

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

86. Jahrgang

15. April 1931

Heft 8

Die Lückentafel der Reichsbahn und der Wärmeschub im Gleis.

Von Reg.-Baumeister a. D. Wattmann, Berlin/Tempelhof.

Die Reichsbahn hat im Mai 1930 über die Regelung von Stoßlücken im Gleis folgende Lückentafel herausgegeben:

Schienenwärme in Grad Cels.	+ 20°	+ 16°	+ 10°
	bis + 17°	bis + 11°	bis + 5°
Schienenlänge in m	Stoßlücke in mm		
12, 15 und 18	1	2	3
30	2	4	6
60 und mehr	4	8	12

Es soll im nachstehenden der Einfluß dieser Maßnahme auf den Eintritt von Längsspannungen im Gleis untersucht werden. Als Grundlage der Betrachtung dient die Veröffentlichung des Verfassers im „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens“ H. 17 vom 1. September 1929: „Langschienen und Stoßfugen“ aus der folgende Ergebnisse wiederholt werden mögen.

Wird die Schientemperatur und die jeweilig zugehörige Stoßlückenweite und ebenso die Schientemperatur und die gleichzeitige Längsspannung in der Schienenmitte in je einem rechtwinkligen Ordinatensystem aufgetragen, so wird die Abhängigkeit der Stoßlücke und der Längsspannung von der Temperatur durch Linienzüge, die wir als „Lückentafel“ und als „Spannungslinie“ bezeichnen wollen, dargestellt. Ebenso kann die Verlegungsregel als „Verlegungslinie“ dargestellt werden. Ist die Schiene reibungslos, also frei beweglich gelagert, so ist die Lückentafel eine Gerade, deren Neigung allein von der Schienenlänge abhängt. Ist die Schiene mit der Reibung r in kg auf 1 cm Schiene gelagert, so ist die Lückentafel bis zu einer Temperaturänderung von

$$t_m = \frac{rl}{24 F}$$

(l =Schienenlänge, F =Schienenquerschnitt) eine Parabel, wobei die der Temperatur t_m entsprechende Änderung der Lückenweite w_m halb so groß ist als bei reibungsloser Lagerung der Schiene. Bei weiterer Temperaturänderung über t_m hinaus ist die Lückentafel eine sich an die Parabel tangential anschließende Gerade zur reibungslosen Lückentafel. Was die Spannungslinie betrifft, so setzt sich diese stets aus Teilgeraden zusammen, die parallel zur Temperaturachse (die wir horizontal auftragen wollen) verlaufen, solange in der Schienenmitte keine Dehnung erfolgt, oder die in einer Schräggeraden mit stets gleichem Neigungswinkel verlaufen, solange die Schienenmitte an der Temperaturdehnung teilnimmt. Der Neigungswinkel der Schräggeraden ist gegeben durch die Beziehung $\sigma = 24 t$ (σ =Flächenspannung in kg/cm^2 , t =Temperatur in $^\circ\text{C}$). Im reibungslosen Gleis ist die Spannungslinie horizontal, solange die Lücke teilweise offen ist. Sie ist geneigt bei voll geöffneter oder geschlossener Lücke. Im Reibungsgleis ist die Spannungslinie geneigt, solange die Lückentafel in der Parabel verläuft, sie ist horizontal, solange die Lückentafel in einer Geraden verläuft, und wieder geneigt, solange die Lücke voll geöffnet oder geschlossen ist. Eine Lückentafel und eine Spannungslinie sowohl bei reibungsloser, wie auch mit Reibung r gelagerten Schiene ist in Abb. 1 dargestellt und gibt die allgemeine Form solcher Linienzüge

wieder, wie sie sich, wenn auch mit anderen Abmessungen, stets wiederholen.

Nach dem Vorangegangenen läßt sich die Lückentafel und Spannungslinie bei gegebener Verlegungslücke und Verlegungstemperatur unschwer verzeichnen, wenn für die Reibung r und die Schienenlänge l bestimmte Werte zugrundegelegt werden.

In der Abb. 2 bilden die Linien $a b - c d - e f$ die zeichnerische Darstellung der Lückenregel der Reichsbahn für die 12, die 15 und die 18 m lange Schiene. Die Linie I, II, III geben bei reibungsloser Lagerung die Neigung der Lücken-

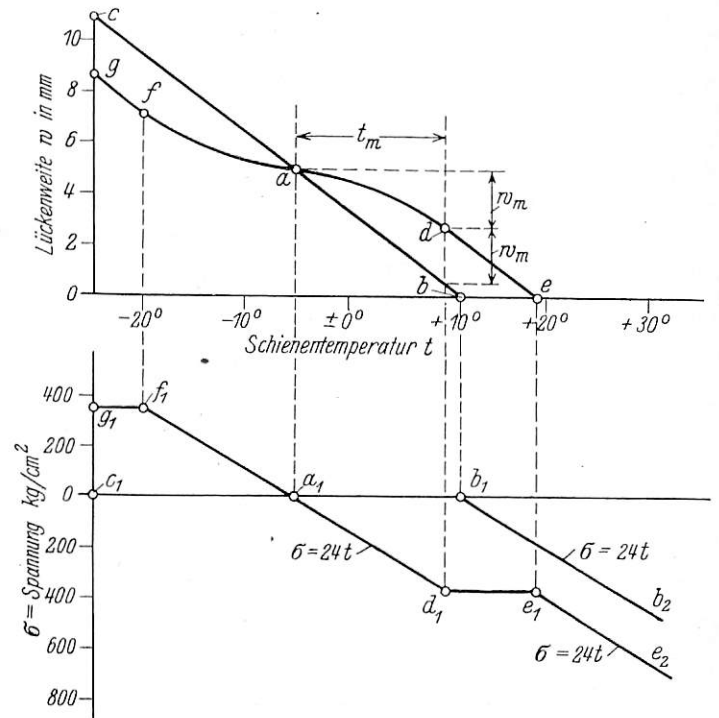


Abb. 1.

Lückentafel $a-b$ und $a-c$ und entsprechende Spannungslinie $a_1 b_1 b_2$ und $a_1 c_1$ bei reibungsloser Schienenlagerung. Desgleichen bei reibender Lagerung: Lückentafel $a d e$ und $a f g$ sowie Spannungslinie $a_1 d_1 e_1 e_2$ und $a_1 f_1 g_1$. Verlegungspunkt a .

linien für die obigen Schienenlängen wieder. Für fallende Temperatur ist für die 12 m-Schiene der Punkt b der ungünstigste Verlegungspunkt, weil er mit der Lückentafel $b s$ eine größere Lückenweite (und zwar 7,5 mm bei -25°) ergibt als irgend ein anderer Punkt. Für die 15 und 18 m-Schienen ergeben sich gleichartig die Lückentafeln $b r$ und $d q$ mit den Verlegungspunkten b und d als ungünstigste Verlegungsmöglichkeit. Man erkennt, daß in keinem der vorstehenden Fälle die Lücke überhaupt zur Vollöffnung gelangt. Die größte Lücke zeigt die 18 m-Schiene mit 10 mm Öffnung. Bei steigender Temperatur ist derjenige Verlegungspunkt der ungünstigste, bei dem der früheste Lückenschluß eintritt. Bei der 12 m-Schiene ist dies der Punkt e mit der Verlegungslinie $e i$; bei der 15 m-Schiene sind die Punkte $a c e$ mit der Verlegungslinie $a c e h$ gleich ungünstig. Bei der 18 m-Schiene

ist der Punkt a mit der Verlegungslinie a g am ungünstigsten. Die Spannungslinien, die den drei Verlegungslinien e i — a h — a g entsprechen, sind m n — l o — k p. Die Höchstspannungen liegen entsprechend den Punkten n o p bei 730, 770, 860 kg/cm².

Bei Berücksichtigung der Reibung sind drei Reibungsgrößen wahlweise in Rechnung gezogen, und zwar r = 7,5, 10 und 12,5 kg/cm, die nach den seitherigen (allerdings noch sehr unzureichenden) Feststellungen bei mehr oder minder

Spannungen in der Schienenmitte sind durch die Punkte u v w gekennzeichnet und betragen 780, 820, 850 kg/cm².

In Abb. 4 und 5 sind die gleichen Linienzüge für die Schienenlänge von 15 und 18 m gezeichnet, wobei die Buchstabenbezeichnung die entsprechend gleiche geblieben ist. Es ergeben sich als mögliche Höchstspannungen für die 15 m-Schiene 840, 880 und 920 kg/cm² und für die 18 m-Schiene 940, 960, 1000 kg/cm².

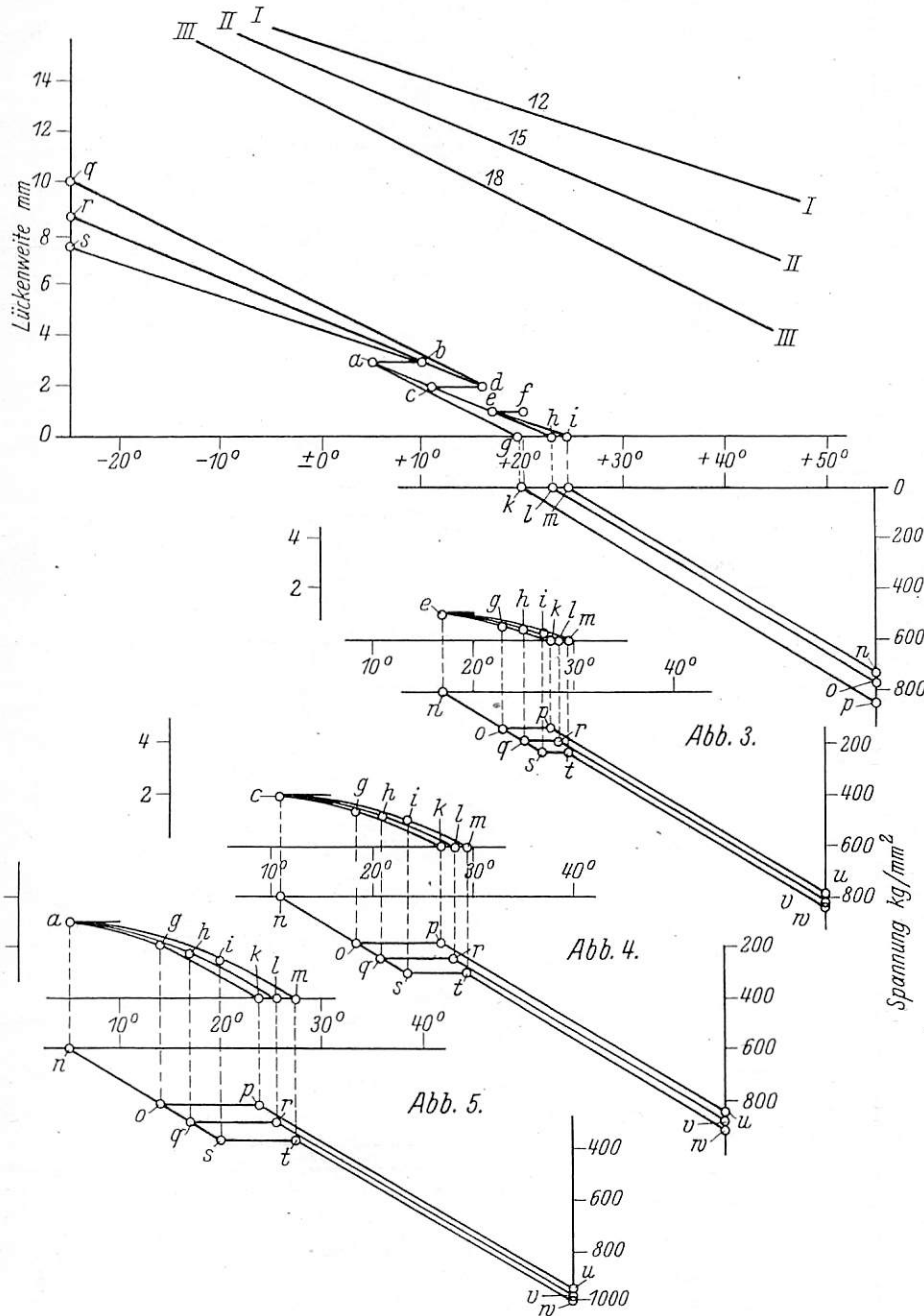


Abb. 2. Lücken und Spannungslinien einer 12, 15, 18 m Schiene bei reibungsloser Lagerung.

Abb. 3, 4, 5. Lücken und Spannungslinien einer 12, 15, 18 m Schiene bei reibender Lagerung mit r = 7,5 — 10 — 12,5 kg/cm².

abgelagerter Bettung als angemessen angenommen werden können. Die Größe t_m , d. h. die Parabellänge ist nach der nebenstehenden Tabelle für die fünf Schienenlängen und drei Reibungsgrößen zusammengestellt.

In Abb. 3 ist für die Schienenlänge von 12 m von dem Verlegungspunkt e ausgehend (der vorher als ungünstigster Punkt festgestellt war) für die drei Reibungsgrößen, je eine Lückenlinie als Parabel mit tangential anschließender Geraden gezeichnet. Die Lückenlinien sind e i m — e h l — e g k. Darunter sind die entsprechenden Spannungslinien n o p u — n q r v — n s t w aufgetragen. Die eintretenden größten

$$\text{Parabellänge } t_m = \frac{r l}{24 F} \text{ bei } F = 62.$$

	r=7,5	r=10	r=12,5
l=12 m	6	8	10
l=15 m	7,5	10	12,5
l=18 m	9	12	15
l=30 m	15	20	25
l=60 m	30	40	50

Abb. 6 zeigt die Lücken- und Spannungslinie für reibungslose und reibende Lagerung einer 30 m-Schiene; a b — c d — e f

stellen die Verlegungslinie dar! Für fallende Temperatur sind die Verlegungspunkte b und d gleich ungünstig. Die für beide Punkte gleiche Lückenlinie reibungsloser Lagerung ist d b o. Punkt o zeigt, daß die volle Lückenöffnung von 16 mm bei -19° erreicht wird. Die entsprechende Spannungslinie ist $o_1 o_2$ und die größte Zugspannung 160 kg/cm^2 . Bei reibender Lagerung sind d p s — d q t — d r u die Lückenlinien (entsprechend den verschiedenen Werten von r) und $d_1 p_1 u_1$ — $d_1 q_1 t_1$ — $d_1 r_1 s_1$ die entsprechenden Spannungslinien. Die größten Zugspannungen sind durch die Punkte $u_1 t_1 s_1$ gekennzeichnet und betragen 340, 460, 580 kg/cm^2 . Bei steigender Temperatur sind die Punkte a c e in gleichem Maße ungünstig; sie haben bei reibungsloser Schiene die gemeinsame Lückenlinie a c e g, der die Spannungslinie $a_1 g_1 g_2$ entspricht mit einer Höchstspannung von 780 kg/cm^2 . Bei reibender Lagerung sind a h l — a i m und a k n die Lückenlinien und $a_1 h_1 l_1 l_2$ — $a_1 i_1 m_1 m_2$ und $a_1 k_1 n_1 n_2$ die Spannungslinien mit den Höchstspannungen 980, 1060 und 1110 kg/cm^2 .

In Abb. 7 sind die gleichen zeichnerischen Untersuchungen von 60 m-Schienen durchgeführt. Die Verlegungsregel ist durch die Linie a b — c d — e f dargestellt. Für fallende Temperatur ist bei reibungsloser Schiene b der ungünstigste Verlegungspunkt. Die entsprechende Lückenlinie ist b o, wobei die Lücke mit 16 mm bei $+5^\circ$ voll geöffnet ist. Dem dann noch möglichen Temperaturabfall von 30° entspricht eine Spannung von $30 \cdot 24 = 720 \text{ kg/cm}^2$ und bei $F=62$ eine Spannkraft von $62 \cdot 720 = 45000 \text{ kg}$, welche Kraft von der Lasche übertragen werden müßte.

Die der Lückenlinie b o entsprechende Spannungslinie ist $b_1 o_1 o_2$ und die größte Zugspannung in der Schienenmitte 680 kg/cm^2 ! Für reibende Lagerung sind bei Verlegung entsprechend Punkt b die Parabeln b t — b u — b s die Lückenlinien, die am frühesten eine Vollöffnung der Lücke bedingen und zwar bei -8° , -10° und -13° und daher die größtmöglichen Laschenübertragungskräfte von:

- $8 \cdot 24 \cdot 62 = 12000 \text{ kg}$
- $10 \cdot 24 \cdot 62 = 15000 \text{ kg}$
- $13 \cdot 24 \cdot 62 = 19500 \text{ kg}$

erfordern.

Die größten Zugspannungen in der Schienenmitte entstehen, wenn die Verlegung dem Punkte f entspricht. Es sind dann f p s — f q — f r die Lückenlinien und $f_1 p_1 s_1 s_2$ — $f_1 p_2$ die Spannungslinien mit den Höchstspannungen bei s_2 und p_2 von 1000 und 1100 kg/cm^2 .

Für steigende Temperatur ist bei reibungsloser Schiene die Lückenlinie a c e g und die Spannungslinie $g_1 g_2$ mit 760 kg/cm^2 Höchstspannung. Bei reibender Schiene sind entsprechend a h l — a m — a n die Lückenlinien, sowie $a_1 h_1 l_1 l_2$ und $a_1 h_1 h_2$

die Spannungslinien mit den Höchstspannungen von 1120 und 1200 kg/cm^2 .

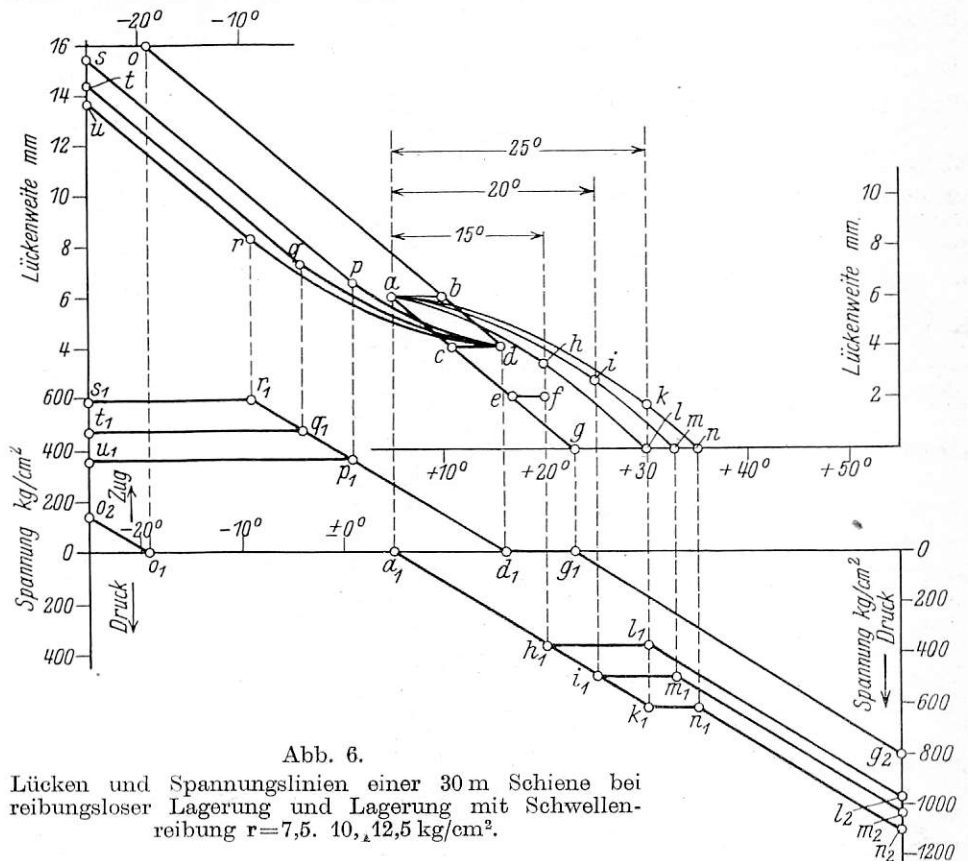


Abb. 6.

Lücken und Spannungslinien einer 30 m Schiene bei reibungsloser Lagerung und Lagerung mit Schwellenreibung $r=7,5, 10, 12,5 \text{ kg/cm}^2$.

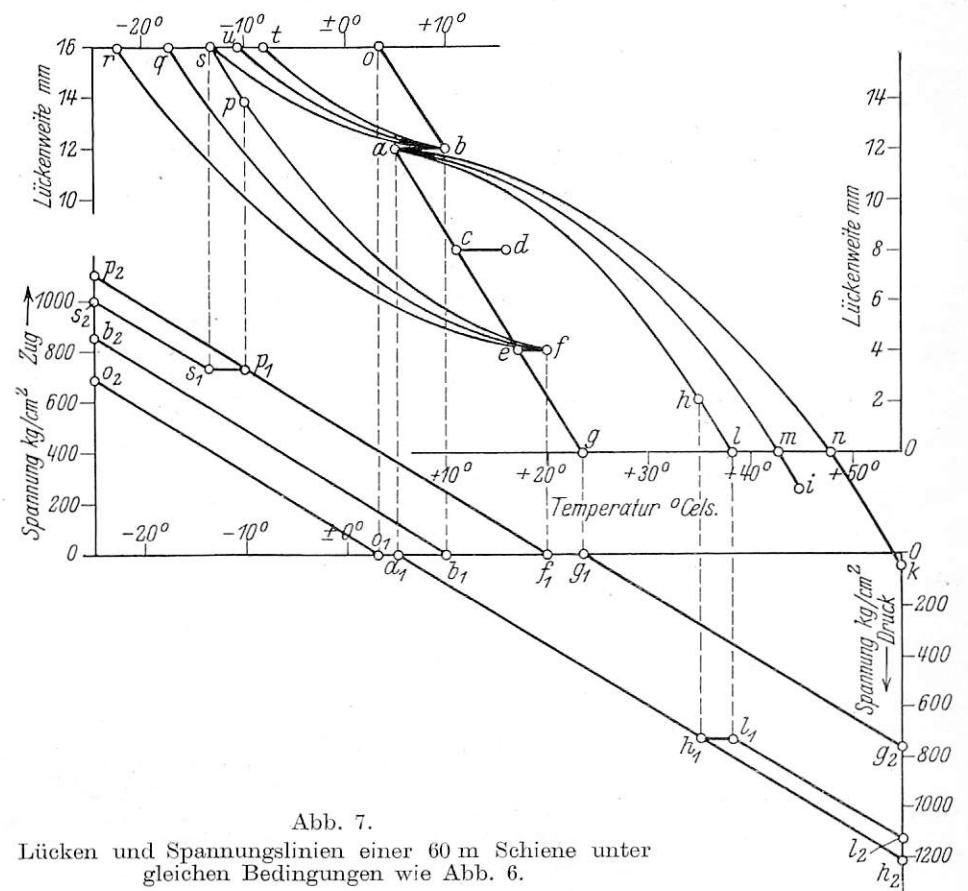


Abb. 7.

