

### Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Ab 1. Januar ds. Js. gehören die dänischen, schwedischen und norwegischen Staatsbahnen sowie die schweizerischen Bundesbahnen dem Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen als außerordentliche Mitglieder an. Wir begrüßen die neuen Mitglieder und geben unserer Freude Ausdruck über die Stärkung, die die Bestrebungen des Vereins durch den neuen Zuwachs an Mitgliedsverwaltungen erfahren.

Die Schriftleitung.

### Neues über Schienenstoßschweißungen.

Von Reichsbahnoberrat Schönberger, Nürnberg.

In den beiden Aufsätzen über Schienenschweißungen (ersienen im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens Jahrgang 1925 Heft 22 und 1927 Heft 15) habe ich ausgeführt, wie bei der Reichsbahndirektion Nürnberg mit dem Schweißen von Vignolschienen in freiliegenden Gleisen begonnen wurde, wie die Versuche allmählich gesteigert und geschweißte Schienen den von gewalzten Schienen geforderten Proben unterworfen wurden. Dabei zeigte sich, daß auch die geschweißten Schienen fast allen Bedingungen entsprachen und nur bei der Schlagprobe versagten. Ich habe die Erfolge erwähnt, aber auch die Mißerfolge nicht verschwiegen. Die Erfahrungen im Betriebe haben unterdessen gezeigt, daß der Schweißstoß auch den vorkommenden Schlagkräften dann genügt, wenn er ordnungsgemäß hergestellt wurde. Von solchen Stößen ist bis jetzt noch keiner gebrochen; bei den vereinzelt Brüchen, die in der ersten Zeit vorkamen, wurde nach der Ursache geforscht und an den gemachten Fehlern gelernt.

Gearbeitet wurde nach dem sogenannten kombinierten Verfahren mit Vorwärmung, das ist der reinen Stumpfschweißung unter Verwendung eines Schweißbleches, mit der die Schienenköpfe, und der Schmelzgußschweißung, mit der die Schienenfüße und Schienenstege verbunden wurden. Dabei muß der mit den Schweißblechen in Berührung kommende Teil des Querschnittes der beiden zu verschweißenden Schienen sehr sorgfältig mit einem Fräshobel planparallel bearbeitet werden; in die Stoßlücke

zwischen die blanken Schienenköpfe wird das Schweißblech fugendicht eingepreßt; im Steg und Fuß bleibt die Stoßlücke offen für den Durchfluß der Vorwärmegase und des aluminothermischen Eisens, welches die Schmelzgußschweißung bewirkt.

Die Stumpfschweißung im oberen Teile des Schienenquerschnittes ist eine Verbindung infolge einer dünnen Oberflächenschmelzung der Schweißflächen. Sie entsteht, wenn zu der Weißglut-Erhitzung der Schienenköpfe durch den Schlackenumguß, die allmählich von außen bis Mitte Schienenkopf vordringt, nach etwa 2 Minuten der Stauchdruck hinzukommt. Dieser bewirkt in der Mitte des Umgusses, wo die Erwärmung naturgemäß am innigsten ist, den Beginn einer Schmelzung und gleichzeitig eine gegenseitige Durchdringung der Gefügeteile an den vier Schweißflächen. Es entstehen so zwei Schweißnähte zwischen Schweißblech und Schienenköpfen und ein Stauchwulst um den Schienenkopf.

Bei der Schmelzgußschweißung im unteren Teil des Schienenquerschnittes entsteht ein viel breiterer Schmelzfuß. Er kommt dadurch zustande, daß das die beiden Schienen umpulende, überhitzte aluminothermische Eisen die Schienen in größerem Umfange auflöst und mit ihnen eine Legierung bildet. Dieser Schmelzvorgang wickelt sich sehr rasch in wenigen Sekunden ab. Die Schmelze ist bereits größtenteils wieder erstarrt, wenn der Stauchdruck einsetzt. Die Abmessungen des Schweißwulstes sind durch das Verfahren und damit ist auch die Form bestimmt; er soll nicht ganz bis an den Schienenkopf reichen.

Die Ungleichheit der beiden Verbindungsarten sowohl im Hinblick auf den Zeitpunkt ihres Zustandekommens als auch besonders mit Bezug auf die verschiedenartigen Er-

a Schweißstoß 1.

c Schweißstoß 2.

b ursprüngliche Schiene  
F. X.



a  
Regelmäßige Schweißung  
 $\sigma_B = 57,3 \text{ kg/mm}^2$

c  
Fehlschweißung  
 $\sigma_B = 16,6 \text{ kg/mm}^2$

b  
Schienenstahl  $\sim 0,5 \text{ C}$   
 $\sigma_B = 62,0 \text{ kg/mm}^2$

Abb. 1. Probestäbe nach den Zugversuchen (Z. 1).

starrungs- und Abkühlungsverhältnisse der Schmelzen führen zu inneren Spannungen. Diese auszuschalten oder wenigstens auf ein Mindestmaß zu beschränken bildete seit Jahren die Hauptaufgabe bei der Durchführung des Schweißverfahrens und es wurde tatsächlich auch schon Verschiedenes erreicht. Der innere Spannungsausgleich wurde aber auch schon dadurch günstig beeinflusst, dass der Querschnitt der Schweißstelle aus kohlenstoffarmem Material besteht, nämlich im Kopf aus dem Schweißblech, im Steg und Fuß aus einer Legierung des kohlefreien aluminothermischen Eisens mit dem Schienenstahl. Die so entstandene weiche Eisenzone verhindert infolge ihrer hohen Dehnung und des geringen Kohlenstoffgehaltes das Entstehen von Härtespannungen. Das gleichmäßige Ergebnis der Prüfwerte bei dieser Art von Schweißverbindung beruht also hauptsächlich auf ihrer Unabhängigkeit von dem Schienenmaterial.

## I. Zwischengußverfahren mit Stauchung unter Verwendung von Sandformen.

Im Herbst 1927 wurde in Nürnberg Rbf. erstmals von der Firma Aktiengesellschaft für aluminothermische und elektrische Schweißungen Professor Dr. Hans Goldschmidt, Ingwer Block Berlin nach dem patentantlich geschützten Zwischengußverfahren mit Stauchung gearbeitet: es wurden im Gleis 3 des Einfahrbahnhofes an drei Gleisstößen der bayer. Form X von je 60 m Länge 26 Schweißungen ausgeführt. Bei diesem Verfahren besteht der ganze Querschnitt der Schweißstelle aus einer dichten gleichförmigen Legierung von kohlefreiem aluminothermischen Eisen mit Schienenstahl.

Um festzustellen, welche Festigkeiten bei diesem Schweißverfahren erzielt werden und welche Gefügeänderungen in der

Schweißzone eintreten, wurde eine Reihe von mechanischen und metallographischen Proben durchgeführt und diese möglichst den im Jahre 1925 vorgenommenen Untersuchungen

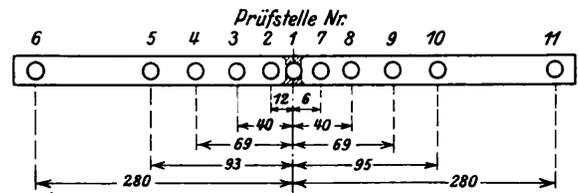


Abb. 2. Anordnung der Kugeldruckversuche (Z. 2).

der nach dem kombinierten Verfahren geschweißten Schienen angeglichen.

Nachstehend sind die wichtigsten Untersuchungsergebnisse aufgeführt:

### 1. Zugversuche.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zerreißversuche										
Nähere Bezeichnung des Stückes, aus dem die Probe entnommen ist	Durchmesser oder Dicke des Probestabes F		Entfernung der Körner	Bruchbelastung	Belastung auf das qmm des ursprünglichen Querschnitts		Dehnung in % der ursprünglichen Entfernung der Körner		Einschnürung in % des ursprünglichen Querschnitts	Aussehen der Bruchfläche und Oberfläche des Probestabes
	mm	mm <sup>2</sup>			mm	kg	vorgeschrieben	erreicht		
a) Schweißstoß 1										
Rundstab aus dem Kopf	20	314,2	100	18000	60	57,3	12	4,6	16,3	Grobkörnig, kristallinisch, hellglänzend, Bruch neben der Schweißstelle Grobes Korn, hellglänzender Bruch durch die Schweißung Grobes Korn, hellglänzend mit matter Stelle
Flachstab aus dem Steg	15,3 × 10 = 153		100	6600	60	43,3	12	5,6	10,5	
Flachstab aus dem Fuß	32 × 10 = 320		100	13600	60	42,7	12	8,0	29,4	
b) Ursprüngliche Schiene										
Rundstab aus dem Kopf	20	314,3	100	19500	60	62,0	12	25	51,0	Feines Korn, mattgrau, innen schmig, muschelrig, leicht aufgezogener Rand Wie vorstehend Desgleichen
Flachstab aus dem Steg	32,3 × 10 = 323		100	19200	60	59,4	12	25	40,0	
Flachstab aus dem Schienenfuß	32,3 × 10 = 323		100	20500	60	61,5	12	23,5	42	
c) Schweißstoß 2										
Rundstab aus dem Kopf	20	314,2	100	5200	60	16,6	—	—	—	Bruch durch die Schweißfuge, Bruchfläche muschelrig, grob, glänzend, Fehlschweißung (ungenügende Vorwärmung oder vorzeitige Stauchung) Unregelmäßiger Bruch, Schmelzgut und Schienenstahl nicht innig verschmolzen. Schmelzgut hellglänzend, Schienenbruchfläche mattgrau, fein im Korn Wie vor
Flachstab aus dem Steg	32,3 × 10 = 323		100	12800	60	40	—	4	11,4	
Flachstab aus dem Fuß	32,3 × 10 = 323		100	13000	60	40,2	—	3,5	—	

Ansicht der Zerreißproben siehe Abb. 1.

### 2. Kugeldruckversuche nach Brinell (hierzu Abb. 2).

Vortrag	Prüfstelle Nr.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Versuchsschiene 1											
Abgelesener Kugleindruck: mm . . .	5,09	4,77	4,43	4,54	4,34	4,36	4,49	4,33	4,34	4,13	3,93
Brinellsche Härtezahl = H . . . .	138	158	185	175	193	191	180	194	193	214	237
Festigkeit $\sigma_B = 0,36 H \text{ kg/mm}^2$ . . .	49,8	57,2	63,5	63,0	66,4	65,7	63,0	66,7	66,4	73,6	81,6
Versuchsschiene 2											
Abgelesener Kugleindruck: mm . . .	5,34	4,77	4,37	4,63	4,60	4,34	4,50	4,49	4,38	4,37	4,39
Brinellsche Härtezahl = H . . . .	123	158	190	168	170	193	179	180	189	190	171
Festigkeit $\sigma_B = 0,36 H \text{ kg/mm}^2$ . . .	44,5	57,2	65,3	60,9	61,5	66,4	63,0	63,0	63,0	65,3	61,8

Die für gewöhnliche Schienen verlangte mindeste Zugfestigkeit von 60 kg für das mm<sup>2</sup> des ursprünglichen Querschnittes wird beim Schweißstoß nicht voll erreicht.

Von den 5470 mm<sup>2</sup> Querschnittsfläche der Versuchsschienen treffen auf den Kopf ~ 2390 mm<sup>2</sup>

- .. .. Steg ~ 1200 ..
- .. .. Fuß ~ 1890 ..

Nach den bei den Zugversuchen erhaltenen Bruchspannungen berechnet sich für den Schweißstoß 1 eine Gesamtbruchbelastung von 269,6 t. für die ursprüngliche Schiene dagegen 335,7 t.

Die bei dem Schweißstoß vorhandene Abnahme der Höchstbelastung mit 66,2 t = 19,5% wird jedoch durch die Querschnittsvergrößerung ausgeglichen, die der um die Schweißstelle sich legende Schweißwulst ergibt.

Die nach den Lieferbedingungen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft für gewöhnliche Schienen geforderte Mindesthärte H = 167 kg/mm<sup>2</sup> wird also nur bei den Prüfstellen 1 und 2 unmittelbar in der Schmelzzone nicht ganz erreicht.

3. Biege- und Bruchversuch (hierzu Abb. 3).

Schiene FX mit 3 mm Höhenabnützung.

Widerstandsmoment W der neuen Schiene (140 mm) = 202 cm<sup>3</sup>, Widerstandsmoment W der abgenützten Schiene annähernd 195 cm<sup>3</sup>, erreichte Durchbiegung f=33 mm, Bruchbelastung P = 54000 kg.

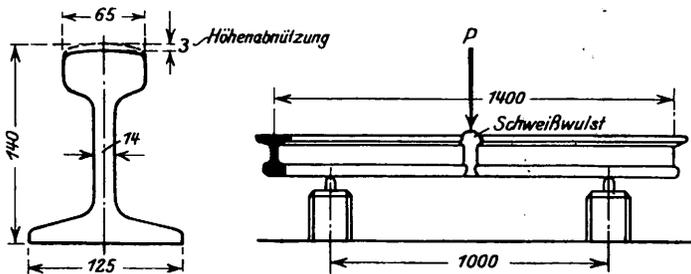


Abb. 3.

Es ist:

$$\frac{P \cdot l}{4} = \sigma_F \cdot W$$

$$\sigma_F = \frac{P \cdot l}{4 \cdot W} = \frac{54000 \cdot 100}{4 \cdot 195} = \frac{5400000}{780} = 69 \text{ kg/mm}^2$$

Die ermittelte Bruchfestigkeit genügt.

4. Schlagprobe (hierzu Abb. 4).

Auf- lager- ent- fernung	Fall- gewicht	Fall- höhe h	Schlag- moment	Durchbiegung nach dem Schläge in mm						Be- merkungen
				1	2	3	4	5	6	
1,00	500	0,400	200	0	—	—	—	—	—	Bruch in 40 mm Ent- fernung von der Schweiß- fuge
—	—	0,600	300	—	3	—	—	—	—	
—	—	0,800	400	—	—	5	—	—	—	
—	—	0,900	450	—	—	—	8	—	—	
—	—	1,000	500	—	—	—	—	—	—	

Die Schlagprobe hat den bestehenden Forderungen für gewöhnliche Schienen nicht entsprochen.

5. Verschleißproben (hierzu Abb. 5).

nach dem Prüfverfahren von Oberbaurat Spindel, Innsbruck, an der glattgearbeiteten Fahrfläche genommen.

- Schleifscheibendurchmesser . . . = 320 mm
- Stärke der Schleifscheibe . . . = 1 ..
- Umdrehungen in der Minute = 34
- Andruck . . . . . = 5 kg

6. Gefügeuntersuchung (hierzu Abb. 6).

Mikrophotographische Aufnahme von geätzten Schliffen zur Feststellung des Verlaufes der Schweißzone und des Einflusses der Schweißhitze auf den Gefügebau des Schienenstahles.

Die Versuchsergebnisse stimmen im allgemeinen mit jenen der kombinierten Schweißung überein. Die Schlagprobe war auch hier im Vergleich mit den bei der Abnahme von gewöhnlichen Schienen geforderten Schlagmomenten (1500 mkg) völlig unzureichend, während die Biege-, Kugeldruck- und Zerreißproben brauchbare Werte ergaben. Auch hinsichtlich der Verschleißfestigkeit können die beiden Schweißarten gleichgestellt werden. Nach den Beobachtungen der in Nürnberg Rbf. liegenden 26 Versuchsstöße scheint die Außenschicht der mit dem Zwischengußverfahren mit Stauchung geschweißten Stöße

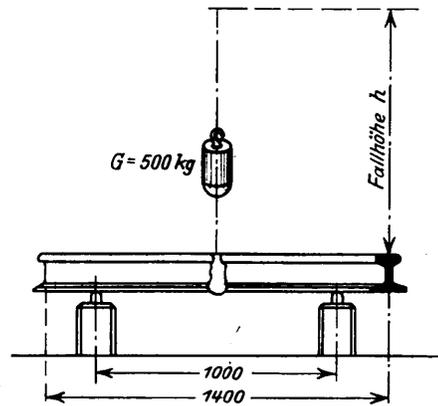


Abb. 4.

etwas zäher zu sein, als bei dem kombinierten Verfahren, denn die bei letzterer Schweißung einige Male beobachteten leichten Quetschungen der Oberflächenschicht, die allerdings nach kurzer Zeit verschwanden, kamen bei den Schweißungen nach dem Zwischengußverfahren nicht vor. Auch die Schaubilder der Spindelschen Verschleißprüfmaschine (Abb. 5) zeigen in Übereinstimmung mit Vorstehendem, daß die Schaulinien an den Schweißstellen 0, 1, 2, 3, 7 und 8 etwas flacher verlaufen als bei der ursprünglichen Schiene (Prüfstellen 4, 5, 6, 9 und 11); der Abnützungswiderstand ist demnach an den Schweißstellen etwas größer. Ob und welche Schlüsse hieraus gezogen werden müssen, wird erst eine längere Betriebszeit lehren.

