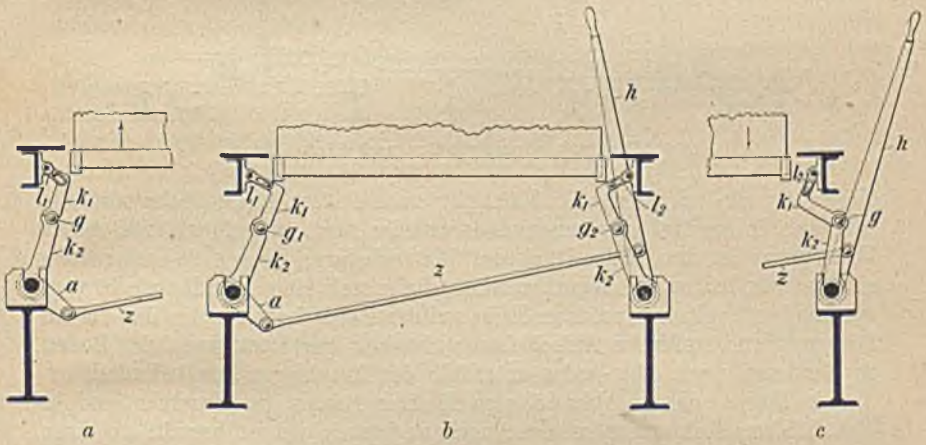


Abb. 582 a—c. Kniegelenkstützen von Westmeyer in ihren 3 verschiedenen Stellungen.

Die Westmeyerschen „Kniegelenkstützen" (Abb. 582) bestehen aus Hebeln $k_1 k_2$, die durch Kniegelenke g_1 g_2 miteinander verbunden sind und durch den Handhebel h unmittelbar bzw. durch Vermittlung der Zugstange z und des Hebelarmes a betätigt werden (Abb. 582 c). Die Hebel k_1 hängen oben in den Lenkern l_1 l_2. Diese ermöglichen gleichzeitig, da der Bolzen von k_1 k_2 sich in ihnen in einem Schlitz führen kann, daß im Falle

[1]) S. die 2. Auflage dieses Bandes, Fig. 512 auf S. 470.

falscher Stellung die Aufsetzknaggen durch das hochgehende Fördergestell zurückgeklappt werden (Abb. 582*a*).

Die verbesserten Aufsetzvorrichtungen eignen sich besonders für einen solchen Betrieb am Anschlage, bei dem das Fördergestell in der Reihenfolge von unten nach oben bedient wird, so daß der unterste Boden zuerst aufsetzt und daher der Korb gesenkt werden muß (vgl. Ziff. 169).

167. — Schwenkbühnen an Stelle von Aufsetzvorrichtungen. Für das vorhin erwähnte Aufschieben „am freien Seil" haben sich am Füllort, wo die Längenänderungen der Förderseile sich in erster Linie geltend machen,

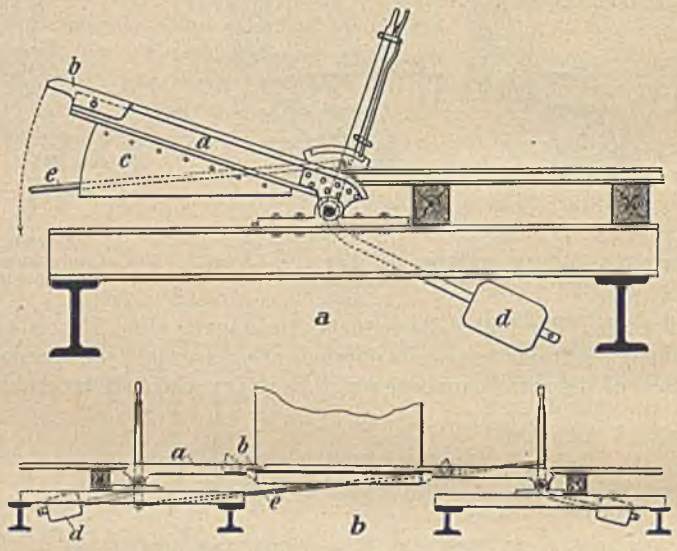


Abb. 583*a* und *b*. Anschlußbühne nach Eickelberg.

die Schwenk- oder Anschlußbühnen nach Patent Eickelberg als vorzügliches Hilfsmittel erwiesen und daher sehr rasch eingeführt. Bei dieser Vorrichtung ist das letzte Stück des Plattenbelages an den Anschlägen zu einer schwenkbaren Bühne ausgestaltet, die mittels eines Handhebels bewegt wird und sich mit dem vorderen Ende auf den Förderkorb legt, so daß sie ein bequemes und stoßfreies Aufschieben auch dann gestattet, wenn der Boden des letzteren etwas ober- oder unterhalb des Anschlages sich befindet.

Die Bühne, die in Abb. 583*a* nach ihrer Bauart im einzelnen und in Abb. 583*b* nach ihrer allgemeinen Anordnung gezeichnet ist, besteht aus einer um einen Bolzen drehbaren und mit Schienenbelag versehenen Plattform *a*, die durch das Gegengewicht *d* annähernd ausgeglichen und deren vorderster Teil *b* drehbar angeordnet ist, so daß er nötigenfalls vom niedergehenden Fördergestell heruntergeklappt werden kann, während das hochgehende Gestell die Bühne so weit anzuheben vermag, daß es vorbei kann. Wenn das Gegengewicht etwas leichter als die Bühne gehalten wird, so legt diese sich nach Ausklinkung des Handhebels aus seiner Sperrstellung selbsttätig auf den zu bedienenden Gestellboden. Die beiderseitigen Bühnen werden in der üblichen Weise mittels der Zugstange *e* gleichzeitig bewegt.

Durch diese Bühnen ist es möglich geworden, die Übelstände, die das Aufschieben am freien Seile zunächst mit sich bringt, zu beseitigen. Nicht nur ist man nicht in dem Maße wie früher von der Sorgfalt des Maschinenführers abhängig, sondern es machen sich auch Längenänderungen des Seiles, wie sie je nach den abzuziehenden und aufzuschiebenden Lasten sich ergeben, nicht störend bemerklich, da die Bühnen bei genügender Länge Höhenunterschiede von 15 cm und mehr nach oben sowohl wie nach unten auszugleichen gestatten. Allerdings muß darauf geachtet werden, daß nach vollzogener Bedienung des Fördergestelles der Schacht sofort abgeschlossen wird oder kein Wagen mehr auf der Bühne steht, weil diese sonst sich unter dessen Gewicht senken und der Wagen in den Schacht stürzen kann. Um gegen Unachtsamkeiten nach dieser Richtung hin geschützt zu sein, sieht man neuerdings Sperrvorrichtungen vor, für die Abb. 584 ein Beispiel gibt; der für gewöhnlich durch sein Übergewicht in der gestrichelten Stellung gehaltene Hebel *d* wird von der sich senkenden Bühne *a* mittels seines Armes *c* mitgenommen und in die gezeichnete Sperrstellung aufgerichtet.

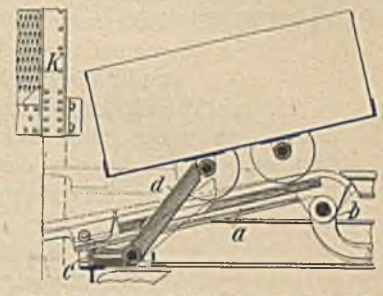


Abb. 584. Schwenkbühne mit Sperrhebel.

168. — Bewegliche Aufsetzbühnen. Bei der Förderung mit Seilkörben, die ungleich große Durchmesser für das volle bzw. für das leere Fördergestell ergeben, d. h. bei Spiralkörben für Rundseile (s. unten, Ziff. 188) und Bobinen für Bandseile, werden im belgischen, französischen und englischen Steinkohlenbergbau besondere, bewegliche Aufsetzbühnen verwendet. Solche Bühnen können mit Hilfe von Gegengewichten[1]) oder hydraulisch, durch Vermittelung eines Akkumulators, gesenkt und gehoben werden, wobei sie das Fördergestell tragen. Infolgedessen kann sich das Fördergestell am Füllort ganz unabhängig von demjenigen an der Hängebank bewegen.

b) Der Betrieb der Gestellförderung.

1. Die Bedienung der Fördergestelle an Hängebank und Füllort.

169. — Allgemeines über die Bedienung ein- und mehrbödiger Gestelle. Bei geringen Fördermengen haben Maßregeln zur Beschleunigung der Abfertigung von Fördergestellen an den Anschlägen keinen Zweck; man wendet dann das billigste Verfahren an, indem man den Wagenwechsel am Anschlag nur von einer Seite aus bewirkt und so mit einem einzigen Bedienungsmann auskommt. Bei lebhafterer Förderung empfiehlt es sich, den Betrieb zum Durchschieben einzurichten, so daß dann mindestens 2 Mann erforderlich werden. Damit wird gleichzeitig auch einer bequemen und raschen Wagenbewegung am Füllort und an der Hängebank vorgearbeitet, da diese

[1]) Glückauf 1905, Nr. 46, S. 1433; Fr. Herbst: Der Bergbau auf der Lütticher Weltausstellung.

an beiden Seiten in derselben, immer gleichbleibenden Richtung erfolgen kann und künstliche Gefälleunterschiede (s. Ziff. 176 und 177) zu Hilfe genommen werden können. Das Durchschieben ist besonders wichtig für Gestelle mit Hintereinanderstellung der Wagen. Im übrigen ist hier daran zu erinnern, daß Gestelle mit je 2 Wagen nebeneinander eine beschleunigte Bedienung gegenüber denjenigen mit hintereinander stehenden Wagen ermöglichen, wenn genügend Anschläger zur Verfügung stehen.

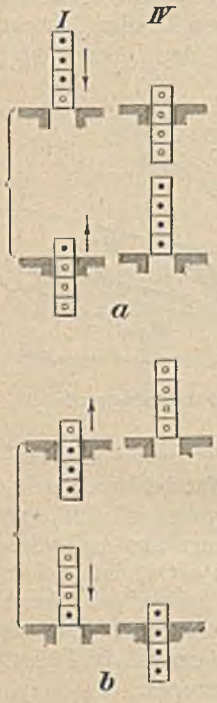


Abb. 585 *a* und *b* [1]). Verschiedene Reihenfolge des Wagenwechsels an der Hängebank und am Füllort.

Bei mehrbödigen Fördergestellen ist zu unterscheiden, ob die Bedienung in der Reihenfolge von unten nach oben oder von oben nach unten erfolgt. Das Fördergestell muß während der Bedienung im ersteren Falle nach und nach gesenkt, im zweiten Falle gehoben werden. Beide Bewegungen können sich an Hängebank und Füllort nicht in derselben Weise vollziehen, vielmehr geht das Gestell am Füllort hoch, wenn dasjenige an der Hängebank sich senkt, und umgekehrt. Die Bedienung in der Reihenfolge von unten nach oben an der Hängebank und in umgekehrter Reihenfolge am Füllort war früher für den Ruhrkohlenbezirk die übliche. Sie wird durch das Schema in Abb. 585 *a* veranschaulicht, wo die vollen Wagen durch schwarze, die leeren durch weiße Kreise bezeichnet sind, oben die Hängebank und unten das Füllort angedeutet und bei *I* die Anfangs-, bei IV die Endstellung der Gestelle dargestellt ist. Neuerdings ist man vielfach, sofern auf Keps aufgesetzt wird, zum umgekehrten Verfahren übergegangen, was in erster Linie durch das große Gewicht der heute immer mehr bevorzugten vierbödigen Gestelle mit zwei Wagen auf jedem Boden veranlaßt wurde. Wenn nämlich ein solches Fördergestell an der Hängebank mit dem untersten Boden zuerst aufgesetzt wird, so erleidet es eine starke Stauchwirkung, der während des Senkens wieder eine starke Zugbeanspruchung folgt. Diese schädlichen Druckwechsel werden wesentlich abgeschwächt, wenn nach Abb. 585 *b* an der Hängebank die oberste Bühne zuerst bedient wird, weil die schweren, gefüllten Wagen nicht oberhalb, sondern unterhalb des Stützpunktes sich befinden und die neu aufgeschobenen leeren Wagen einen nur mäßigen Druck ausüben. Jedoch wird der Nachteil der Stauchung hoher Fördergestelle heute auch durch Aufschieben am freien Seile mittels Anschlußbühnen vermieden, wobei dann die Reihenfolge der Bedienung der Bühnen nicht mehr von solcher Bedeutung ist. Immerhin bietet aber die Bedienung nach Abb. 585 *b* noch den weiteren Vorteil, daß das Fördergestell an der Hängebank bei Beginn des Wagenwechsels sich noch in größerem Abstand von den Seilscheiben befindet und dadurch die Gefahr des Übertreibens vermindert wird.

[1]) Nach dem Sammelwerk, Bd. V, S. 394.

170. — Beschleunigung der Bedienung. Mit der Zunahme der Schachttiefen ist die Beschleunigung der Abfertigung der Gestelle an den Anschlagspunkten von immer größerer Bedeutung geworden. Man hat allerdings zur Erhöhung der Förderleistung bei tieferen Schächten noch zwei andere Möglichkeiten, indem man das Fördergestell für die Aufnahme einer größeren Anzahl von Wagen einrichten oder zweitens die Fördergeschwindigkeit entsprechend erhöhen kann. Jedoch kommt man mit diesen Mitteln bald an eine gewisse Grenze, weil im ersten Falle die sehr hohe Seilbelastung große Schwierigkeiten verursacht und im zweiten Falle die Fördergeschwindigkeit eine gewisse Höchstgrenze nicht übersteigen kann. Diese Höchstgrenze liegt bei uns im allgemeinen bei 20 m. Vereinzelt finden sich allerdings auch Geschwindigkeiten bis zu 32 m in der Sekunde[1]), wenn der Schacht

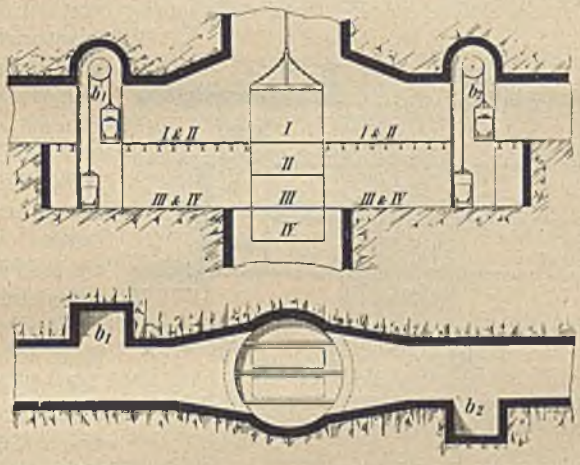


Abb. 586. Bedienung vierbödiger Fördergestelle am Füllort von zwei festen Bühnen aus mit einmaligem Umsetzen.

in tadellosem Zustand ist; jedoch ist diese Bedingung gerade für tiefe Schächte kaum zu erfüllen, weil bei diesen Gebirgsbewegungen sich nicht vermeiden lassen.

171. — Vermehrung der Abzugbühnen. Für die Beschleunigung der Abfertigung der mehrbödigen Gestelle im ganzen ist die Verwendung mehrerer fester Abzugbühnen das wichtigste Hilfsmittel. Es kommt vorzugsweise für Gestelle mit mehr als 2 Böden in Betracht, da es ja nur für stark beanspruchte Schächte zu Hilfe genommen wird und für diese die Verwendung von Förderkörben mit nur zwei Böden nicht zu empfehlen ist. Bei einer solchen Ausgestaltung der Anschläge wird für jeden Boden des Fördergestelles oder für je zwei Böden (Abb. 586) eine besondere feste Abzugbühne vorgesehen; diese verschiedenen Bühnen werden durch kleine Bremsen $b_1 b_2$ untereinander verbunden. Naturgemäß liegt die Hauptbühne an der Hängebank unten, am Füllort (Abb. 586) oben, weil die vollen Wagen das Über-

[1]) Zeitschr. „Fördertechnik" 1912, Heft 5, S. 98; Wallichs: Die Berechnung der Hauptschacht-Fördermaschinen.

gewicht für den Bremsbetrieb hergeben und an der Hängebank alle vollen Wagen auf die Hauptbühne gebracht werden müssen, während sie am Füllort auf dieser ankommen.

Man ordnet die Bremsen besser seitwärts vom Schachte an (s. Abb. 586) als vor und hinter ihm. Allerdings wird dann eine Schwenkung der Wagen zwischen Schacht und Bremsen um 90° erforderlich, aber dafür ergeben sich kürzere Förderwege zwischen beiden Stellen und die Möglichkeit, die Bremse durch die Anschläger des Hauptschachtes mit bedienen zu lassen, während man bei der Anordnung der Bremsschächtchen vor oder hinter dem Schachte diese wegen der starken Beanspruchung des Raumes am Füllort weiter zurücksetzen und daher die Mannschaft am Anschlag entsprechend vermehren muß.

Diese Bedienungsweise ermöglicht die Abfertigung eines Gestelles in annähernd derselben Zeit, wie sie für die Bedienung einer einzigen Bühne beansprucht wird. Sie hat außerdem den Vorteil einer größeren Schonung des Seiles und der Fördergestelle, da deren Umsetzen mit den dadurch veranlaßten wechselnden Beanspruchungen des Seileinbandes und der Gestelle selbst wegfällt. Jedoch tritt beim Aufschieben „am freien Seil“ mittels Schwenkbühne dieser Vorteil zurück, da dann das Umsetzen ohne solche schädliche Nebenwirkungen bleibt. Und anderseits haben sich die Nachteile der Vermehrung der Abzugbühnen neuerdings immer stärker geltend gemacht. Zunächst verursacht sie große Kosten, weil die Anschlägermannschaft annähernd der Zahl der Bühnen entsprechend vermehrt werden muß. Ferner ist die Bedienung auf den einzelnen Bühnen schwierig, denn die Abstände zwischen diesen müssen sich nach denjenigen zwischen den Gestellböden richten, und von dieser an sich schon geringen Höhe über dem Plattenbelag jeder Bühne kommt noch die Höhe der Träger, auf denen die Bühnen ruhen, in Abzug. Eine entsprechende Erhöhung des Fördergestelles würde dessen Gewicht zu sehr steigern. Überdies nehmen die Bremsen an dem ohnehin schon stark in Anspruch genommenen Füllort Platz weg und erschweren den Betrieb. Auch sind Mißverständnisse bei der Signalgebung zwischen den einzelnen Bühnen und dadurch verursachte Unfälle und Betriebstörungen möglich.

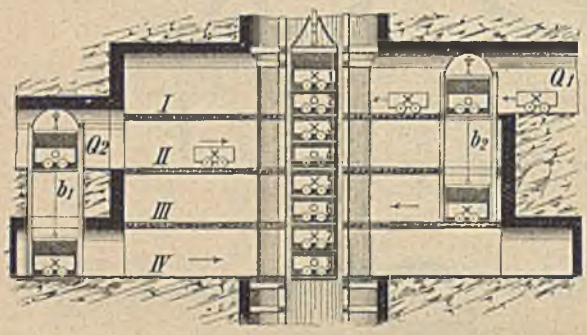


Abb. 587. Bedienung achtbödiger Fördergestelle am Füllort auf Zeche Prosper nach dem Umsetzen.

Man hat sich bemüht, diese Mängel möglichst zu verringern, insbesondere für den Füllortbetrieb, wo sie sich stärker als an der Hängebank bemerklich machen. Empfehlenswert ist der Mittelweg, die Zahl der festen Bühnen geringer zu nehmen, als der Zahl der Korbböden entsprechen würde. Eine solche Anordnung ist die in Abb. 586 dargestellte, bei der ein vierbödiges

Gestell von nur zwei festen Bühnen aus bedient wird, so daß die Zahl der Anschläger und die Zahl der Bremsen entsprechend verringert werden kann und die Anschläger genügend Raum zur Verfügung haben. Es wird dabei einmal umgesetzt, indem beispielsweise zuerst die Böden I und III, sodann die Böden II und IV bedient werden.

Ganz ohne Umsetzen kommt man für vierbödige Gestelle aus, wenn man das Füllort an der einen Seite des Fördergestelles um einen Gestellboden-Abstand tiefer legt als an der anderen Seite, so daß die beiden Bühnen mit der zugehörigen Bremse auf der einen Seite zur Bedienung des ersten und dritten, auf der anderen Seite zur Bedienung des zweiten und vierten Gestellbodens benutzt werden. Wenn man hierbei auf Durchschieben verzichtet, so bleibt eine genügende Höhe für die Anschläger gewahrt; doch eignet sich dann das Verfahren schlecht für schmale Fördergestelle mit Hintereinanderstellung der Wagen. Auf Zeche Prosper bei Bottrop hat man, um das Durchschieben zu ermöglichen, die Anordnung so getroffen, daß das Fördergestell 8 Böden erhält und einmal umgesetzt wird (s. Abb. 587, wo der höherliegende Querschlag mit Q_1, der tieferliegende mit Q_2 bezeichnet ist).

Die Erschwerung dieses Anschlagverfahrens bei nicht ganz gleichmäßiger Wagenzufuhr von beiden Seiten und die Notwendigkeit, achtbödige Fördergestelle verwenden und sehr hohe Füllörter ausschießen zu müssen, um den nötigen Platz für die Anschläger auf den Zwischenbühnen zu erhalten, hat eine weitere Verbreitung dieser Bedienungsweise trotz ihrer großen Leistungsfähigkeit verhindert.

Wenn der Wagenumlauf am Füllort so geregelt wird, daß die vollen Wagen stets nur von einer und derselben Seite zugeführt werden und die leeren Wagen stets nach einer und derselben Seite ablaufen, so ist es zweckmäßig, die Bremsen auf beiden Seiten mit nur je einem Gestell zu betreiben und demgemäß das die Bremsgestelle tragende Seil am Schachte vorbei von der einen zur anderen Seite zu führen. Da dann nach Abziehen der Wagen von den Bremsgestellen diese beide leer sind, so muß das für die leeren Wagen bestimmte Gestell etwas schwerer als das Gestell für die vollen Wagen sein, um dieses wieder hochziehen zu können. Um die Bremse nicht so oft betätigen zu müssen, kann man bei solcher Förderung jedes Bremsgestell für die Aufnahme von 2—4 Wagen einrichten[1]).

172. — Bewegliche Abzugbühnen. Die größtmögliche Beschleunigung läßt sich dadurch erreichen, daß die festen Abzugbühnen durch bewegliche ersetzt werden, deren Beschickung und Entladung während des Fördertreibens erfolgt, so daß der Zeitverlust sich auf das Ab- und Auflaufen der Wagen von den Fördergestellen auf die Hilfsbühnen und umgekehrt beschränkt. Erwähnt sei hier das Tomsonsche Verfahren[2]). Die Hilfsgestelle h_1h_2 und h_3h_4 (Abb. 588) ruhen auf Tauchkolben p, die ihrerseits sich in den Druckwasserzylindern c auf und ab bewegen. Diese Zylinder sind durch die Zweigleitungen r_1r_2 an die Hauptleitung r_3 angeschlossen, die nach Bedarf mit einer Preßpumpe oder mit der Atmosphäre in Verbindung gesetzt werden kann.

[1]) S. beispielsweise das auf S. 481 in Anm. [1]) angeführte Werk von T. C Futers, Bd. II, S. 302 und 305, Taf. XLVI und XLVII.

[2]) Glückauf 1898, Nr. 23, S. 453 u. f.; Tomson: Förderanlagen für große Teufen.

Die Böden der Hilfsgestelle wie des Hauptfördergestelles sind schräg verlagert und bilden, wenn das Gestell auf den Aufsetzvorrichtungen steht, zusammen eine durchlaufende schiefe Ebene. Ist das Gestell beispielsweise an der Hängebank angekommen, so werden die (in der schematischen Darstellung der Abbildung nicht gezeichneten) Sperrvorrichtungen auf dem Gestell und auf den Hilfsgestellen durch Betätigung eines Handhebels ausgelöst. Die vollen Wagen laufen vom Fördergestell f auf das Hilfsgestell h_2 ab, und gleichzeitig laufen die leeren Wagen vom Hilfsgestell h_1 auf das Fördergestell, worauf dieses sofort wieder niedergehen kann. Das Festhalten der auf das Hauptgestell f und auf das Hilfsgestell h_2 aufgelaufenen Wagen wird durch selbsttätiges Einfallen von Sperrvorrichtungen ermöglicht, von denen die für h_2 bestimmten (mit s bezeichnet) angedeutet sind. Während des Treibens im Schacht werden dann die Hilfsgestelle gesenkt (am Füllort gehoben) und dabei entladen, worauf sie wieder gehoben (am Füllort gesenkt) und dabei mit leeren (am Füllort vollen) Wagen neu beschickt werden.

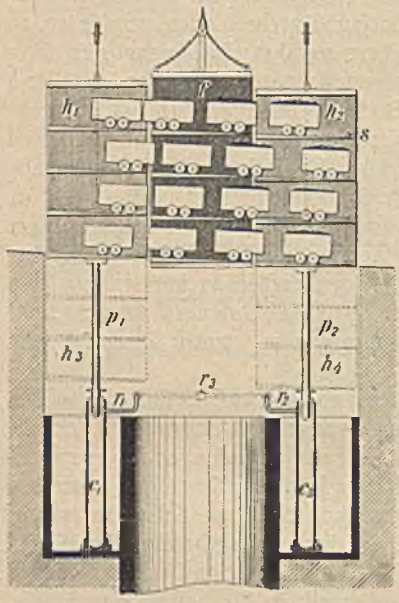


Abb. 588. Tomsonsche Wagenwechselvorrichtung mit beweglichen Bühnen.

Trotz der großen Beschleunigung, die das Verfahren ermöglicht, hat es sich nicht einbürgern können, da seine Nachteile überwogen. Einerseits nämlich ist der Betrieb verhältnismäßig verwickelt und schwer zu übersehen, so daß Betriebstörungen nicht zu vermeiden sind. Anderseits leidet die Zugänglichkeit zum Schachte und wird die Seilfahrt sowie das Einhängen von Maschinenteilen sehr erschwert.

173. — **Beschleunigung der Seilfahrt.** Die neuen gesetzlichen Bestimmungen über die Arbeitszeit unter Tage haben dahin geführt, daß Gruben mit tiefen Schächten und starken Belegschaften auf die Beschleunigung der Seilfahrt besonderen Wert legen müssen. Daher werden auf solchen Anlagen auch dort, wo der Wagenwechsel während der Förderung nur von einer festen Bühne aus erfolgt, für die Seilfahrt mehrere feste Bühnen in Benutzung genommen, sodaß alle auf einem Förderkorb Fahrenden gleichzeitig ein- und aussteigen können. Damit die Förderung durch die dazu nötigen Treppen nicht behindert wird, kann man diese durch Einschaltung eines Drehgelenkes zum Hochziehen während der Förderung einrichten[1]).

Wesentlich stärker läßt die Seilfahrt sich dadurch beschleunigen, daß mehrere Seilfahrtseinrichtungen gleichzeitig zur Verfügung gestellt werden.

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1913, S. 53; Schulze-Höing: Über Schachtförderung aus größeren Teufen im Oberbergamtsbezirk Dortmund.

Die Höchstleistung ergibt sich dann, wenn gleichzeitig die Leute nach Kameradschaften und Steigerabteilungen gruppenweise zusammengefaßt werden und so annähernd gleichzeitig ihre Arbeitstelle erreichen und wieder verlassen können[1]).

174. — Verbilligung der Bedienung durch selbsttätige Vorrichtungen. Die Maßnahmen zur Verbilligung der Bedienung gehen mit Rücksicht auf die erheblich gestiegenen Löhne in erster Linie auf die Verringerung der Anschlägermannschaften durch selbsttätige Vorrichtungen aus. Diese können entweder mechanisch betriebene Stoß- oder Zugvorrichtungen sein, oder auf der Einschaltung von Gefällestrecken beruhen.

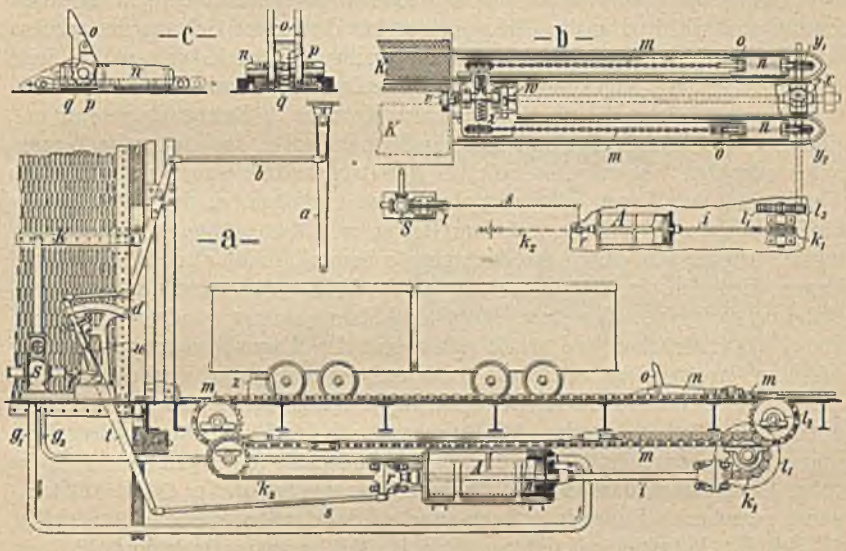


Abb. 589 *a* — *c*. Druckluft-Aufschiebevorrichtung von Notbohm.

Beide Arten von Vorrichtungen sind besonders für die Hängebank wichtig, weil hier die leeren Wagen die vollen vom Fördergestell stoßen müssen, wogegen am Füllort das Umgekehrte erfolgt und die großen lebendigen Massen der vollen Wagen die Bewegung wesentlich erleichtern.

175. — Wagen-Stoß- oder -Zugvorrichtungen. Hier kommen zunächst Ketten oder Seile in Frage, die mit Hilfe einfacher Mitnehmer die Wagen vorziehen können. Sie können mit unterlaufendem und schwebendem Zugmittel betrieben werden. Im ersten Falle wird die Bewegungsfreiheit am Schachte am wenigsten behindert.

Von den Vorrichtungen mit unterlaufender Kette hat diejenige von Oberingenieur Notbohm, die von der Siegener Maschinenfabrik A.-G. in Siegen ausgeführt wird, die größte Verbreitung gefunden. Sie wird durch einen Druckluft- oder Elektromotor betätigt. In der Ausführung nach Abb. 589 erfolgt der Antrieb durch den im Druckluftzylinder *A* sich be-

[1]) Näheres s. Glückauf 1922, Nr. 6, S. 157 u. f.; Fr. Herbst: Möglichkeiten zur Verkürzung der Seilfahrt in tiefen Schächten.

wegenden Kolben h, der vom Anschläger durch das Hebelgetriebe a, b, c, d, e gesteuert wird. Dieses bewegt den im Gehäuse S gleitenden Steuerschieber, wodurch abwechselnd die weite Druckleitung g_1 für die Vorwärtsbewegung und die enge Druckleitung g_2 für die Rückwärtsbewegung unter Druck gesetzt wird. Der Kolben h treibt durch Vermittlung der nach vorn und hinten durchgeführten Zugstangen i die Laschenkette k_1 mit Gegenkette k_2 und damit mittels des Zahnradgetriebes $l_1 l_2$ die hintere Triebwelle. Auf dieser sitzen (s. den Grundriß b) 2 Kuppelungen, in die abwechselnd die rechte oder die linke Kuppelmuffe x eingerückt wird. Und zwar geschieht dieses Einrücken von der Stange w aus, die ihrerseits dadurch gedreht wird, daß der hochkommende Förderkorb den in den Schacht ragenden Hebel v herumwirft. Damit wird gleichzeitig die Gleissperre z über die innere Schiene des rechten oder linken Gleises geschoben, so daß jeweilig nur das Gleis auf der Seite des am Anschlage angelangten Förderkorbes freigegeben wird. Von der Triebwelle aus wird dann die rechte oder linke Kette m in Bewegung gesetzt und nimmt mittels des Schlittens n und des Mitnehmers o, der hinter die Wagenachse oder den Wagenkasten faßt, die bereit gestellten Wagen mit. Um das Vordrücken der Wagen möglichst stoßfrei zu gestalten, ist der Steuerhebel e nicht unabhängig, sondern mit dem Bolzen u in dem größeren Hebel t verlagert. Dieser wird durch die Zugstange s bewegt, sucht also die Steuerung immer wieder in die Mittellage und damit die Bewegung wieder zum Stillstand zu bringen. Der Anschläger muß daher immer wieder mit seinem Hebel a nachdrücken und erhält sich so mit der Wagenbewegung in genauer Fühlung, wodurch ein sanfteres Anziehen der Zugketten ermöglicht wird. Damit diese beim Zurückgehen mit ihren Mitnehmern unter den Wagen durchgehen können, werden die Mitnehmer o beim Rückgange niedergelegt, indem (s. Nebenzeichnung c) die Ketten innerhalb der Schlitten n etwas toten Gang haben und so die Mitnehmer durch Eingriff in deren mit Zähnen q versehenes Fußende p hoch- und niederklappen können.

Bei der Aufschiebevorrichtung von H. Miebach in Dortmund wird ein kleines Rädergestell mit Stoßarm durch Ketten vorgezogen, die mittels elektrischen Antriebes bewegt werden. Das Gestell läuft oberhalb des Anschlages auf Schienen. Der Stoßarm ist mit einem Gelenk versehen, so daß er abwechselnd beide Gleisstränge für die beiden Fördertrumme bedienen kann; dabei sorgt eine kräftige Schraubenfeder für die Festhaltung des Stößers in der jeweiligen Lage[1]).

176. — Benutzung von Gefälle. Die Erzeugung von Höhenunterschieden für die Wagenbewegung an Hängebank und Füllort ist bereits bei der Lokomotivförderung (Ziff. 87) erwähnt worden. Sie kommt am wirksamsten zur Geltung, wenn die Förderung zum Durchschieben eingerichtet ist, man also eine durchlaufende schiefe Ebene von der Aufschiebe- zur Ablaufseite zur Verfügung hat.

In diese schiefe Ebene kann man das Fördergestell dadurch einschalten, daß man seinen Böden gleichfalls eine schräge Lage gibt. Und zwar kann

---

[1]) Eine selbsttätige Wagenwechselvorrichtung der Gesellschaft für Förderanlagen Ernst Heckel G. m. b. H. in Saarbrücken ist in der 2. Auflage dieses Bandes auf S. 479 beschrieben und durch Figur 518 veranschaulicht.

diese dauernd vorhanden sein oder erst im Augenblicke des Wagenwechsels künstlich hergestellt werden. Das letztere Verfahren ist vorzuziehen, da Förderkörbe mit dauernd schrägen Böden für die Seilfahrt unbequem und auch nur für Anschläge mit genau bestimmten und ein- für allemal festgelegten Höhenunterschieden geeignet sind. Eine Ausführungsart nach der Bauart der Deutschen Maschinenfabrik A.-G. in Duisburg veranschaulicht in etwas vereinfachter und daher nicht ganz genauer Darstellung Abb. 590. Jeder Förderkorbboden ruht während der Förderung in söhliger Lage auf Innenvorsprüngen des Gestelles, ist aber drehbar um den Gelenkzapfen *D*. Dieser ist außerhalb der Mitte angeordnet, damit der Boden nach Beseitigung der einseitigen Stützung, die die Schrägstellung bewirkt, selbsttätig in die söhlige Lage zurückfällt. Die Schrägstellung erfolgt einfach dadurch, daß von den beiden am Boden befestigten und auf die Aufsetzvorrichtungen sich stützenden Schuhen $f_1 f_2$ der linke (f_1) länger ist als der rechte (f_2).

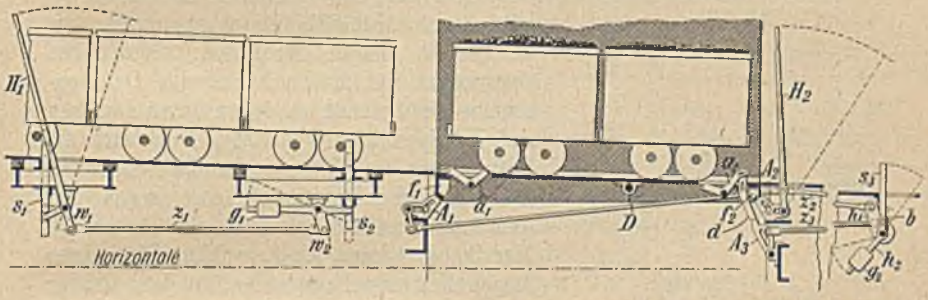


Abb. 590. Selbsttätige Wagenablauf-Vorrichtung der Deutschen Maschinenfabrik A.-G.

Bei solchen und ähnlichen Einrichtungen sind noch folgende Vorgänge selbsttätig zu bewirken:

1. Das Freigeben der auf dem Fördergestell festgehaltenen Wagen für den Ablauf. Dies erfolgt nach Abb. 590 dadurch, daß an der Ablaufseite die Feststellhebel a_2, die sich gegen die Räder der Förderwagen stemmen, sich beim Aufsetzen mit ihren hinteren Enden mittels Hilfstützen *d* auf die Hilfs-Aufsetzknaggen A_3 setzen und dadurch hinten hochgehoben und vorn niedergeklappt werden.

2. Das rechtzeitige Festhalten der auf das Gestell von der anderen Seite auflaufenden Wagen. Es wird nach Abb. 590 dadurch bewirkt, daß der vorderste der ablaufenden Wagen mit seiner vorderen Achse gegen einen Heber s_3 stößt, der in einem Abstand von etwa 2 Wagenlängen vom linken Ende des Hebels a_2 eingebaut und durch eine Zugstange z_3 mit der Knagge A_3 verbunden ist. Diese wird infolgedessen zurückgezogen und gibt somit die Hilfstütze *d*, also das hintere Ende des Sperrhebels a_2 frei, der demgemäß, da dieses hintere Ende das schwerere ist, selbsttätig in die Sperrstellung zurückfällt. Damit die Bewegung des Hebels s_3 nicht auf den Hebel H_2 und dadurch auf die Aufsetzvorrichtungen $A_1 A_2$ zurückwirkt, führt er sich mit einem Bolzen *b* in einem Schlitze des Hebels h_1. Anderseits aber wird die Rechtsdrehung des Hebels H_2 beim Zurückziehen der Aufsetzvorrichtungen durch die Stange z_2 und den Hebel h_1 auf s_3 und damit auf die Stange z_3 und

die Hilfsknagge A_3 übertragen, so daß dann auch letztere zurückgezogen und die Bahn für den niedergehenden Förderkorb völlig freigegeben wird.

3. Das Freigeben der auf der linken Seite auf schiefer Ebene für das Auflaufen auf das Gestell bereitstehenden Wagen und

4. Das Festhalten der hinter den beiden ersten Wagen folgenden Wagen auf dieser Seite, die nicht mit ablaufen sollen.

Diese beiden letzteren Aufgaben werden nach der Abbildung gleichzeitig durch den Handhebel H_1 gelöst, der durch die Zugstange z_1 und die Winkelhebel $w_1 w_2$ die beiden Sperrhebel $s_1 s_2$, die sich in entgegengesetzter Richtung b wegen, gleichzeitig betätigt. Da diese um 2 Wagenlängen voneinander entfernt sind, so wird dadurch jedesmal zugleich mit der Freigabe des vorderen die Betätigung des hinteren Verschlusses bewirkt, so daß immer nur 2 Wagen ablaufen können.

Eine sinnreiche und einfache Vorrichtung, die demselben Zwecke dient, wird durch Abb. 591[1]) veranschaulicht. Sie besteht in einem drehbaren, vierarmigen Sperrkreuz, auf dessen Achse eine Daumenscheibe d aufgekeilt ist, gegen deren Daumen sich die Sperrklinke s stützt und dadurch die Feststellung des Kreuzes, also das Festhalten des mit seiner vorderen Achse gegen den Arm 1 stoßenden Wagens bewirkt. Durch den Handhebel h kann die Sperrklinke für einen Augenblick ausgelöst werden, um dann infolge ihrer Belastung durch das Gegengewicht g in die frühere Lage zurückzufallen. Das Kreuz wird nunmehr durch die 4 Achsen der ablaufenden 2 Wagen viermal um je 90° gedreht und ist dann in der Anfangstellung angelangt, in der die Sperrklinke wieder vor den Daumen tritt und die weitere Drehung verhindert.

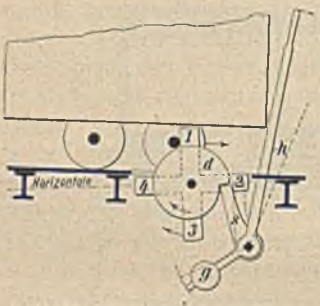


Abb. 591. Sperrvorrichtung für ablaufende Wagen.

Bei geringerem Gefälle genügen Bremsvorrichtungen, die entweder die Räder oder den Wagenkasten fassen.

Für die Seilfahrt bieten Fördergestelle mit kippbaren Böden kein Hindernis, da Aufsetzvorrichtungen für die Seilfahrt entbehrlich sind und am Füllort sogar (s. Ziff. 165) neuerdings verboten werden. Die Gestelle bleiben also an den Anschlägen frei im Seile hängen, und die Schrägstellung der Böden tritt nicht ein.

177. — Erleichterung des Wagenumlaufs an Füllort und Hängebank. Im Anschluß hieran sind die Bestrebungen zu erwähnen, die vom Fördergestell abgezogenen oder abgelaufenen Wagen möglichst selbsttätig ihrer weiteren Bestimmung zuzuführen und von dort zum Schachte zurückzubringen. Man stellt zu diesem Zwecke stets die bereits in Ziff. 87 erwähnten künstlichen Höhenunterschiede her und läßt die Wagen mit Gefälle vom Schachte ab- und diesem wieder zulaufen.

[1]) Nach dem auf S. 481 in Anm.[1]) angeführten Buche von T. C. Futers, Bd. II, S. 298.

Neuzeitliche Füllortanlagen werden durch die Abbildungen 592 und 593[1]) veranschaulicht. Und zwar handelt es sich bei Abb. 592 um ein Füllort, das an eine Seilförderung angeschlossen ist und bei dem der Schacht S seitwärts der Hauptförderstrecken steht, wogegen Abb. 593 ein Füllort für Lokomotivförderung darstellt, bei dem der Schacht in der Richtung der Hauptquerschläge steht. Beide Anlagen sind zum Durchschieben eingerichtet. In Abb. 592 hat die das Westfeld (links) bedienende Seilbahnmaschine M_1 die vollen Wagen vor der Abzweigung I auf einer mit 1 : 42 ansteigenden Rampe auf die Höhe von 1,75 m über der Leerbahn gezogen und bringt sie dann noch bis in die Nähe der Abzweigung II, wo diese Wagen mit Gefälle dem Schachte zulaufen. Die Seilbahnmaschine M_2 für das Ostfeld hat die vollen Wagen vor der Abzweigung III auf einer mit 1 : 50 ansteigenden Rampe auf die Höhe von 1,35 m über der Leerbahn gebracht und gibt sie dort frei, so daß die Wagen mit Gefälle dem Schachte zulaufen können. Die beliebige Verteilung der vollen Wagen auf die beiden Fördertrumme wird durch eine zwischen die Zulaufgleise und die Füllortgleise eingeschaltete Kreuzweiche ermöglicht. Die leeren Wagen bzw. Bergewagen laufen mit dem Gefälle, das sich aus dem Höhenunterschied von 0,20 m gegenüber der Leerbahn ergibt, dieser zu und müssen dabei (bei I) unter der Vollbahn für die westlichen Wagen durchgeführt werden. Die für den Westen bzw. Osten benötigten leeren Wagen werden bei I an die Leerseile der beiden Seilbahnen angeschlagen, zu welchem Zwecke das Leerseil der Maschine M_2 bis dorthin geführt werden muß. Die Seilführung in der Richtstrecke ist der Übersichtlichkeit halber nicht eingezeichnet.

Bei der Füllortanlage nach Abb. 593 sind Durchfahrtsgleise $d_1\,d_2$ vorgesehen, um die von Norden (rechts) kommenden vollen und die für das Nordfeld bestimmten leeren Wagen am Schachte vorbeizuleiten und dadurch den Durchschiebebetrieb zu ermöglichen. Dabei werden die in diesem Feldesteil fahrenden Lokomotiven von dem Verschiebebetrieb dadurch entlastet, daß der Haspel h_1 ihnen die vollen Wagen abnimmt und sie links von I in dem Gleis v_2 eine schiefe Ebene mit dem Ansteigen 1 : 40 heraufzieht, um sie mit diesem Gefälle und über I hinaus mit dem Gefälle 1 : 400 den beiden Vollgleisen v_4 und v_5 zulaufen zu lassen. Die von Süden (links) kommenden Lokomotiven fahren in dem Gleis v_3 mit Gefälle dem Schachte zu, werden an einer Weiche abgekuppelt und fahren in das Durchgangsgleis d_2 ein, um von dort den inzwischen bereitgestellten Leerzug abzuholen, während die vollen Wagen auf die Füllortgleise $v_4\,v_5$ verteilt werden. — Auf der Leerseite des Füllorts sind zwei Gleise l für die leeren Wagen, ein Aufstellgleis b für Bergewagen und ein Aufstellgleis m für Wagen mit Holz, Baustoffen u. dgl. vorgesehen. Das Gleis b nimmt die Bergewagen auf, die aus den vom Nordfelde kommenden Zügen zwecks sofortiger Verwendung unter Tage ausgesondert werden, damit diese nicht erst auf dem Umwege über den Schacht ins Nordfeld gefahren zu werden brauchen. Es dient außerdem als Leergleis für den Fall von Betrieb-

[1]) S. auch die Füllortanlage der Zeche Preußen in der 2. Aufl. dieses Bandes (Fig. 524 auf S. 484) sowie in dem auf S. 503 in Anm. [2]) erwähnten Aufsatz von Tomson auf S. 450 und Taf. XII.

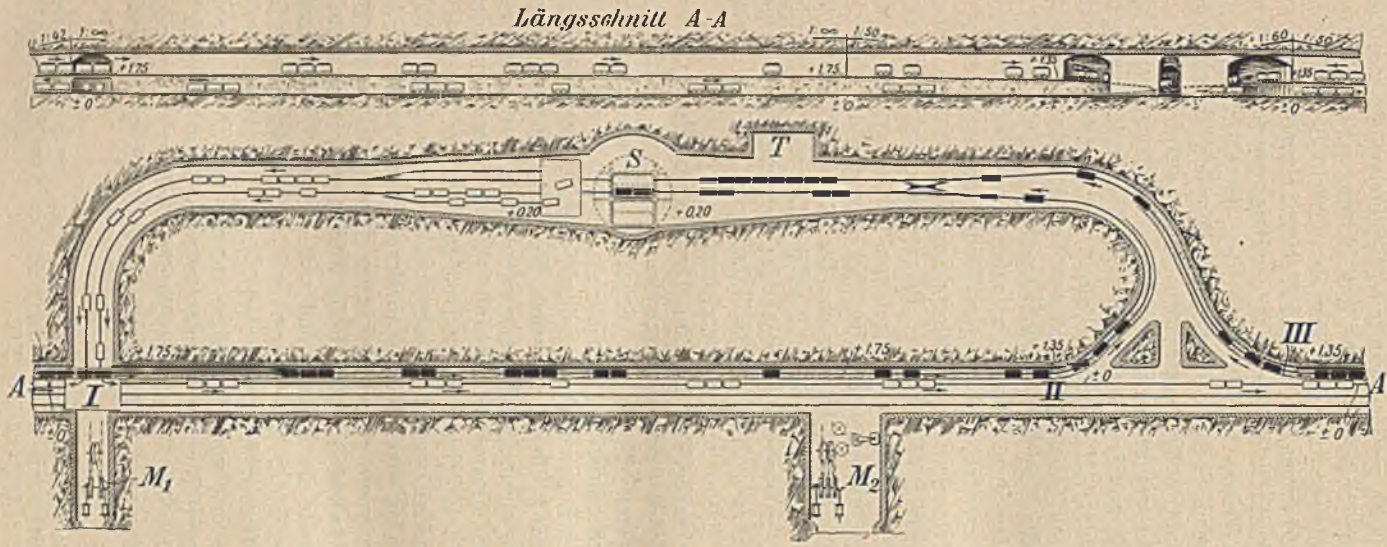


Abb. 592. Füllortanlage auf Schacht IX der Bergwerks-A.-G. Consolidation.

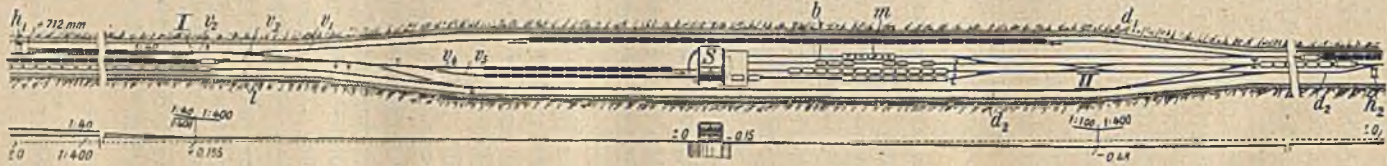


Abb. 593. Füllortanlage auf Schacht V der Gewerkschaft ver. Constantin der Große bei Bochum.

störungen in den Gleisen *ll*. Die nach Norden fahrenden Lokomotiven holen ihre leeren Wagen unmittelbar von II ab, bis wohin die Wagen mit einem Gefälle 1:100 selbsttätig laufen; die nach Süden fahrenden erhalten sie wieder durch Vermittlung eines Haspels — und zwar h_2 —, der den Verschiebebetrieb übernimmt und die Wagen in das Durchgangsgleis d_2 zieht, aus dem die Lokomotiven sie abholen.

An der Hängebank wird der das Gefälle liefernde Höhenunterschied auf beiden Seiten in der Regel durch unterlaufende Ketten (vgl. Ziff. 61 u. 75 und Abb. 594) ausgeglichen. Solche Ketten fassen (Abb. 594) mit Haken *h* in die Wagenringe. Zur Verringerung der Reibung kann man neben der Rinne, in der die Kette sich zwischen den Schienen bewegt, Winkeleisenbahnen anbringen, auf denen sich kleine Laufrollen bewegen, von denen die Kette getragen wird. Um mit möglichst wenig Kraftaufwand auszukommen, läßt man nicht die vollen, sondern die leeren Wagen durch solche Ketten hochziehen und nach Lösung der Wagen von der Kette mit Gefälle dem Schachte zulaufen. Doch tritt dieser Gesichtspunkt zurück, wenn in größerem Umfange an Stelle der leeren Wagen Bergewagen eingehängt werden sollen. Die Freimachung der Wagen von

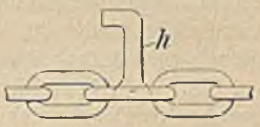


Abb. 594. Hakenglied einer unterlaufenden Kette.

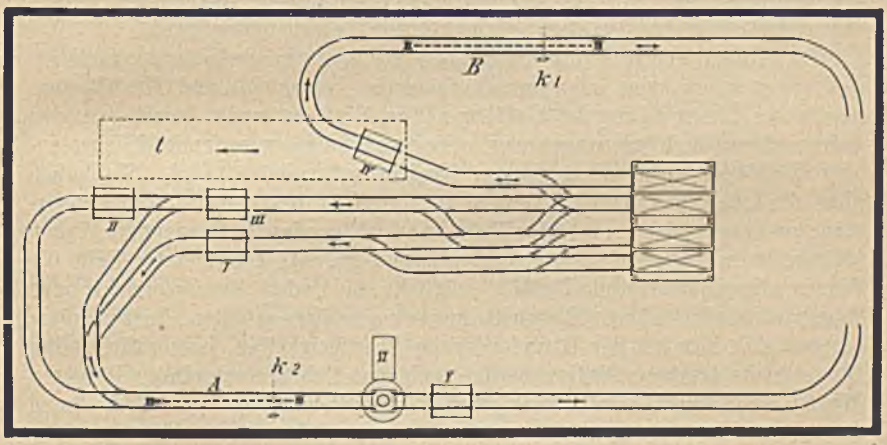


Abb. 595. Fördereinrichtung an der Hängebank der Schachtanlage Neumühl II.

der Kette erfolgt selbsttätig, indem die Wagen, auf der Höhe der schiefen Ebene angelangt, frei ablaufen, während die Kette durch eine Umkehrscheibe unter das Gleis und dann zur Treibscheibe zurückgeführt wird.

Wegen ihrer Vorzüge finden unterlaufende Ketten auch für andere Förderzwecke über Tage aus den oben (S. 367 und 388/389) angeführten Gründen vielfach Verwendung.

Zur Erläuterung sei auf Abb. 595[1]) verwiesen, die eine Hängebankanlage der Zeche Neumühl darstellt. Es handelt sich hier um die Bedienung einer

[1]) Glückauf 1907, Nr. 14, S. 399; Stapff: Die mechanische Förderungsanlage an der Hängebank von Schacht II der Zeche Neumühl.

Doppelförderanlage. Die von den Gestellen ablaufenden Wagen laufen durch 4 unter sich verbundene Gleise mit Gefälle den Kreiselwippern *I*—*IV* zu, auf die sie nach Bedarf verteilt werden. Die Wipper *I* und *III* sowie *II* stürzen auf zwei parallel zueinander und quer zum Transportband *t* liegende Schwingsiebe und Lesebänder, der Wipper *IV* auf das Band *t*, das die Kohlen dem Schwingsiebe unter Wipper *II* zuführt. *A* und *B* sind unterlaufende Ketten, welche die entleerten bzw. auch die für die Wipper *V* und *VI* bestimmten vollen Wagen bis zu den Knickpunkten k_1 und k_2 heben und sie von dort mit Gefälle wieder hinter den Schacht laufen lassen. Die Wipper *V* und *VI* dienen zur Füllung des Förderkohlenturmes.

178. — **Beurteilung der Hilfseinrichtungen für den Wagenwechsel.** Die in den Ziffern 175—177 beschriebenen Einrichtungen für Wagenwechsel und Wagenumlauf an Hängebank und Füllort haben sich gut bewährt und sind auf zahlreichen Schachtanlagen in Betrieb, da sie bei erheblicher Verringerung der Anschlägermannschaft eine flotte Förderung ermöglichen.

Die maschinellen Aufschiebevorrichtungen sind in der Anlage teuer, beanspruchen eine sorgfältige Wartung und Unterhaltung und verbrauchen außerdem Betriebskraft. Anderseits können sie nach Belieben betätigt werden, ihre Handhabung kann sich also den jeweiligen Erfordernissen, insbesondere z. B. dem Zustand und der Beladung der Wagen gut anpassen; auch leidet ihre Betätigung nicht durch Gebirgsbewegungen.

Die selbsttätigen Auf- und Ablaufvorrichtungen sind einfacher herzustellen und verursachen keine oder nur unerhebliche Verschleiß- und Kraftkosten, da die zur Überwindung des Gefälles nötige Kraft entweder bereits von den Lokomotiven, Seilförderungen usw. oder durch langsam laufende Hilfsketten- oder Seilförderungen mit geringem Kraftbedarf geliefert wird. Sie haben aber den Übelstand, daß das Gefälle nur für einen bestimmten Wagenwiderstand gerade geeignet ist; wird der Widerstand größer oder das Gewicht der Wagen kleiner, so laufen diese zu langsam, während im entgegengesetzten Falle die Wagen durchgehen und Unfälle möglich sind oder Bremsvorrichtungen eingebaut werden müssen, die nicht immer zuverlässig arbeiten. Insbesondere ergeben sich hier bei der Bergeförderung Schwierigkeiten, namentlich wenn Berge in die Grube gefördert werden sollen und so abwechselnd mit leeren Wagen Bergewagen zum Ablauf gebracht werden müssen. Außerdem eignen sich diese Vorrichtungen nicht für unruhiges Gebirge, das die künstlich hergestellten Höhenunterschiede durch seine Bewegungen abschwächt oder verstärkt.

Im allgemeinen werden für das Füllort maschinelle, für die Hängebank Gefällevorrichtungen bevorzugt, da am Füllort die Unfallgefahr durch durchgehende Wagen größer ist und auch mit Bewegungen im Gebirge gerechnet werden muß, wogegen an der Hängebank längere Ablaufwege mit Gefälle erwünscht sind, damit die Wagen noch durch die verschiedenen Wipper laufen können. Doch wendet man, wie die Abbildungen 592 und 593 zeigen, auch beide Hilfsmittel gleichzeitig an, um ihre Vorteile zu verbinden und ihre Nachteile gegenseitig abzuschwächen.

Wichtig sind die genannten Hilfsmittel auch für den Fall, daß mehrere Förderkorbböden gleichzeitig bedient werden sollen, da sie den dabei sich

sonst ergebenden Nachteil einer erheblichen Vermehrung der Anschlägermannschaft auszugleichen gestatten.

179. — Leistungen bei der Schachtförderung. Die bedeutendsten Förderleistungen haben im deutschen Bergbau wohl der Ruhr-Lippe- und der oberschlesische Steinkohlenbergbau aufzuweisen. Im Braunkohlenbergbau, soweit er nicht als Tagebau betrieben wird, werden zwar auch große Fördermengen bewältigt, doch sind hier die Teufen meist nur gering (40 bis 120 m). Beispiele für größere Förderleistungen in den beiden erstgenannten Bezirken liefert die nachstehende Zahlentafel, in der die größten Zahlen in den einzelnen Spalten jedesmal durch Fettdruck hervorgehoben sind.

	Name des Schachtes	Förderteufe in m	Nutzlast je Aufzug in t Kohle	Zahl der Gestellböden u. Wagen	Das Fördergestell wird während der Bedienung umgesetzt	Größte Förderleistung in der 8stündigen Schicht in t[1])	in Aufzügen	in Nutztkm[2])
Ruhrbezirk	Shamrock III	265	4,4	4×2	3 mal	1960	446	519
	Emscher-Lippe II	660	**6,0**	4×2	3 mal	1802	284	**1125**
	Neumühl II (Westen)	388	4,8	4×2	3 mal	1745	337	594
	Prosper V	362	4,32	8×1	1 mal	1591	388	640
	Neumühl I (Westen)	272	4,8	4×2	3 mal	1495	**576**[3])	751
	Rheinelbe I	362	4,4	4×2	3 mal	1319	313	498
	Shamrock II	572	4,4	4×2	1 mal	1298	316	795
	Ewald II	587	3,6	3×2	2 mal	1242	345	780
	Grimberg I	**760**	4,4	4×2	3 mal	862	188	628
Oberschlesien	Gustav (Myslowitz-Grube)	350	5,0	2×4	1 mal	**2000**	400	700
	Julius (Donnersmarckh.)	235	2,4	2×2	keinmal	1200	**500**	282
	Concordia	575	4,8	4×2	1 mal	900	190	524

Diese Zahlen zeigen die Leistungsfähigkeit neuzeitlicher Schachtförderungen. Bemerkenswert ist die geringe Bedeutung des Umsetzens bei gut eingearbeiteter Anschlägermannschaft, da gerade bei Förderungen mit sehr hohen Leistungen dreimal umgesetzt wird.

Dagegen ist die Größe der Förderwagen von wesentlichem Einfluß, wie der Schacht Emscher-Lippe II mit Förderwagen von 750 kg und der Schacht Gustav mit Wagen von 625 kg Ladegewicht erkennen läßt.

Auf welche Höhe die Leistungsfähigkeit eines Schachtes durch die Einrichtung einer Doppelförderung gebracht werden kann, zeigt der Schacht Neumühl I, dessen beide Förderungen zusammen bis zu 2800 t in der achtstündigen Schicht geleistet haben.

Die durchschnittlichen Förderleistungen könnten mit den vorhandenen Einrichtungen erheblich gesteigert werden, wenn die Fördermaschinen nicht erst im späteren Verlauf der Schicht, sondern von deren Beginn an voll ausgenützt werden könnten. Es würden sich dann z. B. für eine achtstündige

[1]) Einschl. Bergeförderung.

[2]) Berechnet aus der Höchstzahl der Aufzüge und der gewöhnlichen Förderlast in Kohlengewicht.

[3]) Einschl. Seilfahrt.

Förderschicht folgende (runden) Zahlen in Tonnen ergeben, wenn man die Bedienungspausen mit je 50 Sekunden annimmt:

Nutzlast	Förderteufe 500 m		Förderteufe 1000 m	
	durchschnittliche Fördergeschwindigkeit		durchschnittliche Fördergeschwindigkeit	
	10 m	15 m	10 m	15 m
4 t	1110	1380	770	990
6 t	1730	2070	1150	1480

In dieser Übersicht ist mit mäßigen Fördergeschwindigkeiten gerechnet; bei gutem Zustande des Schachtes können höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten erreicht werden.

2. Die Betätigung der Schachtförderung.

α. Gestellförderung mit Seil.

aa) Trommelförderung.

180. — Wesen der Trommelförderung. Die Förderung mit Hilfe von Seiltrommeln oder Seilkörben geht auf die uralte Förderung mit dem Haspelrundbaum zurück. Das Seil ist mit einem Ende an der Trommel befestigt; für jedes Fördertrumm ist also ein Seil erforderlich. Die Gestalt der Seilkörbe kann mit Rücksicht auf die Ausgleichung des Seilgewichtes (Ziff. 181 u. f.) verschieden sein. Damit die Seile nicht zu stark auf Biegung beansprucht werden, soll bei stärkerer Seilbelastung der Trommelhalbmesser nicht unter das 800-fache des Drahtdurchmessers herabgehen.

Die Trommelförderung kann für beliebige Förderlasten und -teufen Verwendung finden, stößt aber bei größeren Teufen auf Schwierigkeiten infolge der Größe der zu bewegenden Trommelgewichte, die sich aus nachstehender Zahlentafel ergibt[1]).

Gewichte von zylindrischen Doppeltrommeln in Kilogramm.

Durchmesser	Gewicht der Doppeltrommel bei einer Breite jeder einzelnen Trommel von	
	1,50 m	2,00 m
m	kg	kg
5,0	28 000	40 000
6.0	44 000	52 000
7,0	63 000	75 000
8 0	74 000	90 000

181. — Bedeutung der Ausgleichung des Seilgewichtes. Das Seilgewicht ist für einigermaßen tiefe Schächte heute von großer Bedeutung, die mit der Tiefe sehr schnell zunimmt. Aus der in Ziff. 147 angegebenen Gleichung ergibt sich beispielsweise, daß für eine Gesamtlast von 10000 kg,

[1]) S. den auf S. 501 in Anm. [1]) angeführten Aufsatz von Wallichs, S. 50.

am Seileinband gemessen, das Seil bei 500 m Schachtteufe, 8facher Sicherheit und 150 kg/qmm Bruchfestigkeit rund 3400 kg (ohne Berücksichtigung des Seilstückes zwischen Hängebank und Fördermaschine) wiegt, während bei 1000 m Teufe das Seilgewicht schon rund 10300 kg betragen muß. Somit macht das Seilgewicht bei 500 m Teufe schon etwa 25% und bei 1000 m Teufe sogar bereits über 50% der Gesamtbelastung der Fördermaschine aus.

Dazu tritt nun noch erschwerend hinzu, daß das auf die Fördermaschine wirkende Seilgewicht sich fortwährend ändert, da im Anfange des Treibens die ganze Seillast sich auf der Seite des vollen Fördergestelles befindet, in der Mitte beide Seiltrumme mit gleichem Gewicht ziehen, sich also in ihren Wirkungen auf die Fördermaschine genau ausgleichen, und am Schlusse das niedergehende Seilstück mit demselben Gewicht wirkt, mit dem im Anfange des Treibens das hochgehende Seiltrumm anzuheben war. Diese starken Schwankungen in der Belastung (also bei den obengenannten Beispielen 6800 bzw. 20600 kg) nötigen zur Beschaffung unverhältnismäßig teurer und schlecht ausgenutzter Fördermaschinen und erschweren deren Führung bedeutend.

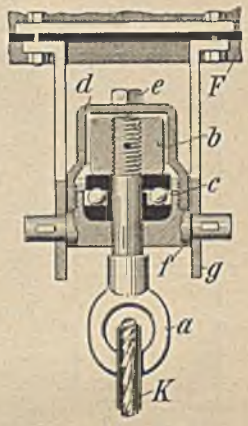


Abb. 596.
Kugellager-Aufhängung für Unterseile.

182. — **Unterseil**[1]). Das einfachste Mittel zur vollkommenen Ausgleichung des Seilgewichtes ist das Unterseil, d. h. ein Seil, das mit den beiden Enden unter den beiden Fördergestellen befestigt wird und dessen Schleife bis zum Schachttiefsten reicht (Abb. 561 auf S. 477, Abb. 598 auf S. 517). Es ist ohne weiteres klar, daß, wenn ein solches Seil das gleiche Gewicht für das laufende Meter hat wie die Förderseile, in jedem Augenblicke auf beiden Seiten der Seiltrommel genau die gleichen Seillasten wirken. Als Unterseile kommen in erster Linie Flachseile in Betracht, die sich durch große Biegsamkeit und durch Fehlen des Dralles auszeichnen. Doch können in vielen Fällen auch abgelegte Rundseile noch als Unterseile Verwendung finden, da manche Mängel, die zu ihrer Ablegung geführt haben — z. B. Verkürzung bei Trommelseilen infolge des regelmäßigen Abhauens des unteren Seilstückes, starke Verschlechterung des Seiles im Einband bei Treibscheibenseilen, Lockerung des Seilgefüges mit entsprechendem starken Verschleiß in den Rillen der Seil- und Treibscheiben u. dgl. — ihre Weiterbenutzung als Unterseile noch nicht ausschließen[2]). Allerdings muß bei Rundseilen der durch den inneren Drall und die scharfe Umbiegung in der Seilbucht im Schachttiefsten bedingten Neigung zum Klankenwerfen durch entsprechende Führung Rechnung getragen werden.

Das Unterseil kann am Boden des Förderkorbes oder unmittelbar am Förderseil aufgehängt werden. In beiden Fällen ist für freie Drehbarkeit

[1]) Näheres s. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1913, S. 19 u. f.; Spakkeler: Wirkung und Ausführung der Unterseile.

[2]) Glückauf 1920, Nr. 34, S. 266 u. f.; H. Herbst: Die Verwendung abgelegter Förderseile als Unterseile.

zu sorgen, damit die inneren Spannungen im Seil sich jederzeit ausgleichen können. Außerdem werden vielfach Federn zwischengeschaltet, um die beim Anheben des Förderkorbes und bei Geschwindigkeitschwankungen während des Treibens eintretenden Stöße abzumildern. Eine Aufhängung am Boden des Förderkorbes veranschaulicht Abb. 596 (Bauart Kellner & Flottmann in Düsseldorf). Die Kausche K des Unterseiles hängt in einem Ringbolzen a, dessen oberer Gewindekopf eine Mutter b trägt, die sich durch Vermittelung einer Lagerschale auf dem Kugellager c frei drehen kann. Das Ganze ist durch die aufgeschraubte Glocke d in einen mit Schmiere gefüllten Behälter eingeschlossen; die Glocke kann durch Angreifen an dem Vierkant e auf- und abgeschraubt werden. Der Verlust von Schmiere nach unten hin wird dadurch verhütet, daß die untere Lagerschale des Kugellagers einen um den Schaft des Ringbolzens herum nach oben gehenden Lagerhals bildet. Das Lager hängt mittels des Bolzens f drehbar in den am Boden des Förderkorbes angeschraubten Stützen g.

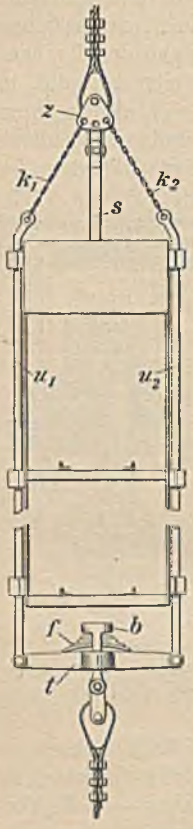


Abb. 597. Unterseilaufhängung unmittelbar am Förderseil mittels Umführung.

Die unmittelbare Aufhängung des Unterseiles am Förderseil bietet den Vorteil, daß sie den Förderkorb sowohl vom Gewicht des Unterseiles als auch von den bei der Förderung eintretenden Stößen im Unterseil entlastet. Auch die Aufsetzvorrichtungen haben bei dieser Aufhängung nur die Last des Förderkorbes zu tragen. Die gleiche Entlastung tritt für die Fangvorrichtung in dem Falle ein, daß nicht das Förderseil, sondern ein Zwischengeschirrteil bricht. Die Verbindung zwischen Unter- und Förderseil kann durch den Förderkorb hindurch oder um ihn herum erfolgen. Die erstere Aufhängung ist einfacher, aber nur dann durchzuführen, wenn mit je 2 Wagen nebeneinander gefördert oder (bei Förderung mit hintereinander stehenden Wagen) von beiden Seiten aufgeschoben wird. Sie ist auch für die Seilfahrt störend. Die Verwendung von Seilschlössern mit Klemmwirkung (vgl. Ziff. 158) ermöglicht die Vereinigung von Förder- und Unterseil zu einem endlosen Seil mit beliebiger Umsteckung der Förderkörbe am Seil. — Eine Aufhängung mit Umführung nach der Bauart der Deutschen Maschinenfabrik A.-G. in Duisburg zeigt in ihren Grundzügen Abb. 597. Der Förderkorb wird durch Vermittelung des Zwischenstückes z von der Königstange s getragen, während das Unterseil mittels des Bundes b und der Feder f auf dem Querstück t ruht, das seinerseits mit Hilfe des Umführungsgestänges $u_1 u_2$ und der Ketten $k_1 k_2$ unmittelbar an dem Zwischenstück z hängt.

Auch beim Unterseil sind wie beim Förderseil Zwischenstücke zweckmäßig, die ein Ausgleichen der Längung des Seiles gestatten und den beim Förderseil verwandten ähnlich sind (vgl. Abb. 570 auf S. 489). Solche Zwischenstücke sind allerdings entbehrlich, wenn der Schachtsumpf genügend

tief ist, so daß die Unterseilschlinge auch bei Längung des Seiles noch genügend Spielraum behält.

Im Schachttiefsten kann das Unterseil über eine Nutscheibe geführt werden. Diese darf dann aber, da mit dem Längen des Seiles und mit Stößen während der Förderung gerechnet werden muß, nicht fest eingespannt werden, sondern muß durch Gewichtsbelastung nach unten gezogen und in einer Gleitführung mit Hilfe eines Schlittenrahmens geführt werden, so daß sie sich während der Förderung auf und ab bewegen kann. Da jedoch mit dem Ausspringen des Seiles aus der Nut gerechnet werden muß, so begnügt man sich meistens mit einer einfachen Führung durch eine Reihe von Einstrichen nach Abb. 598. Die Beanspruchung des Unterseiles durch die Umbiegung im Schachttiefsten ist naturgemäß bei breiten Fördergestellen mit Nebeneinanderstellung der Wagen geringer als bei schmalen Gestellen, weil der Abstand der Gestellmittelpunkte im ersteren Falle entsprechend größer ist als im zweiten.

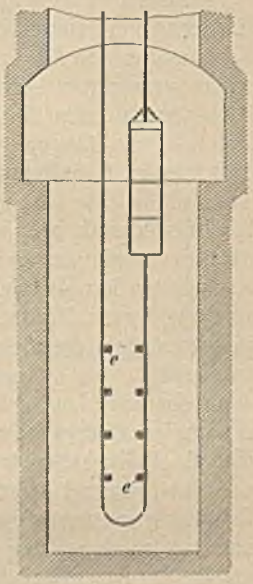


Abb. 598. Führung des Unterseiles im Schachttiefsten.

183. — Besondere Ausführungen der Unterseil-Ausgleichung. Wegen der ungünstigen Beanspruchung der Unterseile durch die scharfe Umbiegung im Schachttiefsten, namentlich bei schmalen Förderkörben, hat man neuerdings die Verwendung von 2 Unterseilen an Stelle eines einzigen vorgeschlagen[1]). Diese werden schräg von der vorderen Seite des einen Förderkorbes nach der hinteren des anderen geführt, wobei die Umbiegung des einen Unterseiles unter der des anderen hergeführt werden muß. Der Biegungshalbmesser wird dadurch wesentlich vergrößert; auch sind naturgemäß die Seile an sich wegen ihrer geringeren Dicke erheblich biegsamer. Außerdem ist anzunehmen, daß bei starken Stoßbeanspruchungen während der Förderung nur das eine Seil reißen wird und somit die durch Reißen des Unterseiles herbeigeführten Beschädigungen, Betriebstörungen und Kosten stark verringert werden. Anderseits ist die Anbringung und Überwachung von 2 Unterseilen umständlich.

Um die Belastung von Förderkorb, Seil und Maschine durch das Gewicht des Unterseiles zu verringern, verzichtet man vielfach auf eine vollständige Ausgleichung, indem man ein Unterseil von geringerem Gewichte als das des Förderseiles benutzt. Man kann dann die durch große Biegsamkeit ausgezeichneten Pflanzenfaserseile mit Nutzen verwenden.

Bei größeren Förderanlagen ist aber umgekehrt die Verwendung von Unterseilen zu befürworten, die schwerer als die Förderseile sind[2]). Man

---

[1]) Glückauf 1911, Nr. 17, S. 660; Kaltheuner: Gekreuzte Unterseile. — Ebenda 1913, Nr. 4, S. 141 u. f.; Roßenbeck: Versuche mit gekreuzten Unterseilen.

[2]) Glückauf 1911, Nr. 45, S. 1774; Verwendung schwerer Unterseile bei der Schachtförderung. — Wallichs in dem auf S. 501 in Anm. [1]) angeführten Aufsatz, S. 26.

erzielt dadurch schon bei kleinen Gewichtsunterschieden (300—500 kg) den Vorteil, daß das Anfahren der Maschine und ebenso ihr rechtzeitiges Stillsetzen am Schlusse des Treibens nicht unerheblich erleichtert wird und an Betriebskraft gespart werden kann.

