

### Zur Theorie des Lokomotivkessels

im Lehrbuch von Garbe: »Die zeitgemäße Heißdampflokomotive«.

Von Prof. Dr. Ing. Heumann, Aachen.

(Schluß).

Weiterhin untersucht der Verfasser, wie sich an einem vorliegenden Rauchrohr mit Überhitzerelement  $t_a$ ,  $Q_2$ ,  $\tau$ ,  $t_u$  und  $\lambda$ , die zur Überhitzung von 1 kg Heißdampf erforderliche Wärmemenge ändern bei Zunahme von  $Q_1$ . Dabei nimmt er für  $G$ , also auch für  $G_1$  und  $G_2$ , für  $D$  und  $t_u$  bestimmte voneinander unabhängige feste Werte bzw. Wertstufen an. Dieser Fall veränderlicher und zwar zunehmender stündlicher Wärmeabgabe  $Q_1$  durch das Rauchrohr hindurch an das Kesselwasser soll sich »im Betriebe ergeben bei Kesselsteinbelag der Rauchrohre«, soll wohl heißen: Bei allmählicher Abnahme des Kesselsteinbelages, ein Fall, der in Wirklichkeit wohl nie vor kommen dürfte. Davon abgesehen ist natürlich eine Änderung von  $Q_1$  sehr wohl möglich. Wie ändert sich nun zunächst  $t_a$ , genauer zunächst das gedachte  $t_{a1}$  mit  $Q_1$ ? Das geht hervor aus der Beziehung:  $Q_1 = G_1 (c_{m_u} \cdot t_u - c_{m_{a1}} \cdot t_{a1})$ . Wenn  $G_1$  und  $t_u$  unverändert bleiben sollen, muß hiernach  $t_{a1}$  mit wachsendem  $Q_1$  abnehmen, während Verfasser es — das er mit  $t_a$  gleichsetzt — zunehmen läßt.  $t_m$ , der Mittelwert des unveränderlichen  $t_u$  und des abnehmenden  $t_{a1}$  bzw. eines diesem gedachten naheliegenden wirklichen  $t'_{a1}$  muß mithin ebenfalls abnehmen, bestimmt durch obige Gleichung, während Verfasser es ebenfalls zunehmen läßt. Er kommt zu diesem Irrtum aus der Beziehung:  $(t_m - t_0) \cdot H_1 \cdot k_1 = Q_1$ , indem er darin ohne weiteres  $k_1$  als unveränderlich ansieht, während das Wachsen von  $Q_1$  hier nach den Voraussetzungen des Verfassers gerade durch starkes Anwachsen von  $k_1$  zustande kommt. Da Verfasser nun weiter aus dem falschen  $t_m$  die Werte  $t_a$ ,  $Q$ ,  $Q_2$ ,  $\tau$  und  $t_u$  bestimmt, so werden diese schon aus diesem Grunde alle falsch; er bekommt ein zu- statt abnehmendes  $t_a$  (s. oben), ein ab- statt zunehmendes  $Q$ . Außerdem kann er ja aus  $t_m$  gar nicht das wirkliche  $t_a$ , sondern nur das gedachte  $t_{a1}$  bestimmen, da  $t_u$  außer durch  $t_{a1}$  noch durch  $t_{u2}$  festgelegt wird. Nimmt man ein gleiches wirkliches  $t_a$  im ganzen freien Rauchrohrquerschnitt an, so kann man dieses etwa gleich dem Mittelwert der gedachten,  $= (t_{a1} + t_{a2}) \frac{1}{2}$  setzen, wobei zunächst  $t_{a2}$  als unveränderlich angesehen werden kann. Somit sinkt das wirkliche  $t_a$  halb so stark wie das gedachte  $t_{a1}$ . Daraus erhält man vorläufig  $Q = (G_1 + G_2) (c_{m_u} \cdot t_u - c_{m_{a1}} \cdot t_{a1})$ , das danach genau so viel zunimmt wie  $Q_1$ . In Wirklichkeit wird infolge Wärmeaustausches im Rauchrohr das Sinken von  $t_{a1}$  auch  $t_{a2}$  in Mitleidenschaft ziehen, wird also  $t_{a1}$  etwas weniger als berechnet, werden  $t_{u2}$  und  $Q_2$  ganz wenig sinken. Die Zunahme von  $Q$  bleibt dadurch unverändert infolge dieser ganz geringen rechnerisch schwer fälschbaren Abnahme von  $t_{a2}$  und  $Q_2$  sinkt auch  $\tau = \frac{Q_2}{k_2 \cdot H_2}$  um einen geringen Betrag und schließlich auch  $t_u$ , wie sich aus der Beziehung  $Q_2 = D \cdot c_{m_D} \cdot (t_u - t_0)$  ergibt. Verfasser dagegen erhält wegen des falsch berechneten und mit  $t_{a2}$  gleichgesetzten  $t_{a1}$  ein viel zu starkes Sinken von  $Q_2$  und  $\tau$  und ein Steigen von  $t_u$  bei sinkendem  $Q_2$ !

Weiter ermittelt Verfasser die im Überhitzer auf 1 kg Dampf wirklich übertragene Wärmemenge  $\lambda' = \frac{Q_2}{D}$  und vergleicht sie mit der zum Überhitzen von 1 kg Dampf erforderlichen Wärmemenge  $\lambda = c_{m_D} (t_u - t_0)$  und kommt infolge seiner falschen Berechnung von  $t_a$ ,  $Q_2$  und  $t_u$  zu dem in Abb. 5 (einer Wiederholung von Abb. 43 des Verfassers) dargestellten verblüffenden Ergebnis, das die  $\lambda$  und  $\lambda'$ -Kurve einander schneiden und rechts vom Schnittpunkt die verfügbare Wärmemenge viel zu klein wird, um  $t_u$  zu erzeugen! In Wirklichkeit fallen die beiden Kurven ganz schwach nach rechts ab, wegen ganz geringen Sinkens von  $Q_2$  und  $t_u$ , und fallen entweder ganz zusammen oder es liegt — bei Verwendung eines Teils von  $Q_2$  zum Nachverdampfen —  $\lambda'$  etwas über  $\lambda$ . Die verschiedene Neigung der  $\lambda$  und  $\lambda'$ -Kurve beim Verfasser rührt von der falschen Berechnung von  $Q_2$  und  $t_u$  her, die große Differenz  $\lambda' - \lambda$  bei Beginn der Kurven von der völlig willkürlichen Wahl von  $D$ , während in Wirklichkeit  $D$  in fester Abhängigkeit von  $Q_2$  steht, nämlich  $D = \frac{a \cdot Q_2}{c_{m_D} (t_u - t_0)}$  ist, worin  $a$  bei  $\lambda = \lambda' = 1$ , sonst etwas kleiner, ist. Die  $t_a$ ,  $t_m$ ,  $Q$ ,  $Q_2$ ,  $\tau$ ,  $t_u$ ,  $\lambda$ ,  $\lambda'$  ändern sich also mit  $Q_1$  ganz anders wie der Verfasser entwickelt, womit auch seine hierauf aufgebauten Schlüsse hinfallen.

#### Rostform.

Einen scharfen Kampf führt der Verfasser gegen den breiten Rost. Leider sind auch hier seine Ausführungen nicht stichhaltig. Er vergleicht fünf verschieden große Satteldampfkessel miteinander, von denen drei (Nr. 2, 4, 5) einen »breiten Rost«, die übrigen beiden (Nr. 1 und 3) einen »schmalen« haben sollen. Es interessiert vor allem der Vergleich zwischen 1 und 5. Obwohl 5, also der Kessel mit breitem Rost, die 1,35fache Rostfläche und die 1,4fache Heizfläche des Kessels 1 mit schmalen Rost hat, behauptet Verfasser, beide seien ungefähr gleich leistungsfähig und legt einem Vergleich der Verdampfungsfähigkeit dieser beiden Kessel die gleiche auf dem Rost stündlich verfeuerte Brennstoffmenge von  $B = 900$  kg zugrunde, stellt also einer spezifischen

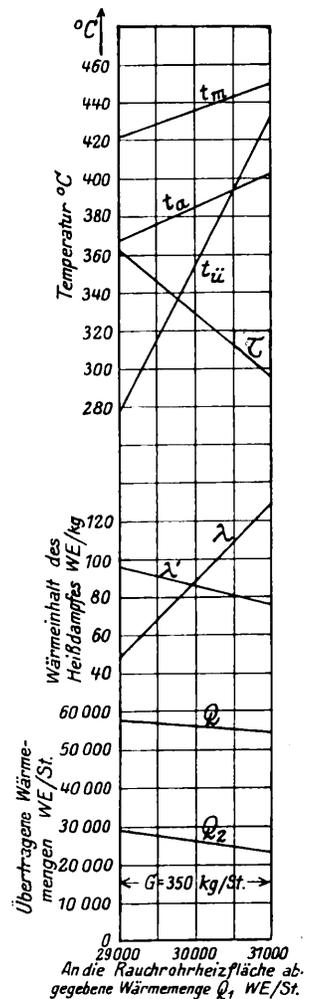


Abb. 5.

Rostanstrengung  $\frac{B}{R} = 400 \text{ kg/Std. des Kessels 1}$  eine solche von 295 kg/Std. des Kessels 5 gegenüber. Er begründet diesen Unterschied hier nicht; nach seinen Ausführungen an anderer Stelle ist aber anzunehmen, daß er den »breiten kurzen« Rost immer gleichzeitig als »grofs« ansieht, d. h. gröfser im Verhältnis zur Heizfläche als den schmalen langen. Hier ist bei Kessel 5  $\frac{R}{H}$  noch etwas kleiner als beim Kessel 1. Es ist somit weder die Behauptung richtig, daß Kessel 1 ungefähr ebenso leistungsfähig sei wie 5, noch die Verringerung von  $\frac{B}{R}$  bei 5 für einen richtigen Vergleich zulässig. Ausserdem genügen die ganz geringen Unterschiede in der Rostbreite von 1,35 gegenüber 1,0 m bei gleicher Länge wohl kaum, um den einen als typischen Vertreter der schmalen langen, den andern als typischen Vertreter der breiten kurzen Roste anzusehen, wie Verfasser es tut. Aus diesem Grunde gelten die Ergebnisse dieser Vergleichsrechnung gar nicht allgemein für Kessel mit schmalen, langen, kleinen und mit kurzen, breiten, grofsen Rosten. Belastet man die beiden Roste 1 und 5 gleich mit  $\frac{B}{R} = 400 \text{ kg m}^2 \text{Std.}$ , um eine richtige Vergleichsgrundlage zu haben, so erhält man

## Übersicht 4.

Bezeichnung	Einheit	Zahlenwerte				
		des Verfassers		berichtigt		
Kesselnummer		1	5	1	5	
Rostlänge	m	2,25	2,25	2,25	2,25	
Rostbreite	m	1,00	1,35	1,00	1,35	
Rostfläche	m <sup>2</sup>	2,25	3,05	2,25	3,05	
Stündlich verbrannte Brennstoffmenge B	kg/Std.	900	900	900	1220	
B/R	$\frac{\text{kg}}{\text{Std.} \cdot \text{m}^2}$	400	295	400	400	
Verbrennungstemperatur T nach Goss: $T_0 = 975 + B/R$	°C	1375	1265	1375	1375	
$T_0 - t_0$	°C	1185	1075	1185	1185	
Stündliches Heizgasgewicht für 1 m <sup>2</sup> Rostfläche G/R	$\frac{\text{kg}}{\text{Std.} \cdot \text{m}^2}$	6870	5660	6870	6870	
G	kg/Std.	15420	17250	15420	20980	
Wärmedurchgangszahlen in der Feuerkiste $K = k + \kappa$	$\left\{ \begin{array}{l} k \\ \kappa \\ K \end{array} \right.$ Std. · m <sup>2</sup> · °C	k	42	36	42	42
		$\kappa$	94	98	94	114
		K	136	134	136	156
Theoretisch in der Stunde erzeugte Gesamtwärme $Q = Bh$ (Heizwert der Kohle: $h = 6710 \text{ WE/kg}$ )	WE/Std.	6040000	6040000	6040000	8200000	
In der Feuerkiste stündlich übertragene Wärmemenge	WE/Std.	1690000	1710000	1437000	1860000	
Gaseintrittstemperatur an den Rohren $t_e$	°C	1100	987	1030	1036	
k Heizrohre	$\frac{\text{WE}}{\text{m}^2 \cdot \text{Std.} \cdot \text{°C}}$	39,6	35,1	39,6	40,6	
Austrittstemperatur der Heizgase $t_a$	°C	448	374	413	392	
Im Langkessel stündlich übertragene Wärmemenge $Q_s = G (c_{m_0} t_e - c_{m_a} t_a)$	WE Std.	2660000	2760000	2500000	3560000	
Stündlich in die Rohre eintretende Wärmemenge $G c_{m_0} t_e$	WE/Std.	4330000	4470000	4060000	5630000	
Stündliche Abgaswärmemenge $G \cdot c_{m_a} \cdot t_a$	WE/Std.	1690000	1570000	1560000	2070000	
Kesselgütegrad: $\eta_K$		0,72	0,74	0,65	0,66	

die Zahlenwerte der beiden letzten Spalten der Übersicht 4, denen in Spalte 1 und 2 die Werte des Verfassers gegenübergestellt sind. Die Zahlenwerte der beiden letzten Spalten sind, soweit einigermaßen zulässig, nach dem Rechnungsverfahren des Verfassers ermittelt. Das war nicht mehr möglich bei der Bestimmung von  $t_e$ , das vom Verfasser errechnet ist aus der an sich richtigen Beziehung:

$$c_{m_0} \cdot t_e = \frac{Q - Q_F}{G},$$

mit  $t_e$  als der Rohreintrittstemperatur der Heizgase und  $Q$  als der stündlich auf dem Rost nutzbar erzeugten Wärmemenge. Verfasser berechnet nun  $Q$  als  $B \cdot h$ , berücksichtigt also den nicht unbeträchtlichen Verbrennungsverlust gar nicht und berechnet  $Q_F$  nach der schon oben als falsch erwiesenen Beziehung  $Q_F = H_F \cdot K (T_0 - t_0)$ .

Man erhält  $t_e$  richtig aus der Beziehung:

$$H_F = \frac{G}{K} \cdot c_m \ln \frac{T_0 - t_0}{t_e - t_0},$$

worin  $c_m$ , das sich sehr wenig mit dem gesuchten  $t_e$  ändert, hinreichend genau geschätzt werden kann. Den Kesselgütegrad  $\eta_K$  berechnet Verfasser als das Verhältnis  $\frac{Q_F + Q_S}{B \cdot h}$ , also

zu grofs, weil er  $Q_F$  zu grofs berechnet.

Eine richtig durchgeführte »rein theoretische Ermittlung zeigt« nach Übersicht 4 keineswegs, »daß die Kessel mit breitem Rost in der Wärmeübertragung ungünstiger dastehen als die mit schmalem«, das zeigt nicht einmal die — falsche — des Verfassers. Diese zeigt vielmehr, daß die Wärmeübertragung und der Kesselwirkungsgrad nicht proportional der Rohrheizflächenvergrößerung zunehmen, sondern schwächer, was längst bekannt ist und mit der Frage breiter oder schmaler Rost nichts zu tun hat. Abgesehen davon ist ja hier kaum ein »breiter« Rost vorhanden.

## Bestimmung der Hauptabmessungen von Lokomotivkesseln.

## Rostfläche.

In der zweiten Hälfte seiner Arbeit wendet der Verfasser seine bis dahin gewonnenen theoretischen Ergebnisse auf die Bestimmung der Hauptabmessungen von Lokomotivkesseln an. Für die Bestimmung der Rostfläche bringt er nichts Neues, arbeitet hier mit der alten Verhältniszahl  $\frac{B}{N_i}$  mit ihren bekannten Mängeln, ohne auf die Abhängigkeit von  $R$  von der

Temperatur des Speisewassers (Vorwärmung), dem Grad der Überhitzung, der Dampfspannung, dem Heizwert und der Beschaffenheit des Brennstoffes und von dem mit der Rostanstrengung sich ändernden Kesselwirkungsgrad näher einzugehen, obwohl hier sehr brauchbare Vorarbeiten von Strahl vorliegen.

Heizrohrheizfläche.

Für die Bestimmung der Rohrheizfläche, genauer der Heizrohrheizfläche, leitet Verfasser zunächst Ausdrücke für U und W ab als Funktionen von  $\frac{H}{q}$  und zwar für ein bestimmtes, als unveränderlich angenommenes  $\frac{G}{H}$  (siehe unten).

$\frac{H}{q}$  ist hier  $= \frac{4l}{d}$ . Nach diesen Ausdrücken wächst sowohl U wie W mit  $\frac{H}{q}$  oder  $\frac{4l}{d}$ , wie auch die bildliche Darstellung von

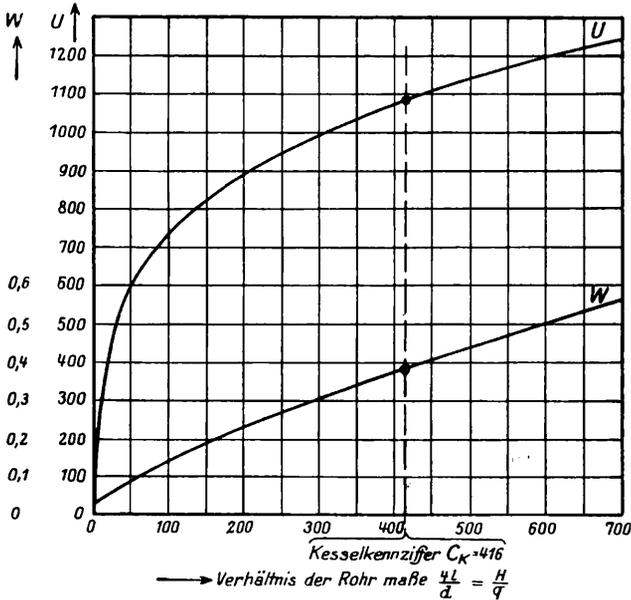


Abb. 6.

