

# ORGAN

für die

## FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

in technischer Beziehung.

Fachblatt des Vereines deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

Neue Folge. LI. Band.

Die Schriftleitung hält sich für den Inhalt der mit dem Namen des Verfassers versehenen Aufsätze nicht für verantwortlich.  
Alle Rechte vorbehalten.

16. Heft. 1914. 15. August.

### Richtlinien für die Beurteilung der Kesselleistung von Dampflokotiven.

F. Achilles, Diplom-Ingenieur in Mannheim.

Beim Lokomotivkessel kann eine Unterscheidung von Teilen der Heizflächen für den Wärmeübergang auf die Sonderung der Feuerkiste und der Rohre beschränkt werden. In der Feuerkiste findet Wärmeübertragung durch Leitung von den Heizgasen zur Heizfläche und durch Strahlung des Rostes zur Heizfläche statt. Für erstern Vorgang der Wärmeleitung gilt die allgemeine Beziehung,

$$W_{LF}^{WE/qmSt} = F_F^{qm/qm} \cdot K^{WE/qmSt^0} (t_{F_1^0} - t_{F_2^0})$$
 worin

$W_{LF}$  die übergelungende Wärmemenge durch Leitung in der Feuerkiste,

$F_F$  die Heizfläche der Feuerkiste auf 1 qm Rost also  $\frac{H_F}{R}$ ,

$t_{F_1}$  den mittlern Wärmegrad in der Feuerkiste,

$t_{F_2}$  den mittlern Wärmegrad des Kesselwassers an der Feuerkiste  $K$  die durch 1 qm Heizfläche der Feuerkiste in der Stunde für 1° Wärmegefälle gehenden Wärmeeinheiten bezeichnet.

Während nun die ersteren Werte ohne weiteres zahlenmäßig zu erfassen sind, muß die Bestimmung von  $K$  besonders erfolgen. Hierbei sind für den Übergang der Wärme von Heizgasen zur Kesselwand die Übergangsziffer  $\alpha_1$ , für den Wärmedurchgang durch die Kesselwand die Größe  $\delta : L =$  Wandstärke : Leitfähigkeit und für den Übergang zum Kesselwasser die Zahl  $\alpha_2$  zu berücksichtigen. Im Zusammenhange mit den bei verschiedenen Wärmestufen der Wandung entstehenden Beziehungen ist nach Mollier und anderen die Rechnungsgröße

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{L}}$$

Da nun die Ziffern des Wärmeüberganges von Metall an Wasser und des Wärmedurchganges besonders bei kupfernen Feuerkisten sehr hoch sind, können die Werte  $\frac{1}{\alpha_2}$  und  $\frac{\delta}{L}$  vernachlässigt werden, so daß  $K = \alpha_1$  wird.

Aus den von Mollier durchgeführten Versuchsrechnungen ist  $K = 2 + 2\sqrt{B^{kg/St}}$  zu wählen, worin  $B$  die auf 1 qm Rostfläche in der Stunde verbrannte Menge an Heizstoff bedeutet, damit ergibt sich

$$W_{LF}^{WE/qmSt} = \frac{H_F^{qm}}{R^{qm}} (t_{F_1^0} - t_{F_2^0}) (2 + 2\sqrt{B^{kg/St}}).$$

Für die Wärmeübertragung durch Strahlung kann man ebenfalls aus den Untersuchungen von Mollier eine Rechnungsgröße für die Lokomotivfeuerbüchse übernehmen, nämlich die Wärmeübertragung durch Strahlung:

$$W_{SF}^{WE/qmSt} = K^{WE/qmSt^0} \left( \frac{S_1}{\alpha_1} + \frac{S_2}{\alpha_2} \right),$$

worin  $S_1$  die Strahlung vom Rost zur Kesselwand und  $S_2$  die von der Kesselwand zum Wasser angibt,  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  haben die obige Bedeutung. Da Strahlung zum Wasser nicht vorhanden und  $K = \alpha_1$  zu setzen ist, kommt für die Strahlung nur der Wert  $S_1$  hinzu, der nach den erwähnten Untersuchungsrechnungen die Abhängigkeit von der Rostwärme so auszudrücken ist, daß:

$$W_{SF}^{WE/qmSt} = 0,75 \cdot \left[ \left( \frac{T_1^0}{100} \right)^2 - 10 \right] (t_{F_1^0} - t_{F_2^0})$$
 auf 1 qm Rost,

worin  $T_1$  die Rostwärme über  $-273^0$  bedeutet. Die ganze in der Feuerkiste übertragbare Wärmemenge beträgt dann:

$$W_F^{WE/qmSt} = \frac{H_F^{qm}}{R^{qm}} (t_{F_1^0} - t_{F_2^0}) \left[ (2 + 2\sqrt{B^{kg/qm}}) \right] + 0,75 \left[ \left( \frac{T_1^0}{100} \right)^2 - 10 \right] (t_{F_1^0} - t_{F_2^0}).$$

Für die von  $W_F$  verdampfte Wassermenge ergibt sich die einfache Beziehung:  $D_F = W_F : \lambda =$  Dampfmenge von  $\lambda$  Wärmeeinheiten Wärmehalt, die in der Stunde durch die auf 1 qm Rost entfallende Heizfläche der Feuerkiste erzeugt wird.

Hierbei sind aber die Verbrennungsgase entsprechend der Feuerkistenwärme nur teilweise ausgenutzt, sie geben ihre Wärme weiter in den Heizrohren ab. Dieser Vorgang spielt sich, wie mit hinreichender Genauigkeit anzunehmen ist, ausschließlich nach dem Grundsatz des Wärmeüberganges durch Leitung ab, also gilt für die übergelungende Wärmemenge:

$$W_R^{WE/qmSt} = K^{WE/qmSt^0} \cdot F^{qm/qm} (t_{R_1^0} - t_{R_2^0}).$$

Hierin ist:

$F = Hr : R$  die auf 1 qm Rostfläche bezogene Heizfläche der Rohre,  $t_{R_1}$  der Wärmegrad der Heizgase als Mittelwert des Wärmegefälles vom Austritte aus der Feuerkiste bis zum Eintritte in die Rauchkammer,

$t_{R_2}$  der Wärmegrad des Kesselwassers in der Umgebung der Heizrohre als Mittelwert,

K die Wärmedurchgangszahl, die hier von der Geschwindigkeit der Gase abhängt und nach bekannten Rechnungsformeln einzusetzen ist als:  $K = \alpha_1 = 2 + 10 \sqrt{W \text{ m/Sek.}}$

In  $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}}$  sind  $1 : \alpha_2$  und  $\delta : \lambda$  auch hier

zu vernachlässigen.

Die Größe W, die Geschwindigkeit der Gase, folgt aus der Heizgasmenge die den freien Rohrquerschnitt durchströmt,  $W \text{ m/Sek.} = b \text{ kg/qmSek.} \sqrt{c_w \text{ cbm/kg.} : f \text{ qm/qm.}}$ , worin b die auf 1 qm Rost in der Sekunde verbrannte Heizstoffmenge =  $B \text{ kg.} : 3600$ , V die Menge der aus 1 kg Heizstoff entstehenden Heizgase in cbm, und f den freien Rohrquerschnitt auf 1 qm Rost in 1 qm bedeutet.

Demnach beträgt die auf 1 qm Rostfläche übertragene Wärmemenge in der Rohrheizfläche:

$$W_R \text{ WE/qmSt} = \frac{H_R \text{ qm}}{R \text{ qm}} \left( 2 + 10 \sqrt{\frac{b \cdot V}{f}} \right) (t_{R1} - t_{R2})$$

und die dadurch entwickelte Dampfmenge:  $D_R = W_R : \lambda$ .

Die auf 1 qm Rostfläche bei gegebenen Abmessungen des Kessels übertragbare Wärmemenge ist im Ganzen

$$\text{Gl. 1) } W \text{ WE/qmSt} = (t_{F1}^0 - t_{F2}^0) \left[ \frac{H_F \text{ qm}}{R \text{ qm}} (2 + 2 \sqrt{B \text{ kg}}) + \left( 0,75 \left( \frac{T_1^0}{100} \right)^2 - 10 \right) \right] + \left[ \frac{H_R \text{ qm}}{R \text{ qm}} \left( 2 + 10 \sqrt{\frac{b \cdot V}{f}} \right) (t_{R1} - t_{R2}) \right]$$

und die entsprechende Dampfleistung:

$$D = W : \lambda.$$

Für das Gleichgewicht im Kessel muß weiter die nach Gl. 1) im Kessel aufgenommene Wärmemenge mit dem Wärmeverluste der Heizgase vom Roste bis zur Rauchkammer übereinstimmen. Beträgt also die aus 1 kg Heizstoff entstehende Gasmenge  $V \text{ cbm}$ , ihr Wärmeinhalt  $c_w \text{ WE/cbm}$ , der Wärmegrad der brennenden Kohle  $t_1^0$  und die Abgaswärme in der Rauchkammer  $t_R^0$ , also ist die im Kessel nutzbar abgegebene Wärmemenge für Bkg Heizstoffe auf 1 qm Rost.

$$\text{Gl. 2) } W \text{ WE/qm} B \text{ kg/qm} \sqrt{c_w \text{ WE/cbm} \cdot (t_1^0 - t_R^0)}.$$

Werte aus Gl. 1) und 2) müssen gleich sein, also entsteht eine neue Beziehung aus der die gegenseitige Abhängigkeit der Werte B,  $H_F : R$  und  $H_R : R$  zu entnehmen ist, wenn für die Wärmegrade für V und f bestimmte Annahmen gemacht werden.

Mit einer Annahme dieser Wärmegrade ist gewissermaßen der gewollte Kesselzustand festgestellt, während f von der Kesselbauart abhängt.

Werden diese Größen nach den tatsächlichen Verhältnissen wie folgt gewählt:

Wärme der Feuerkiste  $t_{F1} = 1475^0$ , Wärme auf dem Roste  $t_1 = 1550^0$ ,  $T_1 = 1820^0$ , Wärme des Wassers  $t_{F2} = 190^0$  gleich der Wärme des Dampfes, da hier die lebhafteste Dampftwicklung stattfindet,  $t_{F1} - t_{F2} = \text{rund } 1300^0$ , Heizgasmenge aus 1 kg Kohle  $V = 11,4 \text{ cbm}$ , Wärmeinhalt von 1 cbm Heizgas  $c_w = 0,33 \text{ W. E.}$ , Wärme der Rauchkammer  $t_R = 350^0$ , mittlere Wärme des Wassers an den Rohren  $t_{R2} = 100^0$ , mittlere Wärme der Heizgase in den Rohren  $t_{R1} = 875^0$ , freier Rohrquerschnitt auf 1 qm Rost  $f = 0,15 \text{ qm}$ , dann ergibt sich für die Größen: Brennstoffverbrauch = B auf 1 qm Rost in 1 Stunde, Verhältnis

Feuerkistenheizfläche : Rostfläche =  $H_F : R$ , Verhältnis Rohrheizfläche : Rostfläche  $H_R : R$  aus der Gleichung:

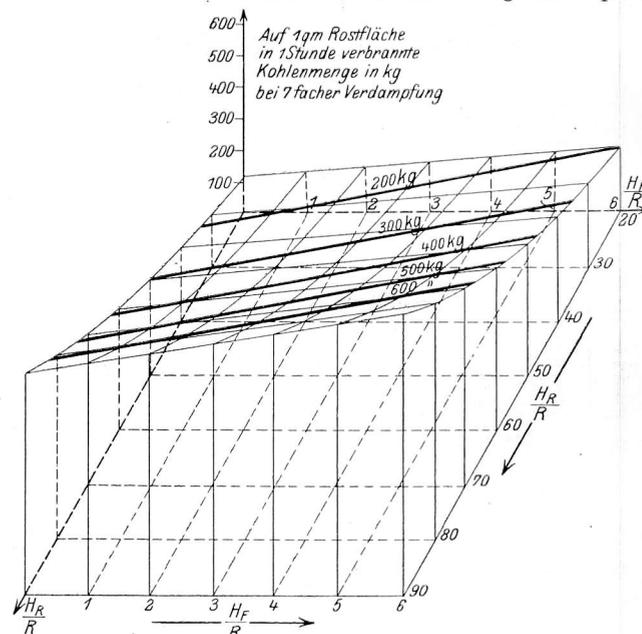
$$B \cdot V \cdot c_w (t_1 - t_R) = (t_{F1} - t_{F2}) \left[ \frac{H_F}{R} (2 + 2 \sqrt{B}) + 0,75 \left( \frac{T_1}{100} \right)^2 - 10 \right] + \left[ \frac{H_R}{R} \left( 2 + 10 \sqrt{\frac{b \cdot V}{f}} \right) (t_{R1} - t_{R2}) \right]$$

der Zahlenwert:

$$4500 B = 2560 \frac{H_F}{R} (1 + \sqrt{B}) + 310000 + 775 \frac{H_R}{R} (1 + 1,45 \sqrt{B})$$

und das Schaubild Textabb. 1.

Abb. 1. Schaubild der verbrannten Heizstoffmenge auf 1 qm R.



Daraus ist zu entnehmen, wieviel kg Kohle auf 1 qm Rost verbrannt werden können, wenn sie gemäß den angenommenen Kesselzuständen ausgenutzt werden sollen.

Die Lagen gleicher Gewichte an Heizstoff bei den verschiedenen Verhältnissen von  $H_F : R$  und  $H_R : R$  sind durch starke Linien kenntlich gemacht.

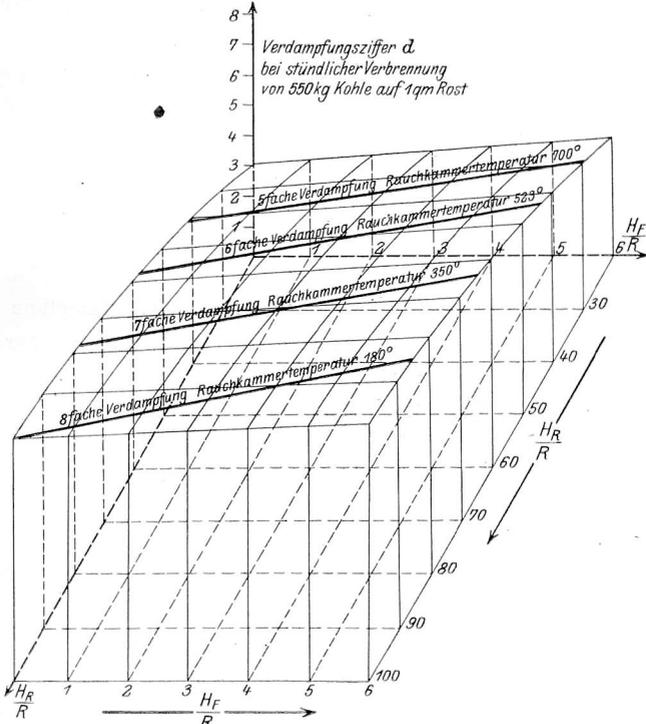
Da die erzeugte Dampfmenge =  $W : \lambda = (B : \lambda) V \cdot c_w (t_1 - t_R)$ , kann der Wert  $V \cdot c_w \cdot (t_1 - t_R) : \lambda$  als die Verdampfungsziffer in die Rechnung eingeführt werden, ihr Wert ist im Beispiele des Schaubildes = 7, mit dem die aus dem Schaubilde zu entnehmende Heizstoffmenge zu vervielfachen wäre, um die Dampfleistung zu erhalten.

Der Verlauf der Fläche im Schaubilde zeigt, daß die Wärmemenge, also die Verdampfung langsamer zunimmt als die Heizfläche. Andererseits werden die Werte des Schaubildes sich ändern, wenn die angenommenen Wärmegrade, besonders die der Rauchkammer  $t_R$  eine andere Größe annehmen, oder auch die Kohlenbeschaffenheit, die Heizgasmenge und ihr Wärmeinhalt sich änderte. Dann wäre eben obige Gleichgewichtsgleichung in Rücksicht darauf anzuwenden. Trotzdem wird stets für Vergleiche das Schaubild Geltung haben, weil in derartigen Fällen ein gleicher Kesselzustand zu Grunde zu legen ist. Je nach der gewollten Verdampfung, also der

Kohlenausnutzung, läßt sich aus den abgeleiteten Beziehungen die Heizfläche bestimmen, der Grenzwert richtet sich danach, wieweit sich die Kesselgröße in wirtschaftlichen Abmessungen bewegt. Andererseits kann man aber auch für eine bestimmte auf 1 qm Rost zu verbrennende Kohlenmenge eine Abhängigkeit für die drei Größen: Verdampfungsziffer,  $H_F : R$  und  $H_R : R$  ermitteln.

