

# GLÜCKAUF

## Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift

Nr. 32

13. August 1938

74. Jahrg.

### Untersuchungen zur Erkenntnis des Gebirgsdrucks.

Von Bergingenieur R. Fenner, Santiago de Chile.

Die zahlreichen Arbeiten, die bisher über den Gebirgsdruck erschienen sind, behandeln dieses Problem von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus. Einige Verfasser bauen ihre Arbeiten auf Beobachtungen und Erfahrungen auf, andere gehen von Berechnungen aus, die in enger Beziehung zum Hookeschen Gesetz stehen.

Das bergmännische Schrifttum enthält eine Fülle von Feststellungen und theoretischen Erläuterungen<sup>1</sup>, die sich schwer einem gemeinsamen Gesichtspunkt unterordnen lassen. In der vorliegenden Arbeit, die sich ausschließlich mit den Druckerscheinungen um verhältnismäßig kleine Hohlräume (Strecken und Schächte)<sup>2</sup> beschäftigt, soll unbeschadet der wertvollen Ergebnisse, die der Beobachtung zu verdanken sind, der Versuch gemacht werden, auf der Grundlage der Elastizitäts- und bestimmt formulierter Plastizitätseigenschaften kennzeichnende Erscheinungen im Gebirge zu erklären und die Abhängigkeit der verschiedenen in Betracht kommenden Faktoren gesetzmäßig zu erfassen.

Selbstverständlich ist die Lösung dieser Aufgabe nur bei Idealisierung des behandelten Mediums möglich, da die aufgestellten Beziehungen Stetigkeit voraussetzen, was nur bei vollständiger Homogenität des Mediums und des ursprünglichen Spannungszustandes der Fall ist. Andererseits muß Isotropie und strenge Geltung des Hookeschen Gesetzes unterhalb der Fließgrenze verlangt werden, was in der Natur nur näherungsweise anzunehmen ist. Oberhalb der Fließgrenze ist vorzusetzen, daß die aufgestellte Plastizitätsbedingung volle Gültigkeit hat und daß nach genügend langer Zeit, die ausschließlich durch die Raumdehnung des Mediums bedingt wird, der in Betracht kommende Grenzzustand erreicht ist, weil sonst die mathematische Lösung der Aufgabe nicht eindeutig bestimmt wäre. Diese Bedingung wird bekanntlich im Abbau nicht erfüllt, weil die Fließbewegung geringere Geschwindigkeit als diejenige des Abbaus aufweist, ein Umstand, der es zweckmäßig erscheinen läßt, die durch den Abbau entstehenden großen Räume zunächst nicht zu behandeln, obwohl sie denselben Gesetzen unterworfen sind.

#### Spannungszustand im ungestörten Gebirge.

#### Spannungszustand im elastischen Medium.

Das ungestörte Gebirge sei in der Weise definiert, daß die größere der beiden Hauptspannungen mit

<sup>1</sup> Vgl. z. B. Haack, Glückauf 64 (1928) S. 711. Gillitzer, Glückauf 64 (1928) S. 977. Langecker, Glückauf 64 (1928) S. 1409. Spackeler, Glückauf 64 (1928) S. 873; 65 (1929) S. 461 und 1753; 66 (1930) S. 757. Kühn, Glückauf 67 (1931) S. 1033 und 1477; 68 (1932) S. 185; 69 (1933) S. 560; Lenk: Der Ausgleich des Gebirgsdrucks in großen Teufen, Berlin 1931. Gremmler: Messungen und Beobachtungen des Gebirgsdrucks am Ausbau von Ausrichtungstrecken, Glückauf 69 (1933) S. 417.

<sup>2</sup> Das Schrifttum über die zahlreichen Beobachtungen und Messungen an der Oberfläche wird hier nicht angegeben, weil es sich dabei um große Hohlräume handelt.

der Vertikalrichtung zusammenfällt und durch die Gleichung

$$p_z = \gamma h \dots \dots \dots 1$$

gekennzeichnet wird, worin bedeuten  $p_z$  den vertikalen Druck,  $\gamma$  das spezifische Gewicht des Gesteins und  $h$  die Tiefe des Ortes, dessen Spannungszustand untersucht werden soll. (Druckspannungen positiv.)

Da der seitliche Druck die in Richtung der OX- und der OY-Achse wirkenden Formänderungen verhindert, lassen sich unmittelbar die parallel zur X-, Y- und Z-Achse gerichteten Dehnungen durch die Bedingungen:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \xi}{\partial x} = \frac{\partial \xi}{\partial y} = \frac{\partial \xi}{\partial z} = \frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\partial \eta}{\partial y} = \frac{\partial \eta}{\partial z} = \frac{\partial \zeta}{\partial x} = \frac{\partial \zeta}{\partial y} = 0 \\ \frac{\partial \zeta}{\partial z} \text{ ist nicht gleich } 0 \end{aligned} \right\} 2$$

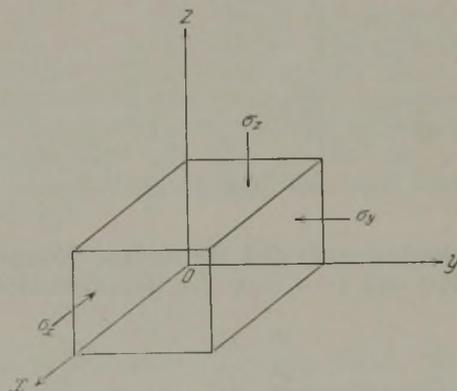


Abb. 1.

zum Ausdruck bringen (Abb. 1). Da nun nach den Gesetzen der Elastizitätstheorie<sup>1</sup> die Hauptspannungen den Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= 2 G \left( \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{e}{m-2} \right) \\ \sigma_y &= 2 G \left( \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{e}{m-2} \right) \\ \sigma_z &= 2 G \left( \frac{\partial \zeta}{\partial z} + \frac{e}{m-2} \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 3$$

genügen, worin  $G$  den Schubelastizitätsmodul,  $e$  die Raumdehnung und  $m$  die Poissonsche Konstante bedeuten, so lassen sich nach Einsetzen der Bedingung 2 in die Gleichung 3 die Werte der drei Hauptspannungen bestimmen. Diese lauten, wenn man  $\sigma_z = p$  setzt,

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{p}{m-1} \dots \dots \dots 4.$$

<sup>1</sup> Föppl, Bd. 3 und 5.

Unter Zugrundelegung der für die Schubspannungen geltenden Formeln:

$$\left. \begin{aligned} \tau_{xy} = \tau_{yx} &= G \left( \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \right) \\ \tau_{xz} = \tau_{zx} &= G \left( \frac{\partial \xi}{\partial z} + \frac{\partial \zeta}{\partial x} \right) \\ \tau_{yz} = \tau_{zy} &= G \left( \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial z} \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 5$$

ergeben sich ohne weiteres die Gleichungen:

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \tau_{xz} = \tau_{zx} = \tau_{yz} = \tau_{zy} = 0,$$

die beweisen, daß die drei Spannungen Hauptspannungen sind.

Unter Hinweis auf den in Abb. 2 dargestellten ebenen Spannungszustand gelangt man nach Projektion der Kräfte zu den Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x \sin \varphi &= n \sin \varphi - \tau \cos \varphi \\ \sigma_z \cos \varphi &= n \cos \varphi + \tau \sin \varphi \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 6.$$

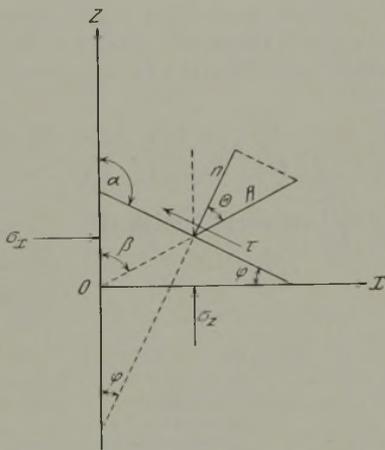


Abb. 2.

Diese drücken aus, daß die beiden Komponenten  $x = \sigma_x \sin \varphi$  und  $z = \sigma_z \cos \varphi$  der Resultierenden R der Formel

$$\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2} = 1 \dots \dots \dots 7$$

genügen, oder, da beim dreidimensionalen Spannungszustand der OY-Achse derselbe Wert zukommt wie der OX-Achse, also  $\sigma_x = \sigma_y$  ist, der Formel:

$$\frac{x^2 + y^2}{\sigma_x^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2} = 1 \dots \dots \dots 8,$$

d. h. das Spannungsellipsoid ist ein Rotationsellipsoid mit den Achsen

$$\sigma_z = p; \sigma_x = \frac{p}{m-1}; \sigma_y = \frac{p}{m-1}.$$

Diese Gleichungen gelten, solange die Schubspannungen die dem betreffenden Gestein entsprechende Proportionalitätsgrenze nicht überschreiten.

Aus praktischen Gründen soll der Spannungszustand in Polarkoordinaten dargestellt werden. Es seien (Abb. 3)  $\sigma_t$  und  $\sigma_r$  die Normalspannungen in der Richtung der Tangente bzw. in Richtung des Radius und  $\tau$  die Schubspannung. Ein Blick auf Abb. 2 zeigt, daß der Winkel  $\varphi$  in Abb. 3 demjenigen in Abb. 2 entspricht, den die Normalspannung mit der

OZ-Achse bildet. Unter Benutzung der Gleichungen 6 und mit Berücksichtigung der Werte  $\sigma_x = \frac{p}{m-1}$  und  $\sigma_z = p$  gelangt man zu den Formeln:

$$\left. \begin{aligned} n = \sigma_r &= \frac{p}{m-1} \sin^2 \varphi + p \cos^2 \varphi \\ \tau &= \left( p - \frac{p}{m-1} \right) \sin \varphi \cos \varphi \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 9,$$

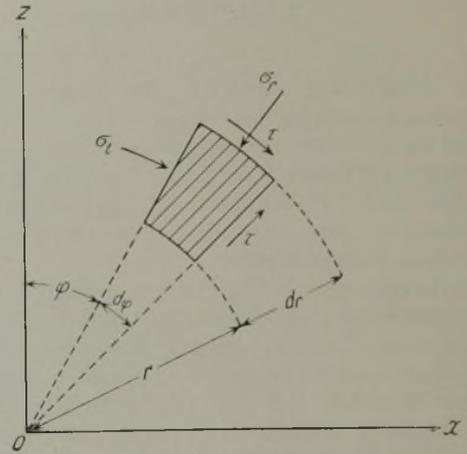


Abb. 3.

aus denen man nach Einführung des doppelten Winkels  $\varphi$  und unter Berücksichtigung der Richtung der Spannungen  $\sigma_t$  und  $\tau$  ohne weiteres die Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{p}{2(m-1)} [m + (m-2) \cos 2\varphi] \\ \sigma_t &= \frac{p}{2(m-1)} [m - (m-2) \cos 2\varphi] \\ \tau &= -\frac{p(m-2)}{2(m-1)} \sin 2\varphi \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 10$$

ableiten kann, die den Wert der Spannungen in einer beliebigen Richtung angeben.

Haben die beiden Hauptspannungen denselben Wert, so nehmen die Gleichungen 9 die Form:

$$\sigma_r = \sigma_t = p, \tau = 0 \dots \dots \dots 11$$

an, womit ausgedrückt wird, daß jede beliebige Richtung eine Hauptrichtung, der Wert der Hauptspannung gleich p und der Wert der Schubspannung gleich Null ist.

Diese Werte erklären auch das Verhalten von Gesteinswürfeln, die man bei Laboratoriumsversuchen gleichem, allseitigen Druck aussetzt. Da keine Schubspannungen auftreten, können sie nicht zertrümmert werden.

Spannungszustand im plastischen Medium.

Um die oben entwickelten Formeln sinngemäß für plastische Medien zu verallgemeinern, ist es zweckmäßig, sie mit Hilfe des Mohrschen Kreises schaubildlich darzustellen<sup>1</sup>.

Bezeichnet man mit  $\sigma_1$  und  $\sigma_2$  die beiden Hauptspannungen, so daß

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = m - 1 \dots \dots \dots 12$$

ist, mit  $\sigma_n$  und  $\tau$  die Normal- und die Schubspannung,

<sup>1</sup> N a d a i, Handbuch der Physik, Bd. 6, Kap. 6, Plastizität und Erddruck.

welche die Richtung  $\varphi$  mit der OZ-Achse bilden (Abb. 2), so kann man mit Hilfe der Abb. 4 folgende Gleichungen aufstellen:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_n &= \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\varphi \\ \tau &= \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\varphi \end{aligned} \right\} \dots 13.$$

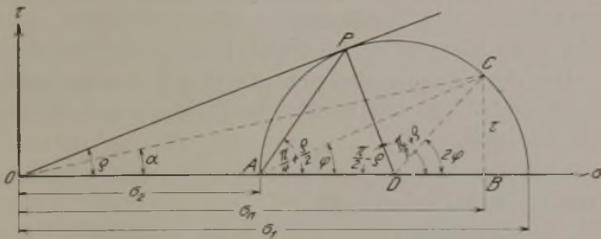


Abb. 4.

Diese Gleichungen stimmen mit den Gleichungen 9 überein, wenn man in 9 für  $p$  und  $\frac{p}{m-1}$  die Werte  $\sigma_1$  und  $\sigma_2$  setzt und statt von  $\varphi$  die Funktionen des doppelten Winkels einführt. Damit ist bewiesen, daß in Abb. 4 die Abszisse OB die Normalspannung und die Ordinate BC die Schubspannung wiedergibt.

Der Winkel  $BAC = \varphi$  stellt, wie bereits erwähnt, die Richtung der betrachteten Spannung  $\sigma$  mit der Richtung OZ oder, was dasselbe ist, die Richtung der größten Hauptspannung mit einer beliebigen, im Raume festgelegten Richtung dar. Aus derselben Abbildung ist zu ersehen, daß der Höchstwert der Schubspannung bei  $\varphi = 45^\circ$  auftritt, was schon aus der zweiten Formel der Gruppe 13 hervorging. Andererseits ersieht man ebenfalls aus Abb. 4, daß der Höchstwert des Quotienten

$$\text{tg } \rho = \frac{\tau}{\sigma_n} \dots 14$$

in dem Berührungspunkte P des von O tangential zum Mohrschen Kreise gezogenen Strahles OP zu suchen ist, so daß man für diesen Wert von  $\alpha$  die Beziehung

$$\sin \rho = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2}$$

schreiben kann, oder auch

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{1 + \sin \rho}{1 - \sin \rho} \dots 15.$$

Denkt man sich in einer sandartigen lockern Masse einen Schnitt geführt und an den beiden angrenzenden Teilen angreifende Kräfte, die eine relative Verschiebung längs des gedachten Schnittes zu verursachen trachten, so wird in der Fläche eine gewisse Reibungskraft auftreten, die gemäß der Erfahrung im Augenblick des Bewegungsbeginns proportional dem auf der Gleitfläche lastenden Druck angenommen werden darf.

Bezeichnet man mit  $\mu$  die Proportionalitätskonstante zwischen dem lastenden Druck  $\sigma_n$  und der auf die Flächeneinheit bezogenen Reibungskraft oder Schubspannung  $\tau_n$  (die Zeiger n deuten die Richtung der äußern Normale des betrachteten Körperteiles an), so erhält man für den Grenzzustand die Formel

$$\tau_n = \mu \sigma_n \dots 16.$$

Bezeichnet man jetzt mit  $\rho$  den natürlichen Böschungswinkel (Reibungswinkel), so kann man

sofort erkennen, daß die Formeln 14 und 16 übereinstimmen, wenn

$$\mu = \text{tg } \rho \dots 17$$

gesetzt wird, so daß die Formel 15 den Höchstwert des Quotienten der beiden Hauptspannungen darstellt.

Somit würde in einem beliebigen Punkte im Innern einer sandartigen lockern Maße der Spannungszustand durch Formel 15 definiert, wie aus folgender Überlegung hervorgeht. Der Wert der senkrechten Hauptspannung wird durch die Last der oberhalb des betrachteten Punktes liegenden Masse dargestellt, also bei horizontaler Oberfläche durch Formel 1. Die waagrechte Hauptspannung wird, wenn die Reibungszahl unendlich groß ist, durch die Beziehung 4 bestimmt. Ist die Reibungszahl endlich, so kommt folgende Ungleichung in Betracht:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{1 + \sin \rho}{1 - \sin \rho} \leq m - 1 \dots 18.$$

Gilt das oberste Zeichen, so besitzt  $\tau$  einen höhern als den durch die Formel 16 festgelegten Wert. Die einzelnen Körnchen müssen sich deshalb längs Gleitflächen, die den Winkel  $\frac{\pi}{2} - \rho$  miteinander bilden (Winkel ODP im Mohrschen Kreis), bewegen, bis der durch Formel 15 gegebene Wert erreicht wird. Gilt das unterste Zeichen, so ist der Wert von  $\tau$  unbestimmt und Gleichung 16 verwandelt sich in die Ungleichung

$$\tau_n < \mu \sigma_n \dots 19.$$

Bedenkt man nun, daß für den Bergmann Medien in Betracht kommen, deren Reibungskoeffizienten zwischen  $20^\circ$  (Tone, Letten) und  $40^\circ$  (Sand, Schotter) und deren Poissonsche Konstante zwischen 4 und 7 liegen, so kommt man zum Schluß, daß nur in seltenen Ausnahmefällen ( $\rho > 37^\circ$ ,  $m < 5$ ) die waagrechte Hauptspannung durch die Poissonsche Konstante bestimmt wird.

Setzt man Gleichung 18 gleich  $K-1$ , wobei

$$K = \frac{2}{1 - \sin \rho} \dots 20$$

ist, so erhält man, wenn man diesen Wert in die Formeln 10 einführt, den Spannungszustand im ungestörten kohäsionslosen Gebirge:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{p}{2(K-1)} [K + (K-2) \cos 2\varphi] \\ \sigma_t &= \frac{p}{2(K-1)} [K - (K-2) \cos 2\varphi] \\ \tau &= -\frac{p}{2} \frac{K-2}{K-1} \sin 2\varphi \end{aligned} \right\} \dots 21$$

( $p$  senkrechte Hauptspannung).

Führt man in die Formel 18 den Wert  $\mu$  des Reibungswinkels ein, so erhält man für den Quotienten der Hauptspannungen die Formel

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \left( \mu + \sqrt{1 + \mu^2} \right)^2 \dots 22.$$

Nun muß man bedenken, daß die gemachte Annahme (kohäsionsloser Sand) in den seltensten Fällen mit den Eigenschaften der für den Bergmann in Betracht kommenden Gesteine übereinstimmen wird, da diese, abgesehen von Tonen, Letten und Sand, eine beträchtliche Kohäsion besitzen und somit einen

Schubspannungswiderstand bei einachsigen Spannungszustand aufweisen, der nicht vernachlässigt werden darf.

Im allgemeinsten Falle werden die Umhüllenden der Spannungskreise (Abb. 5), wie zuerst Prandtl<sup>1</sup> betont hat, durch eine von den Eigenschaften des Mediums abhängige Kurve  $\tau = f(\sigma)$  dargestellt.

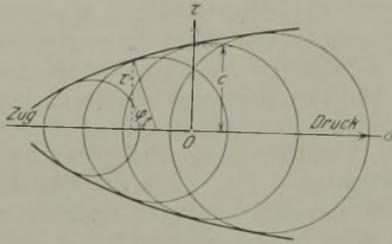


Abb. 5.

Bei den für den Bergmann in Betracht kommenden Medien (spröde plutonische, effusive und sedimentäre Gesteine) nimmt, wie die Erfahrung lehrt, die Schubspannung mit dem Druck zu, so daß mit einer für den verfolgten Zweck genügenden Genauigkeit eine geradlinige Grenzkurve angenommen werden darf. Für diesen Fall kann man, wie aus Abb. 6 zu ersehen ist, in der die Strecke  $OA = c$  die Fließgrenze beim ebenen Spannungszustand darstellt (eine der drei Normalspannungen gleich Null), folgende Beziehungen aufstellen:

$$\tau_n = c + \sigma_n \operatorname{tg} \rho \quad \dots \dots \dots 23,$$

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = (\sigma_0 + c_1) \sin \rho \quad \dots \dots \dots 24.$$

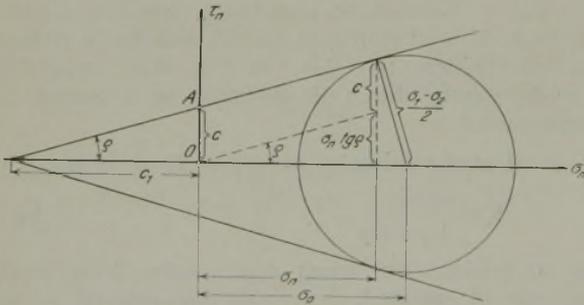


Abb. 6.

Andererseits besteht zwischen den Hauptspannungen beim Grenzfall folgende Beziehung

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \cdot \sin \rho + c_1 \sin \rho \quad \dots \dots 25.$$

Führt man, um die Formeln zu vereinfachen, den Wert

$$\sigma = \sigma_0 + c_1 \quad \dots \dots \dots 26$$

ein, so erhält man

$$\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} = \sigma - c_1.$$

Diese Beziehungen erlauben es, einfache Formeln sinngemäß für den Spannungszustand im ungestörten Gebirge bei großen Teufen aufzustellen. Sie lauten:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \sigma (1 + \sin \rho \cos 2 \varphi) - c_1 \\ \sigma_t &= \sigma (1 - \sin \rho \cos 2 \varphi) - c_1 \\ \tau &= \sigma \sin \rho \sin 2 \varphi \end{aligned} \right\} \dots \dots 27.$$

Im gestörten Gebirge (die größere Hauptspannung besitzt eine beliebige Richtung in bezug auf OZ) gelten:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z &= \sigma (1 + \sin \rho \cos 2 \varphi) - c_1 \\ \sigma_x &= \sigma (1 - \sin \rho \cos 2 \varphi) - c_1 \\ \tau &= \sigma \sin \rho \sin 2 \varphi \end{aligned} \right\} \dots \dots 28.$$

Da  $c_1$  die Kohäsionszahl ist, kann man in sehr großen Teufen die einfachern Gleichungen 23 für die Darstellung des Spannungszustandes wählen, weil dann  $c_1$  im Vergleich zu  $\sigma$  vernachlässigt werden darf.

