GLÜCKAUF

Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift

zeitweilig zugleich

DER BERGBAU

Zeitschrift des Vereins Deutscher Bergleute im NSBDT. und folgender Verbände:

Verein für die bergbaulichen Interessen in Essen • Technischer Überwachungs-Verein Essen • Bezirksgruppen Steinkohlenbergbau Ruhr, Aachen, Saar, Oberschlesien, Niederschlesien, Mitteldeutschland und Niedersachsen der Wirtschaftsgruppe Bergbau • Bezirksgruppe Siegen der Wirtschaftsgruppe Bergbau • Schriftwalter: Bergassessor C. POMMER, für den wirtschaftlichen Teil Dr. H. MEIS, Essen; Schriftwaltung für Schlesien: Professor Dr.-Ing. G. SPACKELER, Breslau, für Südosteuropa Dr. I. K. TURYN, Wien

Heft 39/40 | Essen, 2. Oktober 1943 | 79. Jahrgang

Seite

GUMMERT, Fritz und Heinrich Gustav STEINMANN: Vom Kohlenstoff 449

BURGHOLZ, Rudolf: Ein für den Bergbau neuartiges elektroakustisches Sprechverständigungsgerät . . 453

ANTHES, Hans: Elektrischer Antrieb der Großarbeitsmaschinen im Bergbau 459

UMSCHAU: Die Enteignung von Bergschadensverzichtsgelände - Alte Urteile und neue Gedankengänge — Wege zur Energieeinsparung — Beobachtungen der Magnetischen Warten der Westfälischen Berggewerkschaftskasse im Juli 1943 463

WIRTSCHAFTLICHES: Eisen und Kohle in Peru . . 465

Patentbericht, Zeitschriftenschau 466

Persönliches 468

VDB.-Nachrichten 468

Kohlen- und Koksaufbereitung

Transportanlagen

Kokereimaschinen

WIESCHEBRINK

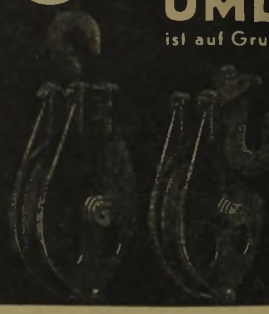
Westfälische Maschinenbau-Gesellschaft m.b.H. Recklinghausen

Fahrdrahtaufhängungen „Universal" DRP.,
Gesteinstaubsperrenhalter „Triumph" DRP.,
Kabelaufhängungen „Universal" DRP.,
Preßluftdüsen „Triumph" DRP.

haben sich im Bergbau bestens bewährt. — Verlangen Sie ausführliche Angebote mit Prospekten.

Wilhelm Ackermann
Sondererzeugnisse für den Bergbau
ESSEN, Ruf 33110

Die SK **SCHRAPPERSEIL-UMLENKROLLE**
ist auf Grund langjähriger Erfahrung im Schrapperbetrieb hergestellt



Kein Verklemmen des Seiles!
Geringes Gewicht!
Leichter Lauf!
Unbegrenzte Haltbarkeit!
Seitlich aufklappbar!

SCHMIDT, KRANZ & CO.
NORDHÄUSER MASCHINENFABRIK A. G.

DICHTSTOFFE
sind immer maßgeblich zur Produktionssteigerung. Aus dem Programm des Teroson-Werkes kommen vor allem die flüssigen, kittartigen und pastenförmigen Dichtungsmassen
TEROSON-FLUID-TEROSON-GEHÄUSE-KITT MK 26-TEROSON-ATMOSIT
in Betracht, die benzin-, benzol-, ölfest, hitze- und kältebeständig sind. Dazu alle Erzeugnisse der Maschinenpflege und der Materialerhaltung.
TEROSON-WERK • HEIDELBERG

TOTAL
Bergbau-Luftschaumlöscher
IN GRANATENFORM
TOTAL KOM. GES. FOERSTNER & CO. APOLDA·BERLIN·WIEN

C 5

Der „Unverwüstliche" Präzisions-Radsatz
für den rauhen Bergbaubetrieb

Schmierbüchsen-Radsatz mit quergeteilter Achse, System „Schauwinhold", DRP.
vereinigt alle Grundbedingungen, die man an einen Förderwagen-Radsatz, der ständig starken Stößen ausgesetzt ist, stellen muß.

1. Leichter Lauf, 2. Wenige und unempfindliche Teile, 3. Einfacher Zusammenbau, 4. Präzise Ausführung 5. Staubsicherer Labyrinthabschluß, 6. Geringe Anzahl der Schmierungen pro Jahr, 7. Lange Lebensdauer.

Otto Gruson & Co Stahlwerke und Zahnräderfabrik Magdeburg

GLÜCKAUF
Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift
zeitweilig zugleich
DER BERGBAU

Heft 39/40 Essen, 2. Oktober 1943 79. Jahrgang

Vom Kohlenstoff.

Von Dr. Fritz Gummert und Dr. Heinrich Gustav Steinmann, Essen.

»Die Kohle ist die Voraussetzung für beinahe alles, was es überhaupt auf der Welt gibt«.
Hermann Göring.

Die Rolle des Kohlenstoffs für das organische Leben.

Unter den 90 Elementen, aus denen unsere Erdrinde mit ihren Meeren und ihrer Lufthülle aufgebaut ist, steht mengenmäßig der Kohlenstoff — C — an 13. Stelle. Sein Vorkommen in dem uns einigermaßen zugänglichen Teil der Erdrinde wird auf etwa 1/1000 Gewichtsanteil geschätzt. Für das organische Leben, welches sich praktisch auf einer Schale von nur wenigen Metern Stärke abspielt, also für alles, was da wächst, kreucht und fleugt, ist C gleichwohl der wichtigste Grundstoff.

Das wäre selbst der Fall, wenn das Leben sich nur als Aufbau organischer Substanz vollzöge, denn alle Wesen, ob Tier oder Pflanze, bestehen in der Trockensubstanz zu rd. der Hälfte aus C, während sich in die andere Hälfte viele Elemente teilen. Doch ist Aufbau ohne Abbau des Organischen schwer vorstellbar, weil nichts vermodern würde; man könnte etwa an eine Art ständig langsam wachsenden Moospolsters denken. Wie sich dies in den deutschen Worten »Wesen« und »Verwesen« ausprägt, gehört zum Leben, so wie wir es verstehen, wesensnotwendig das Wechselspiel zwischen Leben und Tod. Aber auch andere Energieleistungen als das eigentliche Wachsen sind mit dem Leben notwendig verknüpft.

Sowohl der Aufbau organischer Substanz als auch der Abbau und die hierbei freiwerdende Energie beruhen nun gerade auf dem dem C eigentümlichen Streben, die verschiedenartigsten Verbindungen mit sich selbst und anderen Elementen einzugehen. Alle übrigen Elemente können etwa 15000 Verbindungen bilden, die noch nicht alle dargestellt worden sind, vom C sind jedoch rd. 400000 Verbindungen schon bekannt. »Die Fähigkeit des Kohlenstoffs, Wasserstoff und Sauerstoff nebeneinander in wechselndsten Verhältnissen und Formen zu binden, ist von höchster Bedeutung für die organische Welt.... Nach seinen Irrfahrten im Pflanzen-, Tier- und Menschenkörper erscheint der Kohlenstoff immer wieder als Kohlendioxyd und dringt in dieser flüchtigen Gestalt überallhin, wo neue chemische Abenteuer seiner warten. Die harmonische Vereinigung vieler sonst nur getrennt auftretender chemischer Fähigkeiten findet sich bloß an der einen, eben vom Kohlenstoff besetzten Stelle des periodischen Systems[1].«

Organische Substanz wird aufgebaut dadurch, daß der Kohlensäure (CO_2) der Atmosphäre C entrissen wird und das C mit Wasser (H_2O) Kohlenhydrate, z. B. Traubenzucker ($C_6H_{12}O_6$) bildet nach der Grundsatzformel: Kohlensäure + Wasser + Energie = Kohlenhydrat + Sauerstoff oder genauer z. B.:

$$44\,g\ CO_2 + 18\,g\ H_2O + 112\ kcal \rightleftharpoons 30\,g\ C_6H_{12}O_6 + 32\,g\ O_2$$

Das ist — einmal von links, einmal von rechts gelesen — die wichtigste Grundformel der Chemie des Lebens. Aus Bestandteilen eines Gases und einer Flüssigkeit entsteht demnach ein fester Stoff.

Die nötige Energie, die hier in Kalorien ausgedrückt ist, liefert fast ausschließlich das Sonnenlicht; zu diesem Aufbau ist nur die grüne Pflanze fähig. Es ist zwar zu unseren Lebzeiten der technisch überaus bedeutsame Schritt gelungen, den Stickstoff der Luft in Verbindungen einzufangen; den Aufbau von Kohlehydraten aus CO_2 in seinem Ablauf im Organismus hat man jedoch nicht einmal im Laboratoriumsversuch nachzuahmen vermocht.

Aus dem Kohlehydrat $C_6H_{12}O_6$ = Traubenzucker bildet sich nun mit den eigenen Energiequellen des Organismus Fett durch Verringerung des O-Anteils sowie Eiweiß hauptsächlich dadurch, daß Stickstoff — N — in die Verbindungen einbezogen wird.

Während CO_2 energetisch wirkungslos ist, z. B. sogar zum Feuerlöschen gebraucht werden kann, haben COH und COHN-Verbindungen ein energetisches Gefälle zu CO_2 hin. Wird etwa Traubenzucker verbrannt, so entsteht außer Wasser CO_2, und es wird die vorher eingeheimste Sonnenenergie in Gestalt von Wärme oder sonstigen Leistungen frei. Dieser Vorgang spielt sich ab bei schneller Verbrennung mit offener Flamme, aber auch bei der Verwesung und bei der Atmung von Pflanze und Tier, d. h. beidemal bei langsamer Verbrennung ohne offene Flamme, also mit erheblich geringerer Reaktionsgeschwindigkeit.

Bei einer solch einseitigen Betrachtung vom Standpunkt der Chemie des C und des Energieumsatzes besteht das Leben von Pflanze und Tier aus 2 gekoppelten, aber gleichwohl wesensverschiedenen Prozessen:

1. dem Werden und Vergehen, d. h. dem stofflichen Aufbau und Abbau des Einzelwesens.

Beim Aufbau ist zwischen Pflanze und Tier zu unterscheiden. Die Pflanze baut sich im Sonnenlicht gewissermaßen selbst auf, und zwar zunächst nach der obigen Formel (Photosynthese oder Assimilation); Mensch und Tier dagegen brauchen als Nahrung ausschließlich fertige C-Verbindungen, demnach unmittelbar Pflanzen oder durch den Magen von Pflanzenfressern gewandelte pflanzliche Masse. Im Tode verhalten sich wieder Pflanzen und Tiere gleich, die Formel ist von rechts nach links zu lesen.

2. gehört zum Leben aber auch eine dauernde Aufrechterhaltung des Lebensgetriebes, also Leistungen der Muskeln, des Hirns, der Sinne, der Ranken, das Wärmegefälle gegenüber der Umgebung, Nahrungsverarbeitung, Abwehr von Krankheiten usw. Die Energie hierzu liefert ständig der Abbau von C-Verbindungen in Gegenwart von O zu CO_2: die Formel ist wieder rückwärts zu lesen. Ermöglicht wird dieser Prozeß bei Tier und Pflanze durch die Atmung. Die gemäß 1. aufgebauten C-Verbindungen stammen aus dem eigenen Körper, wie bei allen grünen Pflanzen, oder sie werden in Form von Nahrung zugeführt, wie bei allen Tieren, den Pilzen und anderen nicht chlorophyllhaltigen Pflanzen. Innerhalb der Lebenszeit der einzelnen Wesen spielt sich demnach eine Art ständigen Werdens und Vergehens ab. Will man künstlich den Aufbau zu Lasten der C-Ausatmung fördern, so hat man dafür zu sorgen, daß wenig Energie gebraucht wird. Darum sperrt man z. B. Mastgeflügel auf möglichst kleinem Raum ein.

Für beides, Aufbau und Abbau des Einzelwesens, sowie für die dauernden Lebensäußerungen spielt unter den Elementen C die wichtigste Rolle: C liefert nicht nur den Hauptbestandteil der Bausteine sondern auch der Antriebskraft.

Eine landläufige Ansicht, wonach Tiere Sauerstoff ein- und Kohlensäure ausatmen, die Pflanzen dagegen sich umgekehrt verhalten, ist sehr einseitig formuliert. Sie trifft nur zu für die tierische Atmung und die pflanzliche Photo-

[1] Etwas abgeändertes Zitat von A. Stock, zit. in K. Boresch: Kreislauf der Stoffe in der Natur, F. Honcamp: Handbuch der Pflanzenernährung, Berlin 1931, I, S. 297.

synthese, sie vernachlässigt, daß auch die Pflanzen genau wie die Tiere atmen, nur daß im Tageslicht die C-Aufnahme größer ist als die C-Ausatmung.

Sehen wir uns diese Dinge näher an und nehmen wir zunächst den Menschen vor:

Als tägliche Nahrung für einen erwachsenen Arbeiter kann man etwa rechnen mit

		g C
400 g Kohlenhydraten	=	187
100 g Eiweiß	=	54
60 g Fett	=	46
	=	287

Das entspricht einer jährlichen Aufnahme von 105 kg C. Rechnet man noch 10% der Kohlenhydrate als unverdauliche Rohfaser mit 7 kg C hinzu, so nimmt ein Mensch im Jahr 112 kg C auf, also erheblich mehr, als sein durchschnittliches Gesamtgewicht beträgt. Da der C-Anteil beim Erwachsenen etwa 15–25 kg ist, so bedeutet dies, daß der Mensch etwa 6mal soviel jährlich an C zu sich nimmt, als sein Körpergewicht an C enthält. Unter der Voraussetzung, daß das Gewicht weder zu- noch abnimmt, werden von den jährlich 112 kg C abgegeben durch Atmung rd. 100 kg C, der Rest in Kot und Harn.

Auch in der Zeit des Aufbaues übersteigt die Energieleistung wesentlich die Gewichtszunahme. Für das erste Lebensjahr gilt etwa folgendes:

	kg C
Nahrungsaufnahme	26
Gewichtszunahme (insges. 6,5 kg)	1
Ausatmung, Kot und Harn . . .	25

Weitaus der größte Teil des C wird also veratmet, nur ein kleiner Bruchteil dient dem Aufbau.

Für ein einjähriges Schlachtschwein sind die Zahlen etwa folgende:

	kg C
Jährliche Nahrung	340
Fleischansatz (insges. 130 kg) .	20
Ausatmung, Kot und Harn . .	320

für eine ausgewachsene Milchkuh im Jahr der Schlachtung:

	kg C
Jährliche Nahrung	2500
1 Kalb (Geburtsgewicht 40 kg) .	7
2000 l Milch	133
Ausatmung	2000
Kot und Harn	360
	2500
Fleisch, Leder (früher vorhanden)	100

Es ist ersichtlich, welch große Rolle die Aufrechterhaltung des Lebensgetriebes gegenüber dem Aufbau, dem Wachsen des Menschen und Tieres spielt. Bei sehr beweglichen Tieren ist die Veratmung noch größer; der Sperling soll fast das 100fache seines Körpergewichtes jährlich veratmen.

Wie liegen die Dinge bei den Pflanzen? Leider sind sie bis heute nur wenig geklärt, obwohl es sich um Fragen handelt, die für Landwirtschaft und Gärtnerei von größter Bedeutung sind[1]. Es scheint beinahe so, als ob sich die Fachleute innerlich gegen den Befund sträubten, daß die grünen Pflanzen CO_2 nicht nur bei der Assimilation aufnehmen, sondern auch bei der Atmung abgeben. Man ist froh, wenn unter vielen Worten auch einige greifbare Zahlen zu finden sind: es sollen im Durchschnitt 30–40%[2] der am Tage aufgebauten Assimilationsprodukte veratmet werden. Danach ergäbe sich — wiederum in C gerechnet — je ha:

Winterroggen (Vegetationszeit 11 Monate):		kg C
Summe der gebildeten Substanz		5500
abzüglich Veratmung (35%)		1900
= Körner 2000 kg	= 600 kg C	
Stroh 5000 kg	= 2000 kg C	
Wurzeln 1,666 kg	= 1000 kg C	3600

[1] E. Reinau: Praktische Kohlensäuredüngung, Berlin 1927. »Das Verhältnis zwischen Ab- und Zunahme, meßbar am CO_2-Austausch, ist praktisch für die Pflanzenerzeugung von größter Bedeutung, so daß es wohl den Schweiß einiger Doktorarbeiten und noch eingehenderen Untersuchungen wert wäre.«

[2] K. Wetzel: Grundriß der allgemeinen Botanik, Berlin 1940. K. Boresch, Kreislauf der Stoffe in der Natur, in F. Honcamp, Hdb. d. Pflanzenernährung Berlin 1931 I, S. 303, gibt jedoch nur 5—10% an.

Zuckerrüben (Vegetationszeit 7 Monate):		
Summe der gebildeten Substanz		5600
abzüglich Veratmung (25%)		1400
= Rüben 30 000 kg	= 3200 kg C	
Blätter 25 000 kg	= 1000 kg C	4200

Die Veratmung ist im Falle der Zuckerrübe mit ihrem charakteristischen Spätherbstwachstum besonders niedrig angenommen.

So unzulänglich unsere Kenntnisse auf diesem Gebiet auch sind, so ist klar, daß — umgekehrt wie bei Tier und Mensch — bei den grünen Pflanzen der Aufbau und nicht die Energieleistung größere C-Mengen erfordert; offenbar spielt dabei die geringere Beweglichkeit und die geringere Eigenwärme der Pflanzen die Hauptrolle. Bakterien und Pilze haben dagegen eine noch stärkere Atmung als die Tiere. Lundegårdh[1] sagt hierzu: »Ihre große Atmungsintensität ist überhaupt die notwendige Voraussetzung der gewaltigen chemischen Umwandlungsarbeit, die in der Natur durch sie geleistet wird. . . . Das sich mit der Verkleinerung der Dimensionen ergebende immer lebhaftere Reaktionsvermögen des Organismus mit der Umgebung hat konsequenterweise die Mikroorganismen in die Rolle der »Zerstörer« hineingesetzt, während die Makroorganismen auf die Vermehrung und Erhaltung des vorhandenen Kapitals von frischer organischer Substanz hinarbeiten.«

Hervorgehoben sei, daß es sich bei den vorstehenden Zahlen ausschließlich um einseitige C-Bilanzen handelt. Energetisch spielt auch H eine Rolle. Ferner sind außer C natürlich auch noch andere Stoffe notwendig, wie besonders Stickstoff, sodann Kalium, Phosphor und Kalzium. Sie machen aber mengenmäßig nicht mehr aus als das Salz in der Suppe!

Menschen, Tiere und Pflanzen sind in erster Linie Kohlenstoffwesen. Eine Ausnahme bilden einige wenige Mikroorganismen, wie z. B. Schwefelbakterien, die zwar zum Aufbau C gebrauchen, ihren Energiehaushalt aber mit Hilfe des Schwefels betreiben nach den Gleichungen:

$$2\,H_2S + O_2 \rightarrow 2\,S + {}_2H_2O + 122\ \text{kcal}$$
$$2\,S + {}_3O_2 + 2\,H_2O \rightarrow 2\,H_2SO_4 + 282\ \text{kcal.}$$

Diese und wenige andere Bakterien sind sogar in der Lage, ohne Sonnenlicht CO_2 zu assimilieren. Offenbar stellen diese Bakterien entwicklungsgeschichtlich einen hochspezialisierten Seitenzweig dar; sie lassen den Gedanken aufkommen, daß unter veränderten Verhältnissen, etwa auf anderen Planeten, ein völlig kohlenstofffreies Leben möglich wäre.

Für uns Menschen hat C noch weitergehende Bedeutung: Wir brauchen außer der Nahrung noch Kleider, Wohnung, Wärmezufuhr und manches andere. Die gesamte Kleidung besteht wiederum aus C-Verbindungen, und zwar entweder rein pflanzlichen, wie Baumwolle, Leinen, Zellwolle, oder solchen, die durch den Tiermagen gegangen sind, wie Wolle, Seide, Leder. Die hinter uns liegenden Jahrtausende hat man als Zeitalter des Holzes bezeichnet — und wirklich hat Holz als Werkstoff wie als Heizmittel eine überragende Bedeutung gehabt. Trockenes Holz besteht zu etwa der Hälfte aus C. Wenn wir nun in den letzten 3–4 Generationen dazu übergegangen sind, die Kohlenvorräte der Erde in immer steigendem Maße anzugreifen, so nutzen wir auch bei der etwa 80% C enthaltenden Kohle wieder das Gefälle zur CO_2 aus, indem wir die eingefangene Sonnenenergie vergangener Epochen frei werden lassen, um uns damit zu wärmen, Eisen zu schmelzen und formen, Räder rollen zu lassen, Arzneien zu liefern usw. Es erfordern: 1 m² Fensterglas rd. 40 kg C, ein warmes Bad rd. 4 kg C, 100 km Autofahrt etwa 12 l Benzin = rd. 11 kg C. Für die synthetische Herstellung dieses Benzins sind je kg etwa 5 kg C nötig. Zum Kochen eines Mittagessen ist meist mehr C im Heizstoff nötig als in der Nahrung steckt. Die Nahrung selbst hat jedoch auch häufig schon bei der Herstellung C gebraucht — z. B. 1 kg Zucker etwa 1 kg C — oder Kohle für Eisenbahnfracht.

C ist daher ein Stoff, der es schon lohnt, sich näher mit ihm zu beschäftigen und seiner Rolle für Deutschland nachzuspüren; dies auch deswegen, weil er in der Literatur stiefmütterlich behandelt ist. So sind landwirtschaftliche Bücher voll von Aschenanalysen der nicht verbrennbaren Elemente, obwohl diese in der Pflanze insgesamt viel

[1] H. Lundegårdh: Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur, Jena 1924.

weniger ausmachen als C. Der Landwirt denkt an Stickstoff, Kali, Phosphor, Kalk und Wasser; er weiß oft nicht, daß seine Tätigkeit in erster Linie dahin zielt, C der CO_2 der Atmosphäre zu entreißen, um C-Verbindungen aufzubauen[1].

Um die Wirkung der Düngesalze, um Fragen des Wasserhaushaltes kümmern sich große Institute, mit dem Kreislauf der CO_2 und der überragenden Bedeutung des C für das Leben haben sich nur wenige Forscher eingehender beschäftigt[2]. Jüngst ist noch dem »Sauerstoff in Natur und Technik« ein Kosmos-Bändchen, dem »Stickstoff als Lebenskraft« ein Heft des Deutschen Museums gewidmet worden; auf die Wichtigkeit des Kohlenstoffs für den Menschen, namentlich für den deutschen Lebens- und Wirtschaftsraum hinzuweisen und einige wesentliche Zahlen zusammenzubringen, scheint daher auch in der heutigen Kriegszeit vertretbar.

Beitrag zu einer Kohlenstoffbilanz Deutschlands.

Wenn auch der Erdkern trotz großer Dichte vielleicht mehr C als die Erdrinde enthält, so ist dies für unsere Betrachtung unwesentlich, insbesondere da wir mit ihm nicht einmal durch die Vulkane oder CO_2-Quellen in Verbindung stehen.

Es stecken etwa, wenn man die Erdrinde 4 km dick annimmt, an C

	Mrd. t
in den Gesteinen	5000000
in Kalk und freier CO des Meeres	40000
in fossiler Kohle	7500
in der CO_2 der Atmosphäre	800
	rd. 5000 Bill. t

Nach Noddack[3] verteilt sich die C-Menge in den Gesteinen etwa zur Hälfte auf die Karbonatsedimente (Kalk und Dolomit) und zu je ¼ auf die Eruptivgesteine und auf den C-Gehalt der Schiefer. Der weitaus größte Teil des C ist also entweder in den Gesteinen sehr fein verteilt oder in Form von Karbonaten — übrigens großenteils durch Tätigkeit von Organismen — fest gebunden. In beiden Fällen ist er dem natürlichen Kreislauf fast völlig entzogen, so daß nur in geologischen Zeiträumen Änderungen zu erwarten sind. Auch der Mensch greift von diesen Vorräten nur einen kleinen Teil der Karbonate beim Kalkbrennen an. Möglich erscheint aber immerhin, daß in ferner Zukunft der C der Kalkgesteine in irgendeiner Form von den Menschen ausgenutzt werden kann.