W und U als Funktionen von  $\frac{H}{q}$  — in verschiedenem Maßstab — der Abb. 46 (hier als Abb. 6 wiederholt) richtig zeigt. Nun behauptet der Verfasser: »Die Zunahme von W begünstigt die Ausnutzung der Heizgaswärme, die Zunahme von U dagegen ist nicht erstrebenswert, weil die übermäßige Verringerung des freien Heizgasquerschnittes« — bei sehr großem  $\frac{4l}{d}$  — »erhöhte Blasrohrwirkung erfordert. Deshalb ist W so groß, U so klein wie möglich zu wählen.« Dafs Vergrößerung von  $\frac{4l}{d}$  stärkere Blasrohrwirkung erfordert, ist richtig, aber vergrößertes W bedeutet ebenso gut wie vergrößertes U eine Zunahme von  $\frac{4l}{d}$ , also Erfordernis stärkerer Blasrohrwirkung; in dieser Beziehung verhalten sich U und W grundsätzlich gleich! Man kann doch nicht bei W von seiner zwangläufigen Verknüpfung mit dem erforderlichen Blasrohrdruck absehen, diese aber bei U als allein maßgebend hinstellen, wenn der Blasrohrdruck von beiden in grundsätzlich gleicher Weise beeinflusst wird. Tatsächlich läßt man im Lokomotivbau den Verhältniswert  $\frac{H}{q}$ , hier  $\frac{4l}{d}$ , mit Rücksicht auf den hiermit wachsenden erforderlichen Blasrohrdruck einen

gewissen Wert, der nach den verschiedenen Anschauungen der einzelnen Verwaltungen und den verschiedenen wirtschaftlichen Verhältnissen verschieden hoch liegt — in Deutschland wohl etwa 440 —, nicht überschreiten, sollte sich andererseits dieser oberen Grenze wegen des Wachsens von k mit  $\frac{H}{q} = \frac{H}{G} \cdot \frac{G}{q} =$

$= \frac{H}{G} \cdot 3600 \cdot w \cdot \gamma$ , also mit  $w \cdot \gamma$  bei gleichbleibendem  $\frac{H}{G}$  möglichst nähern. Eine weitere, wissenschaftlich gekennzeichnete Bedeutung hat dieser empirische Grenzwert nicht!

Der Schluss des Verfassers: »deshalb ist W so groß, U so klein wie möglich zu wählen«, ist also nicht haltbar. Es sind vielmehr aus den angegebenen Gründen beide so groß zu wählen, wie es der mit beiden wachsende Blasrohrdruck — also auch Kolbengegendruck — zuläßt. Der Verfasser behauptet nun, das günstigste  $\frac{H}{q}$ , also für möglichst großes W und möglichst kleines U, sei dasjenige, bei dem nach den Maßstäben für U und W in Abb. 46 (6):

$$\frac{dU}{d\left(\frac{H}{q}\right)} = \frac{dW}{d\left(\frac{H}{q}\right)}, \text{ also in Wirklichkeit } \frac{dU}{d\left(\frac{H}{q}\right)} = 1000 \frac{dW}{d\left(\frac{H}{q}\right)}$$

ist, d. h. derjenige Punkt in Abb. 6, in dem die beiden U- und W-Kurven parallel laufen. Tatsächlich ist es durchaus nicht einzusehen, warum bei diesem Punkt größtes W und gleichzeitig kleinstes U — an sich falsche Forderungen — erreicht sein sollen. Diese Parallelität wird in Abb. 6 bei  $\frac{H}{q}$  oder  $\frac{4l}{d} = 416$  erreicht, also bei einem Wert, der mit dem oben angegebenen empirischen Grenzwert 440 einigermaßen übereinstimmt. Das ist rein zufällig. Es ist durchaus unangebracht, dem Zahlenwert 416 nach der Ableitung des Verfassers als der »Kesselkennziffer« eine wissenschaftliche Bedeutung beizulegen. Auch nach den vom Verfasser angezogenen Versuchen von Henry kommt  $\frac{H}{q} = 416$  keine irgendwie ausgezeichnete Bedeutung zu.

In der Ableitung und Beurteilung dieser »Kesselkennziffer« erschöpft sich die Leistung dieses Abschnitts. Die Rohrheizfläche H wird tatsächlich nicht bestimmt, entgegen der anscheinend vorhandenen Absicht des Verfassers, H für ein gegebenes G auf folgende Weise zu bestimmen. Verfasser geht wieder aus von der Beziehung  $\frac{H}{q} = \frac{4l}{d} = U \cdot W$ , setzt darin wie oben  $U = \frac{1}{\frac{q}{G} \cdot k}$

mit  $k = f\left(\frac{q}{G}\right)$ , aber  $W$  nicht  $= \Sigma \frac{c_{m_v} \cdot t_v - c_{m_a} \cdot t_a}{t_m - t_o}$ , sondern  $= \frac{H \cdot k}{G}$ , d. h. er erhält in Wirklichkeit die tautologische Beziehung:

$$\frac{4l}{d} = \frac{H}{q} = \frac{1}{\frac{q}{G} \cdot k} \times \frac{H \cdot k}{G} = \frac{G}{q \cdot k} \times \frac{H \cdot k}{G} = \frac{H}{q},$$

die er ohne weiteres ohne den Umweg über U und W hätte hinschreiben können, indem er  $\frac{H}{q}$  mit  $\frac{G}{k}$  multiplizierte und dividierte. Er behauptet nun weiter, »diese Größen« — wohl U und W in dieser Bedeutung — »seien bei der Wahl von  $\frac{H}{q} = \frac{4l}{d}$  und von G schon bestimmt«. Danach scheint es, als ob er aus  $\frac{4l}{d} = \frac{G}{q} \cdot \frac{H}{G}$  bei bekannten  $\frac{4l}{d}$  und G die Heizfläche H bestimmen zu können glaubt; das geht natürlich nicht, er muß noch  $\frac{G}{q}$  oder  $\frac{H}{G}$  annehmen, um aus dieser Beziehung H bestimmen

zu können. Tatsächlich rechnet er dann mit einem bestimmten  $\frac{H}{G}$ , setzt damit also, weil  $G$  gegeben ist, das  $H$  einfach fest, gibt mithin tatsächlich eine Ermittlung von  $H$  auf.

#### Rauchrohr- und Überhitzerheizfläche.

Läßt man nun die vom Verfasser fälschlich der Größe  $\frac{H}{q} = 416$  beigelegte Bedeutung einmal gelten, so sind selbst auf dieser Grundlage die im nächsten Abschnitt daraus für die Bestimmung der Rauchrohr- und Überhitzerheizfläche gezogenen Schlüsse nicht haltbar.  $\frac{H}{q} = 416 = C$  bedeutet für die Rauchrohr- und Überhitzerheizfläche mit den Bezeichnungen des Verfassers:  $x = \frac{D}{d}$  = lichter Rauchrohrdurchmesser in  $m$ ,  $l$  = Länge der Überhitzerelemente oder der umschließenden Rauchrohre in  $m$  und

$$m \text{ als der Zahl der Überhitzerrohre in einem Rauchrohre}$$

$$\frac{\sum H}{q} = \frac{H_1 + H_2}{q} = \frac{x \cdot d \cdot \pi \cdot l + m \cdot d \cdot \pi \cdot l}{x^2 \cdot d^2 \frac{\pi}{4} - m \cdot d^2 \frac{\pi}{4}} = \frac{4l}{d} \cdot \frac{x + m}{x^2 - m} = 416 = C,$$

während der Verfasser, abweichend von der Aufstellung seiner Kennziffer 416, jetzt  $\frac{4l}{d} \cdot \frac{x + m \cdot 0,9}{x^2 - m}$  als »Kesselkennziffer«  $C = 416$  aufstellt, also stillschweigend nicht den Wert  $\frac{H_1 + H_2}{q}$ , sondern  $\frac{H_1 + 0,9 H_2}{q}$  als Kennziffer  $C = 416$  einführt.

Das bedeutet bei  $H_1 \sim H_2$  ein  $C = \frac{2,0}{1,9} \cdot 416 = 428$  statt 416. Ein stichhaltiger Grund für diese Änderung wird nicht angegeben, denn daß  $k_2$  nicht =  $k_1$ , sondern etwa =  $0,9 k_1$  ist, ist wohl für die Wärmeübertragung von Bedeutung, aber kaum für die Kesselkennziffer.

Von den genannten Voraussetzungen des Verfassers aus hätte es wohl Sinn, die genügend genaue Innehaltung von  $C = 428$  oder  $\frac{4l}{d} \cdot \frac{x + 0,9 \cdot m}{x^2 - m} = 416$  bei verschiedenen miteinander verglichenen Überhitzerbauarten zum Kennzeichen ihrer Güte zu machen. Das tut der Verfasser aber nicht, sondern er macht die Annäherung des Verhältnisses  $\frac{x + 0,9 \cdot m}{x^2 - m}$  an 1 oder, was dasselbe bedeutet, des Verhältnisses  $\frac{4l}{d}$  an 416 zu diesem Kennzeichen, bezeichnet diejenigen Bauarten als die günstigsten, bei denen  $\frac{4l}{d} = 416$  ist. Er vertauscht also plötzlich die soeben abgeleitete Kennziffer für die Rauchrohr- und Überhitzerheizflächen mit der früheren allein für Heizrohre geltenden  $\frac{\sum H}{q} = \frac{4l}{d}$ , worin jetzt  $d$  aber nicht etwa den lichten Rauchrohr-, sondern den äußeren Durchmesser eines Überhitzerrohres bedeutet, so daß dies neue  $C = \frac{4l}{d}$  mit wachsendem Überhitzerrohrdurchmesser  $d$  abnimmt, während das wirkliche  $\frac{\sum H}{q} = C$  doch damit zunimmt. Diese »Kesselkennziffer« hat überhaupt keinen Sinn mehr und führt zu ganz falschen Ergebnissen, zunächst zu falscher Beurteilung verschiedener miteinander verglichener Überhitzerbauarten.

Weiter gründet Verfasser auf diese falschen Voraussetzungen die Ableitung eines Festwerts für die günstigste Rohrlänge

jedes Großrohr- und jedes Kleinrohrüberhitzers, ohne zu beachten, daß auch bei Annahme von  $\frac{4l}{d} = 416$  eine Funktion von  $d$  ist.

Weiter ermittelt Verfasser die Anstrengung der Überhitzerheizfläche  $\frac{D}{H_2}$  aus der Beziehung

$$H_2 \cdot k_2 \cdot \tau = D \cdot c_{mD} \cdot (t_u - t_o),$$

indem er wieder  $t_{ii} = \tau$  setzt und  $t_{ii}$  in der oben angegebenen Weise bestimmt. Daß und warum dieser Weg ungangbar ist, ist oben nachgewiesen.

Seiner ausgesprochenen Absicht entgegen ermittelt Verfasser dann nicht das günstigste Verhältnis des gesamten freien Rauchrohrquerschnitts zum gesamten Heizrohrquerschnitt, sondern verfährt hier in folgender Weise: Er setzt den gesamten freien Rauchrohrquerschnitt

$$q = G \frac{(H_1 + 0,9 H_2)}{G} \cdot \frac{q}{(H_1 + 0,9 H_2)},$$

nimmt darin  $G = 10000 \text{ kg/Std.}$ , also für die Rauchrohre allein!, weiter:

$$\frac{H_1 + 0,9 H_2}{G} = \frac{1}{100}, \text{ -- also } (H_1 + 0,9 H_2) = 100! \text{ -- sowie}$$

$$\frac{q}{H_1 + 0,9 H_2} = \frac{1}{4l} = \frac{1}{416} \text{ ausdrücklich an und erhält unter}$$

diesen Voraussetzungen  $q = 10000 \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{416} = 0,24 \text{ m}^2$ ;

seiner Gleichsetzung  $\frac{H_1 + 0,9 H_2}{q} = \frac{4l}{d}$  liegen weiter die Voraussetzungen zugrunde:  $x = \frac{D}{d} = 3,291$  und  $\frac{H_2}{H_1} = y = 1,215$ .

Also nur unter all diesen Voraussetzungen ist der günstigste ganze freie Gasquerschnitt aller Rauchrohre zusammen  $q = 0,24 \text{ m}^2$ . Kurz darauf setzt Verfasser — für die gleichen Voraussetzungen

— den freien Gesamtrauchrohrquerschnitt  $= \frac{q}{2}$ , versteht also jetzt scheinbar unter  $q$  den gesamten Gasquerschnitt des Langkessels einschließlich der Heizrohre. In dieser Verwechslung bzw. Setzung besteht seine »Ermittlung« des fraglichen Verhältnisses, das ja nicht einfach  $= \frac{1}{2}$  gesetzt werden darf, sondern von  $H_2$ ,  $t_u$ , der Speisewassertemperatur (Vorwärmung) und dem Verhältnis der Gasgeschwindigkeiten in den beiden Rohrsystemen abhängig ist!

$$\text{Aus der richtigen geometrischen Beziehung } \frac{H_1}{4l} - \frac{H_2}{4l} = q, \frac{D}{d}$$

worin  $q$  den gesamten freien Rauchrohrquerschnitt bedeutet, oder — mit  $D = x \cdot d$ ,  $H_2 = H_1 \cdot y$  — aus  $H_2 \left( \frac{x}{y} - 1 \right) = q \left( \frac{4l}{d} \right)$  »ermittelt« dann der Verfasser die »wirksame« Heizfläche  $H_2$ ,

indem er an Stelle von  $q \frac{q}{2}$  und  $\frac{4l}{d} = 416$  setzt und indem er weiter  $q = 0,24 \text{ m}^2$  einführt, also stillschweigend die oben dafür angegebenen Voraussetzungen dahin ändert, daß er jetzt

$$(H_1 + 0,9 H_2) = \frac{100}{2} \text{ m}^2 \text{ und } G_{\text{Rauchrohre}} = \frac{10000}{2} \text{ kg/Std.} \text{ zu-$$

grunde legt. Tatsächlich spricht er hiermit lediglich die zwischen  $H_2$  und  $(H_1 + 0,9 H_2) = \frac{100}{2} \text{ m}^2$ ,  $G = \frac{10000}{2} \text{ kg/Std.}$ ,  $x = 3,291$  und  $y = 1,215$  bestehende geometrische Beziehung aus, ermittelt  $H_2$  nicht, denn er legt dieses schon durch seine

$$\text{Voraussetzungen fest zu } H_2 = \frac{\frac{100}{2}}{\frac{1}{1,215} + 0,9} = 29 \text{ m}^2$$

Mit  $H_2 = 29 \text{ m}^2$  und  $y = 1,215$  erhält Verfasser dann  
 $H_1 = \frac{29}{1,215} = 23,9 \text{ m}^2$ , weiter die gesamte wasserverdampfende  
 Rohrheizfläche =  $23,9 + 4,3 + 50 = 78,2 \text{ m}^2$  als einfache

unbesetzte Heizrohr-  
Rauchrohre bündel

geometrische Folge seiner Voraussetzungen und „ermittelt“  
 daraus die wasserverdampfende „Kesselheizfläche“  $H_1$ , indem er  
 $78,2$  durch  $0,9$  dividiert, zu  $87 \text{ m}^2$ , während in Wirklichkeit doch  
 $H = H_1 + 78,2$  ist!

Schließlich berechnet der Verfasser auch hier für ver-

schiedene Überhitzer  $t_u$ ,  $t_a$  und  $Q_2$  nach dem gleichen Verfahren  
 wie oben, die also aus dem gleichen Grunde wie oben: Gleich-  
 setzung von  $t_a$  und  $\tau$ , Vernachlässigung von  $\frac{G_2}{D}$ , falsch sind.

Auch hier sinkt beim Verfasser  $Q_2$  mit steigendem  $t_u$ ! Dem-  
 gemäß findet sich auch hier die kühne Behauptung, daß die  
 auf den Überhitzer übertragene Wärmemenge sich bei gleich-  
 zeitig steigender Überhitzung vermindert.

Außer diesen grundlegenden Fehlern weist die Arbeit  
 eine große Menge kleinerer, schiefe Ausdrucksweise, viel Un-  
 genauigkeiten und falsche Dimensionsangaben auf, auf die hier  
 nicht näher eingegangen werden soll. Leider machen m. E.  
 schon die besprochenen Fehler die Morgenrothsche Arbeit  
 gänzlich unbrauchbar sowohl in ihrer allgemeinen theoretischen  
 Untersuchung der Wärmeübertragung wie in der Bestimmung  
 der Hauptabmessungen des Lokomotivkessels.

## Das zweite Betriebsjahr der Schienenschweißungen im Bezirk der Reichsbahndirektion Nürnberg.

Von Reichsbahnoberrat Schönberger, Nürnberg.

Hierzu Tafel 28 bis 31.

Seit Einrichtung der ersten Versuchsstrecke in Nürnberg-Rangierbahnhof, die ich im Organ 1925\*) behandelte wurden noch verschiedene weitere Versuche durchgeführt: im nachstehenden möchte ich über die getroffenen Anordnungen und die gewonnenen Erfahrungen berichten. Die Lage der einzelnen Strecken wolle aus dem Lageplan der Station Nürnberg-Rangierbahnhof (Taf. 30) ersehen werden.

Am Ende des zweiten Betriebsjahres waren in den beiden Stationen Nürnberg Hbf. und Rbf. geschweißt:

I. Die erste Versuchsstrecke im Verbindungsgleis 2 für die Einführung der Güterbahn Stein—Nürnberg Rbf. in den Einfahrbahnhof zwischen km 1,362 und 2,651 = 1289 m in Einzellängen von 60 m, 84 m und 108 m, welche durch Anschweißen von 6 m Stücken mit Auszugstößen zum Teil auf Längen von 66 m, 90 m und 114 m gebracht wurden. Die Strecke liegt in der Steigung 1:180; sie ist zum Teil genagelt, zum Teil geschraubt; sie wird durchschnittlich im Tag von 24 Güterzügen befahren; wovon etwa  $\frac{1}{3}$  vor dem Einfahrsignal halten muß. Durch das Bremsen und Wiederanfahren der schweren Güterzüge wird das Gleis stark und stets in gleicher Richtung beansprucht. Zur Ermöglichung der Ausdehnung sind fünf Ausdehnungstöße mit je 50 mm Auszugmöglichkeit eingebaut (durch Verbiegen der Laschenschrauben haben sich Auszüge bis zu 65 mm ergeben); die übrigen Stöße sind normale Laschenstöße; alle Stöße sind durch Einbauen von Eisenbetonrosten verstärkt. Die Stoßlücken wurden bei  $+ 10^\circ \text{ C}$  in der Weise geregelt, daß die gewöhnlichen Laschenstöße, wie auch die Ausziehstöße genau auf die Hälfte ihres Auszuges eingestellt wurden. Der vor der Versuchsstrecke liegende Stoß wurde gegen die Übertragung von Wanderwirkungen aus dem anliegenden Gleis fest verankert.

II. Das Verbindungsgleis 3 zur Einführung der Güterbahn von Eibach in den Rangierbahnhof. Dieses Gleis ist auf Eisen-schwellen in Schotterbettung verlegt. Die Einzellängen sind 60 m mit normaler Verlaschung. Am Anfang und Ende der Strecke ist je ein Ausdehnungstofs von 50 mm Ausdehnungsmöglichkeit eingebaut; die übrigen Stöße sind normale Laschenstöße. Sämtliche Stöße sind durch Eisenbetonroste verstärkt und mit Stoßbrücken und umgearbeiteten Auflaufschienen ausgerüstet. Auch sind Pappelholzplättchen zur weiteren Behinderung der Bewegungen eingebaut. Bei zehn Stößen am Anfang der Strecke wurde das Schienengestänge in Streifen

von 35 cm Breite eingeschottert und zwar außen bis Schienenoberkante, innen bis 40 mm unter Schienenoberkante.

III. Gleis 5 im inneren Einfahrbahnhof wurde in einer Strecke von 616 m in Längen von 321, 102, 96 und 97 m geschweißt. Das Gleis ist auf Holzschwellen in Sandbettung verlegt und genagelt. Es sind drei Ausdehnungstöße eingebaut.

