

# GLÜCKAUF

## Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift

Nr. 19

8. Mai 1937

73. Jahrg.

### Berechnung und Messung von Strömungswiderständen in Druckluftleitungen.

Von Dipl.-Ing. J. Maercks, Lehrer an der Bergschule Bochum.

Die fortschreitende Mechanisierung im Betriebe untertage bringt eine zunehmende Belastung des Druckluftnetzes mit sich und zwingt zu einer stärkern Beachtung der Strömungswiderstände in langen Rohrstrecken. Die Erfahrung lehrt, daß Streckenleitungen nach entfernt liegenden Revieren vielfach erst dann abgeworfen werden, wenn die Betriebe unter Druckmangel leiden und die Leistungen der Maschinen so stark gesunken sind, daß die Volleistungsfähigkeit des Reviers gefährdet erscheint. Dieser Fall tritt im besondern dann ein, wenn mechanischer Versatz mit Blasmaschinen erfolgt, die starke Luftverbraucher sind. Die Werksleitung sollte aber nicht erst die Störung im Betrieb abwarten, sondern beim Einsatz neuer Maschinen die Leistungsfähigkeit der bestehenden Rohrleitung durch Rechnung nachprüfen, um nötigenfalls die Vergrößerung der Strömungsquerschnitte vor dem Einsatz der Maschinen vorzunehmen. Die Strömungslehre zeigt hierfür einfache Rechnungswege.

Hinsichtlich des Strömungswiderstandes glatter Rohre lehrt die Physik die Abhängigkeit des Reibungsbeiwertes  $\lambda$  von der Reynoldsschen Zahl  $R$ . Das Gesetz lautet  $\lambda = 0,3164 \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{R}}$ . Hierin bedeutet  $R$  das Verhältnis  $\frac{v \cdot d}{\nu}$ ,  $v$  die Strömungsgeschwindigkeit in  $\text{cm/s}$ ,  $d$  den Rohrdurchmesser in  $\text{cm}$  und  $\nu$  die kinematische Zähigkeit der Strömungsflüssigkeit oder des Strömungsgases in  $\text{kg/cm}^2$ .

Die kinematische Zähigkeit ist keine feste Größe, sondern bei Gasen von der Temperatur und dem Druck abhängig. Die Physik gibt für Luft folgende Werte an.

$\nu$ -Werte für Luft.

Druck ata	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°
1	0,142	0,160	0,178	0,196	0,212	0,230	0,249
2	0,071	0,080	0,089	0,098	0,106	0,115	0,125
3	0,047	0,053	0,059	0,065	0,071	0,077	0,083
4	0,036	0,040	0,045	0,049	0,052	0,058	0,062
5	0,028	0,032	0,036	0,039	0,042	0,046	0,050
6	0,023	0,026	0,028	0,033	0,035	0,038	0,041
7	0,020	0,022	0,025	0,027	0,030	0,033	0,035

In Abb. 1 ist das Abhängigkeitsverhältnis dargestellt, indem auf der Waagrechten die Temperaturen und als Ordinaten die Zähigkeitswerte aufgetragen sind. Daraus geht hervor, daß sich bei derselben Temperatur die Zähigkeitswerte umgekehrt wie die absoluten Drücke verhalten:

$$\nu_1 : \nu_2 = p_2 : p_1$$

Ist z. B. bei 20° und 1 ata die Zähigkeit 0,16, dann ist bei gleicher Temperatur und 2 ata

$$\nu_2 = \nu_1 \cdot \frac{p_1}{p_2} = 0,16 \cdot \frac{1}{2} = 0,08.$$

Die Abbildung dient zur Ablese der in der Zahlen-tafel nicht angegebenen Zwischenwerte.

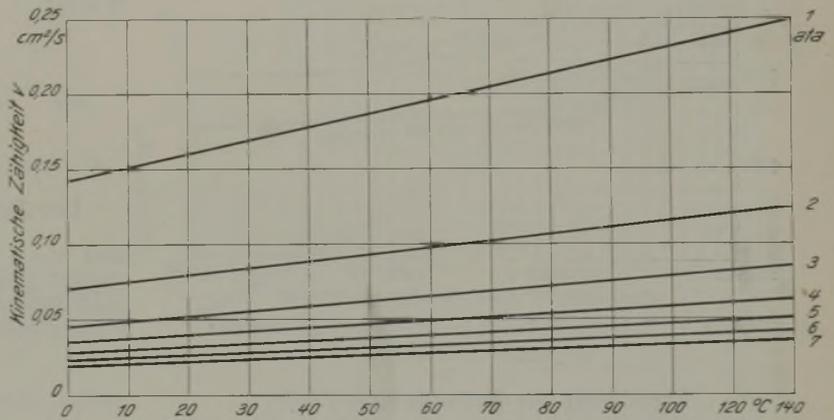


Abb. 1. Abhängigkeit der kinematischen Zähigkeit der Luft von Druck und Temperatur.

In welchen Grenzen die Reynoldssche Zahl bei Druckluftleitungen auftritt, sei nachgeprüft. Als kleinster Durchmesser für längere Leitungen können 50 mm, als geringste Geschwindigkeit 5 m/s, als niedrigste Temperatur 20° und als Leitungsdruck 4 atü angenommen werden. Für  $p=5$  ata und  $t=20^\circ$  ist nach Abb. 1 der Wert  $\nu=0,032$  und damit wird  $R = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{500 \cdot 5}{0,032} = 78\ 150$ .

Als größten Durchmesser kann man 400 mm, als größte Geschwindigkeit 30 m/s, als höchste Temperatur 100° und als höchsten Leitungsdruck 6 atü annehmen. Für  $p=7$  ata und  $t=100^\circ$  ist nach Abb. 1 der Wert  $\nu=0,033$ , und damit ergibt sich  $R = \frac{3000 \cdot 40}{0,033} = 3\ 640\ 000$ .

Demnach wird es genügen, die  $\lambda$ -Werte für den Grenzbereich von 70 000 bis 4 000 000 für  $R$  anzugeben. Die nach dem Gesetz  $\lambda = 0,3164 \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{R}}$  errechneten Zahlengrößen für die Reibungsbeiwerte  $\lambda$  glatter Rohre sind in der nachstehenden Übersicht zusammengestellt.

$R = 7 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^5$
$\lambda = 0,01940$	1880	1780	1495	1352	1258	1190	1135	1095
$R = 8 \cdot 10^5$	$9 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$3,5 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$
$\lambda = 0,01054$	1028	1000	0906	0842	0796	0761	0733	0707

Die Werte sind in Abb. 2 aufgetragen, und zwar auf der Waagrechten oben die Reynoldsschen Zahlen 1 bis 1 000 000, auf der Waagrechten unten die Reynoldsschen Zahlen 1 000 000 bis 4 000 000 und als Ordinaten die Reibungsbeiwerte  $\lambda$ . Es entsteht die obere Kurve der  $\lambda$ -Werte für  $R = 1 - 1\,000\,000$  und die untere Kurve der  $\lambda$ -Werte für  $R = 1\,000\,000 - 4\,000\,000$ . Aus diesen Kurven können die in der Zahlentafel nicht enthaltenen Zwischenwerte abgegriffen werden.

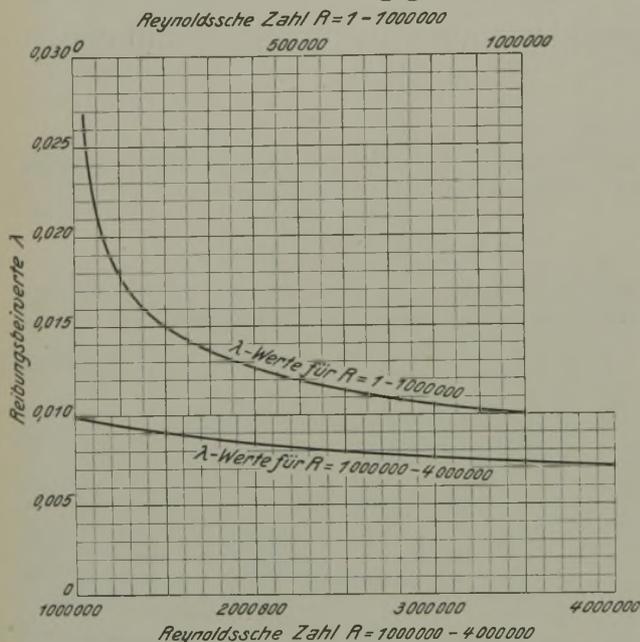


Abb. 2. Reibungsbeiwert in Abhängigkeit von der Reynoldsschen Zahl.

**Berechnung der Reibungswiderstände.**

Die Reibungswiderstände gasförmiger Körper bei der Strömung durch Rohre sind im allgemeinen sehr klein und werden daher in mm WS angegeben. Strömt eine Luftmenge mit der Geschwindigkeit  $v$  m/s durch ein Rohr von  $d$  m Dmr. und  $l$  m Länge, so ist der Reibungswiderstand

$$h = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma \text{ mm WS,}$$

worin  $\gamma$  das spezifische Gewicht in  $\text{kg/m}^3$  der Luft im Rohr bedeutet. Angenommen sei, die Strömung erfolge bei  $p = 4,5 \text{ atü} = 5,5 \text{ ata} = 55\,000 \text{ kg/m}^2$  und bei einer Temperatur von  $t = 22^\circ$  oder  $T = 273 + 22 = 295^\circ$ , dann ist

$$\gamma = \frac{p}{29,27 \cdot T} = \frac{55\,000}{29,27 \cdot 295} = 6,37 \text{ kg/m}^3.$$

Rohrdurchmesser  $d = 50 \text{ mm}$ .

Für  $p = 5,5 \text{ ata}$  und  $t = 22^\circ$  ist nach Abb. 1 die kinematische Zähigkeit der Luft  $\nu = 0,0295 \text{ kg/cm}^2$ ; damit ergeben sich folgende Reynoldsschen Zahlen  $R$  und Reibungsbeiwerte  $\lambda$ . Für  $v = 5 \text{ m/s} = 500 \text{ cm/s}$  wird  $R = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{500 \cdot 5}{0,0295} = 84\,750$  und nach Abb. 2 für diese  $R$ -Größe der Beiwert  $\lambda = 0,0185$ . In gleicher Weise erhält man:

$v$ m/s	$R$	$\lambda$
10	169 500	0,0155
15	254 250	0,0141
20	339 000	0,0131
25	423 750	0,0124
30	508 000	0,0118

Mit diesen Beiwerten erfolgt die Berechnung der Reibungswiderstände, und zwar für eine Rohrlänge von  $l = 100 \text{ m}$ . Für  $v = 5 \text{ m/s}$  wird

$$h = 0,0185 \cdot \frac{100}{0,05} \cdot \frac{5^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 6,37 = 301 \text{ mm WS} = 0,0301 \text{ at.}$$

Entsprechend ergibt sich:

$v$ m/s	mm WS	at
10	1008	0,1008
15	2050	0,2050
20	3380	0,3380
25	5050	0,5050
30	6900	0,6900

Rohrdurchmesser  $d = 94 \text{ mm}$ .

Mit dem Zähigkeitswert  $\nu = 0,0295 \text{ kg/cm}^2$  der Luft wird für  $v = 5 \text{ m/s} = 500 \text{ cm/s}$  der Zahlenwert der Reynoldsschen Zahl  $R = \frac{500 \cdot 9,4}{0,0295} = 159\,000$  und nach Abb. 2 für diese  $R$ -Größe der Beiwert  $\lambda = 0,0158$ . In gleicher Weise ergeben sich folgende Werte:

$v$ m/s	$R$	$\lambda$
10	318 000	0,0133
15	477 000	0,0120
20	636 000	0,0111
25	795 000	0,0105
30	954 000	0,0101

Der Reibungswiderstand für  $l = 100 \text{ m}$  Rohrlänge und  $v = 5 \text{ m/s}$  wird  $h = 0,0158 \cdot \frac{100}{0,094} \cdot \frac{5^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 6,37 = 137 \text{ mm WS} = 0,0137 \text{ at}$ .

Ferner gilt:

$v$ m/s	mm WS	at
10	460	0,0460
15	932	0,0932
20	1535	0,1535
25	2260	0,2260
30	3150	0,3140

**Messung der Reibungswiderstände.**

Die Versuche sind im Maschinenlaboratorium der Bochumer Bergschule unter den der Rechnung zugrunde gelegten Verhältnissen, nämlich der Druckluftspannung in der Strömungsstrecke  $p = 4,5 \text{ atü}$  und der Drucklufttemperatur  $t = 22^\circ$ , durchgeführt worden. Zur Ermittlung des Reibungswiderstandes  $h$  diente ein Wassermanometer. Die Rohrgeschwindigkeiten wurden aus den mit einer Düse vorgenommenen Luftmengenmessungen errechnet.

Rohrdurchmesser  $d = 50 \text{ mm}$ .

Die Meßlänge für die Druckverlustmessung betrug  $5840 \text{ mm}$ . Die gemessenen Werte wurden auf eine Rohrlänge von  $l = 100 \text{ m}$  umgerechnet.

**Versuchswerte.**

$p$ atü	$v$ m/s	Reibungswiderstand		Druckverlust at
		für $l = 5,84 \text{ m}$ gemessen mm WS	für $l = 100 \text{ m}$ errechnet mm WS	
4,53	2,68	6,7	114,8	0,0115
4,50	6,74	33,0	565,0	0,0565
4,50	9,38	65,5	1 120,0	0,1120
4,50	12,30	116,5	1 990,0	0,1990
4,50	15,92	183,5	3 140,0	0,3140
4,30	19,95	280,0	4 800,0	0,4800
4,50	25,00	440,0	7 540,0	0,7540
4,50	30,00	634,0	10 850,0	1,0850

Die gemessenen Werte sind in Abb. 3 in einem logarithmischen Achsensystem zur Darstellung gelangt. Auf der Waagrechten finden sich die Reibungswiderstände in mm WS und als Ordinaten die auf 1 ata umgerechneten durchströmenden Luftmengen in m<sup>3</sup>/min aufgetragen. Die Verbindung der Versuchspunkte liefert die gerade Linie AB. Durch Verlängerung dieser Linie sind die beiden letzten Reihen der vorstehenden Zahlentafel gewonnen worden, da das Laboratorium nur über Saugmengen bis zu 900 m<sup>3</sup>/h verfügt.

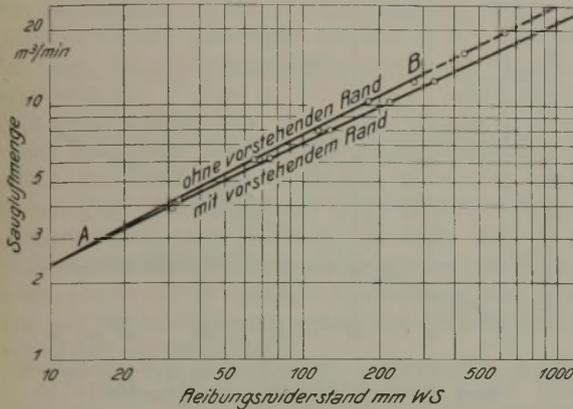


Abb. 3. Die gemessenen Reibungswiderstände in einem 50-mm-Rohr.

Rohrdurchmesser  $d = 94$  mm.

Die Meßlänge für die Druckverlustmessung betrug 6000 mm. Die gemessenen Werte wurden auf eine Rohrlänge von  $l = 100$  m umgerechnet.

Versuchswerte.

p atü	v m/s	Reibungswiderstand		Druckverlust at
		für $l = 6$ m gemessen mm WS	für $l = 100$ m errechnet mm WS	
4,5	1,503	1,39	23,2	0,0023
4,5	2,92	4,10	68,4	0,0068
4,5	3,50	5,50	91,5	0,0092
4,5	4,18	7,00	116,6	0,0117
4,5	5,44	11,50	192,0	0,0192
4,5	6,55	15,60	260,0	0,0260
4,5	10,00	32,50	542,0	0,0542
4,5	15,00	65,00	1082,0	0,1082
4,5	20,00	107,50	1790,0	0,1790
4,5	25,00	159,00	2660,0	0,2660
4,5	30,00	220,00	3670,0	0,3670

Die gemessenen Werte sind in Abb. 4 als Punkte im logarithmischen Achsensystem eingetragen. Durch Verbindung der Versuchspunkte erhält man die gerade Linie CD, deren Verlängerung die nicht zu messenden Werte für Luftmengen von mehr als 900 m<sup>3</sup>/h liefert.

Vergleich der gemessenen und errechneten Reibungswerte.

Es steht zu erwarten, daß die gemessenen Werte höher liegen als die errechneten, denn der Physiker hat die Reibungsbeiwerte für völlig glatte Rohrwände untersucht, während die Rohre der Druckluftleitungen praktisch zwar als glatt angesprochen werden, physikalisch aber rauh sind.

Rohrdurchmesser  $d = 50$  mm,  
Rohrlänge  $l = 100$  m.

Die errechneten und gemessenen Werte sind in Abb. 5 wiedergegeben. Die waagrechte Achse zeigt zwei Maßstäbe; im obern läßt sich die Strömungs-

geschwindigkeit in m/s bei 4,5 atü Druckluftspannung, im untern die durchströmende Luftmenge in m<sup>3</sup>/h bei Saugspannung abgreifen. Als Ordinaten sind die durch den Reibungswiderstand entstehenden Druckverluste in at aufgetragen. Die obere Kurve stellt die im rauhen Rohr gemessenen Werte, die untere die für glatte Rohre errechneten Werte dar. Aus den Kurven sind folgende Werte entnommen:

v m/s	Reibungswiderstand für $l = 100$ m		Mehrwert %	Reibungsbeiwert $\lambda$	
	errechnet at	gemessen at		physikalisch	praktisch
5	0,0301	0,0330	9,5	0,0185	0,0203
10	0,1008	0,1250	25,0	0,0155	0,0194
15	0,2050	0,2700	31,8	0,0141	0,0186
20	0,3380	0,4800	42,0	0,0131	0,0186
25	0,5050	0,7540	49,5	0,0124	0,0186
30	0,6900	1,0850	57,2	0,0118	0,0186

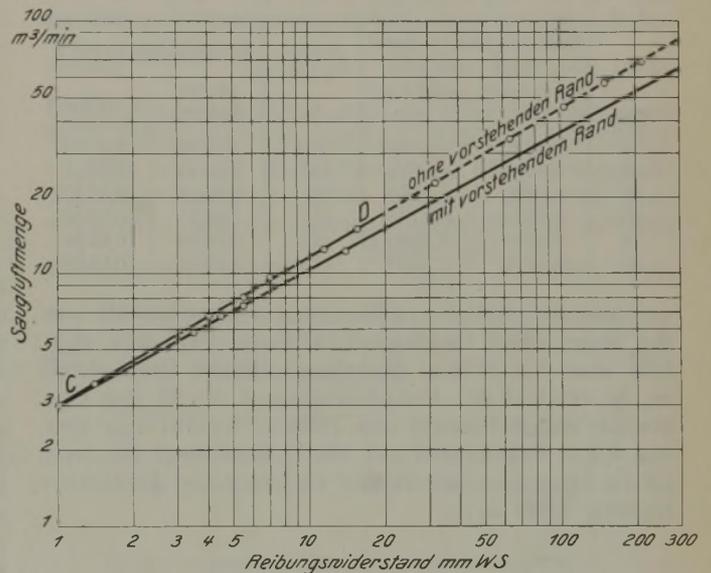


Abb. 4. Die gemessenen Reibungswiderstände in einem 94-mm-Rohr.