184. — Beurteilung der Seilausgleichung mit Unterseil. Das Unterseil ermöglicht die denkbar einfachste Ausgleichung des Seilgewichtes. Auf der anderen Seite sind jedoch seine erheblichen Nachteile nicht zu verkennen.

Zunächst wird die auf die Maschine und die Seilscheiben wirkende Gesamtlast erheblich vergrößert, was zu einer entsprechenden Verstärkung und Verteuerung der Maschine, der Seilscheiben und des Fördergerüstes und zu einem vermehrten Kraftverlust durch Reibung der bewegten Teile führt. Außerdem werden Förderkörbe und Zwischengeschirrteile (außer bei entlastender Aufhängung des Unterseiles nach Abb. 597) stark beansprucht und müssen deshalb entsprechend kräftiger und schwerer ausgeführt werden, wodurch die tote Last noch weiter vermehrt wird. Diese vermehrte Belastung macht sich auch beim etwaigen Eingreifen der Fangvorrichtung bemerkbar, da diese sowie der Schachteinbau eine bedeutend größere Beanspruchung auszuhalten hat als beim Fehlen des Unterseiles. Ferner ist die Verwendung von verjüngten Förderseilen nicht möglich, da ja das Seil in allen Querschnitten stets die gleiche Belastung zu tragen hat. Dazu kommt die Unmöglichkeit, die Schachtförderung für verschiedene Sohlen einzurichten; denn das sog. Umstecken des Seilkorbes der Fördermaschine, wie es vorgenommen wird, wenn von einer anderen Sohle gefördert werden soll, würde hier die Folge haben, daß die im Schachttiefsten hängende Unterseilschleife sich entsprechend verschieben müßte, was in der Regel nicht angängig ist. Erheblich sind ferner die Nachteile, die sich aus dem Schlagen des Unterseiles und aus seiner großen bewegten Masse ergeben. Letztere wirkt besonders ungünstig bei plötzlichen Geschwindigkeitsänderungen des hochgehenden Fördergestelles, wie sie durch Gegendampf oder Aufwerfen der Bremse eintreten können. Es wird dann das Fördergestell nebst der bewegten Masse des Unterseiles seine Bewegung noch einen Augenblick fortzusetzen suchen und dann in das Seil zurückfallen. Da nun dieser Rückstoß durch die ganze Masse des Unterseiles verstärkt wird, ist in solchen Fällen leicht ein Abreißen des Unterseiles oder sogar des Förderseiles möglich.

Die gegen das Unterseil vorzubringenden Bedenken gewinnen um so größere Kraft, je größer die Schachttiefe wird, weil dann die Masse sowohl als auch das Schlagen des Unterseiles immer mehr zunimmt. Gerade für große Teufen aber ist ja die Frage des Seilausgleiches von besonders großer Bedeutung.

185. — Nebenseile und Gegengewichte. Man hat sich bemüht, wenigstens einen Teil der Nachteile des Unterseiles dadurch zu umgehen, daß man an Stelle eines unter den Fördergestellen befestigten Ausgleichseiles ein neben diesen durch den Schacht geführtes vorgeschlagen hat. Hierhin gehört u. a. die Lindenberg-Meinickesche Ausgleichung[1]).

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1884, S. 239; Meinicke: Ausgleichung des Seilgewichtes bei Förderungsanlagen. — S. auch die 2. Aufl. dieses Bandes, S. 491, Fig. 528.

Andere Ausgleichverfahren bedienen sich besonderer Gegengewichte, die sich außerhalb des Schachtes auf und ab bewegen und deren Bewegung so eingerichtet ist, daß sie während der ersten Hälfte des Treibens, also bis zur Begegnung der beiden Fördergestelle im Schachte, abwärts gehen und sodann wieder hochzuziehen sind[1]). Bei einer auf der Saargrube „Camphausen" eingebauten Seilausgleichungsvorrichtung[2]) läuft das Gegengewicht in einem kleinen Schächtchen und wird mit Hilfe zweier besonderer Doppelspiraltrommeln bewegt, die auf die verlängerte Achse der Seilkörbe der Fördermaschine aufgekeilt sind.

Alle diese Ausgleichvorrichtungen haben das Unterseil nicht ersetzen können, da sie umständlich sind und doch immer nur für einen bestimmten Förderzustand — nach Teufe und Gewichtsverhältnissen — gelten. Ein neuer Vorschlag von Meller[3]) ist noch nicht ausgeführt worden.

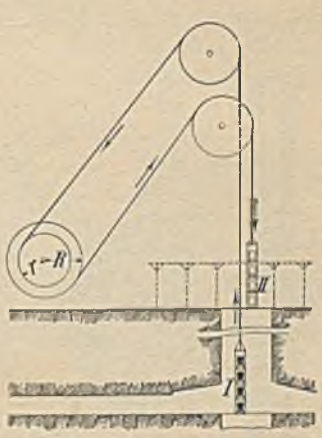


Abb. 599.
Grundgedanke der Seilausgleichung durch ungleiche Hebelarme.

186. — Ausgleichung durch Gleichheit der statischen Momente. Während bei den bisher beschriebenen Ausgleichverfahren es sich um unmittelbare Wirkungen von Gegengewichten in der einen oder anderen Form handelte, gründen sich andere Seilausgleichungen darauf, daß nach Abb. 599 das größte Seilgewicht am kleinsten, das kleinste Seilgewicht am größten Halbmesser, d. h. Hebelarm wirkt. Es wird damit eine Gleichheit der statischen Momente, d. h. der Produkte aus Last × Hebelarm, angestrebt. Eine solche Ausgleichung kann durch die Gestalt der Seilkörbe der Fördermaschine erreicht werden, und zwar dienen dazu die als „Bobinen" bezeichneten Seilkörbe für Bandseile und die konischen Körbe und Spiralkörbe für Rundseile.

Soll ein vollständiger Ausgleich der Seilgewichte erzielt werden, so müssen in jedem Augenblicke eines Treibens die statischen Momente gleich sein. Die Erfüllung dieser Bedingung würde jedoch, wie hier nicht näher ausgeführt werden kann, auf einen Seilkorb führen, dessen Oberfläche im Querschnitt nach einer gewissen Kurve verlaufen müßte. Solche Seilkörbe würden in der Herstellung zu teuer sein und im Betriebe zu große Schwierigkeiten verursachen. Man begnügt sich daher mit einer annähernden Ausgleichung, indem man dafür sorgt, daß wenigstens am Anfang und am Ende des Treibens

---

[1]) Vgl. z. B. das auf S. 481 in Anm. [1]) angeführte Buch von Futers, Bd. I., S. 156. — Haton de la Goupillière: Cours d'exploitation des mines (Paris, Dunod), 1907, vol. II, S. 1384 u. f.

[2]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1899, S. 68; Leybold: Bewährung der eigenartigen Seilgewichtsausgleichung auf dem Förderschachte I der Grube Camphausen. — S. auch die 2. Aufl. dieses Bandes, S. 492.

[3]) Glückauf 1917, Nr. 47, S. 837 u. f.; Meller: Eine besondere Anordnung des Unterseils bei der Schachtförderung.

der Belastungsunterschied auf beiden Seiten der Seiltrommel oder Treibscheibe nach Möglichkeit derselbe ist.

Bezeichnet man nun mit G das Gewicht des Fördergestelles nebst den leeren Wagen, mit N das Gewicht der Nutzlast, mit T die Länge des Seiles in m und mit γ das Seilgewicht je lfd. m, sowie mit r den kleinsten, mit R den größten Aufwickelungshalbmesser, so wirkt bei Beginn des Treibens auf den großen Halbmesser die Leerlast G, auf den kleinen Halbmesser die volle Last $G + N + \gamma \cdot T$, wogegen am Ende des Treibens die entsprechenden Gewichte sind: $G + N$ und $G + \gamma \cdot T$. Sollen die statischen Momente im Anfang und am Ende einander gleich sein, so muß hiernach die Gleichung bestehen:

$$(G + N + \gamma \cdot T) \cdot r - G \cdot R = (G + N) \cdot R - (G + \gamma \cdot T) \cdot r.$$

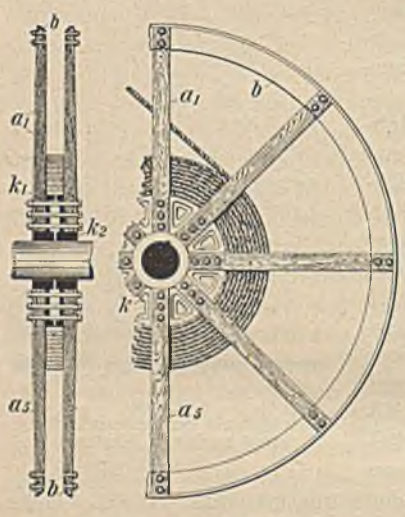


Abb. 600. Bobine.

187. — Bobinen. Auf die Bobinen ist bereits früher gelegentlich der Erwähnung der Bandseile hingewiesen worden. Wie Abb. 600 zeigt, bestehen sie aus einem Kerne, auf den 8—12 Speichen a_1 usw. geschraubt sind, die das Abfallen des sich auf den Kern $k_1 k_2$ aufwickelnden Seiles verhüten. Durch das Übereinanderlegen der einzelnen Seilwindungen ergibt sich ohne weiteres eine Vergrößerung des Durchmessers mit abnehmender Länge des Seiles im Schachte und umgekehrt. Da nun offenbar der zwischen dem größten und dem kleinsten Durchmesser liegende und durch das Seil ausgefüllte Ringkörper gleich dem ganzen Seilinhalt ist, so tritt zu der vorhin aufgestellten Bedingungsgleichung noch die weitere:

$$R^2 \cdot \pi - r^2 \cdot \pi = b \cdot T,$$

wenn b die Dicke des Seiles in m bezeichnet.

Der durch solche Rechnungen ermittelte Kernhalbmesser r ergibt sich nun bei größeren Schachtteufen als ziemlich klein. Ein solcher kleinster Halbmesser bietet bei Pflanzenfaserseilen keine Schwierigkeiten, so daß mit diesen sich eine nahezu vollkommene Ausgleichung erzielen läßt. Bei Stahldrahtseilen dagegen wird dieser Halbmesser, da das Verhältnis zwischen ihm und der Drahtstärke nicht unter 1:800 betragen soll (s. Ziff. 180), von einer gewissen Teufe ab zu klein. Es läßt sich also mit einem Drahtbandseil bei größeren Teufen keine vollkommene Ausgleichung mehr erreichen.

Mit zunehmender Teufe ändert sich das Verhältnis der Halbmesser, so daß die für eine bestimmte Teufe berechnete Ausgleichung nicht mehr vollkommen ist. Jedoch spielt bei dem verhältnismäßig geringen Kostenpunkte der Bobinen ihre Umarbeitung für die größere Teufe oder die Beschaffung neuer Seilkörbe keine große Rolle.

Da überdies auch die Verwendung verjüngter Seile durch dieses Förderverfahren nicht verhindert wird, so ist für Pflanzenfaserseile die Aufgabe der Seilausgleichung einfach und zur Zufriedenheit gelöst. Nachteilig ist allerdings der durch die fortwährend wechselnden Aufwickelungsdurchmesser verursachte Wechsel in der Seilgeschwindigkeit, der zu einem starken Schlagen der Seile führt, und außerdem die auf der Verschiedenheit der Aufwickelungsdurchmesser zu Anfang und zu Ende des Treibens beruhende Erschwerung der Bedienung der Fördergestelle (Ziff. 168).

188. — **Seilkörbe mit Ausgleichung für Rundseile.** Für Rundseile sind von Demanet ebenfalls Bobinen vorgeschlagen worden[1]). Man ist jedoch wieder davon abgekommen, da das Rundseil sich wegen seiner geringen Biegsamkeit nicht dazu eignet. Daher kommen für Rundseile nur solche Seilkörbe in Betracht, bei denen sich das Seil in nebeneinanderliegenden Windungen aufwickeln kann, wie die Abbildungen 601*a* und *b* erkennen lassen. Bei einem Böschungswinkel der Trommeloberfläche gegen die Achse bis zu 30° kommt man ohne besondere Vorkehrungen aus, indem das Seil sich in nebeneinanderliegenden Windungen ohne weiteres auf- und abwickelt. Man bezeichnet solche Seilkörbe als „konische" (Abb. 601*a*). Bei stärkeren Böschungswinkeln dagegen erhält man die sog. „Spiralkörbe", die ihren Namen daher haben, daß auf die Seiltrommeloberfläche spiralig verlaufende Rillen (Abb. 601*b*) aufgenietet sind, in die sich das Seil hineinlegt. Man geht hier bis zu einem Winkel von etwa 60°.

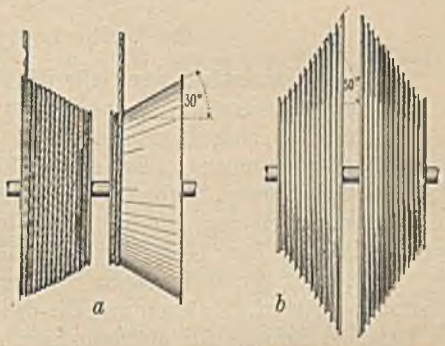


Abb. 601*a* und *b*. Konische und Spiral-Seilkörbe.

Eine einigermaßen befriedigende Ausgleichung läßt sich für größere Teufen und Lasten nur mit Spiralkörben erreichen; bei den konischen Seilkörben ist der Unterschied zwischen den Hebelarmen zu gering. Jedoch gestatten schon bei verhältnismäßig geringen Teufen auch die Spiralkörbe nicht mehr die volle Ausnutzung der ausgleichenden Wirkung, da sie in diesem Falle entweder zu große Höchstdurchmesser erhalten oder zu breit werden würden.

Aber auch an und für sich sind die Spiralkörbe mit erheblichen Mängeln behaftet. Zunächst treten wegen ihrer größeren Breite durch den schrägen Zug der Seile nach den Seilscheiben hin Seitenkräfte auf, welche die aufgenieteten Rillen zu verschieben bestrebt sind und daher leicht zu einem Abspringen der Nieten führen. Ferner ergeben sich infolge der großen Gewichte der Spiralkörbe schwere, teure und schwer zu lenkende Fördermaschinen. Man hat sich bemüht, einen Teil dieser Übelstände durch zweckmäßige Verlagerung der Spiralkörbe zu beheben. Zu diesem Zwecke hat

[1]) Rev. univ. des mines 1878, 2e sér. t. IV, S. 216; Demanet: Emploi de bobines pour l'enroulement des câbles ronds metalliques.

man, statt beide Seilkörbe auf dieselbe Achse zu setzen, sie getrennt auf zwei hintereinander liegenden Achsen verlagert. Dadurch erreicht man den Vorteil einer geringen Belastung der Achsen sowie denjenigen einer schmäleren Bauart der Fördermaschine. Doch wird dadurch die Maschine nicht billiger und das Gewicht der bewegten Massen nicht kleiner. Im übrigen ist auch noch zu berücksichtigen, daß die Spiralkörbe die vorhin erwähnten Nachteile der Bobinen — Schlagen der Seile infolge wechselnder Geschwindigkeit und Erschwerung der Bedienung der Förderkörbe — teilen. Das Schlagen der Seile ist aber hier besonders unerwünscht, da es leicht zu ihrem Herausspringen aus den Rillen führen kann, und das umständliche Umsetzen der Förderkörbe an den Anschlagstellen führt zu häufiger Hängeseilbildung, die für Aloebandseile belanglos, für Stahlrundseile aber sehr schädlich ist. Daher haben Spiralkörbe im deutschen Bergbau nur in beschränktem Maße Eingang finden können.

bb) Treibscheibenförderung.

189. — Vorbedingungen für die Förderung mit Treibscheibe. Die Treibscheibenförderung (Koepe-Förderung) wurde zum ersten Male im August 1877 vom Bergwerksdirektor Koepe auf der Schachtanlage Hannover in Betrieb genommen[1]). Bei dieser Förderung erfolgt die Bewegung des Seiles lediglich durch Reibung, also nach demselben Grundgedanken wie bei der Streckenförderung mit Seil ohne Ende. Infolgedessen ist nur ein Seil erforderlich, an dem beide Fördergestelle hängen.

Die Seilnut der Treibscheibe wird zur Erhöhung der Reibung meist mit Holz ausgefüttert. Es kann also für die Reibung, die die Seilbewegung vermittelt, der Beiwert für die Reibung von Draht auf Holz eingesetzt werden, der nach Versuchen von Baumann[2]) etwa 0,24 beträgt. Setzt man nun in derselben Weise, wie das in Ziff. 62 geschehen ist, die Seilspannungen auf beiden Seiten der Treibscheibe zueinander in Beziehung, so ermittelt sich unter Zugrundelegung des Beiwertes 0,24 das Verhältnis beider Spannungen beispielsweise zu

2,21 bei einem Berührungswinkel zwischen Seil und Treibscheibe (Umschlingungswinkel) von 190° und zu

2,40 bei einem Umschlingungswinkel von 210°.

Mithin darf, wenn man mit vollständigem Seilausgleich durch Unterseil rechnet, die hochzuziehende Last des Gestelles mit den vollen Wagen eine 2,21 bzw. 2,40mal so große Zugkraft ausüben wie die niedergehende Last des Gestelles mit den leeren Wagen, ohne daß das Seil rutscht. Dabei ist aber die Beschleunigung zu Beginn und die Verzögerung am Ende des Förderzuges einzurechnen[3]). Bezeichnet man diese — in m/sek² gerechnet — mit a, so muß diese Größe beim Anfahren der Erdbeschleunigung g hinzugesetzt, bei der Verzögerung der Maschine am Ende des Treibens von ihr abgezogen

---

[1]) Zeitschr. f d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1878, S. 381; Versuche und Verbesserungen.

[2]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1883, S. 181; Baumann: Untersuchungen über die Förderung mit Treibscheibe.

[3]) Vgl. Glückauf 1907, Nr. 44, S. 1468 u. f.; Schreber: Die Gewichtsänderung eines Förderkorbes beim Anfahren.

werden. Das Gewicht G_0 eines Förderkorbes von der Masse M, das im ruhenden oder gleichförmig bewegten Zustande sich nach der Gleichung

$$G_0 = M \cdot g$$

berechnet, wird also beim Anfahren

$$G_1 = M \cdot (g + a)$$

und am Ende des Treibens

$$G_2 = M \cdot (g - a).$$

Mithin wird beim Anfahren

$$\frac{G_1}{G_0} = \frac{M \cdot (g + a)}{M \cdot g}, \text{ also}$$

$$G_1 = G_0 \cdot \frac{g + a}{g}.$$

Erreicht z. B. die Beschleunigung von a die Größe von 2 m, so wird

$$G_1 = G_0 \cdot \frac{9{,}81 + 2}{9{,}81} \sim G_0 \cdot 1{,}2.$$

Da nun außer dem hochgehenden Förderkorbe auch das ganze Seilgewicht über ihm zu beschleunigen ist, anderseits das Gewicht des niedergehenden Förderkorbes nebst dem des Unterseiles sich infolge der negativen Wirkung von a in gleichem Maße verringert, so kann bei rascherem Anfahren infolge unvorsichtiger Führung der Maschine auch bei verhältnismäßig geringem Übergewicht des vollen Förderkorbes doch schon ein Rutschen des Seiles eintreten[1]).

Bei Förderung mit Unterseil und vorsichtigem Anfahren ist die Treibscheibenförderung auch für Teufen von weniger als 300 m noch durchführbar. Jedoch wird das Rutschen des Seiles um so leichter vermieden, je größer die Gesamtlast, d. h. je größer die Teufe ist. Ferner ist hervorzuheben, daß im Gegensatz zu weitverbreiteten Anschauungen auch große Gewichtsunterschiede auf beiden Seiten, wie sie bei der Bewältigung größerer Förderlasten auftreten, nicht zum Gleiten des Seiles führen, sondern im Gegenteil schon bei Teufen von 300 m das Gleiten besser als kleinere Lasten verhindern. Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich durch die Vergrößerung des Seilgewichtes und der Leerlasten und damit auch der Reibung bei wachsenden Förderlasten. Infolge der Wirkung des Seilgewichtes ist man auch nicht, wie man früher glaubte, bei der Treibscheibenförderung gegen ein Übertreiben des hochgehenden Förderkorbes über die Hängebank gesichert, weil auch nach dem Aufstoßen des niedergehenden Gestelles die Reibung noch ausreicht, um das hochgehende Gestell allein weiter zu ziehen.

190. — **Beurteilung der Treibscheibenförderung.** Die Treibscheibenförderung bietet gegenüber der Trommelförderung manche großen Vorteile. Zunächst wird das Gewicht der bewegten Massen ganz wesent-

[1]) „Die Fördertechnik" 1912, Heft 2, S. 30; Wallichs: Die Berechnung der Hauptschacht-Fördermaschinen. — Glückauf 1905, Nr. 47, S. 1467, u. Nr. 51, S. 1602; Baumann und Zernin: Die Förderung mit Treibscheibe.

lich verringert, da z. B. eine Treibscheibe für eine größere Förderanlage bei 8 m Durchmesser etwa 35000 kg, eine doppelte Seiltrommel vom gleichen Durchmesser dagegen 70000—90000 kg wiegt. Dieser Unterschied wird um so mehr in die Erscheinung treten, je größer die Schachttiefe ist, da mit größerer Tiefe das Gewicht der Treibscheibe nur unbedeutend, das der Trommel dagegen, die entsprechend breiter werden muß, in mindestens gleichem Verhältnis mit der Teufe zunimmt. Daher kann bei der Treibscheibenförderung die Fördermaschine entsprechend leichter gebaut und leichter gelenkt werden. Auch der Verbrauch an Betriebskraft ist geringer. Ferner ist günstig, daß die Treibscheibe mit beiden Seilscheiben in einer Seigerebene liegen kann und infolgedessen die schädliche seitliche Ablenkung des Seiles nach den Seilscheiben hin, wie sie bei der Trommelförderung gegen Ende jedes Treibens eintritt, wegfällt. Weiterhin ist man so von der Lage der Fördertrumme im Schachte wenig abhängig, da durch die Anordnung der Seilscheiben übereinander es bei ungünstigen Raumverhältnissen ohne Schwierigkeiten ermöglicht wird, die Maschine auch quer zu den Seitenwandungen der Förderkörbe aufzustellen, was bei der Trommelförderung zu einer starken Seilablenkung führen würde. Auch insofern braucht man auf die Raumverhältnisse in der Nähe des Schachtes weniger Rücksicht zu nehmen, als wegen der fehlenden Seitenablenkung des Seiles die Maschine dichter an den Schacht herangerückt werden kann. Endlich sind auch die Seilkosten geringer (s. S. 479), da ein Seil beide Gestelle trägt und daher gut ausgenutzt wird.

Diesen Vorteilen stehen allerdings gewisse Nachteile gegenüber. Zunächst muß, wenn auch das Seil auf der Treibscheibe nicht durchrutscht, doch bei den unvermeidlichen stärkeren Stößen in der Förderung mit einem gewissen Gleiten des Seiles gerechnet werden. Dieses erschwert infolge der dadurch bewirkten unrichtigen Anzeige des Teufenzeigers die Bedienung der Fördergestelle an den Anschlägen und kann außerdem gefährlich wirken, indem eine mit dem Teufenzeiger verbundene Sicherheitsvorrichtung zu spät zum Eingreifen gebracht wird. Ferner ist zu berücksichtigen, daß beide Förderkörbe an dem gleichen Seile hängen, im Falle eines Seilbruches also beide abstürzen müssen, wenn nicht die Fangvorrichtungen rechtzeitig eingreifen.

Außerdem ist nachteilig, daß eine Prüfung des Seiles durch Abhauen des untersten Endes, wie sie bei der Trommelförderung gebräuchlich ist (s. S. 472 und 479), bei der Treibscheibenförderung nicht möglich ist, da das Seil nicht verkürzt werden darf. (Bezüglich der Förderung mit Gegenscheibe, die das Abhauen ermöglicht, vgl. Ziff. 191.) Endlich ist auch wegen der Notwendigkeit des Unterseiles die Förderung von mehreren Sohlen mit einer Maschine, abgesehen von dem in Ziff. 191 zu erwähnenden Fall der Vereinigung von Förder- und Unterseil zu einem endlosen Seile, nicht in einfacher Weise möglich. Überhaupt sind die in Ziff. 184 geschilderten Mängel des Unterseiles auch solche der Treibscheibenförderung.

191. — Abarten der Treibscheibenförderung. Ein bereits frühzeitig geäußerter Gedanke, der auch vereinzelt zur Ausführung gekommen ist, war der, die Treibscheibenförderung als eine solche mit endlosem Seile zu betreiben. Man erzielt auf diese Weise den Vorteil, daß eine Belastung

des Fördergestelles und des Zwischengeschirres durch das Unterseil vermieden wird. Ferner ist die Möglichkeit des Umsteckens in beliebiger Weise gegeben, da es zu diesem Zwecke nur notwendig ist, die Befestigung des einen Fördergestelles am Seile vorübergehend zu lösen, dieses Gestell festzulegen und nun das Seil mit dem noch daranhängenden Fördergestell so lange durchzuziehen, bis der Abstand der Fördergestelle voneinander dem neuen Sohlenabstande entspricht.

Doch ist dieses Förderverfahren nur durchführbar, wenn mit Gestellen für je 2 Wagen nebeneinander gefördert oder (bei langen Förderkörben) von beiden Seiten aufgeschoben wird. Im übrigen hat es auch den Nachteil, daß die ganze Förderung von einem einzigen Seile abhängig ist und das öftere Lösen und Wiederanklemmen von Seilschlössern leicht zu geringerer Sorgfalt dabei verführt, wodurch Förderung und Seilfahrt gefährdet werden.

Zur vollständigen Verhütung des Gleitens zwischen Seil und Treibscheibe kann man der letzteren wie bei der Seilförderung in Strecken eine Gegenscheibe vorschalten. Dieses Hilfsmittel wird angewandt bei einem amerikanischen Förderverfahren (Whiting-System), das in Deutschland durch die Firma Heckel in Saarbrücken eingeführt worden ist[1]). Man kann dabei außerdem den wichtigen Vorteil erzielen, die Treibscheibenförderung für die Bedienung mehrerer Sohlen einzurichten, indem man die Gegenscheibe auf einer Schlittenführung verschiebbar macht und je nach Bedarf dicht an die Treibscheibe heranrückt oder weiter von dieser entfernt. Außerdem ergibt sich hier die Möglichkeit, das Förderseil allmählich verkürzen, also ebenso wie bei der Trommelförderung die untersten Seilenden regelmäßig abhauen zu können.

Da jedoch dieses Förderverfahren durch die mehrfachen, starken Kehrwendungen des Seiles dieses stark auf Biegung beansprucht, so ist es nur anwendbar bei nicht zu dicken Förderseilen. Dadurch gewinnt es besondere Bedeutung für die Förderung geringer Massen, insbesondere für die Gefäßförderung, bei der man wegen der geringeren Gesamtlast mit Seilen von geringerer Stärke auskommt, sowie für wenig tiefe Schächte, zumal in diesen auch die Gefahr des Gleitens des Seiles größer ist. (Die Anwendung des Verfahrens auf die Haspelförderung zeigt Abb. 530 auf S. 449.)

Mitunter bedient man sich zur Verhütung des Gleitens auch einer Treibscheibe von größerer Breite, die mehrere nebeneinanderliegende Seilumschläge aufnehmen kann (sog. „Reibungstrommel"). Dabei wird im Vergleich mit der Trommelförderung der Vorteil erreicht, daß man statt mit zwei Förderseilen mit einem auskommt (wozu dann allerdings noch die auf dem Seilkorb bleibenden Windungen zu rechnen sind) und nur eine Trommel braucht und daß infolgedessen an Gewicht und Raumbedarf erheblich gespart und die seitliche Seilablenkung wesentlich verringert wird.

192. — Anwendungsgebiet der Treibscheibenförderung. Wie aus den vorstehenden Ausführungen zu entnehmen ist, kommen die Vorzüge der Treibscheibenförderung besonders in folgenden Fällen zur Geltung:

[1]) „Die Fördertechnik" 1911, Nr. 9, S. 189; Tillmann: Schachtförderung System Koepe-Heckel. — Vgl. auch die deutschen Reichspatente 153944 (Heckel), 195008 (ver. Königs- u. Laurahütte) und 263931 (Altena-Ohnesorge).

1. Bei der Förderung großer Massen aus tiefen Schächten. Hier ist wegen des hohen Seilgewichtes die Gefahr des Gleitens des Seiles gering und anderseits der Gewichts-, Raumbedarfs- und Preisunterschied zwischen Treibscheibe und Trommel sehr erheblich.
2. Wenn kein Bedürfnis besteht, von mehreren Sohlen abwechselnd zu fördern, oder wenn doch wenigstens die Gesamtförderung sich ohne große Schwierigkeiten auf einer Sohle vereinigen läßt, so daß ein Umstecken nicht erforderlich wird, oder wenn für jede Fördersohle eine besondere Förderanlage zur Verfügung steht.
3. Bei beschränkten Raumverhältnissen am Schachte, wo man die Fördermaschine entweder möglichst nahe an den Schacht heranrücken oder quer zur Richtung des Aufschiebens der Wagen aufstellen oder auf das Fördergerüst selbst setzen will. Solche Fälle werden besonders dort vorliegen, wo man auf einer älteren Schachtanlage nachträglich einen neuen Schacht niedergebracht hat.

cc) Förderung mit mehreren Gestellen gleichzeitig an jedem Seile.

193. — Tandem-Förderung. Für tiefe Schächte haben die amerikanischen Ingenieure Cook und Behr[1]) die sog. „Tandem"-Förderung vorgeschlagen. Bei diesem Förderverfahren hängen an jedem Seile 2 Gestelle, deren Abstand je gleich der halben Fördertiefe ist. Durch diese Anordnung wird die Teufe gewissermaßen auf die Hälfte verringert und dadurch eine beschleunigte Förderung ermöglicht.

Die Nachteile des Verfahrens — insbesondere die erhöhten Seilschwierigkeiten — sind aber so groß, daß ihm für deutsche Verhältnisse keine Zukunft zugesprochen werden kann.

β. Andere Schachtförderverfahren.

194. — Förderung mit Ersatz der Gestelle durch kleine Fördergefäße an endlosem Zugmittel. Auf 2 englischen Gruben hat man die Schachtförderung als eine Wagenförderung mit endlosem Zugmittel eingerichtet[2]). Die Förderung erfolgt mit Hilfe von 2 Laschenketten, die durch Kettenscheiben im Schachte bewegt werden und in gewissen Abständen mit Querstäben versehen sind. An letztere werden am Füllort die einzelnen Förderwagen mit Hilfe eines Kettengeschirres und eines Hakens gehängt und oben an der Hängebank wieder abgenommen.

Ein derartiges Förderverfahren ist für tiefe Schächte, bei denen gerade der Ersatz der bisherigen Förderung durch ein einfaches Verfahren am wichtigsten wäre, nicht geeignet. Denn die Ketten stellen eine zu große tote Last dar, und Kettenbrüche können zu großen Unfällen Anlaß geben, auch wenn Fangvorrichtungen eingebaut werden. Daher ist diese Einrichtung,

---

[1]) Mines a. Minerals 1903, Bd. 23, S. 632 u. f.; Behr: Hoisting from great depths. — S. auch die 2. Aufl. dieses Bandes, S. 499 und Fig. 532. — Ferner Zeitschr. für d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1915, S. 285 u. f.; Fr. Herbst: Die Schachtförderung mit Seil im deutschen Bergbau und ihre Zukunft.

[2]) Glückauf 1899, Nr. 31, S. 645; Schachtförderung mit Kette ohne Ende. — S. auch die 2. Aufl. dieses Bandes, S. 509 und Fig. 533.

obwohl sie sich für eine Förderung von 83 m Teufe einigermaßen bewährt zu haben scheint, nicht nachgeahmt worden.

Aussichtsreich dagegen sind Förderungen mit endloser Kette für den deutschen unterirdischen Braunkohlenbergbau, wo es sich um die Förderung großer Massen aus Schächten von geringer Tiefe handelt. Hier hat zuerst die Maschinenfabrik Buckau in Magdeburg-Buckau auf der Grube Emma bei Helmstedt eine Becherwerksförderung in einem Schachte von rund 50 m Teufe eingebaut, die bei 0,4 m Geschwindigkeit rund 80 t in der Stunde fördert. Die Becher von je 70 l Inhalt hängen an Laschenketten aus Stahlguß, führen sich mit kleinen Rollen in U-Eisen und werden aus einem Vorratsrumpf am Füllort gefüllt, um über Tage in eine Rutsche auszugießen; aus letzterer wird ein Förderband beschickt, das die Kohle zur Verladung führt. Später hat die genannte Firma diese Fördereinrichtung, die sich ohne große Schwierigkeiten auch für Schächte von etwa 100 m Tiefe einrichten läßt, noch auf verschiedenen anderen Gruben im Helmstedter und im Sachsen-Altenburger Bezirk für Teufen bis 63 m ausgeführt. Ferner hat sie für die Grube Johanne Henriette bei Staßfurt neuerdings für 76 m Teufe und 70 t Stundenleistung eine Anlage mit der über Tage viel benutzten Huntschen Conveyorförderung (Schaukelbecherwerk) geliefert, bei der die Becher beweglich aufgehängt sind und infolgedessen die Förderkette unter und über Tage im Anschluß an den Schacht ohne Unterbrechung auch söhlig geführt werden kann[1]).

Bezüglich der Beurteilung dieser Förderung für große Teufen gilt jedoch das vorhin Gesagte. Auch der von Schwidtal[2]) ausgesprochene Gedanke, die Ketten für große Teufen in kleine Abschnitte zu unterteilen, deren jeder durch ein von einem Elektromotor getriebenes Kettenrad bewegt wird, hat wegen der seiner Ausführung entgegenstehenden Schwierigkeiten keine Aussicht auf Verwirklichung.

195. — Kastenförderung. Die von Dipl.-Ing. Kogelheide vorgeschlagene Kastenförderung[3]) greift den in der älteren Fördertechnik verwirklichten Gedanken wieder auf, die Streckenfördergefäße gleichzeitig für die Schachtförderung zu verwenden. Kogelheide schlägt zu diesem Zwecke vor, an Stelle der Förderwagen Rädergestelle mit lose aufgesetzten und durch eine Sperrvorrichtung festgehaltenen, mit Deckel versehenen Kästen zu verwenden, die mittels selbsttätiger Abroll- und Kippvorrichtungen in einen im Schachte sich bewegenden Förderrahmen gehängt und so zutage gezogen werden.

196. — Zahnstangenförderung. Von Seilen oder Ketten wird gänzlich abgesehen bei einem von der Firma Siemens & Halske vorgeschlagenen Förderverfahren (D. R. P. 151307), wonach im Schachte Zahnstangenleitungen eingebaut werden und an diesen die Fördergefäße gewissermaßen „hochklettern" sollen. Die letzteren sollen zu diesem Zwecke je mit einem kleinen Motor ausgerüstet werden, der ein Doppelzahnradgetriebe in Tätigkeit zu setzen hätte.

---

[1]) Vgl. auch Cséti v. Verbó: Die neue Förderung für vertikale Schächte mit ununterbrochenem Maschinenantrieb. (Leipzig, Felix) 1903.

[2]) Braunkohle 1913/14, Nr. 45, S. 760 u. f.; Schwidtal: Kontinuierliche Schachtförderung für alle Teufen.

[3]) Glückauf 1921, Nr. 52, S. 1296; Kogelheide: Die Kastenförderung.

197. — **Pneumatische Förderung.** Die verhältnismäßig große Kraft, die der Luftdruck auf eine größere Fläche auszuüben vermag, führte den französischen Bergwerksdirektor Blanchet[1]) Ende der 1870er Jahre auf den Gedanken, das Fördergestell oben und unten mit Kolben auszurüsten, die in einem im Schachte eingebauten Rohre sich bewegen sollten. Die Bewegung wurde dadurch vermittelt, daß durch die Wirkung einer Luftpumpe die Luft in dem Raume über dem oberen Kolben verdünnt wurde, so daß der Überdruck der atmosphärischen Luft, der gegen den unteren Kolben wirkte, das Fördergestell anhob. Die Fördermaschine wurde also hier durch die Luftpumpe ersetzt. Das niedergehende Fördergestell preßte durch sein Eigengewicht die Luft im unteren Teile des Rohres, indem deren Entweichen behindert wurde, zusammen und konnte so mit Hilfe eines Luftpolsters stoßfrei bis zum Füllort gebracht werden. Eine derartige Förderanlage ist auch ausgeführt worden, und zwar für einen Schacht von über 600 m Teufe, wo sie über 10 Jahre lang in Betrieb gewesen ist[2]); jedoch sind keine weiteren Anwendungen gefolgt. Der Grund dafür ist darin zu suchen, daß die Leistung verhältnismäßig gering war, weil das Auspumpen eines langen Rohres eine erhebliche Zeit erforderte, außerdem auch infolge des stärkeren Dampfverbrauches der Förderbetrieb sehr teuer wurde.

198. — **Wasserauftriebverfahren.** Bei dem von Ingenieur Mähnert vorgeschlagenen Wasserauftriebverfahren (D. R. P. 139129 und 139477) wird statt der Luft Wasser benutzt und mit der Gewichtsverminderung von Körpern im Wasser gerechnet, so daß eine besondere Betriebsmaschine fortfällt. Der Gedanke ist dabei der, daß in einem Schachte bzw. in einem Förderrohr die leeren Gefäße abwärts gehen, wogegen im anderen Förderrohr die vollen Gefäße aufwärts bewegt werden. Das Gewicht der vollen Gefäße muß dann zu ihrer Wasserverdrängung in solche Beziehung gesetzt werden, daß es durch den Auftrieb überwunden wird, wogegen das Sinken der leeren Gefäße durch Wasserballast ermöglicht werden muß. Letzterer ist wieder zu heben, stellt also den Kraftverbrauch dar. Die Entfernung der leeren Fördergefäße am Füllort und ihr Ersatz durch gefüllte sollte durch Schleusen ermöglicht werden. Eine Versuchsanlage nach diesem System ist in kleinem Maßstabe in Betrieb gewesen; betriebsmäßige Anwendung hat das Verfahren nicht gefunden[3]). Das gleichfalls hierhin gehörige Verfahren von Bergassessor Dobbelstein (D. R. P. 348892) arbeitet mit Preßlufteinblasung in die Wassersäule; das Fördergut wird aus einem Bunker durch Vermittlung einer Schleuse dem Förderrohr unmittelbar zugeführt, so daß für das Rohr ein geringer Durchmesser ausreicht. Auch hier ist noch keine ausgeführte Anlage zu verzeichnen.

199. — **Rückblick.** Obwohl also die Förderung mit Trommel oder Treibscheibe für tiefe Schächte bedeutende Nachteile hat, die sich in dem stoßweise erfolgenden Förderbetrieb mit seinen ungünstigen Beschleunigungen

---

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1879, S. 242; Bericht über die Bergwerksmaschinen auf der Weltausstellung Paris.

[2]) Bull. d. l. soc. de l'ind. min. 1905, 4. Serie, Bd. 4, S. 1181 u. f.; Blanchet: Le tube atmosphérique usw.

[3]) Braunkohle 1903/04, Nr. 22, S. 291; Mähnert: Auftriebförderanlagen.

und Verzögerungen, in den großen Seilschwierigkeiten und in dem verhältnismäßig großen Energieverbrauch der Fördermaschine ausprägen, ist doch bisher kein erfolgreicher Versuch zu verzeichnen gewesen, für größere Tiefen dieses ursprüngliche Förderverfahren durch andere, zweckmäßigere Verfahren zu ersetzen.

3. Sicherheitsvorrichtungen bei der Schachtförderung.

200. — Überblick. Unfallmöglichkeiten bei der Seilfahrt. Einen Überblick über die Verteilung der Unfälle bei der Seilfahrt auf die wichtigsten Ursachen gibt Abb. 602 nach den Ergebnissen der preußischen Statistik während der Jahre 1910—1919. Und zwar bedeuten die rechts stehenden Zahlen die Anteilziffern für die Gesamtzahl der Unfälle, während links die Anteilziffern für die tödlichen Unfälle angegeben sind. Wie man sieht, überwiegen weitaus die durch Übertreiben und hartes Auf-

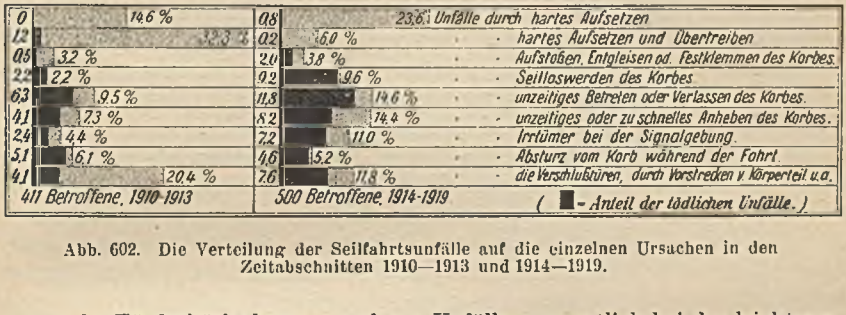


Abb. 602. Die Verteilung der Seilfahrtsunfälle auf die einzelnen Ursachen in den Zeitabschnitten 1910—1913 und 1914—1919.

setzen der Förderkörbe hervorgerufenen Unfälle; namentlich bei den leichteren Unfällen ist diese Ursache stark beteiligt. Außerdem sind auch die durch Irrtümer bei der Signalgebung, durch hastiges Ein- und Aussteigen u. dgl. verursachten Unfälle zahlreicher, als meist angenommen wird, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß es sich hier in der Regel um schwere Unfälle handelt. Die Verunglückungen durch Absturz treten dagegen mehr zurück, als es der herrschenden Meinung entspricht.

Allgemein lassen die Unfälle bei der Seilfahrt sich am besten bekämpfen, wenn für diese und für die Lastenförderung getrennte Fördereinrichtungen verwendet werden[1]).

Im folgenden sollen die beiden Hauptgruppen der Sicherheitsvorrichtungen, nämlich die Fangvorrichtungen einerseits und die Vorrichtungen gegen das Übertreiben und zu harte Aufsetzen anderseits, besprochen werden.

α. Fangvorrichtungen[2]).

201. — Beurteilung der Fangvorrichtungen. Die Hauptbestimmung der Fangvorrichtungen ist die Sicherung fahrender Personen

[1]) Glückauf 1921, Nr. 6, S. 161 u. f.; Fr. Herbst: Möglichkeiten zur Verkürzung der Seilfahrt in tiefen Schächten.

[2]) Einzelheiten s. in dem auf S. 459 in Anm.[2]) angeführten Buche von Bansen-Teiwes, S. 77 u. f., sowie Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1880, S. 1 u. f; Selbach: Kritik der Fangvorrichtungen an Förderkörben.

für den Fall eines Bruches des Förderseiles, der Königstange oder anderer Zwischengeschirrteile.

Die Bedingungen für die regelrechte und rechtzeitige Wirkung der Fangvorrichtungen sind bei der Seilfahrt ziemlich günstig. Einerseits nämlich sind die zu fangenden Gewichte geringer als bei der Förderung und anderseits wird mit kleineren Geschwindigkeiten gefahren, so daß auch die lebendigen Kräfte, die von der Fangvorrichtung vernichtet werden müssen, geringer ausfallen. Wegen der geringeren Geschwindigkeiten sind auch die Geschwindigkeitschwankungen weniger erheblich. Daher kommen bei der Seilfahrt auch diejenigen Unfälle seltener vor, die durch ein unzeitiges Eingreifen der Fangvorrichtung verursacht werden, wenn infolge rascher Steigerung der Geschwindigkeit die Bedingungen des freien Falles des niedergehenden Fördergestelles nahezu erreicht werden (vgl. Ziff. 204). Die Fangvorrichtung kann dann vorübergehend einschnappen, so daß das Fördergestell hängen bleibt und sich über ihm Hängeseil bildet, durch dessen Gewicht schließlich das Fördergestell wieder zum Fallen gebracht und infolgedessen ein Seilbruch verursacht werden kann. Endlich sind wegen der geringeren Geschwindigkeiten auch Entgleisungen und Zusammenstöße von Fördergestellen mit nachfolgendem Seilbruch bei der Seilfahrt kaum zu befürchten.

Die Bedeutung der Fangvorrichtungen für die Seilfahrt ist allerdings in den letzten Jahrzehnten zurückgegangen, und zwar sowohl an und für sich wegen der bedeutend gesteigerten Sicherheit der Förderseile (s. Ziff. 150) und Zwischengeschirrteile, als auch verhältnismäßig wegen der aus Abb. 602 sich ergebenden großen Bedeutung der weiter unten zu besprechenden Sicherheitsvorrichtungen gegen Übertreiben und zu hartes Aufsetzen.

Wesentlich anders sind die Fangvorrichtungen bei der Förderung zu beurteilen. Hier ist zunächst ihr Nutzen umstritten. Denn einmal sind die zu fangenden Massen und die zu vernichtenden lebendigen Kräfte sehr bedeutend. Infolgedessen müssen die Fangvorrichtungen, wenn sie für alle Fälle stark genug sein sollen, sehr kräftig und schwer gebaut werden, wodurch nicht nur die tote Förderlast unliebsam gesteigert, sondern auch die Betätigung der Fangvorrichtungen während der Seilfahrt ungünstig beeinflußt wird. Ferner werden aus dem gleichen Grunde auch die Schachtleitungen und Einstriche, überhaupt der ganze Schachtein- und -ausbau im Falle des Eingreifens der Fänger stark beansprucht, so daß hier größere Zerstörungen möglich sind und dadurch das Fangen vereitelt oder doch eine größere Betriebstörung als durch das einfache Abstürzen des Fördergestelles verursacht werden kann. Außerdem aber ist auch infolge der größeren Geschwindigkeitschwankungen die Möglichkeit eines unzeitigen Eingreifens der Fangvorrichtungen mit seinen schädlichen Folgen hier größer als bei der Seilfahrt. Daher hat man sich z. B. im französischen Bergbau dahin entschieden, die Fangvorrichtungen nur für die Seilfahrt zu fordern, für die Förderung dagegen ihre Verriegelung zu gestatten, die ihre Wirkung ausschließt.

Im deutschen Bergbau sind Fangvorrichtungen für die wichtigsten Bergbaubezirke vorgeschrieben.

Eine Übersicht über die bekannt gewordenen Fälle des Eingreifens der Fangvorrichtungen bei der Förderung einerseits und bei der Seilfahrt ander-

seits gibt die nachfolgende Zusammenstellung für den Oberbergamtsbezirk Dortmund für die Zeit von 1890—1902[1]).

Die Fangvorrichtungen haben bei 180 Gelegenheiten

gefangen		versagt	
während der Seilfahrt	während der Förderung	während der Seilfahrt	während der Förderung
in 9	in 117	in 1	in 53 Fällen.

Es ergibt sich hieraus zunächst, daß die Fangvorrichtungen in der Mehrzahl der Fälle tatsächlich gewirkt haben. Ferner läßt diese Zusammenstellung erkennen, daß bei der Seilfahrt das Eingreifen der Fangvorrichtung bedeutend seltener eintritt als bei der Förderung und der Erfolg des Eingreifens sicherer ist als bei der letzteren. Unter den 126 Fällen, in denen die Fangvorrichtungen gewirkt haben, befinden sich 37 Fälle, in denen sie zur Unzeit eingegriffen haben.

202. — Abhängigkeit des Fangvorganges von den Förderverhältnissen. Die Wirksamkeit der Fangvorrichtungen ist, wie vorhin schon angedeutet wurde, von den näheren Umständen des Seilbruches u. dgl. abhängig[2]). Erfolgt der Bruch unmittelbar über dem hochgehenden Fördergestell, so wird dieses noch während einer ganz kurzen Zeit seinen Weg nach aufwärts fortsetzen und dann zu fallen beginnen. Eine rechtzeitig eingreifende Fangvorrichtung wird also fast nur das Gewicht des Gestelles selbst mit beispielsweise 9000 kg zu halten haben. Geht dagegen das Fördergestell im Augenblick des Seilbruches abwärts, so sind die zu leistenden Fangarbeiten bei verschiedenen Fördergeschwindigkeiten und verschieden langen Zeitzwischenräumen zwischen Seilbruch und Fangen in runden Zahlen folgende:

Fördergeschwindigkeit in m	Fangarbeit bei einer Verzögerung des Fangens um		
	0,2	0,4	0,8 Sek.
	kg	kg	kg
10	65 500	88 500	145 000
20	220 000	260 000	355 000

Bei Förderung mit Unterseil werden die Beanspruchungen der Fangvorrichtungen wesentlich stärker.

Tritt der Seilbruch in größerer Höhe über einem Fördergestell ein, so wird der Fangvorgang durch den über diesem hängenden „Seilschwanz" wesentlich beeinflußt. Zunächst kommt dessen Gewicht zu dem des Förderkorbes und Unterseiles hinzu, so daß die Fangvorrichtung eine erheblich größere

[1]) Glückauf 1903, Nr. 31, S. 729; Harte: Die bisherige Anwendung von Fangvorrichtungen in den Seilfahrtschächten des Oberbergamtsbezirks Dortmund.

[2]) Näheres s. bei Undeutsch: Theorie, Konstruktion, Prüfung und Regelung der Fallbremsen und Energie-Indikatoren, (Leipzig, Deuticke), 1905; ferner Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hütt.-Wes. 1906, Nr. 19, S. 105 u. f.; Undeutsch: Kritische Besprechung gefährlicher Fall- und Fangergebnisse usw.

Arbeit zu leisten hat. Sodann muß bei den bisher meist gebräuchlichen Fangvorrichtungen die Feder der Fangvorrichtung in möglichst kurzer Zeit den Seilschwanz mit beschleunigen, also für eine große Leistung bemessen und entsprechend kräftig ausgeführt werden, was wieder zur Folge hat, daß ein unbeabsichtigtes Eingreifen begünstigt wird. Außerdem kann bei den nicht entsprechend gebauten Fangvorrichtungen der Seilschwanz durch Hängenbleiben an der Zimmerung den Zustand des am Seile hängenden Förderkorbes wieder herstellen und dadurch die Fangvorrichtung außer Eingriff bringen.

Endlich ist auch der Zustand der Schachtleitungen an der Fangstelle von wesentlicher Bedeutung für den Erfolg der Fangarbeit. Holzführungen sind an manchen Stellen durch Verschleiß stark geschwächt, bieten allerdings anderseits den Vorteil einer Erleichterung der Fangarbeit, indem die Fänger tief in das Holz einschneiden können, während bei Eisenleitungen nur mit einer Klemmwirkung oder einem oberflächlichen Einschneiden gerechnet werden kann und durch die Schmierung der Leitungen die Fangwirkung beeinträchtigt wird.

203. — Allgemeine Anforderungen an Fangvorrichtungen. Von einer Fangvorrichtung ist nicht nur eine unbedingt sichere Wirkung auch im ungünstigsten Falle (Seilbruch bei dem mit höchster Geschwindigkeit niedergehenden Gestell mit voller Belastung, Unterseil und anhängendem Seilschwanz) zu verlangen, sondern es darf auch diese Wirkung nicht zu plötzlich eintreten. Denn wenn das Fangen mit einem Ruck erfolgt, so sind bei der Seilfahrt schwere Beschädigungen der Fahrenden zu befürchten; bei der Mineralförderung aber wird dann der Schachteinbau in stärkster Weise beansprucht, so daß die Gefahr besteht, daß er nachgibt. Ferner soll die Fangvorrichtung namentlich bei niedergehendem Fördergestell nicht zu spät eingreifen, damit nicht in den bis zum Eingreifen verstreichenden Bruchteilen von Sekunden das Fördergestell eine zu große Beschleunigung erlangt. Außerdem muß verlangt werden, daß die Fangvorrichtung in ihrer Wirkung möglichst wenig von dem jeweiligen Zustande der Schachtleitungen abhängig ist. Weiterhin darf das Gewicht der Fangvorrichtung nicht zu groß sein, damit nicht die tote Last unnötig vermehrt und überdies die Fangarbeit durch größere Beanspruchung der Fänger noch weiter erschwert wird. Die Fangvorrichtung soll ferner betriebsicher sein, d. h. aus nicht zu vielen, voneinander abhängigen Einzelteilen, wie Gelenken, Hebeln, Schrauben, Zahnrädern u. dgl. zusammengesetzt sein und nicht einzelne besonders empfindliche und leicht zerstörbare oder leicht sich festsetzende Teile enthalten. Weiterhin sollen die Fangvorrichtungen bei Beschleunigungen innerhalb der bei der regelrechten Förderung mit dem Beschleunigungsmesser (vgl. Ziff. 147) festgestellten Grenzen nicht eingreifen, damit Störungen in der Förderung vermieden werden.

Da diese Anforderungen sich teilweise widersprechen, so ist es erklärlich, daß trotz der großen Zahl von Fangvorrichtungen keine als völlig einwandfreie Lösung der ganzen Aufgabe angesehen werden kann.

204. — Grundgedanken für den Bau von Fangvorrichtungen. Von Wichtigkeit ist bei der Wirkung der Fangvorrichtungen einerseits die Geschwindigkeit, die das Fördergestell bis zum Augenblicke des Festhaltens erlangt, und anderseits die Verzögerung, die durch die von der Fang-

vorrichtung ausgeübte Kraft (Fangkraft) herbeigeführt wird. Auf der Wirkung der Verzögerung beruht ausschließlich die für den Fangvorgang — insbesondere bei der Seilfahrt — so wichtige Milderung des Fangstoßes; je geringer die Verzögerung ist, um so schwächer wird dieser Stoß, um so sanfter also der Fangvorgang. Nach Jordan ist eine Verzögerung von etwa 10 m in der Sekunde noch zulässig. Zur Verzögerung steht der Weg, während dessen der Förderkorb zur Ruhe gebracht wird (der Bremsweg), im umgekehrten Verhältnis, und zwar kann man nach Jordan für größere Geschwindigkeiten v angenähert annehmen:

$$s = \frac{v^2}{2b},$$

wenn s den Bremsweg in m und b die (gleichmäßige) Verzögerung in m in der Sekunde bedeutet.

In Abb. 603 ist der Fangvorgang nach seinem zeitlichen Verlauf für die beiden Geschwindigkeiten 10 und 15 m des abwärtsgehenden Förderkorbes durch die Linien I und II veranschaulicht. Die Aufwärtskrümmung im Anfang der Linien wird durch die Beschleunigung des nach dem Seilbruch frei fallenden Korbes bis zum Eingreifen der Fangvorrichtung bedingt, das hier nach 0,2 Sekunden (entsprechend einer Beschleunigung von rd. 2 m) angenommen ist. Die Verzögerungen beim Fangvorgang betragen $\frac{12}{5{,}6} \sim 2{,}15$ bzw. $\frac{17}{6{,}5} \sim 2{,}62$ m in der Sekunde.

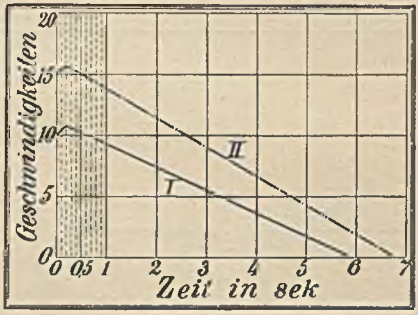


Abb. 603. Zeitbild der Fangvorgänge bei 2 verschiedenen Geschwindigkeiten und Verzögerungen.

Für die Erzeugung der Fangkraft steht in der Regel nur das Gewicht der zu fangenden Massen zur Verfügung. Dieses muß nach dem Vorstehenden nicht nur die während des freien Falles gebildete lebendige Kraft vernichten, sondern auch noch sich selbst tragen. Es muß also durch eine Übersetzung (Keil, Hebel, Kniehebel usw.) auf die Fänger wirken, weil es ohne eine solche nicht ausreichen würde. Verfügt jedoch die Fangvorrichtung über eine selbständige Kraftquelle (z. B. Preßluft, gespannte Kohlensäure), so kann sie eine vom Förderkorbgewicht unabhängige Fangkraft ausüben.

Für Fangkraft und Bremsweg gilt, wenn die Fangkraft mit R und die zu fangende Last mit Q bezeichnet wird, folgende Gleichung:

$$(R - Q) \cdot s = \frac{Q \cdot v^2}{2g},$$

also $s = \frac{Q \cdot v^2}{2g \cdot (R - Q)}$. Setzt man das Verhältnis $\frac{R}{Q} = \alpha$, also $R = \alpha \cdot Q$, so wird

$$s = \frac{Q \cdot v^2}{2g \cdot Q(\alpha - 1)} = \frac{v^2}{2g \cdot (\alpha - 1)}.$$

Bei einer bestimmten Bremskraft wächst mithin der Bremsweg im quadratischen Verhältnis mit der Geschwindigkeit, die der Förderkorb in dem Augenblick erlangt hat, in dem der Fangvorgang beginnt.

Hiernach und nach den obigen Ausführungen ergeben sich beispielsweise folgende Werte für das Fangen eines abwärtsgehenden Korbes:

Geschwindigkeit des Korbes vor dem Seilbruch m	Dauer des freien Falles nach dem Seilbruch sek	Endgeschwindigkeit bei Beginn des Fangvorganges m	Freie Fallhöhe m	α	Bremsweg m	Verzögerung m i. d. Sek.
5	0,3	$5 + 2{,}95 = 7{,}95$	1,94	2,2	2,9	10,8
				1,8	4,0	7,6
20	0,3	$20 + 2{,}95 = 22{,}95$	6,44	2,2	24,4	10,8
				1,8	34,5	7,6

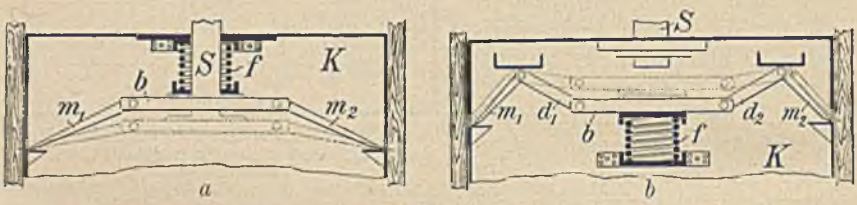


Abb. 604 *a* und *b*. Verschiedenartige Anordnung der Feder bei Fangvorrichtungen.

Die Verzögerung ist also bei beiden Geschwindigkeiten jeweils gleich, da sie nur von dem Verhältnis α der Fangkraft zur Last abhängt. Sie ist auch bei $\alpha = 2{,}2$ noch nicht zu hoch.

Die Fangwirkung kann entweder durch Bremsung (mit Hilfe von Bremsbacken oder Keilen) oder durch Einschneiden der Fänger in die Schachtleitungen erzielt werden. Sie ist im ersteren Falle von der Reibung, im letzteren von dem Widerstand der Leitung gegen das Eindringen der Fänger abhängig.

Fast stets wird die Betätigung der Fangvorrichtung durch die Entspannung einer Feder bewirkt oder wenigstens eingeleitet. Das Fangen erfolgt am besten in der Weise, daß jede Schachtleitung von beiden Seiten her durch je einen Fänger erfaßt wird, da die Schachtleitungen dann ihren größten Widerstand ausüben können (s. die Abbildungen 605 – 607 u. 609), wogegen ein einseitiger Druck des Fängers gegen die Vorderseite der Leitungen (Abb. 604) die Gefahr des Durchdrückens der Leitungen oder des Nachgebens der Einstriche naherückt.

Wegen der allmählichen Abnahme der Federspannung ist eine häufige Nachprüfung der Federn und eine der verminderten Spannung entsprechende Änderung der Stellung der Fänger unerläßlich.

Die Feder *f* wird in der Regel zwischen Seil und Förderkorb eingeschaltet: diese Anordnung läßt Abb. 604a erkennen, in der *K* den Förderkorb, *S* die Königstange, *f* die Feder, *b* die unter diese fassende Brücke und m_1 m_2 die Fänger bedeuten. Sie kann aber auch zwischen Förderkorb und einem

besonderen Gewicht (der Brücke *b* in Abb. 604*b*) eingebaut werden. Im letzteren Falle wird der beim Beschleunigungsmesser (Abb. 559) verwertete Gedanke benutzt, daß beim freien Fall das Gewicht gleich schnell mit dem Förderkorbe abstürzt und dadurch die Feder sich entspannen kann.

Schwierig ist die Frage der richtigen Federspannung. Spannt man die Feder sehr stark, so sichert man allerdings eine kräftige Wirkung, rückt aber anderseits auch die Gefahr des unbeabsichtigten Eingreifens und der raschen Schwächung der Feder nahe. Beschränkt man dagegen mit Rücksicht auf die letzteren Gesichtspunkte die Federspannung, so läuft man Gefahr, daß diese namentlich bei einem längeren Seilschwanz zur rechtzeitigen Beschleunigung der Fänger nicht ausreicht[1]). Bei den neuzeitlichen Fangvorrichtungen sucht man beiden Gesichtspunkten gleichzeitig Rechnung zu tragen, indem man die Federspannung durch einen Anschlag an der Königstange (*b* in Abb. 607 auf S. 537) auf ein gewisses Maß begrenzt, anderseits den

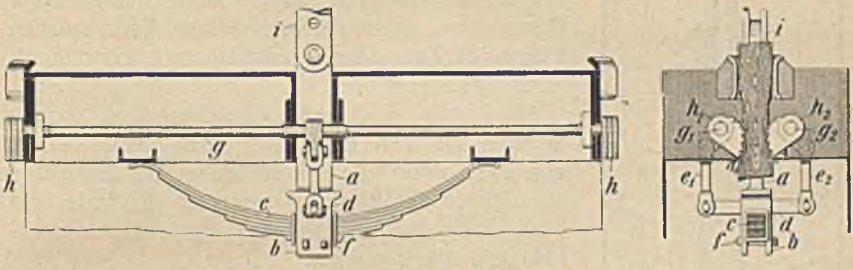


Abb. 605. Fangvorrichtung von White & Grant.

Fangvorgang durch die Feder nur einleiten, dagegen durch eine andere Kraft zu Ende führen läßt. In diesem Falle vermeidet man auch die Möglichkeit, daß die Fangvorrichtung durch Hängenbleiben des Seilschwanzes nachher wieder ausgelöst wird. — Man wählt im allgemeinen die Federspannung so groß, daß sie etwa dem 0,8fachen des Gewichtes des leeren Förderkorbes entspricht[2]), geht aber bei Preßluft-Fangvorrichtungen (Ziff. 206) bis auf 0,25 dieses Gewichtes herunter.

205. — Ältere Fangvorrichtungen. Die Fangvorrichtungen von Fontaine und Lohmann[3]) arbeiteten mit schneidenden Hebeln, die von vorn gegen die Spurlatten gedrückt wurden. Eine Fangvorrichtung mit Schneidwirkung für eiserne Schachtleitungen ist diejenige von Hypersiel[4]). Hier dient als Fänger eine die Leitschiene von beiden Seiten umfassende Fangklaue, die von einer Spiralfeder durch Vermittelung einer Hebelübertragung vorgedrückt wird; während der Förderung wird die Spiralfeder durch Einwirkung des Seilzuges auf eine Kette, die mit der Königstange gekuppelt ist, gespannt gehalten. Wenn man Fänger aus gehärtetem Stahl

[1]) Vgl. Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hütt.-Wes. 1914, Nr. 15 u. f., S. 197 u. f.; Czaplinski: Die Wirkung der Fangvorrichtungen in tiefen Schächten.

[2]) S. das auf S. 459 in Anm. [2]) angeführte Buch von Möhrle, S. 72.

[3]) Selbach in dem auf S. 529 in Anm. [2]) angeführten Aufsatz, S. 40, (Tafel I, Fig. 1).

[4]) Sammelwerk Bd. V, S. 343.

und Führungschienen aus Flußeisen verwendet, kann man ein Einschneiden der Fänger in die Schienen erzielen.

Mit gezahnten Exzentern greift die Fangvorrichtung von White & Grant (Abb. 605) die Spurlatten von beiden Seiten an. Die gezahnten Klauen $h_1 h_2$ sind exzentrisch auf die Wellen $g_1 g_2$ aufgekeilt. Die Drehung der Wellen erfolgt durch die Hebelübertragung $e_1 e_2$ von der Blattfeder c aus, die durch den Seilzug mittels der Königstange a, der Gabel b und der Keile f für gewöhnlich gespannt gehalten wird, so daß die Fangklauen in zurückgezogenener Stellung verharren und erst im Falle des Seilbruches durch Entspannung der Feder zum Eingreifen gebracht werden. Um die Wahrscheinlichkeit des Eingreifens möglichst zu erhöhen, sind die Zähne der Fänger nicht einfach, sondern aus mehreren Reihen zusammengesetzt, deren Schneiden gegeneinander versetzt sind.

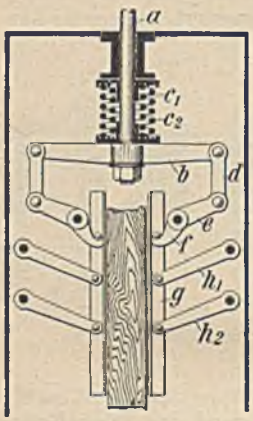


Abb. 606.
Schema der Fangvorrichtung von Lessing.

Ein Übelstand dieser Fangvorrichtung ist einmal der starke Stoß beim Eingriff infolge des geringen Bremsweges, anderseits die Gefahr einer raschen Füllung der Zahnschneiden mit Holzspänen, wodurch sie unwirksam werden.

Auch die Hohmannsche Fangvorrichtung[1]) beruhte auf dem Eingreifen gezahnter Scheiben, und zwar waren diese kreisförmig und lagen lose in schrägen Schlitzen, in denen sie sich unter der Einwirkung des Federdruckes gegen die Schachtleitungen hin bewegten.

Bei der Lessingschen[2]) Fangvorrichtung (Abb. 606) wurde eine möglichst stoßfreie Fangwirkung dadurch angestrebt, daß Bremsbacken gegen die Schachtleitungen angepreßt wurden. Die Backen g, wurden von den „Fingern" f getragen und mittels der Lenker $h_1 h_2$ geführt. Die Finger waren um 2 im Fördergestell festverlagerte Wellen drehbar. Die Betätigung erfolgte von den Federn $c_1 c_2$ aus mit Hilfe der Brücke b, die durch Vermittelung der Zugstangen d auf die Hebelarme e der Finger wirkte. Die Lenkerpaare stellten Kniehebel dar, die während des Fangens mehr und mehr durchgedrückt wurden. Da die Stützpunkte dieser Lenkhebel in den Seitenwandungen des Fördergestelles lagen, so wurden diese auf Durchbiegung beansprucht; damit wurde die ganze, im Fördergestell vorhandene Spannkraft zur Fangarbeit mit herangezogen und der Stoß beim Fangen noch weiter gemildert. — Solche Fangvorrichtungen mit Bremsbacken und Anpressung durch Federdruck sind stark von dem jeweiligen Zustande der Schachtleitungen abhängig.

Auf einem ähnlichen Gedanken beruhte die Fallbremse von Hoppe[3]). Bei dieser wurden die Bremsbacken durch Vermittelung eines federnden Knie-

[1]) Sammelwerk Bd. V, S. 342.
[2]) Sammelwerk Bd. V, S. 339.
[3]) Selbach in dem auf S. 529 in Anm. [2]) angeführten Aufsatze, S. 68, (Tafel II, Fig. 52); — ferner Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1899, S. 199; Versuche und Verbesserungen.

hebels angepreßt. Die Fangvorrichtung war gut durchdacht, hat sich aber wegen des großen Gewichtes und verwickelten Baues nicht behaupten können.

Andere Fangvorrichtungen, wie z. B. diejenige von Libotte[1]), arbeiteten mit Keilwirkung, indem durch die Entspannung der Federn mittels einer Hebelübertragung Keilstücke zwischen die Schachtleitungen und die nach unten hin sich entsprechend erweiternden Führungsschuhe eingeschoben wurden.

206. — Neuzeitliche Fangvorrichtungen. Die neuzeitlichen Fangvorrichtungen sind durch das Bestreben gekennzeichnet, den Bremsweg möglichst zu verlängern, die Bremskraft zu vergrößern und die Fangwirkung vom Zustande der Schachtleitungen und von der Länge eines etwaigen Seilschwanzes unabhängig zu machen.

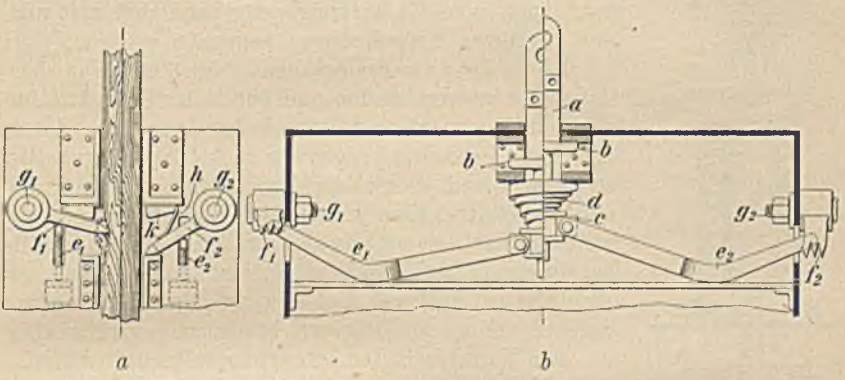


Abb. 607 *a* und *b*. Wirkungsweise der Fangvorrichtung von Undeutsch.
(Rechts: Zustand während der Förderung, links: Zustand nach erfolgtem Seilbruch.)

Bei der Fangvorrichtung von Undeutsch[2]) (Abb. 607a und b) dient die Feder *d* nur dazu, im entspannten Zustande mittels des Querstückes *c* die Stützhebel $e_1 e_2$, die auf einem Querstege aufliegen, mit ihren inneren Enden zu senken und infolgedessen ihre anderen Enden an den Außenseiten des Fördergestelles anzuheben. Dadurch werden die gezahnten Fänger $f_1 f_2$, unter die diese Stützhebel fassen, in Eingriff mit den Spurlatten gebracht und schneiden in diese hinein, so daß sie auch bei etwaiger erneuter Anspannung der Feder durch den sich festklammernden Seilschwanz nicht mehr zurückfallen können. Durch das Gewicht des Förderkorbes, der von den Drehachsen der Fänger getragen wird, werden diese dann immer tiefer eingedrückt, bis sie schließlich an den Keilflächen *k* ihre Hubbegrenzung nach oben hin finden. Durch dieses allmähliche Anwachsen des Widerstandes wird eine ausreichend sanfte, bremsende Wirkung erzielt. Je nach den Gewichtsverhältnissen und der Breite der Spurlatten können Keilstücke mit mehr oder weniger steilen Winkeln eingesetzt werden, so daß die Tiefe des Eindringens der Fänger geregelt werden kann. — Ähnlich wirkt die Fangvorrichtung von Münzner in Obergruna i. S.

[1]) Selbach in dem nebenstehend angeführten Aufsatze, S. 77, (Tafel II, Fig. 65).
[2]) Glückauf 1907, Nr. 35, S. 1100 u. f.; Undeutsch: Die Ergebnisse und Untersuchungen der Transvaaler Seilfahrtkommission.

Jordan[1]) geht bei seiner Fangvorrichtung von dem bereits von Schweder[2]) benutzten Gedanken aus, die Klemmbacken durch ein gepreßtes Gas andrücken zu lassen. Und zwar verwendet er Preßluft, wogegen Schweder Kohlensäure anwandte. Bei dieser Betätigung der Fangvorrichtung ergibt sich der Vorteil, daß für den Fangvorgang große Kräfte zur Verfügung gestellt werden können, die das früher lediglich in Betracht kommende Gewicht des Förderkorbes weit übersteigen. Ferner braucht die Feder — ebenso wie bei den Fangvorrichtungen von Undeutsch und Münzner — den Fangvorgang nur einzuleiten, so daß ihre Stärke leicht in den Grenzen gehalten werden kann, wie die Sicherung gegen ein unzeitiges Eingreifen sie erfordert. Überdies entspricht die Anordnung der Feder dem in Abb. 604*b* (S. 534) dargestellten Grundgedanken, so daß die Feder mit dem Seilschwanz nichts zu tun hat. Auch kann die Wirkung weitgehend abgestuft und den jeweiligen Erfordernissen angepaßt werden.

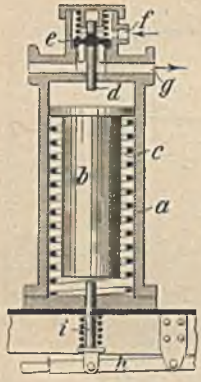


Abb. 608. Das Ventil der Jordan-Bremse und seine Betätigung.

Bei der Jordan-Bremse dient (Abb. 608) die in dem Zylinder *a* untergebrachte und durch das Gewicht *b* für gewöhnlich gespannt gehaltene Feder *c* nur dazu, durch Heben des Gewichtes *b* gegen den Stift *d* das Tellerventil *e* zu öffnen und damit die Verbindung zwischen der vom Preßluftbehälter kommenden Leitung *f* und der zum Druckzylinder führenden Leitung *l* (vgl. Abb. 610) herzustellen. Der Handhebel *h* dient dazu, mittels des abgefederten Stiftes *i* das Gewicht künstlich hochzudrücken und so die Fangvorrichtung nachzuprüfen. Die aus dem Vorratsbehälter entnommene Preßluft wirkt in einem Arbeitszylinder gegen einen Kolben, der eine bewegliche Bremsbacke gegen eine feste preßt; beide nehmen also die Schachtleitung zwischen sich, wobei Ungleichmäßigkeiten in deren Stärke keine Rolle spielen. Die Preßluft soll während der Förderung durch die Bewegung des Förderkorbes selbst mittels eines kleinen Kompressors erzeugt werden.