Wie Abb. 13 zeigt, hat die Auflösungszone auf der Fahrfläche des Schienenkopfes eine eigenartige Einschnürung, deren Breite bei den in Nürnberg Rbf. ausgeführten 26 Schweißungen zwischen 2,5 mm und 25 mm schwankt. Trotz dieser Verschiedenheit der Schmelzzone ist es bei den bisherigen Versuchen gelungen, den Schweißvorgang derart zu regeln, dass bei der fertigen Schweißung die ursprüngliche Schienenlänge wieder vorhanden war. Es darf also angenommen werden, daß die verschiedenartige Ausbildung der Schmelzzone auf dem Schienenkopf auf Unregelmäßigkeiten während des Stauchvorganges zurückzuführen ist. Wenn auch ein Nachteil hierin nicht erblickt werden kann, so ist doch eine größere Gleichförmigkeit anzustreben; jedenfalls bedingt eine gute Verschweißung der Schienenenden, daß die im Schienenkopf sich bildende Legierungsschicht von Schienenstahl und alumin-

thermischem Metall nicht zu schmal wird. Wichtiger sind die bei einigen Probestücken (siehe Zugversuch c) festgestellten Fehlstellen im Bruchgefüge und mangelhaften Schweißungen

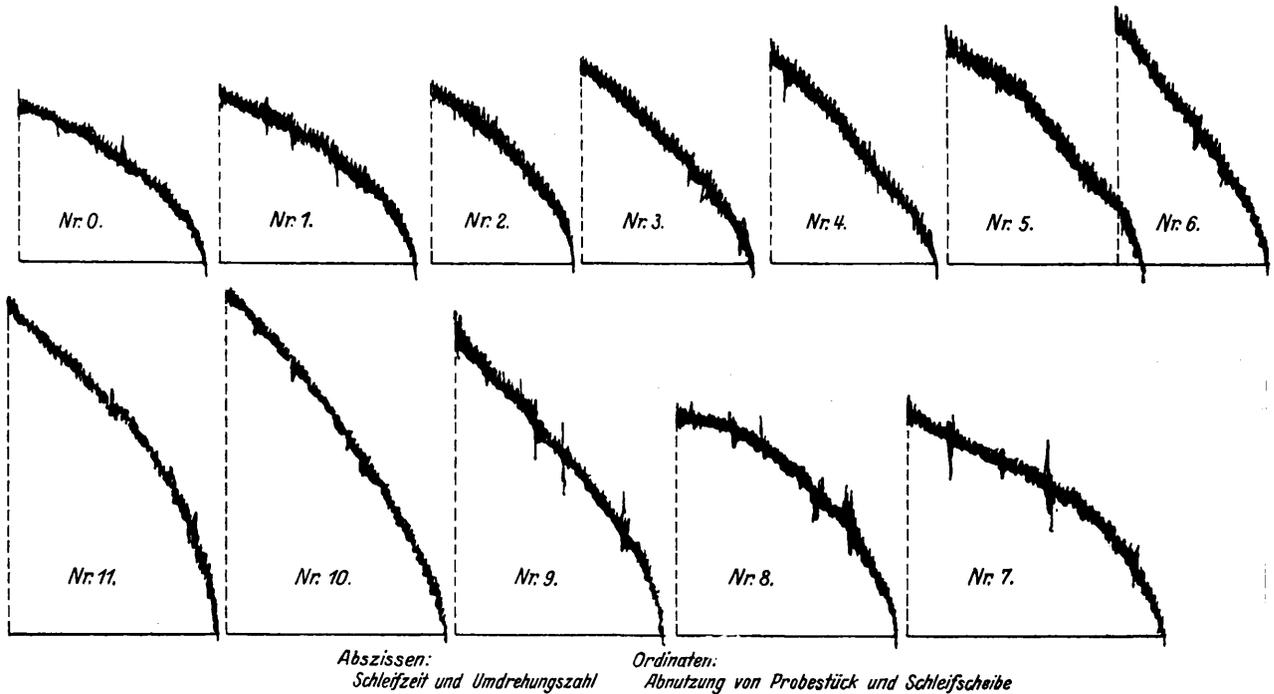
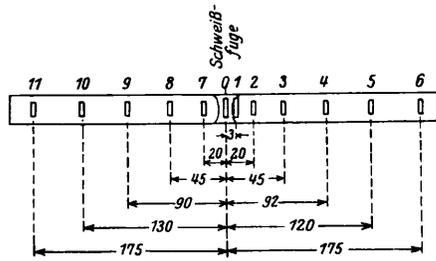


Abb. 5. Anordnung und Schaubilder der Verschleißproben (Z. 5).

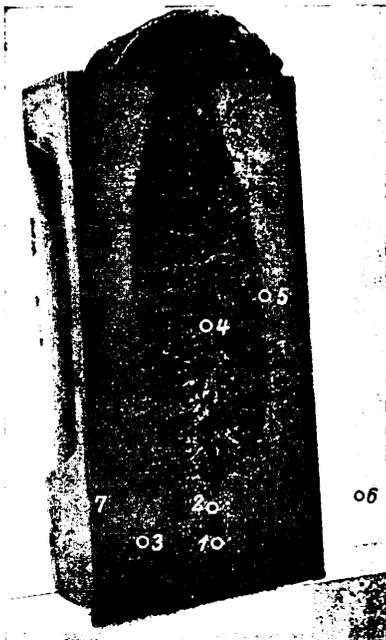


Abb. 6. Schnitt der Schweißung längs der Stegmitte.  $V = \frac{1}{2}$  fach. Die Ziffern im Gefügebild bezeichnen die Stellen der nachfolgenden mikroskopischen Aufnahmen.

des Schienenkopfes (siehe Abb. 1 mittlerer Probe stab); vermutlich wurde bei dieser Schweißung unregelmäßig, z. B. zu spät, gestaucht. Zur Erzielung einer gleichmäßigen und einwandfreien Schweißstelle wird daher dieser Punkt noch besonders beachtet werden müssen. Für die Stärke der Vorwärmung bleibt ebenso wie beim kombinierten Verfahren der Augenschein maßgebend; denn es gibt z. Z. noch keine Einrichtungen zur einwandfreien Feststellung der Kirsch-Rotgluthitze.

Das Schlibbild (Abb. 6) zeigt sehr schön den Verlauf der Schweißzone; im Kopf eine schmale Schmelzfuge, die sich gegen die Fahrfläche unter der Einwirkung der Schlackenhitze erweitert. In dem schwachen Steg, auf den die Vorwärmung und

Schmelzhitze naturgemäß stärker einwirkt, verbreitet sich die Schmelzung ganz bedeutend und wird in dem massigeren Schienenfuß wieder verengt. Aus den Gefügebildern (Abb. 8 und 11) ist ersichtlich, daß die Übergänge allmählich verlaufen. Jedenfalls ist bei einer sorgfältigen Ausführung der Zwischengußschweißung mit einer innigen Verschmelzung ohne besondere Schweißspannungen zu rechnen.

Die Stauchung findet im Gegensatz zu dem kombinierten Verfahren unmittelbar nach dem Einguß, d. i. sofort nachdem das aluminothermische Eisen Schmelzarbeit geleistet hat, bei noch leichtflüssigem Zwischenguß statt, wobei dieser den Weg, den er gekommen, noch bevor er erstarren kann, wieder

zurückgetrieben wird. Durch diese Rückwärtsbewegung des Eingußmaterials wird einer Lunkerbildung vorgebeugt, die bekanntlich bei ruhig erstarrendem Guß einzutreten pflegt (zu sehen durch die aufwärts strebende Verästelung im Schlibbild 6). Zugleich werden die in der Stoßlücke verbleibenden Reste der Legierung zusammengedrückt und innig miteinander vermischt. Darauf beruht das stets gleichmäßig dichte Gefüge zwischen den Schienenköpfen und die Möglichkeit einer gleichförmigen Schrumpfung. Es gelingt, einen großen Teil des Zwischengusses aus der Stoßfuge wieder herauszupressen. Die Breite der Ungußlasche braucht bei diesem Verfahren nur etwa 37 bis 45 mm zu betragen.

Das flüssige Eisen wird auf kürzestem Wege aus dem Tiegel zwischen die Schienenköpfe gebracht. Es läuft nicht erst wie bei dem kombinierten Verfahren in den unteren Teil der Gußform, von wo es dann hochsteigen muß; — auf diesem Wege kühlt es ab und die Schienenköpfe, in denen die Hauptarbeit zu leisten ist, werden erst zum Schlusse erreicht. — Wenn dagegen das aluminothermische Eisen zuerst an den Kopfflächen vorbeifließt, dann gelangt es zu dem schwächeren Teil des Schienenprofils (Steg und Fuß) noch so heiß, daß auch dieser leicht verschmolzen wird.

Die vorerwähnten in Nürnberg Rbf. nach dem Zwischengußverfahren mit Sandformen geschweißten Stöße wurden ein Jahr beobachtet und, da sie sich bewährten, wurde im Herbst 1928 nach dem gleichen Verfahren auf den Nebenbahnen Stullendorf—Ebrach und Forchheim—Höchstadt (Aisch) ein größerer Versuch von 480 Schweißungen nach demselben Verfahren durchgeführt. Diese Strecken waren sehr umbau-

bedürftig. Greifbar waren altbrauchbare Pfalzbahnschienen mit einem Gewicht von 34 kg/m; diese Schienen waren aber z. T. recht ungleichmäßig abgenützt und nur 8 m bzw. 12 m

zwei Schienen zu einer 24 m Langschiene zusammengeschweißt und mit diesen ein recht gut liegendes Gleis hergestellt. Dabei wurden an jeder Schweißstelle die durch die ungleichmäßige

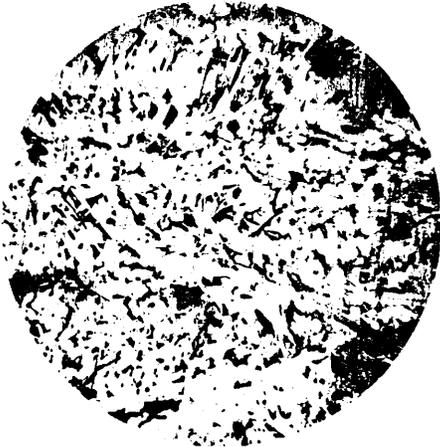
Gefügebilder Abb. 7 bis 12.

Die ursprünglichen Aufnahmen haben 50fache Vergrößerung.

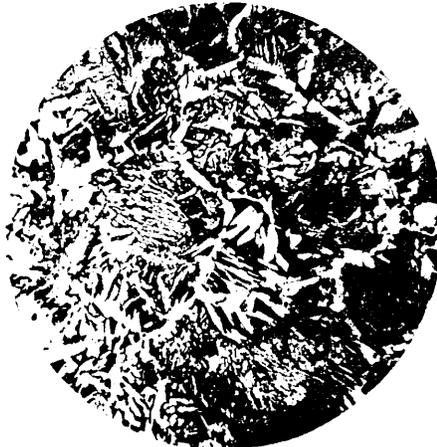
1. Mitte der Schweißstelle im Kopf.

2. Rand der Schweißfuge im Kopf  
(Übergangsgefüge).

3. Schweißzone in 10 mm Entfernung  
von der Schweißfuge im Kopf.



Schweißgut  
(Ferrit und Perlit  $\sim 0,1\%$  C).  
Abb. 7.



Ferrit und Perlit gut vermengt,  
rechts Schienenstahl erhitzt.  
Abb. 8.

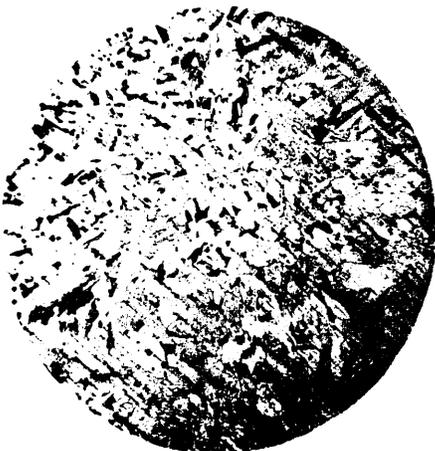


Ferrit und Perlit; durch Wärmewirkung  
starke Kornvergrößerung.  
Abb. 9.

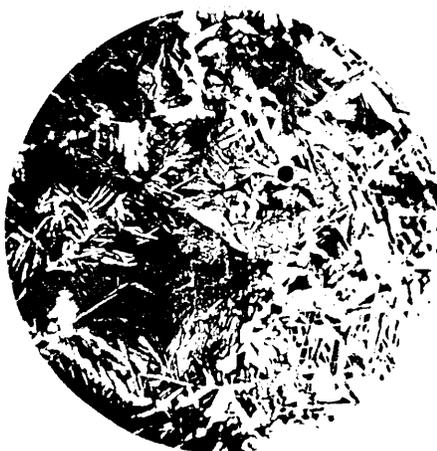
4. Mitte der Schweißstelle im Steg.

5. Rand der Schmelzzone am Steg.

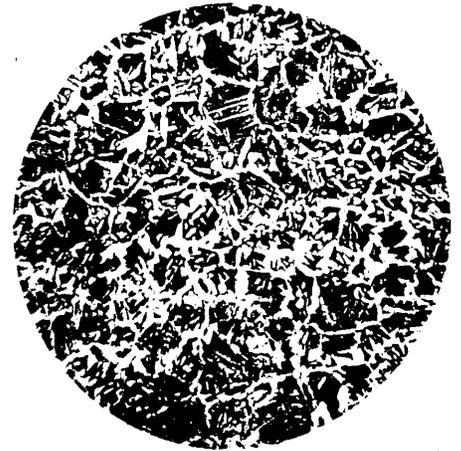
6. Ursprungsgefüge der Schiene.  
Bayr. Form X.



Schweißgut. Ferrit mit Perlitkörner  
durchsetzt. Verunreinigung durch feine  
Schlackenteilchen.  
Abb. 10.



Übergang gut.  
Links erhitzter Schienenstahl,  
rechts Schweißgut.  
Abb. 11.



Ferrit und Perlit, mittleres Korn  
 $\sim 0,5\%$  C.  
Abb. 12.

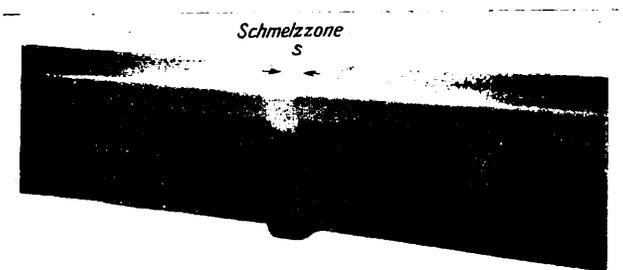


Abb. 13.

lang, so daß die Aussicht, mit diesen Stoffen ein gutes Gleis herstellen zu können, recht gering war. Hier hat sich aber das Schweißen glänzend bewährt. Es wurden je drei oder

Abnützung der Schienen beim Laschenstoß unvermeidlichen Stufen der Fahrfläche und Fahrkante beseitigt. Zur nachhaltigen Verspannung der Langschienen mit den Schwellen wurden zwischen Schienenfuß und eiserner Unterlagplatte 5 mm starke Pappelholzplättchen eingelegt. Zum wirtschaftlichen Vergleich wurde auch nach dem kombinierten Verfahren der Elektro-Thermit G. m. b. H.-Tempelhof eine größere Anzahl Schweißungen auf beiden Nebenbahnen ausgeführt; ein wesentlicher Kostenunterschied beider Verfahren war nicht festzustellen.

Im Frühjahr 1928 hat die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft in der Erkenntnis, daß zu einem angenehmeren Fahren auch die Verminderung der Schienenstöße beitrage, angeordnet, daß eine Anzahl internationaler Schnellzuglinien mit 30 m langen Schienen umzubauen sind, und daß die Schienen, soweit sie nicht in dieser Länge von

den Walzwerken geliefert werden können, zu schweißen sind. Das Kapitel „Schienenschweißung“ ist also plötzlich aus dem Zustande des Versuches herausgetreten. Nichtsdestoweniger harren noch verschiedene Aufgaben, die sich hauptsächlich auf die Vervollkommnung und die Verbilligung des Schweißverfahrens beziehen, der Lösung.

Hierzu zählt in allererster Linie die Vergütung des Schienenmaterials an der Schweißstelle, das durch die Erhitzung eine ungünstige Gefügeänderung erleidet und den Anforderungen der Schlagprobe nicht mehr genügt.

Die Größe der Schweißportion wurde bisher für beide Verfahren bestimmt durch das kombinierte Verfahren und zwar unter Rücksichtnahme auf die für die Kopfschweißung benötigte Schlackenmenge. Die Eisenmenge ergibt sich daraus von selbst. Soweit diese zur Verschmelzung nötig ist, könnte sie wesentlich geringer sein; sie ist aber wegen der im Kopf und Fuß infolge der Kombination der beiden Schweißarten (Stumpfschweißung — Schmelzgußschweißung) ungleichen Schrumpfspannungen zur Bildung einer gewissen Laschenbreite erforderlich, die einen notwendigen Ausgleich dieser verschiedenen Spannungen im ganzen Schienenprofil ermöglicht. Bei der kombinierten Schweißung wird daher die gesamte verfügbare Schweißmasse voll benützt; die Schweißportion darf nicht verkleinert werden. Bei dem Goldschmidt-Blockverfahren wird nur das aluminothermische Eisen zur Schweißung verwendet; die in der Schlacke enthaltenen Kalorien sind für das Zustandekommen der Schweißung nicht nötig, sie sind also verschwendet. Hier müssen die Versuche einsetzen und nachweisen, wie weit die Schweißportion verringert werden kann. Ist es möglich die Schweißportion zu verkleinern, so wird auch die Schweißform kleiner.