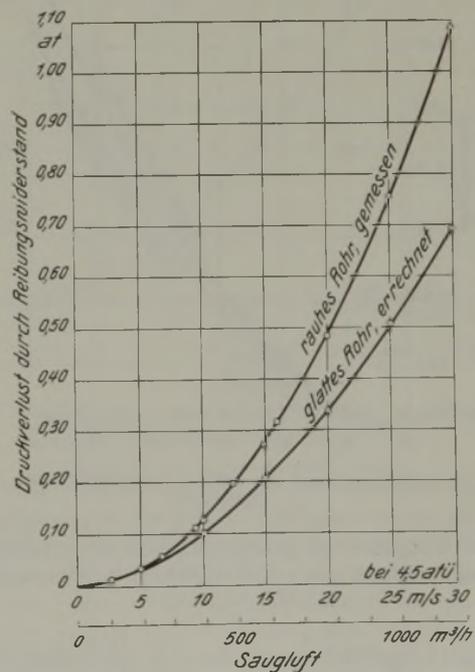


Abb. 5. Vergleich der gemessenen und der errechneten Reibungswerte in einer Rohrstrecke von 50 mm Dmr. und 100 m Länge.

Abb. 5 zeigt, daß bei Rohren von 50 mm Dmr. die Reibungswiderstände bei größern Geschwindigkeiten außerordentlich hoch werden. Läßt man z. B. für 100 m Rohrlänge einen Druckabfall von 0,2 at zu, so darf man nur auf eine Geschwindigkeit von 13 m/s gehen, und damit erreicht dieser Rohrdurchmesser nur die höchste Saugluftmenge von 500 m<sup>3</sup>/h. Bei langen Leitungen läßt man 0,1 at Druckabfall auf 100 m Rohrlänge zu. In diesem Falle darf man nur auf eine Höchstgeschwindigkeit von 9 m/s gehen und erreicht eine Grenzleistung der angesaugten Luftmenge von 350 m<sup>3</sup>/h.

Rohrdurchmesser  $d = 94$  mm,  
Rohrlänge  $l = 100$  m.

Die errechneten und gemessenen Werte sind in Abb. 6 wiedergegeben und daraus folgende Vergleichswerte genommen:

v m/s	Reibungswiderstand für $l = 100$ m		Mehrwert %	Reibungsbeiwert $\lambda$	
	errechnet at	gemessen at		physikalisch	praktisch
5	0,0137	0,0150	9,3	0,0158	0,0173
10	0,0460	0,0542	18,0	0,0133	0,0157
15	0,0932	0,1088	16,2	0,0120	0,0139
20	0,1535	0,1790	16,5	0,0111	0,0129
25	0,2260	0,2660	18,8	0,0105	0,0124
30	0,3140	0,3670	17,0	0,0101	0,0118

Aus der Abb. 6 ergibt sich ein Druckabfall von 0,2 at bei einer Geschwindigkeit von 21,3 m/s, d. h. läßt man für 100 m Rohrlänge diesen Druckabfall zu, so erreicht der Rohrdurchmesser  $d = 94$  mm eine höchste Saugluftmenge von 2800 m<sup>3</sup>/h; läßt man aber nur 0,1 at Druckabfall auf 100 m Rohrlänge zu, dann ist die Grenzgeschwindigkeit 14,3 m/s und die Grenzleistung 1900 m<sup>3</sup>/h.

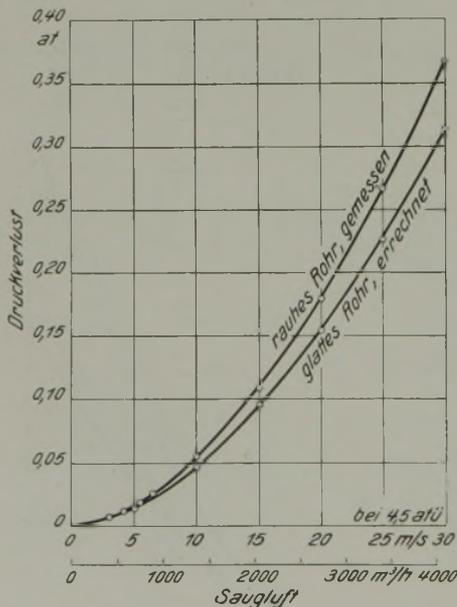


Abb. 6. Vergleich der gemessenen und der errechneten Reibungswerte in einer Rohrstrecke von 94 mm Dmr. und 100 m Länge.

Beide Untersuchungen für die Rohrdurchmesser von 50 und 94 mm führen zu den in den Abb. 7 und 8 dargestellten Ergebnissen. Die gemessenen Reibungswerte liegen in beiden Fällen höher als die er-

rechneten. In Abb. 7 sind auf der waagrechten Achse die Strömungsgeschwindigkeiten und als Ordinaten die anteilmäßigen Mehrwerte der wirklichen Reibungsbeiwerte rauher Rohre gegenüber den theoretischen Beiwerten glatter Rohre aufgetragen. Für das Rohr von 50 mm Dmr. zeigt sich ein stetiges Anwachsen des Mehrwertes bis zu 62%, für das Rohr von 94 mm Dmr. zunächst eine stetige Zunahme bis auf 17%. Dieser Wert wird bei einer Geschwindigkeit von 10 m/s erreicht und bleibt dann bei steigenden Geschwindigkeiten unverändert.

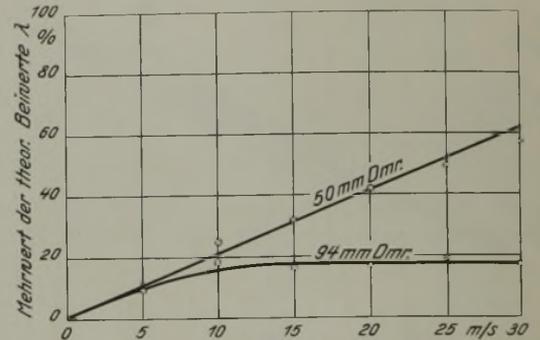


Abb. 7. Anteilmäßige Abweichungen der gemessenen und der errechneten Reibungswerte.

In Abb. 8 sind auf der Waagrechten die Reynoldsschen Zahlen  $R$  und als Ordinaten die Reibungsbeiwerte  $\lambda$  eingezeichnet. Die Kurve AB veranschaulicht die vom Physiker für glatte Rohre angegebenen  $\lambda$ -Werte, die Kurve CD die für das Rohr von 50 mm Dmr. gemessenen  $\lambda$ -Werte, die in den Geschwindigkeitsbereich von 5–15 m/s fallen und dann bei weiter steigenden Geschwindigkeiten gleich bleiben. Die Kurve EF zeigt die für das Rohr von 94 mm gemessenen  $\lambda$ -Werte; sie fällt stetig mit der theoretischen Kurve AB, folgt also dem physikalischen Gesetz. Ihre Ordinatenwerte bleiben im Mittel 17% höher als die theoretischen Werte.

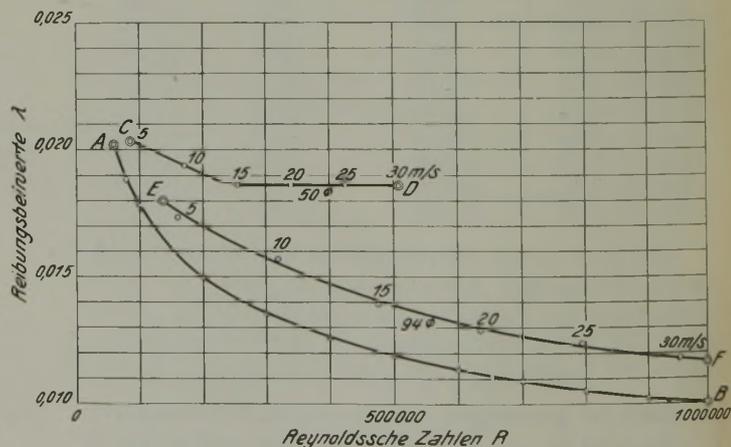


Abb. 8. Theoretische und wirkliche Reibungsbeiwerte für die Rohrstrecken von 50 und 94 mm Dmr.

Es ist zunächst auffallend, daß das Rohr von 94 mm Dmr. dem Abhängigkeitsgesetz des Physikers folgt, das Rohr von 50 mm Dmr. dagegen nicht. Dafür läßt sich aber folgende Erklärung geben. Je größer der Durchmesser ist, desto dicker wird der Strom und desto geringer daher der Einfluß der rauhen Rohrwandung bei der Strömung, da das Verhältnis zwischen Wandfläche und Querschnittsfläche des

Stromes immer mehr abnimmt. Bei  $d = 5$  cm ist das Verhältnis  $\frac{\pi \cdot d}{\frac{\pi}{4} \cdot d^2} = \frac{15,7}{19,6} = \frac{1}{1,25}$ , bei  $d = 9,4$  cm dagegen

$\frac{29,5}{69,4} = \frac{1}{2,96}$ . Demnach wird mit zunehmendem Durchmesser das Verhältnis für die geringere Bedeutung der rauhen Rohrwand immer günstiger.

Aus dieser Überlegung kann man folgern, daß auch Druckluftrohre, die den Durchmesser von 94 mm des untersuchten Rohres überschreiten, dem physikalischen Gesetz gehorchen werden. Man ist daher in der Lage, die Strömungswiderstände auf Grund der Reynoldsschen Zahlen zu berechnen, indem man bei Rohrdurchmessern von mehr als 90 mm die theoretisch bekannten Beiwerte für glatte Rohre um 20% erhöht. Bei Rohren unter 90 mm wird man größere Strömungsgeschwindigkeiten als 15 m/s überhaupt nicht zulassen, und dann ist es nach Abb. 7 ausreichend, die theoretischen Beiwerte um 30% zu erhöhen. Damit erhält man eine durchaus sichere Grundlage, um die Leistungsfähigkeit von Druckluftnetzen rechnerisch nachzuprüfen.

Beispiel. Die Leistungsfähigkeit einer Hauptschachtleitung von 400 mm Dmr. soll nachgeprüft werden, wenn die Druckluft mit 6 atü und 90° über Tage einströmt. Bei 7 ata und 90° ist die kinematische Zähigkeit der Luft  $\nu = 0,0315$  kg/cm<sup>2</sup>, und damit ergeben sich folgende Reynoldsschen Zahlen und theoretischen Beiwerte:

v m/s	R	$\lambda$ (nach Abb. 2)
5	$\frac{500 \cdot 40}{0,0315} = 635\ 000$	0,0112
10	1 270 000	0,00942
15	1 905 000	0,00852
20	2 540 000	0,00793
25	3 175 000	0,00750
30	3 810 000	0,00717

Vergrößert man die theoretischen Beiwerte um 20%, dann sind die in Rechnung zu stellenden Beiwerte:

v m/s	$\lambda$
5	$1,20 \cdot 0,0112 = 0,01345$
10	0,0113
15	0,01023
20	0,00952
25	0,00900
30	0,00861

Das spezifische Gewicht der strömenden Druckluft ist

$$\gamma = \frac{70\ 000}{29,27 \cdot (273 + 90)} = 6,58 \text{ kg/m}^3.$$

Für 100 m Rohrlänge und  $v = 5$  m/s ist der Druckverlust  $h = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma = 0,01345 \cdot \frac{100}{0,40} \cdot \frac{5^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 6,58 = 28$  mm WS. Für höhere Geschwindigkeiten ergeben sich folgende Werte:

v m/s	h mm WS
10	94,8
15	193,0
20	319,0
25	471,0
30	647,0

Die Druckverluste  $h$  sind in Abb. 9 als Ordinaten zu den Strömungsgeschwindigkeiten bzw. Saugluftmengen aufgetragen. Bei 30 m/s wird eine Saugluftmenge von 95 000 m<sup>3</sup>/h durchströmen und einen Druckabfall von 0,0647 at auf je 100 m Rohrlänge erfahren. Welchen Druckabfall man bei dieser Schachtleitung zulassen soll, hängt von den örtlichen Verhältnissen ab. Angenommen sei, daß die Druckluftleitung bis zum Füllort 900 m Länge und der Schacht 800 m Teufe hat. Das Eigengewicht der Druckluft erzeugt in der fallenden Schachtleitung einen Druckgewinn. Bei dem spezifischen Gewicht der Druckluft von  $\gamma = 6,58$  kg/m<sup>3</sup> liefert das Luftgewicht für 1 m Fallhöhe einen Druckgewinn von 6,58 mm WS, das sind für 800 m Teufe  $6,58 \cdot 800 = 5264$  mm WS = 0,5264 at. Soll dieser Druckgewinn zur Deckung der Reibungsverluste ausreichen, damit man am Füllort noch die Spannung von 6 atü über Tage hat, so darf bei 900 m Rohrlänge der Druckverlust je 100 m Rohrstrecke  $\frac{0,5264}{9} = 0,0589$  at = 589 mm WS nicht übersteigen. Dieser in Abb. 9 als Kurvenpunkt eingetragene Wert liefert als Grenzgeschwindigkeit der Strömung  $v = 29,4$  m/s und als Grenzleistung für die Saugluftlieferung den Wert 90 000 m<sup>3</sup>/h von 90°, das sind, wenn man auf die Ansaugtemperatur von 20° der Kompressoren umrechnet,  $\frac{90\ 000 \cdot 293}{363} = 72\ 500$  m<sup>3</sup>/h, die als angesaugte Luftmenge in die Schachtleitung gedrückt werden dürfen, wenn am Füllort noch ein Druck von 6 atü sichergestellt sein soll.

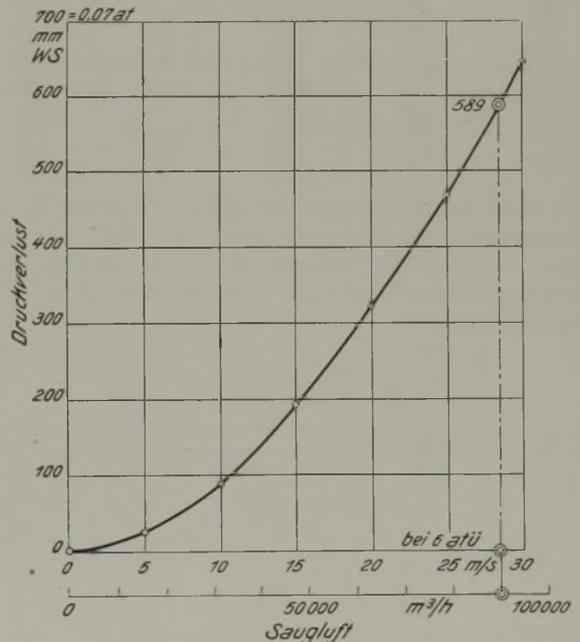


Abb. 9. Druckverlust einer Schachtleitung von 400 mm Dmr. für 100 m Rohrlänge.

**Geldverlust infolge der Strömungswiderstände.**

Strömungswiderstände entstehen nicht nur durch die Rohrwandreibung, sondern auch durch Richtungsänderungen und Querschnittsverengungen. Eine Zeche hatte die Beobachtung gemacht, daß in den Strebleitungen starke Druckminderungen auftraten. Die Nachprüfung ergab, daß sich die für die Flanschenleitungen verwendeten Gummidichtungsringe durch das starke Anziehen der Schrauben in den freien Rohrquerschnitt hineingedrückt hatten und Drosselstellen

bildeten, die in ihrer Gesamtheit den starken Druckabfall verursachten. Die Zeche ließ diesen Fall im Maschinenlaboratorium der Bergschule nachprüfen und lieferte zwei Rohrstrecken von 50 und 94 mm Dmr. an, bei denen der Gummiring an der Flanschenstelle in den freien Rohrquerschnitt hineinragte und eine Drosselung hervorrief. Abb. 10 zeigt eine solche Rohrflanschenausführung.

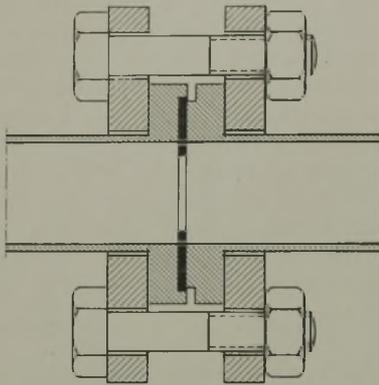


Abb. 10. Rohrflansch mit drosselnder Gummidichtung.

Rohrdurchmesser  $d = 50$  mm.

Versuchswerte bei  $p = 4,5$  atü.

Meßlänge 5840 mm, Drosselstelle 30% Verengung.

Angesaugte Luftmenge m <sup>3</sup> /h	Rohr- geschwindigkeit bei 4,5 atü m/s	Druckverlust der Meßleitung		Verlust an der Drosselstelle mm WS
		mit Drosselung mm WS	ohne Drosselung mm WS	
360	9,3	70	60	10
480	12,4	130	110	20
600	14,6	208	172	36
720	18,5	305	250	55
840	21,6	425	335	90
960	24,6	560	435	125
1080	27,8	715	545	170
1200	30,8	890	670	220

Die Verbindungslinien der Versuchspunkte liefern im logarithmischen Achsensystem der Abb. 3 gerade Linien, die durch die Beschriftung »ohne vorstehenden Rand« und »mit vorstehendem Rand« gekennzeichnet sind.

Rohrdurchmesser  $d = 94$  mm.

Versuchswerte bei  $p = 4,5$  atü.

Meßlänge 6000 mm, Drosselstelle 20% Verengung.

Angesaugte Luftmenge m <sup>3</sup> /h	Rohr- geschwindigkeit bei 4,5 atü m/s	Druckverlust der Meßleitung		Verlust an der Drosselstelle mm WS
		mit Drosselung mm WS	ohne Drosselung mm WS	
300	2,18	2,55	2,40	0,15
600	4,36	7,90	9,20	1,30
900	6,55	15	20	5
1500	10,93	49	39	10
2100	15,30	97	67	30
2700	19,66	153	105	48
3300	24,10	222	150	72
3900	28,40	305	200	105
4200	30,60	352	225	127

Auch diese Versuchswerte liefern im logarithmischen Achsensystem gerade Linien. Sie sind in Abb. 4 eingetragen und als ohne und mit vorstehendem Rand gekennzeichnet.

Drosselverlust für 100 m Rohrlänge.

Die verwendeten Rohre haben 5 m Länge, so daß auf 100 m Rohrlänge 20 Flanschen kommen, die bei

hereinragenden Dichtungsringen 20 Drosselstellen bilden und bei 4,5 atü Betriebsdruck die nachstehenden Drosselverluste ergeben.

Rohrdurchmesser $d = 50$ mm		$d = 94$ mm	
Saugluft- menge m <sup>3</sup> /h	Drossel- verlust at	Saugluft- menge m <sup>3</sup> /h	Drossel- verlust at
360	0,020	600	0,0026
480	0,040	900	0,0100
600	0,072	1500	0,0200
720	0,110	2100	0,0600
840	0,180	2700	0,0960
960	0,250	3300	0,1440
1080	0,340	3900	0,2100
1200	0,440	4200	0,2540

Die Drosselverluste sind nach der vorstehenden Aufstellung bei geringen Strömungsmengen klein, wachsen aber bei großen Mengen sehr stark an. In der 50-mm-Leitung entsteht bei der größten Strömungsgeschwindigkeit von 30,8 m/s ein Drosselverlust von 0,44 at und in der 94-mm-Leitung bei der Strömungsgeschwindigkeit von 30,6 m/s ein größter Drosselverlust von 0,254 at.

Die durch die Druckminderung entstehenden geldlichen Verluste hängen ganz von der Art der verwendeten Maschinen ab. Bei Bandantrieben und Schüttelrutschen, die keine besondern Lohnkosten für die Maschinen erfordern, werden nur die Verluste durch den Mehrverbrauch an Druckluft zu beachten sein. Anders schon bei Schrämmaschinen, bei denen die Maschinenkosten mindestens um zwei Arbeiterlohnkosten vermehrt werden. Am ungünstigsten ist die Belastung bei solchen Maschinen, die selbst eine geringe Leistung haben, dafür aber einen ganzen Arbeiter für sich beanspruchen, das sind Abbauhämmer und Bohrhämmer. Die Rechnung soll für Abbauhämmer durchgeführt werden.