Auch für den Kalkgehalt des Meerwassers gilt, daß bundenen C-Mengen sind demgegenüber recht klein[4]; für Erd-, nicht die Menschheitsgeschichte rechnet. Etwas anderes ist dies bei der CO_2, deren Volumanteil im Meer den in der Atmosphäre übersteigt. Die CO_2 des Meeres steht mit der der Atmosphäre in Verbindung insofern, als mindestens ein langsamer Austausch stattfindet, wenn der Gehalt des einen über oder unter dem Gleichgewicht liegt. Auch die Wassertemperatur spielt eine Rolle, da im kalten Wasser, z. B. der arktischen Meere, CO_2 erheblich leichter löslich ist als in dem blauen Wasser der Tropen, weshalb es denn auch in den Tropen erheblich weniger zu fischen gibt; denn das C in CO_2 des Meeres ist naturgemäß der wichtigste Aufbaustoff für das chlorophyllhaltige Meeresplankton, von dem wieder niedere Tiere und mittelbar Fische leben. Es wäre zu wünschen, wenn über die Rolle des Meeres als Ausgleichsbecken für den CO_2-Gehalt der Atmosphäre näheres erforscht würde.

Die in den Organismen — Tiere und Pflanzen — gebundenen C-Mengen sind demgegenüber recht klein[4]; für Deutschland werden wir sie noch untersuchen.

Überaus wichtig sind die Steinkohlen-, Braunkohlen-, Torf- und Öllager. In ihnen sind etwa die 10fachen C-Mengen der Atmosphäre enthalten. Also ist es möglich, daß die Atmosphäre vor der Inkohlung der Steinkohlenwälder weit mehr C enthalten hat als heute. Man nimmt dies auch schon deswegen an, weil der Pflanzenwuchs damals besonders üppig war. Genaue Angaben sind jedoch nicht zu machen, da einerseits die ständige Festlegung von C in Kalk durch Organismen, andererseits das Freiwerden von CO_2 aus der Zersetzung von Kalksteinen in der Tiefe der Vulkane und der Ausgleich mit der CO_2 der Meere in Zeiträumen, die uns von den Steinkohlenwäldern trennen, schwer schätzbare Verschiebungen mit sich bringen.

Der CO_2-Gehalt der Atmosphäre nimmt mit steigender Höhe ab. In der obersten Bodenschicht und dicht über ihr kann er namentlich durch die Atmung der Bodenorganismen erheblich sein. Für diese wird als ungefähre Durchschnittszahl eine CO_2Produktion von 0,4 g je m^2 und h angegeben. Bis zu 10 km Höhe ist der CO_2-Anteil ziemlich gleichmäßig 0,03, von 15 bis 20 km 0,02, von 20 bis 30 km 0,01 Volum-%. Wenn somit auch der Anteil an CO_2 in der Atmosphäre gegenüber O und N verschwindend klein ist, so ergibt sich doch immerhin zusammengefaßt eine Menge von etwa 3 Bill. t[1] mit dem für das organische Leben ausschlaggebend wichtigen Gehalt von 800 Mrd. t C. Nach Jahres- und Tageszeiten, nach der Lage — ob über dem Lande oder Meer, ob über Wüsten oder der Arktis, ob über Fabriken oder Äckern, ob auf Gebirgen oder in Tälern — schwankt dieser kleine CO_2-Gehalt unserer Erdenluft ziemlich, aber im Durchschnitt scheint er doch um einen Mittelwert von 0,03%, d. h. 30 auf 100000 Teile zu pendeln. Erklärlicherweise ist er in vulkanischen Gebieten höher, wie dies z. B. für Japan angegeben wird; auch die Gegend von Baden-Baden soll ähnlich daran sein.

Näher wollen wir diese Dinge für Deutschland betrachten, schon allein, weil dann die Zahlen etwas verläßlicher sind. Hier wollen wir auch versuchen, nicht nur den Bestand, sondern auch die Bewegung zahlenmäßig zu erfassen.

Deutschland nimmt bekanntlich rd. den 1000. Teil der Erdoberfläche (einschl. etwa 72% Meer) ein. Bei seinem Kalkreichtum wird Deutschland beim Kalk über dem Durchschnitt liegen, also ganz rd. bei 6 Bill. t C. Deutschlands Kohlenvorräte seien mit 100 Mrd. t angenommen, was über ganz Deutschland gerechnet einem Flöz von rd. 20 cm Mächtigkeit entsprechen würde. Gerade hier sind wir reichlicher bedacht als der Durchschnitt. Dazu kämen Torf und Öl, andererseits ein Abzug für andere Elemente als C, so daß mit etwa 100 Mrd. t C gerechnet werden kann. Bei der Umrührung, die die Luft durch den Wind erfährt, und der hohen Diffusionsgeschwindigkeit der CO_2 nehmen wir den Anteil »unserer Atmosphäre« mit $^1/_{1000}$ der Erdenluft, also 800 Mill. t C an.

Für ein Gebiet wie Deutschland können wir schon eher wagen, das organische Leben zu wägen. Bei den grünen Pflanzen kann wohl mit einem Bestand von rd. 850 Mill. t C gerechnet werden.

> 65% landwirtschaftliche Fläche = 33 Mill. ha × im Durchschnitt 3000 kg C/ha/Jahr = 100 Mill. t C. (Als Bestandszahl nur für den Sommer gültig) + 25% = 12500 ha Wald × im Durchschnitt 2000 kg C/ha/Jahr Holzzuwachs (für das Laub dürfte eine etwa gleich große Menge in Frage kommen) = 25 Mill. t C bei einem im Durchschnitt 30 Jahre alten Waldbestand = 750 Mill. t C im Holz.

Bei Mensch und Tier und nichtgrünen Pflanzen tappen wir noch mehr im Dunkeln, insbesondere, da die Bodenorganismen schwer zu schätzen sind. Die dabei auftauchende Frage, ob es in Deutschland z. B. mehr Regenwurm- als Menschenfleisch gibt, ist wohl zu Gunsten der Regenwürmer zu beantworten. Es sei mit 2,5 Mill. t C bei den Bodenlebewesen gerechnet.

> Laut Löhnis, zitiert bei R. H. Francè »Das Leben im Ackerboden« Stuttg. 1923 S. 75, entfallen auf 1 ha fruchtbaren Ackerbodens 4–500 kg Bakterien, ferner 4–500 kg Algen, Pilze und Kleintiere und bis zu 1000 kg Regenwürmer. Wird im Durchschnitt von 1000 kg Gesamtgewicht je ha ausgegangen, mit 90% Wasser und 5% C, so ergibt dies für Deutschland die Zahl von 2,5 Mill. t. A. Rippel: »Vorlesungen über Bodenmikrobiologie«, Berlin 1933, nimmt 360 bis 1200 kg Trockensubstanz an Mikroorganismen je ha an. Das ergäbe höhere Zahlen. Nach einer persönlichen Mitteilung von ihm entziehen sich jedoch insbesondere

[1] Liebig hat dies schon ausgesprochen: »Es handelt sich in der Agricultur hauptsächlich darum, die besten und zweckmäßigsten Mittel anzuwenden, um dem Kohlenstoff der Atmosphäre, nämlich die Kohlensäure, in die Pflanzen unserer Felder übergehen zu machen«. J. v. Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie, 7. Aufl. Braunschweig 1862, I S. 266.

[2] Soweit uns bekannt, haben sich eingehender mit diesen Fragen H. Lundegårdh a. a. O. und W. Noddack, Angew. Chemie 1937 S. 505 ff. befaßt. Während Lundegårdh die Bedeutung der CO_2 für das Pflanzenwachstum in den Mittelpunkt stellt, geht Noddack von der geochemischen Seite an die Dinge heran; von Noddack wird C als das »sozialste« Element bezeichnet.

[3] a. a. O. S. 508.

[4] Die von G. Berg: Das Leben im Stoffhaushalt der Erde, Leipzig 1916, S. 42 für das pflanzliche Plankton angegebenen Zahlen erscheinen ziemlich hoch.

[1] Die die Literatur durchwandernde Angabe von 2,1 Bill. t CO_2 erscheint zu niedrig.

die Pilze jeglicher verläßlicher Schätzung. Versucht man andererseits eine Errechnung über die Zahlen, die für Bodenatmung je Flächeneinheit angegeben werden (gekürzt um 1/3 als Wurzelatmung der Pflanzen, also um aus der Atmosphäre stammende CO_2) so kommt man bei der großen Atmungsintensität der Mikroben kaum zu sehr viel größeren Werten.

Für Mensch und Tier werden etwa 5 Mill. t C in Frage kommen.

Die sehr überschlägliche Rechnung ist wie folgt vorgenommen:

		Mill. kg
80 Mill. Menschen × 50 kg	=	4 000 000
30 Mill. Schweine, Schafe, Ziegen × 50 kg	=	1 500 000
4 Mill. Pferde + 20 Mill. Rinder × 400 kg	=	9 000 000
	rd.	15 000 000
Für Vögel, Wild, Insekten usw. noch einmal		15 000 000
		30 000 000

Hiervon 15 bis 20 % = rd. 5 Mill. t C.

Damit kommen wir für Deutschland zu folgenden Bestandzahlen für C:

	Mill. t
Gesteine	6 000 000
Kohle, Braunkohle, Torf, Öl-Vorräte	100 000
Atmosphäre	800
Wald (Holz)	750
andere grüne Pflanzen	100
Mensch und Tier	5
Bodenorganismen	2,5

Natürlich sollen und können auch diese Zahlen wieder nur ganz ungefähre Werte vermitteln.

Beachtlich ist der Umstand, daß die Atmosphäre etwa ebensoviel C enthält wie das organische Leben in Pflanze und Tier. Das liegt zur Hauptsache an Deutschlands starkem Waldbestand. Würde es etwa gelingen, durch Erweiterung der regelrechten Durchforstung den jährlichen Zuwachs auf 4000 kg C/ha/Jahr[1] und den durchschnittlichen Forstbestand auf 60 Jahre zu steigern, so würden rd. 3 Milliarden t C — also fast das 4fache des C in der darüberlagernden Atmosphäre — im Wald festgelegt sein.

In unseren Kohlenlagern liegt etwa 100 mal soviel an C, als das gesamte organische Leben in Deutschland heute enthält, ebenso 100 mal soviel als C in der Atmosphäre über Deutschland, während der Weltdurchschnitt der fossilen Kohle nur etwa das 10fache der C-Mengen in der Erdatmosphäre ausmacht.

Bei aller Schwierigkeit der Schätzung ergibt sich ein quantitativ recht kleiner Anteil von Mensch und Tier gegenüber dem Pflanzenleben.

Wichtiger als Bestands- sind Bewegungszahlen. Dazu sei zunächst die Frage behandelt: Ist die organische Welt — der Menge nach — begrenzt? Wir glauben sie dahin beantworten zu können, daß zwar nicht etwa schon in Belgien weniger Salat wächst, wenn in Holland die Salatbestellung verdreifacht wird, daß aber doch z. B. die Anlegung von Wäldern mit hundertjährigen Bäumen in allen Wüsten der Erde den CO_2-Vorrat der Atmosphäre und damit das Wachstum aller Pflanzen merklich beeinflussen würde. Sollte das für Landpflanzen nicht zutreffen, weil CO_2 aus den Meeren nachströmt, so würde immerhin das organische Leben der Meere dadurch entsprechend geringere Entwicklungsmöglichkeiten haben[2].

Mit Schätzungen und Berechnungen von Zahlen über die Menge des C, die jährlich von Tier und Pflanze einschließlich der Mikroorganismen einerseits aufgenommen, andererseits durch Atmung und Vermodern abgegeben wird, brauchen wir uns nicht weiter aufzuhalten. Es ist ein ständiger Kreislauf der nur dadurch verengt oder erweitert wird, wenn sich — insbesondere bei langlebigen Organismen, z. B. Bäumen oder Menschen — die Bestandzahlen wesentlich ändern, wie das beim Überwiegen des Einschlages über den normalen Waldzuwachs der Fall ist. Auch solche Dinge wie die Aufgabe der Dreifelderwirtschaft und die Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge spielen dabei mit. Auf die Bedeutung der Umschlagsgeschwindigkeit z. B. bei mehreren Ernten, und auf jahreszeitliche Schwankungen sei nur kurz hingewiesen. Zu diesem organischen Kreislauf gehört auch die im Gärungsgewerbe freiwerdende CO_2.

Keine große Rolle spielt das bei der Kalk- und Zementfabrikation freiwerdende C — wenige Mill. t in Deutschland — ganz abgesehen davon, daß der Teil der zu Mörtel oder Anstrich verbraucht wird, beim »Abbinden« wiederum CO_2 bindet.

Schwer zu schätzen ist, was jährlich an CO_2 und elementarem C durch die Flüsse und Ströme in das Meer abschwemmt, eine Menge, die mit der zunehmenden Verstädterung wahrscheinlich angestiegen ist. Hat man einmal an der Mündung der Emscher — dieser cloaca maxima des Ruhrreviers — gestanden und die schwarze Schlammsuppe gesehen, die jahraus, jahrein in den Rhein strömt, so erscheinen die Pläne, den Emscherschlamm nutzbar zu verwerten, doch recht bedeutungsvoll.

Vergleichsweise gering sind die C-Mengen in den jährlichen Ein- und Ausfuhrzahlen. Bei Ländern, bei denen die Ein- oder Ausfuhr von Nahrungsmitteln oder Kohlen eine erheblich größere Rolle spielt, z. B. England oder Dänemark, ist das anders.

Wenig ist auch über die Menge CO_2 bekannt, die den CO_2-Quellen an den Orten früherer vulkanischer Tätigkeit entsprudelt. Immerhin liefert eine einzige CO_2-Quelle im Brohltal täglich 2,5 Mill. Liter = rd. 500 t C im Jahr.

Alle diese Bewegungszahlen werden weit überschattet von den rd. 300 Mill. t C, die wir jährlich im Kohlenbergbau Deutschlands fördern. Sieht man von der vergleichsweise geringen Ausfuhr und von gelegentlichen oder kleineren Festlegungen, wie z. B. in Kokshalden oder im Kunstharz ab, so wird genau die gleiche Menge C, die jährlich gefördert wird, bei der Verbrennung in die Atmosphäre geleitet. Das aber bedeutet, daß weit mehr als das Doppelte dessen, was das organische Leben in Deutschland jährlich an C braucht, ja — sieht man von den Wäldern ab — daß überhaupt das Doppelte des gesamten C-Gehaltes des organischen Lebens in Deutschland Jahr für Jahr in die Luft verpufft wird.

Auf die gesamte Erde gerechnet, macht der Anteil der Kohlenförderung bisher nicht viel aus; selbst wenn wir die Förderung auf der ganzen Erde der letzten 100 Jahre zusammennehmen — das ist praktisch die bisher geförderte Gesamtmenge — ist die Erdatmosphäre nur um etwa 1/40 angereichert worden. Das ist noch so wenig, daß meßbare Ergebnisse über die Anreicherung der CO_2 in der Atmosphäre nicht vorliegen können, denn diese Zahl liegt innerhalb der Meßfehlergrenzen.

Was aber wird werden, wenn es mit der Kohlenförderung so weiter geht wie bisher, d. h., wenn sie sich alljährlich um einige Prozent und damit in dem immer wieder erstaunlichen Ausmaß der Zinseszinsrechnung erhöht? Man hat bisher diese Frage anscheinend nur vom Gesichtspunkt der dann völlig veränderten Energieversorgung gesehen, so wenn etwa darauf hingewiesen wurde, daß es kein Zeitalter gegeben hat, das derart vom Erbteil früherer Epochen zehrte, wie das unsere von Kohle und Öl. Vom Standpunkt der C-Bilanz aus ergibt sich jedoch, daß nach »Auskohlung« der Weltkohlenvorräte (vgl. die Tabelle Seite 7) die Erdatmosphäre um das 10fache mehr CO_2 enthalten könnte als bisher! Wir sagen »könnte«, weil ungewiß ist, welche Rolle das Meer dabei als Puffer spielen wird. Jedenfalls aber sind Verschiebungen in der C-Bilanz möglich, die auf künftige Generationen vom größten Einfluß sein können, und zwar wahrscheinlich im Sinne eines außerordentlich gesteigerten pflanzlichen Wachstums. Wenn berichtet wird, daß der jährliche Zellstoffzuwachs je ha bei den Schilfflächen des Donaudeltas den der schnellwüchsigen Nadelholzwälder übersteigt, könnte man immerhin denken, daß ein Teil des Verlustes der Kohlenvorräte durch jährliche Pflanzenerzeugung wettzumachen wäre. Jedenfalls stellt die »Auskohlung« den weitaus größten — jeden Durchstich von Landengen u. dgl. und auch die Abholzung weit überragenden — Eingriff des Menschen in das Leben des Erdballes dar.

Für Deutschland macht die in den letzten 100 Jahren geförderte Kohlenmenge von etwa 12 Milliarden t etwa das 15fache des C »unserer Atmosphäre« aus. Denkt man

[1] Vgl. H. Schroeder, zit. bei Honcamp a. a. O. S. 302.

[2] Liebig hatte wohl eine ähnliche Fragestellung im Sinn, wenn er schreibt: »Wäre die ganze Oberfläche der Erde eine zusammenhängende Wiese, von welcher jährlich auf 1 Hektar 100 Zentner Heu geerntet werden könnten« (wobei er wohl die theoretische Annahme macht, daß dieses Heu auf irgendeine Weise dem Kreislauf der Natur entzogen würde), »so würde in 21—22 Jahren die Atmosphäre aller darin enthaltenen Kohlensäure durch die Wiesenpflanzen beraubt sein und alles Leben würde dann ein Ende haben«. J. v. Liebig, a. a. O. S. 263.

sich über Deutschland ein Gewächshaus, so genügen bei der heutigen Kohlenförderung zwei oder drei Jahre, um den Bestand der Atmosphäre an CO_2 zu verdoppeln! Große Mengen konzentrierter CO_2 lassen wir vom Winde über die Grenzen verwehen. Bei Dampfern und Lokomotiven geht das nicht anders, wohl aber bei den überwiegend standortgebundenen Kohlenverbrauchern.

Die Frage ist, ob dies auf die Dauer so bleiben wird oder soll, obwohl wir nach 20jähriger Erfahrung mit CO_2-Düngung in Gewächshäusern genau wissen, daß ein höherer CO_2-Gehalt der Atmosphäre den Ertrag der behandelten Pflanzen um 50–100% steigert, und vor allem — das ist für unsere Breiten beinahe noch wichtiger — die Vegetationszeit erheblich verkürzt. Kaserer[1] hat nachzuweisen versucht, daß die landwirtschaftliche Ertragssteigerung in der Nähe von Industriegebieten und namentlich ostwärts davon, stärker ist, als in rein ländlichen Gegenden. Von ihm stammt auch der Satz, daß »die Kohleverbrennung erdgeschichtlich betrachtet ein einmaliger, nicht umkehrbarer Vorgang ist«.

[1] H. Kaserer: Gedanken und Vorschläge zur Erweiterung und Sicherung des Nahrungsspielraumes Großdeutschlands, Berichte über Ldw. Bd. 28, H. 1, Berlin 1942.

Vergegenwärtigt man sich die Bevölkerungszahlen der Erde, die in kaum einem Geschichtsbuch stehen, insbesondere die sich geradezu überstürzende Zunahme in jüngster Zeit — wenn diese auch z. T. auf die längere Lebensdauer zurückzuführen ist —, so kann wohl

Jahr	Mill.	Verdoppelung in Jahren
0	250	—
1650	500	1650
1840	1000	190
1940	2000	100
2000	4000 (Schätzung)	60

die Antwort nur so ausfallen, daß mit Macht darauf hingearbeitet werden wird, die durch die Kohlenförderung nebenher — nach der Verbrennung — geschenkte CO_2-Konzentration innerhalb der Grenzen der kohlefördernden Länder auszunutzen. Es mag hier genügen zu sagen, daß in Deutschland an diesem Problem gearbeitet wird im Sinne des stolzen Liebig-Wortes:

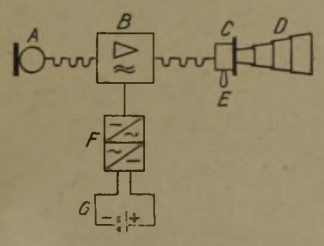
»Kein Naturgesetz sorgt für den Menschen,
denn es ist sein Knecht, und der Knecht
dient dem Herrn, er sorgt aber nicht für ihn.«

Ein für den Bergbau neuartiges elektroakustisches Sprechverständigungsgerät.

Von Dr.-Ing. Rudolf Burgholz, Technischer Überwachungs-Verein Essen.

Dem Bergbau fehlt ein leichtes, tragbares Gerät zur Herstellung von Sprechverbindungen auf Entfernungen, die von der menschlichen Stimme selbst bei lautestem Rufen nicht mehr überbrückt werden können, die andererseits aber die Benutzung ortsfester oder ortsveränderlicher Grubenfernsprecher aus verschiedenen Gründen nicht zulassen. Ein solches Gerät würde sich nicht nur vorübergehend bei Reparaturen und Unglücksfällen, sondern auch im normalen Betrieb mit Vorteil einsetzen lassen, wenn es ohne weitere Vorbereitungen an allen Orten — unter- und übertage — gebraucht werden könnte. Dazu muß verlangt werden, daß es ohne besondere Verlegung von Leitungen oder Mitbenutzung vorhandener Leitungen arbeitet, daß es von jedermann ohne Vorkenntnisse betriebssicher gehandhabt werden kann und auch bei Arbeiten unter Grubenrettungsgeräten brauchbar bleibt.

Diese Bedingungen können grundsätzlich von Lichtsprechgeräten und von elektroakustischen Sprechverständigungsgeräten erfüllt werden. Bei der Lichttelephonie wird auf der Sendeseite ein im sichtbaren oder unsichtbaren Spektralbereich liegender Lichtstrahl mit der Sprache moduliert, der auf der Empfangsseite von einer Photozelle aufgenommen wird. Sie wandelt die Intensitätsschwankungen des Lichtes wieder in Sprechfrequenzen zurück, die über einen Verstärker dem Telephon bezw. dem Lautsprecher zugeführt werden. Die Einsatzmöglichkeiten für Lichttelephoniegeräte sollen demnächst gesondert besprochen werden. Im elektroakustischen Gerät werden die Sprachschwingungen elektrisch verstärkt und von einem geeigneten Schallgeber in das umgebende Medium gestrahlt. Im folgenden wird über ein solches »Elektrisches Sprachrohr« und über die damit angestellten Versuche berichtet[1].



A Mikrophon, B Verstärker, C Lautsprecher, D Trichter, E Handgriff, F Stromversorgungsgerät, G Sammler.

Abb. 1. Grundschaltung des »elektrischen Sprachrohres«.

[1] Die Firma Telefunken, Gesellschaft für drahtlose Telegraphie mbH. Berlin, hat die zu den Versuchen erforderlichen Geräte freundlichst zur Verfügung gestellt.

1. Beschreibung des Gerätes.

Die Wirkungsweise des Gerätes ist aus Abb. 1 ersichtlich. Die in das Stiel- oder Kehlkopfmikrophon A gesprochenen Worte werden dem Verstärker B zugeführt und vom Lautsprecher C, dessen Membran zur Vergrößerung des Strahlungswiderstandes mit einem konischen Trichter D versehen ist, wieder ausgestrahlt. Der Lautsprecher ist durch eine Gummischlauchleitung mit dem Verstärker verbunden und kann am Handgriff E bequem in die gewünschte Richtung gehalten werden. Die Röhren des Verstärkers werden aus dem Sammler G geheizt, dem auch die Anodenspannungen über das Stromversorgungsgerät F entnommen werden. Als Sammler werden diejenigen der Grubenlampen für Beamte benutzt, die einen vierstündigen Betrieb des Gerätes zulassen. Der Verstärker hat eine Ausgangsleistung von etwa 3,0 Watt bei einer Spannungsverstärkung von 4,1 Neper[1]. Die Verstärkung der Schallenergie ist um die Verluste im Mikrophon und im Lautsprecher geringer.

Das Versuchsgerät war in einem leicht zu tragenden Gehäuse untergebracht und entsprach den Schlagwetterschutzvorschriften nicht. Über die endgültige Ausführung wird noch berichtet.

2. Einige schalltechnische Grundlagen.

Zum Verständnis der Untersuchungen ist es angebracht, einige Begriffsbestimmungen[2] und Erläuterungen aus der Akustik anzuführen, die im Bergbau nicht geläufig sind. Ihre Kenntnis vermittelt gleichzeitig einen Teil der erforderlichen Voraussetzungen, um sich der Lärmbekämpfung über- und untertage erfolgreich zuwenden zu können.

