GLÜCKAUF

Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift

zeitweilig zugleich

DER BERGBAU

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

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

Heft 43/44 | Essen, 30. Oktober 1943 | 79. Jahrgang

Seite

BLECHER, Gerd: Die Bestimmung der Zündgrenzen von Grubenbrandgasen 489

ISAJIW, Basil: Thermische Depression als Ursache der Wetterbewegung 495

UMSCHAU: Blas- und Spülversatzkrümmer mit Verschleißeinlagen aus Granit — Änderung der Arbeitsverteilung infolge der Einberufungen 503

Seite

WIRTSCHAFTLICHES: Der slowakische Bergbau im Jahre 1942 505

Patentbericht, Zeitschriftenschau 506

Persönliches 508

VDB.-Nachrichten 508

DANNEBERG & QUANDT • BERLIN
Anfragen sind zu richten an:
Götz Danneberg, Berlin, Frankfurter Allee 222.

El.-Ap.
Warenzeichen

Sch

Schlagwettergeschützte

Geräte
Leuchten
Abzweigdosen
Verbindungkästen

Oberleitungsmaterial für
Grubenbahnen

Elektro-Apparate Kom.-Ges. **Gothe & Co.**
Mülheim-Ruhr

Anfragen an Verlag Glückauf GmbH., Essen.

GLÜCKAUF
Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift
zeitweilig zugleich
DER BERGBAU

Heft 43/44 Essen, 30. Oktober 1943 79. Jahrgang

Die Bestimmung der Zündgrenzen von Grubenbrandgasen.

Von Dipl.-Ing. Gerd Blecher, Essen.

Grubenbrandgase enthalten meist einen mehr oder weniger großen Anteil an brennbaren Gasen, der u. U. so hoch ansteigt, daß die untere oder selbst die obere Zündgrenze des Gemisches überschritten werden. Die Kenntnis, ob die Grubenbrandgase zündfähig sind oder es bei Luftzusatz werden können, ist wichtig, da in diesem Falle bei der Abdämmung des Brandfeldes besondere Maßnahmen getroffen werden müssen.

Die Zusammensetzung der Brandgase.

Die Brandgase enthalten CO_2, O_2, N_2, ferner meist in geringeren Mengen CO, H_2, CH_4, C_2H_4, C_2H_2, Spuren von H_2S, NH_3 sowie Teer- und Wasserdämpfe. Da Verbrennungs-, Vergasungs- und Entgasungsprozesse nebeneinander verlaufen, wobei die Menge und Art der entstehenden Gase

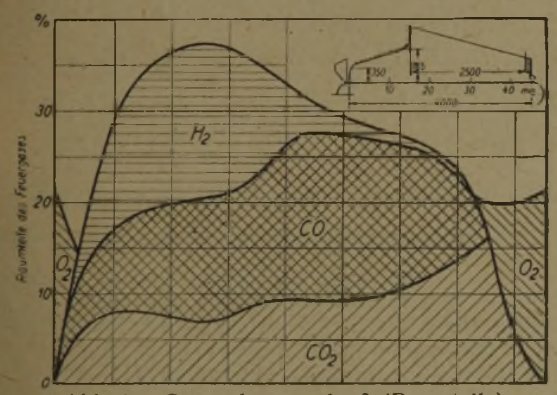


Abb. 1a. Gasanalysenverlauf (Raumteile).

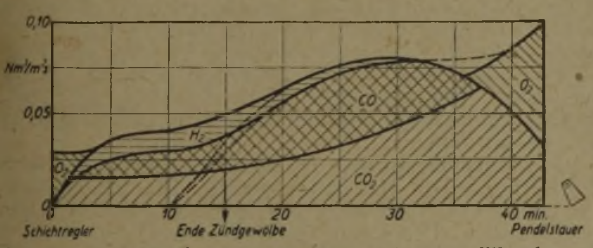


Abb. 1a und 1b. Verbrennungsverlauf bei einem Wanderrost mit natürlichem Zug.

Eßnußkohle 4 in 130 mm Schichthöhe, rd. 120 kg/m²h Rostleistung. 3,7 mm WS Zug im Feuer, am Kesselende 10 % CO_2.

Abb. 1a und 1b. Verbrennungsverlauf bei einem Wanderrost mit natürlichem Zug.

und Dämpfe u. a. von der Beschaffenheit des Brennstoffes, z. B. Reaktionsfähigkeit und Gehalt an fl. Best. der Kohle, der Luftmenge, deren Feuchtigkeit und den auftretenden Temperaturen abhängen, ändert sich die Brandgaszusammensetzung im Verlauf des Brandes sehr stark. Wein (1)[1] hat beobachtet, daß zunächst Schwelerzeugnisse entstehen, deren Menge mit zunehmendem CO_2-Gehalt absinkt; später finden sich nur noch CO_2, O_2, N_2 vor, wobei der O_2-Gehalt mit steigendem CO_2-Anteil abnimmt, bis der Brand erloschen ist. Bei der Untersuchung des Verbrennungsverlaufes auf dem Wanderrost stellte Werkmeister (2) einen ähnlichen Verlauf in der Gaszusammensetzung fest, was auf eine gewisse Gleichartigkeit der Reaktionsvorgänge schließen läßt (Abb. 1a u. b). Ein grundsätzlicher Unterschied besteht jedoch in der Probenahme der Analysen. Beim Kesselversuch wurde die Gaszusammensetzung jeweils in einer bestimmten Phase des Reaktionsverlaufes ermittelt, während die Brandgasanalysen, da sie meist in größerem Abstand vom Brandherd gezogen werden, ein Gemisch von Gasen mehrerer Reaktions-Phasen anzeigen. Der Einblick in die tatsächliche Gaszusammensetzung am Brandfeld wird noch dadurch erschwert, daß O_2 der Luft durch Oxydation der kalten Kohle verbraucht wird, ferner O_2 und CO_2 im Brandgas auf dem Wege zur Probenahmestelle durch gebildeten erkalteten Koks und Grubenwasser absorbiert werden und auch die Einzelgase verschieden stark in die umliegenden Kohle- und Gesteinsschichten diffundieren.

Während die meist geringen Mengen an CO und H_2 im Brandgas, die aus Vergasungs- und Entgasungsprozessen stammen, etwa der zu erwartenden Größenordnung entsprechen, trifft dies bei dem Methananteil nicht immer zu. In Brandgasanalysen von Ruhrzechen wurde mitunter bis zu 50 % CH_4 festgestellt. Die Entstehung von Methan in diesem Ausmaße ist durch thermisch bedingte Reaktionen nicht zu erklären.

Bei der Vergasung gasreicher Kohle in Gaserzeugern unter normalem Druck kann das Gas 3—4 % CH_4 enthalten, bei stärker inkohlten Kohlen, wie Anthrazit, etwa 1—2 %. Wenn auch nach Reinders (3) theoretischen Überlegungen bei Vergasung der Kohle bei 350° C ein Methananteil von 21 % entstehen kann, so wird doch infolge der kleinen Reaktionsgeschwindigkeit bei niedrigen Temperaturen die CH_4-Bildung in der Zeiteinheit so gering, daß dieser Fall praktisch nicht eintritt. Ein höherer Methangehalt wird bei der Schwelung von Fettkohle erzielt, der nach Fritsche (4) im Schwelgas 56,1 % beträgt, gleichzeitig entstehen jedoch rd. 35 % an CO, H_2 und C_2H_6. Wenn von ihnen in einem Brandgas mit hohem CH_4-Gehalt nur noch geringe Mengen gefunden werden, so müßten sie bereits größtenteils verbrannt sein, während das Methan unverändert geblieben wäre. Dieser angenommene Fall wird aber praktisch nicht eintreten können, weil bei H_2- und C_2H_6-Verbrennung auch das Methan verbrennt. Im übrigen werden beim Grubenbrand niemals reine Schwelgase entstehen; sie werden stets durch die Bewetterung und bereits gebildete Produkte der Verbrennung verdünnt.

Betrachtet man vergleichsweise die Zusammensetzung des aus der Untertagevergasung der Steinkohle gewonnenen Gases, so enthält es, wie Gumz (5) angibt, auch bei Luftmangel in der windlosen Periode nur geringe Methangehalte, obwohl hier die Entgasungsprodukte der Kohle anteilmäßig höher sind.

Weitere Analysen der Untertagevergasung von Kohlen mit 17—45 % fl. Best. zeigen außer 11—14 % CO und 11—15 % H_2 einen CH_4-Gehalt von 2—5 %. Bei diesen dem Grubenbrand ähnlichen Prozessen ist also der CH_4-Anteil des Gases gegenüber den entstehenden CO- und H_2-Mengen gering.

Die in einzelnen Analysen von Brandgasen aus Ruhrzechen gefundenen hohen CH_4-Werte können daher, wie schon ausgeführt, mit einer thermischen Neubildung des Methans nicht erklärt werden. Man muß vielmehr annehmen, daß hier infolge der erhöhten Temperatur eine

[1] Die Zahlen beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Aufsatzes.

verstärkte Ausgasung der in der Kohle eingeschlossenen bzw. gebundenen CH_4-Mengen eintrat. Eine Bestätigung findet diese Überlegung in der Tatsache, daß in den 6 zündfähigen Gemischen der von Wein (1) zusammengestellten 82 Brandgasanalysen oberschlesischer Gruben, in denen im allgemeinen die Schlagwettergefahr gering ist, nur Methangehalte von 1,9—8,4 % festgestellt wurden.

Um einen Einblick in die mengenmäßigen Beziehungen der einzelnen Gasanteile im Gemisch zu erhalten, habe ich Brandgasanalysen in ein Ostwaldsches Verbrennungsdreieck eingetragen. Die Analysen wurden getrennt in 4 Gruppen und zwar, Brennbares 0—2 %, 2—4 %, 4—6 % und zündfähige Gemische. Abb. 2 zeigt die Auftragung von

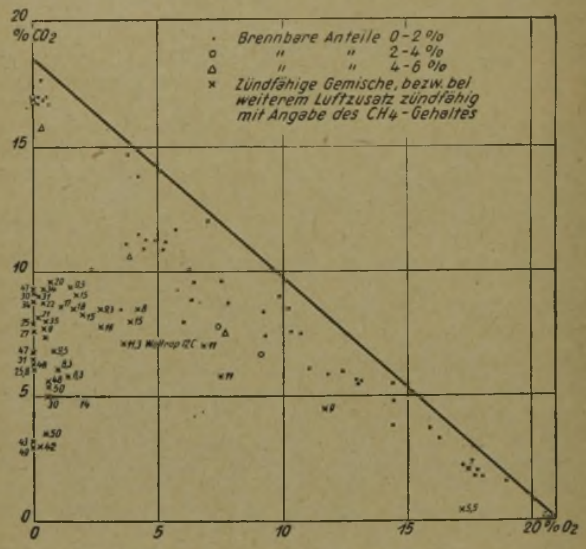


Abb. 2. Brandgasanalysen aus Ruhrzechen.

105 Analysen aus Ruhrzechen, die z. T. von der Berggewerkschaftskasse, Bochum, bei verschiedenen Bränden im Ruhrgebiet ermittelt worden waren. Die Lage der Analysenpunkte mit einem Gehalt an Brennbarem von 0—2 % gibt hiernach eine Beziehung zwischen dem Kohlensäuregehalt der Brandgase und deren O_2-Gehalt an, die sich bei vollkommener Verbrennung durch

$$CO_2 = \frac{21 - O_2}{21} \cdot CO_{2\,max.}$$

ausdrücken läßt, während Wein (1) keine Gesetzmäßigkeit feststellte, sondern nur angab, »daß die Sauerstoffwerte der Brandgase mit dem sinkenden Kohlensäuregehalt zu steigen geneigt seien«.

Der $CO_{2max.}$-Wert im trockenen Rauchgas beträgt bei vollkommener Verbrennung von z. B. Gasflammkohle 18,6 %, der Rest des Brandgases besteht dann aus N_2. Es müßten, vollkommene Verbrennung dieser Kohle vorausgesetzt, alle Analysen, die außer CO_2 nur O_2 und N_2 ergeben, auf der Verbindungslinie des Punktes $CO_{2max.}$ mit dem Punkt 21 % O_2 liegen.

Bei unvollkommener Verbrennung z. B. CO-Bildung, liegen die Analysenpunkte innerhalb des Dreiecks, wobei der Anteil an Unverbranntem durch ihren Abstand von der Hypothenuse angedeutet wird. Ein großer Teil der Punkte müßte nach dem geringen Gehalt an brennbaren Gasen viel näher an der Hypothenuse liegen als es tatsächlich der Fall ist. Die Richtigkeit der Analysen vorausgesetzt, müßte daher die Hypothenuse flacher verlaufen, d. h. einem $CO_{2max.}$-Wert von 15—17 % entsprechen.

Ein gewisses Absinken des $CO_{2max.}$-Wertes erklärt sich nach Ackermann (6) durch Rußbildung. Wahrscheinlicher ist die Annahme, daß es sich um Rauchgasmischungen der Kohlenverbrennung sowie der Verbrennung gasförmiger Produkte der Vergasung und Entgasung handelt, die einen niedrigen $CO_{2max.}$-Wert besitzen. Ein Teil des Kohlenstoffs der Kohle ist nicht verbrannt, ein weiterer Teil hat sich in Form von Teerdämpfen und Ruß niedergeschlagen. Die Tatsache, daß beim Befahren erloschener Brandfelder verkokte Kohle und Teerkondensationen vorgefunden wurden, beweist die Richtigkeit der Annahme. Zum Vergleich der Analysen wurden in das Diagramm errechnete Rauchgasanalysen der von Werkmeister (2) nach 5 und 15 min. über dem Rost festgestellten Gaszusammensetzungen eingetragen, die mit den Werten der Brandgasanalysen übereinstimmen.

Die Anzahl der Analysen, die 2—6 % Brennbares enthalten, ist nur gering. Nach Umrechnung auf vollkommene Verbrennung verlagern sich die Punkte zwischen die der ersten Gruppe.

Die letzte Gruppe der Analysen besitzt Gehalte an Brennbarem von 7—50 %, wovon der überwiegende Anteil Methan ist. Unter der Annahme, daß das Brandgas durch nachträglich aus der Ausgasung der Kohle hinzugekommenes Methan verdünnt ist, läßt sich der theoretische $CO_{2max.}$-Wert angenähert ermitteln. Er beträgt bei etwa 80 % dieser Analysen rd. 11,7 %, d. h. entspricht dem $CO_{2max.}$-Wert der Methanverbrennung. Da die Brandgasanalysen mit hohem Methangehalt nur sehr geringe Sauerstoffwerte aufweisen, ist wahrscheinlich, daß überwiegend Methanverbrennung eintrat, bis kein Sauerstoff mehr vorhanden war.

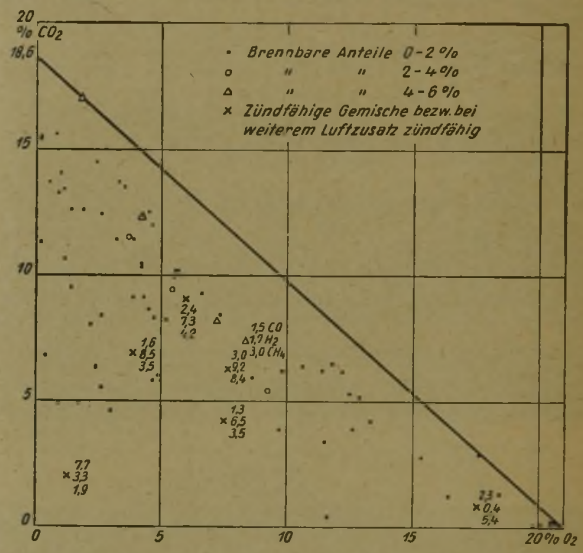


Abb. 3. Brandgasanalysen aus oberschlesischen Gruben.

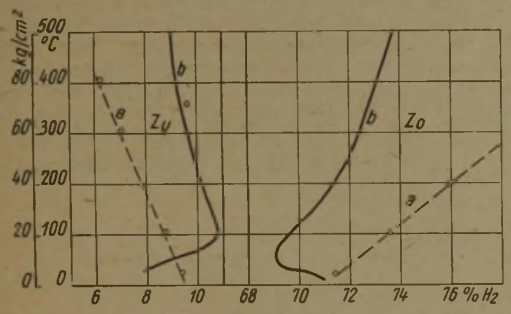
Abb. 3 zeigt die Zusammenstellung von 82 Brandgasanalysen aus oberschlesischen Gruben nach Wein (1), die in gleicher Weise aufgetragen worden sind. Im Gegensatz zu Abb. 2 deutet nur eine geringere Zahl der Analysen auf einen höheren $CO_{2max.}$-Wert, während sich ein wesentlich größerer Teil mit Brennbarem unter 2 % weiter innerhalb des Dreiecks befindet. Die Lage einer großen Zahl von Punkten mit CO_2 unter 8 % und O_2 unter 5 % könnte nur durch die Annahme einer überwiegenden H_2-Verbrennung erklärt werden. Ob die fehlenden CO_2- bzw. O_2-Mengen infolge Adsorption verloren gegangen sind, ist ebenfalls zweifelhaft. Der Prozentsatz der Analysen mit 2—6 % Brennbarem beträgt 9 %, der Anteil an zündfähigen Gemischen nur 7 %.

Im Gegensatz zu den Analysen der Ruhrzechen ist der Methangehalt der Brandgase gering. Die Zündfähigkeit der brennbaren Gemische beruht mehr auf dem Gehalt an CO und H_2. Der Anteil an brennbaren Gasen wurde bei diesen Analysen-Punkten in der Reihenfolge CO, H_2, CH_4 eingetragen.

Aus der Lage der Analysenpunkte im Ostwald-Dreieck läßt sich nicht nur die Art des Verbrennungsvorganges erkennen, sondern es müßte auch möglich sein, danach den Zustand des Brandes zu beurteilen. Niedriger $CO_{2max.}$-Wert, auf überwiegende Gasverbrennung deutend, bei Anwesenheit von CO, H_2, CH_4 läßt auf Beginn oder Fortschritt des Brandes, Ansteigen des $CO_{2max.}$-Wertes und Verschwinden der brennbaren Anteile auf Rückgang, bzw. Erlöschen des Brandes schließen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß $CO_{2max.}$ mit dem Gehalt der Kohle an flüchtigen Bestandteilen in gewissen Grenzen veränderlich ist. Ferner verursacht die Absorption von CO_2 auf dem Wege zur Probenahmestelle, besonders bei geringem CO_2-Gehalt der Brandgase, größere Fehler bei der Berechnung von $CO_{2max.}$. Aus dem O_2-Gehalt der Brandgase läßt sich erkennen, wie weit die Abdämmung des Brandfeldes gelungen und damit die Möglichkeit gegeben ist, den Brand zu ersticken.

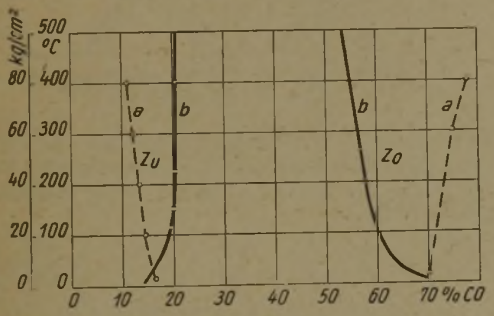
Die graphische Darstellung der Zündgrenzen.

Der brennbare Anteil der Brandgasanalysen besteht nach den vorliegenden Analysen überwiegend aus CO, H_2 und CH_4. Sonstige brennbare Gase wurden, mit wenigen Ausnahmen bis 0,5%, nur in so geringen Mengen festgestellt, daß sie die Zündgrenze praktisch nicht wesentlich beeinflussen. Der Anteil an brennbaren Dämpfen, die z. T. beim Abkühlen der Brandgase kondensieren, läßt sich nur schätzen, er wird bei den weiteren Betrachtungen vernachlässigt. Für die Darstellung der Zündgrenzen soll im folgenden der Gehalt an CO, H_2, CH_4 als Grundlage dienen, wobei der etwa vorhandene Anteil an C_2H_2, C_2H_4 verdoppelt dem H_2-Gehalt zugeschlagen wird.



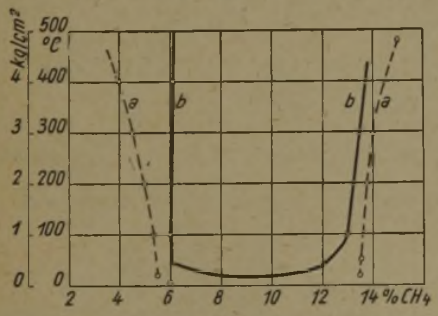
a bei steigender Temperatur nach White,
b bei steigendem Druck nach Berl und Werner.

Abb. 4. Veränderung der Zündgrenzen des H_2-Luftgemisches



a bei steigender Temperatur nach White,
b bei steigendem Druck nach Berl und Bloch.

Abb. 5. Veränderung der Zündgrenzen des CO-Luftgemisches



a bei steigender Temperatur nach Kirst,
b bei steigendem Druck nach Mason und Wheeler.

Abb. 6. Veränderung der Zündgrenzen des CH_4-Luftgemisches

Als untere und obere Zündgrenzen dieser Gase im Gemisch mit Luft wurden aus dem einschlägigen Schrifttum die äußersten Werte gewählt (Zahlentafel 1). Mit steigender Temperatur erweitert sich der Zündbereich der Gase, die Einwirkung der Druckzunahme ist verschieden (Abb. 4–6). Wasserdampfzusatz wirkt nach Jahn (7) bei H_2 vermindernd, bei CH_4 und besonders bei CO steigernd auf die Zündgeschwindigkeiten aus. Entsprechend wird nach Bloch (8) der Zündpunkt der Gase in umgekehrter Weise beeinflußt. Die Art der Zündung und ihre Intensität, Turbulenz der Gase, Größe des Raumes sowie katalytische Einwirkungen spielen ebenfalls eine gewisse Rolle und beeinflussen den Zündbereich der Gase.