Hat der Schlagkolben eines Hammers bei 100% Füllung 1 m<sup>3</sup> Druckluft von 4,5 atü verbraucht, so sind von ihm 45000 mkg Arbeit geleistet worden. Bei einem Drosselverlust der 100 m langen Leitung von 0,44 at stehen dem Hammer nur 4,50 - 0,44 = 4,06 atü zur Verfügung, und damit leistet 1 m<sup>3</sup> Druckluft nur 40600 mkg Arbeit. Der Hammer muß also, um die Leistung von 45000 mkg zu erreichen, die  $\frac{45000}{40600} = 1,11$ fache Zeit, also 11% länger laufen.

Der Hammer arbeite in zwei Schichten je 3 h an 300 Arbeitstagen im Jahr, dann ist seine Laufzeit bei 4,5 atü  $2 \cdot 3 \cdot 300 = 1800$  h/Jahr, bei 4,06 atü  $1,11 \cdot 1800 = 2000$  h/Jahr. Er muß also für dieselbe Arbeitsverrichtung 200 h länger laufen. Bei einem Luftverbrauch des Hammers von 60 m<sup>3</sup>/h werden  $200 \cdot 60 = 12000$  m<sup>3</sup> Saugluft mehr verbraucht, und die jährlichen Mehrkosten sind bei einem Preis von 0,2 Pf./m<sup>3</sup> Druckluft  $12000 \cdot 0,002 = 24$  M. Ferner entfällt auf den Hammer ein Mehr an Lohnkosten für 200 h von je 0,90 M, also von 180 M, so daß jeder Hammer durch den Drosselverlust von 0,44 at in der Leitung einen Geldverlust von  $24 + 180 = 204$  M verursacht.

Die 50-mm-Leitung liefert bei 0,44 at Druckverlust eine Luftmenge von 1200 m<sup>3</sup>/h. Mit dieser können  $\frac{1200}{60} = 20$  Hämmer betrieben werden, so daß

der Drosselverlust der Leitung einen jährlichen Geldverlust von  $20 \cdot 204 = 4080 \text{ M}$  zur Folge hat.

Die gleiche Rechnung habe ich für geringere Drosselverluste, kleinere Luftmengen und eine niedrigere Hammerzahl durchgeführt. Das Ergebnis der Rechnung ist in der nachstehenden Übersicht zusammengestellt.

50-mm-Leitung mit 4,5 atü Betriebsdruck.

Saugluftmenge m <sup>3</sup> /h	Drosselverlust at	Zahl der Hämmer	Geldverlust M/Jahr
1200	0,440	20	4080
1080	0,340	18	2755
960	0,250	16	1632
840	0,180	14	1072
720	0,110	12	551
600	0,072	10	306
480	0,040	8	155
360	0,020	6	55

Die in Abb. 11 wiedergegebenen Kurven für die Drossel- und Geldverluste zeigen bei Geschwindigkeiten bis zu 18 m/s verhältnismäßig kleine Ordinatenwerte; alsdann steigen aber die Kurven sehr steil und künden außerordentlich hohe Verluste an, so daß man bei 50-mm-Rohren mit der Belastung betrieblich unter 18 m/s bleiben sollte. Den Hauptanteil haben die Lohnkosten, die rd. 88% des Gesamtverlustes betragen; der Rest von 12% entfällt auf den Mehrverbrauch der Maschinen.

94-mm-Leitung mit 4,5 atü Betriebsdruck.

Saugluftmenge m <sup>3</sup> /h	Drosselverlust at	Zahl der Hämmer	Geldverlust M/Jahr
4200	0,254	70	7140
3900	0,210	65	5830
3300	0,144	55	3370
2700	0,096	45	1882
2100	0,060	35	785
1500	0,020	25	230
900	0,010	15	31

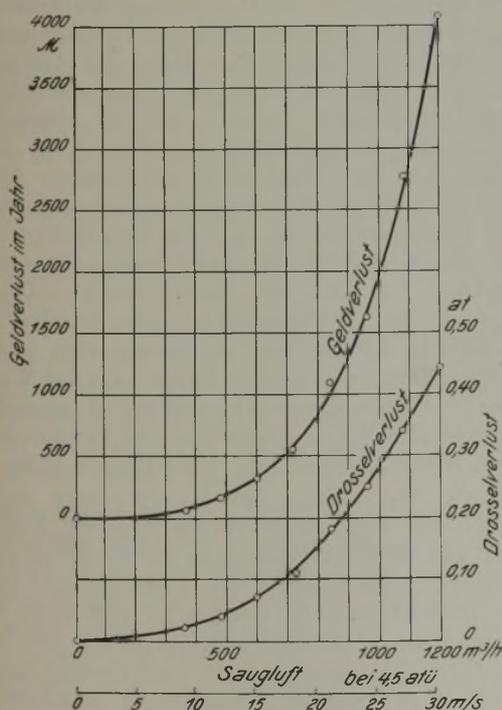


Abb. 11. Drossel- und Geldverluste für 100 m Rohrstrcke einer 50-mm-Leitung.

Die errechneten Werte veranschaulicht Abb. 12. Die Drossel- und Geldverlustkurven weisen anfänglich geringe Steigungen auf, werden dann aber bei Strömungsgeschwindigkeiten von mehr als 18 m/s steiler, namentlich die Geldverlustkurve. Daraus geht hervor, daß Drosselstellen bei Geschwindigkeiten von mehr als 18 m/s außerordentlich verlustbringend sind, und daß man Strebleitungen nur bis zu dieser Grenze belasten soll; andernfalls muß man zu größern Rohrquerschnitten übergehen oder grundsätzlich die Drosselstellen beseitigen.

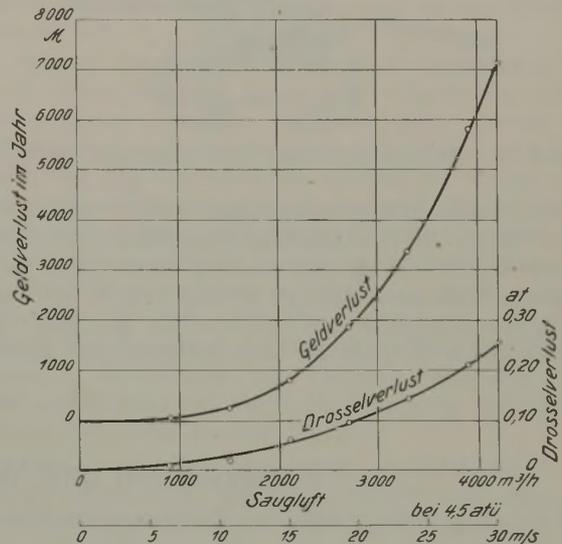


Abb. 12. Drossel- und Geldverluste für 100 m Rohrstrcke einer 94-mm-Leitung.

Die erwähnte Zeche hat in dem genannten Fall den zweiten Weg gewählt, und die vorhandenen Flanschenrohre durch Kugelgelenkrohre ersetzt (Abb. 13). Die Dichtung sitzt bei dieser Ausführungsart zwischen Kugel und Kugelpfanne und das Ende des Dichtungsringes innerhalb der kugelförmigen Erweiterung des Rohres, so daß selbst bei Vorragen des Dichtungsringes der Rohrquerschnitt nicht verengt wird. Wie Abb. 14 zeigt, können auch Richtungsänderungen mit Winkeln bis zu 15° anstandslos überwunden werden. Dieser Vorteil ist besonders hoch einzuschätzen, weil hierdurch die Abdichtung an den Flanschenstellen ohne Hilfsmaßnahmen vollständig erhalten bleibt, während bei gewöhnlichen Flanschenrohren jede kleinste Richtungsänderung Undichtheiten begünstigt, wenn nicht besondere konische Zwischenstücke eingebaut werden. Man kann daher die Kugelrohre durchweg in kürzerer Zeit umlegen und hat die

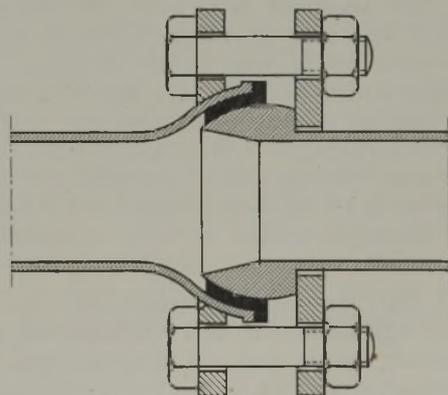


Abb. 13. Kugelgelenkrohrverbindung.

Gewähr, daß die Flanschenstellen vollständig dicht halten.

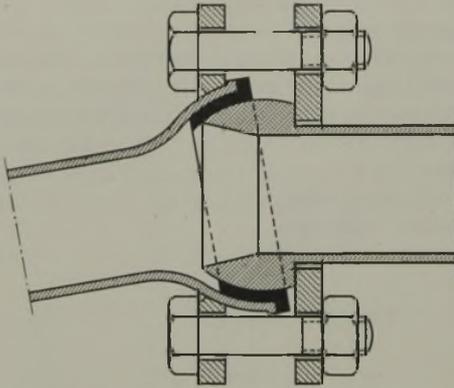


Abb. 14. Richtungsänderung beim Kugelgelenkrohr.

Es kosten 100 m Kugelrohre von 50 mm Dmr. 350–450  $\text{M}$ , 100 m Flanschenrohre 180  $\text{M}$ . Der Mehrpreis von 170–270  $\text{M}$  wird schon in einem Jahre wettgemacht, denn nach Abb. 10 beträgt bereits bei einer Rohrgeschwindigkeit von 15 m/s die jährliche Ersparnis durch Wegfall der Drosselstellen 306  $\text{M}$ . Für

die 94-mm-Leitung kosten 100 m Kugelrohr 950  $\text{M}$  und 100 m Flanschenrohr 500  $\text{M}$ . Der Mehrpreis von 450  $\text{M}$  wird nach Abb. 11 schon bei einer Rohrgeschwindigkeit von 12 m/s in einem Jahr eingespart.

#### Zusammenfassung.

Der vermehrte Einsatz mechanischer Einrichtungen untertage belastet die vorhandenen Druckluftnetze bis zur Leistungsminderung der Maschinen. Auf Grund der neuen Strömungsforschung wird ein Weg für die Nachprüfung der Rohrdurchmesser vor dem Einsatz großer Luftverbraucher gezeigt und in einem Zahlenbeispiel der Rechnungsgang erläutert.

Ferner wird für zwei Strebleitungen von 50 und 94 mm Dmr. der durch Drosselstellen in den Leitungen entstehende geldliche Verlust errechnet. Solche Drosselstellen bestanden in einem besonderen Falle aus Gummidichtungsringen, die an den Flanschenstellen in den freien Rohrquerschnitt hineingepreßt waren. Die Geldverluste werden besonders groß, wenn Maschinen mit kleinen Leistungen und hohen Lohnkosten, wie Abbau- und Bohrhämmer, angeschlossen sind. Für Strebleitungen wird der Ersatz der Flanschenrohre durch Kugelrohre empfohlen.

## Katalysatoren und Werkstoffe der Hydrierung.

Von Dr. H. Winter, Leiter des Berggewerkschaftlichen Laboratoriums und Lehrer an der Bergschule zu Bochum.

Schon vor 125 Jahren beobachteten die beiden englischen Chemiker H. und E. Davy, daß die Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser in Gegenwart von feinverteiltem Platin ganz erheblich beschleunigt wurde. Die erste Nutzenanwendung daraus zog der deutsche Chemiker Döbereiner, der das nach ihm benannte Feuerzeug sowie Platintonkugeln für gasanalytische Zwecke erfand; ferner entging es ihm nicht, daß das feinverteilte Nickel unter sonst gleichen Bedingungen ebenfalls beschleunigend, freilich weniger kräftig als Platin wirkte. Diese damaligen Neuerungen kann man mit Recht als den Beginn der katalytischen Verfahren in der Chemie bezeichnen; aber es dauerte noch geraume Zeit, bis die chemische Großindustrie ausgiebigen Gebrauch davon zu machen lernte. Zunächst stand man diesen Feststellungen noch ziemlich fremd gegenüber und ahnte bestenfalls nur, welche Zukunftsmöglichkeiten die Anwendung von solchen Kontakten wie Platin und Nickel bot. Heute wissen wir, daß erst die Einführung der Katalyse in die chemische Industrie so manches Verfahren ermöglicht hat, das nunmehr in gewaltigem Umfange in Deutschland wie auch in andern Ländern der Erde betrieben wird. Es sei nur an die Kontaktverfahren der Chlorgewinnung nach Deacon, der Schwefelsäurebereitung und der Ammoniakverbrennung, an die Synthese der Darstellung von Stickoxyden bzw. Salpetersäure aus dem Stickstoff und Sauerstoff der Luft sowie an die für das Volkwohl so bedeutsame Umwandlung des flüssigen Oleins in feste Stearinfette erinnert.

Es ist klar, daß eine gewaltige Zahl von Beobachtungen, Erkenntnissen und Verbesserungen notwendig waren, bevor man zu dem heutigen Stande der Erfahrungen und des Wissens gelangte, mit deren Hilfe man z. B. die Kohle oder aus ihr gewonnene Er-

zeugnisse in technischem Umfange in Öl für Motorzwecke umzuwandeln vermag. Bei jedem Verfahren mußte man die Arbeitsbedingungen prüfen, d. h. durch Änderung von Temperatur, Druck, Durchsatz des umzuwandelnden Körpers, Gasstrom, Art und Beschaffenheit des Katalysators usw. die Anhaltspunkte gewinnen, die eine Spitzenleistung in der gewünschten Umsetzung bei leichter Wiederbelebung des ermüdeten oder vergifteten Katalysators ermöglichten. Aber auch die Werkstoffe, die für die Herstellung des Reaktionsraumes bei hohen Temperaturen und Drücken und bei Anwesenheit von Wasserstoff, z. B. bei der Hydrierung der Kohle, in Frage kommen, mußten in diese Untersuchungen einbezogen werden. Bei der allgemeinen Beachtung, die der gedachten Veredelung der Kohle und ihrer bei der Entgasung anfallenden Abbauprodukte im Sinne des »Vierjahresplans« geschenkt werden, ist es angebracht, auf die Katalysatoren sowie auf die Werkstoffe der Hydrierung etwas näher einzugehen. Zunächst sei aber bemerkt, daß die Frage nach der Wirkungsweise der Katalysatoren nach Sauter<sup>1</sup> nur bedingt zu beantworten ist. Als Ergebnis der neusten Untersuchungen sei das Wiedererstehen der Zwischenreaktionstheorie anzusehen, »die, in typischer Weise modifiziert, die Erscheinungen am einfachsten erklären und wiedergeben läßt«.

Für die Herstellung der Katalysatoren sind im Laufe der Zeit eine außerordentlich große Zahl von Metallen und ihren Verbindungen für dieses oder jenes Verfahren geprüft worden. Die Leichtmetalle (spezifisches Gewicht unter 5) werden für sich allein kaum angewendet, denn sie sind luftempfindlich und haben niedrige Schmelzpunkte. Alkali- und Erdalkalimetalle wie auch Magnesium und Aluminium kommen hier also nicht in Frage, spielen aber in den Zweistoff-

<sup>1</sup> Heterogene Katalyse, 1930, S. 30.

katalysatoren oft eine große Rolle, indem sie, wie z. B. das kohlen saure Kalium ( $K_2CO_3$ ) als Aktivatoren oder Verstärker den betreffenden Katalysator erst zu voller Tätigkeit bringen. So fanden Fischer und Tropsch<sup>1</sup> bei ihrer Syntholgewinnung aus Kohlenoxyd und Wasserstoff, daß sich als Katalysator von allen untersuchten Metallen das Eisen am besten, und zwar besser als Nickel und Kobalt bewährte. Es zeigte sich aber auch, daß die Anwesenheit dieser Metalle allein für die Syntholbildung nicht ausreichte, vielmehr mußten sie mit alkalisch reagierenden Stoffen durchtränkt und dann getrocknet werden; die meisten Versuche wurden daher mit Eisen in der Form von Spänen durchgeführt, die mit Rubidiumkarbonat überzogen waren.

Es sei noch erwähnt, daß Leichtmetalle an der Herstellung von Katalysatoren beteiligt sein können, ohne am Aufbau des fertigen Kontaktes teilzunehmen. So legiert man das Aluminium mit Natrium, das man mit Wasser wieder herauslöst, und erreicht dadurch eine ganz erhebliche Oberflächenvergrößerung. Auch sei noch ein Hydrierungskatalysator, bestehend aus 40 Teilen Kieselgur, 27 Teilen Natrium und 93 Teilen Kalium<sup>2</sup>, als Beweis dafür angeführt, daß gelegentlich sogar Alkalimetalle für den Aufbau eines Kontaktes in Anspruch genommen werden.

Die Schwermetalle, wie Platin, Palladium, Rhodium, Nickel, Kobalt, Eisen, Kupfer u. a., werden häufig als Kontaktkörper bei Wasserstoffanlagerungen benutzt, wobei sich als ein ganz wesentlicher Vorteil herausgestellt hat, daß man die teuern Edelmetalle in vielen Fällen durch weniger wertvolle ersetzen kann. Ganz allgemein ergab sich dabei, daß die Wirkung dieser Metallkatalysatoren bei Hydrierungen vielfach zu stark war und daher z. B. statt der Motoröle vorwiegend Methan entstand. Dazu kommt noch, daß die Metalle zu leicht vergiftbar und zerstörbar sind. In erster Linie müssen der Schwefel und seine Verbindungen, aber auch andere, z. B. Zyan, als Gifte genannt werden.

Die äußere Form der Katalysatoren kann recht verschieden sein; man verwendet sie in Gestalt von Blechen, Scheiben, Spänen, Metallskeletten, Netzen, dünnen Filmen, Pulvern, fein verteilt aus Oxyden reduziert bzw. aus Amalgamen, und in kolloidalem Zustande. Im allgemeinen ist die katalytische Wirkung desto kräftiger, je weiter die Verteilung der Metalle geht. Bleche oder Scheiben aus Platin haben sich bei der Salpetersäuregewinnung aus dem Stickstoff und Sauerstoff der Luft bewährt, und von Fischer und Tropsch<sup>1</sup> sind bei der Kogasinsynthese gute Erfahrungen mit den sogenannten Metallskeletten gemacht worden. Hier schmilzt man zunächst das Kontaktmetall mit Silizium zusammen und löst es nachher aus der entstandenen Legierung mit Hilfe von Natronlauge wieder heraus.

Nickelkatalysatoren werden hauptsächlich bei der Umwandlung von Ölen in feste Fette durch unmittelbare Hydrierung mit Wasserstoff bei 250° benutzt. Dadurch können die tierischen und pflanzlichen Öle, die außer dem Olein noch andere ungesättigte Glycerinester enthalten, in das zur Herstellung von Kunstbutter für die Volksernährung bedeutsame

Stearin übergeführt werden. Hierfür wird heute der Katalysator z. B. in Form von Nickeldrehspänen, -wolle oder -draht verwendet<sup>1</sup>. Der vorher aktivierte Katalysator wird gewaschen und getrocknet, in einem Behälter aus Drahtgeflecht in das Reaktionsrohr eingebracht und der Einwirkung des Wasserstoffs ausgesetzt. Das zu hydrierende Öl läuft durch eine Reihe von hintereinandergeschalteten Reaktionsrohren, in denen es mit Wasserstoff und Nickel in Berührung kommt. Ohne daß eine Filterung oder Reinigung erforderlich ist, verläßt das gehärtete Öl in klarem Zustande die Einrichtung, in der es nur wenige Minuten verweilt hat.