Unter Schall sind die mechanischen Schwingungen oder Wellenbewegungen eines elastischen Mediums im Frequenzbereich des menschlichen Hörens von 16 bis 20000 Hz zu verstehen. Frequenz f, Wellenlänge λ und Ausbreitungsgeschwindigkeit c sind durch die bekannte Beziehung $f.\lambda = c$ miteinander verknüpft. In trockener Luft bei 760 mm Hg und 0° C ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwellen gleich 331 m/s. Sie ändert sich mit dem Druck, mit der Feuchtigkeit und der Temperatur, von denen hier nur der Temperatureinfluß praktische Bedeutung hat. Mit steigender Temperatur wird

[1] Bei elektrischen und akustischen Messungen ist das Neper das in Deutschland gebräuchliche Maß für Verstärkungen und Dämpfungen. Der Verhältniswert zweier Amplituden, wie der von zwei Spannungen, zwei Strömen, zwei Schalldrücken oder von zwei Werten für die Schallschnelle wird im Maßstab der natürlichen Logarithmen ausgedrückt. Hier wird das Verhältnis der Ausgangsspannung U_A zur Eingangsspannung U_E angegeben. Der Verstärkungsgrad V ist somit:

$$V = \ln \frac{U_A}{U_E} \text{ [Neper].}$$

[2] Die Benennungen sind nach Mitteilungen des Deutschen Akustischen Ausschusses festgelegt. Ausführliche Angaben: Akust. Z. 2 (1937) S. 214.

die Dichte der Luft geringer und die Schallgeschwindigkeit somit größer. Sie nimmt mit der Wurzel aus der Temperatur zu.

Je nach den besonderen Merkmalen eines Schalles werden folgende Begriffe zu seiner Charakterisierung gebraucht: Schall von sinusförmigem Verlauf wird als Ton bezeichnet und aus Tönen beliebiger Frequenz zusammengesetzter Schall als Tongemisch. Ein Klang setzt sich aus harmonischen Teiltönen zusammen. Klänge mit Grundtönen beliebiger Frequenz geben ein Klanggemisch. Ein Geräusch liegt bei einem Tongemisch vor, dem ein kontinuierliches Spektrum entspricht oder das sich aus sehr vielen Einzeltönen zusammensetzt, deren Frequenzen nicht im Verhältnis ganzer Zahlen zueinander stehen. Von Lärm spricht man bei jeder Art von Schallschwingung, die eine gewollte Schallaufnahme oder eine Stille stört. Ein Knall ist ein Schallstoß von großer Lautstärke.

Die sich von einer Schallquelle mit Schallgeschwindigkeit ausbreitenden longitudinalen Wellen erzeugen in der Luft ein Schallfeld, in dem die Druckverschiebungen in der Fortpflanzungsrichtung der Wellen liegen. Als kennzeichnende Größe für Schallfelder wird gewöhnlich der Schalldruck, d. i. der durch die Schallschwingungen an der jeweiligen Stelle des Schallfeldes hervorgerufene Wechseldruck, in Mikrobar (μ b)[1] gemessen. Im Gegensatz zur Ausbreitungsgeschwindigkeit c des Schalles bezeichnet man die Wechselgeschwindigkeit eines unter dem Einfluß der Druckänderungen schwingenden Teilchens als Schallschnelle [cm/s]. Das Produkt aus Schalldruck und Schallschnelle ergibt die Schallstärke (Schallintensität). Sie ist die auf die Flächeneinheit bezogene Schalleistung [W/cm²]. Die Schalleistung wird in Watt angegeben und ist gleich der in der Zeiteinheit durch die Flächeneinheit strömenden Schallenergie. Die bei der Unterhaltungssprache aufzuwendende Schalleistung liegt beispielsweise zwischen 40 und 60 μ Watt.

Die Lautstärke ist das Maß für die empfindungsgemäße Einwirkung der Schallwellen auf das menschliche Ohr. Obwohl das Ohr über das Trommelfell, eine am Rand eingespannte Membram, als Druck-Empfänger arbeitet, liefert die Angabe des Schalldruckes kein Maß für die Lautstärke, weil die Ohrempfindlichkeit für Schallstärken keine lineare Funktion der physikalischen Schallstärke ist sondern eine angenähert logarithmische. Die größte Empfindlichkeit liegt infolge der Resonatorwirkung des Gehörganges mit seinem geringen Querschnitt und seiner geringen Länge bei 2000 bis 3000 Hz. Auch der zwischen dem Trommelfell und dem Innenohr, dem Sitz unseres Hörempfindens, liegende Übertragungsmechanismus ist frequenz- und amplitudenabhängig. Dazu kommen noch die subjektiv verschiedenen physiologischen und auch psychologischen Faktoren des Hörempfindens.

Abb. 2 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen der Lautstärke L und dem Schalldruck P bzw. der Schallstärke J für die im Hörbereich liegenden

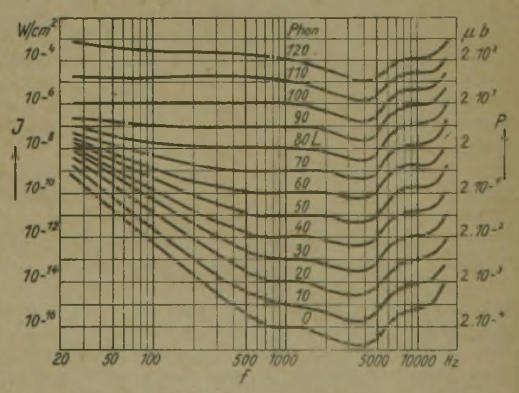


Abb. 2. Kurven gleicher Lautstärke (nach Fletcher und Munson).

Töne der Frequenzen f nach den Messungen von Fletcher und Munson[2]. Diese Kurven stellen die Mittelwerte gleicher subjektiver Lautstärken dar, die durch Messungen an einer großen Zahl normal hörender Personen gewonnen wurden. Unterhalb der Ohrempfindlichkeit liegende Schallreize werden nicht wahrgenommen. Den reziproken Wert dieser Empfindlichkeit bezeichnet man als Reizschwelle für Schallempfindungen. Der Unterschied der Reizschwellenwerte ist für die einzelnen Frequenzen sehr verschieden, wie aus der untersten Kurve der Abb. 2 hervorgeht. Bei 1000 Hz wird ein Ton der Schallstärke $J = 10^{-16}$ W/cm² gerade nicht mehr gehört; bei 30 Hz liegt diese untere Hörgrenze bereits um den millionenfachen Wert höher. Der Schwellenwert des Ohres bei 1000 Hz wurde als Nullpegel international festgelegt. Für diesen Punkt ist der Schalldruck $P_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ μ b entsprechend der Schallstärke $J_0 = 10^{-16}$ W/cm². P_0 ist der Bezugspunkt für die Beurteilung der Lautstärke nach der Phonskala. Da die Lautstärke L dem Logarithmus des Schalldruckes proportional ist, ergibt sich:

$$L = 20 \log \frac{P_1}{P_0} \text{ [Phon]},$$

wobei P_1 der Schalldruck der bei der Messung als Vergleich benutzten Normalfrequenz von 1000 Hz ist[1]. Die Lautstärke eines Schalles (z. B. Klanggemisch, Geräusch, Lärm) wird also gleich der des 1000 Hz-Tones gesetzt, der die gleiche Lautstärkeempfindung hervorruft wie der zu messende Schall beliebiger Zusammensetzung. So liegen z. B. die Phonwerte bei einem normalen Gespräch zwischen 50 bis 60, beim Flüstern zwischen 10 und 20. Durch die Festsetzung von Bezugsfrequenz und Nullpegel lassen sich auch objektive Lautstärkemessungen im Phonmaß ausführen, die zwar nicht immer mit der subjektiven Beurteilung durch Personen genau übereinstimmen, die aber stets reproduzierbare Werte geben.

Ein Ton von 1000 Hz hat bei einem Schalldruck von $2 \cdot 10^{-2}$ μb den Lautstärkenpegel von 40 Phon, bei $2 \cdot 10^{-1}$ μb 60 Phon, bei 2 μb 80 Phon usw. So sind sämtliche Linien der Abb. 2 mit dem Lautstärkenpegel beziffert, der zur Erzielung der jeweiligen Lautstärke bei 1000 Hz erforderlich ist. Aus der Kurvenschar ist zu entnehmen, daß z. B. ein Ton von 60 Hz mit einem Schalldruck von $2 \cdot 10^{-1}$ μb (Schallstärke $= 10^{-10}$ W/cm²) in einer Lautstärke von 20 Phon wahrgenommen wird; dieselbe Empfindung ruft ein 200 Hz-Ton bei einem Schalldruck von $2 \cdot 10^{-2}$ μb oder ein 5500 Hz-Ton bei einem Druck von $2 \cdot 10^{-3}$ μb hervor. Diese starke Frequenzabhängigkeit wird mit zunehmender Lautstärke geringer; die Kurven verlaufen für höhere Lautstärken flacher. Steigert man die Lautstärke über 130 Phon hinaus, so geht die Lautstärkeempfindung in Schmerz über.

Aus den angegebenen Maßstäben geht hervor, daß sich der Lautstärkenpegel bei dem Normalton von 1000 Hz an die Einteilung des Schalldruckes bzw. der Schallstärke anlehnt. Bei Messungen und Vergleichen ist besonders darauf zu achten, daß der Zusammenhang zwischen Lautstärke und Schallstärke quadratisch ist. Eine Zunahme der Lautstärke L um 10, 20, 30, 40 .... Phon ist demnach nur durch eine Steigerung der Schallstärke J auf das 10, 100, 1000 10000 .....fache zu erreichen (s. Abb. 2). Im Bereiche seiner Höchstempfindlichkeit bewältigt das Ohr Änderungen der Schallstärke $1 : 10^{13}$, ohne überlastet zu werden; das ist eine sehr große Spanne, die das Ohr in Verbindung mit seinen anderen Eigenschaften als einen ausgezeichneten »physikalischen Apparat« zu erkennen gibt, der uns von der Natur geschenkt wurde. Auf die weiteren Eigenschaften des Ohres und die Theorie des Hörens braucht in diesem Zusammenhang nicht eingegangen zu werden.

3. Die Schallausbreitung in untertägigen Strecken.

Die von dem Trichter des Lautsprechers ausgehenden Schallwellen pflanzen sich als Luftverdichtungen und Luftverdünnungen in den Strecken mit einer Geschwindigkeit von 343 m/s (bei einer Lufttemperatur von 20° C) fort. Sie breiten sich aber nicht kugelsymmetrisch aus, wie es von den Ausbreitungsvorgängen im Freien her bekannt ist, sondern in Form von Längswellen. Der senkrecht auf der Wellenfront stehende Schallstrahl läuft nicht immer gradlinig durch die verhältnismäßig engen Schacht- und Streckenquerschnitte; er wird je nach Art des Ausbaues

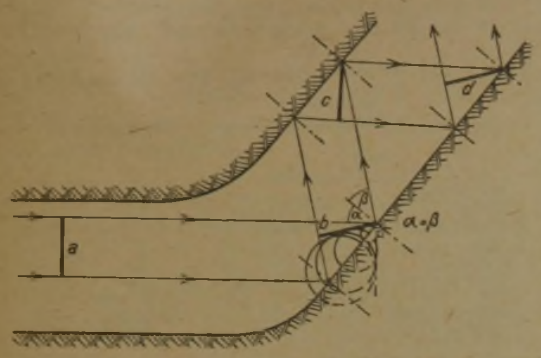
[1] 1 μb = 1 dyn/cm². 1 dyn ist die Kraft, die der Masse 1 g die Beschleunigung 1 cm/s² erteilt. Im technischen Maßsystem ist 1 μb = $1{,}02 \cdot 10^{-6}$ kg/cm².

[2] H. Fletcher u. W. A. Munson: J. acoust. Soc. Amer. 5 (1933) S. 82.

[1] Sind an Stelle der Schalldrücke P_1 und Po die Schallstärken J_1 und Jo gegeben, so ist $L = 10 \log \frac{J_1}{J_0}$ [Phon], weil $J \sim P^2$ ist.

durch die eingebauten Fördermittel und Rohrleitungen, durch den Wetterzug, durch Dichteschwankungen der Luft usw. verformt.

Treffen Schallwellen auf ein im Verhältnis zur Wellenlänge großes Hindernis mit anderer Dichte (Gebirge,



a Front der einfallenden Welle, b, c, d Wellenfronten nach der 1., 2. und 3. Reflexion.

Abb. 3. Mehrfache Totalreflexion einer ebenen Schallwelle an glatten, ebenen Flächen in einer gekrümmten Strecke.

Holzverschalungen, Ziegelsteinausmauerungen usw.), so werden sie reflektiert, wobei der Reflektionswinkel gleich dem Einfallswinkel ist. Die Reflexion ist um so vollständiger, je größer der Reflexionsgrad[1] des betreffenden Mediums ist. Der nicht reflektierte Teil der auffallenden Schallwellen wird entweder in dem reflektierenden Medium weitergeleitet oder in Wärme umgesetzt. Legt man das zur Erzielung einer ausreichenden Sprachverständlichkeit zu übertragende Frequenzband von etwa 250 bis 3500 Hz zu Grunde, so ergeben sich als untere Grenzwellenlänge 137 cm und als obere 9,8 cm. Hiernach sind als Hindernisse von großer Ausdehnung gegenüber der Wellenlänge in den untertägigen Strecken vornehmlich deren Begrenzungsflächen selbst anzusehen. Da die Ausdehnungen der Teile des Grubenausbaues und der Einbauten von der gleichen Größenordnung oder kleiner als die Wellenlänge sind, treten an Stelle der Reflexionen Beugungserscheinungen auf. Sind die Hindernisse sehr klein im Verhältnis zur Wellenlänge wie bei Rohrleitungen oder Stempeln, so werden die Schallwellen um die betreffenden Körper herumgebeugt; die Schallfeldverteilung ist dann kurz hinter dem störenden Körper gleich der im ungestörten Schallfeld. Größere Hindernisse im Gang der Schallstrahlen werfen dagegen Schatten, wie Förderkörbe, Grubenbahnwagen, Umkleidungen geöffneter Wettertüren und in Strecken aufgestapelte Stempel. Je niedriger die Frequenz des Schalles ist, umso stärker wird er um das Hindernis herum gebeugt. Deshalb nimmt man hinter einem größeren Hindernis hauptsächlich die tieferen Töne wahr.

Neben der Reflexion und der Beugung muß hier die Brechung der Schallwellen noch erörtert werden, die auftritt, wenn der Schall unter schrägem Einfallswinkel auf eine Grenzfläche zweier Medien fällt, die verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeiten aufweisen. Ein Teil der Schallenergie wird reflektiert, während der restliche Teil unter Änderung seiner Fortpflanzungsrichtung in das zweite Medium eindringt; er wird gebrochen[2].

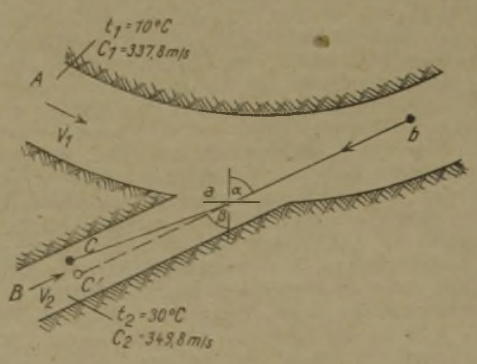
Die von dem Trichter des Lautsprechers in Richtung der Streckenachse gestrahlten Schallwellen treffen in einiger Entfernung von der Trichteröffnung unter schrägem Einfallswinkel auf die Begrenzungsflächen der Strecke und damit auf eine Trennfläche zweier Medien mit verschiedenen Schallgeschwindigkeiten. Die Berührungsfläche zwischen Luft und dem zweiten Medium sei eben. Aus dem Brechungsgesetz läßt sich nun bestimmen, wann eine Brechung des Schallstrahles bzw. eine Reflexion erfolgt. Für $\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n} = 1$ läuft der gebrochene Strahl parallel zur Trennfläche, so daß für Einfallswinkel $\frac{\sin\alpha}{n} > 1$ ein gebrochener Strahl nicht mehr entstehen kann. Der auf die Trennfläche fallende Strahl wird dann total reflektiert. Abb. 3 zeigt den Verlauf der Wellenfront bei mehrfacher Totalreflexion einer ebenen Schallwelle an glatten, ebenen Flächen in einer gekrümmten Strecke. Zahlentafel 1 enthält die Grenzwinkel für die Totalreflexion beim Übergang der Schallwellen von Luft ($c_1 = 343$ m/s) in verschiedene Medien, die untertage vorkommen. Die Werte für die Grenzwinkel lassen erkennen, daß die Totalreflexion bei verhältnismäßig kleinen Winkelabweichungen vom senkrechten Einfall für die genannten Stoffe bereits eintritt. Der Grenzwinkel wird um so größer, je näher die Schallgeschwindigkeitswerte beider Medien beieinander liegen. Hieraus folgt, daß die vom Lautsprecher erzeugten Schallwellen größtenteils von den Streckenwänden reflektiert werden, weil die Grenzwinkel bei Ausrichtung der Trichterachse in die Streckenachse nicht erreicht werden und ein Eindringen der Schallwellen in das zweite Medium und damit eine Brechung nicht mehr möglich sind. Der Schall wird von den Begrenzungsflächen der Strecken zurückgeworfen und erhöht so den Schalldruck in der Strecke, wenn die Flächen glatt, eben und hart sind. Der Einfluß dieser Voraussetzung wird später noch besprochen.

Zahlentafel 1. Schallgeschwindigkeit, Brechungsindex und Grenzwinkel für verschiedene Stoffe.

Stoff	c_2 [m/s][1]	n	Grenzwinkel °
Lockerer Schutt	700	0,4900	29
Sand	925	0,3708	21
Leitungswasser 15° C	1464	0,2343	13
Beton	1660	0,2066	11
Ton	1700	0,2018	11
Sandstein	2650	0,1294	7
Buchenholz	3400	0,1009	5
Kalk, kreidig	3500	0,0980	5
Eichenholz	4310	0,0796	4
Tonschiefer	5050	0,0679	3
Eisen	5096	0,0673	3
Kalk, kristallin	5100	0,0672	3
Granit	5250	0,0653	3
Tannenholz	5260	0,0652	3

[1] Schallgeschwindigkeiten c_2 nach verschiedenen Angaben; u. a. Landolt-Börnstein: Physikalisch-chemische Tabellen, und Handbuch der Experimentalphysik.

Für die untertägige Schallausbreitung ist ferner die Brechung der Schallwellen an Trennschichten von Luftvolumina verschiedener Temperatur zu berücksichtigen. Sie wird an dem in Abb. 4 gezeigten Beispiel erläutert. Die Strecke B mündet in die



$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{337{,}8}{349{,}8} = 0{,}9657 = n$$

$$\alpha = 62^0$$

$$\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n} = 0{,}9142$$

$$\beta = 66^0$$

Abb. 4. Brechung einer von b ausgehenden Schallwelle an der Trennschicht a zweier Luftschichten mit verschiedenen Temperaturen an einer Streckenverzweigung.

[1] Der Reflexionsgrad ist das Verhältnis der vom reflektierenden Medium zurückgeworfenen Schallstärke zur auftreffenden. Er ist vom Einfallswinkel abhängig.

[2] Das aus der Optik bekannte Brechungsgesetz lautet:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{c_1}{c_2} = n.$$

α = Winkel zwischen einfallendem Strahl und der Flächennormalen.
β = „ „ gebrochenem „ „ „ „
c_1 = Schallgeschwindigkeit im Medium 1.
c_2 = „ „ „ 2.
n = Brechungsindex.

Hauptstrecke A. Die Lufttemperaturen in den beiden Strecken sind t_1 und t_2, wobei $t_2 > t_1$ ist. Die Luft in den Strecken ruhe, so daß die gedachte Trennfläche a zwischen den beiden Luftschichten als eben angesehen werden kann. Aus den eingetragenen Temperaturen lassen sich die Schallgeschwindigkeiten c_1 und c_2 berechnen[1]. Der Lautsprecher befindet sich am Ort b und sendet auf die gedachte Trennfläche einen Schallstrahl, der mit dem Einfallslot den Winkel α bildet. Hier wird er vom Einfallslot weg gebrochen, läuft in der höher temperierten Luft unter dem Winkel β weiter und gelangt in das Ohr des Beobachters im Punkte c, der um 4° neben dem Punkte c' liegt. Diesen hätte der Schallstrahl auf der gradlinigen Verbindungslinie unmittelbar erreichen können, wenn beide Luftvolumina die gleiche Temperatur gehabt hätten. Vertauscht man die angegebenen Temperaturen in beiden Strecken ($t_1 = 30°$ und $t_2 = 10°$), so würde der Schallstrahl den Temperaturunterschied in umgekehrter Richtung zu durchlaufen haben und nach der Brechung an a auf der anderen Seite der eingezeichneten Verbindungslinie b c' weiterlaufen. Grundsätzlich gilt also für die Brechung von Schallwellen an Luftschichten mit verschiedenen Temperaturen folgendes: Geht der Schallstrahl von kälteren Luftschichten in wärmere über (Zunahme der Schallgeschwindigkeit), so wird er vom Einfallslot weggebrochen; geht er von wärmeren Luftschichten in kältere über (Abnahme der Schallgeschwindigkeit), so erfolgt die Brechung zum Einfallslot hin. Da höhere als die im Beispiel benutzten Temperaturunterschiede untertage nur selten auftreten werden, kommen auch größere Brechungswinkel im allgemeinen nicht vor.

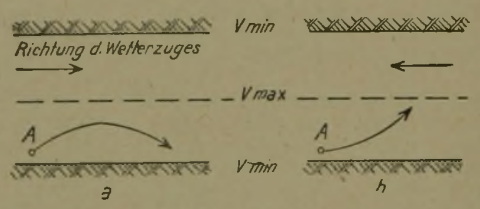


Abb. 5. Die Brechung eines Schallstrahles an Wetterschichten mit verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten in einem Streckenquerschnitt.

In Wirklichkeit treffen die zur Erklärung des Vorganges angenommenen Vereinfachungen aber nicht zu. Der Temperaturausgleich vollzieht sich auch bei ruhender Luft nicht in Form eines Temperatursprunges an der Trennfläche a, vielmehr wird durch die Strömungsvorgänge in den Grenzschichten ein allmählich abklingender, stetiger Wärmeübergang hervorgerufen. An den sich dabei bildenden »Luftschlieren« werden die Schallwellen nicht nur bevorzugt in eine Richtung gebeugt, sondern auch nach allen Seiten regellos zerstreut. Nun ruht die Luft in den beiden Strecken aber nicht; sie bewegt sich mit den Geschwindigkeiten v_1 und v_2 fort. Die Geschwindigkeit, mit der die Schallwellen die Entfernung zwischen Lautsprecher und Beobachter durchlaufen, hängt also noch von der Größe und von der Richtung von v_1 und v_2 ab, wobei Schallgeschwindigkeit und Wettergeschwindigkeit sich vektoriell addieren.

Auch sind die Beugungseffekte noch je nach den Strömungsgeschwindigkeiten an den verschiedenen Stellen im Streckenquerschnitt unterschiedlich in der Streckenachse ist die Wettergeschwindigkeit am größten, fällt zu den Stößen hin allmählich ab und kann hier z. B. die halben Geschwindigkeitswerte erreichen. Sendet man von dem Punkt A in Stoßnähe Schallwellen in die angegebene Streckenrichtung, so gehen die Schallstrahlen von Luftschichten mit kleinerer Wettergeschwindigkeit in solche mit größerer über (Zunahme der Schallgeschwindigkeit) und werden hierbei vom Einfallslot weg gebrochen, wie Abb. 5a grundsätzlich zeigt, wenn der Schall in Richtung des Wetterzuges abgestrahlt wird. Er wird in entsprechender Entfernung von A wieder auf den Stoß treffen, nachdem an einer Trennschicht der Grenzwinkel für die totale Reflexion erreicht worden ist.

[1] Die Schallgeschwindigkeit c_t bei der Lufttemperatur t ergibt sich aus der bei 0° C nach folgender Näherungsformel:

$$c_t = c_0 + 0{,}6\,t \text{ [m/s]}$$
$$c_0 = 331{,}8 \text{ m/s}.$$

Sind aber Schallstrahl und Wetterzug entgegengesetzt gerichtet, so erfolgt eine Abdrängung zur Streckenmitte hin (Abb. 5b). Analoge Überlegungen gelten, wenn der Schallstrahl von Luftschichten mit größerer Wettergeschwindigkeit in solche mit geringerer übergeht. Bei den untertage herrschenden Wettergeschwindigkeiten sind diese Einflüsse aber sehr geringfügig; die Schallwellen werden höchstens um wenige Minuten abgebeugt.

Zahlentafel 2. Schallschluckgrade für verschiedene Stoffe bei 512 Hz.

Stoff	Schallschluckgrad α % / m²
Wasserfläche	1,0
Beton	1,5
Ziegelmauerwerk (unverputzt)	2,5—3,0
Glas	2,7
Verputz	3,3
Kunststein	5,0
Holz	6,0—10,0
Schlackenwolle	60,0—80,0
Offenes Fenster	100,0

Da sich die durch die Temperatur- und Wettergeschwindigkeitseinflüsse hervorgerufenen Beugungserscheinungen überlagern, können alle möglichen Arten der Schallkrümmung vorkommen.