Lücken und Spannungslinien einer 60 m Schiene unter gleichen Bedingungen wie Abb. 6.

Bei der vorangegangenen Ermittlung der Höchstspannungen ist die Laschenreibung unberücksichtigt geblieben. Wie in dem eingangs angezogenen Aufsatz des Verfassers

nachgewiesen ist, ändern diese Reibungskräfte die Höchstspannungen nicht, wenn nicht durch ihren Einfluß voller Lückenschluß oder volle Lückenöffnung eintritt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die ermittelten Zahlenwerte zusammengestellt und der nach obigem mögliche Einfluß der Laschenreibung in Fußnoten berücksichtigt.

Von den in der nachstehenden Tabelle zusammengestellten Zahlenwerten sind besonders die Werte von Schienen bis zu 30 m Länge von Interesse, weil diese Schienenlängen als Regellängen in allergrößtem Umfange von der Reichsbahn zum Einbau kommen. Man erkennt ohne weiteres, daß bei der Aufstellung der Lückenregel das Bestreben maßgebend gewesen ist, die Stoßlücken möglichst klein zu halten (wobei sich von selbst geringe Zugspannungen und Laschenbeanspruchungen ergeben) und dafür hohe Druckspannungen in den Kauf zu nehmen. Es ist bemerkenswert, daß bei einer Reibungszahl von $r=12,5 \text{ kg/cm}^2$, wie sie bei abgelagerter Bettung sicher zu erwarten ist, schon im 15 m-Gleis 920 kg/cm^2 Druckspannung, im 30 m-Gleis sogar 1110 kg/cm^2 Druckspannung eintreten kann. Das 60 m-Gleis ist von der Reichsbahn bisher in Personenzugstrecken nur versuchsweise ausgeführt. Es ist aber aus den vorstehenden Berechnungen ersichtlich, daß auch bei ihm die Druckspannungen nicht wesentlich höher sind als im 30 m-Gleis. Ein beträchtlicher Unterschied liegt jedoch in den Zugspannungen und in der Beanspruchung der Laschen. Nach den bisherigen Messungen können gut angezogene Laschen sehr wohl Zugkräfte von 20 bis 25 t übertragen, ohne daß eine Überbeanspruchung der Bolzen eintritt, und es dürften daher im Gleise mit gutem Schotterbett, wo die Schwellen der Schienendehnung größeren Widerstand entgegensetzen, die eintretenden Laschenübertragungskräfte zu Beanstandungen keine Veranlassung geben. Soweit bekannt, stimmen diese Ergebnisse aber auch mit allen Erfahrungen überein, die mit 60 m-Schienen gemacht sind, wenn bei ihrer Verlegung die Schientemperatur ordnungsmäßig berücksichtigt wurde.

Schienenlänge m	Reibung der Schiene auf der Unterlage kg/cm	Größtmögliche Spannung in der Schienenmitte kg/qcm		Größtmögliche Laschenübertrag. Kraft kg	Größter Laschenauszug mm
		Druck	Zug		
12	0	730	0	} 0	} 7,5 } kleiner } als 7,5
	7,5	780	} gering		
	10	820			
	12,5	850			
15	0	770	0	} 0	} 9 } kleiner } als 9
	7,5	840	} gering		
	10	880			
	12,5	920			
18	0	860	0	} 0	} 10 } kleiner } als 10
	7,5	940	} gering		
	10	960			
	12,5	1000			
30	0	780	166	} 9000	} 16 } 16 } 15 } 14
	7,5	980	340		
	10	1060	460		
	12,5	1110	580		
60	0	760	680	} 45 000 } 19 500 } 15 000 } 12 000	} 16
	7,5	1120	1000		
	10	1200	1100		
	12,5	1200	1100		

1) Bei vorhandener Laschenreibung R erhöht sich Spannung um $\frac{R}{F}$!

2) Desgleichen kann Spannung bis 1100 ansteigen.

3) Desgleichen kann Spannung bis 1200 ansteigen.

Schienthermometer, Wärmelücken und Regeln für das Verlegen von Schienen.

Von J. Nemesek, Dipl.-Ing., Budapest.

I.

Das Schienthermometer ist in den letzten Jahren im Fachschrifttum schon des öfteren erwähnt worden. Die meisten Angaben verdanken wir auf diesem Gebiet Direktor Wattmann und Professor Ammann. Eingehend wurde auch der Gegenstand von der Deutschen Reichsbahn und den königl. Ungarischen Staatsbahnen erforscht, welche beiden sich auch schon zur allgemeinen und verbindlichen Benutzung des Schienthermometers bei Gleisarbeiten entschlossen.

Im folgenden soll über einige Versuche und Feststellungen berichtet werden, welche die Schienthermometerfrage betreffen.

Das Schienthermometer ist nicht eine Erfindung der letzten Jahre. Schon P. H. Dudley — der übrigens seinem Zeitalter in mehreren Dingen voraneilte — beschrieb in einem ausführlichen Bericht an die zwischenstaatliche Eisenbahnversammlung in Paris*) vor 30 Jahren ein ähnliches Schienthermometer, wie wir es heute benutzen. Der berühmte Ingenieur der New-York Central und Boston-Albany Railroad bediente sich des Schienthermometers zu Zwecken der Bestimmung der oberen Grenztemperatur der Wärmelückentabelle. Er kam dabei zu $48,8^\circ \text{C}$ Schientemperatur ($= 120^\circ \text{F}$). Er gibt auch an, daß nach seinen Messungen die

*) Comptes rendus du Congrès des Chemins de Fer, VI Session 1900, Seite $\frac{1}{52}$.

Temperatur des Schienenfußes um 2 bis 4°F ($= 1^\circ$ bis $2,2^\circ \text{C}$) tiefer liegt als die des Schienenkopfes.

Daß die Schiene bei Sonnenbestrahlung wärmer wird als die Luft, weiß jedermann, der eine solche Schiene einmal betastet hat. Diese Erscheinung kann nur durch eine kräftige Wärmespeicherung erklärt werden. Der Umfang und die Folgen dieser Wärmespeicherung sind aber bis auf die letzten Jahre nicht erforscht und gewürdigt worden.

Drei Tatsachen lassen aber vermuten, daß die Erkenntnis der Wärmespeicherung der Schiene das technische Denken im Oberbauwesen dennoch beeinflusst hat.

a) Einige Bahngesellschaften haben der Wärmelückentabelle nicht die höchste Luftwärme (Luftwärme in Schatten auf geschützter Stelle, 1 bis 2 Meter über den Boden gemessen = meteorologische Temperatur), die in Europa 40°C kaum überschreitet, zugrunde gelegt, sondern eine mitunter bedeutend höhere Temperatur. Es läßt sich das nicht nur bei einigen früheren deutschen Landesbahnen nachweisen, sondern z. B. auch bei französischen Bahnen. So hatten — wenigstens noch im Jahre 1910 — die französische Westbahn eine Tabelle für Grenztemperaturen $+56^\circ \text{C}$, -25°C und die Paris-Lyon-Méditerranée eine solche mit -20°C und $+60^\circ \text{C}$!

b) Es war bei mehreren Bahnen Gepflogenheit oder auch Regel, an heißen Arbeitstagen Gleisarbeiten, insbesondere Schienenverlegen nicht vorzunehmen.

c) Vielerorts war es schon zur klaren Erkenntnis ge-

kommen, daß durch Schienenwanderung entstandene Mißstände noch vor dem Eintritt der heißen Sommertage behoben werden müssen.

Wenn die richtige Erkenntnis, daß die Schienentemperatur der Wärmelückentabelle zugrunde gelegt werden muß, bei manchen Eisenbahnen auch durchgedrungen ist, so waren doch zur einwandfreien Regelung der Lückenbemessung noch weitere zwei Schritte notwendig.

a) Es muß nicht nur die oberste Temperatur der Lückentabelle der Schienentemperatur angepaßt sein, sondern es muß eben auch auf der Baustelle die Temperatur des Baustoffes — der Schiene — und nicht die der Luft gemessen werden. Die Schiene kann oft auch um 20°C wärmer sein als die Luft.

b) Wenn man schon den Standpunkt aufgegeben hat, daß sich die Schiene z. B. nur zwischen den Grenzen -25°C , $+30^{\circ}\text{C}$, auszudehnen sucht, und statt 55 bis 60°C Ausdehnungsbereich einen solchen von 90°C (-30°C , $+60^{\circ}\text{C}$) wegen der Wärmespeicherung annimmt, so muß man sich auch bei halblangen Schienen (12 bis 18 m) und langen (20 bis 60 m) wegen der möglichst klein zu haltenden Maximal-lücken entschließen, die tatsächlichen Ausdehnungen der Schienen vorsätzlich zu begrenzen.

Was die bewußte Begrenzung des Ausdehnungsbereiches der Schiene anlangt, so hat in dieser Hinsicht die Deutsche Reichsbahn mit ihrer letzten Lückentabelle einen nicht hoch genug zu schätzenden Anfang gemacht.

Ähnlich — aber mehr unbewußt — gingen bisher schon zahlreiche Bahnen vor. Sie nahmen an, daß sich die Schiene nur von -25 bis 40 bis 45°C auszudehnen suche, und arbeiteten mit entsprechenden Tabellen. Obzwar mehrere Bahnen als die zulässige Länge ihrer Schienen bei festgestellter Maximalücke jene angaben, bei welcher sie auch in größter Wärme und größter Kälte spannungslos bleiben, ist heute dennoch offenbar, daß auch ihre Schienen mit so berechneten Längen in der Sommerhitze beträchtlichen Spannungen ausgesetzt sind. Durch Schienentemperaturmessungen wissen wir heute, daß „Wärmespannungen“ oder „Dehnungsspannungen“ in den Schienen nur dann zu vermeiden sind, wenn man bei der Lückenbildung mit einer Erwärmung der Schiene bis ungefähr 60°C rechnet.

Die königl. Ungarische Staatsbahn läßt heute ihren Oberbau mit 24,0 m langen Schienen (42,8 kg/m oder 48,3 kg/m ohne getrennte Schienenbefestigung mit dem Schienenthermometer, aber nach der bisherigen Lückentabelle verlegen, wonach die Lücke bei 45°C verschwindet. Es entsteht somit in den wärmsten Stunden des Sommers (höchste Schienenwärme = 60°C) bewußterweise und zugelassenerweise in den Schienen eine Spannung $\sim \alpha E t = 0,0000111 \cdot 2150000 (60 - 45) = 358 \text{ kg/cm}^2$. Diese Spannung bedeutet eine Längskraft von 19,60 t (= Spannung \times Fläche) in der Schiene von 42,8 kg/m. Wollte man diese Spannung nicht zulassen, so müßte man bei Annahme linearer Ausdehnung für die 24 m lange Schiene bei -30°C eine Lücke von 24 mm vorsehen.

Für Schienen mit getrennter Befestigung wird bei den königl. Ungarischen Staatsbahnen eine besondere Wärmelückentabelle entworfen. Bei der heutigen Lückentabelle der Deutschen Reichsbahn entsteht in der Sommerhitze (55°C Schienenwärme wird auch in Deutschland mitunter vorkommen) in den Schienen eine Druckspannung von 835 kg/cm^2 , die eine Längskraft von 52,0 t verursacht. Die Spannung wird von dem kräftigen Querschnitt, die Längskraft in waagerechter Richtung durch die Rahmenwirkung des Rippenplattenoberbaues, in senkrechter Richtung durch das Eigengewicht verarbeitet.

Die Lückenbemessung beim Schienenverlegen stützt sich heute fast überall auf Lufttemperaturmessung. Der Physiker wird aber bei solchem Vorgehen sicher bemerken, daß für die Ausdehnung der Schiene nur die Temperatur der Schiene maßgebend sein kann, welche nur in ganz besonderen Fällen mit der Temperatur der Luft übereinstimmt. Daß dies letztere zutrifft weis jeder Gleiswirt, und daß der Unterschied der beiden Temperaturen gerade während den Arbeitsstunden oft 15°C oder gar 20°C ausmacht, kann heute als bewiesen gelten.

Der Meteorologe wird darauf hinweisen, daß sich die Lufttemperatur mit der Höhe über dem Boden verändert, und daß diese Veränderlichkeit nicht nur von der jeweiligen Beschaffenheit des Bodens abhängt, sondern insbesondere auch von den unberechenbaren Luftströmungen. Auch weist er von Messungen, die dicht am Boden in unserem Klima $+65^{\circ}\text{C}$ anzeigten, während die „Lufttemperatur“ sich höchstens auf $+40^{\circ}\text{C}$ belaufen konnte. Selbst in 0,1 m Tiefe einer Sandschicht fand Cholnoky $47,6^{\circ}\text{C}$ an einem Augusttag (1903), und da soll bei Steinschlagboden für die offenliegende Schiene mit einer Höchsttemperatur von 40°C gerechnet werden!

Will man die Schienentemperatur messen, so begegnet man zunächst der schwierigen Frage: was ist eigentlich die Schienentemperatur? Streng genommen herrscht an jedem Punkte des Schienenquerschnittes eine andere Temperatur. Es ist an jeder Schiene, die der Sonnenbestrahlung ausgesetzt ist, ein deutliches Wärmegefälle festzustellen. Welcher Wert innerhalb des Temperaturgefälles soll als bezeichnende Schienentemperatur herausgegriffen werden?

Die oberbautechnisch richtige Definition der Schienentemperatur führt zu einer ideellen Temperatur, die dem gleichmäßig erwärmt gedachten Schienenstahl dieselbe Ausdehnung verleiht wie die verschiedenen Ausdehnungstendenzen der einzelnen, verschiedenartig erwärmten Schienenstabfäden.

Lehrreich wäre es, eine lange, auf Rollen frei bewegbar gelagerte Schiene (etwa 120 m Länge) mit einer Vorrichtung zu versehen, die beständig sowohl die Temperatur wie auch die Ausdehnung aufzeichnet. Eine solche Schiene wäre das eigentlich richtige Schienenthermometer, indem das Verhältnis der Ausdehnung zum Dehnungswert des Schienenstahles (0,0000111) die oben erwähnte ideelle Schienentemperatur ergibt. Würde man noch die Schiene mit dem Quecksilberbehälter in den Schienenkopf versenkten Thermometer versehen, so könnte auch die genaue Beziehung zwischen der ideellen und der heute mit den üblichen Schienenthermometern gemessenen Schienentemperatur festgestellt werden.

Diese Feststellung würde allerdings nur theoretisches Interesse bieten, da für die Ausübung die durch die üblichen Schienenthermometer genau genug gemessene, mittlere Schienenkopftemperatur auch in den äußersten Fällen von der maßgebenden Schienentemperatur kaum um mehr als $\pm 1^{\circ}\text{C}$ abweichen kann. Der Schienenstahl ist ein guter Wärmeleiter, und aus diesem Grunde kann im Querschnitt der Schiene unter Bedingungen, die auf freier Strecke vorliegen, kein größerer Wärmeunterschied bestehen als 4 bis 6°C . Die resultierende Wärme wird daher selten mehr als 2°C von einer extremen Wärme des Querschnittes abweichen, und da das Quecksilbergefäß in der Kopfmitte ziemlich genau die mittlere Kopftemperatur annimmt und die extremen Temperaturen nur in den äußersten Schichten des Querschnittes auftreten, so wird auch die gemessene Schienentemperatur sehr nahe an der definitionsgemäßen Schienentemperatur liegen. Und selbst wenn die Differenz unter Umständen 1 bis 2°C erreichen könnte: wie günstig ist

selbst dies noch zu den 15 bis 20° C betragenden Unterschieden des Luftthermometers!

Die subjektive Beurteilung ist nach Betastung der Schiene geneigt, höhere Wärmeunterschiede zwischen der bestrahlten und der schattigen Seite festzustellen. Dies ist aber eine „thermische“ Täuschung. Der Nullpunkt des tierischen Thermometers — des Wärmefühlens — ist die Körperwärme. Ein Plus wird als Wärme, ein Minus als Kälte empfunden. In der Wärmerichtung ist das Gefühl besonders empfindlich und da können 15 bis 20° C schon Unerträglichkeit bedeuten. An dieser Grenze der Unerträglichkeit aber macht eine Differenz von 2 bis 3° C im subjektiven Gefühl schon viel aus. Das Betasten einer auf 60° C erwärmten Schiene ist kaum unangenehmer als das Gefühl eines 60° C

stunden der Berührungsthermometer schon niedrigere Temperatur anzeigt als der gewöhnliche Schienenthermometer: die Schiene ist im Zustande des Abkühlens.

Den Vorgang des künstlichen Abkühlens einer Schiene schildert Abb. 3. Das 50 cm lange Schienenstück (42,8 kg/m) wurde bei gleichbleibender Lufttemperatur (29,4° C) mit 22° C kaltem Wasser beständig derart naß gehalten, daß möglichst wenig Wasser aufgebraucht wurde. Die Temperatur der Schiene sank innerhalb einer halben Stunde von + 46° C auf + 31° C. Auf die Verwertung dieser Tatsache kommen wir noch zu sprechen. Die Temperaturabnahme und ihr Verlauf wurde durch das Schienenthermometer wie durch das Berührungsthermometer gut übereinstimmend angegeben, ein Zeugnis der guten Wärmeleitung der Schiene.

Den Aufstieg der Temperatur einer auf + 20° C abgekühlten und der Sonnenbestrahlung ausgesetzten Schiene (42,8 kg/m) zeigt Abb. 4. Eine Stunde genügt, um die Schienentemperatur um 20° C zu erhöhen. Da das im Schatten befindliche Schienenthermometer gewöhnlich höchstens nur um 15° C kälter ist als die bestrahlte Schiene, so wird es in der Ausübung nach obigem Versuch auch genügen, eine bloß fünfviertelstündliche Exposition des Schienenthermometers neben jenen Schienen, deren Temperatur man zu wissen wünscht, vorzuschreiben.

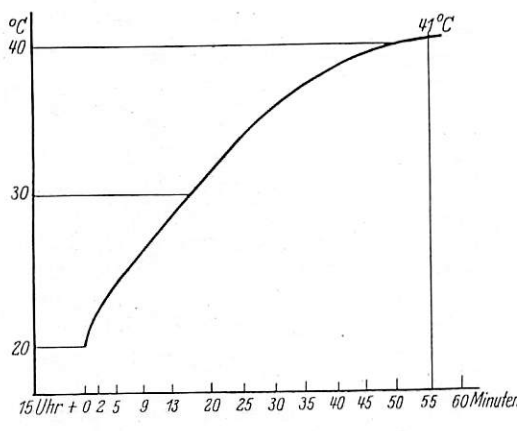
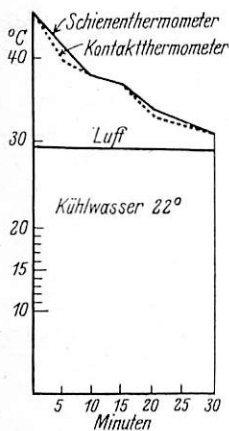
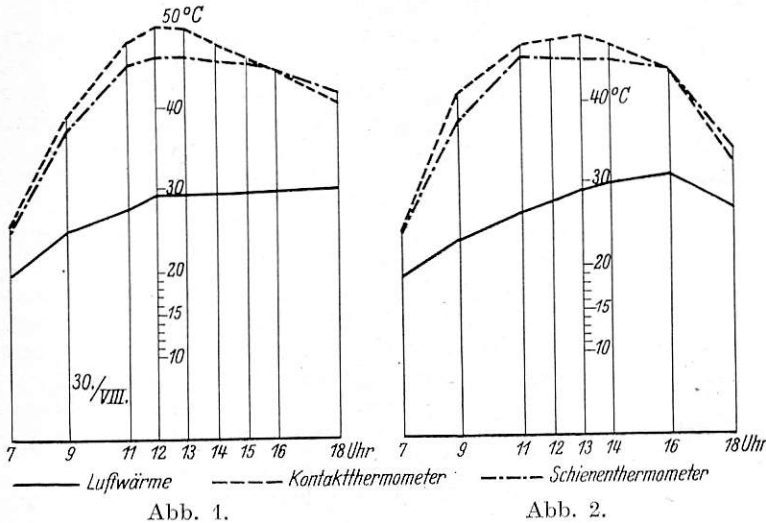
Für die konstruktive Ausbildung des üblichen Schienenthermometers ist es wünschenswert, das Quecksilbergefaß möglichst groß und die aus der Schiene herausstehende Länge recht kurz zu nehmen, was zu einer nicht zu engen Kapillare führt. Das für das Quecksilbergefaß gebohrte Loch muß nach Einsetzen des Glasgefäßes mit Kupferspänen gut ausgefüllt, das Schutzrohr mit einem Gewinde im Kopfe des 40 bis 50 cm langen Schienenstückes befestigt werden. Der Umstand, daß das Vergleichsstück verhältnismäßig kurz ist, hat nur theoretische Bedeutung. Der Quecksilberfaden selbst soll der Sonne abgekehrt liegen.