Die Jordansche Fangvorrichtung, die auf einer gründlichen Erforschung der Bremskraft und Bremswiderstände aufgebaut ist, hat sich bei Aufzügen in zahlreichen Ausführungen vorzüglich bewährt, ist aber für die Schachtförderung vor der Hand noch als zu empfindlich anzusehen.

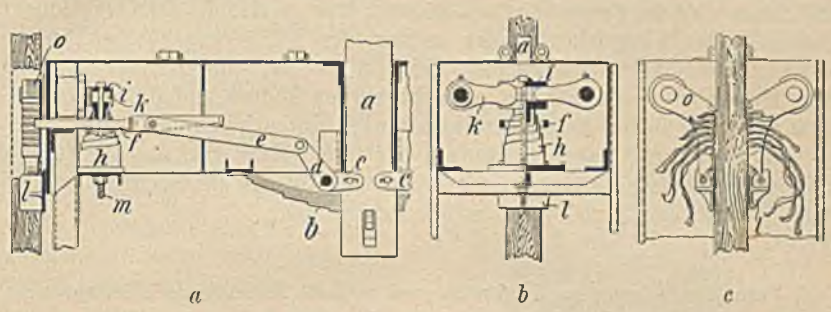
Die Fangvorrichtung von Schönfeld[3]) ist für hölzerne Spurlatten bestimmt. Sie greift auf den Gedanken des Einschneidens von gezahnten Exzentern in die Spurlatten zurück, sorgt aber für rasche Abführung der entstehenden Späne, so daß diese sich nicht in die Zähne setzen und den Fangvorgang beeinträchtigen können. Dadurch wird außerdem das weitere Nachdrücken der Federn entbehrlich, weshalb diese wie bei der Undeutschschen Fangvorrichtung nur für die Einleitung des Fangvorganges zu sorgen

[1]) Zeitschr. des Vereins Deutscher Ingenieure 1920, Nr. 35 u. f., S. 697 u. f.; Jordan: Absturzsicherheit und Leistungsfähigkeit bei Aufzügen und Schachtanlagen.

[2]) S. den umstehend genannten Aufsatz von Undeutsch, S. 1100 u. f.

[3]) Glückauf 1922, Nr. 13, S. 365 u. f.; Schönfeld: Die Fangvorrichtung mit Feder und mit Preßluftantrieb.

haben, während nachher die Fänger sich selbsttätig weiter einschneiden. Die Fangvorrichtung wird durch Abb. 609 *a* — *c* veranschaulicht. Im Falle des Seilbruches zieht die Blattfeder *b* die Königstange *a* abwärts und beseitigt damit durch Zurückziehen der Hebelverbindung *cde* die Sperrung der Fänger *o* durch die Gabel *f* (Abb. 609 *b*). Dadurch kommt die aufgespeicherte



a *b* *c*

Abb. 609 a—c. Fangvorrichtung von Schönfeld.

Kraft der gespannten Pufferfedern *h* zur Geltung, wodurch die Fänger gegen die Spurlatten gepreßt werden (Abb. 609 *c*). Da die Ebenen der Fängerschneiden schräg zu den Spurlatten verlaufen, so greifen die Fänger mit allmählich zunehmender Fläche, also gleichmäßig anwachsender Kraft an; die dabei entstehenden Hobelspäne werden, wie die Abbildung zeigt, durch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Schneiden nach außen abgeführt.

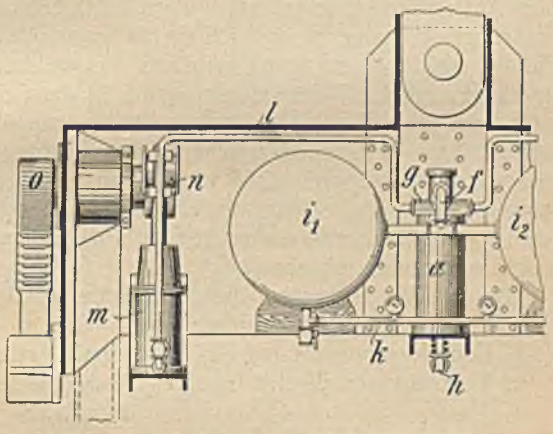


Abb. 610. Fangvorrichtung mit Preßluftantrieb Jordan-Schönfeld.

Um auch für den Fall eines längeren Seilschwanzes Vorsorge zu treffen, für dessen rechtzeitige Beschleunigung die Federn *g* nicht ausreichen würden, hat Schönfeld neuerdings seine Fangvorrichtung mit der Jordanschen Bremse vereinigt. Bei dieser Anordnung (Abb. 610) wird der Fangvorgang durch die Bewegung der in Abb. 608 dargestellten Feder in dem Zylinder *a* eingeleitet, die in der bereits erwähnten Weise die Druckluft aus den Behältern $i_1 i_2$ durch die Rohrleitungen *l* in die Zylinder *m* treten läßt, in denen sich Arbeitskolben bewegen, die durch Vermittelung von Schubstangen und von Hebeln *n* die Fangklauen *o* anpressen. Diese Verbindung beider Fangvorrichtungen ist in erster Linie für Treibscheibenförderungen bestimmt, da bei diesen mindestens ein Förderkorb einen längeren Seilschwanz über sich haben wird.

207. — Fangvorrichtungen für Seilführungen. Die für Seilführungen bestimmten Fangvorrichtungen beruhen teilweise auf dem Grundgedanken der Bremswirkung, indem in die Führungsbüchsen Keilstücke eingeschoben werden, die sich zwischen diese und die Seile einklemmen. Ein anderer Gedanke liegt der Fangvorrichtung von Solfrian[1]) zugrunde. Bei dieser wird der Fangwiderstand dadurch erzeugt, daß die Seile eingeknickt werden. Das Einknicken erfolgt mittels der Seilführungsbüchsen, indem diese von einem beweglichen Mittelstück aus durch Vermittelung von Hebeln in die Schräglage gebracht werden können, sobald durch Entspannung der Feder dieses Mittelstück nach unten geschoben wird.

Bei derartigen Fangvorrichtungen liegt die Gefahr vor, daß die für die einzelnen Führungseile bestimmten Fänger nicht genau gleichzeitig eingreifen und dadurch der Korb schief gestellt werden kann.

β. Vorrichtungen gegen das Übertreiben und zu harte Aufsetzen der Fördergestelle.

208. — Überblick. Während der Nutzen der Fangvorrichtungen ein begrenzter und nicht ganz unbestrittener ist, sind auf der anderen Seite, wie Abb. 602 auf S. 529 erkennen läßt, bei den heutigen großen Schachttiefen und entsprechenden Fördergeschwindigkeiten die zum rechtzeitigen Anhalten der Fördergestelle am Ende ihres Weges bestimmten Sicherheitsvorrichtungen von immer größerer Bedeutung geworden. Man kann schon das Weglassen der Aufsetzvorrichtungen am Füllort (Ziff. 165) zu diesen Sicherheitsvorrichtungen rechnen, da dadurch ein zu hartes Aufsetzen des Fördergestelles infolge nicht rechtzeitigen Anhaltens ausgeschlossen wird. In Schächten, in denen in dieser Weise gefördert wird, ist dann die Bedeutung der in Rede stehenden Sicherheitsvorrichtungen etwas geringer. Denn es gehört schon ein größeres Versehen oder eine größere Störung im Gange der Maschine dazu, das Fördergestell über die Hängebank bis unter die Seilscheiben zu ziehen, wogegen ein Zufall, der ein geringes Übertreiben und damit für das niedergehende Gestell ein zu hartes Aufsetzen zur Folge hat, wesentlich leichter vorkommen kann.

Bei den Vorrichtungen, die ein Übertreiben der Fördergestelle verhüten sollen, kann man unterscheiden:

1. Einrichtungen, die auf das Fördergestell selbst einwirken, und
2. Vorkehrungen, die den Gang der Fördermaschine zu beeinflussen suchen.

aa) Einwirkung auf die Fördergestelle selbst.

209. — Gegeneinander geneigte Spurlatten. Das einfachste Mittel zum Anhalten eines zu hoch gezogenen Fördergestelles besteht in einer Annäherung oder einer Verdickung der Spurlatten oberhalb der Hängebank, wodurch der Zwischenraum zwischen ihnen nach oben hin allmählich verringert wird und die Gestelle dadurch festgeklemmt werden. Solche Einrichtungen eignen sich besonders für mäßig schwere, mit geringen Geschwindigkeiten bewegte Förderschalen. Für die großen und schweren Gestelle und die hohen

[1]) S. den auf S. 529 in Anm. [2]) angeführten Aufsatz von Selbach, S. 71.

Fördergeschwindigkeiten und gewaltigen lebendigen Kräfte der im Bergbau unserer Zeit häufig anzutreffenden großen Fördermaschinen erfordern sie einen sehr langen Bremsweg, d. h. eine große Höhe des Fördergerüstes, damit der Neigungswinkel der Spurlatten gegen die Senkrechte möglichst klein gehalten werden kann. Anderenfalls lassen die Wirkungen eines solchen gewaltsamen Anhaltens für Förderkorb, Seil, Seileinband, Seilscheiben und Fördermaschine sich nicht übersehen und beherrschen.

Gut bewährt haben sich die gegeneinander geneigten Spurlatten unterhalb des Füllortes, wo sie das harte Aufsetzen im Falle nicht rechtzeitiger Stillsetzung der Fördermaschine verhüten sollen und nur mäßige Beanspruchungen auszuhalten haben. Sie sind hier für den Oberbergamtsbezirk Dortmund bergpolizeilich vorgeschrieben.

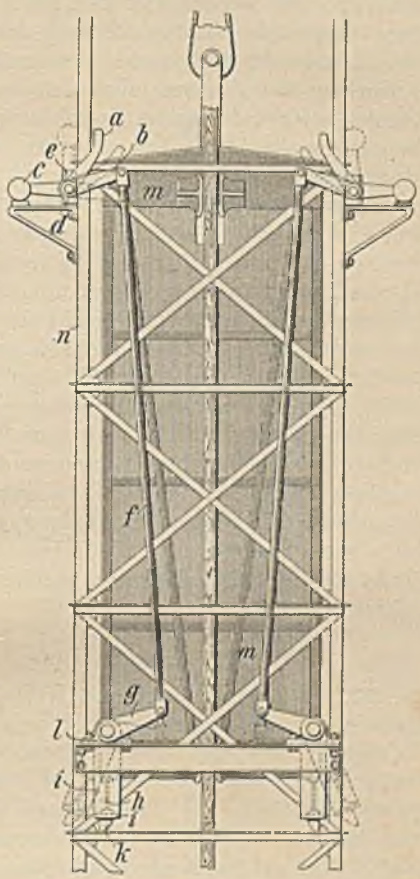


Abb. 611. Crämersche Auffang-Vorrichtung für übergetriebene Förderkörbe.

210. — Seilauslösevorrichtungen. Ein weniger gewaltsames Mittel, das längere Zeit hindurch vielfach angewandt worden ist, liefern die sog. Seilauslösevorrichtungen. Der Grundgedanke ist die Aufhebung der Verbindung zwischen Seil und Fördergestell im Notfalle, wogegen für gewöhnlich diese Verbindung durch eine für den regelrechten Betrieb der Förderung ausreichende Sicherung aufrecht erhalten wird Die Auslöser haben die gemeinsame Eigentümlichkeit, daß an einer genügend hoch über der Hängebank liegenden, aber noch weit genug von den Seilscheiben entfernten Stelle des Seilscheibengerüstes ein Trichter eingebaut wird, der dem Seil den Durchgang gestattet, dagegen der gegen ihn gezogenen Auslösevorrichtung den Weg versperrt, so daß deren Sicherung durchschnitten und das Seil freigegeben wird. Die Sicherung besteht bei diesen Vorrichtungen in Kupferstiften oder Kupferröhrchen.

Gut durchgebildet ist die Auslösevorrichtung von Haniel & Lueg[1]), deren Scherenteile oben mit hakenartigen Vorsprüngen versehen sind, mit denen sie sich nach der Auslösung auf den oberen Rand des Trichters

[1]) S. die 2. Aufl. dieses Bandes, S. 512 u. Fig. 538.

hängen, so daß dadurch der vom Seile gelöste Förderkorb gleich festgehalten wird.

Die Auslösevorrichtungen haben den großen Übelstand, daß sie das Seil vollständig freigeben. Wird die Maschine nach erfolgter Auslösung nicht rechtzeitig zum Stillstand gebracht, so kann das Seil bis in den Maschinenraum gezogen werden und dort große Verwüstungen anrichten. Außerdem wird durch die ständige Reibung des Seiles an den Wandungen des Auslösetrichters der Seilverschleiß vergrößert. Ferner macht man durch das Freigeben des Fördergestelles sich von seinem sicheren und rechtzeitigen Fangen nach der Auslösung abhängig, wodurch eine weitere Unsicherheit hineingebracht wird. Daher werden die Seilauslöser bei uns nicht mehr angewandt.

211. — **Fangstützen (Notkeps) für übergetriebene Förderkörbe.** Für den Fall, daß infolge Übertreibens des Förderkorbes über die Hängebank das Seil reißt und der Förderkorb zurückfällt, werden besondere Fangstützen oberhalb der Hängebank eingebaut, die vor dem hochgehenden Gestell ausweichen, um dann in den Schacht zurückzufallen und das stürzende Gestell zu fangen. Diese früher durch Gegengewicht oder Federkraft zurückgeworfenen Stützen werden nach einer neueren Ausführung der Maschinenfabrik J. H. Crämer in Dortmund vom Förderkorbe zwangläufig bewegt. Dieser schlägt (Abb. 611) mit seinem Deckel den auf der Welle *d* sitzenden Hebel *a* zurück und bringt dadurch das Kippgewicht *c* zum Überschlagen, wodurch mittels der Hebelübertragung *bfg* die eisernen Fangträger *h*, die bis dahin (s. die gestrichelte Stellung) seitwärts ausgeschwenkt lagen, beiderseits unter den Boden des Förderkorbes geschoben werden. Mittelst der Füße *k* wird das Hebelwerk nachher wieder in die ursprüngliche Lage gebracht.

bb) Beeinflussung der Fördermaschine.

212. — **Grundgedanken.** Weil die eigentliche Ursache des Übertreibens in der Fördermaschine zu suchen ist, hat man sich neuerdings mit Erfolg bestrebt, auf diese einzuwirken. Und zwar bestand diese Einwirkung früher darin, daß man die Bremse auflwerfen und nach Bedarf auch durch Schließung der Drosselklappe den Dampf absperren ließ, während man bei den neuesten Vorrichtungen noch einen Schritt weiter gegangen ist und Einfluß auf die Steuerung selbst zu gewinnen gesucht hat.

213. — **Teufenzeiger und Geschwindigkeitsmesser.** Ein einfaches und unerläßliches Hilfsmittel für die sichere Führung der Fördermaschine ist der Teufenzeiger. Er besteht meist aus 2 kleinen Schlitten, die sich an einem senkrechten Ständer auf und ab bewegen, der in verkleinertem Maßstabe den Förderschacht wiedergibt und somit die jeweilige Stellung der Fördergestelle in diesem erkennen läßt. Auch kann man statt der senkrechten eine bogenförmige Teilung benutzen, auf der ein drehend bewegter Zeiger spielt.

Der Teufenzeiger ist besonders wichtig für die Treibscheibenförderung, da er hier den einzigen Anhalt für die Stellung der Fördergestelle im Schachte bietet, wogegen bei der Trommelförderung auch die Zahl der noch auf der Trommel liegenden Seilwindungen und die auf dem Seile angebrachten

Marken eine gewisse Hilfe geben. Dennoch ist gerade bei der Förderung mit Treibscheibe die sichere Anzeige des Teufenzeigers erschwert. Denn wenn dieser, wie das bei Trommelmaschinen stets geschieht, von der Welle der Fördermaschine aus mittels eines Zahnrad- oder Schneckengetriebes angetrieben wird, so kommt in seiner Anzeige ein Gleiten des Seiles auf der Treibscheibe, mit dem stets in geringem Maße gerechnet werden muß, nicht zur Geltung. Man muß daher bei solchen Maschinen den Teufenzeiger anders antreiben oder ständig überwachen und seine Angaben täglich berichtigen.

Besonders wichtig ist die richtige Angabe des Teufenzeigers dort, wo er mit einer Sicherheitsvorrichtung gegen das Übertreiben (Ziff. 214—216) in Verbindung steht.

Mit dem Teufenzeiger ist in der Regel die Warnglocke verbunden, die auf das bevorstehende Ende des Treibens aufmerksam macht und deren Klöppel durch eine Wandermutter meist vor Beginn der zweitletzten Umdrehung der Maschine betätigt wird.

Als Geschwindigkeitsmesser wird jetzt durchweg derjenige von Karlik benutzt, dessen Wirkung darauf beruht, daß der Spiegel einer Flüssigkeit (Quecksilber) in einem mit einem Mittelschenkel und 2 Außenschenkeln versehenen Rohre durch die Schwungkraft bei der Drehung im Mittelschenkel gesenkt und in den Außenschenkeln gehoben wird. Durch einen im Mittelschenkel auf- und abbewegten Schwimmer kann diese Bewegung auf einen Zeiger übertragen und außerdem auch auf einer durch ein Uhrwerk gedrehten Papierrolle ständig aufgezeichnet werden, so daß sowohl augenblicklich als auch nachträglich jederzeit die Feststellung der Fördergeschwindigkeit möglich ist.

214. — Ältere Sicherungsvorrichtungen. Die Vorrichtungen, die ein Aufwerfen der Bremse zum Ziele haben, wurden zunächst in einfacher Weise mit dem Teufenzeiger und der Warnglocke in Verbindung gebracht. Meist wird bei derartigen Anordnungen die zur Betätigung der Warnglocke dienende Wandermutter benutzt, indem diese bei der höchsten Stellung des Fördergestelles an der Hängebank unmittelbar vor einem Nocken anlangt. Gegen diesen stützt sich von der anderen Seite ein Hebel, der mittels eines großen Gewichtes nach Freigabe herumgeworfen wird und dann durch eine Zugstange den Schieber der Dampfbremse öffnet. Wird das Gestell über die Hängebank gezogen, so schiebt sich die Wandermutter dementsprechend noch ein Stück weiter, drückt den Nocken zurück und gibt dadurch den Hebel frei.

Diese einfache Vorrichtung hat sich jedoch als unzureichend erwiesen, da die lebendige Kraft eines mit voller Geschwindigkeit an der Hängebank ankommenden Fördergestelles in Verbindung mit derjenigen der bewegten Massen der Seile, der Seilscheiben und der Fördermaschinen heute in vielen Fällen zu groß ist, als daß durch Aufwerfen der Bremse diese Massen bei dem verhältnismäßig kurzen Bremswege zwischen Hängebank und Seilscheiben noch mit Sicherheit aufgehalten werden könnten. Nun wird allerdings in den meisten Fällen die Geschwindigkeit eines der Hängebank sich nähernden Fördergestelles bereits stark vermindert sein. Jedoch muß man, wie schlimme Erfahrungen gezeigt haben, immer mit der Möglichkeit der vollen Geschwindigkeit an der Hängebank rechnen.

215. — **Neuere Hemmvorrichtungen.** Man ist daher in neuerer Zeit weiter gegangen und wirkt bereits früher auf das im Schachte sich bewegende Gestell ein, so daß es überhaupt nicht mehr mit einer gefährlichen Geschwindigkeit an die Hängebank gelangen kann.

Die Wirksamkeit solcher Sicherheitsvorkehrungen beruht auf dem Zusammenarbeiten von zwei Bestandteilen. Der eine ist ein mit der Achse der Fördermaschine fest verbundenes Glied nach Art eines Teufenzeigers, das aus 2 Schlitten oder dgl. besteht, die sich ebenso wie die Schlitten eines Teufenzeigers bewegen. Ein zweiter Bestandteil der Vorrichtung ist mit Nasen oder Haken versehen, auf welche die Schlitten sich aufsetzen, wenn die Geschwindig-

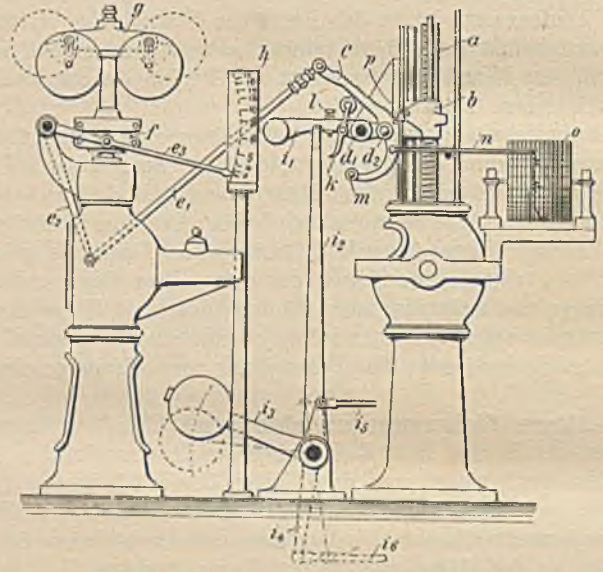


Abb. 612. Sicherheitsvorrichtung von Baumann.

keit an irgend einer Stelle des Schachtes eine für diese Stelle nicht zulässige Größe überschreitet. Dieser Teil wird nämlich von einem Regler aus bewegt, so daß seine Bewegung je nach den Geschwindigkeiten der Maschine verschieden ist.

Eine der ersten Vorrichtungen dieser Gattung war diejenige des Ingenieurs Römer[1]) in Freiberg. Eine andere Ausführung ist von Baumann[2]) angegeben, die gemäß Abb. 612 in folgender Weise wirkt: Der mit einem Gegengewichtsarm i_3 versehene Hebel i_2 stützt sich gegen einen Einschnitt in dem Hebel i_1, so daß er nach dessen Anhebung herunterfällt und damit sowohl die Schieberstange der Dampfbremse mittels der Zugstange i_5, als auch die Drosselklappe der Dampfleitung mittels der Hebelstange i_6 betätigen kann. Auf dem anderen Endpunkt des Hebels i_1 sitzt nun, um den Bol-

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1898, S. 87; Mellin: Über Sicherheitsapparate an Fördermaschinen. — Sammelwerk Bd. V, S. 447 u. f.

[2]) S. die in Anm. [1]) genannte Abhandlung von Mellin, S. 89.

zen d_2 drehbar, die gezahnte Schwinge c. Mit einem der Zähne dieser Schwinge kann der Schlitten b, der sich an der von der Welle aus gedrehten Schraubenspindel a auf- und abschieben kann, mittels seiner Nase p in Berührung kommen, sofern nicht durch einen nach links unten gerichteten Zug an der Stange e_1 die Schwinge dem Bereich der Nase p entzogen wird. Die Bewegung von e_1 wird mit Hilfe der Muffe f und des Winkelhebels $e_2 e_3$ von dem Regler g bewerkstelligt. Je langsamer nämlich die Maschine sich bewegt, um so mehr sinkt der Regler und damit die Muffe f nach unten, um so weiter wird also die Schwinge c zurückgezogen. Gleichzeitig gestattet ein mit dem Regler verbundener Zeigerhebel e_3, die Geschwindigkeit der Maschine an der Einteilung h abzulesen. Ein Eingreifen der Sicherheitsvorrichtung wird durch den mit der Schwinge c verbundenen Schreibstift n auf dem Papier der Trommel o vermerkt. Dieses Papier ist durch Horizontallinien nach Tagen und Stunden eingeteilt, so daß nachträglich abgelesen werden kann, wie oft und wann der Maschinist es zu einer zu großen Geschwindigkeit hat kommen lassen und dieser dadurch zu vorsichtigerem Fahren veranlaßt wird.

Eine solche Vorrichtung wird nun so eingestellt, daß beispielsweise die Geschwindigkeit in einer Teufe von

60 m unter Tage den Betrag von 15 m,
30 „ „ „ „ „ „ 8 „
10 „ „ „ „ „ „ 3 „

nicht überschreiten kann, ohne daß das Eingreifen der Vorrichtung erfolgt.

Außerdem wird aber auch die Überschreitung der überhaupt im Schachte zulässigen Höchstgeschwindigkeit verhütet. Steigt nämlich der Regler zu hoch, so stößt die an dem unteren Hebelarm der Schwinge c sitzende Druckrolle m gegen den Schraubenstift l, dessen Stellung geregelt werden kann, und löst dadurch den Hebel i_2 aus. Bei der Seilfahrt tritt diese Wirkung schon bei geringerer Geschwindigkeit ein, indem die Klappe k, die mit dem Hebel i_1 fest verbunden ist, herumgelegt wird, so daß die Druckrolle m bereits früher Widerstand findet.

Andere Vorrichtungen dieser Art[1]) waren diejenigen von Müller, Jetschin, Thyssen, der Gute-Hoffnungshütte u. a.

216. — Einwirkung auf die Steuerung der Fördermaschine. Die nur auf die Bremse und die Drosselklappe wirkenden Vorrichtungen haben verschiedene Nachteile. Zunächst verursacht das plötzliche Aufwerfen der Bremse starke und schädliche Rucke im Seile, im Gestell und in der Maschine und wirkt bei Seilfahrt auch nachteilig auf die Fahrenden. Bei Förderungen mit Treibscheibe kann durch das plötzliche Anhalten ein Gleiten des Seiles auf der Scheibe eintreten. Beim Vorhandensein eines Unterseiles bringt die scharfe Bremsung die oben (S. 518) geschilderte Gefahr des Zurückschlagens des Unterseiles mit sich. Die Betätigung

[1]) S. die nebenstehend in Anm. [1]) genannte Abhandlung von Mellin, S. 91 u. f.; — ferner Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1899, S. 199; Versuche und Verbesserungen; — ferner Sammelwerk Bd. V, S. 450 u. f.

der Drosselklappe aber hat das Bedenkliche, daß dadurch gerade im gefährlichsten Augenblick dem Maschinenführer die Herrschaft über die Maschine, die er sonst zum Gegendampfgeben ausnutzen könnte, gänzlich genommen wird.

Die neueren Regelvorrichtungen greifen die Gefahr an ihrer Wurzel an, indem sie sich nicht mit dem Aufwerfen der Bremse und dem Schließen der Drosselklappe begnügen, sondern unmittelbar auf die Steuerung der Maschine einwirken. Sie haben sich als brauchbar erwiesen und sind daher auch trotz der Ausbildung der regelbaren Bremse, die einen stoßfreien Bremsangriff ermöglicht und so die Nachteile des Aufwerfens der Bremse erheblich abschwächt, weiter ausgebildet worden.

Den Anstoß zu diesen Bestrebungen, auf die Steuerung unmittelbar zu wirken, hat die elektrische Fördermaschine mit Leonard-Schaltung gegeben, bei der eine vorzügliche Regelung dadurch geboten ist, daß jeder Stellung des Anlasserhebels eine ganz bestimmte Geschwindigkeit der Maschine entspricht. Man kann also hier durch Einwirkung auf den Anlasser, die selbsttätig vom Teufenzeiger aus stattfinden kann, die Geschwindigkeit der Maschine beliebig beeinflussen. Eine Ausführung dieses Gedankens stellt der sog. Retardierapparat der Siemens-Schuckert-Werke dar. Bei diesem sind mit dem Teufenzeiger verbunden und mit ihm von der Achse der Fördermaschine aus zu bewegen zwei unrunde Scheiben, von denen die eine für den Vorwärtsgang, die andere für den Rückwärtsgang der Maschine bestimmt ist. Auf diesen Scheiben gleiten nun zwei Rollen, die auf einem zweiarmigen Hebel sitzen, dessen anderes Ende mit dem Steuerhebel verbunden ist. Gegen das Ende eines Treibens sind die Rollen vor den Verdickungen der genannten Scheiben angelangt. Läuft nun die Maschine noch weiter, so werden die Rollen auf diesen Ansätzen nach oben geschoben und drücken dadurch selbsttätig den Steuerhebel nach und nach in die Mittelstellung, machen also den Motor der Maschine allmählich stromlos. Man kann auf diese Weise sogar erreichen, daß die Maschine sich ohne Beisein des Maschinenführers selbsttätig stillstellt. Bedingung ist allerdings, daß die Stellung des Teufenzeigers und damit diejenige der beiden Scheiben stets genau der Stellung der Förderkörbe im Schachte entspricht, worauf gemäß Ziff. 213 besonders bei Treibscheiben zu achten ist.

Die große Sicherheit der elektrischen Fördermaschine verschaffte ihr einen erheblichen Vorsprung vor der Dampffördermaschine, zumal außerdem auch noch infolge der gleichmäßigen Geschwindigkeit des Elektromotors das Schlagen des Förderseiles, das bei der Dampffördermaschine ziemlich beträchtlich werden kann, fast ganz beseitigt wird und infolgedessen die Fördergestelle sich so ruhig im Schachte bewegen, daß die Bergbehörde auch für die Seilfahrt Fördergeschwindigkeiten von 10 — 12 m zugelassen hat.

Neuerdings sind jedoch auch Dampfmaschinen mit einer ähnlichen Regelung ausgerüstet worden, indem auch hier in verschiedenen Ausführungsformen eine zwangläufige Verbindung zwischen Teufenzeiger und Steuerhebel geschaffen worden ist. Doch greifen solche Vorrichtungen zu sehr in das Gebiet der Maschinentechnik über, als daß sie hier im

einzelnen besprochen werden könnten[1]). Die Stellung der Dampffördermaschine im Vergleich zu der elektrisch angetriebenen Maschine ist dadurch wieder günstiger geworden.

4. Signal-Vorrichtungen bei der Schachtförderung.

217. — **Überblick.** Für die Verständigung mit Hilfe von Signalen bei der Schachtförderung kommen drei Hauptfälle in Betracht, nämlich:

1. Verständigung zwischen Füllort bzw. Zwischensohle und Hängebank,
2. Verständigung zwischen Hängebank und Fördermaschine,
3. Signalgebung von einer beliebigen Stelle des Förderschachtes aus bei Schacht-Ausbesserungsarbeiten, Besichtigungen, Unfällen usw.

Ihrem Grundgedanken nach können die Signale sein:

1. akustische oder Hörsignale und
2. optische oder Schausignale; auch gibt es
3. Signalvorrichtungen, die sich gleichzeitig an Ohr und Auge wenden.

218. — **Akustische Signale.** Die einfachste und lange Zeit ausschließlich in Benutzung gewesene Hörsignalgebung ist diejenige mittels des einfachen Hammers, der durch Drahtzug bewegt wird und gegen eine Blechplatte schlägt. In neuerer Zeit ist mit zunehmender Tiefe der Schächte diese einfache Signalgebung mehr und mehr zurückgedrängt worden. Denn der lange Draht stellt ein großes Gewicht dar, ist dem Rosten ausgesetzt und gestattet keine sichere Feststellung, ob das beabsichtigte Signal auch tatsächlich übermittelt worden ist, weil die Trägheit des Drahtes infolge seiner großen Länge erheblich ist. Es lag daher nahe, zu den auch sonst viel gebräuchlichen elektrischen Signalvorrichtungen überzugehen, die in der Tat jetzt auf einer großen Reihe von Schachtanlagen in Benutzung sind und in deren Vervollkommnung das letzte Jahrzehnt große Fortschritte gebracht hat.

219. — **Elektrische Signalvorrichtungen**[2]). Eine gewöhnliche elektrische Signalanlage besteht aus drei Hauptteilen:

a) der Stromquelle, als welche man eine besondere galvanische Batterie, einen Induktor oder ein vorhandenes Starkstromnetz verwenden kann;
b) dem Stromkreise, der den Strom fortleitet, und
c) der Glocke, die das Signal ertönen läßt.

Je nachdem, ob (wie bei Hausklingeln) eine große Anzahl hintereinander folgender Töne oder nur je ein Ton gegeben wird, unterscheidet man die „Rasselwecker" einerseits und die „Einschlagwecker" anderseits. Bei den ersteren ist ein Unterbrecher (Wagnerscher Hammer) erforderlich. Beim Einschlagwecker dagegen ist ein solcher Hammer nicht vorhanden; vielmehr wird bei ihm durch Betätigung des Klöppels, der gegen die Glocke schlägt,

---

[1]) Näheres s. Glückauf 1910, Nr. 28, S. 1045; Dr. Hoffmann: Die Lenkung von Fördermaschinen usw.; — ferner Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1911, Nr. 48, S. 2002; Wallichs: Die neuere Entwickelung der Fördermaschinenantriebe und der Sicherheitsvorrichtungen; — ebenda 1922, Nr. 8 u. f., S. 173 u. f.; Dr. Hoffmann: Die Fahrtregler der Dampffördermaschinen.

[2]) Näheres s. bei Ryba: Die elektrischen Signalvorrichtungen der Bergwerke (Brüx, Kunz), 1906, S. 82 u. f.; — ferner Kali 1914, Nr. 12, S. 286 u. f.; F. Wolf: Neuere Signaleinrichtungen in Bergwerken.

der Stromkreis endgültig unterbrochen. Rasselwecker gestatten im Gegensatz zu den Einschlagweckern auch eine Unterscheidung der Signale nach längerer oder kürzerer Dauer der einzelnen Töne. Sie finden besonders auch für Notsignale Verwendung, bei denen eine längere Dauer des Ertönens der Glocke erwünscht ist.

Wo Mißverständnisse durch gleichzeitige Signalisierung an verschiedenen Stellen möglich sind, wie z. B. bei Doppelförderungen, bei gleichzeitiger Bedienung der Fördergestelle von mehreren Bühnen aus usw., werden zweckmäßig Signalglocken verschiedener Klangfarbe verwendet, indem z. B. die eine Glocke aus Bronze, die andere aus Stahl hergestellt wird oder die eine Signalübertragung mit Einschlag-, die andere mit Rasselweckern arbeitet.

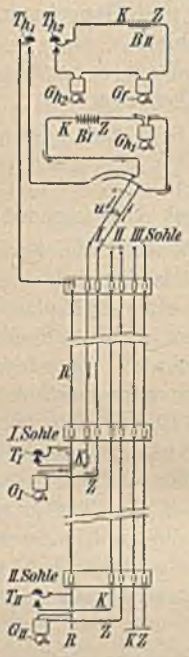


Abb. 613. Schaltungsschema einer elektrischen Schachtsignalanlage.

Das Schema einer einfachen elektrischen Signalanlage wird durch Abb. 613[1]) veranschaulicht. Hier ist zunächst die Vorsichtsmaßregel getroffen, für die Rückleitung des Stromes nicht die Erde, sondern eine besondere Drahtleitung Z zu benutzen, weil sonst durch einen Isolationsfehler, der an einer Stelle einen unbeabsichtigten Erdschluß schafft, Kurzschluß entstehen und das Ertönen der Signalglocken zur Unzeit veranlaßt werden kann. Ferner ist die Signalanlage mit „Rückstrom" eingerichtet, d. h. es ist an jeder Stelle, wo Signale gegeben werden, eine Signalglocke (G_{I}, G_{II} usw.) angebracht, die gleichzeitig mit der Hinaussendung der Signale in den Stromkreis betätigt wird. So z. B. ist in der Abbildung der Fall einer Signalgebung auf der I. Sohle durch Niederdrücken der Taste T_{I} dargestellt. Aus dem Verlauf der Strompfeile ist zu erkennen, daß der von der galvanischen Batterie B_{I} durch die Leitung K zugeführte Strom nicht nur die Glocke G_{h_1} an der Hängebank, sondern auch die Glocke G_{I} auf der I. Sohle zum Ertönen bringt. Auf diese Weise hört der Anschläger jedes Signal, das er gibt, selbst und hat eine sichere Überwachung nicht nur über die von ihm gegebenen Signale, sondern auch über das Vorhandensein von Strom in der Leitung. Diese Möglichkeit ist gleichzeitig ein weiterer wesentlicher Vorzug der elektrischen Signalanlagen überhaupt.

Damit die von den Anschlägern der einzelnen Sohlen gegebenen Signale sich nicht durchkreuzen können, ist die Einrichtung so getroffen, daß der Anschläger an der Hängebank mittels einer Kontaktbrücke u nur immer diejenige Sohle (in der Abbildung die I. Sohle) in den Stromkreis einschaltet, mit der er sich verständigen will.

Der Taster T_{h_1} mit der Leitung R und der Rückstromglocke G_{h_1} ist für Signale bestimmt, die der Anschläger an der Hängebank seinerseits nach unten geben will und die durch die Glocken G_{I} usw. vermittelt werden.

---

[1]) Glückauf 1907, Nr. 27, S. 844; Schmiede: Die elektrischen Schachtsignalanlagen.

Für die Verständigung zwischen Hängebank und Fördermaschine ist eine besondere Stromquelle B_{II} mit selbstständigem Stromkreise vorhanden. Der Maschinist hört also nicht die zwischen den Anschlagstellen gewechselten Signale („Verständigungsignale"), sondern erhält sein Signal („Ausführungsignal") lediglich von dem Hauptanschläger der Hängebank mittels der Taste T_{h_2} und der Glocke G_f, wobei gleichzeitig an der Hängebank die Rückstromglocke G_{h_2} ertönt.

220. — Optische Signale. Die für das Auge berechneten Signale haben den Vorteil, daß sie von dem am Schachte herrschenden Lärm nicht übertönt werden können, daß sie ferner im Gegensatz zu den vergänglichen Hörsignalen dauernd sichtbar bleiben und dadurch Mißverständnisse besser ausschließen und daß sie sich endlich auch für den Fall besonders gut eignen, daß für verschiedene, nicht weit voneinander entfernte Punkte je eine selbständige Signalanlage eingerichtet werden soll.

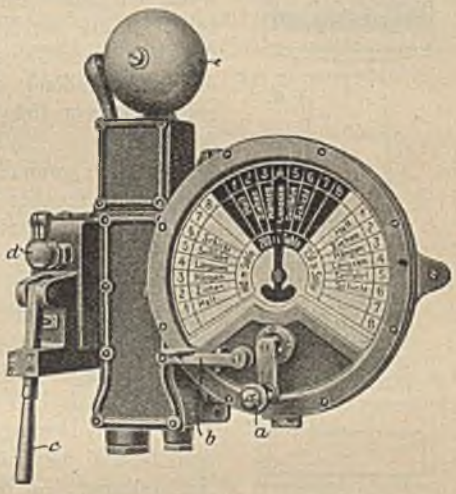


Abb. 614. Zeigertelegraph („Geber" und „Empfänger") von Siemens & Halske für Signalgebung von 3 Sohlen.

Dieser letztere Fall liegt bei der Bedienung mehrbödiger Fördergestelle mit Hilfe mehrerer Abzugbühnen vor, wo sich dann die Notwendigkeit ergibt, daß einerseits die Anschläger der Nebenbühnen ihre Signale dem Anschläger der Hauptbühne übermitteln und daß anderseits dieser letztere das Signal zur Hängebank bzw. zur Maschine weitergibt. In diesem Falle würden bei Hörsignalen Glocken mit verschiedener Klangfarbe zu verwenden, trotzdem aber noch leicht Mißverständnisse möglich sein. Bei optischer Signalgebung dagegen kann die Verständigung in der Weise erfolgen, daß[1]) jedem Nebenanschlag eine bestimmte Nummer entspricht, die möglichst deutlich (z. B. schwarz auf weißem Grunde) bei der Betätigung der Signalvorrichtung erscheint und mit der Weitergabe des Signales zur Hängebank bzw. Maschine durch den Anschläger der Hauptbühne wieder zum Verschwinden gebracht wird, so daß der Anschläger gleichzeitig eine Gewähr für richtige Signalgebung hat. Auf diese Weise wird auch die erneute Signalgebung beim nächsten Treiben ermöglicht und jedem Hilfsanschläger die Gewißheit gegeben, daß sein Signal verstanden worden ist.

221. — Vereinigte Hör- und Schausignale. Zu einer Verbindung der akustischen mit den optischen Signalen eignet sich in vorzüglicher Weise die elektrische Signalgebung, und zwar in der Form der

[1]) Vgl. z. B. Sammelwerk Bd. V, S. 353.

sog. Zeigertelegraphen, die z. B. auf Schiffen schon seit langer Zeit für die Verbindung zwischen Kapitän und Maschinenraum gebräuchlich sind. Derartige Einrichtungen, wie sie besonders von der Gesellschaft Siemens & Halske in Berlin geliefert werden, können beispielsweise nach Abb. 614 aus einem Zifferblatt bestehen, das mit entsprechenden Aufschriften, wie „Auf", „Halt", „Seilfahrt" usw., in radialer Teilung versehen ist. Durch eine Drehkurbel *a* kann der Zeiger nach Belieben auf das eine oder andere dieser Felder gestellt werden, womit sich dann auch der Zeiger des Empfängertelegraphen entsprechend einstellt. Meist ist dabei die Einrichtung so getroffen, daß jedesmal, wenn der Zeiger ein Feld weiter rückt, ein Schlag ertönt, so daß der Nummer jedes Signalfeldes die Zahl der auf dieses Signal entfallenden Schläge entspricht. Jeder Anschläger sieht also das Signal, das er gegeben hat, vor sich und kann außerdem durch Zählen der Schläge, die mittels Rückstrom-Glocke ihm selbst vernehmlich gemacht werden, sich von der Richtigkeit seiner Signalgebung überzeugen.

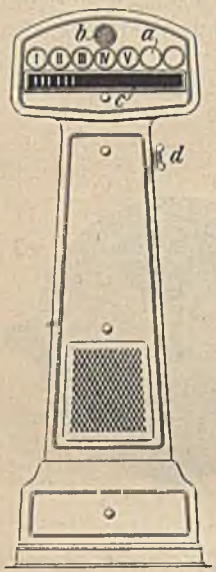


Abb. 615. Signalständer für elektrische Hör- und Schausignalgebung.

Gibt beispielsweise der Anschläger der 200 m-Sohle das Signal „Halt", so stellen sich die Zeiger der Empfängerscheiben auf dieser Sohle und an der Hängebank auf das entsprechende Feld der mittleren Abteilung, wobei gleichzeitig die Glocke *e* einmal ertönt. Der Anschläger an der Hängebank gibt das Signal mittels des Hebels *c* zur Maschine weiter und stellt dann durch Drehung der Kurbel *a* den Zeiger seiner Scheibe und derjenigen auf der II. Sohle wieder in die Nullstellung. Um das zu können, muß er die Taste *b* niederdrücken und damit den Läutestrom ausschalten, so daß die Glocke dabei nicht betätigt wird. Die Taste *d* ist für Notsignale bestimmt.

Neuerdings hat die Gesellschaft auch[1]) das Hörsignal mit dem Schausignal in der Weise verbunden, daß durch die Stromstöße beim Signalisieren auf einem durch ein Uhrwerk bewegten Papierstreifen Löcher hergestellt werden, die durch Spiegelung mit Hilfe einer Lichtquelle bequem sichtbar gemacht werden.

Andere Ausführungen der elektrischen Signalgebung sind diejenigen der Deutschen Telephonwerke, die Karlikschen und die Anlagen des Hauses Neufeldt & Kuhnke in Kiel, dessen Signalständer Abb. 615 veranschaulicht[2]). Dieser trägt in seinem Kopfteil die Signaltafel, im Schaft den Wecker, die Nothupe und die erforderlichen Hilfsvorrichtungen. In den Fenstern *a* erscheint durch Aufleuchten einer Glühlampe die jeweils bediente Sohle; *b* ist das bei Seilfahrt beleuchtete Fenster und *c* der Schlitz, in dem die Schausignale erscheinen. Diese werden dadurch gegeben, daß ein

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1911, S. 143; Versuche und Verbesserungen.

[2]) Glückauf 1922, Nr. 1, S. 20; Dr. Matthiaß: Die optisch-akustischen Schachtsignalanlagen auf Schacht 4 der Gewerkschaft Friedrich Thyssen.

durch den Strom betätigter und in der Schlitzrichtung verschiebbarer Hammer jedesmal ein Bündel frei auf einer Welle pendelnder Eisenblechlamellen hochschlägt. *d* ist ein „Quittungschalter", den der Maschinist umlegt, wenn er vom Anschläger das Signal „Seilfahrt" erhält; der Schalter läßt an der Hängebank die Seilfahrtslampe aufleuchten.

222. — Signalisierung zur Fördermaschine. Fernsprecher. Der Fördermaschinist erhielt bei uns früher das Ausführungsignal lediglich durch den Hauptanschläger der Hängebank. Die elektrische Signalgebung hat es aber ermöglicht, auch die vom Füllortanschläger gegebenen Signale zur Kenntnis des Maschinisten zu bringen, ohne diesen zu verwirren. Es geschieht dies am einfachsten mit Hilfe von Zeigertelegraphen nach Abb. 614 und 615 in der Weise, daß durch die Signalisierung vom Füllorte aus nur der Zeiger auf der Signalscheibe im Maschinenraume bewegt wird und erst das durch den Hängebankanschläger gegebene Ausführungsignal auch die zugehörigen Töne in diesem Raume erzeugt. Auf diese Weise kann der Maschinist die Signalisierung nachprüfen. Außerdem empfiehlt sich eine Verbindung durch Sprachrohr oder Fernsprecher zwischen Hängebank und Fördermaschine, damit in ungewöhnlichen Fällen der Maschinenführer genau aufgeklärt und eine besondere Führung der Maschine verabredet werden kann.

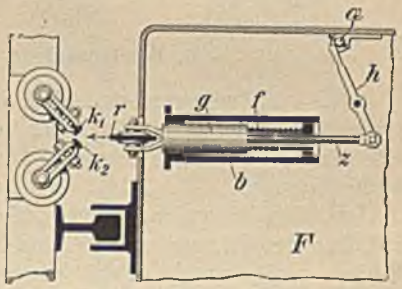


Abb. 616. Vorrichtung zur Signalgebung vom Förderkorbe aus.

Fernsprechvorrichtungen sind überhaupt neuerdings in steigendem Maße auch unter Tage (s. Ziff. 88) zur Ergänzung der Signalvorrichtungen in Gebrauch gekommen. Sie werden in wasserdichten Gehäusen untergebracht, um gegen die Grubenfeuchtigkeit möglichst geschützt zu werden, und mit Rücksicht auf den an den Anschlägen herrschenden Lärm als sog. „lautsprechende Telephone" mit kräftiger Schallwirkung eingerichtet.

223. — Signalgebung vom Förderkorbe aus. Die einfachste Signalgebung vom Förderkorbe aus ist diejenige durch Schläge gegen das Seil, wie sie bei Arbeiten im Schachte angewandt wird. Doch versagt dieses Hilfsmittel, wenn die Fahrenden nicht auf, sondern in dem Förderkorbe stehen. Auch die für mäßige Teufen sehr zweckmäßige Signalisierung mit Hilfe von Sirenen, Hupen u. dgl. ist bei Betätigung innerhalb des Förderkorbes nicht für tiefe Schächte geeignet.

Für größere Teufen sind daher auf manchen Gruben Signaleinrichtungen mit Drahtzug[1]) verwandt worden, bei denen ein Draht im Schachte herabhängt und durch verschiedenartige Vorrichtungen vom Förderkorbe aus gezogen werden kann. Solche Drähte können entweder zur unmittelbaren Erzeugung von Tönen durch Betätigung von Schlaghämmern u. dgl. oder

[1]) S. das auf S. 547 in Anm. [2]) angeführte Buch von Ryba: Die elektrischen Signalvorrichtungen der Bergwerke, S. 101 u. f.

zur mittelbaren Signalisierung durch Schließung eines elektrischen Stromes benutzt werden.

Da aber die Drähte leicht reißen können und auch (bei elektrischer Übermittelung) durch ihr Schlingern Kurzschlüsse und damit falsche Signale möglich sind, so sind von der Gesellschaft Siemens & Halske[1]) Kontaktschienen $k_1 k_2$ (Abb. 616) vorgeschlagen worden, die an den Einstrichen mit Hilfe von Porzellanisolatoren befestigt und oben an eine Stromquelle und eine Glocken-Signalanlage angeschlossen sind, so daß durch Verbindung beider Schienen ein Signalstrom durch die Anlage geschickt werden kann. Diese Verbindung wird vom Fördergestell aus mittels einer doppelt-konischen Rolle mit Metallscheibe r in der Mitte geschaffen, die nach Lösung einer Sperrung (in der Abbildung durch den den Hebel h sperrenden Bolzen a angedeutet) durch den Druck der Feder f elastisch zwischen die Kontaktschienen $k_1 k_2$ gepreßt wird.

5. Fördergerüste und Seilscheiben[2]).

224. — Fördergerüste. Bei der Ausgestaltung der die Seilscheiben tragenden Fördergerüste ist außer den auftretenden Zugkräften einmal die erforderliche Höhe und ferner die Art der Verlagerung der Seilscheiben zu berücksichtigen.

Die Höhe wird in erster Linie durch die Erwägung bedingt, daß zwischen der Hängebank und den Seilscheiben ein genügender Spielraum bleiben muß, um im Falle eines Übertreibens eine gewisse Sicherheit zu bieten. Je größer also das Gewicht und die Geschwindigkeit der Fördergestelle und die Schwungmassen der Fördermaschine sind, um so höher muß das Gerüst werden. Außerdem kommt hier noch die Höhe der Hängebank in Frage. Da man nämlich wegen des Haldensturzes und der Verladung für die Abzugbühne eine gewisse Höhe über dem Gelände nötig hat, so schafft man auf allen größeren Schachtanlagen über der natürlichen oder „Rasenhängebank", die in der Höhe der Schachtmündung liegt, eine künstliche zweite Hängebank; bei Benutzung mehrerer Abzugbühnen kommen noch weitere Hängebänke hinzu. Die Rasenhängebank dient dann zum Einhängen von schweren Maschinenteilen, von Holz, Schienen, Bergen, zum Einbau neuer Fördergestelle u. dgl.

Was die Verlagerung der Seilscheiben betrifft, so können diese neben- und übereinander liegen. Ersteres ist der Fall bei Fördermaschinen mit Seiltrommeln oder Bobinen, weil deren Breite bzw. Abstand zur Verringerung der schädlichen seitlichen Seilablenkung einen seitlichen Abstand der Seilscheiben erforderlich macht, der am besten gleich der Entfernung von Mitte zu Mitte Trommel bzw. Bobine ist. Bei Fördermaschinen mit Treibscheibe dagegen ist es aus demselben Grunde erwünscht, die Seilscheiben unter sich und mit der Treibscheibe in eine

[1]) Glückauf 1911, Nr. 4, S. 155; Weise: Signalisieren und Telephonieren vom fahrenden Förderkorb.

[2]) Näheres s. Möhrle: Das Fördergerüst usw. (Breslau, Phönix-Verlag), 1909.

seigere Ebene zu verlegen, so daß dann die Seilscheiben übereinander zu liegen kommen. Für Rundseile wird im allgemeinen ein größter Seilablenkungswinkel von $1^1/_2{}^0$ noch als zulässig betrachtet.

Das Fördergerüst muß hauptsächlich die durch die Maschine und die Förderlast ausgeübten Zugkräfte aufnehmen, während seine Beanspruchung durch das Eigengewicht der Seilscheiben und des Gerüstes selbst im Vergleich dazu gering ist.

Bei gemauerten Schachttürmen werden die Seitenkräfte durch starke Strebepfeiler aufgenommen. Die Seilscheiben ruhen hier auf Sprengwerken.

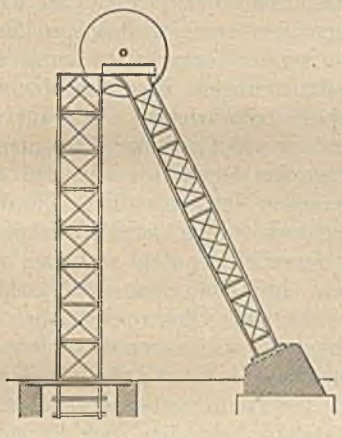


Abb. 617. Seitenansicht eines eisernen Fördergerüstes.

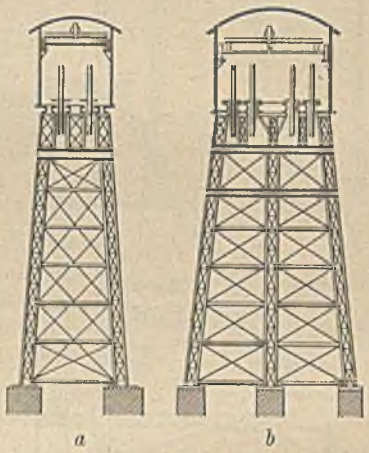


Abb. 618 *a* und *b*. Vorderansicht von eisernen Fördergerüsten.

Neuerdings werden bei uns nur noch eiserne Gerüste gebaut. Der wichtigste Teil eines solchen ist nach dem Obigen — abgesehen von den Fällen, in denen die Fördermaschine auf dem Gerüst selbst steht —, die Strebe, die nach Abb. 617 die Seilscheiben gegen den von der Maschine ausgeübten Seilzug absteift. Diese erhält die Richtung der Resultierenden, die sich aus dem Zusammenwirken des Seilzuges zur Maschine und des Seilzuges im Schachte ergibt. Je nachdem, ob diese Strebe sich aus 2 oder 3 Einzelstützen zusammensetzt, spricht man von einem „zweibeinigen" (Abb. 618*a*) oder „dreibeinigen Bock" (Abb. 618*b*). Wird das Eigengewicht der Seilscheiben und der Strebe noch durch zwei besondere Streben getragen, so ergibt sich der „vierbeinige" oder „englische" Bock (Abb. 619).

Das Gewicht der neuzeitlichen Fördergerüste für größere Förderlasten schwankt zwischen etwa 80000 und 110000 kg, ihr Preis also bei einem Einheitsatze von 280 ℳ je Tonne zwischen 24000 und 31000 ℳ. Ihre Höhe beträgt bis zu 40 m und darüber.

Das Führungsgerüst soll zur Aufnahme der Zugkräfte nicht mit herangezogen, sondern davon entlastet, sozusagen an dem Bockgerüst „aufgehängt" werden, wie das am deutlichsten in Abb. 619 hervortritt. Denn

es würde sonst den Druck auf den Schachtausbau übertragen und außerdem elastischen Formänderungen ausgesetzt werden, die für die Führung der Gestelle ungünstig sein würden.

225. — **Fördertürme**[1]). Bei der Treibscheibenförderung kann man, da hier die breite Fördertrommel mit ihrer ungünstigen Seilablenkung fortfällt, die Fördermaschine unmittelbar auf das Fördergerüst selbst setzen. In der Tat hat Koepe gleich in seinem Patent für die Treibscheibenmaschine deren Aufstellung über dem Schachte vorgesehen, und in dieser Weise ist auch die Treibscheibenförderung in der ersten Zeit ihrer Anwendung verschiedentlich betrieben worden[2]). Man ist dann wegen der starken Beanspruchung des Seilscheibengerüstes durch die Erschütterungen des Maschinenbetriebes, die wiederum auch auf die Maschine selbst zurückwirkten, wegen des großen Gewichtes und der Abmessungen der neuzeitlichen Fördermaschinen, wegen der Schwierigkeit, die Dampfleitung dicht zu halten und wegen der Gefährdung der Maschine im Falle eines Übertreibens über die Hängebank wieder von dieser Anordnung abgegangen, so daß nach wie vor auch bei Treibscheibenmaschinen die Aufstellung seitwärts vom Schachte und die Leitung des Seiles über Seilscheiben die Regel bildet.

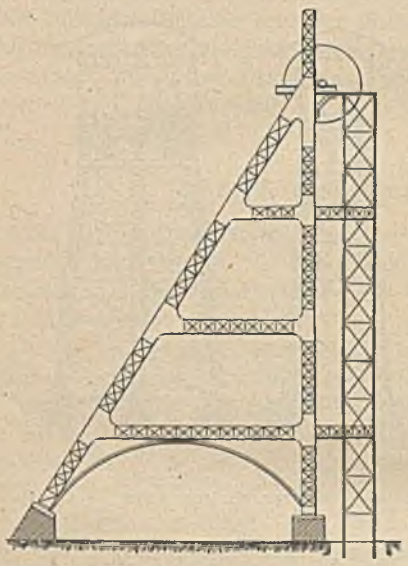


Abb. 619. Seitenansicht eines englischen Bocks.

Durch die Einführung der elektrischen Fördermaschine sind jedoch diese Bedenken gegen die Aufstellung der Maschine über dem Schachte größtenteils gegenstandslos geworden. Denn eine elektrische Treibscheiben-Fördermaschine kann genügend leicht und gedrängt gebaut werden, um keine zu große Belastung des Seilscheibengerüstes darzustellen. Auch treten bei einer solchen Maschine infolge ihrer gleichförmigen Drehbewegung nicht die Seitenkräfte auf, wie sie durch die Kurbelbewegung beim Dampfantrieb verursacht werden und zu starken Seitenschwingungen führen, denen ein Förderturm, bei dem diese Kräfte an einem sehr langen Hebelarm angreifen, auf die Dauer nicht gewachsen ist. Dazu kommt, daß bei elektrisch angetriebenen Fördermaschinen, die für ein rechtzeitiges Anhalten des Fördergestelles die denkbar beste Gewähr bieten, die Gefahr des Übertreibens auf ein Mindestmaß herabgedrückt ist (vergl. S. 546).

---

[1]) S. auch Kali 1912, Nr. 11, S. 265 u. f.; Möhrle: Förderturm oder Fördergerüst?

[2]) Vgl. z. B. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1881, S. 261; Versuche und Verbesserungen.

Daher sind heute schon eine Anzahl von Treibscheibenförderungen mit derartig aufgestellten Fördermaschinen im Steinkohlen- und Kalisalzbergbau in Betrieb[1]).

Bei einer solchen Turmaufstellung der Maschine fallen also die Seilscheiben fort, und an die Stelle des gegen die Fördermaschine hin abgestützten Gerüstes tritt ein einfacher Turm, der die während der Förderung auftretenden Zug- und Druckspannungen in sich selbst aufnehmen muß. Ein solcher Turm wird an sich verhältnismäßig teuer, da er ja gleichzeitig das Eigengewicht der Fördermaschine zu tragen hat. Dafür fallen aber die Streben und das Fördermaschinenhaus fort, so daß die Anlagekosten im ganzen verringert werden. Günstig ist ferner die Raumersparnis und der Wegfall des sonst zwischen Fördermaschine und Schacht durchhängenden Seilstückes, wodurch das Schlagen des Seiles im Schachte wesentlich vermindert wird. Auch wird das Seil mehr geschont, da es weniger Biegungen erleidet und den Witterungseinflüssen entzogen wird.

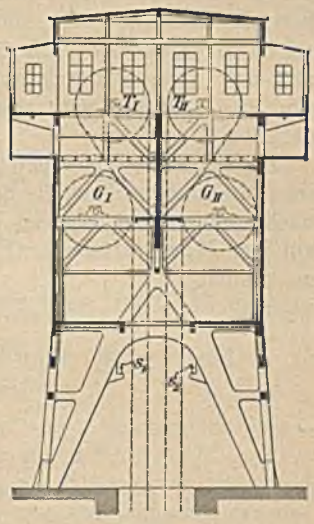


Abb. 620. Förderturm aus Eisenbeton für einen Doppel-Förderschacht auf der Saargrube Camphausen.

Neuerdings werden solche Fördertürme von der Firma Brandt in Düsseldorf aus Eisenbeton gebaut. Abb. 620[2]) zeigt einen derartigen Turm für eine Doppelförderung. T_I T_{II} sind die beiden Treibscheiben, G_I G_{II} die Gegenscheiben, die das eine Seiltrumm in die richtige Lage bringen, und s_1 s_2 Schienen für eine Laufkatze zum Zwecke des Einbaues neuer Fördergestelle und des Einhängens schwerer Teile.

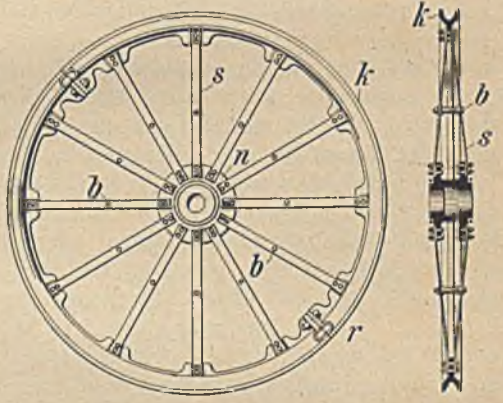


Abb. 621. Gußeiserne Seilscheibe mit schmiedeeisernen Speichen.

226. — Seilscheiben. Die Seilscheiben erhalten auf größeren Förderanlagen zur Schonung der Seile, denen zu starke Biegungen schädlich sind, neuerdings Durchmesser von 4—6 m. Sie können aus Gußeisen,

[1]) Vgl. den nebenstehend in Anm. [1]) angeführten Aufsatz von Möhrle; — ferner Glückauf 1906, Nr. 37, S. 1201; Damm: Die elektrisch betriebenen Hauptschachtfördermaschinen usw.

[2]) Zeitschr. „Armierter Beton" 1911, Juliheft S. 255; Dr.-Ing. Mautner: Neuere Eisenbeton-Konstruktionen im Gebiete des Bergbaues.

Gußstahl oder Schmiedeeisen bestehen; in der Regel werden sie aus Gußeisen- bzw. Gußstahl- und Schmiedeeisenteilen zusammengesetzt, indem man die Nabe und den Kranz aus Gußeisen oder Gußstahl herstellt und diese Teile durch schmiedeeiserne Speichen verbindet. Eine solche Bauart zeigt Abb. 621. Der zweiteilige gußeiserne Kranz *k* ist mit der Nabe *n* durch schmiedeeiserne Flacheisen *s* verbunden; diese sind zu je zweien vorhanden und durch Bolzen *b* paarweise zusammengehalten.

Da die Kränze im Laufe der Zeit durch das Seil angegriffen werden und scharfe Stellen in ihnen die Seildrähte zerschneiden, so müssen sie regelmäßig nachgesehen, von etwaigen Unebenheiten befreit und mit Blechschablonen auf ihre Wandstärke geprüft werden, um rechtzeitig ausgewechselt werden zu können.

Neunter Abschnitt.

Wasserhaltung.

I. Die Beziehungen zwischen Bergbau und Wasser.

A. Die Wasserzuflüsse nach Herkunft, Menge und Zusammensetzung.

1. — **Vorbemerkung.** Die „Wasserhaltung" oder richtiger die „bergmännische Wasserwirtschaft" umfaßt alle Fragen, die sich mit der Bedrohung der Grubenräume durch das Auftreten von Wasser, mit den Maßnahmen und Vorrichtungen zur Fernhaltung der Wasser von den Grubenbauen, mit der Ausrichtung der Grube im Hinblick auf die Wasserhaltung und mit der Wasserhebung aus den Bauen beschäftigen. Die gründliche Behandlung dieser Fragen liegt freilich vielfach nicht mehr in dem Rahmen rein bergmännischer Betrachtungen. Ganz besonders gilt dies für die maschinentechnische Seite der Wasserhebung. Es muß deshalb in dieser Beziehung auf eingehendere Sonderarbeiten verwiesen werden[1]).

2. — **Die atmosphärischen Niederschläge,** die auf die Tagesoberfläche niederfallen, gehen zum Teil durch Verdunstung unmittelbar wieder in die Atmosphäre über oder werden von den Pflanzen aufgesaugt und entweder zu deren Aufbau verwandt oder ebenfalls zum Verdunsten gebracht. Ein anderer Teil der Niederschläge sickert in das Erdreich ein, bildet das sog. Grundwasser, bleibt als solches mehr oder weniger in Bewegung und tritt nach längerer Zeit als Quelle sichtbar an der Tagesoberfläche oder unsichtbar unter dem Spiegel von Wasserläufen oder Seen oder unter dem des Meeres wieder aus. Ein dritter Teil fließt oberirdisch ab, indem sich das Wasser zu Bächen und Flüssen sammelt und dem Meere zuströmt.

Der alsbald wieder verdunstende Teil der Niederschläge ist bei weitem am größten und beträgt durchschnittlich $^3/_4$ bis $^4/_5$ der Gesamtmenge. Von dem verbleibenden Rest sickert der größte Teil ein, während eine verhältnismäßig geringe Menge zum unmittelbaren oberirdischen Abfluß gelangt. Doch unterliegt das Verhältnis je nach der Neigung des Geländes und der Beschaffenheit der oberflächlichen Schichten starken Schwankungen[2]).

---

[1]) Hartmann-Knoke-Berg: Die Pumpen. 3. Aufl., (Berlin, Julius Springer), 1906; — Teiwes: Die Wasserhaltungsmaschinen, (Berlin, Julius Springer), 1916.

[2]) Dr. Keilhack: Grundwasser- und Quellenkunde, 2. Aufl. (Berlin, Borntträger), 1917, S. 87 u. f.

Die jährliche Niederschlagshöhe schwankt, wie die folgenden Zahlen erkennen lassen, schon in unserem Vaterlande in weiten Grenzen; sie beträgt z. B. in

Königsberg 60—70 cm,	Danzig 50—60 cm,	Posen 40—50 cm,
Breslau 50—60 cm,	Berlin 50—60 cm,	Hamburg 70—80 cm,
Dortmund 70—80 cm,	Köln 60—70 cm,	Straßburg 60—70 cm,

München 90—100 cm, dem Harz (Brocken) 140—180 cm, den südbayerischen Alpen bis 180 cm und mehr.

Geringe, jedoch nicht näher abschätzbare Mengen des Grundwassers werden durch chemische Vorgänge in der Erdrinde dauernd gebunden. Dafür treten durch Entgasung glühender Gesteinsmassen mit chemisch gebundenem Wasser in großer Erdtiefe gewisse Wassermengen neu in den atmosphärischen Kreislauf des Wassers ein.

3. — **Das Grundwasser.** Das Auftreten und Verhalten des in das Erdreich einsickernden Wassers hängt von den Eigenschaften der Schichten ab, auf die es trifft. Die Gebirgschichten, die die Erdrinde zusammensetzen, gliedern sich in wasserdurchlässige und wassertragende.

Die Wasserdurchlässigkeit ist in vielen Schichten durch ihre lose und lockere Beschaffenheit bedingt. Die zwischen den Körnern und kleinsten Teilchen vorhandenen Poren, wie sie bei Sand, Sandstein, Kies, Konglomerat vielfach vorhanden sind, bieten dem Wasser Raum und ermöglichen ihm ein schnelles Eindringen. Aber auch feste Gesteine, die in kleineren Stücken völlig undurchlässig sein können, werden, wenn sie von feineren oder stärkeren Rissen, Absonderungspalten oder sonstigen Klüften durchzogen sind, stark wasserdurchlässig. In ihnen sind oft gewaltige Wassermengen aufgespeichert. Es sei an den weißen Mergel in manchen Teilen des Ruhrbezirks, an den Plattendolomit in Thüringen und allgemein an den Kalkstein erinnert. Schließlich spielen Auswaschungshohlräume, wie sie als Höhlen im Kalkstein und als Schlotten im Gips und im Salzgebirge auftreten, als Wasserbringer eine bedeutende Rolle.

Allgemein besteht bezüglich der Wasserführung ein Unterschied zwischen geschichteten und ungeschichteten Gesteinen. Bei den ersteren wechselt je nach der Beschaffenheit der einzelnen Schichten die Wasserführung öfter; ungeschichtete Gesteine zeigen häufig ein durch ihre ganze Mächtigkeit gleiches Verhalten. Bei den geschichteten Gesteinen ist ferner durch die Schichtung der etwaigen Bewegung der Wasser die Bahn vorgeschrieben.

Die wassertragenden Schichten sind im bergmännischen Sinne trocken. Hierhin gehören z. B. Lehm, Mergel, Ton, tonige Schiefer und andere tonige Gesteine.

Gewöhnlich ist die Erdrinde im senkrechten Schnitt aus einer Wechsellagerung von wasserführenden und wassertragenden Schichten zusammengesetzt. Das in das durchlässige Erdreich einsickernde Wasser staut sich über der obersten wassertragenden Schicht an. Diese Schicht bildet die untere Begrenzung, der sog. Grundwasserspiegel dagegen, d. h. die Fläche, in der man beim Stoßen eines Bohrloches oder beim Graben eines Brunnens auf Wasser stößt, die obere Begrenzung des Grundwassers. Ähnlich wie die oberirdischen Wasserläufe ist auch das Grundwasser mehr oder weniger in

Bewegung und fließt (freilich der Widerstände wegen nur langsam) nach denjenigen Punkten hin, wo es als Quelle wieder an die Erdoberfläche tritt. Als Geschwindigkeit eines mit mittlerer Schnelligkeit fließenden Grundwassers werden z. B. 2—3 m in der Stunde angegeben.

Das Gefälle des Grundwasserspiegels ist abhängig von der Durchlässigkeit der Schichten. In leicht durchlässigem Gebirge fällt der Spiegel nur langsam ab, während er in Schichten, die dem Wasser beim Durchgange eine erhebliche Reibung bieten, schnell sich einsenken kann.

Hiernach ist klar, daß der Grundwasserspiegel keine wagerechte Ebene sein wird. Bis zu einem gewissen Grade schmiegt er sich der Erdoberfläche an und liegt unter Hochflächen und Bergen höher als im Tale. Im übrigen ist

Abb. 622. Verlauf eines Grundwasserspiegels.

die unterirdische Abflußrichtung entscheidend, da in dieser Richtung der Grundwasserspiegel sich niedriger einstellen muß. Abb. 622 zeigt den Verlauf eines Grundwasserspiegels mit natürlichem Abfluß und örtlicher Absenkung durch einen Brunnen.

Der Höhe nach schwankt der Grundwasserspiegel je nach der Jahreszeit. Er wird in der Regel im Frühjahr, zur Zeit der Schneeschmelze, am höchsten, im Herbst am niedrigsten sein.

In einem Gebirge, das nach unten hin durch den Bergbau entwässert ist, kann natürlich auch bei reichlichen Niederschlägen sich ein bestimmter Grundwasserspiegel nicht herausbilden.

Bisher war nur das über der obersten, wassertragenden Schicht befindliche Wasser als Grundwasser angesprochen, und nur von diesem war die Rede. Jedoch pflegen auch die darunter folgenden, wasserdurchlässigen Schichten allgemein mit Wasser erfüllt zu sein, solange nicht durch den Bergbau oder aus anderen Gründen eine Abtrocknung erfolgt ist. Man nennt solche voneinander geschiedenen Grundwasservorkommen auch wohl Grundwasserstockwerke. Abb. 623 zeigt drei getrennte Grundwasservorkommen, von denen jedes durch ein Bohrloch (I, II und III) gelöst ist. Wie man sieht, sind die Wasserstände in den drei Bohrlöchern verschieden hoch, und zwar zeigt II den höchsten und III den tiefsten Wasserstand. Die Bohrlöcher II und III

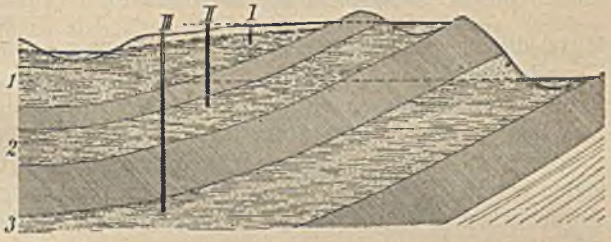


Abb. 623. Von einander geschiedene Grundwasservorkommen (Grundwasserstockwerke).

haben gespanntes oder Druckwasser erbohrt. Der Wasserstand in II steigt über die Erdoberfläche; das Bohrloch liefert also springendes Wasser, es ist ein artesischer Brunnen.

Das Wasser der unteren Vorkommen wird an der Bewegung des oberen Wassers in der Regel nicht teilnehmen; auch wird zumeist, wenn nicht Störungsklüfte eine gewisse Verbindung herstellen, eine gegenseitige Wechselwirkung der Wasser nicht vorhanden sein. Je tiefer die Grube ist und je stärker die zwischen die verschiedenen Grundwasservorkommen eingeschobenen Schichten sind, um so weniger ist, namentlich bei flacher Lagerung und ungestörtem Gebirge, solche Verbindung zu fürchten.

Viele Gruben sind völlig trocken, obwohl im Deckgebirge über wassertragenden Schichten ganz erhebliche Wassermengen vorhanden sind. Anderseits können auch tiefere Schichten viel mehr Wasser als die oberen führen. Auf Braunkohlengruben sowie auf Steinkohlengruben, deren Flöze über dem klüftigen Kohlenkalk abgelagert sind, kommt es öfter vor, daß die Wasser in der Hauptsache nicht aus hangenden, sondern aus liegenden Schichten den Grubenbauen zufließen.

Zum Unterschiede von den im Gebirge vorkommenden Wassern nennt der Bergmann Wasser, die alte, verlassene Grubenbaue erfüllen, Standwasser. Diese können unter Umständen eine Gefahr für den Grubenbetrieb bilden.

4. — Störungen als Wasserzubringer. Von erheblicher Bedeutung sind die Klüfte, Spalten und Risse, die als Folge von Schollenverschiebungen in der Erdrinde (Gebirgstörungen) die Schichten durchsetzen. Sie treten häufig als Wasserzubringer auf, indem sie gute Verbindungswege innerhalb einer und derselben wasserführenden Schicht auf weite Entfernungen schaffen oder quer durch ein sonst wassertragendes Mittel die eine wasserführende Schicht mit einer anderen höher oder tiefer liegenden verbinden (Abb. 624). Hier sind z. B. die Solquellen des Ruhrbezirks zu nennen[1]). Auch können auf solchen Wegen bisweilen dem Bergbau Wasser unbekannten Ursprunges aus größeren, unbekannten Teufen zufließen, die dann durch ihre Wärme dem Bergbau erhebliche Schwierigkeiten bereiten (Comstockgang in Nordamerika). Die Grenzlinie zwischen gewöhnlichem Grundwasser und diesem Wasser wird aber nicht immer scharf zu ziehen sein.

