

# GLÜCKAUF

## Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift

77. Jahrgang

26. Juli 1941

Heft 30

### Berechnung der Kurzschlußströme und Ausschaltleistungen sowie deren Einfluß auf die Planung von elektrischen Untertageanlagen.

Von Ingenieur Karl Lomberg, Essen.

Die stetig wachsenden Maschinenleistungen der Kraftwerke sowie ihr Zusammenschluß zur Verbundwirtschaft machen eine Berechnung der elektrischen Anlagenteile auf Kurzschlußfestigkeit notwendig. Im besonderen aber zwingt die in letzter Zeit stark voranschreitende Elektrifizierung untertage zu einer stärkeren Rücksichtnahme auf die auftretenden größten und kleinsten Kurzschlußströme bei der Planung der elektrischen Anlagen untertage.

Die dabei zu beachtenden Bestimmungen sind in den bekannten VDE.-Vorschriften 0118 für Bergwerke untertage niedergelegt. Hiernach müssen Maschinen, Transformatoren, Wandler, Überstromschutzeinrichtungen und Leitungen den an ihrer Einbaustelle zu erwartenden Kurzschlußbeanspruchungen gewachsen sein oder durch besondere Maßnahmen gegen die Auswirkungen von Kurzschlußströmen geschützt werden. Ferner ist der Kurzschlußschutz<sup>1</sup> so zu wählen, daß die kleinste für satten zweipoligen Kurzschluß sich errechnende Stromstärke mindestens das Dreifache des Nennstromes einer vorgeschalteten Schmelzsicherung oder das 1,5fache des eingestellten Magnetauslösers beträgt. Die vorgesehene dreifache Sicherheit beim Einbau von Sicherungen als Kurzschlußschutz bezieht sich auf normale flinke Diazed-Patronen. Um für träge Tediazed-Patronen die gleiche Ansprechzeit wie bei flinken Patronen zu erreichen, muß man bei trägen Patronen mit der fünffachen Sicherheit rechnen. In der Praxis werden in Kraftanlagen nur Trägpatronen verwendet. Die Berechnung der Kurzschlußströme erfolgt nach den VDE.-Vorschriften<sup>2</sup> sowie den im einschlägigen Schrifttum angegebenen Formeln. Die Kurzschlußstromberechnung beruht auf der Anwendung des Ohmschen Gesetzes: Kurzschlußstrom = Spannung : Widerstand, wobei der Widerstand der gesamten Kurzschlußbahn von der Stromquelle bis zur Kurzschlußstelle einzusetzen ist. Der Widerstand der Kurzschlußbahn setzt sich zusammen aus dem Wirkwiderstand und dem Blindwiderstand der Generatoren, Transformatoren, Drosselspulen und Leitungen. In Hochspannungs- sowie in Niederspannungsanlagen unmittelbar hinter Transformatoren überwiegt der Blindwiderstand und ist daher in diesen Fällen hauptsächlich für die Größe des Kurzschlußstromes maßgebend. In Niederspannungsanlagen mit größeren Kabellängen überwiegt der Wirkwiderstand und bestimmt dort hauptsächlich die Größe des Kurzschlußstromes.

Ferner ist in Hochspannungsanlagen sowie bei genauen Berechnungen der Niederspannungsanlagen die Ermittlung des Scheinwiderstandes erforderlich. Aus einem späteren Beispiel ist zu ersehen, daß man in der Praxis in Niederspannungsanlagen auch ohne Einrechnung des Scheinwiderstandes genügend genaue Werte erhält. Man erspart hier infolgedessen die zeitraubende Berechnung des Scheinwiderstandes. Die Widerstände sind für die jeweils gelteude Betriebsspannung zu bestimmen. In Netzen mit verschiedenen Betriebsspannungen sind alle Widerstände auf eine Spannung umzurechnen.

Eine vom Kurzschluß betroffene Anlage wird von diesem sowohl dynamisch als auch thermisch beansprucht. Es sind daher 3 Kurzschlußstromwerte wichtig:

1. Der Stoßkurzschlußstrom ( $I_s$ ) bzw. der Einschaltstrom ( $I_E$ ) in  $kA_{ampl}$ . Er ist die größte Spitze des Kurzschlußstromes beim Eintritt des Kurzschlusses und klingt allmählich ab bis auf den Dauerkurzschlußstrom. Er ist maßgebend für die dynamische Festigkeit der Schalter, Wandler und Überstromschutzeinrichtungen. Eine Berechnung des Stoß- bzw. Einschaltstromes für die dynamische Festigkeit der Schalter ist nicht unbedingt notwendig, wenn nicht Generatoren in unmittelbarer Nähe der Kurzschlußstelle einspeisen, da alle serienmäßig hergestellten Hochspannungsleistungsschalter in bezug auf ihre dynamische Festigkeit für den 2,5fachen Wert des Ausschaltstromes ausgelegt sind und der Stoßstrom als Maximalwert nur den 2,5fachen Wert<sup>1</sup> des Stoßkurzschlußwechselstromes bzw. Ausschaltstromes erreichen kann.

2. Der Stoßkurzschlußwechselstrom ( $I_{sw}$ ) bzw. Ausschaltstrom ( $I_a$ ) in  $kA_{eff}$ . Seine Errechnung ist notwendig zur Ermittlung der Ausschaltleistung der Schalter. Der Stoßkurzschlußwechselstrom ist der Wechselstromanteil des Stoßkurzschlußstromes.

3. Der Dauerkurzschlußstrom ( $I_d$ ) in  $kA_{eff}$ . Er ist maßgebend für die thermische Festigkeit der Schalter, Wandler und Überstromschutzeinrichtungen und ist entweder gleich dem Stoßkurzschlußwechselstrom (in Netzen starrer Spannung) oder kleiner.

Bei Hochspannungsschaltern, die von der Kraftzentrale weit entfernt<sup>2</sup> aufgestellt sind, empfiehlt es sich, die Auslösesicherheit der Magnetauslöser oder Sicherungen bei einem zweipoligen Kurzschluß hinter dem Schalter zu prüfen. Die Berechnung des zweipoligen Kurzschlusses bedeutet in diesem Falle keine besondere Schwierigkeit, da sich der dreipolige Kurzschluß zum zweipoligen wie 2 zu  $\sqrt{3}$  verhält.

Da die Durchrechnung des Hochspannungsnetzes untertage aus Betriebssicherheitsgründen doch einmal durchgeführt werden muß, legt man zweckmäßigerweise die Summe der Blind- und Wirkwiderstände bis zur Hauptsammelschiene untertage fest. Man kann dann von dort aus ohne Schwierigkeiten durch Addition der Widerstände bis zu den in Frage kommenden Kurzschlußstellen den Kurzschlußstrom an jeder beliebigen Stelle des Grubennetzes ermitteln. Dies ist besonders für spätere Erweiterungen von Nutzen. Bei stark vermaschten Netzen bedient man sich vorteilhaft eines Netzmodelles (S. 439/40).

**Beispiel einer Kurzschlußstromberechnung von der Kraftzentrale übertage bis zur letzten Abbauleuchte untertage.**

A. Berechnung des Hochspannungsnetzes  
(Abb. 1).

Die Formeln sind der »Berechnung von Kurzschlußströmen in Drehstromanlagen« von Reiß entnommen<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Nach der Formel  $1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{sw}$ .

<sup>2</sup> 1. Beispiel Abb. 1.

<sup>3</sup> Elektr. im Bergb. 12 (1937) S. 33.

<sup>1</sup> § 8, Abs. e, VDE 0118.

<sup>2</sup> VDE 0670.



Es bedeuten:

- $x_G, x_T$  = Blindwiderstand des Generators bzw. Trafos in Ohm,
- $e_s, e_k$  = Streu- bzw. Kurzschlußspannung in % der Nennspannung : 100,
- U = Betriebsspannung in kV,
- N = Leistung in MVA,
- r = Kabelwirkwiderstand in Ohm,
- x = Kabelblindwiderstand in Ohm je km/Phase. Den Kurven der Kabelwerke entnommen.
- z = Scheinwiderstand in Ohm,
- L = Leitungslänge in m,
- q = Leitungsquerschnitt in mm<sup>2</sup>,
- $I_{sw}$  = Stoßkurzschlußwechselstrom in kA<sub>eff.</sub>,
- $I_a$  = Ausschaltstrom in kA<sub>eff.</sub>,
- $I_s, I_E$  = Stoß- bzw. Einschaltstrom in kA<sub>ampl.</sub>,
- $\alpha$  = Stoßfaktor, abhängig vom Verhältnis  $\frac{r}{x}$ ,
- $\mu$  = Abklingziffer, abhängig vom Verhältnis  $\frac{I_{sw}}{I_n}$ .

Als Energiespender dienen 2 Generatoren mit Leistungen von 4100 KVA und 7150 KVA. Außerdem erfolgt Einspeisung aus einem 25-kV-Verbundnetz über 2 Transformatoren von je 8000 KVA-Leistung. Unter normalen Verhältnissen arbeiten einer der angeführten Generatoren und ein Transformator auf das Netz. Von der Kraftzentrale übertage führen 2 Kabel 650 m  $3 \times 120$  mm<sup>2</sup>Cu durch den Schacht zur Wasserhaltung. Der Anschluß der Trafostation I erfolgt durch die Richtstrecke über ein Kabel von 700 m  $3 \times 50$  mm<sup>2</sup>Cu. Von hier aus führt ein Kabel  $3 \times 35$  mm<sup>2</sup>Cu zur 1500 m weiter liegenden Trafostation II. Es sollen die auftretenden Kurzschlußströme in der Wasserhaltung sowie in den beiden Trafostationen errechnet und die entsprechenden Schalter, Wandler oder Überstromauslöser ausgewählt werden. Die Berechnung ist für den ungünstigsten Fall durchzuführen, d. h. wenn der Generator mit der Leistung von 7150 KVA und ein Transformator auf das Netz arbeiten.

Zunächst sind die Blindwiderstände des Generators ( $x_G$ ) und des Trafos ( $x_T$ ) zu errechnen; daraus ergibt sich

der Gesamtblindwiderstand ( $x_{GT}$ ) zu 0,052  $\Omega$  (Abb. 1 links unten). Da es im vorliegenden Falle nur auf die Größe des Kurzschlußstromes in der Wasserhaltung ankommt, müssen zur Ermittlung des Scheinwiderstandes (z) in der Wasserhaltung der Blind- und Wirkwiderstand des Schachtkabels miteinbezogen werden. Der Scheinwiderstand (z) ergibt sich zu 0,0916  $\Omega$ . Hieraus errechnet sich der Stoßkurzschlußwechselstrom ( $I_{sw}$ ) zu 20,8 kA. An dieser Kurzschlußstromlieferung sind der Generator und der Transformator im umgekehrten Verhältnis ihrer Widerstände beteiligt. Dadurch wird der Kurzschlußstromanteil des Generators ( $I_{swG}$ ) 7,15 kA, der Anteil des Transformators 13,65 kA. Der Ausschaltstrom des Generators  $I_a = \mu \cdot I_{sw}$ . Der Faktor  $\mu$  ist abhängig vom Verhältnis des Generator-Kurzschlußstromanteils zum Generator-Nennstrom und der Kurve<sup>1</sup> entnommen. Für diesen Fall wird  $\mu = 0,79$  und damit der Ausschaltstrom 5,05 kA. Für den Trafo-Anteil wird  $I_a = I_{sw}$ , wenn man die Spannung auf der 25 kV-Seite als starr annimmt. Dies ist im allgemeinen zulässig, da die Leistungsfähigkeit von im Verbundbetrieb arbeitenden 25-kV-Netzen groß gegenüber der Leistung der 25/3-kV-Transformatoren (8 MVA) ist. Damit wird der Gesamtausschaltstrom 19,3 kA und hieraus bei einer Betriebsspannung von 3 kV die Ausschaltleistung rd. 100 MVA. Zu erwähnen ist hierbei noch, daß der wirklich auftretende Ausschaltstrom noch etwas kleiner ist als 19,3 kA, da das 25 kV-Netz nicht mit in die Berechnung einbezogen ist.

Gewählt wird ein serienmäßiger Leistungsschalter mit einer Ausschaltleistung von 100 MVA, einem Ausschaltstrom von 20 kA und einem Einschaltstrom von 50 kA bei 3 kV. Als Überstromauslöser dient Sekundärauslösung über Stromwandler. Die eingebauten serienmäßigen Stromwandler haben bei einem Übersetzungsverhältnis von 100/5 A eine dynamische Festigkeit von 42 kA und eine thermische von 21 kA. Der Stoßkurzschlußstrom ( $I_s$ ) bzw.

Einschaltstrom ( $I_E$ ) ist vom Verhältnis  $\frac{r}{x}$  abhängig, und dieses ist im vorliegenden Falle 0,622; hieraus wird  $\alpha = 1,15^2$  und der Stoßstrom 34 kA. Da durch die Bestimmungen<sup>3</sup> für den thermischen Grenzstrom der größtmögliche Kurzschlußstrom zugrunde zu legen ist, sind die Stromwandler bei einer thermischen Festigkeit von 21 kA auch den thermischen Beanspruchungen gewachsen.

Um den Kurzschlußstrom in der Trafostation I zu errechnen, muß man zu den bereits errechneten Blind- und Wirkwiderständen in der Wasserhaltung den Blind- und Wirkwiderstand des 700 m langen Kabels  $3 \times 50$  mm<sup>2</sup> Cu hinzuaddieren. Hieraus ergibt sich der Scheinwiderstand zu 0,33 Ohm und der Stoßkurzschlußwechselstrom ( $I_{sw}$ ) zu 5,78 kA. An dieser Kurzschlußstromlieferung sind der Generator mit 1,99 kA und der Trafo mit 3,79 kA beteiligt.

Bei einem Ausschaltstrom von 5,78 kA wird die Ausschaltleistung in der Trafostation I 30 MVA. Gewählt wird ein Leistungsschalter mit einer Ausschaltleistung von 30 MVA bei 3 kV. Als

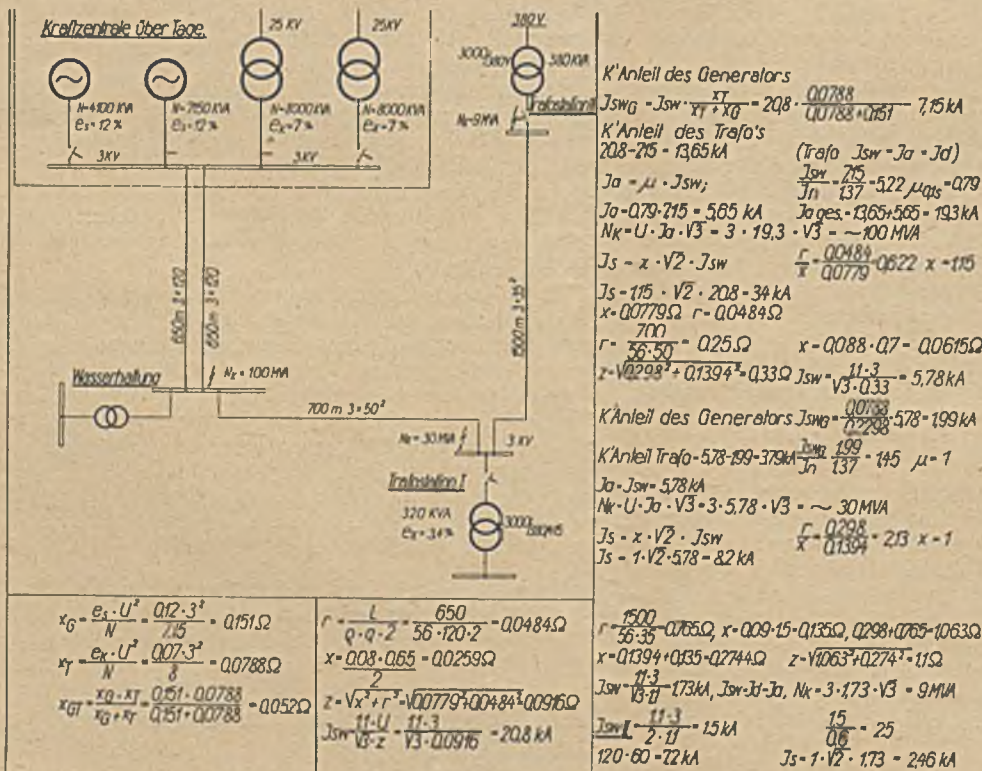


Abb. 1. Berechnung des Hochspannungsnetzes.

<sup>1</sup> VDE 0670 § 11.  
<sup>2</sup> VDE 0670 § 11, Abb. 5.  
<sup>3</sup> a. a. O. § 31.



Überstromauslösung dient ebenfalls Sekundärauslösung über Stromwandler. Bei einem Stromwandler-Übersetzungsverhältnis von 50/5 A haben die Wandler dieser Serie eine dynamische Festigkeit von 21 kA und eine thermische Festigkeit von 11,7 kA. Der Stoßstrom wird an dieser Stelle nach Abb. 1 8,2 kA. Die eingebauten Wandler sind also den dynamischen und thermischen Beanspruchungen gewachsen.