Um den Geltungsbereich der drei Formelgruppen 10, 21 und 27 zu bestimmen, betrachte man folgende drei Beispiele:

1. Plutonische, vulkanische und sehr feste Gesteine (Granit, Basalt, Gneis usw.):

$$\tau \sim 200 \text{ kg/cm}^2, \gamma \sim 2,7, m \sim 5, \mu \sim 0,75.$$

Aus der dritten Formel der Gruppe 10 kann man die Teufe bestimmen, bei der die Bruchschubspannung erreicht wird ( $\varphi = 45^\circ$ )

$$200\,000 = 2,7 h \cdot \frac{3}{8} = \frac{8,1}{8} h.$$

Somit wird  $h = 1975 \text{ m} \sim 2000 \text{ m}$ . Man sieht sofort, daß für bergmännische Teufen für diese Gesteine ausschließlich die Formeln 10 in Betracht kommen können, und somit muß man sämtliche Berechnungen mit Hilfe der Elastizitätstheorie zu lösen versuchen.

2. Mittelfeste Sandsteine:

$$\tau \sim 40 \text{ kg/cm}^2, \gamma \sim 2, m \sim 5, \mu \sim 0,7.$$

Bei einer Teufe von 533 m wird die Schubfestigkeitsgrenze bei den um  $45^\circ$  gegen die Horizontale geneigten Ebenen erreicht. Der Sandstein befindet sich somit in teilweise plastischem Zustande, weil der Reibungswiderstand auf derselben Ebene ( $\varphi = 45^\circ$ ; s. dritte Formel der Gruppe 27) gleich  $68 \text{ kg/cm}^2$  ist ( $\sigma = 66,7 + c_1 = 120 \text{ kg/cm}^2, \tau = 120 \cdot 0,57 = 68 \text{ kg/cm}^2$ ), so daß kein Gleiten eintreten kann.

Um die Teufe zu bestimmen, bei der ausschließlich die Formeln 27 gelten, bedenke man, daß die Gleitflächen für den angenommenen Reibungskoeffizienten einen Winkel von  $27^\circ 30' \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2} \right)$  mit der Senkrechten bilden, so daß der Reibungswiderstand für obige Teufe gleich

$$\tau = 120 \cdot 0,57 \cdot 0,82 = 56 \text{ kg/cm}^2$$

ist. Erst bei 1200 m wird der Spannungszustand durch die Formeln 27 bei den angenommenen Zahlen dargestellt.

Tritt eine Störung im Gebirge ein (Bohrung eines Schachtes oder Stollens), so wird eine der betrachteten zwei Hauptspannungen gleich Null (die dritte übt keinen Einfluß aus), und die Fließgrenze des Gesteins sinkt auf  $40 \text{ kg/cm}^2$ . In diesem Falle gelten die Formeln 27 schon bei der oben angegebenen Teufe von 533 m.

Zusammenfassend kann man sagen, daß bei der Berechnung von Spannungszuständen in milden Gesteinen die Fließgrenze, je nach dem Werte der kleinsten Hauptspannung, der Schubspannung, der Poissonschen Konstanten und des Reibungskoeffizienten, zwischen 500 und 1200 m Tiefe zu suchen ist.

3. Tone, Letten, Mergel ( $\tau \sim 1 \text{ kg/cm}^2, \mu = 0,36, m \sim 5, \gamma \sim 2$ ). Bei diesen Gesteinen ist die Fließgrenze schon bei wenigen Metern Tiefe erreicht, so daß für

<sup>1</sup> Z. angew. Math. u. Mech. 1 (1921) S. 15.

bergmännische Teufen ausschließlich die Formeln 21 in Betracht kommen.

**Spannungszustand im gestörten elastischen Gebirge.**  
 Spannungszustand um einen Hohlraum mit kreisförmigem Querschnitt.

Man gehe davon aus, daß in einem Gebirge, das im Verhältnis zu den Abmessungen des Hohlrums als unendlich angesprochen werden kann, ein kreisrunder Tunnel gebohrt worden ist und stelle sich eine Scheibe vor, die normal zur Achse des waagrechten Tunnels, und zwar von beiden Tunnelenden weit entfernt, liegt. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß die Spannungskomponenten, die sich aus den Gleichungen 10 und 27 ergeben, in der Nähe des Tunnels eine grundlegende Änderung erfahren, da das Gestein unmittelbar, nachdem der Tunnel gebohrt worden ist, das Bestreben hat, den entstandenen Hohlraum auszufüllen.

Da die Verschiebungen in der Richtung der Tunnelachse durch die anstehenden Gebirgsmassen verhindert werden, kann man sich zur Lösung dieser Aufgabe nach den Lehren der Elastizitätstheorie<sup>1</sup> der Formeln der Scheibe bedienen. Diese lauten, in rechtwinkligen Koordinaten:

$$\frac{\partial^4 F}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 F}{\partial y^4} = 0 \dots 29,$$

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}; \sigma_y = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}; \tau = c - \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} \dots 30.$$

Dieselben Gleichungen lauten in Polarkoordinaten (Abb. 7) oder, besser gesagt, in zylindrischen Koordinaten, da die Spannung in Richtung der OZ-Achse nicht gleich Null ist:

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \right) \left( \frac{\partial^2 F}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 F}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial r} \right) = 0 \dots 31,$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 F}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial r}; \sigma_t = \frac{\partial^2 F}{\partial r^2} \\ \sigma_z &= \frac{1}{m} (\sigma_r + \sigma_t); \tau = - \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial \varphi} \right) \end{aligned} \right\} \dots 32.$$

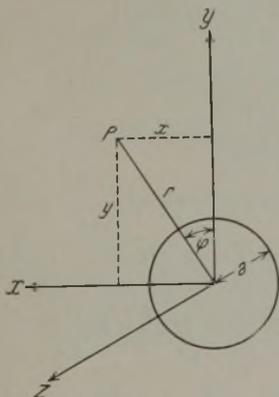


Abb. 7.

Die Funktion F, die bekanntlich Airysche Spannungsfunktion genannt wird, ist zuerst von Föppl für den Fall eines kreisrunden Loches angegeben worden<sup>2</sup>. Sie lautet, wenn die Hauptspannungen im Unendlichen den Wert p und  $\frac{p}{m-1}$  haben, wie folgt:

$$F = \frac{p}{4} \frac{m}{m-1} (r^2 - 2a^2 \ln r) - \frac{p}{4} \frac{m-2}{m-1} \frac{(r^2 - a^2)^2}{r^2} \cos 2\varphi \dots 33.$$

Aus den Gleichungen 32 erhält man die Werte der Spannungskomponenten, die, mit Ausnahme von  $\sigma_z$ , dem Werte der Hauptspannung in Richtung der OZ-Achse, entsprechend Abb. 3 bezeichnet sind.

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{p}{2} \frac{m}{m-1} \frac{r^2 - a^2}{r^2} + \frac{p}{2} \frac{m-2}{m-1} \left( 1 - \frac{4a^2}{r^2} + \frac{3a^4}{r^4} \right) \cos 2\varphi \\ \sigma_t &= \frac{p}{2} \frac{m}{m-1} \frac{r^2 + a^2}{r^2} - \frac{p}{2} \frac{m-2}{m-1} \left( 1 + \frac{3a^4}{r^4} \right) \cos 2\varphi \\ \tau &= \frac{p}{2} \frac{m-2}{m-1} \left( -1 - \frac{2a^2}{r^2} + \frac{3a^4}{r^4} \right) \sin 2\varphi \\ \sigma_z &= \frac{p}{m-1} - \frac{p}{m} \frac{m-2}{m-1} \frac{2a^2}{r^2} \cos 2\varphi \end{aligned} \right\} 34.$$

Durch Differentiation kann man sich davon überzeugen, daß die Gleichung 33 die durch die Gleichung 31 ausgedrückte Bedingung erfüllt, und daß die Gleichungen 32 den Grenzbedingungen für  $r = a$ :

$$\sigma_r = 0; \tau = 0,$$

und für  $r \rightarrow \infty$ :

$$\sigma_r = \frac{p}{2(m-1)} [m + (m-2) \cos 2\varphi]$$

$$\sigma_t = \frac{p}{2(m-1)} [m - (m-2) \cos 2\varphi]$$

$$\tau = - \frac{p}{2} \frac{m-2}{m-1} \sin 2\varphi$$

ebenfalls genügen.

Mit Hilfe der bekannten Gleichung:

$$\sigma_{\max/\min} = \frac{\sigma_r + \sigma_t}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{4\tau^2 + (\sigma_r - \sigma_t)^2} \dots 35$$

sind in Abb. 8 die Hauptspannungen um einen zylindrischen Hohlraum, dessen Form einem Kreis entspricht, schaubildlich zusammengestellt worden.

Ein Blick auf Abb. 8 überzeugt den Leser ohne weiteres, daß die Zugspannungen, die den Höchstwert 0,25 p am Rande des kreisrunden Hohlrums erreichen, das Gestein in nicht zu geringen Teufen zertrümmern, so daß notwendigerweise Brüche im Hangenden entstehen müssen. Für  $\varphi = n\pi$  treten die Zugspannungen innerhalb der Grenzen

$$r = a \text{ und } r = \pm \frac{a}{2} \sqrt{\pm \sqrt{m^2 + 24m - 48} - m}$$

auf, so daß im zertrümmerten Gestein die Gleichungen in Wirklichkeit gar keinen Wert haben. Andererseits hat die Schubspannung für

$$\varphi = \frac{\pi}{4} + n \frac{\pi}{2} \text{ und } r = \pm a \sqrt{3}$$

den Wert

$$\tau_{\max} = - \frac{2}{3} p \frac{m-2}{m-1},$$

d. h. sie ist größer als die größte Schubspannung im Unendlichen.

Diese Betrachtungen führen zu dem Schluß, daß die entwickelten Formeln nur bei Mitteln, die hohen Zugspannungen widerstehen, von praktischem Wert

<sup>1</sup> Föppl, a. a. O.

<sup>2</sup> Durch Superposition aus der Spannungsfunktion von Kirsch, Z. VDI 42 (1898) S. 797, entstanden.

sein können, nicht aber für die in Frage kommenden Medien, die durchweg von tektonischen Kräften beeinflusst worden sind und somit die Eigenschaft, Zugspannungen zu widerstehen, fast verloren haben.

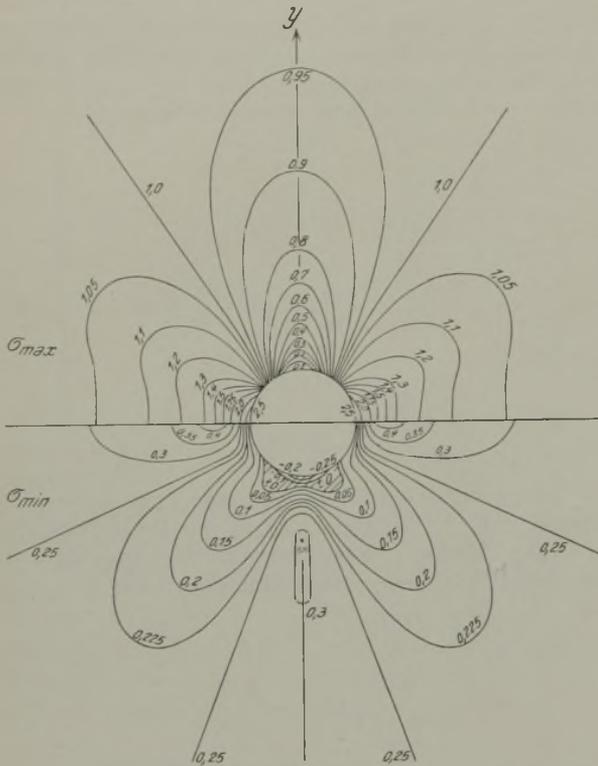


Abb. 8.

Wie aus der Arbeit von Kühn<sup>1</sup> zu entnehmen ist, sollen sich im Gestein um einen Hohlraum Risse bilden, die dasselbe entspannen, dafür jedoch in entfernteren Zonen neue Spannungen erzeugen, welche neue Risse bilden, so daß eigentlich ein Ende des Wechsels zwischen Bildung neuer Spannungszustände und darauf folgendem Bruch im Gebirge gar nicht abzusehen ist. Da die Beobachtung dieser Behauptung entgegensteht, beruft sich Kühn auf den Faktor Zeit und kommt zu dem Schluß, daß, da die Gleichungen diesen Faktor nicht enthalten, schließlich in Übereinstimmung mit der Erfahrung doch Gleichgewicht eintreten muß.

Selbstverständlich spielt dieser Faktor Zeit keine Rolle, solange sich der Spannungszustand in elastischen Medien unterhalb der Elastizitätsgrenze und in plastischen Medien unterhalb des kritischen Reibungswiderstandes hält, weil sich die Gleichungen auf den Zustand der Ruhe beziehen, wohingegen die Zeit, sobald das Medium anfängt zu fließen, notwendigerweise ein Faktor der Geschwindigkeit wird.

Andererseits kam es Kühn, wie er ausführt, nur darauf an, zu beweisen, . . . »daß in der Entwicklung der Willman-Kommerellschen Theorie von der Entstehung einer spannungslosen Zone, die den Ausgangspunkt vieler Erklärungen und Besprechungen von Gebirgsdruckerscheinungen bildet, ein Denkfehler enthalten ist«. Bedenkt man, daß die erhöhte Spannung an den Rändern des Hohlraums im elastischen Gebirge schon lange vor der Veröffentlichung Kühns bekannt war<sup>2</sup> und daß die angenommene Form der spannungs-

freien Zone nahezu mit der Form übereinstimmt, welche die mathematische Analyse gibt, so kommt man zu dem Schluß, daß der von Kühn festgestellte Denkfehler eigentlich nicht von den Vorgängern, die sich mit diesem Problem befaßt haben, begangen worden ist. Im Gegensatz zu Kühns Behauptung, daß sich . . . »über Form und Ausdehnung der Bruchzonen kaum theoretisch-rechnerische Betrachtungen anstellen lassen«, soll bewiesen werden, daß es, um zu fehlerfreien Ergebnissen zu gelangen, genügt, den Spannungszustand um einen Hohlraum mit veränderlichem Querschnitt zu untersuchen und auf diese Weise den Querschnitt zu bestimmen, der den naturgegebenen Anforderungen entspricht.

Spannungszustand um einen Hohlraum mit elliptischem Querschnitt.

Die Betrachtung gehe davon aus, daß in einem ungestörten Gebirge, dessen Spannungen durch die Gleichungen 10 gekennzeichnet sind, ein elliptischer Tunnel gebohrt wird, und zwar in der Weise, daß die Hauptachse des elliptischen Querschnitts mit der Hauptachse der Spannungselipse zusammenfällt, so daß der Quotient der Achsen dieser beiden Ellipsen denselben Wert  $m - 1$  hat. In diesem Fall sind für die Berechnung der Spannungskomponenten wegen der Grenzbedingungen naturgemäß elliptische Koordinaten einzuführen:

$$y + ix = c \operatorname{Cof} (\xi + i\eta) \dots \dots \dots 36.$$

Nach den Gesetzen über komplexe Zahlen erhält man:

$$\left. \begin{aligned} y &= c \operatorname{Cof} \xi \cos \eta \\ x &= c \operatorname{Sin} \xi \sin \eta \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 37.$$

Die Formeln 29, 30 und 31, 32 lauten dann<sup>1</sup>, wenn man für  $\sigma_r$  und  $\sigma_t$  entsprechend die Werte  $\sigma_\xi$  und  $\sigma_\eta$  einsetzt und in Betracht zieht, daß für diesen besonderen Fall:

$$h = \frac{c}{\sqrt{2}} \sqrt{\operatorname{Cof} 2\xi - \cos 2\eta} \dots \dots \dots 38$$

ist, folgendermaßen:

$$\Delta \Delta F = \frac{4}{c^4 (\operatorname{Cof} 2\xi - \cos 2\eta)^3} \left[ (\operatorname{Cof} 2\xi - \cos 2\eta) \left( \frac{\partial^4 F}{\partial \xi^4} + \frac{2 \partial^4 F}{\partial \xi^2 \partial \eta^2} + \frac{\partial^4 F}{\partial \eta^4} \right) - 4 \left\{ \operatorname{Sin} 2\xi \left( \frac{\partial^3 F}{\partial \xi^3} + \frac{\partial^3 F}{\partial \xi \partial \eta^2} \right) + \sin 2\eta \left( \frac{\partial^3 F}{\partial \xi^2 \partial \eta} + \frac{\partial^3 F}{\partial \eta^3} \right) \right\} + 4 (\operatorname{Cof} 2\xi + \cos 2\eta) \left( \frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2} \right) \right] = 0 \dots 39,$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_\xi &= \frac{1}{h^2} \frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2} + \frac{1}{h^3} \frac{\partial h}{\partial \xi} \frac{\partial F}{\partial \xi} - \frac{1}{h^3} \frac{\partial h}{\partial \eta} \frac{\partial F}{\partial \eta} \\ \sigma_\eta &= \frac{1}{h^2} \frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2} - \frac{1}{h^3} \frac{\partial h}{\partial \xi} \frac{\partial F}{\partial \xi} + \frac{1}{h^3} \frac{\partial h}{\partial \eta} \frac{\partial F}{\partial \eta} \\ \tau &= -\frac{1}{h^2} \frac{\partial^2 F}{\partial \xi \partial \eta} + \frac{1}{h^3} \frac{\partial h}{\partial \eta} \frac{\partial F}{\partial \xi} + \frac{1}{h^3} \frac{\partial h}{\partial \xi} \frac{\partial F}{\partial \eta} \\ \sigma_z &= \frac{1}{m} (\sigma_\xi + \sigma_\eta) \end{aligned} \right\} 40.$$

Die von Pöschl<sup>2</sup> angegebene Airysche Funktion lautet für den Fall einer beliebig geneigten  $\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right)$

<sup>1</sup> Glückauf 67 (1931) S. 1477.  
<sup>2</sup> Lukas, Der Tunnel.

<sup>1</sup> S. Michell, Proc. Lond. Math. Soc. 31 (1900) S. 100, und Pöschl, Math. Z. 11 (1921) S. 89.  
<sup>2</sup> Zu gleicher Zeit erschien dieselbe Lösung von K. Wolf, Z. techn. Physik 2 (1921) S. 209.

Hauptspannung (Abb. 9)

$$F = \frac{pc^2}{8} \left\{ \sin 2\xi - \cos 2\alpha e^{-2(\xi-\xi_0)} - 2(\cos 2\xi_0 + \cos 2\alpha)\xi + [\cos 2(\xi-\xi_0) - 1] e^{2\xi_0} \cos 2(\eta-\alpha) \right\} \dots 41.$$

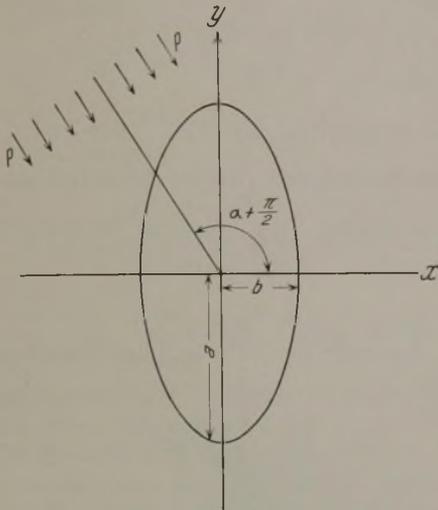


Abb. 9.

Durch Überlagerung vermag man die Airysche Spannungsfunktion für den allgemeinen Fall (Gleichungen 10) bei einer beliebigen Neigung der Hauptachsen beider Ellipsen zu berechnen. Die Funktion lautet:

$$F = \frac{pc^2}{8(m-1)} \left\{ m \sin 2\xi + (m-2) \cos 2\alpha e^{-2(\xi-\xi_0)} - 2[m \cos 2\xi_0 - (m-2) \cos 2\alpha] \xi - (m-2) [\cos 2(\xi-\xi_0) - 1] e^{2\xi_0} \cos 2(\eta-\alpha) \right\} 42.$$

Für den Fall, der hier besonders betrachtet wird, muß man

$$\alpha = 0 \text{ und } \tan \xi_0 = \frac{b}{a} = \frac{1}{m-1}$$

setzen, womit die Gleichung 41 die Form:

$$F = \frac{pc^2}{8(m-1)(m-2)} \left\{ m(m-2) \cos 2\xi - 4(m-1)\xi - [m(m-2) + 2] \cos 2\xi \cos 2\eta + 2(m-1) \sin 2\xi \cos 2\eta + m(m-2) \cos 2\eta \right\} 43$$

annimmt. Durch Differentiation kann man sich sofort überzeugen, daß die Funktion 43 die durch die Formel 39 aufgestellte Bedingung erfüllt. Die Spannungskomponenten erhalten die folgenden Werte:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\xi\xi} &= \frac{mp}{2(m-1)} - p \frac{m^2(1 - \cos 2\xi \cos 2\eta) + 2(m-1)(e^{2\xi} \cos 2\eta - 1)}{2(m-1)(m-2)(\cos 2\xi - \cos 2\eta)} \\ \sigma_{\eta\eta} &= \frac{mp}{2(m-1)} + p \frac{m^2(1 - \cos 2\xi \cos 2\eta) + 2(m-1)(e^{2\xi} \cos 2\eta - 1)}{2(m-1)(m-2)(\cos 2\xi - \cos 2\eta)} \\ \tau_{\xi\eta} &= p \frac{2(m-1)e^{2\xi} - m^2 \sin 2\xi}{2(m-1)(m-2)(\cos 2\xi - \cos 2\eta)} \sin 2\eta \\ \sigma_z &= \frac{p}{m-1} \end{aligned} \right\} 44.$$

Wie man ohne weiteres feststellen kann, erfüllen die Spannungskomponenten die folgenden Bedingungen:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\xi\xi} = \xi_0 &= 0, \tau_{\xi\eta} = \xi_0 = 0. \\ \sigma_{\xi\xi} \rightarrow \infty &= \frac{P}{2(m-1)} [m + (m-2) \cos 2\eta] \\ \sigma_{\eta\eta} \rightarrow \infty &= \frac{P}{2(m-1)} [m - (m-2) \cos 2\eta] \\ \tau_{\xi\eta} \rightarrow \infty &= \frac{p}{2} \frac{m-2}{m-1} \sin 2\eta \dots \dots \dots 46, \end{aligned} \right\} 45.$$

womit die Richtigkeit der Lösung bewiesen ist.

In den Abb. 10, 11 und 12 sind die Werte der Spannungen für  $m=5$  und  $b:a=m-1$  schaubildlich dargestellt. Wie man sich überzeugen kann, sind die Zugspannungen verschwunden, und der Wert der tangentialen Normalspannung am Rande des elliptischen Hohlraums ist konstant und gleich dem Werte:

$$\sigma_{\eta\xi} \rightarrow \xi_0 = \frac{mp}{m-1} \dots \dots \dots 47,$$

d. h. dieser Wert ist gleich der Summe der beiden im Unendlichen wirkenden Hauptspannungen. Die Summe bleibt, wie man leicht aus den beiden ersten Gleichungen der Gruppe 44 feststellen kann, für jeden Punkt außerhalb des Hohlraums konstant.