Weiter sollte angestrebt werden, die bisher üblichen Blechformkästen mit dicken Sandwänden durch Metallformen mit dünner leicht auswechselbarer Auskleidung zu ersetzen. Gelingt es die Vorwärmung zu verbessern, so können bei kleinerer Schweißportion auch die Formhöhlräume wesentlich kleiner gehalten werden. Bei der jetzigen Art der Vorwärmung werden ein oder mehrere Blasrohre in die Öffnungen der Sandform mehr oder minder tief hineingesteckt, in den Hohlräumen der Gußform wird der Brennstoff zur Verbrennung gebracht; diese Hohlräume werden zugleich als Züge für die Heizgase benutzt. Eine Meßkontrolle wird dabei nicht ausgeübt; es bleibt vielmehr dem Gutedücker des Schweißers überlassen, nach Augenschein die Vorwärmung für ausreichend zu halten. Dann vergehen noch Minuten, bis die Blasöffnungen in der Form gedichtet werden und der Tiegel abgestochen wird. Daß dabei eine mehr oder minder starke Abkühlung der Schweißstelle eintritt, ist augenscheinlich; auf Genauigkeit kann diese Methode also keinen Anspruch erheben. Auch hier muß nach einer Vervollkommnung getrachtet werden; wenn es gelingt eine diesen Anforderungen entsprechende Apparatur zu finden, die mit genauen Temperaturmessern ausgerüstet ist und eine gleichbleibende Heizquelle gewährleistet, dann kann ohne die Einstellung der Vorwärmung der Guß durchgeführt werden und mag es schließlich auch gelingen, die Schweißstelle so weit zu vergüten, daß diese auch der Schlagprobe genügt.

## II. Zwischengußverfahren mit Stauchung unter Verwendung von Metallformen.

Im September 1928 wurde auf der Straßenbahnausstellung in Essen erstmalig von der Goldschmidt-Block A. G. eine Stahlgußdauerform gezeigt. In einem Güterzuggleis der Station Fürth wurde sie dann anfangs Oktober 1928 erprobt. Das Gleis sollte so verschweißt werden, daß seine ursprüngliche Länge auch nach der Verschweißung erhalten blieb. Zu diesem Zweck wurden, nachdem die Stoßschwellen entfernt

und die Schienen auf den übrigen Schwellen gelockert waren, die Stoßlücken, die an jedem Tag voraussichtlich zur Verschweißung kommen sollten, gleichmäßig verteilt. Dabei zeigte es sich, daß man mit einer mittleren Stoßlücke von 8 mm rechnen konnte. Die jeweils zur Verschweißung kommende Stoßlücke wurde dann auf 14 mm erweitert und auf 9 mm zusammengestaucht. Der noch übrigbleibende 1 mm verschwand dann noch durch die Wärmeschrumpfung.

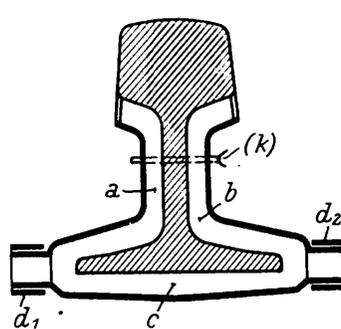


Abb. 14.

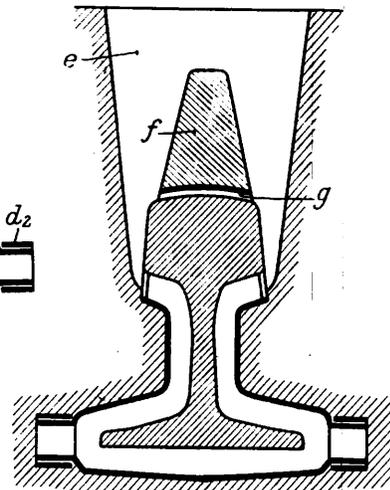


Abb. 15.

Bei der neuen Gußform ist das frühere Aluminiummodell für den Schweißwulst durch eine Nachbildung desselben aus 1 mm starkem Eisenblech ersetzt. Dieses Blechmodell wird um den Schienenstoß gelegt und bildet den Hohlraum der Gußform, in den die Schweißmasse gegossen wird. Es besteht aus drei Blechlaschen a, b, c, welche durch die Blechringe  $d_1$ ,  $d_2$  zusammengehalten werden. Der dichte Abschluß in der Laschenkammer wird durch einen Knebel aus Bindedraht (k), der durch die Stoßfuge ehindurchgeführt wird, erzielt. Abb. 14 und 15 zeigen den fertig zusammengestellten Blechwulst.

Zur Vervollständigung des Blechwulstes als Gußmodell dient ein Aluminiumstück e. Dieses wird von oben in die Schienenstoßlücke eingesetzt, begrenzt zu beiden Seiten die Schienenkopfflächen und überlappt die oberen Ränder des Blechwulstes (Abb. 15). Es bildet den geteilten Einlaufweg für die Schweißmasse und zugleich mit dem kleinen Sandkern f, der mit der gewölbten Blechunterlage g ausgefüllt ist, den oberen Abschluß der Stoßfuge. Das Gußmodell ist damit zum Einfüllen fertig. Der äußere Teil der Gußform besteht aus einer dreiteiligen Stahlgußkokille von etwa 10 mm Wandstärke, die dem Blechwulst nachgebildet ist, indem sie ihn in einem gleichbleibenden Abstand von 25 mm umgibt. Der Zwischenraum wird mit feingesiebter weicher Sandformmasse ausgefüllt. Auch die Kokillenteile A, B, C werden ähnlich wie die Blechwulstteile durch kräftige innen konisch zulaufende Stahlgußringe  $r_1$  und  $r_2$  zusammengehalten (Abb. 16 und 17).

Beim Ansetzen der Kokille werden zunächst die Seitenteile A, B von Hand mit plastisch feuchter Eisenberger Klebsandmasse lose ausgefüllt und durch den Spindelruck von Formanpressern in die Laschenkammern der Schienen gedrückt, so daß der Blechwulst in ihre Mitte zu liegen kommt, bis die Kokillenränder an der Schiene anliegen. Dann wird das ebenso ausgekleidete dritte Kokillenteil C mit Hand unter den Schienenfuß gedrückt, bis die Kokillenränder aufeinander passen. Es können nun die beiden konischen Seitenteile  $r_1$  und  $r_2$  aufgeschoben werden. Die überschüssige Klebsandmasse quillt an allen Dichtungsflächen in besonders

dafür vorgesehenen Schlitzten heraus und wird bis auf einen kleinen Rest, der die Abdichtung der äußeren Gußform bildet, entfernt. Damit die feuchte Sandmasse nicht auch durch die feinen Fugen von Blechwulst und Schiene in den Formhohlraum dringen kann, wird der Übergang des Einlaufkopfes zum Blechwulst vor dem Ansetzen der Kokillenteile mit einer Lage dünnen Papiers bedeckt. Nunmehr wird der dritte Verschlüßring R, der zugleich den Schlackenfänger bildet,

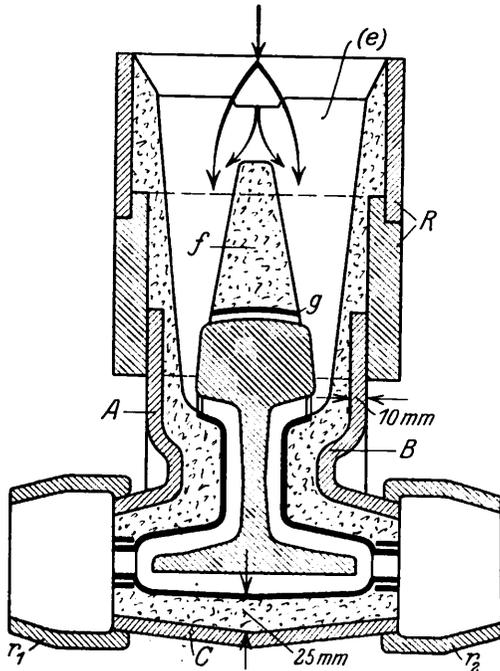


Abb. 16.

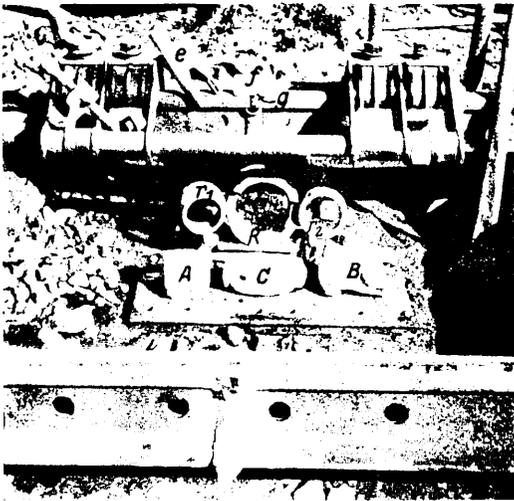


Abb. 17.

Eingußmodell e, Sandkern f mit Blechunterlage g, Kopfring R, mit Schlackenfänger, seitliche Spannringe  $r_1$ ,  $r_2$ , Seitenkokillen A, B, Fußkokille C, unbearbeitete Schweißung.

von oben auf die Gußform gesetzt und durch Hammerschläge angetrieben, bis er mit seinen seitlichen Profilausschnitten fest auf dem Schienenkopf sitzt. Dadurch werden gleichzeitig die beiden Seitenringe  $r_1$ ,  $r_2$  in Spannung versetzt und die Formanpreser entlastet. Diese werden abgenommen und die ganze Gußform sitzt nunmehr von selbst dicht und fest am Schienenstoß. Sie hat nach außen noch drei Öffnungen, nämlich innerhalb der Ringe  $r_1$ ,  $r_2$ , R. Zunächst wird nun der Verschlüßring R mit Formsand ausgestampft und das

Aluminiummodellstück e des Eingußkopfes herausgezogen. Damit ist der Formeinlauf fertiggestellt.

Nun kann die Vorwärmung (Abb. 18) des Stoffes und damit zugleich die Trocknung der Gußform beginnen. Zu diesem Zweck wird in eine der beiden seitlichen Ringöffnungen  $r_1$  oder  $r_2$  der Gasbrenner eingeschoben: der Gasstrom teilt sich; der größte Teil tritt aus der gegenüberliegenden Ringöffnung heraus, nachdem er ringsum den Schienenfuß bestrichen hat; der kleinere Teil entweicht nach oben durch den Gußhohlraum und tritt am Ring R durch die Einlauföffnung aus. Schon nach wenigen Minuten ist das im Formsand enthaltene Wasser verdampft und die Trockenform somit hergestellt. Nach etwa 10 Minuten ist der Schienenfuß hellrot warm, was man durch die seitlichen Ringöffnungen feststellen kann. Eine von diesen wird dann durch einen Stopfen verschlossen und mit Formsand hinterstampft. Dadurch werden alle Heizgase gezwungen den ganzen Formhohlraum von Unten nach Oben zu durchströmen; sie bringen dann nach weiteren 10 Minuten auch den Schienenkopf auf Rotglut. Nach Abdichten der Blasöffnung mit einem Eisenstopfen, ist die Form gußfertig. Beim Guß wird der innere Blechwulst durch das aluminothermische Eisen verzehrt, alle übrigen

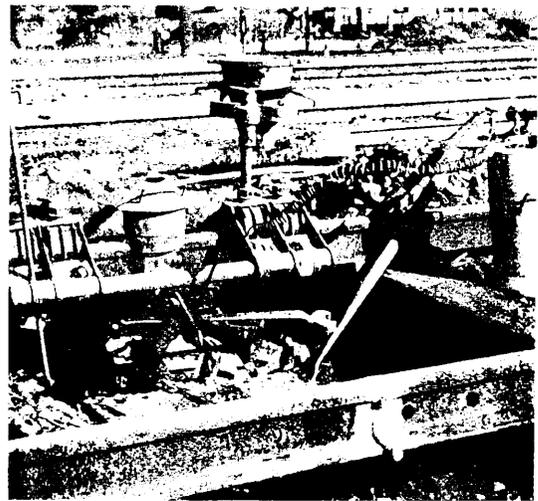


Abb. 18. Vorwärmegebläse, an die fertige Form angesetzt.

Teile werden wieder gewonnen. Die Erwärmung der Kokille ist so gering, dass sie äußerlich nicht sichtbar ist. Die äußere Temperatur wurde z. Z. ihrer größten Erwärmung, etwa 5 Minuten nach dem Guß, mittels Pyrometer in der Mitte der Kokille mit 300 Grad Celsius gemessen. Die dreifache Ringspannung hat sich als einfaches und sicheres Mittel erwiesen, die Form zuverlässig dicht an den Schienenstoß anzupressen.

Das Abnehmen der Formen (Abb. 19) nach dem Guß ist recht einfach; es werden die Ringe mit Brechstangen abgekippt. Die drei Kokillenteile lassen sich dann leicht abtosseln, dabei bröckelt die getrocknete Sandschicht heraus, so daß die Kokillenteile wieder verwendbar sind. Bisher hat sich keinerlei Verschleiß an ihnen gezeigt; es ist anzunehmen, dass sie auch für eine fast unbeschränkte Anzahl von Schweißungen wieder benutzt werden können.

Zugleich mit der Erprobung der Stahlgußformen und den Versuchen für die zweckmäßigste Ausführungsart der Schweißungen in bezug auf die Vorwärmung und die Größe der Stauchung wurden Messungen (Abb. 20) der Vorwärmtemperatur vorgenommen. Diese konnten in der mit der Blechlasche ausgefüllten Gußhohlform genauer durchgeführt werden, als in den Sandformen, da die Ringöffnungen ein bequemeres Einführen und Lagern des Temperaturmeß-

stages ermöglichten. Es wurden bei einer Vorwärmdauer von 20 Minuten in fünf Messungen unmittelbar nach Aufhören der Vorwärmung, Temperaturen von  $750^{\circ}\text{C}$ ,  $720^{\circ}\text{C}$ ,  $600^{\circ}\text{C}$ ,  $620^{\circ}\text{C}$ ,  $780^{\circ}\text{C}$ , sohin im Mittel  $694^{\circ}\text{C}$  in den Köpfen gemessen. Diese Temperaturen erniedrigten sich nach  $3\frac{1}{2}$  Minuten, die durchschnittlich gebraucht werden, um das Blasloch zu dichten und den Tiegelabstich für die Form vorzubereiten, um  $50^{\circ}$ . Die Temperatur der Schiene neben der Gußform betrug 5 Minuten nach dem Abstich in einer Entfernung von 110 mm ab Stoßmitte  $250^{\circ}\text{C}$  und in einer Entfernung von 200 mm  $120^{\circ}\text{C}$ .

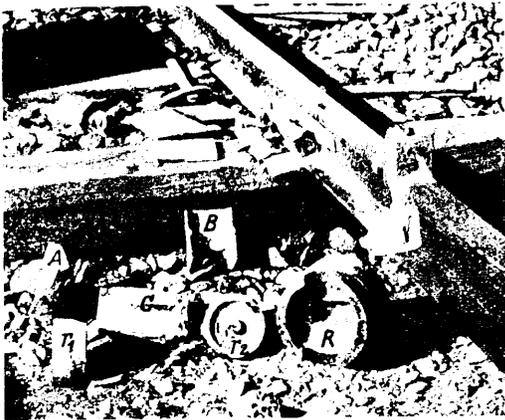


Abb. 19. Schweißstoß nach Abnahme der Gußform mit dem Eingußkopf und daneben liegenden Teilen der abgenommenen Stahlform.

Kopfring R seitliche Spannringe  $r_1$  und  $r_2$   
Seitenkokillen A, B Fußkokille C

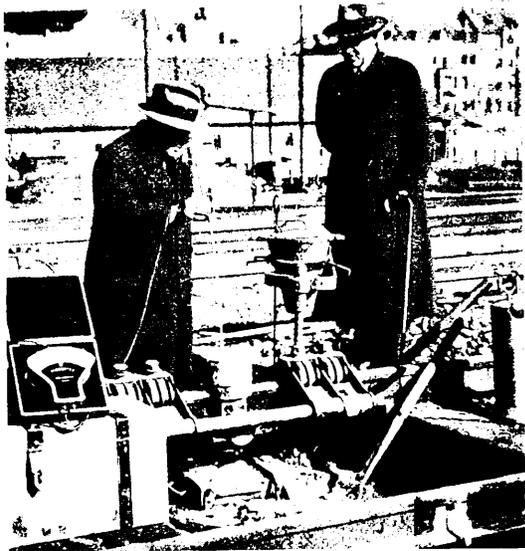


Abb. 20. Temperaturmessungen mittels Pyrometer.

Die Verteilung der Schweißwärme von der Stoßstelle nach dem Schienenende hin ist bei der Stahlgußform eine günstigere als bei der Sandform. Die schmale Stahlgußform ist wärmedurchlässig, die breite Sandform nicht. Erstere gibt daher einen Teil der abfließenden Schweißwärme an die Außenluft ab. Infolgedessen ist die Temperatur der Schiene neben einer Stahlgußform niedriger als bei einer Sandform, trotzdem diese Entfernung von der Stoßstelle aus gemessen im ersten Fall kleiner ist als im zweiten Fall.