Um den Kurzschlußstrom in der Trafostation II zu errechnen, ist zur Ermittlung des Scheinwiderstandes der Blind- und Wirkwiderstand der gesamten Kurzschlußbahn einzusetzen. Bei einem Scheinwiderstand von 1,1 Ohm wird der Stoßkurzschlußwechselstrom bzw. der Ausschaltstrom 1,73 kA und die Ausschaltleistung 9 MVA bei 3 kV. Als Überstromauslöser werden Primärauslöser mit einem Nennstrom von 60 A eingebaut. Die dynamische Festigkeit dieser Primärauslöser beträgt das 120fache des Nennstromes, in diesem Falle also  $120 \times 60 = 7,2$  kA. Da der Stoßstrom an der entsprechenden Stelle nur  $1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,73 = 2,46$  kA beträgt, sind die Auslöser den dynamischen Beanspruchungen gewachsen.

Für die thermische Festigkeit der Primärauslöser ist als thermischer Grenzstrom der Kurzschlußstrom von 1,73 kA einzusetzen. Die thermische Festigkeit der Primärauslöser beträgt das  $\frac{60}{\sqrt{t}}$  fache<sup>1</sup> des Nennstromes = 5,1 kA bei einer Ausschaltzeit von 0,5 s. Als Kurzschlußschnellauslöser arbeiten die genannten Primärauslöser ab 10fachem Nennstrom =  $10 \cdot 60 = 600$  A. Bei einem errechneten kleinsten zweipoligen Kurzschlußstrom von 1,5 kA wird die Auslösesicherheit 2,5fach.

Es ist hier noch zu erwähnen, daß die Ausschaltleistungen bzw. Kurzschlußfestigkeit der Leistungsschalter durch die entsprechenden Eigenschaften eingebauter Auslöser oder Wandler herabgesetzt werden, wenn diese schwächer sind als die Schalter. Dabei ist sowohl die dynamische als auch die thermische Festigkeit der Auslöser und Wandler maßgebend.

In den angezogenen VDE-Bestimmungen ist für den dynamischen Grenzstrom der Stoßkurzschlußstrom als maßgebend bezeichnet, während andererseits der thermische

Grenzstrom dem größtmöglichen Kurzschlußstrom zu entsprechen hat. Es sind also diese beiden Größen zu beachten.

**B. Berechnung des Niederspannungsnetzes (Abb. 2).**

**1. Unter Einschluß des 3-kV-Netzes sowie der Kabelblindwiderstände des 415-V-Netzes.**

Abb. 2 stellt die Fortsetzung von Abb. 1 dar. Trafostation I (Abb. 1, rechts unten) erscheint in Abb. 2 nochmals rechts unten. Von dem auf der 415-V-Seite eingesetzten Sicherungsschalter führt eine NSH-Leitung  $4 \times 70 \text{ mm}^2 \text{Cu}$  durch einen Blindschacht von 90 m Tiefe über das Luftschütz des ersten Streckenbandmotors (22 kW) zum Luftschütz des zweiten Streckenbandmotors (22 kW). Von dem an diesem Luftschütz angebauten Sicherungsschalter führt eine NSH-Leitung  $400 \text{ m } 4 \times 35 \text{ mm}^2 \text{Cu}$  zum Luftschütz des Strebbandmotors (15 kW). An einem hier aufgebauten Sicherungsschalter ist über einem Trockentrafo 3 kVA 380/235 V die Strebbeleuchtung angeschlossen. Die Summe der Wirk- und Blindwiderstände bis zur Trafostation beträgt nach der vorhergegangenen 3-kV-Netzberechnung  $x = 0,1394 \Omega$ ;  $r = 0,298 \Omega$ .

Um die Widerstände der 3-kV-Seite auf 415 V umzurechnen, müssen diese mit dem Faktor 0,019 (s. Abb. 2, links oben) multipliziert werden. Dadurch ergeben sich  $x = 0,0026 \Omega$  und für  $r = 0,0056 \Omega$ . Unter Einschluß des Trafo-Blindwiderstandes von  $0,0183 \Omega$  wird der Gesamtblindwiderstand bis zur 415-V-Verteilung in der Trafostation  $x = 0,0209 \Omega$ . Unter Einbeziehung des Wirkwiderstandes wird der Scheinwiderstand an dieser Stelle  $z = 0,0216 \Omega$  und damit der größtmögliche dreipolige Kurzschlußstrom unmittelbar hinter dem Transformator 11100 A. Die in der Trafostation auf der 415-V-Seite eingesetzten Schalter müssen in der Lage sein, diesen Kurzschlußstrom ohne Gefahr abzuschalten. Bei Wahl von Schaltern und Schützen mit Sicherungen können diese durch die eingesetzten Sicherungsströme bis zu 30000 A abschalten. Bei Wahl von Selbstschaltern mit Kurzschluß-Schnellauslösern müssen diese einen Ausschaltstrom von 11000 A bewältigen können. Da der Kurzschlußstrom an den von der Trafostation weiter entfernt liegenden Stellen

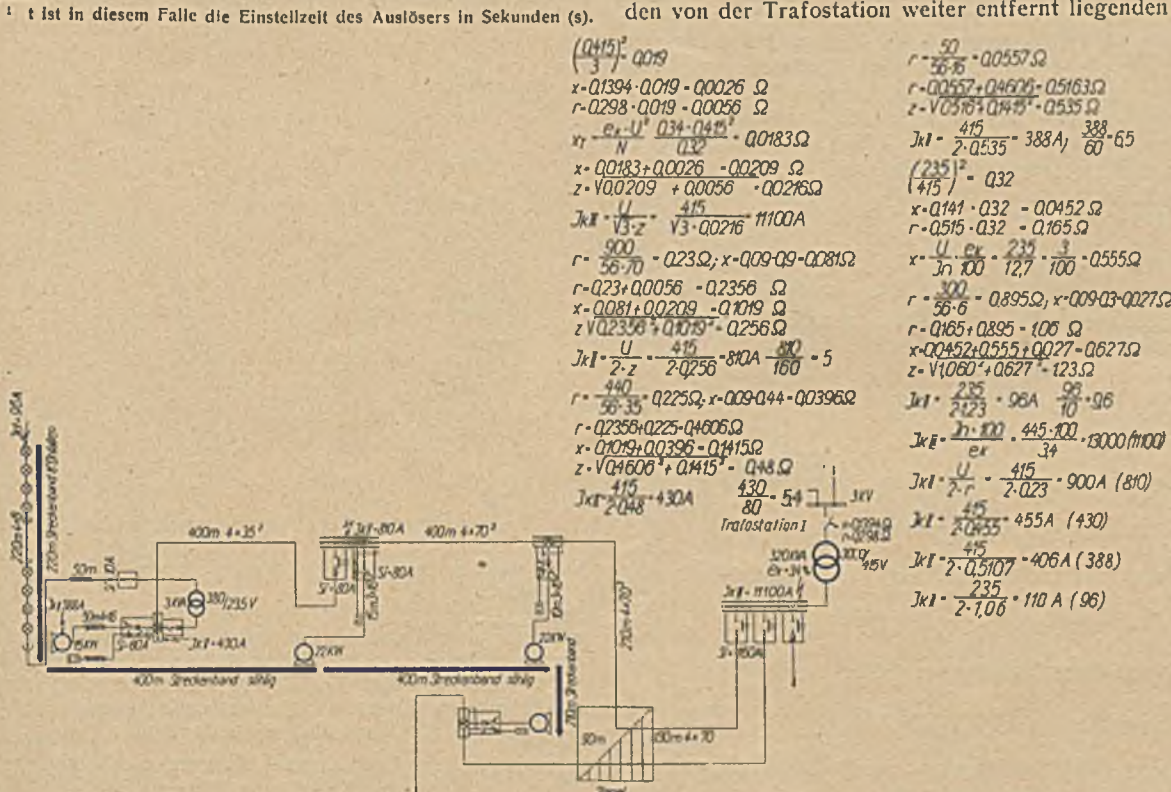


Abb. 2. Berechnung des Niederspannungsnetzes.

<sup>1</sup> t ist in diesem Falle die Einstellzeit des Auslösers in Sekunden (s).



kleiner wird, können an den Stellen Selbstschalter mit niedrigeren Ausschaltleistungen eingesetzt werden.

Für den kleinsten auftretenden zweipoligen Kurzschlußstrom ist die Auslösesicherheit der Magnetauslöser bzw. Ansprechbarkeit der Sicherungen zu prüfen.

- a) Kurzschluß im Sammelschienenkasten des 2. Strebbandschützes. Bei einem Wirkwiderstand des 900 m langen Kabels  $4 \times 70$  (einschl. Durchhang) von  $0,23 \Omega$ , einem Blindwiderstand von  $0,081 \Omega$  wird einschließlich des 3-kV-Netzes der Scheinwiderstand  $z = 0,256 \Omega$ . Der sich hieraus errechnende zweipolige Kurzschlußstrom von 810 A bringt die in der Trafostation eingesetzte 160-A-Sicherung mit rd. 5-facher Sicherung zum Ansprechen.

Das Verbindungskabel  $15 \text{ m } 4 \times 16 \text{ mm}^2$  vom Schütz zum 22 kW-Motor kann wegen seines geringen Widerstandes vernachlässigt werden. Zudem würde sich ein Kurzschluß am Klemmbrett des Motors auf die eingesetzten 80 A-Sicherungen im Streckenbandschutz auswirken.

- b) Kurzschluß im Sammelschienenkasten des 2. Strebbandschützes. Bei weitergehend gleichbleibendem Querschnitt ergibt sich am 400 m entfernt liegenden Strebbandschütz ein Kurzschlußstrom von 570 A; die Ansprechbarkeit ist dann nur 3,5-fach. Um die 5fache Sicherheit zu erhalten, wird ein Sicherungsschalter mit eingesetzten 80-A-Sicherungen angebaud und mit einem Querschnitt von  $4 \times 35 \text{ mm}^2$  abgezweigt. Unter Einschuß der 440-m-Leitung wird der Scheinwiderstand  $0,48 \Omega$  und bei dem sich daraus errechnenden Kurzschlußstrom von 430 A die Sicherheit 5,4-fach.

Unter Berücksichtigung der 50 m langen Leitung  $4 \times 16$  bis zum Strebbandmotor wird der Kurzschlußstrom 388 A und bei eingesetzten 60-A-Sicherungen im Strebbandschutz die Sicherheit 6,5-fach.

- c) Kurzschluß an der letzten Abbauleuchte. Durch den Umrechnungsfaktor 0,32 werden die Widerstände des 415-V-Netzes bezogen auf 235 V  $x = 0,0452 \Omega$   $r = 0,165 \Omega$ . Durch Addition des Wirkwiderstandes von  $0,165 \Omega$  sowie des Wirkwiderstandes der 300 m langen NSH-Leitung  $4 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$  von  $0,895 \Omega$  (einschl. Durchhang) wird der Gesamtwirkwiderstand bis zur letzten Leuchte  $r = 0,106 \Omega$ . Der Gesamtblindwiderstand setzt sich zusammen aus dem Wert von  $0,0452 \Omega$ , dem Blindwiderstand des Trafos von  $0,555 \Omega$  und dem Blindwiderstand der Leitung von  $0,027 \Omega$ . Aus dem hieraus errechneten Scheinwiderstand von  $1,23 \Omega$  ergibt sich ein Kurzschlußstrom von 96 A. Bei der eingesetzten 10-A-Sicherung wird die Sicherheit 9,6-fach.

## 2. Berechnung unter Vernachlässigung des 3-kV-Netzes und der Kabelblindwiderstände des 415-V-Netzes.

Größter auftretender dreipoliger Kurzschlußstrom hinter dem Trafo 320 kVA:

$$I_{KIII} = \frac{I_n \cdot 100}{e_k} = \frac{445 \cdot 100}{3,4} = 13000 \text{ A}$$

( $I_n$  Trafonennstrom)

zweipoliger Kurzschlußstrom am 2. Streckenbandschutz:

$$I_{KII} = \frac{U}{2 \cdot r} = \frac{415}{2 \cdot 0,23} = 900 \text{ A}$$

zweipoliger Kurzschlußstrom am Strebbandschütz:

$$I_{KII} = \frac{U}{2 \cdot r} = \frac{415}{2 \cdot 0,455} = 455 \text{ A}$$

zweipoliger Kurzschlußstrom am Strebbandmotor:

$$I_{KII} = \frac{U}{2 \cdot r} = \frac{415}{2 \cdot 0,5107} = 406 \text{ A}$$

zweipoliger Kurzschlußstrom an der letzten Abbauleuchte:

$$I_{KII} = \frac{U}{2 \cdot r} = \frac{235}{2 \cdot (0,895 + 0,165)} = 110 \text{ A}$$

## Gegenüberstellung der beiden Berechnungsverfahren.

Entfernung vom Trafo m	Kurzschlußströme in A	
	mit Einschuß des 3-kV-Netzes + Kabelblindwiderstände des 415-V-Netzes	ohne
0	11 100	13 000
830	810	900
1230	430	455
1270	388	406
1540	96	110

Aus den vorstehenden Ergebnissen ist zu ersehen, daß der zweite viel einfachere Rechnungsgang hinreichend genaue Werte liefert und sich die Kurzschlußströme an den in Frage kommenden Stellen mit zunehmender Kabellänge immer mehr annähern. Da man in der Praxis in den meisten Fällen mit ähnlichen Verhältnissen zu tun hat, wählt man der Einfachheit halber und aus Gründen der Zeitersparnis den zweiten Rechnungsgang.

Wenn man in die Formel

$$I_{KII} = \frac{U}{2 \cdot r} \text{ für } r = \frac{L}{56 \cdot q} \text{ einsetzt,}$$

so erhält man für den zweipoligen Kurzschlußstrom bei gleichbleibendem Querschnitt die Formel

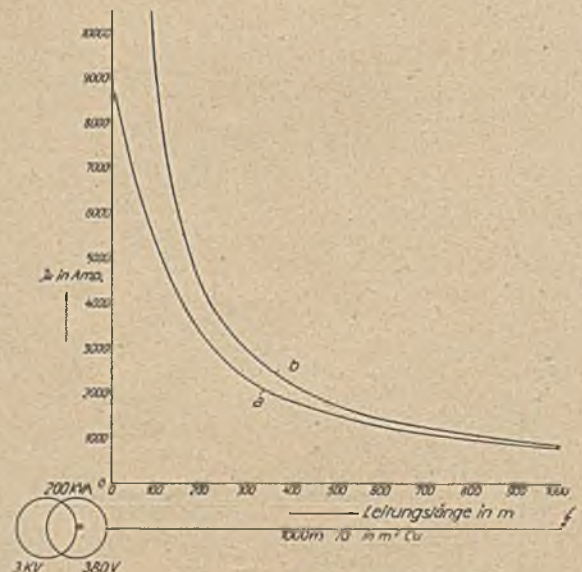
$$I_{KII} = \frac{U \cdot q \cdot 56^2}{2 \cdot L}$$

und für veränderlichen Querschnitt

$$I_{KII} = \frac{U}{0,0358 \cdot \left( \frac{L}{q_1} + \frac{L}{q_2} \right)}$$

Hierbei bedeuten:  $U$  = Betriebsspannung in V,  $q$  = Querschnitt in  $\text{mm}^2$ ,  $L$  = Leitungslänge in m,  $56$  = Leitwert für Kupfer.

Um außerdem zu sehen, wie sich die Kurzschlußströme verhalten, wenn einmal der Trafo + Kabelblindwiderstand (Kurve a in Abb. 3) und das andere Mal nur der Kabelwirkwiderstand (Kurve b in Abb. 3) berücksichtigt werden, sind die Kurzschlußströme in Abhängigkeit von der Kabellänge dargestellt.



a Verlauf des Kurzschlußstromes hinter einem Drehstromtransformator  $N = 200 \text{ kVA}$ ;  $e_k = 3,4\%$ ;  $U = 5000/380 \text{ V}$ , unter Einschuß des Trafo- und Kabelblindwiderstandes, b Verlauf des Kurzschlußstromes unter Berücksichtigung nur des Kabelwirkwiderstandes.

Abb. 3. Dreipoliger Kurzschlußstrom in Abhängigkeit von der Kabellänge ( $70 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ ).



Aus Abb. 3 ist zu erkennen, wie sich mit zunehmender Kabellänge die Werte immer mehr nähern. In unmittelbarer Nähe des Trafos ist der Unterschied der errechneten Kurzschlußströme am größten, da der Trafoblindwiderstand sich hier noch auswirkt, während mit zunehmender Entfernung vom Trafo der Ohmsche Kabelwiderstand überwiegt und dort die Größe des Kurzschlußstromes bestimmt. Bei einer Kabellänge von z. B. 700 m ergibt sich in Kurve *a*, also unter Berücksichtigung des Trafo- und Kabelblindwiderstandes, ein Kurzschlußstrom von 1220 A. In Kurve *b*, also nur unter Berücksichtigung des Kabelwirkwiderstandes bei gleicher Länge, ein Kurzschlußstrom von 1250 A. Beim Vergleich dieser beiden Kurzschlußströme zeigt sich ein Unterschied von 30 A = 2,5 %, der in der Praxis unbedenklich vernachlässigt werden kann. Es ist aber zu beachten, daß bei Vernachlässigung der Trafostreuung völlig falsche Werte in Entfernungen unter 150 m herausgerechnet werden. Bei einer Leitungslänge von z. B. 100 m beträgt der Unterschied beinahe 100 %, bei 150 m rd. 50 % und bei 200 m rd. 30 %, jeweils bezogen auf den wirklichen Wert, also mit Einschluß der Trafostreuung. Kurve *a* entspricht grundsätzlich dem Rechnungsgang 1, Kurve *b* dem Rechnungsgang 2, wobei allerdings bei Kurve *a* das Hochspannungsnetz nicht berücksichtigt worden ist. Eine Berücksichtigung des Hochspannungsnetzes würde sich je nach dessen Verhältnissen nur bis höchstens 300 m hinter dem Trafo auswirken.