Messungen bestätigten weiter die nicht uninteressante Tatsache, daß eine Schiene mit kleinerem Längengewicht sich unter ganz gleichen Umständen stärker erwärmt als eine schwerere Schiene. Der Unterschied betrug z. B. zwischen Schienen von 42,8 kg/m und 34,5 kg/m ungefähr 2° C. Maßgebend für diesen Umstand ist das Verhältnis der Schienoberfläche zur Masse oder zum Metergewicht. (146 bei der Schiene von 42,8 kg/m und 158 bei 34,5 kg/m.)

Für die Erwärmung der sonnenbestrahlten Schiene ist auch ihre Lage von Bedeutung. Abb. 5 zeigt, daß die im Meridian liegende Schiene in den Vormittag- und in den Nachmittagstunden um 3 bis 4° C wärmer ist als die in Ost-West-Richtung gelagerte Schiene, während letztere in den Mittagstunden wärmer ist. Von Wichtigkeit ist die Folgerung: Gleise mit ausgeprägter Süd-Nordrichtung neigen erst zwischen 11 und 15 Uhr zur Verwerfung, während bei solchen mit Ost-Westrichtung die Gefahr schon in den Vormittagstunden (1/9 bis 1/2 10) drohen kann, aber erst in den Nachmittagstunden (13 bis 17) ernst wird.

Der Verfasser hat in einem Vortrage* die Erwärmung der sonnenbestrahlten Schiene (42,8 kg/m) deduktiv behandelt und kam zur Folgerung, daß im Mittsommer auf der geographischen Breite von 48° bei dauernd wolkenlosem Wetter und + 40° C Lufttemperatur zwischen 13 bis 15 Uhr die Schiene die Höchsttemperatur von + 63° C erreichen kann. Die bisher größte einwandfrei gemessene Schienenwärme in Ungarn beträgt + 59° C. Abb. 9 zeigt

* Gehalten im Ungarischen Ingenieur- und Architektenverein, Herbst 1928.



warmen Wassers, und das mehrmalige Betasten von Sonnen- und Schattenseite der Schiene belehrt auch erfahrungsgemäß bald das Gefühl über den richtigen Stand der Dinge.

Mit dem Berührungsthermometer der Elektrothermit G. habe ich in Mittagsstunden der ersten Tage des Monats September (1929) den Schienenfuß auf der Sonnenseite um 1° C wärmer gefunden als den schattigen Teil des Schienenfußes auf der anderen Seite und um 1° C kühler als die bestrahlte Lauffläche der Schiene.

Aus Abb. 1 und 2 ist ersichtlich, daß das Berührungsthermometer auch um 3 bis 4° C höhere Wärmegrade angegeben hat als das in den Schienenkopf versenkte Thermometer. Selbstredend stehen die Angaben dieses Gerätes der durchschnittlichen oder maßgebenden Schienenwärme näher als die des Berührungsthermometers, das an der äußersten Schicht der Lauffläche mißt. Den beiden Abbildungen ist auch zu entnehmen, daß in den Spätnachmittags-

die von dem laufenden Zentimeter der Schiene (42,8 kg/m) an diesem Tage (21. Juni) in beliebigem Zeitpunkt durch Sonnenbestrahlung gewonnene Wärme*) in geal min^{-1} .

Das bezeichnende Verhalten der Schienen mit der Nord-Süd und der West-Ost-Richtung auf Abb. 5 findet in diesen entsprechenden Wärmeempfangskurven seine Erklärung. Es folgt auch aus Abb. 9 durch Flächenberechnung, daß die Schiene (42,8 kg/m) an einem ganz wolkenfreien Tage des Hochsommers ungefähr 7,5 kg cal Wärme von der Sonne auf jeden cm ihrer Länge empfängt. (Die Absorption der Luftschicht selbst, bei verschieden hohem Sonnenstande (h) ist in der Formel

$$J = 2,0 \cdot 0,5^{-r} \left\{ \sin h - \sqrt{\sin^2 h + \frac{2H}{r} + \left(\frac{H}{r}\right)^2} \right\} \text{geal cm}^{-2} \text{min}^{-1}$$

schon in Rechnung gezogen, wobei r den Halbmesser der Erde und H = 30 km die Dicke der Atmosphäre bedeutet.)

Da die Schiene durch die Sonnenstrahlen über die Lufttemperatur erwärmt wird, strahlt sie aber selbst Wärme aus und gibt auch solche „durch Berührung“ ab, deren ungefähre Größe durch zwei allgemeine Dulong-Petitsche

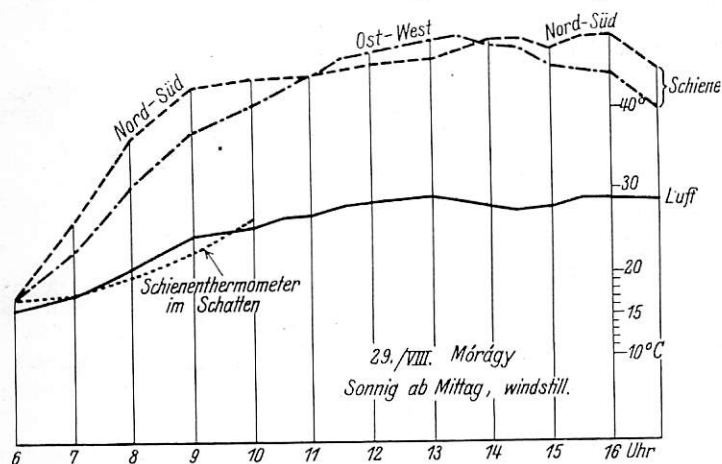


Abb. 5.

Formeln gegeben ist. Abb. 10 gibt den Wärmeverlust des laufenden Zentimeters der Schiene in geal min^{-1} an, und zwar bei verschiedenen Lufttemperaturen in Abhängigkeit von der Differenz zwischen Schienen- und Lufttemperatur. Auf Grund der Abb. 9 und 10 und nach Annahme eines Tageslufttemperaturverlaufs kann dann die Wärmespeicherungslinie, oder die Schientemperaturlinie — wie sie als Meßergebnis das Schienthermometer liefert —, bei beliebiger Lage der Schiene berechnet und aufgezeichnet werden.

Die Berechnung liefert auch das Ergebnis, daß bei größerem Temperaturunterschied zwischen Schiene und Luft (20 bis 25° C) eine schattige Stunde die Schiene um ungefähr 15° C abzukühlen vermag, während eine darauffolgende sonnige Stunde diesen Temperaturverlust bereits wieder wettmacht.

Naheliegender ist der Gedanke, für die Schientemperatur die Angabe des in das Sonnenlicht neben die Schiene gestellten gewöhnlichen Luftthermometers anzunehmen. Wenn dieses Verfahren auch scheinbar richtiger ist als das Messen der Luftwärme im Schatten, so ist es erwiesenermaßen doch noch zu unzuverlässig. Die Angaben eines solchen Thermometers sind von zu vielen nebensächlichen Umständen abhängig, wie Form und Größe des Quecksilberbeutels, der mit der Tageszeit, der jeweiligen Konstruktion und der jeweiligen zufälligen Orientierung des Gerätes veränderliche

*) Unter Benutzung des astrophysischen Bestrahlungsberechnungsverfahrens von G. Marczell.

Anteil der Quecksilberbeuteloberfläche, den die Sonnenstrahlen treffen können, weiter Beschaffenheit des Blechschutzzitters vor dem Quecksilbersäckchen usw.

Eine empirische Gesetzmäßigkeit zwischen Schienen- und Lufttemperatur besteht nicht. Es wirken bei der Schientemperatur zuviel mitbestimmenden Ursachen. Abb. 6 zeigt z. B. ansteigende Schientemperatur bei abnehmender Luftwärme.

Anders steht die Angelegenheit, wenn man nur eine Schätzung der Schientemperatur anstrebt (und eine geschätzte Schientemperatur ist immer noch besser als eine genaue Luftwärme...) so kann man einige Regeln aufstellen, welche die Schientemperatur in Abhängigkeit von der vorangegangenen Dauer der Bestrahlung, der Jahreszeit, des Ortes und der Luftbewegung angibt. Wenn für den Gleiswirt die Kenntnis solcher Zusammenhänge auch wünschenswert erscheint, so sollte das Schienenverlegen oder die Lückenregulierung und auch das Aufmessen der Lücken nur unter Anwendung eines verlässlichen Schienthermometers geschehen. Das Schienthermometer und seine Anwendung mag in den folgenden Jahren möglicherweise noch Wandlungen unterworfen sein, der Zweck aber, den richtigen Wärmezustand der Schiene selbst zu kennen, muß insbesondere im heutigen Zeitalter der Langschienen (18 bis 60 m) beständige Aufgabe jeder richtigen Gleisararbeit bleiben.

II.

Zur Gewinnung und Austeilung richtiger Lücken muß man die Temperatur der Schiene und nicht die der Luft messen. Wenn man das letztgenannte, bisher übliche Verfahren

anwendet, so wird die Lückenbemessung nicht gesetzmäßig; man erhält zwar an kühlen, trüben Tagen die durch die Lückentabelle beabsichtigten Lücken, an sonnigen Tagen kommen aber bedeutend größere Lücken in das Gleis als nach der Tabelle notwendig wäre, da ja die Schiene erheblich wärmer ist, als es das Luftthermometer zeigt. Bei 30 m langen Schienen können die durchschnittlichen Lücken zweier neuverlegten Streckenteile bei ganz „vorschriftsmäßiger Verlegung“ bis zu 6 oder 7 mm voneinander abweichen. Dies erklärt auch die Behauptung von Regierungsbaumeister a. D. Schott*), daß es „keineswegs erstaunlich und etwa nur auf Pflichtvergessenheit zurückzuführen ist, daß auf vielen Umbaustellen, wenn nicht auf den meisten, nicht nach dem Thermometer, sondern dem ‚Gefühl‘ gearbeitet wird“.

Das Fachschrifttum weist heute schon viele Meßreihen auf, die einwandfrei beweisen, daß auch für die Wärmedehnung der Schienen im Gleis die Temperatur der Luft nicht maßgebend sein kann. Abb. 7 und 8 führen zur selben Erkenntnis. Als Ordinaten sind darin die Gesamtlückenweiten einer Gleisstrecke von 420 m, getrennt im rechten und im linken Strang, aufgezeichnet, als Abszissen die zugleich gemessenen Luft- und Schientemperaturen. Es wurde die Dilatation an einem heiteren Tag in den Morgenstunden aufgenommen, wobei die Gesamtlückenverminderung der Schienen mit ungetrennter Befestigung der allmählich anwachsenden Schientemperatur gut entsprochen hat, während die zum

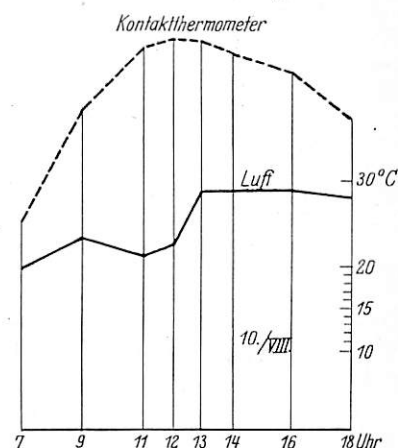


Abb. 6.

*) Gleistechnik 1930, H. 1.

Teil gleichbleibende oder gar abnehmende Lufttemperatur (es kam ein kühlerer Luftzug bei beständig sonnigem Wetter) die festgestellte Schienenausdehnung keineswegs erklären konnte. Das Luftthermometer führt gewöhnlich zu Ausdehnungsziffern, die größer sind als 0,000012 (in einem Teil Abb. 7 und 8 sogar zu ganz unwahrscheinlichen Werten), während diese Ziffer bei Schienenstahl höchstens zwischen 0,000010 und 0,000012 liegt.

Lückennmessungen, die nur von Lufttemperaturmessungen begleitet worden sind, seien sie auch mit noch so viel Sorgfalt und Liebe ausgeführt, können nur an trüben, kühlen Tagen verlässliche Ergebnisse liefern. Auf diesem Gebiet wurde bisher allorts viel gesündigt. Selbst bei Vornahme von

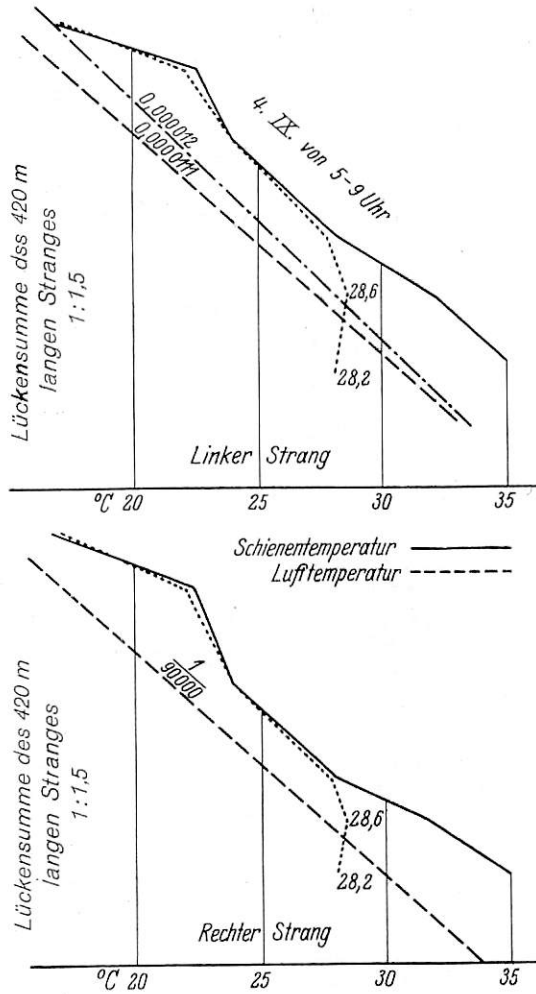


Abb. 7 und 8.

Schienenwärmemessungen muß man noch behutsam sein in den Folgerungen, weil man — besonders bei Oberbauarten großen inneren Widerstandes — eigentlich auch die bestehenden inneren Schienenspannungen zugleich mitmessen müßte, die ja zu positiven und negativen Lücken umgerechnet werden müßten (Wattmann).

Nach obigem kann nun bei Gleisbauten als erste Regel gelten: der Lückenbemessung die Schienenwärme zugrunde zu legen. Es muß allerdings vor dem verhängnisvollen Fehler gewarnt werden, daß einem besonnenen Schienenthermometer Meßwerte für Schienen entnommen werden, die an schattigen Stellen verlegt werden sollen.

Es genügt aber nicht, die Lücken richtig zu bemessen, sie müssen auch während des Bauvorgangs richtig bewahrt werden. Leider hat man bisher gewöhnlich wörtlich gehandelt: es wurde ein Blechstück zwischen die Schienen geschoben und meistens so lange dort belassen,

bis das Gleis fertiggestellt war. Die Lücke soll während des Baues nicht in ihrer ursprünglichen Form bewahrt, das heißt gleich erhalten werden, sondern man muß ihren Einklang mit der Lückentabelle während den wechselnden Schienentemperaturen bewahren. Die Hauptforderung der richtigen Lückenbewahrung ist, daß die Schienemitten ein für allemal ihren Platz behalten und die Lücke darf durch das Dilatations-eisen und die Laschenzugkräfte in ihrem Spiel keineswegs gehemmt werden.

Das Stoßlückenplättchen ist ein notwendiges Übel, aber seine Anwendung muß möglichst eingeschränkt werden. Beim Verlegen, „Stoßen“ der Schienen bewahrt es die drei bis vier letzten Lücken vor den Stoßkräften und gibt auch das Maß für die Lücke ab. Dieser erste und Hauptteil der Aufgabe eines Stoßplättchens kann als erledigt betrachtet werden, wenn drei bis vier Schienen schon festgeschraubt schützend vor ihm liegen. Bei flotten Neubauten werden

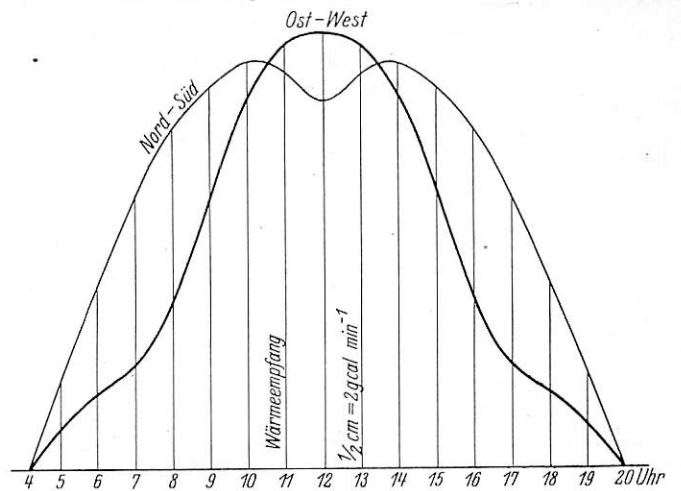


Abb. 9.

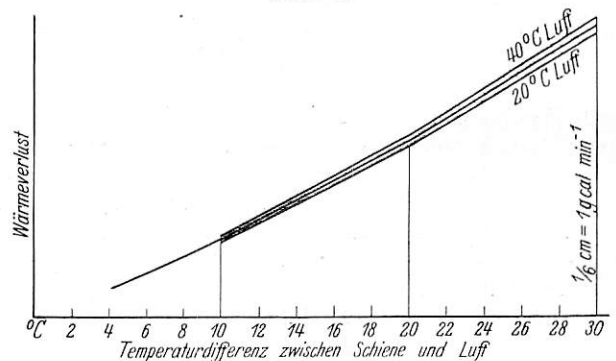


Abb. 10.

zweckmäßig vier bis fünf Schienen in einem Strange eingebaut und festgeschraubt, worauf die Plättchen mit Ausnahme des letzten oder höchstens der letzten beiden sofort entfernt werden müssen.

Ist keine Schienentemperaturerhöhung zu befürchten, und folgt — wie bei Arbeiten kleineren Umfangs — das Stopfen und Ausrichten sofort dem Verlegen, so können die Stoßplättchen länger zwischen den Schienen belassen werden. Dieser Fall bildet aber die Ausnahme, nicht die Regel.

Die weitere Aufgabe der Stoßplättchen besteht darin, die Lücke während des Hebens, Ausrichtens und Unterstopfens des Gleises zu bewahren. Da diese Arbeiten in der Regel nicht sofort dem Schienenverlegen folgen, sondern bei umfangreicheren Arbeiten erst eine, zwei oder mehrere Stunden nachher, während derer meistens eine Erhöhung der Schienenwärme eintritt, so müssen die Temperaturbleche rechtzeitig entfernt und im Notfalle vor dem Richten

des Gleises durch solche Bleche ersetzt werden, die der gerade herrschenden Temperatur entsprechen. Es glückt aber für gewöhnlich schon einer etwas behutsamen Arbeit bei den heutigen Arbeitsweisen (glattes Unterbett, dichte Festpunktreihe) ohne nochmaliges Einlegen der Temperatureisen durchzukommen, obzwar ihre wiederholte Verwendung keine nennenswerte Arbeit erfordert.

Das neuverlegte — oder überhaupt jedes, an einem Ende freie oder freigemachte Gleis ist nicht ein unbewegliches Objekt, an das man mit den folgenden Schienen sorglos anschließen kann, sondern es ist ein Gebilde mit der Unruhe des Quecksilbers behaftet, nie rastend, in der Wärme sich ausreckend, in der Kühle sich zusammenziehend, wobei selbst Töne, Krachen und Knistern den Vorgang begleiten.

Diese Beweglichkeit des noch nicht eingebundenen Endes eines unter Bau befindlichen Gleisstückes kann aber nur dann unschädlich sein, wenn die Gleisjoche sich unbehindert ausdehnen und dann wieder zusammen ziehen können. Dies ist aber wegen der Reibung der Bettung unter den Schwellen und wegen des Widerstandes des Steinschlages zwischen den Schwellen nicht der Fall. Es wird sich somit das letzte Gleisjoch anlässlich einer entsprechenden, auf eine Erwärmung folgende Abkühlung nicht auf seinen ursprünglichen Platz zurückziehen können: es entsteht eine gewisse Schienenwanderung auf der neuverlegten Strecke.

Betrachten wir den Vorgang etwas näher und versuchen wir die Fehler zahlenmäßig zu erfassen, die durch unrichtiges Verhalten beim Gleisverlegen vorkommen können und auch vorzukommen pflegen.

Es sei z. B. ein Gleis mit 30 m langen Schienen S 49 auf Holzschwellen in Steinschlagbettung neu zu verlegen.

Nehmen wir weiter an, daß das Schienenverlegen vormittags zwischen 8 und 11 Uhr erfolgte bei trübem Wetter mit durchschnittlich 18° C Schienenwärme. (Lückeneisen vorschrittmäßig 5 mm.) Um 11 Uhr herum heitert das Wetter auf, und die Schienentemperatur steigt in den Mittagstunden bis 42° C.