Diese Beziehungen zeigt das Schaubild Textabb. 2 für die Annahme einer Kohlenmenge  $B = 550 \text{ kg/qmSt}$ , wobei sich die Verdampfungsziffer  $d = V \cdot c_w (t_1 - t_R) : \lambda$  ergibt.

Abb. 2. Schaubild der Verdampfungsziffern.



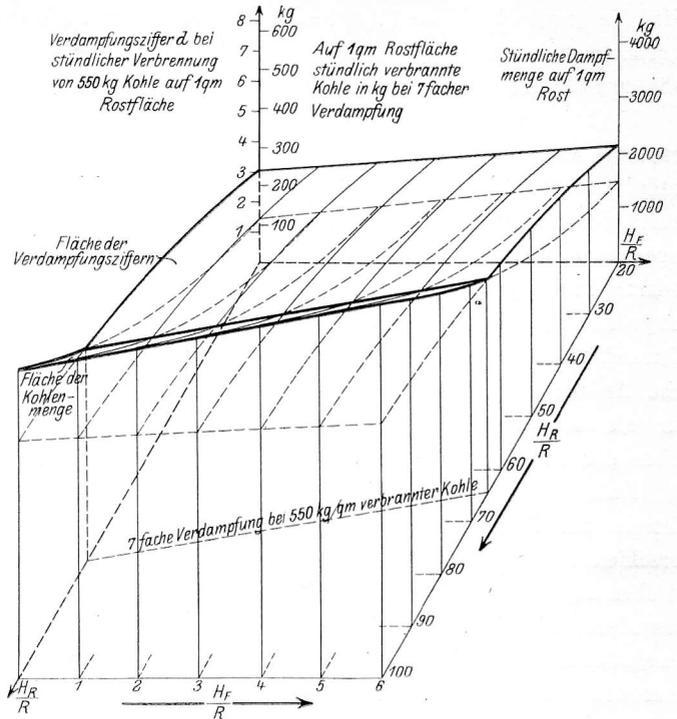
Hierin ist bei bekannter Beschaffenheit des Heizstoffes die Heizgasmenge  $V$ , ihr Wärmeinhalt  $c_w$  und ihre Verbrennungswärme  $t_1$  unveränderlich, ebenso auch für bestimmte Beschaffenheit des Dampfes sein Wärmeinhalt  $\lambda$ , so daß als einzige veränderliche  $t_R$  überbleibt. Für die Aufstellung der Textabb. 2 ist angenommen:  $V = 11,4$ ,  $c_w = 0,33$ ,  $t_1 = 1550^\circ$ ,  $\lambda = 640$ . Durch Zusammenziehen von  $B \cdot d$  erhält man dann wieder die zu gewinnende Dampfmenge auf 1 qm Rost.

Durch die beiden Darstellungen der Kesselleistung einmal nach der verbrannten Kohlenmenge bei einer bestimmten gewollten Verdampfung, im Beispiele 7-fach, dann nach der Verdampfungsgröße bei einer bestimmten verbrannten Kohlenmenge auf 1 qm Rost, im Beispiele 550 kg/Stqm, dürfte eine Umgrenzung der wichtigsten Vorgänge im Lokomotivkessel gegeben sein. Um dies zu veranschaulichen, sind die Werte der Textabb. 1 und 2 in gleichem Maßstabe zu dem Schaubilde in Textabb. 3 zusammengetragen.

Aus diesem ist für jede Beziehung zwischen  $H_F : R$  und  $H_R : R$  zu entnehmen einerseits, welche Kohlenmenge der Heizer auf 1 qm Rost verfeuern muß, wenn er 7-fache Verdampfung erzielen will, andererseits, welche Verdampfung er beim Verfeuern von 550 kg qm Kohle erreicht. Aus den Größen der Verdampfungsziffern und Kohlenmengen ergibt sich in beiden Fällen die Dampfleistung.

Wenn sich nun aber diese verschiedenartigen Kesselleistungen aus der Gleichgewichtsgleichung richtig ableiten

Abb. 3. Schaubild der verbrannten Heizstoffmenge und der Verdampfungsziffern.



lassen sollen, muß in ihr eine Größe vorhanden sein, die einen Einfluss des jeweiligen Kesselzustandes zur Geltung bringt. Eine solche Größe ist in dem Geschwindigkeitswerte für die Strömung der Heizgase also durch den Zug im Kessel gegeben. Diese Geschwindigkeit hatte den Wert  $W_{m/sek} = b \cdot V : f$ ; hierin war  $b$  der verbrannte Brennstoff auf 1 qm Rost in der Sek,  $V$  die mit 1 kg Heizstoff erzeugte Heizgasmenge,  $f$  der auf 1 qm Rost entfallende freie Heizrohrquerschnitt. Um jedoch eine solche Strömung aufrecht zu erhalten, muß im Kessel hinreichender Druckunterschied vorhanden sein, jedem Kesselzuge und damit jeder verbrannten Heizstoffmenge entspricht bei gegebenen Werten für  $V$  und  $f$  ein bestimmter Unterdruck in der Rauchkammer. Nach der allgemeinen Druckgleichung für die Strömung einer vollkommenen Flüssigkeit ohne jedes Dehnen oder Eindücken wäre:

$$\frac{\gamma \text{ kg cbm } (W_{m/sek})^2}{g \text{ m/sek}^2 \cdot 2} = p \text{ kg/qm}$$

worin  $\gamma$  das Gewicht der Rauchgase,  $g = 9,81$  die Beschleunigung der Schwere,  $w$  die Stromgeschwindigkeit,  $p$  den Überdruck der äußeren Luft über den Druck in der Rauchkammer bezeichnet. Daraus folgt  $W_{m/sek} = \sqrt{\frac{20 \text{ m/sek}^2 \cdot p \text{ kg/qm}}{\gamma \text{ kg/cbm}}}$ , wenn

beim Durchströmen der Gase durch die engen Rohre kein Verlust auftreten würde. Da sich aber die Reibung an den Rohrwandungen und die Einschnürung der einzelnen Gasströme beim Ein- und Austritte an den Rohren geltend macht, ist die Beziehung zwischen Druck und Geschwindigkeit durch eine Erfahrungsziffer zu berichtigen. Für diese Zahl  $\alpha$  des Strömungsverlustes ist vielleicht nach den verschiedenartigen Angaben der Litteratur unter Berücksichtigung von Reibung, Einschnürung und Gasträgheit die Einführung eines Wertes zwischen 0,2 und 0,3 berechtigt, dann folgt:

$$W_{m/\text{Sek}} = a \sqrt{\frac{2 \text{ g}^m/\text{Sek}^2 \cdot p^{\text{kg}/\text{qm}}}{\gamma^{\text{kg}/\text{cbm}}} = \frac{b^{\text{kg}/\text{qm}} \text{ Sek} \cdot V^{\text{cbm}/\text{kg}}}{F^{\text{qm}} \text{ qm}} \text{ oder}$$

$$p^{\text{kg}/\text{qm}} = \frac{\gamma^{\text{kg}/\text{qm}} (\text{kg}/\text{qm} \text{ Sek}) (V^{\text{cbm}/\text{kg}})^2}{2 \text{ g}^m/\text{Sek}^2 \cdot a^2 \cdot (f^{\text{qm}/\text{qm}})^2}$$

Wird hierin wie oben  $V = 11,4$ ,  $f = 0,15$ ,  $\gamma = 1,2$  und  $a = 0,3$  angenommen, dann gilt:

$p$  in mm Wasser  $= p^{\text{kg}/\text{qm}} = 3900 \text{ b}^2$  oder  $p = 0,0003 \cdot \text{B}^2$ .

Nach einer solchen Beziehung würde sich für die Verbrennung von 550 kg Kohle auf 1 qm Rost ein Rauchkammerunterdruck von 90 mm Wasser ergeben, was der Wirklichkeit recht gut entspricht. Immerhin ist zuzugeben, daß der angegebene Wert vielleicht der Berichtigung durch Versuche bedarf; derartige Messungen durchzuführen und im Zusammenhange mit den Rauchkammerzuständen darzustellen, würde sehr lehrreich und für die Bemessung des Blasrohres höchst bedeutsam sein. An dieser Stelle kann zunächst der Rauchkammerunterdruck nur als nebensächliche Erscheinung angesehen werden, die neben der Gleichgewichtsgleichung besteht.

Daß die abgeleitete Gleichung für den Zustand des Kessels zur Durchführung einer vergleichenden Beurteilung verschiedener Kessel in recht weiten Grenzen brauchbar ist, ist oben angedeutet und wird durch Zusammenstellung I erwiesen. Besondere Einzelheiten, wie Vorwärmer des Speisewassers, Beschaffenheit der Kohle, können sinngemäß bei den einzusetzenden Wertziffern berücksichtigt werden; zunächst gilt die Gleichung nur für Erzeugung von Nafsdampf.

Bei Einbau eines Überhitzers bedingt die dabei erreichte Veredelung des Dampfes durch Überführung der Dampfflüssigkeit in fast gasförmigen Zustand eine zusätzliche Wärmeleistung des Kessels. Wenn auch die Verwirklichung der Nafsverdampfung und der Überhitzung durch die Wärme der Heizgase im Betriebe in einander übergreifen, so dürfte es doch für die theoretische Untersuchung statthaft sein, eine Trennung insofern vorzunehmen, als von der auf 1 qm Rost verbrannten Kohle ein Teil für reine Nafsverdampfung, der Rest für reine Überhitzung wirksam gedacht wird. Diese Annahme wird auch dadurch nicht beeinflusst, daß beispielsweise beim Rauchröhrenüberhitzer erst alle Heizgase in der Feuerkiste wirken und sich dann erst auf die Rauchrohre und Heizrohre verteilen; mit hinreichender Genauigkeit wird ein Ausgleich zwischen den verwerteten Wärmemengen gedacht werden dürfen, die im Einzelnen für die Nafsdampffläche und den Überhitzer auf einen entsprechenden Wert verbrannten Heizstoffes auf 1 qm Rost zurückgeführt sind.

Der Wärmeinhalt des überhitzten Dampfes für einen bestimmten Überhitzungsgrad  $\tau^0$  wird ausgedrückt durch die allgemeine Gleichung:

$$W_{ue} = (1 - x) r + c_{ue} \cdot \tau$$

worin  $1 - x$  die Dampfeuchtigkeit,  $r$  die latente Wärme des Nafsdampfes und  $c_{ue}$  die Wärmeaufnahmefähigkeit bei der Überhitzung bezeichnen. Die Größe  $(1 - x) r$  bedeutet den Wärmeinhalt des Nafsdampfes, der in der oben betrachteten Weise durch die Nafsdampfheizfläche übergeht,  $c_{ue} \cdot \tau$  die eigentliche Wärmeleistung des Überhitzers. Um diese Wärmeleistung zu vollbringen, wird die Wärme einer bestimmten Heizstoffmenge erforderlich sein, die gesondert ausschließlich zu diesem Zwecke auf dem Roste verbrannt gedacht wird. Da hierbei das Wärmegefälle zwischen brennender Kohle und

Rauchkammerwärme als für die vollständige Ausnutzung des Heizstoffes bis zur Abgaswärme maßgebend gelten muß, wird eine Wärmeleichgewichtsgleichung zwischen verfügbarer Wärme aus dem Heizstoffe und aufgenommener Wärme im überhitzten Dampfe wie folgt herzuleiten sein:

$$B_{ue}^{\text{kg}/\text{qm}} \cdot V^{\text{cbm}/\text{kg}} c_w^{\text{WE}/\text{cbm}^0} (t_1^0 - t_R^0) = Q^{\text{kg}/\text{qm}} \cdot c_{ue}^{\text{WE}/\text{cbm}^0} \cdot \tau^0$$

Hierin ist  $B_{ue}$  der auf 1 qm Rost ausschließlich für Überhitzung verbrannte Heizstoff,  $V$  die Menge der aus 1 kg Kohle entstehenden Heizgase,  $c_w$  die Wärmeabgabe für 1 cbm Gas und für  $1^0$  Wärmegefälle,  $t_1$  der Wärmegrad der brennenden Kohle,  $t_R$  die Rauchkammerwärme,  $Q$  die auf 1 qm Rost erzeugte Nafsdampfmenge in kg,  $c_{ue}$  die Wärmeaufnahme für 1 cbm Heißdampf auf  $1^0$  Wärmegefälle,  $\tau$  der Unterschied zwischen den Wärmestufen des Überhitzers und des Nafsdampfes.

Das Wärmegefälle im Überhitzer ist ein anderes als das hier für die Verbrennung der Kohle angenommene, es ist die im Überhitzer verbrauchte Wärme, zurückgeführt auf eine Verbrennung auf dem Roste.

Da sich nun  $Q$ , die auf qm Roste erzeugte Nafsdampfmenge vom Wärmeinhalte  $\lambda$  aus der dabei verbrannten Kohle  $B$  und der Verdampfung  $d$  ergibt, wobei die Verdampfung  $d$  durch  $V \cdot c_w \cdot (t_1 - t_R) : \lambda$  ausgedrückt wird, so ist durch Umformen der Gleichung:

$$B_{ue} \cdot V \cdot c_w (t_1 - t_R) = B \cdot V \cdot c_w \cdot (t_1 - t_R) c_{ue} \cdot \tau : \lambda \text{ zuschließen,}$$

daß  $B_{ue} = B \cdot c_{ue} \cdot \tau : \lambda$  ist.

Nach Zeuner, Renault und v. Bach ist  $c_{ue}$  mit 0,5 einzuführen, dann folgt für  $140^0$  Überhitzung, die in Lokomotivkesseln durchschnittlich anzustreben ist, bei  $\lambda = 640^{\text{WE}}$  Wärmeinhalt des Nafsdampfes

$$B_{ue} = B \cdot \frac{0,5 \cdot 140}{640} \cong 0,11 B.$$

Um  $140^0$  Überhitzung des Nafsdampfes zu erzielen, muß also auf dem Roste  $11\%$  der Kohle verbrannt werden, die zur Erzeugung des Nafsdampfes dient.

Damit sind die Vorgänge auf dem Roste eines Lokomotivkessels mit Dampfüberhitzer bestimmt, nun muß die Wirkung der Überhitzerheizfläche betrachtet werden.

In der heute üblichen Bauart des Rauchröhrenüberhitzers im Langkessel spielt sich der Wärmeübergang in der Weise ab, daß die Heizgase beim Durchströmen der Rauchrohre ihre Wärme an den Überhitzer abgeben. Hierbei gilt die allgemeine Gleichung des Wärmeüberganges zwischen zwei Flüssigkeiten durch eine Heizwand:

$$W_{ue} = K \cdot F (t_{u1} - t_{u2})$$

worin  $W_{ue}$  die in der Stunde durch die Heizfläche  $F$  übergehende Wärmemenge,  $t_{u1}$  die mittlere Wärme der Heizgase,  $t_{u2}$  den mittlern Wärmegrad des zu überhitzenden Dampfes und  $K$  die Wärmedurchgangszahl bedeutet.

Diese wird wieder durch die Beziehung ausgedrückt:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{\delta}{\lambda}}$$

wenn  $a_1$  die Übergangszahl von Heizgasen zur Überhitzerwand,  $\delta$  den Übergang durch die Überhitzungswand und  $a_2$  die Übergangszahl von Überhitzerwand zum Heißdampfe darstellt.

Wie beim Nafsdampfkessel ist auch hier  $\delta : \lambda$  für die

geringen Rohrwandstärken gegen  $\frac{1}{\alpha_1}$  zu vernachlässigen, ebenso  $\frac{1}{\alpha_2}$ , da der Dampf beim Durchströmen des Überhitzers zunächst eine solche Dampffuchtigkeit besitzt, daß für den Wärmeübergang derselbe Betrag, wie zwischen Kesselwand und Wasser einzusetzen ist. Daher gilt wieder  $K = \alpha_1$ .

Weil weiter diese Übergangszahl, wie beim Nafsdampfkessel, auch von der Stromgeschwindigkeit  $W$  der Heizgase durch die Rohre abhängt, so daß  $\alpha_1 = 2 + 10 \sqrt{W}$  eingeführt werden kann, gilt endlich:

$$W_{ue} = F \cdot (2 + 10 \sqrt{W}) (t_{ue1} - t_{ue2}).$$

Der Wert  $W$  kann wieder in guter Annäherung der Geschwindigkeit in den Heizrohren eines reinen Nafsdampfkessels gleichgesetzt werden  $W = b \cdot V : f$ .