Obwohl bei den Versuchen die Gußform zu entsprechen schien, haben sich doch im geschweißten Stoß bei der Anwendung verschiedene Mängel ergeben:

1. Rund um den Schienenkopf bildeten sich zu beiden Seiten der Zwischengußzone kerbartige Einschnürungen (Abb. 21), die auch nach sorgfältiger Befeilung der Fahrflächen noch bemerkbar blieben. Dieser Mangel tritt bei den Sandformen nicht auf. Die Untersuchung ergab, daß die über einem Aluminiummodell ausgestampften und zuvor im Ofen getrockneten Sandformen nicht so dicht um den Schienenkopf schließen, wie die Stahlgußform, besonders nicht bei schon abgenützten Schienen, da der Sand nicht wie bei der Stahlgußform unmittelbar und fest auf den Schienenkopf aufgestampft wird. Bei den Sandformen läuft infolgedessen

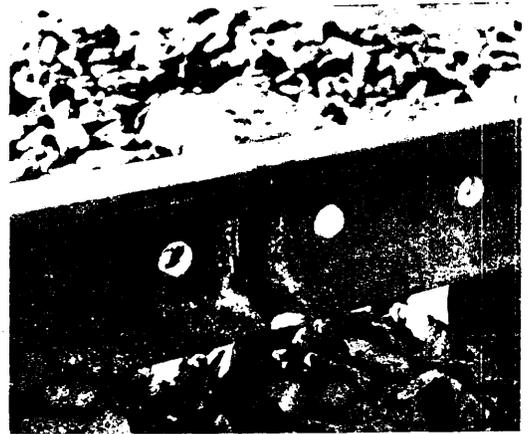


Abb. 21.

Bearbeiteter Schweißstoß mit Einschnürung an der Fahrkante. ein Teil des aluminothermischen Eisens zwischen Schienenkopf- und Formwand und vermittelt hierdurch einen allmählichen Übergang des überstehenden Eisenwulstes zur

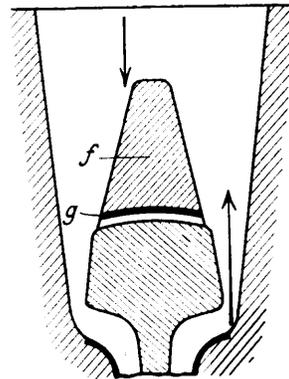


Abb. 22.

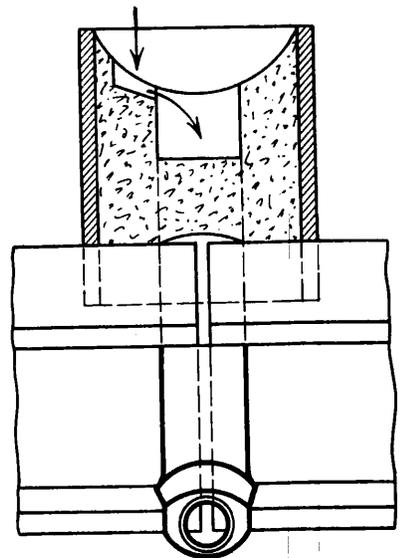


Abb. 23.

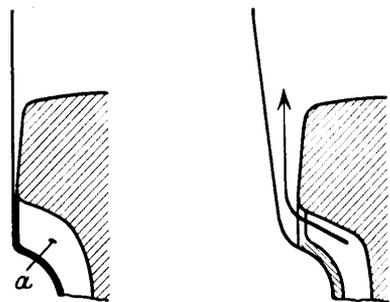
Schiene um die Schweißfuge herum. Bei der Stahlgußform dagegen setzt dieser Wulst scharf an der Schienenkopffläche ab. An diesen Stellen entstehen dann bei Erstarrung des flüssigen Schweißeisens die Einschnürungen. Das Modell wurde geändert und dadurch der Mangel behoben.

2. Wiederholt zeigte sich, daß Lunkerteile durch den Einlauf bis in den Schienenkopf hineinragten. Dies war durch die zu geringe Höhe des Einlauftrichters verursacht.

3. Auch Schlacke drang bei dem Guß bis in den Schienenkopf, wenn der Tiegel nicht genau ausgerichtet war, so daß der Eisenstrahl nicht mitten auf den Scheitelpunkt im Einlauftrichter traf, sondern mehr oder minder einseitig an demselben

vorbeilief (Abb. 22). Die Form wird dann statt zweiseitig, einseitig gefüllt; die Schlacke drückt infolge ihrer lebendigen Kraft beim Fall das Eisen auf der gegenüberliegenden Seite hoch und gelangt so in den Schienenkopf. Deshalb wurde der bisherige gerade zentrale Einlauf dadurch gebrochen, daß man ihn zuvor an der abgeschrägten Formwand aufprallen ließ (Abb. 23). Diese Anordnung gewährleistet sicher den zweiseitigen Einlauf der Schweißmasse in die Form und verhindert, daß die Schlacke noch in das darunter befindliche, an sich schon spezifisch schwerere Eisen eindringen kann.

4. Schwierigkeiten machte endlich die Übergangsstelle des Blechwulstes zum Aluminiummodell des Einlauftrichters.



Um einen dichten Anschluß des Blechwulstes unter dem Schienenkopf zu erhalten, endete die Blechlasche zuerst unter dem Schienenkopf und schnitt mit der unteren Schienenkante ab (Abb. 24). Bei a bildete sich ein toter Winkel, der von dem Gebläsewind nicht erfaßt und ausgeblasen wurde. Es blieben an dieser Stelle Formsand- und

Abb. 24.

Abb. 25.

sonstige Schmutzeinschlüsse liegen, die dann in die Umgebungs-lasche kamen (Abb. 25).

Die ersten 21 Schweißungen litten mehr oder minder unter dem Einflusse vorgenannter Fehlerquellen: zwei Schweißungen, bei denen die Eingußlegierung den Schienenkopf nicht voll ausfüllte, wurden für Versuchszwecke aus dem Gleis entfernt. Die folgende Versuchsreihe von 20 Schweißungen macht einen einwandfreien Eindruck. Über die Bewährung im Dauerbetrieb kann aber noch kein Urteil abgegeben werden. Das Gleis muß erst noch den Winter über unter dem Betriebe beobachtet werden. Auch über die Kosten können noch keine bestimmten Angaben gemacht werden, weil bei den Versuchen nicht auf einen raschen Arbeitsfortschritt, sondern nur auf gute Ergebnisse gesehen wurde.

### Befestigung von Schienen auf Mauerwerk.

Die sichere und dauerhafte Befestigung von Schienen auf Mauerwerkskörpern stößt von jeher auf Schwierigkeiten, die sich mit den zunehmenden Lasten naturgemäß ständig steigern. Obwohl diese Schwierigkeiten längst sattem bekannt sind, hat sich noch keine vollständig befriedigende Lösung gefunden. In neuerer Zeit sind jedoch einige gute Ausführungen aufgetaucht, die besondere Beachtung verdienen.

Zur Beurteilung der verschiedenen Bauarten ist eine Betrachtung nötig, welchen Anforderungen die Befestigungsmittel überhaupt zu genügen haben. Die Hauptkraftwirkung, der lotrechte Druck, bietet die wenigsten Schwierigkeiten: es ist nur eine Höchstspannung von 35 km/cm<sup>2</sup> im Beton zu gewährleisten und dafür Sorge zu tragen, daß am Rande keine Abkeilungen eintreten, was am besten dadurch verhindert wird, daß man die Kraftübertragung möglichst tief in den Mauerwerkskörper hineinverlegt. Dies erfordern auch die infolge der Kontinuität der Schienen in den Befestigungsmitteln auftretenden Zugkräfte. Besondere Rücksicht verlangen die kleinen Pendelbewegungen der Schienenquerschnitte um die theoretischen Auflager, die sich am Schienenfuß in einem Gleiten in der Längsrichtung und einer Winkeländerung äußern. Um sie unschädlich zu machen ist ein Gleitkipplager von Vorteil. Daneben treten Seitenkräfte, Temperaturkräfte usw. auf, denen Rechnung getragen werden muß. Weitere Bedingungen stellt der Einbau, der ein

Das Gesamtergebnis der Versuche mit der Stahlgußdauerform ist zunächst folgendes:

Die Stahlgußform hat sich als eine bemerkenswerte Bereicherung der aluminothermischen Schweißapparatur gezeigt.

Die Benutzung an sich macht keinerlei Schwierigkeiten.

Das Ansetzen der inneren Blechlaschen geht schnell und sicher von statten.

Die äußeren Kokillenteile dichten, mit nassem Klebsand ausgestrichen und auf die Blechlaschen gepreßt, zuverlässig und selbsttätig ab.

Das Zusammenhalten der Kokillenteile durch die beiden Seitenringe und den Kopfring hat sich bewährt.

Die Vorwärmung ist in 25 Minuten gut mit einem Brenner durchzuführen.

Die Form vergießt sich vollständig ruhig.

Die Stahlgußform beseitigt jene minderwertigen Schweißungen, die zu Lasten beschädigter Sandformen zu setzen sind. Diese Verletzungen der Sandformen sind auf dem Transport zur Verwendungsstelle oder beim Ansetzen der trockenen Form an den Schienenstoß oft gar nicht zu vermeiden.

Die Stahlgußform erübrigt den Formtrockenofen mit Heizmaterial, erspart den Former für die Sandformherstellung, macht einen weiteren Mann der Schweißkolonne für Zubringerdienste wenn nicht ganz so doch teilweise entbehrlich, und erniedrigt die Kosten des Formsandverbrauches um etwa 70%.

Die nach den vorbeschriebenen Versuchen mit den neuen Stahlgußformen erzielten Schweißungen scheinen voll zu entsprechen. Es soll einer Fortsetzung dieses Aufsatzes vorbehalten bleiben, dieses durch metallographische und physikalische Untersuchungen des Metallgefüges zu beweisen. Diese Schweißart kann ohne Bedenken den bisher angewandten Verfahren an die Seite gestellt werden: sie verspricht sogar besser zu werden. Neben der technischen Eignung des Verfahrens für die Zwecke der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft ist jedoch auch die Wirtschaftlichkeit von ausschlaggebender Bedeutung. Um hierüber ziffernmäßigen Aufschluß zu erhalten ist es notwendig, noch eine größere Versuchsreihe an stark beanspruchten Betriebsgleisen durchzuführen und Vergleichsberechnungen anzustellen.

leichtes Ausrichten und Vergießen der Befestigungsmittel verlangt, und die Notwendigkeit einer häufigen Auswechslung der Schienen, besonders an den Putzgräben, die eine Trennung der Befestigung der Schiene auf der Unterlage von der Befestigung der Unterlage auf dem Mauerwerk erfordert. Außerdem sollen die Unterlagsteile so ausgestaltet sein, daß sie den Angriffen des Rostes entzogen sind.

Unter teils mehr, teils weniger vollständiger Befolgung dieser Grundsätze haben die einschlägigen Firmen eine Reihe von neuen Konstruktionen geschaffen; insbesondere haben sich die „Vereinigten Flanschenfabriken und Stanzwerke“, Hattingen (Ruhr), die „Rheinische Eisengießerei und Maschinenfabrik“ Mannheim-Neckarsau und das Ingenieurbüro Hahmann, Hannover für die Frage interessiert. Die Konstruktionen zeigen teils die Form von einzelnen einbetonierten Hülsen, an denen die Schiene unmittelbar oder mittels einer Unterlagplatte befestigt wird, teils sind es gegossene oder aus Walzträgern geschnittene Stühle, die mit Ausnahme einiger Rippen ebenfalls vollständig einbetoniert werden. Die Drehbeweglichkeit wird durch Pappelholzwischlagen oder durch Wölbung der Oberfläche erreicht. Rein technisch scheint der Schienenstuhl von Hahmann am besten durchgebildet zu sein, doch kann erst die Zukunft lehren ob nicht die anderen Erzeugnisse in wirtschaftlicher Hinsicht überlegen sind. Sp.

(Gleistechnik 1928, Heft 18.)

## Die Spurkranzschweißung, Ergebnisse und Erfahrungen.

Von Max Reiter, Neuaubing.

Hierzu Tafel 1.

Das Streben nach Erhöhung der Wirtschaftlichkeit hat auf dem Gebiete der Schweißtechnik eine starke fortschrittliche Entwicklung hervorgerufen. So fand das Lichtbogenschweißen auch Anwendung zum Aufschweißen an Spurkränzen von Wagen- und Lokomotivrädern. Im nachstehenden soll über den jetzigen Stand der Entwicklung und die bisherigen Erfahrungen und Versuche unter besonderer Berücksichtigung der Lokomotivreifenschweißung zusammenhängend berichtet werden\*).

### A. Bisherige Erfahrungen und wirtschaftliche Erfolge beim Aufschweißen von Wagenradreifen.

Überwiegend wird die Spurkranzschweißung vorerst bei Wagenradreifen angewandt, da bei diesen die Schweißung keinen Schwierigkeiten begegnet.

Von besonderer Wichtigkeit ist die wirtschaftliche Seite der Spurkranzschweißung. Die nachstehende Übersicht soll die Erfolge zeigen, welche mit der im Reichsbahnausbesserungswerk Neuaubing aufgestellten Spurkranzschweißmaschine in den ersten zwei Betriebsjahren erreicht wurden. Mit dieser Maschine wurden in der Betriebszeit vom 1. 1. 1926 bis 31. 12. 1927 (24 Monate) 107 Lokomotivradreifen und 2743 Wagenradreifen, zusammen 2850 Radreifen aufgeschweißt. Die Arbeitszeit für einen Lokomotivradreifen ist zu setzen gleich der 2,5fachen für den Wagenradreifen. Die Leistung der Maschine entspricht also in 24 Monaten 3011 Wagenradreifen.

Bei jährlich 300 Arbeitstagen ist das eine durchschnittliche Tagesleistung von fünf Wagenradreifen.

Verschweißte Drahtmenge in 24 Monaten . . . . .	9869,0 kg
Verbrauchte elektrische Leistung (einschl. der Hilfsmotoren) . . . . .	45169,0 kWh
Demnach verbrauchte elektrische Leistung je kg verschweißten Draht . . . . .	4,58 kWh
Gesamte Ausgaben (Schweißdraht, Hilfsstoffe, Arbeitslohn, elektrischer Strom, Verzinsung, Zuschlag für allgemeine Unkosten, jedoch ohne Tilgung . . . . .	19570,21 <i>R.M.</i>
Ein kg verschweißter Draht kostet demnach im aufgetragenen Zustand . . . . .	1,98 <i>R.M.</i>
Erspart wurden an Radreifenstahl . . . . .	122347,30 kg
Das entspricht einem Wert von . . . . .	77470,13 <i>R.M.</i>
Durch je ein kg aufgeschweißten Draht im Werte von 1,98 <i>R.M.</i> wurden erspart 12,4 kg nutzbaren Radreifenstahles im Werte von . . . . .	7,90 <i>R.M.</i>
Die Ersparnis beträgt also 3,97 <i>R.M.</i> für je 1 <i>R.M.</i> Aufwand.	

Der Reingewinn betrug in 24 Monaten:

$$77470,13 - 19570,21 = 57899,92 \text{ R.M.}$$

Die Maschine kostete einschl. Aufstellung, elektrische Anschlüsse, Anteil an den Gleisanlagen und nachträglicher wert erhöhender Arbeiten . . . . . 26025,20 *R.M.*

Dieser gesamte Anlagewert war nach 10½-monatlicher Betriebszeit getilgt. Darüber hinaus wurde in weiteren 13½ Monaten Betriebszeit erzielt ein Überschuß von . 31874,72 *R.M.*

Wie aus der Zusammenstellung ersichtlich ist, war die Maschine überwiegend mit dem Aufschweißen von Wagenrad-

reifen beschäftigt. Zudem wurden während der oben erwähnten Betriebszeit zeitraubende Versuche ohne produktive Leistung vorgenommen. Trotzdem ist das wirtschaftliche Ergebnis sehr befriedigend.

### B. Die Entwicklung der Lokomotivreifenschweißung.

Mit Einführung des Spurkranzschweißverfahrens an Wagenrädern ging man auch dazu über Lokomotivreifen nach diesem Verfahren aufzuschweißen. Bei diesen ist die wirtschaftliche Ersparnis um ein Vielfaches höher als bei den Wagenradreifen. Es müssen nämlich sämtliche Reifen der gekuppelten Radsätze einer Lokomotive wegen eines scharfen Reifens abgedreht werden, da alle den gleichen Laufkreisdurchmesser besitzen müssen. Durch das Aufschweißen derartiger scharfer Reifen könnten also jedesmal mehrere 100 kg wertvolles Reifenmaterial vor dem Spänekasten gerettet werden.

Man erlebte jedoch schon bei den ersten Versuchen die unangenehme Überraschung, daß einzelne Lokomotivreifen nach erfolgter Schweißung sprangen und zwar spätestens in dem Augenblick, in dem der Drehstuhl auf der Raddrehbank am Radreifen angesetzt wurde. Nach dem Abdrehen ist noch kein Reifen gesprungen. Man vermutete, und zwar mit Recht, wie vorgenommene Versuche zeigten, daß allzu große Schrumpfspannungen den Bruch begünstigen könnten. Weiter nahm man an, daß die Gegengewichte der Lokomotivräder infolge ihrer ungleichen Massenverteilung bei der Erwärmung durch das Schweißen ein Unrundwerden des Felgenkranzes bewirken. Diese zusätzlichen Spannungen begünstigen den Bruch des Reifens.

Leider konnte bis jetzt dieser Erscheinung noch nicht mit Erfolg begegnet werden. Auch war bis jetzt noch keine klare Gesetzmäßigkeit der Brüche zu beobachten. Es sprangen sowohl kleine wie große Reifen, der Durchmesser scheint also keinen Einfluß zu haben. Dagegen liegen die Brüche fast durchweg in der Nähe des Gegengewichtes oder ihm gegenüber. Rekrystallisationserscheinungen können auf keinen Fall als Ursache angenommen werden. Jedenfalls genügen die angeführten Vermutungen nicht, um die Bruchursache zu klären. Bei den Wagenradreifen wurden derartige Erscheinungen bis jetzt nur in ganz vereinzelt Fällen beobachtet.