Ferner wurde beim Übergang der Schallwellen von Luft in feste Stoffe die vereinfachende Annahme gemacht, daß die Oberflächen der Stoffe glatt und eben seien. Die Stoffe weisen in Wirklichkeit aber viele feine Poren auf. Infolge der Reibung der Luft in den Porenkanälen wird die Schallenergie durch die Umsetzung in Reibungswärme vernichtet; die eindringenden Schallwellen werden gleichsam verschluckt. Das Verhältnis der nicht zurückkehrenden Schallstärke zur auftreffenden wird als Schluckgrad bezeichnet. Einige Anhaltswerte hierfür sind aus dem Schrifttum[1] in der Zahlentafel 2 zusammengestellt. Sie beziehen sich auf ebene Flächen. Auf die Frequenz- und Winkelabhängigkeit dieser Werte kann hier nicht näher eingegangen werden. Noch wichtiger als die Dämpfung der Schallwellen durch die Porigkeit der Stoffe ist diejenige, welche durch die zwischen dem Streckenverzug und dem Gebirge eingebrachte Packlage losen Gesteins hervorgerufen wird. Die Begrenzungen solcher Strecken können nicht mehr als ebene Flächen angesehen werden, wie immerhin noch die in Strecken mit Holz- oder Ziegelsteinausmauerung. Die von den ziemlich groben, unregelmäßigen Gesteinsstücken und dem dahinterliegenden Gebirge eingeschlossenen Luftvolumina wirken als Luftkissen mit hohen Schallschluckgraden.

Die vorstehenden Ausführungen über die untertägige Schallausbreitung lassen — ohne vollständig zu sein — bereits erkennen, daß sich infolge der besonderen von Ort zu Ort verschiedenen Verhältnisse sehr viele Möglichkeiten für die Vernichtung der Schallenergie durch die mit den Reflexionseffekten verbundene Absorption ergeben, die zu den Fragen der Raumakustik in Grubengebäuden überleiten. Alle Möglichkeiten können hier aber nicht besprochen werden. Zum Schluß sei nur noch auf das Echo hingewiesen, das zu unangenehmen Verständlichkeitsstörungen Anlaß geben kann. Befinden sich der Sprecher und der von ihm in der Hand gehaltene Lautsprecher in größerer Entfernung von einer reflektierenden Fläche (z. B. in einem Streckenkopf), so entsteht das Echo, wenn der unmittelbare und der reflektierte Schallstrahl vom Ohr des Beobachters in zeitlicher Aufeinanderfolge empfangen und als getrennte Eindrücke wahrgenommen werden. Die Zeitgrenze für die die Verständlichkeit herabmindernde Wirkung des Echos liegt bei etwa 1/10 s, weil das Ohr höchstens 10 Schalleindrücke in 1 s verarbeiten kann. In dieser Zeit hat eine Wellenfront bei c = 343 m/s die Strecke von 34,3 m zurückgelegt. Die Entfernung zwischen der reflektierenden Wand und dem Beobachter muß somit mindestens 17,15 m sein. Hat die Wand bei geringer Absorption gute Reflexionseigenschaften, so tritt bei Entfernungen von über 17 m eine wesentliche Verschlechterung der Sprachverständlichkeit durch das Echo ein, während es bei kürzeren Entfernungen schallverstärkend wirkt, da die unmittelbaren und die reflektierten Schallwellen dann am Trommelfell genügend schnell aufeinanderfolgen und nicht mehr einzeln wahrgenommen werden können.

[1] U. a. a. »Hütte«, Bd. 1 (1931) S. 458.

4. Die Akustik der Grubengebäude.

Die bisherigen Ausführungen lassen eine Beurteilung der akustischen Eigenschaften der Grubenräume noch nicht zu. Sie haben aber gezeigt, daß Reflexions- und Absorptions-Effekte von wesentlichem Einfluß hierauf sind. Die Eignung eines Raumes für Schalldarbietungen wird nach der Hörsamkeit beurteilt, die von der Raumgröße und von den Reflektionseigenschaften, dem sog. Nachhall, sehr stark abhängt. Die Absorptionsverhältnisse in Räumen mit dem Volumen V werden nach folgender von W. C. Sabine[1] gefundenen Beziehung durch die Nachhallzeit T gekennzeichnet:

$$T = 0{,}16 \frac{V}{\Sigma F \cdot \alpha} \text{ [s]}.$$

Unter T ist die Zeit zu verstehen, innerhalb der ein Schall nach Abstellen der Schallquelle in seiner Schallenergie vom 10^6-fachen Wert bis zu seiner Reizschwelle abfällt (vgl. Abb. 2). F bezeichnet den Flächeninhalt eines Wandteiles und α den dazugehörigen Schallschluckgrad. Beide Faktoren sind als Summe über die gesamte Flächenbegrenzung und auch für andere im Raum befindliche Gegenstände oder Personen einzusetzen. Die Beziehung ist außerordentlich einfach und von dem Standort der Schallquelle und dem des Beobachters, von der Form des Raumes und von der Verteilung der absorbierenden Flächen unabhängig.

Die Berechnung des Nachhalles in untertägigen Strecken liefert nach vorstehender Beziehung aber nur recht ungenaue Ergebnisse, weil die Strecken nicht als geschlossene Räume angesehen werden können. Die festen Begrenzungsflächen senkrecht zur Richtung der Streckenachse fehlen; der Schallschluckgrad hierfür ist mit 100% einzusetzen. In den Strecken folgen sich verschiedene Ausbauarten, deren Schluckwerte nicht alle bekannt sind. Größere Streckenlängen können nur als übertrieben längliche Räume angesehen werden mit abschnittweise unterteilten Flächen sehr verschiedener Schallschluckgrade. In diesem Fall ist die Nachhallzeit doch von der Form des Raumes und der Verteilung der Schluckstoffe abhängig; denn obige Beziehung wird nur dann genau erfüllt, wenn die Schallwellen vor ihrem Abklingen sehr oft reflektiert worden sind. Nur dadurch ist die erforderliche gleichmäßige Verteilung des Schalles über das ganze Volumen des Raumes und eine an allen Stellen nahezu gleichgroße Schallstärke gewährleistet. Diese Voraussetzungen treffen bei Sälen mit guter Akustik zu, nicht aber für untertägige Strecken.

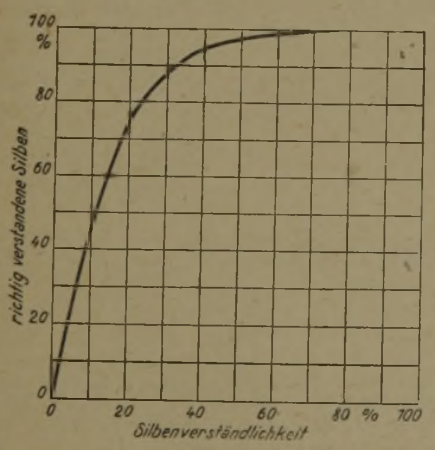


Abb. 6. Die richtig verstandenen zusammenhanglosen Silben als Funktion der Silbenverständlichkeit.

Die günstigsten Nachhallzeiten für Sprache liegen bei den in Betracht zu ziehenden Volumina bis zu wenigen tausend Kubikmetern unter 1 s. Nach überschlägigen Rechnungen wird dieser Wert für die verschiedenen Streckenverhältnisse sowohl über- als auch unterschritten. Steht die Strecke in Beton- oder Ziegelsteinausmauerung, so ergeben sich erheblich größere Nachhallzeiten, während sie in solchen mit Holzausbau und Streckenverzug unter den Bestwerten bleiben. In diesen wird die Schallstärke durch Reflexion nur unwesentlich erhöht. Die Sprache klingt wenig angenehm und dumpf; ihre Verständlichkeit ist aber wegen der einwandfreien Trennung der gesprochenen Silben recht gut. In den ersteren ist dagegen infolge der zu großen Nachhallzeiten eine laute Sprache von schlechter Verständlichkeit zu erwarten, weil die einzelnen Silben der Worte ineinander übergehen.

Aus diesen Erwägungen geht hervor, daß die Silbenverständlichkeit von der Nachhallzeit abhängt und für die Beurteilung der Brauchbarkeit elektroakustischer Übertragungen ausschlaggebend ist. Dieser Zusammenhang erschließt ein verhältnismäßig einfaches Meßverfahren, das zur Aufstellung vergleichbarer Werte führt, anhand derer die Einsatzmöglichkeiten für das »Elektrische Sprachrohr« umgrenzt werden können.

5. Das Meßverfahren.

Die bei Lärmmessungen übliche Bestimmung der Lautstärke bzw. des Schalldruckes[1] scheidet hier aus. Auch die Messung der Nachhallzeit T ist nichts anderes als eine reine Druckmessung, wie aus ihrer Definition in Verbindung mit Abb. 2 leicht einzusehen ist, wobei der Schalldruck in der gleichen Zeit auf den 10^3ten Teil seines Anfangswertes absinkt. Für Nachhallmessungen dienen mehrere zu einem Meßplatz für raumakustische Untersuchungen vereinigte Geräte, die aber allein schon wegen ihres Umfanges für Messungen untertage nicht sonderlich geeignet sind. Es erschien daher einfacher und dem Zweck entsprechender, nicht die Nachhallzeit T, sondern die Silbenverständlichkeit unmittelbar zu bestimmen.

Die Verständlichkeit von Sprache wird nach internationaler Übereinkunft folgendermaßen ermittelt: Die zu untersuchende Übertragungseinrichtung wird mit zusammenhanglosen Esperantosilben[2] besprochen und der von diesen fehlerfrei verstandene Prozentsatz festgestellt. Zusammenhanglose Silben sind gewählt worden, um bei ihrer Aufnahme und Niederschrift durch die abhörenden Beobachter mit Sicherheit auszuschließen, daß nicht richtig aufgenommene oder begriffene Silben dem Sinn nach zu Wörtern zusammengesetzt werden können, wie es immerhin beim Durchsprechen zusammenhängender Sätze möglich ist. Abb. 6 zeigt die Abhängigkeit der richtig begriffenen Silben von der Silbenverständlichkeit. Bei einer Silbenverständlichkeit von 70 bis 80% ist eine sehr gute Nachrichtenübermittlung möglich. Bei einer solchen von 40% werden 95% der gesprochenen Silben noch richtig verstanden. Nach Unterschreitung dieser Grenze beginnt der steile Abfall der Werte für die zu verstehenden Silben, so daß die eben noch ausreichende Verständlichkeit sehr schnell in Unverständlichkeit übergeht.

Die Verständlichkeitsmessungen untertage wurden allerdings nicht mit Esperantosilben sondern mit willkürlich zusammengestellten fünfstelligen Zahlen durchgeführt, die in Gruppen von je 10 Zahlen durchgesprochen wurden. Die Beobachter entfernten sich nach der Niederschrift einer abgehörten Zahlengruppe um vorher festgelegte Abstände von dem »Elektrischen Sprachrohr«, welches unverändert mit seinem Trichter in die Richtung der Streckenachse wies. Nach jeder Entfernungsänderung wurde eine neue Zahlengruppe durchgesagt, um den Beobachtern jede Vergleichsmöglichkeit mit früheren Zahlengruppen zu nehmen. Neben den in Abschnitt 4 bereits erwähnten Einflüssen des Nachhalles auf die Silbenverständlichkeit gehen in diese Meßmethode natürlich auch die der Lautstärke ein. Herrscht beispielsweise kurz vor der Lautsprecheröffnung eine Lautstärke von 100 Phon, so nimmt die Silbenverständlichkeit mit zunehmender Entfernung um einige Prozent zu bis zu der Stelle, an der eine Lautstärke zwischen 60 und 70 Phon erreicht wird. Bei dieser Lautstärke besitzt die Silbenverständlichkeit nach den Messungen von Fletcher[3] ihren Höchstwert und geht dann mit der Abnahme der Lautstärke bis auf den Nullwert an der Hörschwelle zurück. Der 60- bis 70-Phon-Wert entspricht etwa

[1] U. a. a. «Hütte», Bd. 1 (1931) S. 457.

[1] Der Vollständigkeit halber seien die beiden hauptsächlich bei Lärmuntersuchungen benutzten Meßmethoden erwähnt. Mit der Lautstärke-Meßeinrichtung nach Barkhausen (Bereich von 0 bis 100 Phon) vergleicht man das Meßgeräusch subjektiv mit einem durch Summer erzeugten Normalton von 800 Hz. Sie ist im Aufbau und in der Bedienung sehr einfach und vorteilhaft dort anzuwenden, wo eine größere Genauigkeit als ± 5 Phon — bedingt durch den in 20 Stufen zu je 5 Phon geeichten Spannungsteiler — nicht verlangt wird. Beim DIN-Lautstärkemesser (Bereich von 30 bis 130 Phon) wird der Schalldruck von einem Kondensator-Mikrophon aufgenommen, elektrisch verstärkt und objektiv von dem in Phonwerten geeichten Meßinstrument angezeigt (Näheres über dieses Gerät in Akust. Z. 5 (1940) S. 305).

[2] Die Sammlung von Esperantosilben-Listen für Verständlichkeitsmessungen wurde vom Comité consultatif international des communications telephoniques à grande distance, Paris, herausgegeben.

[3] Fletcher, H.: Speech and Hearing, 1929.

einer guten Unterhaltungslautstärke, wenn kein Lärm und keine störenden Fremdgeräusche auftreten. Die Beobachter kennzeichneten die Entfernung, in der dieser Lautstärkegrad erreicht wurde, besonders. Diese Angabe lieferte eine Vergleichsgrundlage, weil das Gerät bei konstantem Verstärkungsfaktor ebenfalls nur in guter Unterhaltungslautstärke besprochen wurde. Als zweite Entfernungsgrenze wurde diejenige festgelegt, an der die Silbenverständlichkeit den Grenzwert von 40 % erreichte. Auf diese Weise ist es möglich, einen einfachen Überblick über die Einsatzmöglichkeiten und Übertragungsgrenzen für das »Elektrische Sprachrohr« zu gewinnen, der zwar die Genauigkeit objektiver Meßmethoden nicht erreicht, aber den vorliegenden Bedürfnissen vollauf genügt.

Die Beeinflussung der Silbenverständlichkeit durch die Frequenzbandbreite des Verstärkers, des Mikrophons, des Trichterlautsprechers und durch deren nichtlineare Verzerrungen soll hier nur genannt werden. Ausführlichere Darlegungen erübrigen sich, weil an diesen Größen während der Versuche Änderungen nicht vorgenommen wurden. Auf die Störeinwirkung von Lärm und Raumgeräuschen muß jedoch noch eingegangen werden.

Die Abhängigkeit der Silbenverständlichkeit von Geräuschen wird hauptsächlich durch die Lautstärke des Störgeräusches bedingt. Da die Lautstärke nicht linear, sondern logarithmisch mit der Schallstärke zunimmt (s. Abschnitt 2), ist die Gesamtlautstärke zweier gleichlauter sich überlagernder Geräusche nicht doppelt so groß, sondern nur um rd. 3 Phon größer als die des einen Geräusches allein. Die Störgeräusche untertage rühren aber meistens von mehreren Lärmquellen her, wobei die lauteste Komponente die Gesamtlautstärke bestimmt; deshalb ist die nähere Umgebung der stärksten Störquelle als Empfangsort möglichst zu meiden. Immerhin ist die Verständlichkeit bei gleicher Lautstärke von Sprache und Störgeräusch noch befriedigend und erreicht die 40 %-Grenze noch nicht. Auf der Geberseite müssen in solchen Fällen zur Vermeidung stärkerer Verständlichkeitsbeeinträchtigungen Mikrophone mit besonderer Richtcharakteristik zur Unterdrückung des Raumgeräusches benutzt werden. Noch besser sind Kehlkopfmikrophone, die ja nur auf die mechanischen Schwingungen des Kehlkopfes und nicht auf die durch die Lärmquellen verursachten Luftschwingungen ansprechen. Ihre Benutzung bringt allerdings gegenüber normalen Mikrophonen eine geringere Silbenverständlichkeit mit sich.

6. Einige Versuchsergebnisse.

Die vorstehenden Ausführungen haben gezeigt, von wieviielen Größen die Schallausbreitung in den untertägigen Strecken beeinflußt wird, die im einzelnen nicht so genau zu erfassen sind, daß Voraussagen über die Reichweite des »Elektrischen Sprachrohres« für die verschiedenen Verhältnisse gemacht werden können. Das wird erst möglich sein, wenn auf Grund zahlreicher Messungen genügend Erfahrungsmaterial vorliegt. Die bisher durchgeführten Versuche haben eine 4- bis 6-fache Vergrößerung der Reichweite der menschlichen Stimme ergeben. Die Grenzen der überbrückten Entfernungen waren dabei je nach den Voraussetzungen sehr unterschiedlich, wie nachfolgend an einigen Beispielen gezeigt wird:

a) Streckenausbau:	Beton
Streckenquerschnitt:	2,54 m²
Wettergeschwindigkeit:	0,3 m/s
Störgeräusche:	keine
Störeinflüsse:	an 13 quer zur Streckenachse liegenden Rohren traten Beugungserscheinungen auf.
Bis zu 200 m Entfernung:	Silbenverständlichk. 100 %
In 330 m Entfernung:	Silbenverständlichk. 50 %, durchstrahltes Streckenvolumen 838 m³, Größe der Begrenzungsflächen 2158 m².
b) Streckenausbau:	Türstock mit eisernen Kappschienen und Holzstempeln. Hangendes: Bretterverzug, Stöße: Spitzenverzug. Strecke stand in Gestein.
Streckenquerschnitt:	9,37 m²
Wettergeschwindigkeit:	1,13 m/s
Störgeräusche:	keine
Bis zu 150 m Entfernung:	Silbenverständlichk. 100 %
In 200 m Entfernung:	Silbenverständlichk. 40 %, durchstrahltes Streckenvolumen 1874 m³, Größe der Begrenzungsflächen 2540 m².
c) Streckenausbau:	Türstock in Holz mit Doppelstempeln. Hangendes: Bretterverzug, Stöße: Spitzenverzug. Strecke stand ganz in Kohle.
Streckenquerschnitt:	4 m²
Wettergeschwindigkeit:	1,9 m/s
Störgeräusche:	in 25 m Abstand von der Rückseite des Lautsprechers arbeitete ein Preßlufthammer in der Kohle.
Bis zu 70 m Entfernung:	Silbenverständlichk. 100 %
In 100 m Entfernung:	Silbenverständlichk. 50 %, durchstrahltes Streckenvolumen 400 m³, Größe der Begrenzungsflächen 800 m².
d) Streckenausbau:	Türstock in Holz. Stempelabstand 0,5 m. Hangendes: Bretterverzug, Stöße: Spitzenverzug.
Streckenquerschnitt:	6,09 m²
Wettergeschwindigkeit:	1,43 m/s
Störgeräusche:	in der Strecke lief ein 800 mm-Gummitransportband. Störgeräusche an der Empfangsstelle waren in Ohrenhöhe ziemlich laut. Deshalb wurde seitl. neben dem Bandgestell abgehört.
Störeinflüsse:	Brechungs- und Beugungserscheinungen am Bandgestell und an den Gesteinstaubsperren. Besonders große Absorption infolge der sehr starken Einstaubung des Verzuges und des Liegenden.
Bis zu 51 m Entfernung:	Silbenverständlichk. 100 %
In 69 m Entfernung:	Silbenverständlichk. 50 %, durchstrahltes Streckenvolumen 420 m³, Größe der Begrenzungsflächen 669 m².

Die angegebenen Entfernungen wurden ermittelt bei einer Besprechung des Stielmikrophones in normaler Unterhaltungslautstärke und bei einer Abstrahlung der Schallwellen in Richtung des Wetterstromes. Zur Erzielung reproduzierbarer Meßergebnisse mußte der Trichterlautsprecher möglichst genau in die Streckenachse gehalten werden. Zusammenhängende Sätze und Befehle wurden in der Entfernungsgrenze für eine Silbenverständlichkeit von 40 % einwandfrei verstanden. In allen Fällen war selbst bei lautestem Rufen eine mündliche Verständigung ohne Hilfsmittel in der für eine Silbenverständlichkeit von 100 % angegebenen Entfernung nicht mehr möglich. Diejenige Entfernung von der Schallquelle, in der das gesprochene Wort bei entgegengesetzter Richtung von Wetterstrom und Schallstrahl in gleicher Lautstärke zu hören war, wurde in denselben Streckenabschnitten dadurch festgestellt, daß die Beobachter ihren Standort mit dem des »Elektrischen Sprachrohres« vertauschten. Hierbei wurden für Wettergeschwindigkeiten unter 2 m/s Entfernungsabnahmen bis zu 20 % gefunden.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß mit dem »Elektrischen Sprachrohr« bei normalem Stimmaufwand Meldungen über angemessene Entfernungen untertage in guter Lautstärke übermittelt werden können. Wünschenswert ist jedoch, die bisher erzielte 4- bis 6-fache Vergrößerung der Tragweite der Stimme noch zu verdoppeln.

Nach Durchführung der hierfür erforderlichen Umänderungen an dem Gerät wird über weitere Versuchsergebnisse über- und untertage berichtet werden.

Zusammenfassung.

Nach einer kurzen Beschreibung des »Elektrischen Sprachrohres« werden zunächst die im Bergbau nicht geläufigen akustischen Begriffe erläutert. Die Ausführungen sind so gehalten, daß sie gleichzeitig für die Fragen der Lärmbekämpfung im Bergbau von Nutzen sind. Die bei der Schallausbreitung in untertägigen Strecken zu berücksichtigenden Einflußgrößen werden ausführlich besprochen und an Beispielen erläutert. Die Beurteilung der akustischen Eigenschaften der Grubenräume führt zu einem einfachen Meßverfahren, das vergleichbare Werte liefert, die eine Umgrenzung der Einsatzmöglichkeiten des Gerätes zulassen. Die Versuche haben eine 4- bis 6-fache Reichweiten-Erhöhung der Stimme durch das »Elektrische Sprachrohr« ergeben, die aber noch vergrößert werden kann.

Elektrischer Antrieb der Großarbeitsmaschinen im Bergbau.

Von Dipl.-Ing. Hans Anthes in Siegen.

(Auszug aus einem vor der Untergruppe Siegen des VDB. gehaltenen Vortrag.)

Das Interesse des Bergbaues am Starkstrom zeigt sich schon in den ersten Jahren der praktischen Anwendung dieser damals neuen Energieform. So teilt Werner v. Siemens 1877 in einem Briefe mit, daß die Bergbauabteilung des Wirtschaftsministeriums sich für eine dynamo-elektrische Maschine als Kraftübertragungsmittel interessiere, da diese im Gegenteil zu den Druckluftmaschinen, eine Kraftübertragung mit nur 10% Verlust gestatte. Fünf Jahre später fand die erste Übertragung von Zechenenergie von den Oberbayerischen Kohlenwerken Miesbach nach München zur ersten deutschen elektrotechnischen Ausstellung statt.

Im gleichen Jahre 1882 baute W. v. Siemens für das Steinkohlenbergwerk Zauckerode die erste Grubenlokomotive. 1885 kam der erste Bremsberghaspel auf dem Salzbergwerk Neu-Staßfurt in Betrieb. Die ersten elektrischen Beleuchtungen untertage wurden nachweisbar 1880 angelegt. Auch für Wasserhaltungen und Grubenlüfter fand der Gleichstromantrieb schon frühzeitig Verwendung, jedoch waren hier infolge der großen Übertragungsentfernungen einer wirtschaftlichen Anwendung der Starkstromtechnik engere Grenzen gezogen als bei den übrigen Industriezweigen.

Erst die Einführung des Drehstromes nach der großen Frankfurter elektrotechnischen Ausstellung im Jahre 1891 eröffnete der Elektrifizierung im Bergbau neue Wege. Einerseits gestattete der Drehstrom durch die Möglichkeit der Umformung auf hohe Spannungen, die elektrische Energie auf große Entfernungen wirtschaftlich zu übertragen, anderseits war mit dem Drehstrommotor ein Antriebsmittel geschaffen, das sich wegen seiner kräftigen Bauart und Anspruchslosigkeit in der Wartung für den Bergbau besonders eignete.

Etwa von der Jahrhundertwende ab hat daher die Elektrizität in rasch steigendem Maße im Bergbau Eingang gefunden. Während der elektrische Antrieb in Deutschland zunächst hauptsächlich auf Lokomotiven, Fördermaschinen, Haspel, Wasserhaltungen, Lüfter, Aufbereitungen usw. beschränkt blieb, hat er in England und den Vereinigten Staaten von Amerika auch vor Ort schnell an Bedeutung gewonnen. Die nachstehenden Betrachtungen haben die Antriebe der »Groß-Arbeitsmaschinen«, d. h. Fördermaschinen, Lüfter, Verdichter und Wasserhaltungspumpen, zum Gegenstande.

Fördermaschinen.

An eine Fördermaschine sind vom bergmännischen und betriebstechnischen Standpunkt folgende Forderungen zu stellen: 1. Betriebssicherheit, 2. Wirtschaftlichkeit, 3. Eindeutigkeit der Steuerung, 4. Ausreichendes Drehmoment in allen Stellungen, 5. Geringe Ungleichförmigkeit im Lauf, 6. Einfache und leichte Betätigung der Fahrbremse; stoßfreies Einfallen der Sicherheitsbremse bei höchster Nutzlast und Geschwindigkeit.