Um auf die Einheit der Rostfläche zurückzukommen, ist für  $F$  die auf 1 qm Rostfläche entfallende Unterhitzerheizfläche  $H_{ue} : R$  einzuführen. Dann ist es möglich, auch eine Gleichgewichtsgleichung des Vorganges im Überhitzer für die auf 1 qm Rost entfallende Wärmelieferung aufzustellen, nämlich:

$$B_{ue} V \cdot c_w (t_1 - t_R) = \frac{H_{ue}}{R} (2 + 10 \sqrt{\frac{b \cdot V}{f}}) \cdot (t_{ue1} - t_{ue2})$$

wird  $B_{ue} = B \cdot c_{ue} \cdot \tau : \lambda$  eingesetzt, dann gilt mit Bezug auf die Heizstoffmenge für Nafsverdampfung:

$$B \cdot \frac{c_{ue} \cdot \tau}{\lambda} \cdot V \cdot c_w (t_1 - t_R) = \frac{H_{ue}}{R} (2 + 10 \sqrt{\frac{b \cdot V}{f}}) \cdot (t_{ue1} - t_{ue2}).$$

Nach einer solchen Beziehung hätte man also beim Entwerfen einer Lokomotive so vorzugehen, daß zunächst der Nafsdampfkessel in seinen Verhältnissen für sich betrachtet wird, um danach die zusätzlichen Bedingungen des Überhitzers zu erforschen. Diese lassen sich nun darüber hinaus durch Zusammenziehen der Gleichungen für das Gleichgewicht des Überhitzers und Nafsdampfes in einfacher Abhängigkeit zwischen Überhitzerfläche, Feuerkistenheizfläche und Rohrheizfläche darstellen, wenn man bedenkt, daß die Größe  $B \cdot V \cdot c_w \cdot (t_1 - t_R)$  in beiden Gleichungen vorkommt.

Danach erhält man:

$$(t_{F1} - t_{F2}) \left[ \frac{H_F}{R} (2 + 2 \sqrt{B}) + 0,75 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^2 + 10 \right] \right] + \frac{H_R}{R} \left( 2 + 10 \sqrt{\frac{6 \cdot V}{f}} \right) (t_{r1} - t_{r2}) = \frac{H_{ue}}{R} \left( 2 + 10 \sqrt{\frac{6 \cdot V}{f}} \right) \frac{(t_{ue1} - t_{ue2}) \cdot \lambda}{c_{ue} \cdot \tau}.$$

Hierin ist der Kesselzustand durch alle Größen, deren Bedeutung oben angegeben ist, genau bestimmt, je nachdem ihre Werte eingeführt werden. Wird beispielsweise für übliche Kesselzustände bei 7-facher Verdampfung eingesetzt:  $T_1 =$  Rostwärme  $= 1820^0$ ,  $t_{F1} - t_{F2} = 1300^0$ ,  $(t_{r1} - t_{r2}) = 775^0$ ,  $t_{ue1} - t_{ue2} = 600^0$ ,  $B = 550$  kg,  $f = 0,15$ ,  $c_{ue} = 0,5$ ,  $\tau = 140^0$ , so folgt:  $H_{ue} = 0,4 H_F + 2,0 R + 0,18 H_R$ .

(Schluß folgt.)

### Anlaufsteigungen.

Dr.-Ing. Saller, Regierungsrat in Nürnberg.

Anlaufsteigungen nennt man Rampen, für deren Überwindung die Zugkraft der Lokomotive nicht ausreicht und die durch teilweise Ausnutzung der lebendigen Kraft des Zuges, durch «Anlauf», erstiegen werden müssen. Die vereinfachte Formel für Berechnung der größtmöglichen Länge der Anlaufsteigung lautet nach Launhardt\*):

$$Gl. 1) \quad \dots \quad l = \frac{\beta (v_1^2 - v_0^2)}{2g(s_1 - s_0)},$$

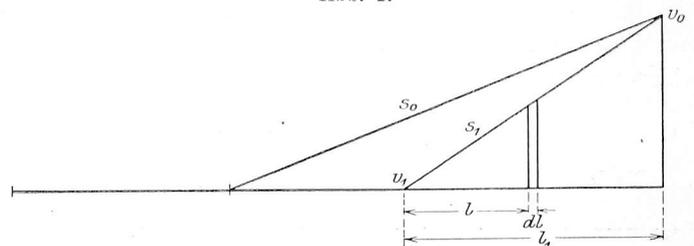
worin  $v_1$  und  $v_0$  die Geschwindigkeiten des Zuges am Rampenfusse und -Kopfe,  $s_0$  die maßgebende Steigung der Strecke,  $s_1$  die Anlaufsteigung,  $\beta$ , etwa  $= 1,05$  bis  $1,1$ , die Wertziffer für den Zuwachs an lebendiger Kraft durch die Drehung der Räder ist; setzt man  $\beta = 1$ , so erhält man die Länge der Anlaufsteigung etwas zu klein und geht damit sicher. Das Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften, das obige Formel ebenfalls bringt, bezeichnet diese Anlaufsteigungen als unsichere Stellen und empfiehlt Vorsicht.

Es ist mir nicht bekannt geworden, ob von solchen Anlaufsteigungen tatsächlich schon viel Gebrauch gemacht worden ist. In ausländischen Veröffentlichungen wurde vor einigen Jahren ein Fall beschrieben, in dem zur Vermeidung zu hoher Dämme auf unsicherem Untergrunde auf der Strecke Järna-Norrköping in Schweden von einer Anlaufsteigung Gebrauch gemacht wurde. Dort war anzunehmen  $v_1 = 40$  km/St  $= 11$  m/Sek,  $v_0 = 14$  km/St  $= 4$  m/Sek,  $s_1 = 0,0125$  und  $s_0 = 0,01$ . Unter diesen Verhältnissen hätte Gl. 1) für  $\beta = 1$   $l = 2100$  m ergeben. Dieser hohe Wert schien nun den

Ingenieuren verdächtig; Ing. L. Sparr\*) ist der Sache nachgegangen und hat einen wesentlichen Mangel der Formel darin gefunden, daß sie die Zugkraft der Lokomotive als unveränderlich und zwar mit ihrem maßgebenden höchsten Werte, also zu groß annimmt, während sich die Zugkraft tatsächlich mit der Geschwindigkeit ändert. Bezüglich dieser Veränderlichkeit der Zugkraft ist Sparr von der Annahme ausgegangen, daß die Leistung der Lokomotive auch bei veränderlicher Geschwindigkeit immer gleich bleibe, daß also  $Z_0 v_0 = Z v$  sei, worin  $Z_0$  die maßgebende Zugkraft ist, die das Zuggewicht  $W$  mit der Geschwindigkeit  $v_0$  auf der maßgebenden Steigung  $s_0$  befördert. Dann ist  $Z_0^t = W^t (\omega^{t/t} + s_0^{0/\omega})$ , worin die Widerstandsziffer  $\omega^{t/t}$  unter Vernachlässigung des vom Quadrate der Geschwindigkeit abhängigen Teiles mit einer für Güterzüge vielleicht noch zulässigen Vereinfachung als gleichbleibend angenommen wird. Aus  $Z_0 v_0 = Z v$  ergibt sich

$$Z = W \cdot (\omega + s_0) \cdot v_0 : v, \text{ worin } v > v_0.$$

Abb. 1.



In der Anlaufsteigung ist der Zugwiderstand (Textabb. 1)

$$M^t = W^t (\omega^{t/t} + s_1^{0/\omega}).$$

\*) Theorie des Trassierens, Heft II, S. 26.

\*) Teknisk tidskrift 1912, Väg och Vatten S. 30.

Der Unterschied zwischen M und Z ist die Kraft, die auf dem Wege dl die Geschwindigkeit von v auf v - dv vermindert. Die Arbeit dieser Kraft (M - Z) dl ist gleich dem Verluste an lebendiger Kraft  $\frac{W}{2g}(v^2 - (v - dv)^2)$  oder

$$(M - Z) dl = \frac{W}{g} v \cdot dv.$$

Setzt man die Werte für M und Z ein, so erhält man

$$\left( W(\omega + s_1) - W(\omega + s_0) \frac{v_0}{v} \right) dl = \frac{W}{g} v \cdot dv \text{ oder}$$

$$l_1 = \int_{v_0}^{v_1} \frac{v \cdot dv}{g} \frac{1}{(\omega + s_1) - \frac{(\omega + s_0)}{v} v_0}.$$

Dieses Integral löst Sparr, indem er  $\frac{\omega + s_0}{\omega + s_1} v_0 = a$

und  $v = x + a$  setzt und er erhält schliesslich

$$\text{Gl. 2) } l_1 = \frac{1}{g(\omega + s_1)} \left[ \frac{v_1^2 - v_0^2}{2} + a(v_1 - v_0) + a_2 \ln \frac{v_1 - a}{v_0 - a} \right].$$

Für  $\omega = 0,0023$  wird  $l_1 = 710$  m, also etwa ein Drittel des obigen Wertes.

Nun trifft die Annahme, dass Zv unveränderlich sei, nicht völlig zu, da sie die Zugkraft für die größeren Anfangsgeschwindigkeiten auf der Steigung zu klein gibt, und daher zu ungünstig wirkt.

Die Annahme ist ausgedrückt durch die bekannte Gleichung  $Z = \frac{75 N^*}{v}$ ; sie setzt voraus, dass die Leistung der Lokomotive in PS bei jeder Geschwindigkeit dieselbe bleibe. Bei abnehmender Geschwindigkeit sinkt jedoch die Kesselleistung. Die Zugkraft kann zwar durch allmähliche Vergrößerung der Zylinderfüllung gesteigert werden, aber nicht im umgekehrten Verhältnisse zur Geschwindigkeit. Man kann  $N = cH\sqrt{v}$  setzen, wenn H die Heizfläche des Lokomotivkessels in qm und c eine von der Bauart und von der Beschaffenheit der Lokomotive abhängende Wert ist\*\*). Setzt man N in die vorige Gleichung ein, so ergibt sich  $Z = c : \sqrt{v}$ , eine auch von Grove, Kaven, v. Borries und anderen angegebene Formel. In Wirklichkeit wird sich allerdings die Zugkraft nicht stetig, sondern entsprechend der Einstellung der Steuerung sprung-

\*) Hütte, 20. Auflage, II, S. 774.

\*\*) Rühle von Lilienstern, Hannoversche Zeitschrift für Architektur und Ingenieur-Wesen 1902, S. 288.

weise vergrößern. Diese der Dauerleistung des Kessels entsprechende Annahme ist besonders dann zu Grunde zu legen, wenn die Steigung lang ist, oder wenn die Strecke im weiteren Verlaufe noch besondere Anforderungen an die Lokomotive stellt, wogegen bei kurzen Steigungen und wenn auf die Steigung ein längeres Gefälle folgt, eine etwas grössere Leistung von der Lokomotive verlangt werden kann.

Jedenfalls ist es für vorliegende Zwecke genügend,  $Z_0 \sqrt{v_0} = Z \sqrt{v} = C$  zu setzen; dann wird

$$Z = \frac{W(\omega + s_0) \sqrt{v_0}}{\sqrt{v}}.$$

Führt man die Werte wieder in  $(M - Z) dl = \frac{W}{g} v \cdot dv$ , ein,

$$\text{so erhält man } l_1 = \int_{v_0}^{v_1} \frac{v \cdot dv}{g} \frac{1}{(\omega + s_1) - \frac{(\omega + s_0)}{\sqrt{v}} \sqrt{v_0}}.$$

Setzt man  $g(\omega + s_1) = 2a$ ,  $g(\omega + s_0) \sqrt{v_0} = 2b$  und  $\sqrt{v} = x$ , so erhält man nach umständlicher Integration das Ergebnis

$$\text{Gl. 3) } l_1 = \frac{1}{\sqrt{v_0}} \left[ \frac{ax - b}{12a^2} \left[ 3x^3 + \frac{7b}{a}x^2 + \frac{13b^2}{a^2}x + \frac{25b^3}{a^3} \right] + \frac{1}{a} \ln \left[ 2a(ax - b) \right] \right].$$

Diese Formel ergibt für das obige Beispiel rund  $l_1 = 810$  m. Die Schwäche aller dieser Berechnungen liegt offenbar darin, dass der Einfluss der Geschwindigkeit auf den Zugwiderstand vernachlässigt werden muss, um nicht auf unlösbare Integrale zu stossen. Mag auch dieses Bedenken bestehen und die Annahme über die Veränderlichkeit der Zugkraft mit der Geschwindigkeit nicht unbedingt feststehen, so ist doch für alle Fälle sicher, dass sich die Längen der Anlaufsteigungen wesentlich niedriger ergeben, sobald die Zugkraft als veränderlich eingeführt wird. Die Ausübung wird daher den Formeln, welche die üblichen Lehrbücher über die Länge der Anlaufsteigungen geben, mit berechtigtem Misstrauen entgegnetreten.

In der oben gegebenen maschinentechnischen Beurteilung ist der Verfasser Herrn Direktionsrat Dr.-Ing. Uebelacker für freundliche Unterstützung zu Danke verpflichtet.

## Die Menge der zum Baue eines Tunnels erforderlichen Frischluft.

Dr.-Ing. C. Schubert, Regierungsbaumeister, Stadtbaumeister in Gera, Reuß.

### A) Tatsächlicher Verbrauch.

Die Angaben über die bei einzelnen Tunnelbauten verbrauchten Mengen an Frischluft zeigen ganz erhebliche Verschiedenheiten.

#### Vortrieb mit Prefsluft.

Nach allen Arbeitstellen wurden eingeführt:

|                                                     |                                   |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| am Pfaffensprung . . . . .                          | 0,083 cbm/Sek zum Lüften,         |
|                                                     | 0,117 „ bis 0,133 cbm zum Bohren, |
| am Col-des-Montets, Chamonix-<br>Martigny . . . . . | 1,5 bis 2,5 cbm/Sek zum Lüften,   |

|                                      |                                 |                                             |
|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|
| auf der Südseite des Lötschberges    | 0,347 cbm/Sek ansteigend bis zu | } allein für Lüftung des Vortriebsstollens. |
|                                      | 1,54 „ zum Lüften,              |                                             |
|                                      | 0,914 „ zum Bohren,             |                                             |
| auf der Nordseite des Lötschberges   | 0,372 „ ansteigend bis zu       |                                             |
|                                      | 1,64 „ zum Lüften,              |                                             |
|                                      | 0,484 „ zum Bohren,             |                                             |
| und unmittelbar vor dem Durchschlage | 0,466 „ zum Lüften,             |                                             |
| auf der Südseite des Lötschberges    | 0,466 „ zum Bohren              |                                             |
|                                      | 2,8 „ und für Lokomotiven,      |                                             |
|                                      | zusammen etwa 3,3 cbm/Sek,      |                                             |
| auf der Nordseite des Lötschberges   | 0,479 „ zum Lüften,             |                                             |
|                                      | 2,81 „ zum Bohren               |                                             |
|                                      | zusammen etwa 3,3 cbm/Sek,      |                                             |

|                                            |             |                           |
|--------------------------------------------|-------------|---------------------------|
| im Giersky, Weidenau-Dillenburg, Westfalen | 0,4 cbm/Sek | } allein durch<br>Lüfter. |
| im Tunnel zu Waldwiese, Bettsdorf-Merzig,  |             |                           |
| Lothringen . . . . .                       | 1,5 „       |                           |
| am Bosruck, Nord . . . . .                 | 2,5 „       |                           |
| „ „ „ Süd . . . . .                        | 5,8 „       |                           |
| „ Arlberg . . . . .                        | 5 bis 6 „   |                           |

#### Vortrieb ohne Prefsluft.

Nach allen Arbeitstellen wurden eingeblasen:

|                             |                                              |                                        |
|-----------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|
| im Albula . . . . .         | 1 bis 1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> cbm/Sek, |                                        |
| » Wocheiner, Süd . . . . .  | 2,5 „                                        |                                        |
| » großen Hartberg . . . . . | 2,7 „                                        |                                        |
| » Ricken . . . . .          | 3,5 bis 5 „                                  | während der<br>Grubengasausströmungen, |
| » Karawanken . . . . .      | } 6 cbm/Sek,                                 |                                        |
| » Wocheiner, Nord . . . . . |                                              |                                        |
| » Tauern . . . . .          |                                              | 7 „                                    |

Am Simplon wurden allein nach den Vortriebstellen vor Ort, also durch die Stollenlüftung

|                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| 0,25 bis 2,03 cbm/Sek | im nördlichen Seitenstollen, |
| 0,22 » 2,70 »         | » » » Richtstollen,          |
| 0,30 » 2,91 »         | » » südlichen Seitenstollen, |
| 0,21 » 3,08 »         | » » » Richtstollen           |

gedrückt.