Bei der Zynsynthese haben sich Drahtspulen aus Gold, Silber, Iridium, Eisen oder Chrom als durchaus geeignet erwiesen. Der besondere Vorteil der kolloidalen Katalysatoren liegt zum Teil in den vortrefflichen Eigenschaften des kolloidalen Platins und Palladiums begründet. Dankov<sup>2</sup> berichtet, daß dünne, durch Verdampfung und Kondensierung von Metallen im Vakuum hergestellte Schichten bei der Hydrierung von Äthylen einen hohen katalytischen Wirkungsgrad aufwiesen. Insley schließlich wandte bei Hydrierungen Katalysatoren aus Nickel, Kobalt, Kupfer und Eisen an, die entweder aus Oxyden durch Reduktion oder aus Amalgamen durch Verdampfung des Quecksilbers gewonnen worden waren<sup>3</sup>.

Bei der Prüfung der Frage, wodurch ein Katalysator seine volle Aktivität erlangt, muß man zunächst wissen, daß jeder Kontakt eine gewisse Zeit zum Einspielen benötigt, ehe er seine ganze Betätigung entfaltet. Zusätze von Tonerde, Thoriumoxyd, Bariumoxyd, Strontiumoxyd, Kalziumoxyd usw. können die Wirkung eines Katalysators erheblich erhöhen. Auch die Oberfläche eines Kontaktes ist im Hinblick auf seine Aktivität meist von großer Bedeutung; so wird die Tätigkeit eines Katalysators aus Nickel dadurch verstärkt, daß man ihn der anodischen Oxydation in 5% iger Sodalösung unterwirft. Je nach dem Anwendungszweck wird der Katalysator auch durch Erhitzen in Luft oder Sauerstoff, in Wasserstoff oder in einem Gemisch von Stickstoff und Wasserstoff aktiviert. Demnach ist die Zusammensetzung des Kontaktes bei katalytischen Reaktionen von sehr großer Wichtigkeit. Der bei der Hydrierung zur Anwendung gelangende Wasserstoff muß am zweckmäßigsten hochhaltig und frei von Halogen-, Schwefel-, Zyan-, Arsen- und Phosphorverbindungen sein. Bei technischen Verfahren spielt natürlich auch die Lebensdauer des Katalysators eine ganz erhebliche Rolle. In vielen Fällen nimmt die Wirkung des Kontaktes verhältnismäßig schnell durch Vergiftung ab; in dieser Beziehung sind vor allem Schwefelwasserstoff und organische Schwefelverbindungen zu nennen, die die Oberfläche des Katalysators in Sulfide umwandeln, so daß er bald »altert«. Entstehen bei der Hydrierung, wie bei der Kogasinsynthese nach Fischer und Tropsch, höhere Paraffine, so bedeckt sich der Kontakt mit immer größer werdenden Mengen von Paraffin, das freilich leicht beseitigt werden kann.

Ganz allgemein muß überhaupt an den Katalysator die Anforderung gestellt werden, daß er sich ohne großen Verlust wiederherstellen (regenerieren) läßt,

<sup>1</sup> Nickel-Berichte 1934, S. 38.

<sup>2</sup> Monthly Inst. Met. 1 (1934) Met. Abstr. S. 559; Nickel-Berichte 1935, S. 6.

<sup>3</sup> J. phys. Chem. 39 (1935) S. 623; Nickel-Berichte 1935, S. 110.

<sup>1</sup> Brennstoff-Chem. 16 (1935) S. 1.

<sup>2</sup> Franz. Pat. 609786, Comp. de Produits Chimiques et Electrometallurgiques.

was bisweilen schon durch bloßes Erhitzen in einem geeigneten Gase möglich ist. Ferner ist es verständlich, daß der Kontakt eine bestimmte Länge haben muß, damit er die umzuwandelnden Stoffe auch vollständig erfaßt, wie er andererseits auch chemisch so aufgebaut sein muß, daß er die gewünschte Reaktion weitgehend fördert und unerwünschte Nebenreaktionen ausschließt. Endlich kommt es auch darauf an, daß man durch prüfende Änderung der Arbeitsbedingungen, wie Temperatur, Druck, Durchsatzgeschwindigkeit, Strom des Hydrierungsgases und Größe des Katalysators, das betreffende technische Verfahren wirtschaftlich gestaltet.

Da sich die Oxyde der Metalle Molybdän, Chrom, Aluminium, Magnesium, Zink usw. für reduzierende Vorgänge als geeignet erwiesen haben und in ihrem Gefüge gegen Zerstörung durch Hitze und Vergiftung widerstandsfähiger als die Metalle sind, finden sie zumal bei der Veredelung von Brennstoffen oder deren Vergasungserzeugnissen immer mehr Eingang. Zur Verstärkung ihrer Wirkung setzt man diesen Oxyden bei reduzierenden Arbeiten gern Kaliumkarbonat zu. Dagegen muß man die Gegenwart der Oxyde von Eisen, Nickel und Kobalt sorgfältig vermeiden, da sie die vollständige Hydrierung, wie z. B. bei der Methanolsynthese, unter Bildung von Methan beschleunigen. Die Reaktion der Synthese:  $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH} + 27 \text{ cal}$  ist nach Travers<sup>1</sup> exothermisch, aber nach Audibert<sup>2</sup> auf Grund von Nebenreaktionen verwickelt, wie auch die auf nassem Wege hergestellten Kontakte, z. B. Kupfer- und Zinkoxyd, gegen Überhitzung sehr empfindlich sind. Während man beim kupferhaltigen Kontakt schon bei 275 bis 300° und Drücken unter 100 at größte Ausbeuten an Methanol erhält, muß man mit Katalysatoren auf der Grundlage von Zinkoxyd (Chromoxyd als Promotor) bei diesen Umsetzungen mit höheren Temperaturen (400°) und Drücken (400 at) arbeiten.

Seit einer Reihe von Jahren kennt man die günstige Wirkung von Molybdänoxid auf Tonerdegel als Träger bei Hydrierungen, und ferner hat man erkannt, daß ein gewisser Zusatz von Schwefel zu diesem Kontakt noch eine verbesserte Wirkung hervorruft. Die Meinungen der Forscher über diese Wirkungen des Schwefels gehen noch auseinander. Die einen, wie King und Cawley<sup>3</sup> sowie auch Galle und Michelitsch<sup>4</sup>, sprechen das Molybdänbisulfid ( $\text{MoS}_2$ ) als die aktive Form des Sulfides an, das sich aus dem zunächst gebildeten Molybdäntrisulfid ( $\text{MoS}_3$ ) unter Abspaltung von Schwefelwasserstoff bzw. Schwefel umgewandelt habe. Dagegen leitet Travers<sup>1</sup> die Unempfindlichkeit des Molybdänoxids sowie des Wolframoxids gegenüber Schwefel davon ab, daß die beiden Metallsulfide auch bei niedrigen Temperaturen (400°) und unter gewöhnlichem Druck durch Reduktion in den metallischen Zustand übergehen. Abwechselnd würden diese Metalle geschwefelt und reduziert.

Nach den Untersuchungen von Foresti<sup>5</sup> wird der Wasserstoff am Metall molekular adsorbiert; würde er atomar aufgenommen, so müßte die Adsorptionswärme

einen negativen Wert haben, während die kalorimetrischen Messungen auf 1 g Mol Wasserstoff durchschnittlich 11,44 cal. ergeben. Andere Forscher treten aber für eine atomare Rolle des Wasserstoffs ein. Taylor<sup>1</sup> verweist auf seine Anschauung über die Natur der katalytischen Vorgänge, wonach sich vielfach katalytische Reaktionen nur an »bestimmten aktiven Stellen«, und zwar an den Spitzen, Ecken und Kanten der Oberfläche vollziehen. Auch Taylor hält die Gegenwart atomaren Wasserstoffs an der Oberfläche des Nickels für sehr wahrscheinlich, um so mehr, als auch seine Versuche mit nachweisbar hergestellten Wasserstoffatomen deren hohe Reaktionsfähigkeit bewiesen hätten. Danach führt man die Aktivität von Nickelkatalysatoren auf die Bildung von Nickelwasserstoff ( $\text{NiH}_2$ ) an der Oberfläche der Nickelkörner und auf den leichten Zerfall dieser Verbindung unter Bildung atomaren Wasserstoffs zurück. Schon bei 180° bewirkt der atomare Wasserstoff sodann eine Wasserstoffanlagerung an die mit ihm in Berührung kommenden Moleküle; molekularer Wasserstoff würde das unter diesen Bedingungen nicht oder nur sehr langsam bewirken<sup>2</sup>. Das zurückgebildete Nickel geht wieder eine neue Wasserstoffverbindung ein, zerfällt wieder usw., so daß dieses Spiel unbeschränkt weiter läuft. Alle molekularen Gase, die überhaupt Wasserstoffverbindungen bilden können, werden solcher Art mit wenigen Ausnahmen mehr oder weniger schnell hydrierbar. Dies ist auch bei entsprechenden Flüssigkeiten der Fall, nur muß dafür gesorgt werden, daß der pulverförmige Nickelkontakt, der hydrierbare Stoff und der Wasserstoff durch Rühren in innige Berührung miteinander kommen.

Zu einer wesentlich andern Auffassung ist O. Schmidt<sup>3</sup> gelangt, der diese »aktiven Stellen« des typischen Hydrierungskatalysators zum Gegenstand umfangreicher Arbeiten mit Äthylen als Ausgangsstoff gemacht hat. Nach ihm ist in den bei der Hydrierung katalytisch besonders aktiven Metallen Platin und Nickel der gelöste Wasserstoff in Form von positiven Ionen vorhanden. Diese aktive Form des Wasserstoffs kann aber nicht an der Oberfläche des Katalysators bestehen, wie Taylor angenommen hat, sondern nur im Innern liegen. Schmidt faßt die Aktivierung des Wasserstoffs und die Hydrierung einer Kohlenstoffdoppelbindung (Äthylen) bei den kennzeichnenden Hydrierungskatalysatoren (Eisen- und Platingruppe, Kupfer) als eine Reaktion in der festen Lösung auf. Er ordnet die aktiven Elemente nach dem Atomvolumen und unterscheidet zwei Klassen, nämlich: 1. Metalle der Alkalien mit hohem Atomgewicht (Rb und Cs) sowie die Erdalkalien (Ca, Sr, Ba), die auf den Höchstwerten der großen Perioden der Atomvolumenkurven oder in der Nähe davon stehen; ihre Aktivität ist im günstigsten Falle mittelmäßig. 2. Die bekannten Hydrierungskatalysatoren mit im allgemeinen großer Aktivität (Fe, Co, Ni, Pt, Pd, Cu, Cr, Mn, Re), die auf den Mindestwerten der großen Perioden der Atomvolumenkurven stehen und alle eine unvollständige letzte innere Elektronenschale (Lückenelemente) aufweisen. Die beiden Klassen zeigen ferner eine grundsätzliche Verschiedenheit der Elektronenaffinität der Metalloberfläche. Das Verhalten der Metalle dieser beiden Klassen rechtfertigt diese Einteilung, indem nur

<sup>1</sup> Rev. Ind. minér. 15 (1935) I S. 403.

<sup>2</sup> Ann. Office Nat. Combustibles liquides 6 (1931) S. 655; Chem. Zentralbl. 1932, I, S. 898.

<sup>3</sup> Brennstoff-Chem. 16 (1935) S. 412.

<sup>4</sup> Über Hydrierungskatalysatoren, Petroleum 31 (1935) Nr. 8, S. 1.

<sup>5</sup> Brückner: Katalytische Reaktionen, 1930, S. 16.

<sup>1</sup> Proc. Roy. Soc. London 1926, Reihe A 113, S. 77.

<sup>2</sup> Nickel-Berichte 1934, S. 37.

<sup>3</sup> Z. phys. Chemie 165 (1933) S. 133 und 209.

die Metalle der ersten Klasse beständige Hydride mit Wasserstoff in der Rolle des negativen Ions liefern, während sich in der zweiten Klasse keine Hydride bei mäßigen Temperaturen in dichter Form bilden. Vielmehr geben die Metalle mit Wasserstoff feste Lösungen, in denen dieser als positives Ion dient. Die Spaltung der Hydride liefert also die aktiven Formen ( $H^-$  und  $H$ ), und zwar geht danach die Aktivierung des Wasserstoffs in der ersten Klasse über die primäre Bildung von  $H^-$ , dagegen bildet sich in der zweiten Klasse das positiv geladene Wasserstoffmolekül  $H_2^+$ , das aber leicht in  $H^+$  und  $H$  zerfällt.

Mit dem innern Aufbau der Katalysatoren haben sich auch Audibert und Raineau<sup>1</sup> bei ihren Untersuchungen über die physikalische Beschaffenheit von festen Katalysatoren beschäftigt. Nach ihnen weist ein reiner fester Körper mit katalytischen Eigenschaften stets ein geringeres spezifisches Gewicht auf als der inaktive Körper derselben chemischen Zusammensetzung. Die Forscher fanden z. B. bei aktivem Kupfer die Werte 7,6 und 7,54, während die inaktiven Proben dieses Metalles mit den ermittelten spezifischen Gewichten nur wenig von 8,9 abwichen. Ferner besteht das Röntgenspektrum zwar in beiden Fällen aus denselben Streifen, jedoch sind diese bei den aktiven Proben im Gegensatz zu den Linien der nicht aktiven Proben nicht scharf, sondern verschwommen und sehr schlecht sichtbar. Bei Erhitzung des aktiven Körpers nehmen das spezifische Gewicht und die Schärfe der Spektrallinien zu, während die Aktivität abnimmt. Die beiden Forscher führen diese Erscheinungen auf örtliche Störungen im Kristallgitter zurück, die durch größeren Abstand zwischen einzelnen Atomen, teilweise erfolgte Aufweitung des Kristallgitters, gekennzeichnet sein und den Sitz der aktiven Zentren darstellen sollen.

Bei den sehr hohen Ansprüchen zumal im Hinblick auf die bei der Hydrierung zur Anwendung gelangenden hohen Temperaturen und Drücke mußte man natürlich auch den Werkstoffen für die eigentlichen Reaktionsräume große Aufmerksamkeit schenken. So dient Nickel bei der Fetthärtung nicht nur zur Herstellung der Katalysatoren, sondern auch für die Reaktionsrohre als Auskleidungsstoff. Bei der Phenolreduktion mit Wasserstoff bei 750° nach Fischer, Schrader und Zerbe<sup>2</sup> genügen bloße Eisenrohre nicht, da sich in ihrem Innern Kohlenstoff abscheidet, der nach einiger Zeit bis zur Verstopfung der Rohre anwächst. Diese Erscheinung bleibt aber aus, wenn man innen verzinnete oder geschwefelte Rohre anwendet. Ferner sei auf die Reinigung zyklischer Kohlenwasserstoffe vom Thiophen durch Hydrierung bei 400° und 200 at am Kontakt aus Zinkoxyd + Molybdäntrioxyd hingewiesen<sup>3</sup>, die am besten in Gefäßen mit Auskleidung von Aluminium erfolgt.

Da bei der Hydrierung Wasserstoff in großen Mengen verwandt wird, muß man im besondern überlegen, wie sich dieser bei den hohen Temperaturen wahrscheinlich auf den Werkstoff auswirkt. In dieser Beziehung sei zunächst ganz allgemein an die Bedeutung des Kupferoxydul im Kupfer erinnert<sup>4</sup>. Bei einer ganzen Reihe von Geräten und Maschinen, bei denen oxydulhaltiges Kupfer durch Leuchtgasflammen mit noch unverbranntem Wasserstoff darin erhitzt wird,

muß man mit der Aufreißung rechnen. Wasserstoff vermag wohl bei hohen Temperaturen durch Kupfer hindurch zu diffundieren, aber er reduziert auf seinem Wege in das Innere das etwa vorhandene Kupferoxydul nach der Gleichung  $Cu_2O + 2H = 2Cu + H_2O$ . Da nun der Wasserdampf im Gegensatz zum Wasserstoff nicht durch das Kupfer zu diffundieren vermag, wird er in den engen Räumen des Metalls hoch gespannt und treibt das Kupfer auseinander.

Bei bestimmten Wärmegraden vermag der Wasserstoff aber auch in Eisen und Stahl einzudringen. Wollte man nun die guten Festigkeitseigenschaften des harten Kohlenstoffstahles für die Herstellung der Reaktionsräume der Hydrierung ausnutzen, so würde man mit ähnlichen Vorgängen wie beim oxydulhaltigen Kupfer zu rechnen haben. Nur ist es jetzt das aus der Umsetzung von Eisenkarbid und Wasserstoff entstehende Methan ( $Fe_3C + 2H_2 = 3Fe + CH_4$ ), das entsprechend dem Wasserdampf im Kupfer nicht durch das Eisen zu diffundieren vermag, sondern es zerreißt.

In seiner schon erwähnten Arbeit hat Travers auch die durch die Hydrierungen an die Metallurgie gestellten Aufgaben besprochen, wobei er zunächst auf diese Umsetzung eingegangen ist. Er macht darauf aufmerksam, daß der durch die Anhäufung von Methan in dem Metall erzeugte Druck zu zahlreichen Brüchen bei der Entwicklung der Ammoniaksynthese bei 450° und unter dem Druck von 200 kg/cm<sup>2</sup> geführt habe. Die Folge der mit dem Druck wachsenden Wasserstoffkonzentration sei ein schneller Verlauf der Entkühlung. Außerdem mache der Wasserstoff das Eisen rein, ferritisch, hart und gebräch; selbst wenn das Metall einen genügenden mechanischen Widerstand aufwiese, würde der in Gebrauch genommene besonders milde Stahl gebrechlich und morsch sein. Daher hätte man die Sonderstähle heranziehen müssen. Führe man in einen Kohlenstoffstahl bestimmte Elemente, wie Chrom, Vanadin, Wolfram und Molybdän, ein, so verteile sich das Metall zwischen dem Ferrit, mit dem es feste Lösungen bilde, und der Karbidphase. Die Arbeiten von Chevenard hätten gezeigt, daß man komplexe Zementite erhielt, die nichts anderes als feste Lösungen von Karbiden darstellten.

Die dilatometrische Abweichung des Eisenkarbids unterliegt in der Tat fortgesetzten Veränderungen; die Temperatur, bei der sie sich vollziehen, sinkt in dem Maße, wie man nach und nach Zusätze von Sonder-elementen gibt. Diese komplexen, sehr fein im Ferrit verteilten Zementite, die sich auch durch längere Erwärmung auf 450° nicht vergrößern, sind dem Wasserstoff gegenüber unter sonst gleichen Bedingungen viel widerstandsfähiger als das Eisenkarbid. Der mit Chrom, Vanadin oder Wolfram angereicherte Ferrit selbst ist viel feinkörniger und bewahrt seine mechanischen Festigkeitswerte in Berührung mit dem Wasserstoff. Unter diesen Zweiphasenstählen (Ferrit und Karbid) kann man den Chrommolybdänstahl (0,12–0,15% C, 0,3% Cr, 0,5% Mo) verwenden. Die Erhöhung des Chromgehaltes (3–6%) ändert die mechanischen und chemischen Festigkeitseigenschaften nicht merklich. Bei höhern Temperaturen (400°) unterliegt dieser Stahl nach einer Erhitzung von mehreren tausend Stunden stets dauernder Entformung, die unter dem Namen Fließen (fluage) bekannt ist. In der Tat gibt es für

<sup>1</sup> Compt. Rend. hebd. Séances Acad. Sci. 197 (1933) S. 596.