IV. Gleis 7 im inneren Einfahrbahnhof ist geschweißt auf 658 m Länge in Schweißfeldern von 96, 105, 105, 120, 120 und 112 m. Am Anfang und Ende der Strecke sind Ausdehnungstöße eingebaut.

V. Verschiedene Gleisverbindungen am Ablaufkopf, dann von zwei Gleisen der nördlichen Richtungsharfe die Auffängerstrecke auf etwa 300 m Länge. In diese Gleise konnten wegen der Verwendung von Radschuhen zum Auffangen der ablaufenden Wagen Ausdehnungstöße nicht eingebaut werden.

Die Gruppen III, IV und V hängen ziemlich innig zusammen. Sie eignen sich zu **Ablaufversuchen bei ungünstigen Witterungsverhältnissen** (Gegenwind, Schneetreiben).

VI. Sämtliche Schienenstöße auf und vor der Brücke des Ludwig-Donau-Main-Kanals zur Vermeidung der starken Schläge auf das Mauerwerk und zur Schonung der Eisenüberbauten.

VII. Bei 37 stark beanspruchten Weichen sind die Herzstücke geschweißt; außerdem sind von sämtlichen Weichen der Form X (Bayern) die Übergangsstöße auf die Form IX (Bayern) geschweißt.

VIII. Das Güterzuggleis von Eibach nach Nürnberg Rbf. ist auf der freien Strecke auf eine Länge von 1167 m in Feldern von je 60 m geschweißt. Am Anfang und Ende der Strecke sind Ausdehnungstöße der Bauart Hesse, Berlin eingebaut; im übrigen sind für die Stöße normale Laschen eingebaut.

Das Gleis wurde mit altbrauchbaren Schienen der Form X auf Hartholzschwellen in Schotterbettung umgebaut. Es liegt zum Teil in einer Kurve von 500 m Halbmesser. Beim alten Gleis traten dauernd Spurerweiterungen, Richtungsverschiebungen und Wanderungen auf, so daß wöchentlich zwei bis dreimal Unterhaltungsarbeiten nötig waren.

IX. In Station Nürnberg Hbf. sind die beiden Maschinen-gleise auf eine Länge von zusammen 3,354 m in Einzellängen von je 60 m geschweißt. Die Gleise wurden mit altbrauchbaren Schienen der Form X auf Holzschwellen umgebaut und in Schotter verlegt. Sämtliche Stöße sind normal verlascht, zum Teil mit gewöhnlichen, zum Teil mit umgearbeiteten Auflauf-

\*) Seite 477.

laschen; sie sind außerdem durch Stofsbrücken und Eisenbetonroste verstärkt.

X. Als neuester Versuch wurde je ein 60 m langer Stofs Form IX und X mit **Stumpfschweißung** und Laschen ausgeführt. Diese Schweißung unterscheidet sich von dem bisher angewendeten sogenannten kombinierten Verfahren dadurch, daß auch in Fuß und Steg die Schmelzschweißung entfällt und durch Verwenden eines durch das ganze Schienenprofil reichenden Schweißbleches die Schweißung ausschließlich unter Druck erfolgt. Die nötige Schweißtemperatur wird durch Verwendung einer entsprechend größeren Thermitmenge erreicht, wobei das ganze bei der Reaktion freiwerdende Eisen sich ausscheidet; um die Schweißstelle legt sich eine feine Schlackenschicht

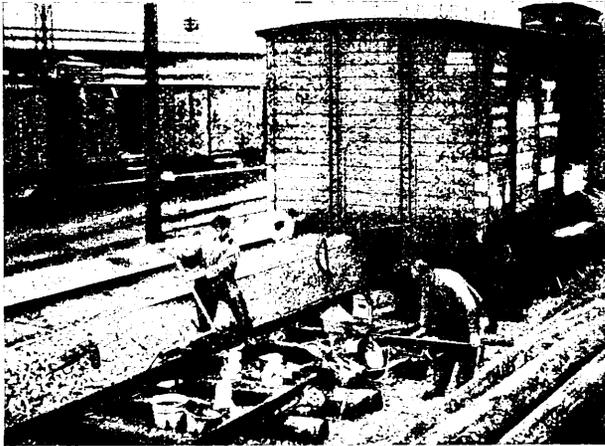


Abb. 1. Schweißwagen.



Abb. 2. Die Former während der Arbeit im Innern des Wagens.

und das Thermitisen kann nach Abnehmen der Schweißform leicht entfernt werden.

Bei dieser Schweißung wird der Schienenquerschnitt nicht verstärkt, und der Schweißwulst entfällt, so daß die normalen Laschen als Sicherheitslaschen eingezogen werden können. Über die Erfahrungen kann noch nichts berichtet werden.

Im ganzen sind in Nürnberg Rbf. 6 km und in Nürnberg Hbf. 3,35 km geschweißt und sind 1225 Schweißungen ausgeführt. Die Arbeiten werden durch angeleitete Bahnarbeiter ohne jede fremde Beihilfe durchgeführt. Die gesamten zur Schweißung benötigten Geräte und Stoffe sind übersichtlich in einem gedeckten Wagen (Schweißwagen) untergebracht (siehe Textabb. 1 u. 2). Dieser Wagen steht in der Regel in der Nähe der Arbeitsstelle; er kann aber auch entfernt werden.

### Bisherige Ergebnisse:

Durch die Beobachtung dieser verschiedenen Versuchsstrecken und die angestellten Messungen ergaben sich trotz der Kürze der Zeit schon verschiedene, recht wertvolle Feststellungen. Auch lassen sich ziemlich sichere Schlüsse ziehen, die für das weitere Vorgehen den Weg weisen.

1. Die betriebssichere Tüchtigkeit des Thermitstosses hat sich auch im zweiten Betriebsjahre voll bewährt. Es ist weder ein Bruch oder Riß einer einwandfrei hergestellten Schweißstelle vorgekommen, noch haben sich am Kopf Auswülbungen oder Verdrückungen gezeigt; auch kann kein Verschleiß oder Störungen der stofflichen Zusammensetzung beobachtet werden. Ich habe ausdrücklich vorausgesetzt, daß einwandfreie, gewissenhafte Arbeit geleistet werden muß. Deshalb möchte ich hier auch die beiden Schienenbrüche erwähnen, die bis jetzt bei uns in einer Schweißstrecke vorkamen.

In dem einen Falle erfolgte der Bruch 5 cm von der Schweißstelle entfernt, war also noch in der Schweißzone; er ging durch ein Laschenloch. Entdeckt wurde der Bruch drei Monate nach erfolgter Schweißung.

Die Bruchstelle wurde nun in der Weise gesichert, daß die beiden benachbarten Schwellen bis zum Schweißwulst herangerückt wurden. Sie hatten dann einen Abstand von 360 mm. Es zeigte sich weder ein seitliches Ausweichen noch ein Heben der Schienen, obwohl 19 zum größten Teil schwerste Güterzüge mit 4/5 gekuppelten Lokomotiven die so einfach gesicherte Bruchstelle befuhren.

Der Bruch wurde nachmittags entdeckt und erst am nächsten Vormittag durch Einschweißen eines Ersatzstückes in einer Zugspause ausgewechselt; hierfür waren unter Einrechnung aller Nebenarbeiten zwei Stunden nötig.

Die Untersuchung ergab, daß es sich um eine Schiene der Form IX vom Jahrgang 1898 handelte, die zu  $\frac{2}{3}$  durch den Kopf,  $\frac{1}{3}$  durch den Fuß und den ganzen Steg in einwandfreier Weise einen alten Bruch zeigte. Die Schiene hätte nicht mehr geschweißt werden sollen. Durch Beklopfen mit einem Hammer hätte der Mangel entdeckt werden können. Das Laschenloch war verrostet; das Thermitisen hat sich nicht verbunden. Jetzt wird bei allen Schienenformen, bei denen das erste Laschenloch in die Schweißzone fällt, versucht, durch Einfügung eines Flußeisenerkerns in die gründlich gereinigten Laschenlöcher eine völlige Schmelzschweißung der Flußeisenerkerne mit dem Schienensteg zu bewirken.

Das Vorkommnis bestätigte die an und für sich schon selbstverständliche Tatsache, daß Laschenlöcher schädlich sind, zeigte aber auch, daß Brüche von Schweißstößen nicht gefährlicher sind als solche in ungeschweißten Schienen und daß auch Schweißstofsbrüche in verhältnismäßig kurzer Zeit zu beheben sind.

In dem zweiten Fall zeigte sich der Schaden in einer mit altbrauchbaren Schienen der Form X vom Jahre 1902 umgebauten Strecke vier Monate nach der Inbetriebnahme des beim Umbau geschweißten Gleises. Gebrochen waren Fuß und Steg; der Schienenkopf war noch vollständig geschweißt, aber vom Thermitisen des Schweißwulstes berührt. Es traten daher ungleiche Zugspannungen auf. Die Ursache kann in einem kleinen Modellfehler liegen; das Modell wurde daher etwas abgeändert. Da aber mit dem gleichen Modell noch viele andere Stöße geschweißt wurden, muß noch eine andere Ursache mitgewirkt haben. Es wurde entweder trotz aller Sorgfalt doch etwas mehr Thermitisen gegeben, oder der Stofs lag zu lose und kam die Schlagwirkung besonders stark zur Geltung. Tatsächlich ergab die Untersuchung, daß der betreffende Stofs auffallend schlecht unterhalten war. In beiden Fällen zeigte sich der Bruch schon bald nach der Inbetriebnahme.

2. Bei den Versuchen wurde nur schrittweise sehr langsam vorgegangen und trifft jedenfalls die von Dr. Saller in der Gleistechnik 1925, Heft 21, Seite 368 bei seinen Ausführungen über Schienenschweißungen geäußerte Bemerkung hinsichtlich eines allzu stürmischen Vorgehens auf die Nürnberger Versuche nicht zu. Bei diesen wurde leider auch in überalterten, nur in Kies- und Sandbettung liegenden Gleisen mit größtenteils nur genagelten Schienen begonnen. Die Schienen der Form IX stammten aus dem Jahre 1891; die Stöße waren eingefahren. Diese wurden deshalb beim Schweißen überhöht und dann durch Abhobeln mit Hand eine obere Kopffläche herzustellen versucht. Die genaue Durchführung wurde nicht nachgeprüft. Die ersten Schweißstöße dürfen deshalb jetzt nicht mit Präzisionslinealen nachgeprüft werden und Abweichungen von Zehntel Millimetern dürfen nicht der Schweißung als solcher angelastet werden, sondern nur der Ausführung, für die noch keinerlei Erfahrungen vorlagen.

Auch die Ausführungen von Dr. Saller in dem Vortrage »Bahnbau und Bahnunterhaltung in neuzeitlicher Form« abgedruckt in Nr. 9, 1927 des amtlichen Nachrichtenblattes »Die Reichsbahn« sind nicht zutreffend und beruhen anscheinend auf einem Mißverständnis. Dr. Saller schreibt:

»Neuerdings habe ich von Nürnberg eine Nachricht, wonach sich beginnende Ausbauchungen, die mindestens als Anzeichen von großen Überbeanspruchungen der Schienen aufgefaßt werden müssen, zeigen. Ich muß gestehen, daß ich diese Nachricht, so betrübend sie an sich ist, mit einer gewissen wissenschaftlichen Erleichterung empfunden habe. Daß schließlich so etwas kommen mußte, ist ja wohl zu erwarten. Naturgesetze lassen sich nur in gewissen Grenzen vernachlässigen.

Und wie war der wirkliche Sachverhalt?

In der ersten Versuchsstrecke (I) bauchte sich an sehr heißen Tagen eine Schiene Form IX an einer Stelle um etwa 6 mm aus. Die Ausbauchung erfolgte nicht an einer Schweißstelle, sondern 90 cm von einem Schweißstofs entfernt, hat also mit dem Vorgang des Schweißens bestimmt gar nichts zu tun, sondern läßt nur darauf schließen, daß die Schiene von einer früheren Entgleisung her oder durch Abwerfen eine schwache Knickstelle hat, die schon bei geringen Druckspannungen ausbiegt. Diese elastischen in Spurerweiterung sich zeigenden Ausbiegungen werden durch die ungenügende Haftung der Schwellenschrauben in den ausgeweiteten Bohrlöchern der überalterten Föhrenschwellen begünstigt. Die Schwellenlage wurde durch den Vorgang nicht beeinflusst, es handelt sich demnach um keine Gleisausbauchung. Die Schiene liegt noch heute unverändert im Gleise.

Weil aber Dr. Saller hier eine wichtige Frage angeschnitten hat, möchte ich die Sache nicht mit dieser Feststellung abtun, sondern doch noch näher darauf eingehen.

Die Äußerung Dr. Sallers ist doch wohl dahin aufzufassen, daß die in Nürnberg ausgeführten Gleisschweißungen unter völliger Vernachlässigung von Naturgesetzen vorgenommen sind und die eingetretenen Gleisausbauchungen (tatsächlich handelt es sich aber nur um einen Fall) unausbleiblich und vorauszusehen waren. Nach dem ganzen Inhalt der Darlegungen über Schienenschweißungen kann man nur annehmen, daß Dr. Saller die Vernachlässigung der Naturgesetze darin erblickt, daß der Schiene in der geschweißten Strecke nicht diejenige Ausdehnungsmöglichkeit gegeben ist, welche nach Maßgabe der Gesetze über Temperaturendeckung gefordert werden muß. Der Ausführung und Auffassung muß widersprochen werden. Es kann keine Rede davon sein, daß Naturgesetze vernachlässigt werden, wenn man Schienen mit so enger Stosfuge verlegt, daß sie den Gesetzen der Wärmeausdehnung allein folgend, sich nicht entsprechend ausdehnen können. Wird die Ausdehnung einer Schiene, sei es, daß

sie sich durch Temperatureinwirkung verlängern oder verkürzen will, gewaltsam an ihrer Längenänderung gehindert, so treten Druck- oder Zugspannungen ein, die so groß sind, daß die dadurch bewirkte elastische Zusammendrückung oder Ausdehnung genau gleich der durch die Temperaturänderung bedingten Verlängerung oder Verkürzung der Schiene ist. Diese Vorgänge vollziehen sich durchaus nach bekannten Naturgesetzen, denn die elastische Längenänderung unter Einwirkung von Kräften ist ebenso gut ein Naturgesetz, wie die Verlängerung oder Verkürzung unter Einwirkung wechselnder Temperaturen. Die Berechnung der axialen Kräfte, die unter den oben vorausgesetzten Verhältnissen im Schienengestänge auftreten, läßt sich daher auch ohne weiteres vornehmen. Aber es muß dabei vorausgesetzt werden, daß die Schienen, soweit sie unter Druckkräften stehen, durch geeignete Mittel am seitlichen Ausweichen, also an einer Ausbauchung oder an einer Gleisverwerfung verhindert werden. Das geschieht im Gleisbau durch Befestigung der Schienen auf den Schwellen und durch die Einlagerung der Schwellen in den Bettungskörper. Es ist ohne weiteres klar, daß diese Befestigungsmittel irgend eine geringste Widerstandskraft leisten müssen, um diese Aufgabe des Geradhaltens der Schienen auch wirklich zu erfüllen, und hier klappt allerdings eine Lücke in unserer theoretischen Erkenntnis des Kräftespieles im Gleis. Diese notwendigen Widerstandskräfte in der Querrichtung zum Gleis lassen sich nicht errechnen und es muß die praktische Erfahrung und weitere Versuche uns erst lehren, wie die Schienenbefestigung und die Schwellenlagerung beschaffen sein muß, um die Schienen so fest einzuspannen, daß ein seitliches Ausweichen nicht eintreten kann.

3. Die Stosflücken wurden früher in der Weise geregelt, daß bei  $+10^{\circ}\text{C}$  sowohl bei den gewöhnlichen Laschenstößen, als auch bei den Ausziehstößen die Hälfte der möglichen Ausziehlänge eingestellt wurde. Dieser Grundsatz wurde wenigstens bei Altschienen verlassen und  $+20^{\circ}\text{C}$  als Mitteltemperatur bestimmt. Dadurch wurde die Grenze der Druckspannungen herab und jene für die Zugspannungen hinaufgesetzt, weil angenommen wurde, daß die Laschenbolzen größere Zugspannungen aufnehmen können.

Eine Reihe von Messungen zeigte, daß sich die Schienen langsamer erwärmen und auch wieder langsamer abkühlen als die Luft, sowie, daß sich bei Sonnenbestrahlung die Wärme in der Schiene höher einstellt als in der Luft. Deshalb wird jetzt den Ausdehnungsberechnungen eine höchste Schienentemperatur von  $+55^{\circ}\text{C}$  (statt bisher  $+40^{\circ}$  Lufttemperatur) zugrunde gelegt. Die untere Grenze mit  $-20^{\circ}\text{C}$  wird beibehalten.

Für die Messung der Schienentemperatur werden besondere Thermometer verwendet, von denen sich das in Textabb. 3 dargestellte am besten bewährte. Bei diesem ist der Quecksilberbehälter der Glasröhre bis auf 25 mm im Durchmesser verflacht, so daß eine möglichst große Berührung zwischen der Schiene und dem Thermometer vorhanden ist und gleichzeitig eine größere Standsicherheit erreicht wird. Gegen Umkippen wird das Instrument außerdem durch einen durchlochenden Lederstreifen festgehalten, der beiderseits mit einem Eisenkern beschwert ist. Die Lederhülle schützt zugleich das Quecksilber vor der unmittelbaren Sonnenbestrahlung.

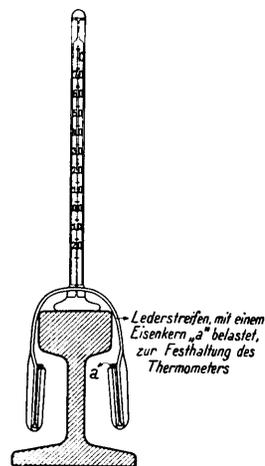


Abb. 3.  
Schienenthermometer.

4. Über die wirtschaftlichen Erfolge können erschöpfende Angaben erst nach mehreren Beobachtungsjahren gemacht werden. Immerhin kann schon jetzt gesagt werden, daß sich die erste Versuchsstrecke (I) sehr gut gehalten hat, daß **Unterhaltungsarbeiten** in ihr bis jetzt überhaupt nicht anfielen.

Die in den **Ablaufgleisen** und **Andruckgleisen** vorgenommenen **Schweißungen** haben sich besonders gut bewährt und den **Ablaufbetrieb** ganz wesentlich beschleunigt. Durch den **Entfall der Stöße** ist der **Laufwiderstand** vermindert; die **Wagen** laufen ruhig und flott ab.

Ebenso günstig sind die Ergebnisse in dem **Einfahrgleis 3** (Versuchsstrecke II) und ganz auffallend in dem **Güterzuggleis Eibach—Nürnberg Rbf.** (Versuchsstrecke VIII). Dieses Gleis erforderte früher beinahe ständige **Unterhaltungsarbeiten**. Seit es umgebaut und verschweißt ist, brauchte keine **Tagsschicht** mehr aufgewandt werden.