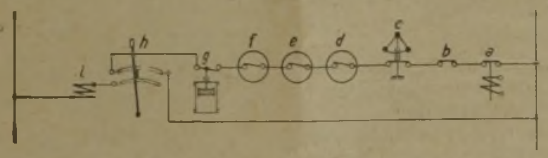
1. Betriebssicherheit.

Die elektrisch angetriebene Fördermaschine bietet bei Verwendung verhältnismäßig einfacher Hilfsmittel eine hohe Betriebssicherheit. Als Beweis hierfür mag eine Zusammenstellung des Grubensicherheitsamtes über die in den Jahren 1928—31 durch Übertreiben hervorgerufenen Unfälle dienen[1]. Diese Übersicht, der ein Zahlenverhältnis der Dampf- zu den elektrisch angetriebenen Seilfahrtsmaschinen von 3:2 zugrunde liegt, spricht bezüglich der Betriebssicherheit ohne Zweifel zugunsten der elektrisch angetriebenen Fördermaschine. Allerdings ist zu beachten, daß die Sicherheitseinrichtungen der Dampffördermaschinen im Laufe der letzten 10 Jahre verbessert worden sind, wobei ein großer Teil der Verbesserungen auf die bei elektrischen Fördermaschinen schon lange üblichen Sicherheitsschaltungen zurückgeht.

	Dampfförder-maschine	Elektrische Fördermaschine
Übertreiben bei Güterförderung	33	12
Übertreiben bei Seilfahrt	13	7
Zahl der Verunglückten	56	1
Zahl der tödl. Verunglückten	15	1

Abb. 1 zeigt in schematischer Weise die grundsätzliche Sicherheitsschaltung einer elektrischen Fördermaschine. Alle diese Schaltungen sind als Ruhestromschaltungen aufgebaut, d. h., wenn die einzelnen Sicherheitsglieder einwandfrei arbeiten, ist der Sicherheitsstromkreis geschlossen und der Bremslüfter eingeschaltet. Dieser hält das Auslöseorgan der Sicherheitsbremse, die als Fallgewichts- oder Druckluftbremse ausgebildet sein kann, gesperrt, sodaß bei angezogenem Bremslüfter die Sicherheitsbremse gelüftet werden kann bzw. bleibt. Wird nun der Sicherheitsstromkreis an einer Stelle durch Ansprechen eines Sicherheitsorganes, z. B. eines Endschalters, unterbrochen, so wird der Bremslüfter stromlos, über das Auslöseorgan die Sicherheitsbremse betätigt und die Bremse zum Einfallen gebracht, wobei es bis zum Beseitigen der Störungsursache nicht möglich ist, die Sicherheitsbremse wieder zu lüften.

[1] Elektr. im Bergb. 8 (1933) S. 93.



a) Überstromautomat . . . . . Schutz gegen Überlastung,
b) Hilfskontakt am Drehstrom-Hauptschalter . „ bei Wegbleiben des Drehstroms,
c) Fliehkraftschalter am Umformer . . . . . „ beim Lasteinhängen,
d) Endschalter an der Hängebank . . . . . „ gegen Übertreiben,
e) „ am Teufenzeiger . . . . . „ „ „
f) Bremsbackenüberwachungsschalter . . . . . „ „ unzulässige Abnutzung der Bremsbacken,
g) Druckwächter . . . . . „ „ Versagen der Bremse bei Absinken des Luftdruckes,
h) Sicherheitsbremshebel,
i) Schütz für Bremsmagnet.

Abb. 1. Schema der grundsätzlichen Sicherheitsschaltung einer elektrischen Fördermaschine.

Der große Vorteil dieser Ruhestrom-Sicherheitsschaltungen besteht darin, daß im Falle einer Unterbrechung des Sicherheitsstromkreises durch Drahtbruch oder eine äußere Einwirkung, die Sicherheitsbremse ebenfalls entweder einfällt oder überhaupt nicht gelüftet werden kann. Die Sicherheitseinrichtungen der elektrischen Fördermaschine überwachen sich also selbst, sodaß bei nicht völliger Betriebsbereitschaft im Sicherheitsstromkreis das Fahren ausgeschlossen ist.

2. Wirtschaftlichkeit.

Da eine Fördermaschine die Kraftwirtschaft einer Zeche wesentlich beeinflußt, kann die Frage der Wirtschaftlichkeit nur immer von Fall zu Fall entschieden werden. Stehen Kessel mit genügend großem Speicherraum zur Verfügung, um die Anfahrspitzen ohne sonderliche Druckschwankungen im Dampfnetz aufzunehmen, und wird die Wärme aus billigen, mit geringen Transportkosten belasteten Brennstoffen gewonnen, so wird man sich eher für eine Dampf- als elektrische Fördermaschine entscheiden, namentlich, wenn das Kesselhaus in unmittelbarer Nähe des Schachtes liegt und die Wärmeverluste gering gehalten werden können. Auch in dem Falle, in dem die Wahl einer elektrischen Fördermaschine die gleichzeitige Aufstellung eines zusätzlichen elektrischen Generators bedingt, kann die Rentabilitätsrechnung zu Gunsten der Dampffördermaschine ausfallen.

Bei der Größe der heutigen Zechenkraftwerke, denen in der Regel genügend große Generatorleistungen zur Verfügung stehen, entscheidet oft die Tatsache zu Gunsten des elektrischen Antriebes, daß bei der Dampffördermaschine der Dampfverbrauch je Schacht-PSh erheblich höher liegt, als wenn die gleiche Schacht-PSh in einem elektrischen Generator erzeugt wird, der von einer hochwertigen Dampfturbine seinen Antrieb erhält, zumal in diesen Fällen oft eine wirtschaftliche Verwertung des Abdampfes möglich ist, die bei der Dampffördermaschine fortfällt. Bei Ausnutzung einer neuzeitlichen Dampffördermaschine mit 80%, ein Wert, der nur von Maschinen mit flotter Förderung erreicht wird, beträgt bei Annahme eines Schachtwirkungsgrades von 80% der Dampfverbrauch etwa 12 kg/Schacht-PSh.

Unter den gleichen Voraussetzungen ergibt sich für eine elektrische Fördermaschine ein Verbrauch von etwa 1,7 kWh/Schacht-PSh[1]. Bei einem Kesseldampfdruck von 50 atü und einer Dampftemperatur von 400° C beträgt bei Kondensationsbetrieb der Dampfverbrauch einer modernen Turbine je kWh etwa 4,7 kg, so daß bei der elektrischen Fördermaschine je Schacht-PSh, an der Turbine gemessen, sich ein Dampfverbrauch von etwa $1{,}7 \cdot 4{,}7 = 8$ kg ergibt gegenüber etwa 12 kg/Schacht-PSh bei einer Dampffördermaschine, d. h. die Dampfersparnis beträgt in diesem Falle bei Verwendung der elektrischen Fördermaschine rd. 33%. Ist der Brennstoff, wie bei den meisten Erzgruben mit hohen Frachtkosten belastet, so wird die Wirtschaftlichkeitsrechnung immer zu Gunsten der elektrischen Fördermaschine ausfallen.

Die Wirtschaftlichkeit einer Dampffördermaschine ist somit an ganz bestimmte Voraussetzungen gebunden, so daß im allgemeinen betrachtet die elektrische Fördermaschine die größere Wirtschaftlichkeit aufweisen wird, da der günstige kWh-Verbrauch je Schacht-PSh die höheren Anschaffungskosten bei weitem ausgleicht.

3. Eindeutigkeit der Steuerung.

Hinsichtlich der Steuerung ist die elektrische Gleichstrom-Fördermaschine in Leonardschaltung der Dampffördermaschine überlegen, da hier unabhängig von der Last jeder Steuerhebelauslage eindeutig nur eine einzige Geschwindigkeit und Richtung entspricht.

Bei der Dampffördermaschine dagegen ist jeder Laständerung eine Geschwindigkeitsänderung zugeordnet. Daher benötigt die Dampffördermaschine bei Verwendung als Seilfahrtsmaschine einen Fahrtregler, der die Füllung der Last anpaßt und durch Auflegen der Fahrbremse dafür sorgt, daß eine eingestellte Höchstgeschwindigkeit nicht überschritten wird. Dieser Regler kann jedoch, wie alle Regler, die eine gegebene Meßgröße mit einer vorgeschriebenen vergleichen, nur innerhalb gewisser Grenzen arbeiten, so daß bei der Dampffördermaschine im Gegensatz zur elektrischen Fördermaschine in Leonardschaltung nach dem Beschleunigen ein Treiben mit absolut gleichbleibender Geschwindigkeit nicht erreicht werden kann.

[1] Elektr. im Bergb. 8 (1933) S. 86.

Als großer Vorteil der Leonardmaschine ist es ferner anzusprechen, daß die Umsteuerung ohne Eingriffe in den Fahrtregler, durch Beeinflussung des verhältnismäßig geringen Erregerstromes der Steuerdynamo in außerordentlich kurzer Zeit erfolgt.

Die Eigenschaft der elektrischen Fördermaschine in Leonardschaltung, daß jeder Steuerhebelauslage eindeutig nur eine Geschwindigkeit zugeordnet ist, hat es ermöglicht, durch Einschaltung eines außerordentlich einfach aufgebauten Fahrtreglers, der im Gegensatz zum Regler bei Dampffördermaschinen ohne Vergleich besonderer Meßgrößen arbeitet, die Steuerung der Maschine so zu vereinfachen, daß die Maschine nach der Beschleunigung ohne Zutun des Maschinisten ein vorher festgelegtes Geschwindigkeitsdiagramm durchfährt und mit Sicherheit, auch ohne den Maschinenführer, an der Hängebank zum Stehen kommt. Somit ist die Steuerung einer elektrischen Fördermaschine in Leonardschaltung hinsichtlich Eindeutigkeit und Anspruchslosigkeit gegen den Maschinisten wesentlich einfacher als die einer Dampffördermaschine. Der Drehstrom-Fördermaschine sind die geschilderten Vorteile nicht ohne weiteres eigen, da hierbei der als Antrieb benutzte Drehstrom-Asynchronometer durch Änderung des Widerstandes im Läuferkreis in seiner Drehzahl beeinflußt wird, die wiederum vom Gegenmoment und dem im Läuferkreis vorgeschalteten Widerstand abhängt. Dieser Umstand verlangt bei großen Seilfahrtmaschinen die Anwendung eines Fahrtreglers, der, ähnlich wie der Fahrtregler der Dampffördermaschine, die Ist- mit der Soll-Geschwindigkeit vergleicht und durch Auflegen der Fahrbremse für das Einhalten des vorgeschriebenen Geschwindigkeitsdiagrammes sorgt.

In einem sehr wesentlichen Punkte ist jedoch auch die Drehstrom-Fördermaschine der Dampffördermaschine überlegen, da hier bei Einhängen von Last und voller Geschwindigkeit, d. h. kurz geschlossenem Läufer, die Normaldrehzahl des Motors ganz unabhängig von der Last nicht überschritten werden kann, was zur Schonung des Bremsbelages beiträgt und ein Durchgehen der Maschine ausschließt.

4. Ausreichendes Drehmoment in allen Stellungen.

Die Forderung, die Fördermaschine aus allen Stellungen und bei allen vorkommenden Belastungen mit Sicherheit anfahren zu können, bedingt bei der Dampfmaschine, daß das größte Moment beim Anfahren, Verstecken oder Seilauflegen auch in der ungünstigsten Kurbelstellung und bei dem niedrigsten Betriebsdampfdruck aufgebracht werden muß. Hierbei ist für die übrigen Kurbelstellungen und Dampfdrücke der Maschine eine Überbemessung notwendig. Diese Tatsache hat zur Folge, daß die Maschine im normalen Betrieb nicht mit dem wirtschaftlich günstigsten Dampfverbrauch gefahren werden kann.

Grundsätzlich anders liegen hier die Verhältnisse bei der elektrischen Fördermaschine, da der Elektromotor ohne weiteres in der Lage ist, kurzzeitig sein 2- bis 3-faches Normalmoment herzugeben, so daß der Motor mit Rücksicht auf die stärkere Beanspruchung beim Anfahren, Umsetzen oder Seilauflegen nicht überdimensioniert zu werden braucht und entsprechend für den günstigsten Belastungsfall ausgelegt wird.

5. Geringe Ungleichförmigkeit.

Da mit Rücksicht auf die Schonung der Förderseile die am Seil angreifenden Kräfte möglichst keine Ungleichförmigkeit aufweisen sollen, ist hier der rotierende elektrische Antrieb dem Dampfantrieb mit seinen hin- und hergehenden Massen weit überlegen. Um diese störenden Unterschiede in den Tangentialdruck-Kräften bei den Kolbenfördermaschinen bis zu einem gewissen Grade auszugleichen, ordnet man große Schwungmassen an, die jedoch beim Beschleunigen und Verzögern der Maschine zusätzlich Energie verbunden.

6. Stoßfreies Arbeiten der Bremsen.

Die Forderung des Bergbaues, daß die Fördermaschinenbremsen auch bei größter Geschwindigkeit und Last die Maschinen ohne Seilrutsch, ohne übermäßige Seilbeanspruchung und bei Seilfahrt ohne die Gefahr eines Stauchens der Mannschaften zum Stehen bringen sollen, hat gerade in der Elektroindustrie die Erfinder angespornt. Die drei großen Elektrofirmen Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Brown, Boveri & Cie. und Siemens-Schuckertwerke haben sich mit viel Ausdauer und Liebe dieses Problems angenommen und auf

dem Gebiet der Fördermaschinenbremsen Hervorragendes geschaffen. Das Prinzip der drei Bremsen besteht darin, beim Einfallen der Sicherheitsbremse eine Addition der Bremskräfte der Fahr- und Sicherheitsbremse zu verhindern. Das gemeinsame Merkmal dieser Bremsen ist weiter, daß sie sehr schnell zur Wirkung kommen, dann aber so elastisch angreifen, daß Stöße auf das Seil vermieden werden. Bei allen drei Systemen arbeiten die Fahrbremsen mit Druckluft. Bei der AEG- und SSW-Bremse greift die Sicherheitsbremse masselos unter Zwischenschaltung eines Druckluftpolsters, daher stoßfrei an, während bei der BBC-Bremse die Sicherheitsbremse als Fallgewichtsbremse ausgebildet ist, und die Massenwirkung des Fallgewichtes durch besondere sinnreiche Dämpfungseinrichtungen weitgehend aufgehoben wird. Demnach ist es der Elektroindustrie gelungen, eine Fördermaschinenbremse zu schaffen, die den höchsten an eine Bremse zu stellenden Ansprüchen gerecht wird.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die elektrische Fördermaschine in weitestgehendem Maße die eingangs aufgeführten 6 Bedingungen, die für ein einwandfreies Arbeiten einer Fördermaschine von grundlegender Bedeutung sind, erfüllt.

Hauptschacht-Grubenlüfter.

Nächst der Fördermaschine ist wohl der Lüfter die Arbeitsmaschine im Bergbau, bei der der elektrische Antrieb schon frühzeitig Verwendung gefunden hat. Da gerade der Hauptschacht-Lüfter eine ausgesprochene Dauerbetriebsmaschine mit etwa 8700 Betriebsstunden jährlich ist, fällt hier die Frage der Wirtschaftlichkeit des Antriebes erheblich ins Gewicht. Deshalb wird es gerade bei dieser Bergwerksmaschine besonders wichtig sein, einen Antrieb zu wählen, der bei Anpassung an die gegebenen Betriebsverhältnisse mit der höchsten Wirtschaftlichkeit arbeitet. Wesentlich beeinflußt werden diese Überlegungen durch den Aufstellungsort des Lüfters und durch die Frage, ob ein Regelbetrieb notwendig ist oder ob dauernd mit gleichbleibender Drehzahl gefahren werden kann.

Hat die Anlage eine zentrale Bewetterung und steht der Lüfter in der Nähe des Kesselhauses, so wird man im allgemeinen einen Dampfantrieb durch eine Getriebeturbine wählen. Wird eine Regelung der Drehzahl etwa mit fortschreitendem Ausbau des Grubengebäudes verlangt, so ist die Kolbendampfmaschine ein geeigneter Antrieb, im besonderen, wenn die Kesselanlage es gestattet, eine Heißdampfmaschine für hohen Betriebsdruck aufzustellen, deren Abdampf in einer dahinter geschalteten Turbine verwertet werden kann. Überhaupt dürfte diese Antriebsart die wirtschaftlich günstigste Lösung darstellen, jedoch sind für den Dampfantrieb in den wenigsten Fällen heute noch diese Voraussetzungen ohne weiteres gegeben.

Die heute so häufige Zusammenfassung der Förderung in einer zentralen Schachtanlage, bei der oft mehrere Gruben untertage miteinander verbunden sind, hat zwangsweise zu einer grenzläufigen Wetterführung geführt. Es arbeiten dann an mehreren Stellen des Grubengebäudes gleichzeitig verschiedene Lüfter, die oft in beträchtlicher Entfernung von der Hauptschachtanlage aufgestellt sind. Für derartige Lüfter wird durchweg ein elektrischer Antrieb mit Drehstrom gewählt werden.

Da sich eine grenzläufige Wetterführung naturgemäß schwieriger beherrschen läßt als eine zentrale und ohne Regelmöglichkeit kaum durchführbar ist, erwachsen bei Antrieb durch Drehstrom-Asynchronmotoren nicht unerhebliche Schwierigkeiten. An sich besteht die Möglichkeit, die Drehzahl eines Asynchronmotors durch Widerstände im Läuferkreis zu regeln, jedoch ist bei Dauerbetrieb diese zwar einfache Art der Regelung wirtschaftlich nicht tragbar. Obgleich die notwendige Antriebsleistung eines Lüfters in der dritten Potenz mit der Drehzahl zurückgeht, ergeben sich im Dauerbetrieb ungeheure Verluste. Bei einer derartigen Regelung eines 1000-kW-Motors um nur 20 % abwärts würde im Jahr ein Verlust von 1 130 000 kWh entstehen, was bei einem Preis von 2,5 Rpf/kWh einen jährlichen Verlust von 28 000 RM ergeben würde[1]. Es lohnt sich daher, der Antriebsfrage die größte Aufmerksamkeit zu schenken, und die Elektroindustrie hat eine ganze Zahl von Lösungen geschaffen, um einen Lüfter mit elektrischem Antrieb auch bei Drehzahlregelung wirtschaftlich betreiben zu können.

[1] Elektr. im Bergb. 5 (1930) S. 209.

Der einfachste Weg zur Regelung der Drehzahl eines durch Drehstrom-Asynchronmotor angetriebenen Lüfters ist die Verwendung eines Riemen- oder Seiltriebes mit Hilfe auswechselbarer Riemen- oder Seilscheiben von verschiedenen, den gewünschten Drehzahlstufen angepaßten Durchmessern. Der Nachteil dieser billigen Ausführung ist, daß der Riemen- bzw. Seilscheibenwechsel außerordentlich zeitraubend und umständlich ist und außerdem ein Stillsetzen der gesamten Lüfteranlage für längere Zeit erfordert. Diese Art der Wettermengenregelung kommt daher nur für Fälle in Frage, bei denen ein Übergang von einer auf die andere Drehzahl verhältnismäßig selten ist.

Eine weitere Möglichkeit zur rein mechanischen Regelung der Lüfterdrehzahl bietet die Verwendung eines Getriebes zwischen Lüfter und Antriebsmaschine. Die billigste Ausführung dieser Getriebe erfordert beim Übergang auf eine andere Lüfterdrehzahl die Auswechselung eines Getrieberäderpaares. Da jedoch auch zum Auswechseln des Räderpaares ein längeres Stillsetzen der gesamten Anlage erforderlich ist, kann von einer derartigen Anordnung nur unter den vorerwähnten Voraussetzungen Gebrauch gemacht werden. Diese Regelarten finden daher im allgemeinen nur dann Verwendung, wenn es sich um eine Steigerung der Wettermengen entsprechend dem fortschreitenden Ausbau der Gruben handelt.

Eine wesentlich vollkommenere Regelart stellt die Verwendung eines Umschaltgetriebes mit mehreren, im allgemeinen drei Stufen dar. Ein solches Getriebe gestattet in kurzer Zeit den Übergang auf die gewünschte Drehzahlstufe, so daß ein leichteres Anpassen an die jeweiligen Betriebsverhältnisse möglich ist.

Zusammenfassend muß jedoch die Regelung der Lüfterdrehzahl mit rein mechanischen Hilfsmitteln als recht unvollkommen bezeichnet werden, da hierbei lediglich eine sehr grobe Regelung in wenigen Stufen möglich ist. Hinzu kommt die Notwendigkeit bei einem Regeln durch Scheibenwechsel oder Austauschen eines Getrieberäderpaares die gesamte Lüfteranlage längere Zeit stillsetzen zu müssen. Einen Vorteil bieten die rein mechanischen Regelmethoden nur insofern, als sie mit einem guten Gesamtwirkungsgrad arbeiten und der Anschaffungspreis der Lüfteranlage verhältnismäßig niedrig ist.

Eine weit einfachere Handhabung und feinere Stufung der Reglung als die beschriebenen rein mechanischen Verfahren bietet bei elektromotorischem Lüfterantrieb die Drehzahlregelung auf elektrischem Wege, wobei nicht nur die Lüfter-, sondern auch die Motordrehzahl der gewünschten Wettermengenregelung entsprechend geändert wird.

Im Laufe der Zeit ist eine ganze Reihe derartiger Antriebe entwickelt worden, deren Hauptmerkmal die Verwendung von Hintermaschinen ist, denen bei Abwärtsregelung des Antriebsmotors die Aufgabe zufällt, die im Läuferkreis freiwerdende Energie nutzbringend zu verwerten, d. h. entweder in das Netz zurückzugeben oder der Lüfterwelle in Form von mechanischer Energie zuzuführen. Kennzeichnend für diese Kaskaden mit stufenweiser und die Regelsätze mit stetiger Regelmöglichkeit ist die Verwendung von mindestens 2, oft 3 oder 4 Maschinen. Da für eine derartige Schaltung immer mehrere Maschinen notwendig sind, arbeiten diese Regelaggregate mit verhältnismäßig geringem Gesamtwirkungsgrad. Trotzdem lassen sich gegenüber einer Regelung durch Widerstände hierbei erhebliche Ersparnisse erzielen.

Der Drehstrom-Kommutatormotor gestattet durch einfache Verschiebung der Bürsten eine Regelung der Drehzahl bei verhältnismäßig gutem Wirkungsgrad, jedoch ist die Anwendungsmöglichkeit dieser Art von Motoren auf Leistungen bis etwa 500 kW beschränkt.

In den letzten Jahren hat der Gleichrichter zur Umformung des dem Netz entnommenen Drehstroms für den Ventilator-Regelantrieb an Bedeutung gewonnen. Hierbei wird der Lüfter mit einem Gleichstrommotor ausgerüstet, der von dem Gleichrichter seinen Antriebsstrom erhält.

Die günstigsten Verhältnisse mit Rücksicht auf die Blindstrombelastung des Netzes lassen sich erzielen, wenn auf eine stetige Regelung verzichtet und eine stufenweise Spannungsregelung durch Anzapfungen am Gleichrichtertransformator vorgesehen wird. Allerdings kann hierbei eine so große Anzahl von Stufen gewählt werden, daß diese Regelung praktisch allen Erfordernissen genügt.

Abb. 2 veranschaulicht für einen Antriebsmotor von 400 kW mit 1450 U/min zu einem Lüfter von 9000 m³/min bei einer Druckhöhe von 185 mm WS den Verlauf des Gesamt-Wirkungsgrades bei Regelung mittels der gebräuchlichsten vorstehend beschriebenen Regelverfahren, wobei in diesem Gesamtwirkungsgrad alle mechanischen und elektrischen Verluste einbezogen sind.

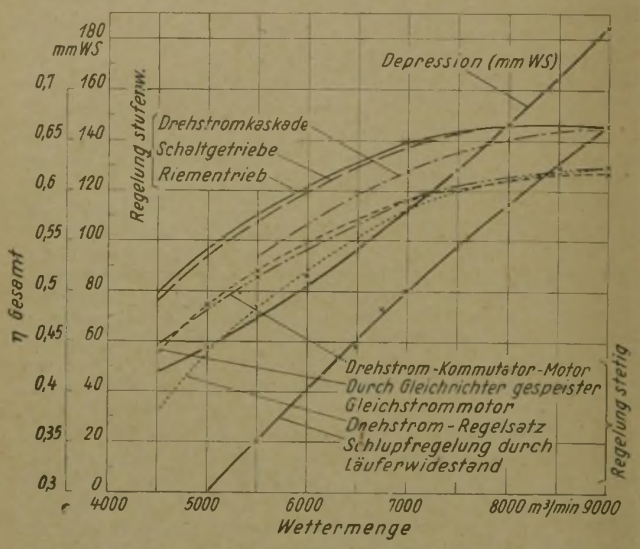


Abb. 2. Gesamtwirkungsgrad eines elektrisch angetriebenen Grubenlüfters bei Drehstromanschluß und Regelung der Wettermenge.