Die Mundlochlüftung führte vor dem Durchschlage

|                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| am Lötchberge, Nord, bis zu | 42 cbm/Sek, |
| » » „ Süd, » »              | 16 „        |
| am Simplon, Nord, » »       | 34,7 „      |
| » » „ Süd, » »              | 33,0 „ ein. |

Für die Lüftung eines einzelnen Aufbruches wurden im Pfaffensprungtunnel . . . 0,03 bis 0,037 cbm/Sek,  
» Wocheinertunnel . . . » » 0,25 „  
» Entwurf für den Rigorosotunnel 1,00 „

für nötig gehalten.

Neuerdings ist man der Ansicht, dass an einer Arbeitstelle vor Ort mindestens 2,5 cbm/Sek Frischluft austreten müssen, während in das Mundloch nach Brandau 30 bis 40 cbm/Sek einzublasen sind. Dementsprechend sah auch der Entwurf des Rigorosotunnels eine Luftmenge von 40 cbm/Sek vor. Diese hohen Zahlen haben aber den gewünschten Erfolg nicht gebracht und sind nicht berechtigt. Am Lötchberge hat man daher die Lüfter im Laufe des Baues gedrosselt und die Luftmenge

|                 |                   |          |
|-----------------|-------------------|----------|
| am Nordende von | 42,00 cbm/Sek auf | 4,52 und |
| » Süd » »       | 16 » »            | 4,63     |

herabgesetzt. Die Begründung dieser Tatsache bleibt einer spätern Abhandlung vorbehalten. Gelegentlich hat man die Luftmenge für den Kopf und die Zeiteinheit angegeben, beispielsweise am Arlberge, wo bis zu 0,45 cbm für jeden Arbeiter in der Minute eingeblasen wurden.

In den vorgenannten Grenzwerten, die tatsächlich beim Baue festgestellt wurden, müsste nun ein Maßstab für die einzuführende Luftmenge erblickt werden. Es ist aber wegen der geringen Zahl der Angaben nicht möglich, brauchbare Beziehungen herauszulesen, da die Ursachen der Luftverschlechterung zu verschiedenartig sind, bei dem einen Baue überhaupt nicht, bei dem andern überwiegend in Erscheinung tretend.

Um hier Gesetze aufstellen zu können, müssen alle Einflüsse auf die Verschlechterung der Luft einzeln berücksichtigt werden.

#### B) Die nach der Bildung von Kohlensäure nötige Menge an Frischluft.

Auf Grund eingehender Untersuchungen kann die Luftbeschaffenheit im Tunnel für schwere Arbeit und dauernden Aufenthalt bei dem Gehalte an Kohlensäure von

0,7 ‰ als vorzüglich und erstrebenswert,

2,0 ‰ als noch zulässig bezeichnet werden,

sofern Wärme, Staub und Wasserdampf ein gewöhnliches Maß nicht überschreiten, und so lange keine besonderen Gase auftreten.

Die wirksamsten Erzeuger von Kohlensäure sind die Arbeiter, die Tiere, das Geleucht, die Sprengstoffe und die Lokomotivfeuerung; von diesen sind die Dampflokomotiven aber beim Baue neuerer Tunnel ausgeschieden, bei kleinen Tunneln sind sie sowieso nicht mehr üblich, bei größeren ist es unzweckmäßig, Rauch und Gase in die Tunnelröhre einzuführen und mit großen Kosten wieder zu beseitigen.

#### B. 1) Vortrieb ohne Sprengstoffe.

Im Mittel beträgt die Menge der entwickelten Kohlensäure

|                                    | in der Stunde | in 24 Stunden |
|------------------------------------|---------------|---------------|
| von einem Tunnelarbeiter . . . . . | 0,03 cbm      | 0,72 cbm,     |
| » » Pferde im Stollen . . . . .    | 0,24 »        | 5,76 »        |
| » einer Rüböllampe . . . . .       | 0,023 »       | 0,55 »        |
| » » Azetylenlampe . . . . .        | 0,015 »       | 0,36 »        |

Ein Pferd gibt somit 16, die Tunnellampe 0,75 und 0,5 mal so viel Kohlensäure ab, wie ein Mensch. Bezeichnet man mit

- $V'$  die zuzuführende Frischluftmenge in cbm/St,  
 a den zulässigen Kohlensäuregehalt des Arbeitsraumes in cbm/cbm nach obigem in den Grenzen 0,0007 und 0,002,  
 b den Kohlensäuregehalt von außen eingeführter Frischluft in cbm/cbm, nach Rietschel rund 0,0004,  
 n die Anzahl der Tunnelarbeiter,  
 $n_1$  » » » Pferde,  
 $n_2$  » » » Grubenlampen,  
 k die mittlere Kohlensäureerzeugung eines Arbeiters in cbm/St, so ist bei gleichmäßiger Erzeugung von Kohlensäure auf der Arbeitstrecke und Azetylenbeleuchtung

$$\text{Gl. 1) } \dots V' = \frac{k(n + 16n_1 + 0,5n_2)}{a - b}$$

#### B. 2) Vortrieb mit Sprengstoff.

Bei 25 ° C Wärme und 760 mm Druck bildet 1 kg Dynamit 0,22 cbm Kohlensäure, bei einem Angriffe mit 10 kg Dynamit werden somit 2,2 cbm frei, das ist das

3,05 fache der Erzeugung durch einen Menschen,

4 bis 6 » » » » eine Grubenlampe

in 24 Stunden.

Die Berechnung der Frischluftmenge geschieht, indem man den Raum ermittelt, auf den sich die Arbeiter verteilen, und diesem die ganze Menge an Kohlensäure gegenüber stellt. Für den Raum, den man zu Grunde legt, ist hinsichtlich der Arbeitstrecke zweckmäßig die Länge vom Ort, unter Um-

ständen nur von der Spitze des Vollaussbruches, bis zum fertig gemauerten Tunnelringe anzusetzen, während vor Ort allein die jeweiligen Verhältnisse maßgebend sind. Sind wenige Arbeiter gleichzeitig an der Vortriebstelle beschäftigt, so kommen nur etwa 10 bis 20 m in Frage, während in großen Tunneln, entsprechend der Vortriebstelle im Gotthardtunnel, mit 90 und 100 m gerechnet werden kann.

Bezeichnet

J den Rauminhalt der Arbeitstrecke in cbm,

C die durch Mensch, Tier, Licht und Sprengung innerhalb 24 Stunden in diesen Raum gebrachte Menge an Kohlensäure in cbm,

$V'' = 86\,400 V$  die in 24 Stunden eingeführte Frischluft in cbm,

dann ist

$$a = \frac{bJ + C + bV''}{J + C + V''}$$

zu setzen, woraus folgt:

$$\text{Gl. 2) } V'' = \frac{C(1-a)}{a-b} - J.$$

**C) Die nach dem Verbrauche von Dynamit nötige Menge an Frischluft.**

Die Sprengstoffe bilden neben Kohlensäure bedeutende Mengen anderer giftiger Gase, so daß die Kohlensäure allein nicht als Maß der Luftverschlechterung angesehen werden darf. Da die Sprenggase außerdem ganz plötzlich und über die Arbeitszeit nicht gleichmäßig verteilt auftreten, so wird man in den meisten Fällen die oben angegebene Bestimmung der Luftmenge aus der Kohlensäure übergehen können und, wie nachstehend gezeigt, die Frischluft allein nach der Menge des aufgewendeten Sprengstoffes bemessen. Schon die verlorene Zeit, die nach jedem Abschießen verstreichen muß, ehe man das Betreten des Vorortes wagen darf, ist ein Grund hierfür.

Die Abhängigkeit zwischen den Mengen der Frischluft und des Sprengstoffes kann man gut an den Verhältnissen des Lötschbergtunnels nachweisen, da hier keine besonders hohe Bergwärme wirkte; diese betrug nur für ganz kurze Zeit auf der Nordseite 27,15° C und auf der Südseite 34,0° C. Textabb. 1 behandelt die Beziehung zwischen Dynamit- und Frischluft-Menge auf der ganzen Arbeitstrecke des Lötschberges, vom Orte bis Vollaussbruch gerechnet. Hierbei bezeichnet

D den täglichen Dynamitverbrauch in kg, V die in der Sekunde,

$V'' = 86\,400 V$  die in 24 Stunden eingeführte Menge an Frischluft aus Bohren, Fahren und Lüften in cbm.

Aus den Werten D als Längen,  $V''$  als Höhen ergab sich auf der Nordseite eine auffallende Strahlenbeziehung, die ihre Entstehung und Bestätigung in den Aufzeichnungen über die Südseite findet.

1. Da kein Grund vorliegt, anzunehmen, daß die Frischluftmenge zum Dynamitverbrauche nicht in geradem Verhältnisse stehe, so liefert die Abhängigkeit eine vom Ursprunge ausgehende gerade Linie zwischen den + und - Zeichen.

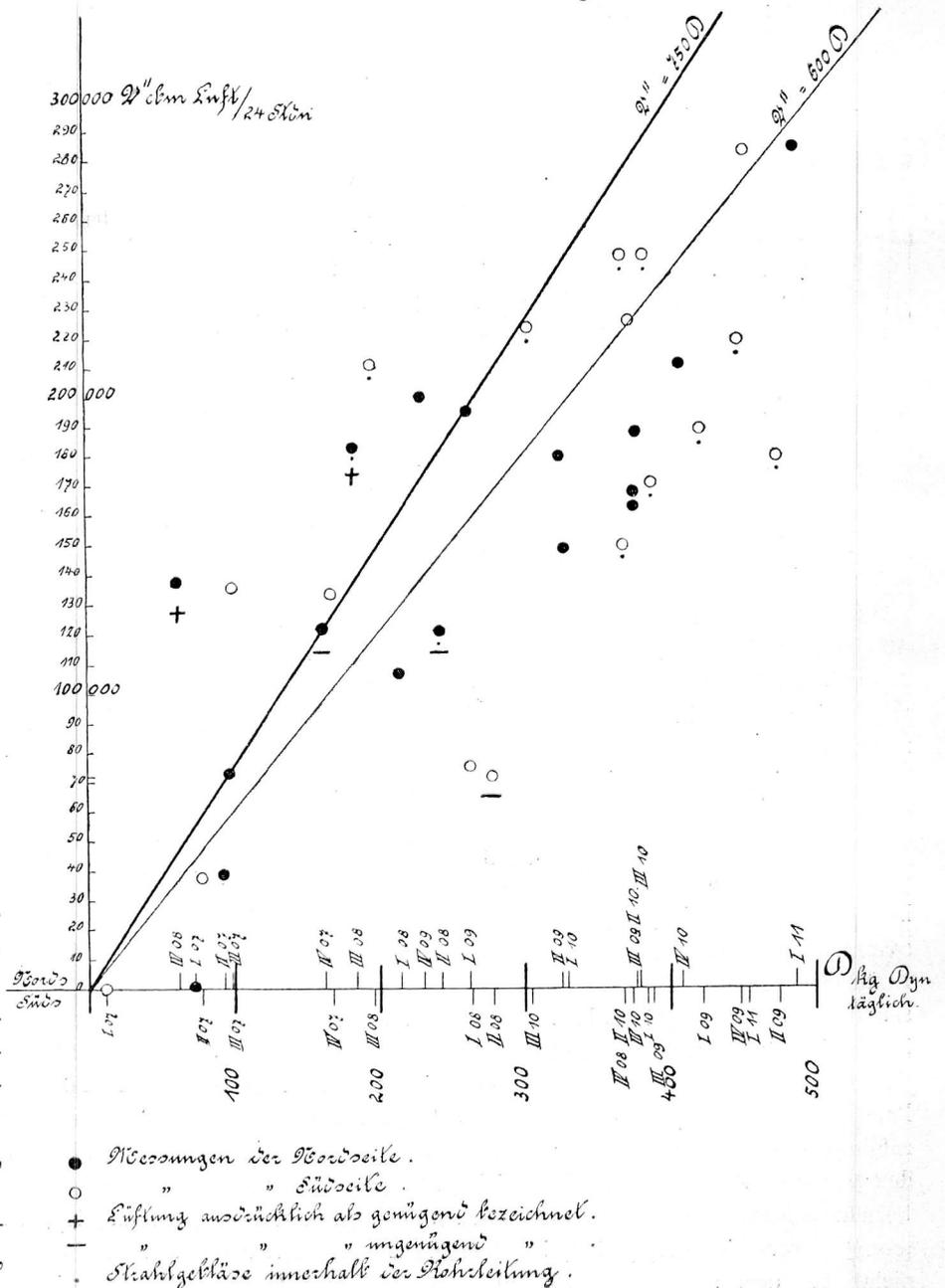
2. Die tatsächlichen Verhältnisse auf der ganzen Arbeitstrecke im Lötschbergtunnel entsprechen der Beziehung

$$V'' = 600 D, \text{ erstrebenswert hingegen ist}$$

$$\text{Gl. 3) } V'' = 800 D.$$

Ebenso ist die Arbeitstelle vor Ort in Textabb. 2 behandelt. Leider war die Aufzeichnung nur bis Ende 1907 möglich, da sich in den folgenden Vierteljahren die durch die

Abb. 1. Beziehung zwischen Dynamitverbrauch und Luftmenge auf der ganzen Arbeitstrecke. Lötschberg.



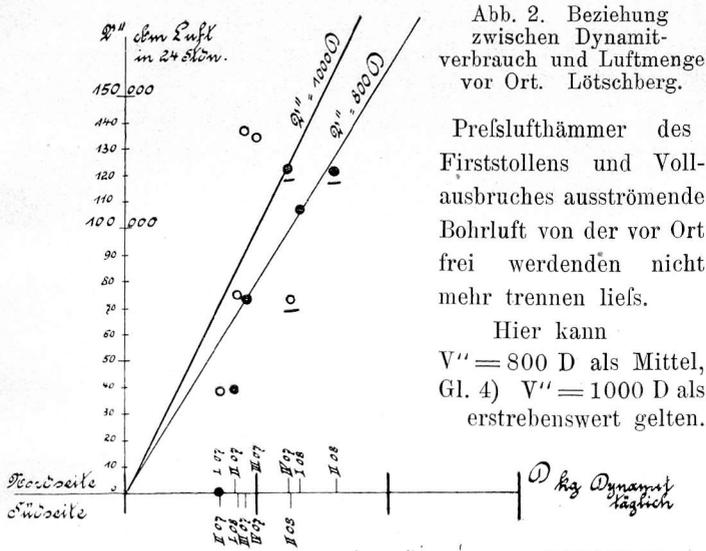


Abb. 2. Beziehung zwischen Dynamitverbrauch und Luftmenge vor Ort. Löttschberg.

Prefslufthammer des Firststollens und Vollausbruches ausströmende Bohrluft von der vor Ort frei werdenden nicht mehr trennen liefs.

Hier kann  $V'' = 800 D$  als Mittel, Gl. 4)  $V'' = 1000 D$  als erstrebenswert gelten.

- $t_1$  die Wärmestufe des Gesteines,
- $t_2$  » » der Frischluft V beim Austritte aus der Leitung,
- $t_s$  » » der Luft, bei der vor Ort während der Schutterung gearbeitet wird.

Sind keine Menschen und Lichter zugegen, so wird unter dem Einflusse der fortgesetzt strahlenden Gesteinswärme  $t_s = t_1$ , wenn die Luft überhaupt nicht bewegt wird, also bei  $V = 0$ . Dieselbe Wärme stellt sich ein, wenn man eine bestimmte Menge V von  $t_1$  einführt. Tritt aber diese Luftmenge V kälter vor Ort aus, so wird  $t_s$  sinken, so das  $t_2 < t_s < t_1$  ist.

Bei zwei bestimmten Wärmestufen  $t_1$  und  $t_2$  wird zu jeder Luftmenge V ein bestimmtes Verhältnis  $(t_s - t_2) : (t_1 - t_2)$  gehören, das mit wachsendem V kleiner, mit fallendem V aber größer wird.

1. Für den Grenzwert  $V = 0$  muß der Ausdruck  $(t_s - t_2) : (t_1 - t_2) = 1$ , also  $t_s = t_1$  werden.

2. Für  $V = \infty$  wird  $(t_s - t_2) : (t_1 - t_2) = 0$ , oder wenigstens nahezu gleich Null.

Es wurde daher versucht, ein Gesetz zu finden, indem V als Länge,  $(t_s - t_2) : (t_1 - t_2)$  als Höhe aufgetragen wurde. Dies geschah für die Nordseite des Simplontunnels in Textabb. 3. Die Höhen sind um so verschiedener, je kleiner V ist, für  $V = \infty$  scheinen sie sich dem Werte «Null» zu nähern. Vergleichsweise sind in Textabb. 4 die entsprechenden Werte der Südseite und des Löttschbergtunnels hinzugekommen, wobei die in den Vierteljahresberichten des letztern als «Lufttemperatur vor Ort» mitgeteilten Werte als Schutterungswärme aufgefaßt wurden.