**Blanke Leitungsverbindungen in Niederspannungsanlagen.**

In Niederspannungsanlagen mit blinker Leitungsverbindung zwischen dem Transformator und der Schaltanlage ist der Blindwiderstand der Leitungen sehr groß. Bei den üblichen Leitungsabständen beträgt der Blindwiderstand bei Schienen 0,15–0,2 · 10<sup>-3</sup> Ohm m/Phase. Dadurch ergeben sich selbst bei nur einigen Metern blinker Leitung starke Dämpfungen der Kurzschlußströme.

Bei starrer Netzspannung beträgt der Kurzschlußstrom unmittelbar hinter einem Trafo

$$I_{kT} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot x_T}$$

Unter Berücksichtigung der Niederspannungsleitung

$$I_k = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (x_T + x_L)}$$

$x_T$  = Trafoblindwiderstand,  $x_L$  = Leitungsblindwiderstand. Aus diesen beiden Beziehungen folgt

$$I_k = I_{kT} \cdot \frac{x_T}{x_T + x_L} = k \cdot I_{kT}$$

Mit  $x_T = \frac{e_k \cdot U^2}{N_T \cdot 10^3}$  und  $x_L = 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot L$  wird

$$k = \frac{e_k \cdot U^2}{e_k \cdot U^2 + 2 \cdot N_T \cdot L}$$

Es bedeuten:  $U$  = Betriebsspannung in V,  $N_T$  = Nennleistung des Trafos in kVA,  $e_k$  = Kurzschlußspannung des Transformators in %,  $L$  = blanke Leitungslänge zwischen Trafo und Kurzschlußstelle.

Der Kurzschlußstrom hinter Transformatoren (starrer Spannung) läßt sich nach der Formel  $I_k = k \cdot \frac{100}{e_k} \cdot I_n$  kA be-

rechnen, wobei der Faktor  $k$  in Abhängigkeit von der Betriebsspannung  $U$  und dem Produkt  $N \cdot L$  aus den Kurven in Abb. 3a, 3b und 3c entnommen werden kann. Mit dem Produkt  $N \cdot L$  aus der Trafoleistung und der blanken Leitungslänge vom Trafo bis zur Kurzschlußstelle in m, der Betriebsspannung und der Kurzschlußspannung bestimmt man nach den angegebenen Kurven den Faktor  $k$ . Die Kurven in Abb. 3a, 3b und 3c sind für  $x = 0,24 \cdot 10^{-3}$  Ohm m/Phase maßgebend. Bei mehrfachen Parallelschienen kann der Wert<sup>1</sup> noch kleiner als  $0,15 \cdot 10^{-3}$  werden.

Beispiel: Es soll der Kurzschlußstrom an der 380-V-Sammelschiene, welche von einem 2000-kVA-Trafo mit 3% Kurzschlußspannung und dem Übersetzungsverhältnis  $U = 2000/380$  V gespeist wird, ermittelt werden. Die blanke Verbindungsleitung ist 6 m lang. Es wird  $N \cdot L = 2000 \cdot 6 = 12 \cdot 10^3$ . Nach Abb. 3b ergibt sich  $k$  zu 0,6. Damit wird der Kurzschlußstrom  $I_k = 0,6 \cdot \frac{100}{3} \cdot 3,05 = 61$  kA. Der Kurzschlußstrom unmittelbar hinter dem Trafo ohne Einbeziehung der blanken Leitung würde  $I_k = \frac{100}{3} \cdot 3,05 = 102$  kA betragen.

Man ersieht hieraus die große kurzschlußdämpfende Wirkung der blanken Leitungslänge von 6 m von 102 auf 61 kA.

**Begrenzung der Kurzschlußströme.**

In Hochspannungsanlagen ist es in vielen Fällen notwendig, besondere Maßnahmen zur Begrenzung zu hoher Kurzschlußströme zu treffen. Hierfür kommen u. a. in Betracht:

1. Der Einbau von Strombegrenzungsdrosselspulen,
2. die Erhöhung der Kurzschlußspannung der Transformatoren und
3. die Aufteilung des Hauptsammelschienensystems in verschiedene Sammelschienenabschnitte mit Kupplungsmöglichkeit.

Die in der Praxis am meisten angewandte Art der Kurzschlußstrombegrenzung ist der Einbau von Kurzschlußdrosselspulen. Diese erhöhen durch ihren hohen Blindwiderstand den gesamten Blindwiderstand der Kurzschlußbahn und begrenzen dadurch den hinter den Kurzschlußdrosselspulen auftretenden Kurzschlußstrom in seiner Größe und in seinen Auswirkungen. Der Wirkwiderstand der Kurzschlußdrosselspule ist praktisch ver-

<sup>1</sup> J. Fischer-Hinnen: Induktion u. Kapazität von Leitungen, Bulletin Nr. 12 1917 des Schweizer elektrotechnischen Vereins.

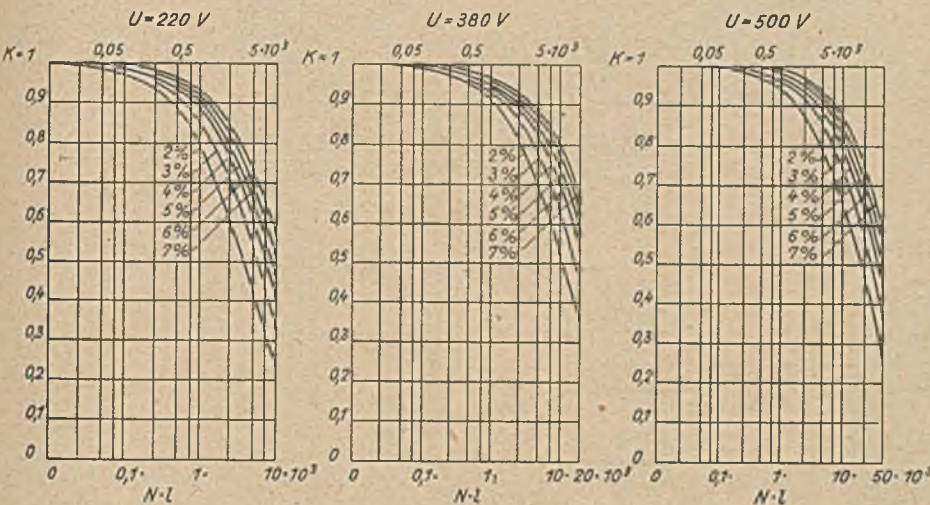


Abb. 3a.

Abb. 3b.

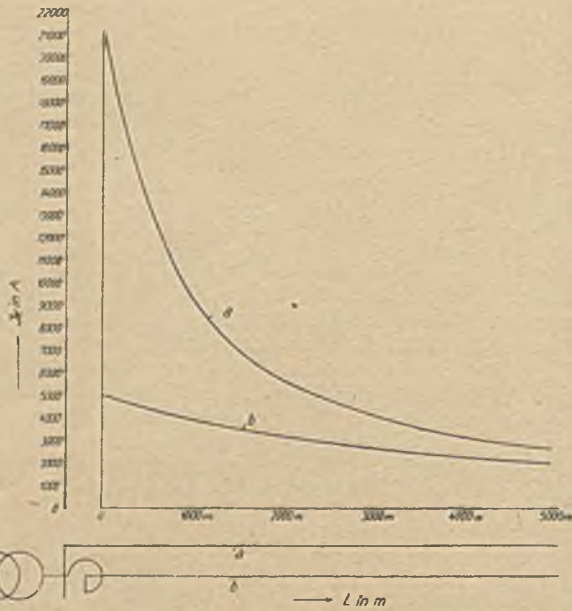
Abb. 3c.

Man ermittelt  $N \cdot L$ , wobei  $N$  in kVA und  $L$  in m einzusetzen ist und bestimmt für die gegebene Betriebsspannung und Kurzschlußspannung den Faktor  $k$  nach vorstehenden Kurventafeln. Der Kurzschlußstrom ist dann  $I_k = k \cdot \frac{100}{e_k} \cdot I_n$  kA.

Abb. 3a–c. Berechnung von Kurzschlußströmen in Drehstromnetzen.



nachlässigbar klein. Bei Einbau von Kurzschlußdrosselspulen in den Schachtkabelabzweig im Kraftwerk übertrage werden die in einem bestimmten Umkreis hinter den Drosselspulen auftretenden Kurzschlußströme stark herabgesetzt.



a Verlauf des Kurzschlußstromes bei unmittelbarem Anschluß des Kabels hinter dem Transformator (Kabel 3 · 185<sup>2</sup> Cu); b Verlauf des Kurzschlußstromes bei Einbau einer Strombegrenzungsdrosselspule in den Kabelabzweig Drossel: N = 1300 kVA, U = 3 kV, e<sub>D</sub> = 4,2%.

Abb. 4. Dreipoliger Kurzschlußstrom in Abhängigkeit von der Kabellänge hinter einem Drehstrom-Transformator 5000 kVA 25/3 kV c<sub>k</sub> = 5%.

Den Verlauf des Kurzschlußstromes hinter der Hauptsammelschiene übertrage einmal bei unmittelbarem Anschluß an die Hauptsammelschiene, zum ändern beim Einbau einer Kurzschlußdrosselspule in den Kabelabzweig zeigt Abb. 4.

Der hinter dem Transformator auftretende Kurzschlußstrom beträgt unmittelbar hinter der Sammelschiene 21200 A (Kurve a). Kurve b zeigt den Verlauf des Kurzschlußstromes bei Einbau einer Kurzschlußdrosselspule in den Kabelabzweig.

Unmittelbar hinter der Sammelschiene betragen die Kurzschlußströme 21200 und 5020 A, nach 500 m Entfernung 13500 und 4500 A, nach 1000 m sind die Werte 9300 und 3980 A. Bei zunehmender Kabellänge wird die kurzschlußstromdämpfende Wirkung der Drosselspule immer geringer, gleichzeitig aber die dämpfende Wirkung des Kabels immer größer.

In elektrischen Untertageanlagen kann man sämtliche Schalter in der Nähe des Füllortes, wo ja auch die Haupt-

verteilungsanlagen sind, durch Einbau von Kurzschlußdrosselspulen schützen.

Als weitere Maßnahme zur Kurzschlußstrombegrenzung ist die Wahl von Transformatoren höherer Kurzschlußspannung zu nennen.

Die Kurve in Abb. 5 zeigt den dreipoligen Kurzschlußstrom hinter Drehstromtransformatoren in Abhängigkeit von der Kurzschlußspannung. Auf der Y-Achse ist der Kurzschlußstrom als Vielfaches des Transformatoren-Nennstromes aufgetragen, während auf der

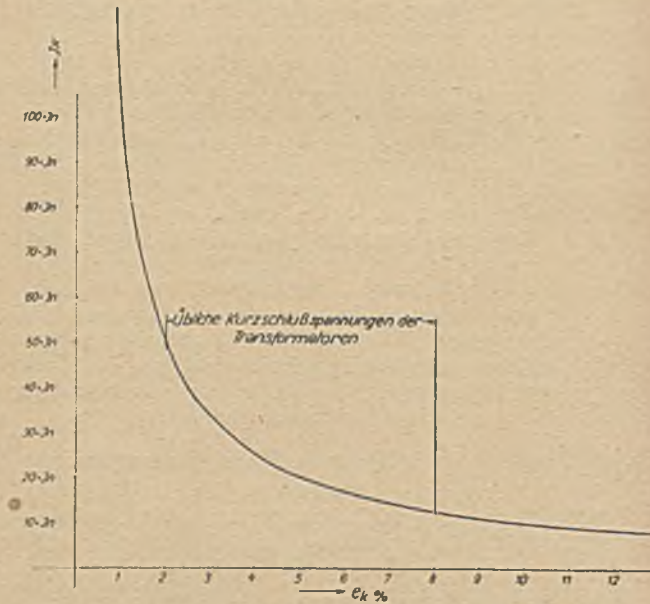


Abb. 5. Kurzschlußstrom (dreipolig) hinter Drehstromtransformatoren in Abhängigkeit von der Kurzschlußspannung ( $\frac{I_k}{I_n} = \frac{100}{c_k} \%$ ).

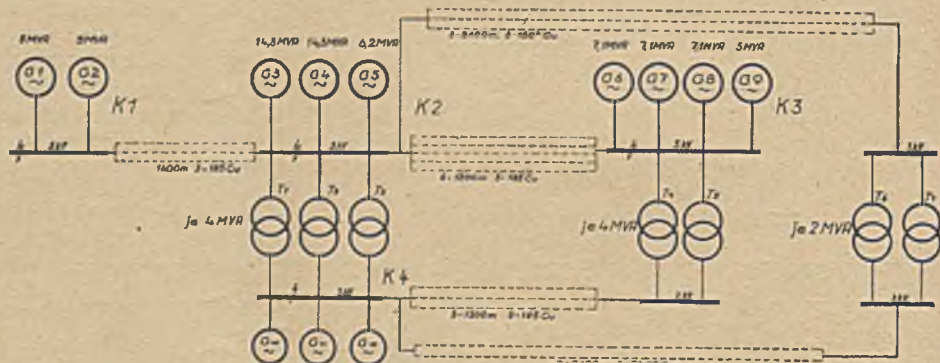


Abb. 6. Netzplan einer Zechengruppe.

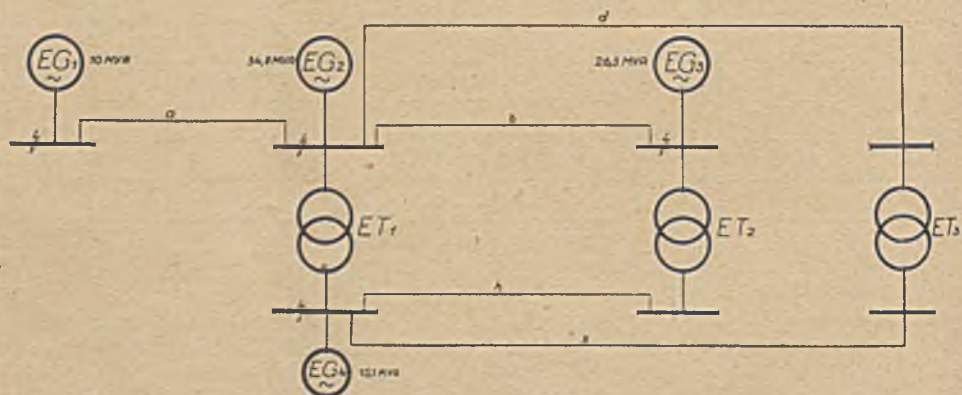


Abb. 7. Ersatzschaltbild.



X-Achse die Kurzschlußspannung in % der Nennspannung aufgetragen ist. Die Kurve zeigt, wie der dreipolige Kurzschlußstrom hinter Drehstromtransformatoren mit zunehmender Kurzschlußspannung abnimmt. Hat z. B. ein Trafo sekundärseitig einen Nennstrom von 400 A, so ist der Kurzschlußstrom bei einer Kurzschlußspannung von 2%

$$50 \cdot I_n = 50 \cdot 400 = 20000 \text{ A.}$$

Ist dagegen die Kurzschlußspannung 8%, so ist der Kurzschlußstrom

$$12,5 \cdot I_n = 12,5 \cdot 400 = 5000 \text{ A.}$$

Die Kurzschlußspannungen der Transformatoren normaler Bauart liegen, wie in der Kurve angedeutet, im allgemeinen zwischen 2 und 8% der Nennspannung. Sie werden aber in Zukunft weitgehend genormt sein. Man wird nicht jede beliebige  $e_k$  erhalten können.

Falls die Möglichkeit nicht besteht, die auftretenden Kurzschlußströme auf eine der genannten Arten zu begrenzen, kann man durch Einbau von Hochspannungsschmelzsicherungen die Schalter gegen die an ihrer Einbaustelle auftretenden Kurzschlußströme schützen. Außerdem bringen Hochspannungsschmelzsicherungen durch ihr schnelles Ansprechen beim Auftreten eines Kurzschlusses den Kurzschlußstrom schon im Entstehen, also lange bevor der Kurzschlußstrom seinen Höchstwert erreicht hat, zum Abschalten.