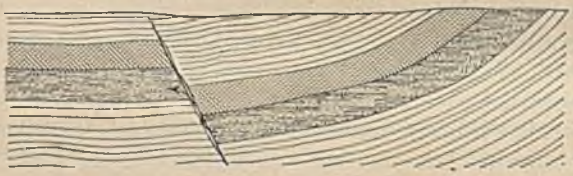


Abb. 624. Gebirgstörung als Wasserzubringer.

5. — Die verschiedenartige Stellung des Bergbaues gegenüber den Wassern. Am gefährlichsten sind die Wasser für den Salzbergbau, da hier ein Tropfen Sickerwasser in den Bauen der Anfang vom Ende sein kann. Bei der Empfindlichkeit insbesondere der Kalisalze gegen Feuchtigkeit ist Kalisalzbergbau ohne ein schützendes Deckgebirge nicht denkbar.

[1]) S. Anm. [2]) auf S. 562.

Dieses in seinem Zusammenhange zu erhalten, ist deshalb das erste Bestreben des Salzbergmannes. Man arbeitet mit ausreichenden Sicherheitspfeilern, die imstande sind, das Hangende zu tragen, oder wendet Spülversatz an.

Im schärfsten Gegensatze hierzu steht der Braunkohlenbergbau. Da bei ihm in der Regel von vornherein das Fernhalten der hangenden Wasser von den Grubenbauen eine Unmöglichkeit ist und man mit dem Zerreißen und einer dadurch eintretenden Entwässerung des Hangenden rechnen muß, arbeitet man mit Absicht auf eine baldige Abtrocknung des Hangenden hin (vgl. Ziff. 17).

Der Steinkohlenbergmann wird, ohne die Wasserzuflüsse ganz verhindern zu können, durchaus das Bestreben haben, sie sich soviel wie möglich fernzuhalten, um seine Selbstkosten zu verringern. Beim Vorhandensein eines tragenden Deckgebirges sowie von wassertragenden Schiefertonschichten im flach gelagerten Steinkohlengebirge selbst sucht er deshalb durch geeigneten Abbau darauf hinzuwirken, daß das Hangende sich nach Möglichkeit ohne Bruch senkt. Es gelingt dies zwar nicht immer gänzlich, aber in vielen Fällen zum Teil.

Der Erzbergbau muß zumeist des schützenden Deckgebirges entraten, so daß er mit dem im Gebirge vorhandenen und ihm zusitzenden Wasser rechnen muß. Je nach der Art des Gebirges und der Lagerstätte sind die Zuflüsse verschieden groß.

6. — **Die Wasserführung des Gebirges im Ruhrbezirk.** Im Süden des Bezirkes, wo das Steinkohlengebirge zutage ausgeht, gewähren die vielfach gefalteten, durch Störungen in eine Anzahl von Schollen zerrissenen und außerdem durch die Wirkung des Abbaues zerklüfteten Schichten dem Tagewasser einen leichten Zugang. Die Wasserzuflüsse sind demgemäß verhältnismäßig bedeutend und haben die für die Wasserhaltung unerwünschte Eigenschaft, stark veränderlich zu sein. Die Wasserzugänge im Frühjahr steigen zum Teil auf das Dreifache derjenigen in der trockensten Zeit. Dementsprechend müssen die Wasserhaltungen verhältnismäßig stark bemessen sein, so daß für Anlage und Tilgung hohe Beträge aufzuwenden sind.

Im Norden des Bezirkes, wo eine mächtige Mergeldecke mit einzelnen wassertragenden Gliedern sich dem Steinkohlengebirge auflagert, ist der Bergbau in dieser Hinsicht besser geschützt. Die atmosphärischen Niederschläge und die Wasser aus den oberflächlichen, diluvialen Schichten werden deshalb hier in der Regel nicht den Grubenbauen zufallen.

Im einzelnen ist folgendes zu bemerken: Das oberste Glied des Kreidegebirges, die Sande von Haltern und die Recklinghäuser Sandmergel sind, soweit sie mehr sandig als mergelig entwickelt sind, sehr wasserreich und bereiten alsdann dem Abteufen von Schächten Schwierigkeiten. Die in ihnen enthaltenen Wasser werden aber von dem darunter folgenden Emscher-Mergel getragen, so daß sie dem Bergbau selbst nicht lästig werden. Der Emscher-Mergel bewahrt seine wassertragende Eigenschaft über den ganzen Bezirk hinweg. Der weiße Mergel, der nach unten auf den Emscher-Mergel folgt, zeigt ein wechselndes Verhalten. Er ist im Westen trocken, wird aber gegen Osten, insbesondere im Südosten klüftig und sehr wasserreich. Ähnlich verhält sich auch das unterste Glied der Kreide, der Grünsand. Im Westen besitzt er eine dichte, wasser-

tragende Ausbildung, während er nach Osten in einen klüftigen Mergelkalk übergeht[1]).

Im Nordwesten schieben sich zwischen Kreide und Steinkohlengebirge die Schichten des Buntsandsteins und des Zechsteins ein, die wasserführend sind, ohne daß sie allerdings einen allzu großen Wasserreichtum zu besitzen scheinen. Da sie ohne schützende, wassertragende Schicht dem Steinkohlengebirge auflagern[2]), wird der Bergbau mit der Notwendigkeit ihrer Entwässerung zu rechnen haben. Die Erfahrungen in dieser Beziehung sind aber noch nicht als abgeschlossen zu betrachten.

Was schließlich die im Steinkohlengebirge selbst unter dem Deckgebirge vorhandenen Wasser betrifft, so ist in der Regel ihre Menge gering, falls keine Verbindungen mit den wasserführenden Kreideschichten bestehen. An Stellen freilich, wo solche Schichten unmittelbar dem Kohlengebirge aufliegen und wo vielleicht noch das Deckgebirge durchsetzende Sprünge vorzügliche Kanäle bilden, kann ein dauernder und großer Wasserandrang vorhanden sein.

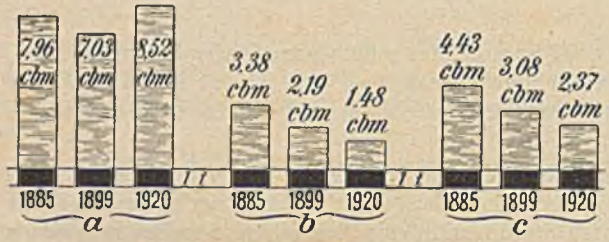


Abb. 625 *a*—*c*. Verhältnis der Wasser- zur Kohlenförderung im Ruhrbezirk.

Abb. 626. Verhältnis der Wasser- zur Kohlenförderung im Saarbezirk.

Die Rolle der Gebirgstörungen als Wasserzubringer erklärt auch die bisweilen ungemein große Verschiedenheit in den Wassermengen, die benachbarten Gruben zufließen können. Die eine Grube kann nahezu trocken sein, während die Nachbargrube vielleicht mit sehr starken Wasserzuflüssen zu kämpfen hat.

Im Ruhrbezirk haben insgesamt die minutlichen Zuflüsse betragen:

i. J. 1885	215,7	cbm
„ „ 1899	322,5	„
„ „ 1920	387,5	„ .

Im allgemeinen wird hier viel mehr Wasser als Kohle gefördert. Für einzelne unter besonders ungünstigen Wasserverhältnissen bauende Gruben steigt das Verhältnis der Wasser- zur Kohlenförderung sogar auf 15:1 bis 20:1 und noch darüber. Die Abb. 625 veranschaulicht[3]) für die Jahre 1885, 1899 und 1920 dieses Verhältnis für die Felder ohne Mergelüberlagerung (*a*),

[1]) Vgl. Bd. I dieses Werkes, 4. Aufl., Abschnitt 1, S. 63: „Die Kreideschichten".

[2]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1902, S. 320 u. f.; Middelschulte: Über die Deckgebirgschichten des Ruhrkohlenbeckens und deren Wasserführung.

[3]) Sammelwerk Bd. IV, S. 116. — Die Zahlen für 1920 beruhen auf einer Feststellung der wasserwirtschaftlichen Stelle der Westf. Berggewerkschaftskasse.

für die ausschließlich unter dem Mergel bauenden Zechen (*b*) und für den Gesamtdurchschnitt (*c*). Für die einzelne Grube erhält man einen schnellen Überblick, wenn man beachtet, daß 1 cbm minutlich einer jährlichen Wasserförderung von 525000 t entspricht. Das Verhältnis hängt natürlich auch von der Größe der Kohlenförderung ab, besonders bei Kluftwasserzuflüssen, die vielfach außer Zusammenhang mit der Höhe der Förderung stehen.

Die Zuflüsse im Saarbezirk je t Förderung in den Jahren 1875, 1903 und 1920 erhellen aus der Abb. 626. In Oberschlesien wurden 1912 je t Förderung 4,9 cbm Wasser gehoben.

7. — **Zusammensetzung des Grubenwassers.** Die Grubenwasser sind selten rein, sondern enthalten teils in mechanischer Beimengung und teils in Lösung stets mehr oder weniger fremde Bestandteile. Für den Bergbau und die Wasserhaltung lästig sind sowohl schlammige als auch saure und salzige Wasser. Durch schlammiges Wasser, wie es besonders auf Gruben, die mit Spülversatz arbeiten, vorkommt, leiden die bewegten Teile der Pumpen sehr. Deshalb muß dem Wasser Zeit und Gelegenheit zur tunlichst weitgehenden Klärung gegeben werden. Saure Wasser greifen das Metall der Wasserhaltungsmaschinen an und zerstören es mit der Zeit. Man hat in solchen Fällen mit gutem Erfolg die Wasser vor der Hebung dadurch entsäuert, daß man sie in besonderen Kästen über gebrannten Kalk fließen ließ, der die freie Säure band und unschädlich machte[1]).

Salzige Wasser greifen Pumpenteile aus Eisen ebenfalls an, so daß man, da die Fällung des Salzes vor der Hebung betrieblich unmöglich ist, in solchem Falle gezwungen ist, die sämtlichen mit dem Wasser in Berührung kommenden Pumpenteile aus Bronze anzufertigen. Salzige Wasser sind auch insofern lästig, als sie das spezifische Gewicht der Wassersäule stark erhöhen (bei voller Sättigung um 21%), so daß die Pumpe eine entsprechende Mehrarbeit zu leisten hat und die Leitungen mit dem höheren Druck in Anspruch genommen werden.

Für die Wasserhebung unangenehm sind ferner solche Wasser, die Absätze bilden. Am häufigsten sind wohl Niederschläge von kohlensaurem Kalk, die erscheinen, sobald aus dem in die Grubenbaue übertretenden, vom Drucke befreiten Wasser Kohlensäure entweicht, wobei der gelöste, doppeltkohlensaure Kalk in unlöslichen, einfachkohlensauren Kalk übergeht.

Im Ruhrbezirk sind auch mehrfach Schwerspatbildungen vorgekommen, die auftreten, sobald Wasser mit einem Chlorbariumgehalt mit Wasser, das Schwefelsäure führt, zusammentrifft.

Solche Niederschläge verengen unter Umständen in kurzer Zeit die Pumpenleitungen, auch haben sie sich namentlich in Kreiselpumpen durch Ansätze unangenehm bemerkbar gemacht. Auf manchen Zechen des Ruhrbezirks müssen die Kreiselpumpen regelmäßig nach je 1000 Betriebstunden auseinandergenommen und gereinigt werden[2]).

---

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- und Sal.-Wes. 1886, S. 304; Zörner: Einrichtungen zur Entsäuerung und Klärung der Grubenwasser usw.

[2]) Glückauf 1916, Nr. 36, S. 754 u. f.; Schimpf: Die Reinigung von Pumpen und Steigleitungen.

B. Maßnahmen und Vorrichtungen zur Fernhaltung der Wasser von den Grubenbauen.

8. — **Maßnahmen über Tage.** Vor allen Dingen ist Vorsorge zu treffen, daß die Tagesöffnungen des Grubengebäudes hochwasserfrei liegen. Die Schachtöffnungen müssen nötigenfalls künstlich aufgesattelt werden; Stollen sind in jedem Falle so hoch anzusetzen, daß ihr Mundloch über dem höchsten zu erwartenden Wasserstand des Tales liegt.

Aus Flußläufen, die über Grubenfeldern liegen, fallen bei fehlendem oder durchlässigem Deckgebirge häufig den Bauen Wasser zu. Man kann diesen Übelstand durch Geradelegung des Laufes mildern, da hierdurch zunächst die Länge der schädigenden Linie verkürzt und außerdem das Gefälle erhöht wird. Der letztere Umstand hat ein schnelleres Abfließen der Wasser zur Folge. Mehrfach hat man Wasserläufe nicht allein gerade gelegt, sondern ihre Sohle auch mit Ton ausgestampft oder ausbetoniert.

Bei Vorhandensein von Seen und Teichen über dem Grubenfelde kann es notwendig werden, sie trockenzulegen und die ihnen zufließenden Wasser durch Ringkanäle abzufangen (früherer Salziger See im Mansfeldschen).

9. — **Maßnahmen und Vorrichtungen unter Tage.** Schon bei Besprechung der verschiedenartigen Stellung des Bergbaues zu den Wassern (s. Ziff. 5) ist auf die Bedeutung der Abbauart für die Fernhaltung der Wasser hingewiesen worden. Hier sei nur noch allgemein hinzugefügt, daß der Versatz um so besser das Hangende unterstützen und Zerreißungen bei dessen unvermeidlicher Durchbiegung verhindern wird, je dichter und fester er ist. Spülversatz wird in dieser Beziehung sich am günstigsten verhalten, wenn er allgemein durchgeführt wird, andernfalls bricht das Gebirge wie bei Sicherheitspfeilern an den Spülversatzgrenzen ab.

Wo die wasserführenden Schichten den Bauen nahe kommen, wird man einen unverritzten Sicherheitspfeiler von genügender Stärke zwischen jenen und diesen stehen lassen, der auch durch Aus- und Vorrichtungstrecken nicht durchörtert werden darf. Besonders im Kalisalzbergbau ist diese Vorsichtsmaßregel von Wichtigkeit. Im Ruhrbezirk ist mit Rücksicht auf die Wassergefahr ein Sicherheitspfeiler von 20 m seigerer Höhe im Steinkohlengebirge unterhalb des Deckgebirges behördlich vorgeschrieben.

10. — **Wasserabdämmungen. Allgemeines.** Schon die im Abschnitt „Grubenausbau“ besprochenen wasserdichten Schachtauskleidungen, die verhüten, daß das im Deckgebirge angefahrene Wasser durch den Schacht den Grubenbauen zufällt, sind nach ihrer Wirkung als Wasserabdämmungen zu betrachten, wenn sie auch nicht hierhin gerechnet zu werden pflegen. Das Kennzeichen der eigentlichen Abdämmungen ist, daß sie einzelne Teile des fertiggestellten Grubengebäudes gegen andere oder auch gegen Nachbargruben absperren.

Solche Abdämmungen werden vorgenommen, wenn das Grubengebäude zu ersaufen droht und man einzelne Teile dem Wasserandrange preisgeben, dafür aber andere Teile wasserfrei erhalten will oder wenn ein bereits abgebauter Feldesteil zur Entlastung der Wasserhaltung abgedämmt werden soll. Man baut dann einen geschlossenen Wasserdamm ein. Es geschieht dies in der Regel in Strecken, unter Umständen aber auch in Schächten. Das Vorgehen

ist namentlich bei Kluftwasserzuflüssen erfolgversprechend, während solche Entlastung bei Wasser aus dem Hangenden wenig dauernde Aussicht bietet.

Ist ein Feldesteil einstweilen nur gefährdet derart, daß erhebliche Wasserzugänge zu befürchten stehen oder daß es zweifelhaft ist, ob die vorhandenen Zuflüsse dauernd werden gewältigt werden können, so baut man Dammtore (Ziff. 12) ein. Diese bleiben zunächst geöffnet, so daß der Betrieb in dem gefährdeten Feldesteil aufrechterhalten werden kann. Nur im Falle der Not schließt man die Türen und läßt das Wasser hinter ihnen ansteigen. Damntüren werden nie in Schächten, sondern nur in Strecken gesetzt. Als geeignete Stellen kommen dafür hauptsächlich Querschläge und Richtstrecken in Betracht. Über die Wahl des Gebirges s. Ziff. 11, Abs. 3.

11. — **Wasserdämme.** Die Wasserdämme werden in Mauerung oder Beton hergestellt. Als Form wählt man allgemein Kugelgewölbe, so daß der Damm einen Ausschnitt aus einer Kugelschale darstellt. Die Widerlager liegen radial. Wegen dieser Form nennt man den Damm einen Kugeldamm.

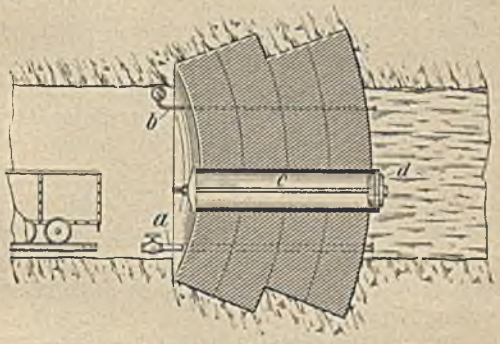


Abb. 627. Wasserdamm.

Die Stärke des Gewölbes und der zulässige Druck auf die Kämpfer richtet sich nach dem Wasserdrucke, dem es standhalten soll, und wird wie für ein Mauergewölbe berechnet. Wird das Gewölbe sehr stark, so setzt man, um nicht allzuviel Gestein fortnehmen zu müssen, die Widerlager nach Abb. 627 ab, so daß zwei oder mehrere Kugelschalenausschnitte übereinander liegen.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Wahl des Standorte für den Damm. Das Gebirge muß fest, gesund und geschlossen sein und darf auch nach seinen sonstigen Eigenschaften in keinem Falle Wasser durchlassen, da ja sonst der Damm seinen Zweck verfehlen und das Wasser durch das Gebirge seinen Weg suchen würde. Sandsteine und Konglomerate z. B. pflegen für die Aufstellung von Wasserdämmen wegen ihrer Porosität nicht geeignet zu sein. Am besten eignen sich feste, tonhaltige Gesteine, wie sandige Tonschiefer u. dgl. Einer geringen Durchlässigkeit des Gebirges kann man unter Umständen dadurch entgegentreten, daß man die Strecke rundum auswölbt und danach das Mauerwerk durch Zementhinterpressung dichtet (s. S. 101).

Für die Herstellung der Widerlager darf Sprengarbeit nicht angewandt werden, um das Gebirge nicht zu zerklüften. Vielmehr geschieht die Arbeit ausschließlich mit Hand durch Wegspitzen und neuerdings mit Preßluft-Spitzhämmern. Auch Bohrhämmer hat man mit Erfolg angewandt, indem man Loch an Loch bohrte und so die Gesteinstücke aus dem Gebirge gleichsam herausschnitt.

Die Dammauerung selbst ist mit größter Sorgfalt unter Beobachtung der auf S. 128 unter Ziff. 117 angegebenen Vorsichtsmaßregeln auszuführen[1]).

[1]) Vgl. auch S. 87 u. f.

Am Fuße des Dammes mauert man nach Abb. 627 ein Wasserabflußrohr *a* und nahe der Firste ein Röhrchen *b* ein, durch das die hinter dem Damme stehende Luft entweichen kann. Das Wasserabflußrohr dient während der Herstellung des Dammes zur Abführung der Wasser und kann von der zugänglichen Dammseite aus ebenso wie das Luftröhrchen verschlossen werden. Es kann später zur Abzapfung der hinter dem Damme stehenden Wasser benutzt werden. An dem oberen Röhrchen kann man ein Manometer anbringen, um jederzeit den Wasserdruck hinter dem Damme leicht feststellen zu können.

Vorteilhaft ist es ferner, in den Damm ein eisernes Rohr *c* einzubauen, das einem Manne gerade noch das Durchkriechen gestattet. Auf diese Weise ist es möglich, bis zur völligen Fertigstellung einen Maurer hinter dem Damme zu lassen, der das Einlegen der letzten Steine und das sorgfältige Verputzen von der Rückseite aus besser besorgt, als es von der anderen Seite her möglich ist. Das Rohr wird ähnlich wie ein Mannloch bei einem Kessel durch einen Deckel verschlossen, der durch eine Kette oder Stange von der Zugangseite des Dammes aus angezogen und durch einen Querriegel angepreßt wird.

Ganz besondere Sorgfalt ist den Wasserabdämmungen im Salzbergbau zu widmen. Als Mörtel wird sorgfältig hergestellter Magnesiazement, der mit scharfkörnigem Sande angemacht wird, verwandt. Um zu verhüten, daß das Wasser das Salzgebirge um den Damm herum auflöst, muß man dafür sorgen, daß hinter dem Damme eine gesättigte, ruhende Lauge steht. Zu diesem Zwecke bildet man durch Aufführen einiger Quermauern aus Magnesiazement mehrere 10—15 m lange Kammern, die mit Chlormagnesium dicht versetzt werden[1]). Tatsächlich haben auch im Salzbergbau solche Abdämmungen sich vollauf bewährt.

12. — Dammtore bestehen aus dem Widerlager, dem Türrahmen und der Tür oder, falls es sich um ein Doppeltor handelt, den Türen.

Das Widerlager wurde früher, solange es sich nicht um höhere Drücke als 30—40 Atm. handelte, als Mauerwerk aufgeführt. Von ihm gilt, was unter Ziff. 11 für den Wasserdamm gesagt ist. Nur ist das Kugelgewölbe in diesem

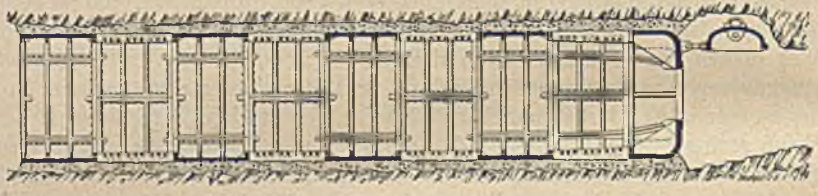


Abb. 628. Dammtor in Verbindung mit Gußringausbau.

Falle nicht geschlossen, sondern läßt eine entsprechend große Öffnung mit abgeschrägten Widerlagerflächen für den Türrahmen frei. Für sehr hohe Drücke genügt die Dichtigkeit des Mauerwerkes nicht. Man wendet in solchen Fällen ein Gußringrohr von 10—20 m Länge an, das man, nach Art des Gußringausbaues in Schächten, aus Ringteilen zusammenbaut und während des Einbauens sorgfältig mit Beton hinterstampft (Abb. 628). Wenn

[1]) Kegel: Bergmännische Wasserwirtschaft, (Halle, Knapp), 1912, S. 149 u. f.

das Gebirge nicht ganz zuverlässig erscheint, so kann dieses außerdem durch Einpressen von Zementmilch abgedichtet werden.

Der wegen seiner Größe und Schwere aus mehreren Teilen bestehende Türrahmen wird unter Tage zusammengebaut und verschraubt. Bei Mauerwerk liegt er keilförmig in diesem (Abb. 629); einem Gußringrohr wird er als Schlußstück nach der Wasserseite hin aufgesetzt (Abb. 628). Die Türöffnungen, die zur Durchführung der Schienenleitung dienen und groß genug sind, um von einem Pferde durchschritten zu werden, pflegen als Lichtmaße 1,0 m Breite und 2,0 m Höhe zu besitzen. Im unteren Teile des Rahmens kann ein Rohr vorgesehen sein, das für gewöhnlich offen ist und als Wasserseige dem Grubenwasser den Durchfluß gestattet. Werden die Türen geschlossen, so schließt man durch einen gewölbten Deckel auch dieses Rohr und zieht den Deckel von der entgegengesetzten Seite an. Etwa in halber Höhe des Rahmens ist gewöhnlich ein anderes Rohr eingegossen, das durch ein auf der Druckseite vorgeschraubtes Ventil abgesperrt werden kann. Das Ventil läßt sich von der Schachtseite her einstellen und hat den Zweck, die hinter der Tür angesammelten Wasser abzulassen, falls dies erwünscht sein sollte. Ferner ist nach Abb. 629 oben in dem Rahmen ein Rohr angebracht, das zur Luftabführung dient und geschlossen wird, sobald der Querschlag mit Wasser gefüllt ist. Ein Stutzen zur Anbringung eines Manometers zwecks Ablesung des Druckes vervollständigt die Ausstattung des Tores.

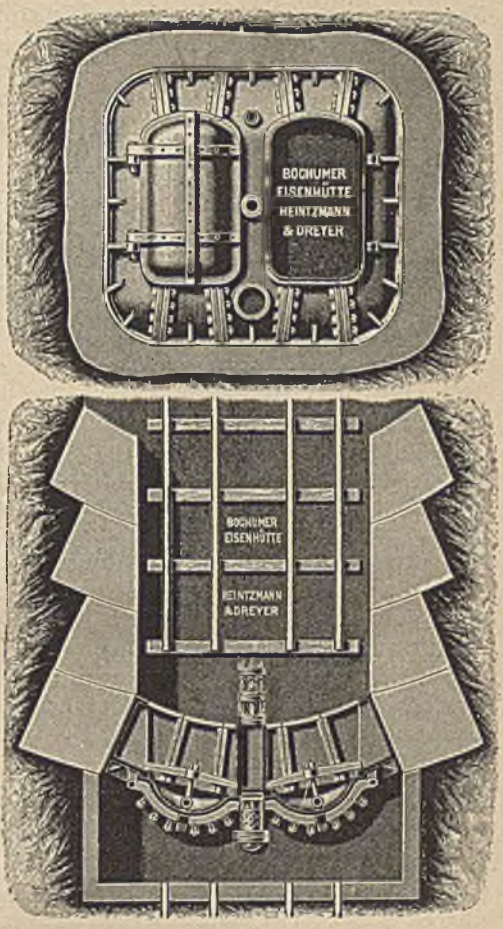


Abb. 629. Dammtor mit zwei Türen in der Ausführung der Bochumer Eisenhütte.

Die Türen sind dem Wasserdrucke entgegen aufgewölbt; sie bestehen, wenn nicht höhere Drücke als 30—40 Atm. in Frage kommen, aus Schmiedeeisen mit 35—65 mm Blechstärke, bei höheren Drücken aus Stahlguß, dessen Stärke dem zu erwartenden Wasserdrucke entsprechend gewählt wird. Die

Abdichtung der geschlossenen Tür kann durch einen schmiedeeisernen Liderring geschehen, der mit geteertem Segeltuch bewickelt und auf die Dichtungsfläche gelegt wird. Durch eine um die Türöffnung laufende, vorspringende Leiste wird der Ring vor dem völligen Zerdrücken geschützt. Für sehr hohe Drücke wendet die Firma Haniel & Lueg eine doppelte, nach Abb. 630 aus einem Gummi- und einem Bleiring bestehende Dichtung an. In eine Nut der ebenen Anschlagsfläche der Tür ist der mit einem nasenartigen Vorsprung versehene Gummiring g und in eine zweite Nut der Weichbleiring b eingesetzt. Der Druck des Wassers bringt die Gummidichtung zum Anliegen und preßt außerdem den keilförmig gestalteten Bleiring platt, wobei die Bleidichtung erst wirksam wird, wenn die Gummidichtung versagt. Bemerkenswert an dieser Türausführung ist noch, daß die Tür in einem Doppelgelenk c_1 c_2 (Abb. 630) aufgehängt ist, um die Dichtungsfläche durch Anziehen der Schrauben s_1 s_2 gleichmäßig zur Auflage zu bringen.

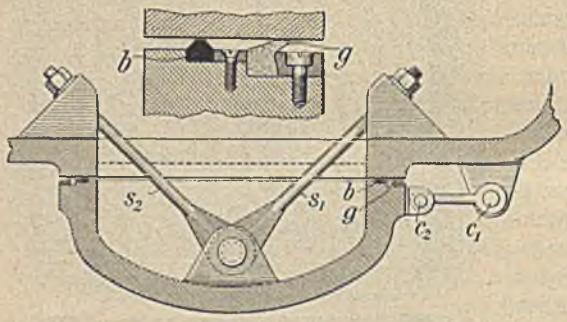


Abb. 630. Dammtor-Abdichtung nach Haniel und Lueg.

Alle zum Schließen des Dammtores erforderlichen Teile (Spannbrücke, Schrauben, Liderring, Deckel, Schraubenschlüssel usw.) pflegt man in einer kleinen, verschließbaren Kammer unmittelbar neben der Dammtoranlage unterzubringen. Ein zweiflügeliges Tor von der üblichen Größe kostet für Drücke von 40—50 Atm. etwa 5000 ℳ.

Die Buderusschen Eisenwerke zu Wetzlar liefern gußeiserne Dammtore, bei denen unter Anwendung einer kreisrunden Türöffnung das Tor selbst die Form eines Kugelabschnittes erhalten hat[1]).

C. Ausrichtung der Grube im Hinblick auf die Wasserhaltung.

13. — Stollen. Die Ausrichtung einer Lagerstätte durch einen oberhalb der Talsohle angesetzten Stollen ist die einfachste Wasserlösung der Grube. Da der jetzige Bergbau aber sich in der Regel unter der Talsohle bewegt, sind Stollengruben, bei denen Abbau nur über der Stollensohle umgeht und die sämtlichen zusitzenden Wasser ohne weiteres abfließen können, selten geworden. An die Stelle der früheren Stollengruben sind Tiefbaugruben getreten, aus denen die Wasser künstlich gehoben werden müssen.

Immerhin haben die Stollen auch heute noch nicht völlig ihre Bedeutung verloren, wenn sie vielfach auch nur zur Abführung der ihnen aus tieferen Teilen der Grube zugehobenen Wasser dienen[2]). Man denke an den 31 km

[1]) Kali 1914, Nr. 9, S. 709 u. f.; Gröbler: Neuerungen in der Ausführung von Dammtüren für Kalibergwerke.

[2]) Zu vgl. Bd. I, 4. Abschnitt unter „Stollen".

langen Schlüsselstollen im Mansfeldschen, der mit einem Kostenaufwande von 3½ Mill. ℳ hergestellt ist und noch jetzt sämtliche Wasser aus den Tiefbauen der Mansfelder Gruben abführt. Der Stollen nimmt den Wasserhaltungen 80—100 m Hubhöhe ab, was bei mäßiger Schätzung eine Ersparnis von etwa 200000 ℳ jährlich bedeutet. Für die Gruben des Oberharzes ist der 23,6 km lange Ernst-August-Stollen, der etwa 400 m Seigerhöhe einbringt, von dauernder Wichtigkeit. Ferner ist ein bemerkenswertes Beispiel aus der neueren Zeit der bereits auf S. 384 erwähnte Carlstollen bei Diedenhofen, der mit einer Länge von 6,5 km die Eisenerzlager der Grube Röchling bei Algringen zum Teil unterfährt und der auch für die darunter sich einsenkenden Teile der Lager als Wasserabführung dient. Im lothringischen Minettebezirke finden sich noch mehrere, in neuerer Zeit hergestellte Stollen, wenn sie auch nicht die Länge des Carlstollens erreichen.

14. — **Sumpfanlagen in Tiefbaugruben.** Der „Sumpf" in Tiefbaugruben soll zur vorläufigen Aufnahme und Ansammlung der Wasser bis zur Hebung durch die Wasserhebevorrichtungen und zu einer gewissen Abklärung dienen. Die Anlagen für den Sumpf sind sehr verschieden umfangreich, je nach der Bedeutung, die die Wasserhaltung für die Grube hat. Bei geringen und gleichmäßigen Wasserzugängen kann es genügen, den Schacht 10—15 m weiter abzuteufen, als es für die Zwecke der Förderung notwendig wäre, und lediglich das Schachttiefste als Sumpf zu benutzen. Bei stärkeren und wechselnden Zuflüssen werden besondere Sumpfstrecken (z. B. streichende Strecken auf Flözen oder auch Querschläge) aufgefahren, die so tief unter der Fördersohle liegen, daß sie sich vollständig mit Wasser anfüllen können, ehe dieses die Sohle der Förderstrecken erreicht. Bisweilen treibt man die Sumpfstrecken weit ins Feld, um ihnen die Wasser schon dort zuführen zu können und die Wasserseige in den Förderstrecken entbehrlich zu machen.

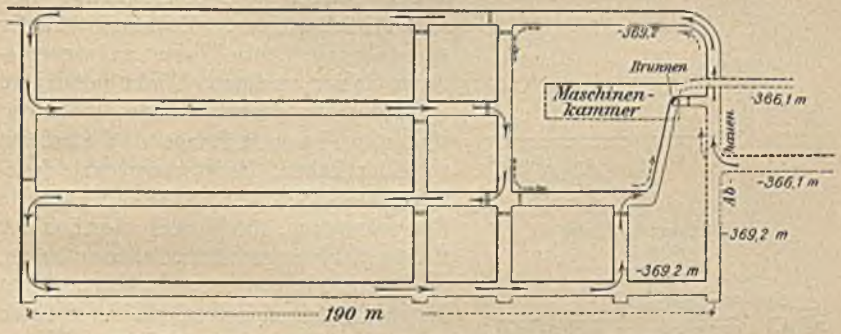


Abb. 631. Sumpfstreckenanlage der Zeche Gneisenau bei Dortmund.

Der Rauminhalt, den der Sumpf besitzen soll, richtet sich ferner nach Art und Zahl der Wasserhebeeinrichtungen. Ist nur eine einzige Pumpenanlage oder Wasserförderung vorgesehen, so muß der Sumpf groß genug sein, um für Ausbesserungen an der Wasserhebevorrichtung die nötige Zeit zu gewähren. In solchem Falle wird es erwünscht sein, daß der Sumpf die Wasserzugänge von mindestens 24—48 Stunden fassen kann. Ist aber eine reichlich starke Wasserhaltung mit mehreren Pumpen vorhanden, so ist

es statthaft, dafür den Sumpf entsprechend zu verkleinern. Bisweilen spricht bei der Bemessung der Größe der Sumpfanlagen noch der besondere Gesichtspunkt mit, daß die Pumpe mit Rücksicht auf eine gleichmäßige Beanspruchung der die Antriebskraft liefernden elektrischen Zentrale nur des Nachts betrieben werden soll.

Schließlich dürfen die Anlagekosten des Sumpfes in keinem Mißverhältnis zu den durch die Herstellung oder Vergrößerung erzielten Vorteilen stehen. Auf Erzgruben hat man deshalb vielfach nur einen kleinen Sumpf, weil ein vorübergehendes Ersaufen wenig schadet, falls nur die Pumpe geschützt steht.

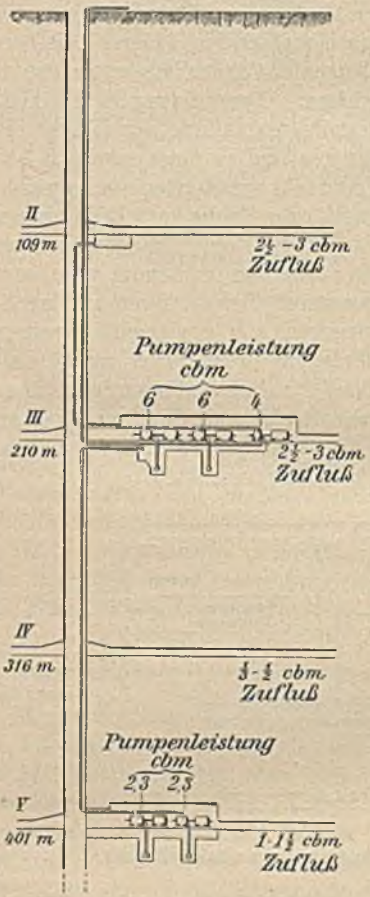


Abb. 632. Zuflüsse und Wasserhaltungsanlagen der Zeche Wiendahlsbank bei Dortmund.

Eine große Sumpfstreckenanlage, wie sie für Zeche Gneisenau bei Dortmund geschaffen ist, zeigt Abb. 631. Das ausgedehnte Streckennetz dieses Sumpfes vermag 4000 cbm zu fassen[1]). Das Wasser durchfließt, wie die Pfeile andeuten, die einzelnen Strecken nacheinander, damit es sich möglichst vollkommen abklärt. Um den Schlamm zu entfernen, lassen sich die einzelnen Strecken durch Türen abtrennen. Auch bei geringerer Ausdehnung des Sumpfes pflegt man ihn zwecks Reinigung während des Betriebes durch eine Mauer mit Wasserschieber in 2 voneinander getrennte Hälften einzuteilen.

Für den Notfall dienen als Ergänzung für die Sumpfanlagen die Förderstrecken.

15. — **Sumpfanlagen auf verschiedenen Sohlen und Ausnutzung der sog. Abfallwasser.** Es kommt häufig vor, daß einer Grube Wasser auf verschiedenen Sohlen zusitzen. Nicht selten sind es gerade die oberen Sohlen, die unter stärkerem Wasserandrange als die tieferen zu leiden haben. Es ist nun unwirtschaftlich, namentlich wenn größere Mengen in Frage kommen, die Wasser sämtlich der tiefsten Sohle ungenutzt zufallen zu lassen, um sie von hier aus zutage zu heben. Statt dessen stellt man auf jeder höheren Sohle einen Sumpf her, der zunächst die Wasser sammelt, und hat nun die Möglichkeit,

1. aus diesem die Wasser durch eine besondere Pumpeinrichtung unmittelbar zutage zu heben, oder
2. sie der Pumpe auf der tieferen Sohle unter Ausnutzung des Gefälles (d. h. unter Druck) zuströmen zu lassen (Betrieb mit Abfallwasser), oder

[1]) S. den in Anm. [1]) auf S. 531 angeführten Aufsatz von Dr. Hoffmann.

3. mit dem herabgeleiteten Wasser auf der tieferen Sohle zur Ausnutzung der Kraft einen Motor zu betreiben, der z. B. zur Lichterzeugung oder zur Förderung dienen kann.

Alle drei Mittel können je nach den Verhältnissen auch gleichzeitig Anwendung finden und durch Anordnung von Zubringerpumpen weiter abgewandelt werden.

Die Aufstellung von Pumpen auf verschiedenen Sohlen ist trotz der damit verbundenen Zersplitterung des Betriebes besonders dann rätlich, wenn die Zuflüsse auf der oberen Sohle erheblich stärker als auf der unteren sind. In solchen Fällen benutzt man häufig die Wasserhaltung der oberen Sohle als Hauptwasserhaltung der Grube, während man die Wasser der unteren Sohle durch eine besondere Pumpe nicht bis zutage, sondern nur bis in den Sumpf der oberen Sohle heben läßt. Über die Anwendbarkeit der Gestängewasserhaltung in solchem Falle ist Ziff 34, Abs. 3 zu vergleichen. Von dem zweiten Mittel sollte man in allen den Fällen Gebrauch machen, wo die Aufstellung einer besonderen Pumpenanlage auf der oberen Sohle nicht verlohnt. Besonders gut läßt es sich bei Kreiselpumpen anwenden. Das dritte Mittel ist am Platze, wenn auf der unteren Sohle das Bedürfnis nach dem Antriebe eines Motors besteht.

Abb. 632 zeigt z. B. die Verteilung der Zuflüsse auf die II.—V. Sohle der Zeche Wiendahlsbank und die allgemeine Anordnung der Wasserhaltungsanlagen auf dieser Zeche. Wie man sieht, steht die Hauptwasserhaltung auf der III. Sohle, der die auf der II. Sohle im Sumpfe gesammelten Wasser unter Druck (Betrieb mit Abfallwasser) zufließen. Die geringen Zuflüsse der IV. Sohle fallen ungenutzt der V. Sohle zu, von wo aus eine kleine Pumpenanlage die Wasser der beiden unteren Sohlen der Hauptwasserhaltung auf der III. Sohle zuhebt[1]).

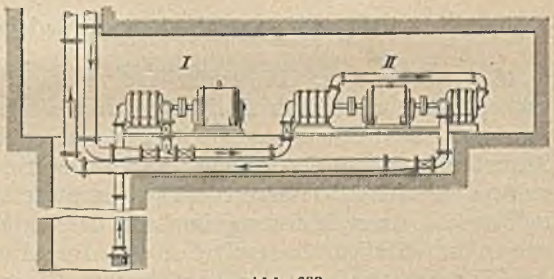


Abb. 633.
Ausnutzung der Abfallwasser bei einer Kreiselpumpenanlage.

Bei beträchtlichem Abstand der Sohlen und erheblichen oberen Wasserzuflüssen kann die Anordnung der Abb. 633 vorteilhaft sein. Die Pumpe wird in 2 Sätze I und II geteilt. Um von der unteren und oberen Sohle das Wasser zu heben, arbeiten I und II hintereinander. II kann aber auch allein das Abfallwasser der oberen Sohle unter Ausnutzung des Gefälles zutage fördern, wobei I stillgesetzt wird[1]).

16. — **Neigung der Ausrichtungstrecken.** Die Neigung, die man den Ausrichtungstrecken mit Rücksicht auf ein gutes Abfließen der Wasser geben muß, beträgt etwa 1:1000. Bei sehr gutem Liegenden oder ausgemauerter Sohle kann man auch auf 1:2000 herabgehen. Bei unruhigem, quellen-

[1]) Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ingenieure 1909, Nr. 1, S. 1; Dr. Hoffmann: Maschinenwirtschaft in Bergwerken; ferner Glückauf 1909, Nr. 29, S. 1033; Eichler: Die neue Wasserhaltungsanlage der Zeche Rosenblumendelle.

dem Liegenden sind stärkere Neigungen von etwa 1:500 zweckmäßig, damit der Schlamm besser mitgenommen wird und sich nicht Anstauungen an einzelnen Punkten bilden[1]).

17. — **Entwässerung des Gebirges vor Einleitung des Abbaues.** Die eigenartige, schon in Ziff. 5 berührte Stellung des Braunkohlenbergbaues gegenüber den Gebirgswassern hat auf Braunkohlengruben vielfach zu einer planmäßigen Entwässerung des Gebirges vor Einleitung des Abbaues geführt. Eine solche künstliche Entwässerung bringt den Vorteil, daß die Abbauverluste vermindert, die Sicherheit des Betriebes erhöht und die Leistungen der Arbeiter gesteigert werden[2]).

Die Mittel, die man zu solcher vorherigen, planmäßigen Entwässerung anwendet, sind zunächst die sog. Entwässerungstrecken, die man in der Lagerstätte selbst oder in deren Hangendem oder — wenn auch seltener — im Liegenden auffährt. Bei gut durchlässigem Gebirge kann man hiermit gute Erfolge erzielen. Die Wirkung läßt sich durch Hochbohren von Entwässerungsbohrlöchern oder durch Zubruchewerfen des Hangenden an geeigneten Punkten vor Beginn des planmäßigen Abbaues erhöhen. Mit gutem Erfolge bringt man auch von Tage aus Tiefbohrlöcher oder Schächte nieder und bewirkt die Entwässerung durch eingehängte Pumpen. Bei Tagebauen baggert man das Gebirge bis einige Meter unter dem Wasserspiegel fort, um sodann den Wasserspiegel durch Pumpen, die schließlich aus kleinen Schächtchen saugen, unter die geschaffene Sohle niederzuziehen[3]). Alsdann kann wieder mit dem Baggern begonnen werden.

II. Wasserhebevorrichtungen.

18. — **Überblick.** Die größte und wichtigste Gruppe der Wasserhebevorrichtungen wird durch die Kolbenpumpen gebildet, die sich nach der Aufstellung der Antriebsmaschine über oder unter Tage sowie nach der Art des Antriebsmittels und der Pumpen weiter gliedern. Nächstdem kommen für größere unterirdische Wasserhaltungen hauptsächlich die Kreiselpumpen in Betracht, deren Bedeutung im Laufe des letzten Jahrzehntes schnell gestiegen ist. Schließlich gesellt sich eine Anzahl kleiner Gruppen, nämlich der Wasserzieheinrichtungen, der Strahlvorrichtungen, der Mammutpumpen und der Pulsometer hinzu.

A. Kolbenpumpen.

19. — **Einleitende Bemerkungen und Einteilung.** Bei den Kolbenpumpen wird das Wasser in der bekannten Weise durch den Hin- und Hergang eines Kolbens in einem Pumpenzylinder unter Mitwirkung zweier Ventile bewegt, von denen man das eine als das Saug- und das andere als das Druckventil unterscheidet. Das angesaugte Wasser kann durch Heben

---

[1]) Vergl. Bd. I, 4. Abschnitt, unter „Herstellung der Hauptquerschläge".
[2]) Kegel: Bergmännische Wasserwirtschaft, (Halle, Knapp), 1912, S. 76 u. f.
[3]) Klein: Handbuch für den deutschen Braunkohlenbergbau, (Halle, Knapp), 1915, S. 683 u. f.

oder durch Drücken nach oben befördert werden. Zur Vermeidung von Wasserstößen werden Windkessel eingeschaltet. Der Antrieb erfolgt durch Dampf, Preßluft, Druckwasser oder Elektrizität. Da die Saughöhe einer Pumpe theoretisch nur 10,3 m beträgt und zweckmäßig auch bei langsam laufenden Pumpen nicht über 4—5 m gesteigert wird, während bei Schnelläufern noch geringere Saughöhen angebracht sind, muß in jedem Falle die Pumpe selbst unter Tage aufgestellt werden. Dagegen ist für die Antriebsmaschine die Aufstellung über oder unter Tage möglich.

Im ersten Falle ist der Pumpenkolben mit der Antriebsmaschine mittels eines durch den Schacht herabgeführten Gestänges verbunden; im zweiten steht die Maschine mit der Pumpe unter Tage.

Hiernach unterscheidet man:

I. Oberirdische (Gestänge-) Wasserhaltungen,
   1. Hubpumpen,
   2. Pumpen, die ein Mittelglied zwischen Hub- und Druckpumpen darstellen, z. B. Rittingersätze,
   3. Druckpumpen,

II. Unterirdische Wasserhaltungen (stets Druckpumpen), angetrieben durch
   1. Dampfmaschinen
      a) mit Schwungrad,
      b) ohne Schwungrad,
   2. Druckwasser,
   3. Elektrizität.

a) Oberirdische (Gestänge-) Wasserhaltungen. (Kolbenpumpen mit Antriebmaschinen über Tage.)

20. — **Hubpumpen.** Bei einer Hubpumpe bildet nach Abb. 634 der untere Teil der Steigleitung *d* selbst den Pumpenzylinder, in dem sich der Pumpenkolben *k* auf- und niederbewegt. Dieser ist im Gegensatz zu den Tauchkolben bei den Druckpumpen durchbohrt und mit einem Ventil oder mit Klappen *h* besetzt. Nahe unter dem niedrigsten Stande des Kolbens befindet sich ein das Saugventil *s* enthaltendes Ventilgehäuse *g*, an das sich unten die Saugleitung *l* mit dem Saugkorb *a* anschließt.

Die Hubpumpen haben die Eigentümlichkeit, daß das den Kolben bewegende Gestänge *i* innerhalb der Steigleitung untergebracht ist und von deren Wandungen geführt wird. Der Raumbedarf ist somit nur gering. Die Pumpe kann mit dem Saugkorbe unmittelbar auf der Schachtsohle stehen, oder sie kann an der Rasenhängebank in der einen oder anderen Weise aufgehängt werden. Die Unterbringung der Pumpe im Schachte erfordert also keine festen Verlagerungen im Schachttiefsten; das Senken und das Herausholen bis über den Wasserspiegel für etwaige Ausbesserungen können ohne weiteres erfolgen. Es sind dies Annehmlichkeiten, die sich namentlich beim Schachtabteufen geltend machen.

Der Nachteil der Hubpumpen ist, daß die Höhe, auf die sie das Wasser in einem Satze zu heben gestatten, nur gering ist und 60—80 m, im Höchstfalle 100—120 m nicht übersteigt. Es liegt dies daran, daß die Dichtung zwischen

Kolbenumfang und Zylinderwand nicht während des Betriebes nachstellbar einzurichten ist und deshalb stets unzuverlässig und mehr oder minder unvollkommen bleibt. Bei höheren Drücken als 6 bis 8 Atmosphären versagt sie schnell gänzlich, namentlich wenn die Wasser nicht ganz rein, sondern sandig sind.

21. — **Doppeltwirkende Rittingerpumpen, Perspektivpumpen.** Bei dieser Art Pumpen (Abb. 635) ist ein Teil der Rohrleitung selbst als Kolben ausgebildet. Dieser Teil ist mittels der Ansätze *a a* an das Gestänge an-

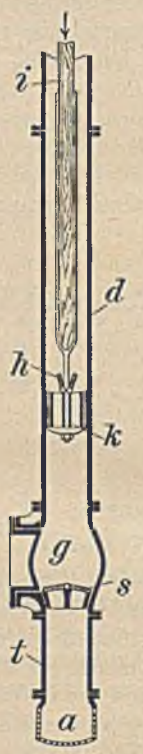


Abb. 634. Hubpumpe.

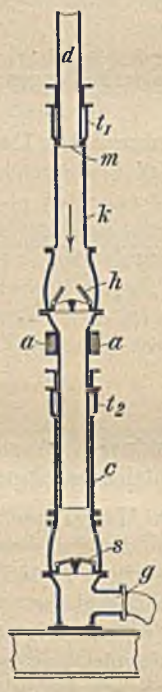


Abb. 635. Doppeltwirkende Rittingerpumpe.

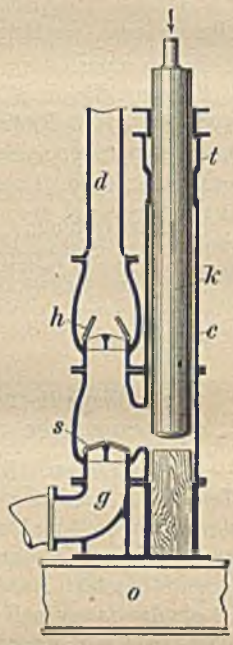


Abb. 636. Druckpumpe.

geschlossen und schiebt sich beim Auf- und Niedergang unter Dichtung durch die Stopfbüchsen t_1 und t_2 über den unteren Teil der Steigleitung *d* und in den oberen Teil des Saugrohres *c*. Das obere Ventil *h* sitzt in dem bewegten Teile der Leitung und nimmt an dem Auf- und Niedergange teil.

Die Einrichtung hat den Vorteil, daß die Pumpe beim Hoch- und Niedergehen des Gestänges in ununterbrochenem Strome Wasser ausgießt. Der Grund hierfür ist, daß beim Aufgange der zwischen der Mündung *m* der Steigleitung und dem Ventil *h* befindliche Raum und beim Niedergange der zwischen derselben Mündung und dem Ventil *s* vorhandene Gesamtraum sich verkleinert, so daß dauernd Wasser in die Steigleitung eintreten muß. Selbstverständlich findet das Ansaugen des Wassers nur beim Hochgehen des Kolbens statt.

Durch das vorhin angegebene Verhältnis der Räume oberhalb des Saugventils wird aber erreicht, daß das einmalig angesaugte Wasser zur Hälfte bei der einen und zur Hälfte bei der anderen Bewegungsrichtung des Kolbens in die Steigleitung tritt.

Für größere Leistungen ordnet man, um nicht eine allzu große Pumpe zu erhalten, zwei Rittingerpumpen nebeneinander an mit gemeinsamer Steigleitung und gemeinschaftlichem Antriebe.

Ein Nachteil der Rittingerpumpe ist, daß 2 Stopfbüchsen für eine einzige Pumpe vorhanden und dicht zu halten sind. Ferner ist die Verlagerung ziemlich umständlich, weil sowohl die Saugleitung als auch die Steigleitung je für sich getrennt zu verlagern sind. Für das Gestänge sind im Schachte besondere Führungen anzuordnen.

22. — **Druckpumpen.** Im Gegensatze zu der Hub- und auch zur Rittingerpumpe ist der Kolben *k* (Abb. 636) einer Druckpumpe nicht durchbohrt, sondern geschlossen. Er bewegt sich in einem besonderen Pumpenzylinder *c* auf und ab, während Saugventil *s* und Druckventil *h* seitlich innerhalb der Saugleitung *g* und Steigleitung *d* nahe übereinander eingebaut zu sein pflegen. Gewöhnlich ist der Kolben als sog. Tauchkolben (Plunger) ausgebildet und unmittelbar am unteren Ende des Gestänges befestigt. An der Eintrittstelle des Kolbens in den Zylinder befindet sich eine Stopfbüchse *l*, die während des Betriebes zugänglich bleibt und nachstellbar ist. Es ist so möglich, mit höheren Drücken, als sie bei der Hubpumpe anwendbar sind, zu arbeiten, und man kann das Wasser in einem einzigen Satze mehrere hundert Meter hochdrücken. Man hat Drucksätze im Ruhrbezirke bis zu 270 m Druckhöhe ausgeführt, ohne daß damit die Höchstgrenze erreicht wäre. Gewöhnlich hat man sich freilich bei den oberirdischen Wasserhaltungen mit niedrigeren Drucksätzen begnügt und die Schachtteufe durch Drucksätze von 80—120 m Höhe, die von einem gemeinschaftlichen Gestänge angetrieben wurden, unterteilt. Als untersten Satz wandte man dabei gern eine Hubpumpe an, die wegen der Möglichkeit, sie leicht heben oder senken zu können, hier den Vorzug verdiente. Gegenüber dieser besteht für die Druckpumpe überhaupt der Nachteil, daß der Pumpenzylinder einer festen Verlagerung und das Gestänge einer besonderen Führung im Schachte bedarf. Bei bereits fertigen Schächten tritt der Übelstand weniger in die Erscheinung als bei solchen Schächten, die noch im Abteufen begriffen sind. Man wird deshalb gewöhnlich für bereits in Betrieb befindliche Gruben, falls man sich überhaupt zu einer Gestängewasserhaltung entschließt, Druckpumpen vorziehen, während für Abteufschächte gern Hubpumpen gewählt werden, solange die Schachtteufe dies zuläßt.

Vereinigt man zwei Druckpumpen unter einheitlichem Antriebe derart, daß der eine Kolben das Wasser ansaugt, während der andere die Wassersäule in die Höhe drückt, so entsteht eine doppeltwirkende Pumpe, die zweckmäßig eine gemeinsame Steigleitung für beide Pumpenzylinder erhält. Das Wasser verbleibt alsdann in der Steigleitung in einer ununterbrochenen Aufwärtsbewegung.

23. — **Gestänge und Antrieb der oberirdischen Wasserhaltungen.** Die Gestänge wurden früher aus Holz gefertigt, wobei man Nadel- und für sehr nasse Schächte Eichenholz bevorzugte. Die Nachteile

des Holzgestänges, insbesondere die Neigung zur Fäulnis, die schnelle Lockerung der Verbindungen und das große Gewicht im nassen Zustande, führten allmählich dazu, das Holz durch Eisen zu ersetzen. Statt des Holzes benutzte man zunächst schmiedeeiserne, aus zusammengenieteten Profileisen bestehende Gestänge, die schließlich durch Rundstahl-Gestänge verdrängt wurden.

Das Gestänge wurde unmittelbar mit der Kolbenstange der Antriebsmaschine verbunden, falls diese nach Abb. 637 oberhalb des Schachtes aufgestellt werden konnte. Stand die Maschine seitlich des Schachtes, so erfolgte

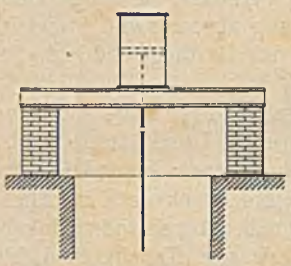


Abb. 637. Unmittelbarer Antrieb einer Gestängewasserhaltung durch eine über dem Schachte aufgestellte Maschine.

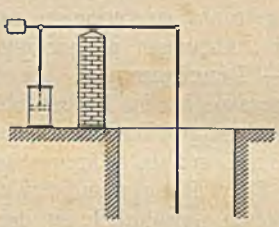


Abb. 638. Antrieb einer Gestängewasserhaltung mittels Schwengels.

die Verbindung mit dem Gestänge nach Abb. 638 durch einen mit Gegengewicht ausgerüsteten Schwengel (Balancier) oder bei größerer Entfernung vom Schachte durch Kunstkreuz und Feldgestänge (Abb. 639).

Die Antriebsmaschinen der Gestängewasserhaltungen sind in der Regel Dampfmaschinen, die in sehr verschiedenen Ausführungen gebaut worden sind. Bei der geringen und noch immer zurückgehenden Bedeutung, die diese Maschinen zur Zeit haben, sei nur erwähnt, daß man z. B. indirekt und einfachwirkende, direkt und einfachwirkende, direkt und doppeltwirkende und schließlich rundlaufende Maschinen unterscheidet, ohne daß damit alle Ausführungsmöglichkeiten und Unterschiede im einzelnen erschöpft sind. Neben den Dampfmaschinen finden sich als Antriebsmaschinen, wo Wasserkraft zur Verfügung steht, Wasserräder und Wassersäulenmaschinen.

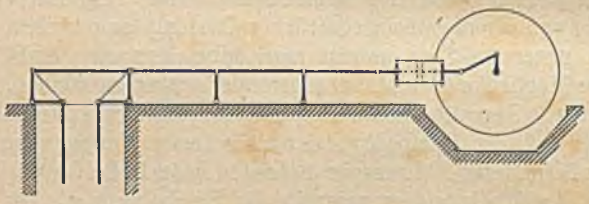


Abb. 639. Antrieb einer Gestängewasserhaltung mittels Feldgestänges und Kunstkreuzes.

b) Unterirdische Wasserhaltungen. (Kolbenpumpen mit Antriebsmaschine unter Tage.)

24. — Ort der Aufstellung. Während bei der Gestängewasserhaltung der Schacht an der Hängebank durch die Antriebsmaschine oder mindestens einen Hebelschwengel oder ein Kunstkreuz, auf seine ganze Tiefe durch das auf- und niedergehende Gestänge und in seinem Tiefsten durch die Pumpe

nebst Zubehör in Anspruch genommen wird, braucht der Schacht für die unterirdische Wasserhaltung nur mit der fest eingebauten Kraft- und der Steigleitung belastet zu werden. Die Antriebsmaschine nebst Pumpe wird in einer gewissen Entfernung seitlich vom Schacht aufgestellt, wo ein für die Herstellung des Maschinenraumes geeigneter Platz sich findet, der den Verhältnissen des Betriebes sowohl wie des Gebirges Rechnung trägt.

Wichtig ist die Höhenlage der Wasserhaltung zur Bausohle. In der Regel erfolgt die Aufstellung so, daß der Flur der Maschinenkammer sich in gleicher Höhe wie die betreffende Sohle, die Sumpfanlage dagegen etwa 4 m unter dieser befindet[1]). Bei solcher Anordnung kann die Sumpfanlage völlig und die Tiefbausohle noch etwa ½—1 m unter Wasser kommen, ehe dieses bis an die Zylinder steigt und der Betrieb der Maschine unmittelbar gefährdet wird. Der Fortbetrieb kann aber noch weiter dadurch gesichert werden, daß man den Zugang zur Maschinenkammer von den Querschlägen oder Richtstrecken der Tiefbausohle aus mit einem Dammtor versieht, das im Falle des Ansteigens der Wasser geschlossen werden kann. Es bleibt alsdann nur noch ein zweiter Zugang zur Maschinenkammer, der 10—15 m über der Tiefbausohle in den Schacht mündet. Auf diese Weise können die Baue der Tiefbausohle für Notfälle als leistungsfähiger Sumpf mit herangezogen werden. Als teilweiser Ersatz für ein Dammtor dient eine sattelförmige Erhebung in der Verbindungstrecke zwischen Fördersohle und Pumpenkammer (Abb. 640). Hierbei kann das Wasser auf der Fördersohle F immerhin um das Maß der Sattelhöhe ansteigen, ehe die Pumpe W bedroht wird.

Abb. 640. Sattelförmige Erhebung der Sohle zwischen Förderstrecke und Pumpenkammer.

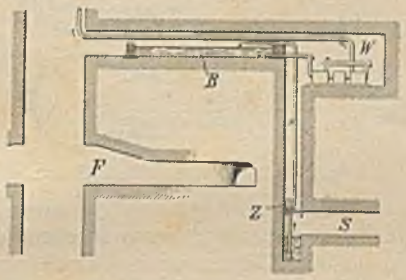


Abb. 641. Aufstellung der Wasserhaltung oberhalb der Fördersohle.

In manchen Fällen hat man auch die Wasserhaltung von vornherein 10—15 m über der Tiefbausohle aufgestellt (Abb. 641), um die Maschine noch sicherer gegen ein Ersaufen zu schützen. Freilich muß dann eine besondere Zubringerpumpe Z vorgesehen werden, die das Wasser aus dem unter der Fördersohle F befindlichen Sumpf S einem Behälter B, der etwa in Höhe der Wasserhaltung W oder noch besser darüber angeordnet ist, zuhebt. Diese Anordnung hat den weiteren Vorteil, daß die Hauptpumpe ganz ohne Saughöhe arbeiten kann und das Anlassen sich einfach gestaltet.

25. — Die Pumpen. Die für die unterirdische Wasserhaltung benutzten Pumpen sind stets Druckpumpen, die in ihrem Wesen der bei den Gestänge-

[1]) Glückauf 1917, Nr. 15, S. 313 u. f.; Gaze: Richtlinien für den Bau großer elektrischer Wasserhaltungen.

wasserhaltungen besprochenen und durch Abb. 636 auf S. 574 dargestellten Pumpe entsprechen. Anordnung und Ausführung weisen allerdings einige Abweichungen auf.

Da die unterirdischen Maschinenräume am leichtesten und sichersten lang gestreckt, aber mit geringen Höhenabmessungen hergestellt werden können, finden wir fast ausnahmslos die liegende Anordnung der Pumpenzylinder statt der in Abb. 636 gezeichneten stehenden. Die Pumpenkolben sind für hohe Drücke ausschließlich Tauchkolben, wie dies z. B. die Abbildungen 642—645 zeigen. Für niedrige Drücke werden auch Scheibenkolben benutzt.

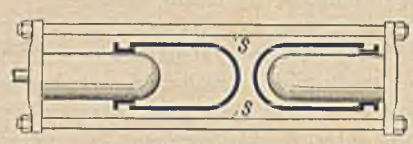


Abb. 642. Druckpumpe mit zweifacher Wirkung.

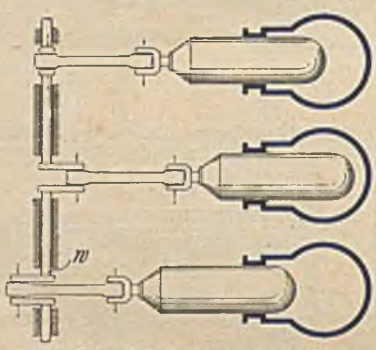


Abb. 643. Druckpumpe mit dreifacher Wirkung.

Die Regel ist, daß Pumpen mit zwei-, drei- oder vierfacher Wirkung benutzt werden, wie dies die Abbildungen 642—644 zeigen. Die Pumpenkolben werden zu diesem Zwecke durch Umführungstangen *s* (Abb. 642) oder unmittelbar (Abb. 644) miteinander verbunden oder werden von einer gemeinsamen Kurbelwelle *w* aus bewegt (Abb. 643). Auf diese Weise gibt die Antriebsmaschine in jedem Augenblick annähernd gleiche Leistungen ab, und die Wassersäule bleibt in der Steigleitung, begünstigt durch die Wirkung der Windkessel, in gleichmäßiger, ununterbrochener Aufwärtsbewegung, was besonders für elektrisch angetriebene Pumpen wichtig ist.

Abb. 644. Druckpumpe mit vierfacher Wirkung.

Das gleiche Ziel der ununterbrochenen Aufwärtsbewegung des Wassers in der Steigleitung erreicht man mit nur 2 Ventilen bei der Differentialpumpe durch Anwendung eines Stufenkolbens (Abb. 645). Beim Gange des Kolbens nach rechts wird das Wasser angesaugt und steigt durch das Saugventil *s* in den linken Zylinder empor. Gleichzeitig wird ein Teil des im rechten Zylinder bereits befindlichen Wassers in die Steigleitung *D* befördert. Beim Gange nach links wird das angesaugte Wasser über das Druckventil *d* in den rechten Zylinder und aus diesem zum Teil in die Steigleitung gedrückt.

Bei entsprechender Abmessung der Kolbendurchmesser k_1 und k_2 wird beim Hin- und beim Rückgange des Kolbens die gleiche Menge Wasser in die Steigleitung gelangen. Wegen der größeren Raumbeanspruchung werden derartige Pumpen nur für mäßige Leistungen angewandt. Auch müssen bei hohen Leistungen die Ventile einen unbequem großen Durchmesser erhalten.

Die mit Druckpumpen im Betriebe erreichbare Druckhöhe scheint bei etwa 800 m zu liegen. Bei größeren Druckhöhen treten Schwierigkeiten, insbesondere ein schneller Verschleiß der Ventile auf, die den Wirkungsgrad herabmindern und schließlich den Fortbetrieb unmöglich machen[1]).

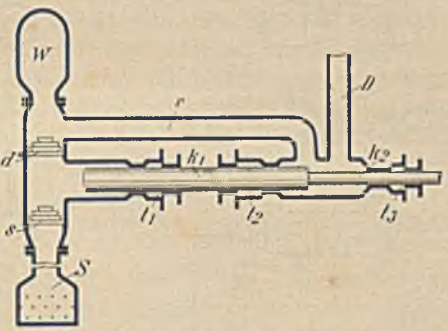


Abb. 645. Differentialpumpe.

26. — Triebkräfte. Die unterirdischen Wasserhaltungen können mit Dampf, Preßluft, Druckwasser oder Elektrizität angetrieben werden. Am häufigsten findet sich zur Zeit noch die Dampfwasserhaltung, die aber mehr und mehr durch die elektrische Wasserhaltung verdrängt wird. Der Antrieb mit Preßluft beschränkt sich der hohen Betriebskosten wegen in der Regel auf kleinere Anlagen und auf Schachtabteufen, wo die Kondensation des Dampfes Schwierigkeiten macht, elektrischer Strom aber nicht zur Verfügung steht. Mit Druckwasser betriebene oder hydraulische Wasserhaltungen sind besonders in den Jahren 1890—1900 gebaut worden, werden neuerdings aber gewöhnlich nicht mehr gewählt, da sie zweckmäßig durch elektrische Wasserhaltungen ersetzt werden, insoweit eine Dampfwasserhaltung nicht anwendbar erscheint.

27. — Dampfwasserhaltung. Maschinen mit Schwungrad. Die für größere unterirdische Wasserhaltungen gebrauchten Dampfmaschinen arbeiten mit Schwungrad, wobei Verbundmaschinen in Zwillingsanordnung bevorzugt werden. In druckhaftem Gebirge wählt man der langgestreckten Bauart wegen gern Tandemmaschinen. Die Steuerungen sind dieselben, wie sie auch für die gleichen Maschinen über Tage gebraucht werden. Kondensation ist stets vorhanden.

Als Beispiel zeigt die dem Sammelwerk Bd. IV entnommene Abb. 646 die mit einer Verbundmaschine ausgerüstete Wasserhaltung der Zeche Centrum II bei Wattenscheid, die eine vierfach wirkende Pumpe antreibt und minutlich 2 cbm auf 425 m Höhe zu drücken imstande ist. Mit *a* ist der Hochdruckzylinder, mit *b* der Zwischen-Dampfaufnehmer, mit *c* der Niederdruckzylinder, mit *d* die Kondensation und mit *e* das Schwungrad bezeichnet. Die Zuleitung des Frischdampfes erfolgt durch das Rohr *f*, während für die Führung des Abdampfes zur Kondensation das Rohr *g* dient. *h* ist die Abflußleitung der Kondensation. In den Pumpenzylindern p_1 und p_2 bzw. p_3 und

[1]) Glückauf 1915, Nr. 4, S. 81 u. f.; Wahle: Wasserhaltungsschwierigkeiten bei großen Teufen; ferner ebenda 1915, Nr. 25, S. 614 u. f.; Gilbert: Betriebserfahrungen mit Wasserhaltungsanlagen in großen Teufen.

p_4 bewegen sich zwei gemeinschaftliche Kolben, von denen nur einer (k) sichtbar ist. Die Pumpenkolben stehen durch Kolbenstangen i_1 und i_2 mit den Kolbenstangen der Dampfmaschine in unmittelbarer Verbindung. Die Gehäuse für die Saugventile sind mit v_1, v_2, v_3 und v_4, diejenigen für die Druck-

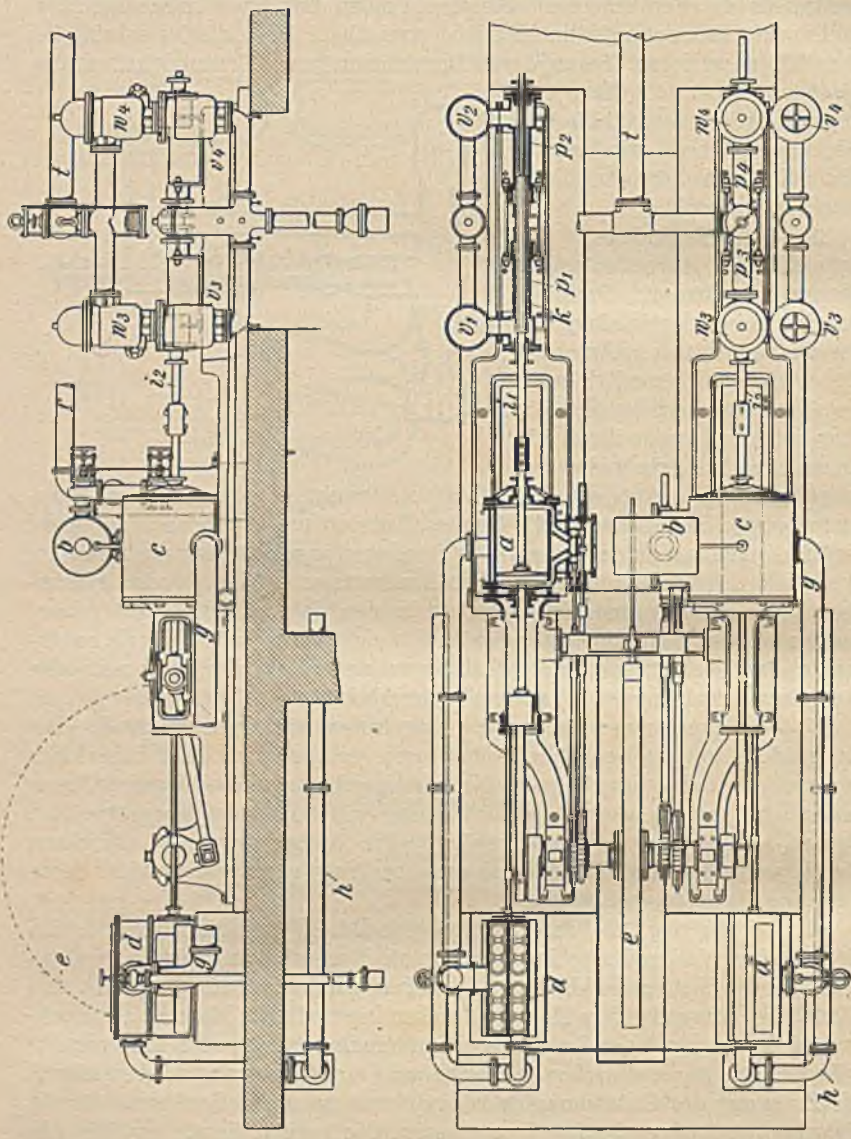


Abb. 646. Unterirdische Verbund-Wasserhaltungsmaschine der Zeche Centrum II bei Wattenscheid. (Leistung: 2 cbm aus 425 m Teufe bei 50 Umdrehungen in der Minute.)

ventile mit w_3 und w_4 (w_1 und w_2 sind nicht sichtbar) bezeichnet. t ist die Steigleitung der Pumpe. Der Kondensator entnimmt sein Kühlwasser mittels eines eigenen Saugrohres aus einer besonderen, durch das Kondensat noch nicht angewärmten Abteilung des Sumpfes.

Da derartige Wasserhaltungsmaschinen mit einer Umdrehungszahl von 40—80 minutlich arbeiten, können ihre Abmessungen im Gegensatz zu den sehr langsam laufenden Gestängewasserhaltungen, die nur 8—12 Hübe minutlich machen, verhältnismäßig klein gehalten werden. Dementsprechend sind die Anlagekosten, obwohl unterirdische Maschinenräume hergestellt werden müssen, gering und mögen nach den Angaben des Sammelwerks[1]) auf 350 bis 400 ℳ je Pferdestärke geschätzt werden. Auch der Dampfverbrauch ist günstig und beträgt bei ununterbrochenem Betriebe nur etwa 8—12 kg je PS-Stunde in gehobenem Wasser. Mit der Abnahme der täglichen Betriebszeit nimmt freilich der Dampfverbrauch für die PS-Stunde zu, was darin begründet liegt, daß man die von der Kesselanlage zur Wasserhaltung führende Dampfleitung während des Stillstandes der letzteren nicht über Tage absperren darf, sondern bis zur Maschine unter Tage unter Dampf stehen lassen muß. Andernfalls würde die Leitung durch den dauernden Wechsel von Erwärmung und Abkühlung leiden und undicht werden. Man muß deshalb den Leitungs-Kondensationsverlust während des Stillstandes der Maschine in den Kauf nehmen.

28. — **Maschinen ohne Schwungrad.** Für kleinere Wasserhaltungen wählt man statt der vorerwähnten Antriebsmaschinen gern einfachere, schwungradlose Maschinen, die zwar den Nachteil eines höheren Dampfverbrauches besitzen, dafür aber einer minder sorgfältigen Wartung bedürfen, einen geringeren Raumbedarf haben und leicht und schnell (bei kleinen Leistungen sogar ohne Gründungsmauerwerk) aufgestellt werden können. Bei Betrieb mit Preßluft fällt der Kondensator fort, so daß hierdurch die Einfachheit und Verwendungsmöglichkeit im Grubenbetriebe noch erhöht werden. Am verbreitetsten sind die Duplexpumpen, wie sie in mehr oder minder ähnlicher Ausführung z. B. von Schwade & Co. in Erfurt, von Weise & Monski in Halle a. S., von der Maschinenfabrik Oddesse in Oschersleben u. a. geliefert werden. Sie sind so einfach und betriebsicher, daß sie stundenlang ohne alle Wartung laufen können.