Die **geschweißten Herzstücke** befahren sich ruhig; die **ständige Bewegung der Spitzen** und damit eine **Entgleisungsgefahr** ist beseitigt, der **Stoffverschleiß** hat sich abgemindert und dadurch die **Lebensdauer der Herzstücke** erhöht.

Ein Vergleich der Versuchsstrecke I (2. Verbindungsgleis) mit dem gleichalten nicht verschweißten Nachbargleis (1. Verbindungsgleis) ergibt, daß das Gleis 1 in etwa zwei Jahren umgebaut werden muß, während das Gleis 2 noch acht bis zehn Jahre liegen kann. Der Nutzen der Schweißung ist hier ganz augenfällig.

5. Bei der Fahrt auf einer Schweißstrecke, in der eine große Zahl **Stöße** entfallen ist, **treten die Schläge** und **störenden Geräusche** zurück, es werden nur das **Geräusch des fahrenden Zuges** und die **Schläge von Schleifstellen der Räder** gehört. **Unrunde Räder** können daher sehr leicht herausgefunden werden.

6. In den **Gleisen der Richtungsharfe** springen die **Rad-schuhe** an den **unebenen und losen Schienenstößen** leicht ab; es erfolgen **starke Aufstöße** (auch **Entgleisungen**) und **Beschädigungen der Fahrzeuge** und des **Gutes**. Durch das **Schweißen der Auffängerstrecken** wird dies **vermieden**. Das **Personal** arbeitet in den Schweißstrecken **sicherer und ruhiger**.

7. Die **Längen der Schweißfelder** wurden zur Gewinnung von **Unterlagen** recht verschieden genommen. Am häufigsten kommt die **kleinste gebrauchte Länge**, nämlich **60 m** vor; es wurde aber auch bis **320 m** hinaufgegangen. Über die dabei gewonnenen **Erfahrungen** wird unter **Ziffer 11** das Nähere ausgeführt. Hier wird nur allgemein bemerkt, daß sich die **längeren Schienen** **besser den Kurven anschmiegen** und **besser liegen bleiben**, als die **kürzeren**. Eine **Laschenverbindung** gibt immer eine **Unterbrechung der Kurve** — eine **Knickstelle**.

8. Im allgemeinen wurde mit **gewöhnlichen Laschenstößen** auszukommen versucht, diese wurden aber durch **Stofsbrücken** verstärkt; dann wurden vielfach etwas **abgeänderte Auflaflaschen** verwendet, die sich in dieser **Zusammensetzung** **besser bewährten** als im **gewöhnlichen, unverstärkten Stofse**.

Da nicht **bestimmt vorausgesehen** werden konnte, nach welcher **Richtung** sich die **Schienenschweißung** bewegt und **tunlichst viel Erfahrungen** gesammelt werden wollen, wurden auch mit **Ausziehstößen** **Versuche** gemacht.

Wir haben in **recht behelfsmäßiger** Weise mit **Erweiterung der Laschenlöcher** begonnen und sind dann nach **verschiedenen Versuchen** zu dem in **Textabb. 4** dargestellten **Stofse** gekommen. Die **Ausführungskosten** betragen für das **Paar** ohne **Fracht** **M 320.—**.

Daneben haben wir noch **Ausziehstöße** der **Bauart Hesse**, **Berlin** (**Textabb. 5**) eingebaut. Die **Beschaffungskosten** dieses **Stofses** betragen ohne **Fracht** **M 390.—**.

Die **sämtlichen** zur **Verwendung** gebrachten **Ausziehstöße** wurden mit einer **Ausziehmöglichkeit** von **50 mm** gebaut. Ich

hätte **keine Bedenken** ohne **Anwendung von Radlenkern** noch bis **70 mm** zu gehen.

Die **beiden Ausführungen** nach **Textabb. 4** und **5** haben sich bis jetzt **gleich gut bewährt**.

9. In der **Versuchsstrecke I** (**Verbindungsgleis 2 Stein—Nürnberg Rbf.**) werden seit **Anfang Dezember 1925** wöchentlich **genaue Messungen** vorgenommen. Das **Ergebnis der Bewegungen** ist in **Taf. 28** aufgetragen. Daraus sieht man, daß **am Anfang**, wo **längere Schienen** liegen und diese **aufserdem verschraubt**

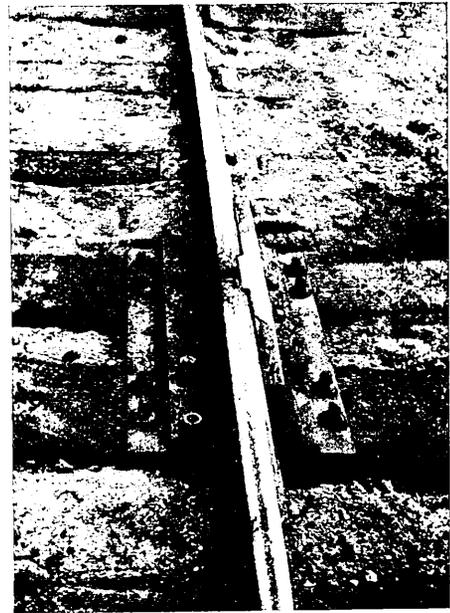


Abb. 4. Ausziehstoß mit beiderseits beweglichen Schienen.

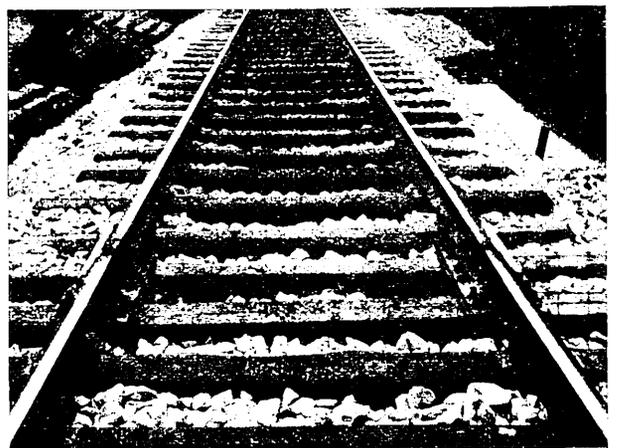


Abb. 5. Ausziehstoß Bauart Hesse (eine Schiene ist mit der Lasche fest verbunden).

sind, die **Bewegungen** am **kleinsten**, daß diese aber in der **Mitte** in dem **nur genagelten Gleis** mit **kürzeren Schienen** am **größten** sind. **Gegen das Ende** werden in dem dort wieder **geschraubten Gleis** bei **auch nur 60 m** langen **Schienen** die **Bewegungen** wieder **kleiner**.

Die **größte Wanderung** ist **74 mm**: in der **Vergleichsstrecke** wurde in der **gleichen Zeit** eine **Wanderung** bis zu **160 mm** gemessen. Die **Strecke** hat **erfüllt**, was von ihr der **ganzen Bauart** nach **höchstens verlangt** werden konnte. **Jetzt** ist aber die **Wanderung** bereits soweit **fortgeschritten**, daß der **Abschnitt** als **Versuchsstrecke** sehr an **Bedeutung** verliert.

In der Versuchsstrecke I betrug die größte Ausdehnung 54 mm; an den Stoßlücken trat bei 30 bis 35° C Pressung ein.

10. In der Versuchsstrecke III (Verbindungsgleis 3, Taf. 29) zeigte sich bis jetzt keine Wanderung. Um dieses günstige Ergebnis noch besser zu zeigen, wurden noch zwei spätere Messungen beigefügt. Das Gleis 3 wird ebenso wie Gleis 1 und 2 ständig nur in einer Richtung befahren, aber die Verwendung von Schotter, in den sich die Eisenschwellen fest einkrallen können und die Verstärkung der Reibung zwischen Schiene und Schwelle durch Pappelholzunterlagen geben dem Gleis einen festen Halt. In der gleichen Zeit ist Gleis 2 bis zu 74 mm und Gleis 1 bis zu 160 mm gewandert. Das letztere mußte, wie auch früher alle ein bis zwei Jahre, bereits zurückgezogen werden.

Das Einschottern des Schienengestänges (siehe auch Ziffer II) hat das Ergebnis nicht verbessert und war zwecklos. Der Schotter war in ständiger Bewegung.

11. Von der Versuchsstrecke III wurde nur der 321 m lange Strang beobachtet. Dieser ist in der Mitte an zehn Schwellen nach beiden Seiten durch Stützklemmen gesichert, im übrigen schwebt er frei. Die Beobachtung der Messungsergebnisse auf Taf. 30 zeigt, daß die Mitte beinahe fest liegen bleibt und daß die beiden Enden der Schienen die größte Ausdehnung aufweisen. Die Stoßlücken haben sich bis jetzt noch nie völlig geschlossen, so daß die volle Ausdehnung ohne jede Druckspannung zur Geltung kam. Dagegen sind schon bei — 5° C auf der einen Seite derart große Zugspannungen aufgetreten, daß die Laschenschrauben abgeschert wurden. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Einstellung der Fugen der Ausdehnungsstöße nicht richtig getroffen wurde. Die Bewegung wurde aber auch begünstigt durch die ungenügende Schienenbefestigung (Nagelung) und die mangelhafte Bettung (Sand). Jetzt werden die Holzschwellen durch eiserne Schwellen ersetzt und in Schotter gebettet.

Aus den Beobachtungen unter Ziffer 9 und 11 kann geschlossen werden, daß bei Langschienen die Wanderung geringer ist und daß sie auch ganz aufgehoben werden kann.

12. In der Versuchsstrecke VIII (Güterzuggleis Eibach—Nürnberg Rbf., eingleisige Bahn) wandert das Gleis von der Ausfahrweiche in Eibach an gesehen zunächst bis etwa Kurvenanfang in der Richtung nach Nürnberg Rbf. bleibt dann stehen und ändert hierauf die Bewegungsrichtung. Das Gleis liegt auf einem Damm und kann sich völlig frei bewegen. Die auf Taf. 31 dargestellten Ergebnisse sind bis jetzt außerordentlich günstig (siehe auch Ziffer 4): die Lage der ganzen Strecke, namentlich auch die Kurve ist tadellos.

Die Wanderbewegungen (das Höchstmaß beträgt 13 mm) sind ähnlich wie bei der Versuchsstrecke III in den inneren Stößen nicht nennenswert (nur ist die Mitte verschoben); nach den beiden Enden zu sind sie größer. Die geringen Bewegungen der Schienen können auch durch das Einpressen des Gleises in die neu aufgebrachte Schotterbettung entstanden sein; für diese Annahme spricht der Umstand, daß in dem Bogenstück der stärker belastete innere Strang eine größere Bewegung zeigt als der weniger belastete äußere Strang. Es verhält sich also hier die ganze Strecke ähnlich wie die 321 m lange Schiene im Einfahrbahnhof. Dieses gute Ergebnis ist darauf zurückzuführen, daß in diesem neu verlegten Gleis die Verspannung zwischen Schwelle und Schienenfuß sehr gut ist und auch die Schotterbettung einen entsprechenden Reibungswiderstand bietet. Es darf angenommen werden, daß auch

bei einer noch wesentlich größeren Länge ein gleich gutes Ergebnis erzielt würde.

13. Ein sehr wichtiges, für die allgemeine Einführung reifes Anwendungsgebiet der Schienenschweißung ist die Schweißung von Übergangsstößen zu Übergangsschienen.

Ein Übergangslaschenstoß Form X/S 49 kostet einschließlich der hölzernen Doppelschwelle, der Platten usw. M 90.—

Ein Übergangsschienenstoß 6 m lang ohne die Kosten für die Schiene, jedoch einschließlich des Mehrwertes derselben, kommt auf M 234.— zu stehen. Ein Schweißstoß kostet nur M 55.—

Die Übergangslaschen X/S 49 sind recht kräftig gebaut und doch sind einige derselben schon im ersten Betriebsjahr gebrochen.

Bei den seit zwei Jahren im bayerischen Netz der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft eingeführten Übergangsschienen Bauart Wagner, bei denen an beiden Enden die normalen Laschenkammern nach dem Abnutzungsgrad der anstossenden Schienenform so eingefräst werden, daß die Fahrfläche und Fahrkante der zusammengelaschten Schienen bündig verlaufen, liegt ein neues 6 m langes Stück in der Strecke: es ist also ohne Not ein weiterer Stoß eingeschaltet; die Kosten sind unverhältnismäßig hoch; sie werden aber noch ganz erheblich gesteigert, wenn eine Übergangsschiene in eine Kurve zu liegen kommt. Die starre Blockschiene bleibt hier nicht ruhig liegen und es sind in sehr kurzen Zwischenräumen Nacharbeiten nötig. Man muß deshalb vermeiden, Übergangsschienen in Kurven zu legen oder man muß sie gekurvt anfertigen. Alle diese Schwierigkeiten und Mehrkosten können durch die Schweißung vermieden werden. Die Wirtschaftlichkeit der geschweißten Übergangsschiene steht außer Zweifel.

14. Es wäre auch recht lehrreich, durch Ablauf- und Abstofsversuche in geschweißten und ungeschweißten Strecken den Wert der Schweißung zahlenmäßig nachzuweisen; es ist aber äußerst schwierig, die Versuche auf die gleiche Grundlage zu stellen; auch würde nur eine größere Versuchsreihe zum Ziele führen; der Kosten halber wurde davon abgesehen. Immerhin haben schon zwei Versuche gezeigt, daß die Wagen in der geschweißten Strecke rascher laufen und einen weiteren Weg zurücklegen.

#### Weiteres Vorgehen.

Die Beobachtung der Versuchsstrecke I mit den geschweißten alten Schienen Form IX darf als abgeschlossen betrachtet werden, da die bei dieser Strecke infolge der ungenügenden Schienenbefestigung und der völlig unzureichenden Rollkiesbettung aufgetretene Schienenwanderung weitere Schlüsse von wesentlicher Bedeutung für die Verschweißung alter Oberbauanordnungen nicht zuläßt.

Bei der Schweißung der älteren Oberbauformen beim Einbau auf Nebenbahnen wird vor allem danach zu trachten sein, durch Verwendung elastischer Zwischenlagen und verstärkten Kleineisens eine nachhaltige Verspannung zwischen Schienen und Schwellen zu erzielen. Diese Vorbedingungen sind bei dem neuen Reichsoberbau durch dessen Konstruktion ohne weiters gegeben. Als nächstes Ziel der Schienenschweißung muß daher die Herstellung von Langschienen beim Reichsoberbau in größeren Versuchsstrecken angestrebt werden, auf denen durch Versuchsfahrten der Einfluß der Schienenschweißung auf den Fahrwiderstand, auf die Fahrzeuge und sonstige Feststellungen über die Wirtschaftlichkeit der Schienenschweißung erhoben werden können

### Zur Frage der Schienenlänge.

Von Reichsbahnrat Steinhausen, Berlin.

Versuche, die Schienen auch in Vollbahngleisen zu verschweißen, sind im Laufe der letzten Jahre an vielen Stellen der Deutschen Reichsbahn eingeleitet worden und werden auch

noch fortgesetzt. Die Schweißstellen kann man aber als unerwünscht schwache Punkte in dem sonst gleichmäßigen Gefüge der Schiene betrachten. Es mußte sich also der Gedanke auf-

drängen, die Verminderung der Schienenstöße im Gleise, die man mit dem Schweißen der Schiene bezweckt, auf einem anderen Wege, nämlich durch Erhöhung der Schienenlänge anzustreben. Dieser Gedanke lag um so näher, als ja die Schiene in den Walzwerken in einer Länge von 60 bis 120 m von der Walze kommt, und dann erst durch Sägen in die gewünschten Einzellängen geteilt wird. Der Gedanke ist also an sich nicht neu; er war jedoch bisher stets mit der Begründung kurz abgetan worden, daß es unmöglich sei, wesentlich längere Schienen zu verfrachten. Man nahm die Tatsache als feststehend an, daß die Länge der Schienen bedingt sei durch die Abmessungen der längsten zur Verfrachtung verfügbaren Eisenbahnwagen.

Eine nähere Untersuchung der Frage zeigt aber, daß die Bemessung der Schienenlänge im wesentlichen unter drei Gesichtspunkten zu behandeln ist: die Schienen müssen in der beabsichtigten Länge im Walzwerk hergestellt werden können, sie müssen sich verfrachten lassen und sie müssen den Bedürfnissen der Bahnunterhaltung genügen.

Die Bahnunterhaltung muß verlangen, daß die Schienen so handlich sind, daß sie sich in der meist nur knapp bemessenen Zeit leicht einbauen und auswechseln lassen. Nach den Erfahrungen, die auf den Versuchsstrecken mit geschweißten Schienen bereits gemacht wurden, können hier Bedenken nicht mehr erhoben werden, denn es hat sich gezeigt, daß die Handhabung von Schienen, die zu Längen von 60 m und mehr zusammengeschnitten waren, nicht im geringsten auf Schwierigkeiten gestößt ist, sondern mit den vorhandenen Geräten ebenso leicht bewerkstelligt werden kann wie die von Schienen gewöhnlicher Länge. Auf die Fragen des Wärmespiels und des Wanderns braucht in diesem Zusammenhange nicht näher eingegangen werden, da diese Punkte nicht ausschließlich bei langen gewalzten Schienen, sondern in gleichem Maße bei geschweißten Schienen eine Rolle spielen, und auch im Zusammenhange mit den bereits erwähnten Versuchen besonders verfolgt werden.