**Berechnung mehrfach gespeister Netze.**

Bei dem durchgeführten Beispiel in Abb. 1 wurde ein einfach gespeistes Netz zugrunde gelegt. Etwas schwieriger gestalten sich die Berechnungen mehrfach gespeister oder vermaschter Netze. Um bei solchen Netzen zu einer Berechnungsgrundlage zu kommen, muß man sie durch Ersatzschaltbilder vereinfachen. Die Vereinfachung eines solchen mehrfach gespeisten Netzes veranschaulichen die Ersatzschaltbilder 6-10.

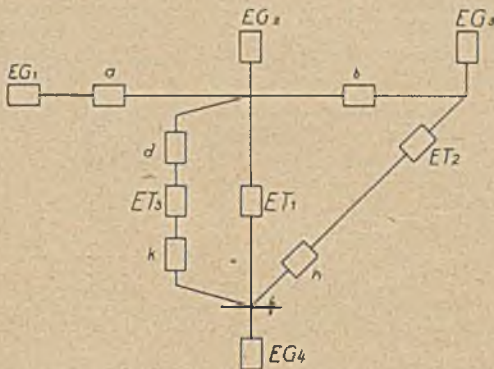


Abb. 8. Ersatzschaltbild.

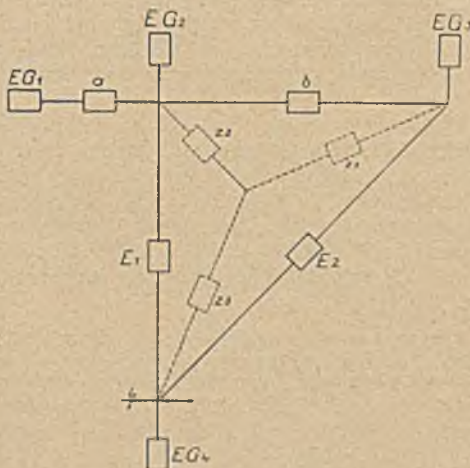


Abb. 9. Ersatzschaltbild.

In Abb. 6 sind 4 Kraftwerke einer Zechengruppe wiedergegeben, die untereinander durch die entsprechenden Kabel verbunden sind. Auf die 5-kV-Sammelschienen arbeiten im Kraftwerk 1 ( $K_1$ ) zwei Generatoren mit einer Gesamtleistung von 10 MVA. Im Kraftwerk 2 ( $K_2$ ) arbeiten 3 Generatoren mit einer Gesamtleistung von 34,8 MVA und im Kraftwerk 3 ( $K_3$ ) 4 Generatoren mit einer Gesamtleistung von 26,3 MVA auf das 5-kV-Netz. Auf der 2-kV-Seite arbeitet das Kraftwerk 4 ( $K_4$ ) mit einer Gesamtleistung von 15,1 MVA auf das Netz. Auf der 2-kV-Seite

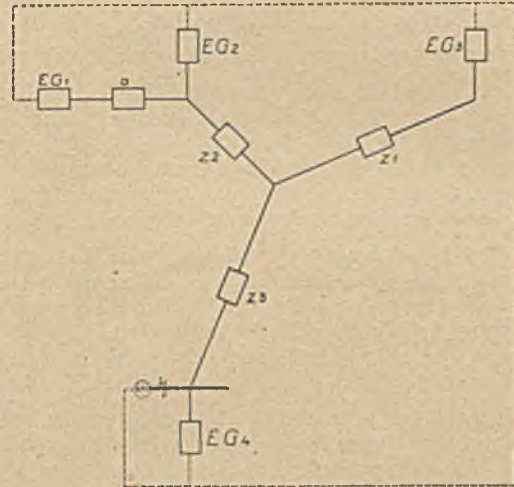


Abb. 10. Ersatzschaltbild.

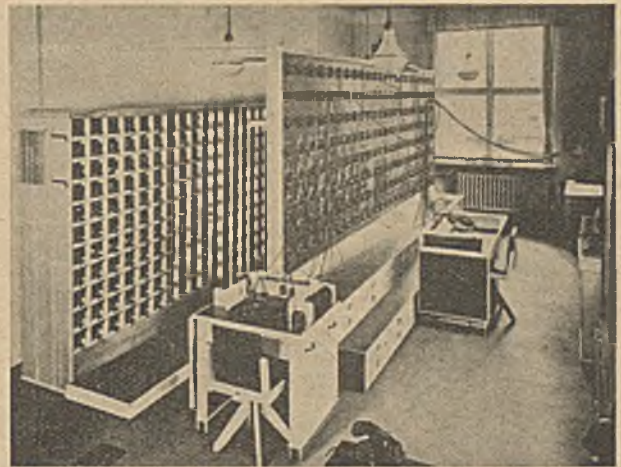


Abb. 11. Wechselstromnetzmodell.

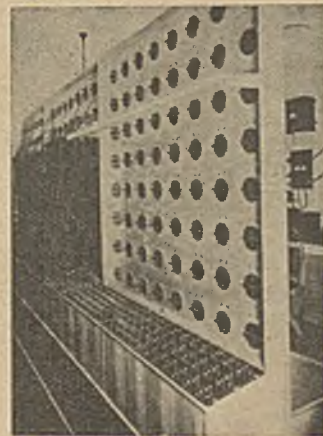


Abb. 12. Wechselstromnetzmodell, Rückansicht der Netzschalttafel.



im Kraftwerk 4 erfolgt der Anschluß des Grubennetzes. Es soll die Kurzschlußleistung an der Sammelschiene im 2-kV-Netz im Kraftwerk 4 errechnet werden.

Im Ersatzschaltbild Abb. 7 sind die Generatoren der einzelnen Kraftwerke zu Ersatzgeneratoren und die Transformatoren zu Ersatztransformatoren zusammengefaßt. Die parallel liegenden Verbindungskabel der Kraftwerke sind als Einfachkabel mit dem Gesamtwiderstand eingesetzt. Der Ersatzgenerator im Kraftwerk 1 (10 MVA) ist mit  $E_{G1}$ , im Kraftwerk 2 mit  $E_{G2}$ , im Kraftwerk 3 mit  $E_{G3}$  und im Kraftwerk 4 mit  $E_{G4}$  bezeichnet. Das gleiche gilt für die Ersatztransformatoren  $E_{T1}$ ,  $E_{T2}$  und  $E_{T3}$ . Die Kabelverbindungen tragen die Buchstaben a, b, d, h und k.

In Abb. 8 sind die Widerstände der Ersatzgeneratoren, Ersatztransformatoren und Kabel als Rechtecke eingesetzt. Die Widerstände der 5-kV-Seite, also  $E_{G1}$ ,  $E_{G2}$ ,  $E_{G3}$  und Kabel a, b und d, müssen auf die Spannung von 2 kV umgerechnet werden, da zunächst die Ausschaltleistung auf der 2-kV-Seite im Kraftwerk 4 ermittelt werden soll.

In Abb. 9 erfolgt die Umbildung des Widerstands-Dreiecks b  $E_1$   $E_2$  in den Stern  $Z_1$   $Z_2$   $Z_3$  nach der in der Abbildung angegebenen Formel. Die Widerstandsverzweigung d,  $E_{T3}$ , k //  $E_{T1}$  ist mit  $E_1$ , die Widerstände  $E_{T2}$  und h sind mit  $E_2$  bezeichnet. Es ist hierbei auf ungleiche Impedanzwinkel Rücksicht zu nehmen.

In Abb. 10 ist an der 2-kV-Sammelschiene im Kraftwerk 4 an der Kurzschlußstelle eine Ersatzstromquelle angenommen, die von der Kurzschlußstelle mit der Spannung  $1,1 \cdot U$  in das Netz speist. In diesem Netz bilden die Widerstände der Generatoren, Transformatoren und Kabel die Belastung der Ersatzstromquelle.

Aus dem Gesamtwiderstand des Netzes und der Spannung ergibt sich der Stoßkurzschlußwechselstrom.

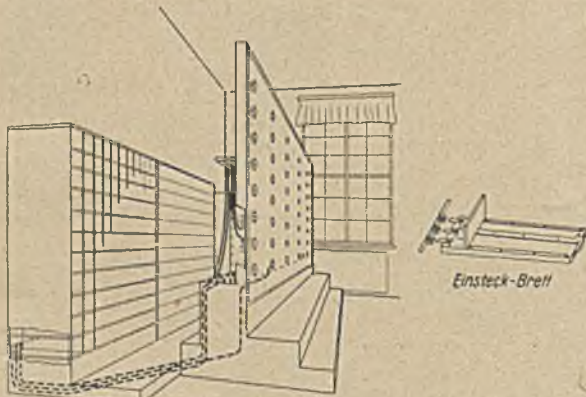


Abb. 13. Wechselstromnetzmodell.

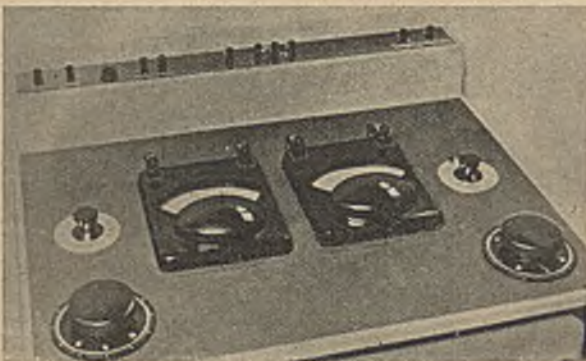


Abb. 14. Meßpult für Wechselstromnetzmodell.

Da der Anschluß des Grubennetzes hier erfolgt, sind die errechneten Widerstände bis zu dieser Stelle für die weitere Berechnung des Grubennetzes zugrunde zu legen. Die Berechnung der Kurzschlußströme in den Kraftwerken  $K_1$ ,  $K_2$  und  $K_3$  läßt sich ebenfalls durch Annahme einer Ersatzstromquelle an den entsprechenden Kurzschlußstellen leicht durchführen.

#### Messung der Kurzschlußströme.

Die Berechnung der Kurzschlußströme in stark vermaschten Netzen ist außerordentlich zeitraubend. Man ist daher dazu übergegangen, die Kurzschlußströme durch Messung an einem Netzmodell<sup>1</sup> zu bestimmen. Ein solches Wechselstromnetzmodell der SSW ist in den Abb. 11–14 dargestellt.

Auf der Vorderseite der Meßtafel befinden sich 192 Knotenpunkte. Sie dienen zur Verbindung der einzelnen Widerstände des zu untersuchenden Netzes. Es ist möglich, damit die größten vorkommenden Netze nachzubilden oder auch gleichzeitig mehrere Netze zu untersuchen. Für die Nachbildung der Blindwiderstände von Generatoren, Transformatoren und Leitungen stehen 3000 Drosselspulen zur Verfügung, die innerhalb jeder Zehnerpotenz des Reaktanzwertes abgestuft sind. Es können daher alle Reaktanzwerte zwischen 1 und 100 000 Ohm eingestellt werden. In gleicher Weise sind auch die Wirkwiderstände eingestuft. Als Stromquellen dienen Regeltransformatoren, die von 0–100 V Sekundärspannung in Spannungsstufen von 0,18 V und einer zusätzlichen Feineinstufung von 0,005 V einstellbar sind. Abb. 12 gibt die Rückansicht des Netzmodells wieder.

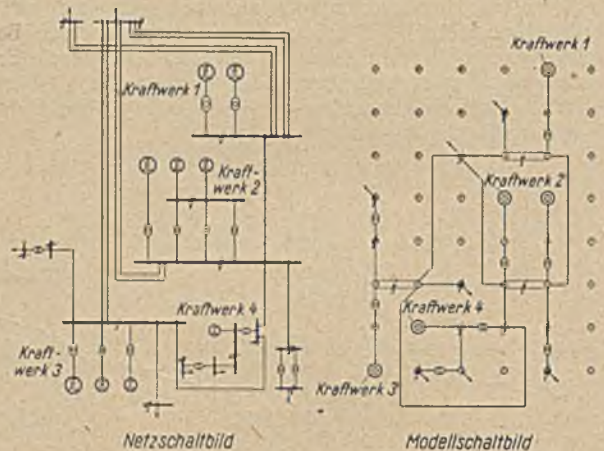


Abb. 15. Netzumbildung für Aufbau im Netzmodell.

Von den Knotenpunkten werden die Verbindungen zu den jeweiligen Widerständen hergestellt. Abb. 13 zeigt die Leitungsführung zu den Widerständen. Auf dem Einsteckbrett werden die Widerstände aufgebaut und in die vorgesehenen Kästen eingeschoben; sie sind dann wieder durch die Verbindungsleitungen mit der Meßtafel verbunden.

Als Meßinstrumente sind im Meßpult (Abb. 14) hochempfindliche Galvanometer eingebaut. Strommesser (links) und Spannungsmesser (rechts) arbeiten über Schwinggleichrichter. Weiterhin befinden sich links und rechts Phasenregler, um den Impedanzwinkel festzustellen, darüber Regler für die Meßbereiche. Abb. 15 läßt die Umbildung des Netzschaltbildes in das Modellschaltbild erkennen.

<sup>1</sup> Mit dem Netzmodell lassen sich außerdem die Wirk- und Blindlastverteilung, der günstigste Einsatz von Blindstromerzeugern sowie Regelbereiche von Längs- und Querregeltransformatoren ermitteln.



# Bestimmung des Gesamtschwefels in Teerölen und Destillationsrückständen auf dem Wege der Vergasung.

Von Chefchemiker Dipl.-Chem. Walther Mantel und Dipl.-Chem. Dr. Walter Schreiber, Dortmund-Lünen.

(Mitteilung aus dem Hauptlaboratorium der Harpener Bergbau-AG.)

Nachdem es uns gelungen ist, den Stickstoff<sup>1</sup>, das Chlor<sup>2</sup> und den Gesamtschwefel<sup>3</sup> in festen Brennstoffen durch katalytische Vergasung im Wasserdampfstrom restlos zu erfassen, haben unsere weiteren Versuche dahin geführt, auch in über 180° siedenden Teerölen sowie in Pechen, Asphalten und sonstigen Destillationsrückständen in kürzester Zeit den Gesamtschwefel zu bestimmen. Das neue Schnellverfahren arbeitet einwandfrei und völlig gefahrlos. Es entspricht den Anforderungen des Betriebes und ist bei leichter Handhabung fast ohne Wartung in 15–20 min durchführbar, arbeitet ohne Fritten, Nebenluft usw., ist explosions sicher, unempfindlich gegen Überschreitungen der Strömungs- bzw. Vergasungsgeschwindigkeit und frei von Titrierungsstörungen durch Halogen- und Stickstoffverbindungen.

### Grundlage des Verfahrens.

Das zu untersuchende Teeröl oder der Destillationsrückstand werden mit einer Vergasungsmischung im überhitzten Wasserdampfstrom – ohne destillieren zu können – unmittelbar auf Temperaturen erhitzt, bei denen gleichzeitig Vergasungs-, Krackungs- und Hydrierungsreaktionen ablaufen. Der zu bestimmende Schwefel fällt in Form von Schwefelwasserstoff an, wird an Cadmiumazetat gebunden und mit Jodlösung titriert. Die Vergasungsmischung besitzt die Eigenschaft, Kohlenoxyd-Kohlensäure zu entwickeln, Schwefelverbindungen zu absorbieren, zu reduzieren und Wasserdampf aufzuspalten.

### Versuchsgerät (Abb. 1).

Ein durchsichtiges Quarzrohr von 50 cm Länge und 20 mm Dmr. wird durch einen kleinen Röhrenofen und einen aufklappbaren Siliciumstabenofen, die beide schwach geneigt sind, beheizt. Etwa 12–14 cm des Quarzrohres ragen über den Siliciumstabenofen hinaus. Der kleine Röhrenofen wirkt als Dampfüberhitzer, der Siliciumstabenofen zur Beheizung des als Vergasungsraum dienenden Quarzrohrteiles. Das Quarzrohr wird nach dem Einführen des mit Brennstoff und Vergasungsmischung versehenen Verbrennungsschiffchens (Haldenwanger, unglasiertes Hartporzellan, neue Form, 97 mm Länge, 16 mm Breite, 10 mm Höhe) mit einem Dampfentwickler verbunden. Die während der Bestimmung aus dem Quarzrohr abziehenden Dämpfe und Gase gelangen in ein engeres, durchsichtiges, am Ende verjüngtes Quarzrohr von etwa 35 cm Länge und 12 mm Dmr. Beide Quarzrohre sind mit Hilfe eines porenarmen Korkstopfens verbunden, der durch eine Brause kräftig mit Wasser berieselt wird.

<sup>1</sup> Glückauf 74 (1938) S. 939.

<sup>2</sup> Glückauf 76 (1940) S. 397.

<sup>3</sup> Glückauf 75 (1939) S. 929; 76 (1940) S. 479.

### Zahlentafel 1.

Schwefelwerte bei Änderung der Vergasungsbedingungen. Auszug und kurzer Überblick über die Entwicklung des Verfahrens für Öle. Schwefelgehalt des untersuchten Teeröles: S = 3,79 % (Bombenmethode).