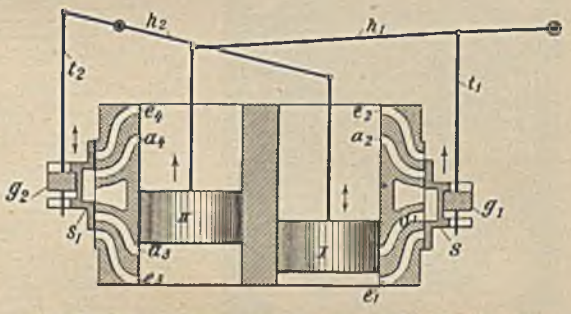


Abb. 647. Veranschaulichung der Steuerung bei Duplexpumpen.

29. — **Duplexpumpen** sind Zwillingspumpen, bei denen jede Maschinenhälfte aus einem Dampfzylinder mit zugehörigem Pumpenzylinder besteht. Der Dampfmaschinen- und der Pumpenkolben sind durch ihre Kolbenstangen unmittelbar miteinander verbunden. Dabei bestehen die Eigentümlichkeiten, daß die eine Maschinenhälfte die Umsteuerung der anderen betätigt und daß die Kolben der einen Hälfte nach beendetem Hingange zur Ruhe kommen und so lange ohne Bewegung bleiben, bis die Kolben der anderen Seite ihren Weg

[1]) Sammelwerk Bd. VI, S. 317, Tabelle 11.

gemacht und an dessen Schlusse die Umsteuerung der anderen Seite betätigt haben. Die beiderseitigen Kolben machen also ihren Weg nacheinander mit Pausen am Ende eines jeden Hubes.

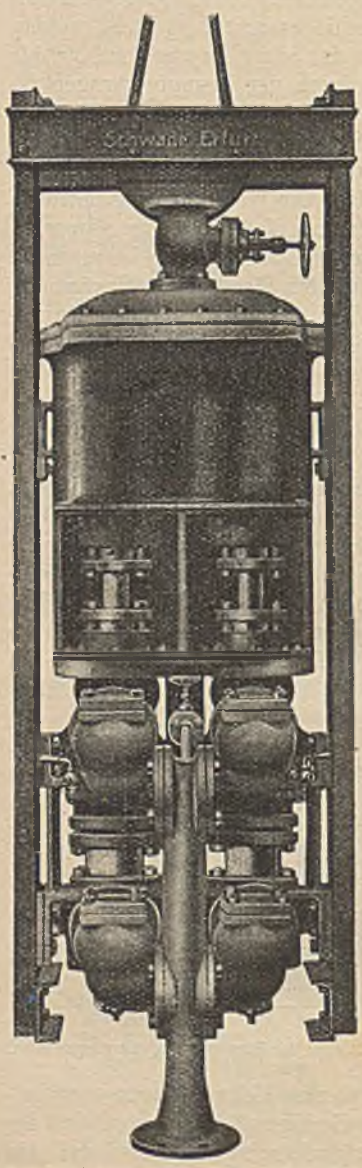


Abb. 648. Duplexpumpe für Abteufzwecke von Otto Schwade & Co. zu Erfurt (für 3 cbm minutlich bei 130 m Druckhöhe).

Das Wesen der Steuerung wird leicht aus der schematischen Abb. 647[1]) klar. Der Kolben *II* bewegt sich in der Pfeilrichtung, da durch den Einlaßkanal e_3 Frischdampf einströmt und der Abdampf durch den Kanal a_4 entweichen kann. Der Kolben *I* befindet sich in Ruhe, da noch Frischdampf über dem Kolben steht und nicht ausströmen kann. Der Schieber s_1 ist durch einen zweiarmigen und der Schieber s durch einen einarmigen Hebel mit der wechselseitigen Kolbenstange verbunden, wobei aber durch eingeschaltete Gleitstücke g_1 und g_2 dafür Sorge getragen ist, daß bis zu einem gewissen Grade toter Gang entsteht. Setzt der Kolben *II* seinen Weg fort, so öffnet er am Ende seines Hubes durch den Schieber g_1 den Einlaßkanal e_1 und den Auslaßkanal a_2, worauf sich Kolben *I* in Bewegung setzt. Kurz darauf beendet Kolben *II* seinen Weg und kommt, da der Volldampf einstweilen nicht aus dem Zylinder entweichen kann, zur Ruhe. Die Umsteuerung für *II* erfolgt ebenfalls erst, wenn der Kolben *I* nahezu seinen Hub beendet hat.

Die tatsächliche Ausführung ist im Laufe der Zeit von den verschiedenen Pumpenfabriken in mannigfacher Weise vereinfacht worden. Insbesondere hat man die früher außen liegenden Hebel und Gelenke beseitigt; statt dessen wird die Steuerung durch völlig eingekapselte Drehgetriebe betätigt, so daß sich ein sehr gedrängter, einfacher Bau ergibt. Die Vorzüge der Duplexpumpen machen sie besonders für Schachtabteufen geeignet. Abb. 648 zeigt eine von der Firma O. Schwade & Co. gebaute Senkpumpe, die mittels eines Drahtseiles oder einer Kette, die um eine obere Rolle gelegt ist, gehoben und gesenkt werden kann.

[1]) Aus dem auf S. 557 in Anm. [1]) angeführten Werk von Hartmann-Knoke-Berg, S. 368, Fig. 418.

Je nach dem Verhältnis der Durchmesser der Dampf- und Pumpenzylinder und nach dem Dampfdrucke werden mit den Duplex-Abteufpumpen Förderhöhen bis zu 200 m überwunden und dabei Leistungen bis zu 4 cbm minutlich erzielt. Der Dampfverbrauch der gewöhnlichen Duplexpumpen ist hoch, er wird je nach der Größe auf 27—50 kg je PS-Stunde angegeben[1]). In Schächten wird er bei dem oftmals unterbrochenen Betrieb und den wachsenden Teufen, die eine dauernd richtige Bemessung des Verhältnisses zwischen Dampf- und Pumpenzylinder zur Unmöglichkeit machen, noch größer sein.

Duplexpumpen werden, um eine bessere Ausnutzung des Dampfes zu erhalten, auch mit je 2 hintereinander liegenden und zusammen arbeitenden Dampfzylindern für Hoch- und Niederdruck gebaut. Für solche Pumpen wird ein Dampfverbrauch von 17—24 kg je PS-Stunde angegeben. Für größere Wasserhaltungsanlagen ordnet man sogar zur besseren Ausnutzung des Dampfes je 3 Dampfzylinder hintereinander an und erreicht hierdurch einen noch geringeren Dampfverbrauch. Die Dampfersparnis im Betriebe wird aber mit einem größeren Gewichte der Maschine, größerem Raumbedarf, Verringerung der Betriebsicherheit und höheren Anschaffungskosten erkauft.

30. — Nachteile des Dampfes als Antriebsmittel unter Tage. Die Benutzung des Dampfes für den Antrieb der Wasserhaltung unter Tage ist für die Grube unbequem und unter Umständen gefährlich. Ist man gezwungen, die Dampfzuleitung teilweise oder ganz in den einziehenden Schacht zu verlegen, so wird der Wetterstrom behindert und geschwächt. Im ausziehenden Schachte wirkt freilich die Wärmeabgabe förderlich und wird durch eine Minderbelastung der Bewetterungsmaschine wirtschaftlich ausgenutzt. In jedem Falle muß aber für Abführung der in der Maschinenkammer ausstrahlenden Wärme durch einen genügend starken Teilstrom Sorge getragen werden. Ferner darf mit Rücksicht auf die zu befürchtende Austrocknung und die dadurch entstehende Brandgefahr der Schacht, durch den die Leitung geführt ist, nur mit feuersicherem Ein- und Ausbau versehen sein.

Je tiefer die Grube ist, um so mehr Dampf ist zur Hebung eines Kubikmeters Wasser erforderlich, und um so mehr Kühlwasser ist für die Kondensation nötig. Man kommt schließlich an eine Grenze, wo das zu hebende Wasser zur Kondensation des Dampfes nicht mehr ausreicht. Eine bestimmte Zahl für diese Grenze läßt sich nicht angeben, da die Verhältnisse je nach dem Grade der Überhitzung des Dampfes, dem Wirkungsgrad der Anlage und der Temperatur der Grubenwasser ganz verschieden liegen können. Im Ruhrbezirk finden sich Dampfwasserhaltungen bis zu einer Teufe von etwa 600 m.

Diese Verhältnisse drängen für tiefe Schächte auf einen Ersatz der Dampfwasserhaltung. An Stelle des Dampfes kommt, da die Verwendung von Preßluft für größere Anlagen zu teuer ist, nur die hydraulische und die elektrische Kraftübertragung in Frage.

---

[1]) Vgl. das auf S. 557 in Anm.[1]) angeführte Werk von Hartmann-Knoke-Berg, S. 381 und 382.

31. — **Die hydraulische Wasserhaltung**[1]). Eine solche Wasserhaltung erfordert umständliche und teuere Einrichtungen. Eine über Tage aufgestellte Dampfmaschine betreibt eine Preßpumpe, in der das Kraftwasser auf den Betriebsdruck von 200—300 Atm. gepreßt wird. Ein Druckspeicher, der gewöhnlich aus einem großen Preßluftkolben besteht, der auf einen kleinen Druckwasserkolben wirkt, nimmt das Wasser zunächst auf und dient zum Ausgleich der auftretenden Wasserstöße. Von hier wird das Wasser durch die in den Schacht eingebaute Fallrohrleitung dem unterirdischen Teile der Wasserhaltung zugeführt. Dieser Teil besteht aus Wassersäulenmaschine und Pumpe. Schematisch ist die Anordnung unter Tage durch Abb. 649 dargestellt. Danach sind in einer Linie vier Zylinder angeordnet, von denen die beiden mittleren m_1 und m_2 zusammen mit der Steuerung n o zur Wassersäulenmaschine gehören, während die beiden äußeren l_1 und l_2 die Pumpenzylinder sind. Für je einen Zylinder der Wassersäulenmaschine und einen Pumpenzylinder ist ein gemeinsamer

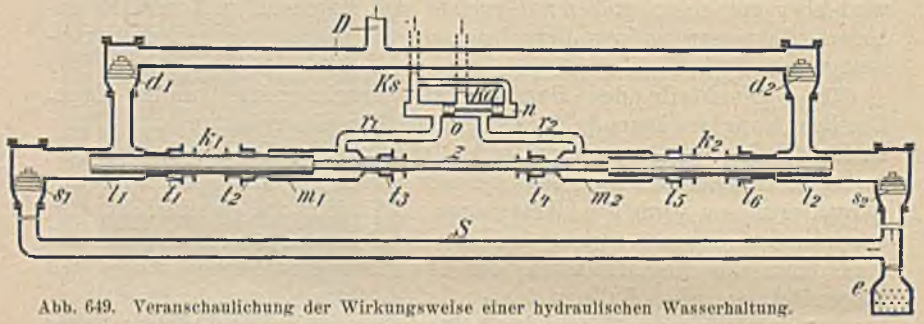


Abb. 649. Veranschaulichung der Wirkungsweise einer hydraulischen Wasserhaltung.

Kolben (k_1 bzw. k_2) vorhanden. Beide Kolben sind durch die Kolbenstange z miteinander verbunden. Durch die Steuerung wird das aus der Druckleitung Kd kommende Kraftwasser bald in den einen und bald in den anderen Zylinder der Wassersäulenmaschine geleitet und treibt die Kolben hin und her, wobei jedesmal beim Rückgang des Kolbens das Kraftwasser, das seine Arbeit geleistet hat, in die Kraftwassersteigleitung Ks gedrückt wird.

Die hydraulische Wasserhaltung scheint zwar auf den ersten Blick mancherlei Vorteile zu bieten: Wassersäulenmaschine und Pumpe sind einander ähnliche und unter annähernd gleichen Bedingungen arbeitende Maschinen, deren Hubzahl zueinander paßt. Das Wasser ist ein ohne erhebliche Kraftverluste arbeitendes Kraftübertragungsmittel, es übt keine schädlichen Wärmewirkungen auf die Grube aus, sondern kühlt sie eher ab. Auch Gefahren, wie sie z. B. bei Verwendung der Elektrizität bestehen, sind nicht zu befürchten. Selbst unter Wasser kann die hydraulische Wasserhaltung noch eine Zeitlang fortarbeiten.

[1]) Um die Einführung der hydraulischen Wasserhaltung hat sich insbesondere der i. J. 1900 verstorbene Prof. Herbst, Lehrer an der Bergschule zu Bochum, verdient gemacht.

Dem stehen aber schwerwiegende Nachteile gegenüber: Die Anlagekosten sind wegen der Notwendigkeit dreier Leitungen im Schachte und der Einrichtung einer besonderen Preßwasseranlage über Tage hoch und können für größere Anlagen auf etwa 700 ℳ für eine Pferdekraft geschätzt werden. Die hohen

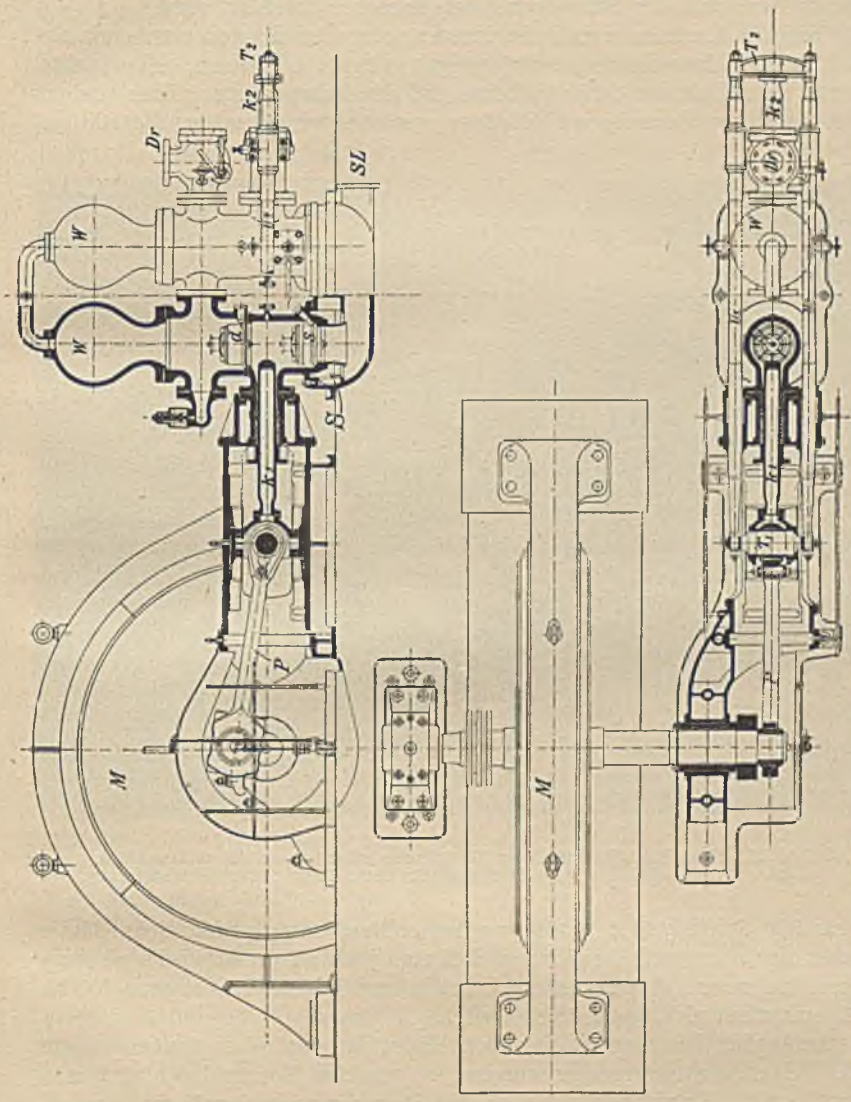


Abb. 650. Elektrische Wasserhaltung für 1,5 cbm minutlich auf 495 m Druckhöhe, gebaut von der Firma Ehrhardt & Schmer zu Schleifmühle für Schacht Karl des Köln-Neuessener Bergwerksvereins zu Altenessen.

Drücke stellen große Anforderungen an die Ventilkästen, die leicht springen, und erfordern besondere Sorgfalt und die Aufwendung hoher Kosten für Stopfbüchsendichtungen. Schließlich ist auch unter Umständen der Frost dem Betriebe solcher Wasserhaltungen lästig. Wegen dieser Nachteile sind

hydraulische Wasserhaltungen seit einer Reihe von Jahren nur noch ausnahmsweise gebaut worden.

32. — **Elektrisch angetriebene Kolbenpumpen.** Bei den elektrischen Wasserhaltungen wird die Pumpe durch einen Elektromotor angetrieben, dem der Strom von über Tage her zugeführt wird.

Die hohe Umdrehungszahl des Elektromotors ließ ihn von vornherein als zum Betrieb einer Kolbenpumpe weniger geeignet erscheinen. Man suchte zuerst einen Teil der Schwierigkeiten auf die Pumpen abzuwälzen, indem man nach den Vorschlägen Riedlers raschlaufende Pumpen, die 200, ja

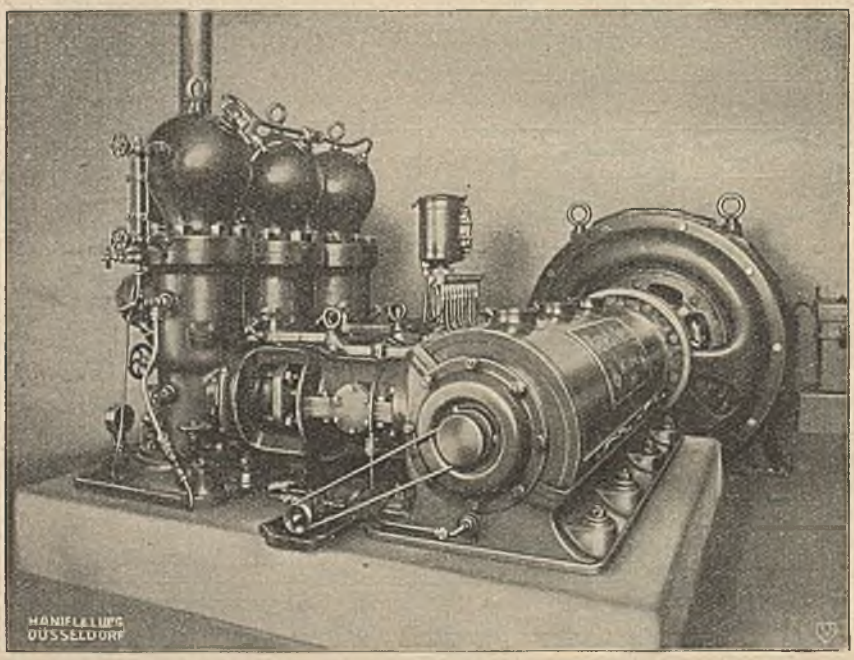


Abb. 651. Elektrische Wasserhaltung für 0,63 cbm minutlich auf 420 m Druckhöhe, gebaut von Haniel & Lueg zu Düsseldorf für Zeche Zollverein bei Katernberg.

sogar 300 Spiele in der Minute machen sollten, baute. Diese Schnelläufer haben sich aber wenig bewährt, so daß man jetzt allgemein wieder zu langsamer laufenden Pumpen zurückgekehrt ist und Spielzahlen von etwa 100 bis 140 minutlich nicht gern überschreitet.

Anfänglich hat man in einzelnen Fällen für den Wasserhaltungsmotor einen eigenen Stromerzeuger vorgesehen, was den Vorzug hatte, daß man den Gang der Antriebsmaschine und des Stromerzeugers über Tage den wechselnden Wasserzuflüssen anpassen und bei geringer Pumpenleistung an Dampf sparen konnte. Jetzt schließt man wegen der erheblich geringeren Anlagekosten den Motor stets an eine Zentrale, also an ein dauernd unter Strom befindliches Netz an, womit die Geschwindigkeit von Motor und Pumpe festgelegt ist und sich nicht einstellen läßt.

Die Abb. 650 zeigt die jetzt am meisten übliche Bauart einer elektrischen Wasserhaltung. Der Motor M ist durch eine Kurbel und die Pleuelstange P unmittelbar mit der doppeltwirkenden Pumpe gekuppelt, deren beide Kolben k_1 und k_2 durch Querstücke T_1 und T_2 und Umführungstangen U_1 und U_2 miteinander verbunden sind. Die Saugleitung ist mit SL, das Saugventil mit s, das Druckventil mit d und die Steigleitung mit Dr bezeichnet.

Eine andere Ausführungsform zeigt die Abb. 651. Hier treibt der Motor drei nebeneinander aufgestellte Pumpen in Drillingsanordnung an, die überhaupt für elektrischen Antrieb wegen der gleichförmigen Belastung günstig ist[1]).

Für kleinere, namentlich für fahrbare Pumpen verzichtet man meist auf die unmittelbare Kuppelung des Motors mit der Pumpe und schaltet, um für den Motor kleinere Abmessungen zu erhalten, eine Kraftübertragung ins Langsame (gewöhnlich eine Zahnradübersetzung) ein.

Die besonderen Vorteile der elektrischen Wasserhaltung sind die Einfachheit und der geringe Raumbedarf des Kraftübertragungsmittels im Schachte. Es ist im Schacht nur ein dünnes Kabel unterzubringen, dessen Einbau und Verlegung keinerlei Schwierigkeiten macht. Aus diesem Grunde ist die elektrische Wasserhaltung für hochbelastete Förderschächte am meisten zu empfehlen. Der Betrieb ist einfach und sicher, wenn auch natürlich die elektrische Wasserhaltung in keinem Falle unter Wasser weiter- oder anlaufen kann.

Der Gesamtwirkungsgrad einer größeren elektrischen Wasserhaltung kann auf ungefähr 65—70% der an der Antriebsmaschine des Stromerzeugers indizierten Leistung angenommen werden, während derjenige der hydraulischen Wasserhaltung bei sehr gutem Zustande der Dichtungen vielleicht noch etwas höher liegt.

c) Rückblick.

33. — Vergleich der oberirdischen und unterirdischen Wasserhaltung. Die Entwicklung der Wasserhaltungen hat von der oberirdischen Wasserhaltung ihren Ausgang genommen. Erst verhältnismäßig spät (im Ruhrbezirke seit den 80er Jahren) ist man mehr und mehr zu den unterirdischen Wasserhaltungen übergegangen.

Die Gestängewasserhaltung hat zunächst den Vorzug, daß beim Ersaufen der Grube die Antriebsmaschine nicht mit unter Wasser kommt und daß deshalb, da die Pumpe unter Wasser eine gewisse Zeit lang fortarbeiten kann, der Weiterbetrieb der Wasserhebung auch in solchem Falle möglich bleibt. Es ist also, wenn allein die Rücksicht auf die Wasserhaltung maßgebend ist, nur ein kleiner Sumpf erforderlich. Oberirdische Wasserhaltungen wird man auch jetzt noch für Gruben bevorzugen, die unter plötzlich auftretenden, starken Wasserzugängen zu leiden haben, wie z. B. für Braunkohlen- und gelegentlich auch für Erzgruben, die nahe unter der Erdoberfläche

[1]) Glückauf 1909, Nr. 5, S. 145; Hartmann: Über die Auswahl unterirdischer Wasserhaltungen.

bauen und bei der Schneeschmelze oder bei Wolkenbrüchen fast unvermittelt große Wassermengen aufzunehmen haben.

Ferner kann es für Erzgruben, die auf Gängen bauen, vorteilhaft sein, mit einer oberirdischen Maschine, einem Gestänge und je einer Pumpe von den verschiedenen Sohlen das Wasser fortheben zu lassen, statt auf jeder dieser Sohlen einen besonderen Motor mit Pumpe aufzustellen.

Diesen Vorteilen stehen aber, ganz abgesehen von der schon erwähnten großen Platzbeanspruchung im Schachte, schwerwiegende Nachteile gegenüber: Betriebstörungen durch gelegentliche Gestängebrüche sind unvermeidlich. Dabei ist die Leistung verhältnismäßig gering. Es liegt das hauptsächlich daran, daß die schweren, auf und nieder gehenden Massen des Gestänges nur eine niedrige Hubzahl zulassen, die 8—10 in der Minute kaum übersteigt und um so niedriger gewählt werden muß, je tiefer der Schacht und je schwerer das Gestänge ist. Sollen bei so geringen Hubzahlen große Wassermengen gefördert werden, so müssen Maschine und Pumpe entsprechend große Abmessungen erhalten. Man gelangt schließlich bald an die Grenze des technisch Möglichen. Die Antriebsmaschine der für die Zeche General Blumenthal bei Recklinghausen i. J. 1885 beschafften oberirdischen Wasserhaltung, die bei 5,3 Hüben minutlich 11¼ cbm aus 400 m Teufe heben sollte (das entspricht etwa einer Leistung von 1000 PS), hatte einen Hub von 4500 mm, während der Durchmesser des großen Zylinders 2400 mm und der des kleinen 1800 mm betrug[1]). Daß solche Dampfmaschinen kaum noch einwandfrei herzustellen und dauernd betriebsicher zu erhalten sind, liegt auf der Hand. Dabei sind die Anlagekosten unverhältnismäßig hoch.

Der Unterschied zwischen den Anlagekosten einer unterirdischen und einer oberirdischen Dampfwasserhaltung (350—400 ℳ gegenüber 600 bis 700 ℳ je PS) liegt in der Hauptsache darin begründet, daß bei den unterirdischen Wasserhaltungen das teure Gestänge fortfällt und daß Antriebsmaschine und Pumpe entsprechend einer auf 50—60 gesteigerten Umdrehungszahl (gegen 8—10 bei der Gestängewasserhaltung) kleinere Abmessungen erhalten können. Zu diesen Ersparnissen gesellt sich der Vorteil, daß die Betriebsicherheit der Anlage sogar noch sich erhöht, weil die Unterhaltung und Wartung des Schachtgestänges sich erübrigen. Besonders für druckhafte und unruhige Schächte ist dieser Umstand von Bedeutung. Schließlich kommt hinzu, daß die Leistungen fast beliebig hoch gesteigert werden können.

Dem einzigen Bedenken, daß die Wasserhaltung zeitweilig unter Wasser kommen und dann die ganze Grube ersaufen kann, läßt sich durch reichliche Bemessung der Anlage, durch Höherlegung der Maschine (Ziff. 24), unter Umständen auch durch den Einbau von Dammtoren, begegnen. Selbstverständlich wird man auch für einen reichlich großen Fassungsraum des Sumpfes Sorge tragen.

Aus diesen Gründen werden in letzter Zeit fast nur noch unterirdische Wasserhaltungen eingebaut, während die Neuaufstellung von Gestängewasserhaltungen auf einzelne wenige Ausnahmefälle beschränkt bleibt.

---

[1]) Sammelwerk Bd. I, S. 138.

34. — Kosten der unterirdischen Wasserhaltungen mit Kolbenpumpen. Die laufenden Kosten größerer Wasserhaltungen können nach den Angaben des Sammelwerks etwa wie folgt berechnet werden, wobei allerdings zu bemerken ist, daß die Zahlen an sich mittlerweile überholt sind. Immerhin ist ihr Vergleichswert noch von Bedeutung.

Kosten einer Pferdekraftstunde in gehobenem Wasser					Kosten einer 100 m³t	Jahreskosten je cbm aus 500 m Tiefe
bei einer Arbeitszeit von täglich Stunden	Verzinsung und Tilgung	Wartung und Unterhaltung	Dampfkosten	Summe	Summe	Summe (rund)
	₰	₰	₰	₰	₰	ℳ
Dampfwasserhaltung						
24	0,5	0,3	2,0	2,8	1,0	27000
12	1,0	0,5	3,2	4,7	1,7	46000
4	3,0	1,3	4,2	8,5	3,1	83000
Hydraulische Wasserhaltung						
12	2,2	1,0	2,8	6,0	2,2	59000
Elektrische Wasserhaltung						
12	2,0	1,0	3,0	6,0	2,2	59000

Bemerkenswert bei den Kosten der Dampfwasserhaltung ist die starke Abhängigkeit von der täglichen Betriebsdauer. Mit der Abnahme dieser Betriebszeit wachsen nämlich nicht nur die Kosten für Verzinsung, Tilgung, Wartung und Unterhaltung, sondern auch die Dampfkosten selbst, worauf schon in Ziff. 27 auf S. 581 hingewiesen worden ist.

Die Kosten der hydraulischen und elektrischen Wasserhaltung weichen nur wenig voneinander ab. Günstig ist hierbei, daß die Kraftkosten mit sinkender Betriebsdauer nicht zunehmen. Deshalb können die hydraulische und elektrische Wasserhaltung um so eher mit der Dampfwasserhaltung in Wettbewerb treten, je kürzer die tägliche Betriebszeit ist.

B. Kreiselpumpen.

35. — Wesen, Wirkung und Antrieb. Die Wirkungsweise der Kreisel-, Schleuder-, Zentrifugal- oder Turbinenpumpen beruht darauf, daß ein Schaufelrad das Wasser annähernd tangential fortschleudert und axial ansaugt. Eine solche Pumpe entspricht also in ihrem Wesen dem Zentrifugalventilator (s. Bd. I, 5. Abschnitt, unter „Depressionsmaschinen"). Tatsächlich bestanden auch die ältesten Kreiselpumpen ähnlich wie ein Ventilator nach Abb. 652 aus einem einzigen Schaufelrade *r* mit rückwärts gebogenen Schaufeln, an das sich ein spiraliger Auslauf *a* mit dem Steigrohr *D* anschloß. Solche Pumpen werden jetzt nur noch für geringe Förderhöhen, bis höchstens 20 m, gebaut, weil in ihnen eine stoß- und wirbelfreie Führung des Wassers durch den Auslauf bis zum Steigrohr nicht erzielbar ist. Einen besseren Wirkungsgrad besitzen Pumpen (Abb. 653) mit einem feststehenden Kranze von Leit-

schaufeln *l*, die das Wasser bereits mit ermäßigter Geschwindigkeit und in einer bestimmten Bewegungsrichtung in den spiraligen oder kreisförmigen Auslauf *a* treten lassen. Es ist dies die jetzt übliche Bauart für die im Bergwerksbetriebe gebrauchten Kreiselpumpen.

Abb. 652. Kreiselpumpe ohne Leitschaufeln.

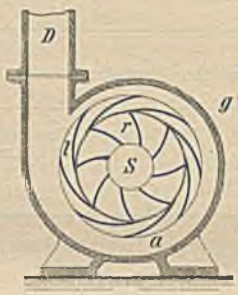


Abb. 653. Kreiselpumpe mit Leitschaufeln.

Der von dem Schaufelrade erzeugte Druck wächst mit dem Quadrate der Umfangsgeschwindigkeit. Da nun mit Rücksicht auf die Festigkeit des Werkstoffes eine bestimmte Umfangsgeschwindigkeit nicht überschritten werden kann, ist auch die erzielbare Druckhöhe nur beschränkt. Sie beträgt bei einer Umfangsgeschwindigkeit des Rades von 32—35 m/Sek. etwa 60—70 m.

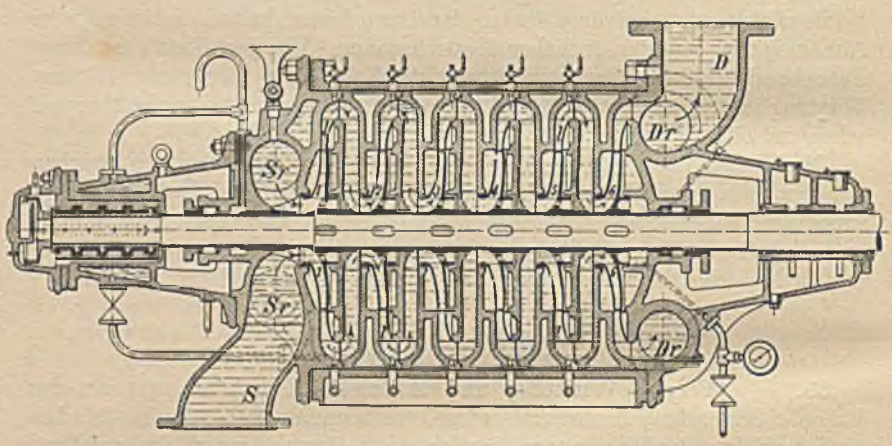


Abb. 654. Sechsstufige Kreiselpumpe.

Handelt es sich um größere Druckhöhen, so bedient man sich zu deren Überwindung der Hintereinanderschaltung mehrerer Räder. Abb. 654[1]) zeigt eine Pumpe, bei der 6 Räder (mit 1—6 bezeichnet) hintereinandergeschaltet sind. Das Rad *1* saugt das Wasser axial aus der Ringsaugleitung *S r* an und gibt ihm eine gewisse Druck- und Geschwindigkeitsteigerung. Aus den da-

[1]) Nach dem auf S. 577 in Anm.[1]) angeführten Werk von Hartmann-Knoke-Berg, S. 484, Fig. 591.

hinter angeordneten Leitschaufeln *l* fließt das Wasser mit wieder verminderter Geschwindigkeit, aber erhöhtem Drucke dem Laufrade *2* zu. In diesem wiederholt sich der Vorgang, so daß das Wasser bereits mit dem doppelten Drucke die Leitschaufeln des zweiten Rades verläßt. So durchströmt das Wasser die einzelnen Räder, um aus dem Rad *6* in den Druck-Ringraum *D r* und aus diesem in die Steigleitung *D* überzutreten.

Je nach der Zahl der hintereinandergeschalteten Räder kann man die Druckhöhe steigern. Im Ruhrbezirk werden z. B. Kreiselpumpen mit bis zu 14 Schaufelrädern für Druckhöhen bis zu 850 m benutzt (Zeche Hermann bei Bork). Der Bau von Pumpenanlagen bis zu 10 cbm minutlicher Leistung aus 800—1000 m Tiefe ist durchaus möglich.

Der gegebene Antrieb für Kreiselpumpen sind die Elektromotoren, weil diese mit ihren hohen Drehgeschwindigkeiten ohne lästige Zwischenmittel unmittelbar mit ihnen gekuppelt werden können. Die Umdrehungszahl je Minute muß, wenn man eine bestimmte Druckhöhe erzielen will, um so größer sein, je kleiner die Pumpe ist, da es auf die Erreichung einer gewissen Umfangsgeschwindigkeit ankommt. Für große Wasserhaltungen pflegen bei dem üblichen Drehstrom mit 50 Perioden die Motoren 1500 Umdrehungen zu machen und 4 polig gebaut zu sein. Die Leistungen schwanken hierbei zwischen 300 und 2000 PS. Die in den Motoren auftretende Wärme wird zweckmäßig durch gefilterte Kühlluft abgeführt.

36. — **Besonderheiten der Kreiselpumpen.** Wenn man die Wasserlieferung der Pumpe bei gleichbleibender Förderhöhe ändern will, so darf man nicht wie bei Kolbenpumpen die Umdrehungszahl der Maschine ändern. Denn alsdann würde ja sofort eine Änderung der Förderhöhe eintreten. Vielmehr kann man eine Änderung der Wasserlieferung nur durch Einbau eines Drosselschiebers oder eines Drosselventils in die Druckleitung erreichen. Freilich ändert sich dabei auch der Wirkungsgrad der Maschine etwas, da dieser nur für eine ganz bestimmte Wassermenge am günstigsten sein kann. Immerhin kann man bei Veränderungen des Wirkungsgrades um 10% die Wasserlieferung um etwa je 20% nach oben (durch Aufheben der Drosselung) und nach unten (durch Schließen der Drosselung) von der mittleren abweichen lassen.

Empfindlicher leidet der Wirkungsgrad der Pumpe, wenn Änderungen der Umlaufszahl eintreten, wie sie z. B. bei elektrischem Antriebe die Folge von Periodenschwankungen im Stromnetze sind. Größere Änderungen der Umlaufszahl dürfen überhaupt nicht vorkommen, weil sonst bei zu langsamem Gange das Wasser vielleicht bis nahe an die beabsichtigte Förderhöhe gehoben, aber nicht ausfließen würde (s. auch Ziff. 46).

Alle Turbinenpumpen leiden, falls das Kreiselrad das Wasser nur von einer Seite her ansaugt, unter starkem Axialdruck. Man gleicht ihn heute meist dadurch aus, daß man bei mehrstufigen Pumpen den Motor in die Mitte zwischen die beiden Pumpenhälften setzt, die derart hintereinandergeschaltet sind, daß die eine von links, die andere von rechts her ansaugt. Auf diese Weise sind die entstehenden Axialdrücke gegeneinander gerichtet und heben sich auf (Abb. 655).

Fremdkörper im Wasser, wie sie namentlich beim Schachtabteufen leicht in die Saugleitung gelangen, können die Wirkung der Turbinenpumpen sehr

stark beeinträchtigen, da die Kanäle eng sind und bei der oftmaligen Wiederholung der engen Stellen sich die Körper leicht festsetzen. Es kommt deshalb auf zugängliche Bauart an, die ein Nachsehen und Reinigen ohne allzuviel Mühe gestattet. Sand und Schlamm schaden weniger. Dagegen bilden sich bei manchen Wassern an den inneren Teilen der Turbinenpumpen leicht Ansätze, die den Querschnitt verengen und den Wirkungsgrad verringern. Schließlich leiden Kreiselpumpen mit gußeisernem Gehäuse und Bronzerädern leicht unter Anfressungen, die auf elektrochemische Wirkung zurückzuführen sind, wenn es sich um saure oder salzige, also gutleitende Wasser handelt.

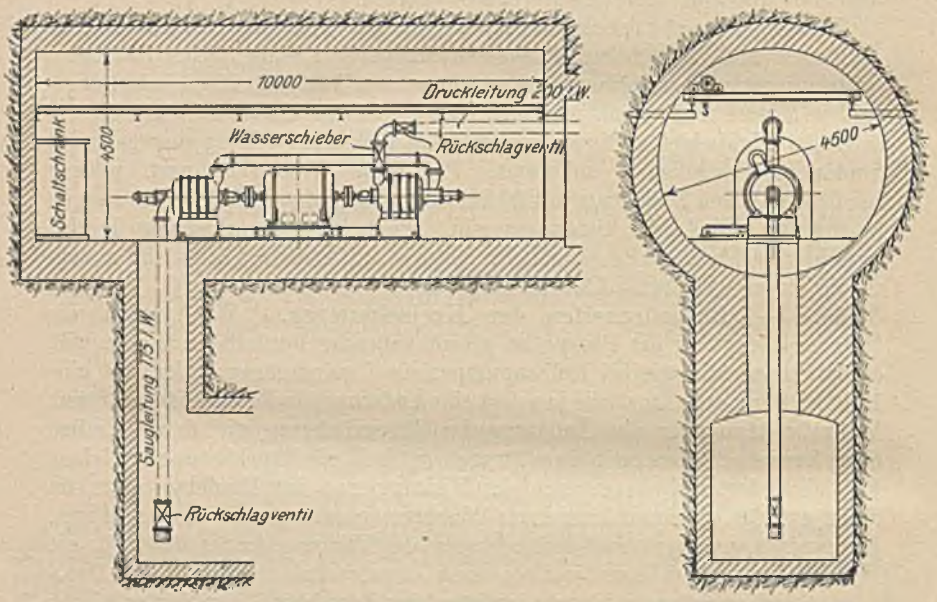


Abb. 655. Hochdruckkreiselpumpe, geliefert von Jäger & Co. zu Leipzig-Plagwitz für Zeche Tremonia bei Dortmund, für 4 cbm minutlich auf 385 m Druckhöhe. (Der Motor ist zwischen zwei je 4stufigen Kreiselpumpen angeordnet.)

37. — Vergleich mit der Kolbenpumpe. Der Nachteil der Kreiselpumpen ist, daß ihr Wirkungsgrad demjenigen guter Kolbenpumpen nachsteht, so daß die Betriebskosten höher werden. Während der Wirkungsgrad einer guten Kolbenpumpe 90—94% erreicht, ist derjenige einer Kreiselpumpe auf nur 70—75% zu schätzen. Dieser Vorteil der Kolbenpumpen bleibt aber, wie schon auf Seite 579 gesagt, für größere Teufen nicht mehr bestehen, so daß alsdann die Kreiselpumpe wegen ihrer größeren Betriebsicherheit unbedingt den Vorzug verdient. Anlagekosten und Raumbedarf sprechen ohnehin zugunsten der Kreiselpumpen. Die Anschaffungskosten einer Kolbenpumpe sind etwa doppelt so hoch, die Herstellungskosten der Pumpenkammer etwa dreimal so hoch wie diejenigen einer Kreiselpumpe. Diese Vorzüge haben zur Folge gehabt, daß man die Kreiselpumpen für große Teufen stets und für mittlere Teufen wenigstens als Rückhalt neben einer Kolbenpumpe benutzt.

38. — Anwendbarkeit für das Schachtabteufen. Für das Schachtabteufen haben die Kreiselpumpen eine Reihe besonderer Vorteile: Sie lassen sich mit senkrechter Achse einbauen, so daß sie den Querschnitt des Schachtes nur in geringem Maße in Anspruch nehmen (s. Abb. 656). Sie bedürfen einer festen Verlagerung nicht, sondern können an Seilen aufgehängt und leicht gehoben oder gesenkt werden. Man kann mit ihnen größere Wassermengen aus beträchtlicher Teufe heben, worüber Näheres in Ziff. 46 folgt. Da die Wassersäule in einer ununterbrochenen Aufwärtsbewegung befindlich ist, sind verhältnismäßig große Saughöhen zulässig. Man ist damit bis zu 8 m Höhe gegangen. Die Pumpen sind unempfindlich gegen schmutziges, schlammiges Wasser und lassen sich leicht auch unempfindlich gegen salzhaltiges oder saures Wasser herstellen. Der Wirkungsgrad ist für Abteufpumpen verhältnismäßig gut, da die anderen für Schachtabteufen in Frage kommenden Pumpenarten (abgesehen von fest verlagerten Druckpumpen) noch schlechtere Wirkungsgrade besitzen.

Abb. 656. Vierstufige Kreiselpumpe für Abteufzwecke in der Ausführung der Firma Gebr. Sulzer zu Winterthur (Leistung 3 cbm minutlich bei 200 m Druckhöhe).

C. Sonstige Wasserhebevorrichtungen.

39. — Wasserhebung mittels der Fördermaschine. Die einfachste Wasserhaltung, die die geringsten Anforderungen hinsichtlich der Beschaffung besonderer Einrichtungen stellt, ist diejenige in Kübeln, Kasten oder Wasserwagen mittels der Fördermaschine.

Handelt es sich um Schachtabteufen[1]), so wird man geringe Zuflüsse zunächst stets mit dem Kübel zu heben versuchen. Man rechnet, daß man mit dem Bergekübel minutliche Zuflüsse von 50 l noch gut bewältigen kann. Bei stärkeren Zugängen wendet man wohl eine zweite Kübelförderung an. Hierfür können z. B. die Einrichtungen, die für die Baustofförderung beim gleichzeitigen Ausmauern und Abteufen des Schachtes bestimmt waren, benutzt werden, wobei man dann aber auf die Möglichkeit des gleichzeitigen Ausmauerns verzichten muß. Vermittelst einer solchen lediglich der Wasserhaltung dienenden Kübelförderung kann man etwa 400 l minutlich aus 200—300 m Teufe fördern. Die Entleerung der Kübel erfolgt an der Hängebank durch Kippen in untergeschobene, fahrbare Gerinne.

Wenn es sich um bereits in Betrieb befindliche Gruben handelt, so wendet man statt der Kübel Wasserkasten und Wasserwagen an. Wasserkasten können an dem Boden der Förderkörbe aufgehängt werden. Bei

[1]) S. Ziff. 45 u. f.

ersoffenen Gruben[1]) werden auch größere Kasten mit Führungschuhen für die Schachtleitungen unmittelbar an das Seil an Stelle der Förderkörbe angeschlagen. Durch selbsttätige Bodenventile, die sich beim Eintauchen der Kasten in das Wasser öffnen, geht die Füllung leicht vor sich. Wasserwagen pflegt man anzuwenden, wenn in einiger Entfernung vom Füllorte des Schachtes Abhauen oder Gesenke gesümpft werden sollen. Die durch Schöpfarbeit oder Handpumpen gefüllten Wasserwagen werden sodann zum Schachte gefahren und mit dem Förderkorbe zutage gehoben. Die Entleerung der Kasten und Wasserwagen geht zweckmäßigerweise durch Bodenventile vor sich und erfolgt gewöhnlich wie bei den Kübeln in untergeschobene Gerinne.

Die Wasserhaltung mittels der Fördermaschine arbeitet in jedem Falle teuer. Sie wird deshalb, abgesehen vom Schachtabteufen, nur dann am Platze sein, wenn es sich um sehr geringe Wasserzuflüsse handelt, so daß die Beschaffung besonderer Pumpen nicht verlohnt.

Für ersoffene Schächte hat die Wasserhebung mittels Kasten freilich noch die besondere Annehmlichkeit, daß man dem sinkenden Wasserspiegel ebenso wie dem etwa ansteigenden einfach durch Umstecken der Fördertrommel folgen kann. In solchen Fällen hat man deshalb die Kastenförderung häufiger angewandt.

40. — Die Tomsonsche Wasserziehvorrichtung ist eine für das Abteufen eingerichtete Kübelförderung, bei der die als hohe, zylindrische Blechgefäße ausgestalteten Kübel aus einem künstlichen Sumpf heben, der im Schachte aufgehängt und durch Zubringerpumpen gefüllt gehalten wird. Das Verfahren hat den Vorteil, daß alle erforderlichen Einrichtungen an Seilen aufgehängt im Schachte untergebracht werden können und daß das Heben und Senken entsprechend dem Wechsel des Wasserspiegels oder dem Vorrücken des Abteufens keine Schwierigkeiten macht.

Die Einzelheiten sollen an der Hand der schematischen Abb. 657, die die Großmannsche Ausführung darstellt, besprochen werden. Die Einrichtungen im Schachte bestehen aus den beiden Wasserförderkübeln T, den Behältern V, den Pumpen P mit den Antriebsmaschinen C, den erforderlichen Führung- und Trageseilen 1—3, den Leitungen L und D, Trägern und sonstigen Verbindungsteilen. Über Tage befinden sich das Fördergerüst mit den Seilscheiben und Seilrollen, den Spannvorrichtungen G und der Kübelentleerungsvorrichtung f, k, m, n, o, ferner die Wasserfördermaschine, die großen Dampfkabel für die Trageseile und die kleinen Handkabel für die Führungseile.

Die Kübel T haben für die größeren Einrichtungen bis zu 8,7 m Höhe und 1,4 m Durchmesser und fassen bis zu 12 cbm. Das selbsttätige Füllen beim Eintauchen geschieht durch Ventilklappen, die unten angebracht sind und das Wasser nach innen durchströmen lassen, während sie beim Hochziehen der Kübel durch den Wasserdruck geschlossen werden. Die Entleerung der Kübel erfolgt ebenfalls selbsttätig durch eine in ihnen angebrachte Hebelverbindung q_1, q_2, q_3, die mit dem oben herausragenden Druckstück q_1 gegen den Hebelbalken f stößt. Hierdurch öffnet sich die Ventilklappe, und

[1]) S. Ziff. 49.

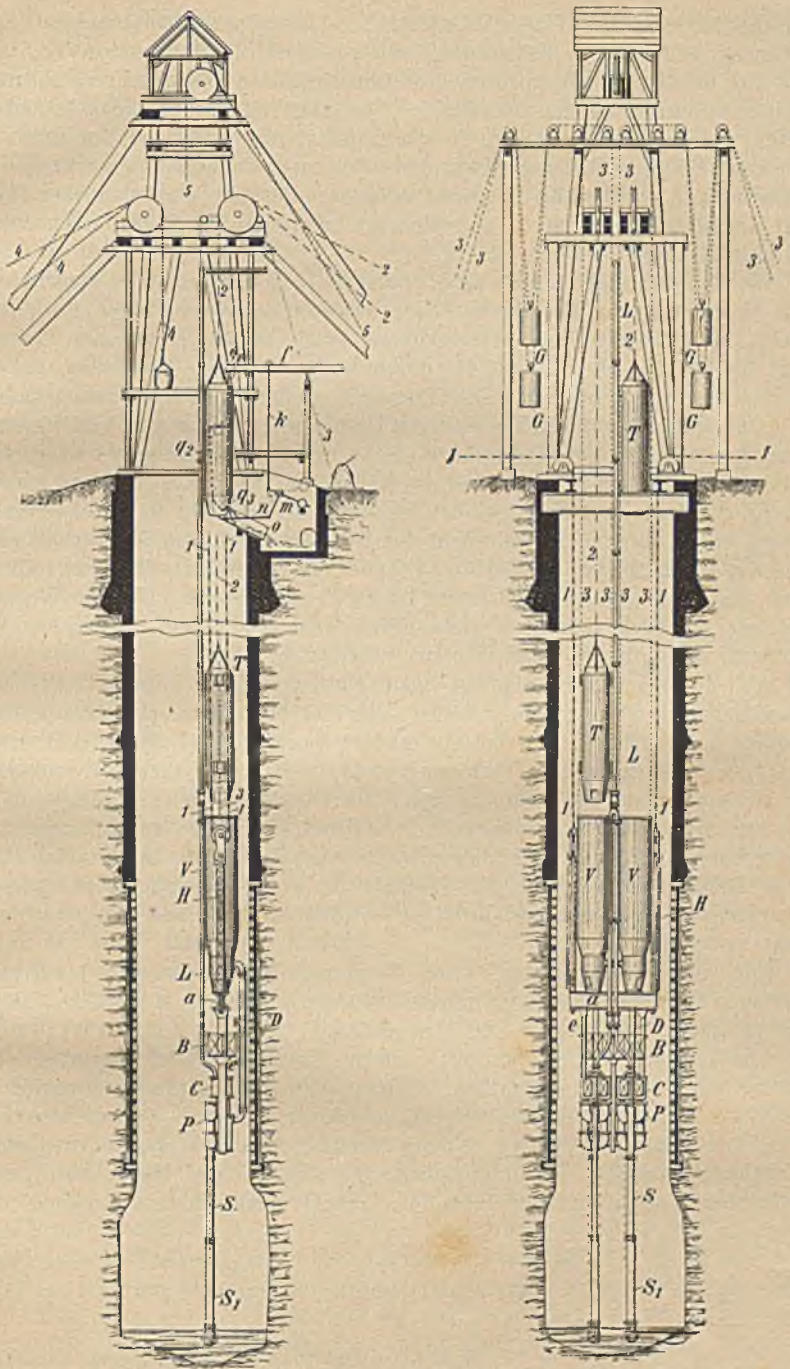


Abb. 657. Tomsonsche Wasserziehvorrichtung von H. und G. Großmann zu Dortmund.

gleichzeitig wird die Wasserabflußlutte *o* selbsttätig untergeschoben. Die Führung eines jeden Förderkübels erfolgt durch 2 Führungseile 3 3, um die vier an den Kübeln angebrachte Führungsklauen greifen. Die Führungseile sind unten in den Behältern *V* befestigt, damit die Kübel, sicher geführt und ohne zu kippen, in die Behälter eintauchen. Oben sind die Führungseile über Rollen gelegt und werden durch die Spannvorrichtungen *G* dauernd und gleichmäßig gespannt erhalten. Die Seilenden sind über Tage auf Handkabel gewickelt, die an geeigneten Punkten in der Nähe des Schachtes aufgestellt sind.

Die Behälter und Pumpen sind zu einem Ganzen miteinander verbunden. Die Behälter stehen mit ihrem Boden auf dem schweren Träger *a*, an den nach unten hin die Pumpen aufgehängt sind. An den Enden des Trägers sind die Stangen *H* befestigt, die durch Rollen mit den Trageseilen 1 1 in Verbindung gebracht sind. Die Trageseile sind über Tage in mehrfacher Umschlingung über die Rollen eines mit Dampf oder mit Hand zu betätigenden Kabels gewickelt und werden über die an der Rasenhängebank verlagerten Rollen hinab in den Schacht über die Rollen der Tragestangen *H* und wieder hinauf zur Rasenhängebank geführt, woselbst die Enden der Seile an I-Trägern eingebunden werden. Das Gewicht der Behälter nebst Pumpen verteilt sich also auf 4 Seilstränge. Die Behälter *V* haben einen Durchmesser bis zu 1,75 m, eine Höhe bis zu 10,4 m und fassen bis zu 20 cbm Wasser. Um den Wasserspiegel in beiden Behältern stets gleich hoch zu halten, sind diese am unteren Ende durch einen Stutzen verbunden.

Als Zubringerpumpen pflegt man Duplexpumpen, die mit Preßluft angetrieben werden, zu bevorzugen. Jede der beiden Pumpen wird zweckmäßig so stark bemessen, daß die andere dauernd als Ersatz bei Betriebstörungen der ersten zur Verfügung steht. Für die größeren Wasserziehvorrichtungen ist jede Pumpe auf 7—8 cbm minutlich berechnet. Die Pumpe saugt das Wasser mittels eines durch Ausziehen zu verlängernden Saugrohres $S\ S_1$ von der Schachtsohle und drückt es in die Behälter. Das Zuleitungsrohr *L* für die Preßluft ist in der Regel an besonderen Trageseilen aufgehängt und durch ein Stopfbüchsenrohr mit dem Anschlußrohr verbunden.

Die Anschaffungskosten einer Tomsonschen Wasserziehvorrichtung betragen etwa 750000 ℳ[1]). Die Betriebskosten je cbm aus einem 400—600 m tiefen Schachte sind auf 14—20 ₰ zu schätzen.

Die Leistungen, die man mit solchen Wasserzieheinrichtungen erzielen kann, sind recht beträchtlich. Wenn man die Fördergeschwindigkeit auf 7—8 m in der Sekunde steigert, so können bis zu 4—6 cbm minutlich aus einer Teufe von 600 m gehoben werden. Schon 4 cbm würden einer Leistung von $533^1/_3$ PS entsprechen, die sich bei der Möglichkeit, zwei Wasserzieheinrichtungen in einem 6 m-Schachte anzuordnen, sogar noch verdoppeln läßt.

Sehr lästig ist freilich der ohrenbetäubende Lärm, den der Betrieb der Einrichtung, insbesondere der Duplexpumpen im Schachte verursacht.

---

[1]) Kali 1917, Nr. 7, S. 100 u. f.; Landgräber: Erfahrungen über neuzeitlichen Schachtabteufbetrieb usw.

41. — **Strahlpumpen.** Strahlpumpen werden mit Druckwasser, Dampf oder auch Preßluft betrieben. Ihre Wirkung beruht darauf, daß der Strahl des aus einer Düse mit großer Geschwindigkeit ausströmenden Betriebsmittels das Wasser einerseits ansaugt und anderseits im Steigrohr hochdrückt. Es handelt sich also um eine unmittelbare Einwirkung des Triebmittels auf das Wasser, wie sie, allerdings auf einem anderen Grundgedanken beruhend, auch bei den Mammutpumpen und Pulsometern vorhanden ist.

Die Abb. 658 zeigt eine Wasserstrahlpumpe, wie sie die Firma Gebr. Körting zu Körtingsdorf bei Hannover liefert, im Schnitt. Durch das Rohr *a* wird das Druckwasser zugeleitet. Es strömt aus der mittels des Kegels *b* mehr oder weniger verschließbaren Düse *c* aus, saugt das zu hebende Wasser bis in die Saugkammer *K* und befördert es von hier durch die Steigleitung *d* nach oben. Solche Pumpen werden von Gebr. Körting für 100—1000 l minutlich bei Förderhöhen, die bis zu 80, ja 120 m ansteigen, zu Preisen von 400 bis 1300 ℳ geliefert. Man wendet sie gern beim Weiterabteufen von Schächten an, falls die Zuflüsse sich in mäßigen Grenzen halten und in der Steigleitung der ständigen Wasserhaltung Betriebswasser von genügend hohem Drucke zur Verfügung steht.

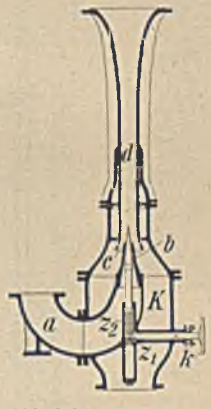


Abb. 658. Strahlpumpe im Schnitt.

Auch von Dampfstrahlpumpen, deren Einrichtung im wesentlichen der Abb. 658 entspricht, macht man gelegentlich im Bergbau Gebrauch. Bei 5—6 Atmosphären Dampfspannung sind Druckhöhen von 20—30 m erzielbar. Die Anschaffungskosten für solche Pumpen sind sehr gering und betragen nur etwa 100—200 ℳ.

Alle Strahlpumpen besitzen nur einen niedrigen Wirkungsgrad, der auf 10—20% eingeschätzt werden kann. Deshalb wendet man sie auch nur für geringe Leistungen an. Am günstigsten arbeiten noch die Wasserstrahlpumpen, falls billiges Druckwasser zur Verfügung steht, am teuersten stellt sich, wie auch sonst, die Preßluft.

42. — **Mammutpumpen.** Mammutpumpen sind bereits mehrfach in diesem Bande, z. B. auf S. 208, Ziff. 58 und S. 241, Ziff 96, erwähnt worden. Ihre eigenartige Wirkung beruht darauf, daß in eine von zwei einander das Gleichgewicht haltenden Wassersäulen Preßluft gedrückt wird, die im Wasser in Blasen aufsteigt, hierdurch das spezifische Gewicht dieser Wassersäule vermindert und ihr einen Auftrieb gegenüber der schwereren Wassersäule erteilt. Die Bauart geht aus den schematischen Abbildungen 659—661 hervor. Nach Abb. 659 ist das Steigrohr *a* von einem nur wenig weiteren Rohre *b* umgeben, dessen Kopfstück *c* nach oben hin luftdicht an das Rohr *a* anschließt. Die Preßluft wird durch das Röhrchen *d* eingepreßt und durch das Rohr *b* bis an das untere Ende des Steigrohres *a* geführt. Hier tritt sie in dieses über und steigt in und mit dem Wasser hoch. Nach Abb. 660 wird die Preßluft durch eine besondere, enge Rohrleitung *d* bis an das untere Ende der Steigleitung *a* geführt, wo sie in diese übertritt. Abb. 661 schließlich zeigt eine Ausführung, bei der die beiden Flüssigkeitsäulen ein unter dem Spiegel des

Zuflusses liegendes U-Rohr erfüllen, so daß ein eigentliches Eintauchen nicht stattfindet. Im übrigen ist die Wirkung die gleiche.

Der Druck der zugeführten Preßluft braucht nicht der vollen Steighöhe des Wassers, sondern nur der Tauchtiefe zu entsprechen, da ja zur Einleitung der Wasserhebung ein höherer Druck als der dieser entsprechende beim Eintritt der Preßluft in das Wasser nicht zu überwinden ist.

Wie man leicht einsieht, tritt bei Mammutpumpen ein eigentliches Ansaugen des Wassers nicht ein; dieses muß vielmehr unter Druck dem Steig-

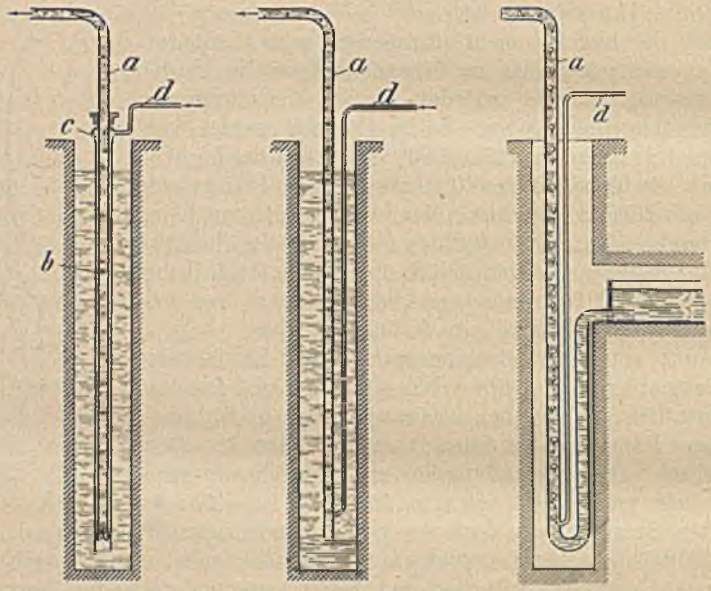


Abb. 659. Abb. 660. Abb. 661.

Mammutpumpen in verschiedenen Ausführungen.

rohr zufließen. Die Eintauchtiefe beträgt zweckmäßig $^1/_2$—$^1/_3$ der Steighöhe, kann aber auch auf $^1/_8$ und noch darunter sinken. Zugleich sinkt freilich auch der Wirkungsgrad, der überhaupt in jedem Falle gering bleibt.

Auf der anderen Seite haben Mammutpumpen den Vorteil, daß für sie ohne weiteres Röhrengestänge, die aus anderen Gründen, z. B. zum Tragen eines Schachtbohrers, erforderlich sind, als Steigleitung benutzt werden können und daß sie ferner zum Heben von schlammigen und sandigen Wassern vorzüglich geeignet sind. Aus diesem Grunde benutzt man sie mit Vorliebe und ausgezeichnetem Erfolge beim Schachtabbohren im toten Wasser, wo die nötige Eintauchtiefe ohne weiteres gegeben ist und es darauf ankommt, aus dem Tiefsten eines mit Wasser gefüllten Schachtes den Bohrschlamm herauf zu fördern.

Aber auch beim Schachtabteufen mit Arbeit auf der Sohle lassen sich Mammutpumpen verwenden, wenn, wie dies Abb. 662 für einen bestimmten

Fall[1]) veranschaulicht, ein genügend tiefes Bohrloch benutzt werden kann. Um den Schacht unter den gegebenen Verhältnissen von 100—175 m Tiefe im wasserführenden Gebirge niederzubringen, wurde ein Bohrloch bis 250 m Teufe hergestellt und mit schmiedeeisernen, gelochten Rohren von 525 mm lichter Weite verkleidet. Eine Mammutpumpe förderte sodann aus dem Bohrlochtiefsten nicht allein das zusitzende Wasser, sondern auch das mit Hacke und Spaten gelöste Gebirge, das man in das Bohrloch warf, zutage.

In größerem Umfange hat man von Mammutpumpen bei der Wältigung der Wasser auf der fiskalischen Zeche Waltrop bei Waltrop Gebrauch gemacht. Hier wurden im Schachte 5 Mammutpumpen nebeneinander angeordnet, die bei 45—50 m Eintauchtiefe je $3^1/_2$ cbm 175 m hoch zu heben imstande waren. Der Kompressor mußte allerdings für jede Pumpe etwa 6500 cbm Luft ansaugen und auf 6 Atm. Überdruck pressen, so daß die dem Kompressor zugeführte Arbeit von etwa 600 PS in einer Pumpenleistung von nur rund 120 PS zum Ausdruck kam. Zeitweise stieg die Hubhöhe auf 200 m bei einer Eintauchtiefe von nur 26,7 m, wobei aber der Wirkungsgrad noch weiter stark sank. Abgesehen von dem geringen Wirkungsgrade bewährten sich die Pumpen ausgezeichnet, da sie außerordentlich einfach, betriebsicher und im Verhältnis zu dem zur Verfügung stehenden Raum leistungsfähig waren.

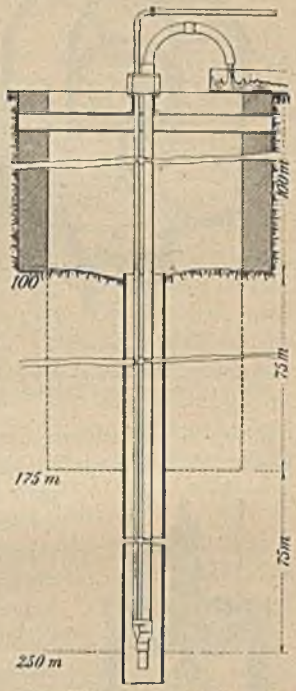


Abb. 662. Schachtabteufen unter Benutzung einer Mammutpumpe.

43. — Pulsometer. Ein Pulsometer besteht, wie die schematische Abb. 663 zeigt, aus zwei birnenförmigen Kammern k_1 und k_2, deren verjüngte Hälse oben zusammenlaufen und sich im Dampfzuleitungsrohr a vereinigen. An dieser Stelle sitzt ein Kugel- oder Klappenventil v, das den Frischdampf in die eine oder andere Kammer leitet.

Soll der Pulsometer anfangen zu arbeiten, so müssen vorher beide Kammern mit Wasser gefüllt sein. Beim Zutritt des Dampfes wird nun dieser je nach der Stellung des Ventils unmittelbar auf die Wasseroberfläche in der einen oder anderen Kammer (nach der Abbildung der Kammer k_2) drücken und das Wasser unter Öffnung des Druckventils d_2 in die Steigleitung D befördern. Während dieser Zeit ist das Saugventil s_2 dieser Kammer geschlossen. Sobald nun der Dampf die Kammer bis zur Höhe des Druckventils erfüllt und durch dieses zu treten beginnt, fällt Wasser unter Aufspritzen in die Kammer zurück, und es tritt eine sehr lebhafte Kondensation des Dampfes ein, die so schnell fortschreitet, daß sogar ein Unterdruck in der Kammer entsteht. Jetzt läßt auch das Röhrchen r_2 Wasser ausspritzen, so daß die Kondensation des Dampfes vollständig und dadurch der Unterdruck entsprechend

[1]) Glückauf 1921, Nr. 47, S. 1137 u. f.; Steen: Erfahrungen mit Mammutpumpen im Bergwerksbetriebe.

vergrößert wird. Das Kugelventil wird, da nunmehr in der Nachbarkammer ein höherer Druck herrscht, herübergeschleudert und schließt den weiteren Dampfzutritt ab. Das Druckventil d_2 hat sich bereits geschlossen, und infolge der nun in der Kammer herrschenden Luftleere tritt eine Saugwirkung ein, die ein Öffnen des Saugventils s_2 und ein Ansaugen von Wasser zur Folge hat. Mittlerweile wiederholt sich das Spiel in der Nachbarkammer und so fort.

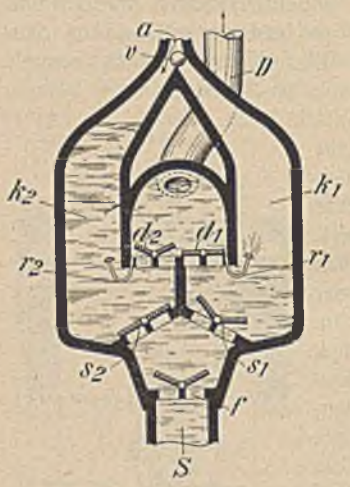


Abb. 663. Veranschaulichung der Wirkungsweise eines Pulsometers.

Für den Fall, daß der Pulsometer „schnarchend" arbeitet, indem er Luft und Wasser ansaugt, ist eine zweite innere Verbindung zwischen Druck- und Saugraum vorgesehen, die es ermöglicht, daß der Pulsometer sich aus der Steigleitung selbsttätig wieder mit Wasser füllt.

Die Abb. 664 zeigt einen Pulsometer der Firma Neuhaus & Co. zu Luckenwalde in der Ansicht.

Die Unterschiede bei den verschiedenen Pulsometern berühren das Wesen und die Wirkungsweise nicht und betreffen nur die Ventile, die Anordnung der Kammern, die Deckel, den zur Vermeidung von Wasserschlägen angebrachten Windkessel, die Einspritzkanäle usw. Ein Haupterfordernis bei allen Pulsometern ist die leichte Zugänglichkeit der Ventile, da diese öfter nachgesehen werden müssen. Die Pulsometer können auf Unterzügen fest verlagert, aber auch einfach an Seilen oder Ketten frei aufgehängt werden. Ihre Wirksamkeit hängt jedenfalls nicht von einer festen Verlagerung ab. Die Saughöhe eines Pulsometers steigt zwar im Höchstfalle bis 8 m, die günstigste Wirkung ist aber bei 2—3 m vorhanden. Bei Saughöhen über 3 m sinkt die Leistung schnell.

Abb. 664. Pulsometer.

Da der Dampf unmittelbar auf die Wassersäule wirkt, hängt die erzielbare Druckhöhe von der Dampfspannung ab. Weil aber der Dampf an der Einströmung etwas gedrosselt wird und stark kondensiert und weil außerdem Reibungs- und Beschleunigungsarbeit zu leisten ist, wird die Wasserdruckhöhe nie der vollen Dampfspannung entsprechen, sondern stets etwa $1^1/_2$—3 Atmosphären darunter bleiben. Man rechnet gewöhnlich, daß für

10 m	Wasserdruckhöhe	3 Atm.	Dampfspannung,
20 „	„	4 „	„
30 „	„	5 „	„
40 „	„	6—7 „	„
50 „	„	8 „	„

erforderlich sind. Ist die Druckhöhe größer, als es nach der vorstehenden Aufstellung zulässig ist, so muß man 2 Pulsometer in den entsprechenden Entfernungen übereinander einbauen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß der obere Pulsometer schlechter als der untere arbeiten wird, weil er bereits vorgewärmtes Wasser erhält und hierdurch die schnelle und plötzliche Kondensation des Dampfes, von der die ordnungsmäßige Tätigkeit abhängt, behindert wird. Aus diesem Grunde wendet man auch wohl Außenkühlung des oberen Pulsometers durch Rieselwasser an. Mehr als 2 Pulsometer übereinander anzuordnen, ist nicht ratsam.

Die Leistungen der in verschiedenen Größen gebauten Pulsometer schwanken bei 30 m Druckhöhe zwischen 60 l und 4 cbm in der Minute. Die Anschaffungskosten ohne Steig- und Dampfleitung liegen zwischen 250 und 3500 ℳ.

Pulsometer haben den Vorteil, daß sie schnell, in der Regel sofort, vom Lager geliefert, ohne weitere Vorkehrungen aufgestellt bzw. eingehängt und leicht gehoben und gesenkt werden können, daß sie ferner auch für schlammiges Wasser geeignet sind, keiner besonderen Kondensationseinrichtung bedürfen und dabei nur geringe Ansprüche an Reinigung und Wartung stellen. Bewegte Maschinenteile sind an ihnen außen überhaupt nicht vorhanden. Auch können sie sich unter Wasser frei pumpen. Dem steht gegenüber, daß sie sehr viel Dampf im Verhältnis zu ihrer Leistung gebrauchen. Man nimmt an, daß der Dampfverbrauch 30—50 kg für die PS-Stunde beträgt. Unangenehm ist beim Schachtabteufen die mit dem Gebrauche der Pulsometer verbundene Erwärmung des Schachtes, die sich einerseits aus dem hohen Dampfverbrauch an sich und anderseits aus dem Umstande ergibt, daß der Dampf vollständig im Pulsometer, also im Schachte, niedergeschlagen wird.

44. — Heber. Es kommt manchmal vor, daß man Abbaue, die unterhalb einer Fördersohle umgehen, auch Abhauen und Gesenke, falls noch eine tiefere Sohle vorhanden ist, dadurch entwässern kann, daß man eine Hebervorrichtung einbaut, deren Ausflußöffnung unterhalb des zu senkenden Wasserspiegels liegen muß. Die zu überwindende Steighöhe des Wassers darf nicht mehr als 10 m betragen. Beim Arbeiten mit solchen Hebern muß man, um ein Ansaugen von Luft zu vermeiden, zunächst für völlig dichte Leitungen Sorge tragen. Ferner muß man verhüten, daß Luft durch den Saugkorb oder auch durch den Ausguß aufsteigen kann. Zu diesem Zwecke sollen beide regelmäßig unter Wasser liegen. Damit der Heber den Saugkorb nicht bloßlegt, kann man nach Abb. 665 im Saugbehälter einen Schwimmer anbringen, der durch Hebelübertragung auf ein Einlaßventil *v* wirkt und dieses abstellt, sobald der Wasserspiegel unter ein bestimmtes Maß gesunken ist.

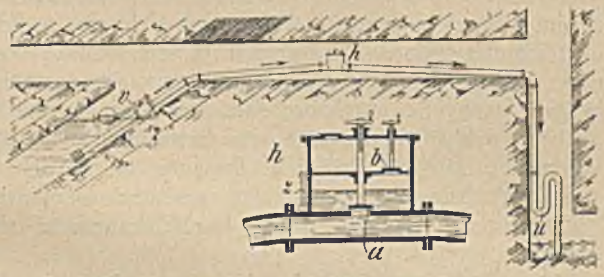


Abb. 665. Hebereinrichtung.

Die Ausgußleitung kann man nach Abb. 665 (rechts unten bei *u*) U-förmig umbiegen, um ein Aufsteigen von Luftblasen, das natürlich nur bei langsamer Wasserförderung stattfinden kann, zu verhindern. Trotzdem kann am höchsten Punkte der Leitung sich allmählich aus dem Wasser Luft abscheiden, die schließlich die Wassersäule zum Abreißen bringt. Man ordnet deshalb zweckmäßig hier eine Entlüftungshaube *h* (Abb 665. s. auch Nebenzeichnung) an, die eine obere und untere Abteilung besitzt. Die untere Abteilung steht während des Betriebes über das geöffnete Ventil *a* hinweg mit der Heberleitung in Verbindung, so daß Luftblasen in sie eintreten können. Ein Wasserstandszeiger *z* gibt über den Stand des Wasserspiegels Aufschluß. Sinkt dieser unter ein bestimmtes Maß, so schließt man Ventil *a*, öffnet Ventil *b* und füllt die untere Abteilung der Haube wieder mit Wasser, wobei die angesammelte Luft nach oben entweicht. So kann leicht ein ununterbrochener Betrieb des Hebers sichergestellt werden.