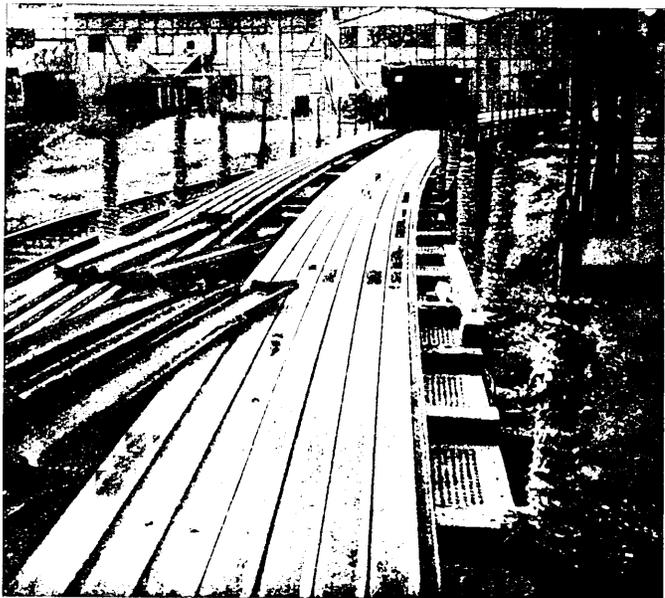
Besonders wichtig ist dagegen die Möglichkeit der Verfrachtung. Es scheidet von vornherein jede Erörterung aus, besondere Wagen für den Versand längerer Schienen zu bauen, da ihre Herstellung lediglich für den gedachten Zweck zu unwirtschaftlich sein dürfte. Wenn dadurch auch eine beträchtliche Erhöhung der Verladelänge erreicht werden könnte, so würde die bisherige Verladeart auf Einzelwagen der Schienenlänge an irgend einem Punkte doch wieder eine neue Grenze setzen. Für die Beförderung größerer Schienenlängen kommen daher nur die vorhandenen Fördermittel in Frage. Der Umstand, daß die Schienen, die in Kurven eingebaut werden sollen, im allgemeinen vorher nicht gebogen werden, und die Beobachtung, daß diese Schienen beim Einbau sich sehr leicht in die gewünschte Krümmung biegen lassen, liefs den Schluss zu, daß der Elastizität des Schienenstahls solche Verbiegungen, wie er sie im Gleise aufzunehmen hat, auch während der Anfuhr zugemutet werden könnten. Bestärkt wurde diese Annahme durch Feststellungen über das Verhalten einiger Schienen, die bei Unfällen außerordentlich stark verbogen worden waren, jedoch keinerlei bleibende Formänderungen zeigten, sondern nach Lösen aus dem Gleisverbande sich wieder vollkommen gerade ausrichteten. War die Schlussfolgerung angängig, so bestand die Möglichkeit, eine Schiene zum Versand auf zwei oder mehr Wagen zu lagern und sie zu zwingen, während der Bogenfahrt sich der Krümmung des Gleises entsprechend einzustellen. Versuche haben die Richtigkeit der Überlegung bestätigt. Es wurden zunächst Versuchsfahrten mit einer 30 m langen Schiene, die aus zwei je 15 m langen Schienen durch Verlaschung hergestellt und auf zwei vierachsigen Plattformwagen (SS-Wagen) verladen war, in Bahnhofsgleisen vorgenommen. Hierbei zeigte sich, daß schon ohne besondere Befestigungen die Reibung zwischen Schienenfuß und Wagenboden vollkommen

ausreichte, um die inneren Kräfte der Schiene zu überwinden und sie zu veranlassen, in Kurvenfahrten, die durch Gegenkrümmungen von 180 m Halbmesser gingen, sich der Bewegung der Wagen in den Krümmungen des Gleises anzupassen. Die Versuche wurden dann nach der Länge und der Zahl der Schienen erweitert, so daß schließlich vier SS-Wagen mit zwanzig je 60 m langen Schienen, die aus 15 m langen Teilstücken durch Verlaschen gebildet waren, beladen wurden. Auch bei den Fahrten, die mit dieser Ladung durch die erwähnten Gegenkrümmungen mit 45 km Geschwindigkeit ausgeführt wurden, zeigten sich nicht die geringsten Anstände. Die langen Schienen folgten vielmehr leicht und gleichmäßig den Gleiskrümmungen und stellten sich hier auch in den Gegenkrümmungen vollkommen parallel zu den Schienen des Gleises ein, auf dem die Wagen rollten. Es zeigte sich sogar, daß diese Einstellung bei der nur auf zwei Wagen verladenen 30 m langen Schiene am ungünstigsten erfolgte, dagegen um so ruhiger und glatter vor sich ging, je länger die Schienen waren. Damit bestand vom Förderstandpunkt aus für die Schienenlänge überhaupt keine Beschränkung mehr.

Für die praktische Anwendung sind diese Versuchsergebnisse bisher aus Gründen, die in der Herstellung der Schienen liegen und die später noch zu erläutern sind, nur für Schienenlängen von 25 und 30 m ausgenutzt worden. Die erste Gelegenheit bot sich im Sommer vorigen Jahres, als die Klöckner-Werke in Georgsmarienhütte für die neue Elbebrücke bei Hämerten die Auswalzung von 25 m langen Schienen übernahmen. Die Überführung dieser Schienen, die, wie oben geschildert, immer auf zwei SS-Wagen geladen waren, von Georgsmarienhütte nach Hämerten erfolgte durch Sonderfahrt mit Eilgüterzuggeschwindigkeit und hat nicht zu den geringsten Beanstandungen Anlaß gegeben. Die Ladung lag nach Ankunft des Zuges in Hämerten genau so gleichmäßig und sauber ausgerichtet, wie sie vor der Abfahrt gelegen hatte. Das Durchfahren der Krümmungen auf dem mehr als 300 km langen Reisewege hatte nicht die geringste Verschiebung der Ladung verursacht. Allerdings muß doch der Befestigung der Schienen eine gewisse Sorgfalt zugewendet werden, da zwar nicht die Fahrt durch Gleiskrümmungen, wohl aber die sonstigen Betriebsstöße die ruhige Lage der Ladung zu beeinflussen geeignet sind. Da der Weg, den in Krümmungen die innen und außen liegenden Schienen zurücklegen, verschieden ist, so darf ihnen die Möglichkeit der Längsbewegung nicht genommen werden. Eine Befestigung in dieser Richtung ist also nicht erforderlich; es wurde nur, um bei unvermuteten Betriebsstößen ein etwaiges Rutschen der ganzen Ladung oder einzelner Schienen zu verhüten, in 20 cm Entfernung von den Schienenenden ein Kantholz quer über den Wagenboden aufgenagelt. Ebenso muß den Schienen für die Querbewegung, die zur richtigen kreisförmigen Einstellung in Krümmungen nötig ist, und die sich an denjenigen Enden der Wagen vollzieht, an denen die Ladung auf den nächsten Wagen übergeht, Freiheit gelassen werden. Hierfür ist auf beiden Langseiten ein Abstand von etwa 20 cm zwischen Ladung und Rungen der Wagen erforderlich und beim Verladen vorzusehen. Dagegen ist, um eine Querverschiebung der außen liegenden Schienen bis dicht an die Rungen zu vermeiden und der dadurch entstehenden Gefahr vorzubeugen, daß diese Schienen sich dann bei der Kurvenfahrt nicht mehr kreisförmig einstellen, sondern um die Endrungen der Wagen knicken können, jede weitere Bewegung der Schienenladung quer zur Fahrtrichtung unerwünscht und zu vermeiden, und dieser Befestigung muß, wenn es sich um einen Versand auf größere Entfernungen handelt, Aufmerksamkeit zugewendet werden. Die Schienen sind auf dem Wagenboden ganz dicht Fuß an Fuß ohne jeden Zwischenraum zu lagern und auf jedem Wagen einmal in der Mitte fest und unverschieblich gegen die Rungen abzusteifen. Auch ist darauf zu achten,

dafs nur Schienen annähernd gleicher Länge nebeneinander gelagert werden, da sonst die Gefahr besteht, dafs die längeren Schienen um die Enden der kürzeren knicken können.

Zwei weitere Versendungen solcher Schienen wurden kürzlich von der Friedrich-Alfred-Hütte in Rheinhausen zur Baustelle der neuen Rheinbrücke bei Duisburg und nach Vohwinkel durchgeführt. Es handelte sich hierbei um 30 m lange Schienen, die Krupp zur Zeit zu Versuchszwecken auswalzt. Auch hier haben sich alle Erwartungen und Annahmen wieder bestätigt. Die Abbildung zeigt eine



Eine Ladung von 30 m langen Schienen in einer Gleiskrümmung von 225 m Halbmesser.

Teilladung dieser Schienen in einer Krümmung von 225 m Halbmesser im Werkhof der Friedrich-Alfred-Hütte; es sind hier sogar Krümmungen von 85 m Halbmesser anstandslos durchfahren worden. Besonders bemerkenswert ist, dafs bei der ersten dieser Beförderungen an einer auf der übrigen Ladung seitwärts liegenden Schiene festgestellt werden konnte, dafs die Elastizität des Schienenstahls die Anpassung an die Kurvenbewegung des Fahrzeuges sogar über Schienenkopf und Schienenfuß, also auch entgegen dem gröfseren Widerstandsmoment des Schienenquerschnittes, zuläfst. Diese Beobachtung

gab Veranlassung, mit der zweiten dieser Ladungen, die von Rheinhausen über Krefeld nach Vohwinkel ging, versuchsweise über einen Ablaufberg zu fahren; ein Hochheben der Schienenenden trat auch hierbei nicht ein, obwohl die Wagen bis zur Grenze der Tragfähigkeit beladen waren und auf je zwei SS-Wagen 44 Schienen in zwei Schichten ineinander gekantet lagen.

Das Verladen der Schienen konnte im Werkhofe mit den vorhandenen Krananlagen ohne jede Schwierigkeit durchgeführt werden, aber auch das Abladen der langen Schienen auf dem Lagerplatz der Bahnmeisterei oder auch unmittelbar an der Verwendungsstelle geht sehr leicht vor sich. Entweder können die Schienen über schräg seitlich angesetzte, etwa 5 m lange Schienenstücke rutschend heruntergeschoben oder mit der Abladevorrichtung der Firma zur Nieden, Alten-Essen, leicht entladen werden. Die Gefahr des Verkantens wächst natürlich mit zunehmender Länge der Schiene, die Beachtung dieses beim Entladen bringt aber keine besonderen Schwierigkeiten mit sich.

Erscheint danach die Schienenlänge kaum mehr eine Frage des Versandes zu sein, so ist sie gegen alle Erwartung stark eine Frage der Herstellung. Natürlich stöfen die ersten Versuchsauswalzungen gröfserer Schienenlängen auf Schwierigkeiten, da alle Einrichtungen für das Zurichten der Schienen in den Werken auf Regellängen von 15 oder 18 m eingestellt sind, so dafs gröfsere Schienenlängen die Umstellung einiger Bearbeitungsmaschinen erforderlich machen. Abgesehen hiervon soll jedoch nach Angabe der Werke mit wachsender Länge der fertigen Schiene auch der Abfall so stark steigen und das Richten dieser langen Schienen solche Schwierigkeiten mit sich bringen, dafs der Stahlwerksverband für solche Schienen einen Aufpreis verlangt, der die Frage noch ungeklärt läfst, ob es wirtschaftlich sein wird, die Schienenlänge erheblich heraufzusetzen. Eine Berechnung hierfür aufzustellen, ist kaum möglich, da für den wichtigsten Vergleichsposten, nämlich die Ersparnisse in der Unterhaltung des Oberbaus und der Fahrzeuge sowie für den zu erwartenden Minderverbrauch an Zugkraft (Ersparnisse an Kohle), zahlenmäfsige Unterlagen nicht vorhanden sind und auch Schätzungen kaum einigermaßen sicher gemacht werden können. Die Klärung dieser Punkte mufs also noch Aufgabe der Versuche bleiben; immerhin ist die Frage doch so wichtig, dafs sie verfolgt zu werden verdient und dafs, nachdem Schwierigkeiten des Versands nicht mehr bestehen und die grundsätzliche Genehmigung solcher Ladungen zu erwarten steht, die weitere Ausdehnung der Versuche mit Schienen von solcher oder noch gröfserer Feldlänge auch auf Schnellzugstrecken berechtigt ist.

## Der Fufsklammerstofs System Melaun und sein Einfluss auf die Beweglichkeit der Schienenenden.

Von Reichsbahnrat Leussler, Karlsruhe.

Bei der Beurteilung der Frage, ob die Beweglichkeit der Schienenenden in Fufsklammerstößen (Melaun) durch die Keilwirkung wesentlich beeinflusst wird, darf ein Umstand nicht aufser Betracht bleiben, der die Untersuchungsergebnisse, wie sie Prof. Dr. Ing. Ammann in seiner Abhandlung im Heft Nr. 5 des »Organs« vom 15. März 1927 niedergelegt hat, ergänzt. Die Befürchtung, die Beweglichkeit der Schienenenden könne durch zu starke Verspannung des verkeilten Stofses wesentlich beeinträchtigt oder sogar aufgehoben werden, wird dabei völlig beseitigt. Dieser Nebenumstand ist die Klemmwirkung der Schienenbefestigungsteile, wie sie schon mehrere Jahrzehnte beim badischen und neuerdings beim Reichsoberbau B verwendet werden.

Die Klemmwirkung dieser Schienenbefestigungsteile (Klemm- oder Spannplatten mit Spannschrauben) ist — immer gute Unterhaltung vorausgesetzt — zweifellos erheblich gröfser als die

Schraubenspannung der Laschenschrauben und sie wird dort noch erhöht, wo zwischen Schienenfuß und Schwellenrücken Holzwischenlagen eingelegt werden, zumal wenn die vorzeitige Lockerung der Schraubenmutter durch Spreng- oder Federriegel hintangehalten wird.

Dafs diese Klemmwirkung der Schienenbefestigungsteile ein Vielfaches der Spannung ist, die durch das feste Anziehen der Laschenschrauben zwischen Schiene und Laschen hervorgerufen wird und dafs der Einfluß der Verspannung durch die Melaunsche Keilfufsklammer ihr gegenüber verschwindend klein ist und deshalb für die Beweglichkeit der Schienenenden in den Stofsverbindungen ganz aufser Betracht bleiben kann, soll im folgenden gezeigt werden.

In der oben angeführten Abhandlung ist die Schraubenspannung für eine fest angezogene Laschenschraube auf 6 bis 7 t angegeben, was bei vier Schrauben am Stofs eine Gesamtspannung

von 24 bis 28 t ergibt. Unter der wohl berechtigten Annahme, daß mit der Klemmplatzenschraube in Verbindung mit der Klemmplatte dieselbe Spannung erzeugt werden kann, erhält man für eine Schiene von 15 m Länge mit 24 Schwellen eine gesamte Klemmspannung in den Schraubenbolzen von  $24 \times 2 \times 6 = 288$  t bis  $24 \times 2 \times 7 = 336$  t. Da aber die Klemmplatte mit ihren beiden Klemmansätzen die Schraubenspannung je zur Hälfte auf den Schwellenrücken und auf den Schienenfuß überträgt, so kommt auf die Klemmung des Schienenfußes nur die Hälfte der Gesamtschraubenspannung, also eine Spannung von 144 bis 168 t. Ist hingegen die Gesamtschraubenspannung in den Laschenbolzen mit 24 bis 28 t schon sehr gering (nur  $\frac{1}{10}$ ), so ist die Spannung, die am Stöße durch die Keilfußkammer erzeugt wird und die durch die Versuche im Laboratorium des Instituts für Straßen- und Eisenbahnwesen an der technischen Hochschule in Karlsruhe zu etwa 2,5 t ermittelt wurde, so gering, daß sie für die Beeinflussung der Beweglichkeit der Schienenenden an den Stößen ernstlich nicht in Betracht kommt, denn sie beträgt etwa

$\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{12}$  der Gesamtschraubenspannung in den Laschenbolzen,  
 $\frac{1}{60}$  bis  $\frac{1}{70}$  der Gesamtschraubenspannung am Schienenfuß und  
 $\frac{1}{70}$  bis  $\frac{1}{80}$  der Gesamtschraubenspannung überhaupt.

Noch günstiger würde sich dieses Ergebnis gestalten, wenn

man — was der Finanz- und Baurat R. Scheibe durch umfassende Versuche an der technischen Hochschule in Dresden festgestellt hat — einen wirksamen Schraubenzug von etwa 8 t annehmen wollte, denn dann erhielte man für obigen Gleisstoß mit 15 m langen Schienen und 24 Eisenschwellen allein für die Klemmspannung der Schiene  $\frac{24 \times 2 \times 8}{2} = 192$  t, also etwa das

90fache der Spannung, wie sie durch die Melaunsche Keilstoßverbindung verursacht wird.

Es darf natürlich nicht damit gerechnet werden, daß diese hohen Spannungen der Klemmplatzenschrauben dauernd anhalten, denn wir haben leider noch keine Schienenbefestigung, die eine wirklich starre Verbindung zwischen Schienenfuß und Schwelle so verbürgt, daß sie dauernd durch die Betriebsbeanspruchungen unbeeinflusst bleiben könnte. Auch die Befestigungsweise, wie sie die Scheibe-Schwelle hat, muß dabei mit einbegriffen werden. — Das Spiel der Kräfte wird auch mit der Zeit die anfänglich sehr starke Verspannung des Melaunschen Fußklammerstoßes lösen und die Auswechslung der Keile notwendig machen. Auf alle Fälle aber ist nach obigem die Befestigung, daß die Beweglichkeit der Schienenenden durch die Verspannung beim Melaunschen Fußklammerstoß wesentlich beeinflusst werden könnte, durchaus unbegründet.

## Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über das 2. Geschäftsjahr 1926.

Der Geschäftsbericht umfaßt das Kalenderjahr 1926. Nach einem Überblick über die wirtschaftlichen Verhältnisse und die allgemeine Leitung des Unternehmens werden der Betriebsabschluss und die Bilanz veröffentlicht. Aus den danach folgenden statistischen Übersichten sind die nachstehenden Zahlenangaben in technischer Beziehung wissenswert:

Durchschnittliche Betriebslängen der Hauptbahnen	30 474 km
» » » Nebenbahnen	21 928 »
» » » der Schmalspurbahnen	934 »
» » » der Schiffsstrecken	691 »
Geleistete Lokomotivkilometer insgesamt	968 185 $\times$ 1000 km
Hiervon entfallen auf Dampfbetrieb	942 448 $\times$ 1000 »
» elektrischen Betrieb	18 858 $\times$ 1000 »
» sonstige Triebwagen	6 879 $\times$ 1000 »
Von der Gesamtzahl der geleisteten Lokomotivkilometer entfallen Nutzkilometer	
» auf Dampfbetrieb	554 834 $\times$ 1000 km
» elektrischen Betrieb	16 356 $\times$ 1000 »
» sonstige Triebwagen	6 607 $\times$ 1000 km
Geleistete Wagenachskilometer insgesamt	26 570 422 $\times$ 1000 km
Hiervon entfallen auf Personenwagen	9 243 369 $\times$ 1000 »
» Güterwagen	17 208 186 $\times$ 1000 »
» dienstl. Verkehr	118 867 $\times$ 1000 »
Bestand an Lokomotiven und Triebwagen am Ende des Jahres	insgesamt 26 474
Davon entfallen auf Dampflokomotiven	25 616
» elektrische Lokomotiven	301
» Triebwagen mit Oberleitung	343
» sonstige Triebwagen	210
» Lokomotiven mit Verbrennungsmotor	4
Bestand an Wagen am Ende des Jahres	insgesamt 755 871
Davon Personenwagen	63 476
Gepäckwagen	21 556
reichsbahneigene Postwagen	532
Güterwagen	670 307

Aus den weiterhin im Geschäftsbericht folgenden acht besonderen Abschnitten sei folgendes hervorgehoben:

### Abschnitt I. Verkehr und Betrieb.

Die Kosten für den Lokomotivdienst sind weiter gesunken. Trotz der höheren Leistungswertziffern der Lokomotiven ist

der Kohlenverbrauch, bezogen auf 1000 Lokomotivkilometer, gegenüber dem Vorjahre um 3,0 v. H. zurückgegangen und damit um 1,6 v. H. unter den Friedensverbrauch gesunken. Seit 1. April 1926 ist für das Lokomotivpersonal eine Brennstoffersparnisprämie eingeführt worden. Die Ausnutzung und Leistung der Triebwagen wurde gesteigert; auch kamen neue Triebwagen mit Explosionsmotoren und Dieselmotoren zur Verwendung. Der Ausbesserungsstand der Dampflokomotiven betrug im Jahresdurchschnitt 17,9 v. H. Zwischen zwei allgemeinen Ausbesserungen leistete eine Lokomotive im Durchschnitt 73 000 km. Die Einführung der durchgehenden Güterzugbremse (Kunze Knorr-Bremse) ist beendet. Die schon früher begonnenen Versuche mit Vorrichtungen, die das Überfahren von Haltsignalen verhüten sollen, wurden fortgesetzt.