Anfangs suchte man dem Springen der Reifen dadurch zu begegnen, daß man die Schweißmaschinen mit Bretterwänden umbaute oder sie in eigens dafür bestimmten abgeschlossenen Räumen aufstellte, so z. B. im Reichsbahnausbesserungswerk Neuaubing, um die Reifen vor Zugluft während des Schweißvorganges zu schützen. Ausserdem wurden die Reifen vor Beginn der Schweißung durch Gasbrenner mit Preßluftgebläse auf etwa 200° C angewärmt und nach beendigter Schweißung mit Decken umhüllt zum Schutz gegen zu schroffe Abkühlung. Man ließ die umhüllten Reifen vorerst auf Holzunterlagen stehen um zu vermeiden, daß sie vorzeitig auf die Schienen gestellt werden. Alle diese Maßnahmen erwiesen sich aber im Laufe der Zeit mehr oder weniger als ungenügend.

Um nun über die Spannungsverhältnisse aufgeschweißter Reifen ein Bild zu bekommen, wurden im Reichsbahnausbesserungswerk Neuaubing zwei Versuchsreihen durchgeführt.

Als Versuchsstücke standen zur Verfügung:

- Lokomotivräder der bayr. Gattung B IX mit 1870 mm Laufkreisdurchmesser und Zugfestigkeiten von 75, 80 und 81 kg/mm<sup>2</sup> in den Laufflächen und 70, 80 und 80 kg/mm<sup>2</sup> in den Stirnflächen, ermittelt nach der Härte.

\*) Gollwitzer, Aufschweißen von Radspurkränzen, Organ Heft 11 vom 15. September 1924. — Gollwitzer, die Wirtschaftlichkeit der Spurkranzschweißung, Eisenbahnwerk, Heft 11, 1926.

- b) Speichenwagenräder mit Zugfestigkeiten von 60 und 62 kg/mm<sup>2</sup> in den Laufflächen und 55 und 62 kg/mm<sup>2</sup> in den Stirnflächen, ebenfalls ermittelt nach der Härte.

### I. Versuchsreihe:

Verhalten der Trennfugen beim Aufschneiden von geschweißten und ungeschweißten Reifen mit einem Sägeblatt von 4 mm Dicke.

#### a) Wagenradreifen:

Bei einem geschweißten Reifen blieb nach dem Schnitt eine Trennfuge von 1,5 mm bestehen; bei einem ungeschweißten schlossen sich die Schnittflächen unter starkem Druck vollkommen.

#### b) Lokomotivreifen:

Aufgeschnitten wurden zwei geschweißte und ein ungeschweißter Reifen. Von den geschweißten Reifen öffnete sich die Schnittfuge des einen auf 18 mm, die des andern ging sofort nach dem Schnitt unter starkem Druck zusammen; ebenso verhielt sich die Schnittfuge des ungeschweißten Reifens.

Die Anzahl der Versuchsreifen war zu gering, um ein klares Bild darüber geben zu können, in welcher Art das Aufschweißen die Spannung im Reifen beeinflusst. Das Verhalten geschweißter Radreifen dürfte anscheinend mehr oder weniger von der Größe der Schrumpfspannung, die in dem Reifen durch das Aufziehen noch vorhanden ist, beeinflusst werden.

### II. Versuchsreihe:

Messen der Temperatur und der dadurch bedingten Formänderungen von Reifen, Felge und Gegengewicht beim Vorwärmen, Schweißen und Abkühlen.

Untersucht wurden:

#### a) Wagenradreifen:

1 Stück gelaufener Radreifen, abgedreht, Felge beim Schweißen nicht gekühlt.

1 Stück gelaufener Radreifen, nicht abgedreht, Felge beim Schweißen nicht gekühlt.

#### b) Lokomotivreifen:

1 Stück gelaufener Radreifen, nicht abgedreht, Felge beim Schweißen nicht gekühlt.

1 Stück gelaufener Radreifen, leicht abgedreht, Felge beim Schweißen nicht gekühlt.

1 Stück gelaufener Radreifen, nicht abgedreht, Felge beim Schweißen gekühlt.

Der Temperaturverlauf während der Vorwärmung, Schweißung und Abkühlung und die Formänderungen sind in der Abb. 1 bis 4, Taf. 1 dargestellt. Bei den Temperaturkurven sind auf der Abszisse die Zeitpunkte der Ablesungen — jedes Thermometer wurde nach je einer 1/4 Umdrehung abgelesen —, auf der Ordinate die dazugehörigen Temperaturen aufgetragen. Vom Ende der Schweißung bis zur Beendigung der Abkühlung wurde nach jeder Umdrehung eine Pause von einer halben Stunde eingeschaltet. Bei den Formänderungskurven sind nur die wichtigsten dargestellt, und zwar jeweils die Formänderung während der dritten Umdrehung der Schweißung und der darauffolgenden ersten Umdrehung der Abkühlung.

Die Anordnung der Thermometer ist für Wagenräder aus Textabb. 1 und 2, für Lokomotivräder aus Textabb. 3, 4a und b ersichtlich. Die Textabb. 1 und 3 geben auch die Anordnungen der Vorrichtung, die zum Messen der Formänderung benützt wurde, wieder. Die Vorrichtung ist ähnlich einem Stangenzirkel ausgebildet, an dessen einem Ende zwei verstellbare Reißnadeln angebracht sind. Das andere Ende ist als eine um den Achsschenkel drehbare Hülse aus-

gebildet. Der Achsschenkel lag bei diesen Lokomotivrad-sätzen außen.

In die blanken Stirnflächen des Reifens und der Felge wurden im kalten Zustande, also vor der Schweißung oder

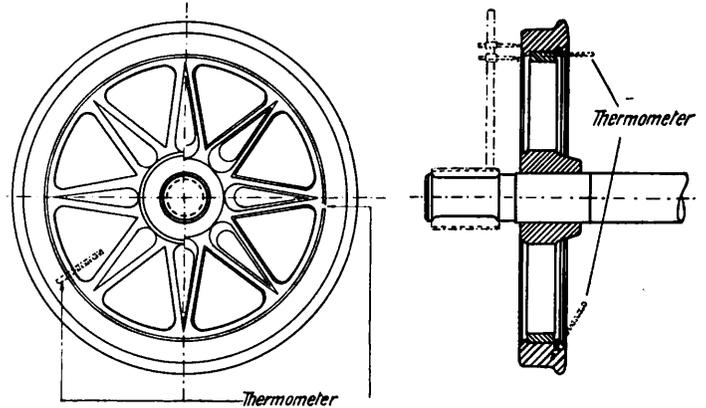


Abb. 1. Anordnung der Thermometer und des Stangenzirkels zum Messen der Temperaturen und Formänderungen beim Spurkranzschweißen von Wagenrädern.

Vorwärmung, je ein Kreis eingeritzt. Während des Arbeitsvorganges wurde dann über jeder Speiche der angerissene Kreis nachgeprüft und gegebenenfalls die Veränderung des Halbmessers festgestellt.

Vorgewärmt wurden nur die Lokomotivräder; die Wagenräder wurden ohne Vorwärmung geschweißt. Das Vorwärmen bei Lokomotivradreifen erfolgte durch zwei Gasflammen, die 90° vor und hinter den Elektroden angeordnet waren. Durch Asbestplatten war dafür gesorgt, daß die Flammen nur den Radreifen, nicht die Felge oder die Speichen trafen.

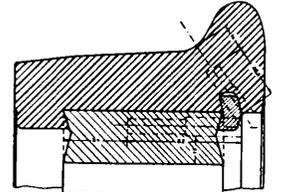


Abb. 2. Lage der Bohrungen im Reifenquerschnitt (Wagenradreifen) für die Aufnahme der Thermometer.

#### c) Beobachtungen bei den Versuchen:

1. Gelaufenes Wagenrad, abgedreht (hierzu Abb. 1a und b, 3a auf Taf. 1):

Die Felge dehnte sich während des Schweißens bedeutend stärker aus als der Reifen. Am Ende der dritten Umdrehung

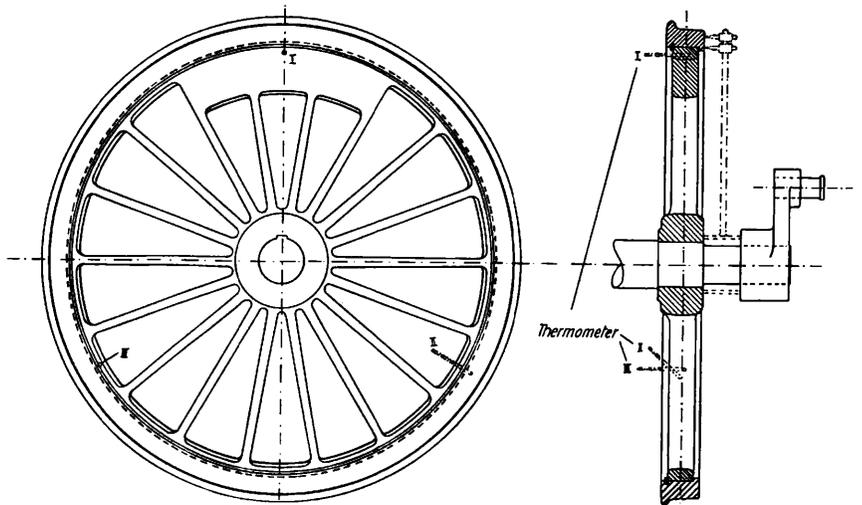


Abb. 3. Anordnung der Thermometer und des Stangenzirkels zum Messen der Temperaturen und Formänderungen beim Spurkranzschweißen von Lokomotivrädern.

betrug die Ausdehnung der Felge bis zu 100 v. H. mehr als die des Reifens.

Die Temperatur des Reifens steigt von Beginn der

Schweißung bis die Meßstelle eine  $\frac{1}{4}$  Umdrehung zurückgelegt hat. Von hier ab bleibt sie annähernd gleich, bis die Elektroden wieder erreicht sind. Während der zweiten Umdrehung wiederholt sich der Vorgang. Die höchste Temperatur mit  $140^{\circ}\text{C}$  wird während der dritten Umdrehung erreicht. Von da ab fällt die Temperatur ziemlich rasch auf etwa  $90^{\circ}\text{C}$ , um sich dann langsam und stetig abzukühlen.

Die Felgentemperatur verhält sich ähnlich wie die des Reifens mit dem Unterschied, daß die Temperatur hier wesentlich rascher und höher ( $170^{\circ}\text{C}$ ) steigt. Deshalb überschneiden sich auch beide Kurven. Dieser Vorgang läßt auf ein ziemlich rasches Abfließen der Wärme in die Felge schließen.

Die Abkühlung der Felge verläuft, wie die des Reifens, stetig. Zu Beginn der ersten Umdrehung ist sogar noch ein Steigen der Temperatur zu beobachten. Entsprechend ihrer stärkeren Ausdehnung, hervorgerufen durch die höhere Temperatur, nimmt sie ihre ursprüngliche Form auch wieder später ein als der Reifen.

Zweifellos treten durch den Unterschied der Temperatur und Ausdehnung zwischen Felge und Reifen im letzteren ganz erhebliche Spannungen auf.

2. Gelaufenes Wagenrad, nicht abgedreht (hierzu Abb. 1c und d, 3b auf Tafel 1):

Im Gegensatz zu obigem steigt hier die Reifentemperatur rascher und höher. Höchste Temperatur des

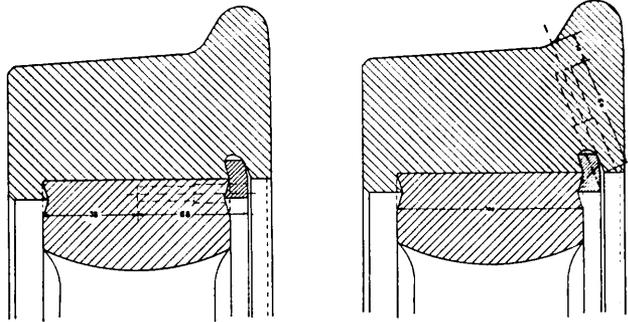


Abb. 4a.

Abb. 4b.

Abb. 4a und 4b. Lage der Bohrungen im Reifenquerschnitt (Lokomotivradreifen) für die Aufnahme der Thermometer.

Reifens etwa  $170^{\circ}\text{C}$ , der Felge  $160^{\circ}\text{C}$ . Der Unterschied ist nicht wesentlich. Daß die Reifentemperatur höher lag, kommt auch in der stärkeren Formänderung des Reifens zum Ausdruck.

Auffallenderweise hatten Felge und Radreifen bei der Abkühlung schon nach der zweiten Umdrehung ihre ursprüngliche Form wieder eingenommen.

3. Lokomotivrad nicht abgedreht, Felge nicht gekühlt (hierzu Abb. 3c und f, 4c auf Tafel 1):

Hier sind die Temperaturen und die Ausdehnungsverhältnisse ganz ähnlich denen unter 1. Die höhere Temperatur der Felge bedingt eine größere Ausdehnung. Das Gegengewicht bleibt in bezug auf Temperatur naturgemäß unter dem Reifen und der Felge infolge seiner Masse.

Die Abkühlung erfolgte entsprechend den vorhergegangenen Erwärmungsvorgängen.

4. Lokomotivrad, abgedreht, Felge nicht gekühlt (hierzu Abb. 3c und d, 4b auf Tafel 1):

Die Temperaturen und Formänderungen sind dieselben wie unter 2. Bei höherer Reifentemperatur haben wir auch eine stärkere Ausdehnung des Reifens. Die verschiedene Ausdehnung der Felge und des Reifens dürfte lediglich auf ungleiche Schrumpfspannung zurückzuführen sein.

5. Lokomotivrad, nicht abgedreht, Felge gekühlt (hierzu Abb. 3a und b, 4a auf Tafel 1):

Die Felge wurde durch Auflegen von nassen Schmierpolstern zwischen die Speichen gekühlt. Die Schmierpolster wurden während der Versuche wiederholt mit kaltem Wasser

getränkt. Der Einfluß der Kühlung zeigte sich schon bei der Vorwärmung. Felge und Reifen dehnten sich trotz derselben Vorwärmungsart nicht in dem Maße aus, wie unter 3. und 4. Im Gegensatz hierzu betrug die Ausdehnung des Reifens gegenüber der Felge bis zu 150 v. H. mehr, was natürlich auf eine geringere Felgentemperatur schließen läßt als unter 3. und 4. Die Temperatur des Gegengewichtes ist bei allen drei Versuchen annähernd dieselbe. Da die nassen Polster innerhalb der Speichen auf das Gegengewicht aufgelegt wurden, war der Einfluß der Kühlung auf die große Masse des Gegengewichtes unbedeutend.

Nach Beendigung der Schweißung wurde die Felge nicht weiter gekühlt. Sie hatte entsprechend ihrer geringeren Temperatur ihre ursprüngliche Form wieder sehr rasch eingenommen.

Wie schon eingangs erwähnt ist die Zahl der Versuche zu gering, um ein abschließendes Urteil zu ermöglichen.

Das verschiedene Maß der Formänderung des Reifens und der Felge hat seine Ursache wohl darin, daß beim Schweißen diejenige Temperatur, auf die seinerzeit beim Aufschrumpfen der Radreifen angewärmt wurde, nicht mehr erreicht wird. Wie aus den Temperaturkurven zu ersehen ist, betrug die höchste Temperatur im Reifen etwa  $170^{\circ}\text{C}$ . Dagegen beträgt die Temperatur beim Aufschrumpfen etwa  $250^{\circ}\text{C}$ . Der Reifen hat also im Gegensatz zur Felge überhaupt keinen Grund seine Form unter dem Einfluß seiner eigenen Erwärmung zu verändern. Seine wirkliche Ausdehnung wird wohl zum großen Teil nur durch den Innendruck der erwärmten Felge hervorgerufen.

Zweifellos begünstigen die dadurch im Reifen entstehenden Spannungen das Eintreten von Brüchen und bilden somit ein Gefahrmoment. Die Kühlung der Felge kann also nur günstig wirken. Jedoch wird auch sie Brüche kaum ganz vermeiden können.

Würde man die Temperatur der Felge auf etwa  $20\text{--}30^{\circ}\text{C}$  halten können, so wären dieselben Wärmeverhältnisse im Reifen vorhanden, wie beim Aufschrumpfen. Es besteht allerdings der Unterschied, daß der Reifen bereits auf der Felge sitzt. Auch wird beim Aufziehen der Reifen am ganzen Umfang erwärmt, während beim Schweißen die Wärme nur an zwei Stellen zugeführt wird. Eine Felgentemperatur von  $20\text{--}30^{\circ}\text{C}$  während der Schweißung läßt sich durch Kühlung praktisch wohl kaum einhalten. Außerdem könnten die Brüche trotzdem nicht verhindert werden, aus Gründen, die später noch ausführlicher besprochen werden sollen.

Überraschend niedrig war die Temperatur, die innerhalb des Radreifens in einer Entfernung von nur  $10\text{--}12\text{mm}$  von der Schweißstelle auftritt. Da in der letzteren der Reifenstahl flüssig ist, also eine Temperatur über  $1400^{\circ}\text{C}$  besitzt, muß das Abfließen der Wärme von der Schweißstelle aus über den ganzen Reifenquerschnitt in einem sehr steilen Gefälle erfolgen. Daraus erklärt sich die verhältnismäßig hohe Felgentemperatur gegenüber dem Reifen.