Daß der gefundene Querschnitt die günstigste aller möglichen Spannungsverteilungen angibt, läßt sich sofort aus dem Umstande entnehmen, daß die Summe der drei Spannungskomponenten stets konstant und gleich der Summe der drei im Unendlichen wirkenden Hauptspannungen ist und daß der höchste Wert der im Unendlichen wirkenden Schubspannung stetig mit Abnahme der Entfernung kleiner wird, um im Rande des Hohlraums selbst den Wert Null zu erreichen.

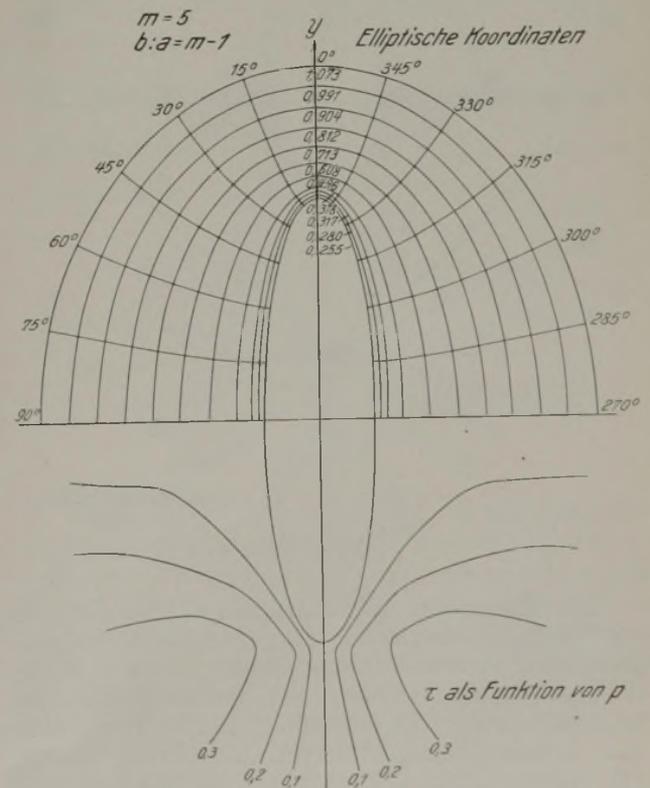


Abb. 10.

Der hohe tangentielle Druck im Hangenden des Tunnels hält die Gesteinsblöcke in zerklüftetem Gebirge vermöge ihrer Reibung fest. Selbst bei vollkommen glatten Gleitflächen kann man sicherlich mit einem Reibungskoeffizienten, der größer als 0,3 ist, rechnen, so daß für  $m=5$ , der Reibungswiderstand nicht kleiner als

$$R = 0,3 \cdot \frac{5}{4} \cdot p$$

oder für Teufen von über 100 m nicht kleiner als 8 kg/cm<sup>2</sup> sein wird. Man kann berechnen, daß ein solcher Gesteinsblock Abmessungen haben müßte, welche die Breite der größten Tunnel weit übertreffen (bei einem spezifischen Gewicht von 2,5 müßten die parallel zur Tunnelachse verlaufenden Gleitflächen mehr als 60 m voneinander entfernt sein, damit der Block herunterfallen könnte).

Dieser Umstand liefert den Beweis, daß der angenommene Querschnitt in der Natur niemals erreicht wird, da die sogenannte tangentielle Normalspannung das Herabfallen der Gesteinsblöcke verhindert und damit lange, bevor es zur Bildung dieses Querschnitts kommen könnte, die endgültige Ruhelage wiederherstellt.

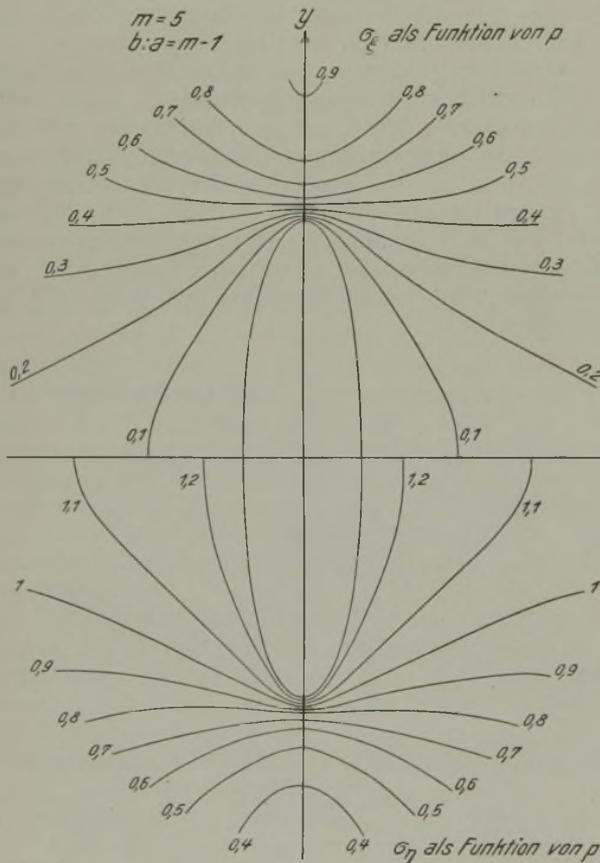


Abb. 11.

Zur Ermittlung des natürlichen Querschnitts sei von folgender Überlegung ausgegangen: Der Kreisquerschnitt verursacht Zugspannungen, die das Gestein zertrümmern, wodurch eine spannungsfreie Zone geschaffen wird; die betrachtete Ellipse ruft andererseits Druckspannungen hervor, welche die Bildung von Brüchen unmöglich machen. Es muß naturgemäß eine Form geben, in der die Spannungen in den

Hauptschneiteln gleich Null sind, nämlich eine Ellipse, in der für  $\xi = \xi_0$  und  $\eta = 0$

$$\sigma_\xi = \sigma_\eta = \tau = \sigma_z = 0 \dots \dots \dots 48$$

ist. Zur Ermittlung dieser Ellipse setzt man in die Gleichung 42 den Wert  $\alpha = 0$  ein und erhält dann folgende Form:

$$F = \frac{pc^2}{8(m-1)} \left\{ m \sin 2\xi + (m-2) e^{-2(\xi-\xi_0)} - 2 [m \operatorname{Cof} 2\xi_0 - m + 2] \xi - (m-2) [\operatorname{Cof} 2(\xi-\xi_0) - 1] e^{2\xi_0} \cos 2\eta \right\} \dots 49.$$

Die zweite Formel der Gruppe 40 liefert den Wert:

$$\sigma_\eta = \frac{p}{m-1} \frac{m \sin 2\xi_0 + (m-2) (1 - e^{2\xi_0} \cos 2\eta)}{\operatorname{Cof} 2\xi_0 - \cos 2\eta} \dots 50.$$

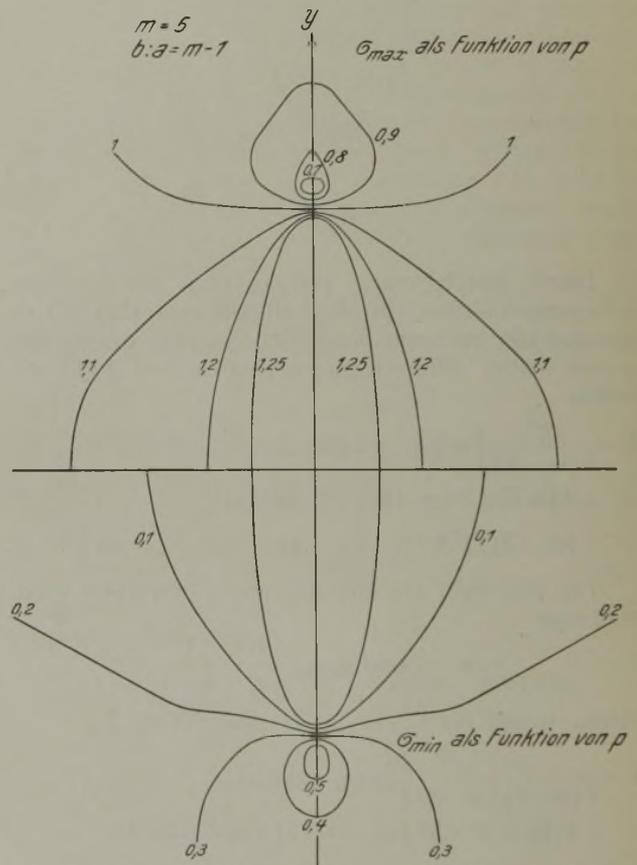


Abb. 12.

Setzt man nun für  $\eta = 0$  den Wert der Spannung gleich Null, so ergibt sich die Gleichung:

$$\operatorname{Tg} \xi_0 = \frac{b}{a} = \frac{2}{m-2} \dots \dots \dots 51,$$

und die Airysche Spannungsfunktion nimmt die Form:

$$F = \frac{pc^2}{8(m-1)(m-4)^2} \left\{ m(m-2)(m-4) \operatorname{Cof} 2\xi - 2m(m-4) \sin 2\xi - 4m(m-4)\xi - (m-2) [(m-2)^2 + 4] \operatorname{Cof} 2\xi \cos 2\eta + 4(m-2)^2 \sin 2\xi \cos 2\eta + m(m-2)(m-4) \cos 2\eta \right\} \dots 52$$

an, während die Spannungskomponenten folgende Gleichungen haben:

$$\sigma_{\xi} = \frac{m(m-2)}{2(m-1)(m-4)} p + p \frac{m(m-4)(1 - \text{Cof } 2\xi) + 8}{(m-1)(m-4)^2 (\text{Cof } 2\xi - \cos 2\eta)^2} \text{Sin } 2\xi +$$

$$+ p \frac{(m-2)[(m-2)^2 + 4](\text{Cof } 2\xi \cos 2\eta - 1) - 4(m-2)^2 \text{Sin } 2\xi \cos 2\eta}{2(m-1)(m-4)^2 (\text{Cof } 2\xi - \cos 2\eta)}$$

$$\sigma_{\eta} = \frac{m(m-2)}{2(m-1)(m-4)} p - p \frac{m(m-4)(1 - \cos 2\eta) + 8}{(m-1)(m-4)^2 (\text{Cof } 2\xi - \cos 2\eta)^2} \text{Sin } 2\xi -$$

$$- p \frac{(m-2)[(m-2)^2 + 4](\text{Cof } 2\xi \cos 2\eta - 1) - 4(m-2)^2 \text{Sin } 2\xi \cos 2\eta + 2m(m-4) \text{Sin } 2\xi}{2(m-1)(m-4)^2 (\text{Cof } 2\xi - \cos 2\eta)}$$

$$\tau = (m-2)p \frac{4(m-2)e^{2\xi} - m^2 \text{Sin } 2\xi}{2(m-1)(m-4)^2 (\text{Cof } 2\xi - \cos 2\eta)} \text{sin } 2\eta +$$

$$+ p \frac{m(m-4)(1 - \text{Cof } 2\xi) + 8}{(m-1)(m-4)^2 (\text{Cof } 2\xi - \cos 2\eta)^2} \text{sin } 2\eta$$

$$\sigma_z = \frac{m-2}{(m-1)(m-4)} p - p \frac{2 \text{Sin } 2\xi}{(m-1)(m-4)(\text{Cof } 2\xi - \cos 2\eta)}$$

53.

Durch Substitution der entsprechenden Werte kann man sich davon überzeugen, daß diese Gleichungen sämtliche gestellten Bedingungen erfüllen.

Man ersieht aus den angestellten Betrachtungen, daß jeder Hohlraum schließlich elliptische Form annimmt (ausgenommen für  $m=4$ ), da innerhalb der durch Gleichung 51 festgelegten Ellipse Zugspannungen auftreten, die das Gestein zertrümmern und vollständig entspannen, womit die von Spackeler erkannte spannungslose Zone mathematisch bewiesen wäre.

In den Abb. 13-18 sind die Spannungswerte für  $m=5$  und  $m=7$  schaubildlich dargestellt. Man ersieht daraus, daß der elliptische Hohlraum eine in bezug auf seine Abmessungen beschränkte Umgebung beeinflusst, da, wenn auch die Formeln die ursprünglichen Spannungen erst im Unendlichen angeben, in Wirklichkeit die Werte in der Nähe des Hohlräume hohe Gradienten haben, so daß in einer Entfernung von  $4a$  bis  $5a$  die Spannungswerte sich kaum von den

ursprünglichen Werten unterscheiden. Dies beweist, daß die erhaltenen Ergebnisse ziemlich genau mit den natürlichen Verhältnissen übereinstimmen müssen, obwohl das Eigengewicht des Gesteins vernachlässigt worden ist, da die Genauigkeit der Formeln durch das Verhältnis der Tiefe des Tunnels zum Radius der beeinflussten Zone bedingt wird.

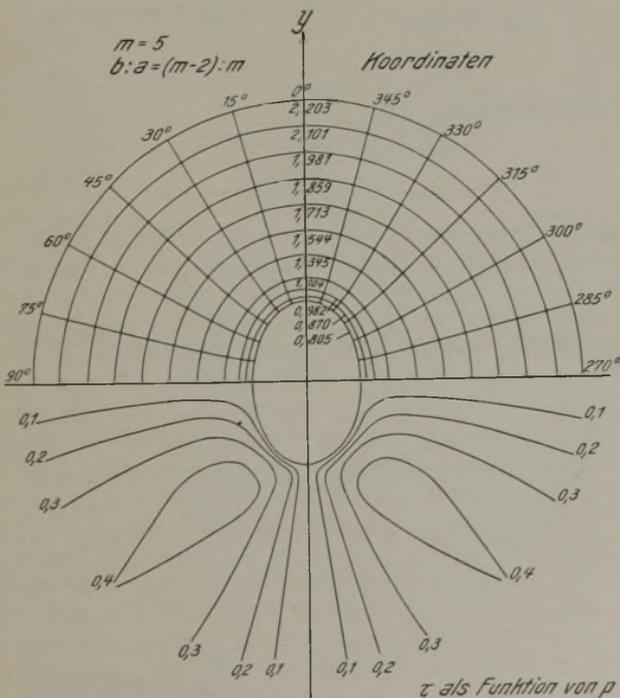


Abb. 13.

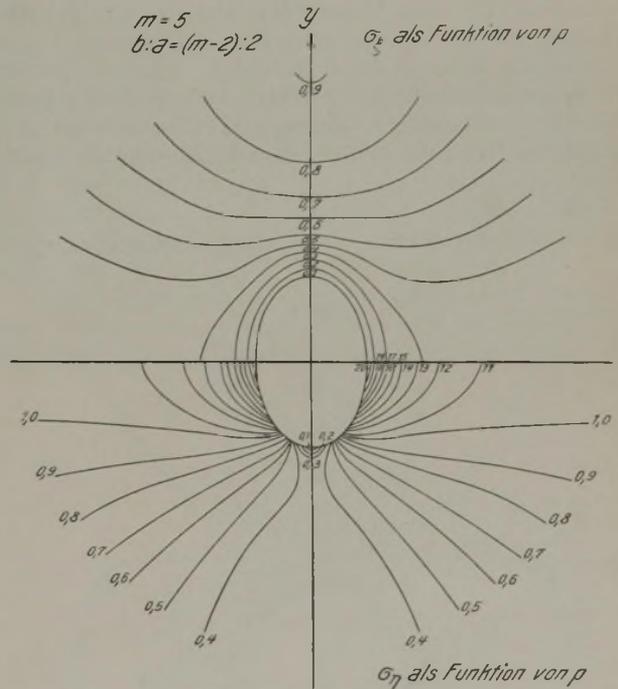


Abb. 14.

Wenn auch die in der Natur beobachteten Erscheinungen nicht genau mit den Berechnungen übereinstimmen sollten, weil das Gestein weder homogen ist noch sich streng an das Hookesche Gesetz hält, so muß doch sowohl das Vorhandensein einer spannungslosen Zone als auch die vollständige Aufnahme der Spannungen durch das den Hohlraum umgebende Gebirge als bewiesen angesehen werden, womit der Zweck der ganzen Untersuchung erfüllt wäre.

Man bedenke jedoch, daß in hinreichender Tiefe die Spannung am Rande des Hohlräume größer als die

Bruchspannung des betreffenden Gesteins werden kann, da ja

$$\sigma_{n_{max}} = \frac{m^2}{(m-1)(m-2)} p$$

ist, und somit für  $m=5$   $\sigma_n = 2,083 p$  wird, so daß das Gestein zertrümmert werden könnte, wodurch sowohl die Breite als auch die Höhe des Hohlrums größer werden müßten; es käme also niemals zur Wiederherstellung des Gleichgewichtszustandes. Im folgenden Abschnitt soll diese offen gebliebene Frage beantwortet werden.

**Spannungszustand um einen Hohlraum mit kreisförmigem Querschnitt im plastischen Gebirge.  
Senkrechter Schacht.**

Man betrachte die bei der Tiefe  $h$  gelegene Scheibe PQ (Abb. 19), die den Schacht umgibt und sich bis ins Unendliche erstreckt; man stelle sich vor, daß im Ausbau des Schachtes horizontale Schlitzte gelassen wurden, damit das Medium in den Schacht fließen kann und dadurch der Ausbau entlastet wird. Man könnte sich auch einen nachgiebigen Schachtausbau denken, da es ja grundsätzlich nur darauf ankommt, die ursprünglich hochgespannten Massen, die den Schacht umgeben, durch Raumdehnung zu entlasten. Man nehme an, daß es sich um reinen feuchten Ton handelt, der bekanntlich sehr plastisch ist, und denke sich den ganzen Schachtausbau mit Schlitzten versehen, so daß täglich viele Tonnen Material aus dem Schacht entfernt werden können. Man lege sich nun die Frage vor, ob im Ton mit  $\mu = 0,36$  und  $c = 1 \text{ kg/cm}^2$  jemals ein Spannungszustand bei 1000 m Tiefe eintreten kann, der ein vollständiges Gleichgewicht herbeiführt und somit das Hereinfließen der Massen unmöglich macht.

Da die Kohäsion für den ungünstigsten Fall gleich  $1 \text{ kg/cm}^2$  gesetzt worden ist, kann man den ursprünglichen Spannungszustand mit Hilfe der Formeln 21 darstellen, wobei  $\sigma_t$  für  $\varphi = 0$  gleich  $p$  ist oder, wenn  $\gamma = 2,4$  und  $h = 1000 \text{ m}$  ist,  $240 \text{ kg/cm}^2$  beträgt.  $\sigma_t$  stellt für  $\varphi = 0$  die waagrechte Hauptspannung in irgendeiner Richtung dar, da es sich um ein Rotationsspannungsellipsoid handelt, und es gilt

$$\sigma_t = \frac{240}{K-1} = \frac{240}{(\mu + \sqrt{1+\mu^2})^2} = 120 \text{ kg/cm}^2.$$

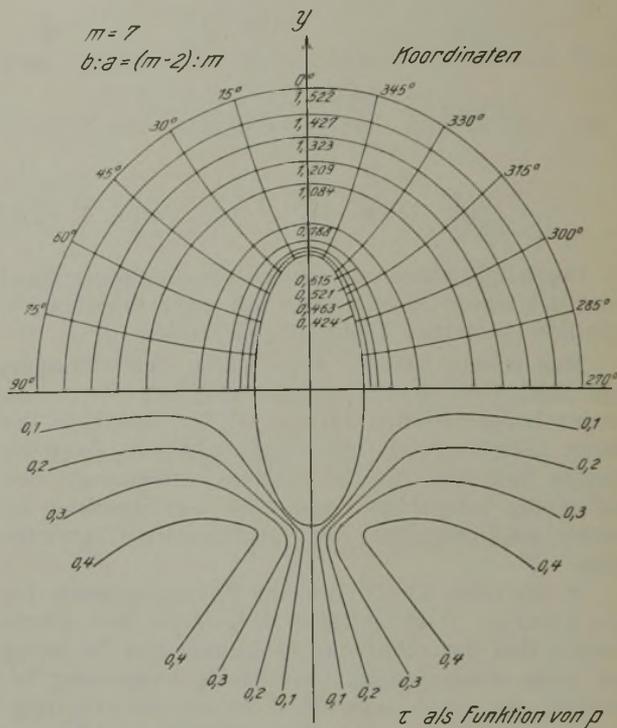


Abb. 16.

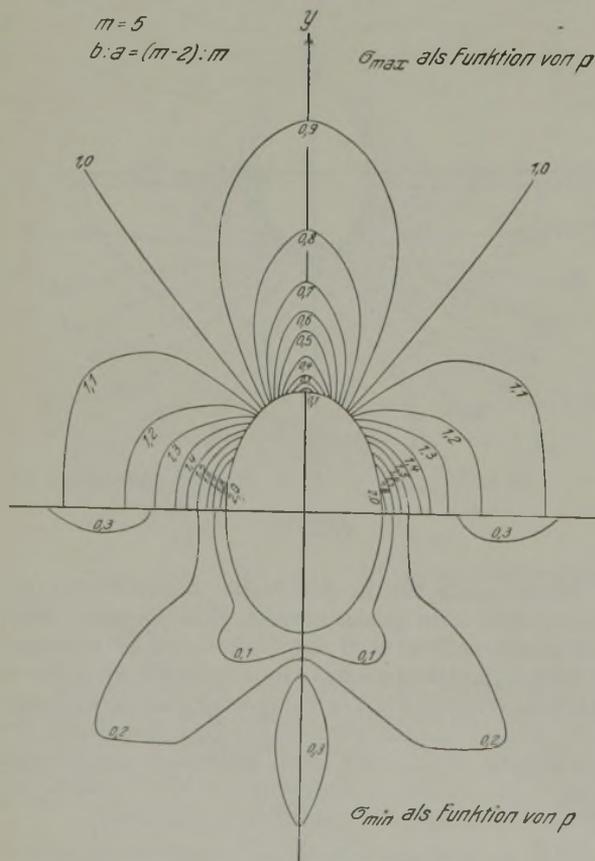


Abb. 15.

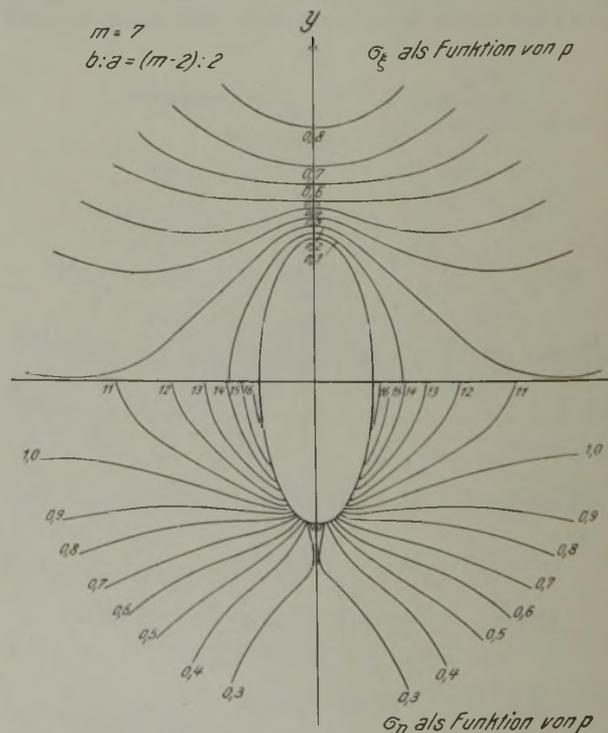


Abb. 17.