Der elektrische Zugbetrieb konnte infolge der gespannten Finanzlage nur in beschränktem Umfange ausgebaut werden. Er wurde eingerichtet auf der Fernstrecke Landshut—Regensburg und einigen kurzen Güterzugstrecken, ferner auf der Berliner Vorortstrecke Schönholz—Reinickendorf—Velten. Im gesamten Bereich der Deutschen Reichsbahn waren Ende 1926 rund 1066 km Streckenlänge für elektrischen Betrieb eingerichtet. Auf einigen weiteren Strecken wurde der elektrische Ausbau weiter gefördert.

Ab 7. Januar 1926 ist bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft die sogenannte Zugtelefonie zunächst auf der Strecke Berlin—Hamburg eingeführt worden. Die Einführung für weitere 18 Strecken ist geplant.

Abschnitt II. Tarife, Abschnitt III. Finanzen und  
 Abschnitt IV. Personalwesen  
 sind in technischer Beziehung ohne wesentlichen Belang.

### Abschnitt V. Bauwesen.

Die Bautätigkeit mußte in der ersten Hälfte des Jahres 1926 wegen des Rückganges der Verkehrseinnahmen stark eingeschränkt werden. In der zweiten Hälfte des Jahres standen jedoch Mittel durch die vom Reich und einzelnen Ländern gewährten Darlehen zur Verfügung, so daß eine größere Anzahl stillgelegter Bauten wieder weitergeführt und einige neue Strecken dem Betriebe übergeben werden konnten. Auch eine Reihe von Umbauten und Erweiterungen von Bahnhöfen konnte vorgenommen werden.

Die Arbeiten zur Wiederherstellung eines ordnungsmäßigen Zustandes der Bahnunterhaltung sind planmäßig weitergeführt worden. Es wurden 4043 km Hauptgleise mit Neustoffen vollständig erneuert. Die gewonnenen wiederverwendbaren Altstoffe wurden in Nebengleise eingebaut. Nach den Feststellungen des Ausschusses zur Untersuchung des Betriebszustandes des Oberbaues befindet sich der Oberbau meist in einem besseren Unterhaltungszustande als vor dem Kriege. Die Rückstände in den Gleiserneuerungen beeinträchtigen die Betriebssicherheit nicht; dagegen wirken sie wirtschaftlich nachteilig.

Der Reichsoberbau K mit Schienen S 49 auf Holzschwellen ist in einer Länge von 948 km erstmalig verlegt worden. Der im Jahre 1925 erstmalig verlegte Reichsoberbau B mit Schienen S 49 auf Eisenschwellen wurde im Berichtsjahre in einer Länge von rund 2021 km eingebaut. Ferner sind Versuche unter Verwendung der modernen Schweißtechnik gemacht worden.

Die Verstärkung und der Umbau der eisernen Brücken wurden nachdrücklich gefördert und eine größere Zahl von Brücken und Ingenieurhochbauten fertiggestellt. Die Erfahrungen mit dem im Jahre 1925 neu eingeführten hochwertigen Baustahl »St 48« sind durchaus gute bei großen Ersparnissen. Mit Siliziumstahl wurden eingehende Versuche gemacht, die zu weiteren Erprobungen Anlaß geben.

Eine größere Anzahl abgenutzter oder veralteter Stellwerke wurde erneuert, ferner die elektrische Streckenblockung weiterhin ausgebaut. Die Vorortstrecke Berlin-Lichterfelde Ost hat selbsttätige Streckenblockung erhalten. Diese Anlage stellt die erste Anwendung des selbsttätigen Blocksystems bei der Reichsbahn dar. Die elektrische Signal- und Weichenbeleuchtung wurde vermehrt. Die Einführung von Nebellichtsignalen und der Vorsignalbaken dienen zur Erleichterung der Auffindbarkeit der Vorsignale. Die Lösung der Aufgabe, durch selbsttätig wirkende Vorrichtungen das Überfahren der Haltsignale zu verhindern, wurde durch umfangreiche Versuche der Verwirklichung nahe gebracht. Zur Zeit sind Probeeinrichtungen mit diesen sogenannten Zugbeeinflussungen auf Strecken von insgesamt 860 km im Gange. Sie arbeiten mit mechanischer, elektromagnetischer, optischer oder akustischer Übertragung. Das Fernmelde- und Fernsprechwesen wurde durch Ausbau von Leitungen, von 20 Selbstanschlußämtern usw. wesentlich verbessert.

#### Abschnitt VI. Rollendes Material.

Von den neuen Einheitslokomotiven sind Vierzylinder-Schnellzuglokomotiven in Verbund und Zwillingsbauart sowie eine E-Güterzuglokomotive angeliefert und erprobt worden. Auch leichtere Lokomotiven, vier und fünfschsig, und mit geringerem Achsdruck wurden ausgearbeitet. Eine Höchstdrucklokomotive für 60 at Betriebsdruck und zwei Turbinenlokomotiven sowie kleinere Diesellokomotiven sind der Er-

probung zugeführt worden. Bei den elektrischen Lokomotiven wurden neben anderen Typen auch zwei Versuchs-Schnellzugslokomotiven mit neuartigem Einzelachsantrieb in Auftrag gegeben.

Bei den Personen- und Güterwagen wurde der Austauschbau gefördert und der Einbau der verstärkten Kupplungen, Hülsenpuffer und Tragfedern aus Stahl von 85 kg/mm Festigkeit fortgesetzt. Bei den D-Zugwagen wurde die elektrische Maschinenbeleuchtung in vermehrtem Maße angewendet; bei 58 D-Zugwagen wurde die elektrische Heizung eingebaut, die für den Übergang nach der Schweiz neuerdings erforderlich ist. Die durchgehende Güterzugbremse (Bauart Kunze Knorr »G«) wurde durch eine Vermehrung der Bremswagen und durch Ausrüstung von Arbeitswagen und Bahndienstwagen ergänzt. Am Schlusse des Jahres 1926 waren rund 330 000 Güterwagen mit Druckluftbremse und 290 600 mit Druckluftleitung ausgerüstet. Die Nachrechnung der Kosten und der erzielten Ersparnisse hat die hohe Wirtschaftlichkeit dieser Einrichtung erwiesen.

In der Stoffwirtschaft wurden Verbesserungen durch neue Lieferungsbedingungen und verschärfte Abnahme erreicht.

#### VII. Werkstättenwesen.

Unter dem Drucke der schwierigen Verhältnisse wurde die Rationalisierung des Werkstätdienstes weiter geführt, wobei die Vorteile der Normalisierung, Reihen- und Massenarbeit, Fertigung und Sonderung der Fahrzeuge nach Gattungen sich auswirken können. Es wurden fünf Werkstätten und 15 Werkstättenabteilungen geschlossen. Die Zahl der Werkstättenarbeiter ist von 118 525 im Dezember 1925 auf 105 627 im September 1926 gesunken. Mit den vorhandenen Mitteln wurden die wenigen und bereits eingeschränkten Werkstättenebauten weitergeführt. Neu in Angriff genommen wurde nur der Bau einer Sonderwerkstätte in Berlin-Niederschöneweide für die Unterhaltung der elektrischen Trieb- und Beiwagen der Berliner Stadt- und Vorortbahnen.

#### VIII. Beschaffungswesen.

Aus finanziellen Gründen war zu Beginn des Jahres eine durchgreifende Zurückhaltung beim Einkauf nötig. Durch verschiedene Reichskredite trat am Jahresende eine Erleichterung ein. Die Einkäufe erfolgten im allgemeinen in gleicher Höhe wie im Vorjahre. Die etwas größere Fahrzeugbeschaffung hielt sich in sehr engen Grenzen und erstreckte sich hauptsächlich auf Sonderbauarten, die im Betriebe gebraucht wurden oder der Weiterentwicklung der Einheitsbauarten und des Austauschbaues dienten. In den letzten Wochen des Jahres wurde mit der Deutschen Wagenbau-Vereinigung ein mehrjähriger Vertrag auf Lieferung von Eisenbahnwagen abgeschlossen mit dem Ziele durch rationellere Arbeitsmethoden die Herstellung der Fahrzeuge wesentlich zu verbilligen und die Zahl der Produktionsstätten einzuschränken. Pfl.

### Die mechanisch angetriebene Diesellokomotive mit fester Übersetzung und mehreren, einzeln kuppelbaren Motoren.

Zu dem unter obigem Titel erschienenen Aufsatz des Herrn Oberingenieurs Günther, Efslingen, auf S. 39 des Organs, erhalten wir von Herrn Professor Dr. Lomonossoff folgende Zuschrift:

Mit den in dem Aufsatz des Herrn Oberingenieur Günther geäußerten Anschauungen einschließlic des Titels kann man sich, so interessant die Ausführungen auch sind, in vielen Punkten nicht einverstanden erklären. Die Diesellokomotive Günthers ist keine Lokomotive mit starrer Übertragung, sondern nur eine Lokomotive, bei der die Räder mit dem Dieselmotor starr verbunden werden können. In dieser Hinsicht unterscheidet sich die Lokomotive von Günther von der Diesellokomotive mit Zahnradgetriebe nur dadurch, daß bei letzterer die starre Verbindung bei mehreren Werten

der Übersetzungszahl

$$v = \frac{z}{n}$$

möglich ist, worin z die Drehzahl des Dieselmotors und n die der Räder sind, während bei der Lokomotive von Günther nur eine Übersetzungszahl vorhanden ist. Starre Übertragung haben Dampflokomotiven, hatte die Diesellokomotive von Gebr. Sulzer. Die Diesellokomotive von Günther aber ist eine Diesel-Getriebe-lokomotive mit einem einzigen Arbeitswert der Übersetzungszahl,

da bei ihr wie auch bei allen übrigen Diesellokomotiven der Dieselmotor von den Rädern getrennt werden kann. Diese Fähigkeit ist unbedingt notwendig und der Misserfolg der Sulzer-Lokomotive erklärt sich hauptsächlich dadurch, daß bei ihr tatsächlich eine starre Übertragung vorhanden war, d. h. die Räder waren stets mit dem Dieselmotor starr verbunden.

In bezug auf diesen Umstand sind wir anscheinend mit Günther völlig einig. Die Werte der Übersetzungszahl  $\nu = 0$  (der Motor läuft, während die Räder stehen) und  $\nu = \infty$  (der Motor steht, während die Räder rollen) ist für jede Diesellokomotive unbedingt notwendig. Die Meinungsverschiedenheit besteht darin, ob ein Arbeitswert der Übersetzungszahl  $\nu$  genügt. Nach Meinung von Günther genügt nicht nur ein einziger Wert, sondern eine solche Lokomotive ist sogar als die ideale Lokomotive anzusehen (Seite 39). Nach Meinung des Schreibers dieser Zeilen dagegen ist eine solche Lokomotive nur für Personenzugdienst brauchbar und auch das nur auf Strecken mit sehr gleichmäßigem Profil, ähnlich der Strecke Berlin - Hannover.

Dies beruht darauf, daß die Leistung jedes Dieselmotors fast proportional mit seiner Drehzahl wächst. Bei der Günther-Lokomotive dagegen mit einer einzigen Übersetzungszahl  $\nu$  ist die Zuggeschwindigkeit

$$V = \frac{3,6 \pi D z}{\nu}$$

worin  $D$  der Durchmesser der Treibräder ist, der Drehzahl des Dieselmotors  $z$  proportional. Mit anderen Worten, bei der Günther-Lokomotive kann die volle Leistung des Dieselmotors nur bei der Höchstgeschwindigkeit entwickelt werden. Nun kann aber eine Lokomotive nur dann als Ideallokomotive angesehen werden, wenn die volle Leistung des Primärmotors bei jeder beliebigen Geschwindigkeit entwickelt werden kann. Diesem Ideal kommt die Diesellokomotive mit elektrischer Übertragung am nächsten, dann folgt die Dampflokomotive und die Diesellokomotive mit Gasübertragung und zuletzt kommen die Diesellokomotiven mit einer einzigen Übersetzungszahl, wie z. B. die Diesellokomotive von Günther, Ssidoroff\*) und der Taschkenter Eisenbahn\*\*).

Es ist nur zu beachten, daß eine Abweichung von diesem Ideal unter verschiedenen Verhältnissen des Eisenbahndienstes verschiedenartige Nachteile mit sich bringt. Es hängt nämlich alles von dem Verhältnis folgender drei Geschwindigkeiten ab:  $V_c$  — bei der die höchste Zugkraft aus dem Reibungsgewicht noch ausgenutzt werden kann;  $V_n$  — der normalen Geschwindigkeit;  $V_m$  — der Höchstgeschwindigkeit. Ferner ist wesentlich, daß unter den derzeitigen Verhältnissen

$$V_m \approx 3 V_c$$

ist, und daher die Art der Lokomotivarbeit durch die normale Geschwindigkeit bestimmt wird. Im Schnellzugdienst, insbesondere auf ebenen Strecken, nähert sich die normale Geschwindigkeit  $V_n$  der Höchstgeschwindigkeit  $V_m$ ; im Vorortverkehr nähert sich die normale Geschwindigkeit infolge der häufigen Beschleunigungs-Perioden der Geschwindigkeit  $V_c$ ; im Güterzugverkehr im hügeligen Gelände ist  $V_n$  ebenfalls nahe  $V_c$ ; im Rangierdienst ist gewöhnlich  $V_n < V_c$ .

Hieraus wird klar, daß, abgesehen von dem letzteren Fall, bei dem die elektrische Übertragung unerreicht dasteht, eine Diesellokomotive ähnlich der Güntherschen im schweren Güterzugverkehrsdienst sowie im Vorortverkehr gewöhnlich nur etwa 30 bis

\*) Veröffentlichungen des Wissenschaftlich-Technischen Komitees des Verkehrskommissariats, Moskau, Nr. 24, 1926, Seite 7.

\*\*\*) Lomonossoff, Diesel-elektrische Lokomotive 1924, Seite 20 bis 22.

500% ihrer Höchstleistung entwickeln wird. Entweder werden diese 30 bis 500% für normale Arbeit nicht ausreichen, oder es wird notwendig sein, einen Dieselmotor zu verwenden und dauernd mitzubefördern, der eine zwei- bis dreimal höhere Leistung besitzt, als für den normalen Dienst notwendig ist.

Günther beschreitet den zweiten Weg und man muß zugeben, daß er die Schwierigkeiten der Aufgabe in bezug auf das Gewicht glänzend löst. Infolge der Verwendung sehr schnellaufender Dieselmotore und des geringen Gewichts seines Getriebes erzielt er bei einer Motorleistung, die nur 70% höher ist als bei elektrischer Übertragung notwendig wäre, fast dasselbe Dienstgewicht der Diesellokomotive. Die Verwendung solcher schnellaufender Dieselmotoren würde nun aber, erstens, auch das Gewicht der elektrischen Übertragung herabsetzen, zweitens, sind die Anschaffungskosten sowie die Unterhaltungs- und Reparaturausgaben von Brennkraftmaschinen proportional nicht ihrem Gewicht, sondern ihrer Leistung. Bei einer Bauart von sehr geringem Gewicht sind diese Ausgaben für 1 PS nicht geringer, sondern höher als bei einer schweren Bauart. Infolgedessen sind die Gesamtausgaben für Tilgung, Unterhaltung und Ausbesserung von Diesellokomotiven des Günther-Typs, infolge der übermäßigen Leistung der verwendeten Motoren nicht geringer, sondern größer als bei Diesellokomotiven, bei denen die Leistung des Motors bei beliebigen oder mindestens bei mehreren Geschwindigkeiten ausgenutzt werden kann.

Für Schnellzugverkehr auf einer Strecke ähnlich der Strecke Berlin - Hannover ist die Günther-Lokomotive unbedingt vorteilhafter als jede andere. Für eine Strecke dagegen ähnlich der Strecke Stuttgart - Ulm, für die Günther seinen Vergleich durchführt, ist dies sehr zweifelhaft. Für schweren Güterzugverkehr dagegen, wo die Vereinfachung des Getriebes durch die Notwendigkeit der Anschaffung, Erhaltung, Ausbesserung und Mitbeförderung eines Motors mit der dreifachen Leistung erkauft wird, wäre eine solche Lokomotive gänzlich unbrauchbar.

Der Entwurf von Günther, als Vorschlag einer Universallösung des Diesellokomotiv-Problems, wird daher vom Schreiber dieser Zeilen nicht als ein Fortschritt zu dieser Lösung, sondern als ein Rückschritt um 17 Jahre zurück zum Entwurf der Taschkenter Eisenbahn beurteilt. Seit jener Zeit stellten die Theorie und die Praxis unzweifelhaft fest, daß diese Aufgabe nur auf folgende zwei Arten und nicht anders gelöst werden kann: durch Schaffung einer billigen und in bezug auf die Regelung elastischen Übertragung, oder durch Ersatz des Dieselmotors durch einen anderen elastischeren Motor. Die Mehrzahl der russischen Fachleute geht unter Wahrung des Grundsatzes von Grinewetzki den zweiten Weg, während die deutsche Technik und der Schreiber dieser Zeilen dem ersten Weg den Vorrang geben. Hierbei wäre es falsch anzunehmen, daß die in Deutschland für die russischen Bahnen gebauten Diesellokomotiven in dieser Hinsicht bereits alle Möglichkeiten erschöpften. Es sind dies im Gegenteil die ersten, absichtlich vorsichtigen Versuche, an die Lösung des Diesellokomotiv-Problems heranzutreten. Es lohnt sich deshalb nicht, die bei dem Bau dieser Lokomotiven gemachten Fehler nicht nur beim Bau neuer Lokomotiven, sondern auch bei Vergleichsberechnungen zu wiederholen. Ich denke hierbei an das große Gebiet der infolge der Begrenzung durch die Dynamo-Erregung nicht ausgenutzten Motorleistung der 1-E-1 Diesel-elektrischen-Lokomotive, Nr. 001 was Günther auch bei seiner 2-C-2 Lokomotive mit elektrischer Übertragung voraussetzt. Aus diesem Grunde erhielt er auch für seine Lokomotive einen Wirkungsgrad von nur 22%.

Lomonossoff.