Die Beobachtung dieser Tatsache scheint mir von allgemeiner Wichtigkeit für die Erkenntnis von Schweißvorgängen zu sein.

### C. Bruchursache bei geschweißten Lokomotivradreifen.

Die Auftragschweißung dient hauptsächlich der Wiederherstellung abgenutzter Massenteile. Meistens wird von einer derartigen Schweißung verlangt, daß sie hohen Verschleißwiderstand besitzt, dagegen wird im allgemeinen auf Dehnung und Kerbzähigkeit weniger Wert gelegt. Demnach könnte man Draht beliebig hoher Härte aufschweißen, um den gewünschten Verschleißwiderstand zu erreichen. Die Erfahrung lehrt aber, daß dies nur bedingt richtig ist und daß dabei verschiedene Einflüsse zu berücksichtigen sind, wie Form und Härte des

Werkstückes, Verwendungszweck usw. Der C-Gehalt des Auftragsmaterials darf höchstens bis 0,2 v. H. betragen, wenn Brüche vermieden werden sollen.

Nun ist es aber bei der Lokomotivreifenschweißung bis jetzt, trotz Verwendung von ganz weichem Schweißdraht (etwa 0,1 v. H. C), noch nicht gelungen, Brüche ganz zu vermeiden. Alle bisherigen Versuche konnten diesem Übel noch nicht abhelfen und vermochten auch nicht die Bruchursache restlos aufzuklären.

Im folgenden soll nun das Springen aufgeschweißter Lokomotivreifen durch Betrachtung der Lichtbogenschweißung vom metallurgischen Standpunkt aus näher untersucht werden.

In diesem Falle werden zwei Stoffe durch Schmelzen der Oberfläche des Werkstückes und des Zusatzstoffes miteinander fest verbunden. Die im Augenblick des Schweißens noch flüssige Stelle besitzt eine Temperatur von etwa 1400° C. Infolge der mehr oder weniger großen Masse des Werkstückes wird die durch den Lichtbogen zugeführte Wärme in einem sehr steilen Gefälle abgeleitet, wie oben festgestellt wurde. Unmittelbar nach Verlassen des Lichtbogens ist die eben noch flüssige Schweißstelle bereits erstarrt und bis etwa 200° C abgekühlt. Die Schweißstelle durchläuft also sämtliche Phasen

durchgewärmt ist und dann abgeschreckt wird, wird hier das kalte Werkstück an der Oberfläche zum Schmelzen gebracht, während das Innere kalt bleibt. Die Oberfläche hat das Bestreben sich entsprechend der Abkühlung mit dem Schweißgut, da beide Teile festverbunden sind, zusammenzuziehen bzw. das Volumen zu verkleinern. Daran wird es aber durch das Innere des kalten Reifens gehindert. Folglich ist das Schweißgut gezwungen, ein größeres Volumen einzunehmen als ihm zusteht und als es einnehmen würde, wenn die Schweiße für sich allein abkühlen würde.

Zu den reinen Wärmespannungen treten dann noch Spannungen, die durch die ungleiche Verteilung der Gefügebestandteile hervorgerufen werden, welche überdies verschiedene spezifische Volumina besitzen. Das Auftreten von Martensit am Rande und Troostit oder Sorbit im Übergang bedingt auf Grund des höheren spezifischen Volumens des Martensits das Auftreten von Spannungen, letzten Endes haben aber auch die Gefügespannungen ihren Ursprung in der ungleichen Abkühlung.

Eine Folge der verschiedenen Abkühlung ist also das Auftreten von Spannungen, Volumenänderungen usw. und es besteht die Gefahr, daß an der Oberfläche der Schweiße Haarrisse auftreten, so daß der Reifen an der Oberfläche einreißt.

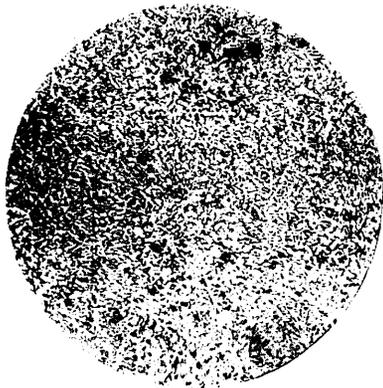


Abb. 5. Kleingefüge der Schweißstelle, martensitische Struktur, 100fach vergrößert.

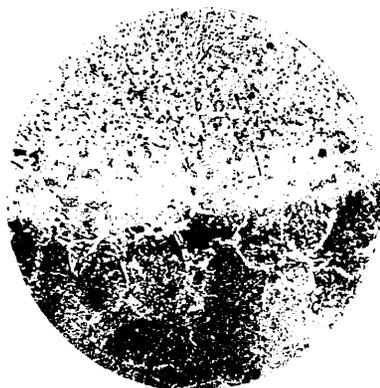


Abb. 6. Kleingefüge der Übergangsstelle, in der Hauptsache sorbitische Struktur, 100fach vergrößert.



Abb. 7. Radreifenmaterial Ferrit-Netzwerk, 100fach vergrößert.

der Erstarrung und Abkühlung in wenigen Sekunden, weshalb die Abkühlung nicht mehr als solche im üblichen Sinne zu bezeichnen ist, sondern einer Abschreckwirkung wie beim Härten gleichkommt. Wir finden auch, wie beim Härten, in der Schweißzone in der Hauptsache martensitische Struktur (Textabb. 5), in der Übergangszone Abschreck-Troostit übergehend in Sorbit (Textabb. 6) und im eigentlichen Werkstück, je nach Beschaffenheit, mehr oder weniger Perlit (Textabb. 7).

Wie schon erwähnt, wird beim Aufschweißen von Radspurkränzen Draht von höchstens 0,1 v. H. C-Gehalt verwendet, so daß der Einwand erhoben werden könnte, ein Material mit derartig geringem C-Gehalt sei nicht härtbar. Demgegenüber muß darauf hingewiesen werden, daß auch ein niedrigkohlenstoffhaltiges Material in der Lage ist beim Abschrecken seine Härte zu steigern. Der Gefügebau einer Lichtbogenschweißung ist also, wie Textabb. 5 bis 7 zeigen, ganz ähnlich einem unvollkommen durchgehärteten Werkstück mit dem Unterschied, daß wir es bei letzterem im Kern nur mit Troostit bzw. Sorbit und in der Oberfläche mit Martensit zu tun haben. Folglich treten auch bei der Lichtbogenschweißung dieselben störenden Nebenerscheinungen wie beim Härten auf.

Die Temperatur- und somit auch die Abkühlungsunterschiede und die dadurch bedingten Volumenänderungen sind hier noch wesentlich größer als beim Härten. Während dort das zu härtende Werkstück zunächst vollkommen gleichmäßig

Dies wird um so eher eintreten, je kleiner die Bruchdehnung gegenüber der erforderlichen Dehnung ist. Naturgemäß treten also von der Schweißstelle aus ausgeprägte Materialspannungen auf, die sehr häufig ohne äußere Ursache zum Bruch führen in Form von radialen Rissen, die sich in allen Fällen durch den ganzen Querschnitt des Reifens fortsetzen. Die Hauptursache des Springens aufgeschweißter Lokomotivradreifen ist also unzweifelhaft das Auftreten dieser gefährlichen Haarrisse, man kann sie auch Härterisse nennen. Selbstverständlich wird infolge der geringeren Bruchdehnung die Bruchgefahr um so größer, je höher die Festigkeit des Werkstückes und des Zusatzstoffes ist (vergl. Textabb. 8 und 9). Bei beiden Bildern besitzt das Werkstück eine Festigkeit von etwa 60 kg/mm<sup>2</sup>, während der Schweißdraht bei Textabb. 8 etwa 0,5—0,6 v. H. C und bei Textabb. 9 etwa 1 v. H. hat. Die infolge Materialspannung aufgetretenen Risse, die bis in das Werkstück hineinreichen, sind in diesen Bildern sehr deutlich zu erkennen.

Die Erscheinung, daß mit zunehmender Festigkeit des Werkstückes und des Zusatzstoffes die Bruchgefahr steigt, ist bei der Spurkranzschweißung einwandfrei festgestellt worden. Während beim Aufschweißen von Wagenradreifen das Springen nur ganz vereinzelt auftrat, ist dies bei Lokomotivreifen wesentlich häufiger der Fall. Bis jetzt sind 3—5 v. H. aller geschweißten Lokomotivreifen gesprungen, wodurch aber die Wirtschaftlichkeit in keiner Weise in Frage gestellt wird. Nach den Lieferbedingungen des Reichsbahn-Zentralamts Berlin

sind für die einzelnen Reifensorten folgende Festigkeiten vorgeschrieben:

- Lokomotivreifen 80—92 kg/mm<sup>2</sup>
- Tenderreifen 70—82 kg/mm<sup>2</sup>
- Triebwagenreifen je nach Beanspruchung 70—92 kg/mm<sup>2</sup>
- Wagenradreifen 60—72 kg/mm<sup>2</sup>.



Abb. 8. Makroskopisch geätzt, Lichtbogenschweißung mit Schweißdraht von 0,5 bis 0,6 v. H. C-Gehalt, nat. Größe.

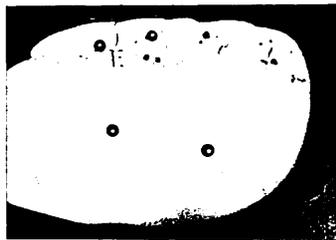


Abb. 9. Ungeätzt, Lichtbogenschweißung mit Schweißdraht von 0,1 v. H. C-Gehalt, nat. Größe.

Hieraus ist zu ersehen, daß die Lokomotivreifen, die beim Schweißen am meisten zum Zerspringen neigen, die höchste Festigkeit besitzen. Dabei soll aber nicht gesagt sein, daß nicht auch Reifen mit geringerer Festigkeit springen. Jedenfalls ließ sich eine Gesetzmäßigkeit noch nicht feststellen.

Letzten Endes liegen bei der Spurkranzschweißung gegenüber anderen Lichtbogenschweißungen die Verhältnisse noch besonders ungünstig. Der Reifen ist ein geschlossener Ring, der an und für sich schon eine beträchtliche Spannung durch das Aufschrumpfen besitzt. Außerdem wurde bei gesprungenen Reifen zum Teil eine erhebliche Überhitzung des Reifens selbst festgestellt, die naturgemäß, infolge des ungünstigen Einflusses



Abb. 10. Überhitztes Radreifenmaterial, starke Kornvergrößerung, 165fach vergrößert.

auf die Dehnung, den Bruch begünstigt (Textabb. 10). Diese Überhitzung ist nicht etwa auf die Schweißung zurückzuführen, sondern es waren, wie mikrographische Untersuchungen zeigten, die Überhitzungserscheinungen auf dem ganzen Querschnitt zu beobachten, müssen also aus der Fertigung des Reifens stammen.

Daraus, daß außer den bereits erwähnten Umständen noch verschiedene andere Einflüsse, wie ungleiche Massenverteilung infolge des Gegengewichts, zu hohe Festigkeit — es wurden auch schon Festigkeiten, ermittelt nach der Härte von 100 kg/mm<sup>2</sup> und mehr festgestellt — den Bruch begünstigen, dürfte der Umstand zu erklären sein, daß nur einzelne Reifen springen.

#### D. Vermeidung des Bruches von geschweißten Reifen.

Das Schweißen beeinflusst den Reifen insofern, als die Spannung im Reifen erhöht und die Dehnung vermindert

wird, mit anderen Worten, das Schweißen stellt eine Oberflächenstörung dar, der einzelne Reifen nicht gewachsen sind, so daß sie zu Bruch gehen.

Die Spannung könnte am einfachsten dadurch vermindert werden, daß man den Reifen rotwarm aufschweißt, was aber vorerst aus praktischen und wirtschaftlichen Gründen undurchführbar ist. Deshalb müssen die zukünftigen Versuche eine erhöhte Vorwärmung und eine verzögerte Abkühlung zu erreichen suchen. Könnte die Schweißbraupe unmittelbar nach der Schweißung einige Zeit im Temperaturgebiet der plastischen Formänderung erhalten werden, so würden sich die Spannungen in der Schweißbraupe durch bleibende Formänderungen ausgleichen und die Haarrisse könnten vermieden werden.

Der Schweißdraht muß im aufgetragenen Zustand eine möglichst große Dehnung besitzen, um die entstehenden Spannungen bei der Abkühlung aufnehmen zu können, damit das Auftreten von Haarrissen vermieden wird. Dem sind natürlich durch den verlangten Verschleißwiderstand bestimmte Grenzen gezogen.

Gegenwärtig sind Versuche zur Vermeidung von Brüchen im Gange, die sich in der entgegengesetzten Richtung bewegen. Man will durch schroffes Abkühlen der geschweißten Reifen unmittelbar hinter dem Lichtbogen die Wärmeeinwirkung auf kleinsten Bereich beschränken.

Es ist nicht anzunehmen, daß durch dieses Verfahren die ungleiche Abkühlung der Schweißstelle etwa gleichmäßiger und so die Ungleichheit der Gefügebestandteile vermieden wird. Die Abkühlung kann, um den Lichtbogen nicht zu beeinflussen, nur in einer bestimmten Entfernung davon erfolgen und somit auf den Kristallisationsvorgang der Schweißstelle keinen Einfluß mehr ausüben. Man kommt also mit der Wasserkühlung zu spät. Im Moment des Abkühlens ist der Kristallisationsvorgang schon beendet und die Haarrisse sind bereits vorhanden.

Unsere Versuche zielen dahin, einmal eine verzögerte Abkühlung zu erreichen, damit sich, wie schon erwähnt, die Spannungen in Form von bleibenden Formänderungen ausgleichen können. Andererseits versuchen wir durch eine geeignete Legierung der Schweißung die Verschleißfestigkeit zu erhöhen, damit sie den Anforderungen des Betriebes genügt. Mit dem jetzt verwendeten Draht kann die verlangte Härte nicht immer erreicht werden.

Neuerdings wird ein Schweißdraht auf den Markt gebracht, der im Kern eine Schlackenseele besitzt\*). Vorgenommene Versuche zeigten, daß mit dem Draht trotz des niedrigen C-Gehaltes (< 0,1 v. H.) eine größere Härte als bisher beim Spurkranzschweißen erreicht wird. Der künstliche Schlacken-

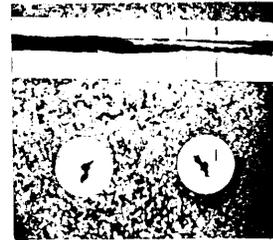


Abb. 11. Schweißdraht mit Schlackenzusatz im Quer- und Längsschnitt, Zweifach vergrößert.



Abb. 12. Kleingefüge einer Lichtbogenschweißung mit schlackenhaltigem Draht, 100fach vergrößert.

\*) Fuchs, Richtlinien zur Beurteilung und Abnahmeversuche für blanke Schweißdrähte. Elektrotechnik und Maschinenbau, Heft 22, 1928, Seite 39 und Z. V. d. I. (1928) Nr. 33, S. 1151.

zusatz wirkt wie eine Ummantelung des Drahtes. Beim Schweißen sondert sich die Schlacke auf der Oberfläche der Schweiße ab, wodurch die Abkühlung etwas langsamer verläuft. Da die Versuche noch nicht abgeschlossen sind, kann

noch kein endgültiges Urteil abgegeben werden. Textabb. 11 zeigt den Draht im Quer- und Längsschnitt, Textabb. 12 das Kleingefüge einer mit diesem Draht ausgeführten Schweißung.

## Brennstofftagung der Welt-Kraftkonferenz 1928 in London.

In der Zeit vom 24. September bis 6. Oktober d. Js. hat in der großen Halle des Kaiserlichen Instituts in London die zweite Teiltagung der Weltkraftkonferenz stattgefunden, die sich mit der Gewinnung und Auswertung der Brennstoffe für die Energieerzeugung beschäftigte, wie auf der ersten Teiltagung im Jahre 1926 in Basel die Ausnutzung der Wasserkräfte hierfür erörtert worden war (Organ 1926, Seite 410). Die vorbereitenden Schritte für eine zweite Volltagung der Weltkraftkonferenz, die für das Jahr 1930 in Berlin in Aussicht genommen ist, sind damit geschehen. Da auch heute noch trotz des zunehmenden Ausbaues der Wasserkräfte zur Energieerzeugung 80% der Welt-Energieerzeugung aus den Brennstoffen erfolgt, so ist es erklärlich, daß das Interesse an der Londoner Brennstofftagung sehr groß war. Etwa 1500 Delegierte und Repräsentanten aus 47 verschiedenen Ländern waren erschienen und 167 Berichte lagen der Tagung aus 20 Ländern vor, von denen etwa 15% auf Deutschland entfielen. Die Tagung wurde durch den Präsidenten der Weltkraftkonferenz Marquis of Reading eröffnet und Sir Robert Horne hielt die Eröffnungsrede, in der er von der großen Bedeutung der Tagung für alle Teilnehmer ausging, die auf ihr sicherlich viele Anregungen für das Gedeihen ihrer Länder erhalten würden. Es war kennzeichnend für die Tagung, daß in den Berichten wie in der Aussprache neben den wissenschaftlichen und technischen Erörterungen die Frage des schließlich für die Wirtschaft der Länder praktischen Erfolges in den Vordergrund trat. Auch machte sich das wachsende Streben, die Qualität und Auswertung der Brennstoffe auf wissenschaftlicher Grundlage zu bessern, stark bemerkbar. Um hier internationale Erfolge zu erzielen, ist eine internationale Verständigung über Benennungen, Analysen, Prüfungsmethoden usw. für die Brennstoffe in erster Reihe erforderlich. Es wurden daher auch diesbezügliche Resolutionen gefaßt. Das Internationale Exekutivkomitee der Weltkraftkonferenz wurde ersucht, geeignete Schritte zu tun, 1. um eine internationale Benennung für die Klassifikation von Kohle in Hinblick auf ihre Eigenschaften und ein einheitliches System für die Bestimmung der fundamentalen Eigenschaften herbeizuführen, 2. um eine Übereinstimmung in der praktischen Anwendung des oberen und unteren Heizwerts fester, flüssiger oder gasiger Brennstoffe, die zum genauen Vergleich von Wirkungsgraden und Brennstoffkosten wünschenswert ist, zu erzielen, 3. um zu der notwendigen Verständigung zwischen Erzeugern und Verbrauchern von Kohlenstaub eine internationale Normung zur Probenahme, Feinheit, Siebung von Kohlenstaub und zur Prüfung der Kohlenstaubmühlen durchzuführen.