Die Zusammenstellung zeigt, daß die mechanischen Methoden mit nur stufenweiser Regelmöglichkeit hinsichtlich des Wirkungsgrades am besten abschneiden. Bei den vollkommeneren elektrischen Regelverfahren muß ein etwas schlechterer Wirkungsgrad in Kauf genommen werden, der jedoch noch immer wesentlich höher liegt als bei der primitiven Regelung durch Widerstände im Läuferkreis des Drehstrommotors.

Verdichter.

Bei der Wahl des Antriebes bei Luftverdichtern sind ähnliche Gesichtspunkte wie bei Lüftern dafür maßgebend, ob Dampf- oder elektrischer Antrieb vorzuziehen ist. Handelt es sich um die Aufstellung auf einer zentralen Schachtanlage mit billiger Brennstoffversorgung, so wird man in der Regel einen Dampfantrieb wählen, zumal bei Grundlastkompressoren mit guter Ausnutzungsdauer. Ein großer Vorteil des dampfangetriebenen Kompressors ist der der einfachen Regelung, die bei Kolbenkompressoren nach abwärts überhaupt nicht, bei Turbokompressoren durch die Pumpgrenze eingeschränkt ist.

Daß trotzdem der elektrische Antrieb bei den Drucklufterzeugern für Grubenbetriebe so große Bedeutung erlangt hat, beruht auf Überlegungen, die mit der Druckluftwirtschaft an sich zusammenhängen. Die Preßluft hat gegenüber der Elektrizität den großen Nachteil, daß es, im Gegensatz zu elektrischen Leitungen, außerordentlich schwierig ist, die Preßluftleitungen so zu bauen, daß bei großer Ausdehnung des Rohrnetzes die Verluste in wirtschaftlich einigermaßen tragbaren Grenzen bleiben. Dazu kommt noch, daß eine große Ausdehnung des Druckluftnetzes einen ganz erheblichen Druckabfall mit sich bringt, der dazu zwingt, übertage mit einem unwirtschaftlich hohen Preßluftdruck zu fahren. Diese Überlegungen führen bei großer Ausdehnung des Grubengebäudes zwangsläufig zu einer Dezentralisierung der Drucklufterzeugung auf den Außenschächten in der Nähe des Verbrauches und somit zum elektrischen Antrieb.

Im deutschen Bergbau beschränkt sich in der Regel diese Dezentralisierung der Drucklufterzeugung darauf, auf den Außenschächten der Anlage Drucklufterzeuger von immer noch verhältnismäßig großer Leistung aufzustellen. In den Bergbaugebieten des Auslandes hat man, soweit der Abbau nicht von vornherein voll elektrifiziert wurde, die Dezentralisierung der Drucklufterzeugung vielfach noch weitergeführt und entweder kleine fahrbare Verdichter mit elektrischem Antrieb bis vor Ort gebracht oder in den Strecken in der Nähe des Abbaues kleine elektrisch betriebene Kompressoren aufgestellt. Diese Art des Betriebes wird vor allen Dingen dort am Platze sein, wo sich der Druckluftantrieb nur auf die schlagenden Werkzeuge beschränkt und somit der Druckluftverbrauch verhältnismäßig gering ist. Im übrigen hat eine derartige »Teilelektrifizierung« den großen Vorteil, daß im Abbau für Sonderbewetterung, Beleuchtung, Zubringerpumpen, Bandantrieb, Kettenförderungen usw. die elektrische Energie ohne sonderlichen Aufwand mit zur Verfügung steht, so daß bei vollem Einsatz dieser elektrisch gespeisten Hilfsmittel erhebliche Leistungssteigerungen zu erzielen sind. Die Verteilung von Drucklufterzeugungsanlagen auf die Außenschächte bringt es mit sich, daß sich dort die Drucklufterzeugung in höherem Maße dem wechselnden Verbrauch an den einzelnen Betriebspunkten anpassen läßt, als bei großen zentralen Erzeugungsanlagen. Ähnlich wie beim Lüfter-Regelbetrieb ergibt sich hier die Schwierigkeit, daß der Drehstrom-Asynchronmotor je nach seiner Polzahl an ganz bestimmte Grunddrehzahlen gebunden ist. Man wird daher nach Möglichkeit die Grundlast durch einen durchlaufenden Kompressor decken, bei dem es sich in der Regel bei größeren Leistungen um Turbo-, bei geringeren Leistungen um Kolben- oder Rotations-Kompressoren handeln wird. Zur Deckung der durch den Betriebsablauf bedingten Spitzen werden dann kleinere Aggregate herangezogen. Das sich hierdurch ergebende Regelproblem selbst wurde sowohl mit rein mechanischen als auch mit elektro-mechanischen Hilfsmitteln gelöst.

Die einfachste, aber nicht immer wirtschaftlichste Art der Regelung ergibt sich bei durchlaufendem Antriebsmotor durch eine rein mechanische Aussetzregelung, bei der die Ansaugventile der Kolbenkompressoren oder die Rotationskompressoren mechanisch in Abhängigkeit von der Belastung so gesteuert werden, daß die angesaugte Luft vor der Verdichtung wieder ins Freie entweicht. Eine derartige Regelung bei durchlaufendem Antriebsmotor findet vorzugsweise dort Verwendung, wo der Regelvorgang sich verhältnismäßig oft, d. h. häufiger als 5—8 mal je h wiederholt, da ein zu häufiges Stillsetzen und Wiedereinschalten der Motoren sich auf deren Erwärmung ungünstig auswirkt, zumal wenn es sich um Kurzschlußläufer handelt. Bei Schaltzahlen, die unter den genannten Werten bleiben, wird man in der Regel zu den kombiniert mechanisch-elektrischen Verfahren greifen, wobei das Stillsetzen und Wiederanfahren des Motors selbsttätig und abhängig vom Druck im Druckluftnetz erfolgt.

Um nun den Motor nicht gegen den im Netz verbliebenen Druck anfahren zu müssen, hat man die verschiedensten Einrichtungen geschaffen, deren gemeinsames Merkmal es ist, den Verdichter beim Einschalten des Motors durch elektro-pneumatische Hilfsmittel so zu steuern, daß das Hochlaufen des Motors ohne Last in möglichst kurzer Zeit erfolgt.

Nicht nur bei den auf den Außenschächten befindlichen Lüftern ist der elektrische Antrieb zweckmäßig, sondern auch bei Grundlast-Kompressoren kann unter Umständen, selbst wenn Dampfenergie zur Verfügung steht, der elektrische Antrieb Vorteile bieten. Jeder Drehstrom-Asynchronmotor nimmt aus dem Netz einen Wirkstrom auf, der im bestimmten Verhältnis zur abgegebenen mechanischen Leistung steht, sowie einen von der Belastung unabhängigen Blindstrom, um das Magnetfeld aufrecht zu erhalten. Ein Maß für das Verhältnis von Wirk- und Blindstrom ist der Leistungsfaktor, der als cos. φ des Phasenverschiebungswinkels zwischen Strom und Spannung angegeben wird. Läuft, wie es meist der Fall sein wird, in einer Anlage eine Reihe von nicht voll belasteten Drehstrommotoren, so wird der von der Belastung unabhängige Blindstromverbrauch im Verhältnis zum Wirkstromverbrauch ungünstig groß. Da nun anderseits der Blindstrom sich nicht in mechanische Arbeit umsetzen läßt, führt das Vorhandensein eines hohen Blindstromverbrauches zu einer unwirtschaftlichen Ausnutzung der Generatoren, Transformatoren und Leitungen. Aus diesem Grunde versuchen die öffentlichen Versorgungs-Unternehmungen dieser unwirtschaftlichen Ausnutzung ihrer Anlagen durch besondere, auf den Blindstromverbrauch abgestellte Tarifmaßnahmen zu begegnen.

Wird jedoch zum Antrieb eines Grundlastkompressors ein Synchronmotor gewählt, der mit Gleichstromerregung arbeitet und die zur Aufrechterhaltung des Magnetfeldes notwendige Energie der Gleichstromerregung entnimmt, so besteht die Möglichkeit, bei entsprechender Auslegung

der Gleichstromerregung, die Blindlast des gesamten Betriebes durch diesen Synchronmotor auszugleichen. Gerade dieser Vorteil des elektrischen Antriebes von Grundlastmaschinen kann nicht hoch genug gewertet werden, da so die Möglichkeit einer besonders günstigen Ausnutzung der gesamten elektrischen Anlagen gegeben ist. Unter Berücksichtigung des Erfordernisses der heutigen Zeit, technische Anlagen ihrer Leistungsfähigkeit entsprechend voll auszunutzen, fällt bei der Frage Dampf- oder elektrischer Antrieb von Verdichtern und Lüftern dieser Vorteil besonders ins Gewicht, selbst bei Vorhandensein einer genügend großen und wirtschaftlich arbeitenden Kesselanlage.

Wasserhaltungen.

Infolge der außerordentlich einfachen und wirtschaftlichen Übertragungsmöglichkeit der elektrischen Energie in die Grube hat sich der elektrische Antrieb in Wasserhaltungen heute allgemein durchgesetzt. Begünstigt wurde diese Entwicklung durch die Einführung des Drehstromes und der hochtourigen Kreiselpumpe um die Jahrhundertwende.

Der deutsche Bergbau hielt damals jedoch in vielen Fällen an der bewährten Kolbenpumpe fest, die einen langsam laufenden Antriebsmotor, d. h. einen Drehstrommotor mit hoher Polzahl und großen Abmessungen verlangt. Um nun die Polzahl und somit die Größe der Motoren mit Rücksicht auf den Preis und die Transportmöglichkeiten nach untertage in den zulässigen Grenzen zu halten, war man gezwungen, Drehstrom von niedriger Frequenz — meist 25 Per/s, gegenüber der heute in Deutschland allgemein üblichen Periodenzahl von 50 Per/s — zu verwenden.

Als nun später die übrigen Arbeitsmaschinen des Bergbaues elektrischen Antrieb erhalten sollten und die Zentralen vergrößert werden mußten, führten diese niedrigen Periodenzahlen, insbesondere bei Antrieb durch Dampfturbinen infolge der langsam laufenden Generatoren zu Schwierigkeiten; auch war die Kupplung mit der öffentlichen Kraftversorgung nicht oder nur über teure und unwirtschaftlich arbeitende Umformer möglich. Infolgedessen erforderte der elektrische Antrieb im deutschen Bergbau zur damaligen Zeit in der Regel wesentlich höhere Anlagekosten als z. B. in den Ver. Staaten, was seiner allgemeinen Einführung recht hinderlich war.

Die zunehmende Verwendung der schnellaufenden Kreiselpumpe und die Modernisierung nach dem Weltkrieg zwang jedoch auch den deutschen Bergbau unter erheblichen Kosten allgemein zur Frequenz von 50 Per/s überzugehen. Die Aufwendungen wurden dadurch weit ausgeglichen, daß es nunmehr möglich war, die Grubenzentralen als Reservemöglichkeit oder zum Zwecke der Energieabgabe mit den Netzen der öffentlichen Versorgung zu kuppeln, so daß von diesem Zeitpunkt an die Anwendung der Elektrizität auch im deutschen Bergbau von Jahr zu Jahr in steigendem Maße an Bedeutung gewonnen hat.

Im Hinblick auf die Lebenswichtigkeit der Wasserhaltung für die Grube hat schon im Jahre 1913 der Verein für bergbauliche Interessen in Essen in Zusammenarbeit mit den führenden Firmen der Elektroindustrie den Versuch unternommen, die Abmessungen der Wasserhaltungsmotoren insoweit zu normen, daß bei Störungen ein Austausch von Motoren verschiedener Hersteller ohne weiteres möglich war. Leider machte der erste Weltkrieg und der anschließende wirtschaftliche Verfall diese so außerordentlich wichtige Normungsarbeit insofern unwirksam, als die genormten Wasserhaltungsmotoren in bezug auf die Gehäusegrößen ungünstig ausgenutzt und daher in der Anschaffung teurer als die normalen Motoren waren, so daß sich nur wenige Betriebe zur Beschaffung der genormten Typen entschließen konnten. Im Hinblick auf die Gesamtelektrifizierung des Bergbaues ist es zu bedauern, daß diese schon in verhältnismäßig frühem Stadium der Entwicklung einsetzenden Normungsbestrebungen, die auf der richtigen Erkenntnis der großen betrieblichen Vorteile einer vereinfachten Reservehaltung fußen, durch die zeitbedingten Umstände nicht zur Wirkung kommen konnten.

Als besonders geeignete Antriebsenergie hat sich die Elektrizität auch bei Abteufpumpen bewährt, da es bei den ursprünglich verwandten Dampfpumpen sehr schwierig ist, die Dampfleitungen bzw. das Pumpengestänge der fortschreitenden Teufe anzupassen, wobei noch erschwerend hinzu kommt, daß vor Abtun der Schüsse die Pumpe hochgezogen werden muß. Um nur einen möglichst geringen Teil des Schachtquerschnittes in Anspruch zu nehmen, hat man besondere Abteufmotoren mit senkrechter Welle geschaffen, die mit der Pumpe durch eine zwischengeschaltete Laterne zu einem Aggregat verbunden sind, wobei die Laterne zur Aufnahme der Kupplung dient. Da nun die Leistung eines Elektromotors durch die Verlustwärme gegeben ist, die bei bestimmter Größe der Motoroberfläche abgeführt werden kann, hat man bei den Abteufmotoren größerer Leistung zur Wasserkühlung gegriffen, um bei gegebener Gehäusegröße eine möglichst große Leistung unterbringen zu können. Auf diese Weise sind sehr robuste, völlig geschlossene Bauarten mit Kurzschlußläufern entstanden, die dem besonders rauhen Abteufbetrieb in jeder Beziehung gewachsen sind.

Bereits einer der ersten im Jahre 1907 für die Kaligrube Hattorf gelieferten Abteufmotoren hatte eine Leistung von 700 PS. Um den hohen Einschaltstrom der Kurzschlußläufermotoren vom Netz fernzuhalten, erfolgt das Anlassen mit Hilfe eines Anlaßtransformators bei herabgesetzter Spannung. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß das Moment des Motors quadratisch mit der Spannung zurückgeht, d. h. bei halber Anlaßspannung beträgt das Motormoment $\frac{1}{4}$ des normalen Anzugsmomentes. Für den Leeranlauf der Pumpe reicht jedoch ein Moment von 0,25—0,3 des Normalmomentes in der Regel aus. Weiter sind für den vorliegenden Zweck besondere Abteufkabel geschaffen worden, die auf große Längen freitragend in den Schacht eingehängt werden können, ohne daß ein Reißen der Kabel durch das hohe Eigengewicht zu befürchten ist.

Somit ist es der Elektrotechnik auch bei der Wasserhaltung gelungen, sich den besonderen Erfordernissen des Bergbaues weitgehend anzupassen.

Zusammenfassung.

Die vorstehenden Ausführungen geben einen Auszug aus einem vor der Untergruppe Siegen (Westf.) des Vereins Deutscher Bergleute gehaltenen Vortrages wieder, in dem der Versuch unternommen wurde, für Fördermaschinen, Lüfter, Verdichter und Antriebe der Wasserhaltungen die Vor- und Nachteile eines Dampf- bzw. elektrischen Antriebes gegeneinander abzuwägen.

UMSCHAU

Die Enteignung von Bergschadensverzichtsgelände -- Alte Urteile und neue Gedankengänge –.

Von Justitiar Dr. Helmut Wecks, Gerichtsassessor a. D., Gleiwitz.

Auf dem Gebiete des Enteignungsrechts wird vielfach von den Grunderwerbsberechtigten, insbesondere den öffentlichen Verkehrsanstalten, die Ansicht vertreten, daß sie dem Bergwerksbesitzer, der eigene Grundstücke über seinem Bergwerksfeld abgeben muß, nur den Verkehrswert zuzüglich etwaiger wirtschaftlicher Erschwernisse zu ersetzen haben. Nicht zu ersetzen sei der Mehrwert, den das Grundstück deshalb habe, weil sein Eigentum ihm erhebliche Bergschadensaufwendungen erspare. Vielfach wird auf eine angebliche ständige Rechtsprechung verwiesen.

Tatsächlich sind die letzten mir bekannten Entscheidungen des Reichsgerichts schon vor Jahrzehnten ergangen. Es liegen vor: Reichsgerichtsentscheidung vom 17. 5. 1904 in RG. 58, 157 und Z. Bergr. 46 (1905) S. 270 sowie Reichsgerichtsentscheidung vom 3. 3. 1914 in RG. 84, 254. In diesen Entscheidungen, in denen von irgendwelchen Belastungen der enteigneten Flächen nicht die Rede ist, es sich also um unbelastete Flächen gehandelt hat, erklärte das Reichsgericht, das mit der vollzogenen Enteignung zu Gunsten einer Verkehrsanstalt zwischen dieser und dem Bergwerksbesitzer das Verhältnis des § 153 ABG. in Kraft trete. Das Grundstücks- und das Bergwerkseigentum bilden kein im Zusammenhang stehendes Grundstück desselben Eigentümers. Es liege keine Teilenteignung im Sinne des § 8 Abs. 2 des preußischen Enteignungsgesetzes vor,

der bekanntlich lautet: »Wird nur ein Teil des Grundbesitzes desselben Eigentümers in Anspruch genommen, so umfaßt die Entschädigung zugleich den Mehrwert, welchen der abzutretende Teil durch seinen örtlichen oder wirtschaftlichen Zusammenhang mit dem Ganzen hat, sowie den Minderwert, welcher für den übrigen Grundbesitz durch die Abtretung entsteht.« Der Bergwerksbesitzer könne also gemäß § 8 des Enteignungsgesetzes keine besondere, über den Verkehrswert hinausgehende Entschädigung fordern, wenn er eigenes Gelände abgeben müsse.

Dieser Gedankengang, der vielfach sklavisch beibehalten wird, ist überholt. Er ist schon durch die Entscheidung anderer Gerichte, z. B. J. W. 1930, S. 3787, sinngemäß durchbrochen worden. Auch der Reichsfinanzhof hat in einer Entscheidung (Deutsche Bergwerkszeitung vom 29. 11. 1942) anerkannt, daß eigene Grundstücke eines Bergwerksbesitzers einen subjektiven Mehrwert haben. Dieser Mehrwert, der sich steuerlich auswirken kann, muß schon nach § 8 besonders entschädigt werden. Zudem wird vielfach, insbesondere von Rechtsanwalt Dr. Heinemann, Essen, in Glückauf 77 (1941) S. 401 und in seinem Werk »Der Bergschaden nach preußischem Recht« 1941 S. 114/16 mit Recht die Ansicht vertreten, daß ein grundbuchlicher Bergschadensverzicht von einer Enteignung überhaupt nicht erfaßt wird, da er keine privatrechtliche Verpflichtung im Sinne des § 45 preuß. Enteignungsgesetz ist. Er müsse also an sich bestehen bleiben.

Selbst wenn man aber diesen letzten Ausführungen nicht folgen will, muß man zu anderen als den obengenannten Ergebnissen der alten Urteile des Reichsgerichts gelangen. Denn es liegen neuere Urteile des Reichsgerichts vor, die gestatten, das Problem auf eine ganz andere Ebene zu verschieben, und zwar:

a) Entscheidung des Reichsgerichts vom 25. 11. 1930 (Z. Bergr. 72 (1931) S. 542ff und RG. 1930 S. 350),
b) Entscheidung des Reichsgerichts vom 14. 11. 1933 (RG. 142 S. 231).

Diese Entscheidungen besagen:

Zu a): Die Eintragung des Bergschadensverzichts, der bekanntlich bis zum Inkrafttreten des BGB. (1900) als Dienstbarkeit (S. KG. in Z. Bergr. 77 (1936) S. 270) oder Verfügungsbeschränkung (OLG. Köln in Z. Bergr. 38 (1897) S. 114) vorgenommen wurde und dann gemäß Artikel 184 EG. BGB. nach 1900 wirksam war, ist als Dienstbarkeit auch nach dem BGB. zulässig.

Zu b): Eine Grunddienstbarkeit kann auch zu Lasten und zugunsten eines eigenen Grundstücks (oder grundstücksgleichen Rechtes, z. B. Bergwerk) bestellt werden.

Es ist also nach obigem durchaus zulässsig, Grundstücke mit einem Bergschadensverzicht zu belasten. Ruht diese Last als Dienstbarkeit zugunsten eines Bergwerks oder dessen Besitzers auf einem fremden Grundstück, dann ist diese unzweifelhaft nach § 11 des Enteignungsgesetzes statt § 8 zu entschädigen, denn nach § 11 ist der Betrag des Schadens, welchen .... Servitutberechtigte durch die Enteignung erleiden, besonders zu ersetzen, soweit derselbe nicht in der nach § 8 für das enteignete Grundeigentum bestimmten Entschädigung .... begriffen ist.

Wie schon die alten Kommentare von Eger und Koffka ausführen, deckt sich jedoch nicht der Wert einer Last für den Belasteten mit dem Wert, den diese Last als Recht für den Berechtigten hat. Koffka (Anm. 5 zu § 11) sagt: »Der Wert dieser Dienstbarkeiten für das herrschende Grundstück deckt sich nicht mit demjenigen für das dienende Grundstück. Die dem dienenden Grundstück auferlegte Last kann sehr geringfügig sein und seinen Wert sehr wenig beeinflussen, kann aber für das herrschende Grundstück von sehr großem Vorteil sein. Der Natur der Sache nach begreift nun die Entschädigung für den Wert des enteigneten Grundstücks nur den Wert in sich, welchen die Servitut für das dienende Grundstück hat und nicht auch den Mehrwert, welchen sie dem herrschenden Grundstück verleiht. Die Differenz zwischen beiden Werten muß daher dem Eigentümer des herrschenden Grundstücks besonders erstattet werden.« Diese Differenz ist sonach dem Berechtigten gemäß § 11 zusätzlich zu entschädigen, während der Belastete seinerseits den Wert der Last an den Berechtigten als Entschädigung abführen muß.

Beispiel: Auf dem Grundstück des Hausbesitzers X von 1000 m² lastet ein Bergschadensverzicht. Das Grundstück wird zugunsten einer Verkehrsanstalt enteignet. Der Verkehrswert (Stopppreis) beträgt 2 ℛℳ je m² = 2000 ℛℳ. Der Wert der Last wird darin mit 0,50 ℛℳ je m² = 500 ℛℳ angesetzt. Die Grube bewertet ihr Recht mit 1,50 ℛℳ je m² = 1500 ℛℳ. Dann ist zu entschädigen:

	ℛℳ
Kaufpreis	2000
davon erhält die Grube	500
Außerdem sind an die Grube zu zahlen: 1500 ℛℳ abzüglich 500 ℛℳ =	1000
Die Grube erhält somit insgesamt	1500

Die Grube wird dann die Entschädigung von 1500 ℛℳ verzinslich anlegen und später davon die Bergschadenskosten für diese Fläche entnehmen müssen. Damit erhält sie wenigstens einen gewissen finanziellen Ersatz für den gelöschten Bergschadensverzicht.

Die gleiche Rechtslage besteht, wenn ein Grundstück des Bergwerksbesitzers mit dem Bergschadensverzicht zugunsten des eigenen Bergwerksfeldes als Grunddienstbarkeit belastet ist. Eine derartige Belastung ist nach obigem (RG. 142 S. 231) zulässig. Die Bewertungsgrundsätze sind auch dieselben, da es rechtlich keinen Unterschied macht, wo die Servitut ruht. Der Bergwerksbesitzer muß also besonders und über den Verkehrswert hinaus entschädigt werden, wenn ein Bergschadensverzicht auf seinem Grundstück als Grunddienstbarkeit ruht, und zwar nicht nach § 8 Enteignungsgesetz, von dem die alten Entscheidungen ausgehen, sondern gemäß § 11 des Enteignungsgesetzes. Damit wird den neuen Gesichtspunkten des Reichsgerichts in seinen Entscheidungen der Jahre 1930 und 1933 Rechnung getragen.

Es empfiehlt sich also, eigene Grundstücke mit einem Bergschadensverzicht zu belasten und im Falle der Abveräußerung zwecks Vermeidung oder im Wege der Enteignung die Entschädigung des § 11 Enteignungsgesetz zu fordern und damit eine Rechtslage zu schaffen, die keinen Vergleich mit den früheren Entscheidungen des Reichsgerichts aus den Jahren 1904 und 1914 gestattet.

Wege zur Energieeinsparung.