Betrachtet man die Spannungen in der Scheibe selbst, so sieht man, daß sie überall gleich sind (das Eigengewicht kann vernachlässigt werden, weil sich die Scheibe beliebig dünn wählen läßt), so daß die Spannungsellipse durch einen Kreis ersetzt werden muß.

Denkt man sich ein Koordinatensystem in die Scheibe gelegt, wobei die  $x-y$ -Ebene die Symmetrieebene der Scheibe ist, so kann man den ursprünglichen Spannungszustand durch die Formeln  $\sigma_x = \sigma_r = 120 \text{ kg je cm}^2$ ,  $\sigma_y = \sigma_t = 120 \text{ kg cm}^2$ ,  $\tau = 0$ . wiedergeben (in diesem Falle ist die dritte Hauptspannung die größere Hauptspannung). Aus Symmetriegründen muß man selbstverständlich Polarkoordinaten einführen, so daß der Ursprung im Zentrum des kreisrunden Schachtes zu liegen kommt.

die Richtungen der Hauptspannungen unter konstantem Winkel schneiden müssen und damit auch die Richtung eines beliebigen Radius.

Bekanntlich erfüllt die logarithmische Spirale, deren Gleichung  $r = ae^{m\psi}$  lautet, diese Bedingung, weil die Tangente in einem beliebigen Punkte P mit dem Leitstrahl OP den konstanten Winkel  $\psi = \text{arc tg } m$  bildet. Da aber  $\psi$  zwei Werte besitzen kann, nämlich:

$$\psi' = \frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2} \quad \text{und} \quad \psi'' = \frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2},$$

so ist die Schar der Gleitlinien noch unbestimmt.

Um sie zu bestimmen, muß man die Richtung der größeren Hauptspannung festlegen, die ja sowohl mit der Richtung eines beliebigen Radius als auch mit der entsprechenden Tangente irgend eines zum Schachte konzentrischen Kreises übereinstimmen kann. Wenn man bedenkt, daß nach dem Abbohren des Schachtes  $\sigma_r$  plötzlich sehr klein wird, während  $\sigma_t$  bestrebt ist, größer zu werden, weil sich der Umfang eines beliebigen Kreises durch die radiale Bewegung der Körnchen verringert, so kommt man ohne weiteres zu dem Schluß, daß erst dann Gleichgewicht zwischen den Hauptspannungen bestehen kann, wenn die Gleichung

$$(K - 1) \sigma_R = \sigma_T \dots \dots \dots 54$$

erfüllt ist, weil diese den größtmöglichen Wert, den  $\sigma_T$  für einen gegebenen Wert von  $\sigma_R$  überhaupt erreichen kann, festlegt. Die Bezeichnung der Indices mit großen Buchstaben soll andeuten, daß es sich um Hauptspannungen handelt<sup>1</sup>.

Umgekehrt kann  $\sigma_R$  in bezug auf  $\sigma_T$  niemals kleinere als die durch die Gleichung 54 bedingten Werte erreichen, weil andernfalls ein Abfließen des Mediums in den Hohlraum einsetzen würde, was gegen die Grundbedingungen der Aufgabe verstieße. Man muß vielmehr den Spannungszustand der Ruhe darstellen, da es ja letzten Endes darauf ankommt, festzustellen, ob und unter welchen Bedingungen Gleichgewicht im Gebirge zustandekommt.

Damit hätte man die Aufgabe auf die Bestimmung des Wertes von  $\sigma_R$  beschränkt, weil, sobald dieser Wert bekannt ist, Richtung, Sinn und Größe sämtlicher

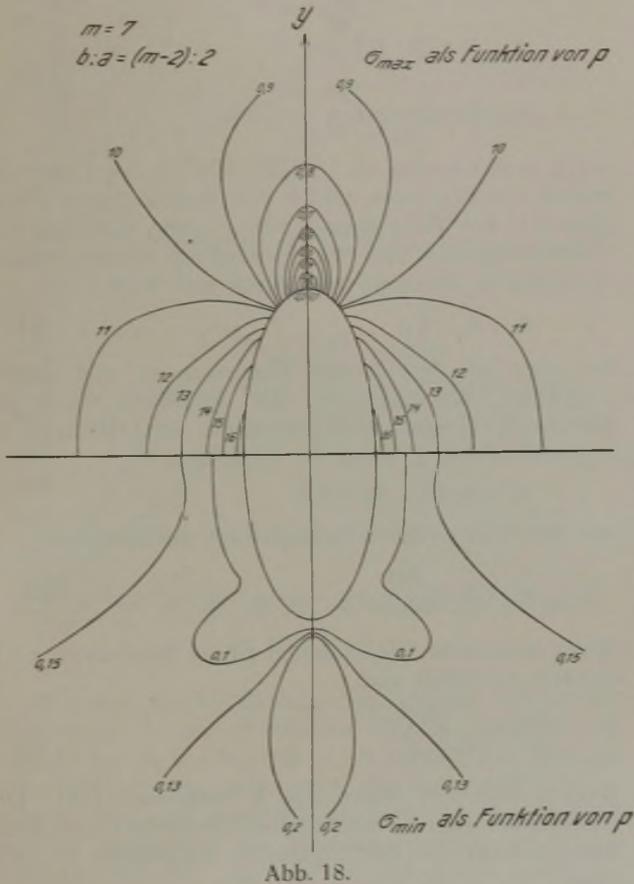


Abb. 18.

Nach Abteufen des Schachtes setzen sich sämtliche Körnchen in Bewegung, und zwar bewegen sie sich, da es sich um einen kreisförmigen Querschnitt handelt, in Richtung des Radius, auf dem sie sich vor dem Eingriff befunden haben. Andererseits bewegen sich alle Körnchen, die vor dem Abbohren auf demselben Kreise lagen, um denselben Betrag, so daß zwischen zwei auf diesem Kreise liegenden benachbarten Körnern keine relative Verschiebung und somit auch keine Schubspannung auftreten kann, und da die Schubspannung in Richtung des Radius vor der Bewegung gleich Null gewesen ist, muß sie auch nach dieser Bewegung gleich Null sein. Die Richtung des Radius und damit der Tangente wird also auch nach der Bewegung Hauptrichtung sein, und somit müssen die Hauptspannungen mit den Richtungen von Radius und Tangente zusammenfallen. Dieser Umstand gestattet, die Gleichung der Fließlinien festzustellen, da diese

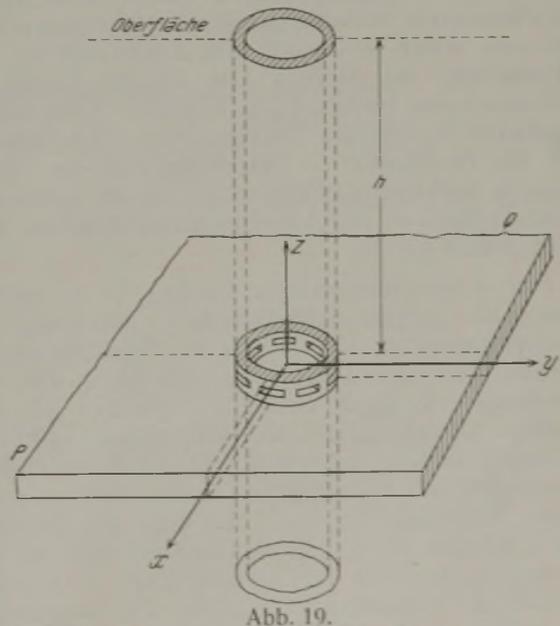


Abb. 19.

<sup>1</sup> Die andere Lage der Hauptspannungen kann nur bei einem Medium, das Zugkräfte aushält, in Betracht kommen. Dehnung eines Hohlraums mit Hilfe eines Bolzens (s. Fließfiguren in Hütte: Mechanik der bildsamen Körper, Bd 1.).

Spannungen angegeben werden können. Um die Differentialgleichung aufzustellen, braucht man nur zu bedenken, daß für diesen besondern Fall die Formeln 32 aus Symmetriegründen unabhängig von  $\varphi$  sind und somit folgende Werte besitzen:

$$\sigma_R = \frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial r}; \quad \sigma_T = \frac{\partial^2 F}{\partial r^2}; \quad \tau = 0 \quad \dots \dots \dots 55.$$

Zieht man die Bedingung 54 in Betracht, so erhält man

$$\frac{\partial^2 F}{\partial r^2} - (K-1) \frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial r} = 0 \quad \dots \dots \dots 56.$$

Die Lösung dieser Differentialgleichung lautet:

$$F = \frac{C}{K} r^K \quad \dots \dots \dots 57,$$

und man erhält<sup>1</sup>

$$\sigma_R = Cr^{K-2}; \quad \sigma_T = C(K-1)r^{K-2}.$$

Um die Konstante C zu bestimmen, bezeichne man mit  $\sigma_{Ra}$  die Spannung am Schacht selbst. Man setzt

also  $r = a$  und erhält  $C = \frac{\sigma_{Ra}}{a^{K-2}}$ . Die Spannungen haben die Werte

$$\sigma_R = \sigma_{Ra} \left(\frac{r}{a}\right)^{K-2}; \quad \sigma_T = (K-1) \sigma_{Ra} \left(\frac{r}{a}\right)^{K-2} \quad \dots \dots \dots 58.$$

Für den angenommenen Wert von  $\mu = 0,36$  oder genauer für  $\mu = 0,35354$  erhält man

$$\sigma_R = \sigma_{Ra} \frac{r}{a}; \quad \sigma_T = 2 \sigma_{Ra} \cdot \frac{r}{a} \quad \dots \dots \dots 59,$$

d. h. die Spannung wächst proportional mit der Entfernung vom Schacht.

Bedenkt man, daß der niedrigste für bergmännische Medien in Betracht kommende Reibungswinkel mit  $20^\circ$  angesetzt werden darf, also  $\mu = 0,364$ , so ist ersichtlich, daß für jede bergmännische Teufe schließlich Gleichgewicht um den Schacht herrschen und das Medium zur Ruhe kommen muß, d. h., daß für irgendeine Teufe der Druck auf den Ausbau bis auf die niedrigsten Kohäsionswerte sinken kann. Diese bemerkenswerte Schlußfolgerung war vorauszusehen, weil man sonst schwerlich eine Erklärung für die Offenhaltung der Höhlen von kleinen Tieren in kohäsionsarmen Gebieten geben könnte. Auch würde die überall beobachtete Tatsache, daß nach längerer Zeit die Hohlräume in den Bergbauen zur Ruhe kommen, vollständig rätselhaft erscheinen, wenn sich nicht mit der Zeit eine spannungsarme Zone um dieselben bilden würde.

Um zu beweisen, daß die Formeln 58 die einzige Lösung der Aufgabe darstellen, ist es notwendig, die Randbedingung an der Grenze der Fließzone zu bestimmen und den Beweis zu erbringen, daß die Gleichungen 58 dieser Bedingung genügen. Da das Medium aus elastischen Körnern besteht, gilt das Hookesche Gesetz, solange der Quotient der Hauptspannungen sich unterhalb des kritischen Wertes befindet. Außerhalb der Fließzone wird der Quotient vom kritischen Werte (am Rande der Fließzone) bis auf eins herabsinken (im Unendlichen), so daß die Formeln der Scheibe, die für diesen Fall unabhängig von  $\varphi$  sind, da die Hauptspannungen in unendlicher

Entfernung einander gleich sind, folgendermaßen lauten:

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}\right) \left(\frac{\partial^2 F}{\partial r^2} + \frac{\partial F}{\partial r}\right) &= 0 \\ \sigma_r = \frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial r}; \quad \sigma_t = \frac{\partial^2 F}{\partial r^2}; \quad \tau &= 0 \\ \sigma_z = p_s - \frac{2 p_s}{m(m-1)} + \frac{1}{m} (\sigma_r + \sigma_t) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 60.$$

Mit Hilfe der Airyschen Spannungsfunktion:

$$F = C_0 + C_1 \ln r + C_2 r^2 + C_3 r^3 \ln r \quad \dots \dots \dots 61,$$

in der für diesen Fall  $C_3 = 0$  gesetzt werden kann, da der Zentriwinkel außerhalb der kritischen Zone konstant bleibt, gelangt man nach Einführung der Grenzbedingungen zu folgenden bekannten Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r = p - (p-p') \frac{b^2}{r^2} \\ \sigma_t = p + (p-p') \frac{b^2}{r^2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 62,$$

worin  $p$  der Druck im Unendlichen,  $p'$  der Druck am Rande der Fließzone und  $b$  der Radius dieser Fließzone ist. Zur Berechnung von  $p'$  gehe man von der Überlegung aus, daß die Summe der beiden Hauptspannungen konstant und gleich sein muß:

$$\sigma_r + \sigma_t = 2p \quad \dots \dots \dots 63.$$

Da aber am Rande der Fließzone  $\sigma_T$  den größtmöglichen Wert erreicht, der einerseits durch die Gleichung 54 und andererseits durch die Gleichung 63 bestimmt wird, so folgt die Gleichung

$$\sigma_R + \sigma_T (K-1) = 2p$$

aus der ohne weiteres  $\sigma_R$  berechnet werden kann:

$$p' = \sigma_R = \frac{2p}{K} \quad \dots \dots \dots 64.$$

Wenn man in die Gleichung 58 diesen Wert sowie  $r = b$  einsetzt, so erhält man:

$$\frac{2p}{K} = \sigma_{Ra} \left(\frac{b}{a}\right)^{K-2} \quad \dots \dots \dots 65,$$

woraus sich der Wert von  $b$  berechnen läßt. Die Hauptspannungen innerhalb der Fließzone lauten demnach, sobald das Gleichgewicht hergestellt ist, wie folgt:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_R = \sigma_{Ra} \left(\frac{r}{a}\right)^{K-2} \\ \sigma_T = (K-1) \sigma_{Ra} \left(\frac{r}{a}\right)^{K-2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 66.$$

Außerhalb der Fließzone sehen die Werte der Spannungen folgendermaßen aus:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_R = p \left[ 1 - \frac{b^2}{r^2} \left(1 - \frac{2}{K}\right) \right] \\ \sigma_T = p \left[ 1 + \frac{b^2}{r^2} \left(1 - \frac{2}{K}\right) \right] \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 67.$$

In Abb. 20 oben sind die Werte der Spannungen für  $\mu = 0,75$  (gestrichelt) und  $\mu = 0,5773$  (voll ausgezogen) und unten für  $\mu = 0,35354$  wiedergegeben, wobei angenommen wurde, daß  $\sigma_{Ra} = 1$ ,  $\gamma = 2,4$  und  $h = 1000$  m sind. Mit diesen Werten erhält man bei einem senkrechten Druck von  $240 \text{ kg/cm}^2$  ( $\gamma \cdot h$ ) für den ursprüng-

<sup>1</sup> Dieselbe Aufgabe löste Hartmann auf anderm Wege. S. Nadai, Handbuch der Physik, Bd. 6: Das Gleichgewicht lockerer Massen.

lichen horizontalen Druck  $p$  (Formel 22) folgende Werte:

Reibungszahl $\mu$	Quotient $K-1$	Exponent $K-2$	Fließzone $b$	Druck $p$
0,75	4	3	2,8845 a	60
0,5773	3	2	6,3246 a	80
0,35354	2	1	80,0 a	120

Die dritte Spalte gibt den Wert des Exponenten an, so daß die Spannungen, wie daraus zu ersehen ist, für die ersten beiden Reibungszahlen proportional zum Kubus bzw. zum Quadrat der Distanz wachsen, während für die letzte Reibungszahl die Spannung verhältnismäßig mit der Entfernung zunimmt.

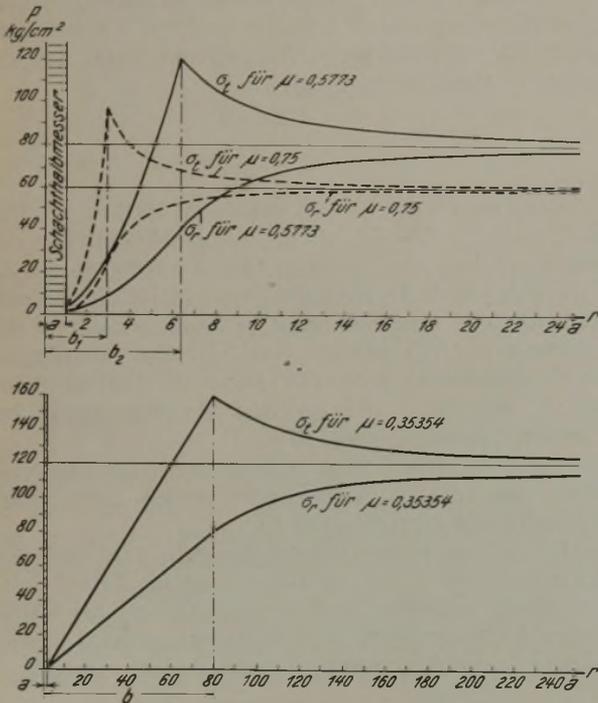


Abb. 20.

Wie aus den Abbildungen hervorgeht, wächst der Halbmesser  $b$  der Fließzone von  $b = 2,8845a$  bei  $\mu = 0,75$  bis zu  $b = 80a$  bei  $\mu = 0,35354$ . Dies beweist, daß in Lehm, Ton und Letten die berechneten Spannungen erst nach sehr langer Zeit erreicht werden, weil die Bewegung des Mediums infolge der hohen Reibungszahl sehr langsam vor sich gehen muß.

In der Praxis wird man für gemauerte Schächte und in Medien mit niedrigem Reibungskoeffizienten den Endwert von  $\sigma_{Ra}$  niemals voraussagen können, weil dieser Wert hauptsächlich von der während der Bauzeit aus dem Hohlraum entfernten Materialmenge abhängt. Hingegen kann man damit rechnen, daß in Medien mit hohen Reibungskoeffizienten der Spannungsausgleich in verhältnismäßig kurzer Zeit vor sich gehen wird und somit der auf den Schachtausbau wirkende Druck sehr niedrig und praktisch von der Tiefe unabhängig sein wird, weil die dritte Hauptspannung  $\sigma_z$  die Werte

$$\sigma_r \leq \sigma_z \leq \sigma_t \dots \dots \dots 68$$

annehmen muß, damit Gleichgewicht besteht.

Die Einführung der dritten Hauptspannung, die bis jetzt stillschweigend als konstant (bei der Bestimmung der Spannungen außerhalb der Fließgrenze) angesehen wurde, sowie die Berücksichtigung des Eigengewichtes zwingen zu Berechnungen in drei

Dimensionen, um den Beweis zu liefern, daß die dritte Hauptspannung nirgends negativ oder kleiner als  $\sigma_{Ra}$  wird, weil sonst ein Spannungsausgleich unmöglich ist.

Um der Beweisführung die einfachste Grundlage zu geben, betrachte man jetzt (Abb. 21) einen sphärischen Hohlraum im Innern des plastischen Mediums und senkrecht oberhalb davon bei einer Entfernung  $r$  ein Element, das in Gedanken aus der zum Hohlraum konzentrischen Kugel vom Halbmesser  $r$  herausgeschnitten worden ist. Es bezeichne  $\sigma$  die radiale Spannung,  $\gamma$  das spezifische Gewicht,  $d\varphi$  den Winkel, den die Strahlen untereinander bilden,  $dr$  die Entfernung zwischen der obern und untern Fläche des Elementes und  $a$  den Halbmesser des kugelförmigen Hohlräume.

Das Medium soll, genau wie im vorigen Beispiele, die Möglichkeit haben, sich auszudehnen und in den Hohlraum zu fließen. Aus Symmetriegründen müssen die Seitenflächen des Elementes Hauptspannungsebenen sein, so daß keine Schubspannungen daran wirken. Andererseits müssen im Grenzzustand die Hauptspannungen an den Seitenflächen gleich  $(K-1)\sigma$  und die auf der obern Fläche wirkende gleich  $\sigma + \frac{\partial\sigma}{\partial r} dr$  sein (wenn die untere Spannung mit  $\sigma$  bezeichnet wird).

Nimmt man die Senkrechte als Projektionsachse, so erhält man folgende Gleichung:

$$2(K-1)\sigma \cdot r \cdot dr \cdot d\varphi^2 - \gamma r^2 dr d\varphi^2 - \frac{\partial\sigma}{\partial r} r^2 dr d\varphi^2 - 2\sigma r dr d\varphi^2 = 0.$$

(Die unendlich kleinen Größen vierter Ordnung wurden hierbei vernachlässigt.) Streicht man den gemeinsamen Faktor und teilt die Gleichung durch  $r$ , so erhält man die homogene Differentialgleichung

$$\frac{d\sigma}{dr} - 2(K-2)\frac{\sigma}{r} + \gamma = 0 \dots \dots 69,$$

deren Lösung wie folgt lautet:

$$(K-5)\sigma = C r^{2(K-2)} + \gamma r.$$

Setzt man für  $r = a$ ,  $\sigma = \sigma_a$ , so findet man

$$C = \frac{2(K-5)\sigma_a - \gamma a}{a^{2(K-2)}},$$

und die Gleichung nimmt die Form

$$\sigma = \left(\sigma_a - \frac{\gamma a}{2(K-5)}\right) \left(\frac{r}{a}\right)^{2(K-2)} + \frac{\gamma r}{2(K-5)} \dots \dots 70$$

an. Für  $\gamma = 0$  gilt diese Gleichung für jede Richtung und stellt somit die Lösung im dreidimensionalen

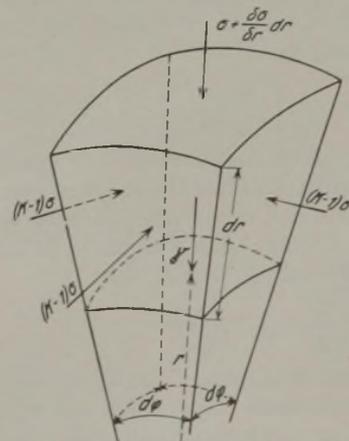


Abb. 21.

Spannungszustand dar. Zieht man jedoch noch das Eigengewicht in Betracht ( $\gamma \neq 0$ ), so gilt sie nur für die OZ-Achse.