Den obigen Voraussetzungen gemäß ist nun, solange man den Einfluß der Arbeitswärme ausschaltet, als Mittellinie der aufgetragenen Punkte ein Gesetz zu erwarten, für das

- 1. bei  $V = 0$   $(t_s - t_2) : (t_1 - t_2) = 1$ ,
- 2. bei  $V = \infty$   $(t_s - t_2) : (t_1 - t_2) = 0$

wird, dessen Darstellung also entsprechend einer logarithmischen oder Exponentiallinie aus dem Unendlichen der negativen Längen kommt, die Höhenachse in 1 schneidet und die positive Längenachse im Unendlichen berührt.

Dafs die Punkte sich einer solchen Linie nicht anreihen, kann seinen Grund nur in der Einwirkung der von Arbeitern und Lampen abgegebenen Wärme haben, die um so mehr in Erscheinung tritt, je kleiner V ist. Dieser Einfluß ist um so größer, je tiefer  $t_s$  liegt, denn eine Luftwärme, die beispielsweise um  $30^\circ$  niedriger ist, als die Körperwärme, wird sich durch

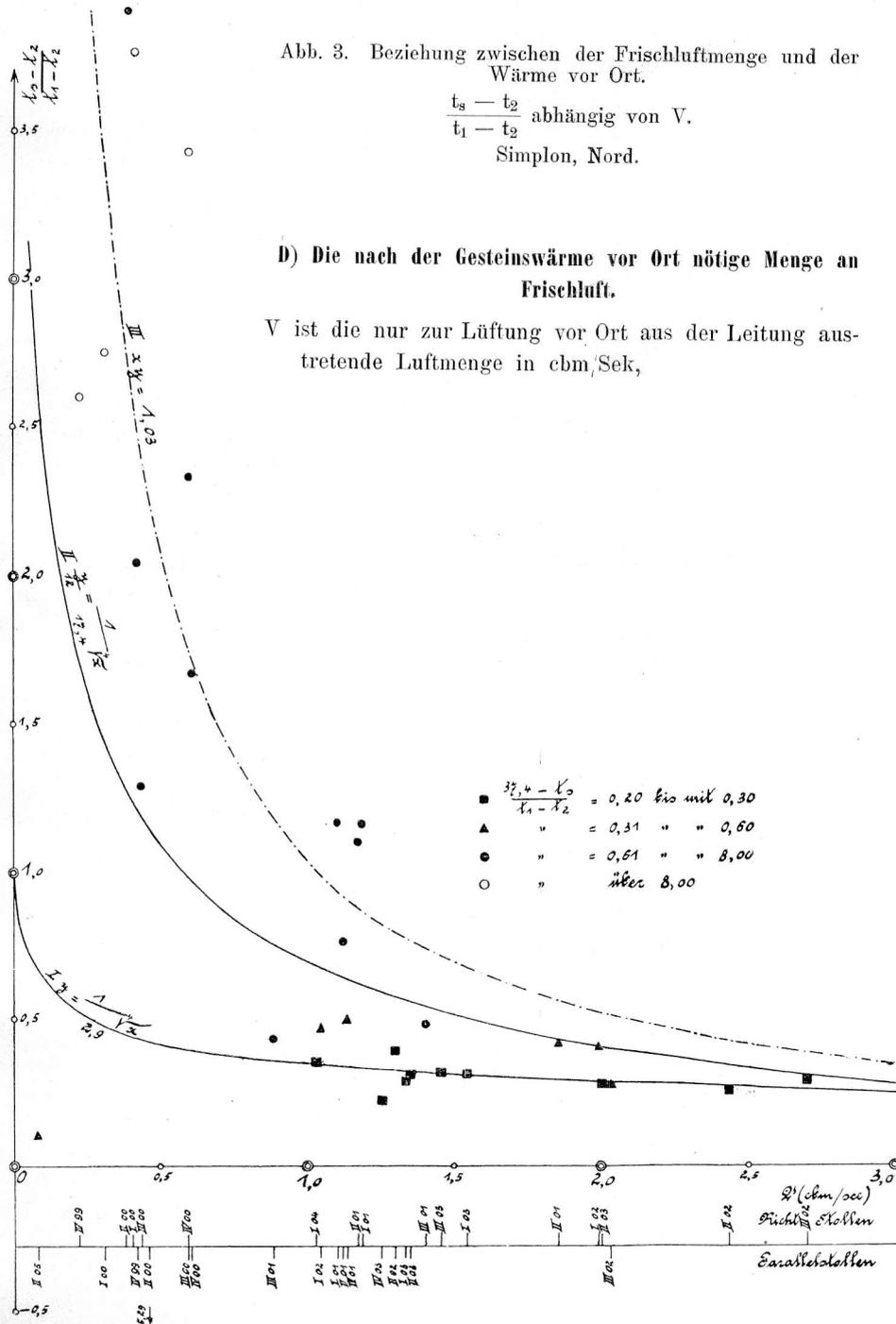


Abb. 3. Beziehung zwischen der Frischluftmenge und der Wärme vor Ort.

$\frac{t_s - t_2}{t_1 - t_2}$  abhängig von V.  
Simplon, Nord.

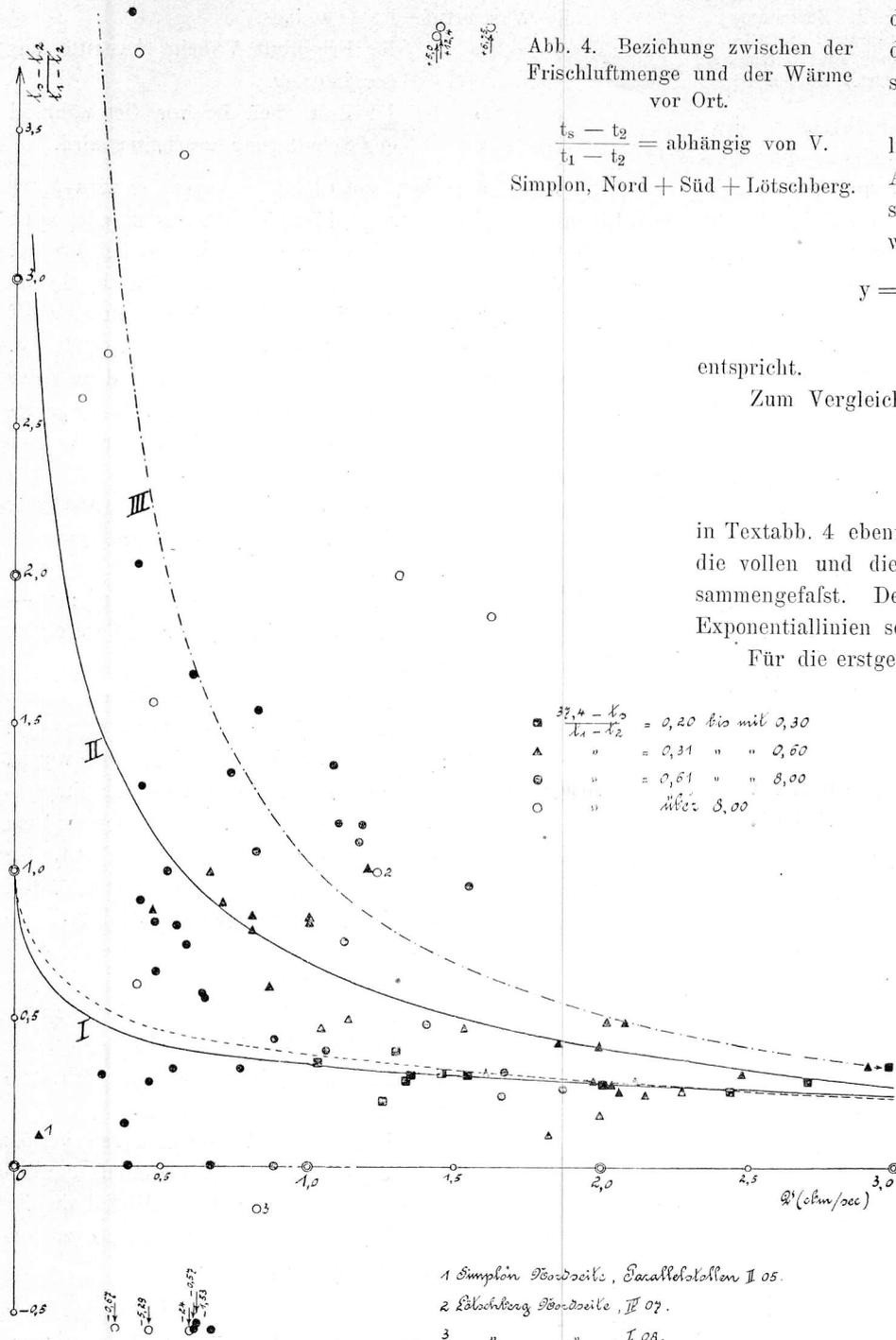
**D) Die nach der Gesteinswärme vor Ort nötige Menge an Frischluft.**

V ist die nur zur Lüftung vor Ort aus der Leitung austretende Luftmenge in cbm/Sek,

- $\frac{t_s - t_2}{t_1 - t_2} = 0,20$  bis mit  $0,30$
- ▲ " " =  $0,31$  " "  $0,60$
- " " =  $0,61$  " "  $8,00$
- " " über  $8,00$

Abb. 4. Beziehung zwischen der Frischluftmenge und der Wärme vor Ort.

$\frac{t_s - t_2}{t_1 - t_2} = \text{abhängig von } V.$   
Simplon, Nord + Süd + Lötschberg.



die  $(37,4 - t_s) : (t_1 - t_2) = 0$  wird, für die der Einfluss der menschlichen Wärme verschwindet.

Das trifft zu, wenn  $t_s$  nahe bei  $37,4^\circ$  liegt, oder wenn  $t_1$  außerordentlich hoch ist. Als Sammellinie aller Gevierte wurde die schwarz eingetragene Exponentiallinie I gewählt, die der Gleichung

$$y = \frac{1}{\sqrt[4]{x}}; \frac{t_s - t_2}{t_1 - t_2} = \frac{1}{\sqrt[4]{V}}$$

2,9                      2,9

entspricht.

Zum Vergleiche ist die Linie II

$$y = \frac{1}{\sqrt[3]{x}}$$

a

in Textabb. 4 ebenfalls eingetragen. Ferner sind die Dreiecke, die vollen und die offenen Kreise auch zu Sammellinien zusammengefasst. Der vorigen entsprechend müssten sie ebenfalls Exponentiallinien sein.

Für die erstgenannte Gruppe ergab sich als die passendste die logarithmische Linie II (Textabb. 3)

$$\frac{y}{12} = \frac{1}{\sqrt[4]{x}} \left| \frac{(t_s - t_2)}{12(t_1 - t_2)} = \frac{1}{\sqrt[4]{V}} \right.$$

17,4                      17,4

Die Linie der Vollkreise müsste auch einen reellen endlichen Schnitt mit der y-Achse haben, die vorliegenden Punktwerte deuten aber darauf hin, dass er sehr weit entfernt liegt. Man ist daher berechtigt, eine Linie anzunehmen, die die beiden Achsen zu Asymptoten hat, nämlich die Hyperbel III (Textabb. 3)

$$xy = 1,03 = 1,06^2.$$

Endlich geben die offenen Kreise die Hyperbel

$$xy = 1,56 = 1,25^2.$$

Da der Bereich dieser Punkte zu groß und zu unbestimmt ist, kann man diese Linie nicht für zahlenmäßige Auswertungen verwenden, sie ist daher nicht eingetragen.

Durch nähere Betrachtung der Text-

abb. 3 und 4 kann man einige wichtige Sätze ableiten, deren hauptsächlichste hier folgen.

Ist  $t_1 < t_2$  und sind Menschen und Lichter zugegen, so liegen die Punkte, für die V einen endlichen Wert hat,

zwischen der x-Achse und der Linie I, wenn  $t_s < t_2$ ,

auf " " " " , wenn  $t_s = t_2$ ,

unter " " " " »  $t_s > t_2$ .

Im zweiten Falle bleibt hiernach der Ausdruck  $(t_s - t_2) : (t_1 - t_2)$  stets unveränderlich und zwar gleich Null, selbst wenn man V ändert. Ferner liefern die Vierteljahre, in denen bei  $t_1 < t_2$   $t_s = t_2$  gemessen wurde, ein Maß für den Einfluss der von Menschen und Lichtern abgegebenen Wärme. Diese erzeugten auf der Nordseite des Lötschbergtunnels

Menschen mehr erhöhen, als eine nur um  $10^\circ$  niedrigere. Ferner verschwindet dieser Einfluss um so mehr, je größer die vom Gebirge ausgestrahlte Wärmemenge, je größer also  $t_1 - t_2$  ist.

Aus Textabb. 3 und 4 erhält man nun brauchbare Beziehungen, wenn man alle Punkte mit einem Werte  $(37,4 - t_s) : (t_1 - t_2)$  belastet, worin  $37,4^\circ$  die Körperwärme der Tunnelarbeiter ist.

Die mit offenen Kreisen bezeichneten Punkte, für die  $(37,4 - t_s) : (t_1 - t_2)$  am größten wird, kennzeichnen die bedeutendsten Abweichungen, während die ausgefüllten Kreise, Dreiecke und besonders die Gevierte nur wenig von der angedeuteten Exponentiallinie abweichen. Die Linie der Gevierte kann daher als der geometrische Ort der Punkte gelten, für

im zweiten Vierteljahre 1907

bei  $t_1 = 8^\circ \text{ C}$   $t_s = t_2 = 12^\circ \text{ C}$ ,

im dritten Vierteljahre 1907

bei  $t_1 = 8^\circ \text{ C}$   $t_s = t_2 = 11,7^\circ \text{ C}$ ,

im zweiten Vierteljahre 1908

bei  $t_1 = 9,5^\circ \text{ C}$   $t_s = t_2 = 13^\circ \text{ C}$ .

Hiernach gelangt man zu folgenden Schlüssen:

- I. Die Wärme des Luftraumes vor Ort erfährt durch Hinzutritt von Arbeitern und Geleucht eine Erhöhung, solange sie unter  $37,4^\circ \text{ C}$  liegt.
- II. Diese Erhöhung kann bei  $t_1 = 8^\circ$  mit  $4^\circ$  angegeben werden, sie wird sich, wenn  $t_1$  auf  $37,4^\circ$  steigt, dem Werte Null nähern.
- III. Wird Frischluft zugeführt, so bewirkt sie bei Anwesenheit von Arbeitern mit Grubenlampen nur eine Wärmeänderung, solange  $t_2 < t_1$  oder, wenn  $t_2 > t_1$ , solange  $t_2$  um ein erhebliches Maß, etwa  $5^\circ$ , höher ist, als  $t_1$ . Liegt  $t_2$  nur wenig über  $t_1$ , ist beispielsweise  $t_1 = 23^\circ$

und  $t_2 = 25^\circ$ , so tritt der Fall ein, daß die Luftzufuhr vollständig ohne Einfluß auf die Wärme vor Ort ist.

- IV. Da in den meisten Fällen  $t_2$  unter  $t_1$  liegt, so wird im Allgemeinen der Einfluß von V bei niedriger Gesteinswärme am größten sein. Bei ganz großem  $t_2$  wird V wirkungslos. Das zeigt sich nach Textabb. 3 und 4 schon von  $V = 1,5 \text{ cbm/Sek}$  an, sicher bei  $V = 2,0 \text{ cbm/Sek}$  und darüber.

Diese Grenze wird festgelegt durch die beiden Gleichungen

Gl. 5)  $\frac{t_s - t_2}{t_1 - t_2} \leq 0,30$  und

Gl. 6)  $\frac{37,4 - t_s}{t_1 - t_2} \leq 0,30$ .

Mit dem Werte aus Gl. 6)  $t_1 - t_2 \geq \frac{37,4 - t_s}{0,30}$

ergibt Gl. 5)  $\frac{(t_s - t_2) \cdot 0,30}{37,4 - t_s} \leq 0,30$ ,  $t_s - t_2 \leq 37,4 - t_s$ ,  
 $t_s \leq \frac{37,4 + t_2}{2}$ .

Zusammenstellung I.