Andrerorts*) habe ich die Grundgleichungen abgeleitet, nach denen die Ausdehnung eines Endes oder eines beliebigen Punktes der Schiene mit Berücksichtigung des als gleichmäßig angenommenen Bettungs- und Laschenwiderstandes berechnet werden kann**). Wendet man dieselbe Berechnung für das freie Ende des Neubaus an, so bekommt man die Längsverschiebung des freien Endes, welche die während des Baues eingetretene Schienenenerwärmung (und solche ist oft zu erwarten) verursacht.

Ließ man unter den geschilderten Verhältnissen die Stoßbleche vorschrittmäßig in den Lücken (da ja die Ausrichtung und Unterstopfung noch nicht durchgeführt war) und rechnet man bei uneingebettetem Gleis mit einem Reibungswiderstand von 90 kg/m für einen Schienenstrang, so ist die „atmende“ oder bewegliche Länge $Z_0 = \frac{\alpha E F t}{r} =$

$$= \frac{0,000011 \cdot 2150000 \cdot 62,4 \cdot 22}{90} = 363 \text{ m, und die Längsver-}$$

$$\text{schiebung des Schienenendes } k_{z_0} = \frac{Z_0 \alpha t}{2} = 44 \text{ mm.}$$

Fest angezogene Laschen ziehen das Gleisende bei fallender Temperatur zum Teil zurück, diese Maßregel erfordert aber immer individuelle Behandlung des Falles. Besonders dann erreicht man mit dieser Maßregel wenig, wenn inzwischen etwas Bettungsstoff eingebracht worden ist.

*) „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens“ 1928, H. 16.

***) Siehe noch: Organ 1928, H. 10 (Wattmann); Organ 1929, H. 14 (Prof. Ammann, Dr. Gruenewaldt und Reichsbahnbaumeister Spangenberg).

Wenn wir in dem behandelten Falle nachmittags wieder verlegen wollen, so müßten wir zur Vermeidung unerwünscht großer Lücken das Schienenende 35 bis 40 mm zurückdrücken und die Lücken auf die Entfernung von Z_0 neu regeln.

Aber nicht nur die Belassung der Stoßeisen in den Lücken während einer Schienentemperaturerhöhung ist ein Fehler, sondern auch das frühzeitige feste Anziehen der Laschenschrauben während des Baues. Ein festes Anziehen der Laschen verhindert die Ausnutzung der Lücken zu Dilatationszwecken und kann erwiesenermaßen sehr leicht einen Widerstand bedeuten, den nur eine Schienenlängskraft von vielleicht 25 t überwältigen kann. Eine solche entsteht aber erst nach einer Erhöhung der Schienentemperatur um $t = \frac{P}{\alpha E F} ^\circ \text{C}$, also in dem betrachteten Falle nach 17° C. Die Längskraft entsteht durch die Reaktion der Bettung auf der Länge $Z_0 = \frac{P}{r} = \frac{25000}{90} = 278 \text{ m}$. Die Bewegung des Schienenendes ist so gleich der tatsächlichen (gehemmten) Ausdehnung k der „beweglichen“ Länge $Z_0 = 278 \text{ m}$, oder genauer $\left(278 + \frac{30 - 8}{2}\right) = 289 \text{ m}$, verursacht durch die Temperaturerhöhung von 22° C.

$$\text{Es ist } k = \alpha t Z_0 - \frac{r Z_0^2}{2 E F} = 0,000011 \cdot 22 \cdot 289 - \frac{90 \cdot 289^2}{2 \cdot 2150000 \cdot 62,4} = 0,042 \text{ m.}$$

Werden dagegen die Laschenschrauben nur schwach angezogen, so daß P etwa 4000 kg wird, so entsteht selbst bei ausgeräumter Bettung, gegenüber 42 mm bei fester Lasche, bloß eine Vorrückung des Schienenendes um 8 bis 9 mm. Die Längskraft von 4000 kg entsteht schon durch eine Erwärmung von 2,72° C, während sich die „bewegliche“ Länge $\frac{E F t}{r} = 44,5 \text{ m}$ um 0,73 mm ausdehnt, wonach erst

die Ausnutzung der Lücken beginnt. Die Lücken werden nach $t = 15,6^\circ \text{C}$ verschwinden, wie die Gleichung $\frac{0,005}{2} = \alpha \cdot t \cdot 15,0 - \frac{90 \cdot 15,0^2}{2 \cdot E F}$ zeigt, während sich die oben ab-

geleitete Länge von $Z_0 = 44,5 \text{ m}$ mit $\left(Z_0 \cdot \alpha \cdot 15,6 - \frac{r Z_0^2}{2 E F}\right) = 6,95 \text{ mm}$ ändert. Nach Schließen der Lücken dehnt sich noch ein neues „bewegliches Ende“ von rund 61 m aus mit 1,24 mm. Es ist also die Summe der Teilbewegungen nur 8,92 mm.

Von großem Vorteil ist es, wenn man bald nach dem Verlegen Bettungsstoff in die Schwellenkoffer füllen kann. Wenn bis zur Schwellenmitte Bettungsstoff eingebracht ist, kann mit $2 r = 400 \text{ kg/m}$ gerechnet werden. Unsere früheren Annahmen führen dann bei Lückeneisenfehler zu 19,8 mm und bei schwach gezogenen Laschen nur zu 4 mm Vorrückung der Schienenenden.

Offt liegt aber auch der Fall vor, daß sich bei festgezogenen Laschen und Temperaturabfall (z. B. Nachtkälte) das Schienenende, an dem angeschlossen werden muß, um 4 bis 5 cm zurückzog. Dieser Fall ist der gefährlichere, wenn ohne Lückenregulierung mit dem Weiterbau fortgeföhren wird.

Für das Verlegen von Schienen können wir also folgende Regeln aufstellen:

1. Zur Bemessung der Lücke müssen die Temperaturen der anstoßenden Schienen gemessen oder zuverlässig ge-

schätzt werden. Das Schienenthermometer muß öfter nachgeprüft werden.

2. Vor dem Beginn und vor dem Ende des Schienenverlegens müssen die Lücken der angrenzenden Teile des alten Oberbaues geregelt werden.

3. Um die mögliche Zusammenziehung des Gleises mit noch-freiem Ende zu vermeiden, muß nach Abschluß der Tagesarbeit das letzte Schienenchoch vom vorletzten gänzlich getrennt werden, und es soll auch untersucht werden, ob nicht in den letzten 200 m die Laschenbolzen irrtümlicherweise fest angezogen sind.

4. Die Stoßlückeneisen sind möglichst bald zu entfernen, insbesondere vor dem Eintritte einer Temperaturerhöhung. Es genügt, während des Verlegens nur in den letzten zwei Lücken Temperaturbleche zu belassen, wenn die angrenzenden drei Schienen auf wenigstens die Hälfte ihrer Schwellen schon angebunden sind.

5. Das Befestigen der Schienen auf den Schwellen, sowie die Einbettung soll je eher, je besser erfolgen.

6. Es dürfen während des Baues die Laschen nur sehr schwach verschraubt werden (z. B. nur die beiden äußeren Schrauben mit 5 bis 6 kg auf den 60 cm langen Schraubenschlüssel).

7. Das endgültige Festziehen der Laschenbolzen soll erst nach Beendigung der Arbeit in möglichst kürzester Zeit stattfinden. Trübes Wetter ist auch bei dieser Teilarbeit günstig.

8. Das Verlegen der Schienen darf nur bis zu jenem Wärmegrad der Schiene erfolgen, bei dem die Lückentabelle spannungslose Berührung der Schienenenden angibt. Es ist aber zugunsten der äußeren Arbeit wärmstens zu empfehlen, diese Grenze für das Verlegen um 3°C zu erhöhen, da dadurch selbst bei 30 m langen Schienen ausnahmsweise höchstens eine Vergrößerung der durchschnittlichen Lücke um nur 1 mm entsteht (während die Luftwärmemessung bisher oft eine solche von 3 bis 5 mm verursachte), und an manchen Tagen kommt es eben auf diese 3°C an.

9. Steigt die Schienentemperatur während des Baues über die höchste Verlegetemperatur, so genügt es nicht,

mit dem Verlegen aufzuhören, sondern es ist ratsam, Maßregeln gegen das Vorrücken der freien Schienenenden zu ergreifen. Hierzu genügt es, durch vier Arbeiter die letzten 200 bis 250 m der Schienen während der Hitze (gewöhnlich 2 bis 4 Stunden) zu begießen. Die Schiene wird weniger durch die Kälte des Wassers, als durch die Verdunstung abgekühlt, deshalb soll wenig Wasser verwendet werden.

In Betracht kommt noch Einbettung der letzten drei bis vier Gleisjoche bis zur halben Schwellenhöhe oder vorübergehendes Festziehen der Laschen während der der Hitze folgenden Abkühlung der Schienen.

Wurde nichts gegen das Vorrücken des Schienenendes unternommen und kann das Vorwandern der letzten Schienen nicht vernachlässigt werden (etwa bis zu 6 mm), so müssen vor der Fortsetzung der Verlegung die Lücken in den letzten 100 bis 150 m neu geregelt werden. Die Mitte der letztverlegten Schiene muß nach jeder Unterbrechung des Baues zuverlässig (durch zwei Pfähle) vermerkt werden.

10. Ist zwecks Güte und Wirtschaftlichkeit der Arbeit die Verwendung von Lückeneisen während des Ausrichtens und Unterstopfens des Gleises nicht zu umgehen, so dürfen sie nur in solcher Anzahl verlegt werden, wie dies der Arbeitsvorgang unbedingt erheischt, und sie müssen immer der gerade während des Ausrichtens bestehenden Schienewärme entsprechend gewählt werden. Auch müssen sie ehestens entfernt werden, besonders bei Temperaturerhöhung.

11. Bei eiligem Schienenverlegen, oder wo wegen Unebenheit des Schotterbettes (also keine gestampfte oder gewalzte Bettung) größere Richtungs- oder Lagefehler als 6 cm in Aussicht stehen, ist es ratsam die Lückeneisen beim Verlegen um 1 mm dicker zu wählen als es die Lückentabelle gibt. Das nachfolgende Ausrichten der Stränge wird dann keine unliebsame Lückenverminderung hervorrufen.

12. Sind trotz der Befolgung vorstehender Regeln und richtigen Gebrauches des Schienenthermometers aus irgendwelchen Ursachen Unbotmäßigkeiten in den Lücken vorhanden, so müssen die Lückenweiten noch vor dem Anschluß an den alten Gleisteil verbessert werden.

Anregungen zum Ausbau des aluminothermischen Zwischengußverfahrens für Schienenschweißungen.

Von Dipl. Ing. Brewitt, Berlin-Lichterfelde.

In dem Aufsatz von Ingenieur Max Reiter in der Zeitschrift Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Heft 18/19 1930, „Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Schienenschweißung“ sind zum erstenmal die Ergebnisse einer geschlossenen Gruppe wissenschaftlicher Untersuchungen von Schienenschweißungen der Öffentlichkeit vorgelegt.

Spezialisten auf dem Gebiet der Schienenschweißung hat die ermittelte große Streuung in der Zusammenstellung der Wertziffern nicht überrascht. Die Unregelmäßigkeit beruht auf den technischen Mängeln der Verfahren an sich und der zu ihrer Ausführung dienenden Apparate. Selbst 30jähriger, praktischer Betrieb hat eine automatische Regelung des Schweißvorganges noch nicht zeitigen können.

Auf aluminothermischem Wege kann bekanntlich eine Schweißung auf zweierlei Weise zustandekommen. Am einfachsten ist sie dadurch zu erreichen, daß an den Enden der Werkstücke der feste Aggregatzustand in den flüssigen übergeführt wird, und zwar mit Hilfe des Schweißmetalles als Zusatzschmelze. Die homogene Vereinigung geht dabei durch Mischung der Kristalle in einer breiten Schmelzzone selbsttätig vor sich.

Ein solcher Vorgang ist eine Schmelzgußschweißung.

Umständlicher ist die zweite Art, die homogene Verbindung der Werkstücksenden mit Hilfe der aluminother-

mischen Schweißmasse als Wärmeträger zu bewirken. Die Vereinigung geht dabei durch Mischung der Kristalle in einer schmalen Schmelzzone zwangsweise vor sich. Hierzu ist ein Preßdruck auf die in plastischem Zustand versetzten Werkstücksenden erforderlich, der an den blanken, unter Luftabschluß befindlichen Berührungsflächen eine Oberflächenverbindung hervorruft. Dieser Vorgang ist eine reine Stumpfschweißung.

Sind diese beiden Verfahren bei allen Schienenarten gleich gut zu verwenden? Die reine aluminothermische Stumpfschweißung ist von dem Kohlenstoffgehalte des Stahles abhängig: Bei mehr als 0,6% C ist sie aus zwei Gründen ohne weiteres nicht mehr verwendbar. Die große Härte des Stahles behindert dann eine planparallele Bearbeitung der Schienenprofilflächen; der Mangel an Ferrit behindert die Bildung der Oberflächenverbindung.

Die Schmelzgußschweißung ist bei allen Schienenstahlarten ohne diese Schwierigkeiten unwendbar. Bisher befürchtete man jedoch, daß die breite Schmelzzone Anlaß zu einer Schlaglochbildung in der Fahrbahn geben könnte, weil der aluminothermische Zwischengußstoff an und für sich weicher war als der Schienenstoff. Um sich dieser Gefahr nicht auszusetzen, vereinigte man beide Verfahren. Man erzielte so am Schienenkopf eine schmale Schweißuge, am Fuß und Steg den wulstartig verstärkten Zwischenguß. Das

war in fahrtechnischer Beziehung eine gute Anordnung, leider mit manchen schweißtechnischen Unsicherheiten und Umständlichkeiten.

Nach den Reiterschen Ausführungen ist durch die Herzstückschweißungen mit breitem Zwischenguß der Beweis erbracht, daß die Befürchtungen einer Schlaglochbildung nicht zutreffend sind.

Die Gleistechniker werden ein Schweißverfahren bevorzugen, das keine mechanische Bearbeitung der Schweißflächen als einleitende Zurichtung erfordert und das ihnen die einfachste Handhabe bietet, vorhandene Stoßlücken in freiliegendem Gleis homogen so zu überbrücken, daß infolge der Schweißung kein Längenverlust in der ganzen Gleislänge eintritt.

Das aluminothermische Zwischengußverfahren kann, wie Reiter zutreffend sagt, dem Ideal einer homogenen Verbindung nahekommen, wenn:

1. der Zwischenguß aus demselben Stoff besteht wie die Schiene,
2. die Gefügestruktur der Schweißzone der des Schienenstahls gleichwertig gestaltet werden kann,
3. der Zwischenguß schlacken- und blasenfrei ist.

Hans Goldschmidt sagt schön in einer seiner Patentschriften, daß es möglich ist, durch Zusatz irgendwelcher stahlbildender Zusätze zum aluminothermischen Gemisch oder zur regulinischen Abscheidung jedweden Qualitätsstahl zu erzeugen. Danach müßte es also auch möglich sein, den Zwischenguß aus Schienenstoff herzustellen. Praktisch ist aber die erforderliche Kohlung im Schweißtiegel noch nicht einwandfrei zu bewerkstelligen. Doch hat man den Schweißstoff mit Erfolg dadurch verbessert, daß man ihm durch eine Zusatzlegierung Wertziffern gab, die denen des Schienenstoffes entsprechen. So hat man beispielsweise neuerdings die Schweißmasse mit Titan veredelt.

Der Gedanke, das Schweißmetall bei dem Zwischengußverfahren, ähnlich wie die Schlacke bei der Stumpfschweißung, nur als Wärmeträger zu benutzen, liegt dem Verfahren zugrunde, den heißflüssigen Zwischenguß mittels der Stauchvorrichtung zu verdrängen. Es gelingt dabei allerdings nicht vollständig, das Schweißmetall auf demselben Wege, wie es in die Gußform hineingeflossen ist, durch den Preßdruck wieder zu entfernen. Jedoch erhält man eine Schmelzzone, die im wesentlichen aus Schienenstoff besteht.

Ein anderer Weg mit gleichem Ziel wäre der, das Schweißmetall beispielsweise von oben nach unten durch die Stoßlücke zu treiben, um sein Verweilen in der Stoßlücke wesentlich abzukürzen. Da das aluminothermische Metall bekanntlich schon im Vorbeifließen die Berührungsstellen mit dem Werkstück sehr stark erhitzt, erscheint es vorteilhaft, den Zwischenguß schneller aus der Stoßlücke zu entfernen und die Schienenenden zusammen zu stauchen.

Blasen und Lunker, die Schmerzenskinder der Stahlgießerei, lassen sich an den Rändern der Schweißwulst wohl niemals vermeiden. Es genügt aber auch schon, wenn sie aus dem Profilkern vollständig verschwinden. Das gelingt bereits bis auf einen ganz geringen Prozentsatz, wenn man statt der alten Sandform die neue Metallschweißform ver-

wendet, deren sonstige Vorzüge Reiter bereits erwähnt hat. Die neue Gestalt des Einlaufes bei dieser durch fallenden Guß beschickten Gußform ermöglicht es, das Herauspressen des flüssigen Zwischengusses so zu bewerkstelligen, daß alle seine Unreinigkeiten über Schienenoberkante heraustreten und die Bildung von Lunkerhohlräumen nicht mehr zwischen den Schienenquerschnitten, sondern darüber in dem erweiterten Einlaufstutzen stattfindet.

Wie die Reiterschen Versuche bestätigt haben, genügt die durch ein Normalglühen allein erzielte Gefügeveränderung nicht, um die Festigkeitsziffern zu verbessern, wenn nicht eine mechanische Bearbeitung durch Kneten der Schweißstelle hinzukommt. Bisher ist das nur unzulänglich durch Stauchen bewirkt worden. Für einen wirksameren Schmiede- oder Walzprozeß dagegen ist die Art des Objektes leider nicht geeignet. Bei dem jetzigen Stand der Technik kann eine Gefügeverschiebung in größerem Maßstabe nur durch Zusammenpressen der Schweißstelle in heißflüssigen Zustand erzielt werden. Die Wirkung ist dann zwar eine andere als bei der Gefügeverschiebung in plastischem Zustand und bisher noch zu wenig bekannt. Es liegt hier noch ein lohnendes Arbeitsfeld brach. Die besten Werte für Beginn, Dauer und Weg dieser Art von Stauchung sind noch nicht wissenschaftlich ermittelt, sondern nur erfahrungsmäßig angenommen.

Es sei hier auf eine bei der Schmelzgußschweißung verfügbare Wärmequelle hingewiesen, für die bisher noch keine Verwendung gefunden wurde, nämlich die Schlackenwärme. Man sollte versuchen, sie zur Erzielung eines stetigen gleichmäßigen Temperatenausgleiches in der Schiene zu beiden Seiten der Schweißform heranzuziehen und den bisher schroffen Übergang zwischen der Schienenwärme innerhalb und außerhalb der Gußform zu mildern.

Durch die in jeder Beziehung noch stark verbesserungsbedürftige Vorwärmung des Schienenstoßes kann das Gefüge der Schweißzone noch günstig beeinflusst werden, beispielsweise durch Herbeiführung eines geringeren Unterschiedes zwischen der Vorwärmtemperatur und der Schweißguttemperatur, indem man die erste erhöht, die zweite herabsetzt.

Um einen konstanten und möglichst großen Heizeffekt sowie ein gleichmäßiges nicht durch Rußbildung behindertes Arbeiten des Brenners zu erzielen, ist eine Normung des Heizstoffes anzustreben. Es hängt bisher noch sehr von der Geschicklichkeit des Arbeiters bei der Handhabung des Gebläses ab, wie der Brenner arbeitet. Bald wird er beispielsweise mehr, bald minder tief in die Blasöffnung eingeschoben. Der Schienenstoß wird infolgedessen teils mit reduzierender, teils mit oxydierender Wirkung erhitzt. Es fehlt dem Brenner eine Vorrichtung zur richtigen Regulierung der Verbrennungsluft.

Ein weiterer Mangel besteht noch darin, daß kein sicheres Zeichen für die Beendigung der Vorwärmung auf der Baustelle vorhanden ist. Dieses müßte sich dem Schweißer selbsttätig bemerkbar machen, so daß die Beurteilung des Vorganges nicht mehr von seiner Gewissenhaftigkeit und Erfahrung abhängig ist. Bisher ist nur die mehr oder minder gut zu erkennende Rotfärbung des Stoßes innerhalb der Schweißform nach subjektivem Empfinden ausschlaggebend.

Fünfzig Jahre Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft.

Am 11. März beging die Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft die Feier ihres fünfzigjährigen Bestehens. Die deutsche Technik nimmt Anteil an diesem Ereignis und auch das „Organ“ als das technische Fachblatt des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen nimmt bei den nahen Beziehungen, die von Anfang an zwischen der Gesellschaft und der Eisenbahn bestanden haben, gerne Anlaß, die bisherige Arbeit der Gesellschaft in nachstehenden Zeilen zu würdigen.

Die Entstehung und die Daseinsberechtigung der Gesellschaft lassen sich am besten verstehen, wenn man die damalige Lage der deutschen Technik betrachtet. Als in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts in Deutschland die ersten Eisenbahnen eröffnet und in Betrieb genommen wurden, war für die nach englischem Vorbild aufstrebende Industrie die Grundlage zu rascher und blühender Entfaltung geschaffen. Die Zahl der Betriebe nahm dauernd zu und mit ihr die Zahl

der darin beschäftigten Arbeiter und Ingenieure. Es entstanden nacheinander die Fachschulen, welche die Ausbildung der Techniker besorgten und ihnen das nötige Fachwissen übermittelten. Der spätere wirtschaftliche und politische Zusammenschluß der deutschen Länder in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts verstärkte noch diese Entwicklung.