Setzt man nun den niedrigsten Wert  $K=3$  ein, so erhält man

$$\sigma = (\sigma_a - \gamma a) \left(\frac{r}{a}\right)^2 + \gamma r \dots \dots \dots 71,$$

d. h. die Spannung kann, wenn  $\sigma_a > \gamma a$  ist, keine negativen Werte annehmen.

Setzt man  $a = 400$  cm,  $\gamma = 2,5$ , so verschwindet das erste Glied für  $\sigma_a = 1$  kg/cm<sup>2</sup>, und  $\sigma$  wächst proportional mit der Entfernung. Die Fließzone würde sich hierbei bis zum dritten Teil der betrachteten Teufe, vom Koordinatenursprung aus gemessen, erstrecken, da in diesem Punkte die Summe der beiden Hauptspannungen den ursprünglichen Wert erreicht.

Für  $K=2,5$  erhält man

$$\sigma = \sigma_a \frac{r}{a} - \gamma r \ln \frac{r}{a} \dots \dots \dots 72,$$

weil

$$\lim_{K \rightarrow 2,5} \frac{a \left(\frac{r}{a}\right)^{2(K-2)} - r}{2K - 5} = r \ln \left(\frac{r}{a}\right)$$

ist.

An der Oberfläche ist  $\sigma = 0$ , d. h.

$$\ln \frac{r}{a} = \frac{\sigma_a}{a\gamma}$$

Da  $r : a = 250$  ist, so muß  $\sigma_a = 5,52146$  kg/cm<sup>2</sup> sein, damit für  $a = 4$  m,  $r = 1000$  m und  $\mu = 0,204$  das Medium überhaupt zu fließen aufhört. Ein Reibungswinkel von  $11^\circ 30'$  dürfte für den Bergbau nicht in Betracht kommen, so daß die obige Überlegung nur theoretischen Wert besitzt.

Um beide Aufgaben zu vergleichen, bedenke man, daß in der Kugel bei Vernachlässigung des Eigengewichtes die Spannung für  $K=3$  nach der Formel 71 wie folgt wächst

$$\sigma = \sigma_a \left(\frac{r}{a}\right)^2 \dots \dots \dots 73,$$

während in der Scheibe (Formel 59)

$$\sigma = \sigma_a \frac{r}{a} \dots \dots \dots 74$$

gilt.

Im Schacht ist die letzte Formel maßgebend, so daß die Formel 73 ungültig wird.

Um zu beweisen, daß der senkrechte Wert der Hauptspannung stets positiv ist, ziehe man in Betracht, daß in der Kugel die senkrechte Hauptspannung  $\sigma_s$  folgende Funktion der waagrechten Hauptspannung  $\sigma_h$  ist:

$$\sigma_s = \sigma_h - \gamma a \sqrt{\frac{\sigma_h}{\sigma_a}} \left( \sqrt{\frac{\sigma_h}{\sigma_a}} - 1 \right) \dots \dots \dots 75.$$

Damit  $\sigma_s$  keine negativen Werte annimmt, genügt es, daß  $\sigma_h$  positiv und das letzte Glied stets kleiner als  $\sigma_h$  ist. Für den Fall des Schachtes wird der Wert von  $\sigma_h$  durch die Formel 74 bestimmt. Setzt man diesen in die Formel 75 ein, so erhält man

$$\sigma_s = r \left( \frac{\sigma_a}{a} - \gamma \right) + \gamma \sqrt{ar} \dots \dots \dots 76.$$

Damit nun in diesem Falle keine Zugspannungen auftreten, ist es auch notwendig, daß  $\sigma_a \geq a\gamma$  ist. Der wirkliche Wert von  $\sigma_s$  muß sich zwischen den beiden äußersten Werten der Formeln 75 und 76 befinden,

denn die Formel 75 nimmt an, daß die dritte Hauptspannungsfläche eine Neigung  $\frac{d\varphi}{2}$  zum Halbmesser

besitzt, während die Formel 76 von der Annahme ausgeht, daß die dritte Hauptspannungsfläche parallel zum betrachteten Halbmesser liegt. Damit wäre bewiesen, daß, solange  $\sigma_a \geq a\gamma$  ist, unmöglich Zugspannungen auftreten können, und somit dürfte die Untersuchung als beendet zu betrachten sein. Zusammenfassend kann man sagen, daß die Offenhaltung eines Schachtes in irgendeinem für den Bergmann in Betracht kommenden Medium nach Herstellung des Gleichgewichtes sichergestellt ist, solange  $\sigma_a > \gamma a$  ist.

Um nun näherungsweise die Materialmenge zu bestimmen, die aus dem Schachte entfernt werden muß, damit Gleichgewicht eintritt, bedenke man, daß die bezogene Raumdehnung gleich

$$e = (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \frac{m-2}{mE} \dots \dots \dots 77$$

ist.

Setzt man  $\gamma = 2,4$ ,  $\mu = 0,35354$ ,  $h = 1000$  m,  $a = 3$  m,  $m = 5$  und  $E = 300000$  kg/cm<sup>2</sup>, so erhält man für den ursprünglichen Spannungszustand  $e = 0,00096$ . Da die Fließzone 480 m Durchmesser hat, so ist die gesamte ursprüngliche Raumdehnung je laufendes Meter des Schachtes rd.  $V_1 = 173$  m<sup>3</sup>. Nach der Entspannung ist die Raumdehnung, wenn man für  $\sigma_a$  die Einheit nimmt und  $\sigma_z$  den Wert der größten Hauptspannung bezeichnet, gleich  $V_2 = 96,3$  m<sup>3</sup>.

Der Unterschied von 76,7 m<sup>3</sup> stellt die Materialmenge dar, die in den Schacht fließen muß, damit Gleichgewicht eintreten kann.

Da sich die beim Abteufen des Schachtes entfernte Materialmenge ( $a = 3$  m) auf rd. 28 m<sup>3</sup> belief, kann man darauf schließen, daß im ganzen mehr als 100 m<sup>3</sup> Erde je laufendes Meter des Schachtes entfernt werden müssen, bis sich endgültig Gleichgewicht einstellt.

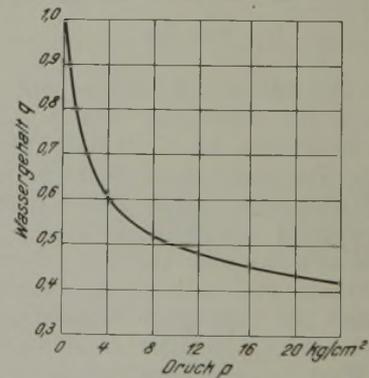


Abb. 22.

Nach K. Terzaghi<sup>1</sup> ist der Wassergehalt des Tones eine Funktion des Druckes. In Abb. 22 ist die Abhängigkeit vom Druck des auf die Raumeinheit der trocknen Substanz bezogenen Wassergehaltes  $q$  eines Tones schaubildlich dargestellt. Wie aus dieser Abbildung hervorgeht, sinkt der Wassergehalt bis zur Hälfte des ursprünglichen Wertes, wenn der Druck von Null bis auf 8 at steigt. Umgekehrt müssen Tone, Lehme, Letten usw. Wasser aufnehmen, wenn sich der Druck vermindert. Dies erklärt die bekannte Tatsache, daß sich eine in Ton getriebene Strecke anfänglich nur wenig von einer Strecke in festem tonigem Sand-

<sup>1</sup> Nadai, Handbuch der Physik, Bd. 6, Ziff. 33 (Das Wärmeleitungs-gleichnis von Terzaghi).

stein unterscheidet, weil der Wassergehalt des Tones wegen des hohen ursprünglichen Druckes sehr gering ist, so daß der Ton eine hohe Kohäsion aufweist. In wenigen Tagen geht die Strecke zu Bruch und die Materialmengen, die zu ihrer Offenhaltung entfernt werden müssen, sind noch größer als die oben berechneten, weil die Raumdehnung nicht nur durch den Druck bedingt wird, sondern auch durch die Feuchtigkeitsaufnahme.

man bei  $h = 1000$  m,  $\gamma = 2,4$ ,  $m = 5$ ,  $a = 3$  m und  $E = 300000$  kg/cm<sup>2</sup> für den Halbmesser der Fließzone

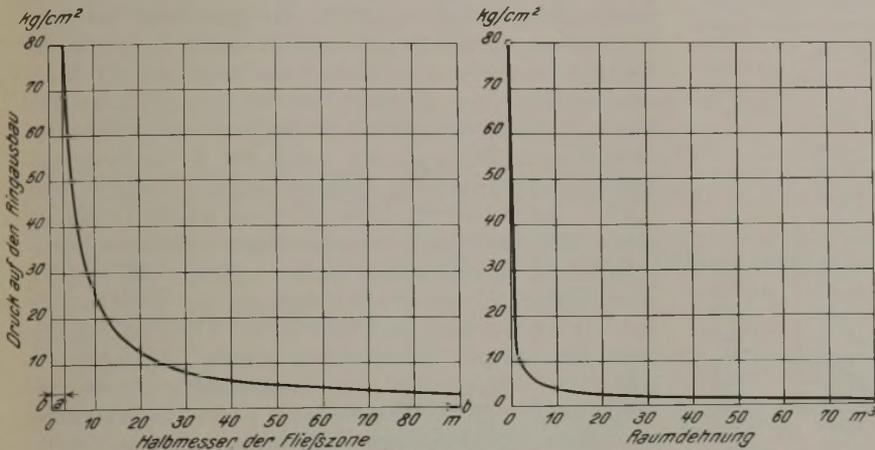


Abb. 23.

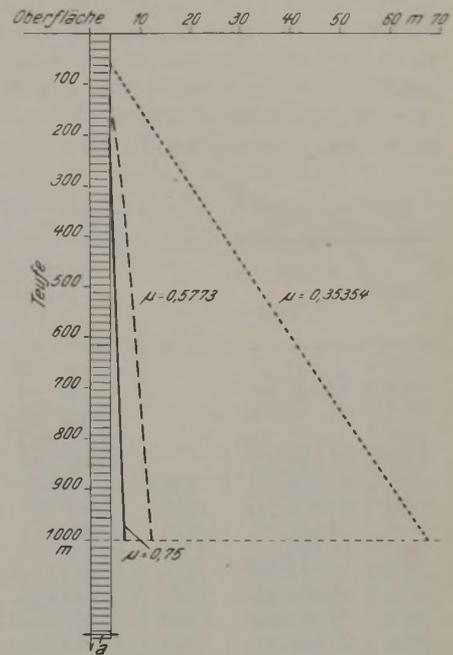


Abb. 24.

Da diese sehr langsam vor sich geht, und zwar so, daß sich der Rauminhalt asymptotisch dem neuen Gleichgewichtswert nähert, liegt es auf der Hand, daß der neue Gleichgewichtsspannungszustand theoretisch erst in unendlicher Zeit erreicht wird. Diese zwei Faktoren (die Zeit und die aus dem Schacht zu entfernende Materialmenge) zwingen den Bergmann, die Schächte, und den Zivilingenieur, die Tunnelbauten auszumauern. Im Simplon z. B. mußte der Tunnel auf einer 40 m langen Strecke mit einem Ausbau versehen werden, der im Durchschnitt über 2 Meter Mächtigkeit aufwies.

In Abb. 23 links ist die Abhängigkeit des Halbmessers der Fließzone vom Druck auf den Ausbau für  $\mu = 0,35354$ ,  $a = 3$  m,  $\gamma = 2,4$  und  $h = 1000$  m schaubildlich dargestellt und in Abb. 23 rechts die Raumdehnung für dieselben Werte. Man ersieht aus den Kurven, daß die Fließzone und die Raumdehnung mit wachsendem Druck auf den Ausbau sehr schnell abnehmen.

Die vorstehenden Untersuchungen behandeln den ungünstigsten Fall. Setzt man jetzt für  $c = 15$  kg/cm<sup>2</sup>,  $\mu = 0,5774$  (sehr milder Tonsandstein), so erhält

den Wert 6 m und für die Raumdehnung 28,5 l je laufendes Meter. Die letzte Ziffer entspricht einer Verminderung des ursprünglichen Halbmessers des Schachtes um rd. 1 cm.

Bevor auf die nächste Aufgabe eingegangen wird, sei noch die Abhängigkeit der Fließzone von der Teufe näher betrachtet. Bedenkt man, daß der waagrechte ursprüngliche Druck  $p_h = \frac{\gamma \cdot h}{K-1}$  ist und nimmt man Formel 65 zu Hilfe, so erhält man folgenden Ausdruck für den Halbmesser b der Fließzone:

$$b = a \sqrt{\frac{K-2}{K(K-1)} \frac{\gamma h}{\sigma_{Ra}}} \dots \dots \dots 78.$$

Selbstverständlich können nur positive Werte in Betracht kommen, und unter der Wurzel haben nur diejenigen Werte Gültigkeit, die größer oder gleich 1 sind. In Abb. 24 ist die Fließzone für  $a = 4$  m,  $\gamma = 2,5$ ,  $\sigma_{Ra} = 5$  kg/cm<sup>2</sup>,  $\mu = 0,35354$ , also  $K = 3$  (punktirt),  $\mu = 0,5773$ , also  $K = 4$  (gestrichelt) und  $\mu = 0,75$ , also  $K = 5$  (voll ausgezogen) wiedergegeben. Man beachte die geringe Ausdehnung der Fließzone bei höheren Reibungskoeffizienten. (Schluß f.)

## Die bergbauliche Gewinnung des Ruhrbezirks im Jahre 1937.

Von Dr. Hans Meis, Essen.

(Schluß.)

Die Kokerzeugung, deren Entwicklung in Zahlentafel 7 dargestellt ist, hat im Jahre 1937 nicht die gleiche aufwärtsstrebende Entwicklung genommen wie die Förderung. Sie ist in diesem Zeitraum um 4,15 Mill. t oder 15,15 % gestiegen (im Vorjahr um 4,44 Mill. t oder 19,38 %). Dies ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß in der eisenschaffenden Industrie, die im Zeitraum von wenigen Jahren ihre

Erzeugung auf das Dreieinhalbfache steigern konnte, eine gewisse, inzwischen allerdings wieder überholte Pause in der Aufwärtsentwicklung eingetreten ist. So ist der Bedarf der eisenschaffenden Industrie im Jahre 1937 entsprechend der nur geringen Zunahme der Roheisenerzeugung auch nur verhältnismäßig unbedeutend angestiegen. Demgegenüber ist aber bei den übrigen Verbrauchergruppen eine nicht unerhebliche

Bedarfssteigerung eingetreten, so vor allem bei der chemischen Industrie und dem Hausbrand, deren Belieferung mit Ruhrkoks sich um 33,3 bzw. 20,6% erhöht hat. Schließlich ist auch noch der Auslandsmarkt zu nennen, der gut ein Viertel mehr Koks aufgenommen hat als im Jahre 1936; jedoch ist gerade hier eine erhebliche Rückläufigkeit in der ersten Hälfte des laufenden Jahres festzustellen.

Zahlentafel 7. Kokserzeugung im Ruhrbergbau.

Jahr	Kokserzeugung		Von der Kohlenförderung wurden verkocht		Zahl der betriebenen Koksöfen
	insges. t	je Ofen t	t	%	
1913	26 703 080	.	34 234 718	29,98	.
1925	23 981 360	.	30 745 333	29,53	.
1926	23 449 576	.	30 063 559	26,81	.
1927	28 695 155	.	36 788 660	31,18	.
1928	29 945 772	.	38 392 015	33,51	.
1929	34 205 071	2486	45 131 377	36,52	13 761
1930	27 802 433	2367	37 005 767	34,53	11 744
1931	18 834 887	2276	25 332 733	29,58	8 277
1932	15 369 812	2231	20 730 796	28,29	6 890
1933	16 771 432	2406	22 633 511	29,09	6 972
1934	19 975 464	2577	27 019 429	29,89	7 750
1935	22 962 324	2722	30 977 329	31,72	8 436
1936	27 412 147	2829	36 882 116	34,32	9 688
1937	31 566 568	2960	42 138 027	32,98	10 663

Bei einer Kokserzeugung von 31,57 Mill. t beträgt der Abstand von der Höchstziffer im Jahre 1929 immer noch 2,6 Mill. t. Im ganzen wurden 42,14 Mill. t Steinkohle verkocht, d. s. 33% der Förderung gegen 34,3% im Vorjahr. Das Durchschnittsausbringen hat sich mit 74,9% etwas erhöht. Im Mittel des Berichtsjahres waren 10663 Öfen in Betrieb, deren Zahl sich bis Juni 1938 auf 11182 erhöht hat. Auch die Leistung je Ofen ist noch im Steigen begriffen.

In Zahlentafel 8 ist die Gewinnung an Neben-erzeugnissen aufgeführt, soweit sie in engster Verbindung mit dem Kokereibetrieb erfolgt, wobei das Kokerei-Ammoniak Endprodukt ist, während Rohteer und Rohbenzol weiterverarbeitet werden. Im Interesse einer vollständigen Erfassung der Stickstoffgewinnung ist auch die synthetische Gewinnung angegeben, die jedoch in besondern Stickstoffwerken erfolgt und deren Erzeugnisse sich zusammensetzen aus Montansalpeter, Kalkammonsalpeter, Ammonnitrat, Salpetersäure, Natronsalpeter, schwefelsauerm Ammoniak, flüssigem Ammoniak (wasserfrei) und Ammoniakwasser.

Zahlentafel 8. Gewinnung an Stickstoff, Rohteer und Rohbenzol.

Jahr	Kokerei-Ammoniak	Synthetische Erzeugnisse	Rohteer	Rohbenzol
	t	Stickstoffinhalt t		
1929	96 544	51 167 <sup>1</sup>	1 249 771	326 966
1930	80 174	47 959 <sup>1</sup>	1 035 183	290 063
1931	58 298	76 338 <sup>1</sup>	741 613	199 621
1932	47 861	62 583 <sup>1</sup>	614 383	162 562
1933	49 689	54 507 <sup>1</sup>	662 112	183 396
1934	58 173	73 609 <sup>2</sup>	781 150	216 140
1935	67 681	95 438 <sup>2</sup>	902 451	251 799
1936	77 937	102 524 <sup>2</sup>	1 050 943	301 723
1937	88 919	106 010 <sup>2</sup>	1 188 629	343 683

<sup>1</sup> Ohne die Erzeugnisse des Stickstoffwerks der Gewerkschaft Victor. —<sup>2</sup> Teilweise geschätzt.

Die Stickstoffgewinnung der Kokereien des Ruhrbezirks hat im Berichtsjahr eine Zunahme um 11 000 t oder 14% erfahren. Während diese von der Koks-erzeugung abhängig ist, kann die synthetische Gewinnung dem Bedarf angepaßt werden. Sie erhöhte sich um 3500 t oder 3,4%. Die Verkaufspreise für stickstoffhaltige Düngemittel sind mit Wirkung vom 1. Januar 1937 um 30% gesenkt worden, um der Landwirtschaft zur Sicherung der deutschen Ernährungsgrundlage einen Anreiz zu verstärkter Anwendung dieser Düngemittel zu geben. Mengenmäßig hat diese Maßnahme ihren Zweck erfüllt, doch bedeutet die damit verbundene erhebliche Einschränkung der Wirtschaftlichkeit der Stickstoffwerke eine fühlbare Belastung. Auch der Anfall an Rohteer und Rohbenzol richtet sich zwangsläufig nach der Kokserzeugung. Die Rohteergewinnung erhöhte sich um 138 000 t oder 13,1% auf 1,19 Mill. t, die zu etwa einem Drittel in den Eigenanlagen verschiedener Bergbaugesellschaften weiterverarbeitet wurde, während die übrigen zwei Drittel in den großen Anlagen der Gesellschaft für Teerverwertung und den Rütgers-Werken, Abteilung Rauxel, zur Verarbeitung kamen. Dagegen erfolgt die Reinigung des Rohbenzols, dessen angefallene Menge um 42 000 t oder 13,9% zugenommen hat, überwiegend auf den Anlagen der Zechen.

Die Gewinnungsergebnisse der Teerdestillationen sind aus Zahlentafel 9 zu ersehen.

Zahlentafel 9. Gewinnung der wichtigsten Teerdestillate im Ruhrbezirk.

	1933	1934	1935	1936	1937
	t	t	t	t	t
Leichtöl . . . . .	4 653	5 959	5 598	5 749	9 710
Treiböl . . . . .			4 230	4 017	4 176
Waschöl . . . . .	21 293	24 045	34 308	41 717	46 166
Heizöl . . . . .	56 729	131 773	108 911	108 257	94 940
Imprägnieröl . . . . .	23 645	17 197	44 104	68 579	100 843
Anthrazenöl . . . . .	16 899	10 595	26 000	17 331	24 070
Teerfettöl . . . . .	2 281	3 192			
I. G.-Öl . . . . .			50 340	42 327	51 407
Sonstige Öle . . . . .	26 796	35 110	2 766	5 312	8 564
Rohnaphthalin . . . . .	11 828	13 924	12 255	23 240	29 574
Naphthalin, Warmpreßgut . . . . .	8 834	8 606	11 778	22 413	27 890
Rein-naphthalin . . . . .	11 015	10 504	7 030	7 376	7 284
Naphthalinschlamm . . . . .	523	624		31	1 064
Rohanthrazen . . . . .	1 195	6 577	6 984	6 464	5 515
Reinanthrazen . . . . .			261		
Anthrazen-Rückstände . . . . .	6 385	8 643	11 354	21 820	22 082
Pech . . . . .	322 683	364 731	426 156	470 141	552 770
Pechkoks . . . . .	17 962	22 389	29 355	38 172	63 171
Straßenteer . . . . .	82 335	84 377	74 552	75 617	95 120
Stahlwerksteer . . . . .	9 526	12 555	17 157	19 423	22 057
Sonstiger präparierter Teer . . . . .	1 142	289	8 725	17 459	21 871
Destillierter Teer . . . . .	—	14	71	190	19
Reinphenol . . . . .	—	—	3 135	3 485	3 579
Kresole (Feinprodukte) . . . . .	3 490	5 390	5 677	5 957	7 201
Naphthalinöl . . . . .	—	—	—	—	152

Von den Teererzeugnissen konnten die meisten ohne Mühe abgesetzt werden. Teeröle sind nach wie vor stark gefragt. Die Bemühungen um die Unterbringung des Pechs waren im Berichtsjahr erfolgreich, die gesamte Erzeugung fand vollen Absatz. Darüber hinaus konnten die stark angewachsenen Pechlager durch erhöhte Ausfuhr vermindert werden. Eine wesentliche Entlastung brachte auch die Pechverkokung, die in einer Gemeinschaftsanlage des Ruhrbergbaus auf dem Gelände der Zeche Lothringen durchgeführt wird. Die Erzeugung an Pechkoks weist gegen das Vorjahr eine Steigerung um 25 000 t oder 65,49% auf. Auch im Straßenteergeschäft ist eine wesentliche Besserung eingetreten. Der Straßenteerverbrauch Deutschlands stieg von 180 000 auf 230 000 t oder um 28%, dementsprechend hat auch die Erzeugung des Ruhrbergbaus an Straßenteer zugenommen. Der große Inlandsbedarf an Naphthalin hat

bedauerlicherweise zu einer Einschränkung der Ausfuhr geführt, in deren Gefolge langjährige Bezugsländer nunmehr selbst die Erzeugung aufgenommen haben. Sehr unbefriedigend war der Absatz an Anthrazen und Anthrazenrückständen. Es ist zu hoffen, daß nach Inbetriebsetzung neuer Rußfabriken im laufenden Jahr auch für diese Erzeugnisse volle Verwendungsmöglichkeiten gegeben sind. Bei dem ständig steigenden Bedarf an Phenolen und Kresolen ist eine Erweiterung der Gewinnung nach Fertigstellung der von der Emschergenossenschaft und dem Ruhrverband errichteten Entphenolungsanlagen zu erwarten.

