

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

Herausgegeben von Dr. Ing. Heinrich Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

94. Jahrgang

15. Januar 1939

Heft 2

Vierte Internationale Schienentagung in Düsseldorf*).

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. Berchtenbreiter, München.

Die erste und zweite Internationale Schienentagung hatten 1929 und 1932 in Zürich, die dritte 1935 in Budapest stattgefunden. Die vierte war gemeinsam von der Deutschen Reichsbahn und dem Verein Deutscher Eisenhüttenleute vorbereitet worden und fand vom 19. bis 23. September 1938 in Düsseldorf statt.

Als Präsident eröffnete Professor Dr. P. Goerens, Essen, diese Tagung am 19. September in den Rheinterrassen. Ihr Schirmherr, Reichsverkehrsminister Dr. Dorpmüller konnte über 400 Teilnehmer, darunter etwa 170 aus 20 verschiedenen Nationen Europas und Amerikas begrüßen. Er führte aus, daß die unscheinbare Schiene das Fundament für den Güter- und Personenverkehr der ganzen Welt darstelle. In Deutschland benutzen 81% der beförderten Tonnen und 91% der beförderten Personen die Schienenwege. Er wünschte schließlich der Tagung, daß sie sich neben dem offenen fachtechnischen Gedanken- und Erfahrungsaustausch auch in völkerverbindendem Sinne für Frieden und für kulturelle Fortschritte der gesamten Menschheit auswirken möge.

Reichsbahndirektionspräsident Dr. Ing. Remy, Köln, sprach dann grundlegend über die verkehrswissenschaftliche Bedeutung der Schienenbahnen. Diese haben trotz aller Fortschritte der übrigen Verkehrsträger ihre Standardaufgabe des Verkehrs der Massen behalten, weil ihre Sicherheit und Pünktlichkeit, ihre Geschwindigkeit und Bequemlichkeit im Personenverkehr, ihre Geeignetheit zur Massenbeförderung von Personen und Gütern und ihre Unentbehrlichkeit für die Landesverteidigung in unübertrefflichem Ausmaße gewährleistet sind.

Die Verbesserung der Linienführung, der Bau dritter und vierter Gleise, die Trennung des Verkehrs nach schnell und langsam fahrenden Zügen, nicht so sehr nach Güter- und Personenverkehr, auch in der Weiterentwicklung ein neues Schnellverkehrsnetz würde überhaupt erst der Schiene die volle Entfaltung ihrer Wirkungsmöglichkeit als Schnellverkehrsmittel ermöglichen. Eine Reihe von Gesichtspunkten für die praktische Arbeit des deutschen Verkehrsbetriebes wurde aufgezeichnet, die der technischen Entwicklung des Schienenverkehrs dienen, dessen Unentbehrlichkeit mehr denn je erhärtet worden ist.

Professor Dr. Ing. E. H. Schulz, Dortmund, führte mit seinem Vortrag „Die Schiene — eine metallurgische Leistung und ein metallurgisches Problem“ mitten in das technische und stoffliche Arbeitsgebiet der Tagung. Von erfahrungsreicher Warte aus schilderte er, wie grundsätzlich gegenläufige Eigenschaften von der Schiene verlangt werden. Er zergliederte die Anforderungen, die einerseits eine hohe Streckgrenze, Härte und Festigkeit, einen großen Verschleißwiderstand, eine erhebliche dynamische Widerstandsfähigkeit und

*) Wir bringen zunächst einen Überblick über die gesamte an Stoff und Erfahrungsaustausch so außerordentlich reiche Tagung und lassen diesem einige Originalbeiträge folgen, die uns von den Berichtern freundlich zur Verfügung gestellt wurden. Diese werden auch in dem im Verlag Stahleisen m. b. H. Düsseldorf, Ludwig-Knickmannstraße 27 erscheinenden vollständigen Kongreßbericht veröffentlicht werden. Ein für das Org. Fortschr. Eisenbahnwes. verfaßter Aufsatz über die Schienenstoßschweißung bei der Deutschen Reichsbahn bildet eine erwünschte Ergänzung.

chemische Beständigkeit, andererseits aber auch große mit all dem nur schwer zu vereinbarende Bestwerte von Verformungsfähigkeit, Eigenspannungsfreiheit und Bruchsicherheit von der Schiene verlangen. Er unterteilte die Art der spezifischen Beanspruchungen für die verschiedenen Querschnittsteile der Schiene und zeigte überzeugend, wie der Beanspruchungswiderstand des Schienenkopfes durch die Verbesserung der Stahlgüte, Manganhartstahl, härtende Wärmebehandlung, Herstellung der Verbundschiene erheblich gesteigert werden konnte. Die Bruchsicherheit des dynamisch anders beanspruchten Schienenfußes erhöhte die Entwicklung leicht legierten Schienenstahles und die Ausbildung eines besonderen Walzverfahrens. Im weiteren zeichnete er die werkstofftechnischen und wirtschaftlichen der Verbesserung der Stahlgüte gesetzten Grenzen, die durch die so vorbildliche auch im Rahmen der Internationalen Schienentagung sich auswirkende Zusammenarbeit von Stahlherstellern und Stahlbenutzern erfolgreich erweitert wurden.