Nr.	Veränderliche	% S	Beabsichtigte Wirkung	Eingetretene Wirkung
1	nach dem Verfahren für feste Brennstoffe	2,98	als H <sub>2</sub> S titr.	zu tiefe, streuende Werte. Ölanteile in die Vorlagen destilliert. a-Kohle zu Ölkugeln zusammengeballt.
2	nach dem Verfahren für feste Brennstoffe	3,05	(als BaSO <sub>4</sub> gew.) zum Nachweis ob S-Verluste auf Oxydation zurückzuführen sind.	Übereinstimmung zwischen S als H <sub>2</sub> S titr. und S als BaSO <sub>4</sub> gewogen. Annahme: S-Verluste auf Destillation von unzersetztem Öl oder auf stabile S-Verbindungen zurückzuführen
3	Senken der Öleinwaage	3,30	Destillatmenge verkleinern	leichtes Ansteigen der S-Werte. Destillat in der Vorlage geringer.
4	Variation der Zuschlagmenge	3,41	Anpasten, verstärktes Abdecken, Erhöhung des Verteilungsgrades	Verstärkung der Wirkung von 3
5	Verdünnung durch C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	3,19	noch stärkere Verteilung des Öles in der Mischung	ohne Erfolg
6	Änderung der Vergasungsmischung: zusätzlich			
	a) Oxalsäure	3,10	stärkere CO-Entwicklung bei tieferer Temp.	ohne Erfolg
	b) Ammonoxalat	3,21	Aktivitäts- und Absorptions-erhöhung	ohne Erfolg
	c) a-Kohle, Holzkohle, Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> usw.	3,53		steigende S-Werte
7	Verringerte Strömungsgeschwindigkeit	2,91	sollte Destillation verhindern	stark fallende S-Werte
8	flache Aufheizungskurve	3,03	sollte Destillation verhindern	stark fallende S-Werte
9	stark erhöhte Dampfgeschwindigkeit	3,54		mit steigender Dampfströmung steigende S-Werte
10	verstärkte Krackung an Grenzflächen		Minimium: < 2,0 Maximium: > 3,60	Überlagerung von 2 entgegengesetzten Reaktionen
	a) Schamotte, Quarz, Platinasbest, Platinspiralen		nachträgliche Krackung der Dämpfe hinter dem Schiffchen sollte auch aus den stabilen Verbindungen H <sub>2</sub> S abspalten	a) Ölsplattung → liefert H <sub>2</sub> S b) H <sub>2</sub> S Dissoziation → verbraucht H <sub>2</sub> S Beide Reaktionen ließen sich nicht vollständig trennen
	b) Variation der Kontaktlängen und Mengen	3,60		
	c) Variation der Spaltemperatur			
11	stärkere Dampfüberhitzung mit Pt-Spirale, hohe Strömungsgeschwindigkeit, höhere Anfangstemperatur im Vergasungsraum	3,80	unmittelbares Verdampfen, gleichzeitiges Spalten und Hydrieren	Abspaltung des gesamten Schwefels in Form von H <sub>2</sub> S.

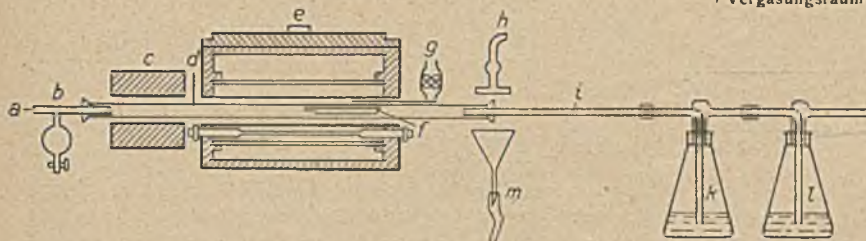


Abb. 1. Versuchsgerät.  
a vom Dampfentwickler, b Auffanggefäß für Kondenswasser, c elektrisch beheizbarer Röhrenofen, d Quarzrohr, e Siliciumstabenofen, f Verbrennungsschiffchen, g Thermoelement, h Berieselungsvorrichtung für Stopfen, i engeres Quarzrohr, k Vorwaschflasche, l Vorlage, m Wasserabfluß.

Als Waschflasche und Vorlage dienen zwei je 500 cm<sup>3</sup> fassende besondere Schliffkolben mit Gasein- und Austritt. Die Temperaturmessung erfolgt mit einem Thermoelement, dessen Lötstelle über der Mitte des Schiffchens auf dem Quarzrohr ruht.

### Entwicklung des Verfahrens.

Bei der Nachprüfung der Anwendbarkeit des für feste Brennstoffe entwickelten Vergasungsverfahrens für höhersiedende flüssige Brennstoffe erhielt man zunächst stark streuende und



im ganzen wesentlich zu tief liegende Schwefelwerte. Es stellte sich heraus, daß bei der für feste Brennstoffe vorgeschriebenen Art der Aufheizung von 200 bis 1100° anfangs niedrig siedende, schwefelhaltige Anteile der zu untersuchenden Öle zusammen mit stabileren Schwefelverbindungen aus dem Verbrennungsschiffchen unzersezt herausdestillierten. Schwefelverluste dieser Art hielten trotz aller hierauf verwendeten Versuchsarbeit hartnäckig an (s. Zahlentafel 1). Weder durch Senken der Öl-einwaage, Steigerung der Zusätze, Erhöhung des Verteilungsgrades durch Verdünnungsmittel, Anpassen oder verstärktes Abdecken noch durch stärkere Aktivierung, Veränderung der Vergasungsmischung, verringerte Strömungs- und Aufheizungsgeschwindigkeit konnten wesentliche Steigerungen der Schwefelwerte erzielt werden. Auch die nachträgliche katalytische Krackung der Destillationsprodukte in einem besonderen Krackraum hinter dem Schiffchen hatte nur einen mehr oder weniger großen Teilerfolg, obwohl Art und Beschaffenheit des Kontaktes, Verweilzeit, Länge des Kontaktraumes und Spalttemperatur verändert wurden. Hierbei trat neben der bezweckten Abspaltung von Schwefelwasserstoff je nach den Versuchsbedingungen eine mehr oder weniger starke Dissoziation und Oxydation von H<sub>2</sub>S an den Kontaktgrenzflächen auf.

Folgender Gedanke führte für Teeröle und Destillationsrückstände aller Art überraschend leicht zum Erfolg. Das Temperaturgebiet, in dem Destillationen der zu untersuchenden Körper erfolgen, mußte einfach übersprungen werden. Hierzu war eine stärkere Aufheizung des Vergasungsraumes und des Wasserdampfes erforderlich. Ferner sollte durch eine schon zu Versuchsbeginn einsetzende erhöhte Strömungsgeschwindigkeit der Schiffcheninhalt unmittelbar auf eine Temperatur gebracht werden, bei der Zersetzung der Vergasungsmischung, Vergasen und Spalten des Öles gleichzeitig ansprachen.

Die planmäßige Nachprüfung an einer Reihe von Teerölen sowie an Pech und Asphalt ließ Unterschiede in der optimalen Vergasungs- und Spalttemperatur erkennen, wobei die Destillationsrückstände erwartungsgemäß eine Anfangs- bzw. Spalttemperatur von 800–850° erforderten, dagegen bei Teerölen zweckmäßig 350° im Vergasungsraum und stark überhitzter Wasserdampf zur vollen Abspaltung des Schwefels als H<sub>2</sub>S ausreichten. Die Zahlentafel 2 gibt einen Überblick über die im Gang der Entwicklung des Verfahrens durchgeführten Versuche. Bei der Vergasung von Ölen zeigte sich, daß nach der Einführung des Schiffchens in den Vergasungsraum eine in den Dampferhitzungsraum eingeschobene, gut passende Platinspirale von etwa 1,5 cm Länge eine gleichmäßige und wirksame Dampfüberhitzung herbeiführte und entscheidenden Einfluß auf die Ergebnisse hatte. Ein Ersatz der Platinspirale durch eine solche aus Kupfer ist möglich, sofern dafür

Zahlentafel 2. Schwefelwerte bei Änderung der Vergasungsbedingungen. Auszug und kurzer Überblick über die Entwicklung des Verfahrens für Destillationsrückstände. Schwefelgehalt des untersuchten Asphalts: 4,03%.

Nr.	Vergasungs- mischung		Ofen- Temper- atur	Pl- Spirale	% S	Bemerkungen
	ver- mengt g	über- deckt g				
12	1,3	—	200	ohne	2,40	nach dem Verfahren für feste Brennstoffe
13	1,3	—	350	mit	2,93	nach dem Verfahren für Teeröle
14	1,3	—	500	mit	3,22	Aufsuchen der Optimaltemp.
15	1,3	—	600	ohne	3,33	
16	1,3	—	600	mit	3,39	
17	1,3	—	700	ohne	3,52	
18	1,3	—	700	mit	3,53	
19	1,3	—	750	mit	3,59	
20	1,3	—	800	ohne	3,69	Optimaltemperatur 800–900°
21	1,3	—	850	„	3,70	
22	1,3	—	950	„	3,67	Werte fallen wieder ab
23	1,3	—	1000	„	3,55	Aufsuchen der optimalen Mengen Vergasungsmischung zum Mischen u. Überdecken
24	0,8	0,5	850	„	3,72	
25	1,1	0,5	850	„	3,78	
26	1,3	0,5	850	„	3,80	
27	1,5	0,5	850	„	3,97	
28	1,0	1,0	850	„	4,05	Optimale Beschickung

gesorgt wird, daß kein CuO in den Vergasungsraum gelangt und dort Anlaß zu schädlichen Oxydationsreaktionen gibt. Bei Anfangstemperaturen von 850° erübrigt sich die Platinspirale.

Das zur Absorption jodverbrauchender Kohlenwasserstoffe in der salzsauren Vorlage befindliche a-Kohlepulver zeigte das Bestreben, sich unter Verringerung des Wascheffektes zu einer Kugel zusammenzuballen. Gekörnte a-Kohle in einer Siebstufe von 0,5–1 mm (0,4 g je Bestimmung) beseitigte diesen Uebelstand.

Nach der ausgearbeiteten Analysenvorschrift durchgeführte Vergasungen ergaben mit der Verbrennung in der Kalorimeterbombe gut übereinstimmende Schwefelwerte (s. die Zahlentafel 3).

Zahlentafel 3. Schwefelbestimmung in Teerölen und Destillationsrückständen.

Nr.	Brennstoffart	Vergasungs- methode	Verbrennung in der Bombe
		% S	% S
1	Steinkohlenteeröl	0,53	0,52
2	„	1,70	1,73
3	„	2,03	2,00
4	„	2,43	2,50
5	„	2,77	2,74
6	„	2,88	2,92
7	„	3,03	3,09
8	„	3,19	3,11
9	„	3,78	3,80
10	Steinkohlenteerpech	0,78	0,77
11	Trinidad-Asphaltpech	4,15	4,08

#### Analysenvorschrift.

Die erforderliche kohlenstoffhaltige Vergasungsmischung hat folgende Zusammensetzung:

- 6 Gewichtsteile Calciumoxalat (CaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) gepulvert p. a. (Schwefelfrei)
- 2,5 Gewichtsteile Calciumhydroxyd (Ca(OH)<sub>2</sub>) gepulvert p. a.
- 1 Gewichtsteil Ammonmolybdat gepulvert p. a.
- 3 Gewichtsteile Holzkohle gepulvert (2500 Maschen Feinheit)
- 1 Gewichtsteil a-Kohle gepulvert p. a. möglichst Schwefelfrei

Erforderliche Menge: für Öle 1,3 g, für Destillationsrückstände 2,0 g.

Die Einwaage des zu untersuchenden Gutes richtet sich nach dem zu erwartenden Schwefelgehalt und ist so zu bemessen, daß für die Titration nicht mehr als 15 bis 16 cm<sup>3</sup>  $\frac{n}{20}$  Jodlösung verbraucht werden.

Als Anhalt diene nachstehende Übersicht:

Bis 1 % S	0,5 g Einwaage
Bis 4 % S	0,3 „ „
> 4 % S	0,15 „ „

Öle werden in das Verbrennungsschiffchen eingewogen und mit 1,3 g der Vergasungsmischung abgedeckt. Rückstände werden gepulvert oder, wenn nicht angängig, zumindest zerkleinert im Wäagegläschen eingewogen und mit 1 g der Vergasungsmischung innig vermischt, alsdann in das Verbrennungsschiffchen eingefüllt und mit einem weiteren Gramm Vergasungsmischung abgedeckt.

Vor dem Versuchsbeginn bringt man den Dampferhitzer in Bereitschaft und heizt den als Dampferhitzer dienenden Röhrenofen auf etwa 850–900° auf.

Die Waschvorlage wird mit 150 cm<sup>3</sup> HCl 1:2 und 0,4 g (1,2 cm<sup>3</sup>) gekörnter a-Kohle (0,5–1 mm Körnung) beschickt.



Die Absorptionsvorlage enthält 50 cm<sup>3</sup> Cadmiumazetatlösung (50 g Cadmiumazetat + 10 cm<sup>3</sup> Eisessig im Liter) und 200 cm<sup>3</sup> Wasser. Ein mit wenig Cadmiumazetatlösung beschicktes Kölbchen wird zur Sicherheit nachgeschaltet.

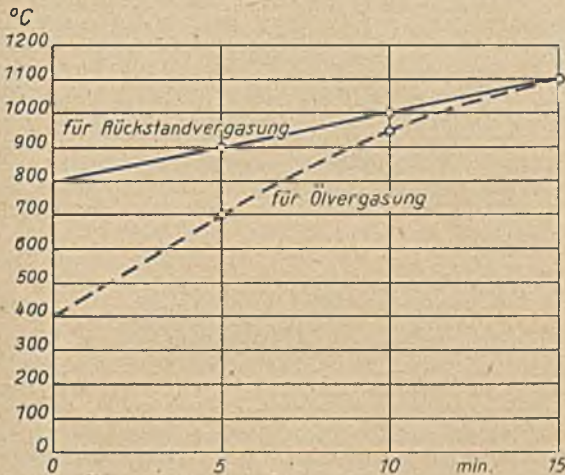


Abb. 2. Aufheizung des Silitstabofens.

Vor der Einführung des Schiffchens in das Quarzrohr heizt man den Silitstabofen bei der Untersuchung von Ölen auf 350–400° und bei Destillationsrückständen auf 900°. Nach der Einführung des Schiffchens wird bei der Untersuchung von Ölen die Platinspirale rasch in den im Überhitzerofen befindlichen Quarzrohrteil gegeben und der mäßig strömende Wasserdampf angeschlossen. Sofort nimmt die Dampfströmung derart zu, daß der Wasserdampf nach 6–8 min durch die Salzsäurevorlage schlägt. Bei der Untersuchung von Rückständen ist anfangs kein Temperaturgefälle vorhanden und daher die Platinspirale überflüssig. Die weitere Aufheizung des Silitstabofens ist

für die Öl- und Rückstandsvergasung aus Abb. 2 zu ersehen. Der Versuch ist nach 15–20 min bei einer Endtemperatur von etwa 1120° beendet.

Zur Erkennung des Endes der Vergasung drosselt man nach 15 min den Wasserdampf auf mäßige Strömungsgeschwindigkeit und stellt das Ausbleiben von Gasblasen (nicht Dampfblasen!) fest. Vor der Titration mit  $\frac{1}{20}$  n Jod und  $\frac{1}{20}$  n Thiosulfat in Gegenwart von Stärkelösung werden Sicherheits- und Absorptionsvorlage vereinigt und auf Zimmertemperatur abgekühlt. Der Blindwert für 1,3 g Vergasungsmischung wird nach dem Verfahren für feste Brennstoffe<sup>1</sup> an einer Eichkohle ermittelt, und der Blindwert für 2 g Vergasungsmischung hieraus errechnet.

#### Analysenbeispiel:

Angewandt . . . . . 0,5 g Öl

Verbrauch  $\frac{n}{20}$  Jod . . . . . 4,40 cm<sup>3</sup>

Blindwert . . . . . 0,40 cm<sup>3</sup>

Verbrauch  $\frac{n}{20}$  Jod . . . . . 4,00 cm<sup>3</sup>

% S in Öl . . . . .  $\frac{4,00 \cdot 0,001603 \cdot 100}{2 \cdot 0,5} = 0,64\%$

#### Zusammenfassung.

Es wird gezeigt, daß es nicht nur in festen Brennstoffen, sondern auch in höher siedenden Teerölen und Destillationsrückständen aller Art (auch auf Mineralölbasis) möglich ist, durch überhitzten Wasserdampf in Gegenwart von Katalysatoren und Vergasungsmitteln den gesamten Schwefel in Form von H<sub>2</sub>S abzuspalten, ohne den Weg einer Oxydation des ursprünglichen Molekülverbandes beschreiten zu müssen. Ein hierauf aufgebautes Analysenverfahren wird näher beschrieben und mit Vergleichswerten belegt.

<sup>1</sup> Glückauf 76 (1940) S. 479.

## U M S C H A U

### Destillation von Teer und Benzol in Hochdruckkolonnen mit Röhrenofen.

Von Oberingenieur Matthias Alfs, Essen.

Die historische Entwicklung der Destillationstechnik führte von der absatzweise arbeitenden Blasendestillation über die ununterbrochene Kaskadendestillation bis zur Anwendung des Röhrenofens. Die Vorteile des letztgenannten bestehen neben einer Verbesserung des Wärmeüberganges mit hoher Durchgangsleistung in der Möglichkeit, ein örtliches Überhitzen und damit eine Koksbildung des unter hohem Druck stehenden heißen Flüssigkeitsstromes zu vermeiden.