Die Erzeugung von Koksofengas betrug im Berichtsjahr 13314 Mill. m<sup>3</sup>, das bedeutet eine Steigerung gegen das Vorjahr um 1663 Mill. m<sup>3</sup> oder 14,27%. Zur Unterfeuerung sind im ganzen 7294 Mill. m<sup>3</sup> benötigt worden, davon entfallen jedoch nur 5589 Mill. m<sup>3</sup> auf Koksofengas, während für die übrige Menge Schwachgas und Hochofengas benutzt wurde, um eine möglichst große Menge Koksofengas für den Absatz zur Verfügung zu haben. Von dem gesamten Überschußgas (7725 Mill. m<sup>3</sup>) dienen 1732 Mill. m<sup>3</sup> dem Selbstverbrauch der Zechen und ihrer Nebenbetriebe, während 5870 Mill. m<sup>3</sup> zum

Zahlentafel 10. Erzeugung und Verwendung an Koksofengas im Ruhrbezirk (in 1000 m<sup>3</sup>).

	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937
Gesamterzeugung an Koksofengas	10 917 912	7 589 808	6 412 778	7 066 819	8 290 421	9 748 852	11 650 748	13 314 054
Davon								
a) für Unterfeuerung verwendet	5 504 979	3 523 818	2 907 765	3 159 401	3 499 180	4 028 552	4 761 152	5 589 144
b) Überschußgas . . . . .	5 412 933	4 065 990	3 505 013	3 907 418	4 765 695	5 667 342	6 777 544	7 602 019
c) Verluste . . . . .					25 546	52 958	112 052	122 891
Aufteilung des Überschußgases <sup>1</sup> :								
Eigenverbrauch:								
a) Kesselgas . . . . .	2 127 411	1 291 175	1 013 021	1 025 215	1 058 977	1 126 677	1 339 338	1 550 108
b) Großgasmaschinen . . . . .	174 939	68 613	81 422	79 277	76 401	90 213	162 203	122 362
c) Sonstiger . . . . .	354 874	187 011	133 661	173 061	313 984	43 790	55 553	59 213
Absatz . . . . .	2 580 139	2 403 682	2 178 487	2 528 999	3 316 333	4 406 662	5 220 450	5 870 336

<sup>1</sup> Die Verwendungsart ist nicht nachgewiesen für 175 570 000 m<sup>3</sup> in 1930, 115 509 000 m<sup>3</sup> in 1931, 98 422 000 m<sup>3</sup> in 1932 und 101 135 000 m<sup>3</sup> in 1933.

Absatz gelangten. In welchem Maße bei dem Gasabsatz die Ferngasgesellschaften eingeschaltet sind, ist aus Zahlentafel 11 zu ersehen.

Zahlentafel 11. Aufteilung des Koksofengasabsatzes.

	1935	1936	1937
	1000 m <sup>3</sup>	1000 m <sup>3</sup>	1000 m <sup>3</sup>
Abgabe an und durch Ferngasgesellschaften . . . . .	2 280 714	2 719 799	3 060 589
davon Ruhrgas . . . . .	1 654 244	2 006 975	2 321 495
Thyssengas . . . . .	621 164	706 758	731 138
Unmittelbare Abgabe			
an eigene Werke . . . . .	1 697 812	2 035 604	2 244 426
an fremde Werke . . . . .	255 759	256 521	375 515
an Gaswerke (Städte und Gemeinden) . . . . .	172 377	199 537	180 546
an Sonstige . . . . .		8 989	9 260
Gesamtabgabe	4 406 662	5 220 450	5 870 336

Weit mehr als die Hälfte der Kokereigaslieferungen des Ruhrbergbaus erfolgt durch Vermittlung der Ferngasgesellschaften. Im Berichtsjahr erreichte diese Menge 3061 Mill. m<sup>3</sup> oder 52,14% des Gesamtabsatzes. Hiervon entfallen 2321 Mill. m<sup>3</sup> oder 75,85% auf die Ruhrgas-AG., deren Abnehmer, gemessen am Gasverbrauch, sich zu 91% aus industriellen Werken und zu 9% aus städtischen Gaswerken zusammensetzen. Bei den Thyssenschen Gaswerken nehmen die industriellen Verbraucher etwa 88% ihres Gasabsatzes auf. Die unmittelbare Gasabgabe der Kokereien bezifferte sich auf 2810 Mill. m<sup>3</sup>. Es handelt sich hierbei in der Hauptsache um Lieferungen innerhalb des Ruhrbezirks, von denen die an eigene Werke rd. vier Fünftel einnehmen. Auf fremde industrielle Werke entfallen 13%, während die Versorgung der Städte und Gemeinden etwa 6,5% ausmacht. Letztere ist gegen das Vorjahr etwas zurückgegangen.

Die Preßkohlenherstellung verzeichnete eine Zunahme gegen das Vorjahr um 634000 t oder 16,9% und erreichte 4,38 Mill. t. Der Feinkohlenverbrauch belief sich auf 4,08 Mill. t, d. s. 3,2% der Förderung. An Pech wurden 300000 t zugesetzt, so daß auf die Tonne Steinkohlenbriketts 931,5 kg Steinkohle und 68,5 kg Pech entfielen. Die Durchschnittsleistung je Presse stieg von 27367 t auf 30228 t oder um 10,45%. Über die Entwicklung der Preßkohlenherstellung unterrichtet Zahlentafel 12.

Zahlentafel 12. Preßkohlenherstellung im niederrheinisch-westfälischen Bergbaubezirk.

Jahr	Herstellung t	Von der Kohlenförderung in Preßkohle umgewandelt		Zahl der betriebenen Brikettpressen
		t	%	
1913	4 954 312	4 557 967	3,98	210
1920	3 626 211	3 336 114	3,77	183
1925	3 610 169	3 321 355	3,18	199
1926	3 746 714	3 446 977	3,07	192
1927	3 579 699	3 293 323	2,79	181
1928	3 362 225	3 093 247	2,70	169
1929	3 757 534	3 505 906	2,84	176
1930	3 163 464	2 957 206	2,76	147
1931	3 129 118	2 912 896	3,40	135
1932	2 823 447	2 622 135	3,58	136
1933	2 966 091	2 752 236	3,54	140
1934	3 203 796	2 976 647	3,29	131
1935	3 399 895	3 165 767	3,24	134
1936	3 749 231	3 490 635	3,25	137
1937	4 383 002	4 082 688	3,20	145

Die Elektrizitätswirtschaft der Ruhrzechen zeigt auch im Berichtsjahr erhebliche Fortschritte. Die Stromerzeugung hat fast die Dreimilliarden-Grenze erreicht; das bedeutet eine Erzeugungssteigerung gegen das Vorjahr um 21,69% und in den letzten drei Jahren sogar um mehr als die Hälfte. Der Strombedarf der Ruhrzechen ist nicht ganz so stark gestiegen wie ihre Erzeugung; gegen 1934 ergibt sich eine Zunahme um

Zahlentafel 13. Gewinnung und Verbrauch an elektrischer Arbeit der Zechen im Ruhrbezirk.

	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937
	1000 kWh								
Erzeugung . . . . .	2 263 262	2 194 380	2 095 449	1 837 318	1 872 187	1 957 027	2 165 840	2 462 162	2 996 162
Bezug von eigenen Werken <sup>1</sup>	119 585	101 331	55 507	51 082	52 941	51 258	62 941	83 477	116 974
von Sonstigen . . . . .	72 848	119 243	115 872	128 507	145 679	142 143	143 752	157 753	168 559
Abgabe an eigene Werke <sup>1</sup>	196 149	234 469	279 213	249 561	192 801	213 029	320 906	387 055	263 576
an fremde industrielle Großverbraucher	215 169	94 371	80 082	61 897	131 812	103 888	57 097	71 859	316 538
an Städte u. Gemeinden <sup>2</sup>	157 576	178 858	82 012	104 366	118 458	137 882	145 993	292 895	222 746
an Sonstige . . . . .	2 933	227	—	344	4 110	1 796	8 806	7 971	10 292
Verbrauch . . . . .	1 883 868	1 907 029	1 825 521	1 600 739	1 623 626	1 693 833	1 839 731	2 033 612	2 468 543

<sup>1</sup> Ohne Zechenbetriebe. — <sup>2</sup> Einschl. öffentlicher Elektrizitätswerke.

45,74 %, mithin ist auch die für den Absatz verfügbare Menge größer geworden. Besonders fällt da die Zunahme der Abgabe an fremde industrielle Großverbraucher ins Auge. Bei dem Bezug von eigenen Werken in Höhe von 117 Mill. kWh handelt es sich in der Hauptsache um Entnahme aus Ringnetzen gemischter Gesellschaften.

#### Herstellung von Ziegel- und andern Steinen (in 1000 Stück).

1913	488 285	1931	117 887
1920	415 322	1932	53 114
1925	357 882	1933	87 586
1926	197 274	1934	107 872
1927	390 184	1935	108 064
1928	369 271	1936	165 817
1929	310 279	1937	214 690
1930	240 330		

Infolge der vielen Neuinvestierungen ist die Herstellung von Ziegel- und andern Steinen erheblich vorwärtsgeworben worden. Sie belief sich im Berichts-

jahr auf 215 Mill. Steine, das ist eine Steigerung in den letzten zwei Jahren auf fast das Doppelte. Sie gliedert sich wie folgt: 141 Mill. Stück Ziegelsteine, 72 Mill. Stück Grubenschiefersteine, 461 000 Stück Kaminsteine, 181 000 Stück Hohlsteine, 741 000 Stück Klinker, Verblender und Vormauersteine und 387 000 Stück Formsteine.

Die im Jahre 1935 wieder aufgenommene Förderung an Eisenerz hält sich naturgemäß nur in engen Grenzen. Mit 188 000 t erreichte sie die dreieinhalbfache Höhe des Vorjahres. An Blei- und Zinkerz wurden 22 300 t gewonnen.

Die Salinen im Gebiete des rheinisch-westfälischen Bergbaubezirks verzeichneten 1937 eine Siedesalzgewinnung von 24 455 t gegenüber 20 325 t im Jahre zuvor.

Die Steinsalzförderung stieg von 448 000 t auf 544 000 t oder um 21,51 %, während an Salzsole 286 000 t, d. s. 78 % mehr als im Vorjahr, gewonnen wurden.

## WIRTSCHAFTLICHES

### Brennstoffversorgung (Empfang<sup>1</sup>) Groß-Berlins im Juni 1938.

Monatsdurchschnitt bzw. Monat	Steinkohle, Koks und Preßkohle aus								Rohbraunkohle u. Preßbraunkohle aus					Gesamtempfang
	England	den Niederlanden	dem Ruhrbezirk	Sachsen	Dtsch.-Oberschlesien	Niederschlesien	andern Bezirken	insges.	Preußen		Sachsen und Böhmen		insges.	
									Rohbraunkohle	Preßbraunkohle	Rohbraunkohle	Preßbraunkohle		
t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	
1933 . . . . .	17 819	5251	156 591	690	132 644	29 939	264	343 198	282	183 114	31	1227	184 654	527 852
1934 . . . . .	19 507	2182	161 355	473	161 900	37 087	407	382 911	283	165 810	—	1355	167 448	550 360
1935 . . . . .	19 257	1880	170 115	1110	153 407	40 687	23	386 480	852	181 474	46	530	182 902	569 382
1936 . . . . .	18 665	1876	193 529	1103	160 232	45 785	—	421 189	1251	182 181	68	1672	185 172	606 361
1937 . . . . .	19 811	812	217 080	1402	198 596	40 266	4	477 972	722	187 667	43	1864	190 297	668 269
1938: Jan. . . . .	11 892	—	169 856	2267	131 712	38 500	—	354 227	518	259 879	—	2215	262 612	616 839
Febr. . . . .	19 367	2370	175 241	3046	211 622	43 057	—	454 703	—	185 140	—	2014	187 154	641 857
März . . . . .	18 218	766	198 007	1284	236 282	39 980	1250	495 787	44	154 926	—	2038	157 008	652 795
April . . . . .	27 396	—	193 206	1329	191 042	29 144	—	442 117	—	102 756	—	2218	104 974	547 091
Mai . . . . .	42 999	—	219 544	1248	211 632	37 315	—	512 738	78	168 402	—	1910	170 390	683 128
Juni . . . . .	33 369	506	206 871	1545	203 682	42 909	—	488 882	15	128 425	—	3033	131 473	620 355
Jan.-Juni	25 540	607	193 788	1787	197 662	38 484	208	458 076	109	166 588	—	2238	168 935	627 011

#### In % der Gesamtmenge

1938: Jan.-Juni	4,07	0,10	30,91	0,29	31,52	6,14	0,03	73,06	0,02	26,57	—	0,36	26,94	100
1937 . . . . .	2,96	0,12	32,48	0,21	29,72	6,03	.	71,52	0,11	28,08	0,01	0,28	28,48	100
1936 . . . . .	3,08	0,31	31,92	0,18	26,43	7,55	—	69,46	0,21	30,04	0,01	0,28	30,54	100
1935 . . . . .	3,38	0,33	29,88	0,19	26,94	7,15	.	67,88	0,15	31,87	0,01	0,09	32,12	100
1934 . . . . .	-3,54	0,40	29,32	0,08	29,42	6,74	0,07	69,57	0,05	30,13	—	0,25	30,43	100
1933 . . . . .	3,38	0,99	29,67	0,13	25,13	5,67	0,05	65,02	0,05	34,69	0,01	0,23	34,98	100

<sup>1</sup> Empfang abzüglich der abgesandten Mengen.

Deutschlands Ausfuhr an Kali im 1. Halbjahr 1938<sup>1</sup>.

Empfangsländer	1937		1938	
	t		t	
<b>Kalisalz<sup>2</sup></b>				
Belgien . . . . .	10 290	—	—	—
Dänemark . . . . .	8 209	17 985	—	—
Estland . . . . .	2 750	5 050	—	—
Finnland . . . . .	2 830	300	—	—
Großbritannien . . . . .	14 739	6 491	—	—
Irischer Freistaat . . . . .	11 203	147	—	—
Italien . . . . .	5 819	12 575	—	—
Jugoslawien . . . . .	1 260	1 019	—	—
Lettland . . . . .	16 100	12 850	—	—
Litauen . . . . .	435	8 035	—	—
Niederlande . . . . .	10 784	47 037	—	—
Norwegen . . . . .	5 562	1 334	—	—
Schweden . . . . .	7 821	18 389	—	—
Schweiz . . . . .	8 024	2 139	—	—
Tschechoslowakei . . . . .	40 320	39 444	—	—
Ver. Staaten von Amerika . . . . .	28 897	6 060	—	—
Neuseeland . . . . .	3 734	3 967	—	—
Übrige Länder . . . . .	14 523	2 415	—	—
<b>zus.</b>	<b>193 300<sup>3</sup></b>	<b>185 237<sup>3</sup></b>		
<b>Schwefelsaures Kali, schwefelsaure Kalimagnesia, Chlorkalium</b>				
Belgien . . . . .	3 036	7 541	—	—
Dänemark . . . . .	820	684	—	—
Griechenland . . . . .	3 000	2 500	—	—
Großbritannien . . . . .	5 029	5 339	—	—
Irischer Freistaat . . . . .	362	—	—	—
Italien . . . . .	5 153	6 299	—	—
Niederlande . . . . .	3 485	8 776	—	—
Portugal . . . . .	2 174	820	—	—
Schweden . . . . .	995	1 412	—	—
Tschechoslowakei . . . . .	2 869	1 935	—	—
Britisch-Südafrika . . . . .	3 209	2 830	—	—
Kanarische Inseln . . . . .	2 130	349	—	—
Ceylon . . . . .	1 321	1 341	—	—
Japan . . . . .	102 613	48 000	—	—
Niederländisch-Indien . . . . .	1 615	854	—	—
Ver. Staaten von Amerika . . . . .	87 829	9 583	—	—
Canada . . . . .	4 130	23	—	—
Übriges Britisches Amerika . . . . .	1 641	1 097	—	—
Brasilien . . . . .	4 758	3 467	—	—
Chile . . . . .	1 363	1 401	—	—
Cuba . . . . .	—	91	—	—
Australien (einschl. Neuseeland) . . . . .	4 513	3 308	—	—
Übrige Länder . . . . .	5 685	3 913	—	—
<b>zus.</b>	<b>247 821<sup>3</sup></b>	<b>111 472<sup>3</sup></b>		

Deutschlands Einfuhr an Mineralölen und sonstigen fossilen Rohstoffen im 1. Halbjahr 1938<sup>1</sup>.

Mineralöle und Rückstände	1937		1938	
	Menge in t		Wert in 1000 M	
Erdöl, roh . . . . .	298 260	362 121	—	—
Benzin aller Art, einschl. der Terpeninölersatzmittel . . . . .	463 748	582 518	—	—
Leuchtöl (Leuchtpetroleum) . . . . .	26 613	11 707	—	—
Gasöl, Treiböl . . . . .	503 856	606 227	—	—
Mineralschmieröl (auch Transformatoröl, Weißöl usw.) . . . . .	208 495	184 863	—	—
Heizöl und Heizstoffe . . . . .	182 931	146 593	—	—
Erdöl, roh . . . . .	9 761	13 515	—	—
Benzin aller Art, einschl. der Terpeninölersatzmittel . . . . .	36 359	48 958	—	—
Leuchtöl (Leuchtpetroleum) . . . . .	1 111	657	—	—
Gasöl, Treiböl . . . . .	19 661	29 832	—	—
Mineralschmieröl (auch Transformatoröl, Weißöl usw.) . . . . .	17 727	17 660	—	—
Heizöl und Heizstoffe . . . . .	4 721	4 452	—	—

<sup>1</sup> Mon. Nachw. f. d. ausw. Handel Deutschlands.

Steinkohlenversand des Ruhrbezirks auf dem Wasserweg im 1. Halbjahr 1938.

Monatsdurchschnitt bzw. Monat	Rhein-Ruhr-Häfen		Kanal-Zeichen-Häfen	Gesamtversand
	t	davon Duisburg-Ruhrorter Häfen t		
1929 . . .	1 604 841	1 336 364	988 223	2 593 064
1930 . . .	1 333 498	1 082 656	1 033 848	2 367 346
1931 . . .	1 186 718	940 952	967 362	2 154 080
1932 . . .	916 139	671 873	891 972	1 808 111
1933 . . .	956 169	711 209	945 209	1 901 378
1934 . . .	1 105 968	790 265	1 128 817	2 234 785
1935 . . .	1 203 538	867 906	1 129 808	2 333 346
1936 . . .	1 345 685	1 004 266	1 169 142	2 514 827
1937 . . .	1 816 206	1 400 794	1 285 182	3 101 388
1938: Jan.	1 498 455	1 123 605	1 136 074	2 634 529
Febr.	1 505 604	1 158 289	1 150 014	2 655 618
März	1 753 669	1 366 964	1 220 084	2 973 753
April	1 450 899	1 122 749	1 030 307	2 481 206
Mai	1 554 728	1 173 478	1 126 002	2 680 730
Juni	1 634 599	1 266 665	1 237 286	2 871 885
<b>Jan.-Juni</b>	<b>1 566 326</b>	<b>1 201 958</b>	<b>1 149 961</b>	<b>2 716 287</b>

<sup>1</sup> Mon. Nachw. f. d. ausw. Handel Deutschlands. — <sup>2</sup> Einschl. Abraumsalz. — <sup>3</sup> Einschl. vertraglicher Lieferungen für Rechnung ausländischer Mitglieder des Kalikartells.

Auslandabsatz<sup>1</sup> der im Rheinisch-Westfälischen Kohlen-Syndikat vereinigten Zechen im Juni 1938.

Jahr bzw. Monat	Ruhr								Aachen				Saar			
	Kohle		Koks		Briketts		Zus. (ohne Umrechnung)		Kohle	Koks	Briketts	Zus. (ohne Umrechnung)	Kohle	Koks	Zus. (ohne Umrechnung)	
	Menge 1000 t	Wert <sup>2</sup> 1000 M	Menge 1000 t	Wert <sup>2</sup> 1000 M	Menge 1000 t	Wert <sup>2</sup> 1000 M	Menge 1000 t	Wert <sup>2</sup> 1000 M								Menge 1000 t
1934:																
Ganzes Jahr . . . . .	19231	189 233	5507	72 467	627	7 557	25 365	269 257	—	—	—	—	—	—	—	—
Monatsdurchschnitt	1 603	15 769	459	6 039	52	630	2 114	22 438	—	—	—	—	—	—	—	—
1935:																
Ganzes Jahr . . . . .	21 022	198 028	5868	76 576	766	8 663	27 656	283 268	946	273	35	1 254	—	—	—	—
Monatsdurchschnitt	1 752	16 502	489	6 381	64	722	2 305	23 605	79	23	3	105	—	—	—	—
1936:																
Ganzes Jahr . . . . .	21 418	200 047	6509	84 355	789	9 165	28 716	293 567	895	140	36	1 070	3 194	17	3 210	—
Monatsdurchschnitt	1 785	16 671	542	7 030	66	764	2 393	24 465	74	12	3	89	266	1	268	—
1937:																
Ganzes Jahr . . . . .	29 885	330 831	8170	134 964	968	12 189	39 023	477 984	1 025	143	34	1 202	3 793	42	3 835	—
Monatsdurchschnitt	2 490	27 569	681	11 247	81	1 016	3 252	39 832	85	12	3	100	316	4	320	—
1938:																
Januar . . . . .	2 140	26 492	541	10 265	62	847	2 743	37 605	57	9	2	68	258	2	260	—
Februar . . . . .	2 027	25 705	470	9 168	68	986	2 566	35 859	44	9	2	55	293	3	296	—
März . . . . .	2 321	29 566	424	8 171	74	1 035	2 819	38 772	62	9	2	73	310	3	313	—
April . . . . .	1 096	24 889	335	6 495	125	1 606	2 456	32 990	94	8	2	105	264	2	266	—
Mai . . . . .	2 010	25 501	388	7 505	115	1 690	2 512	34 696	94	10	4	107	286	3	289	—
Juni . . . . .	2 186	26 884	414	7 864	121	1 823	2 721	36 571	89	11	3	103	334	3	336	—
Januar-Juni . . . . .	12 680	158 867 <sup>3</sup>	2574	49 236 <sup>3</sup>	564	7 976 <sup>3</sup>	15 817	216 080 <sup>3</sup>	441	55	16	511	1 746	14	1 760	—
Monatsdurchschnitt	2 113	26 478	429	8 206	94	1 329	2 636	36 013	73	9	3	85	291	2	293	—

<sup>1</sup> Einschl. Ausfuhr auf Werksebstverbrauch. — <sup>2</sup> Berechnet nach dem Durchschnittswert frei Grenze für die gesamte deutsche Steinkohlenausfuhr. — <sup>3</sup> In der Summe berichtet.