Am 20., 21. und 22. September fanden die technischen Sitzungen unter dem Vorsitz des Präsidenten der früheren Tagungen Professor Dr. Ing. M. Roš, Zürich, statt. Angesichts des Umfangs des zu behandelnden Stoffes wurden die angemeldeten Berichte, deren gedruckte Vorabzüge die Tagungsteilnehmer bereits in Händen hatten, nicht mehr mündlich vorgetragen, sondern lediglich zur Besprechung gestellt. Die Berichte können im Rahmen dieses Tagungsberichtes nicht einmal auszugsweise angeführt werden. Sie werden allen Interessenten in dem wohl bald erscheinenden vollständigen Kongreßbericht über die Vierte Internationale Schienentagung zugänglich gemacht werden. Im folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse der Aussprache zusammengefaßt dargestellt.

Die technische Sitzung 1 behandelte in vier Berichten die Frage „Spannungen und Auswirkungen auf das Gleis“. Es sprachen Oberingenieur Dr. Ing. K. Schönrock, Rheinhafen über „Die Höhe der Eigenspannungen in verschiedenen behandelten Schienen“, Professor Dr. M. T. Huber, Warschau über „Die eigentlichen Ursachen und Merkmale der Verwerfungsgefahr eines geraden lückenlosen Gleises“, und Professor Dr. Ing. F. Raab, Karlsruhe über „Die Wirkung der in Vignol-Langschienenbahnen entstehenden Spannungen auf den Oberbau“.

Es wurde festgestellt, daß die Eigenspannungen durch geeignete Erzeugungsmaßnahmen, wie chemische Zusammensetzung, Wärmebehandlung und Art des Richtens heute in solchen Grenzen gehalten werden können, daß sie keine praktisch mehr in Betracht kommende Beeinflussung der Ermüdungsfestigkeiten und der Bruchsicherheit der gesunden Schienenstähle verursachen.

Bei dem lückenlosen Gleis und schon bei der Verlegung von Langschienen werden an die Zugfestigkeit und an die Knicksicherheit wesentlich höhere Anforderungen gestellt. Diese Fragen können noch nicht als restlos gelöst angesehen werden. Es wird empfohlen, sie durch theoretische und baustofftechnische Untersuchungen in allerengster Verbindung mit den Erfahrungen an solchen Versuchsgleisen weiter zu klären und auf der nächsten Schienentagung darüber zu berichten. In gleicher Weise bedürfen auch die mit der Ver-

legung und der Unterhaltung solcher Gleise zusammenhängenden Erscheinungen noch eingehender Besprechung.

Die technische Sitzung 2 war der Frage „Abnutzung“ gewidmet. Es sprachen Dott. Ing. C. Zocchi, Verona, über „Theorie der mechanischen Abnutzung“, Professor Dr. Ing. E. Siebel, Stuttgart, über „Der Einfluß der Versuchsbedingungen bei der Verschleißprüfung“, Diplomingenieur A. Eichinger, Zürich, über „Abnutzungsversuche mit Schienen- und Radreifenstählen“, Dr. E. Brandenberger, Zürich, über „Röntgenographische Kennzeichnung des Schienenwerkstoffes und der Abnutzungsflächen“, Dipl.-Ing. H.-O. Lange, Hamburg, über „Die Abnutzung der Schienenfahrfläche bei Straßenbahnen“ und Reichsbahnoberrat Dr. Ing. R. Kühnel, Berlin, über „Untersuchungen an Riffelschienen“. Aus den Erörterungen der sechs Berichte, die die Theorie der Abnutzung, die Verschleißprüfung und besondere Betriebsbeobachtungen zur Abnutzungsfrage behandelten, ergab sich, daß die Aufgabe, verschleißfeste Schienen zu erzeugen, als praktisch gelöst betrachtet werden kann. Wenn auch die Lieferwerke den heutigen jeweiligen Anforderungen an den Verschleißwiderstand entsprechende Schienen herstellen können, so ist doch der den Verschleißwiderstand fördernden Härte wegen ihres Zähigkeitsmindernden und daher die Bruchgefahr steigenden ungünstigen Einflusses eine gewisse obere Grenze gesetzt. Die Verschleißprüfung ermöglicht wohl einen gewissen Vergleich des in Laboratoriumsversuchen gemessenen Verschleißwiderstandes mit dem Abnutzungsverhalten von in Strecken verlegten Schienen, sie ist aber nur von erfahrenen Fachleuten ausführbar und wird für die Abnahmeprüfung als ungeeignet angesehen. Für eine Sonderart des Verschleißes, die Riffelbildung an Stadtbahn- und Eisenbahnschienen, deren Ursachen noch nicht voll geklärt sind, werden weitere Untersuchungen für angebracht gehalten.