Zu den vorstehenden Ausführungen des Herrn Professor Lomonossoff erwidert Herr Oberingenieur Günther:

Die im Organ 1927, Seite 39, beschriebene, mechanisch angetriebene Diesellokomotive hat eine Kraftübertragung von unveränderlicher, also fester Übersetzung im Gegensatz zu der Diesellokomotive mit einer Leistungsübertragung. Bei dieser kann der Motor mit annähernd konstanter Leistung arbeiten und am Lokomotivrad bei veränderlicher Fahrgeschwindigkeit und Zugkraft eine annähernd konstante Leistung wie die Dampflokomotive, abgeben. Während nun der Kessel der Dampflokomotive aus baulichen Gründen ein Kräfteerzeuger von annähernd konstanter Leistung ist, kann der Motor in der Leistung so innerhalb wirtschaftlicher Grenzen geregelt werden, daß die Diesellokomotive mit unmittelbarem Antrieb in der Fahrgeschwindigkeit und Zugkraft mindestens

ebenso anpassungsfähig ist, wie die Dampflokomotive, oder die mittelbar angetriebene Diesellokomotive. Auch kann beim unmittelbaren Antrieb der Motor so bemessen werden, daß das Reibungsgewicht der Lokomotive bis zum Radschleudern ausgenutzt wird. Wie aus der Abb. 2 hervorgeht, wird die Leistung einer Lokomotive durch die aus dem Reibungsgewicht der Lokomotive bestimmten Geraden  $L$  begrenzt, die für die Dampflokomotive und ähnlich für die mittelbar angetriebene Diesellokomotive bei etwa 30% der Höchstgeschwindigkeit nach der Wagrechten in die Linie annähernd konstanter Leistung abbiegt. Diese beiden Lokomotivtypen werden aber vorteilhaft durch die elektrische Lokomotive übertroffen, deren Leistung in der Regel nur durch die Erwärmung des Antriebs-

motors begrenzt wird und bis etwa 60% der Höchstgeschwindigkeit steil ansteigt, also bei annähernd der doppelten Geschwindigkeit als bei der Dampflokomotive in die konstante übergeht, und sie werden ebenso durch die unmittelbar angetriebene Diesellokomotive übertroffen, die eine konstante und größte Zugkraft bis nahe zur Höchstgeschwindigkeit hat.

Nach den Bahndiagrammen, Organ 1927, Seite 43, Taf. 9, würde die mechanisch angetriebene Diesellokomotive auf der Strecke Stuttgart—Ulm 1260 bzw. 1740 PS entwickeln, das sind 38 bzw. 53% ihrer Höchstleistung von 3280 PS mit zwei Motoren. Hingegen würde die auf dieser Strecke mehr ausgelastete Diesel-elektrische Lokomotive 1010 bzw. 1230 PS entwickeln und ihre Höchstleistung von 1550 PS mit 65 bzw. 79% ausnützen. Folglich steht hier der unmittelbare Antrieb mit rund 1/2 ausgenützter Motorleistung dem mittelbaren Antrieb mit rund 3/4 ausgenützter Motorleistung bei zweimaliger Übertragung, also mit  $3 \times \frac{3}{4}$  Leistungsausnützung gegenüber. Das Verhältnis der Leistungsausnützung  $\frac{1}{2} : \frac{3}{4}$ , bezogen auf die Leistung am Radumfang, erfordert folglich, wenn die zu entwickelnden Leistungen gleich sein sollen und angenommen wird, daß Generator und Triebmotor 10% der Dieselmotorleistung aufzehren, für die unmittelbar angetriebene Diesellokomotive einen Motor von rund 30% grösserer Höchstleistung.

Für die unmittelbar angetriebene Diesellokomotive trifft also, wie für die elektrische Lokomotive nur im erhöhten Maße zu, daß sie sich nach ihrer Leistungscharakteristik vorzugsweise für Hügellandstrecken eignet und sich besonders bei einem ihr ange-

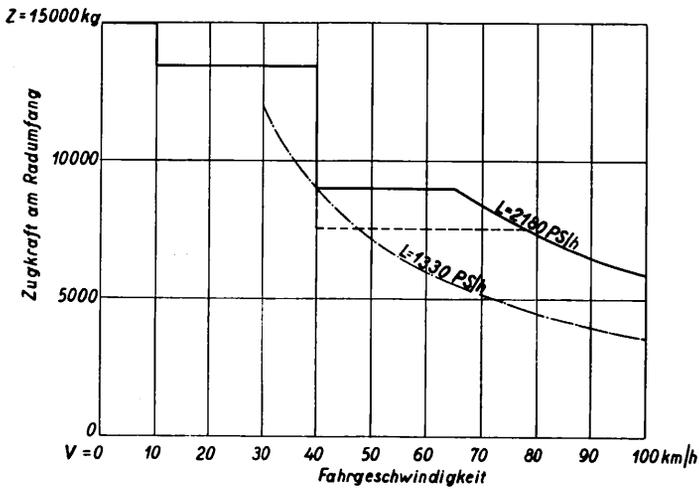


Abb. 1. Zugkraftdiagramm einer 2 C 2 Diesellokomotive.

messenen Fahrplan überlegen ausweist, indem die normale Geschwindigkeit im Personen- oder Güterzugdienst mehr der Höchstgeschwindigkeit nahekommt und nur durch Gleiskrümmungen oder Steilrampen beschränkt wird.

Eine Flachlandbahn, wie Berlin—Hannover, erfordert nur während des Anfahrens der Lokomotive eine große Zugkraft, die von der elektrischen Lokomotive durch die Überlastbarkeit des Motors und von der Diesellokomotive in gleichem Sinne mit Aufladung von Verbrennungsluft bei entsprechender Vorwärmung des Motors aufgebracht werden kann. Die erforderliche Leistungscharakteristik der Lokomotive entspricht dann mehr der einer mittelbar angetriebenen Diesellokomotive und würde beim unmittelbaren Antrieb zweckmäßig mit nur einem Motor erzielt werden, der mit den Lokomotivrädern festgekuppelt ist. Das Anfahren der Lokomotive geschieht dann von einem Hilfsmotor aus. Damit wird das in Abb. 1 dargestellte Zugkraftdiagramm für eine der beschriebenen gleichschwere 2-C-2 Lokomotive erreicht, das bei den Fahrgeschwindigkeiten von 0 bis 10 km/h eine Zugkraft von 15 000 kg, bei 10 bis 40 km/h 13 450 kg, bei 40 bis 78 km/h 7550 kg und bei 40 bis 65 km/h und 20%iger Aufladung des Motors 9000 kg aufweist. Nach dem Diagramm nimmt mit steigender Fahrgeschwindigkeit über 65 bzw. 78 km/h die Zugkraft ab, entsprechend der vom Kühler begrenzten Dauerleistung des Motors von 2180 PS auf 1 Std.

Auch aus dem Zugkraftdiagramm geht hervor, dass die unmittelbar angetriebene Lokomotive besonders für die Bergfahrt große Vorteile bietet. Während eine annähernd gleichschwere mittelbar angetriebene Lokomotive von 1330 PS/h Höchstleistung einen Wagen-

zug von 500 t auf 10‰ Steigung mit nur 42 km/h Fahrgeschwindigkeit befördert, wobei eine Zugkraft nach den Strahlschen Widerstandsformeln von 8540 kg erforderlich ist, erreicht die unmittelbar angetriebene Diesellokomotive mit dem gleichen Zug auf der Steigung eine Fahrgeschwindigkeit von 57 km/h, wobei die Zugkraft 8960 kg beträgt, was einer Verkürzung der Fahrzeit um

$$\left(60' - \frac{60' \cdot 42}{57}\right) \cdot \frac{100}{60'} = 27\%$$

entspricht, oder da der Fahrplan nicht immer die äußerste Leistungsfähigkeit der Lokomotive zulässt, und angenommen wird, die mittelbar angetriebene Lokomotive befördere den Zug auf einer anschließenden gleichlangen Wagerechten mit 90 km/h entsprechend einer Zugkraft von 3990 kg, so braucht die mittelbar angetriebene Diesellokomotive auf dieser Strecke nur 57 km/h bei einer Zugkraft von 2750 kg zu erreichen, um die Gesamtfahrzeit der mittelbar angetriebenen Lokomotive einzuhalten, wodurch an Leistung

$$\frac{(8540 + 3990) - (8960 + 2750)}{8540 + 3990} \cdot 100 = 6,6\%$$

erspart werden. Also nicht nur in der Kraftherzeugung, sondern auch im Kraftverbrauch auf der Strecke ist die unmittelbar angetriebene Lokomotive im Vorteil.

Die Drehzahl des Motors ist beim unmittelbaren Antrieb durch die des Lokomotivrades bis zu etwa 400 in der Minute gegeben,

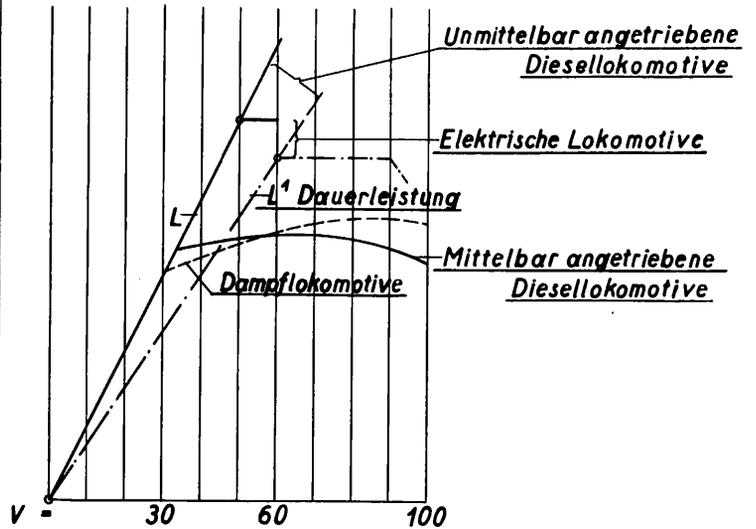


Abb. 2. Leistungsdiagramme.

dagegen beim mittelbaren Antrieb höher anzunehmen, um das Gewicht der Lokomotive mit dem dreimaligen Einbau der Leistung in wirtschaftlichen Grenzen zu halten.

Der Gesamtwärmewirkungsgrad der Diesel-elektrischen Lokomotive auf der Strecke Stuttgart—Ulm ist nach Organ 1927, Seite 42 und Taf. 7 im Durchschnitt zu 21,2% für den 300 t und zu 20,5% für den 600 t Wagenzug ermittelt worden. Dabei ist die Brenngeschwindigkeit des Motors grösstenteils 450 kg/h und der dazu gehörige Wirkungsgrad nach Taf. 7, Abb. 2 nur 21 bis 22%. Der Verlustanteil der Dynamoerregung ist in den Abb. 1 bis 3, Taf. 7 gekennzeichnet durch den Abfall der Linien für Leistung, Wirkungsgrad und Brennstoff bei höheren Geschwindigkeiten und sein Einfluss auf den Wirkungsgrad unter Beachtung der Fahrgeschwindigkeiten in den Abb. 6 und 7, der Taf. 7 leicht zu erkennen. Der Wirkungsgrad könnte nur durch eine Vergrößerung des Dieselmotors wesentlich verbessert werden, doch würde dann die Lokomotive infolge ihres Gewichtes mit den anderen in Betracht gezogenen Lokomotiven nicht zu vergleichen sein und wirtschaftlich ungünstiger abschneiden.

Die unmittelbar angetriebene Diesellokomotive hat aber bei der gleichen Motorcharakteristik, Strecke und Belastung einen Wärmewirkungsgrad von 28,2 bzw. 28,5%.

Somit bietet der unmittelbare Antrieb der Diesellokomotive große betriebstechnische und wirtschaftliche Vorteile. Sein praktischer Erfolg hängt lediglich vom Motor ab, der erst in neuerer Zeit die Vervollkommnung erfahren hat, die ihn für die Lokomotive geeignet machen.

Günther.

# Berichte.

## Lokomotiven und Wagen.

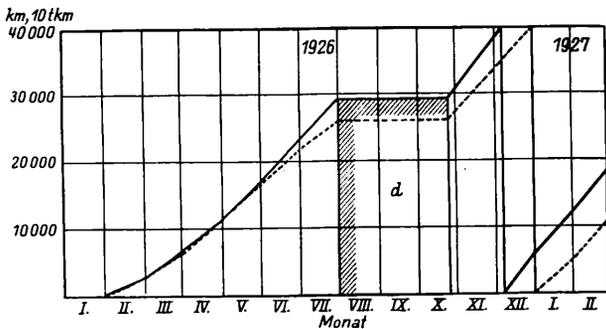
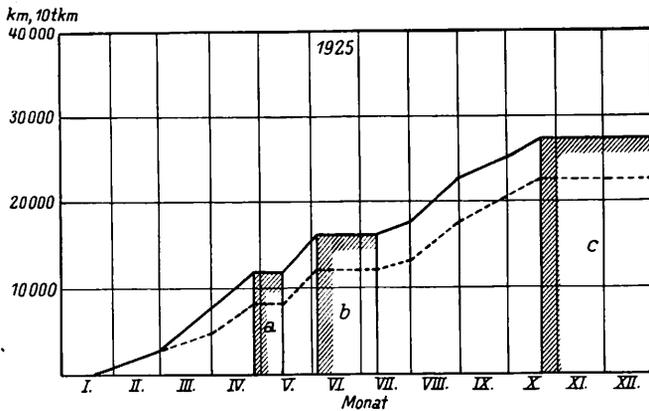
### Die dieselektrische Lokomotive auf den Bahnen der U. d. S. S. R.

Die erste russische in Deutschland erbaute dieselektrische Lokomotive langte am 25. Januar 1925 in Moskau an. Nach einigen kurzen Fahrten in der Nähe von Moskau wurden folgende Fahrten nach dem Kaukasus durchgeführt:

1. Von Moskau nach Petrowsk und zurück, 4495 km.
2. Von Moskau über Tiflis nach Eriwan und zurück, 7436 km.

Bei diesen Fahrten fand eine besonders sorgfältige Beobachtung der Lokomotive statt, so daß diese Fahrten nicht als gewöhnliche Betriebsfahrten zu bewerten sind.

Im August 1925 wurde die Lokomotive dem Dienst übergeben, und zwar beim Depot Ljublino bei Moskau, wo eine besondere Abteilung für Diesellokomotiven eingerichtet wurde. Die Lokomotive sollte den gewöhnlichen Güterzugverkehr zwischen Moskau und Kursk durchführen. Das Profil dieser Strecke ist infolge vieler Steigungen und Gefälle recht ungünstig. Die Entfernung Moskau—Kursk beträgt 536 km. Die Lokomotive wurde stets von einem Wagen für das jeweilig freie Bedienungspersonal begleitet. Im ganzen waren drei Mannschaften vorgesehen, und es wurde ein dreifacher Schichtwechsel durchgeführt.



Bildliche Darstellung der Fahrtleistung und Beförderungsarbeit der dieselektrischen Lokomotive.

Die Abbildung zeigt die Arbeit der Lokomotive anschaulich. Auf der Abszissenachse ist die Zeit, auf der Ordinatenachse die gesamte zurückgelegte Strecke in km (ausgezogene Linie) und die geleistete Arbeit in Tonnenkilometer brutto (gestrichelte Linie) aufgetragen.

Die aus den Linien ersichtlichen Unterbrechungen haben folgende Ursachen:

- a) Beschädigung eines Elektromotors nach längerer starken Beanspruchung. Der Anker mit der beschädigten Isolierung und Wicklung wurde in den Tifliser Eisenbahnwerkstätten ausbessert. Zugleich wurden die Radreifen abgedreht.
- b) Beschädigung des in Tiflis ausbesserten Ankers. Nochmalige Ausbesserung und Einbau des Ankers.
- c) Aufstellung eines neuen Lamellenwasserkühlers an Stelle des Röhrenkühlers, mit dem die Lokomotive das Werk in Eßlingen verließ. Der Lamellenkühler ergab jedoch bei den ersten Versuchen eine derart schlechte Wirkung, daß er sofort abgenommen und durch den alten Röhrenkühler ersetzt wurde.

d) Anheben der Lokomotive und Abdrehen der Radreifen, Untersuchung des Dieselmotors, der Dynamo und der Motore. Bei dieser sogenannten „Allgemeinen Ausbesserung“ entstand eine Verzögerung durch Aufstellung eines neuen Lamellenkühlers mit krepptartigen Zwischenlagen zwischen den Kühlerelementen. Aber auch dieser Kühler erwies sich als so unbefriedigend, daß er sofort von der Lokomotive entfernt wurde.

Außer diesen zufälligen Unterbrechungen (Motorausbesserung im Kaukasus) und den mißlungenen Versuchen mit anderen Kühlerformen arbeitete die Lokomotive im regelmäßigen Dienstverkehr bis zur Allgemeinen Ausbesserung 13 Monate. Die gesamte in dieser Zeit zurückgelegte Strecke beträgt 56 000 km, die mittlere monatliche Strecke 4 300 km.

Die Arbeitsleistung bis 1. März 1927 beträgt 740 000 t/km bei einer Gesamtlaufstrecke von 86 000 km.

Diese Zahlen zeigen, daß die Lokomotive trotz einer Reihe von wesentlichen Mängeln der Bauart, die hier nicht erwähnt zu werden brauchen, den regelmäßigen Eisenbahndienst anstandslos erfüllt.

Dipl. Ing. N. Dobrowolski, Moskau.

### Durch Lokomotivschäden verursachte Eisenbahnunfälle in Amerika von 1923 bis 1926.

Die Anzahl der Lokomotivschäden und der durch solche verursachten Eisenbahnunfälle ist in Amerika in den letzten Jahren wieder stark zurückgegangen, nachdem sie im Jahr 1923 ihren Höchstpunkt erreicht hatte\*) Die amtliche Lokomotivüberwachungsstelle gibt jährliche Berichte darüber aus; das Berichtsjahr dauert je vom 1. Juli des Vorjahres bis zum 30. Juni des betreffenden Jahres. Für die Jahre 1923 bis 1926 sind die wichtigsten Angaben in nachstehender Zusammenstellung wiedergegeben:

	Berichtsjahr			
	1923	1924	1925	1926
Zahl der Unfälle allgemein infolge von Lokomotiv- und Tenderschäden . . . . .	1348	1005	690	574
Zu- bzw. Abnahme gegenüber dem Vorjahr in %	+ 117	-25,5	-31,3	-16,8
Zahl der dabei getöteten Personen	72	66	20	22
Zu- bzw. Abnahme gegenüber dem Vorjahr in %	+ 118	-8,3	-69,7	+ 10
Zahl der dabei verletzten Personen	1560	1157	764	660
Zu- bzw. Abnahme gegenüber dem Vorjahr in %	+ 120	- 25	-38,9	-13,6
Zahl der Entgleisungen . . . .	38	30	22	23
Zahl der dabei getöteten Personen	4	3	—	2
Zahl der dabei verletzten Personen	157	112	52	49
Zahl der schadhaft befundenen Lokomotiven in % der Gesamtzahl der überwachten Lokomotiven . . . . .	65	53	46	40

(Railw. Age 1926, 2. Halbj., Nr. 25.) R. D.

\*) Organ 1924, S. 44.

### Viertakt-Dieselmotoren mit Aufladung durch Auspuffturbinen.

Die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur hat in letzter Zeit gemeinsam mit der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Baden umfangreiche Versuche durchgeführt über die Aufladung von Viertaktmaschinen mittels eines Turbogeblasses, das durch die Auspuffgase betrieben wird. Diese Versuche, über die Ingenieur Alfred Büchi, Inhaber der bezüglichen Patente, in „Génie Civil“ vom 12. Februar 1927 berichtet, wurden an einem normalen vierzylindrigen Viertakt-Dieselmotor von 500 PS Effektivleistung vorgenommen, der für Aufladebetrieb und Ausstoßen unter Gegendruck in die Abgas-Turbine entsprechend abgeändert worden war.