Vor Ort einzuführende Frischluftmenge V in cbm/Sek aus Gesteinswärme  $t_1$  und Austrittswärme  $t_2$  für Schutterungswärme  $t_s$  zwischen  $20$  und  $30^\circ \text{ C}$ .

| $t_1$ | $t_2$ | $t_s = 20$ bis $30^\circ$ |       |      |      |       |      |        | $t_1$ | $t_2$ | $t_s = 20$ bis $30^\circ$ |      |      |      |      |      |      |
|-------|-------|---------------------------|-------|------|------|-------|------|--------|-------|-------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
|       |       | V                         | V     | V    | V    | V     | V    | V      |       |       | V                         | V    | V    | V    | V    | V    |      |
| 55    | 5,4   | —                         | —     | —    | 0,58 | —     | —    | —      | 30    | 0     | 1,04                      | 0,92 | 0,81 | 0,76 | 0,72 | 0,64 | —    |
|       | 15    | 6,55                      | 4,80  | 3,72 | 3,39 | 2,16  | 1,25 | 0,72   |       | 0,4   | —                         | —    | —    | —    | —    | —    | 0,00 |
|       | 16,3  | 8,18                      | —     | —    | —    | —     | —    | —      |       | 2,4   | —                         | —    | —    | 0,78 | —    | —    | —    |
|       | 20    | —                         | 12,39 | 7,08 | 5,81 | 4,88  | 3,69 | 1,90   |       | 5     | 1,72                      | 1,52 | 0,87 | 0,81 | 0,75 | 0,65 | —    |
|       | 25    | —                         | —     | —    | —    | 17,98 | 7,90 | 7,95   |       | 10    | 2,06                      | 1,72 | 1,47 | 1,37 | 0,81 | 0,68 | —    |
|       | 25,4  | —                         | —     | —    | —    | —     | —    | 9,36   |       | 13,6  | —                         | —    | —    | —    | —    | —    | 0,57 |
| 50    | 0,4   | —                         | —     | —    | 0,19 | —     | —    | —      | 25    | 15    | 3,09                      | 2,21 | 1,72 | 1,54 | 1,40 | 1,19 | —    |
|       | 11,3  | 3,72                      | —     | —    | —    | —     | —    | —      |       | 20    | —                         | 5,15 | 2,58 | 2,06 | 1,72 | 1,29 | —    |
|       | 15    | 5,81                      | 4,20  | 3,28 | 2,96 | 2,66  | 0,75 | 0,40   |       | 25    | —                         | —    | —    | —    | 5,15 | 1,72 | —    |
|       | 20    | —                         | 10,96 | 6,15 | 5,02 | 4,20  | 3,13 | 1,12   |       | 28,28 | —                         | —    | —    | —    | —    | —    | 1,03 |
|       | 20,4  | —                         | —     | —    | —    | —     | —    | 1,25   |       | 0     | 1,29                      | 1,17 | 0,61 | —    | —    | —    | —    |
|       | 22,4  | —                         | —     | —    | 8,35 | —     | —    | —      |       | 4,1   | —                         | —    | —    | —    | —    | —    | 0,46 |
| 45    | 25    | —                         | —     | —    | —    | 15,84 | 6,76 | 5,15   | 5     | 1,37  | 1,21                      | 1,08 | —    | —    | —    | —    |      |
|       | 6,3   | 2,31                      | —     | —    | —    | —     | —    | —      | 8,6   | —     | —                         | —    | —    | —    | —    | 0,36 |      |
|       | 15    | 5,02                      | 3,61  | 2,79 | 2,46 | 2,22  | 1,82 | 0,18   | 10    | 1,54  | 1,29                      | 1,10 | —    | —    | —    | —    |      |
|       | 15,4  | —                         | —     | —    | —    | —     | —    | 0,20   | 15    | 2,06  | 1,47                      | 1,14 | —    | —    | —    | —    |      |
|       | 17,4  | —                         | —     | —    | 3,03 | —     | —    | —      | 20    | —     | 2,57                      | 1,29 | —    | —    | —    | —    |      |
|       | 20    | —                         | 12,88 | 5,24 | 4,20 | 3,50  | 2,59 | 0,55   | 22 12 | —     | —                         | —    | —    | 1,03 | —    | —    |      |
| 40    | 25    | —                         | —     | —    | —    | 13,62 | 5,52 | 3,39   | 22 35 | —     | —                         | —    | —    | —    | 0,72 | —    |      |
|       | 28,6  | —                         | —     | —    | —    | —     | —    | 8,94   | 22 81 | —     | —                         | —    | —    | —    | —    | 0,44 |      |
|       | 1,3   | 1,61                      | —     | —    | —    | —     | —    | —      | 23 28 | —     | —                         | —    | —    | —    | —    | 0,26 |      |
|       | 10    | 2,46                      | 2,02  | 1,66 | 1,54 | 1,42  | 1,21 | 0,02   | 3,6   | —     | —                         | —    | —    | —    | —    | 0,25 |      |
|       | 10,4  | —                         | —     | —    | —    | —     | —    | 0,02   | 15,95 | 1,03  | —                         | —    | —    | —    | —    | —    |      |
|       | 12,4  | —                         | —     | —    | —    | —     | —    | —      | 16,42 | —     | 0,66                      | —    | —    | —    | —    | —    |      |
| 35    | 15    | 5,15                      | 3,68  | 2,28 | 2,02 | 1,80  | 1,46 | 0,05   | 16,88 | —     | —                         | 0,45 | —    | —    | —    | —    |      |
|       | 20    | —                         | 10,3  | 5,15 | 4,12 | 2,79  | 2,02 | 1,54   | 17,12 | —     | —                         | —    | 0,38 | —    | —    | —    |      |
|       | 23,6  | —                         | —     | —    | —    | —     | —    | 2,07   | 17,35 | —     | —                         | —    | —    | 0,32 | —    | —    |      |
|       | 25    | —                         | —     | —    | —    | 15,45 | 5,15 | 2,46   | 17,81 | —     | —                         | —    | —    | —    | 0,22 | —    |      |
|       | 5     | 1,54                      | 1,30  | 1,12 | 1,04 | 0,98  | 0,86 | 0,0008 | 18 28 | —     | —                         | —    | —    | —    | —    | 0,15 |      |
|       | 5,4   | —                         | —     | —    | —    | —     | —    | 0,0009 | 10,95 | 0,46  | —                         | —    | —    | —    | —    | —    |      |
| 30    | 7,4   | —                         | —     | —    | 1,12 | —     | —    | —      | 11,42 | —     | 0,35                      | —    | —    | —    | —    | —    |      |
|       | 10    | 2,57                      | 2,15  | 1,32 | 1,21 | 1,12  | 0,94 | 0,002  | 11 88 | —     | —                         | 0,27 | —    | —    | —    | —    |      |
|       | 15    | 4,12                      | 2,94  | 2,29 | 2,06 | 1,35  | 1,08 | 0,89   | 12 12 | —     | —                         | —    | 0,23 | —    | —    | —    |      |
|       | 18,6  | —                         | —     | —    | —    | —     | —    | —      | 12 35 | —     | —                         | —    | —    | 0,20 | —    | —    |      |
|       | 20    | —                         | 7,72  | 3,86 | 3,09 | 2,57  | 1,93 | 1,04   | 12 81 | —     | —                         | —    | —    | —    | 0,15 | —    |      |
|       | 25    | —                         | —     | —    | —    | 10,3  | 3,43 | 2,06   | 13 28 | —     | —                         | —    | —    | —    | —    | 0,11 |      |
| 25    | 5,95  | 0,30                      | —     | —    | —    | —     | —    | —      | 10    | 5,95  | 0,30                      | —    | —    | —    | —    | —    |      |
|       | 6,42  | —                         | 0,24  | —    | —    | —     | —    | —      | 6,42  | —     | —                         | 0,24 | —    | —    | —    | —    |      |
|       | 6,88  | —                         | —     | 0,19 | —    | —     | —    | —      | 0,99  | —     | —                         | —    | —    | —    | —    | —    |      |
|       | 7,12  | —                         | —     | —    | 0,17 | —     | —    | —      | 6,88  | —     | —                         | 0,19 | —    | —    | —    | —    |      |
|       | 7,35  | —                         | —     | —    | —    | 0,15  | —    | —      | 7,12  | —     | —                         | —    | 0,17 | —    | —    | —    |      |
|       | 7 81  | —                         | —     | —    | —    | —     | 0,11 | —      | 7,35  | —     | —                         | —    | —    | 0,15 | —    | —    |      |
| 8,28  | —     | —                         | —     | —    | —    | —     | 0,08 | 8,28   | —     | —     | —                         | —    | —    | 0,11 | —    |      |      |

Sobald demnach  $t_3$  bei hoher Gesteinswärme in der Mitte zwischen  $t_2$  und  $37,4^\circ\text{C}$  liegt, hat eine Vergrößerung der Frischluftmenge über  $1,5\text{ cbm/Sek}$  hinaus keinen Einfluß mehr. Soll beispielsweise  $t_3 = 30^\circ\text{C}$  nicht überschritten werden, so darf  $t_2$  höchstens  $23^\circ$  betragen, wenn  $V$  noch kühlend wirken soll.

Es ist erklärlich, daß die Punkte der Textabb. 3 und 4 teilweise bedeutend von den eingezeichneten Linien abweichen. Dieser Umstand ist zunächst in der wechselnden Feuchtigkeit der Stollwände begründet. Die Sohle kann trocken oder vollständig überschwemmt gewesen sein, oder es kann künstliche Berieselung stattgefunden haben, wie beispielsweise im zweiten Vierteljahre 1905 im nördlichen Seitenstollen des Simplontunnels. Dann aber wird es nicht möglich gewesen sein, alle Messungen stets an derselben Stelle vorzunehmen. Besonders die Wärme  $t_3$  dürfte sich bedeutend ändern, wenn man sie nicht in der Nähe der Stollenbrust, sondern bei der Ausmündung der Frischluft mißt.

Die Ergebnisse der Textabb. 4 sind nun in der mitgeteilten Form nicht zu verwerten, schon deswegen nicht, weil die Gleichungen durch logarithmische Rechnung sehr un bequem werden. Ferner könnte man das gesuchte  $V$  nur durch Versuche zwischen den vier Einflußgrößen  $(37,4 - t_3) : (t_1 - t_2)$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  ermitteln. Daher ist auf Grund der Textabb. 4 in dem angegebenen Sinne die Zusammenstellung I aufgestellt, die alle Werte in übersichtlicher Form bietet.

Für eine bestimmte Schutterungswärme wurden alle möglichen  $t_1$  und  $t_2$  zusammen gestellt und die Werte  $t_1 - t_2$  gebildet. Hiernach liefs sich das Gebiet der Linie ermitteln und  $V$  nach der entsprechenden Gleichung ausrechnen. Beispielsweise wird für  $t_3 = 25^\circ$ ,  $t_1 = 35^\circ$  und  $t_2 = 20^\circ$ ,  $t_1 - t_2 = 15^\circ$  und  $(37,4 - t_3) : (t_1 - t_2) = 12,4 : 15 = 0,83$ .

Da dieser letzte Wert größer als 0,60 ist, mußte  $V$  nach der Linie III (Textabb. 3) berechnet werden:

$$(5 : 15) \cdot V = 1,03 ; V = 3,09\text{ cbm/Sek.}$$

Außer den von  $5$  zu  $5^\circ\text{C}$  abgestuften Werten  $t_2$  sind noch einige Wärmestufen der Frischluft aufgenommen, für die die Linien I, II und III nicht Sammellinien, sondern tatsächlich geometrische Orte darstellen, das heißt, für die  $(37,4 - t_3) : (t_1 - t_2)$  gleich  $0,25$ ,  $0,45$  und  $4,3$  ist. Sie sind durch kleinere Schrift kenntlich gemacht. Zusammenstellung I erstreckt sich nun auf die üblichen Schutterungswärmegrade von  $20$  bis  $30^\circ$ , für die eine Berechnung der Luftmenge aus der Gesteinswärme durchzuführen ist. Schutterungswärmegrade über  $30^\circ$  sind durch andere Hilfsmittel, wie Wasserkühlung, zu zwingen.

## Statische und dynamische Oberbau-Beanspruchungen.

Dr. Heinrich Pihera, Ingenieur der Aufsig-Teplitzer Eisenbahn-Gesellschaft.

### Berichtigung.

Auf Seite 164, Organ 1914, rechte Spalte, Absatz 5, muß es statt  $M_{gr} = (1 + \kappa) 0,35\text{ Pa}$  richtig heißen:  $M_{gr} = \frac{1}{1 - \frac{\kappa}{2}} 0,39\text{ Pa}$ , ferner in der Fußnote auf Seite 165 statt  $M_{gr} = (1 + \kappa) \frac{1}{3} \sqrt[6]{\gamma}\text{ Pa}$  richtig  $M_{gr} = (1 + \kappa) \frac{1}{3} \sqrt[6]{\gamma} \cdot \text{Pa}$ .

### Spiegelfelder.

Becker, Bahnmeister in Worms a. Rh.

Um den Fahrdienstleiter über die Besetzung der Strecken zu unterrichten, dienen Gleichstrom-Spiegelfelder, wo das durch den Streckenblock nicht ohne Weiteres möglich ist. Sie werden mit Stromschleifern an die Streckenblockfelder geschaltet und stimmen in ihrer Farbe mit den letzteren überein.

Die Benutzung der Zusammenstellung I ist die folgende.

Vorgeschrieben sei eine Luftwärme vor Ort von höchstens  $26^\circ\text{C}$ . Nach der geologischen Voraussage sei eine Gesteinswärme von  $t_1 = 40^\circ$  zu erwarten. Nach anderweiten Erfahrungen kann weiter angenommen werden, daß die Frischluft vor Ort mit  $t_2 = 20^\circ$  austritt. Dann sucht man in Zusammenstellung I in der ersten Spalte  $t_1 = 40^\circ$ , in der zweiten das dazu gehörige  $t_2 = 20^\circ$ , und findet unter  $t_3 = 26^\circ$  in der 7. Spalte  $V = 2,79\text{ cbm/Sek}$ .

Die Höhe der Wärme  $t_2$ , mit der die Frischluft vor Ort austritt, braucht nach den Angaben über den Simplontunnel nicht über  $20$  bis  $25^\circ\text{C}$  angenommen zu werden, auch am Lötschberge hielt sie sich unter diesen Werten, denn auf der Nordseite war  $t_2 = 7,6$  bis  $22,3^\circ\text{C}$ , bei  $t_1 = 8,0$  bis  $27,15^\circ\text{C}$ , auf der Südseite  $t_2 < 10^\circ\text{C}$ , solange  $t_1 < 32,4^\circ\text{C}$  und  $t_2 < 15^\circ\text{C}$ , solange  $t_1 < 34,0^\circ\text{C}$  gemessen wurde.

### E. Beispiel.

Ein Tunnel, in dem  $45^\circ\text{C}$  Gesteinswärme erwartet wird, soll mit Unterstollen vorgetrieben werden. Vor Ort werden  $20$ , im Vollaussbruche und in der Mauerung  $400$  Mann beschäftigt, denen ebenso viele Azetylenlampen zur Verfügung stehen und die täglich vor Ort  $200\text{ kg}$ , im Vollaussbruche  $300\text{ kg}$  Dynamit verschiefen. Die Frischluft komme vor Ort besonders gekühlt mit  $20^\circ\text{C}$  an. Die Wärme der Schutterung sei zu  $28^\circ\text{C}$ , der Gehalt der Luft an Kohlensäure mit Rücksicht auf die hohe Wärme des Gesteines nur zu  $1,5\text{ ‰}$  zugelassen.

Dann folgt  $V$  aus Menge der Kohlensäure nach Gl. 2) vor Ort bei  $500\text{ cbm}$  Arbeitsraum zu  $0,68\text{ cbm/Sek}$  und im Vollaussbruche bei  $50000\text{ cbm}$  Arbeitsraum zu  $5,36\text{ cbm/Sek}$ , aus dem Dynamitverbrauche vor Ort nach Gl. 4) zu  $2,31\text{ cbm/Sek}$ , vor Ort und im Vollaussbruche nach Gl. 3) zu  $4,35\text{ cbm/Sek}$ , aus der Gesteinswärme nach der Zusammenstellung I vor Ort zu  $2,59\text{ cbm/Sek}$ , also muß die Lüftung vor Ort  $2,6\text{ cbm/Sek}$  leisten, während die am Mundloche auf  $2,6 + 5,36 - 0,68$ , also auf  $7,28\text{ cbm/Sek}$  zu bemessen ist. Man wird demnach mit einer Anlage am Mundloche auskommen, die  $10\text{ cbm/Sek}$  fördert, und mit einer Stollenlüftung für  $3\text{ cbm/Sek}$ .

Bei noch höherer Wärme des Gesteines dürfte es zweckmäßig sein, den zulässigen Gehalt der Luft an Kohlensäure auf  $1\text{ ‰}$  herabzusetzen. Man wird dann vor Ort zu Luftmengen gelangen, wie sie am Simplon für nötig befunden wurden, wo mit je zwei bis drei Vortriebstollen gearbeitet wurde, nämlich im Sohl-, Seiten- und First-Stollen.

Die Spiegelfelder werden im Blockbetriebe für folgende Zwecke verwendet:

- als Spiegelfeld für Strecken-Anfang und Endfelder,
- als Melder für Nebenbefeinstellen und
- als Rückmelder der Signalstellung.