Etwa im Jahre 1930 ersetzte man in der Erdölaufbereitung die unter atmosphärischem Druck und bei niedriger Temperatur arbeitenden Stabilisierungskolonnen durch Hochdruckkolonnen. Man hatte dadurch den Vorteil, daß man die Kapazität der Kolonnen um ein Vielfaches erhöhen konnte. Außerdem war man in der Lage, als Kühlflüssigkeit für das Kopfprodukt Wasser zu verwenden. Die Kälteanlage wurde dadurch überflüssig.

Die praktische Bedeutung der Anwendung sehr hoher Destillationsdrücke liegt auch in der Möglichkeit der Trennung von Gas- und Dampfgemischen, die bei niedrigen Drücken nicht kondensierbar sind und die bei entsprechend hohen Drücken Flüssigkeitsgemische bilden, welche durch Destillation und Rektifikation zerlegt werden können. In der Technik werden häufig Flüssigkeitsgemische unter Anwendung von Druck getrennt. Es erhebt sich die Frage, ob die Gleichgewichtszustände für beliebige Drücke ermittelt werden können, wenn sie für einen bestimmten Druck bekannt sind. Die Frage ist schon vielfach untersucht worden, ohne daß ein allgemein gültiges Gesetz gefunden werden konnte.

Recht augenfällig ist, daß der Siedebereich der durch Verkokung und Schwelung erhaltenen Kohlenwasserstoffe unter Druck und über 200° C eine weite Spanne umfaßt, so daß eine stufenweise Entspannung bei der nachfolgend beschriebenen Druckdestillation eine Fraktionierung dieser Flüssigkeitsgemische begünstigt.

Während die fraktionierte Topping-Destillation mit Abstreifkolonnen in der Erdöldestillation fast allgemein üblich geworden ist, hat sich diese Art der Aufbereitung in der Teer- und Benzoldestillation nur sehr zögernd und erst nach Anpassung des Verfahrens an die besonderen Verhältnisse auf einigen Anlagen Eingang verschaffen können. Der Hauptgrund mag daran liegen, daß man an die Produkte der Teer- und Benzoldestillation, die in engsten Siedegrenzen gewonnen werden müssen, doch andere Forderungen stellt. So sind die in engen Siedegrenzen erhaltenen Kopfprodukte der Benzol- und Teerfraktionen in der Erdölindustrie, in welcher fast restlos Bodenprodukte gewonnen werden, unbekannt.

Der Verfasser hat ein Verfahren entwickelt, bei welchem Hochdruckkolonnen mit vorgeschalteten fließend arbeitenden Röhrenheizern (pipe-still) mit dem gleichen Erfolg für die Benzol- als auch für die Teerdestillation benutzt werden können. Sämtliche Produkte, mit Ausnahme des Rückstandes, werden als rektifizierte Kopfprodukte gewonnen.

Bei der Durchführung des Verfahrens wird das Einsatzprodukt Teer oder Benzol oder eine dieser Fraktionen durch einen Durchflußhitzer unter einem solchen Druck gepumpt, daß bei der Erwärmung beispielsweise auf rd. 380 und 260° C das gesamte Produkt flüssig bleibt. Mit dieser Temperatur und unter diesem Druck tritt das noch nicht verdampfte heiße Einsatzprodukt in die erste Druckdestillationskolonne ein. Der Dampfdruckregler in der Dampfeleitung am Kopf dieser Kolonne entspannt das eingeführte Gemisch so weit, daß die erste Fraktion in der



gewünschten Siedegrenze verdampft. Über die Verstärkerböden und im Kopf der Kolonne durch Rückfluß dephlegmiert, gelangt diese Fraktion über Kondenser, Kühler und Vorlage zu dem Stapeltank. Das nicht verdampfte Produkt fließt über die Abtreibeböden der ersten Kolonne in den Sumpf ab. Das Sumpfpfprodukt gelangt über einen Niveaugregler zur nächsten, zweiten Kolonne, die wie die erste ausgestattet ist. Der Dampfdruckregler entspannt das ankommende Produkt so weit, daß die nächste Fraktion verdampft. Über die Verstärkerböden und im Kopf dieser Kolonne durch Rückfluß dephlegmiert, gelangt auch diese Fraktion über Kühler und Vorlage zum zugehörigen Stapelbehälter. Das Sumpfpfprodukt strömt ebenfalls über einen Niveaugregler zur nächsten Kolonne und wird weiter entspannt und so fort. In der letzten Kolonnensäule werden zwei Produkte gewonnen, und zwar je ein Produkt am Kopf und im Sumpf.

Zur Unterstützung der Destillation kann sowohl bei dem schweren wie bei dem leichteren Produkt Dampf im Kolonnensumpf eingeführt werden. Um Produkte mit sehr engen Siedegrenzen zu erhalten, gibt man zweckmäßig zur Dephlegmation einen Teil des gekühlten Kopfproduktes der jeweiligen Kolonne im Rückfluß durch Wärmefühler und Regler gesteuert auf die Verstärkersäule. Zur Trennung des Gemisches in zwei Fraktionen ist nur eine Kolonne, für jedes weitere Produkt jedoch je eine weitere Kolonnensäule erforderlich.

In der nachstehenden Abbildung ist das Verfahren der Destillation von Benzol-Vorprodukt schematisch dargestellt. Das Benzol-Vorprodukt wird mit Hilfe der Pumpe *a* im Durchfluß durch den Röhrenofen *b* gepumpt und in der Erhitzerschlange *c* im Durchfluß auf rd. 260° C gebracht. Das heiße, nunmehr unter dem zugehörigen Dampfdruck stehende Benzol-Vorprodukt fließt nun durch die Leitung *d* in die erste Hochdruckkolonne *e*. Der Druckregler *f* in der Dämpfeleitung *g* entspannt das Produkt nur so weit, daß die erste Fraktion das Benzol (oder den Vorlauf bei Vorschaltung einer weiteren Kolonne) verdampft. Die Dämpfe steigen in der Verstärkersäule *h* der ersten Hochdruckkolonne *e* von Boden zu Boden hinauf und werden zusätzlich durch auf den Kopf der Kolonne gepumpten und durch Rückflußregler gesteuerten Rückfluß dephlegmiert. Die Restbenzoldämpfe laufen durch die Leitung *i* und den Druckregler *j*, werden jetzt völlig entspannt, im nachgeschalteten Kondenser und Kühler *k* verflüssigt und gekühlt und gelangen über die Vorlage *l* zum Stapelbehälter. Der für die Dephlegmation auf den Kopf der Kolonne zu gebende Rückfluß wird mit Hilfe der Pumpe *m* aus der Vorlage *l* entnommen. Der nicht verdampfte heiße Rückstand fließt über die Abtreiberböden *n* der Hochdruckkolonne *e* zum Sumpf *o* ab. Zur Konstanthaltung des Flüssigkeitsspiegels im Sumpf dient der am Sumpf befindliche Höhenstandsregler *p*, der in der Ablaufleitung *q* ein Membranventil steuert. Die nachgeschaltete Kolonne *r* und die weiteren Kolonnen *s* und *t* arbeiten grundsätzlich wie die erste Kolonne *e*. In der Dämpfeleitung jeder Kolonne ist zur Einleitung der Verdampfung der Fraktion je ein Druckregler eingebaut. In der ersten Kolonne geht durch die erste Entspannungsstufe der auflaufende Flüssigkeit ein leichtes Produkt, in diesem Falle Benzol, über. In der

zweiten Kolonne verdampft durch die zweite Entspannungsstufe das zweite Produkt Toluol. In der dritten Kolonne verdampft durch die dritte Entspannungsstufe das dritte schwerere Produkt Xylol. In der vierten Kolonne verdampft durch die vierte Entspannungsstufe Lösungsbenzol. Am Fuße dieser Kolonne wird durch den Niveaugregler der Rückstand abgelassen. Durch den Druckabfall von einer zur nächsten Kolonne fließt das Bodenprodukt ohne weitere Hilfe zur nächsten Kolonne. Zur Unterstützung der Destillation und zum Abtrieb des Restproduktes in den Kolonnensumpfen kann Dampf unmittelbar eingeblasen werden.

Bei der Destillation von Teer oder einer Teerfraktion findet dasselbe Verfahren sinngemäß Anwendung. Die Hochdruckkolonnen erhalten bei geringer Höhe einen kleinen Durchmesser, wie überhaupt die ganze Einrichtung recht klein ist.

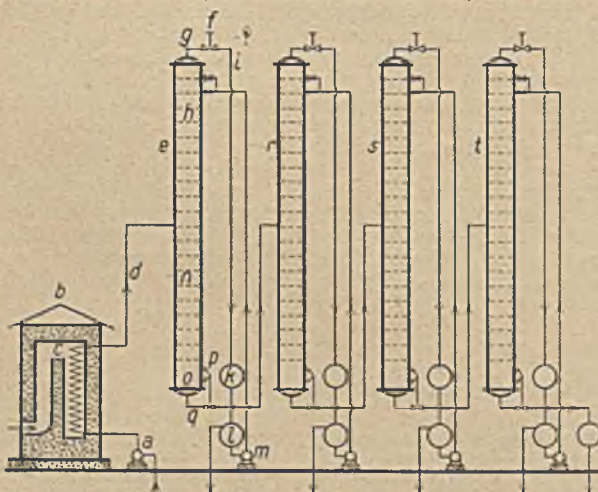
### Zuschriften an die Schriftleitung.

(Ohne Verantwortlichkeit der Schriftleitung.)

Zu dem von Geh. Regierungsrat Professor Dr.-Ing. eh. Ludwig Klein kürzlich veröffentlichten Vorschläge für die Berechnung der Drahtseile<sup>1</sup> halte ich einige Bemerkungen für geboten. Nach dem Vorschlag sollen Drahtseile nicht mehr auf Grund der Zerreißfestigkeit, sondern den neueren Auffassungen entsprechend auf Grund der Dauerfestigkeit berechnet werden. Dies setzt eine zuverlässige Kenntnis der »Grundbeanspruchungen« und der »Wechselbeanspruchungen« voraus. Die Grundbeanspruchungen werden aus der gebogenen Form der Drähte im geraden Seil ermittelt, wobei auch die Dehnungen aus den vorhergehenden Biegungen vollwertig berücksichtigt werden, die beim Aufwickeln der Drähte und Litzen auf die Spulen der Verseilmaschine entstehen. Es ist jedoch nicht gerechtfertigt, diese aus schwächeren Entformungen stammenden Dehnungen einfach denjenigen zu addieren, die sich aus den nachfolgenden stärkeren Entformungen beim Verseilen ergeben, wie es Klein tut.

Die Wechselbeanspruchungen sollen zunächst aus den Biegungen des Seiles um die Seilscheiben ermittelt werden. Als Restbetrag aus der zulässigen Wechselbeanspruchung soll dann die im Betriebe zuässige Zugbeanspruchung ermittelt werden. Hierzu ist zunächst zu bemerken, daß von der Zugbeanspruchung im Betriebe diejenige aus der statischen Totlast eigentlich als Grundbeanspruchung zu gelten hat, was aber der Einfachheit halber vernachlässigt werden kann. Schwerer wiegend, weil von grundsätzlicher Bedeutung, erscheint jedoch, daß für die Wechselbeanspruchung infolge des Laufens über die Seilscheiben nur die durch die Seilkrümmung bedingte Biegung der Drähte berücksichtigt wird. Zug und Druck infolge innerer Reibung im Seil werden vernachlässigt, ebenso die Beanspruchungen, die aus dem Auflagedruck des Seiles in den Scheibenrillen entstehen. Diese letzteren sind aber für die Haltbarkeit der Drähte von mindestens der gleichen Bedeutung wie die Biegungsbeanspruchung aus der Seilkrümmung, wie ich hier<sup>2</sup> ausgeführt habe. Der Wert ausreichender Scheibendurchmesser für die Haltbarkeit der Seile ist deshalb nicht etwa nur durch die verringerte Biegung, sondern wahrscheinlich in noch stärkerem Maße durch die verbesserte Auflage des Seiles begründet. Wenn nun die Berechnung nur auf einen Teil der auftretenden Beanspruchungen und keinesfalls den bedeutsamsten ausgerichtet wird, so muß dies zu einer Überschätzung dieser Beanspruchungen führen, die der richtigen Erkenntnis nicht förderlich sein kann. Sie führt gleichzeitig notwendigerweise zur Wahl von dünnen Drähten. Dies wird auch von Klein erkannt, da er empfiehlt, möglichst nur Seile aus 222 oder 366 Drähten herzustellen. Die letzte Zahl erscheint für Gleichschlagseile, die in gewöhnlicher Weise hergestellt sind, bereits zu hoch.

Aber auch ungeachtet dieser Mängel erweist sich die Kleinsche Berechnung für die Spannungen im Gebiete bleibender Entformungen zu unsicher, wie man erkennt, wenn man die Rechnung nicht nur nach seinem Vorgang auf die äußersten Drahtteilen beschränkt, sondern sie auch für innere Drähte durchführt. Man findet dann, daß die Grundbeanspruchung dieser Drähte beispielsweise bei 3-lagigen Litzen mehr als doppelt so groß ist als diejenige der Außendrähte, und daß sie den zugelassenen 0,7-fachen



Schematische Darstellung des Destillationsverfahrens.

<sup>1</sup> Glückauf 77 (1941) S. 257.

<sup>2</sup> Glückauf 74 (1938) S. 851.



Wert der »wirklichen« Zugfestigkeit erheblich überschreitet. Trotzdem brechen aber diese Drähte beim Kreuzschlag niemals, beim Gleichschlag nur in höchst seltenen Ausnahmefällen infolge besonderer Einflüsse eher als die Außendrähte, und zwar gilt dies auch dann, wenn wie bei Dauerbiegeversuchen Rostangriff völlig ausscheidet.

Wenn auch im wissenschaftlichen Interesse der Versuch nur begrüßt werden kann, bei der Berechnung der Drahtseile von den »Grund- und Wechselspannungen« der Drähte zuzugehen, so erscheint es angesichts der Schwierigkeiten, die Spannungen in den Drähten, die übrigens auch solche aus dem Kaltziehvorgang umfassen, zu ermitteln, doch zunächst richtiger, auf eine genauere Berechnung der Seile zu verzichten und den in der Bergpolizeiverordnung für die Seilfahrt eingeschlagenen Weg beizubehalten.

Klein glaubt ferner, auch die günstige Wirkung einer Vor- oder Nachbehandlung der Drähte, Litzen und Seile direkt auf eine hierdurch verringerte Grundbeanspruchung zurückführen zu können. Demgegenüber erblicke ich den Grund für diese günstige Wirkung in der festeren Lage der Drähte im Seil, also höchstens indirekt als Folge der verringerten Grundspannung, insofern mit dieser auch das Bestreben der Drähte verringert wird, nach ihrer durch das Verseilen bedingten Verbiegung zurückzufedern und sich dabei von der darunterliegenden Drahtlage abzuheben. Damit entfallen die Wechselbeanspruchungen, wenn die Drähte auf der Seilscheibe wieder angedrückt werden. Ich stütze mich bei dieser Auffassung auf Dauerbiegeversuche mit Seilen gleichen Aufbaues, aber verschiedener Schlaglängen und damit verschiedener Grundbeanspruchungen der Drähte, die keine deutliche Abhängigkeit der Haltbarkeit von den Schlaglängen erkennen ließen<sup>1</sup>. Dagegen geht aus meiner zuerst angeführten Arbeit hervor, daß eine Lockerung der Flechtung die Haltbarkeit sehr nachteilig, eine Festigung jedoch sehr vorteilhaft beeinflusst, wobei zu beachten ist, daß mit der Lockerung der Flechtung infolge eines Aufdrehens eine Verringerung der Krümmung und damit eine Abschwächung der Grundbeanspruchungen verbunden ist, während umgekehrt die Festigung der Flechtung durch Zudrehen eine Verstärkung der Krümmungen und damit der Grundbeanspruchungen zur Folge hat.

H. Herbst.

Die Zuschrift von Dr.-Ing. eh. Herbst gibt mir Gelegenheit, Unklarheiten, die voraussichtlich auch bei anderen Lesern noch bestehen, zu beseitigen.

Zunächst wird bezweifelt, ob schwächere Dehnungen, z. B. herrührend von den Spulen, zu stärkeren Dehnungen, herrührend vom Schlagen der Drähte zur Litze, unmittelbar addiert werden dürfen. Ich habe schon in meinem Aufsatz ganz besonders darauf hingewiesen, daß die Durchbiegung unter Winkeln von 0–360° gegeneinander stehen und nur an den Stellen addiert werden dürfen, an denen sie gleiche Richtung haben. Ich hätte vielleicht deutlicher schreiben müssen, an der sie gleiche, aber entgegengesetzte Richtungen haben. Für diesen Fall ist die Addition vollkommen richtig, wie sich das schon aus dem Aufsatz von Wehage<sup>2</sup> ergibt. Bei der kleinen Rückbiegung von der elastischen Biegung zur plastischen Verformung sinkt die Spannung im Draht auf nahezu Null zurück und steigt dann so an, wie es der Dehnung um die Summe der Durchbiegung entspricht. Es ist für das Seil sehr günstig, daß dies nur an wenigen Stellen der Fall sein wird, da ja sonst alle Drähte gleichzeitig reißen würden. Für die Bruchsicherheit kommt es aber ja nur auf die schwächsten Stellen an.