Zahlentafel 1. Zündgrenzen von H_2, CH_4 und CO in verschiedenen Atmosphären nach Coward und Jones.

	im Luftgemisch		im Luft-N_2-Gemisch		im Luft-CO_2-Gemisch		
	Z_u	Z_o	Z^{N_2}	O_2%	Z^{CO_2}	O_2%	CO_2%
H_2 %	4,1	75,0	4,32	(5,15)	5,32	(8,35)	(54,6)
CH_4 %	4,9	15,4	5,72	(12,5)	7,15	(14,7)	(22,8)
CO %	12,5	75,0	13,8	(6,1)	17,8	(9,35)	(37,4)

Falls dem Gas-Luftgemisch N_2 zugesetzt wird, nähern sich mit zunehmendem N_2-Gehalt die untere und obere Zündgrenze und treffen sich in einem Grenzwert, der Z^{N_2} benannt werden soll. Die graphische Darstellung der Zündgrenzen erfolgt in einem Koordinatensystem für O_2- und Brenngasgehalt des Gemisches. Nach den von Jones (9) ermittelten Werten wurde der Verlauf der Zündgrenzen für H_2, CO, CH_4 eingezeichnet. Für jedes Gas entsteht ein Dreieck mit abgerundeter Spitze, innerhalb dessen die zündfähigen Gemische liegen. Die gemeinsame Grundlinie der Dreiecke, die Luftlinie, entspricht dem Verhältnis $N_2 : O_2 = 3{,}76$; sie ist der geometrische Ort für alle Gas-Luftmischungen. Der N_2-Gehalt der Gemische läßt sich nach Einzeichnen des entsprechenden unter 45° zur Abszisse verlaufenden Maßstabes ebenfalls ablesen. Die Linie $N_2 = 100$% verbindet die Punkte 100% Brenngas und 100% O_2. Liegt ein Analysenpunkt z. B. eines CH_4-Luft-N_2-Gemisches A in Abb. 7 so, daß die Verbindungsgerade

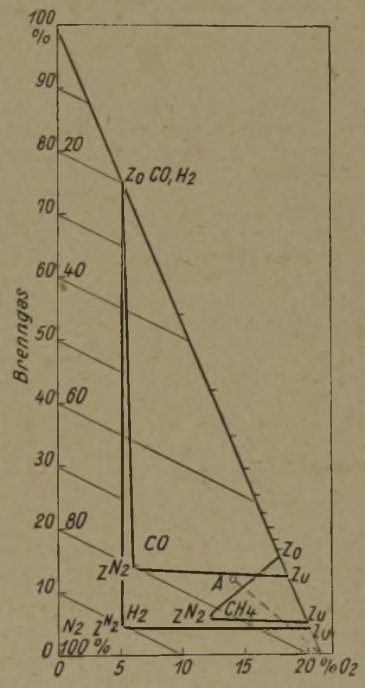


Abb. 7. Zündgrenzen von H_2, CO, CH_4, im Gemisch mit Luft und N_2-Zusatz.

A ÷ 21% O_2 das Methandreieck schneidet, so lassen sich die obere und untere Zündgrenze als Schnittpunkte der Geraden mit den beiden Dreieckseiten ablesen. Der Verlauf der Geraden A ÷ 21% O_2 entspricht der Veränderung der Analyse bei Luftzusatz. Wird das Dreieck von der Linie A ÷ 21% O_2 nicht geschnitten, so ist das Gemisch nicht zündfähig, liegt A, wie gezeichnet oberhalb des Dreiecks, so ist das Gemisch noch nicht zündfähig, wird es aber bei Luftzusatz.

Falls das Brenngas aus einem Gemisch der 3 Gase besteht, lassen sich die Zündgrenzen angenähert nach der Formel von Le Chatelier errechnen (10).

$$Z = \frac{100}{\frac{G_1}{Z_1} + \frac{G_2}{Z_2} + \frac{G_3}{Z_3}},$$

wobei G_1 usw. die %-Gehalte der Einzelgase im luftfreien Gemisch, Z_1 usw. die untere bzw. obere Zündgrenze der Einzelgase im Gemisch angeben. Mit Hilfe der von

Jones (11) aufgestellten Kurvenschar (Abb. 8) läßt sich entsprechend obiger Formel der Verlauf der Zündgrenzen eines bestimmten H_2-, CO-, CH_4-Gemisches mit Luft- und N_2- sowie CO_2-Zusatz errechnen. Die experimentellen Nachprüfungen von Jones ergaben nur geringe Abweichungen der errechneten Werte von den Versuchsergebnissen.

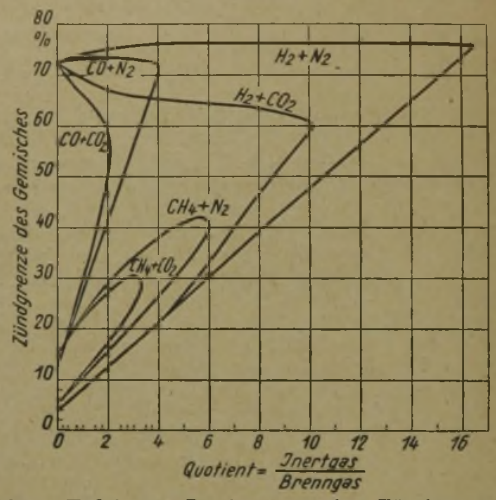


Abb. 8. Tafel zur Bestimmung der Zündgrenzen von H_2, CO-, CH_4-Gemischen mit Luft und N_2–CO_2-Zusatz nach Jones.

Die Errechnung der Zündgrenzen nach dem angegebenen Verfahren ist jedoch zeitraubend; ich habe deshalb eine rascher durchzuführende graphische Lösung gesucht. Dabei wurde von der Überlegung ausgegangen, daß es möglich sein muß, die Formel von le Chatelier als Dreiecksfunktion darzustellen. Dies gelang z. B. für die Ermittlung von Z_u in der Weise, daß rechts von der Luftlinie ein Dreieck aufgetragen wird, dessen Ecken den Z_u-Werten der 3 Einzelgase entsprechen (Abb. 9). Die Zündgrenzen der Mischung von 2 Gasen liegen auf der Seite des Dreiecks, die die entsprechenden Z_u-Werte verbindet, die von Mischungen der 3 Gase innerhalb des Dreiecks. Als Maß für den Anteil des Einzelgases wird nicht die absolute Menge, sondern sein %-Gehalt im luftfreien Gemisch benutzt. Dies geschieht in der Weise, daß von den Schnittpunkten der verlängerten linken und rechten Dreiecksseiten mit der Abszisse Strahlen gezogen werden. Durch diese Strahlen werden die entsprechenden durch die Punkte Z_u für H_2, bzw. für CH_4 gezogenen Horizontalen, deren Länge durch die rechte und linke Dreieckseite bzw. ihre Verlängerungen begrenzt ist, in dem Verhältnis des Anteils des betreffenden Einzelgases zum luftfreien Gemisch geteilt. Nach Einzeichnen eines metrischen %-Maßstabes auf diese Horizontalen läßt sich ein entsprechendes Strahlennetz zeichnen. Der Abstand, den der Schnittpunkt von 2 Strahlen auf einer Dreieckseite oder innerhalb des Dreiecks von der Abszisse besitzt, gibt den

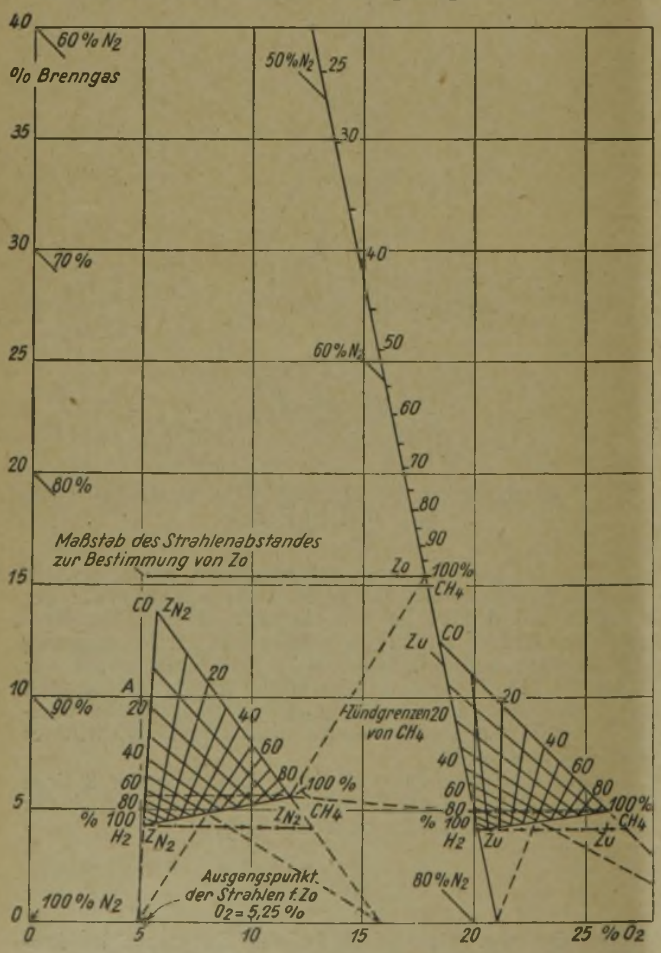


Abb. 9. Zündgrenzen von CO–H_2–CH_4-Gemischen mit Luft–N_2-Zusatz.

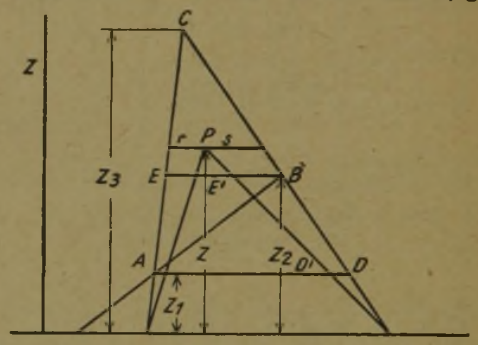


Abb. 10. Nachweis der Übereinstimmung mit der Formel von Le Chatelier.

Wert für Z_u des Gas-Luftgemisches an. Die Übereinstimmung mit der Formel von Le Chatelier läßt sich nach Abb. 10 beweisen. Hiernach lassen sich folgende Gleichungen aufstellen:

$$1.\ \frac{r}{EE'}=\frac{Z}{Z_2},\quad 2.\ \frac{s}{D'D}=\frac{Z}{Z_1},\quad 3.\ \frac{r+s}{EB}=\frac{Z_3-Z}{Z_3-Z_2},\quad 4.\ \frac{AD}{EB}=\frac{Z_3-Z_1}{Z_3-Z_2}.$$

Hieraus ergibt sich nach einigem Umformen

$$5.\ 1=\frac{Z}{Z_2}\cdot\frac{EE'}{EB}+\frac{Z\cdot D'D}{EB}\cdot\left(\frac{Z_3-Z_2}{Z_1\cdot Z_3}\right)+\frac{Z}{Z_3}\left(1-\frac{EE'}{EB}\right)$$

und nach Einsetzen von Gl. 4

$$6.\ 1=\frac{Z}{Z_2}\cdot\frac{EE'}{EB}+\frac{Z\cdot D'D}{AD}\cdot\left(\frac{Z_3-Z_1}{Z_1\cdot Z_3}\right)+\frac{Z}{Z_3}\left(1-\frac{EE'}{EB}\right)$$

$$=Z\left(\frac{D'D}{AD\cdot Z_1}+\frac{EE'}{EB\cdot Z_2}+\frac{1-\frac{EE'}{EB}-\frac{D'D}{AD}}{Z_3}\right).$$

Da $\frac{D'D}{AD}$ gleich Gemischanteil G_1, $\frac{EE'}{EB}$ gleich Gemischanteil G_2 und $G_1+G_2+G_3=1$ ist, ergibt sich

$$Z=\frac{1}{\frac{G_1}{Z_1}+\frac{G_2}{Z_2}+\frac{G_3}{Z_3}}.$$

Der Anteil des dritten Gases ist gleich der Differenz zwischen 100 % und der Summe der Anteile der beiden anderen Gase, es genügt daher, die Strahlen für 2 Gase zu ziehen. Da die Werte von Z_u auf der Luftlinie liegen, muß der gefundene Wert horizontal auf die Luftlinie projiziert werden (Abb. 9).

Die Ermittlung der Z_o-Werte für Gemische geschieht in ähnlicher Weise. Da diese Werte für CO und H_2 gleich sind, wird von diesem Punkt ein Lot auf die Abszisse gefällt, die durch Z_o für CH_4 gezogene Horizontale bis zum Schnittpunkt mit dem Lot in 100 % geteilt und die Strahlen vom Schnittpunkt des Lotes mit der Abszisse bis zum Schnittpunkt mit der Luftlinie gezogen. Die entsprechenden Z_o-Werte werden auf der Luftlinie abgelesen, ebenso der O_2- und N_2-Gehalt des Gemisches.

Da die Werte für Z^{N_2} der 3 Gase bereits im Dreieck liegen, läßt sich das Verfahren unmittelbar anwenden. Die

Schnittpunkte der verlängerten linken und rechten Dreieckseiten mit der Abszisse ergeben die Ausgangspunkte der Strahlen für CH_4 bzw. H_2. Z^{N_2} des Gemisches, der O_2- und N_2-Gehalt läßt sich im Schnittpunkt von 2 Strahlen direkt ablesen.

Wie schon bemerkt, sind die Spitzen der Zündbereiche abgerundet, bei H_2 nur wenig, bei CO und CH_4 stärker. Um den Verlauf von Z_u und Z_o als Geraden zeichnen zu können, die mit dem tatsächlichen Verlauf der Zündgrenzen etwa übereinstimmen, wurden für die 3 Gase theoretische Z^{N_2}-Werte angenommen, die sich als Schnittpunkte der Verlängerungen der Dreieckseiten über die abgerundete Spitze hinaus ergeben (Zahlentafel 2). Hierbei besteht zwar die Fehlermöglichkeit, daß nicht zündfähige Gemische in der Nähe des theoretischen Z^{N_2}-Wertes noch als zündfähig angesprochen werden, wenn der abgerundete Kurvenverlauf vernachlässigt wird; der Fehler ist jedoch im Vergleich zu den übrigen die tatsächlichen Zündgrenzen beeinflussenden Faktoren gering.

Zahlentafel 2. Theoretische Werte der Zündgrenzen von H_2, CH_4 und CO in Luft-N_2-Gemischen und in Luft-CO_2-Gemischen.

	im Luft-N_2-Gemisch		im Luft-CO_2-Gemisch		
	Z^{N_2}	O_2 %	Z^{CO_2}	O_2 %	CO_2 %
H_2 %	4,3	(5,1)	5,3	(7,6)	(58 5)
CH_4 %	5.6	(11.7)	6,6	(14,1)	(26,3)
CO %	13,8	(5,7)	17,8	(7,9)	(44,7)

Die Benutzung des Diagramms geschieht folgendermaßen: Die Analyse der Brandgase laute z. B.:

CO_2	0 %,	H_2	2 %	Die Summe der brennbaren
O_2	5 %,	CH_4	7 %	Anteile beträgt 10 %; darin
CO	1 %,	N_2	85 %	sind enthalten 20 % H_2 und
			100 %	70 % CH_4.

Die Schnittpunkte der entsprechenden Strahlen in den Dreiecken ergeben Z_u, Z_o und Z^{N_2}. Nach Projektion von Z_u auf der Luftlinie wird Z^{N_2} mit Z_u und Z_o durch 2 Geraden verbunden, die den Zündbereich des Gemisches begrenzen.

Der Analysenpunkt A mit den Koordinaten 10 % Brenngas und 5 % O_2 wird eingetragen und durch eine Gerade mit 21 % O_2 verbunden. Die Schnittpunkte der Geraden mit den Zündgrenzen ergeben Z_o und Z_u. Da der Analysenpunkt oberhalb des Zündbereiches liegt, ist das Gemisch in der Analysen-Zusammensetzung nicht zündfähig, normale Temperatur und Atmosphärendruck vorausgesetzt, wird es aber bei weiterem Luftzusatz. Die Veränderung der Gaszusammensetzung z. B. bei N_2-Zusatz läßt sich durch Verbindung des Analysenpunktes mit dem Nullpunkt des Systems, $N_2 = 100$ % ausdrücken.

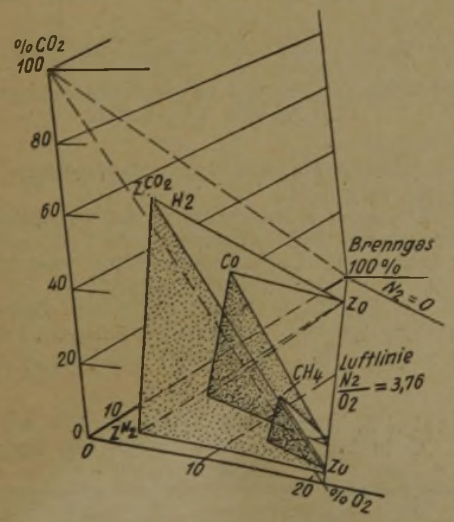
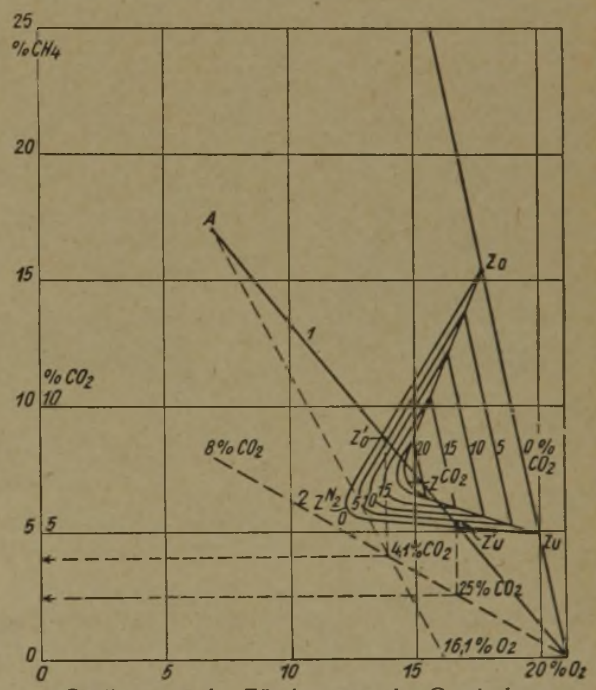


Abb. 11. Räumliche Darstellung der Zündgrenzen von H_2, CO und CH_4 im Gemisch mit Luft mit N_2- und CO-Zusatz.

Bei CO_2-Zusatz zum Brenngasluftgemisch werden die Zündgrenzen bekanntlich rascher als bei N_2-Zusatz verengt, da wegen der höheren spez. Wärme des CO_2 und seiner Teilnahme an den Dissoziationsgleichgewichten eine stärkere Erniedrigung der Verbrennungstemperatur eintritt. Die experimentelle Feststellung der Zündgrenzen bei CO_2-Zusatz erfolgte u. a. durch Eitner (12), Kirst (13), Kattwinkel (14); sie lassen sich ebenso wie der Verlauf bei N_2-Zusatz graphisch in der Ebene darstellen.

Um sich eine Vorstellung vom Verlauf der Zündgrenzen bei CO_2- und N_2-Zusatz zu machen, bedarf es jedoch der räumlichen Darstellung. Sie geschieht in der Weise, daß im Nullpunkt des Koordinatensystems eine Vertikale auf der Papierebene errichtet wird, die den CO_2-Maßstab trägt. Die Brenngas-Luft-N_2-Gemische liegen auf der Papierebene, die durch die schräge Ebene der Luft-CO_2-Brenngas-Gemische in der Luftlinie 21 % O_2—100 % Brenngas geschnitten wird. Ferner schneidet diese Ebene die CO_2-Achse im Punkt 100 % CO_2. Die Brenngas-Luft-CO_2-Gemische liegen auf der schrägen Ebene. Werden die Spitzen des Zündgrenzenverlaufes, Z^{N_2} und Z^{CO_2} verbunden, so entsteht für jedes Einzelgas auf der Basis des entsprechenden Dreiecks Z_u, Z^{N_2}, Z_o ein Tetraeder, dessen 3 Seitenflächen die Zündgrenzen für alle Luft-N_2-CO_2-Brenngasgemische angeben (Abb. 11). Entsprechend dem verschiedenen Zündbereich von CO, H_2, CH_4 ist der Tetraeder von H_2 am größten mit einer Spitzenhöhe von 58,5 % CO_2, während der von CH_4 eine Spitzenhöhe von 26,3 % CO_2 besitzt. Auch bei CO_2-Zusatz ergab die experimentelle Bestimmung der Zündgrenzen von CO, H_2 und CH_4 eine Abrundung im Punkt Z^{CO_2}. Die theoretischen Spitzen dieser Tetraeder wurden daher als Schnittpunkte der verlängerten Zündgrenzen für CO_2-Zusatz angenommen.

Bei der räumlichen Darstellung werden aus den Maßlinien des ebenen Koordinatensystems Ebenen, die die 3 Tetraeder schneiden. Die Ebenen des O_2- und Brenngas-



Bestimmung der Zündgrenzen des Gemisches:
17 % CH_4, 7 % O_2, 8 % CO_2, 68 % N_2.
Z'_o = 8,61 % CH_4, 13,89 % O_2, 4,06 % CO_2.
Z'_u = 5,31 % CH_4, 16,65 % O_2, 2,50 % CO_2.

Abb. 12. Zündgrenzen von CH_4 im Luft-N_2-CO_2-Gemisch.

maßstabes stehen senkrecht auf der Papierebene, parallel zu ihr verlaufen die Ebenen des CO_2-Maßstabes. Die Ebenen des N_2-Maßstabes stehen schräg und bilden einen Winkel mit der Papierebene entsprechend dem $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\sqrt{0,5}}$

Der Tetraeder der Zündgrenzen von CH_4 ist in Abb. 12 als Projektion auf die Papierebene dargestellt. Der CO_2-Maßstab ist nach Art von Höhenlinien eingezeichnet. Zur Ermittlung der Zündgrenzen eines Gemisches von CH_4, O_2, N_2, CO_2, wird der Analysenpunkt A eingetragen und mit 21 % O_2 verbunden. Da Punkt A eigentlich in einer Höhe von 8 % CO_2 über der Papierebene steht, ist die gezogene Gerade 1 nur eine Projektion der wirklichen Ver-

bindungslinie. Mit dem Brenngasgehalt fällt bei Luftzusatz zum Gemisch auch der CO_2-Gehalt entsprechend der gestrichelten Linie 2. Die Zündgrenzen ergeben sich als Schnittpunkte der Geraden 1 mit der linken bzw. unteren Tetraederfläche, wobei der nach den CO_2-Linien abzulesende CO_2-Gehalt im Schnittpunkt der gleiche sein muß, wie er sich senkrecht darunter auf der Geraden 2 ergibt. Diese Übereinstimmung kann ohne Hilfslinien mit hinreichender Genauigkeit augenscheinlich festgestellt werden.