Wie ersichtlich sind diese Punkte grundlegend für jede Brennstoffwirtschaft, die heute bereits mustergültig im Betriebe der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft durchgeführt ist. Der Tagung lag ein Bericht der D.R.G. „Mitteilungen über die Brennstoffwirtschaft der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft“ vor, der vom Reichsbahndirektor Ernst Harprecht und einer Anzahl Mitarbeiter aus der D.R.G. verfaßt worden ist. In dem Bericht werden die Maßnahmen beschrieben, welche die D.R.G. zur Überwachung der Brennstoffwirtschaft getroffen hat. Die drei Hauptgebiete dieser Überwachung sind 1. Güteprüfung, Abnahme und Lagerung, 2. Verwendung der Brennstoffe, 3. Überwachung des Brennstoffverbrauches. Auch zu der Brennstoffwirtschaft anderer Eisenbahnen, wie der Polnischen und Belgischen, lagen Berichte vor. Die Belgischen Bahnen müssen ihren Bedarf an Kleinkohlen mit etwa 2,400,000 t jährlich aus 200 Gruben decken und deren Lieferung über 100 Verbrauchsstellen verteilen. Die Kohlen sind in ihrer Güte sehr verschieden und werden auf Grund ihrer Eigenschaften im richtigen Verhältnis sorgfältig in vier großen Misch- und Sortieranlagen gemischt. Die Überwachung erfolgt in einem Zentral-Laboratorium und drei über die Gruben verteilten Laboratorien. Letztere setzen auch den Preis für die Kohlen je nach ihrer Beschaffenheit fest. Der Preis steigt oder fällt um  $2\frac{1}{2}\%$  je 1% Asche unter oder über  $12\frac{1}{2}\%$  und fällt um 1% je 1% Wasser über 5%.

Allgemein wird heute dem Reinigen und Mischen der Kohlen große Beachtung geschenkt. Letzteres setzt eine gute Sortierung der Kohlen voraus. Das Reinigen der Kohlen erhöht wohl die Kosten, aber infolge Fortfalls der Berge in den Kohlen verringern sich die Transportkosten und der Schwefel- und Phosphorgehalt ist kleiner, so daß Kessel- und Ofenanlagen von den Verbrennungsgasen weniger angegriffen werden. Um auch den Wassergehalt der Kohlen nicht unnötig durch Naß-Reinigung zu erhöhen, wendet man sich heute der Trocken-Reinigung zu. Hierzu sind mit Luft arbeitende Verfahren entwickelt worden, wie der „Vee“-Reiniger und neuerdings der „Static Dry Washer“ von Raw und Ridley, bei dem durch statischen Luftdruck eine Schichtung des Materials, der Kohle und der Berge, nach der Dichte stattfindet. Nach diesem Verfahren werden Kohlen in der Korngröße von 7 bis 0 mm in einem Arbeitsgang gereinigt und sortiert. Beim Mischen gut sortierter Kohlen hat sich gezeigt, daß der durch die Kohlenmischung erzielte Heizeffekt größer ist, als wenn jede Kohlenart für sich verbrannt wird.

Ein weiteres wichtiges Gebiet ist die Verbilligung der Elektrizität, um ihre Verwendungsmöglichkeit zu erweitern und die Wirtschaftlichkeit anderer Gebiete, auf denen sie bereits Verwendung findet, zu erhöhen. Dies gilt auch für den Verkehr und dessen elektrisch betriebene Fahrzeuge. Die Kohlenstaubeuerung, die die Verwendung minderwertiger Brennstoffe ermöglicht und bei der die Kohle um 20% besser ausgenutzt wird als wenn sie als Rohkohle verbrannt wird, findet bei den großen Elektrizitäts-Kraftwerken zunehmenden Eingang. Die Kesselanlagen arbeiten heute bereits mit den höchst erreichbaren Wirkungsgraden, so daß kaum noch Verbesserungen möglich sind. Dasselbe gilt für die maschinellen Anlagen. So sieht man die Möglichkeit einer Verbilligung der Erzeugungskosten nur noch in der Verringerung der Anlagekosten und in einer chemischen Verarbeitung der Kohle mit anschließender Verbrennung der Rückstände zur Dampferzeugung. Zur Verringerung der Anlagekosten sucht man von besonderen Trocknungsanlagen für die Kohle freizukommen. Man strebt dem geschlossenen Einheitsystem zu, bei dem die Brenner aus dem Rohkohlenbunker durch eine Kohlenstaubmühle, einen Kohlenstaubbehälter und Leitungen bedient werden. Die Kohle wird durch die heißen Abgase des Kessels in der Mühle selbst getrocknet. Die Staubbehälter der einzelnen Kessel stehen miteinander durch Schrauben-Förderer in Verbindung, so daß stets volle Belastung der Mühle beibehalten werden kann und bei gesteigertem Dampfbedarf Staub den Behältern entnommen werden kann. Eine weitere Vereinfachung und Verbilligung der Kesselanlage ist dadurch möglich, daß der Kohlenstaub von der Mühle unmittelbar zum Brenner geht, wobei Staub-Förderer, Behälter, Leitungen usw. entfallen. Die Mühlen sind für das Mahlen von Kohlen mit höherem Feuchtigkeitsgehalt bei geringstem Energieaufwand noch weiter zu entwickeln. Die Belastung der Brennkammern in WE/m<sup>3</sup>h ist durch entsprechende Wandgestaltung noch zu steigern, so daß die Brennkammern kleiner werden können. Die Konstruktion von Brennern mit guter Durchwirbelung von Kohlenstaub und Luft ist zu fördern, da dies, wie es sich bei den Kohlenstaub-Lokomotiven gezeigt hat, die Wärmebelastung der Brennkammer wesentlich steigert. Die Einheitsanordnung führt zu Spezialkesseln, die noch weiter durchzubilden sind. Ein wohlfeiler Flugaschenfänger fehlt noch.

Der zweite Weg zur Verbilligung der Elektrizität ist die chemische Verarbeitung der Kohle vor der Verbrennung. Hierzu lag der Tagung ein Bericht von Professor Dr.-Ing. Rosin vor: „Kupplungsmöglichkeiten zwischen Kohlenveredlung und Elektrizitätserzeugung“, in dem das neuzeitliche Schmelzkraftwerk behandelt wird. Als einfachste Form eines solchen wird die von der J. Pintsch A.-G. im Reichsbahnwerk Brandenburg-West eingerichtete Anlage bezeichnet. In dieser werden in zwei 500 qm-Kesseln die Braunkohlenbriketts vorgeschwelt, wobei 60% ihres Teergehalts gewonnen werden, während das entteerte

Spülgas mit einem Heizwert von 1700 cal/cbm dem Kessel wieder als Hilfsfeuerung zugeleitet wird. Eine vollkommene Ausbeute der Schwelprodukte ist aber nur in einem Braunkohlenschwelkraftwerk, wie das von der Kohlenveredlungsgesellschaft der AEG bei Göllzau errichtet wurde, zu erhalten, auf dem die Kohle in stehenden Geißenöfen verschwelt wird. Der Koks wird vermahlen und zu 50% mit Trockenkohlenstaub vermischt in Linke-Hofmann-Schwelstaubkesseln verbrannt.

Eine andere Anordnung für ein Steinkohlen-Schwelkraftwerk in Dunston der Newcastle-upon-Tyne Elektrizitätsgesellschaft beschreibt R. P. Sloan in seinem Bericht „The economic utilisation of fuel in the production of Electricity“. Die Kohlenverschmelungsanlage liegt im Kesselhaus und der Koks aus den Retorten wird unmittelbar durch Schraubenförderer dem Vorschub der Kesselheizung zugeführt. Durch den Wert des Koks und der Nebenprodukte aus der Verschmelung werden die Kosten für die Rohkohle wie für die Bedienung und Unterhaltung der Schwelanlage gedeckt und ein Überschuß von 3 sh 1 d für die t Kohle erzielt, die den Erzeugungskosten für die Elektrizität zugute kommen.

Eine weitere Möglichkeit zur Verbilligung der Erzeugungskosten der Elektrizität liegt in einer Verbesserung des Belastungsfaktors der Werke. Dies kann durch Einebnung der Täler der Belastungskurve infolge Stromangabe für Kochen, Warmwasser und Heizung zu den verschiedensten Zwecken und durch Kappen der Spitzen erfolgen, indem diese aus der Stromabgabe industrieller Werke gedeckt werden. Hierdurch können auch die Reserven der Werke kleiner sein, was gleichfalls den Belastungsfaktor erhöht. Vornehmlich ist hierbei an die Zusammenarbeit der Elektrizitätswerke mit den Kokereien, Hütten- und Stahlwerken gedacht, deren überschüssige Gase zum Antrieb von Gasmaschinen und zur Dampferzeugung für Turbo-Generatoren benutzt werden.

Größte Aufmerksamkeit wird der Beschaffung hinreichender und guter flüssiger Brennstoffe für den ständig wachsenden Kraftfahrzeugverkehr geschenkt. Den Bedarf preiswert zu bedienen, ist bisher nur durch erhöhte Produktion an Rohöl, durch gesteigerte Erträge an Benzin beim Kracken des Rohöls und verbesserte Krackverfahren für die Verarbeitung schwerer Öle und Rückstände aller Art auf Benzin, und durch die Entwicklung der Naturgas-Benzinindustrie möglich gewesen. Günstig war hierbei, daß auch für die in der Ölindustrie anfallenden Produkte wie Schmieröl und Straßenoberflächenmaterial ein wachsender Markt vorhanden ist, und im Krackverfahren die verschiedensten Kohlenwasserstoffe gewonnen werden, die in den verschiedensten Industrien von größter Bedeutung sind. Gleichwohl müssen mit dem zunehmenden Bedarf an Benzin Mittel gesucht werden, um seinen Verbrauch einzuschränken. Die Möglichkeit hierzu wird in einer Erhöhung des Wirkungsgrades der Benzinmotoren durch Steigerung des Kompressionsgrades in Verbindung mit geeigneter Gestaltung des Verbrennungsraumes und in einer weiteren Entwicklung des schnelllaufenden Dieselmotors gesehen, damit dieser bis zu einem gewissen Grade an die Stelle des Benzinmotors tritt. Hierdurch würde nicht allein Benzin gespart, sondern auch die Verwendbarkeit vorhandener Öle gesteigert werden. Höhere Kompressionsgrade erfordern bessere Benzinqualität, die standfest ist, so daß die Erscheinung des „Klopfens“ der Motoren nicht auftritt. Gegenmittel gegen das Klopfen, die dem jetzigen Benzin zugesetzt werden, wie die Herstellung von Benzinen im dampfförmigen Krackverfahren mit höheren Temperaturen, würden dies erreichen lassen. Auch die Verbesserung der Straßen wird zu einer Ersparnis an Benzin führen.

Zum Stand der Verwendung von Schwerölen in schnelllaufenden ortsbeweglichen Motoren lag ein Bericht von Dr.-Ing. W. Riehm der Tagung vor, in welchem die verschiedenen in letzter

Zeit in Deutschland entwickelten Diesel-Fahrzeugmotoren beschrieben und auf ihre Verwendung zum Antrieb von Lastwagen, Omnibussen, Eisenbahntriebwagen, kleineren Lokomotiven eingegangen ist. Auch geht die neuere Entwicklung dahin, auch für Lokomotiven mit großen Leistungen Dieselmotoren mit höherer Drehzahl zu verwenden.

Ein Bericht von P. Yanaushevsky „Versuche mit Diesel-Lokomotiven auf den Russischen Staatsbahnen“ geht besonders auf die in den letzten Jahren aus Deutschland bezogenen Lokomotiven von je 1100 bis 1200 PS ein, von denen die ältere elektrische Kraftübertragung vom Motor auf die Triebäder, die andere Zahnradübersetzung mit Schaltung der einzelnen Gänge durch magnetische Kupplungen hat. Beide Lokomotiven verkehren im regelmäßigen Dienst. Die erste hat 64353 km, die zweite 20560 km in 12 Monaten zurückgelegt. Ein Vergleich der Betriebskosten für Löhne, Brennöl, Licht, Schmierung, Reinigung, kleine Reparaturen und Wasserverbrauch der beiden Diesellokomotiven und einer Dampflokomotive gleicher Leistung zeigt, daß die der Diesellokomotiven etwa 76% der der Dampflokomotive betragen. Bezogen auf 10000 tkm stellten sie sich bei der Dampflokomotive auf 10,40, bei der elektrischen Diesellokomotive auf 8,33 und bei der Zahnrad-Diesellokomotive auf 8,02 Chervonnez-Rubel. In Anbetracht der kurzen Betriebsdauer kann ein endgültiges Urteil über die Bewährung der Diesellokomotiven noch nicht abgegeben werden.

Abschließend sei noch auf einen Bericht von M. T. Lindhagen „Die Anwendung luftgekühlter Kondensatoren für Lokomotiven“ eingegangen. Eingehende Untersuchungen haben es ermöglicht, eine hinreichende Kühlfläche mit besonders wirksamen Kondensatorelementen in dem durch das Ladeprofil beengten Raum auf der Lokomotive unterzubringen. Die Kühlelemente bestehen aus flachen, 150 mm breiten Kupferrohren, die auf der Breitseite mit unter 15° schräg liegenden Rippen besetzt sind, so daß die vom Ventilator gegen sie geblasene Luft gut durchwirbelt wird. Eine Turbinenlokomotive der Bauart Ljungström der Argentinischen Eisenbahnen wurde mit einem derartigen Kondensator von 28 qm Kühlfläche ausgerüstet. Bei Versuchen im geschlossenen Schuppen mit Temperaturregulierung wurde folgendes Ergebnis erhalten: Dampfdruck 18 kg/qcm abs, Dampftemperatur 375°C, Enddruck 0,7 kg/qcm abs bei einer Lufttemperatur von 40°C und einer Leistung von 1480 PS bzw. Enddruck 0,3 kg/qcm abs bei einer Lufttemperatur von 20°C und einer Leistung von 1870 PS. Versuchsfahrten mit der Lokomotive auf einer 797 km langen Strecke zwischen Tucumán und Santa Fé ergaben folgendes:

Versuch	Datum 1926	Luft- temperatur		Vakuum		Ölverbrauch l/1000 tkm	Wasser- verbrauch l/h	Durchschn. Zuggewicht t
		in der Sonne	im Schatten	max	min			
1.	23.—25. 3.	35 °C	27 °C	68,7	62	10,37	200	920
2.	13.—15. 6.	28 °C	19 °C	78,2	68,7	11,92	210	920
3.	17.—19. 9.	30 °C	18 °C	72,7	64,6	8,5	190	1600
4.	23.—25. 11.	37 °C	30 °C	68,6	61,9	10,8	210	1320

Zu diesen Versuchen wird noch besonders auf den Brennstoffverbrauch hingewiesen, der bei einem 300 t-Zug 19 bis 24,5 kg/1000tkm bei einem 1600 t-Zug 8 bis 9,5 kg/1000 tkm betrug, so daß der beste Betrag für den 300 t-Zug doppelt so hoch ist wie der höchste Betrag für den 1600 t-Zug.

Przygode.

### Schienenschweißungen vor 85 Jahren.

Es dürfte ein merkwürdiger Zufall sein, daß gerade in Nürnberg, wo in den letzten Jahren die ersten Versuche größeren Umfanges mit der Schweißung von Eisenbahnschienen vorgenommen wurden (s. Organ 1927/1 u. ff.) schon in den ersten Jahren des Bestehens der ersten deutschen Eisenbahn dort dies Verfahren angewandt wurde. Im Geschäftsbericht der Nürnberg-

Fürther Ludwig-Eisenbahn-Gesellschaft für das Jahr 1842 wird hierüber folgendes berichtet:

„Da sich an den Stößen oder Köpfen der Schienen häufig Risse oder Spalten zeigten, deren Vermehrung oder Erweiterung eine zunehmende Unbrauchbarkeit besorgen ließen, so wurde der Versuch gemacht, diese Spalten mit neuem Schmiedeeisen

auszuspannen und zusammenzuschweißen. Dieses gelang vollkommen und es werden nun auf diese Weise alle mangelhaften Schienen mit geringen Kosten erneuert und gerichtet, so daß sie noch mehr als eine Generation überdauern werden, da sie seit sieben Jahren kaum merklich auf einer Seite angegriffen

sind und nach langjähriger Abnutzung dieser Seite auf die andere gewendet werden können.“

Wenn auch die damaligen Schweißungen nicht zum Zwecke der Stoßverbindung ausgeführt wurden, hat man doch damit eine durchlaufende Verbindung des Materials erreicht. M—f.