Bei den Befehlstellen werden Spiegelfelder für die Strecken-anfangsfelder in der Regel, für Streckenendfelder dann verwendet, wenn der Fahrdienstleiter nicht durch das Zugmeldeverfahren von der Vormeldung in Kenntnis gesetzt wird, ferner auf den Bahnhöfen, wo zwar Abmeldung des Zuges stattfindet, aber die letzte Zugfolgestelle eine Blockstelle ist. Ferner kann der Fahrdienstleiter auf größeren Bahnhöfen nicht immer den Block an der Befehlstelle selbst bedienen. In solchen Fällen wird eine Nebenbefehlstelle eingerichtet, von der aus der Fahrdienstleiter seine Aufträge auf elektrischem Wege der Befehlstelle übermittelt. Bei diesen Nebenbefehlstellen wird ihm unter Verwendung von Spiegelfeldern als Melder angezeigt, ob sein Auftrag in der Befehlstelle eingegangen, und wenn die Erlaubnis zurückgegeben ist.

Als Rückmelder für Signalstellung durch Flügelschluss finden bei dem Fahrdienstleiter oder im Stellwerke die Spiegelfelder da Verwendung, wenn die Signale von der Bedienungstelle oder dem Bahnsteige aus nicht zu erkennen sind. Die Farbe des Fensters zeigt an, ob das Signal auf «Fahrt» oder «Halt» steht. Die Spiegelfelder sind bei geringem Stromverbrauche für Ruhe- und Arbeit-Strom verwendbar.

Textabb. 1 zeigt die Ansicht, Textabb. 2 das Innere eines Gleichstromspiegelfeldes mit Ortstromschließer der Siemens und Halske Aktiengesellschaft in Berlin. Dieses und das ähnliche Spiegelfeld der von C. Lorenz, Aktiengesellschaft in Berlin sind als Ein-

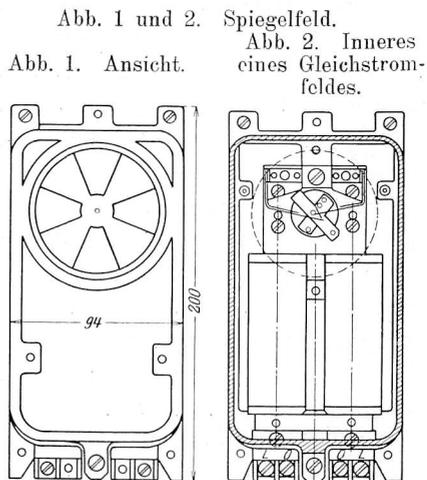


Abb. 1 und 2. Spiegelfeld.  
Abb. 1. Ansicht. Abb. 2. Inneres eines Gleichstromfeldes.

heitsformen bei den preussisch-hessischen Staatsbahnen in Verwendung.

Das Spiegelfeld besteht aus einem auf einer Grundplatte befestigten, doppelpoligen Magnet, zwischen dessen Polschuhen ein Anker drehbar gelagert ist. Bei Erregung des Magneten bewegt sich der Anker und damit eine auf ihm befestigte Farbscheibe im Sinne des Uhrzeigers, wodurch die Verwandlung des Fensters eintritt. Gleichzeitig können durch diese Bewegung die Federn eines Ortstromschließers bewegt werden.

Bei Unterbrechung der Magnetwirkung wird der Anker durch ein Gegengewicht an der Farbscheibe in die Grundstellung zurückgeführt.

Die Farbscheibe ist auf den Anker gesteckt, so daß die Reinigung des Stromschließers und Ankers möglich ist, ohne Befestigungsteile zu lösen, oder die als Lager für den Anker dienende Metallbrücke abzunehmen.

Um falsches Aufsetzen der Farbscheibe auszuschließen, haben die beiden Befestigungsstifte und die Löcher im Anker verschiedene Durchmesser.

Zur Verwendung des Spiegelfeldes für Ruhe- und Arbeit-Strom ist die achteckige Blechplatte über der Farbscheibe abziehbar und mit vier Stiften versehen; je nachdem hiervon das eine oder andere Paar in die auf der Grundplatte befestigten geschlitzten Rohre gesteckt wird, erscheint bei Ruhe- oder bei Arbeit-Strom das weiße Feld.

Das Spiegelfeld ist durch ein gußeisernes Gehäuse geschützt, dessen Deckel nach Lösen einer für Bleisiegel eingerichteten Schraube abgenommen werden kann. Die Leitungsanschlüsse werden mit Klemmschrauben L und O am untern Ende der Grundplatte befestigt.

Die Anlage arbeitet bei einem Felde mit zwei Meidinger-Zellen bis 100 Ohm Widerstand. Außer in den angeführten Fällen kann das Spiegelfeld auch als Nachahmer für Drehscheiben und andere Betriebseinrichtungen verwendet werden.

## Bericht über die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

### Allgemeine Beschreibungen und Vorarbeiten.

#### Die Kohlenvorräte der Erde.

(Génie civil, Februar 1914, Nr. 17, S. 337.)

Der 12. zwischenstaatlichen Geologen-Versammlung im August 1913 in Toronto lag das Ergebnis einer Umfrage über die bekannten, nach Rechnung wahrscheinlich und nach Annahme möglicherweise auf der Erde vorhandenen Kohlenvorräte vor. Die Angaben stammen aus den berufensten Fachkreisen der einzelnen Staaten und sind vollzählig bis auf die Berichte von Grönland, Peru und Brasilien.

Bei der Schätzung des Kohlevorkommens wurde in folgende Klassen unterschieden:

- A Anthrazite,
- B Kohlen mit hohem Bitumen-Gehalte,
- C gasarme langflammige Kohlen,
- D Braunkohlen.

Aus den zahlreichen Zahlentafeln sind folgende Zusammenstellungen bemerkenswert:

#### Zusammenstellung I.

Kohlenvorräte der Erde, soweit sie bekannt, als wahrscheinlich und möglich angenommen sind, in Millionen t.

| Klasse             | A       | B und C | D       | im Ganzen |
|--------------------|---------|---------|---------|-----------|
| Oceanien . . . . . | 659     | 133 481 | 36 270  | 170 410   |
| Asien . . . . .    | 407 637 | 760 098 | 111 851 | 1 279 586 |
| Afrika . . . . .   | 11 662  | 45 123  | 1 054   | 57 839    |

|                     |         |           |           |           |
|---------------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Amerika . . . . .   | 22 542  | 2 271 080 | 2 811 906 | 5 105 528 |
| Europa . . . . .    | 54 346  | 693 162   | 36 682    | 784 190   |
| im Ganzen . . . . . | 496 846 | 3 902 944 | 2 997 763 | 7 397 553 |

#### Zusammenstellung II.

Kohlenvorräte in Europa, soweit sie bekannt, als wahrscheinlich oder möglich angenommen sind, in Millionen t.

| Klasse                              | A      | B und C | D      | im Ganzen |
|-------------------------------------|--------|---------|--------|-----------|
| Belgien . . . . .                   | —      | 11 000  | —      | 11 000    |
| Bulgarien . . . . .                 | —      | 30      | 358    | 388       |
| Dänemark . . . . .                  | —      | —       | 50     | 50        |
| Deutschland . . . . .               | —      | 409 975 | 13 381 | 423 356   |
| Frankreich . . . . .                | 3 271  | 12 680  | 1 632  | 17 583    |
| Griechenland . . . . .              | —      | —       | 40     | 40        |
| Großbritannien und Irland . . . . . | 11 357 | 178 176 | —      | 189 533   |
| Italien . . . . .                   | 144    | —       | 99     | 243       |
| Niederlande . . . . .               | 320    | 4 082   | —      | 4 402     |
| Österreich-Ungarn . . . . .         | —      | 41 095  | 18 174 | 59 269    |
| Portugal . . . . .                  | 20     | —       | —      | 20        |
| Rumänien . . . . .                  | —      | —       | 39     | 39        |
| Rußland . . . . .                   | 37 599 | 20 849  | 1 658  | 60 106    |
| Schweden . . . . .                  | —      | 114     | —      | 114       |
| Serbien . . . . .                   | —      | 45      | 484    | 529       |
| Spitzbergen . . . . .               | —      | 8 750   | —      | 8 750     |
| im Ganzen . . . . .                 | 54 346 | 693 162 | 36 682 | 784 190   |

Die Vorräte in Deutschland, im Ganzen 423 356 Millionen t verteilen sich folgendermaßen:

## Zusammenstellung III.

| Klasse             | Bekannte Lager |         |       | Wahrscheinliche Lager |         |       |
|--------------------|----------------|---------|-------|-----------------------|---------|-------|
|                    | A              | B und C | D     | A                     | B und C | D     |
| Saarbezirk . . .   | —              | 16 548  | —     | —                     | —       | —     |
| Westfalen . . .    | —              | 56 344  | —     | —                     | 157 222 | —     |
| Nieder-Schlesien . | —              | 718     | —     | —                     | 2 226   | —     |
| Ober-Schlesien . . | —              | 10 325  | —     | —                     | 155 662 | —     |
| Sachsen . . . . .  | —              | 225     | 3 000 | —                     | —       | —     |
| Rheinland . . . .  | —              | 10 458  | —     | —                     | —       | —     |
| Norddeutschland .  | —              | —       | 6 069 | —                     | —       | 3 676 |

|                    |   |        |       |   |         |       |
|--------------------|---|--------|-------|---|---------|-------|
| Bayern . . . . .   | — | —      | 75    | — | —       | 293   |
| Hessen . . . . .   | — | —      | 169   | — | —       | 99    |
| Sonstige Bezirke . | — | 247    | —     | — | —       | —     |
| Im Ganzen . . . .  | — | 94 865 | 9 313 | — | 315 110 | 4 068 |

Nach der Quelle ist zudem nicht ausgeschlossen, daß auf der Erde noch unentdeckte Lager vorhanden sind. Mit einer Erschöpfung der Vorräte ist demnach in absehbarer Zeit nicht zu rechnen, wohl aber mit einer Verteuerung als Folge des mit zunehmender Tiefe schwieriger werdenden Abbaues und der Steigerung der Arbeitslöhne. A. Z.

**Bahnhöfe und deren Ausstattung.****Die Werkstätten der preussisch-hessischen Staatsbahnen.**

(Bericht über die Ergebnisse des Betriebes im Rechnungsjahre 1912.)

Die Erhaltung der Fahrzeuge und mechanischen Vorrichtungen der Bahnanlagen, sowie die Anfertigung der erforderlichen Vorratsstücke und die Instandsetzung schadhaft gewordener Wagen fremder Eisenbahn-Verwaltungen erfolgt bei den preussisch-hessischen Staatsbahnen in den eigenen Werkstätten, die nach Zweck, Umfang und Ausrüstung in Haupt-, Neben- und Betriebs-Werkstätten eingeteilt sind.

Die Haupt-Werkstätten führen vorzugsweise größere Erhaltungsarbeiten an Fahrzeugen und mechanischen Vorrichtungen aus, die denselben Zwecken dienenden Nebenwerkstätten unterscheiden sich von ersteren durch geringere Ausdehnung und Ausrüstung. In den Betriebswerkstätten, zu denen auch die Betriebswagen-Werkstätten und Bahnhofs Schlossereien gehören, werden nur die kleineren laufenden Ausbesserungen an den Betriebsmitteln ausgeführt.

Ende 1912 waren 72 Haupt-, 14 Neben- und 572 Betriebs-, zusammen 658 Werkstätten vorhanden, von denen 74 mehr als 300, 76 mehr als 50 bis 300 und 508 50 und weniger Arbeiter beschäftigten. —k.

**Die Beleuchtung der Bahnhöfe, Werkstätten und sonstigen Anlagen der preussisch-hessischen Staatsbahnen.**

(Bericht über die Ergebnisse des Betriebes im Rechnungsjahre 1912.)

Zur Beleuchtung der Bahnhöfe, Werkstätten, sonstigen Anlagen und Diensträume waren, abgesehen von den gewöhnlichen Petroleumlampen, am Ende des Jahres 1912 vorhanden:

|                                                                               |              |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1. Gasflammen: ohne Glühkörper . . . . .                                      | 21 037       |
| mit Glühkörper . . . . .                                                      | 164 696      |
| zusammen . . . . .                                                            | 185 733      |
| 2. Elektrische Lampen: Bogenlampen . . . . .                                  | 33 137       |
| Glühlampen . . . . .                                                          | 351 089      |
| zusammen . . . . .                                                            | 384 226      |
| Davon erhielten den elektrischen Strom                                        |              |
| aus eigenen Werken: Bogenlampen . . . . .                                     | 11 816       |
| Glühlampen . . . . .                                                          | 118 911      |
| zusammen . . . . .                                                            | 130 727      |
| aus fremden Werken: Bogenlampen . . . . .                                     | 21 321       |
| Glühlampen . . . . .                                                          | 232 178      |
| zusammen . . . . .                                                            | 253 499      |
| 3. Spiritusglühlampen: zur Innenbeleuchtung . . . . .                         | 4 421        |
| zur Außenbeleuchtung . . . . .                                                | 9 057        |
| zusammen . . . . .                                                            | 13 478       |
| mit . . . . .                                                                 | 2 673 460 l  |
| Verbrauch im Ganzen oder 198 l für 1 Flamme.                                  |              |
| 4. Petroleumglühlampen: . . . . .                                             | 11 036       |
| mit . . . . .                                                                 | 5 851 723 kg |
| Verbrauch im Ganzen oder 530 kg für 1 Flamme.                                 |              |
| 5. Gasstoffglühlampen: . . . . .                                              | 59           |
| mit . . . . .                                                                 | 25 961 kg    |
| Verbrauch im Ganzen oder 440 kg für 1 Flamme.                                 |              |
| Die Summe aller Flammen war 594 532 gegen 547 792 im Vorjahre.                |              |
| Am Ende des Berichtsjahres waren 136 eigene Elektrizitätswerke vorhanden. —k. |              |

**Maschinen und Wagen.****1 D 1. H. t. G.-Tenderlokomotive der Gesellschaft für den Betrieb von Niederländischen Staatseisenbahnen.**

(Bulletin des internationalen Eisenbahnkongress-Verbandes 1914, Januar Band XXVIII, Nr. 1, Seite 85; Die Lokomotive 1914, April, Heft 4, S. 77; De Ingenieur 1913, Mai, Nr. 22, Seite 430. Mit Zeichnungen und Abbildungen.)

Vierzehn Lokomotiven dieser Bauart wurden von der Lokomotivbauanstalt «Hohenzollern» in Düsseldorf geliefert; sie befördern schwere Kohlenzüge auf den Strecken des Bergwerksbezirkes Limburg mit Steigungen bis 14‰. Die Höchstgeschwindigkeit wurde auf 60 km/St festgesetzt, weshalb die Lokomotiven auch für den Personenzugdienst auf der Strecke Sittard-Herzogenrath Verwendung finden können.

Die Endachsen sind Bissel-Achsen und auswechselbar, die Spurkränze der beiden mittleren Achsen 10 mm dünner gedreht. Die Tragfedern der ersten und zweiten, der dritten und vierten und der fünften und sechsten Achse sind durch Ausgleichhebel verbunden.

Von den Ausrüstungsteilen sind zu nennen: ein Ventilregler nach Schmidt und Wagner, zwei Wasserstandzeiger

mit selbsttätigem Abschlusse bei Bruch eines Glasés, eine im Führerstande aufgestellte Schmiervorrichtung nach Friedmann und zwei Dampfstrahlpumpen.

Der Rost ist ein Klapprost und der Aschkasten mit vom Führerstande aus zu bedienenden Blechschiebern versehen, um die Reinigung des Feuers zu erleichtern.

Der Führerstand kann durch Seiten- und Schiebe-Türen vollständig abgeschlossen werden.

Zwölf weiter in Bestellung gegebene Lokomotiven dieser Bauart sollen mit Rauchröhrenüberhitzern ausgerüstet werden.