Entsprechend der Zusammensetzung der die Analyse verdünnenden Atmosphäre verändert sich die Lage der Verbindungsgeraden 1. Bei Verdünnung der Analyse mit Brandgasen, z. B. der Zusammensetzung 16,1% O_2, 3,3% CO_2, 80,6% N_2, würde die Verbindungslinie A – 16,1% O_2

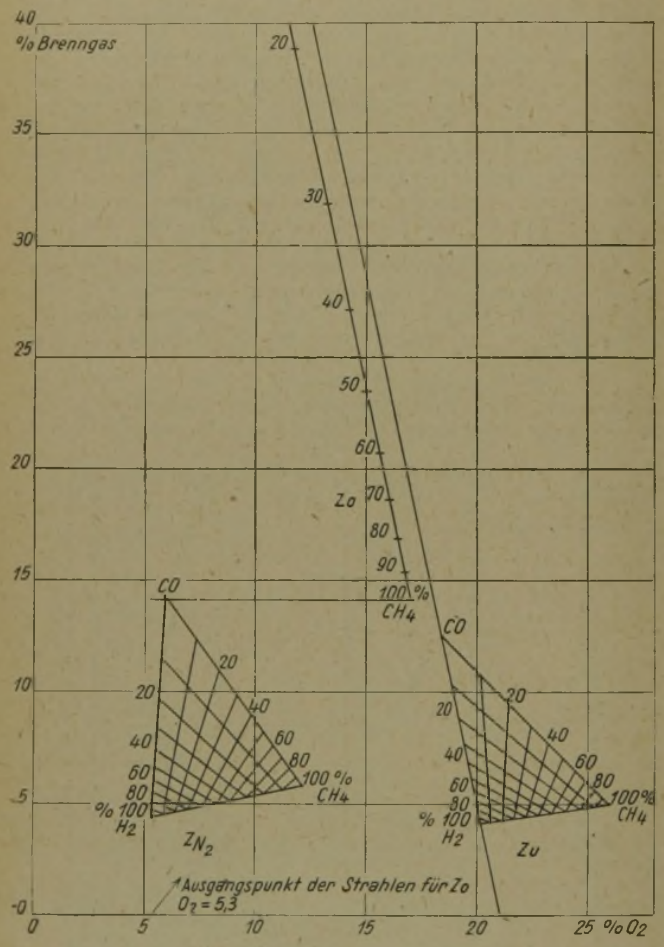


Abb. 13. Zündgrenzen von CO-H_2-CH_4-Gemischen mit Luft-N_2-5% CO_2-Zusatz.

die linke Kante des Tetraeders im Punkte 5% CO_2 tangieren, wobei der gleiche CO_2-Gehalt auf einer entsprechenden Hilfslinie abzulesen ist. Das Gemisch würde in diesem Falle nicht zündfähig werden.

Bei Mischungen der 3 Brenngase gilt für die Bestimmung der Zündgrenzen bei N_2- und CO_2-Zusatz ein für das Gemisch zu errechnender Tetraeder, dessen Spitze innerhalb des durch die 3 Einzeltetraederspitzen gebildeten Dreiecks in der Brenngas-Luft-CO_2-Ebene liegen muß. Sollen die Zündgrenzen eines Gemisches mit einem bestimmten CO_2-Gehalt, z. B. 10%, ermittelt werden, so müssen sie nach zunächst vereinfachter Annahme auf einer horizontalen Ebene liegen, die sich im vertikalen Abstand von 10% CO_2 über der Papierebene befindet und den Gemischtetraeder in einem Dreieck schneidet, das den Zündbereich bei diesem CO_2-Gehalt des Gemisches angibt. Wird dieses Dreieck auf die Papierebene vertikal nach unten projiziert, so liegt es innerhalb der Basis des Tetraeders, wobei der Abstand der parallelen Seiten voneinander den betr. CO_2-Gehalt anzeigt. Da sich die Zündgrenzen innerhalb der üblichen CO_2-Gehalte in zündfähigen Brandgasen von 0 – 10% CO_2 nur wenig ändern, ist die graphische Darstellung zur Bestimmung der Gemischzündgrenzen nur für 5 und 10% CO_2 gezeichnet worden (Abb. 13 und 14). Je nach dem CO_2-Gehalt des zu untersuchenden Brandgasgemisches wird die entsprechende Tafel gewählt und in der gleichen Weise benutzt wie Abb. 9.

Wie bereits erwähnt, ist bei einem CO_2-Gehalt des analysierten Gases die Verbindungslinie des Analysenpunktes mit 21% O_2 eine im Raum liegende Gerade, d. h. mit der Annäherung an 21% O_2 sinkt auch der CO_2-Gehalt des Gasgemisches. Der dadurch entstehende Fehler bei der graphischen Ermittlung von Z_o nach den Abb. 12 und 13 ist jedoch nur gering. Bei der Bestimmung von Z_u würde er größer, da hier der CO_2-Gehalt weiter abgesunken ist. Zum Ausgleich wurden daher an Stelle der Z_u-Werte für 5 bzw. 10% CO_2 die tieferliegenden Z_u-

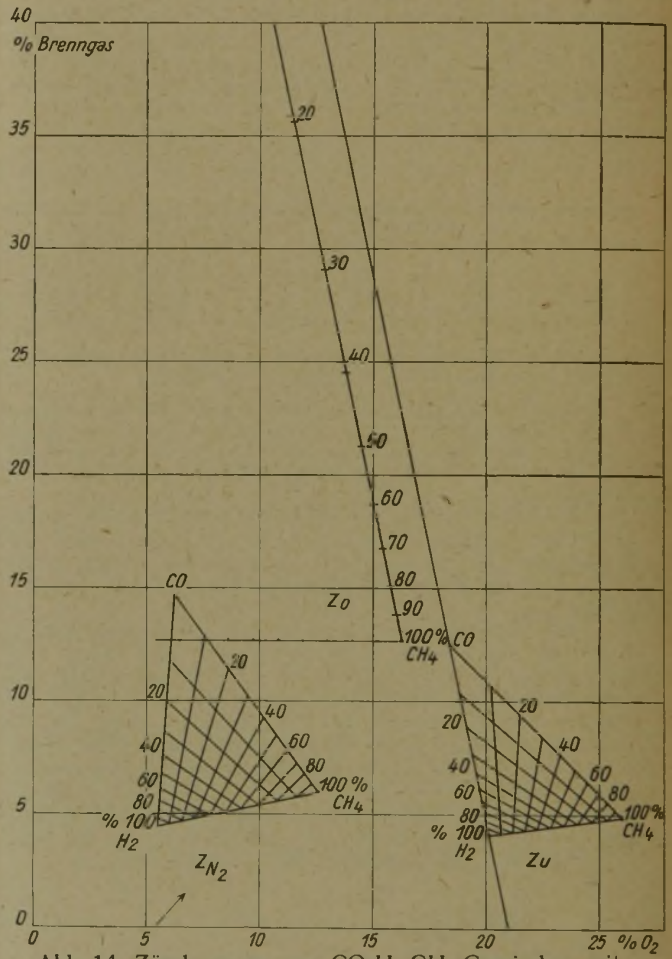


Abb. 14. Zündgrenzen von CO-H_2-CH_4-Gemischen mit Luft-N_2-10% CO_2-Zusatz.

Werte der Brenngas-Luftgemische eingezeichnet, also der Zündbereich vergrößert.

Die rechnerische Nachprüfung des graphischen Verfahrens ergab bei allen Analysen gute Übereinstimmung.

Zur praktischen Verwendung zeichne man die Tafeln in Abb. 9, 13 und 14 auf Millimeterpapier im Maßstab 1% = 10 mm. Die Werte für Z_u und Z_o sind Zahlentafel 1, die Werte für Z^{N_2} im Luftgemisch Zahlentafel 2 und für Z^{N_2} bei 5 bzw. 10% CO_2-Zusatz Zahlentafel 3 zu entnehmen.

Zahlentafel 3. Theoretische Werte für Z^{N_2} von H_2, CH_4 und CO in Luft-N_2-Gemischen mit 5% und 10% CO_2-Zusatz.

	5% CO_2-Zusatz		10% CO_2-Zusatz	
	Z^{N_2}	O_2%	Z^{N_2}	O_2%
H_2%	4,39	(5,31)	4,47	(5,53)
CH_4%	5,79	(12,16)	5,98	(12,61)
CO%	14,25	(5,95)	14,70	(6,19)

Zusammenfassung.

Der Vergleich der Zusammensetzung von Grubenbrandgasen mit den Erzeugnissen verschiedener Ver-

gasungs- und Entgasungsvorgänge ergibt, daß sich nur ein geringer Methangehalt im Brandgas durch thermische Bildung erklären läßt. Der hohe Methangehalt einzelner Brandgasproben aus Ruhrzechen muß daher überwiegend infolge Ausgasung der Kohle entstanden sein. In Gruben mit stärker ausgasender Kohle wird daher die Bildung explosibler Brandgasgemische häufiger eintreten.

Aus der graphischen Darstellung von Brandgasanalysen werden Schlüsse auf den Reaktionsverlauf gezogen, die eine gewisse Übereinstimmung mit dem Verbrennungsvorgang auf dem Wanderrost erkennen lassen. Der meist niedrige CO_{2max}-Wert der Brandgase ist durch überwiegende Verbrennung von Entgasungsprodukten der Kohle zu erklären. Ob eine Beurteilung des Brandzustandes aus der Höhe des jeweiligen CO_{2max}-Wertes möglich ist, bleibt noch zu prüfen.

Für die Bestimmung der Zündgrenzen von Gemischen mehrerer brennbarer Gase mit Luft-N_2-CO_2-Zusatz wird eine graphische Darstellung der Formel von Le Chatelier entwickelt, und es werden Tafeln zur einfachen graphischen Ermittlung der Zündgrenzen von Grubenbrandgasen entworfen.

Schrifttum.

1. Wein: Die chemische Zusammensetzung der Grubenbrandgase und ihre Bewertung für die Bekämpfung des Grubenbrandes, Glückauf 57 (1921) S. 653 u. 687.
2. Werkmeister: Feuergasbeschaffenheit und Windverteilung bei Wanderrostfeuerungen, Veröffentl. d. Vereins f. Überw. d. Kraftwirtsch. d. Ruhrzechen, Essen, H. 5 (1934/35).
3. Reinders: Z. phys. Chemie 130 (1927) S. 405.
4. Fritsche: Die direkte Bestimmung der flüchtigen Bestandteile bei der Urverkokung, Ges. Abh. z. Kenntn. d. Kohle, hrsg. von Franz Fischer, Bd. 6, Berlin 1923.
5. Gumz: Die Technik der Untertagevergasung. Feuerungstechn. 28 (1940) H. 3.
6. Ackermann: Das Verbrennungsdreieck bei Rußbildung, Forschungsheft 366 Berlin 1934.
7. Jahn: Der Zündvorgang in Gasgemischen, Diss. Karlsruhe 1934. Verlag Oldenbourg, München.
8. Bloch: Die Zündtemperaturen von Gasen und deren Gemischen. Diss. Karlsruhe 1934. Verlag Oldenbourg, München.
9. Jones: Inflammability of Mixed Gases, Bur. Min. 1929, Techn. Paper 450.
10. Gumz: Handbuch der Brennstoff- und Feuerungstechnik, Berlin 1942.
11. Coward und Jones: Limits of Inflammability of Gases and Vapors, Bur. Min. 1939, Techn. Paper 279.
12. Eitner: Explosionsgrenzen brennbarer Gase und Dämpfe, J. Gasbel. 45 (1902) Nr. 2, 5, 6, 7, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23.
13. Kirst: Über die Explosionsgrenzen der Schlagwetter, Diss. Berlin 1930.
14. Kattwinkel: Die Explosionsgefahr von Grubenbrandgasen, Glückauf 75 (1939) S. 302.

Thermische Depression als Ursache der Wetterbewegung.

Von Betriebsdirektor Dipl.-Ing. Basil Isajiw, Gieschewald (O.-S.) z. Zt. im Osteinsatz.

Ursache jeder Wetterbewegung im Grubengebäude ist die Gleichgewichtsstörung der Wetter, die entweder auf mechanischem oder natürlichem Wege entstehen kann. Während die erstere durch einen Schachtlüfter hervorgerufen wird, braucht die letztere einer besonderen Klärung, da sie durch unsichtbare Ursachen bedingt ist und daher verschieden gedeutet werden kann.

Das Problem der natürlichen Wetterbewegung ist bis heute noch nicht restlos geklärt. Es gibt verschiedene Theorien der natürlichen Wetterbewegung, die jedoch oft im Gegensatz zu den gemachten Erfahrungen stehen. So wurde z. B. bis vor kurzem in den bergmännischen Lehrbüchern die Wettergeschwindigkeit durch die Formel

$$c = \frac{2\,g \cdot a \cdot H \cdot (t_1 - t_2)}{1\,a \cdot t}$$

bestimmt (1)[1], worin bedeutet:

g die Erdbeschleunigung = 9,81 m/s²,

a den Ausdehnungskoeffizient der Gase = 1/273,

t_1 die Temperatur der Tagesluft in °C,

t_2 die Temperatur der Grubenwetter in °C und

H den Höhenunterschied in Meter der beiden Tagesöffnungen.

Hier ist also die Wetterbewegung von dem Höhenunterschied zwischen den beiden Tagesöffnungen abhängig gemacht worden. Wird H = 0, so müßte jede Wetterbewegung aufhören, was, wie die Praxis zeigt, durchaus nicht immer der Fall ist.

Eine andere Theorie, die in den meisten bergmännischen Lehrbüchern vertreten ist (1, 2), macht die natürliche Wetterbewegung bei gleicher Höhenlage der beiden Tagesöffnungen im ersten Augenblick ausschließlich von einer künstlichen Gleichgewichtsstörung der ein- und ausziehenden Wettersäulen abhängig. Die Fortsetzung der Gleichgewichtsstörung kann auch durch die Gewichtsdifferenz der beiden Wettersäulen infolge des Temperaturunterschiedes zwischen der Tagesluft und der Grubenwetter stattfinden. Sobald aber die Außentemperatur über die Temperatur in der Grube steigt, muß nach dieser Theorie der Wetterzug zum Stillstand kommen, und das selbständige Einsetzen der natürlichen Wetterbewegung ist trotz der Gegenwart einer noch so hohen Differenz zwischen Tages- und Grubentemperatur gänzlich ausgeschlossen, sobald ein Höhenunterschied zwischen den ein- und ausziehenden Tagesöffnungen fehlt. Diese Theorie entspricht auch nicht immer den Tatsachen, da es viel flache Gruben von 200—300 m Teufe gibt, deren Schächte sich in der gleichen Höhenlage befinden und die auch im Sommer, wenn die Außentemperatur über die Grubentemperatur steigt, durch den natürlichen Zug bewettert werden (Dombrowaer Revier).

[1] Die Ziffern in Klammern beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß der Arbeit.

Die beiden Theorien können den verkehrten Wetterzug auf manchen Sohlen ein- und desselben Schachtes oder auch in manchen Grubenbauen ein- und derselben Sohle, der sehr häufig ist, nicht erklären. Sie versagen auch gänzlich bei Klärung eines plötzlichen Wetterumschlages während eines Grubenbrandes, der schon vielmals im Betriebe nicht nur bei einer natürlichen, sondern auch bei einer künstlichen Grubenwetterung, zustande kam, Grubenbaue unverhofft vergaste und manchmal Menschenopfer forderte. Als Beispiel seien das Umschlagen der Brandgase am 16. April 1922 auf dem Plutoschachte in Wiesa (Seegrabener Revier) (1) genannt, wobei Direktor, Betriebsführer und Obersteiger ums Leben kamen, und die mit einer Explosion verbundene Brandgasumkehrung am 19. November 1899 auf der Ludwigsglückgrube (O.-S.), wobei Direktor und Berginspektor schwere Verbrennungen und 6 Rettungsmänner leichtere Verbrennungen erlitten (3). Diese Beispiele lehren, von welch ungemein großer Wichtigkeit die richtige Kenntnis des Wesens der Wetterbewegung und das richtige Bewerten ihrer Ursachen sind, insbesondere des natürlichen Einflusses, der im Falle eines Grubenbrandes im gesteigerten Maße hervortritt und als thermische Depression seine Macht entfaltet.

Bevor aber diese Ursachen einer näheren Betrachtung unterzogen werden, soll die Gesetzmäßigkeit der Wetterbewegung selbst, da sie eine Grundlage für diese Untersuchungen bildet, kurz besprochen werden.

I. Gesetzmäßigkeit der Wetterbewegung.

Man kann die Wetter bei ihrer Bewegung in der Grube als eine Flüssigkeit mit einem konstanten spez. Gewicht, $\gamma = 1{,}2$ kg (4; 2) auffassen, wenn Druck- und Temperaturunterschiede innerhalb des Grubengebäudes nur wenig schwanken, was in flachen und nicht ausgedehnten Gruben bei normalen Verhältnissen meistens der Fall ist. Sind die Druck- und Temperaturunterschiede jedoch groß, dann müssen die Wetter wie ein Gas behandelt werden. Die Gesetzmäßigkeit für die Bewegung einer Flüssigkeit ist durch die Bewegungsgleichung von D. Bernoulli und die für die Gase durch die Thermodynamik gegeben.

1. Bewegungsgleichung von D. Bernoulli und ihre Anwendung auf die Wetterbewegung.

Die Gleichung von Bernoulli gilt für eine ideale Flüssigkeit, die folgende Voraussetzungen erfüllt:

a) Die Geschwindigkeitsvektoren müssen dauernd parallel bleiben, d. h. die Bewegung muß reibungslos und wirbelfrei erfolgen.

b) Während der kontinuierlichen Strömung muß das spez. Gewicht unveränderlich bleiben; es muß also sein:

$$Q = F_1 \cdot c_1 = F_2 \cdot c_2 = \text{konst.},$$

wobei Q das durchfließende Flüssigkeitsvolumen, c_1 und c_2 die Geschwindigkeiten in den Querschnitten F_1 und F_2 bedeuten (5).

Jeder Flüssigkeit wohnt während der Strömung eine gewisse Energie inne, die sich zusammensetzt aus:

a) Energie der Lage: $E_1 = G \cdot z$ mkg. b) Energie des Druckes: $E_2 = G \cdot \frac{p}{\gamma}$ mkg und c) Energie der Bewegung: $E_3 = G \cdot \frac{c^2}{2g}$ mkg.

Der gesamte Energieinhalt E beträgt somit:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 = G \cdot z + G\frac{p}{\gamma} + G\frac{c^2}{2g}$$

$$E = G\left(z + \frac{p}{\gamma} + \frac{c^2}{2g}\right).$$

Da jede Reibung fehlt, bleibt dieser Energieinhalt konstant (5):

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{c^2}{2g} = C.$$

Es bedeuten:

z_1 und z_2 die Abstände der Strömungskanalachse von einer Bezugsebene in m,
p_1 und p_2 die Drücke in kg/m²,
γ das spez. Gewicht in kg/m³,
c_1 und c_2 die durchschnittlichen Geschwindigkeiten in den Kanalquerschnitten F_1 und F_2 in m/s.
$g = 9{,}81$ m/s², Erdbeschleunigung.

In der Gleichung bedeutet $z + \frac{p}{\gamma}$ den hydrostatischen und $\frac{c^2}{2g}$ den hydrodynamischen Druck. Die Summe beider Drücke ergibt den hydraulischen Druck einer Flüssigkeit bei ihrem Durchgang durch einen ruhenden Kanal (6). Andererseits stellt der hydrostatische Druck die potenzielle und der hydrodynamische die kinetische Energie der idealen Flüssigkeit dar.

In der Praxis wird man nie eine ideale Flüssigkeit vorfinden. Jede reale Flüssigkeit aber besitzt eine gewisse kinematische Zähigkeit, d. h. äußere und innere Reibung, durch die die Flüssigkeit einen Teil ihrer Anfangsenergie verliert, die durch bestimmte zusätzliche Energie, das Druckgefälle, ersetzt werden muß. Die Bernoulli-Gleichung nimmt danach für reale Flüssigkeiten folgende Form an:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g} + E_1' = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + E_2',$$

oder als Differentialgleichung:

$$dz + \frac{dp}{\gamma} + \frac{dc^2}{2g} + dE' = 0.$$

Das Druckgefälle der Grubenwetter bleibt aber nicht konstant; es wird mit der Länge des zurückgelegten Weges infolge der Reibung immer kleiner, wie Abb. 1 zeigt (7).

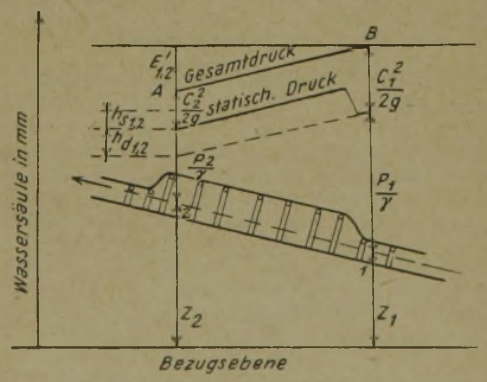


Abb. 1.

Die Linie des Druckgefälles A B, die die Summe der einzelnen nacheinander folgenden Energievektoren darstellt, ist demnach nicht horizontal. Der Unterschied $E'_{1,2}$ gibt das Druckgefälle zwischen den Punkten 1 und 2 an. Das Druckgefälle wird die mechanische Depression genannt und stellt die Schachtlüfter-Energie dar, die ununterbrochen wirken muß, um die Reibungswiderstände zu überwinden und den Grubenwettern die gewünschte Geschwindigkeit zu erteilen. Demnach wird:

$$dE' = E'_{1,2} = h_m \text{ (Abb. 1).}$$

2. Thermodynamische Grundlagen.

Bei ausgedehnten Grubenbauen, wo die Druck- und Temperaturschwankungen meistens groß sein werden und insbesondere bei Grubenbränden, müssen die Wetter als ein Gas aufgefaßt werden, das sein spez. Gewicht dementsprechend zu ändern fähig ist. Dann ist das spez. Gewicht der Grubenwetter eine Funktion des Druckes und der Temperatur:

$$\gamma = f(p \cdot T).$$

Die Kontinuitätsgleichung für die Grubenwetter lautet in diesem Falle:

$$F_1 \cdot c_1 \cdot \gamma_1 = F_2 \cdot c_2 \cdot \gamma_2 = Q = C.$$

Die Bernoulli-Gleichung lautet für die Wetter nach der Integration:

$$z_2 - z_1 + \int_1^2 \frac{dp}{\gamma} + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + h_m = 0.$$

Die mechanische Depression beträgt:

$$h_m = z_1 - z_2 - \int_1^2 \frac{dp}{\gamma} + \frac{c_1^2 - c_2^2}{2g}.$$

Den Ausdruck $z_1 - z_2 + \int_1^2 \frac{dp}{\gamma 2}$ bezeichnet man als statische Depression h_s und den Ausdruck $\frac{c_1^2 - c_2^2}{2g}$ als dynamische Depression h_d. Wenn weder ein Niveau-Unterschied noch ein Schachtlüfter vorhanden ist ($z_1 = z_2$, $h_m = 0$), lautet die Gleichung für den natürlichen Wetterzug:

$$\int_1^2 \frac{dp}{\gamma} = \frac{c_1^2 - c_2^2}{2g} \text{ (8).}$$

Das Integral $\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}$ kann nur dann gelöst werden, wenn die Funktion $\gamma = f(p)$ bekannt ist. Die Funktion ist bekannt, wenn die thermodynamischen Vorgänge während der Wetterbewegung bekannt sind.