## Buchbesprechungen.

**Dr. Ing. R. Kirehhoﬀ** „Die Statik der Bauwerke“, I. Band. zweite neubearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag W. Ernst & Sohn. Berlin 1928.

Der in zweiter Auflage vorliegende erste Band der „Statik“ umfaßt die statisch bestimmten Gebilde von den Grundlagen bis zu den Raumfachwerken und deckt sich im wesentlichen mit der ersten Auflage. Er ist aber in den einschlägigen Abschnitten den neuen Berechnungsvorschriften der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft gemäß neu bearbeitet und in den übrigen Teilen durch neue, für die Praxis wichtige Beispiele und durch ausführliche Behandlung von Gebieten, die dem Anfänger besondere Schwierigkeiten bereiten, erweitert worden. Da das Buch mit sorgfältiger Schreibweise alle Aufgaben ausführlich und leicht verständlich behandelt, kann es sowohl Anfängern als Lehrmittel, als auch Fortgeschrittenen als Nachschlagewerk wärmstens empfohlen werden.

Karig.

**Industrie-Öfen**, Band 1. Von W. Trinks, Professor des Maschineningenieurwesens am Carnegie Institute of Technology in Pittsburgh, Pa. U. S. A. Din A 5, VIII/352 Seiten mit 283 Abbildungen und 14 Zahlentafeln. In Leinen gebunden *RM* 16.— für VDI-Mitglieder *RM* 14,40. 1928. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7.

Der Verfasser hat durch die Herausgabe seines amerikanischen Buches „Industrial Furnaces“ in deutscher Übersetzung weiteren Kreisen der deutschen Technik einen Wissensstoff zugänglich gemacht, der wegen seiner Vielseitigkeit, Übersichtlichkeit und Sammlung sicher sehr geschätzt und oft benutzt werden wird. Er behandelt die Verwendungsgebiete verschiedenartigster Öfen, die den Zweck haben, Werkstücke für bestimmte Arbeitsverfahren auf eine Werkstücktemperatur zu bringen, wobei die Beschickung derselben satzweise oder kontinuierlich, die Beheizung mit gasförmigen, flüssigen Brennstoffen oder durch den elektrischen Strom erfolgt.

**Mahlke-Troschel**, Handbuch der Holzkonservierung. Zweite, neu bearbeitete Auflage. Berlin. 1928. Verlag Julius Springer. Preis *RM* 29.—.

Das Buch, zu dem sich der Herausgeber einen Stab von zwölf Spezialisten als Mitarbeiter gesichert hat, ist nach der Klarheit seines Aufbaus, nach der Behandlung des Stoffes und der Abbildungen geradezu mustergültig zu nennen. Im ersten Hauptteil ist die Biologie des gesunden und des kranken Holzes behandelt. Der zweite Abschnitt führt die Konservierung des Holzes in lichtvoller Behandlung vor. Ausgezeichnet in diesem

Abschnitt ist insbesondere die Darstellung der Holzimprägnierstoffe, die in dieser Vollständigkeit und wissenschaftlichen Auswertung kaum noch irgendwo zu finden ist. Im dritten Hauptteil sind von namhaften Fachleuten die Anwendungsgebiete getränkter Hölzer behandelt: Im Eisenbahn-Oberbau (von Bräunung bearbeitet), im Bau elektrischer Freileitungen, im Grubenbau, im Wasser- und Schiffbau, im Hochbau, im Straßenbau. Ein kurzer, lichtvoller Abschnitt statistischen Inhalts „Ermittlung der Lebensdauer imprägnierter Hölzer“ schließt das Buch ab.

Das Buch kann auf das wärmste empfohlen werden. Jeder Fachmann, der mit Holztränkung zu tun hat, insbesondere auch der Gleiswirt, findet in diesem Buche lückenlose Aufklärung und reiche Anregungen.

Dr. Bl.

**Die Psychotechnische Versuchsstelle der Reichsbahndirektion Berlin.**

Von Dr. Ing. C. Heydt. Berlin 1928. Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn, Berlin W 8 DIN A 5. 18 Seiten mit 4 Abbildungen. 0,50 *RM*.

Das Büchlein führt in knapper Form in die Aufgaben der Psychotechnik ein und beschreibt die Entwicklung und die Arbeiten der Psychotechnischen Versuchsstelle der Reichsbahndirektion Berlin und im Anschluß daran ihr neu geschaffenes Institut in Berlin-Eichkamp.

**Dr. H. Schmidt-Melms. Die Alpenbahnen.** Wien-Leipzig: Kommissionsverlag, Sollmayersche Buchhandlung 1928.

Verkehrsentwicklung über die Alpen — ausgeführte Bahnen — die wichtigsten Alpenbahnprojekte (Ortler-, Septimer-, Splügen-, Bernhardin-, Greina-, Montblanc-Bahnprojekt).

**Über die Schmierschicht in Gleitlagern und ihre Messung durch Interferenz.** Von Dr.-Ing. Robert Wolff. Heft 308 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Din A 4, VI/25 Seiten mit 20 Abbildungen und 8 Zahlentafeln. Broschiert *RM* 5.— für VDI-Mitglieder *RM* 4,50. (VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7) 1928.

**Das Förderhöhenverhältnis der Kreiselpumpen für die ideale und wirkliche Flüssigkeit.** Von Dr.-Ing. Wilhelm Schulz. Heft 307 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Din A 4, IV/28 Seiten mit 35 Abbildungen und 6 Tafeln / 1928. Broschiert *RM* 5.— für VDI-Mitglieder *RM* 4,50 (VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7).

## Verschiedenes.

**Preisausschreiben der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft für drei neue Rheinbrücken bei Ludwigshafen-Mannheim, Speyer und Maxau\*)**

Die von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft ausgeschriebenene Skizzenwettbewerb für die drei neuen Rheinbrücken bei Ludwigshafen-Mannheim, Speyer und Maxau haben eine sehr rege Beteiligung gefunden. Bis zum Zeitpunkt für die Ablieferung der Arbeiten, dem 13. Oktober 1928, sind einschließlich Nebenentwürfen für die Brücke bei Ludwigshafen-Mannheim 138 Entwürfe, für die Brücke bei Speyer 125 und für die Brücke bei Maxau 124 Entwürfe eingegangen. Die große Zahl der Entwürfe macht es notwendig, die Preisgerichte für die drei Brücken nacheinander zusammentreten zu lassen. Zunächst hat das Preisgericht die Entwürfe für die Brücke bei Ludwigshafen-Mannheim geprüft. Dabei wurden folgende Preise zuerkannt:

Einen 1. Preis von 7000 *RM* dem Entwurf mit der Kennzahl 2141 887. Verfasser Zivilingenieur E. M. Kilgus, Breslau.

\*) Aus der „Reichsbahn“.

Perspektiven dargestellt von Kunstmaler Gerhard Beuthner und Architekt Pfafferott, beide in Breslau.

Einen 2. Preis von 5000 *RM* dem Entwurf mit der Kennzahl 261 074. Verfasser Reichsbahnoberrat Krabbe, Reichsbahndirektion Essen.

Einen 3. Preis von 3000 *RM* dem Entwurf mit der Kennzahl 300 127. Verfasser Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A. G. Werk Gustavsburg bei Mainz, Grün & Bilfinger A. G. Mannheim. Künstlerischer Berater Baudirektor Abel, Köln.

Einen 4. Preis von 2000 *RM* dem Entwurf mit der Kennzahl 777 777. Verfasser Dipl.-Ing. Max Haaf, Mannheim-Neustheim, Mitarbeiter Architekt Wilhelm Vorholz, Ludwigshafen (Rhein).

Zum Ankauf von 1000 *RM* wurden empfohlen:

Der Entwurf mit der Kennzahl 765 894 A. Verfasser Louis Eilers, Hannover-Herrenhausen, Architekt Professor Dr. German Bestelmeyer, München, Kunstakademie, und der Entwurf mit der Kennzahl 7 924 318. Verfasser Professor Dr. Ing. 1. Heft 1929.

Maier-Leibnitz, Stuttgart. Architekt Regierungsbaumeister Alfred Deiber, Stuttgart.

Zum Ankauf mit 500 *RM* wurden empfohlen:

Der Entwurf mit der Kennzahl 135755. Verfasser Professor Dr. Ing. Gaber, Karlsruhe, in Verbindung mit Architekt Esch, Mannheim, und H. Honnert, Dinglingen, und der Entwurf mit der Kennzahl 2211868. Verfasser Bruno Schulz, Berlin-Grunewald, in Verbindung mit Walter Straßmann, Magistrats-Oberbaurat, Berlin-Wilmersdorf, als Architekt.

Sämtliche Entwürfe für die Brücke bei Ludwigshafen-Mannheim werden vom 23. Dezember 1928 bis einschließlich 6. Januar 1929 von 10 bis 18 Uhr im Verkehrs- und Baumuseum, Berlin NW 40, Eingang Invalidenstraße 50, öffentlich ausgestellt.

Es werden nunmehr die Entwürfe für die beiden Brücken bei Speyer und Maxau geprüft werden. Diese Arbeiten werden sich vermutlich bis in den Anfang des nächsten Jahres hinein erstrecken. Sämtliche Entwürfe sollen nach Abschluß der Arbeiten der Preisgerichte öffentlich ausgestellt werden.

### Ergebnis des russischen Preisausschreibens für Wärme-(Diesel-)Lokomotiven.

Bekanntlich haben die Sowjet-Republiken im April 1926 ein Preisausschreiben für Entwürfe und Ausführungen von Wärme-(Diesel-)Lokomotiven erlassen. Das Ergebnis ist jetzt vom Preisgericht bekanntgegeben worden. Eingegangen sind im ganzen 51 Entwürfe, davon 30 aus Rußland selbst, 15 aus Deutschland, 2 aus den Vereinigten Staaten von Amerika, je 1 aus Österreich, Danzig, Bulgarien, Uruguay.

Nach eingehendem Studium der einzelnen zum Wettbewerb eingereichten Wärmelokomotiv-Entwürfe ist das Preisgericht zum Ergebnis gekommen, daß von den beteiligten Entwürfen keiner in vollem Umfang die gestellten „Technischen Bedingungen für die Entwürfe und Ausführungen von Wärmelokomotiven“ erfüllt. Entweder entsprachen sie nicht den Bedingungen des Ausschreibens, oder sie enthielten Konstruktionsteile sowie Vorgänge, welche nicht geeignet sind, eine zuverlässige Wirkungsweise, eine große Lebensdauer und ein wirtschaftliches Arbeiten zu gewährleisten.

Es wurde daher keiner der Bewerbungen ein Preis zuerkannt. Dagegen wird eine Anzahl von Entwürfen, die in ihrer rechnerischen oder konstruktiven Durcharbeitung Bemerkenswertes enthalten, in einer Sammlung vereinigt und veröffentlicht.

Eine ausgeführte Lokomotive wurde zur Bewerbung nicht angemeldet.

### Ergänzung des Wagenparks der Deutschen Reichsbahn.

Die bisherigen Wagen 4. Klasse, die neben den Sitzplätzen zur Zeit noch Stehplätze haben, werden — wie wir dem Deutschen Verkehrsdienst entnehmen — vollständig mit Sitzbänken ausgerüstet werden und infolge dieser Maßnahme in ihrer Ausstattung der 3. Klasse gleichen. Ausgenommen hiervon sind lediglich die Wagen, die für den Traglastenverkehr benötigt werden und hierfür größere freie Räume behalten müssen. Voraussichtlich werden 9000 Wagen die Ausstattung der 3. Klasse erhalten. Sämtliche bisherigen Wagen 4. Klasse werden Fenster Vorhänge erhalten und damit auch in dieser Beziehung den Wagen 3. Klasse gleichen.

Infolge der Aufwanderung der Reisenden aus der 3. in die 2. Klasse müssen neue Wagen der 2. Klasse beschafft werden. Es sind zur Zeit 737 Wagen 2. Klasse im Bau. Für die neuen 2. Klassewagen ist ein neuer Einheitstyp gewählt worden. Dieser neue Einheitstyp wird ein vierachsiger Wagen mit Drehgestellen und einer Länge von über 20 m sein. Er wird einen durchgehenden Mittelgang haben, zu dessen beiden Seiten die Sitzplätze abteilmäßig angeordnet sind. Die Wagen zeichnen sich durch eine angenehme Ausstattung aus und haben nur an den Enden Türen und an Stellen der offenen Plattformen der zweiachsigen Wagen geschlossene Vorbauten. Um das Ein- und Aussteigen zu beschleunigen und zu erleichtern, sind an jedem Wagenende auf jeder Seite zwei Türen vorgesehen. Die Ausrüstung des Toilettenraumes ist wie heute in

den D-Zügen üblich durchgeführt. Einige dieser Wagen werden in den nächsten Tagen in Betrieb gestellt, um besonders die Anordnung der Sitzplätze und die Ein- und Aussteigemöglichkeiten praktisch zu erproben.

### Die Zusammenlegung von Lokomotivbauanstalten

macht weitere Fortschritte. Die Firma Borsig hat das Lokomotivbaugeschäft des „Stettiner Vulkan“ übernommen, einem Werk, aus dem im Lauf der Jahre über 4000 Lokomotiven hervorgegangen sind. Die Betriebe werden in Tegel vereinigt. Durch die Zusammenlegung und die Übernahme aller Konstruktionsunterlagen sowie einiger Spezialeinrichtungen ergeben sich Vorteile hinsichtlich der Preisgestaltung und der raschen Erledigung von Aufträgen auf Lieferung von Lokomotiven und Ersatzteilen.

### Jahresversammlung des Reichsausschusses für Metallschutz.

Der Reichsausschuß für Metallschutz hat unter zahlreicher Beteiligung der interessierten Fachkreise aus allen Teilen Deutschlands seine Jahresversammlung am 22. bis 24. November 1928 in den Räumen des Vereines Deutscher Ingenieure in Berlin abgehalten. Nach kurzer Begrüßung der Teilnehmer gab der Vorsitzende Professor Dr. Maab die am 3. November 1928 unter Mitwirkung von Vertretern der österreichischen Regierung, der Österreichischen Bundesbahnen sowie der Wissenschaft und Industrie erfolgte Gründung eines österreichischen Ausschusses für Metallschutz in Wien bekannt und begrüßte bei diesem Anlasse auch die aus Österreich erschienenen Versammlungsteilnehmer und die im Interesse der Behandlung und Klärung der leider noch so wenig erforschten Korrosionsfragen seitens der beiden Ausschüsse in Aussicht genommene Zusammenarbeit, welche nicht nur für die Erhaltung der Metalle, sondern auch aller übrigen Baustoffe von größter wirtschaftlicher Bedeutung ist. Anschließend daran behandelte Professor Dr. Maab die vom Deutschen Reichsausschuß für Metallschutz im abgelaufenen Jahre durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten, so insbesondere die Einwirkung von Salzlauge auf die verschiedenen Metalle mit Rücksicht auf die Verhältnisse in der Kaliindustrie, ferner die Untersuchungen über den Einfluß des Umschmelzens sowie des Walzens und Ausglühens von Aluminium und über die rostverhütende Wirkung der Mennige. Die Tagung selbst brachte zahlreiche teils wissenschaftliche Untersuchungen teils praktische Erfahrungen behandelnde Vorträge und zwar: Über die Bekämpfung der Rohrkorrosion von Bessig, Berlin-Frohnau; Über den Einfluß der Depolarisation auf die Korrosionsgeschwindigkeiten und ihre praktische Nutzenanwendung von Tödt, Charlottenburg; über die Vorbehandlung von Eisenelektroden bei Korrosionsversuchen von van Wüllen-Scholten, Dresden; über neuere Vergleichsuntersuchungen gewöhnlicher und disperser Mennige von Junk; ferner über Versuche mit Schutzanstrichen im Seewasser von Bärenfänger, Kiel; über die Korrosion des Messings von Haas, Aachen; über Korrosion von Aluminium und Aluminiumlegierungen von Schwinning, Dresden; über die künstliche Korrosion von japanischen Speziallegierungen von Denzo Uno, Kioto, Japan; über die Eisenbeizung von Keller, Halle; über Flüssigkeiten als Betonzerstörer und die Möglichkeiten des Betonschutzes von Grün, Düsseldorf und über die Angriffswirkungen, die im praktischen Betriebe auf feuerfeste Baustoffe ausgeübt werden von Dr. Pulfrieh, Berlin. Die Mehrzahl der Vortragenden hatten ihrer Ausführungen durch lehrreiche Lichtbildervorführungen unterstützt.

Besonderes Interesse erregte ein mit dem Zeitraffer vorgeführter Film über die Zerstörung eines Betonwürfels infolge Einwirkung einer säurehaltigen Flüssigkeit, bei welchem der in 48 Stunden erfolgte vollständige Zerfall des Würfels, dargestellt durch fortlaufende in Zeitabständen von je 1 Minute gemachte Aufnahmen in der Zeit von 3 Minuten vorgeführt wurde. Auf Grund der seitens des Vertreters des österreichischen Bundesministeriums für Handel und Verkehr übermittelten Einladung des österreichischen Bundesministers Dr. Schürff wurde seitens der Versammlung unter lebhaftem Beifall beschlossen, die nächstjährige Tagung des Reichsausschusses im Oktober 1929 in Wien abzuhalten.

Dr. F. G.