Herbst hat recht, daß die Totlast zur Grundbeanspruchung gehört. Das von mir durchgerechnete Beispiel

bezieht sich aber auf ein Kranseil, für das die Totlast so verschwindend klein ist, daß sie vernachlässigt werden muß.

Die inneren Lagen: Ich habe in meinem Aufsatz ausdrücklich hervorgehoben, daß sich meine Berechnung nur auf die äußeren Drahtteilchen bezieht. Für die darunterliegende Drahtlage würde bei gleichem Rechnungsansatz und gleichem Schlagwinkel die Dehnung auf etwa das

$\frac{3}{2}$ -fache, also beispielsweise auf  $\epsilon = \frac{3}{2} \cdot 1,5\% = 2,2\%$  und damit die Spannung von 170 auf 185 kg/cm<sup>2</sup> steigen, abgesehen davon, daß der Schlagwinkel, auf dessen Quadrat es ja ankommt, häufig entsprechend verkleinert und damit auch die Biegung verringert wird, liegen für die inneren Lagen wesentlich andere Bedingungen vor. Beim Aufbringen der äußeren wird die darunterliegende Lage im Seilkopf recht erheblich gedrückt, gestaucht. Dabei werden ihre Krümmungen verschärft, gewissermaßen überbogen, so daß sie hinter dem Seilkopf beim Nachlassen des Druckes sich weitgehend entspannen können. Es tritt das ein, was ich im 3. Absatz der »Vorbehandlung« ausgeführt habe, nämlich Entspannung durch schärferes Schlagen und geringes Nachlassen der Drähte in der Litze. Dadurch treten nach vorstehendem und nach Wehage erhebliche Entspannungen ein. Ein solches festeres Schlagen, Zudrehen des Seiles (im Gegensatz zum Drall-Auslassen) beeinflusst ja auch nach Herbst die Haltbarkeit der Seile günstig. Bei den Parallelschlagseilen kommt für die inneren Lagen begünstigend noch hinzu, daß sie bei gleicher Schlaglänge wie die äußeren wesentlich kleinere Schlagwinkel, dadurch entsprechend größere Krümmungsradien und kleinere Grunddehnungen haben.

Einfluß des Schlagwinkels: Die von Herbst durchgeführten und in seinem Vortrag auf dem Congrès International 1935 in Paris bekanntgegebenen Versuche zeigen zwar keine deutliche Abhängigkeit der Haltbarkeit der Seile von den Schlaglängen der Litzen im Seil. Sie führen aber für die Schlaglängen der Drähte in den Litzen im vorletzten Absatz der betreffenden Veröffentlichung zu dem Schluß, daß sich durch Verkleinerung der Schlaglänge, also durch eine Vergrößerung des Schlagwinkels eine Vergrößerung der Ermüdung ergibt. Dies entspricht genau meiner Berechnung.

Ich bin weit entfernt zu glauben, daß durch meine Berechnung alle Einflüsse auf das Brechen der Drahtseile geklärt wären. Sie sind, wie ich ja auch in meinem Aufsatz (S. 260, Abb. 5) ganz besonders hervorgehoben habe, der verschiedensten Art. Die statische Belastung ist wahrscheinlich eine der kleinsten davon. Das Zusammenwirken aller führt den Bruch herbei. Es wäre müßig, einer davon dem Bruch zuzuschreiben. Auch hier bringt der letzte Tropfen den Becher zum Überlaufen. Das wichtigste ist, sie alle möglichst genau zu kennen und klein zu halten. Aus der Form der Bruchstellen ist zweifelsohne zu erkennen, daß sie durch Dauerbeanspruchungen, nicht durch statische Überlastungen hervorgerufen sind.

Die Reibung der Drähte aneinander ist klein, wie ich nachgewiesen habe<sup>1</sup>. Das Knicken der Drähte beim Überkreuzen darunterliegender kann durch Parallelschlag, die Auflagebeanspruchung durch Ausfüllern der Scheibenrillen, die Biegungsspannung durch kleine Schlagwinkel, durch Vor- oder Nachbehandlung der Drähte usw. klein gehalten werden.

Ich kann auch nicht empfehlen, jetzt schon von der Berechnungsart nach den zur Zeit gültigen Vorschriften für die Förderseile der Bergwerke oder gar von der vorgeschriebenen sorgfältigsten Überwachung der Seile im Betrieb abzugehen. Nur die letztere ist ja imstande, Verbesserungen, welche die Seile bei Berücksichtigung der einzelnen Vorschläge erfahren werden, festzustellen.

L. Klein.

<sup>1</sup> H. Herbst: Influence de divers facteurs sur la durée des câbles d'extraction, Congrès International, Section des Mines, Paris 1935, Bd. 1, S. 41.

<sup>2</sup> Ziviling, 26 (1880) S. 26.

<sup>1</sup> Fordertechn. 27 (1934) S. 124; 30 (1937) S. 321.

## PATENTBERICHT

### Patent-Anmeldungen<sup>1</sup>,

die vom 10. Juli 1941 an drei Monate lang in der Auslegung des Reichspatentamtes ausliegen.

5c, 10/01. O. 97959. Erfinder: Karl Oerlach, Moers, und Georg Bachmann, Bochum. Anmelder: Karl Oerlach, Moers (Ndrh.). Eiserner Grubenstempel. 30.5.38.

5c, 10/01. T. 52797. Erfinder: Heinrich Toussaint, Berlin-Grünwald. Anmelder: Heinrich Toussaint, Berlin-Grünwald, und Bochumer Eisenhütte

<sup>1</sup> In den Patentanmeldungen, die am Schluß mit dem Zusatz »Österreich« und »Protektorat Böhmen und Mähren« versehen sind, ist die Erklärung abgegeben, daß der Schutz sich auf das Land Österreich bzw. das Protektorat Böhmen und Mähren erstrecken soll.



Heintzmann & Co., Bochum. Eiserner Grubenstempel. 11.9.39. Protektorat Böhmen und Mähren.

5d, 11. D. 79939. Erfinder: Dipl.-Ing. Robert Ewalds, Duisburg. Anmelder: Demag AG., Duisburg. Schrapperförderer. 25.2.39.

5d, 17. S. 142214. Erfinder, zugleich Anmelder: Peter Seiwert, Dortmund. Einrichtung zur Regelung der Preßluftzufuhr zu den Preßluftverbrauchern im Bergwerksbetriebe. 12.9.40.

10a, 5/15. K. 150264. Erfinder: Dr.-Ing. Heinrich Koppers, Essen. Anmelder: Heinrich Koppers GmbH., Essen. Heizgaszuführung für Regenerativkammeröfen. 20.3.37. Österreich.

10a, 5/20. K. 156725. Erfinder: Paul van Ackeren, Essen. Anmelder: Heinrich Koppers GmbH., Essen. Heizmittelumsteuerungseinrichtung. 12.2.40. Protektorat Böhmen und Mähren.

10a, 6. K. 155318. Erfinder: Dr.-Ing. e.h. Heinrich Koppers, Essen. Anmelder: Heinrich Koppers GmbH., Essen. Verkokungskammeröfen. 10.8.39.

10a, 11/10. K. 147047. Erfinder: Georg Henseleit, Essen. Anmelder: Heinrich Koppers GmbH., Essen. Einrichtung zum Einführen verdichteter Kohlekuchen in Horizontalkammer-Verkokungsöfen; Zus. z. Ann. K. 146850. 26.6.37. Österreich.

10a, 13. E. 53040. Erfinder, zugleich Anmelder: Paul Egger, Düsseldorf. Einrichtung zur Ablendung der durch das Ausdrücken des Kokses verursachten Lichterscheinungen an Kokereianlagen. 16.10.39. Protektorat Böhmen und Mähren.

10a, 19/01. O. 24001. Erfinder: Dr. Walter Stackel, Bochum. Anmelder: Dr. C. Otto & Comp. GmbH., Bochum. Verfahren zum Betriebe batterieartig angeordneter Koksöfen. 23.1.39.

10a, 24/05. B. 188978. Erfinder: Dr.-Ing. Alfred Jäppelt, Freiberg (Sa.), und Dr. phil. Erich Milde, Beuthen (O.-S.). Anmelder: Bergwerksgesellschaft Georg von Giesches Erben, Beuthen (O.-S.), und Dr.-Ing. Alfred Jäppelt, Freiberg (Sa.). Steinkohlen-Schwelverfahren. 31.10.39.

10b, 6/01. Z. 22533. Gewerkschaft Castellengo-Abwehr, Gleiwitz (O.-S.). Verfahren zur Nutzbarmachung der bei der Gewinnung von Steinkohle anfallenden Feinkohle; Zus. z. Pat. 671260. 7.6.35.

10b, 6/02. B. 185354. Erfinder, zugleich Anmelder: Hugo Bentz, Minden (Westf.). Brennstoffrikkett mit einem ein wasserhaltiges Bindemittel enthaltenden anorganischen unverbrennlichen Überzug. 24.11.38.

81e, 58. M. 145103. F.W. Moll Söhne, Maschinenfabrik, Witten (Ruhr). Schüttelrutsche, bei welcher zwischen längeren Rutschenschüssen kurz bemessene Laufwerksschüsse eingeschaltet sind. 16.5.39. Protektorat Böhmen und Mähren.

81e, 62. P. 79887. Erfinder: Hans Horn, Dessau. Anmelder: G. Polysius AG., Dessau. Vorrichtung zum Regeln der Betriebsverhältnisse beim Entleeren eines Bunkers für Staubgut. 14.10.39. Protektorat Böhmen und Mähren.

**Deutsche Patente.**

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

5c (9<sub>10</sub>). 706933, vom 17. 12. 39. Erteilung bekanntgemacht am 8. 5. 41. Karl Gerlach in Moers und Georg Bachmann in Bochum. *Eiserner Grubenausbau*. Der Schutz erstreckt sich auf das Protektorat Böhmen und Mähren.

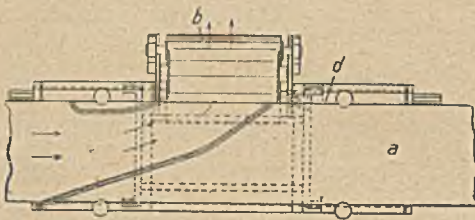


Der Ausbau ist aus I-förmigen Profileisen *a* hergestellt, an deren außen nach innen gewölbten Flanschen *b* das Gebirge oder der Verzug anliegt. Die innere Fläche *c* der Flanschen hat in der Nähe der Enden der letzteren einen Knick *d*, der die Widerstandskraft der Flanschen in der Knickscheitellinie verringert. Die äußeren und inneren Flächen der Flanschen können an deren Enden parallel verlaufen oder von der Knickstelle *d* an nach dem Ende der Flanschen zu allmählich zusammenlaufen. An den äußeren Flächen *e* der Flanschen können ferner außerhalb des Bereiches des Steges der Eisen beiderseits Knickstellen vorgesehen werden, die gegenüber den Knicken *d* der inneren Fläche der Flanschen nach außen oder innen versetzt sind. Endlich können die Flanschen an den Enden besonders nach außen verdickt sein.

5d (14<sub>10</sub>). 706969, vom 13. 1. 37. Erteilung bekanntgemacht am 8. 5. 41. Frölich & Klüpfel in Wuppertal-Barmen. *Vorrichtung zur Einbringung von Bergeversatz*. Erfinder: Diplom-Bergingenieur Heinrich Kuhlmann und Tilmann Klappdohr in Homberg (Niederrhein).

Quer zu dem das Versatzgut zur Versatzstelle befördernden entlosen Band *a* ist eine mit Mitnehmern versehene umlaufende verfahrbare Schleudervorrichtung *b* von geringer Baulänge so angeordnet, daß ihr vom Versatzstoß abgekehrtes Ende, d. h. ihre vom Versatzstoß abgekehrte Umkehrrolle *c* etwa unterhalb der dem Versatzstoß zugekehrten Kante *d* des oberen Trumms des Förder-

bandes *a* liegt. Die nutzbare Länge der Schleudervorrichtung ist etwa gleich der Breite des Förderbandes *a*. Die Schleudervorrichtung kann durch einen hinter ihrer End-

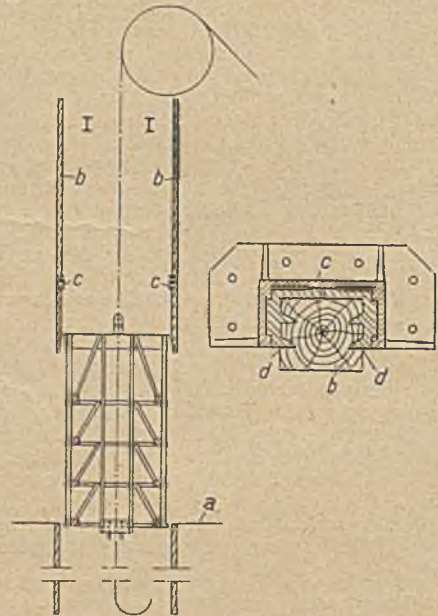


rolle *c* unterhalb des oberen Trumms des Förderbandes liegenden Antrieb mit Hilfe elastischer, auf die Welle der Endrolle wirkender Mittel, z. B. Keilrinnen, angetrieben werden.

10b (9<sub>02</sub>). 706867, vom 3. 6. 38. Erteilung bekanntgemacht am 8. 5. 41. Gewerkschaft Michel in Großkayna. *Einrichtung für die Überwachung des Kühlvorganges in Brikettkühlmaschinen*. Erfinder: Franz Österreich in Halle (Saale).

An den Brikettkühlmaschinen ist ein nach der Stärke der Briketts und der Länge der Kühlrinnen der Schränke einstellbarer Zeitautomat angeordnet. Der Automat wird in Gang gesetzt, nachdem die schwenkbare Rinne, durch die den Kühlrinnen die Briketts von der Presse aus zugeführt werden, verschwenkt ist. Der Automat ist so mit einer die Kühlrinnen verriegelnden Vorrichtung gekuppelt, daß die Reihenfolge, in der die Kühlrinnen des Schrankes beschickt werden, im allgemeinen gleich bleibt, wenn erforderlich aber geändert werden kann.

35a (23). 706990, vom 9. 10. 38. Erteilung bekanntgemacht am 8. 5. 41. Westfalia-Dinnendahl-Gröppel AG. in Bochum. *Übertreibeicherung für die Schachtförderung*. Erfinder: Otto Hanefeld in Bochum.



Auf den oberhalb der Hängebank *a* liegenden Teil *b*, der Spurlatten für den Förderkorb sind im Querschnitt U-förmige und in der Längsrichtung keilförmige Bremschuhe *c* aufgesetzt, die auf der Innenseite ihrer Schenkel mit über deren Länge reichenden Messern *d* versehen sind. Die Messer haben eine geringe Neigung gegen die Senkrechte, damit die Schuhe auf die Stirnfläche der Spurlatten gedrückt werden.

10b (9<sub>02</sub>). 707005, vom 3. 5. 35. Erteilung bekanntgemacht am 8. 5. 41. Vereinigungsgesellschaft Rheinischer Braunkohlenwerke mbH. in Köln. Ver-



### fahren und Einrichtung zum Kühlen von geschüttelten Brikettstapeln.

Durch die Brikettstapel wird Luft in Richtung von den kühleren Randzonen nach der Grundfläche gesaugt und von dort fortgeleitet. Die dadurch den Randzonen von außen zuströmende Luft wird durch Vernebelung von Wasser gekühlt und auf einen solchen Feuchtigkeitsgehalt gebracht, daß sie beim Durchströmen der Stapel und Abführen der Brikettwärme keine Feuchtigkeit mehr aufzunehmen vermag und kein Nachverdampfen des Brikettwassergehalts stattfinden kann. Zum Fortleiten der Luft von der Grundfläche der Stapel können unten geschlossene und seitlich mit Löchern versehene Rohre Verwendung finden, die senkrecht in den Stapel gesteckt und nach beendigter Absaugung aus den Stapeln gezogen werden.

81e (23). 707004, vom 20. 2. 40. Erteilung bekanntgemacht am 8. 5. 41. Carl Rietmann in St. Gallen (Schweiz). *Förderrohr, das in geneigter Lage drehbar befestigt ist, für steigende Förderung von Koks, Kohle und ähnlich beschaffenem Schüttgut.* Priorität vom 21. 2. 39 ist in Anspruch genommen.

Mit dem drehbar gelagerten Rohr *a* ist eine Förder-schnecke *b* fest verbunden. Der Mantel des Rohres ist

schraubenförmig ausgebildet, und sein Gewindegang hat eine Flanke *c*, die in ihrer unteren Lage annähernd waagrecht liegt und dem Fördergut eine breite Unterlage bietet, auf der das Gut sich ruhig gleitend aufwärts bewegt. Die Flanke *c* kann auswechselbar, muldenförmig und siebartig,



der Mantel des Rohres an beiden Enden zylindrisch sein. Ferner läßt sich dem ersten Gewindegang der Förder-schnecke *b* ein Sektor *d* vorschalten, der keine Steigung hat und das Fördergut leicht erfäßt.