Die Thermodynamik behandelt die Gesetze, die Gase befolgen, wenn ihr Wärmezustand geändert wird. Da man die Wetter als ein Gas auffassen kann und der Wärmezustand der Wetter sich z. B. während eines Grubenbrandes ändert, kann man die Thermodynamik auf die Wetter anwenden.

Der Zustand eines Gases kann durch spez. Gewicht, Flächeneinheitsdruck und Temperatur bestimmt werden. Es ist aber nur die Kenntnis von 2 dieser 3 Größen notwendig, um den Zustand zu bestimmen (9). Der Zustand der Wetter läßt sich am bequemsten durch den Druck, insbesondere den barometrischen Druck, und die Temperatur, die man untertage leicht messen kann, bestimmen. Zu diesem Zweck sollen einfache Formeln für jede beliebige Zustandsänderung der Wetter, wo diese beiden Größen zum Vorschein kommen, entwickelt werden.

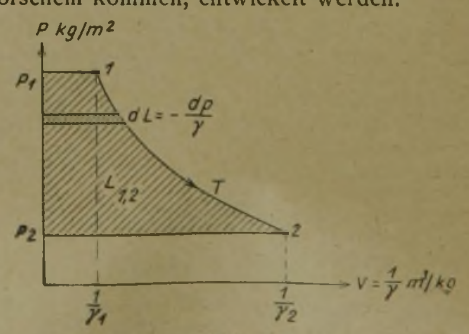


Abb. 2.

Das spez. Wettergewicht γ ist hauptsächlich eine Funktion des Druckes und der Temperatur, da man aber die Temperatur in kleinen Abschnitten des Grubengebäudes als konstant annehmen kann, wird γ nur eine Funktion des Druckes allein und läßt sich als eine Isotherme 1–2 (Abb. 2) darstellen.

Die von den Wettern während ihrer Zustandsänderung geleistete Arbeit ist gleich der Fläche 1,2, p_2, $p_1 = L_{1,2}$. Diese Arbeit $L_{1,2}$ ist für jede Zustandsänderung in einer ansteigenden Grubenstrecke:

$$L_{1,2} = -\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}.$$

Bei der Isotherme besteht aber folgende Abhängigkeit zwischen p und γ:

$$\frac{p}{\gamma} = \frac{p_1}{\gamma_1}; \qquad \gamma = \frac{p}{p_1} \cdot \gamma_1$$

$$L_{1,2} = -\int_1^2 \frac{dp \cdot p_1}{p\,\gamma_1} = -\frac{p_1}{\gamma_1} \int_1^2 \frac{dp}{p}$$

$$L_{1,2} = -\frac{p_1}{\gamma_1} \ln \frac{p_2}{p_1}.$$

Andererseits lautet das Mariotte-Gay-Lussacsche Gesetz:

$$\frac{p_1}{\gamma_1 T_1} = \frac{p_2}{\gamma_2 T_2}.$$

Der Ausdruck $\frac{p_1}{\gamma_1 T_1}$ ist die Gaskonstante R. Für die Wetter beträgt sie 29,27. Für eine isothermische Zustandsänderung ist: $\frac{p_1}{\gamma_1} = \frac{p_2}{\gamma_2} = R.T$, wobei $T = 273 - t$ die absolute Temperatur bedeutet. Die Arbeit bei isothermischer Zustandsänderung für L kg Wetter beträgt also:

$$L_{1,2} = -RT \ln \frac{p_2}{p_1} \text{ mkg}.$$

Für eine beliebige, also auch isothermische Zustandsänderung gilt:

$$L_{1,2} = -\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}$$

folglich:

$$\int_1^2 \frac{dp}{\gamma} = R \cdot T \ln \frac{p_2}{p_1};$$

somit ist γ als eine Funktion des Druckes und der Temperatur nachgewiesen, und der Zustand der Wetter kann durch T- und p-Messungen bestimmt werden (9).

Das $p\frac{1}{\gamma}$-Diagramm stellt eine Arbeit dar, die der Fläche $L_{1,2}$ proportional ist und von der Lage der Kurve 1—2 (Abb. 2) abhängig ist. Die Kurve gilt nur für eine konstante Temperatur T. Für andere Temperaturen ergeben sich z. B. die Kurven T_1 und T_2 (Abb. 3), wobei $T_1 > T > T_2$.

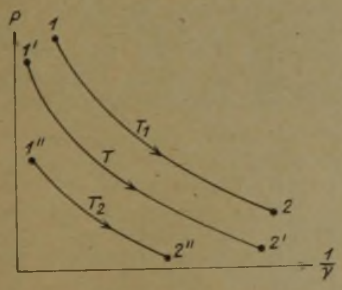


Abb. 3.

Für kurze Grubenbaue kann die spez. Wärme der der Wetter durch den Ventilator) wird die Arbeit errechnet zu:

$$L_{1,2} = -\int_1^2 \frac{dp}{\gamma} = \frac{1,4}{0,4} R \cdot T_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{0,4}{1,4}}\right] (10).$$

Für kurze Grubenbaue kann die spez. Wärme der Wetter als konstant angenommen werden. Dann hängt die Fläche $L_{1,2}$ nur von der Gestalt der Kurve 1—2 (Abb. 2) ab, d. h. von den thermodynamischen Zustandsänderungen, die bei den gegebenen Verhältnissen stattfinden und als polytropische Zustandsänderungen bezeichnet werden. Die Gleichung der Polytrope ist die einer Hyperbel:

$$p \cdot \left(\frac{1}{\gamma}\right)^k = \text{konst. } (8),$$

wobei der Exponent k für die jeweiligen Zustandsänderungen bestimmend ist. Die Polytrope umfaßt somit alle

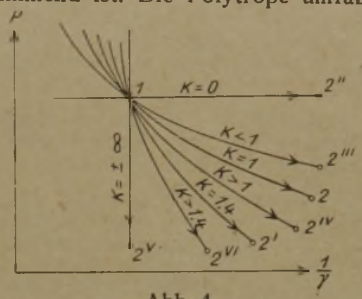


Abb. 4.

thermodynamischen Zustandsänderungen, von denen Isobare, Isotherme, Adiabate und Isochore besondere Fälle darstellen, wie die Abb. 4 erkennen läßt (8; 11).

Bei $k = 0$ findet eine isobarische ($p = \text{konst.}$),
bei $k = I$ eine isothermische ($T = \text{konst.}$),
bei $k = \frac{c_p}{c_v} = 1,4$ eine adiabatische ($Q' = 0$),
bei $k = \pm\infty$ eine isochorische ($\gamma = \text{konst.}$)
Zustandsänderung statt.

c_p = spez. Wärme bei konst. Druck,
c_v = „ „ „ „ Volumen,
Q' = Wärmemenge.

Die Fläche einer Polytrope berechnet sich zu:

$$\frac{dp}{\gamma} = \frac{k}{k-1} \cdot R.dT.$$

und nach der Integration:

$$\int_1^2 \frac{dp}{\gamma} = \frac{k}{k-1} R\,(T_2 - T_1) \quad (8;\ 11)$$

k berechnet sich zu:

$$k = \frac{1}{1 - \frac{\lg T_1 - \lg T_2}{\lg b_1 - \lg b_2}},$$

wobei b_1 und b_2 barometrischen Druck in mm QS bedeuten und gleich $\frac{p}{13,595}$ sind (11). Danach ist:

$$\frac{k}{k-1} = \frac{\lg b_1 - \lg b_2}{\lg T_1 - \lg T_2}.$$

Die Arbeit ist somit von der Temperatur und dem barometrischen Druck abhängig, die sich in der Grube leicht messen lassen.

II. Das Wesen der Wärmeströmung.

Die Wärmeströmung ist die Bewegung einer Flüssigkeit oder eines Gases, die lediglich infolge der Temperaturunterschiede zustandekommt. Sie ist übertage durch die Wasser- und Luftströmungen bekannt und ihr Vorhandensein läßt sich durch ein Experiment beweisen, z. B. in einem doppelt U-förmig gebogenen Glasrohr (Abb. 5), in dem sich mit Sägespänen durchsetztes Wasser befindet. Das Wasser wird bei a mit einem Bunsenbrenner erwärmt. Das wärmere und dadurch leichtere Wasser steigt aufwärts und strömt in der Richtung b und c wieder nach a zurück.

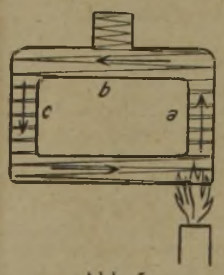


Abb. 5.

Untertage kann man auch ähnliche Wärmeströmungen, die wir als Wetterbewegung infolge thermischer Einflüsse oder thermischer Depression bezeichnen wollen, beobachten.

1. Wärmeströmung untertage.

Das Vorhandensein der Wetterbewegung infolge thermischer Einflüsse untertage läßt sich durch folgende Untersuchungen feststellen:

a) Wird z. B. eine Einfallende getrieben (Abb. 6) und werden die Wetter vor Ort erwärmt, dann entsteht eine langsame Wettereinströmung auf der Sohle von der Strecke A aus nach unten bzw. eine Wetterausströmung längs der Firste nach oben in die Strecke A hinein.

b) Bei dem Vortrieb einer Schwebenden (Abb. 7), wo eine Temperaturabnahme, z. B. infolge des Wasserzuflusses stattfindet, wird man einen umgekehrten Vorgang beobachten.

c) Seltener sind ähnliche Vorgänge in einer söhligen Strecke festzustellen; bei Grubenbränden ist dies jedoch fast immer der Fall (Abb. 8).

d) Bei der natürlichen Bewetterung des Grubengebäudes kann man in fast allen offenen Grubenbauen gewisse Bewegungen der Wetter in bestimmten Richtungen beobachten. Das geschieht auch in den Schächten ohne Niveau-Unterschied, wie es die Abb. 9a und 9b veranschaulichen, welche die Wetterverhältnisse auf der Gieschegrube kennzeichnen. Abb. 9a stellt ein räumliches Wetterschema und Abb. 9b ein Prinzip-Wetterschema dar. Die Schächte W, H und R sind einziehend, die Schächte O und N ausziehend und mit Lüftern ver-

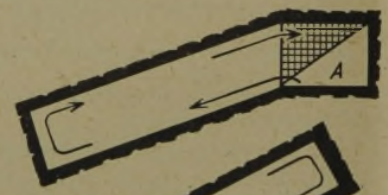


Abb. 6.

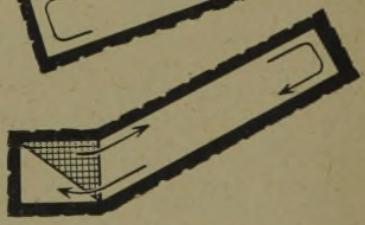


Abb. 7.

Abb. 8.

sehen. Sehr bemerkenswert ist dabei, daß im Schachte H auch während der Arbeit der Lüfter an den Schächten N und O die Wetter von der 400-m-Sohle zugleich nach unten ein- und nach oben auszogen. Der Zug der Wetter nach übertage im Schachte H kam hauptsächlich im Winter stark zum Ausdruck.

Im letzten Beispiel befand sich nämlich auf der 400-m-Sohle ganz dicht am Schacht H ein Pumpenraum P (Abb. 9), in welchem die Temperatur infolge der Wärmeverluste des elektrischen Antriebes rd. 30° C betrug.

e) Manchmal kann sogar ein Temperaturunterschied von wenigen Graden den Wetterstrom in geneigten Strecken umstellen, wie Abb. 10 zeigt. Vor allen Dingen weisen die Schwebende V und die Begrenzungsschwebende den umgestellten Wetterstrom auf, obwohl scheinbar keine Ursache dafür vorhanden ist. Im Gegenteil, der eingebaute Strecken-Lüfter V ist bestrebt, den erwähnten Wetterstrom normal zu richten.

Der ganze Vorgang wird später geklärt; jetzt aber kann schon gesagt werden, daß die Ursache der Umstellung im Spülversatzwasser lag. Der Kammerbau mit breitem Blick (12), der dort angewandt worden ist, war mit fast ununterbrochenem Spülen verbunden, wodurch die Wetter in der Schwebenden V hauptsächlich im Winter sehr abgekühlt wurden. Außerdem besaßen die Wasser-Klärbehälter oberhalb der Begrenzungsschwebenden dieselbe kühlende Wirkung, wodurch eine zusätzliche, der normalen entgegengesetzte Depression entstand, die den Wetterstrom umstellte.

f) Eine andere zusätzliche Depression kommt bei Grubenbränden infolge eines großen Temperaturgefälles in gesteigertem Maße zum Vorschein. In der Praxis hat man oft ihre verheerende Wirkung in der Grube beobachten können.

Ohne die klassische Thermodynamik ist man nicht im Stande, die Wetter- bzw. die Brandgasumkehrungen zu klären. Durch das Gewicht der Wettersäule, das vom Niveau-Unterschied sowie den Zusätzen anderer Gase abhängig ist, kann der Vorgang wissenschaftlich nicht begründet werden. Der Niveau-Unterschied kann zwar die Bewetterung erheblich beeinflussen, ebenso wie z. B. Wind, Wasser usw., ist aber nicht die entscheidende primäre Ursache. Es kann nun vorkommen, daß die Gruben mit einem großen Schacht-Niveau-Unterschied überhaupt keinen natürlichen Wetterzug oder einen verkehrten aufweisen, gemäß den thermodynamischen Vorgängen, die untertage stattfinden, und über die Wetterbewegung genau so wie ein mechanischer Lüfter entscheiden.

Diese Behauptung findet auch durch die Praxis ihren Beweis, da fast alle Brandgasumschläge im ganzen Streckenquerschnitt bei der Aufwärtsbewetterung plötzlich von der höheren nach der tieferen Sohle stattfinden, was durch das Gewicht der leichteren Wettersäule, d. h. durch ihren Auftrieb nicht verursacht werden kann. Als ein klassisches Beispiel kann das Unglück auf einer Grube in Mittelfrankreich im Jahre 1888 erwähnt werden, wobei 7 Mann infolge des Brandgasumschlages in einem Schacht getötet wurden (13). Aron behauptet zwar, daß dieses Umschlagen infolge des schweren spez. Gewichtes der Verbrennungsprodukte (CO_2) zustandekam, was aber hier in keinem Fall anerkannt wird, da die Brandgase viel leichter als die Wetter sind und im Gegenteil einen gewissen Auftrieb im Schachte ausüben.

Die Brandgasumschläge finden ebenfalls in verschiedenen Schichten ein- und derselben Strecke als ein Gegenstrom (14) zwischen den längs der Sohle ziehenden kalten Wettern und den längs der Firste austretenden heißen Gasschwaden statt. Auf der Gieschegrube sind solche Gegenströme auch in ansteigenden Strecken beobachtet worden, was durch den Auftrieb der heißen Gasschwaden durchaus nicht begründet ist.

Da diese Vorgänge durch einen Gewichtsunterschied zwischen den Wettersäulen beider Tagesöffnungen bzw. durch den Auftrieb der Brandgase nicht erklärt werden können, muß man noch einen anderen Grund suchen.

Schon S. Carnot (15) hat eine bewegende Kraft des Feuers in einer 1824 erschienenen Abhandlung[1] festgestellt. Die Erkenntnis ist aber lange Jahre im Bergbau nicht beachtet worden. Hier wird nun diese Erkenntnis zugrunde gelegt und ein Brandherd, in weiterem Sinne auch ein Temperaturunterschied untertage als eine Depressionsquelle genau so wie ein Schacht- oder Streckenlüfter angesehen. Da die Wärme einer Arbeit gleichwertig ist, entsteht infolge verschieden temperierter Punkte des Grubengebäudes die Gleichgewichtsstörung der Wetter auf thermischem Wege. Das Arbeitsvermögen der durch thermische Einflüsse entstandenen Energien wird hier als thermische Depression h_t bezeichnet. Für die natürliche Energie der Wetterbewegung, die natürliche Depression h_n genannt wird, ist die thermische ausschlaggebend und falls Zusätze

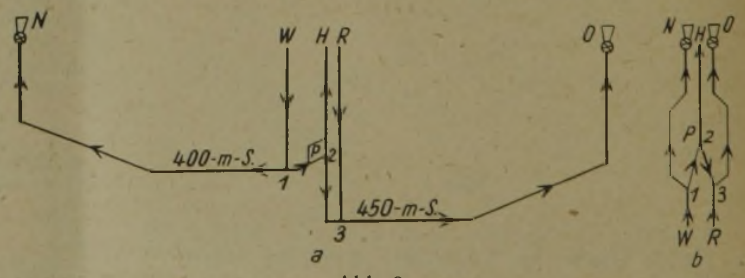


Abb. 9.

anderer Gase in den Wettern fehlen, mit ihr identisch. Demnach unterscheidet man zwei wichtige Ursachen der Wetterbewegung: Die mechanische und die thermische, die sich in ihrer Wirkung unterstützen oder auch entgegenwirken, was von der Richtung der einzelnen, d. h. der mechanischen und thermischen Depressionsquellen abhängig ist.

[1] Reflecxions sur la puissance motrice du feu.

2. Einfluß der thermischen Depressionsquelle auf die Wetterbewegung.

Man hat in der Praxis (Gieschegrube) einwandfrei festgestellt, daß auch die Gruben mit künstlicher Bewetterung großen Einflüssen des natürlichen bzw. thermischen Wetterzuges unterworfen sind (1). Das kommt vor allen Dingen im heißen Sommer zum Ausdruck und hat große Unregelmäßigkeiten und Verwirrungen im ganzen Wettersystem zur Folge, obwohl an dem Hauptschachtlüfter bzw. Schachtlüftern keine Änderungen vorgenommen werden. Um diese Erscheinung zu klären, werden hier die Wetterbewegungen in 3 Gruppen zerlegt und untersucht:

a) Wetterbewegung infolge des Schachtlüfters,
b) Wetterbewegung infolge der thermodynamischen Vorgänge und
c) Zusammenwirken von a und b.

In Abb. 11 drückt die Größe L die Fläche p_1 1 $2p_2$ aus und stellt diejenige mechanische Arbeit dar, die notwendig ist, um 1 kg Wetter vom Zustande 1 in den Zustand 2 überzuführen. Der in der Grube herrschende Druck p und danach auch das spez. Gewicht der Wetter γ unterliegen bei ihrer Zustandsänderung längs der Polytrope während ihrer Bewegung sehr kleinen Änderungen, so daß jede Polytrope als eine Gerade angesehen werden kann.

Der Polytropenexponent k wird in einem sehr kleinen Grubengebäude für übertage und untertage als konstant angenommen. Wenn sich die Wetter im Ruhezustande befinden ($c_1 = c_2 = 0$, $h_m = 0$), nimmt die Bernoullische Gleichung folgende Form an:

$$z_1 - z_2 - \int_1^2 \frac{dp}{\gamma} = 0.$$

Wenn die Wetterbewegung anfängt, gilt die Gleichung:

$$\left(z_1 - z_2 - \int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right) - \left(\frac{c_1^2 - c_2^2}{2g}\right) - \frac{1}{\gamma m} \cdot h_m = 0,$$

wobei der Ausdruck $\frac{1}{\gamma m} \cdot h_m$ die von der Schachtlüfter-Depression zwischen zwei Punkten geleistete Arbeit darstellt und γm den arithmetischen Mittelwert von γ bedeutet. Da der Ausdruck $(z_1 - z_2)$ unverändert bleibt, hat das Integral $-\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}$ während der Bewegung einen anderen Wert wie im Ruhezustand der Wetter. Die von der statischen Depression geleistete Arbeit beträgt:

$$\frac{1}{\gamma m} h_s = z_1 - z_2 + L_{1,2} \text{ (s. Abb. 11).}$$

Da aber $z_1 - z_2 = -L$ ist

$$\text{wird } \frac{h_s}{\gamma m} = L_{1,2} - L.$$

Für die gesamte Grube ist die Arbeit der statischen Depression immer größer als 0: $\frac{h_s}{\gamma m} > 0$.

Demnach: $L_{1,2} - L > 0$; $L_{1,2} > L$.

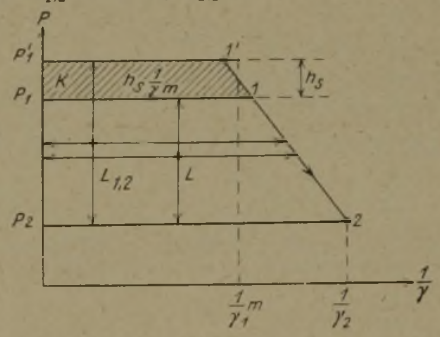


Abb. 11.

Dieser Ausdruck stellt die Bedingung für eine Wetterbewegung dar. Wenn aber $L_{1,2} < L$ wird, wird auch $\frac{h_s}{\gamma m} < 0$. In diesem Fall wird die Bewegung der Wetter in umgekehrter Richtung erfolgen, also von 2 nach 1.