<sup>2</sup> Brennstoff-Chem. 2 (1921) S. 243; Ges. Abh. Kohle 6 (1921) S. 161.

<sup>3</sup> Franz. Pat. 621 505, I. G. Farbenindustrie.

<sup>4</sup> Heyn und Bauer: Metallographie, 1920, Bd. 2, S. 121.

jedes Metall eine geringste Temperatur, über die hinaus dieses Metall, einer stetigen Kraft, z. B. Zug, unterworfen, einem zähen Fließen, d. h. einer ständig mit der Zeit wachsenden Verformung unterliegt. Das Metall hat indessen seine elastischen Eigenschaften bewahrt, die durch einen mit dem Maß des Zuges gegebenen Wert gekennzeichnet sind und mit den schnellen Zügen in Einklang stehen, bei denen die Dauer der Krafterwendung nicht in Frage kommt. Bei dieser Temperatur, der elastischen Verformung, überwiegt das Fließen die dauernde Entformung. Für die Kohlenstoffstähle beträgt die Fließtemperatur 250°. Daher ist klar, daß in einer Vorrichtung mit einer Arbeitstemperatur von 250° kein gewöhnlicher Stahl verwandt werden kann. Glücklicherweise weisen die Sonderstähle, z. B. der Stahl aus 2 Phasen aus Chrom oder Molybdän, eine viel höhere Fließtemperatur auf. Kann man das Fließen nicht vollständig vermeiden, so wird man wenigstens das Metall nehmen, dessen Fließen sich bei der Arbeitstemperatur am wenigsten bemerkbar macht, d. h. dessen Verformung sich mit äußerster Verzögerung auswirkt.

Nach Übereinkunft spricht man ein Stück, dessen Verformung nicht über 1% gegen Ende von 100000 h (mehr als 11 Jahre) hinausgeht, als völlig geeignet an, es sei denn, daß es zur Herstellung z. B. der Heizröhren, Mäntel der Katalysatorrohre usw. dienen soll. Bei dem Chrommolybdänstahl bedarf man einer Kraft von 18 kg/mm<sup>2</sup> während 1000 h bei 400°, um eine Verlängerung von 1% hervorzurufen, d. h. eine unstatthafte Verformung. Dagegen ist diese gegen 350° und unter 2,5 kg/mm<sup>2</sup> nach Tausenden von Stunden unmerklich. Für die Arbeiten bei höherer Temperatur (500–600°) hat man sich anderer Legierungen bedienen müssen, beispielsweise des unter dem Namen »Nierosta« bekannten Ferronickelchroms (18% Cr, 8% Ni, 74% Fe). Diese Legierungen bestehen aus einer Phase, dem Austenit, und haben eine noch höhere mechanische Festigkeit bis 600°, während der Widerstand des Chrommolybdänstahls schnell mit dem Steigen der Temperatur auf 450° abnimmt. Bis 650° entspricht ihre Fließgeschwindigkeit einer Verlängerung von 1% unter einem Druck von 12 kg/mm<sup>2</sup> nach 100000 h, d. h. sie sind praktisch unverformbar. Diese Legierungen scheinen also die Frage vollständig zu lösen.

Man hat stets versucht, den durch die Bestandteile eingeführten Kohlenstoff möglichst auszumerzen, hat jedoch gegenwärtig nicht unter 0,07% Kohlenstoff bleiben können. Von Chevenard ist bewiesen worden, daß die Gegenwart dieser kleinen Mengen von Kohlenstoff genügt, um die Festigkeit der Legierungen in der Wärme herabzusetzen; tatsächlich beginnt der Kohlenstoff sich bei fortgesetzter Erhitzung und bei Temperaturen über 500° in der Form des Chromkarbids auszuschleiden. In den Verbindungsstellen des Austenits bildet die Reihe des entstandenen Karbids eine Quelle verringerter Widerstandskraft; mit der Erniedrigung des Kohlenstoffgehaltes werde man wenig Glück haben. Außerdem liefert der Zusatz eines neuen Sonderelementes, des Wolframs (4,5%), widerstandsfähigere Legierungen.

### Zusammenfassung.

Nach einleitenden Ausführungen über die geschichtliche Entwicklung und Bedeutung der Katalysatoren werden die Kontaktkörper der Hydrierung nach äußerem Aufbau und chemischer Zusammensetzung (Metalle und ihre Verbindungen) besprochen. Weiterhin wird die Frage beantwortet, wodurch ein Katalysator seine volle Aktivität erlangt; wichtig ist auch, ob er gegen »Vergiftung« genügend widerstandsfähig ist, und ob er einfach und schnell wiederbelebt werden kann. Änderungen der Arbeitsbedingungen, wie Temperatur, Druck, Durchsatzgeschwindigkeit, Strom des Hydrierungsgases und Größe des Katalysators, ermöglichen ein Urteil darüber, ob sich das betreffende Verfahren wirtschaftlich durchführen läßt. Während sich einige Forscher für eine atomare Rolle des Wasserstoffs einsetzen, vertreten andere dessen molekulare Wirkung.

Bei den sehr hohen Ansprüchen zumal im Hinblick auf die bei der Hydrierung zur Anwendung gelangenden hohen Temperaturen und Drücke muß man natürlich auch den Werkstoffen für die eigentlichen Reaktionsräume besondere Beachtung schenken. An Stelle von Kohlenstoffstählen, die sich nicht bewährt haben, wählt man heute kohlenstoffarme Sonderstähle, wie Ferronickelchrom, Ferrowolfram u. a., für die Heizröhren, die Mäntel der Katalysatorrohre usw.

## U M S C H A U.

### Die Verwertung von Grubenwasser im Tagesbetrieb.

Von Dr.-Ing. G. Ammer, Chemiker des Vereins zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen zu Essen.

Eine Reihe von Ruhrzechen haben gemeinsam mit der wasserchemischen Beratungsstelle des Vereins schon häufig die Möglichkeiten zur nutzbringenden Verwendung des bei der Wasserhaltung anfallenden Grubenwassers erwogen. Läßt man die vielfach erprobte Heilwirkung von Solen aus der Grube außer Betracht, so erweist sich die Beschaffenheit des zutage geförderten Grubenwassers in vielen Fällen als so ungünstig und vor allem der Gehalt an leichtlöslichen Verbindungen und Härtebildnern als so hoch, daß das Wasser nicht einmal für die Kohlenwäsche und die Kokslöschung in Frage kommt, geschweige denn, daß es nach Aufbereitung als Zusatz zum Kühl- und Kesselspeisewasser oder auch nach Reinigung als Kauenwasser Vorteile bieten könnte. Bestenfalls läßt sich

ein solches Grubenwasser für das Abspritzen der Kesselasche, zur Platz- und Fußbodenreinigung, ferner manchmal zum Auflockern und Vorreinigen von stark verschlammten Filtermassen (z. B. aus Entölerfiltern) und zu ähnlichen Arbeiten heranziehen, bei denen teilweise auch alkalisches Kesselabwasser von sorgfältig gewarteten Anlagen gute Dienste leistet.

### Verwendung als Kesselspeisewasser.

Demgegenüber zeigen manche Grubenwasser einen Gehalt an leicht- und schwerlöslichen Salzen, der sogar die Kostenaufwendung für ihre Enthärtung rechtfertigt, damit sie als Zusatzwasser im Kesselwasserkreislauf dienen können. Beträgt beispielsweise bei einem im Kesselhaus verfügbaren Speisewasser der Gesamtsalzgehalt (Abdampfdruckstand) 300 mg/l, die Härte 8° d, der Preis 10 Pf. je m<sup>3</sup>, der Aufwand für die Enthärtung (Betriebskosten) rd. 3 Pf./m<sup>3</sup>, die einzuhaltende Kesselwasserdichte 0,5° Bé und der Kesselabwasserverlust mithin etwa 6–7%, so kann

Grubenwasser, das ohnehin zutage geleitet werden muß, auch dann noch lohnende Verwendung als Kesselspeisewasser finden, wenn es eine etwa dreifach höhere Härte von 25° d und einen rd. dreifach höhern Gesamtsalzgehalt von 900–1000 mg/l aufweist, wenn es also bei 0,5° Bé einen Kesselablaugerverlust von etwa 20% der durchgesetzten Speisewassermenge hervorruft. Voraussetzung hierfür ist selbstverständlich, daß auf die einwandfreie Rückgewinnung der Ablaugwärme mit Wärmeaustauschern Bedacht genommen wird und daß die Feststellung einzelner Bestandteile (organischer Stoffe, Kieselsäure usw.) sowie die Anlagekosten und die neben dem Mehraufwand für Chemikalien entstehenden höhern Betriebskosten nicht gegen diese Verwendung sprechen.

Von Fällen aus dem Kesselbetriebe sei nur folgender kurz angeführt. Eine Ruhrzeche benutzt zur Speisung der 12-atü-Röhrenkessel (Kesselwasserdichte rd. 0,4–0,6° Bé) ein Gemisch von etwa 50 Teilen reinem Kondensat und 50 Teilen Wasser aus einem in der Nähe befindlichen Bach mit einer Gesamthärte von rd. 10° d (4° d Karbonathärte, 6° d Nichtkarbonathärte) und geringem Gehalt an leichtlöslichen Bestandteilen, das in einer Kalk-Soda-Anlage der Bauart Steinmüller aufbereitet wird. Da der Bach in trocknen Sommermonaten zu wenig Wasser führt, erfolgt dann die Deckung des Zusatzwasserbedarfs zur Spargung des aus Fremdbezug vorhandenen Trinkwassers größtenteils mit Grubenwasser von der Wasserhaltung, das vor Eintritt in den thermisch-chemischen Reiniger eine Gesamthärte von 14° d (fast ausschließlich Karbonathärte) und im allgemeinen einen Gesamtsalzgehalt von etwas mehr als 1000 mg/l hat. Diese Maßnahme hat sich in jeder Hinsicht als vorteilhaft erwiesen.

#### Verwendung als Kühlwasser von Oberflächenkondensatoren.

Als Zusatz zum Kühlturmwater der Dampfkondensationsanlage verwendet z. B. eine Ruhrzeche seit ungefähr 3 Jahren hartes Grubenwasser, dessen Zusammensetzung aus der Zahlentafel 1 ersichtlich ist<sup>1</sup>. Zur Verhütung der Kondensatorrohrversteinung wird es mit Hilfe von Kalkhydrat in einem von der Maschinenbau-AG. Balcke in Bochum gebauten und unter einem Druck von 3 atü stehenden Reiniger (Abb. 1) aufbereitet. Die Anlage ist für einen stündlichen Höchstdurchsatz von 75 m<sup>3</sup> Rohwasser bestimmt. Außer Druckkalkungsanlagen, wie der abgebildeten, sind auch offene Entkarbonisierungseinrichtungen gebräuchlich, bei denen den Filtern noch besondere Misch-

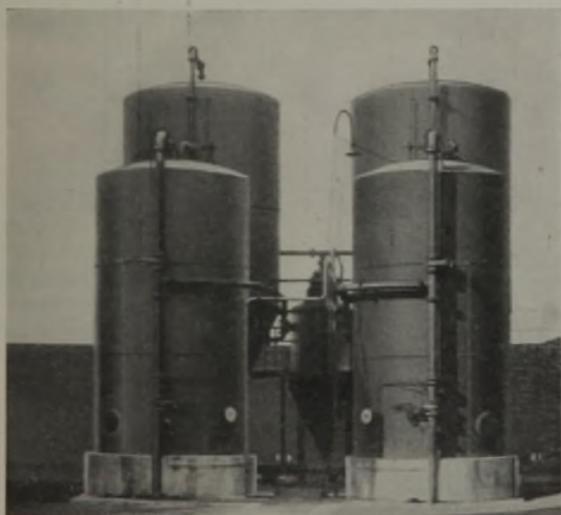


Abb. 1. Ansicht einer Kalkhydrat-Aufbereitungsanlage (im Vordergrund die beiden Reaktions- und Filterbehälter, dahinter die Kalksättiger und dazwischen der Kalkmilch-aufbereiter).

und Klärbehälter vorgeschaltet werden. Eine derartige Aufbereitungsanlage von der Firma Reichling & Co. in Krefeld-Königshof arbeitet auf einer andern Ruhrzeche<sup>1</sup>. Bei der Kalkhydratbehandlung findet eine Abbildung der freien Kohlensäure und die Ausscheidung von Karbonathärtebildnern statt. Die Nichtkarbonathärte wird von der Behandlung mit Kalkhydrat nicht betroffen. Als feste Verbindung entsteht in dem kalten Wasser hauptsächlich kohlen-saurer Kalk, der bei der genannten Anlage (Abb. 1) ausschließlich im Kiesfilter, unter Einschaltung von Klärbehältern dagegen zum großen Teil im Klärraum vom Wasser getrennt wird. Die Umsetzung ist unter den obwaltenden Umständen nicht vollständig, sondern es bleibt noch eine Restkarbonathärte von 1–2° d bestehen. Durch spätere Vorkehrungen der Firma Balcke ist es allerdings nach den Ergebnissen der Versuche von Heckmann<sup>2</sup> gelungen, bei diesem Verfahren eine noch geringere Restkarbonathärte zu erzielen. Unter anderm ist die Aufbereitung mit Kalkhydrat ausschließlich oder auch in Verbindung mit sonstigen Verfahren als geeignet anzusehen, wenn ein hoher und überwiegender Gehalt an Kalziumbikarbonat vorliegt und wenn die Anwesenheit von festen Verunreinigungen (z. B. in Bach- und Grubenwasser) ohnehin eine Klärung und Filtration erforderlich macht. In dem wohl seltenern Fall eines überwiegenden Gehalts des Kühlwassers an Magnesiumbikarbonat kann die Kalkung unter normalen Bedingungen (z. B. bei geringem OH-Ionenüberschuß) nicht zu den gleichen Restkarbonathärtewerten führen wie bei vorwiegendem Kalziumbikarbonatgehalt, weil das Magnesiumbikarbonat leichter löslich ist als das Kalziumbikarbonat. Diese Löslichkeit bleibt natürlich auch im Kühlwasserkreislauf bestehen, und zwar so lange, wie keine höhere Erwärmung und keine sonstigen Begleitumstände eintreten, die eine Überschreitung der Löslichkeitsgrenze hervorgerufen. Ferner ist darauf hinzuweisen, daß der pH-Wert zweckmäßig entkarbonisierten kalten Wassers im schwach alkalischen Gebiet liegt. Solches Wasser zeigt also eine geringere Wasserstoffionen-Konzentration, wodurch der Angriff auf Eisen entsprechend abgeschwächt wird. Selbstverständlich muß man darauf bedacht sein, daß keine zu starke Hydroxylionen-Konzentration infolge zu hohen Kalkhydratzusatzes entsteht, weil hierdurch Trübungen im Kühlwasser und Kalkablagerungen als Nachreaktionserzeugnisse in der Kühlvorrichtung auftreten können. Im allgemeinen leitet man die Kalkhydratreinigung am besten so, daß in den zur Prüfung entnommenen Proben des aufbereiteten Wassers in etwa die Beziehung  $2 \text{ PA} = \text{MA}$  besteht. PA bedeutet die Phenolphthalein-Alkalität und MA die Methylorange-Alkalität in deutschen Graden, d. h. Phenolphthalein-Alkalität  $p \cdot 2,8 = \text{PA}$  und Methylorange-Alkalität  $m \cdot 2,8 = \text{MA}$ , bezogen auf 100 cm<sup>3</sup> Wasser.

Die Wirksamkeit der Kalkhydratreinigung in der durch Abb. 1 veranschaulichten Anlage lassen beispielsweise die in der Zahlentafel 1 zusammengestellten Ergebnisse der vom Laboratorium des Vereins wiederholt vorgenommenen Untersuchungen erkennen. Hiernach hatte die Kalkhydratbehandlung den Abdampfdruckstand des Zusatzwassers im Mittel um 341 mg/l verringert und die Karbonathärte von 16 auf 1,2° d vermindert. Dabei war die Gesamthärte im Mittel von 34,7 auf 20,4° d gesunken. Die vorliegende gewichtsanalytische Nachprüfung ergab ferner eine Verminderung der Magnesia-härte von 7,1 auf durchschnittlich 5,4° d und des Kieselsäuregehaltes von 19,6 auf 10,2 mg/l. Dies dürfte teils durch den zeitweilig höhern Kalkhydratgehalt, teils aber auch durch die Oberflächenwirkung der namentlich bei hoher Karbonathärte in den Filtern in beträchtlicher Menge anfallenden Karbonatausscheidungen begünstigt worden sein.

Die Gesteungskosten für 1 m<sup>3</sup> entkarbonisiertes Zusatzwasser können einschließlich Kapitaldienst für die gesamte Reinigeranlage mit rd. 4 Pf. veranschlagt werden.

<sup>1</sup> Jahrbuch »Vom Wasser« 10 (1935) S. 294.

<sup>2</sup> Heckmann: Neues Verfahren zur Beschleunigung und Verbesserung der Enthärtung von Wasser, besonders auf kaltem Wege, Wärme 59 (1936) S. 861.

Bei Fremdbezug des Wassers ergäbe sich voraussichtlich ein mindestens doppelt so hoher Betrag.

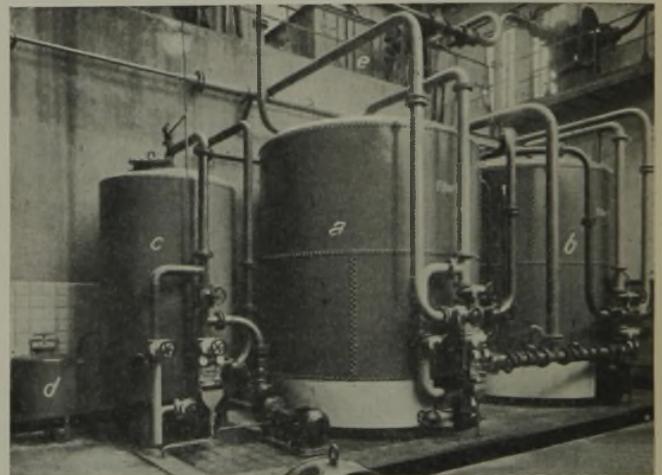
Zahlentafel 1. Ergebnisse der Untersuchung einer Kalkhydrat-Reinigeranlage.

	Nicht aufbereitetes Grubenwasser	Aufbereitetes Wasser	
		Filter 1	Filter 2
Aussehen . . . . .	klar	klar	klar
Schwebestoffe . . . . .	0	0	0
Abdampfrückstand bei 110°C mg/l	1238,0	904,0	890,0
Abdampfrückstand bei 180°C "	1196,0	886,0	840,0
Glührückstand . . . . .	1062,0	780,0	748,0
Kieselsäure . . . . .	19,6	13,5	7,0
Eisen-Ionen . . . . .	0,5	0,3	0,3
Kalzium-Ionen . . . . .	197,0	101,1	112,8
Magnesium-Ionen . . . . .	30,6	25,9	20,7
Chlor-Ionen . . . . .	191,7	191,7	191,7
Sulfat-Ionen . . . . .	336,8	336,1	336,4
Nitrat-Ionen . . . . .	0	0	0
Nitrit-Ionen . . . . .	0	0	0
Permanganatverbrauch . . . . .	7,6	6,8	6,8
pH-Wert (Säurestufe) . . . . .	7,1	9,5	9,9
Phenolphthalein-Alkalität PA . . . . .	0	0,6	1,1
Methylorange-Alkalität MA . . . . .	16,0	1,3	1,7
Gesamthärte . . . . . °d	34,7	20,2	20,6
Kalkhärte . . . . .	27,6	14,2	15,8
Magnesiahärte . . . . .	7,1	6,0	4,8
Bikarbonathärte . . . . .	16,0	0,1	0
Karbonathärte . . . . .	0	1,2	1,2
Nichtkarbonathärte . . . . .	18,7	18,9	18,9
Kalkhydratüberschuß . . . . .	—	0	0,5

Grubenwasser als Hilfsmittel bei der Wasserreinigung.