Das Zeitalter der Technik und in ihm der Aufstieg Deutschlands durch die Technik hatte begonnen. Aber die Technik selbst und ihre Männer besaßen noch nicht das Ansehen, das ihnen nach dem Stand dieser Entwicklung gebührte. Die Technischen Hochschulen kämpften noch vielfach um ihre Gleichstellung mit den Universitäten und die oberen Stellen der Staatsverwaltung waren den Technikern verschlossen.

Deshalb erließ im Dezember 1880 ein Kreis von führenden Männern des Maschinenbaufaches, Lehrer der Technischen Hochschule Berlin, Fabrikbesitzer und Eisenbahnfachleute, einen Aufruf zum inneren Zusammenschluß, um den technischen Wissenschaften die ihnen gebührende Achtung und den Maschineningenieuren jene Stellung zu verschaffen, die sie im Wettbewerb des täglichen Ringens und Strebens beanspruchen konnten. Darauf schlossen sich am 11. März 1881 137 Fachgenossen zum „Verein Deutscher Maschinen-Ingenieure“ zusammen.

Zweck des Vereins sollte die Förderung der gemeinsamen Anliegen des gesamten Maschinenbaufaches in technischer und wirtschaftlicher Beziehung sein. Vorträge, Veröffentlichungen und Ausschreiben von Preisaufgaben sollten zur Erreichung dieses Zieles dienen.

Der Verein ist diesen Aufgaben voll und ganz nachgekommen und mit Genugtuung darf die „Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft“ — der Verein hat im Jahr 1920 diesen neuen Namen angenommen — heute auf ihre Arbeit in den verflossenen fünfzig Jahren zurückblicken.

Als Blatt für seine Veröffentlichungen bestimmte der neue Verein wohl auf Anregung seines Mitbegründers und späteren Ehrenmitglieds F. C. Glaser die seit 1877 in dessen Verlag erscheinende Zeitschrift „Glaser's Annalen für Gewerbe und Bauwesen“, später kürzer nur noch „Glaser's Annalen“ genannt. Diese Zeitschrift ist seither das Fachblatt des Vereins und später der Deutschen Maschinentechnischen Gesellschaft geblieben. Sie hat sich in ähnlicher Weise wie das „Organ“ und manchmal Schulter an Schulter mit diesem in einer außerordentlich großen Zahl von größeren und kleineren Veröffentlichungen führender Eisenbahnfachleute fünfzig Jahre lang für die Fortschritte des Eisenbahnwesens eingesetzt. Freilich ist das Eisenbahnwesen nicht das einzige Betätigungsfeld der Gesellschaft und der „Annalen“, vielmehr hatten diese entsprechend der Zusammensetzung und den Zielen der Gesellschaft die Aufgabe, ihre Leser auf dem Gebiet des Maschinenwesens in weiterem Umfang zu unterrichten und vor allem auch die Wissenschaft der Nachbargebiete zu pflegen, und zwar aus der Erkenntnis heraus, daß neue Anregungen für die Maschinentechnik auch hieraus geschöpft werden können. Dadurch sollte eine einseitige Einstellung der Maschinentechniker vermieden und eine Brücke zum Verständnis der verwandten Wissenschaftsgebiete geschlagen werden, die für die Erreichung des erstrebten Zieles, die Hebung des Ansehens der Technik, unerlässlich ist.

Die Gesellschaft hat zu ihrer Fünfzigjahrfeier eine besondere Festschrift herausgebracht, die ihr Ehrenmitglied Dr. Ing. e. h. de Grahl verfaßt hat. Sie enthält einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Gesellschaft, Angaben über ihre Gründer und besonders verdiente Mitglieder. Daran schließt sich eine Anzahl wertvoller Beiträge aus den verschiedenen Fachgebieten an, deren Pflege sich die Gesellschaft besonders hat angelegen sein lassen. So gibt die Festschrift vor allem auch einen guten Überblick über die

Fortschritte des Eisenbahnwesens in den letzten fünfzig Jahren.

Im folgenden soll an Hand der Festschrift ein kurzer Überblick über die Arbeit gegeben werden, die die Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft in den fünfzig Jahren ihres Bestehens geleistet hat. Der größte Teil davon entfällt auf eine Reihe von beinahe 500 Vorträgen, die sich über fast alle Fachgebiete erstrecken. Viele dieser Vorträge sind nachher in „Glaser's Annalen“ veröffentlicht worden.

Den weitesten Raum füllen die Zeitfragen aus. Sie betreffen Reisestudien aus dem In- und Ausland, die Ausbildung der höheren Techniker an den Technischen Hochschulen, die Prüfungsvorschriften, die Aussichten über die Anstellungsverhältnisse usw. und in ähnlicher Weise die Heranbildung tüchtiger Arbeiter in den Eisenbahnwerken: Das Lehrlingswesen, den Werkstättenunterricht, die Arbeiterfürsorge, die Hebung des Arbeitswillens, Lohnwesen, Psychotechnik und Betriebswissenschaft, Technische Nothilfe, Stellung der Maschinentechnik zur sozialen Frage, Gewerbeaufsichtsdienst und Ähnliches. Eine größere Zahl solcher Vorträge geht über das maschinentechnische Gebiet hinaus in die Gebiete der physikalischen und philosophischen Wissenschaften, wie z. B. Mechanik der magnetischen Erscheinungen, Physik des Äthers, kurze Wellen, Kathodenstrahlen, Bildtelegraphie, Technik der Filme, Verflüssigung der Kohle, Technische Wörterbücher und letzten Endes der bei der Fünfzigjahrfeier gehaltene Vortrag von Dr. Ing. de Grahl über Philosophie und Technik.

Ein großer Teil aller Vorträge behandelte Fragen des Eisenbahnwesens.

Der Lokomotivbau beschäftigte sich zu Anfang der achtziger Jahre gerade mit der Einführung der Verbundlokomotive und auch der damalige Verein Deutscher Maschineningenieure hat sich durch v. Borries als den Hauptförderer dieser Bauart seit 1883 in mehreren Sitzungen über den Entwurf und die betrieblichen Erfahrungen berichten lassen.

In den folgenden Jahren behandeln neben anderem mehrere Vorträge die alten preußischen Regellokomotiven, die Abtsche Zahnradlokomotive und die Mallet-Rimrott-Lokomotive. Um die Jahrhundertwende setzt wie im Lokomotivbau selbst so auch in dessen Behandlung im Verein wieder neues Leben ein: Den Auftakt bildet die Besprechung der Weltausstellung in Paris, wo zum erstenmal eine von Borsig gebaute Heißdampf-Schnellzuglokomotive zu sehen war. Es folgte dann die Zeit der Schnellfahrversuche. Das Schnellkeitsstreben fiel beim Verein auf fruchtbaren Boden; 1902 schrieb er einen Wettbewerb aus für den Entwurf von Betriebsmitteln für schnellfahrende, durch Dampflokomotiven zu befördernde Personenzüge. 1903 folgte nochmals ein engerer Wettbewerb. Beide Male ging eine größere Zahl von Lösungen ein. Eine Verwirklichung haben beide Wettbewerbe bekanntlich nicht gefunden, weil die Bedenken wirtschaftlicher Natur dagegen zu stark waren.

Das Jahr 1904 brachte das Preisausschreiben des Vereins zur Erlangung eines Lehrbuchs über den Lokomotivbau, insbesondere über die theoretische Behandlung der Grundverhältnisse. Das Ergebnis ist das sehr umfangreiche und sorgfältig durchgearbeitete „Theoretische Lehrbuch des Lokomotivbaus“ von Leitzmann und v. Borries, das 1911 erschienen ist. Leider ist es in mancher Beziehung schon überholt; vor allem deshalb, weil der Heißdampf in ihm noch kaum eine Rolle spielt.

Besonders bekannt geworden sind auch außerhalb des Vereins die beiden großen Vorträge, die Hammer 1911 und 1912 über „Die Entwicklung des Lokomotivparks der Preussisch-Hessischen Staatseisenbahnen“ und über „Neuerungen an Lokomotiven“ dieses Netzes gehalten hat. Beide Vorträge sind später in erweitertem Umfang als Sonderdrucke erschienen.

Noch weiter ausgreifend behandelte Jahn im Jahr 1914 „Die geschichtliche Entwicklung der grundlegenden Anschauungen im Lokomotivbau“. Der Vortrag ist eine Vorstudie zu seinem später erschienenen Buch über die Geschichte der Lokomotive.

In der Nachkriegszeit folgten schließlich noch Beschreibungen verschiedener neuerer Lokomotivbauarten — G 12¹, G 12, P 10 — über Sonderlokomotiven, vor allem Lokomotiven mit Dampfniederschlag und mit Kohlenstaubfeuerung.

Auch Vorträge und Abhandlungen über Eisenbahnen und Teile von solchen sind in größerem Umfang veröffentlicht worden. Neben der Beschreibung der Wagenbauarten, die auf den verschiedenen Ausstellungen vorgeführt wurden, sind aus der neueren Zeit vor allem die Abhandlungen über Großgüterwagen, Kühlwagen und über die elektrischen Triebwagen der Berliner Stadtbahn zu erwähnen.

Sehr bald hat man sich im Verein auch schon mit der durchgehenden Bremse beschäftigt. 1886 erscheinen die ersten Abhandlungen darüber, die sich zunächst auf die Saugluftbremse beschränkten. Die Einführung der Kunze-Knorr-Bremse hat dann 1918 Veranlassung zu einer umfassenden Beschreibung dieser Bremsbauart gegeben und zwar durch den Erfinder selbst.

Internationale Automobilausstellung Berlin 1931.

Nach mehr als zweijähriger Unterbrechung fand die vom Reichsverband der Automobilindustrie in Berlin veranstaltete Ausstellung vom 19. Februar bis 1. März in den Ausstellungshallen am Kaiserdamm statt, beschränkte sich aber auf Personenwagen und Nutzfahrzeuge nebst Zubehör. Das Ausland hatte sich mit zahlreichen Darbietungen beteiligt und war besonders stark in der Schau der Personenwagen vertreten, wo es mit dem deutschen mittelstarken Wagen in scharfem Wettbewerb stand, ohne diesen aber nach Güte oder Preis übertreffen zu können. Auch der deutsche Wagen hat heute größere Zylinderfüllung und Zylinderzahl zu elastischer Fahrt. Der Achtzylinder war schon beim 2,5 l-Motor zu sehen. Bearbeiteter Verbrennungsraum, selbsttätige Kühlwassertemperaturregelung, Drehzahlregler, Schwingungsdämpfer, geräuschloses Getriebe mit Schnellgang, zentrale Eindrückschmierung, mit Saugluft vom Motor zu betätigende Vierrad-Öldruckbremse, Schwingachsen, hydraulische Stoßdämpfer, Rolldächer usw. sind heute auch die Merkmale eines guten deutschen Wagens zum Preise von etwa 6000 bis 7000 *ℛ.ℳ.* je nach Ausstattung im Kastenaufbau und, was sehr beachtenswert ist, auch die des deutschen Kleinwagens bis zu einem gewissen Grade, der diesmal im Mittelpunkt der Personenwagenschau stand.

Ein Sonderstück war hier „Der kleine Stoewer“ 5/25 PS, 1,2 l, mit Vorderradantrieb, vorderen und hinteren Schwingachsen, Tiefrahmen, Öldruckbremse, Fallstromvergaser, viersitziger Rolldachlimousine und neuzeitlichem Ausrüstungszubehör zum Preise von 3600 *ℛ.ℳ.* Andere konstruktiv einfachere Zweiachser waren schon für etwa 1900 *ℛ.ℳ.* zu haben.

In der Abteilung der Nutzfahrzeuge (Omnibusse, Lastkraftwagen, Sattelschlepper und Zugmaschinen) waren unter 23 Ausstellern nur acht ausländische, die sich in der Mehrzahl auf Fahrgestelle für 2 t Nutzlast mit etwa 50 PS-Motor und Omnibusse für etwa 20 Personen beschränkt hatten. Neue Sonderkonstruktionen boten sich in einem Dreiaxser der Morris-Commercial Birmingham mit zwei antreibenden und unabhängig voneinander schwingenden Hinterachsen für etwa 2 t Nutzlast als Geländefahrzeug mit 50 PS-Motor und in einem Dreiaxser der Tatra-Werke A. G. Prag für 10 t Nutzlast mit vorderer und hinterer Schwingachse und Rohrrahmen.

Die neueste Entwicklung des deutschen Nutzfahrzeugs baut sich vornehmlich auf der hohen Vervollkommnung der Radreifen, die im Riesen-Niederdruckluftreifen ihren Gipfelpunkt erreicht haben, und des Dieselmotors als Fahrzeugmotor bis z. Z. etwa 110 PS-Leistung, der dem schweren Fahrzeug höchste Wirtschaftlichkeit gibt, auf. Bei der Verwendung von Niederdruckluftreifen gibt es keine gesetzliche Beschränkung der Fahr-

Auch ihren fünfzigsten Gründungstag hat die Gesellschaft nicht vorbegehen lassen, ohne dies in ihrer Zeitschrift besonders zum Ausdruck zu bringen. So ist neben der Festschrift noch ein reich ausgestattetes Heft von Glasers Annalen erschienen, das eine Reihe neuester Versuche aus dem Gebiet des Eisenbahnwesens in die Öffentlichkeit bringt. Es enthält u. a. Berichte über „Neue Einrichtungen und Methoden zur wissenschaftlichen Untersuchung von Lokomotiven und ihren Einzelteilen“ und über den „Einfluß der Bauart und des Zustandes der Personenwagen auf ihren Lauf“. Beide Aufsätze wie auch ein Dritter über „Neue Versuche über den Fahrwiderstand von Personen- und D-Zugwagen“ bilden den Niederschlag aus der in den letzten Jahren geleisteten Arbeit der Versuchsabteilungen der Deutschen Reichsbahn auf dem einschlägigen Gebiet.

Von vielen Seiten ist der Maschinentechnischen Gesellschaft die Anerkennung ihrer Tätigkeit anlässlich des Jubiläums bezeugt worden, unter anderem von der Reichsregierung und der Preussischen Staatsregierung, von der technischen Hochschule und dem Verbands der technisch wissenschaftlichen Vereine. Möge auch in der Zukunft das Wirken der Gesellschaft vom gleichen Erfolg begleitet sein wie in dem zurückgelegten halben Jahrhundert.

R. D.

geschwindigkeit auf offener Landstraße, so daß heute Lastwagen und Omnibusse mit Geschwindigkeiten wie Personenwagen fahren. Diese Steigerung der Fahrgeschwindigkeit hat eine Verstärkung der Fahrgestelle und Erhöhung der Leistung der Motoren im Gefolge gehabt, was auf der Ausstellung offensichtlich in Erscheinung trat. So rüstet z. B. die Büssing-N. A. G., Vereinigte Nutzkraftwagen A. G. den 2¹/₂-Tonner mit 70/80 PS-Motor, den 3-Tonner mit 70/80 PS-Motor, den 5-Tonner mit 80/90 PS-Motor aus. Für die Dreiaxser mit etwa 8 t Nutzlast wird ein Motor von 100 PS genommen, doch hatten Krupp und MAN. bereits Fahrzeuge mit 150 PS und Henschel-Kassel mit 250 PS ausgestellt. Ferner lagen bei Büssing-N. A. G. Zeichnungen aus, nach denen jetzt für die Kraftverkehrs-Gesellschaft Sachsen fünf Fahrzeuge im Bau sind, die eine Motorenleistung von 320 PS erhalten, die sich auf zwei Motore verteilt. Jeder Motor treibt über eine Flüssigkeitskupplung der Bauart Föttinger Vulkan und ein Wechselgetriebe eine Hinterachse an. Beim Anfahren und in Steigungen werden beide Motoren, bei geeigneten Straßenverhältnissen nach Belieben der eine oder andere Motor arbeiten.

Mit dieser außerordentlich raschen Entwicklung in der Motorenleistung mußte der Dieselmotor Schritt halten, den seine günstigen Fahreigenschaften und sein geringer Brennstoffverbrauch bei billigem Öl ständig beliebter gemacht haben, so daß er auch im Omnibusbetrieb wie die Ausstellung zeigte Eingang gefunden hat. Es sind daher auch Büssing-N. A. G. zum Dieselmotor übergegangen und haben einen neuen Sechszylinder 100/110 PS mit 12,25 l Zylinderfüllung geschaffen, der nach dem Körting-Vorkammerverfahren arbeitet. Der neue 100 PS Sechszylinder Henschel-Diesel wurde in dem Arbeitsverfahren „Lizenz Acro“ entwickelt. Die Hansa-Lloyd-Werke, Bremen haben für ihren 3 bis 3,5-Tonner „Mercur“ einen Zweizylinder-Zweitakt-Doppelkolbenmotor Junkers mit 3 l Hubvolumen gewählt. Andere Firmen haben ihre bekannten Fahrzeug-Diesel zu höherer Leistung entwickelt. So zeigten Daimler-Benz A. G. einen neuen Sechszylinder 85 PS mit 8,5 l Hubvolumen und MAN. Nürnberg einen Sechszylinder 100 PS mit 12,2 l Hubvolumen. Der Schwerpunkt liegt beim Dieselmotor in der Möglichkeit der Verwendung billigen Schwer- oder Rohöls. Doch ist dies auch wieder ein gewisser Nachteil, da er eben nur mit einer bestimmten Ölsorte arbeitet, wozu noch der Nachteil höheren Gewichts als bei einem Vergasermotor gleicher Leistung tritt, da die hohen Kompressionsdrücke schwerere Konstruktionen erfordern. Infolgedessen haben die Firmen Friedrich Krupp A. G. Essen und die Voigtländische Maschinenfabrik A. G. Plauen die Forderung nach der Verbrennung billigen Rohöls im Motor durch Motor-Sonderkonstruktionen gelöst. Krupp hatte den Krupp-Glühring-Motor für Leicht-

öl- und Schwerölbetrieb ausgestellt, der unter sinngemäßer Ausnutzung einer von der Gesellschaft für Kohlentechnik in Dortmund herausgebrachten neuartigen Betriebsweise aus dem normalen Krupp-Vergaser-Motor entwickelt wurde. Der Motor läuft mit Leichtöl an und schaltet sich bei bestimmter Temperatur des Kühlwassers selbsttätig auf Schweröl um. Besonders durchgebildete Zerstäuber und in jedem Zylinder zwischen Zylinderkopf und Kolben angeordnete Verdampferansätze (Glühring) ermöglichen die Verarbeitung von Schweröl im Motor. Der Motor wird als 100 PS-Sechszylinder für 5-Tonner und 65 PS-Vierzylinder für 3,5-Tonner gebaut. Die Vomag hat für ihren Rohölmotor die Lizenz des Oberhänsli-Motors erworben, bei dem das Gasöl mittels einer Bosphumppe von oben durch eine Düse in einen seitlich dem Verbrennungsraum vorgelagerten, kugeligen, von Gasen völlig umspülten Verdampfungsraum eingespritzt wird. Die Verbrennung erfolgt durch die infolge der Kompression erhitzte

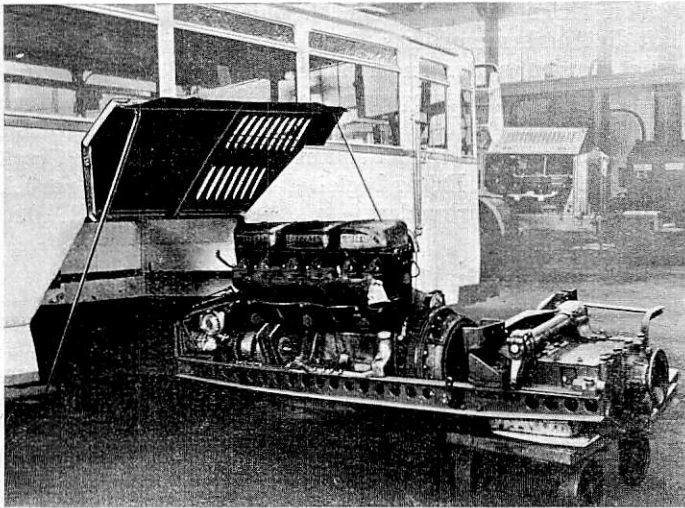


Abb. 1. Büssing-N.A.G.-Trambus.

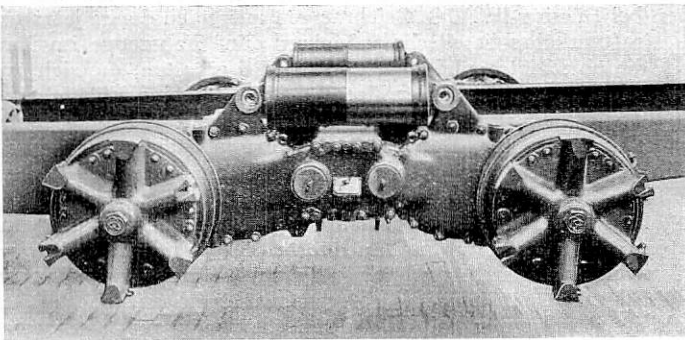


Abb. 2. Krupp-Sechsrad-Fahrgestell für 8 bis 9 t Nutzlast, Schwingenbelarme mit Federung.

Luft und die glühende Kalotte, so daß die Kompressionsdrücke niedriger als beim reinen Dieselmotor sind. Zum Anlassen dient eine Glühspirale.