Beobachtet man die vorstehend kurz erläuterten Vorsichtsmaßregeln nicht, so wird man mit Hebern keine guten Erfahrungen machen. Bei genügender Sorgfalt arbeiten sie bis zu Steighöhen von 7—8 m einwandfrei.

III. Besondere Fälle der Wasserhaltung.

45. — Die Wasserhaltung beim Schachtabteufen. Die besonderen Bedingungen des Schachtabteufens erfordern insbesondere, daß die Wasserhebemaschinen wenig Platz einnehmen und den Querschnitt des Schachtes wenig verengen. Dementsprechend ist eine hohe Bauart zulässig, wenn nur die Grundfläche keine großen Abmessungen besitzt. Die Abteufpumpen müssen außerdem leicht tiefer gebracht und unter Umständen auch aufwärts bewegt werden können. Am besten ist, wenn sie nicht fest verlagert zu werden brauchen und einen so ruhigen Gang haben, daß sie an Seilen aufgehängt werden können. Erwünscht ist ferner, daß sie das Wasser möglichst in einem Satze bis zutage heben, damit nicht eine mehrfache Anordnung von übereinander befindlichen Pumpen im Schachte notwendig wird. Dabei muß unter Umständen die Wasserhaltung sehr leistungsfähig sein und soll selbst bei schlammigem, unreinem, salzigem oder saurem Wasser betriebsicher bleiben. Schließlich ist auch eine Erwärmung des Schachtes möglichst zu vermeiden. Die größtmögliche Billigkeit im Betriebe ist wohl erwünscht, steht aber beim Schachtabteufen, das doch immer nur eine beschränkte Zeit dauert, nicht in erster Linie. Der Wirkungsgrad tritt also in den Hintergrund.

46. — Anwendbarkeit der verschiedenen Wasserhebevorrichtungen. Zuflüsse bis zu 50 l minutlich werden, wie schon in Ziff. 39 gesagt, am einfachsten durch Einschöpfen in die Bergekübel gewältigt und Zuflüsse von 300—400 l durch eine zweite Kübelförderung, wenn eine solche zur Verfügung steht, niedergehalten. Andernfalls werden für derart geringe Zuflüsse gern Strahlpumpen angewandt, wofern Druckwasser vorhanden ist. Bei stärkeren Zuflüssen benutzt man in Teufen bis zu 50—60 m vielfach Pulsometer. Darüber hinaus pflegte man früher Gestängepumpen zu verwenden, und zwar Hubpumpen für Teufen bis zu 120 m und Druckpumpen für größere Teufen. Häufig traf man die Anordnung so, daß eine Druckpumpe

im Schachte fest verlagert wurde, während ihr durch eine besondere, senkbare Hubpumpe das Wasser aus dem Schachttiefsten zugehoben wurde. In neuerer Zeit sind aber die Gestängepumpen immer mehr zunächst durch Duplex-, sodann durch Kreisel-Senkpumpen verdrängt worden. Das Anwendungsgebiet der ersteren reicht bis etwa 150 m Schachtteufe; ihre Leistung — bei nur einer Pumpe im Schachte — beträgt 3—6 cbm minutlich. Es können in einem 5—6 m-Schachte zwei Pumpen nebeneinander unter gebracht werden.

Die Kreiselpumpen werden bis 80 m Schachtteufe einstufig gebaut, darüber hinaus zwei- und mehrstufig. Die größten Abteufsenkpumpen leisten 6 cbm aus 380 m Teufe. Auch hier lassen sich die Leistungen durch Einbau zweier Pumpen verdoppeln.

Die Kreiselpumpen erreichen nach Ziff. 36 ihren günstigsten Wirkungsgrad nur dann, wenn ihre Umlaufzahl, die Förderhöhe und Fördermenge in einem bestimmten Verhältnis stehen. Gerade beim Schachtabteufen kann dieses Verhältnis naturgemäß nicht eingehalten werden. Bei zu geringer Förderhöhe und Fördermenge kann man sich durch Abdrosseln helfen, obwohl dies Verfahren unwirtschaftlich ist. Will man in solchem Falle an Kraft sparen, so setzt man statt eines oder mehrerer Laufräder Blindflanschen ein, so daß nur ein Teil der Laufräder wirksam bleibt. Freilich muß hierfür die Pumpe zutage gehoben und der Betrieb unterbrochen werden.

Übersteigt die Förderhöhe zeitweise den von der Pumpe erzeugten Druck, so kann man sich beim Vorhandensein eines Kompressors dadurch helfen, daß man in die Steigleitung Druckluft (nach Art einer Mammutpumpe) einströmen läßt. Die in Blasen aufsteigende Luft vermindert das Gewicht der Wassersäule beträchtlich, so daß die Förderhöhe entsprechend steigt. Selbstverständlich ist dies Verfahren teuer; immerhin kann es über manche beim Abteufen auftretenden Schwierigkeiten unter Vermeidung größerer Kosten hinweghelfen und deshalb angebracht sein.

Wenn man für längere Zeit mit Förderhöhen, die die Druckhöhen der Pumpen übersteigen, zu rechnen hat, so wird man besser derart vorgehen, daß man die Wasserhebung absatzweise einrichtet. Man baut bei etwa 300 m Teufe seitlich des Schachtes in geeignetem Gebirge eine feste Wasserhaltungsanlage ein, deren Sumpfe die im Schachte hängenden Senkpumpen das Wasser zuheben. Auf diese Weise kann man auch bei Teufen von 300—600 m noch 6—12 cbm minutlich heben, falls zwei genügend starke Senkpumpen im Schachttiefsten hängen. Als Beispiel für das letztere Verfahren sei der Schacht Hattorf im Bergrevier Schmalkalden genannt[1]), wo man bei 340 m Teufe seitlich eine Pumpenkammer für zwei feststehende Kreiselpumpen von je 7 cbm Leistung in der Minute herrichtete. Dieser Pumpenanlage hoben zwei hängende, in Spurlatten geführte Kreiselpumpen, die bis 320 m Teufe je für sich gleichfalls 7 cbm minutlich leisten konnten, das Wasser zu. Da den Motoren der feststehenden Anlage insgesamt 1500 PS und denen der hängenden Pumpen zusammen 1400 PS zugeführt werden konnten, war die Wasserhaltung des Schachtes mit 2900 PS ausgestattet. Die Zuflüsse stiegen

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1908, S. 150; Versuche und Verbesserungen.

freilich im Höchstfalle nur auf 3 cbm, so daß immer nur je eine Pumpe in Betrieb zu sein brauchte.

47. — Besondere Vorkehrungen an Abteufpumpen. Die Notwendigkeit des Senkens der Abteufpumpen während des Betriebes macht über Tage besondere Vorkehrungen für den Anschluß des Kraftmittels und für den Wasserausfluß notwendig.

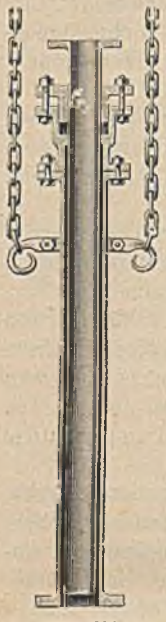


Abb. 666. Schläucherrohr.

Bei den elektrisch angetriebenen Pumpen macht freilich die Kraftzuleitung keine Schwierigkeit, da das auf Rollen gewickelte Kabel leicht nachgelassen werden kann. Bei Dampf- und Preßluftpumpen aber muß man in die Zuleitung des Betriebsmittels ein Stopfbüchsenrohr einschalten, das sich auf eine gewisse Länge ausziehen läßt. Bei kleineren Pumpen verbindet man auch wohl statt dessen den wagerechten Teil des Kraftzuleitungsrohres über Tage mit dem im Schachte befindlichen senkrechten Teile durch einen längeren Schlauch. Um ein Auf- und Niederbewegen des Ausflußrohres möglich zu machen, läßt man die Steigleitung in einiger Höhe über einem Holzkasten ausgießen.

Damit man bei nur geringer Vertiefung des Schachtes nicht so oft die ganze Pumpe senken muß, wird man häufig vorziehen, allein mit dem Saugrohr dem Tieferwerden des Schachtes zu folgen. In solchem Falle wendet man sog. „Schläucherrohre", die in einer das „Degenrohr" umgebenden Stopfbüchse ausziehbar sind, an (Abb. 666). Auch benutzt man zu diesem Zweck als Saugleitung biegsame, mit Hanf umsponnene Gummischläuche, die innen durch eine eiserne Spirale verstärkt werden. Das unterste Stück dieses Schlauches kann auf die Sohle gelegt werden, so daß eine gewisse Vertiefung des Schachtes möglich ist, ohne daß der Saugkorb die Schachtsohle verläßt. Dabei besteht noch die Annehmlichkeit, daß das Ende mit dem Saugkorbe ohne weiteres an den jeweilig tiefsten Punkt der Schachtsohle gebracht werden kann.

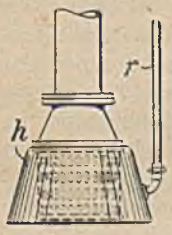


Abb. 667. Saugkorb mit oben geschlossener Haube.

Abb. 668. Saugkorb mit oben offener Haube.

Da Schläuche aus Gummi mit Innenspirale teuer und wenig haltbar sind, begnügt man sich auch wohl mit biegsamen Zwischenstükken, die zwischen die Pumpe und das starre, eiserne Saugrohr eingeschaltet werden und diesem eine gewisse seitliche Beweglichkeit gestatten.

Der Saugkorb ist beim Schachtabteufen sorgfältig gegen den Eintritt von Verunreinigungen zu schützen. Abb. 667 zeigt einen Schutz gegen schwimmende Stoffe wie Holzspäne u. dgl. Die mit der Atmosphäre durch ein Rohr r in Verbindung stehende Haube h umschließt den Saugkorb. Sinkt der Wasserspiegel unter die Eintrittstelle des Rohres r, so tritt Luft in die Haube, und das Pumpen hört auf. Abb. 668 zeigt einen Saugkorb mit einer gegen

das Ansaugen von Gasen nach unten gerichteten Haube h[1]). Beide Vorkehrungen können auch miteinander vereinigt werden.

48. — **Abteufen unter Benutzung eines Bohrlochs.** Bisweilen kann man die beim Schachtabteufen zusitzenden Wasser durch Stoßen eines Bohrlochs bereits vorhandenen tieferen Grubenbauen zuführen. Die Abführung der Wasser durch das verrohrte Bohrloch macht insofern Schwierigkeiten, als die in das Rohr im jeweiligen Schachttiefsten geschlagenen Abflußlöcher nur schwer auf die Dauer offen zu halten und auch unter Umständen Verstopfungen des Rohres selbst zu befürchten sind.

Für solche Fälle hat sich ein Glockenheber (Abb. 669) gut bewährt[2]). Das im Bohrloche niederstürzende Wasser übt eine starke Saugwirkung aus, die zur Folge hat, daß der Wasserspiegel innerhalb des Hebers ansteigt, bis das Wasser von oben in das Rohr fällt. Um den Heber in Tätigkeit zu setzen, braucht man im Schachttiefsten nur ein Loch in das Rohr zu schlagen, so daß Wasser in dieses zu fallen beginnt. Der Glockenheber kann so kräftig ausgeführt sein, daß er auch beim Schießen in seiner Stellung verbleibt und die obere Rohröffnung gegen das Hineinfliegen grober Stücke schützt.

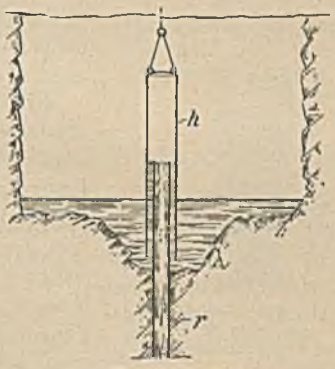


Abb. 669. Glockenheber.

49. — **Die Sümpfung ersoffener Gruben** hat insofern mit der Wasserhaltung beim Schachtabteufen Ähnlichkeit, als zunächst die Pumpen leicht senkbar im Schachte selbst untergebracht werden müssen. Die Schwierigkeiten der Sümpfung sind nicht groß, wenn die Wasserzugänge gering sind und die Grube nur durch das Fehlen genügender Pumpeinrichtungen oder deren Versagen unter Wasser gekommen ist. In solchen Fällen wendet man beliebige Abteufpumpen an, bis man die tiefste Sohle erreicht hat und hier eine endgültige Wasserhaltung in Betrieb bringen kann. Allerdings macht häufig die Unterbringung der Pumpen im Schachtquerschnitte Schwierigkeiten. In der Regel steht ja nicht die gesamte Schachtscheibe zur Verfügung, da ein oder mehrere Trumme für das Einhängen der Maschinenteile der später einzubauenden, ortsfesten Wasserhaltung und für sonstige Förderzwecke frei gehalten werden müssen. Man greift in solchen Fällen gern auf Pumpen der gedrängtesten Bauart (z. B. auf Mammutpumpen) zurück.

Bei starken Wasserzugängen in tiefen Gruben muß man absatzweise sümpfen, indem man seitlich des Schachtes auf einer vorhandenen oder zu diesem Zwecke neu geschaffenen Zwischensohle ortsfeste Wasserhaltungsanlagen aufstellt, denen die Senkpumpen auf eine verhältnismäßig niedrige Druckhöhe zuzuheben haben.

---

[1]) Montanist. Rundsch. 1915, Nr. 15, S. 531; Konecczny: Betriebserfahrungen mit Zentrifugalpumpen.

[2]) Montanist. Rundsch. 1918, Nr. 19, S. 515 u. f.; Neubauer: Der Glockenheber, eine betriebsichere Wasserlosungseinrichtung usw.

50. — **Sümpfungsbeispiele.** Auf der staatlichen Zeche Waltrop in Westfalen wurden die Wasser zunächst bis 370 m Teufe durch Wasserziehvorrichtungen niedergehalten. Sodann wurden seitlich des Schachtes in 364 m Teufe Pumpenkammern ausgeschossen und 5 Kreiselpumpen von je 6—7 cbm Leistung aufgestellt. Die weitere Sümpfung bis zur Wettersohle und, nachdem auch hier 3 ortsfeste Kreiselpumpen aufgestellt waren, weiter bis zur Bausohle, geschah durch Mammutpumpen[1]) (s. Ziff. 42).

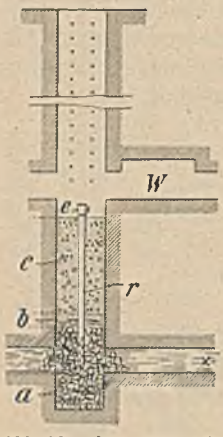


Abb. 670. Schachtbetonierung zum Zwecke der Schachtsümpfung.

Auf Grube Merkur des Emser Blei- und Silberwerks konnte man in ähnlicher Weise mehrere bereits vorhandene Sohlen zur zeitweiligen Aufstellung ortsfester Wasserhaltungen in verschiedener Teufe benutzen[2]).

Ein eigenartiges Mittel, um die Aufstellung einer ortsfesten Wasserhaltung auf einer Zwischensohle zu ermöglichen, hat man auf der holländischen Grube Laura en Vereeniging angewandt[3]). Hier war der Wasserdurchbruch auf der tiefsten Sohle erfolgt, die mit der Wettersohle im übrigen noch nicht durchschlägig war. Zunächst wurden aus dem völlig mit Wasser gefüllten Schachte die Einstriche des unteren Schachtteils mit Haken herausgerissen. Darauf stürzte man groben Kies und Ziegelbruchstücke in solcher Menge in den Schacht (Abb. 670), daß die Schüttung *a* bis oberhalb des Füllorts anstieg. Diese wurde mit einer aus feinem Kiese bestehenden Lage *b* bedeckt, nachdem man vorher ein unten gelochtes und oben mit einem Ventil *e* versehenes, 15 m langes Rohr *r* so tief in den Schacht eingehängt hatte, daß das untere, gelochte Ende in der Kies- und Ziegelbrockenschüttung stand. Darauf ließ man durch 2 Rohrleitungen Zementtrübe in ununterbrochenem Strome einlaufen, so daß sich über der Sandlage *b* ein 9 m hoher Zementpfropfen *c* bildete, über den das Verbindungsrohr mit den Ventil hinausragte. Nach Erhärten des Pfropfens konnte der Schacht gesümpft und auf der oberen Sohle eine genügend starke Wasserhaltung *W* eingebaut werden. Danach begann man unter Öffnung des Ventils des Verbindungsrohres mit der Sümpfung der Grube selbst und mit der Wiederentfernung des Zementpfropfens.

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes., Statistischer Teil 1912, S. 83; u. 1913, S. 84; Der Bergwerksbetrieb im Preußischen Staate während des Jahres 1911 bzw. 1912.

[2]) Glückauf 1908, Nr. 11/12, S. 369 u. f.; Linkenbach: Das Emser Blei- und Silberwerk usw.

[3]) Rev. univ. d. min. (Paris) 1907, Bd. XIX, S. 109 u. f.; Genart: Note sur le coup d'eau de la mine Laura en Vereeniging.

Zehnter Abschnitt.

Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte.

I. Grubenbrände.

A. Wesen, Entstehung und Verhütung von Grubenbränden.

1. — **Gefährdung der Gruben durch Brände über Tage.** Brände von einziehenden Schächten oder nahe an Stollenmundlöchern befindlichen Tagesgebäuden können der Grube dadurch gefährlich werden, daß sich das Feuer in sie fortpflanzt oder daß Brandgase in die Grubenräume treten. Erinnert sei an den Brand einer Schachtkaue über einem einziehenden Schacht auf den kons. Fürstensteiner Gruben in Waldenburg[1]) am 25. Mai 1901, der zur Folge hatte, daß 20 Mann in der Grube durch Einatmen der Brandgase tödlich verunglückten. Ein ähnliches Unglück, das 25 Opfer forderte, ereignete sich i. J. 1862 auf einer Grube im Seegraben bei Leoben[2]).

Das sicherste Mittel, Fälle solcher Art zu verhüten, ist eine völlig brandsichere Einrichtung und Ausstattung der in Frage kommenden Baulichkeiten sowie die Fernhaltung feuergefährlicher Stoffe aus ihnen. Ferner müssen alle einziehenden Schächte an den Hängebänken mit eisernen Klappen, Deckeln oder dgl. versehen werden, die beim Ausbruche eines Brandes über Tage leicht geschlossen werden können. Diese Absperrungen sind in solchem Falle sorgfältig mit Lehm oder Sand abzudichten und durch darüber gelegte Schienen zu schützen, damit sie nicht durch herabstürzende, schwere Gegenstände durchgeschlagen werden.

Zweckmäßig ist es schließlich, einen besonderen, fahrbaren und feuersicheren Kanal vorzusehen, der unterhalb der Absperrvorrichtungen von dem Schachte abzweigt und von dem brandgefährlichen Tagesgebäude genügend weit entfernt mündet. Dieser Kanal gestattet, während eines Brandes den Schacht für die Wetterführung oder für Rettungszwecke weiter zu benutzen (vgl. Ziff. 9, S. 612).

2. — **Brände unter Tage. Allgemeines.** Wenn durch Brände über Tage nur in seltenen Ausnahmefällen die Grubenbaue gefährdet werden, so ist das anders bei Bränden unter Tage. Ganz abgesehen von den wirtschaftlichen Verlusten, die ein jeder solcher Brand für die betroffene Grube

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1902, S. 92 u. f.

[2]) Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1862, Nr. 11, S. 81 u. f.; Der Unglücksfall im Seegraben bei Leoben.

mit sich bringt, sind durch sie auch häufig Menschenleben in großer Zahl hingerafft worden. Von den folgenschweren Grubenbränden der letzten Jahrzehnte seien z. B. erwähnt der Brand auf Zeche Borussia in Westfalen vom Juli 1905 mit 39 Toten, der Brand auf Zeche Zollern in Westfalen vom Mai 1898 mit 44 Toten, der Brand auf der Cleophasgrube in Oberschlesien vom März 1896 mit 104 Toten und der verhängnisvolle Brand auf dem Mariaschachte bei Pfibram vom Mai 1892 mit sogar 319 Toten. Die Zahlen lehren, von welcher ungemein großen Wichtigkeit die Kenntnis von dem Wesen, der Entstehung und der Bekämpfung der Grubenbrände für jeden Grubenbeamten sein muß.

Man kann die Grubenbrände einteilen in

1. Flözbrände,
2. sonstige Brände.

3. — **Flözbrände.** Bei den auf Stein- und Braunkohlengruben sich beschränkenden Flözbränden ist es die Kohle selbst, die in Brand gerät. Derartige Brände sind verhältnismäßig häufig, so daß schon ihre wirtschaftliche Bedeutung für viele Gruben beträchtlich ist. Meistens ist die Entstehungsursache des Brandes Selbstentzündung der Kohle; aber auch andere Ursachen der Entzündung kommen vor.

4. — **Selbstentzündung der Kohle.** Die Selbstentzündung beruht auf der Eigenschaft frisch entblößter Kohle, den Sauerstoff der Luft bis zu einem gewissen Grade aufzusaugen und in sich zu verdichten. Als Folge dieses Vorganges bildet sich unter Kohlensäure-Erzeugung Wärme. Die eintretende Temperaturerhöhung begünstigt die weitere Verbindung zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff, so daß die Erwärmung fortschreitet und unter Umständen bis zur Selbstentzündung gehen kann. Die Erhitzung nimmt mit der luftberührten Oberfläche der Kohle zu, ist also bei klüftiger Kohle größer als bei kluftfreier, bei poröser stärker als bei dichter Kohle und besonders groß bei Feinkohle. Die Baue auf verschiedenen Flözen können deshalb bei gleicher Bewetterung und gleicher Teufe sehr verschieden warm sein. Aber auch von Natur feste Kohle kann, wenn sie durch Druck oder auf sonstige Weise zermürbt oder zerkleinert wird, brandgefährlich werden.

Früher glaubte man, daß der in der Kohle etwa vorhandene Schwefelkies hauptsächlich die Schuld an der Entzündung trüge. Jedoch ist die bei seiner Zersetzung zu Eisenvitriol und schließlich zu Eisenhydroxyd und Schwefelsäure frei werdende Wärmemenge für sich allein zu gering, als daß sie die gesamte Kohlenmasse wesentlich erhitzen könnte. Mittelbar kann freilich auch der Schwefelkies an der Selbstentzündung der Kohle mitwirken. Denn seine Zersetzung ist mit einer Volumenzunahme verbunden. Infolgedessen wird die feste Kohle auseinandergetrieben und zum Bersten gebracht. Auf den sich öffnenden Rissen und Spalten findet der Sauerstoff Wege, in die Kohle einzudringen, so daß er das Werk der allmählichen Oxydation um so leichter vollbringen kann, als ja durch seine Einwirkung auf den Schwefelkies eine geringe Erwärmung bereits eingetreten ist.

Da bei der Selbstentzündung Sauerstoff die Hauptrolle spielt, ist eine gewisse Bewetterung des Brandherdes die Vorbedingung für die Einleitung der Erhitzung. Auch muß die Sauerstoffzufuhr andauern, damit die bereits

gebildete Kohlensäure durch frischen Sauerstoff ersetzt werden kann. Stockt der Sauerstoffzufluß, so stockt auch die fernere Oxydation, und die weitere Erwärmung hört auf. Eine starke Bewetterung wirkt ebenfalls hemmend auf die Selbstentzündung, weil ein lebhafter Wetterstrom die entstehende Wärme aufnimmt und fortführt. Infolge der schnellen Abkühlung kann dann in der Kohle eine Temperaturerhöhung nicht eintreten, so daß die Gefahr des Brandes nicht besteht.

Aus dem gleichen Grunde erklärt sich die wichtige Tatsache, daß der Brand nicht unmittelbar an der Oberfläche, sondern im Innern der Kohlenmasse ausbricht. Ebenso kann ein Flözbrand nur entstehen, wenn die Kohle in größeren Massen vorhanden ist. Handelt es sich um kleinere Kohlenmengen, so ist die Wärmeabgabe an die Umgebung allzu stark, und die Wärmeerzeugung reicht nicht aus, die Kohle zum Brennen zu bringen und das Nachbargestein bis zur Glut zu erhitzen. Je dünner die Flöze sind, um so weniger neigen sie zu Brand.

Die Vorbedingungen für die Entstehung von Grubenbränden durch Selbstentzündung — nämlich mürbe, poröse Kohle in größeren Mengen, eben genügende, aber nicht reichliche Bewetterung — finden sich am häufigsten im alten Manne von mächtigen Flözen, in denen reiner Abbau schwierig ist (Brände im alten Mann). Es kommt hier öfter vor, daß infolge vorzeitigen Zubruchegehens der Pfeiler größere Kohlenmengen (namentlich sog. Beine) zurückbleiben. Das niedergehende Hangende zerdrückt diese Kohle vollends zu Feinkohle. Eine gewisse Bewetterung des alten Mannes bleibt bestehen, ohne daß aber der Wetterstrom für eine wirkliche Abkühlung genügt. Auch auf Anschwellungen dünnerer Flöze wiederholt sich leicht das gekennzeichnete Bild. Besonders gefährlich sind druckhaftes Gebirge, Überschiebungen mit starker Anhäufung von Kohle und Störungen, die zum Anstehenlassen der Kohle zwingen, worauf dann diese Kohlenpfeiler zerdrückt werden.

Seltener als Brände im alten Manne kommen Entzündungen des frischen Kohlenstoßes vor. Hier handelt es sich meist um die Kohle in der Firste (Firstenbrände). Die Entstehung von Bränden in solchen Fällen ist so zu erklären, daß die hängende Kohle sich auf die Kappen der Streckenzimmerung setzt, ohne völlig hereinzukommen. Die Luft kann nun meterweit in die zerklüftete Kohle eindringen. Die Abkühlung nach der Strecke hin genügt nicht, so daß sich unter Umständen ein Brand schnell entwickelt. Dieser frißt sich, wenn er einmal entstanden ist, in der Richtung auf die frische Luft eilig fort. Kurze Zeit nach den ersten Spuren des Brandes ist vielleicht schon die glühende Kohle an der Streckenfirste sichtbar. Das Auftreten solcher Brände ist naturgemäß auf mächtige oder auf steil stehende Flöze beschränkt. Auch hier ist die Nachbarschaft von Klüften und Sprüngen besonders brandgefährlich, da die Kohle in der Nähe der Störungen mehr oder minder zermürbt ist und ihre Festigkeit verloren hat.

In Oberschlesien sind in dem Jahrzehnt 1900—1909 von insgesamt 404 Flözbränden allein 314 durch Selbstentzündung entstanden[1]).

[1]) Zeitschr. d. Oberschl. Berg- u. Hüttenm. Ver. 1910, Septemberheft, S. 387 u. f.; Hauptbericht der Oberschlesischen Grubenbrand-Kommission.

5. — **Sonstige Ursachen von Flözbränden.** Als noch Wetteröfen unter Tage gebräuchlich waren, sind durch sie häufiger Flözbrände eingeleitet worden. Bei Gruben, auf denen mit offenem Lichte gearbeitet wird, kann durch dieses leicht ein Zimmerungsbrand und durch ihn wieder ein Flözbrand verursacht werden. — In Oberschlesien, wo noch mit offenem Lichte gearbeitet wird, ist in mehr als 70 Fällen[1]) (bei den obengenannten 404 Bränden) der Gebrauch der offenen Lampe als Ursache der Entzündung anzusehen. Ganz besonders sind Dochtlampen gefährlich, da häufig Brände durch abspringende, glimmende Dochtteilchen entstanden sind. Azetylenlampen sind viel ungefährlicher.

Mehrfach sind ferner Flözbrände durch Anschießen von Bläsern entstanden. Die Flamme des durch den Schuß entzündeten Bläsers greift auf den Kohlenstoß über, und ehe die Leute zurückkehren, steht die ganze Kohlenwand in Flammen, so daß unmittelbare Löschversuche bereits vergeblich sind. — In ähnlicher Weise können ausblasende Schüsse wirken, wenn sie in der Kohle angesetzt und vielleicht sogar noch mit Kohlenstaub besetzt sind. Der durch die Schußflamme entzündete, glühende Staub kann den an den Stößen haftenden Staub, die Zimmerung und die Kohlenstöße selbst in Brand setzen. Auch auskochende Schüsse können unter Umständen den Kohlenstoß entzünden.

Öfter haben ferner Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen Flözbrände im Gefolge. Durch die Explosionsflammen werden zunächst Holzreste, Papier, Kleidungstücke u. dgl. in Brand gesetzt. Das Feuer findet in der Zimmerung und in bloßliegenden Kohlenhaufen Nahrung und greift schließlich auf das Flöz über.

6. — **Vorbeugende Maßnahmen.** Die vorbeugenden Maßnahmen richten sich naturgemäß in erster Linie gegen die Selbstentzündung der Kohle. In dieser Beziehung sind die wichtigsten Mittel reiner Abbau und Luftabschluß durch guten Versatz.

Von den Abbauarten ist zur Verhütung von Flözbränden am besten der Stoß- und Firstenbau, nächstdem der Strebbau geeignet. Am gefährlichsten erweist sich der Pfeilerbau, weil bei ihm beträchtliche Kohlenverluste unvermeidlich sind. Da es darauf ankommt, das frühzeitige Regewerden des Gebirgsdruckes hintanzuhalten, kann es zweckmäßig sein, beim Abbau die Baulängen zu beschränken und die einmal in Angriff genommenen Bauabteilungen möglichst schnell zu verhauen. Auch soll man das Augenmerk darauf richten, abgebaute Feldesteile durch wetterdichte Dämme gegen die übrigen Grubenbaue abzuschließen. Von den verschiedenen Versatzarten verhält sich am günstigsten der Spülversatz, da er das Gebirge gut trägt und völlig dicht und für den Wetterzug undurchlässig wird. Auch Waschberge liegen wegen ihrer Feinheit sehr dicht, namentlich bei steilem Einfallen oder Tonschiefer-Hangendem. Trotz eines oft vorhandenen, hohen Kohlenstoffgehaltes pflegen sie daher selber in der Grube nicht der Selbstentzündung zu unterliegen. Ist allerdings in der Nähe ein Brand ausgebrochen, so kann er in den Waschbergen Nahrung zu längerer Fortdauer finden. Im Staate Sachsen wendet man zur Verhütung der Brandgefahr

[1]) S. den auf S. 609 in Anm. [1]) angeführten Bericht, S. 387.

eine Verbindung von Hand- und Spülversatz an, indem man zunächst gewöhnlichen Bergeversatz aufführt, sodann aber dessen Hohlräume mit Schlamm vollspült[1]). Besondere Vorsicht ist bei flacher Lagerung gegenüber Bränden im alten Mann erforderlich, wogegen bei steiler Lagerung der Versatz dichter liegt und die Einschränkung eines etwaigen Brandes leichter möglich ist.

Bei der Durchörterung brandgefährlicher Flöze mit Querschlägen empfiehlt es sich, zur Verhütung des Luftzutritts zur Kohle den Querschlag an der betreffenden Stelle auszumauern oder zu betonieren. Aber auch Mauerung und Beton bieten nicht völlige Sicherheit, wenn nicht alle Hohlräume über der Strecke, die sich mit lockerer Kohle zusetzen können, sorgfältig vermieden oder, wenn sie entstanden sind, dicht mit Bergen versetzt werden. Für solche Fälle scheint das neuerdings in Aufnahme kommende Zementspritzverfahren der Torkret G. m. b. H., Berlin W 9, mittels dessen man auf den Streckenstößen eine dünne, aber sehr dichte und feste Zementhaut erzielen kann, besonders geeignet. Im Staate Sachsen gibt man, wo dies nötig scheint, den Strecken Schlammäntel, indem man den Raum zwischen der Türstockverschalung und den Stößen oder der Firste sorgfältig mit Schlamm ausfüllt. Auf diese Weise schließt man die Luft von der im alten Mann enthaltenen Kohle ab. Den gleichen Zweck erfüllen die nur auf dem einen Streckenstoße längs des alten Mannes nachgeführten Dämme, die man aus Bergemauern mit Flugaschenzwischenfüllung aufzuführen pflegt.

Zur Wiederabkühlung bereits erwärmter Kohlenstöße wendet man mit gutem Erfolge das sog. Stoßtränkverfahren an. Man bohrt 2—3 m tiefe Bohrlöcher in die Kohlenstöße und zementiert kurze Standrohre ein, an die die Berieselungsleitung angeschlossen wird. Wenn das Wasser einige Tage unter dem Leitungsdrucke auf den Stoß eingewirkt hat, ist in der Regel die Entzündungsgefahr beseitigt[2]).

7. — **Sonstige Brände.** Die sonstigen Brände unter Tage können entweder Zimmerungsbrände in Schächten, Strecken oder anderen Räumen sein, oder es können gelegentlich Ansammlungen von brennbaren Gegenständen, z. B. von Grubenholz auf Lagerplätzen, von Putzwolle in Maschinenräumen oder von Futtervorräten in unterirdischen Pferdeställen, in Brand geraten. Zimmerungsbrände sind insbesondere nach größeren Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen zu fürchten, worauf schon in Ziff. 5 hingewiesen ist. Im übrigen sind einfache Zimmerungsbrände verhältnismäßig selten. Sie lassen sich gewöhnlich ohne besondere Schwierigkeiten löschen und bleiben demgemäß für die Grube von geringerer Bedeutung.

Schon bedenklicher sind Brände in Maschinenräumen, Pferdeställen und Füllörtern. Hier ist besondere Aufmerksamkeit zur Verhütung der Brandgefahr erforderlich. Der Ausbau ist möglichst feuersicher zu gestalten. Als Beleuchtung dürfen nur geschlossene, nicht explosionsgefährliche Lampen benutzt werden. Vor allen Dingen aber muß Vorsicht bei der Beförderung, Handhabung und Aufbewahrung feuergefährlicher Gegenstände (z. B. von

[1]) Glückauf 1904, Nr. 22, S. 609 u. f.; Brauns: Grubenbrände im Zwickauer Revier.

[2]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1913, S. 195; Versuche und Verbesserungen.

Putzwolle, Schmieröl, Futtervorräten) geübt werden. Die zu ergreifenden Maßnahmen weichen von den auch über Tage gegenüber der Brandgefahr getroffenen Vorbeugungsmaßregeln nur wenig ab.

Von noch größerer Wichtigkeit sind die Zimmerungsbrände in Schächten, die im folgenden näher besprochen werden sollen.

8. — **Schachtbrände.** In Schächten bietet das für die Zimmerung, und zwar sowohl für den Ausbau wie für den Einbau (Einstriche, Spurlatten) verwandte Holz dem Feuer reichliche Nahrung. Die senkrechte Richtung der Schächte begünstigt das schnelle Emporlodern der Flammen, so daß in kurzer Zeit der Brand eine große Ausdehnung erreicht haben kann. Die Bedeutung eines solchen Brandes wird dadurch erhöht, daß die Schächte gleichsam die Lebensadern der Grube sind. Durch sie geht nicht allein die Fahrung und Förderung, sondern auch der Wetterstrom. Besonders gefährlich wird der Brand in einem einziehenden Schachte, da alsdann die giftigen Gase sich weit verbreiten, so daß die ganze Belegschaft oder doch wenigstens diejenige einer größeren Abteilung in Gefahr kommt. Die in Ziff. 2 aufgezählten vier unheilvollen Brände sind sämtlich Schachtbrände gewesen. Nicht dringlich genug kann deshalb die sorgsamste Beobachtung der Schächte auf ihre Brandgefahr betont werden.

Die Entstehung von Schachtbränden ist öfter auf den Gebrauch offenen Geleuchtes zurückzuführen gewesen. Man sollte überall bei Ausbesserungsarbeiten in Schächten, falls nicht die vorhandene Feuchtigkeit jede Brandgefahr ausschließt, elektrische Lampen oder trotz des schlechteren Lichtes Sicherheitslampen benutzen.

9. — **Sicherheitsmaßnahmen.** Im übrigen ist der beste Schutz gegen Schachtbrände ein völlig brandsicherer Ein- und Ausbau. Der hölzerne Ausbau der Förderschächte verschwindet je länger desto mehr, und an seine Stelle tritt Mauerung und eiserner Ausbau. Der Einbau ist freilich in den meisten Fällen noch aus Holz. Ist der Schacht an sich trocken, so empfiehlt sich zeitweise oder dauernde Befeuchtung der Zimmerung durch herabfallendes Wasser. Will man, z. B. im Winter der Eisbildung wegen, solche Befeuchtung nicht anwenden, so müssen wenigstens Wasseranschlüsse vorhanden sein, um im Notfalle sofort den Schacht bewässern zu können.

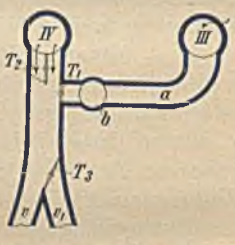


Abb. 671. Wetterumstellvorrichtung auf Zeche Shamrock III/IV.

Von großer Wichtigkeit sind Wetterumstellvorrichtungen, die verhüten, daß im Falle von Bränden die Gase den belegten Grubenbauen zuströmen. Eine sehr empfehlenswerte Einrichtung dieser Art findet sich auf Zeche Shamrock III/IV bei Wanne[1]). Hier ist Schacht III (Abb. 671) der einziehende und Schacht IV der ausziehende Schacht. Von den beiden vorhandenen Ventilatoren, die aus den Kanälen v und v_1 saugen, dient einer dem ständigen Betriebe, während der andere als Aushilfe dient. Die Schächte sind etwa 6 m unter Tage durch einen

[1]) Glückauf 1904, Nr. 6, S. 134 und 135; Einrichtung auf Zeche Shamrock III/IV usw.

Hilfskanal *a* miteinander verbunden, der einen ungefähren Querschnitt von 4,5 qm besitzt und durch einen Hilfschacht *b* von 2,5 m Durchmesser von der Tagesoberfläche aus erreichbar ist. Schacht IV und der Hilfschacht besitzen Verschlußhauben. Schacht III ist mit eisernen Klappen ausgerüstet, die im Falle eines Schachtbrandes niedergelassen werden und den Schacht verschließen. In dem Wetter- und Hilfskanal sind überdies die zweiflügeligen, um eine feste mittlere Achse drehbaren Türen T_1, T_2 und T_3 eingebaut.

Bei gewöhnlichem Betriebe ist die Haube des Schachtes IV dicht geschlossen, und die Türen befinden sich in der aus der Abbildung kenntlichen Stellung. Im Falle eines Brandes in dem Schachtgebäude über dem einziehenden Schachte III läßt man die an der Rasenhängebank befindlichen eisernen Klappen niederfallen, so daß Brandgase nicht mehr in den Schacht treten können. Die frischen Wetter fallen nunmehr durch den für gewöhnlich offenen Hilfschacht ein und schlagen den Weg nach Schacht III ein, so daß dieser einziehender Schacht bleibt. Im Falle eines Brandes im Schachte III selbst wird die Wetterführung umgekehrt. Zu diesem Zwecke wird die Haube über Schacht IV gelüftet, die Tür T_2, die Haube über dem Hilfschacht und die Klappen des Schachtes III werden geschlossen, und die Tür T_1 wird geöffnet. Alsdann saugt der Ventilator die Wetter aus Schacht III an, während Schacht IV einzieht.

Auch unter Tage soll man nach Möglichkeit Vorsorge treffen, daß im Falle von Bränden in einziehenden Schächten der Übertritt der Brandgase in die Grubenbaue verhindert wird. Man sieht zu diesem Zwecke in der Nähe der Füllörter brandsichere Türen vor oder trifft die erforderlichen Vorkehrungen, um nötigenfalls durch Branddämme schnell den Schacht abzuschließen.

10. — **Brände in Bremsschächten.** Eine besondere Brandgefahr besteht in den seigeren Bremsschächten, den sog. „Stapeln", falls sie nicht von Natur feucht sind. Durch die andauernde Reibung der Bremse beim Niederlassen der vollen Wagen wird viel Wärme erzeugt, die sich der Bremskammer mitteilt und eine starke Austrocknung der Zimmerung im Gefolge hat. Schmiere und trockener Kohlenstaub, die in der Regel vorhanden sind, erhöhen die Gefahr. Ein vom Bremsband abspringender Funke oder das Erglimmen der in die Seilnut gewöhnlich eingelegten Hanfeinlage können genügen, die ausgedörrten Stoffe binnen kurzem in Brand zu setzen.

Man sucht jetzt beim Ausbau der Bremskammern Holz möglichst zu vermeiden. Bremskranz und Bremsband macht man aus Eisen und berieselt die Bremsscheibe ohne Unterbrechung. Außerdem baut man sog. Stapelbrausen ein, die an das Berieselungsnetz angeschlossen werden. Mittels dieser Brausen kann man die Bremskammer und die Schachtzimmerung leicht von Zeit zu Zeit anfeuchten und einen etwa entstehenden Brand schnell löschen.

B. Bekämpfung ausgebrochener Brände.

11. — **Meldung.** Für die wirksame Bekämpfung ausgebrochener Brände ist in erster Linie die sofortige Meldung der ersten Brandanzeichen an die Betriebsleitung erforderlich. Hierauf ist angesichts der weitgehenden

Bedeutung für den ganzen Grubenbetrieb, die jedem Brande innewohnen kann, mit aller Strenge zu achten.

Flözbrände pflegen sich durch den infolge der Destillation entstehenden brenzlichen Geruch bereits einige Tage vor dem Ausbruche kenntlich zu machen.

12. — **Anwendung des Wassers und des Spülverfahrens.** Wenn der Brand noch im Entstehen begriffen und sein Herd zugänglich ist, so kann er oft durch einfaches Spritzen gelöscht werden. Die in Schlagwettergruben in der Regel vorhandenen Berieselungsleitungen konnten hierfür häufig mit Erfolg benutzt werden. Zum Ablöschen der kleineren, als Folge von Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen auftretenden Streckenbrände haben sich Hand-Feuerlöscher, z. B. nach Art der sog. Minimaxgeräte (Abb. 672), mehrfach gut bewährt. Ein kegelförmiges, mit Griff und Spritzdüse *c* an der Spitze versehenes Eisenblechgefäß ist mit Wasser, in dem doppeltkohlensaures Natron gelöst ist, gefüllt. Am Boden befindet sich in einem Drahtkorbe *a* eine geschlossene, Salzsäure enthaltende Glasröhre. Will man das Gerät benutzen, so treibt man durch einen Stoß gegen den Boden den herausragenden Stoßstift in die Glasröhre. Die austretende Salzsäure macht aus dem doppeltkohlensauren Natron die Kohlensäure frei, diese sammelt sich im oberen Teile des Behälters und treibt mit 4—5 Atm Druck die jetzt aus Natron- und Kochsalzlösung bestehende Löschflüssigkeit durch das fast bis auf den Boden reichende Aufsteigrohr *b* zur Spritzdüse *c* ins Freie. Ein Gerät faßt 6—9 l Wasser und spritzt 12 m weit und 8 m hoch.

Abb. 672. Minimaxgerät.

Schachtbrände lassen sich, falls sie noch nicht einen zu großen Umfang angenommen haben, durch fallendes Wasser wirksam bekämpfen.

Das Ersäufen des Brandes kann vorzüglich in Unterwerksbauen mit durchgreifendem Erfolge benutzt werden. Unter Umständen müssen bei hartnäckigen Bränden auch ganze Sohlen oder die gesamte Grube unter Wasser gesetzt werden. Freilich hat das Ersäufen mehrfach nur vorübergehend zum Ziel geführt, da nach erfolgter Sümpfung der Brand wieder ausbrechen kann, falls die Ursachen bestehen geblieben sind.

Eine dritte Anwendungsart des Wassers ist die Verschlämmung des Brandes mittels des Spülverfahrens. Von ihr kann man namentlich dann Gebrauch machen, wenn die vom Brande bedrohten Grubenräume ausgemauert oder betoniert sind oder noch festes Gebirge zwischen Brandherd und Strecke ansteht. Man bohrt dann die Stöße an, führt in das Bohrloch ein Rohr ein, das in beliebiger Weise gegen die Bohrlochwandung abgedichtet wird, und spült nun Lehm, Sand oder Kalkmörtel in den Brandherd, wie man dies z. B. mit gutem Erfolge auf einer chinesischen Grube der Shantung-Bergbau-Gesellschaft getan hat[1]).

[1]) Glückauf 1908, Nr. 44, S. 1564; Dr. Brücher: Bekämpfung von Grubenbränden mit Hilfe des Lehmspülverfahrens.

Auch im böhmischen Braunkohlenbergbau hat man das Verfahren häufig benutzt[1]).

Zu einem noch durchgreifenderen Verfahren entschloß man sich auf Zeche Vondern I/II bei Oberhausen bei einem Flözbrande, der im Schachtsicherheitspfeiler selbst wütete[2]). Da die zunächst versuchten Mittel der Abdämmung und der Erstickung des Brandes durch Stickgase versagten und ein Ersäufen wegen Zerklüftung des Gebirges unmöglich war, drang man in den in einem etwa 2 m mächtigen Flöze liegenden Brandherd selbst ein und baute unter fortwährendem Ablöschen der glühenden Kohle diese in einzelnen Abbaustößen ab, worauf man jeden einzelnen sofort mit Schlackensand zuschlämmte. Die Arbeiten waren wegen der großen Hitze zwar außerordentlich schwierig, gelangen aber vollständig und führten zum Ziele.

13. — **Abdämmung.** Das gebräuchlichste Mittel ist eine schnelle und enge Abdämmung des Brandherdes, um dem Brande jede Luftzufuhr zu unterbinden und ihn durch die Brandgase selbst zu ersticken. Je näher die Dämme an die Brandstelle herangerückt werden können, um so besser ist die Wirkung, mit einer um so geringeren Zahl der Dämme kommt man aus, und um so geringer ist die Beeinträchtigung des sonstigen Betriebes. Das Schlagen der Dämme geht unten, wo die frischen Wetter zuströmen, unter weniger Schwierigkeiten vonstatten als oben auf dem Abströmungswege der Brandgase. Man pflegt deshalb unten mit der Abdämmung zu beginnen, sucht aber auf der Abströmungseite möglichst schnell zu folgen. Häufig wird man hier mit Atmungsgeräten zu arbeiten gezwungen sein (s. diese). Wo bei dem Stocken der Wetterführung nach Unterbrechung des Stromes Brandgas- oder Schlagwetterexplosionen befürchtet werden, wird darauf geachtet, daß die Dämme oben und unten gleichzeitig geschlossen werden. Man kann dann die Mannschaften auch gleichzeitig zurückziehen.

Die Wiedereröffnung der Dämme darf erst geschehen, wenn aus der Zusammensetzung der Brandgase (s. Ziff. 18) das Erlöschen des Brandes mit Sicherheit gefolgert werden kann. Dies wird in der Regel der Fall sein, wenn die Wetterproben mindestens 4 Wochen lang einen hohen Kohlensäure- und einen niedrigen Sauerstoffgehalt aufweisen. Man öffnet unter besonders vorzuschreibenden Sicherheitsmaßnahmen zuerst die Dämme der Wettersohle, dann diejenigen im einziehenden Strome.

Man unterscheidet zwischen Hilfsdämmen und Dämmen für den endgültigen Abschluß.

14. — **Hilfsdämme.** Bei den Hilfsdämmen kommt es auf tunlichst schnelle Herstellung, weniger auf Haltbarkeit und völlige Wetterdichtigkeit an. Durch Schlagen der Hilfsdämme will man den Brand vorläufig einengen, um für die Herrichtung und Fertigstellung der dauernden Dämme die erforderliche Zeit zu gewinnen.

Hilfsdämme pflegt man meist aus Holzbrettern oder Betonbohlen zu errichten. An zwei oder mehrere in einer Linie quer durch die Strecke auf-

---

[1]) Zeitschr. d. Zentral-Verb. d. Bergb.-Betriebsleiter 1910, Nr. 24, S. 583 u. f.; Kupka: Eine neuartige Kalkschlämmpumpe; ferner ebenda 1914, Nr. 19, S. 421 u. f.; Hruška: Alaunverfahren zur Bekämpfung von Brühungen usw.

[2]) Glückauf 1911, Nr. 46, S. 1789 u. f.; Hasse: Der Grubenbrand im Schachtsicherheitspfeiler der Schachtanlage Vondern I/II bei Oberhausen.

gestellte Stempel wird ein Bretterverschlag genagelt, der mit Mörtel berappt wird. Oder man stellt 2 Stempelreihen in kurzer Entfernung voneinander auf und bildet zwei Bretterverschläge, um den Zwischenraum mit Letten, Lehm, Kohlenklein od. dgl. auszufüllen (Abb. 673). Betonbohlenwände lassen sich nach Abb. 674 sehr schnell errichten[1]), wenn die erforderlichen Betonplatten vorrätig gehalten werden. Auch durch Dämme aus aufgeschichtetem Pferdemist, Waschbergen usw. hat man sich vorläufig geholfen.

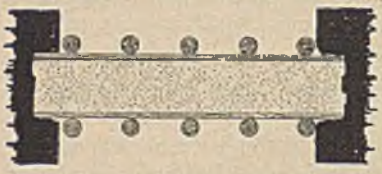


Abb. 673. Hilfsdamm, bestehend aus 2 Bretterverschlägen mit Zwischenfüllung aus Letten.

Besondere Erwähnung verdient noch der tragbare Wagnersche Sicherheitsdamm[2]). Er besteht aus einem Beutel aus luftdichten Stoffwandungen, der aufgeblasen etwa 40 cm breit ist und dessen Länge und Höhe den Abmessungen der abzusperrenden Strecke ungefähr entsprechen. Bänder von 40 cm Länge, die im Innern die beiden großen Wandflächen verbinden, halten den Beutel im aufgeblasenen Zustande in der richtigen Form. Mittels einer kleinen Handpumpe bläst man den Damm, der sich dabei rundum an die Streckenwandungen anlegt, in etwa 5 Minuten auf. Nach erfolgter Aufstellung kann der endgültige Damm errichtet werden.

15. — **Dämme für den endgültigen Abschluß.** Dämme für den endgültigen Abschluß pflegt man aufzumauern, nachdem man die Stöße und die Firste tief eingeschlitzt hat, um Anschluß an gesundes Gebirge zu gewinnen. Man gibt solchen Dämmen eine Stärke von etwa 0,5 m, an druckhaften Stellen aber mehr, sogar bis zu 2—3 m. Auf volles Ausfüllen aller Fugen mit Mörtel ist zu achten. Man mauert, nötigenfalls unter Zuhilfenahme von Atmungsgeräten, zweckmäßig von beiden Seiten der Mauer. Besonders ist dies wichtig, um einen guten Abschluß des Mauerwerks an die Firste zu erhalten. Damit die Leute zurück können, läßt man unten nach Abb. 675 vorläufig ein Mannloch offen, das ganz zuletzt von der freien Seite her geschlossen wird. Auch kann statt dessen ein fahrbares Rohr mit Verschlußdeckel eingemauert werden.

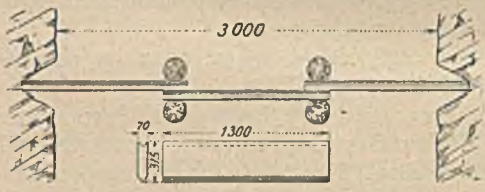


Abb. 674. Hilfsdamm aus Betonbohlen.

Bei Verwendung von Betonplatten nach Abb. 674 werden für den endgültigen Abschluß zwei Wände in 15—20 cm Abstand in der Weise hochgeführt, daß nach Einbau des hinteren Dammes der vordere stückweise fertiggestellt wird, wobei man gleichzeitig den Zwischenraum mit angefeuchtetem Sand, dem im Mischungsverhältnis 12:1 Zement zugesetzt wird, ausstampft. Ein

[1]) Berg- u. Hüttenm. Rundsch. 1913, Nr. 17, S. 216; Feuerfester Wetterdamm aus Zementplatten.

[2]) Glückauf 1895, Nr. 72, S. 1315; Eckert: Der Wagnersche tragbare Sicherheitsdamm.

solcher Betondamm läßt sich gegenüber einem gleichwertigen Mauerdamm etwa in der halben Zeit mit $^2/_3$ der Kosten herstellen. Bei Firstenbränden muß die Strecke, falls sie weiter benutzt wird, auf größere Längen in ein vollständig ringförmig geschlossenes Mauergewölbe gesetzt werden.

Statt der Mauerdämme kann man auch Dämme aus übereinander geschichteten, in der Streckenrichtung längsgelegten Hölzern von etwa 1 m Länge aufführen (Klötzeldämme), deren Fugen mit Kalk, Asche oder Letten ausgefüllt werden. Solche Dämme haben den Vorzug, bei Druck im Gebirge immer dichter zu werden.

Überall, wo Brandgefahr zu befürchten ist, muß man die Stoffe zum schnellen Schlagen der Dämme (Stempel, Bretter, Nägel, Ziegel, Mörtel, Werkzeuge usw.) vorrätig halten.

Die Dämme müssen einer ständigen Beobachtung unterworfen werden, damit entstandene Risse nachgedichtet werden können. Auch ist es zweckmäßig, die Gase des Brandfeldes in bestimmten Zwischenräumen zu untersuchen. Zur Probeentnahme sind in den Dämmen Rohre mit Ventilen oder Hähnen vorzusehen.

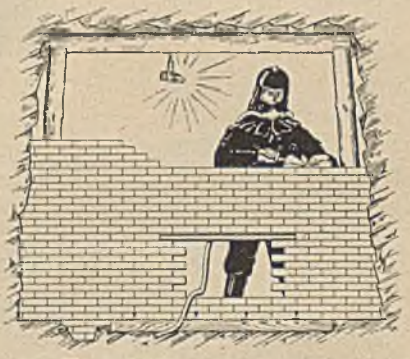


Abb. 675. Herstellung eines Mauerdammes mit Mannloch unter Verwendung eines Druckschlauch-Atmungsgerätes.

16. — **Brandtüren.** Will man sich die Zugänglichkeit der abgesperrten Räume erhalten, so mauert man eiserne Türen ein. Statt ihrer kann man auch Betontüren anwenden, die so hergestellt sind, daß man einen eisernen Rahmen von 40 mm hohen U-Eisen, der durch diagonale Eisenbänder verstärkt ist, mit Beton in einer Mischung von 8:1 ausstampft. Solche Türen werden bei großer Hitze nicht glühend und sind erheblich billiger als eiserne, aber auch mehr als doppelt so schwer.

Türen in den Branddämmen sind unentbehrlich, wenn man das Brandfeld allmählich durch Vorschieben der Dämme einengen will. Man läßt dann Leute, die mit Atmungsgeräten ausgerüstet sind, über den Damm hinaus vordringen und durch sie in einiger Entfernung einen neuen, mit Tür versehenen Damm setzen. Ist die Arbeit gelungen, so kann der erste Damm entfernt werden. So kann der Vorgang immer von neuem wiederholt werden. Solche Aufwältigungen ausgedehnter Brandfelder sind mehrfach in Österreich vorgenommen worden[1]).

17. — **Stoßabdichtungen.** Bisweilen kann es gelingen, den Brand statt durch eine größere Anzahl gewöhnlicher Dämme (Querdämme) durch Stoßverkleidungen (Längsdämme), wie sie schon in Ziffer 6 erwähnt sind,

---

[1]) Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hütt.-Wes. 1885, Nr. 38—50; Mayer, Joh.: Einiges über die Explosion schlagender Wetter am Wilhelmschachte usw.; ferner ebenda 1895, Nr. 24—30; Kohout u. Pilař: Gewältigungsarbeiten in dem Steinkohlenbergbau zu Karwin.

eng einzuschränken. Abb. 676 veranschaulicht einen solchen auf Zeche Shamrock I/II vorgekommenen Fall. In der Nähe einer Störung war auf einem steil stehenden Flöze ein Firstenbrand an der mit *B* bezeichneten Stelle ausgebrochen. Um nun nicht eine größere Fläche abdämmen zu müssen, mantelte man das gefährdete Feldesstück ein. Dies geschah dadurch, daß man in der unteren Strecke einen Lettendamm herstellte und von hier aus beginnend einen starken Bretterverschlag in dem Überhauen hochführte, den man mit Letten dicht hinterstampfte. In der oberen Strecke wurde die Sohle nach Gewinnung eines Kohlenstreifens mit Letten aufgefüllt.

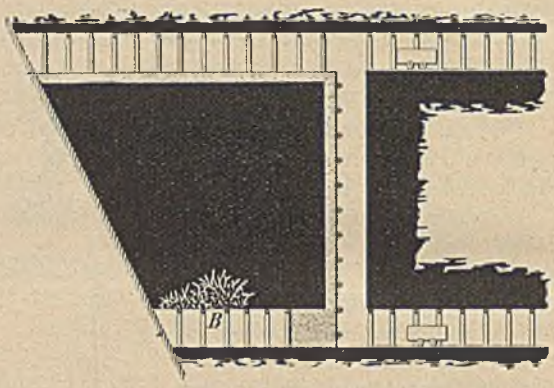


Abb. 676. Bekämpfung eines Grubenbrandes durch Einmantelung des betroffenen Feldesstückes.

C. Die bei Bränden auftretenden Gase.

18. — **Brandgase, Brandwetter, Brandgasexplosionen**[1]). Die in einem Brandfelde abgedämmten Gase nennt man „Brandgase"; treten diese in den Wetterstrom der Grube über, so spricht man von „Brandwettern".

Die Zusammensetzung der Brandgase hängt zunächst von der Entwicklung des Brandes ab. Im ersten Entwicklungsabschnitt ist, wenn es sich um Selbstentzündung handelt, die Sauerstoffzufuhr beschränkt. Es handelt sich dabei nur um ein Schwelen der Kohle (Schwelabschnitt). Die Brandgase sind durch hohen Gehalt an Kohlenoxyd, Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen gekennzeichnet.

Im zweiten, nämlich dem Verbrennungsabschnitt, kommt es zum Aufflammen des Feuers; die brennbaren Gase verbrennen zu Kohlensäure, so daß diese vorwiegt.

Im dritten Abschnitt (Erlöschungsabschnitt) reichern sich die Gase weiter an Kohlensäure an und werden an brennbaren Gasen immer ärmer.

Durch die Probenahme verwischt sich allerdings dieses Bild sehr, da stets Gemische der drei Abschnitte oder auch Gemische der Brandgase mit atmosphärischer Luft entnommen werden.

In 64 Brandgasanalysen von oberschlesischen Gruben hat Dr. L. Wein folgende Mindest- und Höchstgehalte der in der Zusammenstellung aufgeführten Gase gefunden[2]).

---

[1]) S. den auf S. 609 in Anm. [1]) aufgeführten Bericht, S. 419 u. f.

[2]) Glückauf 1921, Nr. 28/29, S. 635 u. f.; Dr. Wein: Die chemische Zusammensetzung der Grubenbrandgase und ihre Bewertung für die Bekämpfung des Grubenbrandes.

	O_2 %	CO_2 %	CO %	H_2 %	CH_4 %	C_2H_2 u. C_2H_4 %	N_2 %	Brennbare Gase zusammen %
Mindestgehalt	0,05	0,1	0,01	0,01	0,02	Spuren	65,4	0,04
Höchstgehalt	20,6	15,6	7,7	7,3	8,4	0,5	93,5	20,5

Hiernach sinkt der Sauerstoffgehalt unter Umständen bis annähernd auf Null, der Kohlensäuregehalt kann demgegenüber bis auf etwa 15 und der Stickstoffgehalt bis rd. 93% steigen. Der letzere schwankt dabei in weiten Grenzen, da der festgestellte Mindestgehalt 65,4% ist.

Der Kohlenoxydgehalt insbesondere hat in den 64 Proben betragen

1 mal mehr als 7%
4 „ 1,5—3%
4 „ 1,0—1,5%
7 „ 0,5—1,0%
21 „ 0,1—0,5%
42 „ weniger als 0,1%.

Frei von Kohlenoxyd ist keine Brandgasprobe gefunden worden[1]).

Wasserstoff ist ebenfalls stets vorhanden und steht in der Regel unter den brennbaren Bestandteilen an erster Stelle. Methan ist fast durchweg stärker vertreten als Kohlenoxyd. In schlagwetterführenden Gruben kann selbstverständlich ein viel höherer Methangehalt, als in der Zusammenstellung angegeben, erwartet werden.

Brandgasexplosionen sind mehrfach im Verlaufe von Bränden vorgekommen. Früher hielt man sie für Kohlenoxyd-Explosionen; doch erscheint das Auftreten von Kohlenoxyd in solchen Mengen, daß das Gemisch mit Luft explosibel wird, ausgeschlossen. Die Explosionen sind also auf andere brennbare Gase, insbesondere Wasserstoff, Methan und schwere Kohlenwasserstoffe zurückzuführen.

II. Atmungsgeräte.

19. — **Einleitung.** Es kommt im Grubenbetriebe nicht selten vor, daß Arbeiten in unatembaren Gasen, z. B. zum Zwecke der Abdämmung und der Löschung von Bränden, verrichtet werden müssen. Weiter treten bisweilen Ausströmungen giftiger oder unatembarer Gase aus dem Gebirge (z. B. von Schwefelwasserstoffgas oder Kohlensäure) in solcher Stärke auf, daß die regelmäßige Wetterführung nicht genügt und der Fortbetrieb der Arbeiten auf die gewöhnliche Weise zur Unmöglichkeit wird. Nach größeren Unglücksfällen, wie Grubenbränden, Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen, kommt es ferner darauf an, möglichst schnell in die Nachschwaden vorzudringen, um Verletzte und Betäubte zu retten oder um durch Wiederherstellung einer geordneten Wetterführung der vielleicht abgeschnittenen und gefährdeten Belegschaft eines Feldesteils Hilfe zu bringen. Diese Aufgaben haben die Einführung von sog. Atmungs- oder Rettungsgeräten zur Folge gehabt.

[1]) Zu vergl. I. Band, 5. Abschnitt: „Kohlenoxyd".

Vorläufer der Atmungsgeräte waren die einfachen Atmungsmasken, die als Filter zum Auffangen von Staub oder, mit Natronkalk oder Essig getränkt, zur teilweisen Befreiung der Einatmungsluft von der Kohlensäure dienen sollten. Infolge der Kriegserfahrungen hat man die Atmungsmasken dadurch verbessert, daß man den Filtern Einsätze zur Bindung giftiger Gase, insbesondere des Kohlenoxyds, gab. Immerhin ist die Wirkung nicht sicher genug, und in jedem Falle bleibt der Träger auf das Vorhandensein einer noch genügend sauerstoffreichen Luft angewiesen.

Die neueren Atmungsvorrichtungen lassen sich wie folgt einteilen:

1. Schlauchgeräte,
2. freitragbare Sauerstoffgeräte, und zwar
   a) Geräte ohne Wiederbenutzung der Ausatmungsluft (Flüssige-Luft-Geräte),
   b) Geräte mit Wiederbenutzung der Ausatmungsluft.

Die letzteren Geräte wieder können in solche mit verdichtetem, gasförmigem und in solche mit chemisch gebundenem Sauerstoffvorrat gegliedert werden.

A. Schlauchgeräte.

20. — **Saugschlauchgeräte.** Ein Saugschlauchgerät besteht aus einem einfachen Schlauche, dessen eines Ende mit einem Mundstück und 2 Lippenventilen ausgestattet ist. Eine die Augen vor dem beizenden Rauche schützende Brille pflegt die Ausrüstung des Mannes zu vervollständigen (Abb. 677). Der Träger saugt die Luft mit der Lunge durch den Schlauch aus einem nicht vergasten Raume durch das Einatmungsventil *a* (Abb. 678) an und atmet sie über das Auslaßventil *b* wieder ins Freie aus. Naturgemäß ist die Länge des Schlauches wegen der Atmungswiderstände sehr beschränkt und beträgt nicht mehr als 10 bis höchstens 20 m. Schon bei derartigen Entfernungen, die ja in der Regel für den Grubenbetrieb viel zu gering sind, ist die Atmung behindert, so daß der Mann schwere Arbeiten nicht ausführen kann. Aus diesem Grunde haben die Saugschlauchgeräte größere Verbreitung nicht gefunden.

Abb. 677.
Saugschlauchgerät der Hanseatischen Apparatebaugesellschaft.

21. — **Druckschlauchgeräte.** Besser haben sich dagegen die Druckschlauchgeräte bewährt. Sie bestehen aus Blasebalg, Schlauch

und Gesichtsmaske oder Helm. Der Blasebalg muß in guten Wettern aufgestellt werden. Mit seiner Hilfe drückt der Bedienungsmann dem Träger der Atmungsvorrichtung frische Luft in reichlichem Maße nach, so daß dessen Atmungstätigkeit von der Arbeit des Ansaugens entlastet wird. Die Anpassung der Luftlieferung an den Bedarf des Atmenden wird meist durch Zeichengebung ermöglicht.

Abb. 678.
Ein- und Ausatmungsventil an einem Saugschlauchgerät.

Der Blasebalg ist gewöhnlich doppelt wirkend und in einem geschlossenen Gehäuse untergebracht, so daß er nur wenig Platz beansprucht. Meist wird seine Betätigung dadurch erleichtert, daß das Gehäuse liegend angeordnet wird, der Bedienungsmann auf ihm sitzt und einen hin- und herschwingenden Hebel bewegt (Abb. 679). Auch Luftpumpen können benutzt werden; jedoch sind diese teuer und weniger betriebsicher und erfordern größere Kraftanstrengung.

Die Gesichtsmaske besteht aus Blech, die Augenöffnungen sind mit einem Drahtgewebe überspannt. Am Rande der Maske befindet sich als Abdichtung ein aufblasbarer Gummischlauch (Pneumatik). Der statt der Maske benutzte Helm (auch Rauchkappe genannt) besteht gewöhnlich aus Leder, ist vorn mit einer gebogenen Scheibe oder auch mit aufklappbaren Fenstern versehen und

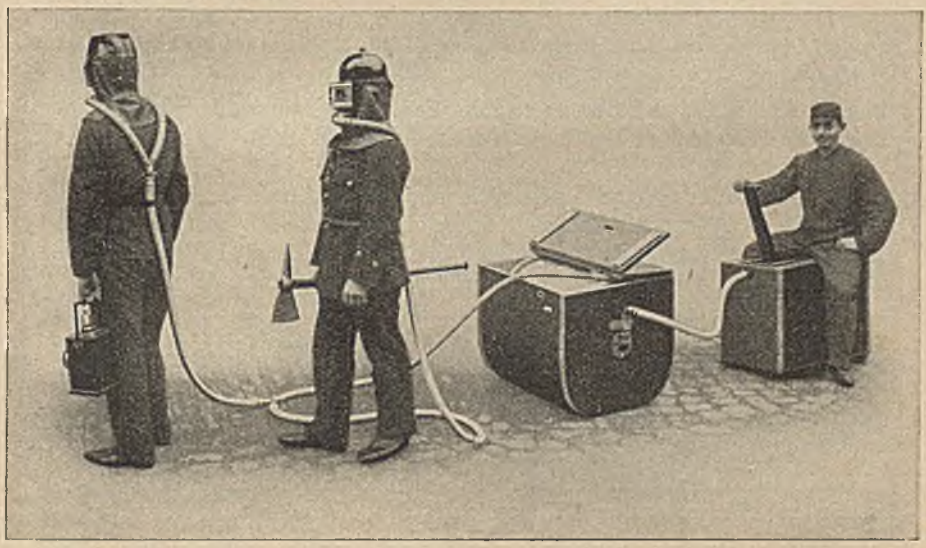


Abb. 679.
König sche Druckschlauch-Atmungsgeräte für Nasenatmung, nebst Luftschlauch und Blasebalg.

schließt mit einem breiten Halskragen an die Schultern an. Die Abdichtung am Halse geschieht mit einer Schnur. Weder bei der Maske noch bei der Rauchkappe braucht auf besonders gute Abdichtung Bedacht genommen zu werden. Das Eindringen giftiger oder unatembarer Gase in das Innere

der Maske oder des Helmes wird vielmehr schon dadurch verhütet, daß die in reichlichem Überschuß nachgedrückte Frischluft zusammen mit der Ausatmungsluft in ununterbrochenem Strome durch die Undichtigkeiten (bei der Maske insbesondere auch durch die vor den Augen befindlichen Drahtsiebe) ins Freie entweicht. Der Schlauch mündet an Maske oder Helm in der Nähe des Mundes des Trägers aus, so daß der Mann frei mit der Nase atmen kann und weder Nasenklemme noch Mundstück gebraucht.

Durch Verwendung eines genügend weiten Hauptzuführungschlauches, an den mehrere Schläuche angeschlossen werden, und eines entsprechend großen Blasebalges wird es ermöglicht, auch mehrere Leute gleichzeitig an eine Hauptleitung anzuschließen (Abb. 679).

Derartige Druckschlauchgeräte werden namentlich von der Firma C. B. König in Altona und der Hanseatischen Apparatebauanstalt in Hamburg, sowie vom Drägerwerk in Lübeck und von O. Neupert Nachfolger in Wien geliefert. Die Einrichtung von König, die den Erfordernissen des Grubenbetriebes gut angepaßt ist, ergibt sich aus Abb. 679. Die Leute tragen leichte Lederkappen, in welche die Luftschläuche mit je 2 Zweigschläuchen einmünden. Der Schlauch wird auf eine Trommel aufgewickelt und mit dieser in einen Kasten gesetzt, der nebst dem Blasebalgbehälter in einem gewöhnlichen Förderwagen Platz findet.

Solche Vorrichtungen ermöglichen ein Vordringen des Mannes auf Entfernungen bis zu 200 m von der Entnahmestelle der frischen Luft aus. Für größere Abstände wird das Nachziehen des Schlauches zu lästig und die Gefahr für den Mann im Falle einer Zerstörung oder Verklemmung des Schlauches zu groß. Wenn so die Entfernung, in der das Gerät benutzt werden kann, begrenzt ist, so ist anderseits die Benutzungsdauer unbeschränkt, insofern der Träger bis zu den Grenzen seiner Arbeitsfähigkeit überhaupt Arbeit leisten kann.

22. — **Anderweitige Luftzuführung.** Da überall in einer neuzeitlichen Steinkohlengrube Druckluftleitungen vorhanden zu sein pflegen, so liegt der Gedanke nahe, durch Anschluß an die Druckluft mit Hilfe besonderer Zweigleitungen den Arbeitern die erforderliche Atmungsluft zuzuführen, was auch öfter mit gutem Erfolge geschehen ist. Dabei muß naturgemäß zwischen Luftleitung und Schlauch ein Ventil eingeschaltet werden, um durch Drosselung den Luftüberdruck nach Bedarf herabdrücken zu können. Diese Drosselung reicht aus, so daß ein besonderes Druckverminderungsventil fortfällt; sie muß um so mehr vermindert werden, je höher der Luftwiderstand im Schlauche mit dessen zunehmender Länge anwächst.

Um möglichst schnell und an jeder beliebigen Stelle den Anschluß herstellen zu können, verwendet man nach dem Vorschlage des Bergwerksdirektors G. A. Meyer einfache Schellenbänder, die um die Rohrleitung gelegt und durch Schrauben angezogen werden, nachdem mit Hilfe eines Stahldorns ein Loch in die Rohrleitung geschlagen ist, an das der Schlauch anschließt.

Außerdem hat man vorgeschlagen, auf solchen Gruben, die mit einem Berieselungsrohrnetz ausgerüstet sind, dieses mit dem Preßluftnetz zu verbinden, da in der Regel die Berieselungsrohre an mehr Betriebspunkten vorhanden sind als die Luftleitung. Man kann dann nötigenfalls aus der Luft-

leitung Preßluft in das Wasserrohrnetz gelangen lassen, nachdem aus der in Frage kommenden Strecke des letzteren das Wasser abgelassen ist. Allerdings kann in vielen Fällen nicht mit den Rohrleitungen gerechnet werden, da diese bei größeren Unglücksfällen, in denen man mit Atmungsgeräten arbeiten muß, häufig zerstört sein werden.

Auch hat man wohl Leute, die in schädliche Gase vordringen sollten, mit einer Tuchwetterlutte ausgerüstet, die mit Hilfe einer besonderen Öffnung vorne über den Kopf des Vordringenden gezogen wurde, so daß dieser sich stets in dem durch die Wetterlutte geblasenen frischen Luftstrom befand. Jedoch können solche Einrichtungen nur ganz untergeordnet Verwendung finden, da die Bewegungsfreiheit des Vordringenden durch die Lutte zu stark eingeschränkt wird.

B. Freitragbare Sauerstoffgeräte.

23. — **Ältere Ausführungen.** Der Grundgedanke dieser Geräte ist der, daß ein gewisser Vorrat an Atmungsluft mitgeführt und durch einen Schlauch dem Träger gleichmäßig und allmählich zugeführt wird. In der früheren Ausführungsform bestanden die Vorratsbehälter aus einem mit Luft gefüllten Ledersack oder einem Stahlbehälter, der mit gepreßter Luft gefüllt und infolgedessen eine größere Luftmenge herzugeben imstande war. Die ausgeatmete Luft wurde dabei entweder in den Sack zurückgeatmet, so daß dessen Luftinhalt sich rasch verschlechterte, oder mit Hilfe eines Ventils in die freie Atmosphäre ausgeatmet, wogegen ein zweites Ventil als Saugventil den Zutritt der Luft aus dem Behälter in den Atmungschlauch vermittelte. Mit Rücksicht auf das große Gewicht derartiger Apparate und die trotzdem nur geringe Benutzungsdauer ist man heute von ihnen abgekommen.

Eine andere Ausführungsform desselben Gedankens ist die Vorrichtung des österreichischen Ingenieurs Wanz, bei der an Stelle der Luft ein mit hochgespanntem Sauerstoff gefüllter Behälter mitgeführt wird. Auch diese Vorrichtung hat keine große Bedeutung erlangt; immerhin leitet sie zu den neueren Geräten hinüber, die sämtlich nicht atmosphärische Luft, sondern Sauerstoff benutzen.

a) Sauerstoffgeräte ohne Wiederbenutzung der Ausatmungsluft.