**Absatz der im Rheinisch-Westfälischen Kohlen-Syndikat vereinigten Zechen im Juni 1938.**  
Gesamtabsatz<sup>1</sup>.

Monats- durchschnitt bzw. Monat	Absatz auf die Verkaufsbeteiligung						Absatz auf die Verbrauchsbeteiligung						Gesamtabsatz (einschl. Zechen-Selbstverbrauch)					
	insges. (1000 t)			in % des Gesamtabsatzes			insges. (1000 t)			in % des Gesamtabsatzes			insges. (1000 t)			arbeitstäglich (1000 t)		
	Ruhr	Aachen	Saar	Ruhr	Aachen <sup>2</sup>	Saar <sup>2</sup>	Ruhr	Aachen	Saar	Ruhr	Aachen	Saar	Ruhr	Aachen	Saar	Ruhr	Aachen	Saar
1934 . . .	5278	.	.	70,46	.	.	1548	.	—	20,66	.	—	7 491	.	.	298	.	.
1935 . . .	5579	556	.	68,83	91,14	.	1815	2	—	22,39	0,32	—	8 105	610	.	322	24	.
1936 . . .	6074	579	908	68,14	90,25	93,22	2097	5	—	23,53	0,80	—	8 914	641	974	353	25	39
1937 . . .	7573	591	1036	72,08	90,55	93,53	2118	6	—	20,16	0,86	—	10 506	653	1107	416	26	44
1938: Jan.	7622	583	1090	70,53	89,64	93,30	2284	9	—	21,14	1,35	—	10 806	650	1169	437	26	47
Febr.	6982	533	1031	70,31	89,35	93,00	2106	8	—	21,21	1,40	—	9 930	597	1109	414	25	46
März	7267	570	1094	69,51	89,01	92,03	2239	9	—	21,89	1,40	—	10 456	640	1189	387	24	44
April	6196	529	1016	67,01	88,56	93,20	2210	10	—	23,90	1,61	—	9 247	598	1090	385	25	45
Mai	7029	588	1101	69,13	89,45	93,66	2302	10	—	22,64	1,59	—	10 169	657	1175	407	26	47
Juni	7077	553	1068	70,33	88,84	93,96	2192	11	—	21,79	1,84	—	10 061	622	1136	419	26	47
Jan.-Juni	7029	559	1067	69,51	89,15	93,18	2231	10	—	22,06	1,53	—	10 111	627	1145	408	25	46

<sup>1</sup> Einschl. Koks und Preßkohle, auf Kohle zurückgerechnet. — <sup>2</sup> Auf den Beschäftigungsanspruch (Aachen und Saar) und auf die Vorbehaltsmenge der Saar in Anrechnung kommender Absatz.

**Arbeitstäglich Absatz<sup>1</sup> für Rechnung des Syndikats.**

Monats- durchschnitt bzw. Monat	Unbestrittenes Gebiet						Bestrittenes Gebiet						Zusammen					
	t			von der Summe %			t			von der Summe %			t					
	Ruhr	Aachen	Saar	Ruhr	Aachen	Saar	Ruhr	Aachen	Saar	Ruhr	Aachen	Saar	Ruhr	Aachen	Saar			
1934 . . .	97 858	.	.	49,46	.	.	100 001	.	.	50,54	.	.	197 859	.	.	.	.	.
1935 . . .	98 470	15 850	.	47,39	77,03	.	109 307	4727	.	52,61	22,97	.	207 777	20 577	.	.	.	.
1936 . . .	110 621	17 079	7 695	49,11	80,56	43,83	114 650	4122	9 863	50,89	19,44	56,17	225 271	21 201	17 558	.	.	.
1937 . . .	132 097	17 132	9 106	46,67	78,79	41,45	150 940	4611	12 862	53,33	21,21	58,55	283 037	21 743	21 968	.	.	.
1938: Jan.	156 855	18 278	12 390	54,88	83,77	53,68	128 946	3540	10 690	45,12	16,23	46,32	285 801	21 818	23 080	.	.	.
Febr.	144 850	17 707	11 117	53,61	85,47	47,57	125 327	3009	12 253	46,39	14,53	52,43	270 177	20 716	23 370	.	.	.
März	131 233	16 188	10 757	51,84	81,76	49,26	121 909	3612	11 081	48,16	18,24	50,74	253 142	19 800	21 838	.	.	.
April	129 323	15 608	11 100	53,44	76,29	48,58	112 687	4852	11 750	46,56	23,71	51,42	242 010	20 460	22 850	.	.	.
Mai	143 162	17 558	12 631	54,17	79,61	52,11	121 133	4496	11 606	45,83	20,39	47,89	264 295	22 054	24 237	.	.	.
Juni	148 115	16 796	10 052	53,43	78,37	41,40	129 076	4635	14 230	46,57	21,63	58,60	277 191	21 431	24 282	.	.	.
Jan.-Juni	142 487	17 058	11 368	53,95	80,90	49,19	123 495	4028	11 744	46,43	19,10	50,81	265 982	21 086	23 112	.	.	.

<sup>1</sup> Einschl. Koks und Preßkohle, auf Kohle zurückgerechnet.

**Förderung und Verkehrslage im Ruhrbezirk<sup>1</sup>.**

Tag	Kohlen- förderung	Koks- er- zeugung	Preß- kohlen- her- stellung	Wagenstellung zu den Zechen, Kokereien und Preß- kohlenwerken des Ruhrbezirks (Wagen auf 10 t Ladegewicht zurückgeführt)		Brennstoffversand auf dem Wasserwege				Wasser- stand des Rheins bei Kaub (normal 2,30 m)
				rechtzeitig gestellt	gefehlt	Duisburg- Rubrorter <sup>2</sup>	Kanal- Zechen- H ä f e n	private Rhein-	insges.	
Juli 31.	Sonntag	88 031	—	7 376	—	—	—	—	—	2,63
August 1.	401 415	88 031	11 675	22 814	4 915	41 081	49 250	14 214	104 545	2,51
2.	396 224	88 217	13 166	23 315	5 054	32 325	44 455	15 817	92 597	2,48
3.	393 900	88 446	13 044	23 464	5 927	34 018	54 876	14 990	103 884	2,35
4.	395 411	88 089	12 816	24 594	4 655	34 505	53 612	15 705	103 822	2,28
5.	397 174	88 643	12 613	25 043	4 671	34 825	37 539	16 036	88 400	2,22
6.	394 998	91 154	12 230	25 601	3 669	35 946	45 799	13 163	94 908	2,12
zus.	2 379 122	620 611	75 534	144 831	28 891	212 700	285 531	89 925	588 156	.
arbeitstägl.	396 520	88 659	12 589	24 139	4 815	35 450	47 589	14 988	98 026	.

<sup>1</sup> Vorläufige Zahlen. — <sup>2</sup> Kipper- und Kranverladungen.

**Englischer Kohlen- und Frachtenmarkt**

in der am 5. August 1938 endigenden Woche<sup>1</sup>.

1. Kohlenmarkt (Börse zu Newcastle-on-Tyne). Die Förderung der vergangenen Woche erfuhr eine Unterbrechung durch die in England üblichen Augustfeiertage. In Anbetracht der mäßlichen Absatzverhältnisse war jedoch dieser Förderausfall sehr erwünscht, zumal viele Zechen an und für sich gezwungen sind, allwöchentlich Feierschichten einzulegen. Neue Geschäfte kamen in der Berichtswochen nur in wenigen Fällen zustande, doch konnten sich die Preise durchweg behaupten. Reges Interesse riefen die Verhandlungen zwischen Vertretern der einzelnen europäischen Kohlenbezirke in Haag hervor, ähnlich wie auch die Stellungnahme der britischen Regierung zur Frage der Subventionspolitik eifrig besprochen wird. Zweifellos

<sup>1</sup> Nach Colliery Guard. und Iron Coal Trad. Rev.

gab diese Eingabe an die Regierung zugleich auch Veranlassung, daß die Käufer mannigfach mit ihren Vorausbestellungen zurückhielten und sich nur kurzfristig mit Vorräten eindeckten. Die Folge davon war, daß nicht einmal die stark verringerte Produktion restlos untergebracht werden konnte, wiewohl bis zu einer endgültigen Regelung der Ausfuhrunterstützung noch viel Zeit vergehen kann. Wie berichtet wird, sollen die schwedischen Eisenbahnen einen Auftrag auf Lieferung von 10000 t Kesselkohle nach Durham gegeben haben, was von wesentlicher Bedeutung sein dürfte, weil gerade Durham unter besonders starker Absatznot leidet und bisher wenig Berücksichtigung bei den schwedischen Lieferungen gefunden hat. Etwas besser war dank der noch vorliegenden älteren Aufträge die Beschäftigungslage in Northumberland, jedoch sind auch hier die Aussichten für die nächste Zukunft genau so schlecht wie in allen andern Bezirken.

Eine etwas lebhaftere Nachfrage herrschte in der vergangenen Woche für kleine Industriekesselkohle. Auch für Koks-kohle dürfte sich die Absatzlage in nächster Zeit wesentlich bessern, da eine unverkennbare Belebung in der Eisen- und Stahlindustrie eingesetzt hat. Der Gaskohlenmarkt verlief dagegen außerordentlich still und bildete den schwächsten Punkt des gesamten Kohlenmarkts. Das Inlandgeschäft lag fast völlig danieder, und auch der Außenhandel war gänzlich vernachlässigt. Äußerst flau zeigte sich auch Bunkerkohle, die zu den augenblicklichen Preisen durchaus nicht mit dem Ausland in Wettbewerb treten konnte. Es erscheint dazu zweifelhaft, ob durch eine Preisherabsetzung eine Besserung hervorgerufen werden könnte, da man auch bei den fremden Bunker-kohlen mit weitem Unterbietungen rechnen muß. Infolgedessen ist man bemüht, für Bunkerkohle gleichfalls die angeforderten Ausführunterstützungen mit eingeschlossen zu bekommen. In Gießerei- und Hochofenkoks hat sich das Geschäft den Vormonaten gegenüber wesentlich gehoben, dagegen blieb Gaskoks weiterhin lustlos und über-reichlich angeboten.

Die Entwicklung der Kohlennotierungen in den Monaten Mai, Juni und Juli 1938 ist aus der nachstehenden Zahlentafel zu ersehen.

Art der Kohle	Mai		Juni		Juli	
	niedrig-ster Preis	höch-ster Preis	niedrig-ster Preis	höch-ster Preis	niedrig-ster Preis	höch-ster Preis
s für 1 t (fob)						
beste Kesselkohle:						
Blyth . . . . .	19/—	19/6	18/6	18/6	18/6	18/6
Durham . . . . .	20/6	21/—	19/9	20/6	19/6	20/—
kleine Kesselkohle:						
Blyth . . . . .	17/6	18/6	17/—	17/6	17/—	17/6
Durham . . . . .	17/—	19/—	18/—	18/6	17/6	18/6
beste Gaskohle . . . . .	20/6	21/6	19/9	20/6	19/4½	20/—
zweite Sorte Gaskohle	20/—	20/6	19/—	20/—	19/—	19/6
besondere Gaskohle	20/9	21/9	20/—	20/9	19/6	20/6
gewöhnliche Bunker-kohle . . . . .	19/6	20/—	19/3	19/3	19/—	19/3
beste Bunkerkohle . . . . .	20/—	21/—	19/9	19/9	19/6	19/6
Kokskohle . . . . .	19/—	21/—	19/3	20/9	18/6	20/—
Gießereikoks . . . . .	28/—	32/6	27/—	32/6	27/—	31/—
Gaskoks . . . . .	28/—	34/—	28/—	34/—	27/—	34/—

2. Frachtenmarkt. Wenn die Frachtsätze auf dem britischen Kohlenchartermarkt sich in der vergangenen Woche einigermaßen behaupten konnten, so ist der Grund dafür weniger in einer Besserung der Geschäftslage zu suchen, als vielmehr darin, daß die Reeder zu keinerlei Preiszugeständnissen bereit waren und lieber mehr Schiffe auflegten. Im Küstenhandel herrschte starker Mangel an Nachfrage. Auch das Mittelmeergeschäft zeigte große Schwankungen und neigte zu Abschwächungen. Von den britischen Kohlenstationen lag ebenfalls nur eine bescheidene Nachfrage vor, so daß sich lediglich für den Balkikum die feste Haltung behaupten konnte. Etwas lebhafter gefragt war auch Schiffsraum für Koksverladungen innerhalb der letzten Monate des Jahres. Angelegt wurden für Cardiff-Port Said 6 s 3 d und für Tyne-Genua 6 s.

Über die in den einzelnen Monaten erzielten Fracht-sätze unterrichtet die folgende Zahlentafel.

Monat	Cardiff-			Tyne-			Stock-holm s
	Genua s	Le Havre s	Alexan-drien s	Rotter-dam s	Hamb-urg s	—	
1914: Juli	7/2½	3/11¾	7/4	14/6	3/2	3/5¼	4/7½
1933: Juli	5/11	3/3¾	6/3	9/—	3/1½	3/5¾	3/10½
1934: Juli	6/8¾	3/9	7/9	9/1½	—	—	—
1935: Juli	7/9	4/0¾	8/3	9/—	—	—	—
1936: Juli	—	3/11	6/1½	9/7¾	—	—	—
1937: Juli	12/5½	5/7¾	13/9	13/8½	—	6/3¼	—
1938: Jan.	6/1¼	4/3	6/6	9/2½	—	4/4½	—
Febr.	5/11½	—	6/8¼	11/3¼	—	4/3	—
März	6/—	4/1½	6/4	13/8	—	3/10	—
April	—	3/9¾	6/4½	14/3¾	—	4/—	—
Mai	6/1½	4/—	7/2¾	15/4¾	—	3/10	—
Juni	6/1¾	3/9	7/5	13/2¾	—	4/1	—
Juli	6/1	3/7½	6/5¼	11/10½	—	—	—

Londoner Markt für Nebenerzeugnisse<sup>1</sup>.

Auf dem Markt für Teererzeugnisse hat sich in der vergangenen Woche keine Änderung der Absatzlage und der Preisnotierungen ergeben. Alle Erzeugnisse waren mehr oder weniger ungenügend gefragt. In Pech stockte das Geschäft fast völlig. Kresot konnte sich noch einigermaßen behaupten, und man hofft, daß die Herbstmonate eine Besserung mit sich bringen werden. Auch Solvent-naphtha sowie Motorenbenzol gingen nur schwach ab, während Rohnaphtha in fester Nachfrage blieb.

Für schwefelsaures Ammoniak wurden die In-landpreise bis Ende August bestimmungsgemäß um 10 s 6 d auf 7 £ 3 s 6 d herabgesetzt. Die Ausführpreise blieben mit 6 £ 6 s 6 d bestehen.

<sup>1</sup> Nach Colliery Guard. und Iron Coal Trad. Rev.

Durchschnittslöhne je verfahrenre Schicht im holländischen Steinkohlenbergbau<sup>1</sup>.

Monats-durchschnitt	Durchschnittslohn <sup>2</sup> einschl. Kindergeld							
	Hauer		untertage insges.		übertage insges.		Gesamt-belegschaft	
	fl.	sh <sup>3</sup>	fl.	sh	fl.	sh	fl.	sh <sup>3</sup>
1933 . . . . .	5,59	9,48	5,14	8,72	3,93	6,67	4,73	8,02
1934 . . . . .	5,57	9,42	5,13	8,68	3,91	6,62	4,69	7,93
1935 . . . . .	5,54	9,33	5,07	8,53	3,87	6,51	4,62	7,78
1936 . . . . .	5,54	8,88	5,03	8,06	3,84	6,15	4,58	7,34
1937 . . . . .	5,83	7,99	5,25	7,20	3,99	5,47	4,79	6,57
1938: Jan.	6,14	8,50	5,48	7,59	4,17	5,77	5,01	6,94
Febr.	6,17	8,55	5,51	7,63	4,18	5,79	5,02	6,95
März	6,09	8,42	5,47	7,56	4,12	5,69	4,98	6,88
April	6,13	8,48	5,49	7,59	4,16	5,75	5,00	6,92
Mai	6,11	8,43	5,50	7,59	4,14	5,71	4,99	6,88

<sup>1</sup> Nach Angaben des holländischen Bergbau-Vereins in Heerlen. — <sup>2</sup> Der Durchschnittslohn entspricht dem Barverdienst im Ruhrbergbau, jedoch ohne Überschichtenzuschläge, über die keine Unterlagen vorliegen. — <sup>3</sup> Umgerechnet nach den Devisennotierungen in Berlin.

Gewinnung und Belegschaft des holländischen Steinkohlenbergbaus im Mai 1938<sup>1</sup>.

Monats-durchschnitt bzw. Monat	Zahl der Förder-tage	Kohlen-förderung <sup>2</sup>		Koks-erzeugung t	Preß-kohlen-herstellung t	Gesamt-belegschaft <sup>3</sup>
		insges. t	förder-tätlich t			
1935 . . . . .	21,32	989 820	46 427	178 753	90 545	29 419
1936 . . . . .	23,06	1 066 878	46 262	189 136	93 299	28 917
1937 . . . . .	25,50	1 193 439	46 802	208 836	106 485	30 888
1938: Jan.	25,00	1 158 043	46 322	214 275	97 586	32 163
Febr.	23,00	1 041 432	45 280	200 957	90 521	32 108
März	27,00	1 239 037	45 890	222 384	100 569	32 110
April	25,00	1 111 873	44 475	210 248	120 871	32 062
Mai	24,79	1 086 162	43 815	214 158	124 215	32 054
Jan.-Mai	24,96	1 127 309	45 168	212 404	106 752	32 099

<sup>1</sup> Nach Angaben des holländischen Bergbau-Vereins in Heerlen. — <sup>2</sup> Einschl. Koblenschlamm. — <sup>3</sup> Jahresdurchschnitt bzw. Stand vom 1. jedes Monats.

Gewinnung und Belegschaft des französischen Kohlenbergbaus im Mai 1938<sup>1</sup>.

Monats-durchschnitt bzw. Monat	Zahl der Förder-tage	Stein-kohlen-gewinnung		Koks-erzeugung t	Preßkohlen-herstellung t	Gesamt-belegschaft
		t	t			
1934	25,25	3 967 303	85 884	341 732	482 431	236 744
1935	25,25	3 850 612	74 957	324 466	468 559	226 047
1936	25,17	3 768 887	76 664	327 232	494 384	225 717
1937	21,50	3 693 182	84 630	354 949	482 834	238 505
1938: Jan.	20,50	3 613 305	91 751	365 067	435 629	245 489
Febr.	20,80	3 685 491	85 321	331 708	413 108	246 305
März	24,10	4 294 214	84 778	379 365	483 847	246 984
April	22,50	4 042 543	82 884	357 593	483 412	248 136
Mai	20,80	3 733 901	84 172	370 869	487 529	248 467
Jan.-Mai	21,74	3 873 891	85 781	360 920	460 705	247 076

<sup>1</sup> Journ. Industr.

**Gewinnung und Belegschaft  
des belgischen Steinkohlenbergbaus im Mai 1938<sup>1</sup>.**

Monats- durch- schnitt bzw. Monat	Zahl der Fördertage	Kohlen- förderung		Koks- erzeu- gung	Preß- kohlen- her- stellung	Berg- männ- liche Beleg- schaft
		insges. t	förder- tätlich t			
1934	22,74	2 199 099	96 727	383 496	112 794	125 705
1935	22,58	2 208 863	97 817	409 655	114 051	120 613
1936	23,23	2 322 274	99 951	437 697	129 991	121 159
1937	24,58	2 473 439	100 649	489 280	153 153	124 871
1938:						
Jan.	25,00	2 565 750	102 630	488 720	154 500	130 692
Febr.	23,70	2 463 290	103 936	424 080	148 380	131 482
März	26,30	2 701 440	102 716	429 050	164 410	131 105
April	24,60	2 500 610	101 651	373 420	154 530	130 892
Mai	24,30	2 462 960	101 356	367 360	143 600	130 233
Jan.-Mai	24,78	2 538 810	102 454	416 526	153 084	130 881

<sup>1</sup> Montieur.

**Reichsindexziffern<sup>1</sup> für die Lebenshaltungskosten  
(1913/14 = 100).**

Jahres- bzw. Monats- durchschnitt	Gesamt- lebens- haltung	Er- näh- rung	Woh- nung	Heizung und Be- leuchtung	Beklei- dung	Ver- schie- denes
1934 . . . .	121,1	118,3	121,3	125,8	111,2	140,0
1935 . . . .	123,0	120,4	121,2	126,2	117,8	140,6
1936 . . . .	124,5	122,4	121,3	126,0	120,3	141,4
1937: Jan.	124,5	121,4	121,3	126,6	124,2	141,8
April	125,1	122,3	121,3	125,8	124,8	142,0
Juli	126,2	124,5	121,3	123,7	125,5	142,5
Okt.	124,8	121,3	121,3	125,6	127,2	142,8
Durchschn.	125,13	122,27	121,30	125,32	125,73	142,31
1938: Jan.	124,9	121,2	121,3	125,9	128,3	142,6
Febr.	125,2	121,5	121,3	125,9	128,6	142,7
März	125,5	122,2	121,3	125,8	128,9	142,7
April	125,6	122,3	121,2	125,5	129,4	142,5
Mai	125,9	122,8	121,2	124,1	129,9	142,5
Juni	126,0	123,0	121,2	123,1	130,9	142,6
Juli	126,8	124,3	121,2	123,2	131,4	142,0

<sup>1</sup> Reichsanz. Nr. 176.