Auch zur Lösung anderer konstruktiver und wirtschaftlicher Fragen beim Bau der Fahrzeuge liegen Neuschöpfungen der Industrie vor. Der neue Fünftonnen-Sechsradwagen der Büssing-N. A. G. mit 100/110 PS Dieselmotor entspricht dem Bedürfnis nach einem schnelllaufenden mittelschweren Wagen mit sehr geringen Betriebskosten. Als Dreiachser fällt der Wagen nicht unter die für zweiachsige 5-Tonner gesetzlich vorgeschriebene Begrenzung des Höchstgewichts, so daß er mit einem kräftigen Dieselmotor ausgerüstet werden konnte. Zur besseren Ausnutzung des Wagenkastens bei dreiachsigen Omnibussen wurde der in Abb. 1 dargestellte „Trambus“ von der Büssing-N. A. G. gemeinschaftlich mit der Hawa konstruiert. Bei diesem ist der Motor auf besonderen, nach der Seite ausschwenkbaren Rahmen zwischen der ersten und zweiten Achse gelagert. Die Schwerpunktage wird dadurch sehr tief. Der Wagen kann 60 bis 80 Fahrgäste

fassen. Bei Friedrich Krupp, Essen trat besonders das neue Sechsrad-Fahrgestell für 8 bis 9 t Nutzlast in Erscheinung, das nur eine, mit dem Rahmen festverbundene, gleichzeitig als Ausgleichsgehäuse ausgebildete Hinterachse, zu der die Kraftübertragung vom Motor durch nur eine Gelenkwelle erfolgt, besitzt. Von letzterer wird die Bewegung durch in Schwingen gelagerte Stirnräder auf die vier Hinterräder fortgeleitet Abb. 2. Die Abfederung der Hinterräder erfolgt durch Schraubenfedern, die zwischen den beiden auf jeder Rahmenseite befindlichen Schwingen gelenkig gelagert sind. Der Führersitz befindet sich neben dem 150 PS-Sechszylinder-Motor. Außer der feststellbaren Handbremse für die Hinterräder wirkt eine Knorr-Luftdruckbremse auf alle sechs Räder. Dem Eigengewicht von 5100 kg steht eine Rahmentragfähigkeit von 10000 kg gegenüber. — Dasselbe Fahrgestell ist bei dem Oberleitungsomnibus auf der Linie Mettmann—Gruiten in Betrieb, das auf dem Stande der Waggon-

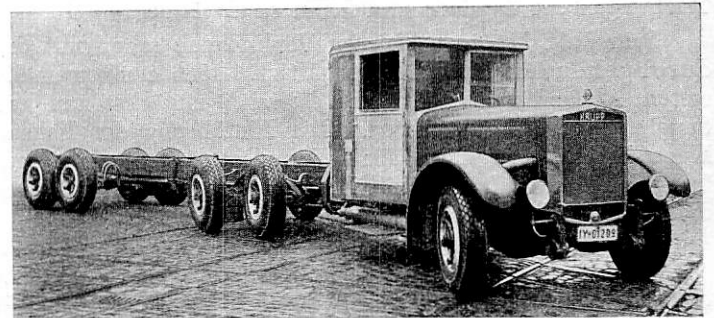


Abb. 3. Flettner-Krupp-Großraumwagen mit Flettner-Speziallenkung am Kraftträger.

fabrik Urdingen ausgestellt war. — Eine weitere Neuheit war der Flettner-Krupp-Großraumwagen (Abb. 3) mit Flettner-Speziallenkung für den Kraftverkehr Freistaat Sachsen. Das zehnrädrige Fahrzeug besteht aus abkuppelbarem Kraftträger mit

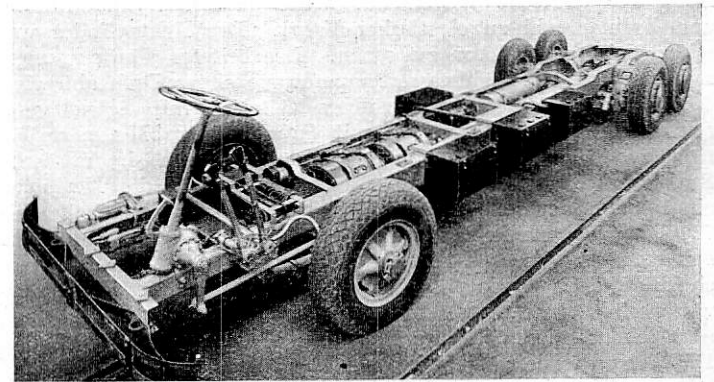


Abb. 4. MAN-Fahrdrahtbus-Fahrgestell mit 2 S.S.W.-Gleichstrommotoren von je 38 kW.

150 PS-Motor, der mit besonderem Gestänge den Lastträger lenkt. Dadurch wird die Steuerarbeit auf $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{10}$ des bisher notwendigen Kraftaufwandes verringert. — Vom Stande der MAN. Nürnberg ist der Niederrahmen-Dreiachser mit 150 PS-Motor und 10 bis 12 t Tragfähigkeit zu erwähnen. Ein wesentliches Merkmal dieses Fahrzeugs sind die gekröpften Hinterachsen, zu denen die Kraftübertragung durch nur einen zentral gelagerten, durchgehenden Wellenzug erfolgt. Von dieser Welle werden Schneckengetriebe angetrieben, die ihrerseits über Seitenwellen und Stirnradnabenantrieb die Räder antreiben. Zum guten Ausgleich der vier Triebäder sind drei Differenzialgetriebe eingebaut. Dieselbe Hinterachsen-Konstruktion findet sich bei dem dreiachsigen MAN.-Fahrdrahtbus (Abb. 4), der mit zwei SSW-Gleichstrommotoren von je 38 kW zusammen 100 PS ausgerüstet ist. Das Fahrzeug wiegt fahrfertig 9500 kg, faßt 70 Personen und hat eine Geschwindigkeit von 45 bis 50 km/Std. — Die Vomag-Plauen zeigte ein Dreiachser-Fahrgestell, bei dem die dritte Achse lediglich als Tragachse ausgebildet ist. Diese Konstruktion ermöglicht

jederzeit den Umbau eines Zweiachser in einen Dreiachser. Mit einem großen Vorderradantrieb-Omnibus mit 33 Sitz- und 15 Stehplätzen, der mit einem zweiten seit 1929 bei dem Kraftverkehr Freistaat Sachsen läuft, zeigte die Firma, zu welchem Ausbau sich der Omnibus entwickeln kann. Die Antriebseinrichtung mit 100 PS-Motor, Getriebe, Führerhaus (Abb. 5) kann leicht ausgetauscht werden. Ein weiteres Fahrzeug für Reisedecken von mehreren 1000 km Länge war ein Omnibus für den Eilfernverkehr (Abb. 6), wie solcher auch bei Krupp und der Waggonfabrik Lindner auf Büssing-N. A. G.-Fahrgestell zu sehen war. Der Wagen mit 130 PS-Sechszylindermotor und einem Schnellgang-Doppelachsantrieb hat 70 bis 75 km/Std. Geschwindigkeit, sehr weiche Federung und Leichtmetallaufbau in der Bauart der Linke-Hofmann-Busch-Werke Werdau. Die Sitze sind als Korbessel

35 Sitze. In der Abb. 7 ist das fertig genietete Gerippe des Aufbaus wiedergegeben, das nur 234 kg wiegt und von zwei Mann frei getragen werden kann. Das beplankte Gerippe wiegt 446 kg. Das Gesamtgewicht des Wagens wurde zu 6300 kg angegeben. Die Gewichtersparnis gegen Stahlaufbau soll 900 kg betragen. Der Wagen hat auch das neue geräuschlose Aphon-Getriebe der Zahnradfabrik Friedrichshafen, das im zweiten, dritten und vierten Gang mit festgelagerten, geschliffenen Schraubenrädern ausgerüstet ist, die mit ihren Wellen mittels verzahnter Muffen gekuppelt werden. Die Muffen werden in neuesten Ausführungen durch Saugluft des Motors unter Druckknopfbetätigung verschoben. — Daimler-Benz hatten auch ihren neuen „Trolley-Omnibus“ mit Mitteleinstieg auf einem zweiachsigen Tiefrahmen-Fahrgestell für 32 Sitz- und 12 Stehplätze ausgestellt, bei dem der in Wagenmitte gelagerte

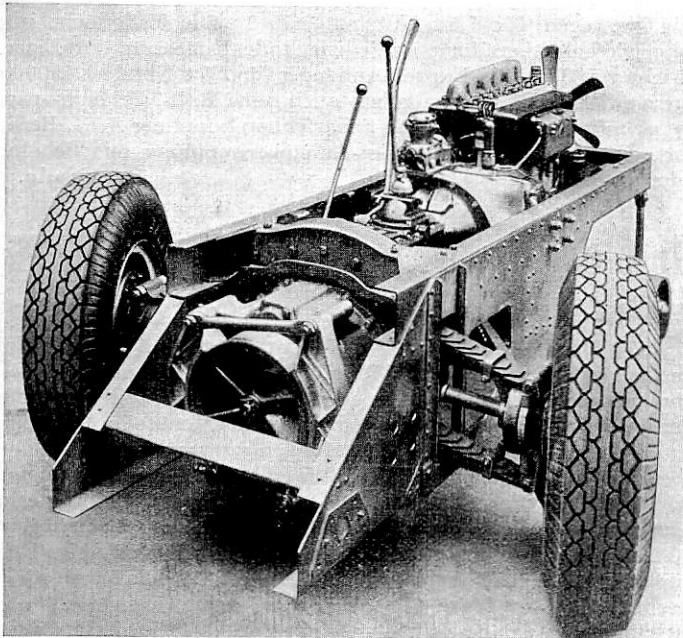


Abb. 5. Vomag-Vorderradantrieb zum Überland-Bus.

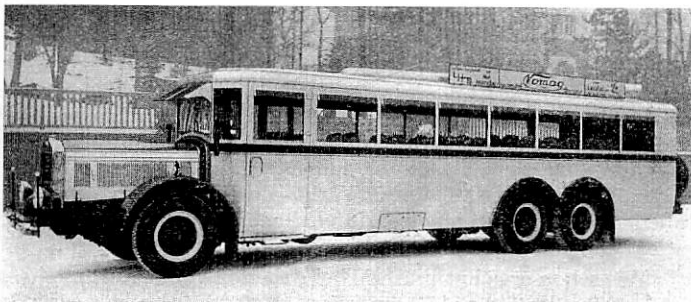


Abb. 6. Vomag-Omnibus für den Eilfernverkehr.

mit Plüschbezug ausgebildet und zum größten Teil mit verstellbaren Rückenlehnen versehen. Am Ende des Wagens ist eine Waschtilette mit fließendem Wasser eingebaut. Die Entlüftung erfolgt durch zwei Windturbinen, die auf dem Dach am Ende zweier Ausströmkanäle eingebaut sind. Als Heizung ist die neue Dreihäufige Frischluftheizung mit Ventilator vorgesehen. Die Frischluft wird durch vorn eingebaute Kanäle zugeführt, die so regelbar sind, daß im Winter die frische Luft ebenfalls angewärmt wird. — Einen zweiten Vorderradantrieb für Lastwagen und Omnibusse in der Bauart „Rumpler“ zeigte Henschel & Sohn, Kassel, eingebaut in einem Fahrgestell und in einem neuen Schienenomnibus, das als Schnellverkehrsmittel auf Strecken mit geringem Verkehr gedacht ist. Über das letztere Fahrzeug haben wir an anderer Stelle berichtet.

Auf dem Stande der Daimler-Benz A. G. führte diese Firma den Mercedes-Benz Reichspostomnibus vor mit 85 PS-Sechszylindermotor und Lantal-Leichtmetall-Karosserie für 30 bis

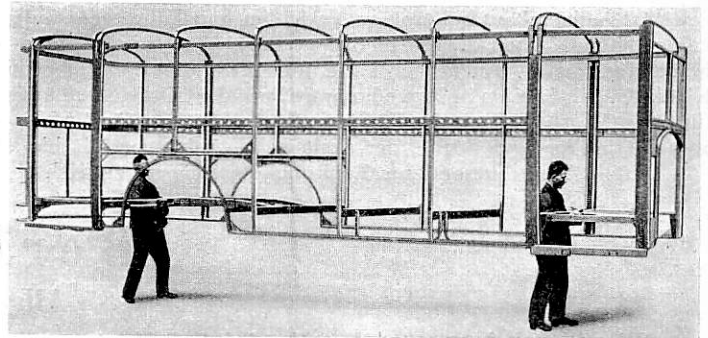


Abb. 7. Gerippe zum Lantal-Leichtmetall-Aufbau des 33sitzigen Mercedes-Benz-Dieseldomnibus.

54 kW-BBC-Elektromotor mit Kardanwelle, bogenverzahnten Kegelzahnradern und Differenzialgetriebe auf die innerhalb der Bremsstrommeln der Hinterräder in ölgefüllten Gehäusen laufenden Räderpaare (Stirnrad-Nabenantrieb) arbeitet. Der Wagen wiegt fahrbereit 7600 kg und hat Vierrad-Druckluft-Fußbremse (Knorr),

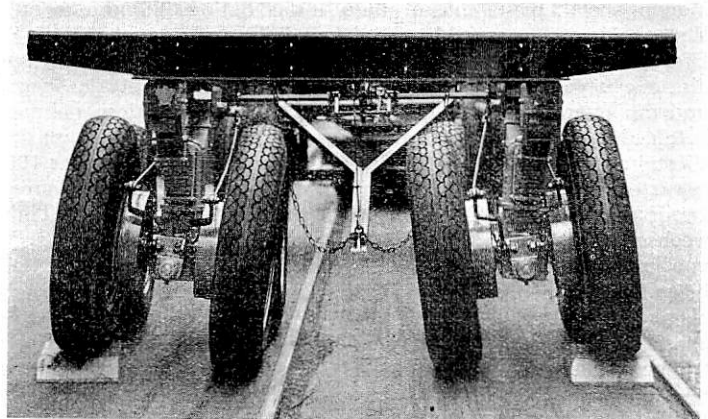


Abb. 8. EVA-dreiachsiges-Anhänger-Fahrgestell für 11 t Nutzlast mit Schwingachsen-Konstruktion für die Hinterräder.

elektrische Fußbremse zu deren Entlastung und eine feststellbare, auf die Hinterräder wirkende Handbremse.

Die Knorr-Bremse A. G. liefert neuerdings ihr Führerbremsventil auch als Druckminderventil, bei dem der Fahrer schon mit einer leichten Fußbewegung eine Bremswirkung erzielt. An einem Kraftomnibus der BVG-Berlin wurde an einer Ausgangstür eine Türschließvorrichtung gezeigt, welche der Fahrgast mit Hilfe eines Druckknopfes betätigen kann. Vielfach ist bei den Bremsen der schwereren Fahrzeuge die Bosch-Unterdruck-Servo Ausrüstung (Bosch-Dewandre-Servo-Bremse) in Gebrauch gekommen, die neuerdings mit Unterdruck-Vorratbehälter ausgestattet wird. Sehr vorteilhaft ist diese Bremse in Verbindung mit einer Öldruckbremse wie z. B. der „Ate“-Lockheed-Bremse. Bei Dieselfahrzeugen wird eine mit dem Motor gekuppelte Vakuumpumpe zur Erzeugung des Unterdrucks benutzt.

Kurz hingewiesen sei noch auf die Vervollkommnung des

„Allwetterverdecks“ bei Aussichtswagen, das in den den Bau-
Arbenz, Trutz, Golde elektrisch mit Druckknopf vom Führersitz
aus betätigt wird. Die Waggonfabrik Urdingen hatte einen
Allwetteromnibus mit auswechselbarem Winterdach ausgestellt,
so daß zu jeder Jahreszeit ein vollwertiger Wagen vorhanden ist.

Eine interessante Ergänzung der Automobilausstellung war
die auf der Leipziger Frühjahrsmesse vom Reichsverband
der Deutschen Fahrzeug- und Karosserie-Industrie E. V. ver-
anstaltete Schau von Kraftlastwagen-Anhängern einiger
Firmen wie der Gothaer Waggonfabrik, Gottfried Lindner-
Ammendorf, Linke-Hofmann-Busch-Werke, Werk Werdau, der
ADE-Werke-Waltershausen, der Eisenbahn-Verkehrsmittel A. G.
usw. Der Bau des Anhängers wird heute mit derselben Sorgfalt
wie der des Kraftwagens betrieben. Leichtes Gewicht bei hoher
Widerstandsfähigkeit, hohe Tragfähigkeit bei geringem Eigen-
gewicht, ruhiger Lauf bei großen Gewichten und Fahrgeschwindig-
keiten, hohe Lebensdauer, niedriger Preis sind heute die an-
gestrebten Ziele. Auch hier kann nur noch die Bereifung mit
Niederdruckluftreifen in Frage kommen, wie der Eildienstanhänger
für etwa $2\frac{1}{2}$ t Nutzlast, der Ferntransport-Anhänger für 5 t Nutz-
last mit großer Ladefläche, der dreiachsige Anhänger mit bis zu
10 t Nutzlast und besonderer Lenkung der Achsen zu richtiger

Spurung mit dem Kraftwagen zeigten. Auch die Schwingachse
hat hier bereits Eingang gefunden im System „Köhler“ der
Firma August Blödner, Gotha beim Fünftonnen-Anhänger mit
nur 2160 kg Eigengewicht und 850 mm Ladehöhe und bei dem
in Abb. 8 dargestellten dreiachsigen Fahrgestell für 11 t Nutzlast
der Eisenbahn-Verkehrsmittel A. G. (Waggonfabrik Wismar i. M.).
Die durchgehenden Hinterachsen sind verschwunden und die
Räder an einer Kardankonstruktion aufgehängt, auf die sich die
den Rahmen tragende Blattfeder abstützt. Die Räder können
sich auf alle Unebenheiten der Straße einstellen und bleiben
belastet, so daß sich eine gute Verteilung der Belastung auf die
Hinterräder ergibt und dadurch ruhiger Lauf des Fahrzeugs.
Zum Bau der Lastwagen-Anhänger „Die Gothas“ werden zur
Gewichtsverminderung nur noch Stahlpreßträger verwendet und
alle Verbindungen elektrisch geschweißt. Ein zweiachsiger Fern-
transportwagen für 7,5 t Nutzlast mit 5×2 m Ladefläche und
Doppelriesenluftbereifung an jedem Rade hatte nur ein Eigen-
gewicht von 3,2 t, ein Expreß-Anhänger für 2,5 t Nutzlast 1500 kg
Eigengewicht. Die Firma zeigte auch neue Roll-, Scheren- usw.
Kipper mit Handbetrieb. Die Scharfenbergkupplung A. G. Berlin
führte ihre selbsttätige Schaku-Anhängerkupplung mit Schaku-
Federdeichsel vor. Przygode.

Berichte.

Allgemeines.

Ein Eisenbahnbau in den Vereinigten Staaten.

Die Pittsburgh und West Virginia-Eisenbahngesellschaft baut
zur Zeit eine neue Eisenbahnstrecke von Snowden, etwa 18 km
westlich von Pittsburgh, nach Connellsville, eine Entfernung von
61 km. Der Bau ist bemerkenswert wegen der Geländeschwierig-
keiten, die zu überwinden sind, und wegen der Schnelligkeit, mit
der er betrieben wird. Um diese Schnelligkeit im gewünschten
Maße zu erreichen, müssen mechanische Hilfsmittel in erheblichem
Umfang herangezogen werden.

Die Eisenbahn könnte nach der Karte zunächst dem Laufe des
Monongahela-Flusses folgen, dann in das Tal des Youghioghenny-
Flusses übergehen und diesem folgend ihr Ziel erreichen. Beide
Ufer dieser Flüsse sind aber bereits mit Eisenbahnen besetzt, und
die neue Strecke muß daher ihren Weg abseits der Haupttäler suchen
und ihn quer über eine große Anzahl von Nebentälern nehmen.
Infolgedessen sind bei dem Bau, der im August 1930 etwa zu drei
Vierteln ausgeführt war und dessen Vollendung im Frühjahr 1931
erwartet wird, sehr umfangreiche Erdarbeiten auszuführen.
Dämme und Einschnitte, zum Teil von großer Höhe und Tiefe,
wechseln miteinander ab; Lücken werden durch Brücken, z. T.
von großer Länge ausgefüllt. Zwei Tunnel durchdringen das Ge-
birge. Die Linienführung machte um so größere Schwierigkeiten,
als man bei dem Bau besonderen Wert darauf legte, eine Eisenbahn
zu schaffen, deren Betrieb möglichst glatt vor sich ginge. Bei
früheren Eisenbahnbauten in den Vereinigten Staaten ist man
häufig von dem Gesichtspunkt ausgegangen, möglichst schnell eine
Eisenbahnverbindung zu schaffen, hat also steile Neigungen und
scharfe Krümmungen zugelassen, nur um mit möglichst geringen
Erdarbeiten auszukommen, und hat es dem Betrieb überlassen,
die Linienführung zu verbessern, wenn der mittlerweile ange-
wachsene Verkehr den Betrieb auf einer so ungünstig geführten
Strecke nur noch mit unerträglichen Schwierigkeiten möglich
gemacht hätte. Bei der hier besprochenen Eisenbahn ist die maß-
gebende Steigung 1:100, der kleinste Halbmesser der Krümmungen
ist grundsätzlich 435 m, nur ausnahmsweise sind 290 m zugelassen.

Im ganzen sind auf der Neubaustrecke $5,4$ Mill. m^3 Massen
zu gewinnen. Etwa zwei Drittel davon sind Schieferen, Schiefer,
Kalk und Sandstein. Auf der 28,5 km langen Teilstrecke, die im
mittleren Teil der Strecke gelegen, dem Bau die größten Schwierig-
keiten bereitete, waren $2,4$ Mill. m^3 Massen zu gewinnen. Dabei
kamen Einschnitte von 25 m und 29 m, einer sogar von 30,5 m
Tiefe vor. Ebenso hoch, z. T. sogar noch höher, sind die Dämme;
hier war an einer Stelle sogar eine Aufschüttung von fast 37 m
Höhe nötig. Der größte Einschnitt machte die Gewinnung von
 218000 m^3 , darunter etwa 130000 m^3 Felsmassen, nötig, für den
größten Damm waren bei 488 m Länge 237600 m^3 Massen zu
schütten.