Besondere Erwähnung verdient für bestimmte Grubenwasser noch eine andere Verwendungsart, die in manchen Bergbaubetrieben beachtliche Chemikalien- und Werkstoffersparnisse verspricht, wie sie heute in erhöhtem Maße geboten sind. Es handelt sich um die Verwertung stark kochsalzhaltiger Grubenwasser an Stelle von hergerichteter Natriumchloridlösung (Kochsalzlösung) als Mittel zur Regenerierung von basenaustauschenden Filterstoffen. Anders als nach den chemischen Reinigungsverfahren unter Benutzung von Fällungsreaktoren erzielt man mit diesen

Stoffen die Wasserenthärtung zum Zweck der Verhütung von Steinansätzen in Kesseln, Kondensatoren und Rohrleitungen und nicht zuletzt zur Verminderung des Seifen- und sonstigen Waschmittelverbrauches. Die Wirkung der mehr oder minder feinkörnigen Filterstoffe beruht auf ihrer Fähigkeit, bei der Durchleitung des Wassers Kalzium- und Magnesium-Ionen aufzunehmen und dafür entsprechende Mengen von Natrium-Ionen in Tausch zu geben, und zwar bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Masse erschöpft ist und durch kurzfristige Kochsalzbehandlung wieder betriebsbereit gemacht werden muß. Im Gegensatz zu sonstigen Kaltaufbereitungsarten hat das Basenaustauschverfahren die Eigenart, daß hierbei sowohl die Karbonathärte als auch die Nichtkarbonathärte praktisch vollständig verschwinden. Dieser Vorteil kommt u. a. bei möglichen Kondensatorundichtigkeiten in hohem Maße zur Geltung, weil hierbei eine weniger merkliche Kondensatverhärtung zu erwarten ist als bei andersartiger Kaltreinigung. Wie z. B. die Ergebnisse der vom Verein auf einer Ruhrzeche



a und b Invertitfilter 1 und 2, c Filterungs- und Enteisungsbehälter, d Anrichtebehälter für Kochsalzlösung, e Speisewasservorratsbehälter.

Abb. 2. Ansicht einer Invertit-Wasserenthärtungsanlage.

Zahlentafel 2. Zusatzwasser vor dem Invertitfilter 1.

Zeit	Aussehen	Schwebestoffe	Temperatur °C	p-Wert cm <sup>3</sup> /100	m-Wert cm <sup>3</sup> /100	Chlor-Ionen mg/l	Kieselsäure mg/l	Härte mit Seifenlösung °d	Karbonathärte °d	Nichtkarbonathärte °d	Freie Kohlensäure mg/l
10 <sup>45</sup>	klar	0	8	0	1,3	29,0	6,5	8,1	3,6	4,5	—
11 <sup>45</sup>	klar	0	8	0	1,4	24,0	6,0	8,5	3,9	4,6	6,0
12 <sup>45</sup>	klar	0	8	0	1,4	24,0	6,0	8,6	3,9	4,7	—
13 <sup>45</sup>	klar	0	8	0	1,4	24,0	6,0	8,7	3,9	4,8	—
14 <sup>45</sup>	klar	0	8	0	1,35	25,0	6,0	8,7	3,8	4,9	—
15 <sup>45</sup>	klar	0	8	0	1,4	25,0	6,0	8,9	3,9	5,0	6,0
Mittelwert		0	8	0	1,38	25,2	6,1	8,6	3,9	4,7	6,0

Zahlentafel 3. Zusatzwasser hinter dem Invertitfilter 1.

Zeit	Durchsatz m <sup>3</sup>	Aussehen	Temperatur °C	p-Wert cm <sup>3</sup> /100	m-Wert cm <sup>3</sup> /100	Chlor-Ionen mg/l	Kieselsäure mg/l	Härte mit Seifenlösung °d	Freie Kohlensäure mg/l
10 <sup>45</sup>	—	klar	8	0	1,5	38,0	6,5	0	—
11 <sup>15</sup>	46	klar	8	0	1,4	27,0	—	0	—
11 <sup>45</sup>	—	klar	8	0	1,4	24,0	6,0	0	—
12 <sup>15</sup>	50	klar	8	0	1,4	25,0	—	0	6,0
12 <sup>45</sup>	—	klar	8	0	1,4	25,0	6,0	0	—
13 <sup>15</sup>	58	klar	8	0	1,4	25,0	—	0	—
13 <sup>45</sup>	—	klar	8	0	1,4	24,0	6,0	0	—
14 <sup>15</sup>	61	klar	8	0	1,4	25,0	—	0	—
14 <sup>45</sup>	—	klar	8	0	1,45	23,0	6,0	0	—
15 <sup>15</sup>	62	klar	8	0	1,4	24,0	—	0	—
15 <sup>45</sup>	—	klar	8	0	1,4	25,0	6,0	0	6,0
Mittelwert		klar	8	0	1,41	26,0	6,0	0	6,0

angestellten Versuche sowie die Feststellungen und Erfahrungen im Betrieb seit Mitte des Jahres 1936 bis jetzt gelehrt haben, ist die angeführte Nutzung der Grubenwasser durchaus zweckmäßig.

Zur nähern Unterrichtung zeigt Abb. 2 die im Kesselhaus der Zeche stehende Basenaustausch-Enthärtungseinrichtung, welche die Firma Dr. Klinckhard & Pascher in Düsseldorf gebaut hat. Nach deren Mitteilung ist das darin verwendete, »Invertit« genannte Filtergut ein in Deutschland seit mehreren Jahren gewonnener anorganischer Naturstoff, der auch auf die Dauer selbst gegen verhältnismäßig hohe Kohlensäuregehalte des zu enthärtenden Wassers als unempfindlich gilt. Das Wesentliche hinsichtlich der Beschaffenheit des zu enthärtenden und des enthärteten Rohwassers (Ruhrwasser) lassen die Zahlentafeln 2 und 3 erkennen, die Ausschnitte aus den Ergebnissen von Betriebsversuchen des Vereinslaboratoriums darstellen. Das gereinigte Wasser wird sowohl dem Kessel Speisewasser als auch dem Kühlturmwasser zugesetzt. Über die Zusammensetzung von Stichproben des zur Speisung der 12-atü-Röhrenkessel dienenden Speisewassergemisches und des Inhalts der Kessel, in denen seit der Inbetriebnahme der Invertit-Anlage keine störenden Ansätze aufgetreten sind, unterrichtet die Zahlentafel 4. Eine Einrichtung zur Beseitigung der im Speisewasser gelösten Gase befand sich zur Zeit der Versuchsdurchführung noch nicht in Betrieb.

Zahlentafel 4. Zusammensetzung von Stichproben des Speise- und Kesselwassers.

	Probe 1 <sup>1</sup>	Probe 2 <sup>2</sup>
Aussehen . . . . .	klar	klar
Schwebestoffe . . . . .	0	0
Dichte . . . . . <sup>°Bé</sup>	—	0,4
Kieselsäure SiO <sub>2</sub> . . . . . mg/l	2,5	80,0
Chlor-Ionen Cl <sup>-</sup> . . . . . mg/l	12,0	530,0
Sulfat-Ionen SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> . . . . . mg/l	—	900,0
Sauerstoff O <sub>2</sub> . . . . . mg/l	5,2	—
Phenolphthalein-Alkalität p . cm <sup>3</sup> /100	0	22,1
Methylorange-Alkalität m . cm <sup>3</sup> /100	0,7	23,1
Ätznatron NaOH . . . . . mg/l	0	844,0
Soda Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . . . . . mg/l	0	106,0
Natriumbikarbonat NaHCO <sub>3</sub> . mg/l	58,8	0
Natronzahl . . . . .	—	868,0
Phosphat als P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . . mg/l	0	0
Soda : Natriumsulfat = 1 : . . . . .	—	1,1
Gesamthärte H . . . . . °d	0	0
Karbonathärte H <sub>k</sub> . . . . . °d	0	0
Nichtkarbonathärte H <sub>Nk</sub> . . . . °d	0	0

<sup>1</sup> Probe 1 Speisewassergemisch aus Kondensat und enthärtetem Leitungswasser (Ruhrwasser). — <sup>2</sup> Probe 2 Wasser aus einem Röhrenkessel.

Die zur Regenerierung dienende Grubensole der Zeche weist einen Kochsalzgehalt von 6–8% auf. Auch bei geringern Kochsalzgehalten dürfte die Sole noch zur Regenerierung geeignet sein. Man muß dann naturgemäß entsprechend größere Solemengen durch die Basenaustauschanlage schicken oder etwas frische Kochsalzlösung hinzufügen. Überhaupt ist es vorteilhaft, bei abschließlicher Verwendung von Grubenwasser geringe Mengen Gewerbesalz als Regeneriermittel vorrätig zu halten, damit man von Zeit zu Zeit eine Auffrischung des Basenaustauschstoffes mit reiner Kochsalzlösung vornehmen kann.

Die Härte des Grubenwassers beträgt im vorliegenden Falle etwa 500–600°d. Irgendwelche Nachteile haben sich daraus bisher nicht ergeben. Ferner ist die Sole zwar fast farblos, aber zeitweilig, vor allem bei Arbeiten am Grubensumpf, stark durch Schwebeteilchen getrübt und eisenhaltig, so daß Vorklärung und Filterung unter gleichzeitiger Belüftung mit einer einfachen Vorrichtung (c in Abb. 2) notwendig sind. Barium- und Ammoniumsulfate, welche die Durchführung des Basenaustauschverfahrens etwas beeinträchtigen könnten, sind bis jetzt in der Sole nicht festgestellt worden. Zur Vorklärung und Aufspeicherung des Grubenwassers werden sich sonst nicht verwert-

bare alte Kessel in zweckmäßiger Anordnung und nach gelegentlich zu wiederholendem Bestreichen mit widerstandsfähigen Kesselinnenanstrichmitteln<sup>1</sup> eignen.

Bei einem Betriebsversuch betrug die Leistung der Filter, die später durch Auffüllung der beiden Behälter verdoppelt worden ist, je 347 m<sup>3</sup>, die zur Auffrischung benötigte Menge Gewerbesalz je 208 kg. Da sich diese Menge einschließlich der zur vorherigen Auflockerung des Filtergutes benötigten Wassermenge durch 9 m<sup>3</sup> der beschriebenen Grubensole ersetzen ließ, betrug die Ersparnis an Aufbereitungskosten je m<sup>3</sup> enthärtetes Zusatzwasser 1,7 Pf. bei Zugrundelegung eines Gewerbesalzpreises von 2,80  $\mathcal{M}$  für 100 kg.

### Die Verordnung über das Bergrecht in Groß-Hamburg.

Durch das Gesetz über Groß-Hamburg und andere Gebietsvereinigungen vom 26. Januar 1937<sup>2</sup> sind einige hamburgische Gemeinden, darunter die Stadt Cuxhaven, auf das Land Preußen und eine Anzahl preußischer Gemeinden, darunter die Stadtkreise Altona und Wandsbek, auf das Land Hamburg übergegangen. Diese werden mit der Stadt Hamburg und den beim Lande Hamburg verbleibenden Gemeinden zu einer Gemeinde »Hansestadt Hamburg« zusammengeschlossen.

Der Reichsminister des Innern bestimmt im Einvernehmen mit dem zuständigen Minister, in welchem Umfang und wann Rechts- und Verwaltungsvorschriften der aufnehmenden Gebietskörperschaft und des aufnehmenden Verwaltungsbezirks eingeführt werden, und erläßt die Vorschriften dafür. Er hat demgemäß im Einvernehmen mit dem Reichswirtschaftsminister die Verordnung über das Bergrecht in Groß-Hamburg vom 25. März 1937<sup>3</sup> erlassen.

Danach ist am 1. April 1937 im Land Hamburg und den zugeteilten Gebieten das Allgemeine Berggesetz für die Preußischen Staaten vom 24. Juni 1865<sup>4</sup> in seiner gegenwärtigen Fassung mit seinen Ausführungsbestimmungen in Kraft getreten. Die Aufgaben des Bergrevierbeamten und des Oberbergamts nehmen für das Gebiet des Landes Hamburg der Bergrevierbeamte in Celle und das Oberbergamt in Clausthal wahr; der Reichsstatthalter in Hamburg bestimmt die neben dem Oberbergamt zuständige hamburgische Landesverwaltungsbehörde. Die vom Oberbergamt Clausthal erlassenen Bergpolizeiverordnungen gelten nunmehr auch für das Land Hamburg.

Gleichzeitig sind im Lande Hamburg die folgenden preußischen Gesetze und Verordnungen mit ihren Ausführungsbestimmungen in Kraft getreten: 1. das Gesetz über die Bergschulvereine vom 12. Januar 1921<sup>5</sup>, 2. das Gesetz über die Beaufsichtigung von unterirdischen Mineralgewinnungsbetrieben und Tiefbohrungen vom 18. Dezember 1933<sup>6</sup>, 3. das Gesetz zur Erschließung von Erdöl und andern Bodenschätzen (Erdölgesetz) vom 12. Mai 1934<sup>7</sup>, 4. das Gesetz über die Zuständigkeit der Bergbehörden vom 9. Juni 1934<sup>8</sup> mit der Maßgabe, daß die Abteilung des Bergausschusses beim Oberbergamt Clausthal für die Provinz Schleswig-Holstein zugleich für das Land Hamburg zuständig ist, 5. das Phosphoritgesetz vom 16. Oktober 1934<sup>9</sup> und 6. die Verordnung über die Berechtigung zur Aufsuchung und Gewinnung von Erdöl und andern Bodenschätzen (Erdölverordnung) vom 13. Dezember 1934<sup>10</sup> mit der Verordnung zur Änderung der Erdölverordnung vom 11. September 1936<sup>11</sup>.

<sup>1</sup> Ammer: Sprechstunden über Anstrichtechnik im Ruhrbergbau, Glückauf 71 (1935) S. 162; Müller-Neuglück und Ammer: Zusammensetzung und Verhalten von Kesselinnenanstrichmitteln, Glückauf 72 (1936) S. 577.

<sup>2</sup> RGBl. S. 91.

<sup>3</sup> RGBl. S. 426.

<sup>4</sup> GS. S. 705. — <sup>5</sup> GS. S. 228; Glückauf 57 (1921) S. 248. — <sup>6</sup> GS. S. 493; Glückauf 70 (1934) S. 440. — <sup>7</sup> GS. S. 257; Glückauf 70 (1934) S. 651. — <sup>8</sup> GS. S. 303; Glückauf 70 (1934) S. 746. — <sup>9</sup> GS. S. 404; Glückauf 70 (1934) S. 1203. — <sup>10</sup> GS. S. 463; Glückauf 71 (1935) S. 92. — <sup>11</sup> GS. S. 147; Glückauf 72 (1936) S. 1160.

In Hamburg hat früher gemeins deutsches Bergrecht gegolten. Durch das Gesetz über die Gewinnung von Stein- und Kalisalz vom 25. Juni 1906<sup>1</sup> wurde dann der Bergbau auf Salz dem Staate vorbehalten und dieser Staatsvorbehalt durch das Gesetz über die Regelung einzelner bergrechtlicher Verhältnisse vom 20. September 1907<sup>2</sup> auf Sole, Öl, Kohle und Bitumen ausgedehnt, auch das Schürfen im Anschluß an das preußische Recht geregelt. Nach dem Vorbild des preußischen Berggesetzes, nur viel kürzer, wurde dann das hamburgische Berggesetz vom 3. Juli 1911<sup>3</sup> erlassen. Danach waren Steinsalz und alle übrigen Salze, Bitumen, besonders Erdöl, Erdgas und Asphalt, Kohle und Graphit, Sole, Metalle und deren Erze, Schwefel, Alaun- und Vitriolerze vom Verfügungsrecht des Grundeigentümers ausgeschlossen und ihre Aufsuchung und Gewinnung dem Staate vorbehalten, der das Recht an

<sup>1</sup> Z. Bergr. 48 (1907) S. 50.  
<sup>2</sup> Z. Bergr. 49 (1908) S. 84.  
<sup>3</sup> Z. Bergr. 55 (1914) S. 300.

andere übertragen konnte. Mit dem 1. April 1937 ist das Hamburgische Berggesetz außer Kraft getreten.

In den Hamburg zugeteilten ehemals preußischen Gebieten sind ihre preußischen Sonderbestimmungen außer Kraft getreten, nämlich in den Gebieten, die zur Provinz Hannover gehört haben, z. B. in dem Stadtkreis Harburg-Wilhelmsburg, die Verordnung vom 8. Mai 1867 über die Einführung des preußischen Berggesetzes in das Gebiet des vormaligen Königreichs Hannover<sup>1</sup>, und in den Gebieten, die bisher zur Provinz Schleswig-Holstein gehört haben, z. B. in den Stadtkreisen Altona und Wandsbek, das Gesetz vom 12. März 1869 über die Einführung des preußischen Berggesetzes in das Gebiet der Herzogtümer Schleswig und Holstein<sup>2</sup>.

Die Verordnung über das Bergrecht in Groß-Hamburg ist ein weiterer Schritt zu einem einheitlichen deutschen Bergrecht und damit zum Reichsberggesetz.

<sup>1</sup> GS. S. 601.  
<sup>2</sup> GS. S. 453.

## WIRTSCHAFTLICHES.

**Förderanteil (in kg) je verfahrene Schicht in den wichtigsten deutschen Steinkohlenbezirken<sup>1</sup>.**

Monats-durchschnitt	Untertagearbeiter					Bergmännische Belegschaft <sup>2</sup>				
	Ruhr-bezirk	Aachen	Ober-schlesien	Nieder-schlesien	Sachsen	Ruhr-bezirk	Aachen	Ober-schlesien	Nieder-schlesien	Sachsen
1933 . . .	2166	1535	2348	1265	1026	1677	1232	1754	993	770
1934 . . .	2163	1517	2367	1241	1019	1678	1210	1764	968	769
1935 . . .	2183	1486	2435	1295	1007	1692	1179	1811	1015	758
1936: Jan.	2207	1488	2509	1295	1059	1725	1183	1887	1019	799
April	2238	1521	2490	1294	1075	1726	1192	1855	1012	799
Juli	2196	1502	2512	1322	1075	1702	1184	1889	1043	809
Okt.	2174	1472	2559	1284	1106	1697	1155	1935	1012	829
Nov.	2170	1501	2586	1303	1160	1703	1176	1957	1032	872
Dez.	2166	1485	2565	1279	1119	1707	1160	1944	1013	838
Ganzes Jahr	2199	1497	2523	1297	1111	1711	1178	1897	1023	838
1937: Jan.	2134	1475	2553	1264	1137	1691	1159	1941	1004	860
Febr.	2127	1484	2536	1266	1149	1688	1169	1930	1007	872

<sup>1</sup> Nach Angaben der Bezirksgruppen. — <sup>2</sup> Das ist die Gesamtbelegschaft ohne die in Kokereien und Brikketfabriken sowie in Nebenbetrieben Beschäftigten.