## BÜCHERSCHAU

**Geologie der Steinkohlenlager.** Von Professor Dr. A. Dannenberg. Mit einem Beitrag von Dr.-Ing. Karl Patteisky. 1 Bd. 1. Teil. 2., völlig Neubearb. Aufl. 317 S. mit 79 Abb. Berlin 1941, Gebrüder Borntraeger. Preis gehl. 17,60 RM.

Mit dem soeben erschienenen Werk liegt die erste Hälfte der zweiten Auflage des in weiten Kreisen der Geologen und Bergleute bestens bekannten 1. Bandes der Geologie der Steinkohlenlager vor. Verglichen mit der vor 33 Jahren herausgekommenen ersten Auflage des Buches<sup>1</sup> stellt die Neuausgabe eine fast völlige Neuschrift dar, die, abgesehen von der Großgliederung des Stoffes, inhaltlich kaum noch etwas mit der ersten Auflage gemein hat.

Seinem Inhalt nach gliedert sich das Buch in einen allgemeinen und einen speziellen Teil. Wird im 1. Teil die naturwissenschaftliche Seite der Kohle, d. h. »Wesen und Entstehung der Kohle«, »Petrographie der Kohle« sowie die »geographische und geologische Verteilung der Kohlenlager« in knapper, aber den letzten Stand unserer Erkenntnis widerspiegelnder Weise behandelt, so beschäftigt sich der 2. Teil eingehend vor allem mit den stratigraphisch-tektonischen Verhältnissen, aber auch mit der wirtschaftlichen Bedeutung der Kohlenvorkommen des westeuropäischen Typus, und zwar mit denen Deutschlands und der Niederlande. Neben den großen deutschen Kohlenlagerstätten, wie dem niederrheinisch-westfälischen Kohlenbecken mit der Steinkohlenablagerung von Osnabrück und seinem linksrheinischen Teile, dem Aachener Steinkohlenbecken, ferner dem Saarkohlenbecken, dem niederschlesischen und oberschlesischen Steinkohlenbecken werden auch die kleineren Kohlenvorkommen Deutschlands und weiter die sächsischen und die böhmisch-mährischen des Protektorats sowie des Sudetenlandes besprochen. Es schließen sich an die drei niederländischen Steinkohlenggebiete in Südlinburg, in Nordlinburg und in Gelderland. Angesichts der besonders den großen Bergbaugebieten Deutschlands für die Zukunft zufallenden gewaltigen Aufgaben ist es sehr zu begrüßen, daß vornehmlich die drei Großbezirke mit ihren bedeutenden Fördermengen und ihren starken Entwicklungsmöglichkeiten — das Saargebiet, der Ruhrbezirk und Oberschlesien — eine die neuesten Ergebnisse der Forschung berücksichtigende völlige Neubearbeitung erfahren haben. Bei der Behandlung des oberschlesischen Gebietes hat der Verfasser sehr zum Vorteil der örtlich noch recht ungeklärten Stratigraphie und Tektonik des Bezirks in der Person des Dr. Patteisky einen aus eigener Kenntnis der Verhältnisse schöpfenden sachverständigen Mitarbeiter gefunden. Wie schon in den früheren Bänden tritt auch in der vorliegenden zweiten Auflage des ersten Bandes die streng wissenschaftlich und sachlich ausgerichtete Art der Darstellung des mit dem Stoffe so wohlvertrauten Verfassers und seines Mitarbeiters in Verbindung mit der überall einsetzenden

kritischen Würdigung der ungeachtet der zahlreich vorhandenen geologischen Untersuchungen bezüglich mancher Sondererscheinungen noch verbliebenen strittigen Fragen angenehm in die Erscheinung.

Mit dem Vorliegen der trotz der kriegsbedingten Schwierigkeiten der Drucklegung mitten im Kriege erschienenen 1. Hälfte des 1. Bandes verfügen wir wieder über eine auch nach ihrem äußeren Gewande, im besonderen hinsichtlich der zahlreichen, sorgfältig ausgewählten und gut wiedergegebenen Abbildungen, trefflich ausgestattete und das gesamte gewaltig angeschwollene Schrifttum kritisch erfassende Geologie der deutschen und niederländischen Steinkohlenvorkommen. Zu wünschen bliebe nur, daß auch die 2. Hälfte des 1. Bandes nicht allzu lange auf sich warten ließe. Die Neuausgabe des Werkes, die nicht nur dem Geologen und Bergmann das letzte Erkenntnisbild der für die wirtschaftliche Weiterentwicklung des großdeutschen Raumes so überaus wichtigen Kohlenlagerstätten vermittelt, sondern auch den vielen Interessenten auf dem weiten Gebiete der Kohle eine Fülle neuer Tatsachen und Anregungen bringt, kann nur angelegentlich empfohlen werden. Kukuk.

**Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung zu Düsseldorf.** Hrsg. von Friedrich Körber. Bd. 22, Lfg. 1—17. Abhandlung 391—408. 265 S. mit 679 Abb. im Text und auf 7 Taf. Düsseldorf 1940, Verlag Stahl Eisen mbH. Preis des vollständigen Bandes in Heften 25,50 RM., geb. 28,50 RM.

Der vorliegende 22. Band der bekannten und in Fachkreisen sehr geschätzten Mitteilungen behandelt in 17 Einzelabhandlungen wieder die verschiedensten Gebiete der Eisenforschung. Es wird hier genügen, auf die Reichhaltigkeit des Inhalts und die Verschiedenartigkeit der Beiträge hinzuweisen. Der Institutsdirektor und Eichinger erläutern in einer großen Abhandlung die Grundlagen der bildsamen Verformung. Experimentaluntersuchungen der Mitarbeiter betreffen u. a. die Umwandlung der Manganstähle, den Austenitfall in Kohlenstoffstählen, Biegewechselversuche an Chrom-Molybdän-Vergütungs- und Einsatzstählen, Tiefziehversuche an Blechen aus legierten Stählen, die Dauerstandfestigkeit warmfester Stähle, die Dauerhaltbarkeit von Schraubenfedern usw. Mit Gußeisen und Temperguß beschäftigt sich ebenfalls eine Untersuchung, nämlich mit deren Verhalten bei mechanischer Beanspruchung. Eine andere Untersuchung hat das Material und den Bau einer schmiedeeisernen Steinbüchse aus dem 15. Jahrhundert zum Gegenstand. Auch Studien über Methoden der Untersuchung finden sich: Auswertung von Röntgenrückstrahluntersuchungen, Photometrische Bestimmung von Niob und Tantal, Einfluß der Eisenverdampfung bei der Sauerstoffbestimmung in Ferrowolfram.

Zur Frage der Eisenerzanreicherung steuern Luyken und Kirchberg durch ihre Untersuchung über die

<sup>1</sup> Glückauf 45 (1909) S. 1356.



magnetische Röstung karbonatischer Eisenerze einen Beitrag bei, der für den Siegerländer Eisensteinstaubbau vielleicht von Bedeutung werden kann. Ein kurzer Hinweis auf den Inhalt rechtfertigt sich deshalb wohl an dieser Stelle. Die heutige Röstung der Eisenkarbonate im Schacht-ofen bei 650–900° liefert durch Kohlensäureabsplattung und Lufoxydation Eisenoxyd. Das Verfahren arbeitet günstig bei Röstgut, welches keiner Aufbereitung bedarf. Bei Röstgut mit größeren Mengen Gangart treten aber bei der Magnetscheidung beträchtliche Eisenverluste ein. Die Verfasser nehmen die Röstung und die Kühlung in einem sauerstofffreien Gasstrom vor. Die Zersetzung des Spates erfolgt in einer Atmosphäre von neutralem Heizgas; das durch die Zersetzung des Spates entstehende kohlen-säure-reiche Abgas wird zur Kühlung des heißen Röstgutes benutzt. Das zunächst entstehende Eisenoxydul wandelt sich dadurch in das ferromagnetische Eisenoxyduloxyd um. Die Röstung geschieht in einem Drehrohrofen mit an-geschlossener Kühltrommel unter Luftabschluß. Sieger-länder Erze ergaben dabei ohne weiteres ein Konzentrat mit 60% Metall bei einem Metallausbringen von mehr als 90%. Dabei hat man noch gefunden, daß die bisher fast aus-sichtslose Entfernung des Kupfers aus den kupferreichen Spaten durch die magnetische Röstung eine wesentliche Verbesserung erfährt. Wird der Sauerstoffgehalt der Kühl-gase niedrig gehalten, so läßt sich eine gute Abscheidung des Kupfers mit den Bergen erreichen.

Für die Gedeihenheit der einzelnen Beiträge bürgt der Name des Institutes.  
B. Neumann.

**Die industrielle Betriebsanalyse als Voraussetzung für Rationalisierungs- und Finanzierungsmaßnahmen.** Von Diplom-Kaufmann Fritz Meißner. (Betriebswirtschaft, H. 1.) 70 S. Bad Oeynhausen 1940, August Lutzeyer. Preis geh. 2,80 *R.M.*

Der Verfasser unterzieht 32 Fabriken einer genauen Untersuchung und kommt zu dem Ergebnis, daß weder Bilanz- noch Gewinn- und Verlustrechnung genügen, um über ein Unternehmen ein Urteil zu fällen. Soll das Urteil der Wirklichkeit gerecht werden, so muß es außerdem auf einer gründlichen Untersuchung des Konstruierens, Fabrizierens, Verwaltens und Verkaufens beruhen. Die in der Industrie tätigen Menschen zu einer solchen »Ganz-betrachtung« zu befähigen, muß nach dem Verfasser angestrebt werden. Das Spezialistentum sei zwar unent-behrlich, je stärker aber auf der einen Seite die Fachspezialisierung werde, desto stärker ergebe sich auf der anderen Seite das Bedürfnis nach einem neuen Beruf, der die Verbindung der verschiedenen Fachspezialisten sein müsse. Die Arbeit ist gründlich und flott geschrieben. Sie wird allen interessierten Lesern viele Anregungen geben.

Winkel.

**Wirtschaft und Steuer mit besonderer Berücksichtigung kriegswirtschaftlicher Fragen.** 8 Vorträge von Ministerialdirigent J. Gebhardt u. a. (Schriften der Wirt-schafts- und Verwaltungs-Akademie Essen, H. 1.) 149 S. mit 3 Abb. Essen 1941, Verlag Glückauf GmbH. Preis in Pappbd. 4,50 *R.M.*

Den Inhalt der Schrift bilden verschiedene Vorträge namhafter Vertreter aus Verwaltung und Wirtschaft, die auf einer Ende des vergangenen Jahres von der Verwaltungs-akademie Essen veranstalteten Tagung gehalten worden sind. Das durch diese verschiedenen Aufsätze entstandene Buch, das als erstes Heft eine eigene Schriftenreihe der Essener Akademie einleitet, soll nicht zuletzt für die Arbeit und Zielrichtung der Wirtschafts- und Verwaltungs-Akademie werben.

Wenn das 1. Heft der begonnenen Schriftenreihe sich mit vorwiegend steuerlichen Fragen befaßt, so sollen damit zunächst die überhaupt wichtigsten zwischen Staat und Wirtschaft bestehenden Beziehungen herausgestellt werden. Die Vortragsreihe wird eröffnet mit zwei Referaten über die steuerliche Bewertung und Bemessung der Abschreibungen bei Anlagegegenständen. Der in der Eisenindustrie bekannte Selbstkostenfachmann Kreis bringt zwei recht lehrreiche Vorträge über die Probleme der Bewertung von Roh- und Hilfsstoffen in der Kosten-rechnung und deren Auswirkung auf Erfolgsrechnung und Bilanz. Betriebswirtschaftliche Fragen, wie sie sich im Zu-sammenhang mit den steuerrechtlichen Problemen ergeben, sowie ausgewählte für Arbeitnehmer wie Arbeitgeber be-merkenswerte Hinweise zur lohnsteuerrechtlichen Behand-lung beschließen die in dem Heft veröffentlichte Vortrags-

reihe. Alle diese Fragestellungen gewinnen namentlich im Hinblick auf die Kriegswirtschaft besondere Bedeutung, wie auch die Schriftlegung dieser Vortragsreihe vielerseits geäußerten Wünschen Rechnung trägt.

Dr. Serlo, Duisburg.

**VDI-Jahrbuch 1940.** Die Chronik der Technik. Hrsg. im Auftrage des Vereines Deutscher Ingenieure im NS.-Bund Deutscher Technik von A. Leitner VDI. 311 S. Berlin 1941, VDI-Verlag GmbH. Preis geh. 3,50 *R.M.*, für VDI-Mitglieder 3,15 *R.M.*

Trotzdem eine Reihe von Mitarbeitern am VDI-Jahr-buch unter den Waffen steht oder wehrtechnische Sonder-aufgaben erfüllt, ist auch in diesem Jahre das seit der Machtübernahme schon in sechs Folgen erschienene VDI-Jahrbuch herausgebracht worden. Auf 87 Teilgebieten haben 89 maßgebliche Fachgenossen wertvolles Material zusammengetragen, das den Ingenieuren der Heimatfront helfen wird, das Schwert für unseren Abwehrkampf zu schmieden. Erstmals werden bei den aufgeführten Schrift-tumsnachweisen neben der bloßen Schrifttumsstelle auch die Verfasseramen genannt, was dem Leser die Entscheidung erleichtert, ob es sich um eine ihm bekannte oder un-bekannte Schrifttumsstelle handelt.

Dem Ingenieur wird der vorliegende Band ein un-entbehrliches Nachschlagewerk nicht nur auf dem eigenen, sondern auch auf benachbarten Fachgebieten sein.

Schulte.

**Handbuch für Sprengmeister.** Gesetze und Verordnungen für den ostmärkischen Sprengmeister. Zusammen-gestellt und erläutert von Bergassessor a. D. von Dassel, technischer Aufsichtsbeamter der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft. 172 S. mit Abb. Wien 1941, Verlag für Fachliteratur (Dipl.-Ing. Rudolf Bohmann). Preis geh. 2,50 *R.M.*

Der Schießmeister, der mit den seine Tagesarbeit betreffenden Vorschriften vertraut sein soll, findet in dem vorliegenden Buch alles Wissenswerte zusammengetragen. Es umfaßt alle Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Anweisungen, die gegenwärtig in Geltung stehen. Darunter sind hervorzuheben das Schieß- und Sprengmittelgesetz vom 1. Oktober 1938, die Ministerialverordnung betreffend den Verkehr mit sprengkräftigen Zündungen, der Erlaß über die Sprengstofflagerverordnung in der Ostmark, der Erlaß betreffend die Verwendung von Zündschnur mit Papiergarn, die verschiedenen Unfallverhütungsvorschriften, ein Auszug aus der allgemeinen Bergbauverordnung sowie eine Liste der Bergbauzündmittel. Das auch mit einigen zweckdienlichen Skizzen ausgestattete Buch ist für jeden Sprengmeister im Bergbau oder in Steinbrüchen unent-behrlich.

**Peder Månssons Schriften über technische Chemie und Hüttenwesen.** Eine Quelle zur Geschichte der Technik des Mittelalters, übersetzt und erläutert von Otto Johannsen VDI. (Schriftenreihe der Arbeitsgemein-schaft für Technikgeschichte des VDI im NSBDT., Bd. 16.) 261 S. mit 1 Karte. Berlin 1941, VDI-Verlag GmbH. Preis in Pappbd. 10 *R.M.*, für VDI-Mitglieder 9 *R.M.*

In dem vorliegenden Werk hat es der bekannte Über-setzer und Verfasser übernommen, Auszüge aus den Schriften des schwedischen Mönches Peder Månsson ins Deutsche zu übersetzen und dem Techniker durch Hin-weise und Erläuterungen verständlich zu machen.

Jeder Liebhaber der geschichtlichen Chemie findet hier eine große Anzahl interessanter Vorschriften aus dem Ge-biete der Alchemie, Kriegskunst, Bauernkunst, Stein-schneidekunst und dgl. mehr. Besonders möge erwähnt werden, daß auch die »Bergmannskunst«, z. B. mit ihren Ausführungen über die Eigenschaften der Steine und Erze, über die Erschmelzung der sieben Metalle Gold, Silber, Kupfer, Blei, Zinn, Eisen und Quecksilber usw., in breiterem Rahmen besprochen worden ist. Das Buch wird empfohlen.

Winter.

#### Zur Besprechung eingegangene Bücher.

Holmkvist, Erik: Bergslagens Gruvspråk. 105 S. mit Abb. Uppsala, A.-B. Lundequistska Bokhandeln. Preis geh. 15 Kr.

Münzinger, Friedrich: Ingenieure. Betrachtungen über Bedeutung, Beruf und Stellung von Ingenieuren. 136 S. mit 34 Abb. und 10 Bildnissen. Berlin, Julius Springer. Preis geh. 6,90 *R.M.*