Der Fall, daß $L_{1,2} > L$ wird, tritt dann ein, wenn im Punkt 1 der Abb. 11 der Druck p_1 auf p'_1 mm WS steigt, d. h. wenn in diesem Punkt eine Kompression geschaffen wird. Dann ist

$$K = h_s = p'_1 - p_1.$$

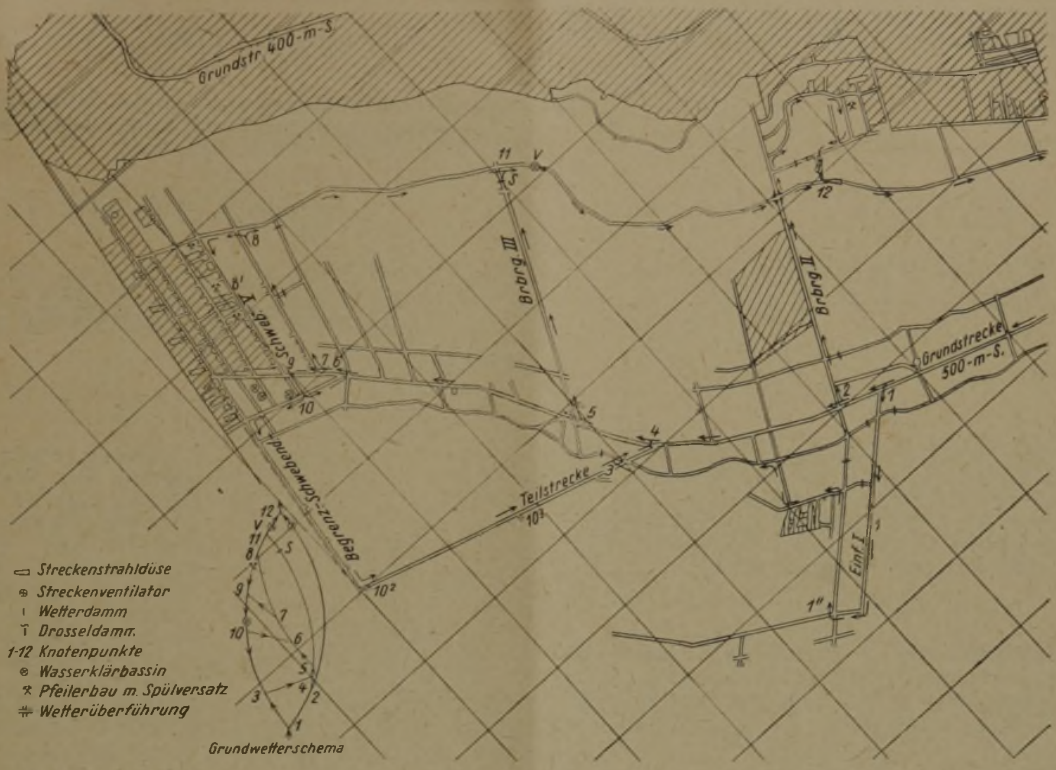


Abb. 10.

Man könnte auch die Bewegung der Wetter in der Richtung von 1 nach 2 hervorrufen, indem man den Druck im Endpunkt vermindert, d. h. eine Depression schafft. Dann ist

$$D = h_s = p_2 - p'_2 \quad \text{(Abb. 12).}$$

Die gestrichelten Flächen in den Abb. 11 und 12 drücken den Arbeitsunterschied $L_{1,2} - L$ aus.

Der Schachtlüfter kann auch untertage, z. B. im Punkt 3 des Grubengebäudes, Abb. 13, eingebaut werden.

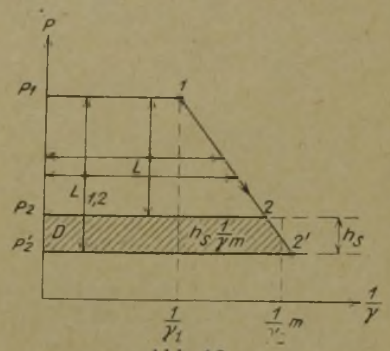


Abb. 12.

Dann kann die Gerade 1—2 als aus 2 Abschnitten, 1—3 und 3—2, bestehend angesehen werden. In diesem Falle entsteht vor dem Schachtlüfter eine Depression $D = p_3 - p'_3$, während hinter dem Schachtlüfter eine Kompression $K = p''_3 - p_3$ wirksam wird. Die Arbeit der statischen Depression für das ganze Grubengebäude lautet

$$\frac{h_s}{\gamma m} = \frac{1}{\gamma m} \quad (hs' + hs'')$$

Wird der Schachtlüfter übertage an dem einziehenden Schacht eingebaut, so beträgt die Geschwindigkeit der Wetter im Anfangspunkt c_1, im Endpunkt dagegen gehen die Wetter in die Luft über, wobei $c_2 = 0$ ist (1; 11). Da-

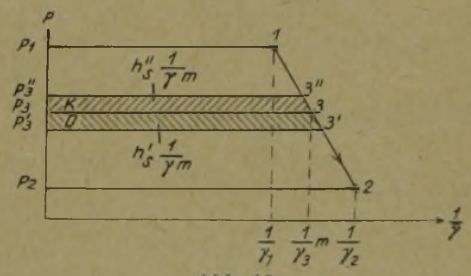


Abb. 13.

nach wird die gesamte Arbeit des Schachtlüfters für 1 kg Wetter betragen:

$$\frac{h_m}{\gamma m} = \frac{h_s}{\gamma m} + \frac{c_1^2}{2g} \quad \text{(Abb. 11).}$$

Baut man den Schachtlüfter übertage an dem ausziehenden Schacht ein, so wird die Luft durch den Einziehschacht eingesaugt, wobei die Geschwindigkeit im Anfangspunkt $c_1 = 0$ und im Endpunkt c_2 betragen wird. Dann ist

$$\frac{h_m}{\gamma m} = \frac{h_s}{\gamma m} - \frac{c_2^2}{2g} \quad \text{(Abb. 12).}$$

Wird schließlich der Schachtlüfter untertage eingebaut, dann leistet die Depression vor ihm eine Arbeit

$$\frac{h'_m}{\gamma m} = \frac{h'_s}{\gamma m} - \frac{c_2^2}{2g}$$

und die Kompression hinter ihm eine Arbeit

$$\frac{h''_m}{\gamma m} = \frac{h''_s}{\gamma m} + \frac{c_1^2}{2g}.$$

Die Gesamtarbeit des Schachtlüfters beträgt:

$$\frac{h_m}{\gamma m} = \frac{1}{\gamma m}(h'_m + h''_m) = \frac{1}{\gamma m}(h'_s + h''_s) + \frac{c_1^2 - c_2^2}{2g}$$

$$\frac{h_m}{\gamma m} = \frac{h_s}{\gamma m} + \frac{c_1^2 - c_2^2}{2g} \quad \text{(Abb. 13).}$$

Schaltet man den Schachtlüfter aus und nimmt man an, daß die Luft genau so wie die Grubenwetter sich im Ruhezustande befindet, d. h. $c_1 = c_2 = 0$, $h_m = 0$, und wird der Polytropen-Exponent für die Wetter näherungsweise mit k bezeichnet, dann bestehen folgende Gleichungen:

$$1.\ z_2 - z_1 + \left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_{k_0} = 0$$

$$2.\ z_2 - z_1 + \left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_{k} = 0$$

wobei die Buchstaben k_0 und k an den Klammern verschiedene thermodynamische Zustandsänderung bedeuten (11). Es findet keine Bewegung statt, wenn

$$\left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_{k_0} = \left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_{k} \text{ ist.}$$

Demnach wird

$$\frac{k_0}{k_0 - 1} \cdot R\,(T_2 - T_1) = \frac{k}{k-1} \cdot R\,(T_2 - T_1)$$

sein oder:

$$\frac{k_0}{k_0 - 1} = \frac{k}{k-1}; \quad k_0 = k.$$

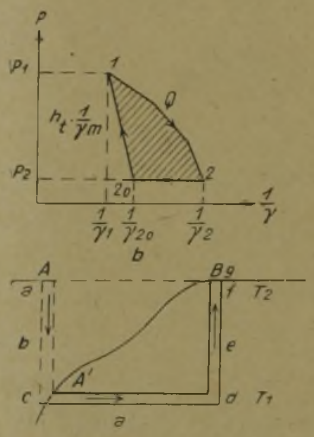


Abb. 14.

Daraus ergibt sich der wichtige Satz: Wenn keine mechanische Kraft wirkt, befinden sich die Wetter nur dann im Ruhezustand, wenn die thermodynamischen Zustandsänderungen untertage und übertage nach derselben Polytrope verlaufen. Mit dem Augenblick, wo die Polytropen verschieden sind, d.h. $k_0 - k$, muß eine Bewegung in dem Grubengebäude beginnen.

In der Praxis unterscheidet man zwei Bewegungsrichtungen: 1. die im Winter in einer Richtung, 2. die im Sommer in entgegengesetzter Richtung.

Als Beispiel kann eine Grube mit einem Niveau-Unterschied der Ein- und Ausziehstellen dienen:

1. Im Winter zieht die kalte Luft durch den Stollen A' ein, und die erwärmten Wetter ziehen durch den Schacht B aus (Abb. 14a voll ausgezogen).

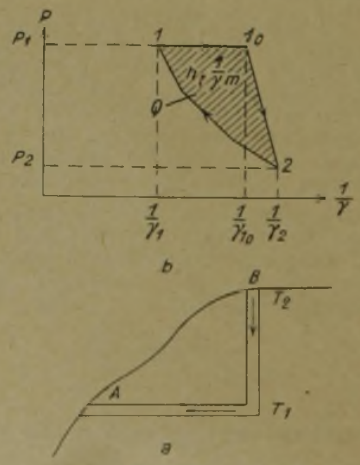


Abb. 15.

2. Im Sommer dagegen ist der Vorgang umgekehrt (Abb. 15a).

Es ist daher möglich, daß z. B. im Herbst und im Frühjahr ein Zustand eintritt, bei dem die Bewegung der Wetter aufhört. Die erwähnten Fälle werden folgender-

maßen geklärt: Nimmt man an, daß nur die Luft sich im Ruhezustand befindet, dann gilt für den Winter:

$$1)\quad z_2 - z_1 + \left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_{k_o} = 0$$

$$2)\quad z_2 - z_1 + \left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_k + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{1}{\gamma m} h_t = 0,$$

wobei h_t die thermische Depression zwischen zwei Punkten bedeutet. Zieht man die obere von der unteren Gleichung ab, so erhält man

$$\frac{1}{\gamma m} h_t + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} = -\left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_k + \left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_{k_o}.$$

Da im Anfangspunkt p_1 und im Endpunkt p_2 des Grubengebäudes (Abb. 14 voll ausgezogen), die Luft sich im Ruhestand befindet, ist $c_1 = c_2 = 0$. Es ist daher

$$\frac{1}{\gamma m} h_t = -\left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_k + \left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_{k_o}.$$

Außerdem ist:

$$L = -\left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_k \text{ und } L_o = -\left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_{k_o}.$$

Folglich wird $\frac{1}{\gamma m} h_t = L - L_o$.

Wenn $L > L_o$ ist, wird auch $\frac{1}{\gamma m} h_t > 0$; die Bewegung der Wetter wird demnach vom Punkt 1 nach dem Punkt 2 stattfinden. Die gestrichelte Fläche in Abb. 14b stellt die Arbeit der thermischen Depression $\frac{1}{\gamma m} h_t$ dar. Da die Polytrope für die Wetter 1—2 mehr rechts gelegen ist als die Polytrope für die Luft $1—2_o$, herrscht in dem Grubengebäude eine höhere Temperatur als übertage: $T_1 > T_2$. Danach wird durch die Wetter eine gewisse Wärmemenge Q aufgenommen.

Im Sommer ist dagegen $L < L_o$ und auch $\frac{1}{\gamma m} h_t < 0$. Dann entsteht die Bewegung vom Punkt 2 nach dem Punkt 1 (Abb. 15b). Da die Polytrope 2—1 mehr links gelegen ist als die Polytrope $2—1_o$ ($T_1 < T_2$), wird von den Wettern eine gewisse Wärmemenge Q abgegeben werden.

Die gestrichelten Flächen in den Abb. 14b und 15b kann man als getrennte Kreisläufe betrachten, wobei die Bewegung im Sinne des Uhrzeigers erfolgt. Die einzelnen Abschnitte werden folgendermaßen bezeichnet:

1—2 (2—1) = die Wetter in dem Grubengebäude,

$2—2_o$ ($1—1_o$) = Übergang der Wetter in die Luft (isobarische Zustandsänderung).

$2_o—1$ ($1_o—2$) = die Luft (Zustandsänderung übertage).

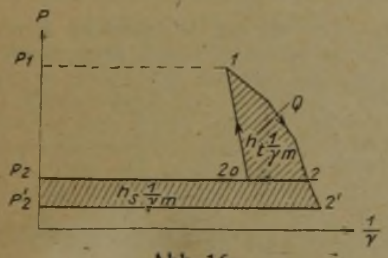


Abb. 16.

Wird an dem ausziehenden Schacht ein Schachtlüfter eingebaut, was im Betriebe meistens der Fall ist, dann findet untertage eine Zustandsänderung statt, die näherungsweise durch die Polytrope mit dem Exponent k gekennzeichnet und durch die Linie 1—2 in Abb. 16 dargestellt ist. Die Depression des Schachtlüfters h_m soll $p_2 - p'_2$ betragen. Die Polytrope übertage ($c_1 = c_2 = 0$) soll durch den Exponent k_o gekennzeichnet und durch die Linie $2_o - 1$ dargestellt werden. Dann gelten folgende Gleichungen:

$$1)\quad z_2 - z_1 + \left(\int_1^{2_o} \frac{dp}{\gamma}\right) k_o = 0$$

$$2)\quad z_2 - z_1 + \left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right) k + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{1}{\gamma m} h_g = 0,$$

wobei h_g die Gesamtdepression zwischen zwei Punkten (also $h_m + h_t$) bedeutet.

Durch Subtraktion erhält man:

$$\frac{1}{\gamma m} \cdot h_g + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} = \left(\int_1^{2_o} \frac{dp}{\gamma}\right)_{k_o} - \left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_k$$

oder, da in der Praxis $\frac{c_2^2 - c_1^2}{2g}$ im Verhältnis zu h_g sehr klein ist und daher vernachlässigt werden kann:

$$\frac{1}{\gamma m} \cdot h_g = \left(\int_1^{2_o} \frac{dp}{\gamma}\right)_{k_o} - \left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_k - \left(\int_2^{2'} \frac{dp}{\gamma}\right)_k \quad \text{(s. Abb. 16).}$$

Die Arbeit der thermischen Depression $\frac{1}{\gamma m} h_t$ findet man folgendermaßen:

$$\left(\int_1^{2_o} \frac{dp}{\gamma}\right)_{k_o} - \left(\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}\right)_k = \text{der Fläche } 1\ 2\ 2_o = \frac{1}{\gamma m} \cdot h_t,$$

die der mechanischen Depression lautet:

$$\frac{1}{\gamma m} \cdot h_m = -\left(\int_2^{2'} \frac{dp}{\gamma}\right) k = \text{der Fläche } p_2\ 2\ 2'\ p'_2.$$

Wenn h_t negativ und groß genug ist, können die erwähnten Verwirrungen in der Wetterführung eintreten. Wenn aber $h_m < -h_t$, dann werden die Wetter in dem Grubengebäude die verkehrte Richtung einschlagen, obwohl der Schachtlüfter normal arbeitet.

3. Ermittlung der thermischen Depression.

Die mechanische Depression kann man mit Hilfe von Geräten messen. Die natürliche Depression dagegen läßt sich nicht ohne weiteres messen (7), wenn sie auch im Falle eines Brandes in hohem Grade an bestimmte Stellen des Grubengebäudes gebunden ist.

Im Jahre 1927 wurde die natürliche Depression von Heise und Drekopf (7) mit Hilfe der vereinfachten Formel für barometrische Höhenmessungen ermittelt. Danach soll die natürliche Depression die Differenz zwischen dem rechnungsmäßigen und tatsächlich am Schacht gemessenen Luftdruck darstellen.

Man kann die Größe der natürlichen Depression auch durch den Vergleich mit der mechanischen Depression nachweisen. Wenn man von der natürlichen Depression als Ursache der Wetterbewegung spricht, so muß man sich statt ihrer eine mechanische Depression vorstellen, bei welcher durch das Grubengebäude genau dieselbe Wettermenge strömt wie infolge der natürlichen Vorgänge. Auf diese Weise habe ich die natürliche Depression des ganzen Grubengebäudes berechnet (4). Es liegt auf der Hand, daß hier außer der thermischen Depression auch andere Faktoren eine gewisse Rolle spielen, wie z. B. die Zusammensetzung (CO_2, CH_4) und die Feuchtigkeit der Wetter. Der Einfluß dieser Faktoren ist aber unter normalen Verhältnissen so klein, daß man ihn ganz vernachlässigen (2) und die natürliche Depression der thermischen gleichstellen kann: $h_n = h_t$.

Danach wird der natürliche Wetterzug meistens nur durch die thermische Depression verursacht, so daß es genügt, diese bei seiner Berechnung zu berücksichtigen.

M. M. Protodjakonow (16) und N. H. Hrekow (17) machen die natürliche Depression von der Schachtteufe und dem Temperaturunterschied abhängig:

$$h = 353 \cdot H \frac{t_2 - t_1}{(273 - t_1)(273 - t_2)},$$

wobei H die Schachtteufe in m, t_1 die jährliche bzw. monatliche Mitteltemperatur der Luft und t_2 die Temperatur der Wetter im Schacht bedeuten.

Diese Methoden können zwar die Größe der natürlichen Depression der ganzen Grube nachweisen, wenn sich die Schächte in der gleichen Höhenlage befinden und keinen meßbaren Luftdruckunterschied aufweisen; sie klären aber die Umkehrungen der Wetter in den einzelnen Bauen innerhalb des Grubengebäudes nicht auf, was jedoch für die Brandbekämpfung von ausschlaggebender Bedeutung ist.

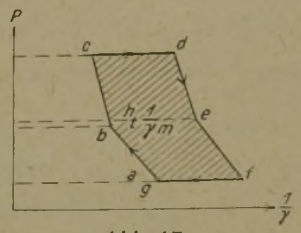


Abb. 17.

Nach F. Mayer (14) setzt sich der Auftrieb der heißen Abgase aus 2 Komponenten zusammen, nämlich 1. dem geringeren spez. Gewicht der brennbaren Abgase, 2. dem durch die hohe Temperatur bedingten Gewichtsverlust.

einzelne kleinere Abschnitte unterteilt werden, in welchen die thermodynamischen Zustandsänderungen gewisse Abweichungen voneinander aufweisen, die durch den barometrischen Druck und die Temperatur bedingt sind. Danach erhalten die Wetterpolytropen verschiedene Exponenten. Für gut unterteilte Streckenabschnitte kann man bestimmte polytropische Zustandsänderung ohne größeren Fehler annehmen und für sie bestimmte Exponenten berechnen. Man wird gezwungen sein, besonders jede Grundstrecke, Schwebende, Einfallende, jeden Bremsberg, Schacht, Duckel, Gesenk, jede Vereinigung der Wetterströme usw., also Grubenbaue, wo deutlich eine bestimmte, von anderen verschiedene polytropische Zustandsänderung zu erhoffen ist, für sich zu berechnen. Die Genauigkeit der ganzen Berechnung ist von der Zahl der Grubenbauabschnitte, in die der ganze Wetterweg unterteilt wird, abhängig.

Abb. 14a (auch gestrichelt) zeigt die Grubenbaue A, A' und B, deren Arbeitsdiagramm in Abb. 17 dargestellt ist. Die Abschnitte ab, bc, cd, de und ef gelten für die Wetter untertage. Der Abschnitt fg stellt den Übergang der Wetter in die Luft dar. Der Abschnitt ga zeigt die thermodynamische Zustandsänderung übertage; da die

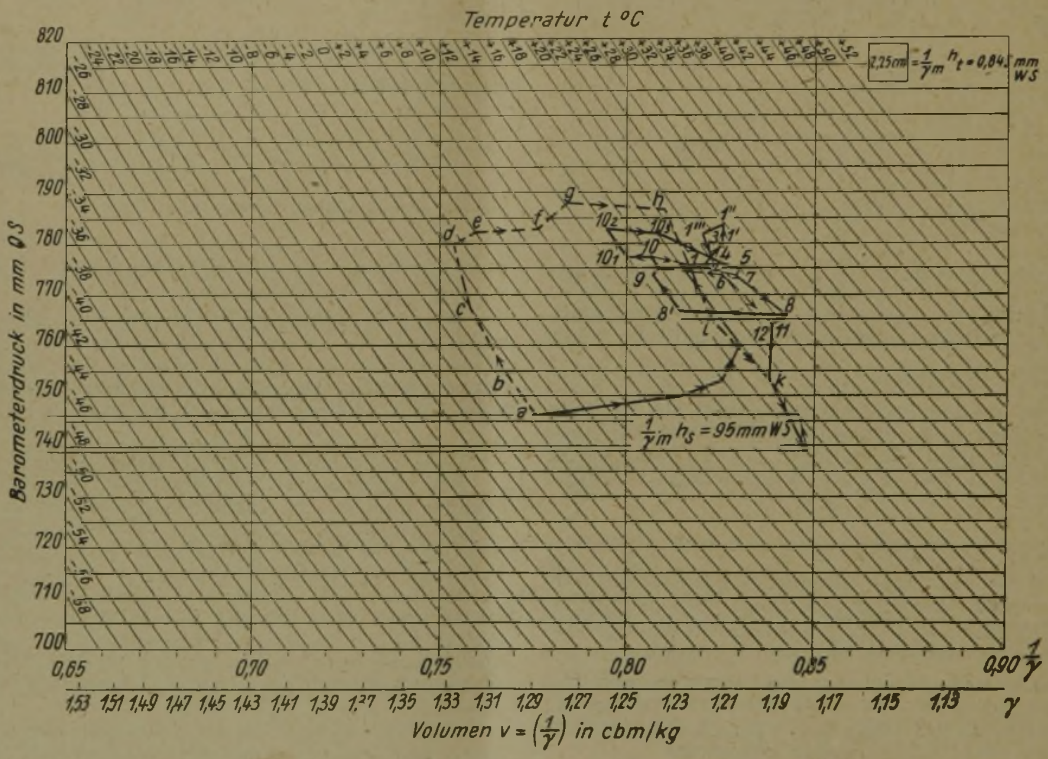


Abb. 18.

Somit bekommt ein Gas bei einer Temperatur von 200° C einen Auftrieb von 6,5 mm WS je 10 m Höhenunterschied. Wenn z. B. ein Brand auf der 400-m-Sohle ausbrechen und die Abgase bezw. die Wetter im Schachte auf 200° C erhitzen würde, bekäme man im Schachte eine zusätzliche Depression von rd. 260 mm WS.

Diese durch Versuche festgestellten Angaben sind richtig und liefern daher ein zutreffendes Bild von der natürlichen oder thermischen Depression. Allerdings betrachte ich die thermische Depression nicht nur als Auftrieb der Gase, sondern auch als eine Kraft, die in benachbarten Grubenbauen wirken kann und die Wetterströme umzustellen im Stande ist, nämlich die Kraft, die vor dem Brandherd als ein Unterdruck und hinter dem Brandherd als ein Überdruck wirksam ist.