**Gewinnung und Belegschaft des oberschlesischen Bergbaus im Februar 1937<sup>1</sup>.**

Monats-durchschnitt bzw. Monat	Kohlen-förderung		Koks-erzeugung	Preß-kohlen-herstellung	Belegschaft (angelegte Arbeiter)		
	insges.	arbeits-tätig			Stein-kohlen-gruben	Koke-reien	Preß-kohlen-werke
	1000 t						
1932 . . .	1273	50	72	23	36 422	951	217
1933 . . .	1303	52	72	23	36 096	957	225
1934 . . .	1449	58	83	21	37 603	1176	204
1935 . . .	1587	64	98	22	38 829	1227	207
1936 . . .	1755	70	130	22	39 633	1327	150
1937: Jan.	1919	77	160	23	41 452	1379	161
Febr.	1827	76	137	25	41 407	1447	173
Jan.-Febr.	1873	76	149	24	41 430	1413	167

	Januar		Februar	
	Kohle t	Koks t	Kohle t	Koks t
Gesamtabsatz (ohne Selbstverbrauch und Deputate) . . . . .	1 799 635	154 822	1 687 288	153 933
davon innerhalb Oberschles. nach dem übrigen Deutschland . . . . .	493 715	41 735	479 986	36 783
nach dem Ausland . . . . .	1 137 735	97 491	1 030 718	104 156
nach dem Ausland . . . . .	168 185	15 596	176 584	12 994

<sup>1</sup> Nach Angaben der Bezirksgruppe Oberschlesien der Fachgruppe Steinkohlenbergbau in Oleiwitz.

**Gewinnung und Belegschaft des niederschlesischen Bergbaus im Februar 1937<sup>1</sup>.**

Monats-durchschnitt bzw. Monat	Kohlenförderung <sup>2</sup> insges.	arbeits-tätig	Koks-erzeugung	Preß-kohlen-herstellung	Belegschaft (angelegte Arbeiter)		
					Stein-kohlen-gruben	Koke-reien	Preß-kohlen-werke
	1000 t						
1932 . . . . .	352	14	66	4	16 331	561	33
1933 . . . . .	355	14	69	4	16 016	612	32
1934 . . . . .	357	14	72	6	15 832	667	47
1935 . . . . .	398	16	79	6	16 736	718	52
1936 . . . . .	420	17	93	6	17 319	841	52
1937: Jan.	430	17	110	7	18 334	915	53
Febr.	412	17	97	7	18 440	920	62
Jan.-Febr.	421	17	103	7	18 387	918	58

	Januar		Februar	
	Kohle t	Koks t	Kohle t	Koks t
Gesamtabsatz (ohne Selbstverbrauch und Deputate) . . . . .	411 791	125 552	375 720	119 939
davon innerhalb Deutschlands	386 477	111 794	351 825	108 584
nach dem Ausland . . . . .	25 314	13 758	23 895	11 355

<sup>1</sup> Nach Angaben der Bezirksgruppe Niederschlesien der Fachgruppe Steinkohlenbergbau in Waldenburg-Altwater. — <sup>2</sup> Seit 1935 einschl. Wenceslausgrube.

**Über-, Neben- und Feierschichten im Ruhrbezirk auf einen angelegten Arbeiter.**

Zeit <sup>1</sup>	Verfahrenen Schichten		Feierschichten					
	insges.	davon Über- u. Neben-schichten	infolge					
			insges.	Absatz-mangels	Krankheit davon Un-fälle	entschä-digten Urlaubs	Feiern (entsch. u. un-entsch.)	
1933	19,90	0,59	5,69	3,70	1,04	0,34	0,77	0,15
1934	21,55	0,71	4,16	2,14	1,02	0,35	0,79	0,18
1935	22,09	0,83	3,74	1,61	1,09	0,35	0,80	0,20
1936:								
Jan.	23,74	0,98	2,24	0,58	1,09	0,34	0,32	0,21
April	22,37	0,93	3,56	1,33	1,10	0,33	0,91	0,19
Juli	22,07	0,82	3,75	1,04	1,12	0,33	1,34	0,22
Okt.	23,92	1,08	2,16	0,03	1,15	0,35	0,66	0,28
Nov.	25,02	1,75	1,73	—	1,07	0,33	0,34	0,30
Dez.	25,16	2,15	1,99	—	1,17	0,32	0,34	0,43
Ganz. Jahr	23,17	1,11	2,94	0,72	1,13	0,34	0,80	0,26
1937:								
Jan.	24,98	1,84	1,86	—	1,23	0,34	0,28	0,32
Febr.	24,56	1,52	1,96	—	1,24	0,37	0,32	0,36

<sup>1</sup> Monatsdurchschnitt bzw. Monat, berechnet auf 25 Arbeitstage.

**Bergarbeiterlöhne im Ruhrbezirk.** Im Anschluß an unsere Angaben auf Seite 47 (Nr. 2/1937) veröffentlichen wir im folgenden die Übersicht über die Lohnentwicklung im Ruhrkohlenrevier im Februar 1937.

**Zahlentafel 1. Leistungslohn und Barverdienst je verfahrenre Schicht.**

Monats-durchschnitt	Kohlen- und Gesteinshauer <sup>1</sup>		Gesamtbelegschaft ohne   einschl. Nebenbetriebe			
	Leistungslohn M	Barverdienst M	Leistungslohn M	Barverdienst M	Leistungslohn M	Barverdienst M
1933 . . .	7,69	8,01	6,80	7,10	6,75	7,07
1934 . . .	7,76	8,09	6,84	7,15	6,78	7,11
1935 . . .	7,80	8,14	6,87	7,19	6,81	7,15
1936: Jan.	7,83	8,18	6,90	7,23	6,84	7,18
April	7,84	8,19	6,87	7,20	6,80	7,16
Juli	7,82	8,18	6,86	7,18	6,78	7,12
Okt.	7,84	8,22	6,88	7,21	6,81	7,15
Nov.	7,86	8,30	6,91	7,31	6,83	7,25
Dez.	7,82	8,23	6,88	7,26	6,82	7,22
Ganzes Jahr	7,83	8,20	6,88	7,22	6,81	7,17
1937: Jan.	7,84	8,30	6,90	7,30	6,83	7,25
Febr.	7,85	8,29	6,90	7,29	6,83	7,23

<sup>1</sup> Einschl. Lehrhauer, die tariflich einen um 5% niedrigeren Lohn verdienen (gesamte Gruppe 1a der Lohnstatistik).

**Zahlentafel 2. Wert des Gesamteinkommens je Schicht.**

Monats-durchschnitt	Kohlen- und Gesteinshauer <sup>1</sup>		Gesamtbelegschaft ohne   einschl. Nebenbetriebe			
	auf 1 ver-gütete Schicht M	auf 1 ver-fahrenre Schicht M	auf 1 ver-gütete Schicht M	auf 1 ver-fahrenre Schicht M	auf 1 ver-gütete Schicht M	auf 1 ver-fahrenre Schicht M
1933 . . .	8,06	8,46	7,15	7,46	7,12	7,42
1934 . . .	8,18	8,52	7,23	7,50	7,19	7,45
1935 . . .	8,27	8,63	7,30	7,60	7,26	7,54
1936: Jan.	8,33	8,46	7,35	7,46	7,31	7,41
April	8,29	8,73	7,30	7,62	7,26	7,55
Juli	8,26	8,79	7,25	7,69	7,19	7,63
Okt.	8,32	8,57	7,30	7,50	7,24	7,44
Nov.	8,42	8,56	7,41	7,51	7,36	7,46
Dez.	8,36	8,49	7,37	7,47	7,33	7,42
Ganzes Jahr	8,32	8,66	7,32	7,60	7,26	7,54
1937: Jan.	8,44	8,54	7,42	7,51	7,36	7,45
Febr.	8,42	8,55	7,40	7,51	7,34	7,44

<sup>1</sup> Einschl. Lehrhauer, die tariflich einen um 5% niedrigeren Lohn verdienen (gesamte Gruppe 1a der Lohnstatistik).

**Zahlentafel 3. Durchschnittlich verfahrenre Arbeitsschichten im Ruhrbezirk.**

Monats-durchschnitt bzw. Monat	Durchschnittszahl der Kalenderarbeitstage	Verfahrenre Schichten <sup>1</sup> je Betriebs-Vollarbeiter <sup>2</sup>			
		untertage		übertage	
		ohne Berücksichtigung von Sonntagsschichten	mit Berücksichtigung von Sonntagsschichten	ohne Neben- und Ausgleichsschichten	mit Neben- und Ausgleichsschichten
1933 . . .	25,22	20,78	21,15	22,25	23,68
1934 . . .	25,24	22,68	23,18	23,48	25,02
1935 . . .	25,27	23,29	23,92	24,02	25,70
1936: Jan.	25,79	25,09	25,92	25,31	27,09
April	24,00	22,40	23,01	23,10	25,00
Juli	27,00	25,57	26,33	26,20	27,80
Okt.	27,00	26,96	28,02	26,96	28,76
Nov.	24,00	24,00	25,54	24,00	26,53
Dez.	24,94	24,94	27,05	24,94	27,89
Ganzes Jahr	25,36	24,46	25,42	24,82	26,78
1937: Jan.	25,00	25,00	26,77	25,00	27,61
Febr.	24,00	24,00	25,44	24,00	25,99

<sup>1</sup> Das sind die Kalenderarbeitstage nach Abzug der Absatzmangelfeierschichten. — <sup>2</sup> Das sind die angelegten Arbeiter ohne die Kranken, Beurlaubten und sonstigen aus persönlichen Gründen fehlenden Arbeiter.

**Gewinnung und Belegschaft des Aachener Steinkohlenbergbaus im Februar 1937<sup>1</sup>.**

Monats-durchschnitt bzw. Monat	Kohlenförderung insges. t	arbeits-tätiglich t	Koks-erzeugung t	Preß-kohlen-herstellung t	Belegschaft (angelegte Arbeiter)
1932 . . . .	620 550	24 342	107 520	28 437	25 529
1933 . . . .	629 847	24 944	114 406	28 846	24 714
1934 . . . .	627 317	24 927	106 541	23 505	24 339
1935 . . . .	623 202	24 763	103 793	23 435	24 217
1936 . . . .	636 146	25 111	104 457	25 500	24 253
1937: Jan.	639 524	25 581	110 542	32 529	24 497
Febr.	604 676	26 290	103 290	30 237	24 626
Jan.-Febr.	622 100	25 921	106 916	31 383	24 562

<sup>1</sup> Nach Angaben der Bezirksgruppe Aachen der Fachgruppe Steinkohlenbergbau.

**Feiernde Arbeiter im Ruhrbergbau.**

Monats-durchschnitt bzw. Monat	Von 100 feiernden Arbeitern haben gefehlt wegen						
	Krankheit	entschädigten Urlaubs	Feierns <sup>1</sup>	Arbeitsstreitigkeiten	Absatzmangels	Wagenmangels	betriebl. Gründe
1933 . . . .	18,31	13,53	2,66	—	64,93	0,07	0,50
1934 . . . .	24,48	18,96	4,34	0,02	51,42	—	0,78
1935 . . . .	29,17	21,30	5,35	—	43,14	0,02	1,02
1936: Jan.	48,91	14,38	9,22	—	25,80	—	1,69
April	30,89	25,79	5,29	—	37,37	0,17	0,49
Juli	29,85	35,77	5,97	—	27,62	—	0,79
Okt.	53,30	30,52	12,99	—	1,55	—	1,64
Nov.	62,06	19,60	16,98	—	0,05	—	1,31
Dez.	58,91	16,79	21,76	—	—	—	2,54
Ganz. Jahr	38,29	27,31	8,83	—	24,41	0,04	1,12
1937: Jan.	66,15	15,36	17,06	—	—	—	1,43
Febr.	63,32	16,63	18,16	—	—	—	1,89

<sup>1</sup> Entschuldigt und unentschuldigt.

**Ausländische Arbeiter im holländischen Steinkohlenbergbau<sup>1</sup>.**

	Ende 1934		Ende 1935	
	absolut	in % der Gesamtbelegschaft	absolut	in % der Gesamtbelegschaft
Gesamtbelegschaft	29 907	100,00	28 736	100,00
Davon waren:				
Deutsche . . . . .	3 391	11,34	2 534	8,82
Polen . . . . .	690	2,31	581	2,02
Jugoslawen . . . . .	410	1,37	349	1,22
Österreicher . . . . .	285	0,95	228	0,79
Belgier . . . . .	294	0,98	288	1,00
Tschechoslowaken . . . . .	157	0,53	122	0,43
Italiener . . . . .	151	0,50	136	0,47
Ungarn . . . . .	88	0,30	81	0,28
Sonstige Ausländer . . . . .	227	0,76	245	0,85
Ausländer insges.	5 693	19,04	4 564	15,88

<sup>1</sup> Nach Angaben des Jaarverslag van den Hoofdingenieur der Mijnen.

**Ausländische Arbeiter im französischen Steinkohlenbergbau<sup>1</sup>.**

	Ende 1934		Ende 1935	
	absolut	in % der Gesamtbelegschaft	absolut	in % der Gesamtbelegschaft
Gesamtbelegschaft	230 800	100,00	223 900	100,00
Davon waren:				
Polen . . . . .	58 100	25,17	54 000	24,12
Deutsche . . . . .	5 600	2,43	4 500	2,01
Italiener . . . . .	4 800	2,08	4 500	2,01
Spanier u. Portugiesen . . . . .	2 900	1,26	2 700	1,21
Belgier u. Luxemburger . . . . .	3 000	1,30	2 800	1,25
Sonstige Ausländer . . . . .	7 000	3,03	6 600	2,95
Ausländer insges.	81 400	35,27	75 100	33,54

<sup>1</sup> Nach Angaben der Annales des Mines de France.

Zusammensetzung der Belegschaft<sup>1</sup> im Ruhrbezirk nach Arbeitergruppen (Gesamtbelegschaft = 100).

Monats-durchschnitt	Untertage					Übertage					Davon Arbeiter in Nebenbetrieben
	Kohlen- und Gesteins-hauer	Gedinge-schlepper	Reparatur-hauer	sonstige Arbeiter	zus.	Fach-arbeiter	sonstige Arbeiter	Jugendliche unter 16 Jahren	weibliche Arbeiter	zus.	
1933 . . .	46,98	3,12	8,80	15,05	73,95	8,78	15,44	1,78	0,05	26,05	6,56
1934 . . .	47,24	3,14	8,55	14,55	73,48	8,69	15,62	2,16	0,05	26,52	6,82
1935 . . .	47,95	2,78	8,56	14,01	73,30	8,60	15,61	2,44	0,05	26,70	6,95
1936: Jan.	47,91	2,75	8,76	13,90	73,32	8,60	15,71	2,32	0,05	26,68	7,09
April	47,90	2,62	8,65	13,79	72,96	8,60	15,70	2,69	0,05	27,04	7,39
Juli	47,52	2,59	8,58	13,79	72,48	8,60	15,92	2,95	0,05	27,52	7,56
Okt.	47,35	2,75	8,77	13,80	72,67	8,49	16,01	2,78	0,05	27,33	7,62
Nov.	47,82	2,85	8,72	13,71	73,10	8,38	15,73	2,74	0,05	26,90	7,50
Dez.	48,06	3,00	8,54	13,82	73,42	8,22	15,57	2,74	0,05	26,58	7,43
Ganzes Jahr	47,71	2,70	8,65	13,80	72,86	8,54	15,86	2,69	0,05	27,14	7,47
1937: Jan.	48,24	3,17	8,59	13,88	73,88	8,00	15,34	2,73	0,05	26,12	7,32
Febr.	48,36	3,28	8,58	13,80	74,02	7,92	15,33	2,68	0,05	25,98	7,26

<sup>1</sup> Angelegte (im Arbeitsverhältnis stehende) Arbeiter.

### Englischer Kohlen- und Frachtenmarkt

in der am 30. April 1937 endigenden Woche<sup>1</sup>.

1. Kohlenmarkt (Börse zu Newcastle-on-Tyne). Der starke Brennstoffmangel auf dem britischen Kohlenmarkt setzte sich in der Berichtswoche unvermindert fort. Auch die in den letzten Tagen der Woche festzustellende geringe Abschwächung der Nachfrage vermochte, ähnlich wie die mannigfachen Versuche ausländischer Verbraucherkreise, sich anderwärts mit den erforderlichen Brennstoffen einzudecken, keine Änderung der allgemeinen Marktlage hervorzurufen. Die Preise haben sich auf der ganzen Linie behauptet und neigten eher zu weiteren Erhöhungen als zu Ermäßigungen, zumal verschiedene Kohlen- und Kokssorten zeitweise überhaupt nicht auf dem Markt vorhanden waren. Alles deutet darauf hin, daß im Verlaufe dieses Jahres und selbst auch bis weit in das nächste Jahr hinein keine Erleichterung innerhalb der Kohlenabsatzlage Großbritanniens zu erwarten ist. Auf dem Kesselkohlenmarkt versuchte man in der Berichtswoche vergebens, die Preise zu drücken, tatsächlich kamen auch einige Abschlüsse zu etwas geringeren Preisen zustande, doch wurde die allgemeine Lage dadurch nicht beeinträchtigt, und das um so weniger, als die Förderung der Zechen bereits bis in das nächste Jahr hinein fast restlos ausverkauft ist. Für Gaskohle spielte der Handel mit Italien eine Hauptrolle, wenn auch ein großer Teil der in der vergangenen Woche versandten Mengen auf ältere vor der allgemeinen Kohlenknappheit abgeschlossene Verträge beruhte. Dazu kommt, daß sich die inländische Nachfrage im Verhältnis zur vorgerückten Jahreszeit gut behauptet hat und die skandinavischen Länder in ähnlicher Weise versuchten, sich mit Vorräten einzudecken. Kokskohle war vor allem von Belgien und Frankreich lebhaft gefragt, die schon jetzt zahlreiche Abschlüsse für nächstjährige Lieferungen tätigten und dadurch die allgemeine Verknappung, die infolge der umfangreichen Anforderungen der inländischen Koksindustrie seit Wochen besteht, noch verstärkten. Ähnlich knapp war auch Bunker-kohle, trotzdem sich die Förderung in den letzten beiden Wochen nicht unwesentlich erhöht hat. Die Klagen aus

Reederkreisen über mangelhafte Belieferung rissen daher auch in der Berichtswoche nicht ab. Koks war gleichfalls, ähnlich wie in den Wochen zuvor, sehr rege gefragt. Gießerei- und Hochofenkoks zog noch weiter an und erzielte in der Berichtswoche 40–45 s gegen 40–42/6 s in der Woche zuvor. Gegenüber Januar dieses Jahres ergibt sich eine Preissteigerung um 63 % und im Verhältnis zu Ende April 1936 eine solche um 89 %. Damit haben die Koksausträgepreise eine Höhe erreicht wie seit Jahren nicht mehr, ohne daß auch nur die geringsten Anzeichen für eine Abschwächung bestehen. Alle übrigen Kohlen- und Kokssorten blieben im Preise unverändert.

2. Frachtenmarkt. Das Geschäft auf dem britischen Kohlenchartermarkt verlief in ruhigen Bahnen, da frei verfügbarer Schiffsraum kaum angeboten wurde und auch die Verladeeinrichtungen sehr in Anspruch genommen und schwer zu erhalten waren. Das baltische Geschäft zeigte einige Besserung, dagegen konnten sich im Handel mit Westitalien keine höheren Frachtsätze durchsetzen, vielmehr wurde trotz des starken Widerstandes der Reeder versucht, die Sätze zu drücken. Das Küstengeschäft wurde in vollem Umfang aufrechterhalten. Im großen und ganzen dürfte der Markt sowohl dem Umfang nach als auch hinsichtlich der Preisgestaltung im Sinne der Reeder recht zufriedenstellend sein. Angelegt wurden für Cardiff-Alexandrien 12 s und -Le Havre 5 s.