Die Bauarbeiten wurden auf dem ersten Teil der Strecke,
der weniger Schwierigkeiten bietet, bereits 30 Tage nach der Ge-
nehmigung begonnen. Bei dem eben erwähnten Mittelteil nahmen
allerdings die Vorbereitungen des Baues sechs Monate in Anspruch.
Dem Bau waren sorgfältige Schürfungen vorausgegangen, die er-
geben hatten, daß der feste Fels unter einer weichen Tonschiefer-
schicht in etwa 3 m bis 6 m Tiefe ansteht. Die Dammkrone ist
allgemein 6,1 m breit, die Sohlenbreite der Einschnitte ist 7,3 m.
Die Neigung der Böschungen ist verschieden; sie beträgt im Erd-
einschnitt 1:1,5, im Felseinschnitt 1:0,75; die Dämme haben meist
Böschungen unter 1:1,5. Der Boden neigt an vielen Stellen zu
Rutschungen, so daß es nicht möglich war, die Eisenbahn so am
Hang zu führen, daß sie teilweise auf Schüttung, teilweise in Ein-
schnitt zu liegen kam, ein Massenausgleich an Ort und Stelle war
also nicht möglich; die Bahn mußte vielmehr an vielen Stellen
weit in den Hang hineingerückt werden, wodurch sich die Ge-
winnung von großen Mengen Einschnittmassen nötig machte. Be-
sondere Schwierigkeiten machte ein über 36 m hoher Damm, der
von einem Durchlaß durchdrungen wird; hier verschütteten die
abgerutschten Massen die Austrittsöffnung des Durchlasses, und
der Damm wäre deshalb durch das Wasser, das er infolgedessen
bei starken Niederschlägen anstauen würde, schwer gefährdet
gewesen. Es mußte deshalb als Verlängerung des Durchlasses ein
Stollen von 2,5 m Durchmesser durch den Untergrund vorgetrieben
werden, um die Fläche hinter dem Damm zu entwässern.

Wie schon erwähnt und wie bei Arbeiten von dem vorstehend
angedeuteten Umfang nicht anders möglich, wurden mechanische
Hilfsmittel in erheblichem Maße zur Gewinnung der Erd- und Fels-
massen verwendet, Handarbeit also möglichst ausgeschaltet. Nicht
weniger als 40 Löffelbagger verschiedener Bauart arbeiteten auf
dem mittleren, 28 km langen Teil der Strecke. Zur Abförderung
der von ihnen gewonnenen Massen dienten Schmalspurwagen von
 3 m^3 Fassungsraum und Regelspurwagen, die 15 m^3 aufnehmen
konnten. Zeitweilig waren an der Abförderung der Massen auch
über 200 Lastkraftwagen beteiligt. Die Massengewinnung stieg bis
auf 380000 m^3 im Monat. Die Lastkraftwagen dienten meist dazu,
die erdigen Massen in den Damm oder die Seitenablagerung zu
bringen, während die felsigen Massen meist in den auf Schienen
laufenden Kippwagen abgefahren wurden. Die Förderweite war
verschieden, sie ging bis auf etwas über 2 km. Der Fels mußte
durch Sprengen gelöst werden. Die Bohrlöcher zum Einbringen
der Sprengladung waren bis 6 m tief. Die Massen wurden
gewöhnlich in Schichten von 4,5 m bis 6 m abgearbeitet. Die
Dämme wurden von Gerüsten aus geschüttet; manche waren so
hoch, daß mehrere Gerüste, in der Höhenlage der Schüttung
folgend, nacheinander errichtet werden mußten. Wo man Rut-
schungen erwartete, wurden am Fuß der Dämme Berme im

Fels ausgesprengt, die aber nicht überall das Eintreten von Bewegungen verhindern konnten.

Auf die Brücken, von denen sich die längste, diejenige über den Monongahela-Fluß, über 796 m erstreckt, soll hier nicht eingegangen werden. Dagegen sei noch einiges über die zwei Tunnel berichtet, die in der Neubaustrecke liegen. Der eine ist allerdings nur 224 m lang, der andere aber 366 m. Der erstgenannte war schon im vergangenen August fertiggestellt, bei dem zweiten fehlte damals noch ein Viertel der Arbeiten zur Völlendung des Baus. Beide Tunnel haben einen 5,2 m breiten, 6,55 m über Schienenoberkante hohen Querschnitt, der oben von einem Halbkreisbogen abgeschlossen wird; die Seitenwände sind senkrecht. Zur Auszimmerung dienten 20 cm hohe I-Eisen in 1,5 m oder sogar geringerer Abstand mit 10 cm starker Holzverschalung. Der kürzere Tunnel hat eine Betonsohle, im längeren ruht der Oberbau unter Vermittlung eines Schotterbetts auf dem Fels. Namentlich bei dem erstgenannten mußte große Vorsicht angewendet werden, um Einbrüche zu verhüten. In Höhe der Kämpfer des Deckengewölbes wurden zunächst zwei Stollen von $1,2 \times 1,2$ m Querschnitt um je 3 m vorgetrieben, um die Verschalungen ansetzen zu können; darauf folgte der Ausbruch des oberen halbkreisförmigen Teils in je etwa 1,5 m Länge auf einmal. Es waren etwa 11000 m³ Ausbruchmassen zu gewinnen; zur Abförderung wurden sie von einem Löffelbagger mit Druckluftantrieb auf Schmalspur-Kippwagen von etwa 0,5 m³ Inhalt geladen.

Beim Ausbetonieren der Tunnelwände wurden Schalungen verwendet, die in dem Maße, wie der Beton die nötige Härte erlangte, vorwärts geschoben wurden. Der Beton wurde in Wagen von 1,5 m³ Inhalt auf einem Gerüst an die Verwendungsstelle vorgefahren und von Hand mit Schaufeln eingebracht.

Der Beton für die Auskleidung dieses Tunnels und für die Pfeiler der Brücken auf dem mittleren Teil der Strecke, für Durchlässe u. dergl. machte insgesamt gegen 60000 m³ aus. Mit Ausnahme desjenigen für die Brückenpfeiler wurde er an vier Stellen gemischt und mit schnellfahrenden Lastkraftwagen an die Verwendungsstelle gebracht. Die Mischanlagen waren mit Vor-

richtungen ausgestattet, die die Bestandteile des Betons selbsttätig abmessen. Dabei war insbesondere auch, neuzeitlichen Anschauungen entsprechend, die dem Beton zuzusetzende Wassermenge genau vorgeschrieben. Für die Gründungen wurde von dem Beton eine Festigkeit von 140 kg/cm² verlangt, für die Auflager der Brücken ist ein Beton verwendet, der 210 kg/cm² Festigkeit hat, und für die dazwischen liegenden Teile sind 175 kg/cm² Festigkeit vorgeschrieben. Die Wagen zur Beförderung des Betons haben etwa 2,3 m³ Inhalt und sind zum Kippen eingerichtet. Da die Förderweite bis 20 km betrug, ergaben sich zunächst einige Schwierigkeiten beim Auskippen; sie wurden dadurch behoben, daß dem Beton etwas Celit, eine Art Kieselgur, beigemischt wurde. Druckproben nach 7 und 28 Tagen ergaben hohe Festigkeiten, wodurch die auch an anderen Stellen gemachte Erfahrung bestätigt worden ist, daß man den Beton ohne Bedenken fern von der Verwendungsstelle mischen und ihn innerhalb eines verhältnismäßig weiten Gebiets auf die einzelnen Baustellen verteilen kann.

Wernecke.

Das italienische Bahnnetz.

Nach der letzten Statistik betrug die Gesamtlänge des italienischen Bahnnetzes am 31. Dezember 1929 21871,6 km, wovon 16749,5 vom Staate und 5122,1 km von nicht staatlichen Unternehmern betrieben wurden. Der Regelspur gehören 18221,2 km, der Schmalspur 3650,4 km an. Von den regelspurigen Bahnen sind 4130,6 km doppelgleisig. Die Schmalspurbahnen sind ausnahmslos eingleisig. Der Staat ist beim Betrieb der Schmalspurbahnen nur mit 702 km beteiligt. Die vom Staate elektrisch betriebenen 1626,1 km sind regelspurig. Nicht staatliche Unternehmer betreiben 1307,2 km elektrischer Bahnen, wovon 980,7 km schmalspurig sind. Im Bau waren zum genannten Zeitpunkt 2963,2 km Bahnen, davon 2044,1 km regel- und 919,1 km schmalspurig. Bemerkenswert erscheint, daß von den Neubaulinien der Staat nur 1089 km ausführt. Die Überlandstraßenbahnen wiesen rund 4200 km Länge auf. Davon waren rund 1700 km elektrisiert.

Riv. tecn. Ferr. it. Sept. 1930.

Schn.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Schienenbrüche in den Vereinigten Staaten.

Die amerikanischen Eisenbahnen haben sehr unter Schienenbrüchen zu leiden. Ihre Zahl nimmt beständig zu, und gerade dieser Umstand bereitet den für die Unterhaltung der Gleise und die Betriebssicherheit verantwortlichen Beamten schwere Sorgen. Als Ursache der Schienenbrüche hat man Querrisse im Innern des Schienenkopfes ermittelt, die beim Walzen oder vielmehr beim Abkühlen nach dem Walzen in kleinem Umfang entstehen, sich im Laufe der Zeit vergrößern und schließlich einen so großen Teil des Querschnitts ausmachen, daß beim Befahren im Restquerschnitt die Bruchfestigkeit überschritten wird. Die Schienen sind äußerlich in jeder Beziehung vollständig gesund, man sieht ihnen keinen Schaden an, und die chemische Untersuchung ergibt die vorschriftsmäßige Zusammensetzung des Stahls.

Bekanntlich ist es den amerikanischen Eisenbahnen gelungen, ein Verfahren zu entwickeln, bei dem durch elektrisches Abtasten der Schiene im Gleis der innerliche Riß festgestellt werden kann, ehe er eine gefährdende Größe annimmt*). Für die Schwere von durch Schienenbruch verursachten Unfällen sei nur ein Beispiel angeführt. Bei der Pennsylvania-Eisenbahn entgleiste am 1. Dezember 1929 ein Personenzug, der mit etwa 80 km Stundengeschwindigkeit auf einem Gleis mit 65 kg/m schweren Schienen fuhr. Der dritte und die sieben ihm folgenden Wagen wurden aus dem Gleis geworfen. Acht Fahrgäste und ein Zugbegleiter fanden dabei den Tod, 32 Personen wurden verletzt.

Mit dem erwähnten Verfahren zur Untersuchung der Schienen im Gleis hat man gute Erfahrungen gemacht. Ein mit den nötigen Vorrichtungen ausgestatteter Wagen, der „Sperry detector car“, befährt seit einiger Zeit die gefährdeten Strecken und hat in den ersten 14 Monaten seiner Tätigkeit zur Ermittlung von 257 beginnenden Schienenbrüchen allein bei der Pennsylvania-Eisenbahn verholfen. Die Schienen wogen 50 bis 65 kg/m und lagen zwischen drei Monaten und vierzig Jahren im Gleis; bei 26 von ihnen war

die Liegezeit noch nicht ein Jahr. Die 257 Schienen mit Anbrüchen stammten aus 210 Lieferungen. In einer 30 km langen Strecke wurden allein 31 Risse gefunden, alle in Schienen von 65 kg/m Gewicht, die im Durchschnitt $2\frac{3}{4}$ Jahre im Gleis gelegen hatten. Bei der Delaware und Hudson-Eisenbahn wurden in einem Monat 62 Risse in 45 kg/m schweren Schienen gefunden, von denen fast die Hälfte noch nicht ein Jahr alt war. Besonders beunruhigend ist, daß die Zahl der Schienenbrüche beständig zunimmt. Im Staate New York müssen die Eisenbahnen der Aufsichtsbehörde das Vorkommen von Schienenbrüchen anzeigen. Vom Jahre 1923 bis 1928 ist die Zahl der von den acht bedeutendsten Eisenbahnen angezeigten Brüche von 367 auf 542 gestiegen; bei der Pennsylvania-Eisenbahn nahm diese Zahl von 135 auf 301 zu.

Als einer der Gründe für das häufige Auftreten von Schienenbrüchen in den Vereinigten Staaten wird der hohe Kohlenstoffgehalt des Schienenstahls angesehen, der bis 0,75% geht und der Schiene zwar große Härte verleiht, aber die Zugfestigkeit herabsetzt. Die Gleise der amerikanischen Eisenbahnen werden allerdings schwer beansprucht. Als Achsdruck sind 30 t zugelassen. Die Personenzüge wiegen 1000 bis 1200 t, die Güterzüge 3000 t und mehr; namentlich die Geschwindigkeit der Güterzüge ist in der letzten Zeit stark gesteigert worden, sie beträgt heute im Durchschnitt 65 bis 72 km/Std. Eine solche Beanspruchung halten nur sehr harte Schienen aus, bei weicheren wird durch sie der Kopf breit gewalzt. Damit die Schienen die nötige Biegefestigkeit besitzen, hat man ihren Querschnitt beständig vergrößern müssen. Die Zeitschrift „Railway Engineering and Maintenance“ enthält z. B. eine Darstellung der Zunahme der Schienenquerschnitte bei der Boston & Maine Eisenbahn, in der die Schienenquerschnitte von der 8 kg/m schweren Flacheisenschiene des Jahres 1836 bis zur heutigen Regelform von 65 kg/m übereinander gezeichnet sind. Eine 60 kg/m schwere Schiene, die ungefähr in der Mitte der Reihe steht, hat genau die halbe Höhe der heutigen Regelform, und bis 1928 wurden allgemein Schienen von 42,5 und 50 kg/m Gewicht beschafft. Der Sprung von 50 kg/m auf 65 kg/m ist erheblich größer als der

*) Organ 1929, S. 254.

Unterschied zwischen zwei aufeinander folgenden Schienenquerschnitten der vorhergegangenen Zeiten. Die Vergrößerung des Schienenquerschnitts hat aber den Nachteil, daß bei den in Amerika üblichen Walzverfahren das Innere des Ingots weniger durchgearbeitet wird, so daß die Festigkeit der Schiene leidet. Dazu kommt noch, daß in Amerika Lokomotiven mit mehr als zwei Zylindern eine Seltenheit sind und daß die großen Gegengewichte in den Rädern der Zweizylinder-Lokomotiven heftige Schlagwirkungen auf das Gleis ausüben.

Ein Aufsatz in der Zeitschrift „Railway Engineer“ empfiehlt als Mittel gegen die Schienenbrüche die Beimengung von Mangan zum Schienenstahl. Der schon erwähnte Schienenstahl mit 0,75% Kohlenstoffgehalt hatte nur ungefähr ebenso viel Manganengehalt, es wird aber auch schon Schienenstahl mit 1,2 bis 1,7% Manganzusatz verwendet, allerdings immer noch mit bis 0,7% Kohlenstoff. Würde der Gehalt an Kohlenstoff auf etwa 0,50 bis 0,55% herabgesetzt, so könnte nach dem Vorschlag ein Manganstahl erzielt werden, der die ausreichende Härte aufweist und dabei gleichzeitig die Gefahr der Schienenbrüche herabsetzt. Ein solcher Stahl würde auch weniger empfindlich gegen die Vorgänge beim Abkühlen sein.

Die Frage der Schienenbrüche beschäftigt natürlich die amerikanischen Fachleute auf das lebhafteste. Der American Railway Engineering Association werden voraussichtlich demnächst Mittel zur Verfügung gestellt werden, um die Frage wissenschaftlich zu untersuchen. Die Arbeiten des Ausschusses, der zur Durchführung dieser Untersuchungen eingesetzt werden soll, werden mit der Zusammensetzung des Schienenstahls und den Vorgängen beim Gießen des Ingots, beim Walzen und anschließend an das Walzen einzusetzen haben. Wenn die Ergebnisse dieser Untersuchungen, was zu erwarten ist, der Allgemeinheit zugänglich gemacht werden, können sie in anbetracht der großen Mengen von Schienen, die die Eisenbahnen alljährlich verbrauchen, von großer wirtschaftlicher Bedeutung werden.

Einige amerikanische Eisenbahngesellschaften wechseln alle Schienen der gleichen Charge aus, wenn sich ergibt, daß eine Anzahl Schienen, die aus einer Charge herrühren, auffallend viele Schienenbrüche aufweisen. Deshalb und um überhaupt die Lebensgeschichte jeder einzelnen Schiene von der Herstellung bis zur Ausmusterung verfolgen zu können, werden in den Schienensteg nicht nur Zeichen eingewalzt, die das Lieferwerk erkennen lassen, sondern auch solche, aus denen die chemische Zusammensetzung, die Charge und der Ingot, der Teil des Ingots, aus denen die Schiene herrührt, das Schienengewicht, die Zeit des Walzens hervorgehen. Bei Manganstahlschienen wird noch ein M eingewalzt. Durch farbigen Anstrich der Enden werden überdies die aus dem obersten Teil des Ingots herrührenden Schienen besonders gekennzeichnet.

Wernecke.

Manganstahl für Eisenbahnschienen in den Vereinigten Staaten.

Als eine der Hauptursachen für die zahlreichen Schienenbrüche bei den Eisenbahnen der Vereinigten Staaten wird der Baustoff angesehen, aus dem die Schienen gewalzt sind. Bis Anfang dieses Jahrhunderts wurden Schienenbrüche kaum beobachtet, sie traten erst auf, als man den Übergang von saurem Bessemer-Stahl zu basischem Siemens-Martin-Stahl machte. Dieser Umstand allein wird aber nicht der Grund gewesen sein, es kam vielmehr, vermutlich den Ausschlag gebend, hinzu, daß der Kohlenstoffgehalt des Stahls wesentlich erhöht wurde. Untersuchungen, die im Jahre 1913 angestellt wurden, ergaben, daß auf 100 Meilen (161 km) Gleis 398 Schienen nach fünfjährigem oder kürzerem Gebrauch gebrochen waren, und bei 310 Schienen war dabei die Ursache ein Querriß gewesen, eine Ursache, die bei den alten Bessemer-Schienen kaum aufgetreten war. Heute noch liegen in Gleisen Schienen aus Bessemer-Stahl von 40 kg/m Gewicht, die aus dem Jahre 1893 herrühren; sie haben eine Belastung aufzunehmen, für die man heute Schienen von 65 kg/m Gewicht für nötig hält. Über manche von diesen alten Schienen sind schätzungsweise Lasten von zusammen 250 Millionen Tonnen hinweggerollt. Einige dieser alten Schienen sind auf die chemische Zusammensetzung ihres Baustoffs untersucht und die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind mit dem Schienenstahl neuerer Lieferungen verglichen worden. Während bei jenen der Kohlenstoffgehalt nur 0,45 bis 0,50% betrug, haben neuere Schienen 0,70 bis 0,83%

Zusatz von Kohlenstoff. Der Zusatz von Mangan hat dagegen abgenommen; er betrug bei den alten Schienen 1,40 bis 1,60%, bei den neueren aber nur 0,60 bis 1,00%. Die älteren Schienen wiesen ferner einen Kupferzusatz von 0,6% auf, während Kupfer bei den neuen Schienen ganz fehlt. Man glaubt aber nicht, daß dieser geringe Zusatz von Kupfer einen Einfluß auf die Festigkeit hat, dagegen erhöht er den Widerstand der Schiene gegen Rosten.

Die Vorgänge der letzten Jahre haben den führenden Eisenbahngesellschaften der Vereinigten Staaten Anlaß gegeben, sich eingehend mit der Schienenfrage zu beschäftigen, namentlich den Zusammenhang zwischen höherem Manganzusatz und niedrigerem Gehalt an Kohlenstoff und die Wirkung eines derartigen Stahls in bezug die Lebensdauer der Schienen zu ergründen. Das Ziel muß dabei natürlich sein, Schienen mit möglichst hoher Lebensdauer zu erzeugen, und dazu gehört einerseits hohe Bruchfestigkeit und Zähigkeit, andererseits ein hoher Widerstand gegen Verschleiß. Die Delaware-, Lackawanna- und West-Eisenbahn machte auf diesem Gebiet die ersten Versuche, indem sie im Jahre 1924 etwa 2000 t Schienen aus einem Stahl mit etwa 0,6% Kohlenstoff und 1,3 bis 1,4% Mangan bestellte. Die neuen Schienen bewährten sich ausgezeichnet, sowohl was die Verminderung der Schienenbrüche, als auch was den Verschleiß anbelangt, und infolgedessen wurden in den nächsten drei Jahren 14300 t, 15800 t und 20000 t solche Schienen beschafft und verlegt. Die Liefervorschriften dieser Eisenbahn verlangen nunmehr einen Kohlenstoffgehalt von 0,54 bis 0,67% und einen Manganzusatz von 1,2 bis 1,5% bei den 52,5 bis 59 kg/m schweren Schienen, während bei den schwereren Schienen von 65 kg/m Gewicht der Kohlenstoffzusatz noch um 0,03% erhöht wird.