Erfolge der Energie-Ingenieure

Infolge der guten Arbeit der Energie-Ingenieure ist es gelungen, zum Teil sehr erhebliche Einsparungen an elektrischem Strom zu erzielen. Aus Berichten der Energie-Ingenieure eines mitteldeutschen Bezirkes geht hervor, daß man im allgemeinen von einer Einsparung von 20 bis 25%, in einigen Fällen sogar bis zu 35% sprechen kann. Zwei große metallbearbeitende Betriebe dieses Bezirkes konnten bei gleichbleibender Gefolgschaftsstärke eine Senkung des Stromverbrauchs um 25% erzielen, wobei weitere Maßnahmen zwecks weiterer Stromersparnis im Gange sind. Von allen Energie-Ingenieuren dieses Bezirks wird betont, daß der Haupterfolg der Einsparung auf dem Gebiet der Beleuchtung liegt, und daß die Ersparnisse durch tatkräftige Mithilfe seitens der gesamten Gefolgschaft erzielt wurden. Dieser Hinweis dürfte manche Energie-Ingenieure jetzt bei Beginn der kürzeren Tage dazu anregen, die Beleuchtungsverhältnisse seines Betriebes nochmals auf Ersparnismöglichkeiten scharf zu überprüfen.

Elektromotoren gut auslasten.

Unter den Maßnahmen, die zur Einsparung von elektrischem Strom beitragen, spielt die Verwendung gut ausgelasteter Motoren eine große Rolle. Der Antriebsmotor einer Maschine darf natürlich nicht überlastet sein, weil er sonst zu warm wird und die Isolation verbrennt. Andererseits soll der Motor aber auch nicht zu stark sein. Ein zu reichlich bemessener Antriebsmotor bleibt zwar sehr schön kühl, aber sein Wirkungsgrad wird schlecht und der Stromverbrauch dementsprechend hoch. An diesen Zusammenhängen ist nichts zu ändern, weil die Gesamtverluste eines Elektromotors zu einem erheblichen Teil durch die sogenannten Leerlauf-Verluste bedingt sind. Diese Leerlauf-Verluste bleiben bei allen Belastungen des Motors gleich; sie schlagen infolgedessen bei geringer Belastung wesentlich mehr zu Buch als bei Normallast, d. h. der Wirkungsgrad bei geringer Last wird von ihnen sehr ungünstig beeinflußt.

Im allgemeinen sind Elektromotoren so berechnet, daß sie zwischen Dreiviertel- und Vollast den günstigsten Wirkungsgrad haben. Bei kleiner Last sinkt der Wirkungsgrad dann ziemlich rasch ab. Wenn beispielsweise ein

15-kW-Asynchron-Motor nur mit 4 kW belastet ist, so beträgt sein Wirkungsgrad statt 87,5% nur noch rd. 79%. Die aufgenommene Leistung beläuft sich dann bei diesem Wirkungsgrad auf 5,06 kW. Dagegen hat ein 4-kW-Asynchron-Motor mit Kurzschlußanker einen Vollast-Wirkungsgrad von 87,5%, er entnimmt also aus dem Netz eine Leistung von nur 4,68 kW. Der schwach belastete 15-kW-Motor braucht demnach 0,38 kW mehr als der vollbelastete 4-kW-Motor. Dieser Mehrverbrauch ergibt in einem Jahr bei 3000 Arbeitsstunden den ansehnlichen Betrag von 1140 kWh.

Man soll also unbedingt danach trachten, nur gut ausgelastete Motoren in Betrieb zu halten. Natürlich wird man sich heute nur selten einen neuen Motor anschaffen können; in vielen Fällen ist es aber möglich, Motoren im gleichen Betrieb gegeneinander auszutauschen und so günstigere Belastungsverhältnisse zu schaffen. Voraussetzung dafür ist, daß man die tatsächliche Belastung eines Motors kennt. Sie ist vielfach wesentlich anders, als man nach allgemeinen Angaben der Lieferanten von Werkzeugmaschinen u. dgl. annimmt. Es lohnt sich deshalb fast immer, wenn man die tatsächliche Belastung durch Messen seitens des Elektrizitätswerkes oder eines geeigneten Sachverständigen feststellen läßt.

Wasserverbrauch bedeutet Kohlenverbrauch.

Wir müssen nicht nur mit Kohlen, Elektrizität und Gas, sondern auch mit Wasser sparsam umgehen. Der Wasserverbrauch bedeutet letztlich auch wieder Kohlenverbrauch, weil ja jeder Kubikmeter Wasser irgendwie an die Verbrauchsstelle gefördert werden muß. Werden dafür elektrisch angetriebene Pumpen verwandt, so werden für die Förderung von 1 m³ Wasser unter Umständen bis zu 0,5 kWh elektrische Arbeit verbraucht. Was das bedeutet, sei an einem kleinen Beispiel dargelegt: Wenn ein Betrieb täglich 100 m³ Wasser verbraucht, so entspricht das einer elektrischen Förderarbeit von 50 kWh, bei 300 Arbeitstagen im Jahr werden also jährlich 50·300 = 15000 kWh verbraucht. Zur Erzeugung dieser elektrischen Arbeit sind rd. 10000 kg Kohlen erforderlich. Eine Einsparung von nur 10% im Wasserverbrauch bedeutet also eine Ersparnis von rd. 1000 kg Kohlen im Jahr. Wenn man überlegt, daß jeder Betrieb Wasser gebraucht, und daß vielfach mit dem Wasser sehr verschwenderisch umgegangen wird, so kann man sich eine ungefähre Vorstellung davon machen, welche Kohlenmengen im Deutschen Reich gespart werden könnten, wenn der Wasserverbrauch entsprechend eingeschränkt wird.

Abgesehen davon wird ja in sehr vielen Fällen Rohwasser gefördert (Fluß- oder Brunnenwasser), das in irgendeiner Form dann noch für den beabsichtigten Verwendungszweck aufbereitet werden muß. Hierzu sind Chemikalien und dergleichen erforderlich, deren Herstellung ebenfalls wieder Kohlen erfordert. Bei Einschränkung des Wasserverbrauches wird der Chemikalienbedarf und damit letztlich wiederum der Kohlenverbrauch gedrosselt. Die industriellen Wasserverbraucher haben also alle Veranlassung, die Wasserwirtschaft in ihren Betrieben auf äußerste Sparsamkeit zu überwachen.

Beobachtungen der Magnetischen Warten der Westfälischen Berggewerkschaftskasse im Juli 1943.

Juli 1943	Deklination = westl. Abweichung der Magnetnadel vom Meridian von Bochum: Mittel aus den tägl. 8 Augenblickswerten 8 Uhr und 14 Uhr = annähernden Tagesmittel ° ′	Höchstwert ′	Mindestwert ′	Unterschied zwischen Höchst- und Mindestwert = Tagesschwankung ′	Zeit des Höchstwertes	Zeit des Mindestwertes	Störungscharakter 0 = ruhig 1 = gestört 2 = stark gestört: vorm.	nachm.
1.	6 23,0	30,0	18,6	11,4	16.0	8.8	0	0
2.	23,2	31,2	17,7	13,5	16.0	7.9	0	0
3.	26,1	32,0	15,2	16,8	15 1	5.6	1	0
4.	23,8	32,9	9,4	23,5	18 5	22.3	1	2
5.	24,8	33,1	16,5	16,6	16.2	20.7	2	2
6.	25,5	34,9	9,3	25,6	4.4	0.6	2	1
7.	25,8	29,0	18,8	10,2	17.0	6.1	1	1
8.	23,8	29,7	17,2	12,5	16.2	3 5	1	1
9.	24,7	29,6	11,0	18,6	9.4	20.2	1	2
10.	24.5	31,0	16,6	14,4	5.6	8 9	1	1
11.	24,8	30,4	19,1	11,3	14.8	7.4	1	1
12.	24,0	29,5	18,1	11.4	16.1	3.3	1	1
13.	23,6	29,0	17,6	11,4	3 0	9.1	1	1
14.	24,1	29,6	19,3	10,3	15.8	7.2	1	0
15.	23,4	30 8	17,9	12,9	17.3	9.9	1	1
16.	23,6	34,0	17,1	16,9	15.6	8.2	1	1
17.	23,6	31,2	19,1	12,1	4.0	7 1	1	0
18.	24,0	37,0	16,7	20,3	15.2	1.9	1	1
19.	22,8	30,5	17,2	13,3	15.9	23 7	1	1
20.	23,4	32,3	18,0	14,3	15 3	0 0	1	1
21.	24,2	31,0	18,6	12,4	17.3	10.6	1	1
22.	23,8	31,0	18,8	12,2	15.7	9 0	1	1
23.	24.8	31,0	19.0	12,0	16 2	9.4	0	0
24.	23.8	30,1	18,7	11.4	15 3	11.1	0	0
25.	24,2	30,0	19,8	10,2	15,1	9.1	0	0
26.	24,2	32,0	18,8	13,2	15,7	8.9	0	1
27.	26,2	30,0	18,2	11,8	16,1	4.5	1	0
28.	24 4	29,8	19,4	10,4	16,0	9.0	0	0
29.	23,7	29,6	17,7	11,9	15,9	8.1	1	0
30.	25,6	36,7	25,2	11,5	14,9	21.3	1	2
31.	26,0	36,0	17,5	18,5	14,9	7.8	1	1
Mts.-mittel	6 24,3	31,5	17,5	14,0		Monats-Summe	26	24

WIRTSCHAFTLICHES

Eisen und Kohle in Peru.

Gründung einer eignen Eisenindustrie.

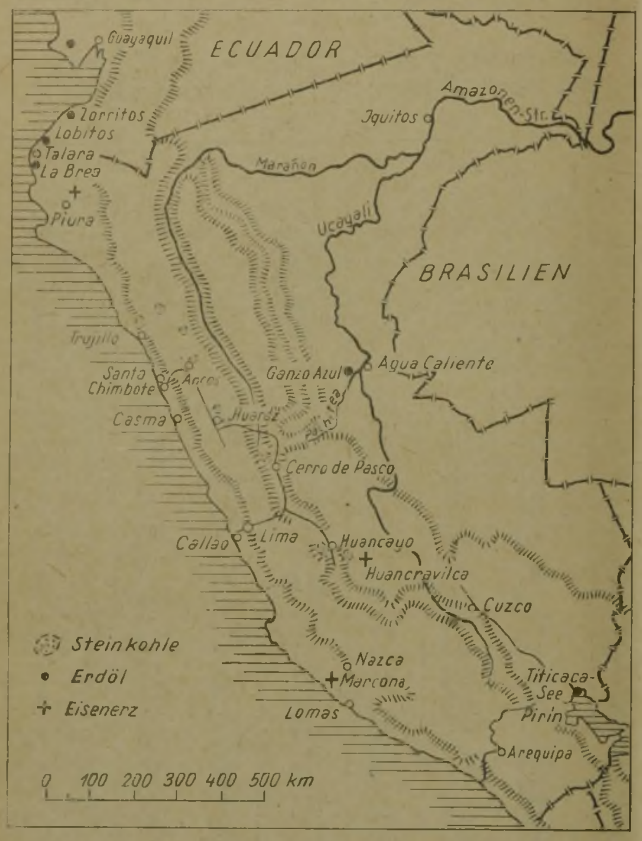
Der Bergbau Perus befindet sich in der Hauptsache noch im Zustand der kolonialen Entwicklung, d. h. er beschäftigt sich in der Hauptsache mit den wertvolleren Metallen, deren Erze auch nur zum Teil im Lande selbst verhüttet werden. Die sehr beträchtlichen Vorkommen von Eisenerz liegen noch völlig unberührt, und die zahlreichen und ausgedehnten Vorkommen guter bis mittlerer Kohle, die Peru wahrscheinlich die weitaus führende Stelle unter den Kohlenländern Südamerikas anweisen, sind erst in ganz bescheidenem Umfang und im wesentlichen auch erst an einer einzigen Stelle erschlossen worden.

Unter den vielen und mannigfaltigen Vorkommen von Eisenerz sind zwei näher untersucht worden, diejenigen von Marcona und Huancravilca. Marcona liegt an der Grenze der Bezirke Ica und Arequipa, fast 500 km südöstlich von Lima in der Pampa de Tanga, etwa 10 km in Luftlinie vom Meer entfernt. Innerhalb der völlig unbewohnten und wüstenähnlichen Pampa erheben sich zahlreiche, bis 25 m hohe und 30—150 m im Durchmesser aufweisende Hügel, die aus fast reinem Roteisenerz mit etwas Brauneisenerz bestehen. Die Lagerstätten liegen über mesozoischen Kalken, Schiefern und Quarziten am Rande von dioritischen Intrusionen. Ihre geologische Position und ihre Mächtigkeit sind noch nicht näher untersucht worden. Die Vorräte wurden von amerikanischen Ingenieuren im Jahre 1921 auf mindestens 500 Mill. t geschätzt. Nach neuern Angaben sollen als sicher nachgewiesen sein 100 Mill. t. Die Gehalte werden als Durchschnitt von 20 oberflächlichen Proben mit 60% Eisen (teilweise bis auf 65% steigend), ½—11% Kieselsäure (durchschnittlich 6%), 0,005—0,02% Phosphor und 0,01—0,05% Schwefel angegeben. Der Hauptteil des Vorkommens ist tagebaufähig. Für den Bergbaubetrieb müssen in der völlig unbewohnten Gegend sämtliche Einrichtungen erst geschaffen werden. Der nächste kleine Hafen, Lomas, liegt etwa 60 km entfernt, ebenso weit das am Rande der Cordillere liegende Dorf Nazca. Die Mündungen der von der Cordillere herabströmenden kleinen Flüsse bei den Buchten von San Juan und San Nicolas sollen günstige Verschiffungsmöglichkeiten in unmittelbarer Nähe des Erzvorkommens bieten. Die Wasserkraft der Flüsse ist ausbaufähig und kann die für den Bergbau erforderliche Energie liefern.

Das Vorkommen von Huancravilca in dem Bezirk Huancayo bietet gegenüber demjenigen von Marcona den Vorteil der Nähe des Kohlenvorkommens von Jatunhuasi mit einer recht brauchbaren Kokskohle. Der Standort ist aber sehr abgelegen und wird über eine Eisenbahnfahrt von Callao nach Huancayo (346 km) und anschließend 80 km im einstweilen unwegsamen Gebirge auf Maultierpfaden erreicht. Es handelt sich um Lager von Magneteisenerz im Kontakt von Granitintrusionen mit Jurakalken. Die nachgewiesenen Vorräte werden auf 38 Mill. t angegeben. Als Durchschnittsgehalte gelten 60% Eisen und

6 % Kieselsäure neben wenig Phosphor, aber einem höhern Schwefelgehalt.

Von sonstigen Eisenerzvorkommen verdient noch das von Tambo Grande in der Provinz Piura Erwähnung, wo 2 Mill. t Erz mit 35—50 % Eisen und 18—20 % Kieselsäure nachgewiesen sind. Es kommt nach seiner Qualität einstweilen für eine Ausnutzung nicht in Betracht.



Kohle, Erdöl und Eisenerz in Peru.

Noch wesentlich großartiger sind die Kohlenvorkommen Perus, durchweg von Glanzkohlen- bis Steinkohlencharakter und kretazeischen Alters. Die flözführenden Schichten der Unteren Kreide, etwa dem norddeutschen Wealden entsprechend, sind als bis 3000 m mächtige Sandstein- und Schiefertonhorizonte der Westkordillere Perus fast in ihrer ganzen 2000 km langen Erstreckung eingeschaltet. Die Kohlenführung findet sich jedoch nicht überall, sondern wahrscheinlich auf Grund getrennter Beckenbildungen nur in einzelnen Revieren, die allerdings eine Breite bis mehr als 150 km erreichen. In der Regel sind drei bis fünf Flöze entwickelt, die je 1—3 m Mächtigkeit besitzen. Durch tektonische und vulkanische Einflüsse ist die ursprünglich wohl überwiegend halbreife Kohle großenteils in backfähige Fettkohle, Magerkohle und echten Anthrazit umgewandelt.

Von einer Beschreibung der einzelnen Becken kann hier abgesehen werden. Das wichtigste ist einstweilen dasjenige von Goyllarizquisga, etwa 40 km nördlich von Serro de Pasco, wo mehrere durchschnittlich 2 m mächtige Flöze mit 36 % flüchtigen Bestandteilen und 28 % Asche sowohl als Dampfkohle für den großen Bergwerksbetrieb der Cerro de Pasco Copper Corp. als auch Kokskohle für deren Hüttenbetrieb abgebaut werden.

Neben Goyllarizquisga findet Förderung nur noch im Becken von Ancos und Huaraz am Rio Santa, Bezirk Ancash, statt, wo etwa 20 Kohlenflöze von 1—2 m Mächtigkeit bekannt sind. Die Kohle ist großenteils anthrazitisch, teilweise aber auch als Fettkohle ausgebildet. Der Aschengehalt soll nur 4—5 % betragen. Der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen wird auf 4—16 % angegeben.

Kohlenförderung Perus (in 1000 t).

1910	312	1936	93	1939	108
1913	278	1937	99	1940	107
1929	221	1938	75		

Die in den letzten Jahrzehnten oft erörterten Pläne für die Schaffung einer eignen peruanischen Eisenindustrie haben erst jetzt im Krieg greifbare Gestalt angenommen, wobei sich das Land die politisch-militärischen Gründen entspringende Neigung der Ver. Staaten zunutze macht, die Hilfsquellen der südamerikanischen Länder möglichst rasch zu erschließen. Es besteht die Absicht, an der Mündung des Rio Santa bei dem kleinen Hafen Chimbote ein Hochofen- und Stahlwerk für eine Jahresleistung von etwa 100000 t zu errichten. Das Eisenerz soll Marcona liefern, muß also in einer etwa 1000 km langen Seefahrt herangebracht werden. Koks- und Dampfkohle werden aus den Becken von Ancos und Huaraz bezogen. Kalkstein soll in der Nähe reichlich zur Verfügung stehen. Der Bau des Werkes, der von der bekannten Firma Brassert übernommen wird, soll 2—3 Jahre dauern. Die auf 15 Mill. $ geschätzten Baukosten erhält die peruanische Regierung als Kredit von der halbstaatlichen Import and Export Banc der Ver. Staaten. Er soll innerhlab 7½ Jahren nach der Inbetriebnahme des Werkes getilgt werden. Eigentümer der Gruben und Hütten soll der peruanische Staat selbst sein, dem das Bergwerkseigentum auf Marcona bereits gehört. Da die in Aussicht genommene Eisenerzförderung 500000 t jährlich beträgt, während höchstens 200000 t für das Werk von Chimbote erforderlich sein würden, besteht wohl die Absicht, den Überschuß nach den Ver. Staaten auszuführen, allerdings wird der Transport, ähnlich wie derjenige der chilenischen Erze, durch die Tarife des Panama-Kanals nicht unwesentlich verteuert. Auch das Kohlenrevier von Ancos und Huaraz soll eine Förderung von jährlich 500000 t erreichen, so daß auch hier teilweise Ausfuhr erfolgen würde. Wer als Abnehmer in Frage kommt, steht noch nicht fest. Die wirtschaftlichen Aussichten des ganzen Projekts müssen einstweilen mit Vorbehalt beurteilt werden. Der gesamte Eisen- und Stahlbedarf Perus betrug im Jahre 1938 nur 19000 t und verteilte sich auf zahlreiche und mannigfaltige Einzelwaren. Das Land wird zur Sicherung des neuen Werkes sich zunächst mit einem kräftigen Schutzzoll umgeben müssen, der die Eisen- und Stahlversorgung wesentlich verteuert. Daneben muß man aber wohl auch auf eine Ausfuhr rechnen; inwieweit sich diese gegenüber dem Wettbewerb der großen Industrieländer wird durchsetzen können, bleibt abzuwarten.

PATENTBERICHT

Deutsche Patente.

(Von dem Tage, an dem die Erteilung eines Patentes bekanntgemacht worden ist, läuft die fünfjährige Frist, innerhalb deren eine Nichtigkeitsklage gegen das Patent erhoben werden kann.)

1a (19). *736657*, vom 28. 1. 42. Bolidens Gruvaktiebolag in Stockholm. *Vorrichtung zur Entwässerung von Erzschlamm.*

Die Vorrichtung hat, wie bekannt, einen Absetzbehälter mit einer schrägen aus ihm herausragenden Fläche, auf der das Gut, das sich abgesetzt hat, mittels beweglicher Rechen oder Kratzer aus dem Behälter entfernt wird. Gemäß der Erfindung sind auf der schrägen Fläche, z. B. an deren beiden Längskanten, Kanäle oder Rinnen angeordnet, die teilweise abgedeckt sein können. Vor den Kanälen kann einer oder können mehrere in der schrägen Fläche versenkt oder in Form von Hohlstäben längs eines Teiles der Fläche angeordnet werden. In diesem Fall können die Rechen oder Kratzer der Vorrichtung mit Aussparungen versehen sein, die dem Umriß der Kanäle entsprechen. Zwischen den Kanälen und der schrägen Fläche kann ferner eine Zwischenwand angeordnet werden, deren Höhe in der Förderrichtung der Rechen oder Kratzer allmählich abnimmt. Durch die Kanäle werden die von dem Fördergut mitgenommene Flüssigkeit und von dieser mitgeführtes Gut einem tieferen Teil des Behälters zugeführt. Die Mündung der Kanäle kann so geformt sein, daß das Gut nach der Mitte der Rechen oder Kratzer geführt wird.

1b (6). *736747*, vom 2. 3. 41. Metallgesellschaft AG. in Frankfurt (Main). *Verfahren und Einrichtung zur elektrostatischen Aufbereitung von staubförmigen Zwei- oder Mehrstoffgemengen.*

Die aufzubereitenden Stoffgemenge, z. B. Feinstkorngemenge aus Kohle, werden durch die eine Elektrode eines aus gegenpoligen Elektroden gebildeten Kondensatorfeldes in Richtung auf die zweite Elektrode des Feldes in dieses geblasen oder geschleudert. Die Elektrode, durch die das Gemenge in das Kondensatorfeld geblasen wird, kann hohl und gegenüber der anderen Elektrode mit einem düsenartigen Schlitz versehen sein. Die Elektrode, gegen die das Gemenge geblasen oder geschleudert wird, kann durch zwei auf gegenüberliegenden Seiten der anderen Elektrode angeordnete Umlaufkörper gebildet werden. In diesem Fall wird die innere Elektrode mit einem ringförmigen, erforderlichenfalls einstellbaren Austrittschlitz für das Stoffgemenge versehen. Wird letzteres in das Konden-

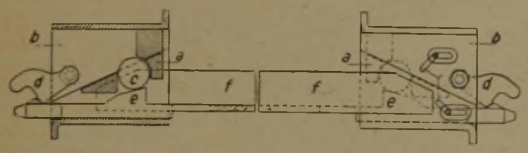
satorfeld geschleudert, so kann hierzu eine in der inneren Elektrode in Höhe des Austrittschlitzes dieser Elektrode angeordnete Schleuderscheibe verwendet werden. Diese Scheibe kann so ausgebildet werden, daß sie das Stoffgemenge belüftet.

1b (7). *736658*, vom 3. 6. 42. Dr. med. Rudolf Thiel in Frankfurt (Main). *Verfahren und Vorrichtung zur Trennung von nichtmagnetisierbaren Metallkörpern auf magnetischem Wege.* Zus. z. Pat. 729008. Das Hauptpat. hat angefangen am 20. 4. 39.

Das einen Nordpol oder einen Südpol bildende Wirbelstrommagnetfeld, das bei dem durch das Hauptpatent geschützten Verfahren in den nichtmagnetisierbaren Metallkörpern des zu trennenden Gutes gebildet wird, wird gemäß der Erfindung durch einen pulsierenden Gleichstrom erzeugt, und der Magnet, der bei dem Verfahren verwendet wird, wird durch einen stab- oder lanzenförmigen Eisenkörper gebildet. Der pulsierende Gleichstrom kann einem Gleichrichter entnommen oder durch ein Relais, z. B. ein Thyratron, erzeugt werden.

5c (10_{01}). *736699*, vom 10. 1. 41. Hermann Schwarz KG. in Wattenscheid. *Lösevorrichtung für Wanderpfeiler.* Zus. z. Pat. 697370. Das Hauptpat. hat angefangen am 25. 5. 39.

Die durch das Hauptpatent geschützte Lösevorrichtung für Wanderpfeiler hat zwei Keilpaare, deren aufeinander verschiebbaren Keile *a b* durch eine in einer Aussparung des unteren Keiles *a* liegende, in eine Aussparung des oberen Keiles *b* eingreifende Walze (Rolle) *c* in der Arbeitslage gehalten werden. Die Walze (Rolle) *c* ruht auf einem verschiebbaren, durch eine lösbare Sperrklinke *d* o. dgl. festgehaltenen Keil *e*. Gemäß der Erfindung sind die beiden Keile *e*, die die Sperrwalzen *c* beider Keilpaare *a*, *b* abstützen, in Aussparungen des Steges eines U-Eisens *f* geführt, durch das die unteren Keile *a* der beiden Keilpaare *a b* miteinander verbunden sind. Durch das U-Eisen *f* wird der Hub der Keile *e* begrenzt.