### Londoner Preisnotierungen für Nebenerzeugnisse<sup>1</sup>.

Auf dem Markt für Teererzeugnisse blieben die Preise durchweg unverändert, doch bestehen für Pech sowie für verschiedene andere Erzeugnisse in Anbetracht der wesentlich gebesserten Absatzlage Aussichten auf baldige Preissteigerungen. Kreosot zeigte sich fester als in den letzten Monaten, ebenso Solventnaphtha und Motorenbenzol, die auf Grund der neuerlichen Erhöhung der Petroleumpreise gleichfalls preislich anziehen werden. Toluol war sehr gut gefragt und auf lange Sicht gut verkauft. Auch für Rohnaphtha sowie für rohe Karbolsäure gestaltete sich die Absatzlage wesentlich günstiger.

<sup>1</sup> Nach Colliery Guardian und Iron and Coal Trades Review.

<sup>1</sup> Nach Colliery Guardian und Iron and Coal Trades Review.

## PATENTBERICHT.

### Gebrauchsmuster-Eintragungen,

bekanntgemacht im Patentblatt vom 22. April 1937.

5e. 1404833. Karl Gerlach, Moers. Elastisches Element für Grubenstempel. 14. 10. 36.

81e. 1404562. J. Pohlitz AG., Köln-Zollstock. Abdichtung für Kübel mit konischem Auslauf und Bodenkegelverschluß. 20. 3. 37.

81e. 1404906. Gewerkschaft Eisenhütte Westfalia, Lünen (Westf.). Vorrichtung zum Verhaldden von Schüttgütern beliebiger Art. 10. 3. 37.

81e. 1404942. Gebr. Eickhoff, Maschinenfabrik und Eisengießerei, Bochum. Förderrinne für seitlichen Gut-austrag. 9. 3. 36.

### Patent-Anmeldungen,

die vom 22. April 1937 an drei Monate lang in der Ausgeleghalle des Reichspatentamtes ausliegen.

5c. 9/01. F. 80594. Wilhelm Fehlemann, Duisburg. Streckenausbau mit Grubenstempeln, die in eine Betonsäule eingesetzt sind. 23. 1. 36.

5c, 9/10. St. 54523. Max Stern, Essen. Grubenausbau. 19. 12. 31.

5c, 9/20. V. 30096. Vereinigte Stahlwerke AG., Düsseldorf. Stempelbewehrung für Grubenausbau. 8. 11. 33.

5d, 11. M. 131720. Matthew Smith Moore, Malvern, und The Mining Engineering Company Ltd., Worcester (England). Abbaumaschine. Zus. z. Pat. 594419. 29. 7. 35. Großbritannien 7. 8. 34.

10a, 26/02. K. 138157. Kohlenveredlung und Schwelwerke AG., Berlin. Verfahren zum Schwelen staubhaltiger Braunkohle. 3. 6. 35.

10a, 36/06. K. 133421. Fried. Krupp AG., Essen. Vorrichtung zum Erhitzen von Schüttgütern aller Art. 3. 3. 34.

35a, 9/08. D. 72006. Demag AG., Duisburg. Seileinband für Förderkörbe, Aufzüge u. dgl. 30. 1. 36.

35b, 1/23. M. 134375. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG., Nürnberg. Sturmsicherung für Schienenfahrgeräte, wie Verladebrücken o. dgl. 2. 5. 36.

81e, 11. M. 122283. Maschinenfabrik Buckau R. Wolf AG., Magdeburg. Vorrichtung zum Überführen von Fördergut zwischen zwei hintereinandergeschalteten Förderbändern o. dgl. 27. 12. 32.

81e, 16. F. 79365. Felten & Guillaume Carlswerk, Eisen und Stahl AG., Köln-Mülheim. Förderband. 15. 5. 35.

81e, 22. I. 53518. Albert Ilberg, Moers-Hochstraß. Fördervorrichtung, besonders für den Grubenbetrieb, mit doppelarmigen, an einem endlosen Zugmittel angeordneten vollflächigen Mitnehmern. 30. 10. 35.

81e, 45. Sch. 103227. Dr.-Ing. Alexander Schmidt, Essen, und Ferdinand Lietsch, Essen-Borbeck. Vorrichtung zur Förderung von stückigem Gut im Gefälle, bei der die Bahn des Fördergutes mit zwei wechselweise einrückbaren Gruppen von Absperrmitteln versehen ist. 22. 1. 34.

81e, 45. Sch. 104116. Dr.-Ing. Alexander Schmidt, Essen, und Ferdinand Lietsch, Essen-Borbeck. Vorrichtung zum Fördern von stückigem Gute im Gefälle. Zus. z. Anm. Sch. 103227. 30. 4. 34.

## 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 (13). 643971, vom 16. 3. 34. Erteilung bekanntgemacht am 1. 4. 37. »Ekof« Erz- und Kohle-Flotation G. m. b. H. in Bochum. *Verfahren zur Beeinflussung der Viskosität von flüssigen Medien, wie Lösungen, Feststoffsuspensionen o. dgl., zum Zwecke der naßmechanischen Aufbereitung.*

Die Viskosität der naßmechanisch aufzubereitenden flüssigen Medien, z. B. Erz- oder Kohlenaufschlämmungen, sollen durch Zusetzen von mehrbasischen oder einbasischen Karbonsäuren oder Salzen dieser Säuren beeinflusst werden. Durch mehrbasische Karbonsäuren oder Karbonsäuresalze wird die Viskosität der Medien herabgesetzt (erniedrigt), während einbasische Karbonsäuren oder deren Salze die Viskosität der Medien heraufsetzen (erhöhen). Meistens genügen geringe Mengen der Säuren oder Salze (20–80 g je Kubikmeter Medium), um die Medien in der gewünschten Weise zu beeinflussen.

81e (45). 643873, vom 12. 10. 34. Erteilung bekanntgemacht am 25. 3. 37. Niederlausitzer Kohlenwerke, Hauptverwaltung in Berlin. *Einrichtung für aus parallelen Stangen bestehende Brikettförderrinnen, deren Seitenwandungen durch Einlagen von oben her für verschiedene Brikettabmessungen eingestellt werden.*

In die Zwischenräume zwischen den parallelen Stangen der Förderrinnen werden zwecks Anpassens der Rinnen an Brikette von geringerer Länge von oben her der Breite der Zwischenräume entsprechende Platten oder Schieber eingeführt, die als Führungen für die Brikette dienen. Die Platten oder Schieber können eine gekrümmte, sich federnd gegen die Stangen der Rinnen legende Führungsfläche haben.

## ZEITSCHRIFTENSCHAU.

(Eine Erklärung der Abkürzungen ist in Nr. 1 auf den Seiten 23–27 veröffentlicht. \* bedeutet Text- oder Tafelabbildungen.)

### Mineralogie und Geologie.

Rhenium und andere seltene Bestandteile in den Aufbereitungsprodukten des Mansfelder Kupferschiefers. Von Doehardt. Jb. Hallesch. Verb. 15 (1936) S. 29/34. Entdeckungsgeschichte der seltenen Elemente Rhenium und Gallium. Entwicklung der Gewinnungsverfahren. Technische Bedeutung.

Das Mineral Lazulith und sein Lagerstätten-typus. Von Meixner. Berg- u. hüttenm. Jb. 85 (1937) S. 1/22. Analysenverfahren. Die mitteleuropäischen Lazulithvorkommen. (Schluß f.)

Querschnitt durch die moderne Mikroskopier-technik im Dienste von Bergbau und Hüttenwesen. Von Karsten. Schlägel u. Eisen, Brück 35 (1937) S. 85/91\*. Überblick über die neuzeitlichen Geräte und Arbeitsverfahren.

Geologie der Erzanreicherungen im mittel-deutschen Kupferschiefer. Von Gillitzer. Jb. Hallesch. Verb. 15 (1936) S. 9/27\*. Eingehende Erörterung der lager-stättlichen Verhältnisse, im besondern der Metallzufuhr und der Metallausfällung. Aussichten für die Auffindung anderer bauwürdiger Anreicherungs-lagerstätten.

Der Bau der Aufrichtungszone am nördlichen Harzrand und die Klüftung ihrer Gesteine. Von Foucar. Jb. Hallesch. Verb. 15 (1936) S. 53/160\*. Allgemeines Lagebild. Geschichte der tektonischen Vorstellungen. Einzelbeschreibung des Baus der Nordrandzone. Klüftungserscheinungen und Gleitflächenbildung. Quer- und Längsprofile. Klüftungen. Scherflächenbildung. Schrift-tum.

Neue Beiträge zur Stratigraphie und Formen-geschichte des österreichischen Jungtertiärs. Von Sieber. Montan. Rdsch. 29 (1937) H. 8. Unterschied zwischen Unter- und Mittelmiozän. Gliederung des niederöster-reichischen Mittelmiozäns und seiner Fauna. (Forts. f.)

<sup>1</sup> Einseitig bedruckte Abzüge der Zeitschriftenschau für Karteizwecke sind vom Verlag Glückauf bei monatlichem Versand zum Preise von 2,50 ₰ für das Vierteljahr zu beziehen.

Note sur le bassin houiller vendéen. Von Greigov. Mines Carrières 16 (1937) H. 174, S. 1/4\*. Kennzeichnung der geologischen und lagerstättlichen Verhältnisse in dem Kohlenbecken.

Salzabscheidung und Tektonik. Von Lotze. (Schluß). Kali 31 (1937) S. 71/72\*. Vergleichende Betrachtung der Salzführung Nordamerikas. Die Posthumitätsregel. Schrifttum.

Geo-electrical measurements in drill-holes. Von Shaw. Min Mag. 56 (1937) S. 201/08\*. Besprechung praktischer Beispiele der Abtlotung von Bohrlöchern nach dem elektrischen Widerstandsverfahren. Messung in ver-rohrten Bohrlöchern.

### Bergwesen.

Der deutsche Erdölbergbau. Von v. Bielski. Bohrtechn.-Ztg. 55 (1937) S. 88/93. Geschichtlicher Rück-blick. Vergleich mit der polnischen Erdölindustrie. (Forts. f.)

Trennung von Baggerung und Beladung an Großbaggern. Von Kienast. Braunkohle 36 (1937) S. 245/50\*. Kennzeichnung des zur Erzielung der Un-abhängigkeit von Baggerung und Beladung als notwendig erkannten Arbeitsverfahrens.

Versuche und Verbesserungen beim Berg-werksbetriebe des Deutschen Reiches während des Jahres 1936. Z. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 85 (1937) S. 1/74\*. Darstellung der Fortschritte auf dem Gebiete der Gewinnung, des Abbaubetriebes, des Grubenausbaus, der Wasserhaltung und Förderung, Grubenbeleuchtung und Wetterführung, des Bohrwesens, der Kohlenaufbereitung und Verkokung und Brikettierung, des Dampfkessel- und Maschinenwesens sowie des Markscheidewesens.

Bulkheads for coal mines. Von Garcia und Cassidy. Colliery Guard. 154 (1937) S. 723/27\*. Beschreibung der in verschiedenen englischen Kohlenbergwerken gebräuch-lichen Verfahren zum Bau von Schutzdämmen gegen ein-dringende Grubenwasser.

Large underground gravity dewatering system. Iron Coal Trad. Rev. 134 (1937) S. 704\*. Be-schreibung einer ausgedehnten Entwässerungsanlage für

mehrere Gruben in den Vereinigten Staaten, die den Einbau einer Wasserhaltung entbehrlich macht.

Sur quelques modes possibles de gisement des gaz dans la houille. Von Rodlain. (Schluß statt Forts.) Ann. Mines France 10 (1936) S. 131/48\*. Vergleich zwischen den drei Erklärungsversuchen. Gleichgewichtsverhältnisse im Abbaustoß.

Some notes on natural ventilation. Von Lawton. Colliery Guard. 154 (1937) S. 727/29\*; Iron Coal Trad. Rev. 134 (1937) S. 693/94\*. Untersuchung des Einflusses verschiedener Faktoren auf den natürlichen Wetterzug in Gruben bis zu etwa 1000 m Teufe. Möglichkeiten und Grenzen der natürlichen Bewetterung.

Ventilation nomograms. Von McAdam. Colliery Guard. 154 (1937) S. 735/36\*. Mitteilung und kurze Beschreibung von vier Nomogrammen, die im englischen Steinkohlenbergbau in der Wetterwirtschaft Verwendung finden.

Some important considerations in mine illumination. Von Howell. Iron Coal Trad. Rev. 134 (1937) S. 702/03. Gesichtspunkte für die ausreichende Beleuchtung übertage und im Abbaubetrieb. Helligkeitsunterschiede. (Forts. f.)

Löschen eines Brandes im Bergeversatz mit Hilfe von Kohlensäure. Von Cabolet. Glückauf 73 (1937) S. 383/84. Schilderung des Brandes und seiner erfolgreichen Bekämpfung mit Kohlensäure.

Aus dem Arbeitsgebiet der Versuchsgrube. Von Schultze-Rhonhof. Bergbau 50 (1937) S. 120/25\*. Untersuchungen über die Entstehung von Explosionen und ihre Verhütung sowie ihre Bekämpfung. (Schluß f.)

Modern methods of flotation. Von Rabone. (Forts.) Min. Mag. 56 (1937) S. 208/18\*. Beschreibung der Weing Sub-A-Maschine, der Kraut-Maschine und des Flotationsgerätes von Fagergren. Allgemeine Betrachtungen. Luftherde.

#### Dampfkessel- und Maschinenwesen.

A single-stage air compressor. Iron Coal Trad. Rev. 134 (1937) S. 697\*. Beschreibung eines neuartigen Einstufen-Luftverdichters.

Les caractères physiologiques du générateur à vapeur et expression pratique de son rendement. Von Smal. (Schluß.) Rev. univ. Mines 13 (1937) S. 150, 66\*. Besprechung von Erfahrungen und Versuchsergebnissen. Heizung mit Staubkohle. Einfluß des Aschengehaltes.

#### Elektrotechnik.

Oberwellen, Welligkeit und Störspannung bei Stromrichtern. Von Jungmichl. Elektrotechn. Z. 58 (1937) S. 417/20. Auftreten von Oberwellen bei ungesteuerten und gesteuerten Gleichrichtern. Einfluß der Belastung. Die Begriffe Welligkeit und Störspannung.

#### Hüttenwesen.

Förlopp vid angrepp av heta gaser på värmebeständiga stål. Von Houdremont und Bandel. Jernkont. Ann. 121 (1937) S. 64/87\*. Untersuchungen über die Einwirkung heißer Gase auf wärmebeständigen Stahl.

Das Verhalten von Schweißspannungen in Behältern bei innerem Überdruck. Von Bollenrath. Stahl u. Eisen 57 (1937) S. 419/20\*. Untersuchung der gasgeschweißten Trommel. Zusammenfassung der Ergebnisse.

#### Chemische Technologie.

Englisches Verfahren zur Benzinsynthese von Robinson Bintley. Von Thau. Öl u. Kohle 13 (1937) S. 350/53. Gasentschwefelung. Kontaktstoff für die Synthese.

Vakuumdestillation von Autoölen. Von Spausta. Brennstoff-Chem. 18 (1937) S. 153, 60\*. Beschreibung der Einrichtung und der Arbeitsweise. Siedeverhalten von handelsüblichen Autoölen. Chemische und physikalische Eigenschaften. Schrifttum.

Die Wärmeleitfähigkeit technischer Siliziumkarbidsteine. Von Holler. Wärme 60 (1937) S. 245, 51\*. Grundlagen des Meßverfahrens von Salmang und Frank. Versuchseinrichtung. Herstellung und Brand der Prüfkörper. Ergebnisse anderer Forschungen. Durchführung der Versuche.

Die Packungsdichte der Feinkohle. Von Koepfel. Glückauf 73 (1937) S. 369/78\*. Erklärungen. Versuchsanordnung und Versuchsergebnisse. Die Rolle des Korn-durchmesserverhältnisses. Verfahren zur Ermittlung der

günstigsten Kornzusammensetzung einer Feinkohle. Das Zweistoffsystem Kohle-Flüssigkeit.

#### Chemie und Physik.

Die mechanische Phasenanalyse mittels der Zentrifuge in ihrer Anwendung auf Salzgemenge und Salzgesteine. Von Wendland. Jb. Hallesch. Verb. 15 (1936) S. 35/52\*. Untersuchungsverfahren. Vorbereitung der Salze. Schwere Flüssigkeiten als Hilfsmittel. Trennung künstlicher Salzgemische sowie von Salzgesteinen auf gravimetrischem und volumetrischem Wege.

Preventing caking of pulverised coal. Colliery Guard. 154 (1937) S. 763/64. Erörterung der nachteiligen Eigenschaft des Salzgehaltes in der Feinkohle, ihr Zusammenbacken zu fördern. Versuchsergebnisse. Abhilfemaßnahmen.

The electrotor dust and smoke meter. Von Blacktin. Colliery Guard. 154 (1937) S. 732/34\*. Grundgedanken und Bauweise des Meßgerätes. Praktische Handhabung. Vorzüge und vielseitige Verwendungsmöglichkeit.

Photo-electric control in industry. Engineering 143 (1937) S. 448/49\*. Beschreibung einer photoelektrischen Einrichtung zur Überwachung von Betriebsvorgängen.

#### Wirtschaft und Statistik.

Der mitteldeutsche Braunkohlenbergbau im Kalenderjahr 1936. Von Pothmann. (Schluß.) Braunkohle 36 (1937) S. 250/54\*. Entwicklung der Belegschaft. Feierschichten. Zahl der Vollarbeiter und Lohnschichten. Ausfuhr und Einfuhr von Rohbraunkohle und Braunkohlenbriketten. Erhebung über den Wohnungsbau.

#### Verkehrs- und Verladewesen.

Kohle, Elektrizität und Öl, die Energieträger für den Eisenbahnbetrieb. Von Bergmann. Z. VDI 81 (1937) S. 445/50\*. Die Anwendungsmöglichkeit des Dampfbetriebes: Rostfeuerung, Kohlenstaubfeuerung, Schmelkoksverwendung. Gestaltung. Vor- und Nachteile des elektrischen Betriebs. Anwendungsbereich des Dieselbetriebes. Vergleich der drei Betriebsformen.

## PERSÖNLICHES.

Der Erste Bergrat Kurt Brand vom Bergrevier Bochum 2 ist mit der Wahrnehmung der Geschäfte des Ersten Bergrats beim Bergrevier Dortmund 2 beauftragt worden.

Der Bergrat Kunckel vom Bergamt Saarbrücken-Mitte ist an das Bergrevier Bochum 2 versetzt und mit der Wahrnehmung der Geschäfte des Ersten Bergrats daselbst beauftragt worden.

Überwiesen worden sind:

der Bergassessor Dr.-Ing. Bax vom Bergrevier Duisburg dem Bayerischen Oberbergamt München zur kommissarischen Beschäftigung,

der bisher beim Oberpräsidium Hannover beschäftigte Bergassessor Hans-Joachim Weber dem Bergrevier Essen 2.

Bekannt gegeben sind:

der Bergassessor Bohnenkamp vom 1. März an auf weitere sechs Monate zur Fortsetzung seiner Tätigkeit bei der Gelsenkirchener Bergwerks-AG., Gruppe Gelsenkirchen, Zeche Zollverein,

der Bergassessor Groetschel vom 1. April an auf weitere sechs Monate zur Fortsetzung seiner Tätigkeit bei der Bochumer Eisenhütte Heintzmann & Co. in Bochum,

der Bergassessor Goebel vom 1. Mai an auf ein weiteres Jahr zur Fortsetzung seiner Tätigkeit bei der Bergwerksgesellschaft Hibernia, Zeche Shamrock 1/2 in Herne,

der Bergassessor Tiemann vom 1. April an auf sechs Monate zur Übernahme einer Stellung bei der Versuchsgrube Gelsenkirchen der Versuchsgrubengesellschaft m. b. H.

Dem Bergassessor Sonnenschein ist die nachgesuchte Entlassung aus dem preußischen Landesdienst erteilt worden.