Andere amerikanische Eisenbahnen folgten diesem Beispiel. Die New York Central-Eisenbahn, die im Jahre 1925 nur 300 t Schienen der neuen Stahlart beschafft hatte, hat die Menge bis 1929 auf 65400 t gesteigert. Aus einem Versuch von kleinem Umfang ist also eine weitgehende Verwendung des neuen Stahls geworden. Für die Schienen dieser Gesellschaft ist ebenfalls ein Kohlenstoffgehalt von 0,54 bis 0,67% vorgeschrieben, sie enthalten aber 1,3 bis 1,6% Mangan. Auch andere Eisenbahngesellschaften, so die Chicago-, Burlington- und Quincy-Eisenbahn, die Atchison-, Topeka- und Santa Fe-Eisenbahn, die Nord-Pacific-Eisenbahn, die Pennsylvania-Eisenbahn und die Philadelphia- und Reading-Eisenbahn, auch die Kanadischen Staatsbahnen haben Versuche nach dieser Richtung mit gutem Erfolg gemacht, und so sind denn bis Anfang vorigen Jahres in den Vereinigten Staaten 230000 t Manganstahl zu Schienen ausgewalzt worden, während sechs Jahre vorher der Zusatz von Mangan zum Schienenstahl überhaupt nicht üblich war. Nur Herz- und Kreuzungsstücke, also ganz besonders schwer beanspruchte Gleisteile, so auch die Schienen in ungewöhnlich scharfen Krümmungen, die bei starkem Verkehr hohem Verschleiß ausgesetzt waren und deshalb häufig ausgewechselt werden mußten, wurden damals aus einem Stahl mit Manganzusatz hergestellt. Für solche Gleisteile wurde freilich ein höherer Gehalt an Mangan verlangt, und man nennt daher den heutigen Stahl „medium-manganese-steel“. Er läßt sich im wesentlichen ebenso zu Ingots gießen und danach auswalzen wie die sonst üblichen Stahlarten. Er hat noch die wertvolle Eigenschaft, daß die aus ihm hergestellten Schienen weniger oberflächliche Fehler zeigen, daß also der Ausschuß wegen solcher Fehler geringer ist. Solche Schienen werden in Amerika häufig noch als Schienen zweiter Wahl zur Verwendung in Nebengleisen abgenommen, aber ihr Anteil hat bei Verwendung des neuen Stahls um ein Drittel, bei einer Lieferung sogar um die Hälfte abgenommen. Entgegen der weitverbreiteten Ansicht, daß Manganzusatz zwar die Zugfestigkeit erhöht, aber die Bruchdehnung vermindert, hat sich gezeigt, daß mit einer Erhöhung der Zugfestigkeit um 10% eine Vergrößerung der Bruchdehnung um 25% Hand in Hand geht; sie betrug bei Versuchen, die mit dem neuen Stahl angestellt wurden, 12 bis 15%, und dabei war die Verkleinerung des Querschnitts um 50% größer. Die Brinell-Probe ergibt eine größere Härte, und auch der Widerstand gegen dynamische Beanspruchung ist etwa doppelt so groß. Der neue Stahl mit geringem Manganzusatz hat also nach allen Richtungen erhebliche Vorzüge gegenüber dem bisher üblichen Schienenstahl ohne Manganzusatz. Ein englischer Bericht über die Vorgänge auf diesem Gebiet in den Vereinigten Staaten und Kanada schließt mit dem Hinweis, daß

sie die englischen Eisenbahnen, die ebenfalls bereits Versuche nach dieser Richtung gemacht haben, veranlassen mögen, ebenfalls zu einem Manganstahl für ihre Schienen überzugehen, und auch in anderen Ländern wird man die Erfahrungen, die mit dem neuen Schienenstahl gemacht werden, nicht unbeachtet lassen dürfen.

Wernecke.

Gehärtete Schienenenden.

Die Chicago-, Milwaukee-, St. Paul und Pacific-Eisenbahn hat eine besondere Organisation geschaffen, um das Erneuern der Gleise zu beschleunigen und wirtschaftlicher zu gestalten. Sie hat zu diesem Zweck besondere Arbeitertrupps zusammengestellt, die die Arbeit nach einem festen Plan ausführen, wobei jedem Mann oder jeder Gruppe eine bestimmte Teilarbeit übertragen ist. Die Arbeitertrupps sind mit allen mechanischen Hilfsmitteln ausgestattet, die menschliche Arbeit sparen. Hier sei nur über einen Versuch berichtet, den die genannte Eisenbahngesellschaft beim Umlagen der Gleise seit einiger Zeit macht, nämlich auf das Härten der Schienenenden. Versuche mit diesem Verfahren in kleinerem Umfang sind schon seit einiger Zeit angestellt worden, und die Ergebnisse waren derart, daß man sich nunmehr entschlossen hat, das Verfahren im großen anzuwenden. Das Gleis litt bisher wie auch bei anderen Eisenbahngesellschaften sehr darunter, daß die Schienenstöße niedergefahren wurden und die Schienenköpfe am Ende der Schienen auch sonst beschädigt wurden. Es wurden daher auf einer 350 km langen Strecke alle Schienenstöße gehärtet. Über den Erfolg kann noch nichts gesagt werden, es muß abgewartet werden, wie das Gleis sich auf die Dauer verhält. Man erwartet aber, daß der Erfolg derart sein wird, daß sich die aufgewendete Arbeit nicht nur bezahlt macht, sondern daß dabei eine Ersparnis erzielt wird, die die Kosten des Verfahrens überwiegt.

Bei den Versuchen hat sich gezeigt, daß die Formveränderung des Schienenkopfes unter der walzenden Wirkung der darüber rollenden Räder nicht ganz beseitigt werden kann, daß sie aber doch durch das Glühen der Schienenenden stark vermindert wird. Es entsteht dadurch eine oberflächliche Härtung, die der Ein-

wirkung der Räder widersteht. Wenn aber die Schienen zunächst erhitzt und dann abgeschreckt wurden, wie es anders im Gleis nicht möglich ist, entstand eine spröde Schicht, die sich als ungeeignet erwies. Dies geglühte und abgeschreckte Schienenende wird daher neuerdings nochmals leichter erhitzt, worauf man es langsam abkühlen läßt. Dadurch wird die Härte nur wenig vermindert, aber die Sprödigkeit wird vermieden; es entsteht eine gewisse Zähigkeit, die Gewähr für eine lange Lebensdauer des Stoßes bietet.

Zur Ausführung dieser Arbeiten am Schienenstoß ist ein Trupp von zehn Mann zusammengestellt. Zunächst werden die Schienenenden mit Hilfe einer von Hand geführten Schleifmaschine mit elektrischem Antrieb abgeschliffen. Hierzu sind zwei Mann nötig, einer, der die Schleifmaschine handhabt, und einer, der den Motor bedient und von Stoß zu Stoß nachschiebt. Drei Mann führen das Glühen aus, das mit Hilfe einer Azetylen-Sauerstoff-Flamme vorgenommen wird, drei weitere Mann schrecken die glühende Stelle ab. Ein Mann muß dabei auf die Schlauchverbindungen achten, und der zehnte führt das Nachglühen aus.

Wernecke.

Pfeilhöhendiagramme für Darstellung von Gleiskrümmungen.

Die bei der Deutschen Reichsbahn im Verfahren von Nalenzhöfer vorbildlich ausgearbeitete und allerorts angewandte Absteckung von Gleiskrümmungen mit Hilfe von Pfeilhöhenmessungen scheint nunmehr auch in Frankreich gepflegt zu werden. In der Monatsschrift der Internationalen Eisenbahnkongressvereinigung, Jahrgang 1930 (franz. Ausgabe, Heft 7; deutsche Ausgabe, Heft 11), entwickelt ein Aufsatz hierüber die Grundgedanken und die Vorteile der neuen Methode ohne jedoch die gegebenen Möglichkeiten vollständig auszuschöpfen. Beachtlich sind einige eingestreute Bemerkungen über Einzelfragen, so z. B. über die Zulässigkeit von Knickstellen in der Spur, die eine weniger strenge Auffassung über diese Frage zeigen, über den Übergang zwischen Krümmungen verschiedener Halbmesser und über den Wert einer Zwischengeraden zwischen entgegengesetzt gekrümmten Bögen.

Sp.

Verschiedenes.

Zusammenlegungen in der deutschen Lokomotivindustrie.

Der Rückgang der Zahl der Werke, die sich in Deutschland mit dem Lokomotivbau befassen, ist durch das fast völlige Aussetzen der Bestellungen der Deutschen Reichsbahn verursacht. Die Lieferungen der Lokomotivindustrie an die Staatsbahnen bzw. an die Reichsbahn betragen:

Jahr	durchschnittlich	1571 Lokomotiven im Jahr
1912 bis 1914		1571
1915 „ 1919	2507	„ „
1922 „ 1924	1114	„ „
1925 „ 1928	103	„ „

Eine gewisse Aufwertung erfahren die letzteren Zahlen durch das fast stetig steigende Durchschnittsgewicht, welches in den angegebenen Zeiträumen 69 t—67 t—87 t—93 t je Lokomotive bzw. Lokomotive samt Tender betrug. Die Gründe, welche den starken Ausfall der Bestellungen der Reichsbahn bewirken, ist hier nicht der Ort zu untersuchen. Bemerkenswert sei nur, daß Krieg und Waffenstillstand einen erheblichen Verbrauch und eine Auslieferung von Lokomotiven an den Feindbund bedingten, so daß von der starken Steigerung der Erzeugung im Zeitraum 1915 bis 1919 nichts übrig blieb.

Daß die Lokomotivindustrie, der zuletzt jeder Rückhalt an einem ausreichenden Inlandsgeschäft fehlte, auch in ihrer Exportfähigkeit stark geschwächt werden mußte, ist keine überraschende Erscheinung, besonders unter Umständen, die auch sonst dem Export abträglich waren. Die Lokomotivausfuhr betrug in Stückzahlen je Jahr:

Jahr	durchschnittlich	889 Stück
1904 bis 1913		889
1922 „ 1924	1268	„
1925 „ 1927	475	„

Seither ist die Ausfuhr weiter gesunken. Dabei ist zu beachten, daß das Durchschnittsgewicht der ausgeführten Lokomotiven von 42,4 t und 45,8 t im letztgenannten Zeitraum auf 38 t sank.

Durch die lange Dauer der Absatzkrise von noch nicht dagewesener Schärfe geriet eine Anzahl Lokomotivfabriken darunter Werke von Weltruf, in völlige Abhängigkeit von Banken. Andere gaben ihren Lokomotivbau freiwillig auf. Es fehlt natürlich nicht an Stimmen, welche eine Verringerung der Lokomotivfabriken als „rationelle“ Maßnahme begrüßen. Der tiefere Grund ist jedoch der volkswirtschaftliche Niedergang, in dem wir stehen und der Arbeiter und Angestellte in großer Zahl erwerbslos macht. Von den im Juli 1928 bestehenden 20 Lokomotivfabriken gab zuerst die Maschinenfabrik Buckau R. Wolf A.-G., Magdeburg, den Lokomotivbau zu gunsten der Firma Henschel & Sohn, Kassel, auf. Die Maschinenbauanstalt Humboldt, Köln-Kalk und die Maschinenbaugesellschaft Karlsruhe traten ihre Lokomotiverzeugung an die Hohenzollern A.-G. für Lokomotivbau, Düsseldorf-Grafenberg, ab, letztere bald darauf ihre Gesamterzeugung an die Firma Friedr. Krupp A.-G., Essen. Die Deutsche Schiff- und Maschinenbau A.-G. Stettiner Vulcan trat den Lokomotivbau an A. Borsig G. m. b. H., Berlin-Tegel, ab. Ein weiteres Werk, die Uniongießerei, Königsberg i. Pr., schloß seine Tore. Die Linke-Hofmann-Busch-Werke in Breslau gaben ihren Lokomotivbau ebenfalls an die Friedr. Krupp A.-G., Essen, ab. Sachsen verlor mit der Sächsischen Maschinenfabrik vorm. Rich. Hartmann, Chemnitz, seine einzige Lokomotivfabrik. Die sächsische Quote wurde von der Berliner Maschinenbau A.-G., vorm. L. Schwartzkopff, Berlin, übernommen. Der Lokomotivbau von A. Borsig, der ältesten deutschen Lokomotivfabrik, wurde unter Erhaltung des Namens Borsig mit der Lokomotivfabrik Hennigsdorf bei Berlin der Allgemeinen Electricitätsgesellschaft vereinigt. Zuletzt gab die Hannoversche Maschinenbau A.-G. vorm. Gg. Eggestorff (Hanomag), Hannover-Linden, ihren Lokomotivbau an die Henschel & Sohn G. m. b. H., Kassel, ab und die Fabrikation der J. A. Maffei A.-G., München, und der Lokomotivfabrik Krauss & Comp., München, die beide im Besitz der Dedi-Bank sind, wurde in ein einziges Werk zusammengelegt.

Somit sind jetzt nur mehr neun Lokomotivfabriken übrig und es ist leider anzunehmen, daß der Abbauprozess einer einst so glänzenden Industrie damit noch nicht beendet ist. Die heute noch bestehenden deutschen Lokomotivfabriken sind:

AEG.—Borsig,	Krauss—Maffei,
Berliner Maschinenbau A.-G.,	Maschinenfabrik Esslingen,
Henschel & Sohn — Hanomag,	Orenstein & Koppel,
Arnold Jung,	F. Schichau.
Friedr. Krupp A.-G.,	

Eine Konzentration des Lokomotivbaues nach Berlin und dem Westen Deutschlands unter dem Einfluß der Krise ist deutlich zu bemerken.

Auch im österreichischen Lokomotiv- und Wagenbau hat die Not der Zeit zu Zusammenlegungen geführt. Die Beschäftigung im österreichischen Lokomotivbau war im abgelaufenen Jahr die schlechteste seit vielen Jahrzehnten. Die Lokomotivindustrie hat aus der Verarmung des österreichischen Wirtschaftsgebietes, welche den vier Lokomotivfabriken keine Beschäftigungsmöglichkeit bietet, die äußersten Folgerungen gezogen und sich zusammengeschlossen. Die Maschinenfabrik der „Steg“ und die Lokomotivfabrik Krauß in Linz — Inhaberin der Österreichische Eisenbahn-Verkehrsgesellschaft — wurden von der Lokomotivfabrik Floridsdorf erworben. Mit der Lokomotivfabrik Sigl dürfte es gleichfalls in nächster Zeit zu einer Vereinigung kommen. Schneider.

Preis Ausschreiben der Deutschen Reichsbahn für den Behälterverkehr.

Über die auf das Preis Ausschreiben der Deutschen Reichsbahn*) für den Behälterverkehr eingegangenen Arbeiten hat das Preisgericht nunmehr Entscheidung getroffen. Bei der großen Zahl der Bewerbungen — es lagen insgesamt 241 Arbeiten von teilweise recht erheblichem Umfange vor — hat naturgemäß die Sichtung und Prüfung geraume Zeit beansprucht. Leider entspricht von den Bewerbungen keine voll den Anforderungen des Preis Ausschreibens. Soweit sie praktische Vorschläge enthalten, bringen die Arbeiten größten Teils keine neuen Anregungen, sondern beschränken sich meist auf Wiedergabe der schon im Schrifttum enthaltenen Erörterungen oder auf die Darstellung im Zeitpunkt der Veröffentlichung des Preis Ausschreibens bereits bekannter Einrichtungen. Gleichwohl hat das Preisgericht mehreren Bewerbern für ihre beachtlichen Beiträge zur Behälterfrage Beiträge in der Höhe von 200 bis 900 *R.M.* zugesprochen.

Internationales Waggonkartell.

Am 12. April 1930 wurde auf Anregung Frankreichs, der die Waggonindustrie verschiedener anderer Länder beitrug, ein kontinentales Waggonkartell abgeschlossen. Seither erfolgt die Übernahme der Exportaufträge durch die maßgebenden festländischen Waggonfabriken im Rahmen dieses Kartells. Anlaß für die internationale Verständigung waren die zunehmenden Unterbietungen im Ausfuhrgeschäft aller Länder. Gleichzeitig trat immer häufiger der Fall ein, daß selbst Verlustaufträge nur erteilt wurden, wenn der Lieferant das Geschäft finanzierte. Die deutsche, technisch sehr leistungsfähige Waggonindustrie litt besonders unter dem Mangel an Kapital für die Finanzierung von Aufträgen und unter dem gewaltigen Rückgang des Inlandgeschäftes. Die Reichsbahnaufträge sind bisher auf 30 v. H. des Normalstandes von jährlich 200 Millionen Reichsmark gesunken. Frankreich hatte als Geldgeber Interesse daran, daß die finanzierten Geschäfte den Fabriken nicht andauernd Verluste einbrachten. England blieb außerhalb des Kartells, zumal die Behandlung der britischen Kolonien und Dominions eine schwer lösbare Frage ist. Man versucht aber von Fall zu Fall eine Verständigung mit England und bisher hat der britische Wettbewerb nicht in größerem Umfang gestört. Die Beschäftigung der kleinen französischen und des einzigen belgischen Außenseiters wird auf die betreffende Länderquote angerechnet. Auch hier konnten schädliche Wirkungen bisher nicht festgestellt werden.

Von den seit Bestehen des Kartells erteilten internationalen Aufträgen sind 87 v. H. an Kartellmitglieder gegangen und ein Teil der restlichen 13 v. H. ist im Bestellerlande verblieben,

*) Organ 1929, Seite 180.

also zu keinem Ausfuhrgeschäft geworden. Anteilmäßig ist die Auswirkung des Kartells eine sehr günstige, absolut genommen jedoch gering. Vom 12. April bis 31. Dezember 1930 sind nämlich nur 28 Millionen *R.M.* Ausfuhraufträge zu verzeichnen bei 248 Millionen *R.M.* Anfragen. Diese Zahlen weisen auf die großen, heute bestehenden Schwierigkeiten in der Finanzierung hin. Eine Reihe von Beschaffungen mag seitens der Kunden allerdings nur zurückgestellt sein in der Erwartung, daß bei eventuellem Zerfall des Kartells die Lieferwerke auf die bisher gewohnten Verlustpreise zurückgehen würden. Der Vorstand des internationalen Waggonkartells hat Ende Januar d. J. in Paris beschlossen, der Finanzierung von Geschäften noch mehr Aufmerksamkeit zu widmen und das Kartell in eine Aktiengesellschaft mit geringem Kapital umzuwandeln. Hierfür sprachen rechtliche Erwägungen bei der Kreditbeschaffung für die Mitglieder bzw. die Besteller und die Regelung von Haftungsfragen. Ein Finanzausschuß soll sich mit der Prüfung der Anleihebedingungen für die Lieferungen der Kartellmitglieder befassen. Man geht dabei von dem Gedanken aus, daß in einigen der Mitgliedländer Überfluß an Geld besteht, das Anlage sucht und gern bereit ist Aufträge an die kapitalschwachen Länder zu ermöglichen. Bisher hat die deutsche Industrie in dieser Beziehung von Fall zu Fall mit Frankreich und Belgien zusammengearbeitet und verschiedentlich an Aufträgen teilgenommen ohne zu der Finanzierung beigetragen zu haben.

Der Industrie eines jeden, dem Kartell angeschlossenen Landes ist der Schutz ihres eigenen Inlandmarktes zugesagt worden. Den Weltexport haben die Kartellmitglieder, vorläufig bis Ende 1931 befristet, nach folgendem Quotenschlüssel untereinander aufgeteilt:

Belgien	34,6 v. H.
Deutschland	28,8 „
Frankreich	13,9 „
Italien	10,5 „
Tschechoslowakei	6,9 „
Ungarn	2,4 „
Österreich	2,2 „
Schweiz	0,7 „

Ein Teil der noch außen stehenden Länder hat bereits um Aufnahme in das Kartell nachgesucht. Der deutsche Anteil war von vorneherein im Verhältnis zum französischen und italienischen etwas niedrig bemessen. Infolge des Länderschutzes drohte der deutschen und der belgischen Waggonindustrie ihr bisheriger, nicht unerheblicher Anteil am französischen Inlandmarkt verloren zu gehen. Frankreich ist zunächst Belgien und dann auch Deutschland insoweit entgegengekommen, als es der deutschen Industrie eine gewisse Beschäftigung über die Kartellquoten hinaus zugesichert hat, indem es einen Teil seiner Auftragsansprüche, gestaffelt nach der jeweiligen Höhe der eigenen Beschäftigung und der deutschen Inlandsbeschäftigung an Deutschland abtritt. Bei sehr gutem Geschäftsgang in Frankreich und sehr schlechtem in Deutschland kann durch diese Abmachungen der deutsche Ausfuhranteil bestenfalls auf 34,7 v. H. steigen. Zur Zeit wird diese Erhöhung voll erreicht werden. An Belgien gibt Frankreich einen kleinen, festen Anteil ab. Daraufhin ist Mitte Februar 1931 der Kartellvertrag von der deutschen Gruppe endgültig anerkannt worden. Wenn der Vertrag, wie anzunehmen, am 1. Januar 1932 erneuert wird, ist damit zu rechnen, daß auf Grund der starken Auftragsbeteiligung im letzten Jahre die deutsche Quote erhöht wird. Ein Entgegenkommen der übrigen Kartellmitglieder würde die jetzt reichlich komplizierten Bestimmungen der Länderverträge wesentlich vereinfachen, wenn nicht überflüssig machen.

Das Internationale Waggonkartell ist ein Beispiel wohlverstandener Verbindung gemeinsamer Interessen der Völker; es beseitigt Auswüchse des Wettbewerbs, die leicht politische Reibungen zeitigen, nützt der Volkswirtschaft der einzelnen Mitgliedstaaten durch Aufrechterhaltung einer angemessenen Verdienstspanne und letzten Endes auch den Abnehmern, die keinen Vorteil davon haben, wenn dauernde Preisunterbietungen eine einwandfreie und reibungslose Lieferung ausschließen. In diesem Zusammenhang mag erwähnt werden, daß bis zum Weltkrieg ein Ausfuhrverband der deutschen, österreichischen und belgischen Lokomotivindustrie bestand, der zufriedenstellend arbeitete. Schneider.