**Güterverkehr im Hafen Wanne im 1. Halbjahr 1938.**

Güterumschlag	1937		1938	
	t		t	
Westhafen . . . . .	1 192 586		1 089 626	
davon Brennstoffe . . . . .	1 146 269		1 007 480	
Osthafen . . . . .	53 726		89 890	
davon Brennstoffe . . . . .	21 819		14 605	
insges.	1 246 312		1 179 516	
davon Brennstoffe	1 168 088		1 016 085	
In bzw. aus der Richtung				
Duisburg-Ruhrort (Inland) . . . . .	292 553		255 450	
Duisburg-Ruhrort (Ausland) . . . . .	591 598		592 986	
Emden . . . . .	199 974		196 554	
Bremen . . . . .	65 320		36 387	
Hannover . . . . .	96 867		98 138	

**Güterverkehr im Dortmunder Hafen im 1. Halbjahr 1938.**

	Insges.		Davon	
	1937	1938	1937	1938
	t	t	t	t
Angekommen von			Erz	
Belgien . . . . .	78 795	174 357	72 539	162 710
Holland . . . . .	304 407	138 363	266 595	98 557
Emden . . . . .	824 046	1 169 583	798 069	1 133 805
Bremen . . . . .	6 359	28 749	—	—
Rhein-Herne-Kanal und Rhein . . . . .	294 363	515 055	15 067	11 860
Mittelland-Kanal . . . . .	76 822	59 470	56 954	43 360
zus.	1 584 792	2 085 577	1 209 224	1 450 202
Abgegangen nach			Kohle	
Belgien . . . . .	63 902	32 621	41 160	14 410
Holland . . . . .	149 910	52 836	60 071	8 300
Emden . . . . .	187 253	254 697	131 509	161 244
Bremen . . . . .	30 525	57 571	24 926	54 204
Rhein-Herne-Kanal und Rhein . . . . .	68 767	99 194	39 481	74 220
Mittelland-Kanal . . . . .	44 668	86 963	38 863	71 537
zus.	545 025	583 882	336 010	383 915
Gesamtgüterumschlag	2 129 817	2 669 459	—	—

## P A T E N T B E R I C H T

### Gebrauchsmuster-Eintragungen,

bekanntgemacht im Patentblatt vom 28. Juli 1938.

1a. 1440801. Humboldt-Deutzmotoren AG., Köln-Deutz. Luftsetzmaschine zum Aufbereiten von Kohle und andern Stoffen. 17. 7. 35.

1a. 1440872. Humboldt-Deutzmotoren AG., Köln-Deutz. Luftsetzmaschine mit Pulsvorrichtung. 25. 7. 35.

5b. 1440663. Siemens-Schuckertwerke AG., Berlin-Siemensstadt. Tragvorrichtung für Gesteinbohrmaschinen. 25. 10. 35.

5b. 1440696. Demag AG., Duisburg. Bohrerhammer mit beweglicher Stütze. 2. 6. 38.

5c. 1440777. Franz Voß, Essen-Katernberg. Aufhängevorrichtung für Vorfängschienen. 10. 5. 38.

### Patent-Anmeldungen,

die vom 28. Juli 1938 an drei Monate lang in der Ausgehallen des Reichspatentamtes ausliegen.

1a, 35. G. 92345. Karl L. Gäbler, Schweidnitz (Schlesien). Verfahren zur Gewinnung eines hochprozentigen Feldspates. 2. 3. 36.

5b, 14.01. I. 53734. Ingersoll-Rand Company, Neuyork. Umsetzvorrichtung für Gesteinbohrhämmer. 26. 11. 35. V. St. Amerika 19. 12. 34.

5c, 9/20. T. 42812. Alfred Thiemann, Dortmund. Grubenausbau; Zus. z. Pat. 647994. 22. 7. 33.

5c, 10/01. B. 181053. Karl Brieden, Bochum. Wanderpfeiler; Zus. z. Anm. B 175726. 8. 5. 37.

10a. 13. K. 138879. Heinrich Koppers GmbH., Essen. Kammerofen zur Erzeugung von Gas und Koks, Steinverband. 6. 8. 35.

35a, 10. B. 177 680. Erfinder: Peter Weber, Bottrop. Franz Berghoff, Ernst Peters und Peter Weber, Bottrop. Blindschachtförderung. 8. 3. 37.

81e, 9. V. 31497. Ernst Varenkamp, Gallinchen bei Cottbus. Umsteuerbarer Treibscheibenantrieb. 24. 1. 35.

81e, 10. D. 74407. Erfinder: Wilhelm Holte, Duisburg. Anm.: Demag AG., Duisburg. Ausrichtvorrichtung für Flachbandförderer. 20. 1. 37.

### Deutsche Patente.

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

5c (6). 662983, vom 12. 9. 36. Erteilung bekanntgemacht am 30. 6. 38. Erich Fritz in Gelsenkirchen. *Bewegliche Bühne zum Hochbrechen von Schächten und Aufbrüchen.*

Die Bühne, über der das Gestein gebrochen wird und unterhalb der der Ausbau des Schachtes erfolgt, ist um eine waagrechte Achse nach unten schwenkbar. Unter ihr befindet sich eine Bergeschurre oder ein anderes zum Befördern der Berge dienendes Mittel so angeordnet, daß es sich an die Bühne anschließt, wenn diese nach unten geschwenkt ist. Infolgedessen werden die Berge auf der Bühne beim Schwenken unmittelbar dem zu ihrer Weiterbeförderung dienenden Mittel zugeführt, so daß eine hohe

Vortriebleistung erzielt wird. Bei Verwendung einer Schurre kann sie mit Hilfe von Abzugsvorrichtungen zum Hinterfüllen des Ausbaues mit Bergen dienen. Die Bühne mit dem sie tragenden Gestell kann auf einer Hubvorrichtung, z. B. auf Hubspindeln, angeordnet und mit Abstützmitteln versehen werden, mit denen es möglich ist, sie von oben auf den Ausbau abzustützen.

5c (9<sub>10</sub>). 662910, vom 8. 11. 34. Erteilung bekanntgemacht am 30. 6. 38. Josef Langen in Dortmund-Schönau. *Ausbau, besonders für Gruben.*

Der Ausbau besteht aus Platten, die zur Vergrößerung des Widerstandsmomentes mit senkrecht zu ihrer Ebene liegenden, stegartigen Teilen und zur Erleichterung des Verbindens benachbarter Platten an den Längsseiten mit rinnenartigen Umbiegungen versehen sind. Nach der Erfindung sind in der einen Längsseite jeder Platte ein oder mehrere Querschlitz vorgesehen und die durch sie voneinander getrennten Teile nach verschiedenen Radien gekrümmt. Die Radien sind dabei so gewählt, daß die Teile abwechselnd über und unter die rinnenartige, nicht mit Querschlitz versehene Umbiegung der Längsseite der benachbarten Platte greifen.

5c (10<sub>01</sub>). 662817, vom 3. 10. 36. Erteilung bekanntgemacht am 30. 6. 38. Karl Brieden in Bochum. *Wanderpfeiler.* Der Erfinder hat beantragt, nicht genannt zu werden.

Der Pfeiler besteht aus scheiterhaufenartig aufgestapelten Holzbalken oder Eisenschienen. Ein oder zwei Balken bzw. Eisenschienen einer Schicht des Pfeilers sind etwa in der Mitte geteilt. Die einander gegenüberliegenden Enden der geteilten Balken bzw. Schienen sind nach oben und außen abgeschrägt und unter ihren Enden, d. h. in der vom Druck am wenigsten beanspruchten Zone, ist eine Lösevorrichtung angebracht, die auf dem untern Balken aufliegen oder an dem obern aufgehängt sein kann. Die über den geteilten Balken bzw. Schienen quer zu ihnen liegende Schicht befindet sich mehr in der Mitte des Pfeilers. Die Lösevorrichtung kann als Klotz ausgebildet und an ihrem aus dem Pfeiler nach außen ragenden Teil mit einem Kragen versehen sein, um dessen senkrechte Außenkanten die Vorrichtung aus dem Pfeiler geschwenkt wird. Der Klotz kann mit einer durchgehenden Bohrung für eine Drehvorrichtung versehen sein.

10b (3<sub>04</sub>). 662276, vom 22. 2. 34. Erteilung bekanntgemacht am 9. 6. 38. Dr. H. Hock und Dipl.-Ing. Herbert Fischer in Clausthal-Zellerfeld (Harz). *Verfahren zur Herstellung wetterbeständiger Briketts aus stark quellender Braunkohle.*

Zur Beseitigung der Quellungs- und Zerfallserscheinungen (der Wetterunbeständigkeit) von aus stark quellenden Braunkohlen hergestellten Briketts wird die Rohkohle oder die getrocknete Kohle vor oder nach der Brikettierung so lange mit teerfreien Gasen oder Dämpfen, die ungesättigte Kohlenwasserstoffe enthalten, behandelt, bis die von der Kohle aufgenommenen Kohlenwasserstoffe unter der katalytischen Einwirkung der Kohle durch Polymerisation Harzkörper innerhalb der Kohlebestandteile bilden. Diese Harzkörper bieten einen außerordentlich wirksamen und

nachhaltigen Schutz gegen die die Wetterunbeständigkeit der Briketts hervorrufenden Einflüsse.

81e (22). 662907, vom 28. 6. 36. Erteilung bekanntgemacht am 30. 6. 38. Zeitzer Eisengießerei und Maschinenbau-AG. in Zeitz. *Einrichtung zum Sieben und Verteilen getrockneter Braunkohle.*

Die Einrichtung hat bekanntlich einen liegenden Kettenschleppförderer, dessen Trumme sich durch zwei übereinander angeordnete Fördertröge bewegen, von denen der obere einen Siebboden hat. Gemäß der Erfindung ist der untere Fördertrög durch eine unterhalb des Siebbodens des obern Troges angeordnete schräge Fläche (Schurre) in der Längsrichtung in zwei Abteile geteilt. Von diesen Abteilen nimmt das eine das durch den Siebboden des obern Troges fallende, durch das untere Trumm des Förderers weiter zu befördernde Gut auf. Dieses Abteil ist in Abständen mit zum Verteilen des Gutes dienenden Austragschurren versehen. Das nicht durch den Siebboden des obern Troges fallende Gut wird an seinem Ende durch eine Schurre in das zweite Abteil des untern Troges geleitet und darin durch das untere Trumm des Förderers in eine Austragschurre befördert.

81e (48). 662814, vom 2. 8. 36. Erteilung bekanntgemacht am 23. 6. 38. »Miag« Mühlenbau und Industrie AG. in Braunschweig. *Verteilungsvorrichtung für Schüttgutfallrohre.* Erfinder: Hermann Niebuhr in Braunschweig.

Die Vorrichtung hat ein muldenförmiges Schaltmittel, das in einem mit Zu- und Auslaufstützen versehenen runden Gehäuse axial angeordnet ist und eine Kippbewegung ausführt. Das Gehäuse ist bis auf die Ein- und Auslaufstützen allseitig geschlossen, und das Schaltmittel liegt an dem in das Gehäuse hineinreichenden Fallrohr kappenförmig an. Im tiefsten Punkt des Gehäuses ist ein dachförmiger Anschlag vorgesehen, an den sich das Schaltmittel abwechselnd mit den beiden Enden seines Bodens anlegt.

81e (125). 662867, vom 18. 5. 34. Erteilung bekanntgemacht am 30. 6. 38. Eisenwerk Weserhütte AG. in Bad Oeynhausen. *Verfahren zum Aufschütten von Deichen, Dämmen oder Halden.*

Beim Aufschütten der Deiche, Dämme oder Halden durch ein auf einer mittlern Standfläche fahrendes Gerät, das mit Abwurfbändern nach einer höher und tiefer liegenden Böschung versehen ist, wird das Schüttgut den Abwurfbändern durch einen in der Längsrichtung der Deiche usw. verschiebbaren und fördernden Plattenbandförderer zugeführt. Dieser ist am Dammende auf einer in der Mitte zwischen dem Erdboden und der Böschungsebene verlaufenden schrägen Ebene hochgeführt. Von dem Plattenbandförderer wird das Schüttgut durch Abstreicher auf die in der Längsrichtung des Förderers verfahrbaren Abwurfbänder befördert. Das von den Abwurförderern abfallende Gut kann durch verstellbare Schurren an die Aufschüttstellen geleitet werden. Um die Menge des den beiden Abwurfbändern zugeführten Gutes regeln zu können, ist der Abstreicher an der Spitze mit einem verschwenkbaren Verlängerungsstück versehen.

## ZEITSCHRIFTENSCHAU

(Eine Erklärung der Abkürzungen ist in Nr. 1 auf den Seiten 23–26 veröffentlicht. \* bedeutet Text- oder Tafelabbildungen.)

### Mineralogie und Geologie.

Das Intrusivlager in den Rotheller Schichten (Westfal C) des Saarkarbons und seine stratigraphische Bedeutung. Von Guthörl. (Schluß.) Glückauf 74 (1938) S. 646/650\*. Das Gestein des Intrusivlagers. Die natürlich verkockte Kohle des Flöz 7 Süd aus der Intrusivlagerzone und ihre Graphitausscheidungen. Stratigraphische Betrachtungen.

L'enrichissement des bauxites de qualité inférieure. Von Charrin. Génie Civ. 58 (1938) II, S. 86/88\*. Die Bauxitvorkommen von Aumelas (Hérault, Südfrankreich).

<sup>1</sup> Einseitig bedruckte Abzüge der Zeitschriftenschau für Karteizwecke sind vom Verlag Glückauf bei monatlichem Versand zum Preise von 2,50.-<sup>100</sup> für das Vierteljahr zu beziehen.

Die Chromerzlagerstätten des Vilâyet Elâzığ. Von Helke. Maden Tektik ve Arama Enstitüsü (Mineralien Untersuchungs- und Forschungs-Institut), Ankara (1938) Nr. 3, S. 25/29\*. Lage, Verbreitung, Ausbildung und Entstehung der Lagerstätten.

State control brings active development of Turkey's mineral resources. Von Gilman. Min. & Metallurgy 19 (1938) S. 318/20\*. Die vom Staat geförderte verstärkte Nutzbarmachung der türkischen Bodenschätze. Übersicht über die Lagerstätten. Die besondere Bedeutung der Kohlenvorkommen sowie der Chrom- und Kupfererze.

### Bergwesen.

World's deepest oil well a test of equipment and drilling methods. Von Bell. Min. & Metallurgy 19

(1938) S. 315/17\*. Das Niederbringen des tiefsten Bohrloches der Welt (15004 Fuß), einer fördernden Erdölbohrung in Kalifornien. Betriebserfahrungen.

Diamond drilling records. Von Tyler. Min. Mag. 59 (1938) S. 18/22\*. Richtlinien für die Anfertigung von Bohrberichten zur Schaffung brauchbarer Unterlagen über den Verlauf der Bohrung und die dabei bemerkenswerten Umstände. Beispiel.

Lubrication of mining equipment. III. Von Frey. Min. & Metallurgy 19 (1938) S. 321/24\*. Gesichtspunkte für das Schmieren von Kompressoren, Pumpen, Ventilatoren, Drahtseilen, Baggern und Aufbereitungsgeräten.

Neuartige Lösevorrichtungen für Wanderkästen. Von Meuß. Bergbau 51 (1938) S. 245/47\*. Beschreibung früherer Wanderkästen und eines Raubschlittens neuester Bauart. (Schluß f.)

Steigerung der Förderleistung in Stapelschächten durch Anwendung eines neuen Bremsverfahrens. Von Steffen. Bergbau 51 (1938) S. 247/49\*. Beschreibung einer neuen Druckausgleichsvorrichtung für Förderhaspel.

Simultaneous loading conveyor at North Walbottle Colliery. Iron Coal Trad. Rev. 137 (1938) S. 126/27\*. Beschreibung einer Bandförderanlage im Abbau, bei der dasselbe Band in den Abbauflügel oberhalb und unterhalb der Förderstrecke verlegt ist und auf der einen Seite das Oberband, auf der andern Seite das Unterband zur Kohlenförderung benutzt wird.

Aus der Entwicklung des Baues von Eimerleiterbaggern. Von Schöbl. Z. VDI 82 (1938) S. 817/20\*. Hoch- und Tiefbagger der ersten Entwicklungszeit. Schwenkbagger für Hoch- und Tiefschnitt. Großgeräte der neuesten Zeit. Bagger auf Raupenfahrwerken.

Untersuchungen über zweckmäßige Formen von Schienenunterlagsplatten und Gleisrücklaschen. Von Wöhlbier. Braunkohle 37 (1938) S. 501/11\*. Beanspruchungen der Unterlagsplatten und Schwellen im Betrieb. Maßnahmen zur Verringerung des Verschleißes von Gleisrücklaschen. (Schluß f.)

Improvements in general mining practice. Von Horwood. (Forts.) Min. J. 202 (1938) S. 710. Überblick über die Bau- und Antriebsarten sowie die betrieblichen Eigenschaften von Zubringe- und Abteufpumpen. Das Sumpfen von Gruben. (Forts. f.)

Verfahren zur Bestimmung der Mahlbarkeit von Steinkohle. Von Gründer. Glückauf 74 (1938) S. 641/46\*. Beschreibung eines neuen Gerätes, das zur Bestimmung des Mahlwiderstandes und der Mahlbarkeit geeignet ist.

Flotationsanrikning av blodstensmalmer. Von Bring. Jernkont. Ann. 122 (1938) S. 139/69\*. Bericht über umfangreiche Flotationsversuche mit oxydischen Eisenerzen (schwedischen Roteisensteinen verschiedener Herkunft). Die Versuchsdurchführung. Art und Wirkungsweise der angewandten Schwimmmittel. Erörterung der Untersuchungsergebnisse.

Sulfur mining as a processing industry. Von Butterworth und Schwab. Ind. Engng. Chem. 30 (1938) S. 746/51\*. Beschreibung der Schwefelgewinnung nach dem Frasch-Verfahren (Schmelzen des Schwefels untertage mit Hilfe von durch Bohrlöcher eingeleitetem heißen Wasser und Heraufbeförderung des flüssigen, mit heißer Preßluft emulgierten Schwefels).

#### Dampfkessel- und Maschinenwesen.

Rostentfernungen für Braunkohle. Von Wagner. Wärme 61 (1938) S. 551/56\*. Leistung und Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der Feuerraumbreite. Entmischung der Kohle im Bunker und ihr Einfluß auf Leistung und Wirkungsgrad. Flugkoksbildung und Flugaschenauswurf.

Die Wirkung der Zweitluft in der Wanderrostfeuerung. Von Mayer. (Forts.) Z. bayer. Rev.-Ver. 42 (1938) S. 137/40\*. Einfluß der Temperatur, Feuerraumbreite und Rostbegrenzung bei der Verbrennung mit Zweitluft. Menge und Eintrittsgeschwindigkeit. (Schluß f.)

Untersuchungen über Zweitluftzufuhr in Wanderrostfeuerungen. Von Mayer. Feuerungstechn. 26 (1938) S. 201/10\*. Durchführung der Versuche und Ergebnisse. Gaszusammensetzung im Feuerraum mit EB- und Gaskohle bei hoher und geringer Rostbelastung. Einfluß der Zweitluft auf den Ausbrand der Verbrennungsgase und den Bedarf an Feuerraumhöhe.

Selbsttätige Kesselregelung für mittlere Industriekraftwerke. Von Götz. Z. bayer. Rev.-Ver. 42 (1938) S. 133/37\*. Beschreibung des Aufbaus, der Arbeitsweise und betrieblichen Erfolge einer Regleranlage. Beschaffungskosten.

#### Elektrotechnik.

Mathematischer Aufbau des Selbstkostenpreises elektrischer Energie. Von Steffes und Welter. Wärme 61 (1938) S. 556/59\*. Betriebskennwerte und Selbstkostengleichungen. Wahl der Antriebsarten und Maschineneinheiten.

#### Chemische Technologie.

Fractionation in multiple-draw petroleum columns. Von Nelson und Roland. Ind. Engng. Chem. 30 (1938) S. 730/40\*. Ableitung von Gleichungen zur Erfassung der Vorgänge, die bei der Destillation von Erdöl in Fraktioniertürmen auftreten. Vergleich der Formelwerte mit Betriebsergebnissen.

#### Gesetzgebung und Verwaltung.

Contribution à une étude comparative des législations minières considérées dans leurs principes et leurs récentes évolutions. Von Lantenois. (Forts.) Ann. Mines France 13 (1938) S. 257/314. Die Entwicklung der Berggesetzgebung in andern Ländern unter besonderer Berücksichtigung der Erdöl gewinnenden und verarbeitenden Staaten. (Forts. f.)

#### Wirtschaft und Statistik.

The sulfur industry. Von Mason. Ind. Engng. Chem. 30 (1938) S. 740/46\*. Geschichte und neuste Entwicklung der Schwefelindustrie der Welt und im besondern der Vereinigten Staaten.

#### Verschiedenes.

Stand der Psychotechnik, Unfallverhütung und Berufserziehung in der deutschen Eisenhüttenindustrie. Von Pechhold. Arch. Eisenhüttenwes. 12 (1938/39) S. 41/47. Die Entwicklung der Psychotechnik in Deutschland und Frankreich. Industrielle Psychotechnik. Betriebswirtschaft und Psychotechnik. Folgerungen.

Bewertung der Arbeitsschwierigkeit und des menschlichen Leistungsgrades. Von Bramesfeld. Techn. u. Wirtsch. 31 (1938) S. 177/83. Leistungslohn und Bewertung des Leistungsaufwandes. Maßstäbe der Leistungsstufung. Die Leistungsstufenbildung in der Praxis.

## P E R S Ö N L I C H E S

Ernannt worden sind:

der Bergassessor Grimm vom Bergrevier Hannover zum Bergat daselbst,  
der Bergassessor Brunner vom Bergamt Saarbrücken-Mitte zum Bergat daselbst.

Der Bergassessor Schnier von der Geologischen Landesanstalt in Berlin ist an das Bergrevier Waldenburg-Süd versetzt worden.

Dem Bergassessor Moench vom Bergrevier Köln-Ost ist die nachgesuchte Entlassung erteilt worden.

Die Bergreferendare Heinz-Wolf Heep (Bez. Dortmund), Fritz Borowski und Eberhart Schiele (Bez. Breslau) haben die Bergassessorprüfung bestanden und sind gleichzeitig aus dem Dienst der Berghoheitsverwaltung ausgeschieden.

Dem Dipl.-Ing. Kremer in Herne (Westf.) ist vom Oberbergamt Dortmund die Konzession als Markscheider mit der Berechtigung zur öffentlichen Ausführung von markscheiderischen Arbeiten innerhalb Preußens erteilt worden.

Der Bergat Dr. jur. et. phil. Herbig ist aus Gesundheitsrücksichten aus dem Vorstand des Rheinisch-Westfälischen Kohlen-Syndikats ausgeschieden und in den Ruhestand getreten.

#### Gestorben:

am 27. Juli der Bergwerksdirektor Dr.-Ing. August Eckardt, früherer Geschäftsführer des ehemaligen Bergbaulichen Vereins in Zwickau, im Alter von 67 Jahren.