Die Hauptverhältnisse sind:

|                                      |          |
|--------------------------------------|----------|
| Zylinderdurchmesser d . . . . .      | 520 mm   |
| Kolbenhub h . . . . .                | 660 »    |
| Kesselüberdruck p . . . . .          | 12 at    |
| Heizrohre, Anzahl . . . . .          | 254      |
| » , Durchmesser . . . . .            | 43/48 mm |
| » , Länge . . . . .                  | 4200 »   |
| Heizfläche der Feuerbüchse . . . . . | 13,5 qm  |
| » » Heizrohre . . . . .              | 144 »    |
| » im Ganzen H . . . . .              | 157,5 »  |

|                                                                     |             |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|
| Rostfläche R . . . . .                                              | 2,3 qm      |
| Triebraddurchmesser D . . . . .                                     | 1400 mm     |
| Durchmesser der Laufräder . . . . .                                 | 915 mm      |
| Triebachslast $G_1$ . . . . .                                       | 60 t        |
| Leergewicht . . . . .                                               | 70 »        |
| Betriebsgewicht G . . . . .                                         | 87 »        |
| Wasservorrat . . . . .                                              | 8,6 cbm     |
| Kohlenvorrat . . . . .                                              | 2,5 t       |
| Fester Achsstand . . . . .                                          | 4650 mm     |
| Ganzer » . . . . .                                                  | 9300 »      |
| Länge . . . . .                                                     | 12920 »     |
| Zugkraft $Z = 0,6 \cdot p \cdot \frac{(d^{em})^2 h}{D} =$ . . . . . | 9178 kg     |
| Verhältnis H : R = . . . . .                                        | 68,5        |
| » H : $G_1 =$ . . . . .                                             | 2,63 qm/t   |
| » H : G = . . . . .                                                 | 1,81 »      |
| » Z : H = . . . . .                                                 | 58,3 kg/qm  |
| » Z : $G_1 =$ . . . . .                                             | 153 kg/t    |
| » Z : G = . . . . .                                                 | 105,5 » —k. |

#### 2 C 1. IV. T. F. S. - Lokomotive der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn.

(Engineer 1913, Dezember, S. 623. Mit Lichtbild.)

Die Lokomotive ist aus der in Gent ausgestellt gewesen gleichartigen Lokomotive \*) hervorgegangen. Durch Wahl größerer Zylinder wurde die Leistung um 8 % vergrößert, durch Verwendung eines Kessels mit kleinerer Heizfläche das Betriebsgewicht um 2,13 t verringert.

85 Lokomotiven dieser Bauart wurden bei verschiedenen französischen und preussischen Lokomotiv-Bauanstalten bestellt. Alle haben den Überhitzer von Schmidt. Die Zylinder liegen nicht, wie bei den Anordnungen von Webb und Du Bousquet, in verschiedenen Ebenen, sondern in derselben Ebene. Die Verbundanordnung ist nach A. Henry ausgeführt. Zur Dampfverteilung dienen Kolbenschieber von 240 und 360 mm Durchmesser. Die Füllung der Niederdruckzylinder ist unveränderlich 63 %, bei 60 % Füllung in den Hochdruckzylindern ist die Arbeit beider Zylindergruppen bei hohen Geschwindigkeiten gleich. Bei Beförderung leichter Züge leisten die Niederdruck- weniger, als die Hochdruck-Zylinder.

Die Hauptverhältnisse sind:

|                                            |        |
|--------------------------------------------|--------|
| Zylinderdurchmesser, Hochdruck d . . . . . | 440 mm |
| » , Niederdruck $d_1$ . . . . .            | 650 »  |

\*) Organ 1914, S. 16, Nr. 3.

### Betrieb in technischer Beziehung.

#### Leistungsverbrauch auf elektrischen Fernbahnen.

Nach der italienischen «Rivista tecnica» ist der Verbrauch an Arbeit auf der elektrisch betriebenen Giovi-Linie bezogen auf Betriebslänge 22,3 WSt/tkm, auf der Lötschberg-

|                                                                              |              |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Kolbenhub h . . . . .                                                        | 650 mm       |
| Kesselüberdruck p . . . . .                                                  | 16 at        |
| Heizfläche der Feuerbüchse . . . . .                                         | 15,64 qm     |
| » » Heizrohre . . . . .                                                      | 186,49 »     |
| » des Überhitzers . . . . .                                                  | 64,47 »      |
| » im Ganzen H . . . . .                                                      | 266,60 »     |
| Rostfläche R . . . . .                                                       | 4,25 »       |
| Triebraddurchmesser D . . . . .                                              | 2000 mm      |
| Triebachslast $G_1$ . . . . .                                                | 55 t         |
| Leergewicht der Lokomotive . . . . .                                         | 82,56 »      |
| Betriebsgewicht der » G . . . . .                                            | 91,21 »      |
| Zugkraft $Z = 2 \cdot 0,75 \cdot p \cdot \frac{(d^{em})^2 h}{D} =$ . . . . . | 15101 kg     |
| Verhältnis H : R . . . . .                                                   | = 62,7       |
| » H : $G_1$ . . . . .                                                        | = 4,85 qm/t  |
| » H : G . . . . .                                                            | = 2,92 »     |
| » Z : H . . . . .                                                            | = 56,6 kg/qm |
| » Z : $G_1$ . . . . .                                                        | = 274,6 kg/t |
| » Z : G . . . . .                                                            | = 165,6 »    |

#### Amerikanische Güterwagen.

(Railway Age Gazette, Januar 1914, Nr. 4, S. 157. Mit Abbildungen.)

Güterwagen mit Untergestell und Kastengerippe aus Stahl und Holzschalung mit wagerechten Fugen finden in Nordamerika weitere Verbreitung, nachdem die Bedenken gegen die Wasserdichtheit der letzteren durch die Erfahrung widerlegt sind. Die Grand-Trunk-Bahn hat neuerdings 2000 gedeckte vierachsige Güterwagen dieser Bauart erhalten. Das Gestell ist aus Walzeisen zusammengefügt. Die Schalung der Kastenvände liegt auf der Innenseite der Ständer und Streben. Nur die Querträger der Drehgestelle sind aus Preßblechbalken zusammengesetzt. Das Innere ist 10,97 m lang, 2,6 m breit und 2,45 m hoch. Der Wagen wiegt 16 t und trägt 27,24 t. 250 Wagen für die Beförderung von Kraftfahrzeugen haben Gestelle ähnlicher Bauart aus Walzträgern. Die Schalung liegt jedoch außen und besteht aus senkrechten Schalbrettern. Zum Einbringen der Fahrzeuge sind in den Stirnwänden zweiflügelige Drehtüren vorgesehen; auch die Schiebetüren der Langseiten sind geteilt. Die Wagen sind bei gleicher Tragfähigkeit etwas geräumiger, nämlich 12,2 m lang, 2,6 m breit und 2,59 m hoch.

A. Z.

### Nachrichten über Änderungen im Bestande der Oberbeamten der Vereinsverwaltungen.

#### Reichseisenbahnamt.

Ernannt: Der Vortragende Rat, Geheimer Oberbaurat Petri zum Wirklichen Geheimen Oberbaurate mit dem Range eines Rates erster Klasse; der Regierungs- und Baurat Loewel, bisher Mitglied der Direktion Münster, zum Geheimen Baurate und Vortragenden Rate im Reichseisenbahnamt.

In den Ruhestand getreten: Der Vortragende Rat, Wirklicher Geheimer Oberbaurat Semler.

#### Preussisch-hessische Staatsbahnen.

Verliehen: Dem Präsidenten des Zentralamtes, Sarre, der Charakter als Wirklicher Geheimer Oberbaurat mit dem Range der Räte erster Klasse.

bahn nach den drei Anschlüssen der Siemens-Schuckert-Werke, der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft und von Oerlikon 24, 25 und 21, im Durchschnitt 23,3 WSt/tkm. Diese Angaben von den neuesten Bahnanlagen dürften vergleichsweise zuverlässig sein.

In den Ruhestand getreten: Der Ober- und Geheimer Baurat Daub, bisher Mitglied der Eisenbahn-Direktion in Danzig.

#### Badische Staatsbahnen.

Ernannt: Die Kollegialmitglieder der Generaldirektion in Karlsruhe Bauräte Hauger, Schwarzmann und Zutt zu Oberbauräten.

#### Österreichische Staatsbahnen.

Ernannt: Der mit dem Titel und Charakter eines Ministerialrates bekleidete Oberbaurat Rosner zum Ministerialrate; die mit dem Titel und Charakter eines Oberbaurates be-

kleideten Bauräte Prachtl, Ritter von Morawiński und Rybák zu Oberbauräten.

Verliehen: Dem Oberbaurat Nebesky der Titel und Charakter eines Ministerialrates.

Gestorben: Der Hofrat und Staatsbahndirektor Ingenieur Steininger in Innsbruck; der Hofrat, Oberbaurat, Dr.-Ing. Hannack in Graz. —d.

## Übersicht über eisenbahntechnische Patente.

### Beleuchtungsanlage für Eisenbahnwagen mit einer einzigen Leitung vom Gasabsperrhahne zu den Laternen.

D. R. P. 269 889. J. Pintsch in Berlin.

Um mit einer einzigen Zuleitung für das Gas vom Wagende aus durch die Zugmannschaft die Kleinstellung aller Laternen zu bewirken, und doch jede einzelne Laterne auf hell oder dunkel einstellbar zu machen, ist an jeder Laterne eine Druckkammer mit Biegehaut angebracht, die den zur Stellvorrichtung gehörigen Hebel nur bei regelmäßigem Betriebsdrucke in der Hellstellung halten, bei verringertem Drucke dagegen nicht beeinflussen kann. Der Hebel wird anderseits selbsttätig in die Dunkelstellung zurückgeführt, solange keine Feststellung durch jene Druckkammer erfolgt. B—n.

### Laufgestell für Eisenbahnfahrzeuge.

D. R. P. 270 793. Waggonfabrik A.-G. in Uerdingen.

Um auch die erheblichen wagerechten Kräfte aufnehmen zu können, ist es nötig, die Untergestellträger lotrecht und wagerecht steif auszuführen. Laufgestelle dieser Art sind vorhanden, jedoch ist bei ihnen die Federanordnung nicht leicht unterzubringen, daher oft unzulänglich. Weiter reiben die Achsbuchsen an ihren Führungen, durch deren Verschleiß das Lagerspiel wächst, dann treten zwischen Achsbuchse und Führung schädliche Stöße auf. Daher sind die Längsträger als Federn für den Wagenkasten benutzt, so daß die Achsbuchs- und Kasten-Führungen wegfallen. B—n.

## Bücherbesprechungen.

**Die Eisenbahntechnik der Gegenwart. IV. Band, Abschnitt E. Fahrzeuge für elektrische Eisenbahnen.** Bearbeitet von E. C. Zehme in Berlin. C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. 10 M.

Die «Eisenbahntechnik der Gegenwart» ist um einen wertvollen Buchteil ergänzt, der als Abschnitt E zum vierten Bande die Fahrzeuge für elektrische Eisenbahnen behandelt und den Schriftleiter der Elektrotechnischen Zeitschrift und Privatdozenten an der technischen Hochschule in Berlin E. C. Zehme zum Verfasser hat. Das empfehlenswerte Werk gibt auf 234 Seiten mit 242 Abbildungen im Texte und 6 Tafeln einen teilweise zwar gedrängten aber umfassenden Überblick über die Entwicklung und den neuzeitigen Stand dieser Fahrzeuge und bespricht in fünf Abschnitten die Fahrzeuge für elektrische Eisenbahnen, die Wagen der Straßenbahnen, die Fahrzeuge der elektrischen Stadt- und Haupt-Eisenbahnen, Beispiele ausgeführter Stadt- und Haupt-Bahnen und die elektrischen Lokomotiven für Hauptbahnen.

Der erste Teil behandelt nach einer kurzen Einleitung über die geschichtliche Entwicklung der elektrischen Bahnen, vom Jahre 1881 ab in Deutschland, seit 1885 in Amerika, die Maschinen-Ausrüstung, soweit sie allen elektrisch betriebenen Fahrzeugen gemeinsam ist. Hierzu gehören die Triebmaschinen, die Triebwerke und die elektrischen Schaltvorrichtungen. In einer Reihe von Abschnitten werden die Gleichstrom-Triebmaschinen in ihrer Anordnung und Berechnung, die Wechselstrom-, Drehstrom- und die Einwellen-Wechselstrom-Maschinen bis zu den neuesten Ausführungen beschrieben; dabei wird stets der Ingenieure und Werke gedacht, die sich der Entwicklung und Durchbildung der einzelnen Bauarten angenommen haben. Im Anschlusse daran wird der Aufbau der Maschinen, die Kuppelung mit der Triebachse, die Anordnung und Lagerung im Fahrzeuge besprochen. Einen breiten Raum nimmt die Behandlung der Regelungsverfahren ein, die mit zahlreichen Schaltskizzen und Plänen ausgeführter Schaltungen erläutert sind. Bemerkenswert sind trotz der knappen Darstellung die Angaben über Vielfach-Fahrschalter und Zugsteuerungen zur Bedienung ganzer Triebwagenzüge von einer Stelle aus. Der Abschnitt über Stromabnehmer umfaßt kurz die hauptsächlichsten Bauarten auf diesem Gebiete, mit Rolle, Bügel, Walze und Gleitschuh zur Abnahme von der dritten Schiene aus. Die sonstigen elektrischen Einrichtungen, Anfahrwiderstände, Schalter, Blitzschutz, Leitungen, Abspanner, Beleuchtung, Heizung, Luftpumpenantrieb und Mefegeräte sind am Schlusse des ersten Abschnittes kurz besprochen.

Der zweite Hauptteil wird mit dem Hinweise eingeleitet, wie sich auf dem Gebiete der elektrischen Straßenbahnen an Stelle früherer großer Verschiedenheiten wenige Hauptformen ausgebildet haben. Dann werden die Untergestelle, Drehgestelle, insbesondere die in neuerer Zeit wieder aufkommenden einachsigen Drehgestelle behandelt, während die Einteilung, Bauart und Ausrüstung der Wagenkasten nur gestreift werden. Dagegen

wird den Bremsen, sowohl den unmittelbar elektrisch betriebenen, wie den von der Achse oder mit besonderer Triebmaschine angetriebenen Luftbremsen ein breiterer Raum gewidmet. Der Anhängewagen und Sonderfahrzeuge für die Beförderung von Postsachen und Gütern, zur Beseitigung von Schnee, Glatteis und Staub wird nur mit wenigen Sätzen gedacht, nicht erwähnt sind die Schienenreinigungswagen mit Staubabsaugung. Mit Angaben über Wangengewichte und einer Reihe von Abbildungen ausgeführter Wagen, darunter einiger ausländischer Fahrzeuge, schließt der zweite Abschnitt.

Der folgende Hauptteil behandelt die Fahrzeuge der elektrischen Stadt- und Haupt-Eisenbahnen. Die Baubedingungen hierfür sind verschieden, für erstere gilt als Hauptbedingung hohe Leistungsfähigkeit. Die verschiedenen Wege für ihre Erfüllung werden vom technischen, betriebstechnischen und wirtschaftlichen Standpunkte aus verfolgt, die Ausführungen mit Schaubildern über den Fahrtverlauf, die Zugfolge, Skizzen und Zahlzusammenstellungen erläutert. Die Untersuchung, ob Triebwagen oder Lokomotiven bei Stadtschnellbahnen zu wählen sind, fällt zu Gunsten der ersteren aus. Der Behandlung der Triebmaschinen gehen bemerkenswerte Ausführungen über die Bestimmung der Maschinengröße voraus, die hier sicherer zu erfassen ist, als bei Straßenbahnwagen. Die Beschreibung der Triebmaschinen beschränkt sich auf Angaben über die für Stadt- und Haupt-Eisenbahnen gut verwendbare Gleichstrommaschine mit Wendepolen und auf einige Sonderheiten von besonders geeigneten Einwellen-Wechselstrom- und Drehstrom-Triebmaschinen. Die Einrichtungen für Abnahme und Schaltung des Betriebstromes sind, da sie vielfach erhebliche Unterschiede gegenüber denen der Straßenbahnfahrzeuge aufweisen, eingehend behandelt und geben mit den zahlreichen Zeichnungen und Schaltplänen ein anschauliches Bild über den neuzeitigen Stand dieser Ausrüstungen.

Die beiden letzten Hauptabschnitte bringen einige Beispiele ausgeführter Triebwagen für Tief- und Untergrund-Bahnen und Lokomotiven. Den letzteren gehen für den Eisenbahnfachmann besonders bemerkenswerte Ausführungen über den Verwendungsbereich und über die Baubedingungen für den mechanischen und elektrischen Teil voraus. Sechs Tafeln mit Zusammenstellungen neuerer elektrischer Lokomotiven, darunter der 2 B 1-Einwellen-Wechselstrom-P.-Lokomotive und der D-Lokomotive für Güterzüge der preussisch-hessischen Staatsbahnen schliessen den Band. Ausstattung und Ausführung der Textabbildungen sowie der Tafeln sind gut und entsprechen den in letzter Zeit erschienenen Neuauflagen einzelner Teile der «Eisenbahntechnik der Gegenwart». Der wohl erstmals gemachte Versuch, die fremdsprachigen Fachausdrücke auch auf elektrotechnischem Fachgebiete auszumerken, ist erwähnenswert. Von Wert daneben der Hinweis auf die in Amerika üblichen besonderen Bezeichnungen. Z—n.