Diese Kraft läßt sich durch Anwendung der Thermodynamik auf die Wetterbewegung verständlich machen. Dieser Weg wird hier eingeschlagen und die thermische Depression bei normalen Verhältnissen in der Grube ermittelt, indem die thermodynamischen Vorgänge innerhalb des Grubengebäudes, die meistens polytropisch sind, untersucht werden. Zu diesem Zweck muß der Wetterweg in

Schächte A und B (Abb. 14a) keinen Niveau-Unterschied aufweisen, bleiben die Punkte auf dem Arbeitsdiagramm dicht nebeneinander.

Viel bequemer als die rechnerische Ermittlung des Arbeitsdiagramms, ist seine Konstruktion in einer fertigen Isothermenschar, auf welcher der Druck in mm QS eingetragen wird. Diese Art der Konstruktion soll in der Praxis angewendet werden. Zu diesem Zwecke braucht man nur Barometerdruck und Temperaturmessungen in bestimmten Punkten auszuführen. Da aber diese Größen während des Betriebes von ständigen meteorologischen Schwankungen abhängig sind, müssen die Messungen schnell und möglichst gleichzeitig ausgeführt werden.

Auf diese Weise wurde das Arbeitsdiagramm für das in Abb. 10 dargestellte Beispiel konstruiert, wie die Abb. 18 veranschaulicht. Man sieht, daß der einziehende Wetterstrom durch die betrieblichen Verhältnisse (Preßluftrohre, Heizkörper im Schacht usw.) schon in der Grundstrecke eine ziemlich hohe Temperatur besitzt; in der Einfallenden I und der Schwebenden VI wird er noch weiter erwärmt, so daß er im Punkt 8 27° C erreicht. In der Schwebenden V werden die Wetter aber durch Spülwasser um 9° C abge-

kühlt und schlagen infolge dieser Abkühlung um. Durch die Klärwasserbehälter in den Grundstrecken werden die Wetter noch um 2° C abgekühlt.

Hier haben wir es also mit einer Temperatur-Erniedrigung um 11° C in dem ansteigenden Wetterstrom zu tun, die eine negative thermische Depression h_{tn} hervorruft. Diese wird ermittelt durch Planimetrieren der Fläche 388 10,3 (Abb. 18). Sie beträgt im betrachteten Falle 2,92 mm WS, während die thermische Depression h_t des ganzen Grubengebäudes infolge der Erwärmung des einziehenden Schachtes sehr klein ist und nur 5,6 mm WS beträgt.

In Abb. 18 ist zugleich eine Fläche eingetragen, die den Arbeitsanteil $h_s/\gamma m$ des Schachtlüfters entspricht. Die Depression des Schachtlüfters h_m an dem ausziehenden Schacht beträgt:

$$h_m = h_s - \frac{\gamma m\, c_2^2}{2g},$$

wobei h_s–95 mm WS,
γm – 1,185 kg/m³ – γ beim Durchgang durch den Ventilator,
c_2 die Wettergeschwindigkeit im Kanal = 8,3 m/s,
g die Erdbeschleunigung = 9,81 m/s²
bedeuten.

Demnach ist

$$h_m = 95 - \frac{8{,}3^2 \cdot 1{,}185}{2 \cdot 9{,}81};\ h_m = 90{,}83 \text{ mm WS}.$$

Die Bewegung der Wetter im ganzen Grubengebäude geschieht somit infolge der Gesamtdepression:

$$h_g = h_m + h_t - h_{tn} = 90{,}83 + 5{,}6 - 2{,}292 = 93{,}51 \text{ mm WS}.$$

h_{tn} von 2,92 mm WS hat genügt, um den Wetterstrom 8 – 9 – 10 – 3 umzustellen. Sie wurde durch Einbauen eines zusätzlichen Streckenlüfters in der Teilstrecke aufgehoben.

In Abb. 18 sind die im Grubengebäude (Abb. 10) vorhandenen thermischen Depressionen h_t und h_{tn} dargestellt. Aus dieser Abbildung ersieht man, daß z. B. die Strecken 1 1′ 1″ 1‴ 3 im umgekehrten Uhrzeigersinne gerichtet sind und daher eine links gelegene, also negative Fläche bilden, die den Betrag der negativen thermischen Depression — h_t in der Einfallenden I darstellt. Demnach kann die negative thermische Depression entweder durch die Abkühlung der Wetter in den ansteigenden (h_{tn}), oder durch die Erwärmung der Wetter in den einfallenden Grubenbauen ($-h_t$) entstehen. Folglich wirkt die einfallende Bewetterung hemmend auf den normalen Wetterzug.

Dieses Beispiel beweist, daß ein kleiner Temperaturunterschied sogar bei normalen Betriebsverhältnissen imstande ist, die Wetter umzustellen. Viel stärker macht sich diese Erscheinung bei einem Grubenbrand, wo der Temperaturunterschied groß ist, bemerkbar.

In Abb. 18 ist gleichzeitig die Fläche a, b, c, d, e, f, g, h, i, k, a eingetragen, die die thermische Depression eines anderen Schachtes derselben Grube im Winter bei normalen Schachtverhältnissen darstellt.

Zusammenfassung.

Nach Erörterung der theoretischen Grundlagen der Wetterbewegung, wobei die Bewegungsgleichung von D. Bernoulli eine Erweiterung um die zusätzliche Energie h_m erfährt, wird die Thermodynamik auf die Wetterbewegung angewendet und das Integral $\int_i^z \frac{dp}{\gamma}$ gelöst, indem die Wetterströmung als Funktion der Temperatur nachgewiesen und ihr Zustand durch Temperatur und Druck bestimmt wird. Ferner wird die Wärmeströmung des Wassers und der Luft übertage sowie der Wetter untertage besprochen und dargelegt, daß die Wärmeströmung der Wetter infolge der durch eine Wärmequelle bei einem Temperaturgefälle hervorgerufenen thermischen Depression entsteht. Es wird festgestellt, daß die Wetter polytropischen Zustandsänderungen unterworfen sind und ihre Arbeitsfähigkeit nur von den Temperaturunterschieden abhängt. Zuerst wird eine Zustandsänderung der Wetter mit einem konstanten Polytropenexponenten, welcher durch die mechanische Depression bedingt ist, betrachtet. Dann wird der Einfluß der thermischen Depression, die durch die polytropische Zustandsänderungen mit verschiedenen Polytropenexponenten entsteht, auf die Wetterbewegung untersucht. Dabei ergibt sich, daß, wenn kein Lüfter wirkt, die Wetter nur dann sich im Ruhezustand befinden, wenn die thermodynamischen Zustandsänderungen unter- und übertage nach derselben Polytrope verlaufen. Anschließend wird die gemeinsame Arbeit der mechanischen und der thermischen Depressionen untersucht, deren Größe sich durch das Planimetrieren der von den einzelnen Polytropen eingeschlossenen Fläche in einer fertigen Isothermenschar ermitteln läßt.

Schrifttum.

1. Ryba, G.: Handbuch des Grubenrettungswesens, Band 1, Brände und Grubenexplosionen, Leipzig 1929.
2. Fritzsche: Lehrbuch der Bergbaukunde, Bd. 1, Berlin 1942.
3. Latacz, J.: Grubenbrand und Kohlenstaub. Festschrift des Vereins technischer Bergbeamten Oberschlesiens 1890—1930, S. 355.
4. Isajiw, B.: Untersuchungen eines Ventilators im Betriebe, Glückauf 77 (1941) S. 229.
5. Pfleiderer, C.: Die Kreiselpumpen, Berlin 1932.
6. Baumann, R.: Bernoulli's Vademecum, Leipzig 1914.
7. Heise und Drekopf: Die Berechnung und Messung des Luftdruckes und Druckgefälles in den Wetterströmen, Glückauf 63 (1927) S. 329.
8. Schüle, W.: Leitfaden der technischen Wärmemechanik, Berlin 1917.
9. Vater-Schmidt: Technische Wärmelehre, Berlin 1922.
10. Hütte: 23. Aufl., Bd. 2, Berlin 1919.
11. Budryk, W.: Depresja cieplna »Przeglad Gorniczo-Hutniczy« Nr. 11, 12 (1929) S. 291.
12. Kirst, E.: Betrachtungen über den Kammerbau mit breitem Blick, Bergbau 54 (1941) S. 193.
13. Aron, A.: La lutte contre les feux souterrains, Ann. Mines France (1908).
14. Mayer, F.: Brandversuche in der Grube, Glückauf 76 (1940) S. 53
15. Carnot, S.: Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers, Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 37, S. 8.
16. Protodjakonow, M. M.: Prowetriwanie rudnikow, Moskau 1928.
17. Grekow, N. H.: Wentilazia rudnikow, Charkow-Kiew 1935.

UMSCHAU

Blas- und Spülversatzkrümmer mit Verschleißeinlagen aus Granit.

Von Fahrsteiger F. Malter, Sulzbach (Saar).

Beim Steinkohlenbergwerk Dudweiler (Saar) sind Versuche mit dem Ziel durchgeführt worden, die im Bergbau in erheblichen Mengen benötigten Hartstahlschleißeinlagen für Blas- und Spülversatzkrümmer durch solche aus Granit zu ersetzen. Die mit diesem Werkstoff erzielten Ergebnisse haben gezeigt, daß damit nicht nur ein durch die gegenwärtige Versorgungslage gerechtfertigter Behelf gegeben wurde, sondern daß es sich hier um einen hochwertigen Ersatz handelt, der dem bisher für diese Zwecke verwendeten Hartstahl in seinen Schleißeigenschaften weit überlegen ist. Es wurden mit Graniteinlagen Blasleistungen erzielt, die weit über denjenigen hochwertiger Manganstähle liegen.

Die Form der Krümmerstücke mit Graniteinlagen entspricht im wesentlichen derjenigen der Krümmer mit Stahleinlagen mit dem Unterschied, daß die Einlagetaschen der Form der Graniteinlagen angepaßt sind. Die Abb. 1 und 1a zeigen einen Granitkrümmer für eine Rohrablenkung von 45° und Abb. 2 stellt einen solchen für eine Rohrablenkung von 90° dar, wie sie in der Betriebswerkstätte angefertigt wurden.

Ein wesentliches Merkmal der Granitkrümmer ist die starke Ausbildung ihrer Einlagen, wodurch der am stärksten auf Verschleiß beanspruchte Krümmerrücken auf etwa 120 mm verdickt wird. Diese Anhäufung von Schleißmaterial läßt es zu, daß sich in diesem mit fortschreitender Abnutzung als Funktion der Durchgangsgeschwindigkeit und der Härte des Fördergutes eine Schleißkurve bilden kann, die dem aufprallenden Versatzgut einen erheblich größeren Verschleißwiderstand entgegensetzt, als die anfänglich kreisförmig gebogene Zylinderflächenform. Die Abnutzung an den Graniteinlagen ist anfänglich wohl stark und größer als bei Stahl; sie nimmt jedoch mit fortschreitender Annäherung an die besagte günstige Schleißform ab; bei Erreichen derselben bleibt sie fast konstant und beträgt je Einheit verblasenen Gutes nur mehr einen Bruchteil derjenigen, die an der ursprünglich kreisbogenförmigen Einlage auftritt.

Um die Masse der Graniteinlage dem Verschleiß weitestgehend nutzbar zu machen, werden die Granitkrümmer zweckmäßig gleichwie die Krümmer mit Stahleinlagen in geeigneten Zeitabständen gedreht, d. h. sie werden wechselweise so in die Förderleitungen eingebaut, daß die Einlagen abwechselnd entsprechend den beiden Pfeilrichtungen in den Abb. 3, 4 und 5 vom Förderstrom beaufschlagt werden.

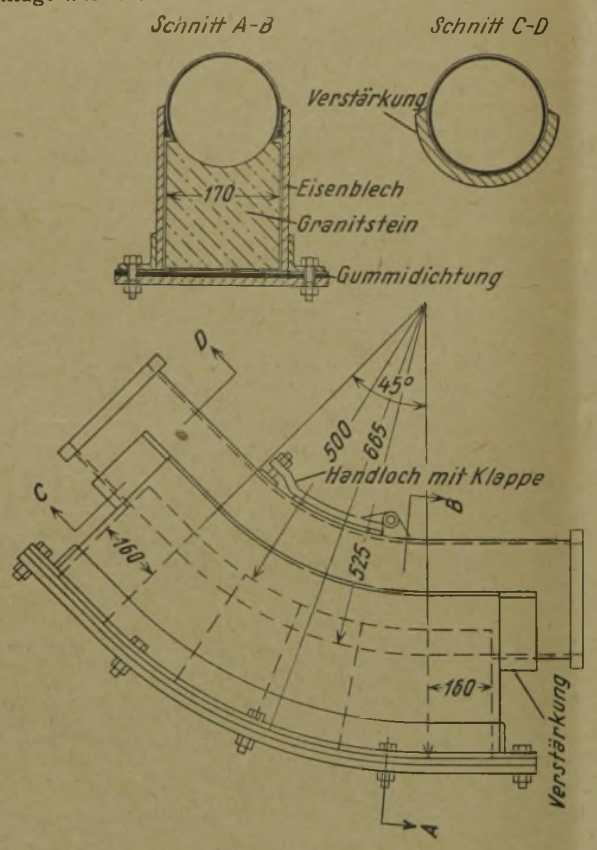


Abb. 1.

Abb. 3 zeigt die Abnutzungskurve, wie sie sich in einem Krümmer mit einer Ablenkung von 45° nach Verblasen von ungefähr 16000 m³ Versatzgut eingestellt hat, wobei die Einlage als verbraucht anzusehen war. (Über erstklassige

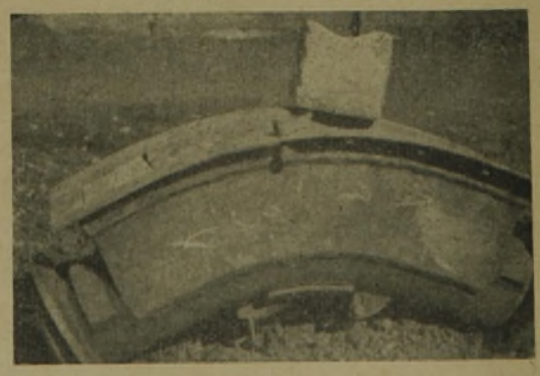


Abb. 1a.

Abb. 1 und 1a. Blasversatzkrümmer mit Graniteinlagen für eine Rohrablenkung von 45°.

Hartstahleinlagen konnten an gleicher Stelle nun 6 bis 8000 m³ verblasen werden). In Abb. 4 ist die Abnutzung der Versuchseinlage eines Krümmers von 90° dargestellt. Schon bei einem Durchsatz von 6000 m³ Blasgut zeigte sich dieses Bild. Die nach dieser Blasleistung aufgetretene Wulstbildung in der Mitte des Krümmerrückens führte zu starkem Energieverlust, weil das Blasgut an der dem Blasstrom zugekehrten Fläche des Wulstes fast rechtwinklig aufprallte, wodurch das Entstehen von Verstopfungen begünstigt wurde. Dieser Mangel ließ sich durch Anbringen einer Kerbe zwischen den beiden mittleren Einlagesteinen gemäß Abb. 2 und 5 völlig beheben, wobei auch über diese rechtwinkligen Krümmerstücke über 16000 m³ Blasgut gebracht werden konnten. Bei Durchführung dieser Versuche lag die Befürchtung nahe, daß infolge der durch die Ausbildung der Kerbe verursachten Störung der Bogenform ein zu starker Energieverlust durch Aufprallen des Gutes auf die der Blasrichtung zugekehrten Kerbfläche auftreten würde. Diese Befürchtung hat sich nicht bewahrheitet; schon nach Verblasen von nur einigen Kubikmetern Versatzgut war die Kerbe mit Bergeklein völlig ausgefüllt, so daß die Bogenform wieder hergestellt war und blieb. Die Einlage konnte bis zu der in Abb. 5 dargestellten Abnutzungsform störungsfrei aufgebraucht werden.

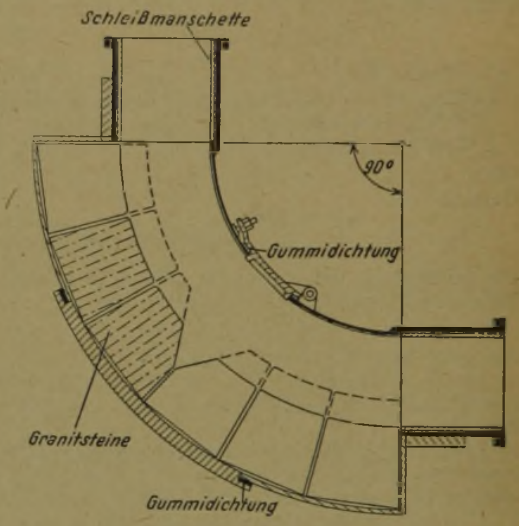


Abb. 2. Blasversatzkrümmer mit Graniteinlagen für eine Rohrablenkung von 90°.

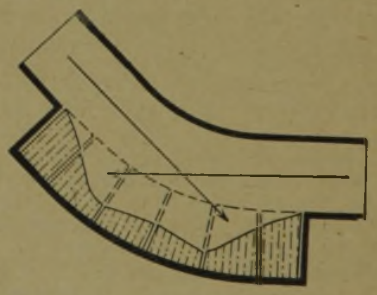


Abb. 3. Abnutzungsschema eines Blasversatzkrümmers mit Graniteinlagen für eine Rohrablenkung von 45° nach einer Blasleistung von 16000 m³ Versatzgut.

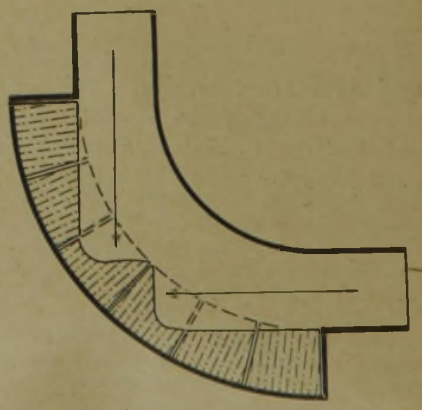


Abb. 4. Abnutzungsschema eines Blasversatzkrümmers mit Graniteinlagen für eine Rohrablenkung von 90°. Die Einlagen waren alle gleichförmig. Nach Verblasen von 6000 m³ Versatzgut bildete sich in der Mitte des Krümmerrückens ein Wulst, der ein störungsfreies Weiterverwenden der Einlage unmöglich machte.

Die in der Blaskrümmertechnik mit dieser Verbesserung erstmalig herausgestellte Tatsache, daß die Abnutzung bei einer von der Kreisform abweichenden Ablenkflächenbildung auf einen geringsten Wert herabgedrückt werden kann, legt den Gedanken nahe, Einlagen zu verwenden, die bereits bei ihrem Neueinsatz diese günstigste Form haben.

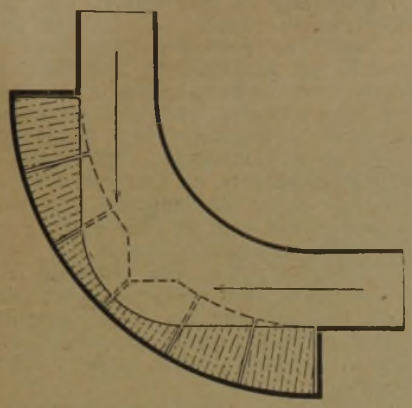


Abb. 5. Abnutzungsschema eines Blaskrümmers mit Graniteinlagen für eine Rohrablenkung von 90°. Die beiden mittleren Einlagen sind so ausgebildet, daß sie zur Durchgangsöffnung hin eine Kerbe bilden, womit man erreicht, daß die Einlage bis zu 16000 m³ ausgefahren werden kann.

Die Schwierigkeiten bei der Bearbeitung des Granits sowie der Vorteil der Beibehaltung einer möglichst einfachen Norm für die Formgebung der Einlagen, sprechen jedoch gegen eine Verwirklichung dieses Gedankens. Es ist richtiger, die günstige Schleißform sich an der anfänglich kreisbogenförmige Graniteinlage durch den Blasvorgang selbst bilden zu lassen. Im Gegensatz zu teurem Hartstahl spielt hier die verhältnismäßig hohe mengenmäßige Abnutzung der Einlage keine Rolle, weil der Granit als Rohstoff sehr billig ist[1].

Änderung der Arbeitsverteilung infolge der Einberufungen.

Infolge der Einberufung von Gefolgschaftsmitgliedern zum Wehrdienst sind fast alle Betriebe genötigt, um die infolge der Einberufungen entstehenden Lücken auszufüllen, Änderungen in der Arbeitsverteilung vorzunehmen.

Bei Zuteilung anderer Arbeit an ein Gefolgschaftsmitglied ist eine Kündigung des Arbeitsvertrages nicht erforderlich, wenn dies infolge der Anpassung an die kriegswirtschaftlichen Verhältnisse, also insbesondere infolge von Einberufungen erforderlich wird. Dies ergibt sich aus der Bestimmung des § 18 Abs. 2 der Kriegswirtschaftsverordnung, auf Grund welcher bei einer kriegswirtschaftlich bedingten Änderung der Tätigkeit von Gefolgschaftsmitgliedern ohne weiteres, d. h. ohne daß es der Kündigung des Arbeitsvertrages bedarf, auch die Lohn- und Gehaltssätze für die neue Tätigkeit maßgebend sind. Die Kriegswirtschaftsverordnung bietet jedoch nicht die Möglichkeit zu willkürlichen Änderungen der Arbeitsverteilung. Wesentliche Änderungen des Arbeitsverhältnisses, die nicht kriegswirtschaftlich bedingt sind, dürfen vom Betriebsführer nicht einseitig vorgenommen werden. Ferner muß vorausgesetzt werden, daß die infolge der Anpassung an die Kriegswirtschaft einem Gefolgschaftsmitglied zugewiesene Tätigkeit auch unter Berücksichtigung seiner bisherigen Tätigkeit zumutbar ist. Es geht also z.B. nicht an, einem Gefolgschaftsmitglied, das bisher eine höherwertige Tätigkeit ausübte, untergeordnete Arbeiten auf lange Sicht zu übertragen, zumal sich bei dem Mangel an qualifizierten Kräften eine solche Arbeitsverteilung schon aus arbeitseinsatzpolitischen Gründen verbietet. Der Betriebsführer muß im Hinblick auf die Offenhaltung des Arbeitsplatzes für den Einberufenen die Zuteilung der Tätigkeit des Einberufenen an dessen Vertreter befristen.