5d (11). *736659*, vom 6. 12. 41. Gewerkschaft Eisenhütte Westfalia in Lünen. *Kolbenantriebsmaschine.*

Das Lastseil der für hin und her gehende Fördereinrichtungen, insbesondere für Kratzförderer im Grubenbetrieb bestimmten zweizylindrischen Maschine, deren Kolbenstangen durch ein Querstück miteinander verbunden sind, verläuft von dem Querstück aus zwischen den beiden Zylindern hindurch und ist in Durchbrechungen der die Zylinder verbindenden Deckel geführt. Das Seil kann durch eine Seilrolle umgelenkt werden, die an dem dem Querstück gegenüberliegenden Zylinderdeckel gelagert ist. Die Umlenkrolle kann dabei durch Umlegen des Zylinderdeckels auf die linke oder rechte Seite des Motors verlegt werden. Die Maschine kann durch ein Gelenk mit der Förderrinne verbunden und in solcher Entfernung neben der Rinne angeordnet werden, daß zwischen ihr und der Rinne Stempel gesetzt werden können. Die der Maschine die Druckluft zuführende Leitung kann ferner in dem von den beiden Zylindern der Maschine gebildeten Hohlraum angeordnet werden.

10b (6_{02}). *736660*, vom 18. 3. 38. Albert-Emulsionswerk GmbH. in Wiesbaden-Biebrich. *Einrichtung zum Tauchen von Briketts in Flüssigkeiten.*

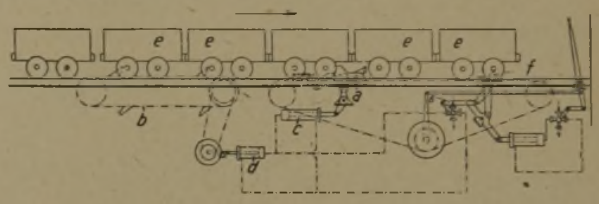
Die Einrichtung hat eine winkelförmige, mit dem Scheitel in die Flüssigkeit tauchende Führungsrinne für die von der Brikettpresse ausgestoßenen Briketts. Der absteigende Teil der Rinne ist so treppenförmig, daß die Stufen mit der Waagerechten einen gegen die Bewegungsrichtung der Briketts ansteigenden Winkel bilden. Die Stufen können gegen die Senkrechte geneigt sein, und die Kante der Stufen kann abgerundet sein. Ferner können beide Schenkel der Führungsbahn um eine waagerechte Achse schwenkbar sein.

35a (9_{11}). *736707*, vom 2. 2. 41. H. & G. Grossmann GmbH. in Dortmund. *Wagen-Hemmvorrichtung für Förderkörbe.*

Die Vorrichtung hat außer bekannten Hemmrollen oder Gleitschuhen Rollen, durch die die auf den Förderkörben stehenden Förderwagen am vorderen Ende so abgestützt werden, daß sie nicht kippen können.

35a (9_{12}). *736674*, vom 21. 11. 40. Demag AG. in Duisburg. *Aufschiebevorrichtung für Förderbahnen vor Schachtaufzügen, Wippern o. dgl.*

Die Vorrichtung hat, wie bekannt, einen Aufschiebestößel *a* und eine diesem vorgelagerte Zubringerkette *b*. Der Stössel und die Kette, die je einen besonderen Antriebmotor *c* bzw. *d* haben, sind so miteinander verbunden, daß der Antriebmotor *d* der langsam laufenden Kette durch die von dieser vorgeschobenen Förderwagen *e* mittels eines Anschlaghebels *f* abgeschaltet und beim Einschalten des Antriebmotors *c* des wesentlich schneller arbeitenden Stössels zugleich mit diesem durch Verbinden der Steuerungen beider Antriebmotoren *c* und *d* eingeschaltet wird. Der Anschlaghebel *e* kann durch mechanische, pneumatische, elektrische oder andere Steuermittel auf die Steuerung der Antriebmotoren *c* und *d* wirken.



81e (48). *736733*, vom 25. 4. 42. Société à Responsabilité Limitée Etablissements Fournier & Mouillon in Genelard, Saône-et-Loire (Frankreich). *Wendelrutsche.*

Die zwischen zwei gleichachsigen, ausgeführten oder gedachten zylindrischen Begrenzungsflächen liegende Wendel (Rutschbahn) der insbesondere zum Abwärtsfördern von Gut untertage durch einfache Schwerkraftwirkung bestimmten Rutsche besteht aus einer Fläche, die durch eine von den Tangenten an eine auf der inneren zylindrischen Begrenzungsfläche gezeichnete Schraubenlinie erzeugt ist. Die die Wendel bildende Fläche kann längs der gezeichneten Schraubenlinie in eine innerhalb der inneren Begrenzungsfläche gelegene, z. B. nach Art einer Förderschnecke ausgebildete Schraubenbahn übergehen.

ZEITSCHRIFTENSCHAU[1]

*(Eine Erklärung der Abkürzungen ist in Heft 1 auf den Seiten 13 und 14 veröffentlicht. * bedeutet Text- oder Tafelabbildungen.)*

Bergtechnik.

Allgemeines. Meyer, Kurt Th.: Die Berufserziehung im deutschen Kalibergbau. (Forts. u. Schluß.) Kali 37 (1943) Nr. 7 S. 109/17*; Nr. 8 S. 136/38*. Neben der im Vordergrund stehenden Ausbildung des bergmännischen Nachwuchses werden auch die übrigen für die Kaliindustrie wichtigen Lehrberufe besprochen. Im einzelnen werden behandelt: die Entwicklung des bergmännischen Ausbildungswesens sowie seine rechtlichen Grundlagen; die betriebliche und schulische Berufserziehung des Berglehrlings und die Knappenprüfung; die Aufbauausbildung des Knappen über den Lernhauer zum Hauer; Maßnahmen zur Leistungsertüchtigung der gesamten Belegschaft sowie Aufstiegmöglichkeiten für fähige Gefolgschaftsmitglieder; zukünftige Aufgaben der Berufserziehung im deutschen Kalibergbau.

Abbau. Fröhlich, Karl: Strebausbau für eine stempelfreie Abbaufront. Glückauf 79 (1943) Nr. 37/38 S. 433/38*. Der Einsatz von Gewinnungsmaschinen untertage erfordert beim Strebbau eine stempelfreie Abbaufront. Der Ausbau muß außerdem zeitlich der Gewinnungsmaschine folgen können, da sonst ihre Aufgabe, eine Mechanisierung der Gewinnung bei gleichzeitigem Einsparen von Arbeitsschichten zu erreichen, nicht erfüllt werden kann. Neben vielen Konstruktionen, die sich noch im Versuchs- oder Entwicklungsstadium befinden, stehen bereits einige brauchbare Ausführungen zur Verfügung. Über zwei solcher Möglichkeiten für eine stempelfreie Abbaufront, den GHH-Drillingsstempel und die Gelenk-Stahlkappe, wird noch berichtet. Dabei werden im besonderen die konstruktiven Gesichtspunkte behandelt.

[1] Einseitig bedruckte Abzüge der Zeitschriftenschau für Karteizwecke sind vom Verlag Glückauf bei monatlichem Versand zum Preise von 2,50 *RM* für das Vierteljahr zu beziehen.

Förderung. Tettamanti, E.: Die Kennflächen der Kräfte und der Sicherheiten gegen Seilrutsch bei Treibscheiben-Hauptschachtfördermaschinen. Mitt. Hochschule Sopron 14 (1942) S. 83/167*. Aus der Zielsetzung ergeben sich für die Ausarbeitung der gestellten Aufgabe 2 Hauptabschnitte: 1. die allgemeine analytische Lösung der Kennfläche der Kräfte und der Sicherheiten innerhalb von 3 Hauptarten der Treibscheibenförderungen (mit normalem, mit schwerem Unterseil und ohne Unterseil), 2. die Untersuchung der Gestaltung der Sicherheiten bei den 3 üblichen Hauptarten der Anfahrt (mit linearem, mit parabelförmigem Geschwindigkeitsverlauf und mit gleichbleibender effektiver Zugkraft) sowie der Verzögerung (mit freiem Auslauf, mit Energiezuführung und mit Bremsen).

Katz, R.: Erfahrungen mit Gurtförderern aus deutschen Gewebewerkstoffen. Braunkohle 42 (1943) Nr. 36/37 S. 360/63. Gurtförderer aus Zellwolle mit 40—50 kg/cm Naßfestigkeit sind als Brikettverladebänder und Fabrikbänder gut brauchbar, wenn normale Betriebsbedingungen vorliegen. Der Gurtzug ist im allgemeinen so niedrig, daß bei 4—5 Einlagen mehr als ausreichende Sicherheit vorhanden ist. Im Tagebaubetrieb haben einzelne Kunstseidenbänder aus Geweben mit 60 bis 120 kg/cm Naßfestigkeit bewiesen, daß sie Baumwollbänder ersetzen können.

Pieck, Kurt: Beitrag zur Lösung der Treibscheibenfrage. Wärme 66 (1943) Nr. 17 S. 196/200*. Die seit 1920 gesammelten Erfahrungen mit Treibscheibenrillen weisen auf eine Bevorzugung der Keilrillen. Für die zulässige Rillenpressung wird eine neue Formel entwickelt, die auch die Abnutzung der Rillen erfaßt. Zur Nachprüfung der erforderlichen Schubkraft eignet sich eine neue Fahrprobe, welche die gefahrbringende Abnutzung der Rillen rechtzeitig zu erkennen gestattet.

Aufbereitung und Brikettierung.

Erzaufbereitung. Tarján, G.: Die Transformation der Aufbereitungskurven. Mitt. Hochschule Sopron 14 (1942) S. 192/223*. Die die Form der Aufbereitungskurven bestimmenden Faktoren können in 2 Gruppen eingereiht werden: 1. in die Gruppe der inneren Gegebenheiten des Roherzes, die man im allgemeinen nicht verändern kann, und 2. in die Gruppe der im Laufe der Aufbereitung auftretenden Verfahren, wie das Aufschließen, die Klassierung und die Sortierung selbst. Diese Faktoren kann man beliebig verändern, wodurch die Form der Kurven eine Änderung erfährt. Demgemäß kommt der Feststellung solcher Zusammenhänge große Bedeutung zu, die durch verhältnismäßig wenige Versuche, die den veränderlichen Faktoren entsprechende Transformation der Aufbereitungskurven mit praktisch hinreichender Genauigkeit ermöglichen.

PERSÖNLICHES

Ernannt worden sind:

der Vermessungsoberinspektor Dipl.-Ing. Böhme zum Bergrat beim Oberbergamt Freiberg (Sa.),

der Bergreferendar Hans-Günther Braun (Bez. Bonn) zum Bergassessor.

Eingewiesen worden sind:

der Oberbergrat als Mitglied des Oberbergamts Freiberg (Sa.) Böttcher in die Planstelle eines Oberbergrats daselbst,

der Bergrat Rehbaum vom Bergamt Beuthen-Nord unter Versetzung an das Bergamt Luxemburg in die Erste Bergratsstelle daselbst.

Versetzt worden sind:

der Bergrat Liebeneiner vom Bergamt Königshütte-West an das Bergamt Beuthen-Nord,

der Bergrat Ziervogel vom Oberbergamt Bonn an das Bergamt Aachen-Süd.

Der Bergrat Dr.-Ing. Rudolf Meyer vom Bergamt Karlsbad ist zum Reichskommissar für die besetzten norwegischen Gebiete in Oslo abgeordnet worden.

Der Oberbergrat Buchner beim Oberbergamt Freiberg ist in die Stelle eines Oberbergrats als Direktor eines Knappschafts-Oberversicherungsamts eingewiesen worden.

Am Oberbergamt Freiberg ist der Dipl.-Ing. Jehnichen als wissenschaftlicher Angestellter angestellt worden.

Die Dipl.-Ing. Krueger und Böhm sind beim Oberbergamt Freiberg ausgeschieden.

Der Dr. rer. nat. habil. Slevogt ist unter Zuweisung zur Fakultät für Naturwissenschaft und Ergänzungsfächer zum Dozenten an der Bergakademie Clausthal ernannt worden; gleichzeitig ist ihm die Lehrbefugnis für Experimentalphysik verliehen worden.

Den Tod für das Vaterland fand:

am 15. August im Osten der Bergrat Bernd Schmidt vom Oberbergamt Dortmund als Soldat im Alter von 35 Jahren.

Gestorben:

am 27. Juni in Chemnitz der Abteilungsleiter Oberbergrat Friedrich Schubert im Alter von 55 Jahren,

am 20. August in Freiberg der Regierungsbergrat a. D. Rudolf Küchenmeister, Hüttendirektor der Muldner Hütte in Muldenhütten, im Alter von 57 Jahren.

Verein Deutscher Bergleute

Bezirksverband Gau Mark Brandenburg, Untergruppe Senftenberg. 2. Oktober, 15 Uhr, Besichtigung der Förderbrücke Meurostolln. Treffpunkt Fabrikeingang Meurostolln. — 23. Oktober, 15 Uhr, Besichtigung des Tagebaus Ilse-Ost. Treffpunkt verlängerte Güterbahnhofstraße Senftenberg, Markscheide Ilse-Ost/Salzdetfurth-AG.

Bezirksverband Gau Westmark. Vorträge der Geologischen Arbeitsgemeinschaft: 6. Oktober, 17.15 Uhr, Professor Dr. Burre »Der geologische Bau Lothringens als Grundlage seiner Landschaft und seiner Bodenschätze« (mit Lichtbildern). 13. Oktober, 17.15 Uhr, Dr. Guthörl »Die Bedeutung der Gesteinskunde für die Gebirgsschichtenaufnahme«, Markscheider Göbler »Ihre Anwendung bei der markscheiderischen Aufnahme« (mit Erläuterungen einer Gesteinssammlung). Die Vorträge finden im großen Hörsaal der Bergschule zu Saarbrücken, Trierer Straße 4, II. Stockwerk, statt.

Bezirksverband Gau Oberschlesien. Veranstaltungen im Oktober: 13. Oktober 18 Uhr Bibliotheksaal der Donnersmarckhütte in Hindenburg, 14. Oktober 18 Uhr Staatl. Ingenieurschule in Kattowitz, 15. Oktober 18 Uhr Hotel Kaiserhof in Beuthen, je ein Lichtbildervortrag »Förderungs- und Leistungssteigerung auf dem Suchauschacht unter besonderer Berücksichtigung des Großabbaues im IX/X. Flöz«, Betriebsdirektor Diplom-Bergingenieur Wiebecke, Suchauschacht, Karwin. 20. Oktober 19 Uhr Hotel Reichshof in Rybnik, 21. Oktober 18.30 Uhr Werkshotel in Karwin, je ein Lichtbildervortrag »Technische und wirtschaftliche Bedeutung der Elektrifizierung für die Mechanisierung der Kohlengewinnung«, Dr.-Ing. Bohnhoff, Berlin.

Bezirksverband Gau Hessen-Nassau. 16. Oktober, 17.30 Uhr, Gründungsversammlung der Untergruppe Lahn. Vortrag Knappschaftsreferent P. Schein, Bochum: »Der neueste Stand der knappschaftlichen Versicherung unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Bergbauangestellten«.

Bezirksverband Gau Halle-Merseburg. 30. Oktober, 16 Uhr, Hotel »Goldene Kugel«, Halle (Saale), Riebeckplatz, Vortrag Betriebs-Ingenieur Gärtner, Grubenverwaltung Ammendorf der A. Riebeckschen Montanwerke: »Maßnahmen zur Steigerung der Leistung in Werkstätten des Bergbaus«. Anschließend kameradschaftliches Beisammensein.

Nachrufe.

Am 28. August verstarb in Kattowitz unser langjähriges Mitglied und ehrenamtl. Mineralienwart Herr Fahrsteiger Max Ganobis, Laurahütte.

Bezirksverband Gau Oberschlesien.

Wir erhielten die traurige Nachricht, daß Herr Fahrsteiger i. R. Otto Paul, der am 1. April das seltene Jubiläum seiner 40jährigen Zugehörigkeit zum VDB., des früheren Vereins technischer Grubenbeamten, begehen konnte und in jahrelanger treuer Mitarbeit als Vorstandsmitglied für uns wirkte, an den Folgen eines langen, mit großer Geduld ertragenen Leidens verstorben ist. Wir danken dem Verstorbenen über das Grab hinaus für all das, was er in aufopfernder Arbeit für uns und seinen Berufsstand ehrenamtlich geleistet hat. Sein Name wird in der Untergruppe Bochum als Vorbild weiterleben.

Bezirksverband Gau Westfalen-Süd
Untergruppe Bochum.

Am 9. September verunglückte bei Ausübung seines Berufes unser Mitglied, der Elektro-Reviersteiger Hans Looser der Schachtanlage Adolf des Eschweiler Bergwerks-Vereins. Wir verlieren in dem Verstorbenen ein treues Mitglied. Sein Andenken werden wir in Ehren halten.

Bezirksverband Gau Köln-Aachen
Untergruppe Aachen.

STELLENANGEBOTE

Gesucht wird für sofort von mittlerer Zeche des Ruhrbezirks ein auf allen Gebieten seines Berufes erfahrener **Vermessungssteiger.** Angebote mit ausführlichem Lebenslauf, einigen Probezeichnungen, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Gehaltsansprüchen unter G 1739 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Diplom-Ingenieur des Berg- oder Maschinenfaches mit mehrjährigen Erfahrungen in der Brikettfabrikation als Betriebsleiter für mittlere Brikettfabrik in der Lausitz gesucht. Baldiger Eintritt erwünscht. Übliche Bewerbungsunterlagen erbeten an Abt. „BF 1" unter E 920 an Ala Anz.-Ges., Dresden A 1, Prager Str. 6.

Für das techn. Büro unserer Schachtanlage wird ein **Maschinentechniker** oder **technischer Zeichner** gesucht. Ausführliche Bewerbungen sind zu richten unt. DO 10530 an Ala Anzeigen G. m. b. H., Dortmund, Reinoldistr. 19.

Größeres Bergwerksunternehmen des rhein.-westf. Industriegebietes sucht für die Bearbeitung aller mit dem Luftschutz zusammenhängend. Fragen einen **hauptamtlichen Sachbearbeiter** mit entsprechenden Vorkenntnissen. Herren, welche auf diesem Gebiet die notwendigen Erfahrungen besitzen, werden gebeten, umgehend ihre Bewerbung mit den üblichen Unterlagen unter G 1743 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen, einzusenden.

Größere Schachtanlage im Ruhrbezirk sucht baldmöglichst einen energischen, jungen **Maschinenfahrsteiger** für ihren ausgedehnten und modernen Tagesbetrieb. Bewerber mit besonderen Kenntnissen in der Kohlenaufbereitung wollen ihren Lebenslauf u. Zeugnisse einsenden unter G 1746 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Steinkohlengesellschaft sucht z. sofort. Eintritt einen **Betriebsführer** u. einen **Fahrsteiger** für den Kokereibetrieb einer größeren Schachtanlage im Ruhrgebiet. Bewerbungen erbitten wir mit Lebenslauf u. Lichtbild unter G 1744 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Für unser Ausbildungswesen suchen wir **1 Ausbildungssteiger** f. unser Lehrbergwerk, **1 Ausbildungssteiger** für eine Lehrwerkstatt, **1 Lehrer** für unsere bergmännische Berufsschule. Jüngere, im Umgang mit Jugendlichen erfahrene Kräfte werden gebeten, selbstgeschriebenen Lebenslauf, Zeugnisse u. Lichtbild einzureichen unter G 1747 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Mittlere Steinkohlenzeche im Essener Bezirk sucht einen jüngeren, energischen **Fahrsteiger,** der die Oberklasse der Bergschule besucht hat u. über reiche praktische Erfahrungen, besonders im Abbau steilgelagerter Flöze, verfügt. Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Referenzen und Angabe des frühesten Eintrittstermins erbeten unter G 1748 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Große Bergwerksgesellschaft des Ruhrgebietes sucht **Energieingenieur** zur Lenkung des Verbrauchs an Dampf, Strom, Wasser und Preßluft für die Kokereibetriebe. Herren mit energiewirtschaftlicher Ausbildung u. Erfahrung, mit dem Meßwesen vertraut, wollen sich melden unter DO 10534 an Ala Anzeigen G. m. b. H., Dortmund, Reinoldistr. 19.

STELLENGESUCHE

Markscheider i. R., 65 Jahre alt, rüstig, wünscht die Leitung eines Markscheidebüros zu übernehmen. Angebote erbeten unter G 1749 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Fahrsteiger, 38 Jahre alt, Strebfachmann, erfahren in Aus-Vorrichtung und sämtlichem Verkehr mit Behörden, Oberführer der Grubenwehr und ausgebildet in d. Grubenbrandbekämpfung, sucht Stelle in mittlerem Bergbaubetrieb als Betriebsleiter oder auch als Fahrsteiger mit Aufstiegsmöglichkeit. Wo, ganz gleich. Angebote erbeten unter G 1742 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Masch.-Ing., 40 J. alt, mit langj. Betriebs- und Büropraxis im Steinkohlenbergbau, sucht selbst. verantw. Stellung in Hauptverwaltung größerer Bergwerksgesellschaft. Angebote erb. unter G 1741 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Junger Kokereifachmann mit Erfahrung in Betrieb und Labor sucht verantwortliche Stellung in einem Kokereibetrieb. Am liebsten bes. Ostgebiet. Angebote unter Kennziffer U. V. 9365 an Ala, Essen, Juliusstr. 6.

Der Bergbaufachmann liest
„Glückauf"
Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift

AN- UND VERKÄUFE

Zu kaufen gesucht: Ein Luftgebläse oder Kompressor, anges. Luftmenge ca. 3000 m³/h, Enddruck 0,3—0,5 atü. Angebote erbeten unter G 1738 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Suchen für Bergbaubetrieb neue oder gebrauchte **Förderwagen,** 500 Liter Inhalt u. 500 mm Spur, gegen Eisenbezugsrechte u. Dringlichkeitsbescheinigung. Angebote erbeten unter G 1745 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Ca. 20—25 gebrauchte **Kohlenwagen,** Spurweite 570 mm, Höhe der Wagenoberkante von S O 1100—1150 mm, Wagenbreite 766 mm, Kastenlänge einschließlich Puffern zwischen 1300 und 1550 mm, sofort gesucht. Angeb. unter G 1740 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Manganerze in großen Mengen zu kaufen gesucht. Angebote unt. L. G. 810 an Ala, Leipzig C 1.

2 Stück Elektrolokomotiven, Fabrikat AEG, 500 V Gleichstrom, 90 PS, 1000 mm Spurweite, wegen Betriebsumstellung günstig abzugeben. Anfragen an Bergverwaltung Marienhütte, Post Gelnica, Slowakei.

Einbanddecken
für
den Jahresband 1941
der
Zeitschrift „Glückauf"
in solider Ausführung.
Der Preis beträgt 2.50 RM.
Verlag „Glückauf" GmbH., Essen.

SIEMENS
ELEKTRIZITÄT IM BERGBAU

J 24.02|4

Schlagwettergeschützte Abbauleuchten

SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AG
BERLIN

Schriftwalter: Bergassessor C. Pommer, für den wirtschaftlichen Teil: Dr. H. Meis, beide Essen / Anzeigenleiter: Franz Flach, Essen.
Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 6 / Druck: C. W. Haarfeld, Komm.-Ges., Essen / Verlag Glückauf GmbH., Essen, Huyssenallee 100. Fernruf 22203, 20981
Vierteljahres-Bezugspreis 8,— RM. Preis des Einzelheftes 1,25 RM.

Abteufen von Schächten

nach allen Verfahren

C. Deilmann

Bergbau- und Tiefbau-G. m. b. H.

Dortmund

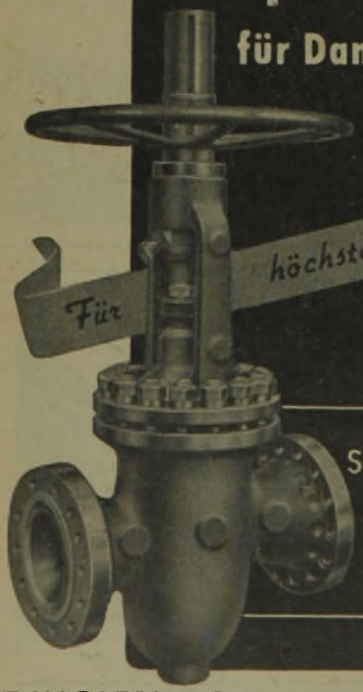
Schachtausbau –

Schachtabdichtung

Dingler

EK-Absperrschieber

für Dampf, Gase und Flüssigkeiten



Für höchste Beanspruchung

Simplum-, PL- und Ringkammer-Schieber

DINGLERWERKE AKTIENGESELLSCHAFT

ELEKTRO-BANDROLLEN

für Übertage und Untertagebetrieb, eingebaut in fahrbare und stationäre Transportbänder. Stirnräder im Innern der Trommel untergebracht. Keine freiliegenden Teile — einfachste Montage — in Hunderten von Ausführungen bestens bewährt.

BAMAG-DESSAU