24. — **Flüssige-Luft-Geräte.** In flüssiger Luft oder richtiger in flüssigem Sauerstoff, da hauptsächlich dieser verwandt wird, ist ein großer Sauerstoffvorrat auf einem sehr kleinen Raume zusammengedrängt, so daß der Gedanke, Sauerstoff in dieser Form für Atmungsgeräte zu benutzen, nahe lag. Freilich leiden solche Geräte an den Schwierigkeiten, die mit der Natur des flüssigen Sauerstoffs — insbesondere mit seiner dauernd tiefen Temperatur (— 190° C) — verknüpft sind[1]).

Die ersten brauchbaren Geräte dieser Art haben in gemeinsamer Arbeit der Bergwerksdirektor Sueß in Wittkowitz und der Direktor Schümann

[1]) Über die Eigenschaften der flüssigen Luft und des flüssigen Sauerstoffs ist Band I, 4. Aufl., S. 259 u. f. (unter „Das Flüssige-Luft-Sprengverfahren") zu vergleichen.

der Hanseatischen Apparatebauanstalt geschaffen. Sie gaben dem Geräte den Namen Aerolith. Die Vorrichtung ist in Abb. 680[1]) schematisch dargestellt. Der flüssige Sauerstoff wird in einen durch eine Daunenfederschicht und einen Holzmantel mit Lederüberzug gut gegen Wärmeaufnahme geschützten Behälter *a* (rechte Hälfte der Abbildung) gefüllt und hier durch Asbestwolle aufgesaugt. Während des Einfüllens durch die Öffnung *b* bleibt wegen der zunächst stürmisch einsetzenden Verdampfung der Entlüftungstutzen *c* offen. Bei der Benutzung des Gerätes ist letzterer geschlossen, und die infolge von Wärmeaufnahme ununterbrochen vergasende Luft wird durch eine frei um den Tornister geführte metallene Wellrohrleitung *d* von insgesamt 2 m Länge und einen Anschlußschlauch *e* bereits etwas erwärmt dem Mundstück *f* zugeführt. Die Ausatmungsluft fließt durch die Leitung *g* wieder zum Behälter der flüssigen Luft zurück, den sie in einem quer hindurchgelegten Rohre *k* durchströmt, um hier ihre Wärme abzugeben. Auf diese Weise soll bei starker Arbeitsleistung und beschleunigter Atmung auch die Vergasung vermehrt und zwischen ihr und dem jeweiligen Luftbedarfe des Mannes eine Wechselwirkung hergestellt werden. Alsdann gelangt die Ausatmungsluft in die obere Abteilung *i* eines zweiteiligen Atmungsackes, aus dem sie bei genügendem Überdrucke durch ein Lippenventil *l* ins Freie entweicht. Der untere Teil *h* des Atmungsackes ist durch eine Zweigleitung *n* an das Frischluftrohr angeschlossen und dient als Vorratsbehälter für den Fall, daß die Gasentwicklung für Augenblicke ungenügend sein sollte. Für den gleichen Zweck sind außerdem noch beide Teile des Ausatmungsackes durch ein Ventil *m*, das sich gegen den unteren Ausatmungsack selbsttätig abschließt, bei erhöhtem Luftbedarf des Trägers aber öffnet, miteinander verbunden. Die hier vorhandene Luft ist zwar schon mit Kohlensäure angereichert, immerhin aber, da nicht alle vergaste Luft für die Atmung benötigt worden ist, nicht in solchem Maße, daß sie unatembar wäre. Die beiden Teile des Atmungsackes liegen zwischen Tornister und Rücken des Mannes. Eine Asbestmatte schützt den Rücken gegen die Kältewirkung.

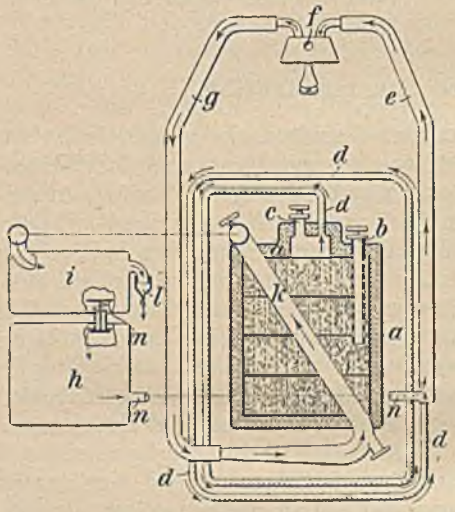


Abb. 680. Aerolith.

Bei dem Drägerolith, dem Flüssige-Luft-Gerät des Drägerwerkes, wird zum Verdampfen des Sauerstoffs nicht die Wärme der Ausatmungsluft,

[1]) Schlägel und Eisen 1921, Nr. 11 u. 12, S. 15 u. f.; Ryba: Über die Verwendung verflüssigter atembarer Gase usw.

sondern diejenige der den Geräteträger umgebenden Außenluft herangezogen. Diese Luft umspült (Abb. 681) das den flüssigen Sauerstoff enthaltende Gefäß *F* und bewirkt die Verdampfung der Flüssigkeit. Die Menge der aus- und einströmenden Außenluft hängt von der Zahl und der Kraft der Atemzüge ab. Zu diesem Zwecke ist in dem Behälterraume *E* ein Atmungsack *C* angeordnet, der bei jeder Ausatmung sich aufbläht und bei jeder Einatmung zusammenschrumpft.

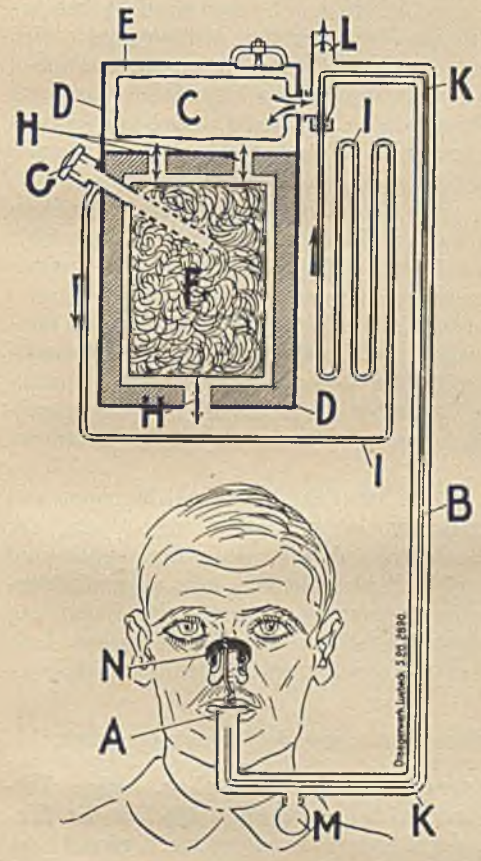


Abb. 681. Veranschaulichung der Wirkungsweise des Drägeroliths.

Abb. 682. Ansicht des Drägeroliths.

Im selben Maße dringt Außenluft in den Behälter ein, umspült das Gefäß mit flüssigem Sauerstoff und wird wieder verdrängt. Der verdampfte Sauerstoff wird zunächst zur Erhöhung seiner Temperatur durch eine lange Spirale *I* mit großer Oberfläche geführt und gelangt durch ein im Atmungschlauche *B* untergebrachtes Rohr zum Munde des Trägers. Die überschüssige Atmungsluft entweicht durch das Lippenventil *L*. Abb. 682 zeigt das Atmungsgerät in der Ansicht.

25. — Die allgemeine Verwendbarkeit der Flüssige-Luft-Geräte. Die rechnungsmäßige Benutzungsdauer der Geräte ergibt sich aus dem verfügbaren Vorrat an flüssigem Sauerstoff und der Schnelligkeit der Vergasung bzw. dem Luftbedarfe des Mannes. Die Geräte fassen bis zu 5 l oder rund 5 kg flüssigen Sauerstoff. Damit stehen annähernd 4000 l vergasten Sauerstoffs zur Verfügung. Bei 30 l minutlicher Vergasung, die den durchschnittlichen Luftverbrauch des Mannes reichlich decken (s. Ziff. 26), würde also die Gebrauchsdauer über 2 Stunden betragen. Diese Rechnung hat aber keine große Bedeutung, da die Schnelligkeit der Vergasung nicht beliebig geregelt werden kann. Bewegt sich der Mann mit dem Atmungsgeräte viel, so daß die Flüssigkeit immer von neuem mit den verhältnismäßig warmen Behälterwandungen in Berührung kommt, so setzt eine stürmische Vergasung ein, die mehrfach so groß wie die gewöhnliche sein kann. Auch die obenerwähnte Wechselwirkung zwischen der jeweiligen Atmungstätigkeit des Mannes und der Vergasung ist tatsächlich in genügender Gleichmäßigkeit nicht vorhanden, da die Aufnahmefähigkeit der Heizfläche für die Wärme der Ausatmungs- oder der Außenluft infolge von Eisbildung leidet. Deshalb fehlt bei längerer Benutzung die sichere Gewähr dafür, daß noch eine bestimmte Menge flüssiger Luft zu einem gegebenen Zeitpunkte vorhanden ist.

Ferner leidet das Gerät unter dem Nachteil der Vereisung. Von dem letzteren Übelstande werden insbesondere die Leitungen für die Ausatmungsluft betroffen. Die aus der Lunge mitgeführte Feuchtigkeit schlägt sich nämlich an den kalten Wandungen der Leitungen als Eis nieder und verengt allmählich ihren Querschnitt. Es müssen deshalb von Zeit zu Zeit die Leitungen durch Wischer gereinigt werden.

Wenn man diese und die sonst in der Natur der Flüssigkeit liegenden und deshalb unvermeidlichen Schwierigkeiten berücksichtigt, so erscheint der Schluß gerechtfertigt, daß das Gerät trotz der in seiner Einfachheit und Billigkeit liegenden Vorzüge bis auf weiteres jedenfalls kein allgemein verwendbares Hilfsmittel für Bergwerke werden, sondern daß seine Benutzung wohl auf solche Arbeitstätten beschränkt bleiben wird, wo flüssige Luft aus anderen Gründen hergestellt und dauernd vorrätig gehalten wird.

b) Sauerstoffgeräte mit Wiederbenutzung der Ausatmungsluft.

26. — Allgemeines. Luftverbrauch des Menschen. Diese Vorrichtungen beruhen auf dem Gedanken, daß der Sauerstoffgehalt der Einatmungsluft durch die Tätigkeit der Lunge bei weitem nicht gänzlich zu Kohlensäure umgewandelt wird. Wenn also die Kohlensäure aus der Ausatmungsluft beseitigt wird, so läßt sich die ausgeatmete Luft wieder mit Nutzen für die Einatmung verwenden, namentlich dann, wenn das für die Atmung benutzte Gas an sich sauerstoffreich ist oder, wie es in diesem Falle die Regel ist, völlig aus reinem Sauerstoff besteht. Man kann so den verfügbaren Sauerstoffvorrat gut ausnutzen und erzielt den Vorteil, daß man mit einer kleinen Menge verhältnismäßig lange auskommt.

Zahlreiche Beobachtungen haben ergeben, daß der Luftverbrauch eines erwachsenen Menschen in der Ruhe sich unter gewöhnlichen Verhältnissen auf etwa 8 l in der Minute beläuft. Jedoch ist zu berücksichtigen, daß dieser

Verbrauch bei Beschleunigung der Atmung wesentlich gesteigert wird, so daß man bei mäßigen Anstrengungen schon mit einem Luftverbrauch von 15—25 l in der Minute und für Zeiten starker Anstrengung sogar mit einem solchen von 40—60 l rechnen kann[1]).

Was die Atmung in gewöhnlicher Luft betrifft, so besteht die Einatmungsluft fast ausschließlich aus Sauerstoff und Stickstoff, wozu nur etwa 0,04% Kohlensäure kommen; dagegen beträgt in der ausgeatmeten Luft der Kohlensäuregehalt etwa 4%. Derartige Luft kann ohne größere schädliche Wirkungen nur noch kurze Zeit eingeatmet werden. Allerdings wirkt sie weniger schädlich, wenn ein Teil des Stickstoffs der Luft noch durch Sauerstoff ersetzt wird, wie das in diesen Vorrichtungen durch den Sauerstoffzusatz bis zu dem Grade geschieht, daß der Sauerstoffgehalt bis auf 70—80% und darüber ansteigt.

Berücksichtigt man, daß bei der angestrengtesten Atmung, wenn man also minutlich 50 l Luft ein- und ausatmet, in derselben Zeit nur 2 l CO_2 erzeugt werden oder ebensoviel Sauerstoff verbraucht wird, so ergibt sich, daß bei voller Wiederausnutzung der Ausatmungsluft höchstens eine Sauerstoffmenge, die dem angegebenen Betrage gleichkommt, durch künstliche Zufuhr hinzuzufügen ist. Für 2 Stunden = 120 Minuten sind also 240 l Sauerstoff mehr als ausreichend, während im übrigen, um die Lunge genügend füllen zu können, die immer wieder von der Kohlensäure befreite Luft im Kreislaufe verbleiben muß. Für die Lunge ist die Einatmung reinen Sauerstoffs statt der Luft bei atmosphärischem Drucke ohne jede schädliche Wirkung; vielmehr wirkt der Sauerstoff in Fällen von Bewußtlosigkeit sogar belebend (vgl. Ziff. 42).

c) Geräte mit gasförmigem Sauerstoffvorrat.

27. — **Einleitende Bemerkungen.** Eine Atmungsvorrichtung mit gasförmigem Sauerstoffvorrat und Wiederausnutzung der Ausatmungsluft ist bereits im Jahre 1853 in allen Einzelheiten, wie sie ähnlich jetzt ausgeführt werden, von Professor Schwann in Lüttich angegeben worden[2]). Die von ihm und später von Fleuß gebauten Geräte waren allerdings den Bedürfnissen ihrer Zeit weit vorausgeeilt. Größere Beachtung fanden die Vorrichtungen erst in den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts.

Ein neuzeitliches Sauerstoff-Atmungsgerät mit Wiederbenutzung der Ausatmungsluft setzt sich aus drei Hauptteilen zusammen, und zwar aus dem Sauerstoffbehälter nebst der Ausflußregelung, der sog. Patrone für die Bindung der Kohlensäure und der Einrichtung für den Umlauf der Atmungsluft. Hinzu kommen die Hilfsvorrichtungen, insbesondere der Atmungsack, die Kühlvorrichtung, das Manometer, die Verbindungsschläuche und die Sondereinrichtungen für Mund- oder Nasenatmung.

28. — **Die Sauerstoffbehälter und die Ausflußregelung.** Die zur Mitführung des Sauerstoffvorrates notwendigen Behälter sind Stahl-

[1]) Glückauf 1904, Nr. 42, S. 1332; Dräger: Neue Untersuchungen über die Erfordernisse eines zur Arbeit brauchbaren Rettungsapparates; ferner Kali 1916, Nr. 8, S. 122; nach einer Veröffentlichung von Dr. Haldane: Die Bedeutung des Sauerstoffs und der Kohlensäure für die Arbeit.

[2]) Rev. univ. d. min. 1877, 2. Série, S. 147—150; Habets: Moyens de prévenir les explosions de grisou etc.

flaschen, die auf einen Druck von 200 Atm. geprüft sind und deren Inhalt 1—2 l beträgt. Eine 1,8 l-Flasche z. B. faßt bei einem Drucke von 150 Atm. 270 l Sauerstoff, die nach Ziff. 26 für 2 Stunden voll ausreichen. Mehrfach hat man statt einer großen zwei kleine Flaschen gewählt. Die Flaschen werden durchweg auf dem Rücken des Mannes angebracht, und zwar in aufrechter oder liegender Stellung.

Die Regelung des Ausflusses geschieht meistens so, daß über ein Druckminderungsventil ständig die gleiche Sauerstoffmenge ausströmt. Der Träger ist also neben dieser Menge bei erhöhtem Atmungsbedarf allein auf den im Atmungsacke vorhandenen Sauerstoffvorrat angewiesen. Manche Geräte besitzen die Einrichtung, daß im Falle erhöhten Luftbedarfs der Träger durch Druck auf einen Knopf über eine Umgehungsleitung eine zusätzliche Menge Sauerstoff zum Zwecke sofortiger Wiederfüllung des etwa entleerten Atmungsackes ausströmen lassen kann. In solchem Falle kann der ständige Ausfluß von 2 l auf etwa 1,2 l minutlich herabgemindert werden. Bei einzelnen Geräten, mit denen eine ganz besondere Einfachheit erstrebt wird, hat man auf einen ständigen Ausfluß des Sauerstoffs sogar ganz verzichtet. Vielmehr läßt der Träger durch Druck auf einen Knopf jeweilig eine für die Füllung des Atmungsackes hinreichende Menge ausströmen, die, sobald sie verbraucht ist, wieder erneuert wird.

An Sauerstoff und damit auch an Gewicht der Sauerstoffflaschen läßt sich sparen, wenn man den Ausfluß durch den jeweiligen, unmittelbaren Atmungsbedarf des Trägers regeln läßt. Tatsächlich hat man auf mehrfachem Wege dieses Ziel zu erreichen versucht[1]) (s. Ziff. 34). Freilich erscheint es zweifelhaft, ob das Mittel, die doch immerhin nur geringen, durch die Atmung bewirkten Druckunterschiede für die Steuerung der Ausflußventile zu benutzen, im Dauerbetriebe sich bewähren wird. Außerdem hat sich gezeigt, daß die allzu sparsame Ausnutzung des Sauerstoffs, falls dieser nicht ganz besonders rein (etwa 99,5%) geliefert wird, allmählich zu gefährlichen Ansammlungen von Stickstoff in den Atmungsäcken führen kann. Bei den mit reichlichem Ausfluß des Sauerstoffs arbeitenden Geräten liegt diese Gefahr nicht vor, weil der das Gerät auf die eine oder andere Weise verlassende Luftüberschuß den Stickstoff in genügendem Maße mitspült.

29. — **Bindung der Kohlensäure.** Für die Beseitigung der Kohlensäure bedient man sich des Ätzkalis und Ätznatrons, die sich durch Aufnahme von Kohlensäure leicht in kohlensaures Kali (Pottasche) und kohlensaures Natron (Soda) umwandeln. Die Verbindung geht bei dem Ätzkali nach folgender Gleichung vor sich: $2\ KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$.

Man benutzt die Ätzalkalien entweder flüssig als Lauge oder in der Form von dünnen Stangen oder schließlich in der Form von Körnern. Die französischen Geräte arbeiten zumeist mit Lauge, die englischen mit Stangen, während die deutschen Geräte die Kornform gewählt haben. Der körnige Zustand verbindet den Vorteil der Handlichkeit mit demjenigen einer großen Angriffsfläche. Die Körner befinden sich in geschlossenen Behältern, den

[1]) Glückauf 1922, Nr. 9, S. 248 u. f.; Dr.-Ing. Dräger: Betrachtungen über die künftige Gestaltung des unabhängigen Atmungsgerätes für den Bergbau.

sog. Patronen, die in das Atmungsgerät eingesetzt werden. Auf diese Weise hat man den Vorteil, daß die Behälter in der Fabrik gefüllt werden, also eine stets gleich große Füllung erhalten, und daß ferner durch die Aufbewahrung unter Luftabschluß eine Verschlechterung der wirksamen Masse durch die Luft verhindert wird. Jede Patrone ist für eine bestimmte Benutzungsdauer berechnet, so daß man Halbstunden-, Einstunden-, Zweistunden- und Dreistunden-Geräte durch Einsetzung von entsprechend großen Patronen herstellen kann.

Ein Übelstand der Verwendung von festen Ätzalkalien ist der, daß sie im Laufe der Benutzung mehr und mehr feucht werden und schließlich eine Lauge entstehen lassen, welche die festen Stücke umgibt und ihre Zersetzung hindert. Einerseits wird nämlich bei dem chemischen Umsetzungsvorgang, wie sich aus der oben angeführten Gleichung ergibt, Wasser gebildet, anderseits sind die Ätzalkalien hygroskopisch, saugen also Feuchtigkeit aus der Atmungsluft auf. Man kann diesen Übelstand dadurch mildern, daß man der Füllung poröse Stoffe beigibt, wie z. B. Löschpapiereinlagen.

30. — **Der Umlauf der Atmungsluft.** In einzelnen Fällen verzichtet man auf einen eigentlichen Kreislauf der Atmungsluft und begnügt sich damit, daß diese aus dem Geräte herausgesaugt und wieder hinein geatmet wird. Man spricht in solchem Falle von Pendelatmung. Hierbei läßt sich nicht vermeiden, daß ein nicht unerheblicher Teil der ausgeatmeten Luft ungereinigt wieder eingeatmet wird.

Besser ist es, der Luft einen Umlauf zu geben, der die ausgeatmete Luft rasch vom Munde fortführt und die Rückkehr ebendorthin erst nach der Reinigung und aufgefrischt durch ausströmenden Sauerstoff gestattet. Der Kreislauf der Atmungsluft wird entweder durch eine Strahldüse bewerkstelligt (Strahldüsengeräte) oder aber durch die Lungenkraft des Trägers über ein Ein- und ein Ausatmungsventil in die Wege geleitet (Geräte ohne Strahldüse oder Lungenkraftgeräte).

Zwischen Strahldüse und Sauerstoffflasche ist ein Druckverminderungsventil geschaltet, das den Druck des ausströmenden Gases auf 7—8 Atm. unmittelbar vor der Strahldüse herabsetzt. Auf diese Weise wird nahezu während der ganzen Benutzungsdauer des Gerätes eine völlig gleichmäßige Gasausströmung erreicht.

Bei den Lungenkraftgeräten sind die Wege für die Atmungsluft etwas weiter gehalten, so daß der Luftstrom verhältnismäßig leicht und ohne größeren Widerstand umfließen kann. Ferner sind in der Nähe des Mundstückes leichte Glimmer-Ventile in die Ein- und Ausatmungsleitung geschaltet, die sich nur in der dem Luftstrom zu gebenden Richtung öffnen und so diesen leiten.

Strahldüsengeräte sind sowohl für die Helm- (Nasen-) als auch für die Mundatmung (s. Ziff. 32) geeignet. Lungenkraftgeräte sind ausschließlich für Mundatmung brauchbar, weil sie ein alsbaldiges Fortstoßen der verbrauchten Luft in den Ausatmungschlauch voraussetzen.

Man hat den Strahldüsengeräten vorgeworfen, daß bei ihnen ein Unterdruck im Geräte erzeugt und bei etwaigen Undichtigkeiten das Ansaugen giftiger Gase begünstigt wird. Sonderlich schwerwiegend erscheint dieses Bedenken nicht. Undichtigkeiten des Gerätes sind in jedem Falle gefährlich; auch läßt sich die Einrichtung so treffen, daß trotz der Strahldüse gegenüber

der Außenluft auf dem ganzen Wege des Kreislaufs Überdruck herrscht[1]). Bedenklicher ist, daß die sehr feine Strahldüsenöffnung sich leicht verstopfen und hierdurch den Träger in Gefahr bringen kann. Man bevorzugt aus diesem Grunde neuerdings mehrfach die Geräte ohne Strahldüse.

31. — **Hilfsvorrichtungen.** Der Atmungsack, der gewöhnlich aus gummiertem Stoff besteht, stellt in gefülltem Zustande dem Träger einen gewissen, sofort greifbaren Luftvorrat zur Verfügung und hilft ihm so über Augenblicke eines plötzlichen, erhöhten Luftbedarfs hinweg. Außerdem wird durch diesen Zwischenbehälter ein Ausgleich geschaffen und der Kreislauf der Luft verlangsamt, so daß sie Zeit erhält, eine gleichmäßige Beschaffenheit anzunehmen und sich etwas abzukühlen.

Dem letzteren Zwecke dient insbesondere die Kühlvorrichtung, die die infolge der chemischen Umsetzung und des Atmungsvorganges entstehende Wärme beseitigen soll. Dies geschieht dadurch, daß man die aus der Patrone kommende Luft auf einer möglichst großen Oberfläche der kühlenden Wirkung der äußeren Luft aussetzt.

Zur Überwachung des in den Sauerstoffflaschen allmählich abnehmenden Druckes ist ein Manometer unerläßlich. Es ist meist unmittelbar an den Flaschen auf dem Rücken des Trägers angebracht. Die Beobachtung muß durch einen zweiten Mann erfolgen. Es wird dies der Führer des mit Atmungsgeräten ausgerüsteten Trupps sein, da ja die Leute in der Regel in Gruppen (Ziff. 43) vorgehen. Bei manchen Vorrichtungen ist zwischen Manometer und Sauerstoffflasche ein Schlauch geschaltet, der gestattet, das Manometer auf der Brust im Sehbereiche des Mannes zu tragen.

Schläuche verbinden die einzelnen Teile des Atmungsgerätes miteinander. Lösbare Kuppelungen gestatten ein leichtes Zusammensetzen und bequemes An- und Ablegen des Gerätes.

Zum Auffangen des Speichels, der den Träger belästigen und, falls er bis in die Patrone gelangt, die Ätzkalikörner verflüssigen würde, ist gewöhnlich ein Speichelfänger, bestehend in einem senkrechten Stutzen, angebracht.

Das Gerät wird bisweilen noch durch eine Fernsprecheinrichtung vervollständigt.

32. — **Nasen- (Helm-) und Mundatmung.** Während man bei den Saugschlauchgeräten stets Mundatmung, bei den Druckschlauchgeräten gewöhnlich Nasenatmung anzuwenden pflegt, ist bei den Sauerstoffgeräten sowohl die Nasen- wie die Mundatmung gebräuchlich. Im ersteren Falle ergibt sich die Notwendigkeit, den Kopf des Mannes mit einem Helme zu umgeben, in den der von der Sauerstoffflasche und der Luftreinigung herführende Schlauch einmündet. Der Helm besteht in der Regel aus starkem Leder. Er muß mit Fenstern für die Augen versehen werden. Diese Öffnungen werden zweckmäßig durch Glimmer statt durch Glasscheiben geschlossen gehalten, da letztere bei der Bekämpfung von Bränden durch die strahlende Hitze zum Springen gebracht werden könnten. Die Reinigung der Fenster wird durch Wischer ermöglicht, die von außen betätigt werden. An das Gesicht wird der

[1]) Glückauf 1913, Nr. 39, S. 1600 u. f.; Dr.-Ing. Forstmann: Über Sauerstoff-Atmungsgeräte mit und ohne Injektoren; und ebenda, S. 1605 u. f.; Grahn: Neuerungen auf dem Gebiete der Sauerstoff-Atmungsgeräte usw.

Helm durch einen Gummiwulst oder einen aufzublasenden Gummischlauch, die sog. „Pneumatik", dicht angeschlossen.

Bei der Mundatmung wird der Doppelschlauch, der die frische Luft zu- und die ausgeatmete Luft ableitet, bis in den Mund des Trägers geführt und endet hier in einem „Mundstück", das durch entsprechende Ansätze zwischen Lippen und Zähnen festgehalten wird. Damit Atmung durch die Nase mit Sicherheit ausgeschlossen ist, muß diese gegen die äußere Atmosphäre verschlossen werden. Das geschieht entweder durch eine Klemmvorrichtung, die auf die Nase gesetzt wird, oder durch Stopfen, die in die Nasenlöcher hineingesteckt werden.

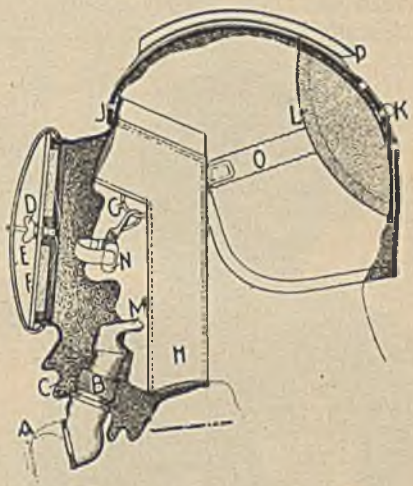


Abb. 683. Helm mit Mundstück für Geräte ohne Strahldüse.

Der Helm bietet den Vorteil, daß er dem Manne die gewohnte Atmung gestattet, ihm so ein Gefühl der Sicherheit gibt und ihm die Verständigung durch die Sprache mit seinen Kameraden noch eben ermöglicht. Anderseits belastet der Helm den Mann und schränkt sein Sehfeld und seine Bewegungsfreiheit ein, bewirkt auch eine stärkere Erwärmung der Kopfes, dessen Wärme nicht genügend ausstrahlen kann. Ferner wird die Ausspülung des Helmraumes durch den Luftkreislauf stets unvollkommen bleiben, so daß der Mann einen Teil der ausgeatmeten Luft wieder einatmen wird. Schließlich ist die Wirkung der Gesichtsabdichtung nicht in allen Fällen völlig sicher.

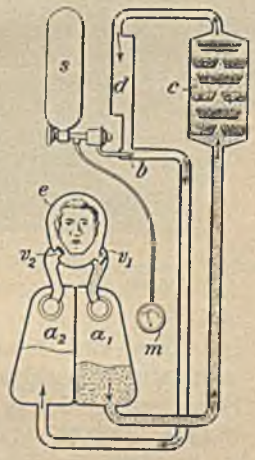


Abb. 684. Veranschaulichung der Wirkungsweise des Strahldüsengeräts des Drägerwerks.

Die Mundatmung wird deshalb insgesamt vorzuziehen sein. Hierbei ist für einen sicheren Nasenverschluß Sorge zu tragen, damit nicht durch die Nase schädliche Gase eingeatmet werden, die unter Umständen schon nach einigen Atemzügen zur Bewußtlosigkeit führen können. Um die Vorteile sowohl der Helm- wie der Mundatmung auszunutzen, hat man auch, wie Abb. 683 zeigt, ein Mundstück mit Nasenklemme in den Helm selbst eingebaut. Diese Anordnung wählt man insbesondere für Geräte ohne Strahldüse (s. Ziff. 30).

33. — Einzelne Ausführungsformen. Dräger-Geräte. Die verbreitetsten Geräte sind diejenigen des Drägerwerks in Lübeck. Abb. 684 veranschaulicht zunächst die Wirkungsweise des Strahldüsengeräts für Helmatmung. Die ausgeatmete Luft entweicht über das Ausatmungsventil v_1 zu der Ausatmungshälfte a_1 des

Atmungsackes und fließt von hier, angesaugt durch die Strahldüse *b*, durch die Kalipatrone *c*, wo sie von der Kohlensäure befreit, und durch den Kühler *d*, in dem ihre Temperatur herabgesetzt wird. Alsdann wird sie, vermischt mit frischem Sauerstoff, durch die Einatmungshälfte a_2 des Atmungsackes und über das Ventil v_2 wieder in den Helm *e* gedrückt.

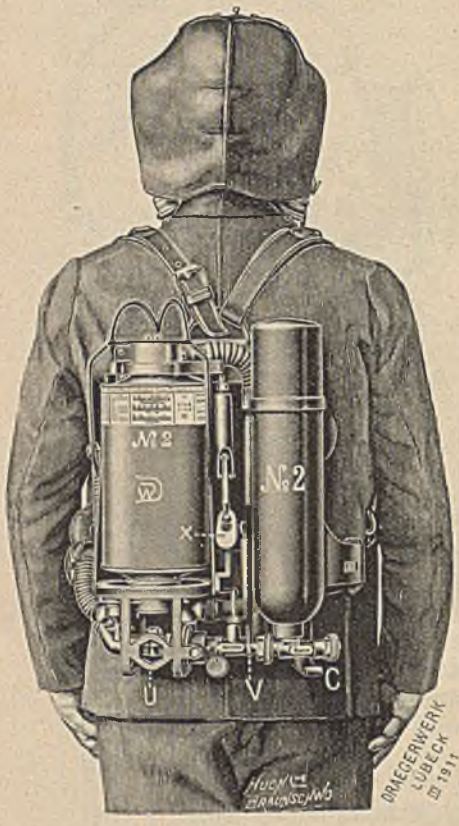


Abb. 685. Rückenansicht des Strahldüsengeräts des Drägerwerks.

Abb. 686. Vorderansicht des Strahldüsengeräts des Drägerwerks.

Der Helm wird durch einen mittels Gummiluftpumpe aufblasbaren Gesichts-Abdichtungschlauch am Kopfe abgedichtet. Das Gerät kann mit Fernsprecheinrichtung versehen werden. Das Gewicht ist insgesamt 18,6 kg. Die Abbildungen 685 und 686 zeigen die Ansicht des Geräts.

An Stelle der Helmatmung wird das Gerät auch mit Mundatmungseinrichtung geliefert. Die Arbeitsdauer beträgt zwei Stunden.

Von diesen Geräten stehen allein in Deutschland mehrere tausend im Gebrauch.

Von den Lungenkraftgeräten des Drägerwerks sei das sog. S.S.-Gerät (Sauerstoff-Schutzgerät) kurz beschrieben, bei dem nach dem oben Gesagten Mundatmung zur Anwendung kommen muß. Die ständige Sauerstoffaus-

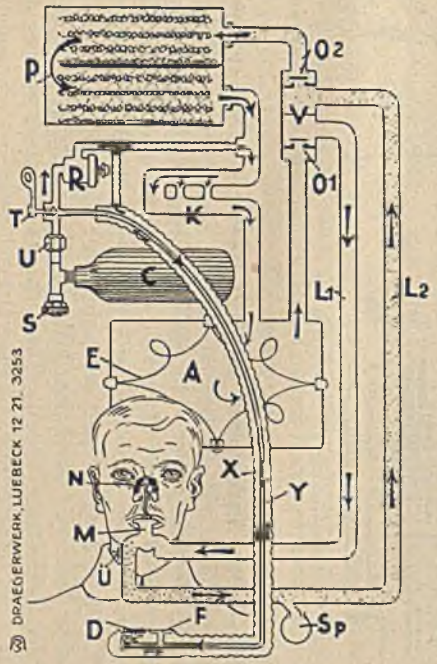


Abb. 687. Veranschaulichung der Wirkungsweise des S. S.-Geräts des Drägerwerks.

Abb. 688. Vorderansicht des S. S.-Geräts des Drägerwerks.

Abb. 689. Rückenansicht des S. S.-Geräts des Drägerwerks.

strömung beträgt 1,2 l minutlich. Sobald infolge schwerer Arbeit mehr Sauerstoff verbraucht und der Atmungsack leer wird, kann der Träger durch Druck auf einen Knopf eine zusätzliche Menge Sauerstoff aus der Vorratsflasche in den Atmungsack strömen lassen. Die Abbildungen 687 bis 689 zeigen die Wirkungsweise und zwei Ansichten des Geräts. Der Atmungsack hängt an der linken Körperseite herab. Druckmesser und Druckknopfventil liegen vorn am Leibgurt. Die Atmungschläuche, die für die Ein- und die Ausatmung getrennt vorhanden sind, werden unter dem linken Arm hindurch zum Rückengestell geführt. Ein Zweistundengerät wiegt 13,95 kg.

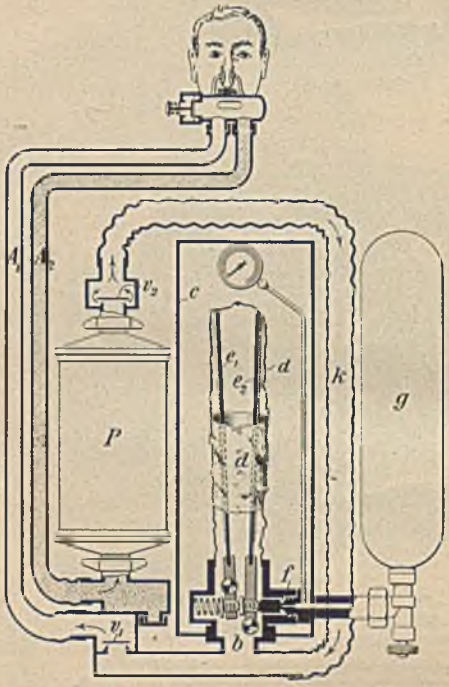


Abb. 690. Veranschaulichung der Wirkungsweise des Audosgeräts.

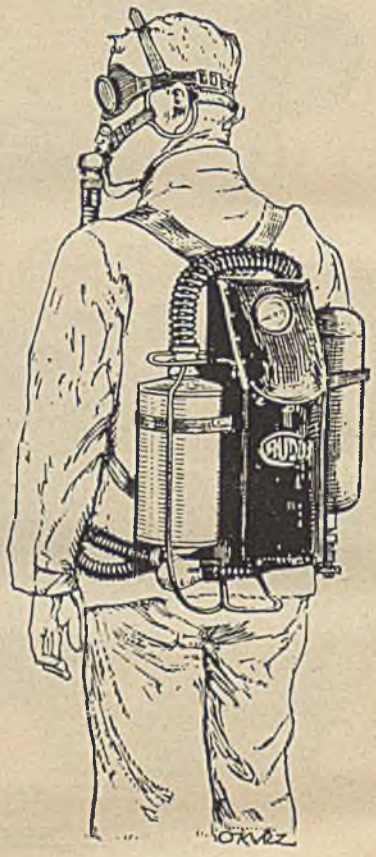


Abb. 691. Ansicht des Audosgeräts.

34. — **Das Audosgerät** der Hanseatischen Apparatebaugesellschaft zu Kiel will die Sauerstoffzufuhr durch den jeweiligen Atmungsbedarf des Trägers regeln. Abb. 690 veranschaulicht die Wirkungsweise und die Zusammenarbeit der Hauptteile. Eine Strahldüse ist nicht vorhanden, vielmehr wird der Kreislauf der Atmungsluft durch die Lungenkraft bewirkt. Die Leitung der Luft geschieht durch die Ventile v_1 und v_2. Die ausgeatmete Luft wird durch den Schlauch A_2 zur Patrone P geführt und hier von der Kohlensäure befreit. Die Luft streicht nicht wie bei den Drägergeräten über ausgebreitete Ätzkalikornlagen hinweg, sondern muß die losen, aus

Ätzkalikörnern, Löschpapierschnitzeln und Drahtsiebröllchen, die mit Ätzalkalien überkrustet sind, bestehenden Schichten wie ein Filter durchbrechen. Die erwärmte Luft wird durch ein Kühlrohr k zum Einatmungsschlauch A_1 geleitet. Am Ende des Kühlrohrs befindet sich ein Verbindungsrohr b, das zu dem im Kasten c untergebrachten Atmungsbeutel d führt. In diesen ragen die Steuerungshebel e_1 e_2 hinein, die je nach ihrer Stellung das Ausflußventil f der Sauerstoffflasche g betätigen. Bei großem Atmungsbedarfe fällt der weiche Atmungsbeute zusammen, die beiden Hebel e_1 e_2 klappen zusammen und öffnen hierbei das Verschlußventil f, so daß Sauerstoff ausströmt, während bei gefülltem Beutel sich das Ventil schließt. Über die Bewährung läßt sich ein gesichertes Urteil noch nicht abgeben.

Abb. 691 zeigt das Gerät in der Ansicht. Es wird für eine Benutzungsdauer von 1 oder 2 oder 3 Stunden geliefert und wiegt 11,7 oder 12,5 oder 13,8 kg[1]).

35. — Das Inhabadgerät[2]) der Inhabad G. m. b. H. zu Charlottenburg benutzt (Abb. 692) eine Sauerstoffflasche a von 1,6 l Inhalt, in der der Sauerstoff unter 150 Atm. Druck untergebracht ist, und eine Patrone b, in der die Atmungsluft im Zick-Zack-Wege über die einzelnen Lagen der Ätzalkalien streicht. Der ständige Sauerstoffausfluß beträgt 2 l, der Kreislauf wird durch die Lungenkraft bewirkt und durch ein Ein- und ein Ausatmungsventil v_1 v_2 geleitet. Bei vorübergehender außergewöhnlicher Anstrengung kann die Sauerstoffzufuhr durch Einstellen eines Umgehungsventils c erhöht werden. Das Gerät enthält keinen eigentlichen Atmungsack, sondern einen aus festem Blech bestehenden Atmungskasten d von 8 l Inhalt, in den als Regler ein mit der äußeren Luft über die Haube e in Verbindung stehender Beutel f aus feinem Gummistoff eingehängt ist. Dieser Beutel dient als Ausgleich für die Atmungstöße: bei starkem Atmungsbedarf füllt er sich unter Entleerung des Kastens; bei verminderter Atmung füllt sich der Kasten und der Beutel entleert sich. Auf diese Weise soll dem Nachteil der Verletzlichkeit des bisher üblichen Atmungsackes und der verminderten Fassungskraft bei mechanischer Druckwirkung vorgebeugt werden. h ist ein Abblaseventil. Die Schläuche g_1 g_2 des Gerätes sind, um sie tunlichst kurz halten zu können, über die Schultern des Trägers gelegt.

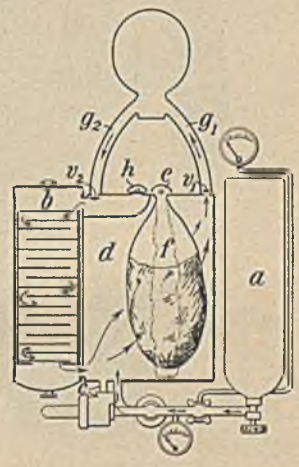


Abb. 692.
Veranschaulichung der Wirkungsweise des Inhabadgeräts.

Eine längere Bewährung des Geräts im Betriebe steht noch aus.

36. — Atmungsgeräte für kürzere Benutzungsdauer. Da man das Gewicht der Sauerstoffgeräte stets nach Möglichkeit herunterzudrücken bestrebt ist, so haben verschiedene Firmen außer den gewöhnlichen Vor-

[1]) Kali 1922, Nr. 5, S. 87 u. f.; Mühlefeld: Der neue Rettungsapparat Audos der Hanseatischen Apparatebaugesellschaft in Kiel.

[2]) Bergbau 1922, Nr. 31, S. 1123 u. f.: Grubenrettungswesen und Rettungsgeräte.

richtungen für möglichst lange Benutzungszeit auch solche für kürzere Zeiträume hergestellt, die dann entsprechend leichter sind und dem Träger eine freiere Bewegung gestatten. Derartige Vorrichtungen können z. B. Verwendung finden, wenn es sich um die eigene Rettung oder um die Bergung Verletzter aus geringen Entfernungen oder um Gewinnung eines möglichst schnellen, vorläufigen Überblicks über die Verhältnisse, z. B. Erkundung des Zustandes einer wichtigen Wettertür, einer Preßluftleitung, eines Sonderventilators u. dgl. handelt. Die meisten Hersteller von Atmungsvorrichtungen sehen für solche Zwecke besondere Geräte ihrer gewöhnlichen Bauart, jedoch mit entsprechend kleineren Sauerstoffflaschen und Reinigungspatronen oder auch mit nur je einer Flasche und einer Patrone vor.

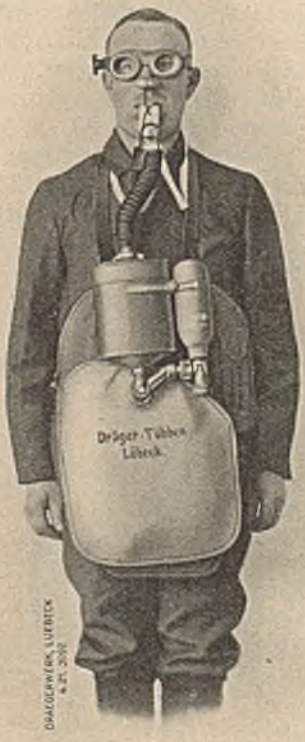


Abb. 693. Selbstretter Dräger-Tübben.

Das verbreitetste Gerät dieser Art ist wohl der Selbstretter Dräger-Tübben, der infolge einer Anregung des Professors Dr. Tübben zu Berlin geschaffen worden ist. Er soll dem Bergmann die Möglichkeit eines etwa halbstündigen Aufenthalts in unatembaren Gasen gewähren. Das Gerät besteht aus Mundstück mit Nasenklammer, Atmungschlauch, Kalipatrone, Atmungsack und Sauerstoffflasche (Abb. 693). Der Träger läßt durch jeweiliges Öffnen des Verschlußventils immer nur soviel Sauerstoff ausströmen, daß der Atmungsack gefüllt bleibt und keine Atemnot eintritt. Im Atmungschlauche liegen keine Ventile. Die Ausatmungsluft strömt durch den Atmungschlauch zur Kalipatrone, wird dort von der Kohlensäure befreit und bis in den Atmungsack gestoßen. Auf demselben Wege fließt die Luft bei der Einatmung wieder zurück (Pendelatmung). Das Gewicht des Geräts beträgt nur 4,8 kg.

d) Geräte mit chemisch gebundenem Sauerstoffvorrat (Pneumatogene).

37. — Grundgedanke dieser Geräte. Die Geräte enthalten den Vorrat an erforderlichem Sauerstoff in chemischen Verbindungen, d. h. in fester Form. Dieser Sauerstoff wird durch den Atmungsvorgang selbst frei.

so daß also in Wechselwirkung bei lebhafter Atmung viel und bei langsamer Atmung wenig Sauerstoff entwickelt wird. Als Sauerstoffträger benutzt man Kalium-Natrium-Superoxyd oder neuerdings auch ein besonders behandeltes Natrium-Superoxyd (Proxylen) allein. Aus dem Superoxyd entwickelt sich durch die Einwirkung der ausgeatmeten Kohlensäure und des Wasserdampfes Sauerstoff nach folgenden Gleichungen:

$$KNaO_3 + CO_2 = KNaCO_3 + O_2,$$
$$KNaO_3 + H_2O = NaOH + KOH + O_2.$$

Neben dieser Zersetzung geht noch folgende einher:

$$NaOH + KOH + CO_2 = NaKCO_3 + H_2O,$$

wobei eine Einwirkung von Kohlensäure auf die gebildete Kali- und Natronlauge eintritt: der dabei neugebildete Wasserdampf nimmt seinerseits auch wieder an der Wechselzersetzung teil.

Das Superoxyd muß in sorgfältig geschlossenen Behältern untergebracht werden, da es, wie die Zersetzungsgleichungen zeigen, durch Wasserdampf und Kohlensäure leicht angegriffen wird.

Das von Bamberger und Böck in Wien zuerst angegebene Atmungsgerät dieser Art erhielt den Namen „Pneumatogen“[1]). Die Herstellung und der Vertrieb dieser Geräte sind jedoch mittlerweile wieder aufgegeben worden.

Das Drägerwerk hat in letzter Zeit neue, Proxylen benutzende Geräte ausgearbeitet, jedoch noch nicht in größerem Umfange auf den Markt gebracht.

C. Allgemeine und vergleichende Ausführungen.

38. — Vergleich zwischen den Schlauch- und den Sauerstoffgeräten. Während die Schlauchgeräte nur in begrenzter Entfernung, aber mit unbeschränkter Benutzungsdauer gebraucht werden können, ist bei den Sauerstoffgeräten die Entfernungsmöglichkeit unbegrenzt, aber die Benutzungsdauer beschränkt. Freilich ist naturgemäß auch in letzterem Falle eine Begrenzung der Entfernung vorhanden, da diese ja von der Benutzungsdauer abhängt; sie tritt aber immerhin bedeutend weniger in die Erscheinung als bei den Schlauchgeräten. Mit diesem Unterschied ist von vornherein eine verschiedene Bewertung der Geräte für verschiedene Arbeiten gekennzeichnet. Schlauchgeräte können in allen solchen Fällen mit gutem Erfolg Verwendung finden, wo es sich um längere Arbeiten in matten oder bösen Wettern handelt, ein weites Vordringen in die mit diesen erfüllten Räume aber nicht erforderlich ist. Dahin gehören insbesondere Arbeiten, wie sie bei Grubenbränden erforderlich werden: Löschung des Brandes, Herstellung von Branddämmen u. dgl.

Die Sauerstoffgeräte dagegen eignen sich für solche Zwecke, bei denen ein Vorstoß auf größere Entfernungen erforderlich ist, aber nur Arbeiten von geringer Dauer auszuführen sind. Immerhin darf man die Leistungs-

[1]) Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwes. 1911, Nr. 5 und 6; Böck: Ein neuer Pneumatogenapparat „Modell 1910, Rückentype“; ferner Glückauf 1912, Nr. 9, S. 346; Grahn: Versuche mit dem Pneumatogen 1910.

fähigkeit der Geräte nicht überschätzen. Auch bei gutem Zustande der zu befahrenden Strecken wird man einen Verunglückten aus einer Entfernung über 1000 m nicht mehr heranschaffen können. Sind Brüche zu überwinden, so wird der Tätigkeitsbereich der vordringenden Mannschaften sich nicht über 500 m Entfernung erstrecken. Ganz besondere Schwierigkeiten bieten Arbeiten in steilen Grubenbauen. Man muß deshalb die den Rettungsmannschaften zu stellende Aufgabe eng beschränken, um nicht die Leute selbst in Gefahr zu bringen. Naturgemäß können Sauerstoffgeräte auch für den Verwendungsbereich der Schlauchgeräte in Betracht kommen, da sie ja auch in kurzen Entfernungen für länger dauernde Arbeiten benutzt werden können, indem man für eine genügende Anzahl von Ersatzleuten sorgt.

Im übrigen spricht zugunsten der Schlauchgeräte vor allen Dingen ihre Einfachheit und die dadurch bedingte große Betriebsicherheit. Die Ventile fallen fort; das Gewicht, mit dem die Leute belastet werden, ist geringfügig und ihre Bewegungsfreiheit an der Arbeitstelle selbst daher größer als bei den Sauerstoffgeräten. Dagegen ist die Bewegung zur Arbeitstelle und zurück infolge der Notwendigkeit, den Schlauch mitzuziehen, erheblich erschwert. Die Sauerstoffgeräte sind infolge ihrer verwickelteren Bauart in bedeutend höherem Maße allen möglichen Zufälligkeiten ausgesetzt und haben leider auch in vielen Fällen zu tödlichen Verunglückungen ihrer Träger geführt[1]). Bei der Herstellung der verschiedenen Schraubenanschlüsse vor Ingebrauchnahme können Unachtsamkeiten unterlaufen; das Handrad für die Regelung der Sauerstoffzufuhr kann sich lösen oder durch Stoß verbiegen, die Schläuche können reißen oder platzen, die Abdichtung des Rauchhelms gegen das Gesicht kann undicht, sein Fenster kann zerstört werden, die Ätzkalikörner können durch Erschütterungen oder durch Speichel zu Klumpen zusammengeballt und dadurch in ihrer Wirkung wesentlich beeinträchtigt werden usw. Diesen zahlreichen Angriffspunkten gegenüber haben die Schlauchgeräte, da der Blasebalg sehr betriebsicher ist, nur in dem Schlauche selbst eine gefährdete Stelle aufzuweisen. Dieser Schlauch ist allerdings die Lebensader des Trägers und kann ebenfalls gefährdet werden, z. B. durch Hängenbleiben an Vorsprüngen, durch Herabstürzen von Gesteinsmassen aus der Firste usw., wodurch der Schlauch zum Reißen gebracht oder zusammengedrückt werden kann. Erschwerend fällt dabei noch ins Gewicht, daß gerade bei den Arbeiten, bei denen man Atmungsgeräte in erster Linie zu Hilfe nimmt, also bei Bränden, Explosionen u. dgl., das Gebirge meistens mehr oder weniger in Mitleidenschaft gezogen wird und infolgedessen in erhöhtem Maße mit schon vorhandenen oder während der Arbeit eintretenden Brüchen gerechnet werden muß. Immerhin kann der Schlauch durch Einlegung einer Stahldrahtspirale sehr kräftig ausgeführt werden. Wesentlich ist, daß die Schläuche häufig geprüft und schadhaft oder brüchig gewordene ausgewechselt werden.

Ein großer Vorzug der Schlauchgeräte ist es, daß sie an die geistige Befähigung und besondere Schulung des Trägers bedeutend geringere Anforde-

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1914, S. 222 u. f.; Hagemann: Beiträge zum bergmännischen Rettungswesen; ferner ebenda 1919, S. 142 u. f.; Hatzfeld: Das Rettungswesen im preußischen Bergbau 1918.

rungen stellen als die Sauerstoffgeräte; man kann also bei der Auswahl der Leute bedeutend mehr auf Körperkraft und Ausdauer sehen als bei den letzteren Vorrichtungen.

39. — **Gemeinsame Verwendung beider Arten von Atmungsvorrichtungen.** Unter Umständen kann es zweckmäßig sein, in richtiger Ausnutzung der Vorzüge der beiden Gruppen von Vorrichtungen die Schlauch- und die Sauerstoffgeräte gleichzeitig zu verwenden. Solche Fälle liegen z. B. vor, wenn es sich um das Schlagen von Branddämmen oder um Löscharbeiten handelt. Man kann dann für die Zuführung von Baustoffen oder Beschaffung von Wasser, Gezähe u. dgl. die in ihrer Bewegungsfreiheit weniger gehinderten Leute mit Sauerstoffgeräten verwenden, während die an eine bestimmte Benutzungsdauer nicht gebundenen Leute mit den Schlauchvorrichtungen an Ort und Stelle verbleiben und die nötigen Arbeiten ausführen können, zumal sie ja auch wegen ihrer geringeren Beschwerung mit Gewichten zu diesen Arbeiten besser geeignet sind als die andern Leute.

40. — **Behandlung der Atmungsgeräte.** Damit die Atmungsvorrichtungen im Ernstfalle nicht versagen, sind sie sorgfältig in hellen, luftigen und trockenen Räumen zu lagern, regelmäßig zu prüfen und dauernd in bester Ordnung zu halten. Insbesondere muß vor jeder Benutzung eine achtsame Untersuchung stattfinden; dies gilt namentlich für die empfindlichen Sauerstoffgeräte.

Nachdem der Träger den Apparat angelegt hat, werden alle Anschlüsse auf ihre Dichtigkeit untersucht; ferner werden Ventile daraufhin geprüft, ob sie ordnungsmäßig arbeiten und leicht, aber nicht zu leicht, zu betätigen sind. Besonders wird auch die Saugfähigkeit der Strahldüse festgestellt, da diese eine nur äußerst feine Öffnung (ca. 0,5 mm) besitzt und infolgedessen der Gefahr der Verstopfung besonders ausgesetzt ist. Man stellt diese Saugfähigkeit zweckmäßig durch den Anschluß des Ausatmungschlauchs an einen Depressionsmesser fest, so daß man die Saugkraft in Zentimetern Wassersäule ermitteln kann. Diese Kraft beträgt bei den jetzt gebrauchten Geräten etwa 12—15 cm. Eine sorgfältige Prüfung verlangt auch der Helm bei diesen Atmungsgeräten, da Undichtigkeiten hier nicht nur zu Sauerstoffverlusten, sondern auch besonders zum Eindringen schädlicher Gase von außen her Anlaß geben und daher verhängnisvoll werden; es muß also die Abdichtung zwischen Helm und Gesicht sorgfältig untersucht und insbesondere auch der etwa verwendete, aufzublasende Gummischlauch auf seine Widerstandsfähigkeit geprüft werden, da sein Platzen gefährlich ist. Dagegen ist bei den Schlauchvorrichtungen ein dichter Anschluß des Helmes nicht von großer Bedeutung, weil in ihm stets ein Überdruck von frischer Luft vorhanden ist.

41. — **Füllung der Sauerstoffflaschen.** Die Füllung der in den Sauerstoffgeräten mitgeführten Sauerstofflaschen erfolgt aus großen Vorratsbehältern, die einen Fassungsraum von 10—40 l haben und auf einen Druck von 250 Atm. geprüft werden. An diese Flaschen werden die kleinen Flaschen mit Hilfe von Rohrverbindungen angeschlossen, um durch einfaches Überströmenlassen des Sauerstoffs gefüllt zu werden. Selbstverständlich kann der in der kleinen Flasche zu erzielende Druck nur dem Enddruck in der großen Flasche entsprechen. Um nun möglichst sparsam zu

arbeiten und in der kleinen Flasche einen hohen Druck zu erreichen, hält man mehrere große Flaschen mit verschiedenen Gasspannungen vorrätig. Man verbindet die kleine Flasche zunächst mit einer großen von bereits niedriger Spannung, sodann aufsteigend mit den Flaschen von höherer Spannung, so daß jede der großen Flaschen nur wenig von ihrem Drucke ver-

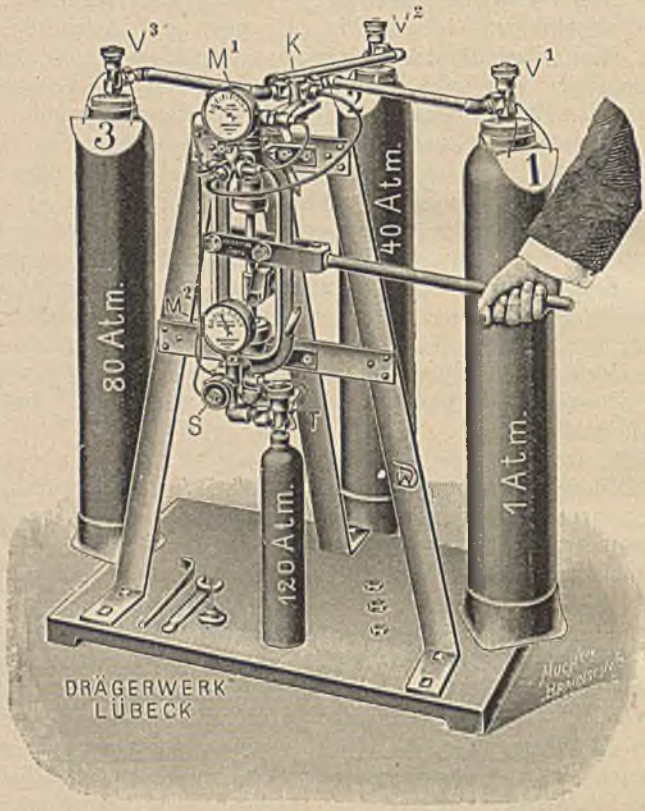


Abb. 694. Sauerstoff-Umfüllvorrichtung des Drägerwerks mit Hand-Druckpumpe.

liert. Da jedoch dieses Verfahren umständlich ist und eine größere Anzahl von Vorratsflaschen dauernd in Benutzung zu halten erfordert, so bedient man sich heute meist kleiner Druckpumpen, die von Hand oder durch einen Elektromotor bewegt werden und den Sauerstoff aus der Vorratsflasche in die angeschlossene Flasche hinüberdrücken. Allerdings treten hierbei Verluste durch Undichtigkeiten der Pumpenkolben ein. Auch bei der Verwendung solcher Pumpen jedoch ist es notwendig, wenn eine größere Anzahl von Sauerstoffflaschen gefüllt werden soll, wenigstens etwa drei Vorratsflaschen nacheinander anzuschließen, da die Überfüllpumparbeit um so leichter wird, je geringer der Druckunterschied auf beiden Seiten der Pumpe ist. Eine solche Anordnung nach der Bauart des Drägerwerks zeigt Abb. 694; es werden der Reihe nach die mit 1, 2 und 3 bezeichneten Vorratsflaschen,

die Sauerstoff z. B. unter 1, 40 und 80 Atm. Druck enthalten, an die Pumpe angeschlossen. Die Druckabnahme auf der einen und die Druckzunahme auf der andern Seite werden durch Manometer angezeigt.

Beim Umfüllen ist Vorsicht und insbesondere sorgsame Beobachtung der Druckmesser geboten, die keine plötzlichen Druckausschläge zeigen dürfen, andernfalls ein Zerspringen der Manometer oder der Verbindungen zu fürchten ist[1]).

42. — **Wiederbelebungsvorrichtungen.** Bei der Wiederbelebung Bewußtloser ist es in jedem Falle nützlich, Sauerstoff anzuwenden. Beim Fehlen anderer Hilfsmittel ist es immerhin zweckmäßig, vor den Atmungsorganen des Betäubten aus einer Sauerstoffflasche Sauerstoff ausströmen zu lassen, um ihm so eine mit diesem Lebensgase angereicherte Luft zuzuführen. Man setzt dies insbesondere dann fort, wenn man künstliche Atmung anzuwenden gezwungen ist. Die belebende Wirkung des Sauerstoffs wird in einem schnelleren Wiederzusichkommen des Bewußtlosen sich geltend machen.

Ein vollkommeneres und sparsameres Mittel, dem Bewußtlosen bei der Atmung Sauerstoff zuzuführen, bieten die sog. Sauerstoffkoffer oder Sauerstofftaschen. Sie sind so eingerichtet, daß sie von den Rettungsmannschaften in der Hand oder umgehängt an einem Riemen bequem getragen und mitgenommen werden können. Sie enthalten zunächst eine mit einem Manometer versehene Sauerstoffflasche von etwa 1 l Inhalt, die mit 120—150 Atm. Druck gefüllt ist. Aus der Flasche fließt der Sauerstoff über ein Druckverminderungsventil durch einen Schlauch in einen Vorratsbeutel und zu einer kleinen Atmungsmaske, die Nase und Mund des Bewußtlosen überdeckt. Die Ausflußmenge des Sauerstoffs ist in der Regel auf 3—5 l minutlich eingestellt, so daß die Benutzungsdauer reichlich eine halbe Stunde beträgt. An der Maske befinden sich zwei Ventilchen, von denen das eine als Rückschlagventil verhindert, daß die Ausatmungsluft in den Schlauch und den Vorratsbeutel zurückströmt, während das andere die Ausatmungsluft ins Freie entweichen läßt, aber in der Verschlußstellung das Einströmen der äußern Luft in die Maske verhindert. Bereits bei der Rettung Bewußtloser aus unatembaren Gasen kann man dem zu bergenden Manne die Maske vor das Gesicht schnallen, damit er schon während des Herausschaffens ungefährliche Luft zu atmen in der Lage ist.

Der Inhabad-Wiederbeleber soll die für Durchführung der künstlichen Atmung erforderliche Tätigkeit des Bedienungsmannes erleichtern und besteht aus einem Brette, auf das der Bewußtlose gelegt wird, und einer damit verbundenen hebelartigen Armstreckvorrichtung mit Bauchgurt. Auch schwächliche Personen können mit Hilfe dieser Vorrichtung die künstliche Beatmung eines Verunglückten längere Zeit durchführen. Das Gerät wird mit und ohne Sauerstoffzuführung geliefert.

Noch einen Schritt weiter gehen die Wiederbelebungsvorrichtungen von Dr. Brat und der sog. „Pulmotor" des Drägerwerks. In beiden Fällen wird abwechselnd durch die Wirkung einer Strahldüse Sauerstoff mit einem

[1]) Glückauf 1920, Nr. 46, S. 930 u. f.; Leidenroth: Fragen aus dem Gebiete des Grubenrettungswesens.

gewissen Überdrucke in die Lunge geblasen und, sobald diese gefüllt ist, mittels derselben Einrichtung nach Umstellen eines Hebels wieder herausgesaugt. Bei der Vorrichtung nach Dr. Brat geschieht das Umstellen des Hebels von Hand, bei der des Drägerwerks selbsttätig, nachdem der Überdruck bzw. die Saugwirkung eine gewisse Größe erreicht hat. Die genannten Geräte haben sich in vielen Fällen bewährt[1]). Jedoch wird neuerdings der Einwand erhoben, daß der in der Lunge künstlich erzeugte Über- und Unterdruck schädliche Wirkungen auf die Herztätigkeit des Betäubten habe und daß deshalb die gewöhnliche, durch Armbewegungen und Druck auf den Unterleib herbeigeführte künstliche Atmung vorzuziehen sei. Ärztliche Untersuchungen zur Klarstellung dieser Bedenken sind auf Veranlassung der Knappschaftsberufsgenossenschaft im Gange.

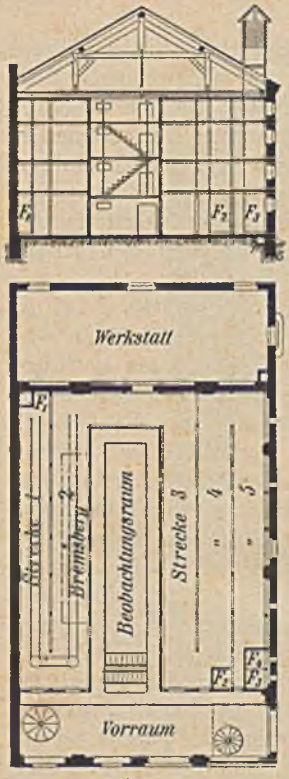


Abb. 695. Übungshaus der Hauptstelle für Grubenrettungswesen in Essen.

43. — Rettungstruppen. Für die Arbeiten mit den Sauerstoffgeräten müssen im voraus eingeübte Mannschaften vorhanden sein, deren Sicherheit im Gebrauche der Geräte in immer wiederholten Übungen aufrechterhalten werden muß. Je mehr und je besser ausgebildete Leute vorhanden sind, um so eher kann man darauf rechnen, daß im Ernstfalle der Zweck der in raucherfüllten Räumen vorzunehmenden Arbeiten erreicht wird. Für die Übungszwecke pflegt man besondere, den unterirdischen Grubenstrecken nachgebildete Räume, die sich mit Rauch und Qualm erfüllen lassen, herzurichten.

Die Arbeitsräume ordnet man zweckmäßig so an, daß sie hufeisenförmig um einen Beobachtungsraum herum sich erstrecken und von diesem durch Fenster überwacht werden können. Abb. 695 zeigt als Beispiel im Grundriß und Querschnitt das Übungshaus der Hauptstelle für das Grubenrettungswesen in Essen[2]), das vier übereinander befindliche Sohlen von gleicher grundrißlicher Einteilung besitzt. Auf der einen Längsseite des Beobachtungsraumes befinden sich zwei, auf der andern drei Strecken 1—5, die, da die Innenwände aus einfachen Latten gebildet sind, sämtlich vom Beobachtungsraume überblickt werden können. Die Streckenhöhe auf den einzelnen Sohlen ist 1,9, 1,3, 1,5 und 0,9 m, die Streckenlänge auf jeder Sohle insgesamt 75 m. Die einzelnen Sohlen sind durch Fahrschächte F_1, F_3, F_4 und einen Förderschacht F_2 miteinander verbunden.

[1]) S. Anm. [1]) auf S. 641; ferner Glückauf 1920, Nr. 49, S. 1000 u. f.; Dr.-Ing. Forstmann: Erfahrungen bei der Wiederbelebung Betäubter.

[2]) Glückauf 1922, Nr. 7, S. 185 u. f.; Dr.-Ing. Forstmann: Die Hauptstelle für das Grubenrettungswesen usw.

Vor allen Dingen ist für den Ernstfall anzuraten, die mit Atmungsgeräten ausgerüsteten Mannschaften nicht einzeln auszuschicken, sondern in Gruppen von 4—5 Mann gehen zu lasen, damit die Leute sich im Falle des Versagens des einen oder anderen Geräts gegenseitig helfen können. Außerdem ist nach Möglichkeit dafür zu sorgen, daß jede Gruppe von einem Führer begleitet wird, der, während die anderen mit ihren im Rahmen des Rettungsplanes liegenden Arbeiten beschäftigt sind, die ordnungsmäßige Wirkung der einzelnen Vorrichtungen beobachtet und durch Ablesen der Druckmesser den noch zur Verfügung stehenden Sauerstoffvorrat bei allen Leuten ständig überwacht.

44. — Zentralstellen. Wegen der Kosten, die die Beschaffung, Aufbewahrung und Instandhaltung der Atmungsgeräte verursacht, und wegen der großen Bedeutung, die eine mit ihrer Behandlung durch dauernde Übung vertraute Mannschaft hat, sind für größere Bergwerksbezirke Stellen eingerichtet worden, an denen eine reichliche Anzahl von Geräten nebst der zugehörigen Übungsmannschaft in Bereitschaft gehalten werden. Solche Zentralstellen sind z. B. diejenige für Oberschlesien in Beuthen und für den Aachener Bergbaubezirk auf Grube Maria. Außerdem wird aber meist noch auf jeder größeren Schachtanlage eine Anzahl von Atmungsgeräten in Bereitschaft gehalten und ebenso eine Rettungstruppe gebildet, die mit den Verhältnissen der Grube vertraut ist und nötigenfalls schnell zur Verfügung steht.

Für den westfälischen Bergbaubezirk ist gegenseitige Hilfeleistung der Zechen jetzt durch eine bei dem Bergbauverein zu Essen errichtete Hauptstelle (s. auch Ziff. 43) geregelt. Diese Stelle bestimmt, auf welche benachbarten Schachtanlagen die betroffene Zeche im Falle der Not zurückzugreifen hat, um sofort Hilfe zu finden. Von der Hauptstelle aus werden auch die Bestände und die Übungen der einzelnen Zechen dauernd überwacht.

45. — Unterirdische Rettungs- und Sicherheitskammern. Bei größeren Unglücksfällen ist des öftern die Beobachtung gemacht worden, daß Leute, die sich in Sackstrecken geflüchtet und diese abgesperrt hatten, unverletzt geblieben sind. Man hat daher vorgeschlagen[1]), solche Zufluchtsräume als Rettungskammern künstlich herzustellen. Sie würden dann als Abzweigungen von Grund-, Teilsohlen- und Wetterstrecken sowie von Querschlägen zu denken sein und möglichst in der Nähe von Bremsbergen angeordnet werden, um durch die Fahreinrichtungen der Bremsberge möglichst schnell zugänglich zu sein. Man wird für solche Strecken ferner eine genügende Größe vorsehen müssen, um eine größere Anzahl Leute in ihnen aufnehmen zu können. Weitere Erfordernisse sind: Verschließbarkeit durch eine starke Tür, die am besten noch mit einem besonderen Holzschutz versehen wird, sowie die Möglichkeit einer Bewetterung und Anschluß an die Preßluftleitung. Der letztere wird allerdings in vielen Fällen nutzlos sein, weil die Preßluftleitung durch Explosionen oder durch herabstürzende Gesteinsmassen zerstört werden kann. Doch ist immerhin die Möglichkeit gegeben, daß wenigstens das zum Kompressor führende Haupt-Luftrohr noch

[1]) Glückauf 1907, Nr. 24, S. 746; Neff: Einrichtung von Zufluchtsräumen zur Rettung gefährdeter Bergleute.

unverletzt geblieben ist. Weiterhin können in solchen Kammern Sauerstoffflaschen und Atmungsgeräte sowie Sauerstoffbeutel zur Wiederbelebung Bewußtloser aufbewahrt werden. Außerdem müßte für eine ausreichende Beleuchtung durch elektrisches Licht oder durch Sicherheitslampen gesorgt werden.

Ob freilich die Anlage- und Unterhaltungskosten solcher Rettungskammern in einem angemessenen Verhältnis zu dem tatsächlichen Nutzen stehen werden, muß für die meisten Gruben fraglich bleiben. Wahrscheinlich wird man sich nur für ganz ausnahmsweise gefährliche Gruben zu so weitgehenden Maßnahmen entschließen, da für Gruben mit den durchschnittlichen Gefahrverhältnissen auf die tatsächliche Benutzung der Rettungskammern selbst im Laufe von Jahrzehnten nicht zu rechnen ist. Und selbst wenn eine Explosion eintritt, dürfte es zumeist den in Rauch, Qualm und unatembare Luft eingehüllten Menschen kaum gelingen, den Zufluchtsort zu erreichen.

Eine im Zwecke und in der Einrichtung den Rettungskammern ähnliche, in der Anwendung freilich verschiedene Sicherheitsvorkehrung sind die Sicherheitskammern. Während jene nur im Falle der eingetretenen Gefahr, also nach Eintritt einer Grubenexplosion aufgesucht werden sollen, dienen diese der bereits vor Eintritt der Gefahr verringerten Belegschaft während des gefährlichen Augenblicks, z. B. des Wegtuns der Schüsse, als sicherer Aufenthalt. Von diesem Mittel hat man namentlich auf solchen Gruben Gebrauch gemacht, die, wie z. B. die Kalisalzgruben im Werragebiete[1]) oder die niederschlesischen Steinkohlenbergwerke[2]) oder die französischen Kohlengruben des Plateau Central[3]), unter plötzlichen Kohlensäureausbrüchen leiden. Da solche Ausbrüche nur während des Schießens auftreten, wird zwischen den Schichten geschossen, nachdem die Hauptbelegschaft die Grube verlassen und die in der Grube verbleibende Schießmannschaft sich in die Sicherheitskammer begeben hat. Sicherheitskammern zu diesem Zwecke haben sich mehrfach bewährt[4]) und sind deshalb für eine Anzahl von Kalisalzgruben bergpolizeilich vorgeschrieben. Dagegen steht die Bergbehörde den oben erwähnten Rettungskammern gegenüber mehr auf dem Standpunkte, daß ihre Anlage vielleicht zu empfehlen, aber nicht zu fordern sei.

---

[1]) Kali 1912, Nr. 6, S. 125 u. f.; Beck: Über Kohlensäureausbrüche im Werragebiete usw.

[2]) Zeitschr. f. d Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1914, Heft 2, S. 1 u. f.; Werne u. Thiel: Kohlensäureausbrüche beim Steinkohlenbergbau in Niederschlesien usw.

[3]) Verh. d. Intern. Kongr. f. Bergbau usw., Düsseldorf 1910, Abt. Bergbau, S. 129 u. f.; Loiret: Les dégagements instantanés etc.

[4]) Glückauf 1910, Nr. 52, S. 2052 u. f.; Hagemann: Beiträge zur Geschichte des bergmännischen Rettungswesens; vgl. ferner Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hütt.-Wes. 1885, Nr 33, S. 491 u. f.; Schneider: Über Kohlenstaubexplosionen.

Sach- und Namenverzeichnis.