Die Lohn- bzw. Gehaltsregelung für Gefolgschaftsmitglieder, welche die Arbeiten einberufener Arbeitskameraden übernehmen, bietet öfters Schwierigkeiten. Wenn Gefolgschaftsmitgliedern aus der Einberufung von Arbeitskameraden erhebliche Vorteile erwachsen, sind unerwünschte Rückwirkungen zu erwarten, auch für den Betrieb, da ja bei Kriegsende bzw. bei Rückkehr der Einberufenen in der Regel der frühere Zustand wieder hergestellt werden muß. Der Reichsarbeitsminister hat zu dieser Frage in einem besonderen Erlaß Stellung genommen und die Reichstreuhänder der Arbeit mit entsprechenden Weisungen hinsichtlich der Lohngestaltung bei Vertretung von Einberufenen versehen.

Übernimmt der Vertreter des Einberufenen neben seiner Arbeit noch zusätzlich Arbeiten eines Einberufenen und ist die zusätzlich übernommene Arbeit der bisherigen Tätigkeit gleich oder geringer zu bewerten, so darf eine Erhöhung des Grundlohnes oder Grundgehalts nicht erfolgen, insbesondere, wenn die Übernahme der Arbeit des Einberufenen für den oder die Vertreter keine wesentliche Mehrarbeit bedeutet und wenn das zusätzliche Arbeitspensum in der bisherigen Arbeitszeit bewältigt werden kann. Etwa erforderliche Mehrarbeit (Überstunden) ist jedoch im Rahmen der gesetzlichen oder tariflichen Bestimmungen zu vergüten.

Wird eine höher zu bewertende Tätigkeit von dem Vertreter des Einberufenen zusätzlich übernommen, so kann mit Zustimmung des Reichstreuhänders der Arbeit eine angemessene Lohn- oder Gehaltszulage gewährt werden. Die Höhe der Zulage richtet sich nach Umfang und Art der übernommenen Arbeit im Verhältnis zu dem bisherigen Arbeitsbereich. Es kommt dabei aber auch auf die Fähigkeit und Leistung des Vertreters an. Die Reichstreuhänder der Arbeit sind angewiesen, in keinem Fall zuzulassen, daß der Vertreter des Einberufenen ein höheres Gesamteinkommen erzielt, als es der Einberufene hatte. Der Betriebsführer muß darauf bedacht sein, etwaige später auftretende Schwierigkeiten zu vermeiden und im Hinblick auf die Änderung der Verhältnisse bei Rückkehr des Einberufenen die vom Reichstreuhänder der Arbeit bewilligte Zulage befristen.

Wird die Tätigkeit des Einberufenen von einem Gefolgschaftsmitglied unter Aufgabe der bisherigen Tätigkeit übernommen und bedeutet die Vertretung damit eine wesentliche Änderung der Tätigkeit, so ist gemäß § 18 Abs. 2 der Kriegswirtschaftsverordnung der Lohn- oder Gehaltssatz zu zahlen, der für die neue Tätigkeit maßgebend ist.

Läßt sich infolge der kriegswirtschaftlichen Verhältnisse die Versetzung eines Gefolgschaftsmitgliedes an einen geringer zu wertenden Arbeitsplatz nicht umgehen, dann gilt auf Grund der erwähnten Bestimmung der Kriegswirtschaftsverordnung der Lohn- oder Gehaltssatz, der für die geringer zu bewertende Tätigkeit maßgebend ist. Dabei können sich naturgemäß erhebliche Schwierigkeiten ergeben. Die Reichstreuhänder der Arbeit sind ermächtigt, zum Ausgleich von Härten eine Ausnahmeregelung in solchen Fällen zuzulassen.

Oberregierungsrat Dr. H. Sturn.

[1] Die serienmäßige Herstellung der Krümmer mit Graniteinlagen hat die Maschinenfabrik Karl Hamacher, Gelsenkirchen, und die der Graniteinlagen die Firma Saarländische Steinindustrie Oskar Biegel, Völklingen (Saar) übernommen.

WIRTSCHAFTLICHES

Der slowakische Bergbau im Jahre 1942.

Der Slowakische Industrieverband veröffentlicht in seinem Bericht über das Jahr 1942 auch ausführliche Angaben über die Entwicklung des Bergbaus. Sie wird durch eine unverändert rege Nachfrage nach Bergbauprodukten gekennzeichnet, die ihrerseits erhebliche Anstrengungen zu einer Produktionssteigerung im Gefolge hat. Dies kommt am deutlichsten in dem Ansteigen der Zahl der beschäftigten Bergarbeiter zum Ausdruck. Sie stieg von Ende 1939 mit 10929 auf 11152 Mitte 1940, betrug Mitte 1941 11675, zu Anfang 1942 11714 und erreichte Ende des Jahres 1942 12582. Die Belegschaftsvermehrung entfällt größtenteils auf den Eisenerzbergbau, der im Dezember 1942 5264 Arbeiter beschäftigte, gegen 4851 zu Anfang des

genannten Jahres. An Bergarbeiterlöhnen wurden 1942 161 Mill. Slow. Kr.[1] aufgewandt gegen 140,2 Mill. im Jahre 1941 und 116,6 Mill. Kr. 1940.

In den letzten beiden Jahren wurden an bergbaulichen Produkten gewonnen (in 1000 t):

	1941	1942
Eisenerz	977,5	949,8
Eisenschlacke	75,5	67,1
Manganerz	82,4	106,8
Eisenkies	11,3	10,8
Antimonerz	19,4	34,3
Antimonschlacke	0,6	0,7
Kupfererz	122,4	119,0
Kupferschlacke	1,3	.
Quecksilbererz	0,05	0,3
Gold-, Silber-, Blei- und Zinnerz	104,9	103,9
Kohle	816,3	813,5
Erdöl	29,4	30,8
Erdgas (Mill. m³)	126	121
Salz	10,0	10,8

Von den Eisenerzen wurden 53% in das Reich und das Protektorat, 38% nach Ungarn geliefert und 9% dem Inlandverbrauch zugeführt. Auch für Eisenschlacke waren die Hochöfen des Reichs einschl. Protektorat, teilweise auch die Ungarns die wichtigsten Abnehmer. Bemerkenswert ist der Anstieg der Manganerzeugung, der gegen 1941 fast 30%, gegen 1940 sogar 78% betrug. Der Rückgang der Förderung an Eisenkies hat seinen Grund in der zunehmenden Erschöpfung der wichtigsten Lagerstätte. Abnehmer für dieses Produkt war in erster Linie das Protektorat, sodann das übrige Reich. Während die Förderung an Antimonerzen gegenüber 1941 um 77% gesteigert werden konnte und damit den höchsten, jemals in der Slowakei erreichten Stand aufweist, blieb die Gewinnung von Kupfererzen im ganzen unverändert, die Kupfergrube in Podkanova (Bezirk Banska Bystrica) hat sogar einen Rückgang zu verzeichnen. Die Minderförderung der Quecksilbergrube von Gelnica wurde durch den höhern Anfall an quecksilberführendem Eisenerz in Kotterbach mehr als ausgeglichen. Erfreulich ist es, daß der slowakische Kohlenbergbau heute imstande ist, bereits einen großen Teil des Inlandbedarfs zu decken. Die Anstrengungen, die Erzeugung weiter zu steigern, werden fortgesetzt. So wurde in Handlowa am 1. März d. J. die 9-Stundenschicht eingeführt, im Oktober 1942 wurden die Arbeiten auf der neuen Kohlengrube von Novaky aufgenommen, auch steht eine in Obyce gelegene Kohlengrube in Förderung. Immerhin konnte der Vorjahrsstand nicht ganz erreicht werden. Die staatliche Saline in Prešov war das ganze Jahr hindurch in Betrieb, diejenige in Solna-Bana dagegen nur kurze Zeit gegen Ende des Jahres. Erwähnt sei auch noch die Gewinnung von Asbest in der Slowakei, die 1942 3339 t, gegen 2484 t im Jahre 1941, ausmachte.

Die Schürfungen zur Auffindung neuer Erzlagerstätten verlaufen durchaus günstig, so daß die Aussichten des slowakischen Bergbaus auch für die Zukunft als hoffnungsvoll bezeichnet werden können. Es erscheint nur notwendig, schon jetzt zweckentsprechende Planungen für weitere Aufschlußarbeiten durchzuführen, welche die — hauptsächlich durch die verschiedentlichen Lohnerhöhungen bedingten — gesteigerten Selbstkosten des Bergbaus berücksichtigen.

[1] 100 Slowakische Kronen etwa 8,60 RM.

PATENTBERICHT

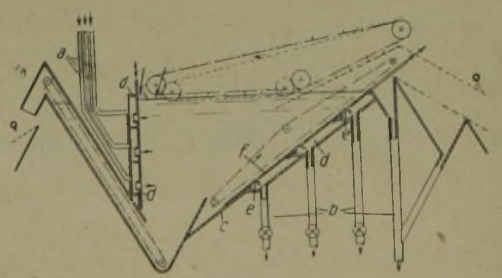
Deutsche Patente.

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

1a (32). 737377, vom 14. 2. 40. Gesellschaft für Förderanlagen Ernst Heckel mbH. in Saarbrücken. *Verfahren und Vorrichtung zur Vermeidung von Unter- oder Überbelastungen durch Sortenfallschwankungen bei der Beschickung von Aufbereitungsvorrichtungen.*

Aus dem aufzubereitenden Gut, z. B. Kohle, werden, bevor das Gut den Aufbereitungsvorrichtungen zugeführt wird, außer den für die Vorklassierung erforderlichen Korngrößen Zwischenkörnungsgruppen ausgesiebt. Diese Gruppen werden zwecks Vermeidung einer Unterbelastung der Aufbereitungsvorrichtungen bei geringerem Kornsortenanfall dem Vorratsraum der nächst kleineren Korngröße so lange selbsttätig zugeführt, bis die Normalfüllgrenze dieses Raumes erreicht ist. Bei stärkerem Kornsortenanfall werden die Zwischenkörnungsgruppen in den Vorratsraum der nächst größeren Korngruppe übergeführt, wobei zwecks Vermeidung einer Überbelastung der Aufbereitungsvorrichtungen die Ausläufe des Vorratsraumes so eingestellt werden, daß nur die erforderliche Normalmenge aus dem Raum austreten kann. Die Ausläufe der Vorratsräume können durch den Füllstand der Abteile der Aufbereitungsvorrichtungen mittelbar oder unmittelbar geregelt werden, und der Verschluß der Ausläufe kann selbsttätig durch das fließende Gut gesteuert werden. Die geschützte Beschickungsvorrichtung für Aufbereitungsvorrichtungen von Kohlenwäschen hat mehrere miteinander verbundene Behälter mit Ausgleichabteilen, aus denen das Gut durch eine Durchlauföffnung oder einem Überlauf bedarfsweise selbsttätig in einen der benachbarten Behälter gelangt.

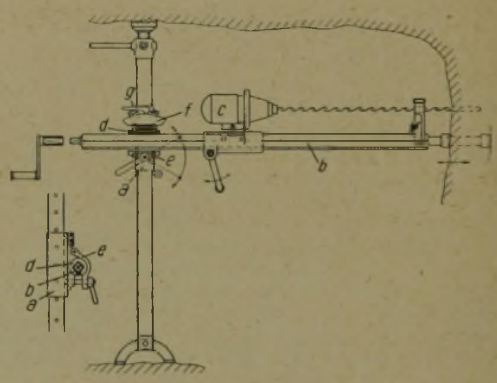
1c (1_{01}). 737113, vom 29. 11. 35. N. V. Domaniale Mijn Maatschappij in Kerkrade (Holland). *Trennbehälter zum Scheiden fester Stoffe mittels Schwereflüssigkeit.* Zus. z. Pat. 732715. Das Hauptpat. hat angefangen am 24. 5. 35.



Die durch zwei einander gegenüberliegende Wände des durch das Hauptpatent geschützten Trennbehälters hindurchgeführten, in verschiedener Höhe über dem Boden des Behälters angeordneten Zu- und Abführungsleitungen für die Schwereflüssigkeit sind so angeordnet, daß die Öffnungen, durch welche die Flüssigkeit in den und aus dem Behälter tritt, alle oder zum Teil während des Betriebes auf- und abwärts verstellt werden können. Die Zuführungsleitungen *a* und die Abführungsleitungen *b* können z. B. in auf den Wandungen des Behälters *c* vorgesehene Kammern *d* münden, die mit dem Innern des Behälters durch einen Schlitz *e* in Verbindung stehen, für den ein in der Wandung des Behälters auf- und abwärts bewegbarer Schieber *f* vorgesehen ist.

5b (17). 737761, vom 22. 11. 38. C. & E. Fein in Stuttgart. *Spannsäule für Gesteinsbohrmaschinen.*

Die Spannsäule hat einen auf ihr mittels einer Hülse *a* geführten, in der Höhe einstellbaren mehrkantigen Führungsarm *b* für die Bohrmaschine *c*, der mittels einer geschlitzten Hülse *d* in einer Klemmschelle *e* drehbar gelagert ist. Die letztere trägt ein Zahnsegment *f*, in das eine an der Hülse *a* gelagerte Sperrklinke *g* eingreift.



5b (23_{90}). 737018, vom 14. 8. 40. Henry Neuenburg in Essen-Bredeney. *Schrämkette mit klappbar um einen Bolzen angeordneten zweischneidigen Schrämmeißeln für zwei Schnittrichtungen.*

Die Schrämmeißel der Kette haben die Form eines gleichschenkligen Dreiecks. Die Spitzen der Schenkel dieses Dreiecks sind abgerundet, und die Schenkel legen sich beim Umklappen der Meißel auf die untere Fläche eines Schlitzes der Meißelhalter der Kette auf, in dem die Meißel angeordnet sind.

10a (11_{10}). 737319, vom 12. 7. 42. Dr. C. Otto & Comp. GmbH. in Bochum. *Einrichtung zur Beschickung von Koksöfen mit Stampfkuchen.*

Die Einrichtung hat einen den Stampfkuchen beim Einfahren in die Ofenkammern am vorderen Ende abstützenden Schild, der durch klauenartige, miteinander verbundene, auf der Koksseite der Öfen angeordnete Greifer gehoben wird, nachdem der Stampfkuchen in die Ofenkammern eingefahren ist. Die Greifer können mit der zum Heben der Türen der Ofenkammern dienenden Vorrichtung verbunden sein. An den Greifern ist gemäß der Erfindung eine Nottür aufgehängt, die sich an den Rahmen der Kammertüren dicht anlegt. Die Greifer greifen durch Langlöcher der Nottür. Die letztere kann in waagerechter Richtung entgegen der Wirkung von Federn an dem die Greifer tragenden Gerüst verschiebbar sein. Mit den Greifern kann ein Hebel verbunden sein, durch den beim Anheben des Schildes das diesen gegen den Stampfkuchen drückende Mittel (Kette o. dgl.) vom Schild gelöst wird.

10a (19_{01}). 736231, vom 20. 6. 30. Firma Carl Still in Recklinghausen. *Vorrichtung zum Herstellen von im Innern der Kohlenbeschickung angeordneten senkrechten Gasabzugskanälen.*

Am unteren Ende zugespitzte Rohre oder Stangen, die, wie bekannt, durch in der Decke liegender Kammeröfen reihenweise angeordnete Öffnungen in der Kohlenfüllung der Ofenkammern auf- und abwärts bewegt werden, sind mittels Zugmittel (Seile o. dgl.) an Windwerken aufgehängt. Diese sind auf einem auf der Decke verfahrbaren Gestell angeordnet. Die

Öffnungen der Ofendecke, durch die die Rohre oder Stangen in die Kohlefüllung der Kammern eingeführt werden, können mit einem zum Ableiten der Destillationsgase nach einer Vorlage dienenden Sammelrohr verbunden sein. Ferner kann in der Ofendecke eine besondere, zum Ableiten der Destillationsgase nach einer zweiten Vorlage dienende Öffnung vorgesehen werden. In diesem Fall können durch die Durchführungsöffnungen für die Rohre oder Stangen und durch die besondere Öffnung gleichzeitig Destillationsgase abgesaugt werden, oder es können im ersten Abschnitt des Entgasungs- und Verkokungsverfahrens die kühleren Gase und Dämpfe durch die Öffnungen für die Rohre oder Stangen nach der ersten Vorlage und im zweiten Abschnitt des Verfahrens die heißeren Gase und Dämpfe durch die besondere Öffnung nach der zweiten Vorlage abgesaugt werden.

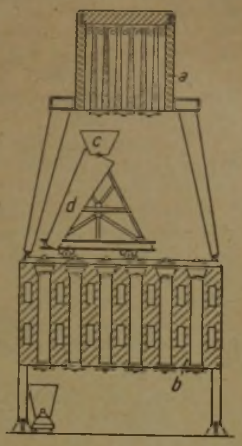


Abb. zu 10a (36_{10}).

10a (33_{01}). *729058*, vom 6. 1. 40. Dipl.-Ing. Kurd von Haken in Berlin. *Vorrichtung zur Innenbeheizung von Schwelöfen.*

In Öfen, die besonders für die Druckschwelung von in der Schwebe durch sie hindurchgeführten feinkörnigen Kohlen verwendet werden, ist im unteren Teil ein offener, als Verbrennungsherd ausgebildeter Auffangbehälter angeordnet. Der Behälter nimmt den mittleren Teil des Schwelofenquerschnittes ein und ist mit zum Zuführen von Luft dienenden Einrichtungen versehen. Der Behälter kann am oberen Ende mit Austrittöffnungen für kaltes Spülgas versehen sein und am unteren Ende zum Brechen des zusammengesinterten Kokses dienende Einrichtungen haben.

10a (36_{10}). *737114*, vom 31. 10. 41. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG. in Nürnberg. *Schwelanlage mit übereinanderliegendem Schwelteil und Nachgarteil.*

Zwischen dem Schwelteil *a* und dem Nachgarteil *b* der Anlage ist, wie bekannt, ein Trichter *c* verfahrbar angeordnet. Mit dem unteren Ende des Trichters ist eine Überleitschurre *d* schwenkbar verbunden. Zwischen der letzteren und dem Trichter kann ein Brechwerk *e* eingeschaltet werden.

81e (45). *737304*, vom 9. 7. 41. Heinrich Lorenz in Dortmund-Loh. *Förderrutsche für halbsteile und steile Lagerung mit in der Rutsche einseitig oder wechselseitig eingebauten unbeweglichen Leitkörpern.*

Die Leitkörper der Rutsche haben eine ähnliche Form wie das Leitblech eines Pflugkörpers (-schars) und ragen zunächst allmählich, dann stärker ansteigend aus der Gleitfläche der Rutsche heraus. Die Leitkörper können an der oberen Kante in einem Knick nach oben gebogen sein und die dadurch gebildeten Schenkel der Körper können einen Winkel mit der Förderrichtung der Rutsche bilden. Ferner können das der Mitte der Rutsche zugekehrte offene Ende der Leitkörper durch Bleche mit dem Boden der Rutsche verbunden sein.

81e (89_{01}). *723809*, vom 28. 3. 37. Gesellschaft für Förderanlagen Ernst Heckel mbH. in Saarbrücken. *Gutschonvorrichtung für Fördergefäße.*

In den Gefäßen ist eine durch das Fördergut belastete, unter der Wirkung einer Feder stehende mehrteilige Klappe schwenkbar angeordnet, deren Feder so bemessen oder einstellbar ist, daß ihre Spannung gerade ausreicht, die Klappe bei ihrer Anfangslage zu tragen. In der Zeit von der Beschickung der Gefäße bis zum Abgleiten des Gutes von der Klappe wird diese zwecks Verhinderung zu schneller Bewegungen durch einen Flüssigkeitspuffer getragen.

ZEITSCHRIFTENSCHAU[1]

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

Bergtechnik.

Allgemeines. Ternes, Josef: Ein neuartiger Zweikammer-Schmierapparat für Druckluftmaschinen. Glückauf 79 (1943) Nr. 41/42 S. 475/79*. Durch Berechnung und Versuche werden für einen Differenzdrucköler die Zusammenhänge zwischen stündlicher Luftmenge und Öffnungsverhältnis einerseits und dem die Leistung bestimmenden Differenzdruck andererseits bestimmt. Es wird gezeigt, daß bisher alle Schmiergeräte für Druckluftmaschinen den gestellten Anforderungen bezüglich der Hauptforderung nach einer während des Betriebs gleichbleibenden Öldosierung nur mangelhaft genügen. Ein neuartiger Öler nach dem Zweikammersystem, der diesen Nachteil vermeidet, wird nach Aufbau und Arbeitsweise beschrieben, und die damit erzielten Versuchsergebnisse werden dargelegt. Zum Abschluß wird gezeigt, wie sich mit Hilfe dieses neuartigen Zweikammersystems in übersichtlicher Weise die von Fall zu Fall erforderliche Öldosierung schnell ändern läßt.

Auf andere als Differenzdrucköler ist nicht näher eingegangen worden. Ihre Nachteile, die im Fehlen der für schwankenden Luftdurchsatz erforderlichen automatischen Ölmengenregelung und in dem teilweisen Fehlen jeglicher Einstellungsmöglichkeit zur Anpassung an den Schmiermittelbedarf des Luftverbrauchers sowie an die Schmierstoff-Viskosität, Betriebstemperatur u. dgl. bestehen, können ihren künftigen Einsatz nicht mehr in ihrem bisherigen Umfang rechtfertigen.

Abbau. Maercks, Josef: Der starre Stahlstempel mit Vorspannung. Glückauf 79 (1943) Nr. 41/42 S. 480 bis 483*. Es wird gezeigt, welche Eigenschaften in der Entwicklung des Stahlstempels heute der Bergbau verlangt. Starre Stempel, die mit Vorspannung gesetzt sind, ergeben das geringste Einsinken und erfüllen z. Z. am besten die gestellten Bedingungen. Um größte Tragfähigkeit und leichte Bauart zu vereinen, sind Schloßausbildungen mit höchstem Reibungswert erforderlich. Die Abhängigkeit der Schloßkräfte von dem Reibungsbeiwert μ wird gezeigt und für eine Reihe von Werkstoffen der μ-Wert angegeben. Ein neuer Stahlstempel, Bauart Koepe, wird beschrieben und die Verteilung der Schloßkräfte sowie das Belastungsdiagramm gezeigt.

Förderung. Schulze-Manitius, Hans: Stauscheibenförderer im Bergbau. Fördertechn. 36 (1943) Nr. 17/18 S. 159/61*. Eingehende Beschreibung der von der Eisenhütte Westfalia in Lünen gebauten Fördereinrichtungen. Gestaltung des Förderers entsprechend dem Einfallen. Versatzrutsche für steiles Einfallen.