Das Erproben der Maschine mit Aufladeluft, die nach Belieben gekühlt oder ungekühlt eingeführt werden konnte, erfolgte in der

Weise, daß diejenige Last als Normallast bezeichnet wurde, die die gleichen Auspufftemperaturen, hinter den Auspuffventilen gemessen, ergab, wie eine ohne Aufladung arbeitende Dieselmachine. Der Verdichtungsraum des Motors wurde so gewählt, daß trotz der ungewöhnlich hohen Aufladenspannung von rund 0,45 bis 0,5 at Überdruck, der maximale Druck in den Zylindern in den üblichen Grenzen blieb, um das Gestänge und die Kurbelwelle keinen größeren Biegebungsbeanspruchungen auszusetzen. Die Steigerung der Torsions-Spannung der Kurbelwelle wurde als unbedenklich angesehen, da sie lange nicht so groß ist, wie die bei den Zweitakt- und den doppelwirkenden Viertakt-Maschinen zugelassene.

Wenn man die aus den Versuchen hervorgegangenen Hauptergebnisse zusammenfaßt, so zeigt sich folgendes: Durch das angewandte Aufladeverfahren kann bei 0,5 at Aufladenspannung die Leistung um 50% gesteigert werden, ohne daß die bei gewöhnlichen Viertakt-Dieselmachines üblichen Auspufftemperaturen überschritten werden. Dabei bleibt auch die Wärmeabfuhr durch das Kühlwasser gleich, d. h. sie ist pro Leistungseinheit um 30% geringer, was einen entsprechend kleineren spezifischen Kühlwasserverbrauch bedingt. Der Brennstoffverbrauch betrug bei der Versuchsanlage 185 g/PS.h. Für die Steigerung der Leistung über diese Normalleistung hinaus, bedeutet der Antrieb des Gebläses durch eine Abgasturbine insofern einen großen Vorteil, als bei gesteigerter Leistung auch die Drehzahl der Abgasturbine und somit die aufgeladene Luftmenge zunimmt. Die Maschine kann deshalb eine viel größere Überlast bei vollkommener Verbrennung aufnehmen, als eine gewöhnliche Dieselmachine. So wurde sie vielfach bis auf 1060 PS, bei noch ganz gutem Auspuff belastet, d. h. also noch um 40% über die Leistung von 750 PS, die bereits 50% über der Normallast einer Dieselmachine gleicher Zylinderabmessungen

liegt. Diese bei den bisherigen Dieselmachines oft vermifste Elastizität stempelt die neue Maschinenart zum gegebenen Antriebsmotor für Spitzen- und Reserve-Kraftanlagen, für Verbrennungsmotor-Lokomotiven und für Schiffs-, ganz besonders Kriegsschiffs-Machines.

Wichtig ist, daß das beschriebene Aufladeverfahren nicht nur bei neuen Maschinenanlagen, sondern auch ohne weiteres bei vorhandenen Motorenaggregaten durch Anbau einer Abgasturbine und eines Aufladegerbläses, sowie durch einige ganz unbedeutende Änderungen an den Motoren zur Anwendung gelangen kann. Damit läßt sich unter Beibehaltung der gleichen Maschinendrehzahlen eine Leistungssteigerung von rund 50% ermöglichen.

(Schweizerische Bauzeitung vom 11. Juni 1927.)

#### Neuartiges Treibachslager in Amerika.

Die amerikanischen Treibachslager haben in der Regel gegen die Radnabe zu eine kreisförmige Anlagefläche, die den seitlichen Druck aufnimmt. Früher war diese Fläche meist an das Achslagergehäuse angegossen; neuerdings wird sie vielfach mit der Lagerschale zusammen aus Rotguß hergestellt. Diese Herstellungsart ist indessen wegen der verhältnismäßig großen Bearbeitungszeit und Verspannung recht teuer; auch muß bei dem naturgemäß ziemlich hohen Verschleiß der seitlichen Fläche jedesmal die ganze Lagerschale erneuert werden. Man ist daher jetzt dazu übergegangen, die Seitenfläche als besonderes Stück herzustellen und aufzuschweißen. Der Ersatz wird damit äußerst einfach. Zur Schmierung dieser seitlichen Anlageflächen wird Öl oder Fett durch einen Kanal aus dem Behälter des Achslagers selbsttätig zugeführt.

(Railw. Age 1926, 2. Halbj. Nr. 26.)

R. D.

## Elektrische Bahnen; besondere Eisenbahnarten.

### Bau von elektrischen Lokomotiven in Japan.

Die Elektrifizierung der japanischen Staatsbahnen macht weiter Fortschritte. Nach einer langen Zeit, in der man nur Versuchszüge sah, werden jetzt seit mehreren Monaten alle Personenzüge vom Kriegshafen Yokosuka nach Tokio (täglich in jeder Richtung sieben) von elektrischen Lokomotiven befördert. Die elektrischen Züge verkehren mit der Pünktlichkeit die man auf allen japanischen Eisenbahnstrecken gewohnt ist. In Japan kommen Zugverspätungen so gut wie niemals vor. Allerdings wurden in den letzten Monaten die elektrischen Züge noch stets mit zwei Lokomotiven befördert, um im Falle von Störungen eine Reserve zu haben. Nunmehr werden die Züge nur noch von einer Lokomotive befördert. Die dadurch freiwerdenden sieben Lokomotiven sollen auf der Strecke zwischen dem Seebadeort Atami und Tokio verwandt werden. Elf elektrische Güterzuglokomotiven, die augenblicklich noch im Lokomotivschuppen in Kamata unbenutzt stehen, sollen ebenfalls auf der Yokosuka-Linie verwandt werden, so daß dort bald auch die Güterzüge elektrisch gefahren werden.

Die Mehrzahl der elektrischen Lokomotiven, die bisher auf den obengenannten Strecken verkehrten, sind von der English Electric Co. geliefert. Auch von Westinghouse, der General Electric Co., Brown Boveri und der japanischen Fabrik Hidachi hat das japanische Ministerium Lokomotiven gekauft, die aber noch nicht in den Verkehr eingestellt sind. Die Lokomotive von Hidachi soll sehr gut befriedigen. Auch die Südmandschurische Bahngesellschaft hat eine japanische Lokomotive von der Kawasaki-Werft in Betrieb und ist sehr zufrieden.

Neuerdings will die Eisenbahnverwaltung für die Strecke Tokio—Kodzu für Personenzüge und für Güterzüge zehn elektrische Lokomotiven in Japan bauen lassen. Auch alle Einzelteile und alles Zubehör soll restlos in Japan hergestellt werden. Es handelt sich dabei um Lokomotiven mit einem Dienstgewicht von 95 t, 1000 t Zugkraft für Züge von 60 Wagen. Ausländische elektrische Lokomotiven kosten nach Angabe des Eisenbahnamtes 230 000 Yen (frei Japan), während man in Japan für 200 000 Yen gleich gute Lokomotiven bauen könne. Die Konstruktionsabteilung und die elektrische Abteilung des Ministeriums arbeiten augenblicklich zusammen mit einer Anzahl einheimischer Werke die allgemeinen Entwürfe und die Ausführung der Einzelteile aus. Jedes Werk soll die Teile machen, für die es am besten eingerichtet ist, und dann sollen die

Teile in einem der Werke oder in einem der großen Eisenbahnwerke zusammengesetzt werden. — Schutz der Heimindustrie ist jetzt das Schlagwort in Japan, und nach Ansicht der japanischen Regierung ist es nur ein Vorurteil des Volkes, daß ausländische Erzeugnisse besser seien als die einheimischen. Dieses Vorurteil auszurotten ist das Ziel einer eifrig geförderten Propaganda.

Wie man aus der Preismittelung, die vom japanischen Eisenbahnamt an die japanische Presse gegeben wurde, sieht, beträgt der Preisunterschied zwischen den eingeführten und den in Japan hergestellten Lokomotiven nur 15%, also viel weniger als Verpackung, Land- und Seefracht, Versicherung und Einfuhrzoll (letzterer 26,50 Yen für 100 kg), die in den Preis der eingeführten Lokomotiven eingeschlossen sind, ausmachen. Das japanische Eisenbahnministerium berücksichtigt dabei allerdings nicht, daß der Einfuhrzoll doch der japanischen Regierung zufällt, also bei einem Preisvergleich von dem Preise der eingeführten Lokomotiven abgezogen werden müßte.

### Versuchsfahrten einer neuen elektrischen Lokomotive.

Vor einiger Zeit fand von Leipzig aus die erste Versuchsfahrt einer neuen, von der A. E. G., Berlin, gebauten, elektrischen Schnellzuglokomotive statt. Diese besitzt eine ungewöhnlich hohe Leistungsfähigkeit und kann bei einer Stundengeschwindigkeit von 110 km Schnellzüge mit 17 D-Zugwagen oder 68 Achsen anstandslos befördern. Diese Last entspricht bei einem mittleren Wagengewicht von 51,6 t einem Zuggewicht von etwa 900 t. Die Lokomotive entwickelt dauernd etwa 2400 PS und vorübergehend bis 4000 PS. Die Probefahrten, welche auf der Strecke Halle—Leipzig unter Anwesenheit von Vertretern der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, sowie der Reichsbahndirektionen Halle und München stattfanden, sind zu größter Zufriedenheit ausgefallen.

In allernächster Zeit werden zwei weitere, besonders leistungsfähige elektrische Lokomotiven durch die Siemens-Schuckertwerke und durch die Bergmann-Elektrizitätswerke geliefert.

Außer diesen Schnellzuglokomotiven hat die Deutsche Reichsbahn auch noch sechs leistungsfähige Güterzuglokomotiven in Auftrag gegeben, welche bis 2100 t Wagengewicht oder etwa 60 bis 70 beladene Güterwagen befördern. Für diesen Güterzugbetrieb sind die Großraumgüterwagen von je 50 t Ladegewicht vorgesehen. E. H.

### Elektrische Verschiebelokomotiven der Schweizerischen und Österreichischen Bundesbahnen \*).

Diese sonst seltene Verwendungsart der elektrischen Zugförderung wurde in beiden genannten Ländern mit einigen Versuchslokomotiven bei gutem Erfolg eingeführt.

Die Schweizerischen Ausführungen, die im Jahre 1923 von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Verbindung mit der Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur geliefert wurden, sind  $\frac{3}{4}$  gekuppelt und mit einem einzigen, über ein doppelseitiges Vorgelege mit federnden Ritzeln sowie Blindwelle und Schrägstangen arbeitenden Motor versehen. Die Dauer- bzw. Stundenleistung des Motors beträgt 575/690 PS (bei 29 km/h), seine für 15 Min. zulässige Spitzenleistung wird mit 875 PS angegeben. Mit Rücksicht auf den rauen Betrieb wurden Rutschkupplungen eingebaut. Der in der Mitte angeordnete Führerstand gestattet ungehinderten Ausblick nach beiden Seiten und trägt die beiderseits angeordneten, beliebig wechselweise bedienbaren Steuerorgane. In den Vorbauten sind einerseits der hochgelagerte Motor, andererseits der besonders niedrig gehaltene Transformator, der auch 200 kW Heizstrom abgeben kann, untergebracht. Wegen seiner geringen Ausmaße trägt der Führerstand nur einen Stromabnehmer, der dafür mit zwei Wippen ausgerüstet ist. Die größte Anhängelast beträgt 630 t, das Eigengewicht wird mit 49 t angegeben und als verhältnismäßig niedrig bezeichnet.

Die Österreichische Bauart scheint nach dem Vorbild der Schweizerischen Lokomotive entstanden zu sein und ähnelt dieser in allen wesentlichen Stücken; lediglich wurde bei nahezu gleicher Leistung und etwas größerem Eigengewicht statt der Laufachse eine vierte Kuppelachse vorgesehen. Die größte Anhängelast wird mit 600 t angegeben und kann auf einer Steigung von 7‰ mit 27 km/h befördert werden; die Höchstgeschwindigkeit beträgt 40 km/h, ein Wert, der übrigens auch von dem schweizerischen Vorbild mit 150 t Anhängelast erreicht wurde.

\*) Vergl. die Schweizerische Bauzeitung 1927 Nr. 1, sowie 1925 Nr. 6.

Da für beide genannten Maschinenarten Nachbestellungen gemacht wurden, so kann man annehmen, daß sie sich im Betrieb bewährt haben. Leider fehlen jedoch in den angeführten Berichten nähere Angaben hierüber sowie über den Einfluß der stoßweisen Belastung auf die Bahnstromnetze, die zweifellos als Nachteil des elektrischen Verschiebetriebes gebucht werden muß. v. G.

### Die neuen Lötschberg-Lokomotiven Type 1 AAA-AAA 1.

Diese Maschinen, deren erste im Juni 1926 von der S.A. des Ateliers de Sécheron an die S. B. B. zur Ablieferung kam, sind ausgesprochene Gebirgslokomotiven mit 50 km/h mittlerer und 75 km/h höchster Geschwindigkeit. Durch je drei Triebachsen in Verbindung mit einer (Bissel-) Laufachse werden zwei kurzgekuppelte Drehgestelle gebildet, die über Zapfen (davon einer längsverschiebbar) und je eine Tragrolle den Oberkasten tragen. Der Einzelachsantrieb wird durch Zwillingmotore gebildet, deren Ritzel das Zahnrad einer Hohlwelle treiben und über diese ihre Kraft auf die Triebräder übertragen; der verhältnismäßig sehr kleine Durchmesser der letzteren (1350 mm) bedingte eine Sonderkonstruktion der beiderseits angeordneten Kraftübertragungsfedern (drei Federpaare mit drei Stützpunkten). Motore und Transformator sind fremdbelüftet, wofür im Transformatorkasten besondere Kühlrohre vorgesehen sind (System Sécheron). Die Stundenleistung der Motore beträgt 4700 PS, wobei diese 24300 kg und während der Anfahrt sogar 34000 kg Zugkraft entwickeln können, auf den Triebumfang bezogen. Die Steuerung wird durch pfebluftbetätigte Schütze mit einer handbedienten Auslöse-Nockenwelle, die eine einfache Sperrung feindlicher Verbindungen gestattet, gebildet und umfaßt 24 Fahr- sowie 13 (Widerstands-) Bremsstufen. Bemerkenswert ist das außerordentlich geringe Gewicht von 31,4 kg/PS Stundenleistung. Die Maschine, die in dem angeführten Bericht als die leistungsfähigste und zugleich die leichteste der Welt bezeichnet wird, soll sich im Betrieb auf der bis 27‰ ansteigenden Strecke bestens bewährt haben. v. G.

\*) Vergl.: „Elektrische Bahnen 1927, Heft 2, S. 53 u. f. und Schweizer Bauzeitung 1927, April.

## Verschiedenes.

### Die neuen elektrischen Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn.

Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft bestellte im Juni d. J. 88 elektrische Lokomotiven und 15 Triebwagen für ihre elektrisch betriebenen Strecken in Bayern, Mitteldeutschland und Schlesien. Damit für den Bau dieser Lokomotiven alle im elektrischen Zugbetrieb gesammelten Erfahrungen verwertet werden können, berief die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft in der vergangenen Woche die mit der Konstruktion betrauten Herren der Gruppenverwaltung Bayern und des Reichsbahn-Zentralamts, sowie aus allen Bezirken, die elektrischen Zugbetrieb aufweisen, die mit der Leitung des Lokomotivbetriebes und der Lokomotivverbesserung betrauten Sachbearbeiter zu einer Tagung zusammen. Diese fand Anfang Juli unter der Leitung des Sachreferenten für elektrische Zugförderung, Reichsbahndirektor Wechmann, statt. Auch waren diejenigen ausländischen Bahnverwaltungen, die wie die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft das Wechselstromsystem eingeführt haben, nämlich die Österreichischen Bundesbahnen, die Schweizerischen Bundesbahnen, die Schwedischen und Norwegischen Staatseisenbahnen sowie die schwedische Nordmark Klarälvens-Bahn gebeten, Vertreter zu entsenden, damit auch die Erfahrungen über den elektrischen Zugbetrieb auf mündlichem Wege zwischen den einzelnen Verwaltungen ausgetauscht werden konnten. Aus Schweden und Norwegen waren die Leiter der dortigen Bahnelektrisierung, Direktor Öfverholm, Stockholm und Direktor Schreiner, Oslo, erschienen. Die Schweizerischen Bundesbahnen hatten ihren Obermaschineningenieur Weiss und den Sektionschef Steiner entsandt. Als Vertreter der Österreichischen Bundesbahnen waren Ministerialrat Lorenz und mehrere andere Herren anwesend. In der verhältnismäßig kurzen Zeit wurde in im ganzen 68 Referaten, an die sich lebhafte Debatten anschlossen, ein sehr wertvolles Material zusammengetragen; unter andern wurden wichtige Beschlüsse be-

züglich der Vereinheitlichung der elektrischen Lokomotiven und ihrer Ausrüstungsteile gefaßt.

### Neue Reichsbahnbestellungen.

Nach dem zwischen der Reichsbahn und der neuen Wagenbauvereinigung abgeschlossenen Vertrag hatten die 30 vereinigten Wagenbauanstalten bis zum 30. Juni 1927 insgesamt 716 Personen- und Triebwagen, 30 Gepäckwagen und 2141 Güterwagen für den Gesamtpreis von 32 Millionen Mark an die Reichsbahn zu liefern. Diese Auftragserteilung bleibt jedoch hinter der Vorkriegszeit noch sehr weit zurück, denn die preussische Staatsbahn allein hatte für das Sommerhalbjahr 1914 insgesamt 1300 Personen-, 450 Gepäck- und 15000 Güterwagen bestellt. Die jetzt bestellten Personenwagen entfallen zum größten Teil auf Vierterklassenwagen, eine Folge der Abwanderung des Publikums aus den höheren Wagenklassen. Den vertragsschließenden Firmen sind 90% aller Reichsbahnaufträge in den nächsten fünf Jahren zugesagt worden. Jedoch behält sich die Reichsbahn vor, schon nach zwei Jahren von dem Vertrage zurückzutreten, wenn nicht bis dahin eine deutliche Senkung der Preise erzielt ist. Die Senkung der Herstellungskosten darf aber nicht durch Verringerung der Lohnsätze, sondern durch Verringerung des Lohnstundenanteils herbeigeführt werden. Wenngleich diese Bestellung auch für die Waggonindustrie und ihre Lieferanten ein erfreulicher Zuwachs an Beschäftigung ist, so zeigt doch ein Vergleich mit den letzten Bestellungen vor dem Kriege, daß der Bedarf der Reichsbahn bedeutend zurückgegangen ist. Die Reichsbahn hofft, daß die Waggonindustrie durch Rationalisierung ihre Wettbewerbsfähigkeit im freien Inlandsgeschäft und auf dem Weltmarkt so stärken wird, daß sie dort den Absatzmarkt findet, welchen die Reichsbahn z. Zt. noch nicht zu bieten vermag. E. H.