Abbauförderung 296 u. f.
— mit Haspeln 320. 321.
Abbaustrecken 111. 112.
Abbinden bei Zement 86.
Abdämmung von Bränden 615 u. f.
Abfallholz 27. 29.
Abfallwasser 570. 571.
Abfertigung der Fördergestelle 499 u. f
Ablaufberg 357.
Abloten des Schachtes 169.
Absatzweises Gefrieren 273 u. f.
Abteufarbeit im „toten" Wasser 205 u. f.
Abteufen im schwimmenden Gebirge 187.
Abteuffördergerüst 170. 171.
Abteufförderkübel 172.
Abteufpumpen 602 u. f.
Abteufverfahren, Überblick 164.
Abtreibearbeit 187.
Abtreibepfähle 188.
Abtreibezimmerung 57 u. f.
Abzugbühnen bei der Schachtförderung 501 u. f.
Achsen von Förderwagen 327 u. f.
Ackermann 10.
Adlerkaliwerke 279.
Adolfschacht, Steinkohlengrube 207. 214.
Adolfsglück, Kalisalzwerk 236.
Aerolith 624.
Ahrend, W., Nachf. 402.
Akazienholz 15. 17. 18.
Akkumulator-Lokomotiven 391. 392. 398. 399. 403. 404. 415.
Akustische Signale 547 u. f.
Alaunverfahren bei Grubenbränden 615.
Albert 464.
— -Schlag 468.
Albrecht 224.
Alby 260.
Alkohol als Kälteflüssigkeit 257.
Allgemeine Elektr.-Gesellsch. 397. 398.
Allgem. Tiefbohr- u. Schachtb.-A.-G. 288.
Aloeseile 464. 474. 475. 479.
Altena, Treibscheibenförderung 525.
„Altes Machwerk" 468.
Alvensleben 396.
Ambronn 289.
Ammoniak als Kälteerzeuger 255.
Anfahrwiderstand 354.
„Anfall" 31.
Angespitzte Stempel beim Eisenausbau 74.
Anna, Steinkohlengrube 202.
Anpfahl 31. 32. 34. 36.
Anschläge für Bremsberge 427.
Anschlagspunkte bei Seilförderungen 381. 382.
Anschlußarbeiten bei Senkschächten 215 u. f.
Anschlußbühnen an Schächten 498. 499.
Anspitzen der Stempel 32 u. f.
Ansteckarbeit 164. 187 u. f. 292.
Anstrich von Hölzern 23. 26.
Antrieb von Streckenförderungen 367 u. f. 385. 386.
Archibald, Braunkohlengrube 246.
Artesischer Brunnen 560.
Atmosphärische Niederschläge 557.
Atmungsgeräte 619 u. f.
Atmungsmasken 620.
Audosgerät 634.
Aufbrüche beim Schachtabteufen 182.
Aufgleisvorrichtungen 346. 347.
Auflegen von Förderseilen 477. 478.
Aufschiebevorrichtungen 505. 506.
Aufsetzen, hartes, der Förderkörbe 540 u. f.
Aufsetzvorrichtungen 495 u. f. 540.
Auftriebförderung 528.
Aufwärtsförderung unter Tage 442 u. f.
Aufwältigungsarbeiten 58.
Auguste Viktoria, Steinkohlengrube 271.
Ausbau 1 u. f., s. auch Grubenausbau.

Ausbau, Ausführung 15 u. f.
— einfacher 14.
— im Abbau 12. 14.
— — Pressungsgebiet 98.
— in Beton 98 u. f.
— — Eisen 66 u. f.
— — Holz 15 u. f.
— — Stein 81 u. f.
— — — Beurteilung und Vergleiche 108 u. f.
— mit Vortreiben 57.
— — Wärmeschutz 2.
— nachgiebiger 12. 38. 96. 97. 98.
— starrer 12.
Ausbaustoffe 13.
Ausbau, verlorener 13. 14. 95.
— von Füllörtern 93. 95. 97. 104. 107. 108. 109.
— — Maschinenkammern 95. 105. 107. 109.
— — Pferdeställen 109.
— voreilender 14. 57 u. f.
— Vorsichtsmaßregeln 112. 113. 114.
— wasserdichter 2.
— zusammengesetzter 14.
Ausbringen bei Beton 99.
Ausführungsignale 549.
Ausgleichung des Seilgewichts 514 u. f.
Auspuff bei Brennstofflokomotiven 392.
Ausweichstellen 349. 424.
Axmann, Drehkolbenhaspel 443 u. f.

Baaker Mulde, Steinkohlengrube 185.
Backenbremsen 431.
Baggerlöffel 230.
Balmhöfe bei der Lokomotivförderung 408 u. f.
Bahnstempel 48. 49. 52. 54.
Baldur, Steinkohlengrube 274.
Bamberger 637.
Bandbremsen 431. 432.
Bandförderer 300.
Bandseile 466. 515. 520.
Bansen 322. 385. 459. 529.
Basalt 3. 82.
„Basilit“ (Tränksalz) 25.
Baufeld, Einteilung 111. 112.
Baum 461.
Baumann 522. 523.
— Seilklemme 487.
— Sicherheitsvorrichtung 544. 545.
Becherwerks-Schachtförderung 527.
Beck 644.
Beckmann 398.
Bedienung der Fördergestelle 499 u. f.
Beeringen (Schacht in Belgien) 263.
Behr 526.
Beien, Aufsetzvorrichtung 497.
— Förderhaspel 447. 449.
— Kippvorrichtung 336. 337.
— Seilhaspel 369.
Beil 213.
Benzin für Lokomotiven 392.
Benzollokomotiven 390 u. f. 403. 404. 415.
Berg 342. 557.
Bergeförderung 306.
— in Bremsbergen 434. 437 u. f.
— mit Schüttelrutschen 303. 317. 318. 319.
— — Wagen 334 u. f.
Bergekasten 35. 36. 42.
Bergemauern 55. 56. 82. 89. 96.
Bergewirtschaft bei Lokomotivförderung 405.
Berggewerkschaftskasse, Westfäl. 473. 479.
Bergische Stahlindustrie 330.
Bergschüsse 6.
Berrendorf, Fangvorrichtung 450.
Beschleunigungsmesser 476. 477. 535.
Best, Schubriegel 457.
— Schwenkbühne 426.
Betätigung der Wagenförderung 359 u. f.
Beton, armierter 98.
Betonausbau 13. 81. 98 u. f.
Beton, Beurteilung 109. 110.
Betonformsteine für Schächte 135.
Beton für Schachtausbau 133 u. f.
Betonieren der Bohrschachtwandung 238.
Betonkies 99.
Betonmischungen 98. 99. 100.
Betonpfropfen 204.
Betonsenkschächte 198. 200 u. f.
Bewegungsvorgang bei Schüttelrutschen 301.
Bewegungswiderstände bei Förderwagen 353 u. f.
Beyling 392.
Biegungszahlen für Seildrähte 473.
Binderverband 88.
Bismarckshall, Kalisalzwerk 279.
„Blätter“ 9.
Blanchet, Schachtförderung 528.
„Blatt“ (bei Türstockzimmerung) 39.
Blechschmidt, Bremsschachtverschluß 457. 458.
Blockverband 88.

Bobinen 466. 552. 519. 520.
Bochumer Eisenhütte 567.
Bock, englischer 553. 554.
Bockrutschen 303.
Bockstempel 35.
Bockweichen 349.
Böck 637.
Boecker, Seilmuffe 379.
Böhm 398.
Böllhoff 342.
„Bolzen" 31.
Bolzenausbau 14.
Bolzen bei der Türstockzimmerung 44.
Bolzenschrotzimmerung 118.
Borsig, Lokomotiven 400. 401.
Borussia, Steinkohlengrube 608.
Brände im alten Mann 609.
— über und unter Tage 607 u. f.
Branddämme 615 u. f.
Brandgase 618 u. f.
Brandgasexplosionen 615. 618 u. f.
Brandt 555.
Brandtüren 617.
Brassert, Steinkohlengrube 275. 276.
Bratscher Wiederbeleber 641. 642.
Braun 365.
Braunkohlenbergbau, Förderung 296. 297. 389.
Braunkohlenbruchbau 31. 34.
Brauns 611.
Braunsteiner 220.
Breilscher Ausbau, 106 u. f. 110. 111. 137. 140 u. f. 162.
— sche Schacht-Stopfbüchse 141.
Breitflanschgußringe 159
Bremsberge, Anschläge 411. 427. 428.
— Ausgestaltung 423 u. f.
— Betrieb 428 u. f.
— Gegengewicht 433. 435.
— Gestell- 419. 424. 425.
— Kraftüberschuß 423.
— mit Lastförderung 437 u. f.
— — Seil ohne Ende 421. 422.
— Sicherheitsverschlüsse 451 u. f.
— Wagen- 424. 425. 428.
— Zwischenanschläge 425 u. f.
Bremsbergförderseile 468. 469.
Bremsbergförderung 416 u. f.
— mit Schüttelrutschen 306. 322.
— Zugkraft 355. 356.
Bremsen bei der Schachtförderung 501. 502. 503. 542. 543. 544.
Bremsförderung, Sicherheitsvorrichtungen 449 u. f.
Bremsgestelle 424 u. f.
— doppelte 434. 435. 438.
Bremsschachtförderung 435 u. f.
Bremsschächte, Kraftüberschuß 436. 437.
— mit Lastförderung 437 u. f.
Bremsscheiben 429. 430. 437.
Bremsweg bei Fangvorrichtungen 533.
Bremswerk 428 u. f.
Brennstoff-Lokomotiven 390 u.f. 403. 404. 415.
— Leistungen und Kosten 394.
Breyre 220. 224. 269.
Briartsche Führung 492. 493.
Brucherscheinungen 4 u. f.
Bruchgefahr bei Förderseilen 479. 480.
Bruchausen 291.
Bruchsteinmauerwerk 82.
Brücher 614.
Brunnenbusch 396.
Brzescze, Steinkohlengrube 271.
Buckau, Masch.-Fabr., Becherwerksförderung 527.
Buderussche Eisenwerke 568.
Bühnen für Schachtmauerung 128 u. f.
Bütow 402. 414.
Buhle 461.
Buntsandstein 562.
Bußmann 341.
Butte, Kübelförderung 463.

Cabolet 461, 462.
Camphausen, Steinkohlengrube 519. 555.
Carnallit 3.
Carlshütte 311.
Carlstollen 384. 569.
Centrum, Steinkohlengrube 579. 580.
Chastelainsche Formel 156.
Chaudron 224.
Chlorkalziumlauge 257.
Chlormagnesiumlauge 257.
Cleophasgrube, Steinkohlenbergwerk 608.
Clermont 206.
Comstockgang (Nordamerika) 560.
Concordia (O.-S.), Steinkohlengrube 513.
Consolidation, Steinkohlengrube 49. 120. 194. 510.
Constantin d. Große, Steinkohlengrube 107. 108. 142. 510.
Cook 526.
Courrières, Steinkohlengrube 65.
Crämer, Auffangvorrichtung für Förderkörbe 541. 542.
Cremer, Dr. 6.

Cruscophenol 22.
Cséti v. Verbó, Schachtförderung 527.
Czaplinski 535.

Damm 555.
Dammtore 565 u. f.
Dampfbremse bei Fördermaschinen 542 543. 544.
Dampfwasserhaltung 579.
Dannenbaum, Steinkohlengrube 185.
Degueldre 230.
Demanet 343. 521.
Demeure 227.
Deutsche Bergbaumaschinen-A.-G. 313.
Deutsche Gußringe 143. 154.
Deutsche Maschinenfabrik, Aufschiebevorrichtung 507. 508.
— — Lokomotiven 400.
— — Seileinband 485. 486. 487.
— — Unterseilaufhängung 516.
Deutscher Kaiser, Steinkohlengrube 196. 232.
Deutscher Türstock 38. 39.
Deutsches Gestänge 339.
Deutsche Solvaywerke 263. 274. 275.
Deutsche Telephonwerke 550.
Deutz, Gasmotorenfabrik 392. 393. 394.
Diabas 3. 5.
Diergardt, Steinkohlengrube 220. 222. 232. 244.
Differentialpumpe 579.
Differentialtrommeln in Bremsbergen 439.
Dinnendahlsche Sternrollen 376. 377.
Dittmarsch 59. 73.
Diviš 465.
Dobbelstein 20. 402. 414.
— Preßluft-Auftriebförderung 528.
Domke 262.
Donnersmarckhütte 513.
Doppelgestelle in Bremsbergen 434. 435. 438.
Doppelknoten bei Seilförderungen 381.
Doppelter Keilkranz 146.
Doppeltwirkende Pumpe 574. 578.
Dräger, Dr.-Ing. 628.
— H. 627.
Drägerolith 624. 625.
Drägerwerk 622. 624. 631. 632. 633. 636. 640. 641. 642.
Drahtseilbahnen im Abbau 299.
Drahtseile 464 u. f.
Drehbühnen in Bremsbergen 426.
Drehkolbenhaspel 443. 444.
Drehriegel 456.
Drehscheiben 348.
Drehschranken an Bremsbergen 426. 427. 452 u. f.
Dreikantlitzige Seile 469.
Drekopf, Dr. 264.
Dreyer 26.
Drobniak 271.
Drosselklappe bei Fördermaschinen 545, 546.
Droste 326.
— Zwischengeschirr 489.
Druckerscheinungen, Verhütung 111. 112.
Druckfestigkeiten bei Beton 99. 100.
— — Mauerwerk 83.
— gefrorenen Gebirges 259.
Drucklagen 7.
Druckluft s. Preßluft.
Druckpressen für Senkkörper 210. 211.
Druckpumpen 574 u. f. 602.
Druckring 213.
Druckschlauchgeräte 620 u. f.
Dümpelmann, Elektrowerk 395.
Düsseldorfer Metallwerke 342.
Dütting 15. 18.
Duplexpumpen 581 u. f. 603.
Dynamometerwagen 358.

Ebeling 290.
Eckert 616.
Eckführungen in Schächten 490. 491.
Edeltanne 15. 18.
Édouard-Agache, Steinkohlengrube 284. 286.
Eduardschacht, Steinkohlengrube 214
Ehrhardt u. Sehmer 585.
Ehring, Verriegelung von Bremsgestellen 448.
Eiche 15. 16. 17. 18. 30.
Eichenholzausbau 49.
Eichler 571.
Eickelberg, Schwenkbühnen 498. 499.
Eickhoff, Gebr. 305.
— — Bremsscheibe 430.
— Schüttelrutschen 305. 306. 308. 309.
— Sternrolle 376.
— Zwerghaspel 448.
Eigen, Seileinband 485. 486.
Eimerbagger 207.
Einfacher Ausbau 14.
— Eisenausbau 67 u. f.
— Holzausbau 29 u. f.
„Eingeschneide“ 39.

Einlaufplatten 348. 352.
Einschlagwecker 547. 548.
Eintrümmige Bremsberge 417 u. f.
„Einweiser“ 348.
Eisenausbau 13. 66 u. f.
— geschlossener 80. 81.
— nachgiebiger 74. 75. 76.
— zusammengesetzter 73 u. f.
Eisenbeton 98.
— Beurteilung 109. 110.
— für Schachtausbau 133 u. f.
Eisenbetonausbau 13. 81. 101 u. f.
— nachgiebiger 108.
Eisendrahtseile 474. 475.
Eisenportlandzement 85.
Eiserner Gestellausbau 78. 79. 80.
— Schalholzausbau 76. 77. 78.
Eiserne Schachtleitungen 492. 493.
— Schwellen 343.
— Stempel 67 u. f.
Elektrische Fördermaschinen 546.
— Haspel 443. 445. 446.
— Lokomotiven 390 u. f. 403. 404. 415.
Elektrischer Schüttelrutschenantrieb 309. 312. 313. 316.
Elektrische Signalvorrichtungen 547 u. f.
— Wasserhaltung 585 u. f.
„Elektromontana“ 398.
Elektrowerk Dümpelmann 395.
Emscher-Lippe, Steinkohlengrube 288. 513.
Emscher-Schacht, Steinkohlengrube 364. 399.
Endloses Seil s. Seil ohne Ende.
Engelsburg, Steinkohlengrube 135.
Englische Gußringe 143. 154.
Englischer Bock 553. 554.
Englisches Gestänge 339.
Entgleisungsweichen in Bremsbergen 450.
Entleerung v. Bergewagen 335. 336. 337.
Entwässerungstrecken 572.
Ernst-August-Stollen 569.
Ernst, Braunkohlengrube 151.
Ersäufen von Bränden 614.
Ersatzfördergestelle 484.
Ersoffene Gruben 594.
Ersparnisse bei der Streckenförderung 359.
Erzbergbau, Förderung 296. 297.
Eulefeld 26.
Ewald-Fortsetzung, Steinkohlengrube 142.
Ewald, Steinkohlengrube 178. 513.
Eysden (Schacht in Belgien) 263.
Fabrik für Bergwerksbedarfsartikel 335.
Fäulniserscheinungen bei Hölzern 18 u. f.
Fagniez 286.
Fahrdrahtlokomotiven 391. 392. 395 u. f. 404. 414. 415.
Fallrohre 251.
Falscher Boden bei Bohrschachtauskleidungen 232 u. f.
Faltungserscheinungen 9.
Fanghölzer an Bremsbergen 453.
Fangstützen 542.
Fangvorrichtungen bei der Schachtförderung 529 u. f.
— für Seilführungen 540.
— in Bremsbergen 449 u. f.
— Statistik 531.
Fangwinkel an Bremsbergen 453.
Faschinen 80.
„Faulenzer“ 449.
Fay 201.
Federweichen 349. 424.
Feldgestänge 576.
Fernsprecher 551.
— für Lokomotivförderung 413.
Festmeter 15.
Fichtenholz 15. 16. 18. 30.
Fingerschutz für Förderwagen 326. 327.
Fink 70.
Firstenbänke 54. 55. 96. 97.
Firstenbrände 43. 609.
Firstengetriebe 57. 58. 59.
Firstengewölbe 91. 92. 103.
Firstenstempel 35. 36. 48. 49. 52. 53. 58.
„Fix“-Platte 342.
Flachlitzige Seile 469.
Flachscheibenhaspel 446.
Flachseile s. Bandseile.
Fleuß 627.
Fliegende Bremsen 297. 298.
— Drahtseilbahnen 299.
— Kappen 64.
Fliegendes Gestänge 343.
Flözbrände 608 u. f.
Flottmann 303.
— -Schüttelrutschen 303. 307. 310. 313. 314. 315.
Flügel 105.
Flügelschienen 339.
Flüssige-Luft-Geräte 623 u. f.
Fördergerüste 552 u. f.
Fördergestänge s. Gestänge.
Fördergestelle 480 u. f.
— Signalgebung 551. 552.

Förderhaspel 443 u. f.
Förderkörbe s. Fördergestelle.
Förderkübel 172.
Fördermaschine, Lenkung 546. 547.
— Sicherheitsvorrichtungen 542 u. f.
Förderschwankungen, Ausgleich 408.
Förderseile 464 u. f.
— Auflegen 477. 478.
— Kabelseile 467.
— Litzenseile 468 u. f.
— patentverschlossene 470.
— Schmiervorrichtungen 471. 472.
— verjüngte 471.
Förderturm 526. 554. 555.
Förderung 295 u. f.
— im Abbau 296 u. f.
— mit Seil ohne Ende, Kraftbedarf 356.
— rollende 296.
— schleppende 296.
— tragende 296.
Förderwagen 322 u. f.
— Achslager 328 u. f.
— aus Stahlblech 325. 326.
— für Bergeförderung 334 u. f.
— hölzerne 325. 339.
— Räder 327. 331 u. f.
— Schmierung 327 u f. 331.
— Spurweite 333.
Förstersche Schüttelrutschen 311.
Fontaine, Fangvorrichtung 535.
Formsteine bei Eisenbetonausbau 103. 104.
Forstmann 298. 300. 630. 642.
Franke 299.
Frantzsche Radschmierung 332.
Freitragbare Sauerstoffgeräte 623 u. f.
Friedlicher Nachbar, Steinkohlengrube 185.
Friedrich Franz, Kalisalzwerk 280.
— Heinrich, Steinkohlengrube 263.
Friedr. Thyssen 208.
— — Steinkohlengrube 550.
Frölich & Klüpfel 311.
Frostkörperbildung 263 u. f.
Führung der Fördergestelle 481
Führungschlitten 177.
Führungseile 175. 493. 494.
Führungsgerüst 553. 554.
Füllbeton 104.
Füllort 495. 497. 499 u. f. 540. 541.
Füllortanlagen 344. 348. 352. 509. 510. 511.
Füllortausbau 93. 94. 97. 104. 109.
Füllortbetrieb 367. 409. 410. 411.
Füllstellen für Preßluftlokomotiven 402.
Fürstensteiner Gruben, Steinkohlengrube 607.
Fundamentmauerwerk 87.
„Fußklemmen“ 47.
„Fußpfahl“ 31. 32. 34. 36. 42. 48.
Futers 481. 494. 503. 508. 519.

Gabelmitnehmer s. Mitnehmer
Gasmotorenfabrik Deutz 390. 392.
Gaze 577.
Gebirgsarten 1. 3. 8.
Gebirgsdruck 2 u. f. 10. 11.
Gebirgstörungen 8.
— als Wasserzubringer 560.
Gefälleausnutzung in Bremsbergen 420.
Gefälle in Lokomotivbahnhöfen 410. 411. 412.
Gefälleverhältnisse bei der Streckenförderung 354 u. f.
Gefäßförderung 460 u. f.
Gefrierbohrlöcher 248.
Gefrierrohre 250.
Gefrierverfahren 164. 245 u. f. 292. 293.
Gegengewicht bei der Schachtförderung 519.
— in Bremsbergen 418. 419. 424. 433. 435.
Gegenscheiben bei Seilantrieben 368. 369.
Genart 606.
General Blumenthal, Steinkohlengrube 588.
Gerke 109. 299. 318.
Gertner 450.
Gerüstschuhe beim Ausbau 73. 74.
Geschlossener Eisenausbau 80. 81.
Geschwindigkeitsmesser 542. 543.
„Gesicht“ (bei Türstockzimmerung) 39.
Gespanntes Grundwasser 560.
Gestänge 339 u. f.
— -Wasserhaltung 573 u. f. 588. 602. 603.
Gesteine, Einteilung 3.
Gestellbremsberge 416. 419. 424. 425. 428.
Gestellförderung in Schächten 460. 462. 464 u. f. 499 u. f. 514 u. f.
Getriebezimmerung 57 u. f. 187.
Geviertausbau für Schächte 118.
Geviertzimmerung 46.
Gewinnungsarbeit beim Schachtabteufen 167.
Gewöhnliches Schachtabteufen 163 u. f.
Gewölbemauerung 87. 89. 90. 91. 92. 93. 94.
Giese, Bremsschachtverschluß 458. 459.
Gilbert 579.
Gittertüren für Bremsschächte 452.
Gleichgewichtsrohr 232 u. f.

Glockenbildung 5. 6. 9. 10.
Glockenheber 605.
Glückauf, Kalisalzwerk 149.
— Schüttelrutsche 305. 311.
— (Tränksalz) 25.
Gneisenau, Steinkohlengrube 569. 570.
Gössel 352.
Goetze 370.
Goldkuhle 106.
Goupillière, Haton de la 519.
Graafen, Franz, Söhne 311.
Grahn 223. 630. 637.
Granitartige Gesteine 5. 11.
Greifbagger 207. 208.
Grimberg I, Steinkohlengrube 513.
Gröbler 149. 568.
Großherzog von Sachsen, Kalisalzwerk 224. 280.
Großmann, H. u. G., Maschinenfabrik 130. 131. 594.
Grubenausbau 1 u. f.
— wandernder 77. 78.
Grubenbrände 607 u. f.
Grubenförderung 295 u. f.
Grubenholz 15 u. f. 26. 27.
Grubenholz-Imprägnierung G. m. b. H. 24. 25.
Grubenlokomotiven s. Lokomotiven.
Grubenmauerung s. Mauerung.
Grubenschienen 339. 340.
Grubenwasser 563.
Grünsand 561.
Grundholz 56.
Grundschwelle 46.
Grundsohlen 46.
Grundwasser 558 u. f.
Grundwasserstockwerke 559.
Guido-Grube, Steinkohlengrube 109.
Gunderloch 392.
Gustav, Steinkohlengrube 513.
Gußeiserne Senkschächte 201 u. f.
Gußringausbau 142 u. f. 202. 232. 234 u. f.
— doppelter 160.
— in Gefrierschächten 269 u. f.
— — Strecken 81.
Gußring-Wandstärke 155 u. f.
Gußringe für große Teufen 159.
— als Tragekränze 161.
Gutehoffnungshütte, Sicherheitsvorrichtung 545.
Guttmann 85. 87.

Haasesche Spundwand 193. 194.
Habets 627.
Hängebank 495. 499 u. f. 511. 512.
Hängefahrt 180.
Hängekeps 495.
Hängerutschen 299. 302. 303. 304.
Hagemann 638. 644.
Haldane 627.
Halstrick 330.
Hamel 338.
„Handweiser" 42.
Hanfseile 464.
Hangendholz 49.
Haniel u. Lueg 151. 159. 224. 256. 496. 497. 541. 542. 568. 586.
Hannover, Steinkohlengrube 522.
Hanseatische Apparatebaugesellschaft 620. 622. 624. 634.
Harte 531.
Hartmann 587.
— -Knoke-Berg 557. 582. 583. 590.
Hasencleversche Trag- und Kurvenrollen 376. 377.
Haspelförderung 300. 320. 321. 416. 442 u. f. 449 u. f.
„Haspelstube" 428. 447.
Hasse 615.
Haton de la Goupillière 238. 519.
Hattorf, Kalisalzwerk 603.
Hatzfeld 638.
Hausherr, Hinselmann & Co. 336. 453.
Hausschwamm 19.
Hautrage, Steinkohlengrube 200.
Heber 601 u. f.
Heckel, Ernst, G. m. b. H. 367. 368. 369.
— Fangvorrichtungen 451.
— Kettenscheibe 385. 386.
— Kübelförderung 460.
— Seilantrieb 367. 368. 369.
— Seilschlösser 378.
— Treibscheibenförderung 525.
Hecker 33. 455. 457.
Heimboldshausen, Kalisalzwerk 461.
Heinrich 343.
Heinrichsglückgrube, Steinkohlengrube 290. 291.
Heise 157. 158. 264.
Heißwasserlokomotiven 390.
Heithölzer 118.
Helchteren-Zolder (Schacht in Belgien) 263.
Helmatmung bei Atmungsgeräten 630 u. f.
Hemmschuh an Bremsbergen 455.
Hemmvorrichtungen an Fördermaschinen 543. 544 u. f.

Herbst, Fr. 325. 499. 505. 526. 529. 583.
— H. 515.
Herkules, Steinkohlengrube 442.
Hermann, Steinkohlengrube 174. 181. 591.
Herzstücke 351.
Hese, Fanghaken 450.
Hildesia, Kalisalzwerk 280.
Hilfsdämme 615 u. f.
Hilfskappen bei der Vortreibezimmerung 64.
Hilfstempel 34. 63. 72.
Hilfstürstöcke 46. 59. 60.
Hinselmann, Gebr. 304. 307. 311. 312.
Hinselmann Bergerutsche 319.
— Kippvorrichtung 337.
— Schüttelrutschenantrieb 314.
— Stempel 70. 71.
Hinterseil 366.
Hirtz-Peisen, Bremsbergverschlüsse 455. 457.
Hochofenzement 84. 85.
Hochstrate 317.
Höing 342.
Hölzerne Förderwagen 339.
— Küvelage 118.
Hörsignale 547 u. f.
Hoffmann 155.
— A. 84.
— Dr. 547. 570. 571.
Hohendahl, Mitnehmergabel 379.
Hohmann, Fangvorrichtung 536.
Holzarten 15.
Holzausbau 13. 15 u. f.
Holzeinlagen in Mauerung 29. 97.
Holzführungen in Schächten 491. 492.
Holzgewölbe 97. 98.
Holzmann u. Co. 220
Holzmauerung für Schächte 132.
Holzpfeiler 16. 29. 37. 38. 55.
Holzpflaster für Pferdeförderung 362.
„Holzschränke" 37.
Holztränkanlage 24.
Honigmann 160. 358.
— Abteufverfahren 164.
— Lokomotive 390.
— Schachtbohrverfahren 232. 241. 292.
Hoppe, Fallbremse 536. 537.
„Hornstatt" 428.
Hruška 615.
Hubpumpen 573 u. f. 602.
Hugo, Steinkohlengrube 197.
Hundt 140.
Hunt-Conveyor 527.
Hydraulische Aufsetzbühnen 499.
Hydraulischer Mörtel s. Wassermörtel.
Hydraulische Wasserhaltung 583 u. f. 587.
Hypersiel, Fangvorrichtung 535.

Ickern, Steinkohlengrube 220. 221.
Imprägnation s. Tränkung.
Inhabad, G. m. b. H. 635.
— -Geräte 635. 641.

Jäger u. Co. 592.
Jahnke, Beschleunigungsmesser 476. 477.
Jakob 79.
Jetschin, Sicherheitsvorrichtung 545.
Johanne Henriette, Braunkohlengrube 527.
Jordan 533.
— Fangvorrichtung 538. 539.
Jorissen, Seilknoten 379.
Joosten 261. 271.
Jüngst 317.
Julius, Steinkohlengrube 513.

Kabelseile 467.
Kälteerzeugungsanlage 252.
Kälteflüssigkeit 257 u. f.
Kämpfer bei der Mauerung 90.
Kalkmörtel 83.
Kalkschlämmpumpe 615.
Kaltheuner 517.
Kappen 16. 31. 38. 39. 45 u. f. 56. 62 u. f. 74. 75. 89.
Kappengewölbe 96.
Kappwinkel 74.
Karl Alexander, Steinkohlengrube 161. 263.
Karlik, Geschwindigkeitsmesser 543.
— Signalvorrichtung 550.
Karrenförderung 296. 297.
Kastenausbau 162.
Kastenförderung in Schächten 527.
Kaufmann 138.
Kausche 484 u. f.
Kegel 10. 261. 566. 572.
Keilhack, Dr. 557.
Keilkränze 144 u. f.
Keilpaarung für Eisenstempel 69.
Keilrohr 249.
Keinath, Beschleunigungsmesser 476. 477.
Kellerhalsgewölbe 93.
Kellner & Flottmann, Unterseilaufhängung 515. 516.

Keps 495 u. f.
Kernfäule 19.
Kernholz 16. 20. 25.
Kerntränkung 340.
Kettenbremsberge 421. 423.
Kettenförderungen 365. 385. 386. 387. 404 u. f.
— in Schächten 526.
Kettenmitnehmer f. Seilförderungen 378.
Kettentragrollen 386.
Kette ohne Ende 366. 367.
— unterlaufende 367.
Kidderschacht 220.
Kiessand für Beton 99.
Kimberley, Diamantgruben (Kübelförderung) 463.
Kind, Bohrverfahren 224.
— -Chaudron, Bohrschächte 160. 164.
— — Schachtbohrverfahren 223 u. f. 292. 293.
— Freifallvorrichtung 227.
Kippen von Bergewagen 335. 336. 337.
Kippriegel 458.
Kirschniok 28.
Klein 191. 572.
Klemmen bei der Zimmerung 47.
Klemp, Schultz & Co. 348.
Klernersche Schüttelrutsche 311.
Kletter-Wendeplatten 348.
Kleversche Kuppelung 363.
Klinker 82. 109.
Kliver 410.
Klötzeldämme 617.
Klötzelvertäfelung 190.
Knappschafts-Berufsgenossenschaft 112.
Knebel 362.
Kniegelenkstützen von Westmeyer 497. 498.
Knohl, Drehriegel 456.
Knoke 557.
Knoten für Seilförderungen 378. 379. 380.
Knüppelbremsen 431.
Koch 342.
Kochsche Keilnut-Verkeilung 148.
Köln-Neuessener Bergwerksverein 364. 399. 585.
König, C. B. 622.
— sche Kippvorrichtung 336. 337.
— sche Schlauchgeräte 621.
Königs- u. Laurahütte, ver. 525.
Königstange 488. 530.
Koepe 554.
— Bremsgestell 432. 433.
Koepe, Förderung 522 u. f.
— -Heckel, Treibscheibenförderung 525.
Körting, Gebr., Maschinenfabr. 597.
Kogelheide, Kastenförderung 527.
Kohlenoxyd 619.
Kohlensäure als Kälteerzeuger 255.
Kohlmeyer 75.
Kohlus-Kuppelung 363.
Kohout 617.
Kolbenpumpen 572 u. f.
Koneczny 605.
Konische Seilkörbe 519. 521.
Kontinuierliche Schachtförderung 526. 527.
Kopfführungen in Schächten 481. 490. 491. 492.
„Kopfgeschick" 31.
„Kopfspreize bei der Türstockzimmerung 39. 45.
Korbbogen 80. 90. 100. 105.
Kornfeld 341.
Kosten der Abteufverfahren 181. 191. 218. 222. 244. 293.
— — Bohrschächte 240.
— — Lokomotivförderung 414. 415.
— — Pferdeförderung 364. 383.
— — Schachtmauerung 133.
— — Schlepperförderung 360.
— — Schüttelrutschenförderung 317.
— — Seilförderung 383.
— — Wasserhaltung 589.
— des Gefrierschachtverfahrens 275 u. f.
— — Zementierverfahrens 291.
— von Förderseilen 478. 479.
— — Förderwagen 339.
Kowatsch 67.
Kraftüberschuß in Bremsbergen 423.
— — Bremsschächten 436. 437.
Kranzplatten 347. 348. 381. 382.
Krecke 243.
Kreisbogengewölbe 90.
Kreiselpumpen 589 u. f. 603.
Kreiselwipper an der Hängebank 511. 512.
— in Abbaustrecken 335.
Kreuzlager 37.
Kreuzgewölbe 93. 94.
Kreuzschlag bei Förderseilen 468.
Kreuzverband 88.
Krupp A. G. 159. 162.
Kruppscher Stahlguß-Kastenausbau 161.
Kruskopf 22. 23.
Kübelförderung 460 u. f.
Kübelkippvorrichtung 173.

Küvelage s. Gußringausbau.
— hölzerne 118.
Kugellager 330. 353.
Kukuk 6.
Kunstkreuz 576.
Kuntze 298. 299.
— Röhrenwerk 440.
Kupka 615.
Kuppelgewölbe 94.
Kuppelvorrichtungen 362. 363. 364.
Kurvenrollen 375. 376. 377. 386.
Kyan, kyanisieren 21.

Ladetische 441. 442.
Längsschlag b. Förderseilen 468.
Läuferverband 88.
Lager bei Förderwagen 327 u. f.
Lamm-Francq, Lokomotiven 390.
Landgräber 262. 596.
Larsensche Spundwand 192.
Laschenverbindung bei Schienen 346.
Laufbremsen 428. 430. 431.
Laufkranz 332. 341.
Laura en Vereeniging 606.
Lederfutter für Treibscheiben 367. 368.
Lehrgerüste 95. 100. 101.
Leibungsfläche bei Gewölben 91.
Leichtbrand-Zement 85.
Leidenroth 641.
Leinenverzug 49. 50.
Leistungen bei der Lokomotivförderung 414. 415.
— — — Pferdeförderung 364.
— — — Schachtförderung 513. 514.
— — — Schlepperförderung 360.
— von Förderseilen 478. 479.
— — Preßluftlokomotiven 401.
Leitbäume 491. 492.
Lenzsches Achslager 328. 329.
Leonard-Schaltung 546.
Lessing, Fangvorrichtung 536.
Leybold 519.
Libotte, Fangvorrichtung 537.
Liegendholz 49. 50. 54.
Lindenberg, Seilausgleichung 518.
Lindener Spirallagerfabrik 331. 333.
Linkenbach 606.
Litzenseile 468 u. f.
Löffelmaschine 227.
Löwe 280.
Lohbergschächte, Steinkohlengrube 160. 263. 275.
Lohmann, Fangvorrichtung 535.
Loiret 644.
Lokomotivarten, Vergleich 402. 403. 404.
Lokomotiven, Akkumulator- 398. 399.
— elektrische 395 u. f.
— Preßluft- 399 u. f.
Lokomotivförderung 390 u. f.
— Leistungen und Kosten 414. 415.
— Verschiebebetrieb 350. 406. 408 u. f.
Lolat-A.-G. 106.
Lombois 286.
Luftmörtel 81. 83. 125.
Luftverbrauch des Menschen 626.
Lungenkraftgeräte 629 u. f.

Mackensen 277.
Mähnert, Auftriebförderung 528
Magnesiazement 87. 125. 566.
Mammutpumpen 597. 603. 605.
Mansfelder Bergbau 10. 296. 297.
Marbach 117.
Mariaschacht, Erzbergwerk 608.
Maschinelle Aufschiebevorrichtungen 505. 506. 512. 513.
— Streckenförderung 365 u. f.
Maschinenkammern, Ausbau 95. 105. 107. 109.
Matthiaß 550.
Mauerabsätze in Schächten 125. 176.
Mauerfüße 125.
Mauergewölbe 89. 90. 91.
Mauersenkschächte 198 u. f.
Mauerung 13. 81 u. f. 124 u. f.
— mit Holzeinlagen 29. 97.
— mit Wärmeschutz 98.
— nachgiebige 96. 97. 98.
Mautner 555.
Maximilian, Steinkohlengrube 159.
Mayer, Joh. 617.
Meinicke, Seilausgleichung 518.
Meller 519.
Mellin 339. 544. 545.
Mengelberg 63.
Merkur, Erzbergwerk 606.
Meuskens 281.
Meyer, G. A. 622.
— R., Preßluft-Lokomotiven 400.
Middelschulte 562.
Miebach, Aufschiebevorrichtung 506.
Minimaxgeräte 614.
Minister Stein, Steinkohlengrube 413.
Mitnehmer, Abstreichvorrichtung 380.
— für Kettenförderungen 386.
— — Seilförderungen 377 u. f.

Mittelstempel 35. 36.
Möhrle 459. 535. 552. 554. 555.
Mörtel 81 u. f. 125.
Moll, Kippriegel 458.
Mommertz 272.
— scher Stempel 70. 71.
Monopol, Steinkohlengrube 398.
Montania, Masch.-Fabr. 392.
Moosbüchse 232 u. f.
Morin 287. 291.
Morsbach 170. 287.
— Bremsschachtverschluß 458. 459.
Mortonschacht, Steinkohlengrube 201.
Müggenburg 314.
Mühlefeld 635.
Müller, Hermann 70.
— Sicherheitsvorrichtung 545.
Münzner, Fangvorrichtung 538.
Muldenkipper 334. 335.
Muldenwagen 329.
Mundatmung bei Atmungsgeräten 630 u. f.
Mundstück bei Atmungsgeräten 631.
Myslowitz-Grube, Steinkohlengrube 513.

Nachfall 61, 112.
Nachgiebige Eisenstempel 67 u. f.
— Mauerung 96. 97. 98.
— Schachtmauerung 133.
— Schalholzzimmerung 50 u. f.
Nachgiebiger Ausbau 12. 38.
— Betonausbau 108.
— Schachtausbau 117.
— Stempelausbau 31 u. f.
— Türstockausbau in Eisen 74. 75. 76.
Nadelhölzer 15. 17. 18. 49.
Nasenatmung bei Atmungsgeräten 630 u. f.
Natronlokomotive 390.
Nebenseile z. Seilausgleich 518.
Neff 643.
Nellenscher Stempel 68. 69.
Neubauer 137. 605.
Neufeldt & Kuhnke, Signalanlagen 550.
Neuhaus, Verschluß 455.
— & Co., Maschinenfabr. 600.
Neumann 84.
Neumühl, Steinkohlengrube 79. 135. 511. 512. 513.
Neupert, O., Nachfolger 622.
Nickelstahl für Förderseile 465.
Niedersachsen, Kalisalzwerk 266.
Niederschläge 557.
Nieß 133.
Nördlinger 16. 17.
Nonius-Stempel 69. 70. 71.
Nordstern, Steinkohlengrube 23. 80. 241.
Normalprofile für Grubenschienen 340.
„Normalstein“ 83.
Notbohm, Aufschiebevorrichtung 505.
Notglieder für Kettenförderungen 387.
Notkeps 542.
Nummermarke bei Förderwagen 327.
Nutenplatten 347. 381.
Nutz-Tonnenkilometer 358. 383. 384. 391. 398.

Oberirdische Wasserhaltung 573 u. f. 588.
Oberschlägiges Seil 479.
Oberschlesische Flöze 112.
Oberursel, Motorenfabrik 392.
Oddesse, Maschinenfabrik 581.
Örterbremsberge 416. 419. 421. 424.
Ohnesorge 68.
— Ausgleichgetriebe 370.
— Treibscheibenförderung 525.
Optische Signale 547. 549 u. f.
Oranje-Nassau (Schacht in Holland) 268.
„Orgel“ 36. 37.
Ortsvertäfelung 59. 60.
Otten 81.

Paehr 409, 414.
Parallelogrammbügel f. Lokomotiven 395.
Pattberg 202.
— Stoßbohrverfahren 208 u. f. 217. 218. 293.
Peisensche Kranzplatte 348.
Pendelatmung 629.
Pendelrutschen 302. 303. 304. 308 u. f.
Perspektivpumpen 574.
„Pfähle“ 43. 63 u. f.
Pfändkeile 59. 62.
„Pfändung“ 59. 189.
Pfändungsbau 66.
Pfeilerschüsse 6.
Pfeilhöhe bei Gewölben 91.
Pferdeförderung 360 u. f.
Pferdeställe 361.
— Ausbau 109.
Pflanzenfaserseile 464. 466. 467.
Phenolverbindungen 21. 22.
Phönix, A.-G. 70.
Pikotieren s. Verkeilen.
Pilař 617.

Plattenweichen 350. 351.
Pneumatische Schachtförderung 528.
Pneumatogene 636. 637.
Pöhlauer Schacht 280.
Pötschsches Gefrierverfahren 245.
Polnischer Türstock 28. 46.
Polygonzimmerung 40.
Portier 277. 281.
Portlandzement 84. 85.
Preßluft-Abteufverfahren 164.
Preßluftantrieb für Schüttelrutschen 309 u. f.
Preßluftfangvorrichtung 538. 539.
Preßlufthaspel 443 u. f.
Preßluft in Steigleitungen 603.
Preßluftlokomotiven 399. 403. 404. 415.
Preßluft-Senkschächte 219.
Preßluftverfahren (Schachtabteufen) 292.
Preßverfahren beim Betonausbau 101. 104.
Preußen, Steinkohlengrube 509.
Priestmannscher Greifbagger 208.
Prinz Adalbert, Kalisalzwerk 256. 257.
Profileisenausbau für Schächte 121.
Profileisenstempel 72.
Prosper, Steinkohlengrube 72. 380. 502. 503. 513.
Proxylen-Geräte 637.
Prüfung von Förderseilen 471 u. f.
Puffer bei Förderwagen 326.
Pulmotor 641. 642.
Pulsometer 599 u. f.

Quast 15
Quellen des Liegenden 2. 6. 32. 46. 47. 405.
Querschläge, Querschnitt 11. 12.
Quetschhölzer 31. 32. 40. 45. 75. 97.
Quittungschalter 551.

Radbod, Steinkohlengrube 97, 98, 181.
Radialsteine 90. 91.
Radsatz bei Förderwagen 327 u. f.
Radstand 333. 354.
Räder von Förderwagen 331. 332. 333.
Ransbach, Kalisalzwerk 461. 462.
Rasenhängebank 552.
Rasselwecker 547. 548.
Rauben des Holzes 28. 29.
Raubspindel 28.
Raubvorrichtung „Westfalia“ 29.
Raummeter 15.
Recktenwald 399.
Reibungstrommel 525.
Reibungswiderstand 353 u. f. 357. 358. 391. 418.
Reichard 159.
Reifholz 16.
Reinhard 77.
— scher Stempel 70. 73. 78.
Reinigung von Förderwagen 338.
Retardierapparat an Fördermaschinen 546.
Rettungsgeräte 619 u. f.
Rettungskammern 643. 644.
Rettungstruppen 642.
Rhein, Steinkohlengrube 263.
Rheinelbe, Steinkohlengrube 138. 142. 513.
Rheinisch-Westfäl. Schachtbaugesellschaft 135.
Rheinpreußen, Steinkohlengrube 10. 32. 33. 77. 196. 202. 277.
Richard 277.
Riedler-Pumpen 586.
Riegelkeps 495. 496.
Riemer 151. 160. 203. 207.
Rieselkondensatoren 253.
Ringausbau für Schächte 122 u. f.
Rittingersatz 573 u. f.
Römer, Sicherheitsvorrichtung 544.
Roch 83.
Roelen 322. 339. 348.
Rohdescher Stempel 70. 72.
Rohrartiger Eisenausbau 80. 81.
Rollende Förderung 296.
Rollenlager 329. 330. 353.
Rollenrutschen 304. 305. 306. 308.
— für Schrägbau 305.
Rollochausbau 81.
Rollochförderung 439 u. f.
Romanzement 84.
Romberg, Kippriegel 458.
— Seilschmiervorrichtung 472.
Rosenblumendelle, Steinkohlengrube 571.
Rosenstein 278.
Roßenbeck 517.
Rotbuche 15. 17. 18. 30.
Rottanne 15.
Rottenbacher 185.
Rückstromglocke 548.
Rüping 25.
Rütgerswerke A.-G. 25.
Ruhrthaler Maschinenfabrik 392 393. 394.
— — Preßluftlokomotiven 400.
Russell 393.
Rutenbornscher Stempel 70. 72.
Ruten-Stromabnehmer 395.

Rutschenförderung 298. 299. 416. 417.
Ryba 547. 551. 624.

Sachsen, Steinkohlengrube 98. 181.
— -Weimar, Kalisalzwerk 291.
Sackbohrer 206.
Saelior 284. 286.
Salau & Birkholz, Seilschmiervorrichtung 471. 472.
Salzlösungen für die Holztränkung 21. 22. 24.
Sammelring 252.
Sandsteinartige Gesteine 5. 11.
Sassenberg 206.
— Senkschachtverfahren 214.
Sauerstoffflaschen 638.
Sauerstoffgeräte 623 u. f. 632.
Sauerstoffkoffer 641.
Sauerstofftaschen 641.
Saugkörbe 604.
Saugschlauchgeräte 620 u. f.
Saug- und Druckverfahren (Holztränkung) 24. 25. 26.
Schachtabbohren nach Honigmann 241 u. f.
— — Stockfisch 241 u. f.
— — Fr. Thyssen 241 u. f.
Schachtabteufen 163 u. f.
— Beleuchtung 179.
— Bewetterung 178.
— Fahrung 179. 180.
Schachtausbau 116 u. f.
Schachtbaugesellschaft Thyssen 268.
Schachtbohrverfahren 164. 208 u. f. 223 u. f.
Schachtbrände 612.
Schachteinbau 116. 120.
Schachtfallen 495 u. f.
Schachtförderung 459 u. f.
— Beschleunigungsmesser 476. 477.
— mit Becherwerk 527.
— mit Kasten 527.
— mit Treibscheibe 522 u. f.
— pneumatische 528.
— ununterbrochene 526. 527.
— mit Zahnstange 527.
Schachtfüllörter 367.
Schachtgerüste s. Fördergerüste.
Schachtleitungen 490 u. f.
Schachtmauerung 124 u. f.
Schachtringe 122.
Schachtstuhl 94.
Schalholzausbau 14. 28. 47. u. f.
Schalholzausbau in Eisen 76. 77. 78.
— nachgiebiger 50 u. f.
„Schar" bei Türstöcken 39.
Scharf 101.
Scharfbrandzement 85.
Schaukelbecherwerk 527.
Schausignale 547. 549 u. f.
Scheibenbremsen 428. 429. 432.
Scheibenhaspel 446.
Scheibenmauern 87. 89. 90. 97.
Scheibenräder 332.
„Scheiden" (b. Verzug) 43.
Scheitel bei Gewölben 91.
„Scheiterhaufen" 37.
Schiebeschlitze im Betonausbau 108.
— — Mauerwerk 98.
Schieferkaute, Kalisalzwerk 266.
Schienen 339. 340.
Schienenabstand 344.
Schienenbefestigungen 341. 342. 343.
Schienenkreuzungen 352. 353.
Schienenlaschen nach Brunnenbusch 396.
Schienennägel 341. 342. 345.
Schienenverbindung 346. 396. 397.
Schimpf 444. 563.
Schläucherrohr 604.
Schlammspülung 611.
Schlauchgeräte 620 u. f. 637 u. f.
Schlechten 4.
Schleifschuhe u. -bügel f. Lokomotiven 395.
Schleppende Förderung 296
Schlepperförderung 360.
Schleppkettenförderer 300.
Schleuderpumpen 589 u. f.
Schlüsselstollen 569.
Schlüter 104.
— scher Schachtausbau 138 u. f.
Schmidt 245. 259. 260.
Schmiede 548.
Schmierung von Förderwagen 327 u. f. 331.
— — Schachtleitungen 492. 493.
Schmiervorrichtungen für Förderseile 471. 472.
Schmierwipper 328.
Schneider 644.
Schneiders 204.
Schneidschuh 195. 198. 201.
Schnellbinderzement 86.
„Schnitte" 4. 9. 31.
Schönfeld, Fangvorrichtung 538. 539.
Schornsteinverband 88.
Schrämmaschinen beim Abbau 32. 64.

Schraubenabdichtung 148.
Schreber 522.
Schroeder 296.
Schrotzimmerung 118.
Schubkolbenhaspel 443.
Schubriegel an Bremsbergen 457.
Schümann 623.
Schüttelrutschen 300 u. f.
— Antrieb 308 u. f.
— Bergeförderung 303. 317. 318. 319.
— im Kalisalzbergbau 312.
— statt Bremsberge 322.
— Verbindungen 306. 307. 308.
Schulte 330. 353.
— & Co. 381.
Schulz 363. 364.
Schulze-Höing 504.
— -Vellinghausen 330.
Schutzweiche 453. 454.
Schwaaksche Bügel 63.
Schwade & Co. 581. 582.
Schwalbenschwanzzimmerung 56.
Schwann 627.
Schwarten 43.
Schwartzkopff 384.
— Lokomotiven 400. 401.
Schwarzscher Stempel 69. 70. 72.
Schweben 30. 34. 35.
Schwebende Bühne 128 u. f.
Schwebendes Seil 367 u. f.
Schwebestempel 35. 47.
Schweder, Fangvorrichtung 538.
Schwedische Türstockzimmerung 40.
Schwefelkies 608.
Schwellen 42. 47. 340 u. f. 345. 425.
Schwemann 10. 27. 33. 77. 204.
Schwenkbühnen an Schächten 498. 499.
— in Bremsbergen 426.
Schwerspatbildungen 563.
Schwidtal, Becherwerksförderung 527.
Schwimmsand 3. 46. 57. 58. 60.
Segmentweise Schachtmauerung 131. 132.
Sehne bei Gewölben 91.
Seilausgleichung 485. 514 u. f.
Seilauslöser 488. 541. 542.
Seile s. Förderseile.
Seileinband 479. 484 u. f.
Seilfahrt 483 u. f. 508.
— Signalgebung 551.
Seilfahrtunfälle 529.
Seilförderungen 365 u. f.
— am Füllort 509. 510.
— Fangvorrichtungen 450. 451.
Seilförderungen, Kraftbedarf 356.
Seilführungen, Fangvorrichtungen 540.
— in Schächten 490. 491. 492. 493. 494.
Seilhaspel von Heckel 367. 368. 369.
Seilknoten für Seilförderungen 378. 379.
Seil ohne Ende 366 u. f.
— — bei der Schachtförderung 485. 524. 525.
— — in Bremsbergen 421. 422.
Seilprüfungen 485.
Seilprüfungstelle 473.
Seilscheiben 552. 555. 556.
Seilschlösser 486 u. f.
— für Seilförderungen 377. 378.
Seilschmiere 465.
Seilschwanz bei Fangvorrichtungen 532. 535.
Seil, schwebendes 367 u. f.
— und Gegenseil 366.
Seilzerreißmaschine 473. 474.
Seitenführung in Schächten 481.
Seitenkipper 334.
Selbach 529. 535 u. f. 540.
Selbstentzündung 608.
Selbstretter Dräger-Tübben 636.
Senkkörper 195. 198 u. f.
Senkrechtanstecken 187. 191 u. f.
Senkschachtverfahren 164. 195 u. f. 292. 293.
Setzlatte 344.
Shamrock, Steinkohlengrube 357. 513. 612. 618.
Sicherheit bei Förderseilen 476.
Sicherheitsbühne bei Schachtabteufen 184. 186. 187.
„Sicherheitsfahrt" 180.
Sicherheitskammern 643. 644.
Sicherheitsverschlüsse in Bremsbergen 451 u. f.
Sicherheitsvorrichtungen bei der Brems- und Haspelförderung 449 u. f.
— für Lokomotiven 393. 394. 395. 396.
— für die Schachtförderung 529 u. f. 543 u. f.
Siegener Maschinenbau, A.-G. 505.
— — Zwischengeschirre 489.
Siemens, Dr. 398. 415.
— & Halske, Förderkorbsignalisierung 551. 552.
— — Zeigertelegraph 549. 550.
— -Schuckert-Werke, Retardierapparat 546.

Siemens-Schuckert-Werke, el. Rutschenantrieb 312. 313.
Signalgebung vom Fördergestell 551. 552.
— bei Seilförderungen 382.
Signalständer, elektrischer 550. 551.
Signalvorrichtungen für Lokomotivförderung 412. 413.
— — Schachtförderung 547 u. f.
Simonsche Spundwand 194.
Sohlenbogen, gemauerter 92.
„Sohlenholz" 46.
Sohlenvertäfelung 190.
Solfrian, Fangvorrichtung 540.
Sommer, Bremsvorrichtung 431. 432.
— scher Stempel 67.
Spackeler 395. 515.
Spannlager 175 u. f.
„Spannpfändung" 59.
Spannscheiben für Kettenförderungen 386.
Spannung eines Gewölbes 91.
Spannwagen 371. 372.
Sparränkverfahren 25.
Speer 465. 473. 479.
Speichenräder 332.
Sperrmaß 27.
Sperrvorrichtungen auf Fördergestellen 483.
— bei Schwenkbühnen 499.
Spirallager für Förderwagen 331. 333.
Spiral-Seilkörbe 519. 521. 522.
Spiritus für Lokomotiven 392.
„Spitzbau" 35.
„Spitzen" (bei Verzug) 43.
Spreizen 34.
Sprengwerk 49. 50. 53.
Spülverfahren bei Bränden 614.
Spülversatz 112.
— Wirkung 10.
Spundwand 191.
Spurkranz 332.
Spurlatten 491. 492. 540. 541.
Spurmaß 343. 344.
Spurweite 333. 344. 354.
Stahlbandseile 467. 479.
Stahldrahtseile 465 u. f. 474. 475.
Stahlgußringe 159.
Stahlrohrstempel 72.
Stampfbeton für Schächte 134.
Stampfverfahren bei Betonausbau 101. 104.
Standwasser 560.
„Standrohre" 287 u. f.
Stapelbahnhöfe 411.
Stapelbrände 613.
Stapelförderung 416. 417.
Stapelschächte 348. 436.
Stapff 511.
Stassart 200.
Standinger 98.
Stauß, Schachtfalle 496.
Stechkuppelung bei Seilförderungen 380.
Steen 599.
Steffen 8. 16. 27.
Stegemann 81. 203. 242. 257. 276.
Stege s. Schwellen 340.
Steigleitungen als Stürzrollen 441. 442.
Stein 365.
Steinausbau 13. 81 u. f.
Steinsalzartige Gesteine 6.
Stein- und Kohlenfallgefahr 1. 2. 111 u. f.
— Kohlenfallkommission 37. 61. 111 u. f.
Stellwerk für Lokomotivförderung 410. 412.
Stempel 16.
Stempelausbau 14. 29 u. f.
— in Eisen 67 u. f. 72.
Stempel, gebrochene 45. 53. 54.
— verlorene 63.
Stens 28. 30. 74.
Sternrollen 376. 377.
Stockfischsches Schachtbohrverfahren 241.
Stöße beim Gestänge 346.
Stoßabdichtung 617 u. f.
Stoßbohrverfahren bei Schachtabteufen 208.
Stoßhölzer 56.
Stoßtränkverfahren 611.
Stoßverkleidung bei Bränden 617.
Stoßweichen 349.
Straeter 106.
Strahldüsengeräte 629 u. f.
Strahlpumpen 597.
Streb-Räderhunde 297. 298.
Strebestempel 34.
Streckenausbau 12.
Streckenförderseile 468. 469.
Streckenförderung 322 u. f.
— vom Bremsberg angetrieben 423.
— maschinelle 359. 360. 365 u. f.
Streckengerüstschuhe 73. 74.
Streckengestelle, eiserne 78. 79. 80.
Streckengetriebe 57. 59. 60.
Streckenkreuze, Ausmauerung 93.
Streckenkreuzungen bei der Förderung 344.

Streuströme 396.
Stromabnehmer bei Lokomotiven 395.
Stutzgewölbe 90. 91. 95.
Stutztürstöcke 39.
Stürzrollen 439 u. f.
Sümpfung von Gruben 605 u. f.
Sueß 623.
Sulzer, Gebr. 593.
„Sumpf" und Sumpfanlagen 569 u. f.

Tagesanlagen für Gefrierschächte 246 u. f.
— — Schachtabteufen 165.
Tagesförderung 295. 367. 388. 389.
Tandem-Förderung 526.
Tankwagen für Benzollokomotiven 393.
Tanne 15. 18.
Taschen in Förderwagen 325. 326. 453.
Taucherkrankheiten 223.
Tauchkondensatoren 253.
Tauchverfahren 23. 26.
Tauchwandung für Bohrschächte 234.
Teckelwagen 333. 334.
Tecklenburg 229.
Teeröle 21. 22. 24.
Teiwes 459. 529. 557.
Tektonische Erdbeben 9.
Teufenzeiger 542. 543. 546.
Teufe und Gebirgsdruck 7. 8.
Thiel 644.
Thiemann 75.
Thuringia-Zement 85. 282.
Thyssen, Fr., Gewerkschaft 241 u. f. 250. 271. 461.
— Sicherheitsvorrichtung 545.
Tiefbau- u. Kälte-Ind. A.-G. 148. 250. 266. 267. 272. 274.
Tiefkälteverfahren 256 u. f.
Tietjens 280.
Tillmann 398. 415. 525.
Tock 225.
Tomson 159. 225.
— Abzugbühnen 503. 504.
— Füllortanlage 509.
— Wasserziehvorrichtung 166. 594 u. f.
Tonnengewölbe 91. 110.
Tonnenkilometer 358. 383. 384.
— bei Förderseilen 478. 479.
Tonschieferartige Gesteine 3. 4. 6. 11. 12.
Torkret-Verfahren 611.
Torsion s. Verwindung.
Tränkflüssigkeiten 21.
Tränkungsverfahren 19. 20. 21. 23 u. f.
Tragende Förderung 296.
Tragewerk 42. 92. 94.
Tragrollen 375. 376. 377. 381. 386.
Transportbremsberge 388. 416. 419. 421. 424.
Traßmörtel 84.
Treibscheibenförderung 465. 468. 478. 479. 485. 495. 515. 522 u. f. 552. 554. 555.
Treibscheiben für Streckenförderung 367 u. f.
Tremonia, Steinkohlengrube 592.
Trockene Mauerung 82. 89.
Trockenfäulepilz 19.
Trommelbremsen 428. 429.
Trommel-Fördermaschinen 466. 470. 552.
Trommelförderung 479. 514 u. f. 524. 525.
Trommelhaspel 443. 446. 447.
Troschel 18. 26.
Tübben, Dr. 636.
Tübbingausbau in Strecken 81.
Tübbings s. Gußringausbau.
Türstockarten 38 u. f.
Türstockausbau 14.
— deutscher 38. 39.
— nachgiebiger in Eisen 74. 75. 76.
— polnischer 28. 39. 46.
— schwedischer 40.
Türstockverblattung 38.
Türstockzimmerung 38 u. f.
— nachgiebige 44. 45. 46.
Turbinenpumpen 589 u. f.
Turmfördermaschine 526. 554. 555.

Überschiebungen 9
Übertreiben der Förderkörbe 540 u. f.
Überwachung von Förderseilen 471 u. f.
Übungsräume für Rettungstruppen 642.
Umfüllvorrichtung für Sauerstoff 640.
Umsetzen bei der Schachtförderung 500 u. f.
Umstecken der Fördermaschine 485. 489. 518.
— am Förderseil 485. 524. 525.
Undeutsch 531. 533.
— Fangvorrichtung 537. 538.
Unfälle bei der Seilfahrt 529.
— Ursachen 2.
Unterfahrung von Schächten 183.
Unterhängen von Gußringen 150 u. f.
Unterirdische Wasserhaltung 576 u. f. 588.
Unterlaufende Kette 367.
Unterschlägiges Seil 479.
Unterseil 471. 515 u. f. 545.
Unterseilgehänge 490. 515.

Unterzüge 55. 63. 64.
Ununterbrochene Schachtförderung 526. 527.

Vagabundierende Ströme 396.
Verband Deutscher Elektrotechniker 395. 397.
Verband bei Mauerwerk 87. 88. 89.
Verbindungstücke zwischen Seil und Förderkorb 484 u. f.
Verblattungen 38. 51. 73. 118.
— von Spurlatten 491. 492.
Verbrennungsmotoren 390. 391. 392 u. f.
Verbundausbau nach Breil 106. 107. 108.
Verbundsenkkörper 201. 202.
Verkeilen der englischen Gußringe 147.
— — Keilkränze 145.
Verkürzungstück für Förderseile 488. 489.
Verlängerungseile in Bremsbergen 419. 420.
Verlängerungsvorrichtung in Bremsbergen 431.
Verlorene Auskleidung in Bohrschächten 231.
Verlorener Ausbau 13. 14. 15.
Verlorene Stempel 48. 63.
Verpfählung 42.
Versatzberge, Förderung 434. 437 u. f.
„Versatzung" 37.
Verschalung bei Betonausbau 100. 103. 104.
Verschiebebetrieb bei Lokomotivförderung 350. 406. 408. u f.
Verschlämmung bei Bränden 614.
Verschlüsse für Fördergestelle 483.
Verschluß für Stürzrollen 441.
Verschlußvorrichtungen in Bremsbergen 451 u. f.
Verschwalbung 57.
Versteinungsverfahren 164. 276 u. f. 292. 293.
Vertäfelung bei der Getriebezimmerung 59. 60.
Verteilungsring 252.
Verwilghen 225.
Verwindung bei Seildrähten 473.
Verzug 30. 35. 42. 43. 44. 49. 50. 76.
— mit Leinen 49. 50.
Verzugsblech 124.
Viebig 104. 134. 201.
„Viergespann" 46.
Vignoles-Schiene 339.
Viktoria, Steinkohlengrube 288. 289. 291.
Vogel 396.
Vogelsang, Bremsbergverschluß 454. 455.
Vollrath 106.
— Schachtausbau 136. 137.
Vondern, Steinkohlengrube 615.
Vorder- und Hinterseil 366.
Voreilender Ausbau 14. 57 u. f.
„Vorschlag" bei Türstöcken 39.
Vortreibepfähle 62 u. f.
Vortreibezimmerung im Abbau 60 u. f.

Wärmeschutz b. Mauerwerk 98.
Wagenablaufberg 357. 358.
Wagenablaufvorrichtungen 506. 507. 508.
Wagenbremsberge 416. 424. 425. 428.
Wagen s. Förderwagen.
Wagenförderung 322 u. f.
Wagenkasten 323 u. f.
Wagenkippvorrichtungen 335. 336. 337.
Wagennummern, Sicherung 326. 327.
Wagenumlauf am Füllort 501. 503. 508 u. f.
Wagenwechselvorrichtungen 499 u. f.
Wagenzüge 362. 363. 364. 415.
Wagner 277. 465.
— scher Sicherheitsdamm 616.
Wahle 579.
Walbrecker 260.
Wallachschächte, Steinkohlengrube 243. 263.
Wallichs 514. 517. 523. 547.
Waltrop, Steinkohlengrube 599. 606.
Wandernder Ausbau 77. 78.
Wandruten 119.
Wannieckschacht, Steinkohlengrube 137.
Wanz 623.
„Warnen" von Stempeln 17. 30.
Warnglocke bei Fördermaschinen 543.
Wasserabdämmungen 564 u. f.
Wasserauftriebförderung 528.
Wasserdamm 564 u. f.
Wasserdichte Schachtmauerung 127. 128.
Wasserdurchlässige Schichten 558.
Wasserhaltung 557 u. f.
— beim Schachtabteufen 602 u. f.
Wasserhebevorrichtungen 572 u. f.
Wasserhebung mit Kübeln 593. 602.
Wasserkalk 84.
Wasserkasten 593.
Wasserkastenförderung 438.
Wasserkühlung von Bremsscheiben 437.
Wassermann 25.

Wassermörtel 81. 83 u. f.
Wassersäulenmaschine 584.
Wasserseige 42. 94. 346. 362.
Wassertragende Schichten 558.
Waterschey (Schacht in Belgien) 263.
Weber 480.
Wechsel 348 u. f. 364. 427. 428.
Wechselbaum 349. 351. 453. 454.
Wefensleben, Kalisalzwerk 461.
Wegelin u. Hübner 260.
Weichen 348 u. f.
Weiche als Schutzvorrichtung 453. 454.
Weiler-ter Meer, Chem. Fabriken 25.
Wein, Dr. 618.
Weise 552.
— u. Monski 581.
Weißbuche 15. 17. 18. 30.
Weißer Mergel 561.
Weißtanne 15. 18. 30
Weiterabteufen von Schächten 182.
Wendeplätze 347. 348.
Wendland, Kalisalzwerk 282.
Wendriner 414.
Wengeler 429.
Werne 644.
Westfäl. Berggewerkschaftskasse 473. 479.
Westfalen, Steinkohlengrube 170. 287.
Westfalia (Bochum), Fördergestelle 481. 482.
— (Gelsenkirchen), Förderkorbverschluß 484.
— — Raubvorrichtung 29.
— — Schienenaufsatz 335. 336.
— (Lünen), Drehkolbenhaspel 444. 445.
— — Reinigungsmaschine 338.
— — Trommelhaspel 443. 447.
Westmeyer, Aufsetzvorrichtung 496. 497. 498.
Wex 410.
White & Grant, Fangvorrichtung 535. 536.
Whiting, Treibscheibenförderung 525.
Wickelhaspel für Förderseile 477. 478.
Widerlager für Senkschächte 212.
Wiede 280. 281. 287.
Wiederbelebungsvorrichtungen 641.
Wiendahlsbank, Steinkohlengrube 571.
Wilhelmschacht, Erzbergwerk 140.
Wille 306.
Winkhaus 390. 399.
Winter 465.
Wintershall, Kalisalzwerk 278.
Winterslagschächte (Belgien) 263.
Wittener Stahlformgießerei 329.
Wolf 547.
Wolff, E., Förderhaspel 444. 446.
Wolf, Netter & Jacobi 307.
Wollanky 67.
Wolmann 25.
Wuczkowski 101.
Würfel & Neuhaus 298. 440. 441.
„Wurstwagen" 413. 414.

Zäringer 260, 272.
Zahnstangenförderung 527.
Zaunverzug 44.
Zechstein 562.
Zeigertelegraph 549. 550.
Zement 84. 85. 86.
— für Schachtzementierungen 282. 283.
Zementierlöcher 288 u. f.
Zementierung beim Schachtabteufen 284 u. f.
— undichter Schachtwandungen 277 u. f.
Zementierverfahren 276 u. f. 292. 293.
Zementmörtel 83 u. f. 125.
Zentralstellen für Rettungswesen 643.
Zentrifugalpumpen 589 u. f.
Zernin 523.
Ziegelsteinmauerwerk 82. 83. 110.
„Zimmer" bei der Vortreibezimmerung 62.
Zörner 563.
Zollern, Steinkohlengrube 608.
Zollverein, Steinkohlengrube 381. 586.
Zubringeförderungen für Seilförderungen 374. 375. 383.
Zugförderung mit Seil 367.
Zugkraft beim Bremsbetriebe 417 u. f.
Zuglängen 364. 415.
Zungenweichen 349. 350. 351.
Zusammengesetzter Ausbau 14.
— Eisenausbau 73 u. f.
— Holzausbau 37 u. f.
Zusatzgewichte in Bremsbergen 420.
Zuschläge bei Beton 98. 99.
Zwangschienen 351.
Zwartbergschacht (Belgien) 263. 272.
Zweitrümmige Bremsberge 417. 419 u. f.
Zwerghaspel 366. 447. 448.
Zwieselketten 488.
Zwischenanschläge in Bremsbergen 406. 407. 425 u. f.
— — Schächten 492.
Zwischengeschirr 484 u. f. 539.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA BIBLIOTEKA GŁÓWNA

Lehrbuch der Bergbaukunde

mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaues

Von

Professor F. Heise, Bochum und Professor F. Herbst, Essen

In zwei Bänden

Erster Band:

Gebirgs- und Lagerstättenlehre. — Das Aufsuchen der Lagerstätten (Schürf- und Bohrarbeiten). — Gewinnungsarbeiten. — Die Grubenbaue. — Grubenbewetterung

Fünfte, verbesserte Auflage

Mit etwa 568 Textabbildungen und 1 lithogr. Tafel

Erscheint im Frühjahr 1923

Kurzer Leitfaden der Bergbaukunde

Von Professor **F. Heise** in Bochum und Professor **F. Herbst** in Essen

Zweite, verbesserte Auflage. Mit 341 Textfiguren. 1921

GZ. 5,2

Die Bergwerksmaschinen. Eine Sammlung von Handbüchern für Betriebsbeamte. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen herausgegeben von Dipl.-Berging. **Hans Bansen** in Tarnowitz.

Erster Band: **Das Tiefbohrwesen.** Unter Mitwirkung von Dipl.-Berging. A. Gerke und Dr.-Ing. L. Herwegen bearbeitet von Dipl.-Ing. **Hans Bansen.** Zweite Auflage. In Vorbereitung.

Zweiter Band: **Gewinnungsmaschinen.** Von Dipl.-Berging. **A. Gerke,** Dipl.-Bergingenieur Dr.-Ing. **L. Herwegen,** Dipl.-Bergingenieur Dr.-Ing. **O. Pütz,** Dipl.-Ing. **Karl Telwes.** Zweite Auflage. In Vorbereitung.

Dritter Band: **Die Schachtfördermaschinen** I. Teil: Bearbeitet von Priv.-Doz. Dr. **Fritz Schmidt.** II. Teil: Bearbeitet von Dipl.-Ing. **Hans Bansen,** Bergingenieur. III. Teil: Antrieb durch Elektromotoren. Von Prof. Dr.-Ing. **E. Foerster.** Mit etwa 85 Textabbildungen. Zweite Auflage. Erscheint Ende 1922.

Vierter Band: **Die Schachtförderung.** Bearbeitet von Dipl.-Berging. **H. Bansen** und Dipl.-Ing. **K. Telwes.** Zweite Auflage. In Vorbereitung.

Fünfter Band: **Die Wasserhaltungsmaschinen.** Von Dipl.-Ing. **K. Telwes.** Mit 362 Textfiguren. 1916. Gebunden GZ. 18

Sechster Band: **Die Streckenförderung.** Von Dipl.-Bergingenieur **Hans Bansen.** Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 593 Textfiguren. 1921. Gebunden GZ. 18

Der Grubenausbau. Von Bergingenieur **Hans Bansen** in Tarnowitz. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 498 Textfiguren. 1909. Gebunden GZ. 8

Die Grundzahlen (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft

Hebe- und Förderanlagen. Ein Lehrbuch für Studierende und Ingenieure. Von Professor **H. Aumund,** Danzig.

Erster Band: Anordnung und Verwendung der Hebe- und Förderanlagen. Zweite Auflage. Mit etwa 606 Textfiguren. In Vorbereitung.

Zweiter Band: Gesichtspunkte, Regeln und Berechnungen für den eigentlichen Bau der Hebe- und Förderanlagen. In Vorbereitung.

Die Förderung von Massengütern. Von Professor Dipl.-Ing. **G. v. Hanffstengel.**

Erster Band: Bau und Berechnung der stetig arbeitenden Förderer. Dritte, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 531 Textfiguren. Unveränderter Neudruck. Erscheint Anfang 1923.

Zweiter (Schluß-) Band: Förderer für Einzellasten. Dritte Auflage. In Vorbereitung.

Die Drahtseilbahnen (Schwebebahnen). Ihr Aufbau und ihre Verwendung. Von Reg.-Baum. Prof. Dipl.-Ing. **P. Stephan.** Dritte, verbesserte Auflage. Mit 543 Textabbildungen und 3 Tafeln. 1921. Gebunden GZ. 15

Berechnung elektrischer Förderanlagen. Von Dipl.-Ing. **E. G. Weyhausen** und Dipl.-Ing. **P. Mettgenberg.** Mit 39 Textfiguren. 1921. GZ. 2,4

Die Drahtseile als Schachtförderseile. Von Dr.-Ing. **Alfred Wyszomirski.** Mit 30 Textabbildungen. 1920. GZ. 2,4

Einführung in die Markscheidekunde mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaues. Von Dr. **L. Mintrop,** Bochum. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 191 Figuren und 5 mehrfarbigen Tafeln in Steindruck. Unveränderter Neudruck. 1920. Gebunden GZ. 6

Beobachtungsbuch für markscheiderische Messungen. Herausgegeben von **G. Schulte** und **W. Löhr,** Markscheider der Westfäl. Berggewerkschaftskasse und ord. Lehrer an der Bergschule zu Bochum. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 18 Textfiguren und 15 ausführlichen Messungsbeispielen nebst Erläuterungen. 1922. GZ. 2,4

Physik und Chemie. Leitfaden für Bergschulen von Dr. **H. Winter.** Mit 114 Textfiguren und einer farbigen Tafel. 1920. GZ. 3,4

Leitfaden der Hüttenkunde für Maschinentechniker. Von Dipl.-Ing. **K. Sauer.** Zweite, durchgesehene Auflage. Mit 82 Textabbildungen. 1922. GZ. 1,8

Die Grundzahlen (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft

BG Politechniki Śląskiej
nr inw.: 102 - 134843
Dyr.1 134843