Barner, Gottlob: Untersuchungen an Demag-Klemmkauschen. Glückauf 79 (1943) Nr. 41/42 S. 484 bis 486*. Versuche mit verschiedenen Klemmkauschentypen werden beschrieben; sie geben Aufschlüsse über die in dem Klemmvorgang und die in den Laschen auftretenden Kräfte und Beanspruchungen. Die wichtigsten Ergebnisse sind: 1. Der Klemmvorgang teilt sich in zwei Abschnitte, a) im ersten Abschnitt bleiben die Laschen unbeweglich und die Laschenkräfte annähernd konstant. b) Im zweiten Abschnitt tritt zuerst ein starkes, dann ein abnehmendes Ausschwenken der Laschen ein, wobei die Laschenkraft ansteigt, die ein Maßstab für die Klemmwirkung und damit für die Betriebssicherheit ist. 2. Nach der Entlastung bleibt das Laschensystem in der äußersten Lage stehen: Die Klemmkausche wirkt selbsthemmend. 3. Der Reibungswert zwischen Seil und Klemmkausche wurde zu $\mu = 0{,}2 - 0{,}3$ gefunden.

Riedig, Friedrich: Vorrichtungen zum gleichmäßigen Beschicken von Aufbereitungsmaschinen. Fördertechn. 36 (1943) Nr. 17/18 S. 162/67*. Im besonderen werden an Hand von Abbildungen beschrieben: ein Förderband zum Abziehen des Massengutes aus einem durch Schienenwagen beschickten Bunker nach der Aufbereitungsanlage; eine Schnecke zum Fördern von Kohlenstaub aus dem Auslauf eines Bunkers; ein eisernes Aufgabeplattenband, das über einen Übergangsbunker durch Muldenkipper beschickt wird; eine Torpedorinne mit Aufgabevorrichtungen zum gleichmäßigen Beschicken; eine Förderbandwaage; ein Gewichtszuteiler mit kurzem Förderband, ein Drehtellerzuteiler, eine Förderbandwaage mit doppelter Wiegebrücke, Zellenradzuteiler, Walzenzuteiler, Kippenzuteiler, Schneckenzuteiler, Stangenrostzuteiler, Exzenterzuteiler, Schubwagenzuteiler, Schüttelzuteiler, Pendelzuteiler, Stoßzuteiler und Schwingzuteiler.

Chemische Technologie.

Ammonsulfat. Thau, Adolf: Maßnahmen zur Verbesserung der Ammoniumsulfatbeschaffenheit II. Öl u. Kohle 39 (1943) Nr. 35/36 S. 788/92*. Der erste Teil der Arbeit über die Maßnahmen zur Verbesserung der Beschaffenheit des Ammonsulfats wird durch die Beschreibung eines Verfahrens ergänzt, bei welchem die gröbere Körnung des Salzes durch Erhitzung des in den Sättiger eintretenden Ammoniakdampfes herbeigeführt wird. Ferner wird ein auf einer oberschlesischen Kokerei erfolgreich eingeführter Gasverteiler aus Kohlenstoff-Steinmasse für Ammoniaksättiger besprochen und auf die durch ihn erzeilten Ersparnisse hingewiesen.

Entschwefelung. Lorenzen, Gerhard und Fritz Leithe: Die neuzeitlichen Entschwefelungsverfahren. Gas- u. Wasserfach 86 (1943) Nr. 20 S. 313/21*. Nach einem

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

Hinweis auf die volkswirtschaftliche Bedeutung der Schwefelgewinnung werden ihre chemischen Grundlagen besprochen, Verbesserungen der Trocknung aufgeführt und die Extraktion der Masse erläutert. Dann folgt ein Überblick über die neueren Naßreinigungsverfahren auf oxydativer Grundlage mit besonderer Berücksichtigung des Staatsmijnen-Otto-Verfahrens und der Verfahren auf neutralisierender Grundlage mit eingehender Behandlung der Entschwefelung mittels Ammoniak. Darauf werden die Verfahren zur Gewinnung von Schwefelerzeugnissen aus dem Schwefelwasserstoff der Neutralisationsanlage geschildert, und schließlich Gedanken über die Wirtschaftlichkeit und Auswahl der Verfahren gebracht.

Vergasung. Thau, Adolf: Die Entwicklung der Vergasung fester Brennstoffe während der letzten zwei Jahrzehnte. Teer u. Bitumen 41 (1943) Nr. 8/9 S. 139/54*. Das die Bau- und Betriebsweise der Gaserzeuger betreffende Gebiet wird auf Grund der hauptsächlichen während der letzten zwei Jahrzehnte im technischen Schrifttum veröffentlichten Arbeiten besprochen, wobei auch das neueste Patentschrifttum herangezogen ist. Die Fortschritte im Bau der Wassergaserzeuger sind kurz gewürdigt, während die wiederholt behandelten Synthesegaserzeugungsverfahren unter Hinweis auf die einschlägigen Veröffentlichungen übergangen, hinsichtlich des Patentschrifttums jedoch berücksichtigt sind.

Steffen, P.: Vergasung von Braunkohlenbriketts im Evers-Union-Generator. Braunkohle 42 (1943) Nr. 38/39 S. 377/82*. Der genannte Generator ist ausschließlich für die Vergasung von Braunkohlenbriketts entwickelt worden. Er arbeitet nach dem absteigenden Vergasungsprinzip. Die im oberen, stark eingezogenen Querschnitt des Feuerkorbes angebrachten Randdüsen sind schräg nach oben geführt. Der aus Schamottesteinen bestehende Feuerkorb findet nach unten hin seinen Abschluß durch einen Rüttelrost, der vom Führerhaus aus auch während der Fahrt betätigt werden kann. Die Form des Feuerkorbes ist der Formänderung des Braunkohlenbriketts während des Vergasungsprozesses angepaßt.

Aufbereitung und Brikettierung.

Steinkohlenaufbereitung. Gründer, Werner: Vorschläge zur Darstellung von Maschinen- und Apparate-Stammbäumen sowie Mengenstrombildern in der Steinkohlenaufbereitung. Glückauf 79 (1943) Nr. 37/38 S. 429/32*. Es werden einige Beispiele aus der Entwicklungsgeschichte der Darstellung von Mengenstrombildern oder Mengenstammbäumen besprochen. Als Vorlage wird das in den »Richtlinien für Abnahme und Überwachung von Steinkohlenaufbereitungsanlagen, Ausgabe 1943«, angegebene Muster eines Mengenstrombildes empfohlen, um eine möglichst einheitliche Art der Darstellung zu erreichen. Für die Aufstellung von Maschinen- und Apparate-Stammbäumen wird die Benutzung von einheitlich entworfenen Kennbildern vorgeschlagen, so wie es in der Erzaufbereitung seit langem üblich ist und sich gut bewährt hat.

Krafterzeugung, Kraftverteilung, Maschinenwesen.

Fahrzeuggeneratoren. Rammler, E.: Fahrzeuggeneratoren für Braunkohlenbriketts. Braunkohle 42 (1943) Nr. 36/37 S. 357/60*. Geschichtliche Entwicklung. Vergasungsvorgang, Teerspaltung, Wassergehalt, Aufbau der Brikettgaserzeuger, Kraftstoffprogramm. Anforderungen an das Braunkohlenbrikett. Schlußbetrachtung.

Dampfkessel. Geißler, Theo: Graphische Dampfkesselberechnung. Wärme 66 (1943) Nr. 17 S. 185/88*. Die graphische Kesselberechnung hat den Vorteil, daß sie für die Temperaturfeldberechnung und Aufstellung der Wärmebilanz von der provisorischen Annahme des Kesselwirkungsgrades, der sich aus dem Abgas-, Strahlungs- und Restverlusten sowie den Feuerungswirkungsgrad zusammensetzt, unabhängig ist. Außerdem kann sie leicht mit Hilfe von Lineal und Zirkel streckenmäßig überprüft werden. Die Genauigkeit hängt von dem gewählten Maßstab des It-Diagramms ab. Setzt man für 10^0 C = 1 mm und für 2 kcal/Nm³ = 1 mm, so kann man mit einer Ablesegenauigkeit von etwa 1—2% rechnen, ohne daß das Diagrammformat zu unhandlich wird.

Betriebsüberwachung. Köppe, Paul: Planmäßige Überwachung und Instandhaltung von Maschinen- und Kesselanlagen. Wärme 66 (1943) Nr. 17 S. 189/96*. Unter den auftretenden Betriebsstörungen ist unbestreitbar ein großer Teil auf mangelhafte Betriebsüberwachung durch das Betriebspersonal zurückzuführen. Bei dessen richtiger Anleitung kann eine beträchtliche Anzahl von Betriebsstörungen vermieden werden. Zweck der Ausführungen ist es, Hinweise zu geben, wie sich dies erreichen läßt. Auf alle Fälle sollte ein eingetretener vermeidbarer Schadenfall genügen, daß unter Ausschöpfung aller Möglichkeiten Maßnahmen gegen eine Wiederholung getroffen werden.

Gaserzeuger. Bubtschke, W.: Die Entwicklung des Gaserzeugers für landwirtschaftliche Schlepper in der Sowjet-Union. Z. VDI 87 (1943) Nr. 39/40 S. 617/27*. In der Sowjet-Union wurde schon in der Mitte der zwanziger Jahre mit der Vorbereitung zur Verwendung von Gaserzeugern in Kraftfahrzeugen begonnen, obwohl das Land zu den ölreichsten der Welt gehört. Diese Entwicklung, die nach vielen planmäßigen Versuchen zu einer den russischen Bedürfnissen entsprechenden gut brauchbaren Bauart führte, wird in ihren wichtigsten Einzelheiten besprochen.

Wärmepumpe. Bauer, B.: Wärmepumpenanlagen in der Schweiz. Elektrotechn. Z. 62 (1943) Nr. 37/38 S. 497/502*. Das Verfahren der Brüdenvernichtung. Die Luftwärmepumpe und das Zellenrad. Wärmepumpen-Großanlagen mit Kaltdampfmaschinen.

Chemie und Physik.

Kohlenstoff. Gummert, Fritz und Heinrich Gustav Steinmann: Vom Kohlenstoff. Glückauf 79 (1943) Nr. 39/40 S. 449/53. Eingehende Erörterung der Rolle des Kohlenstoffs für das organische Leben. Beitrag zu einer Kohlenstoffbilanz Deutschlands.

Verschiedenes.

Schmidt, Alfred: Was ist Leistungssteigerung? Begriffe und Vergleichsmaßstäbe. Z. VDI 87 (1943) Nr. 37/38 S. 587/90*. Die Worte Leistung und Leistungssteigerung werden oft ganz verschieden angewendet, was zu Unklarheiten und Ungerechtigkeiten beim Leistungsververgleich führt. Deshalb werden klare Begriffe vorgeschlagen. Die normale Leistungssteigerung und die Abweichungen davon lassen sich leicht erkennen und in Prozentzahlen ausdrücken, wenn man die Aufwendungen an Arbeitszeit in doppel-logarithmischen Koordinaten zeichnerisch darstellt.

PERSÖNLICHES

Der Dr.-Ing. habil. Menzel, Oberingenieur am Institut für Aufbereitung und Bergbaukunde der Bergakademie Freiberg (Sa.), ist unter Verleihung der Lehrbefugnis für Aufbereitung und Bergbaukunde, im besondern der Steine und Erden, zum Dozenten ernannt worden.

Der Dr.-Ing. habil. Vollmaier, stellvertretender Direktor der Abteilung für Braunkohlenbergbau am Braunkohlenforschungsinstitut an der Bergakademie Freiberg (Sa.), ist unter Verleihung der Lehrbefugnis für Bergbaukunde und mechanische Kohlenveredlung zum Dozenten ernannt worden.

Der Generaldirektor der Gelsenkirchener Bergwerks-AG., Dr. Gustav Knepper in Essen, ist von der Universität Bonn zum Ehrenbürger ernannt worden.

Gestorben:

in Berlin der Dr.-Ing. e. h. Karl Fertig, früherer Generaldirektor der Grube Leopold AG., im Alter von 79 Jahren,

am 30. September in Aschersleben der Bergwerksdirektor i. R. Bergassessor Ernst Riegel, langjähriges Vorstandsmitglied der ehem. Kaliwerke Aschersleben, im Alter von 65 Jahren.

Verein Deutscher Bergleute

Bezirksverband Gau Westfalen-Süd, Untergruppe Siegen. 15. November, 16 Uhr, Bürgerhaus in Siegen, Koblenzer Str. 8, Vortrag Dipl.-Ing. Anthes »Anwendung der Elektrizität im Bergbau (Teil II Elektrischer Antrieb von Untertage-Maschinen)«. Anschließend kameradschaftliches Beisammensein.

STELLENANGEBOTE

Berliner Großfirma der Elektroindustrie sucht für ihre Bergbau-Abteilung zu baldigem oder späterem Dienstantritt mehrere **Elektro- od. Berg.-Ing.** mit Hoch- oder Fachschulbildung für die Berechnung, Projektierung und Ausführung elektr. Fördermaschinen und sonstiger Bergwerksmaschinen. Es handelt sich um ein sehr vielseitiges und interessantes Arbeitsgebiet. Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen unter Kennwort AJ 70 unter G 1681 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Großes Bergbauunternehmen sucht für Oberschlesien **1 Maschinen-Dipl.-Ing.** Derselbe muß mit allen einschlägigen Arbeiten, z. B. statische Berechnungen, vertraut sein. **2 Maschinen-Fahr- od. Obersteiger, 2 Maschinen-Techniker, 1 Betriebsführer** und **2 Steiger** als stellvertr. Betriebsführer für das Abteufen von Gefrier- und Handabteuf-Schächten. Es kommen nur erstklassige Kräfte in Frage, die mehrjährige erfolgreiche Tätigkeit nachweisen können. Angeb. mit Lichtbild, Lebenslauf und Zeugnisabschriften, Gehaltsforderung und Angabe des frühesten Antrittstermins erbeten unter G 1755 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Für die Leitung der betriebswirtschaftlichen Abteilung einer Steinkohlen-Bergbau-Gesellschaft im Ruhrgebiet wird **Dipl.-Bergingenieur** gesucht, welcher gute Erfahrungen im Unter- und Obertagebetrieb größerer Zechenanlagen, vor allem auf dem Gebiete des Arbeitseinsatzes, besitzt. Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften u. Gehaltsansprüche erbeten unter G 1756 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Steinkohlenbergwerk in Ost-Oberschlesien sucht **Steiger** mit Erfahrungen im Abbau geringmächtiger Flöze. Bewerbungen erbeten unter G 1760 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Erfahrener **Maschinensteiger** oder Maschinen- und Elektrosteiger bzw. Meister für Gangerzbergbau und Aufbereitungsbetrieb zum baldigen Antritt gesucht. Bewerber mit langjähriger Erfahrung in der Aufstellung, Überwachung und laufender Instandhaltung von Aufbereitungsmaschinen werden bevorzugt. Angeb. mit ausführl. Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Bild u. sonstig. Bewerbungsunterlagen erb. unt. G 1758 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Große Aktiengesellschaft sucht für **Steinkohlengrube** baldmöglichst:

1 Maschineningenieur	Kennziffer	343
2 techn. Zeichner(innen)	„	344
1 Vermessungstechniker bzw.	„	345
Zeichnerin	„	346
1 Bautechniker	„	347
1 Elektromeister	„	348
1 Maschinensteiger oder Maschinenmeister	„	349
1 Sachbearbeiter für Gefolgschaftsbetreuung	„	350
1 Leiter des Lohnbüros	„	351
mehrere Lohnbuchhalterinnen,	„	352
eine große Anzahl Elektriker, Schlosser, Schmiede, Dreher, Schweißer (elektro u. autogen), Maurer, Schreiner, Zimmerleute	„	353

Angebote mit Zeugnisabschriften, Lichtbild, Angabe des jetzigen Gehaltes u. der Freigabemöglichkeiten unter Fr. 27585 an Ala, Berlin W 35.

STELLENGESUCHE

Dipl.-Bergingenieur, 47 Jahre, mit großen und vielseitigen Erfahrungen auf allen Gebieten des Bergbaues, Kohle und Erz, Grubenbetrieb, Aufbereitung (Flotation), Bergwerksmaschinenbetrieb, Bearbeitung an Bergbau-Projekten, Aufschlußarbeiten, Montagearbeiten, mehrere Jahre Auslandspraxis, Sprachenkenntnisse, sucht interessantes Arbeitsgebiet in leitender Stellung im Bergbau oder Bergbau-Unternehmen. Diplom-Bergingenieur Stang, Stolberg, Rhld., Rosenthal.

AN- UND VERKÄUFE

Wir suchen dringend zu kaufen oder zu leihen: 1 fahrbaren **Bandförderer** mit ca. 17—20 m-Förderlänge und 500 mm Gurtbreite, Antrieb elektrisch 380 V Drehstrom, 50 Per. 1 Polyp-Greifer mit 0,3—0,5 cbm Inhalt. Angebote erbeten unter T. 1269 an Ala, Berlin W 35.

Eisenfässer, 200 Ltr., neue, gegen Eisenschein lieferbar. Berlin SW 11, Postfach 43.

Magnetscheider, Kreuzband- oder Bandringscheider, 400 oder 600 mm Bandbreite, neu oder gebraucht, auch in reparaturbedürftigem Zustand, kurzfristig zu kaufen gesucht. Angebote erbeten unter G 1759 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

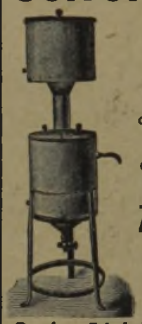
Lederarbeiterschutzartikel aus Leder! (Aus Chrom- u. Spaltleder). Leder-Dreifinger-Handschuhe, Leder-Fünffinger-Handschuhe mit Stulpen, Lederarmschützer, Handleder mit Riemchen liefert sofort nur an Selbstverbraucher Heinrich Otto, Kassel, Spohrstraße 13.

Kompressor (neu oder gebraucht) zu kaufen gesucht. Saugleistung etwa 2,3 bis 3 cbm/Min. bei 6—7 atü, Antrieb vorhanden. Angebote unter G 1761 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

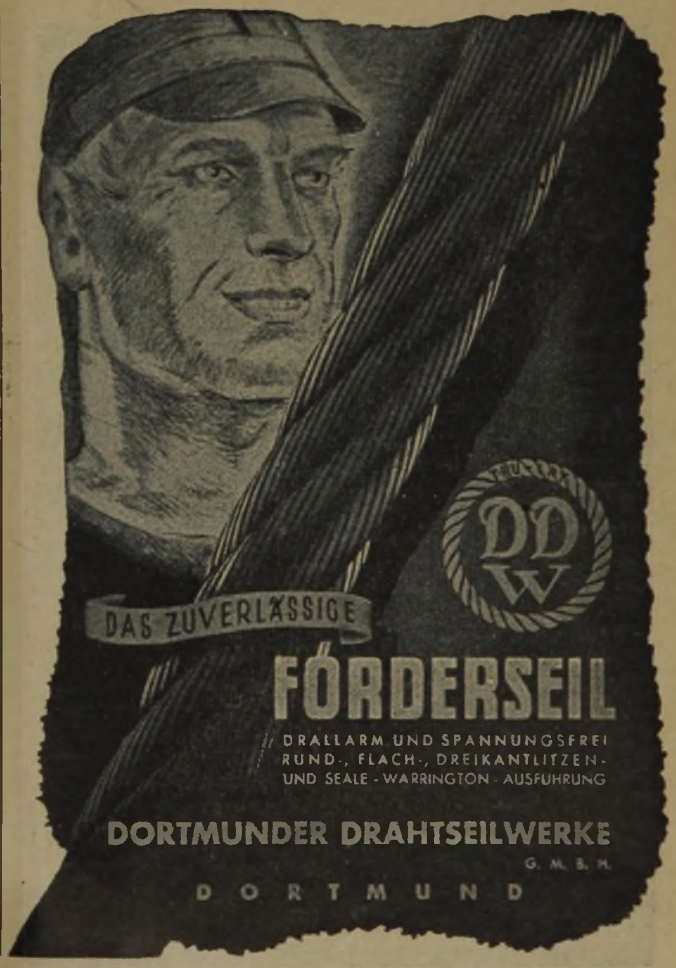
Kleindampfturbine (Gegendruck), neu oder gebraucht, für 4 bis 6 t Dampfdurchsatz/h, Eintrittsdruck 13 bis 14 atü, 300 bis 400° C, Austrittsdruck ca. 2,5 atü, möglichst mit Drehstromerzeuger für 500 Volt, 50 Per. zu kaufen gesucht. Angebote erbeten unter G 1762 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

Bergmanns-Uniform, komplett oder auch Einzelteile, wie Jacke, Arschleder, Mütze, Tschako, Degen usw., von techn. Angestellten im Bergbau zu kaufen gesucht. Angebote unter G 1757 an die Verlag Glückauf GmbH., Essen.

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

Oelreiniger

„HANSA"
reinigt gebr. Maschinenöle aller Art
dampfbeheizt
für sehr dickflüssige schmutzige
Zylinderöle
und Fette
denkbar beste Resultate
Gustav Adolph, Mainz G
Gegründet 1889

Man verlange Druckschrift 266 Glückauf.



Schriftwalter: Bergassessor C. Pommer, für den wirtschaftlichen Teil: Dr. H. Meis, beide Essen / Anzeigenleiter: Franz Flach, Essen.
Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 6 / Druck: C. W. Haarfeld, Komm.-Ges., Essen / Verlag Glückauf GmbH., Essen, Huyssenallee 100. Fernruf 22203, 20981
Vierteljahres-Bezugspreis 7,— RM. Preis des Einzelheftes 1,25 RM.

DOMINIT
DOMINIT
Sch
DOMINITWERKE G.M.B.H., DORTMUND

GASSCHUTZ TREIBEN HEISST VERANTWORTUNG HABEN!
DRAEGER
I. MURKEN
DRÄGER
Sauerstoff-Gasschutzgeräte
Sauerstoff-Behandlungsgeräte
Gasmasken
Filterschutzgeräte gegen Kohlenoxyd
DRÄGERWERK HEINR. & BERNH. DRÄGER LÜBECK
59

ESCH
BERGEBRECHANLAGEN
MIT KREISELBRECHER IN SONDERAUSFÜHRUNG
FÜR ÜBER- UND UNTERTAGE
Volle Betriebssicherheit
Hohe Leistungsfähigkeit
Unerreicht geringer Verschleiß
Größte Wirtschaftlichkeit
Niedrige Bauart
Gleichmäßiger Körnungsanfall
Für DEN BERGBAU
Kreiselbrecher
Backenbrecher
Einschwingenbrecher
Glattwalzwerke
Walzenbrecher
Spezial-Kohlen und Koksbrecher
Rohrmühlen
Feinrohrmühlen
Ringwalzenmühlen
Vibrationssiebe
Trockentrommeln
ESCHWERKE DUISBURG
ESCH-WERKE K.-G. DUISBURG

Stahl-Gliederbänder
DEMAG