In der technischen Sitzung 3 wurden in vier eingehenden Berichten „Fragen der Betriebserfahrung“ besprochen. Es sprachen Direktor bei der Reichsbahn V. Herwig, Berlin, über „Die Schienenbruchstatistik der Deutschen Reichsbahn“, Direktor i. R. Dr. Ing. J. Bartel, Budapest, über „Kerbzähigkeit im Betrieb gebrochener Eisenbahnschienen“, Oberingenieur Dipl.-Ing. G. Mandel, Hamburg, über „Was lehrt die Auswertung einer 25jährigen Statistik über die Liegezeiten von Schienen?“ und Baudirektor Dipl.-Ing. Kühn, Essen, über „Betriebserfahrungen mit Rillenschienen im Straßenbahnbau“.

Die Erörterungen dieses Fragegebietes konnten dahin zusammengefaßt werden, daß die Auswertung einer Schienenbruchstatistik erkennen läßt, wo Verbesserungen im Schienenwerkstoff und in den baulichen Ausbildungen von Gleisen getroffen werden können, daß sie ferner auch Hinweise für die Liefervorschriften und Abnahmeprüfungen gibt. Die Bekanntgabe solcher nach dem Vorbild von V. Herwig geführten Statistiken auf der nächsten Schienentagung wird für sehr erwünscht gehalten, wobei auch die Straßenbahnen erhöhte Beachtung finden sollten.

Die technische Sitzung 4 befaßte sich in drei Berichten mit der „Prüfung und Abnahme“, wobei umfangreiche Prüfungsergebnisse im Laboratorium und zweckmäßige Abnahmeprüfungen für Schienen mitgeteilt wurden. Es sprachen Professor Dr. Ing. h. c. M. Roš, Zürich, und Dipl.-Ing. A. Bianchi, Bern, über „Prüfung im Laboratorium und Erfahrungen mit Einstoff-, Zweistoff- und wärmebehandelten Schienen“, Reichsbahnoberrat Dr. Ing. R. Kühnel, Berlin, über „Zweckmäßige Abnahmeprüfungen für Schienen“ und Professor C. C. Teodorescu (Rumänien) über „Über den zahlenmäßigen Vergleich der Seigerung in Walzprofilen“.

Die Zusammenfassung der Erörterungsbeiträge ergibt, daß die Bruchsicherheit und Verschleißbeständigkeit der

Schienen durch die Festlegung der Zugfestigkeit bzw. der Härte, sowie der Zähigkeit, die der Schlagbiegeversuch oder der statische Biegeversuch gut kennzeichnet, genügend sicher nachgewiesen werden können. Die chemische Zusammensetzung sollte dem Erzeuger weitgehend freigestellt werden, die Dauerfestigkeits- und Verschleißversuche sollten, wenn sie auch nicht für Abnahmeprüfungen geeignet sind, aber doch um der Weiterentwicklung der Schienenstähle willen und im Interesse der wissenschaftlichen Forschung weiter ausgeführt werden.

In der technischen Sitzung 5 standen sechs Berichte „Fragen allgemeiner Bedeutung“ zur Erörterung. Es sprachen Professor Dr. P. Forcella, Rom, und Comm. Dott. Ing. A. Steccanella, Florenz, über „Einfluß der Form und des Werkstoffes auf die Haltbarkeit von Eisenbahnbaustoffen“, Direktor F. Daussy, Hayange (Moselle), über „Verbesserung des Schienenfußes durch ein besonderes Walzverfahren“, C. J. Allen, Barnet (England), über „Erzielung der Verschleiß Eigenschaften der früheren Stahlschienen“, Professor Dr. mont. R. Walzel, Leoben (Steiermark), über „Fortschritte an Eisenbahnoberbau-Stählen in Deutsch-Österreich“, Dr. J. Friedli, Zürich, über „Vergleichende Korrosionsversuche mit Schienenstählen“ und Dr. R. V. Baud, Zürich, über „Zur Ermittlung des günstigsten Stegprofils von Eisenbahnschienen“. Ihr Ergebnis kann dahin zusammengefaßt werden, daß es durch geeignete chemische Zusammensetzung, Verarbeitung und Wärmebehandlung gelungen ist, bruch-sichere und verschleißfeste Einstoff- und Zweistoff-Schienen zu erzeugen. Weitere Berichte über die Zuverlässigkeit und Treffsicherheit der Erzeugung dieser Schienen werden auf der nächsten Tagung gewünscht, ebenso soll die Frage der Frostbeständigkeit dort wieder behandelt werden. Die Frage der zweckmäßigen Profilgebung von Schienen auf Grund von photoelastischen Untersuchungen wird der weiteren Erörterung für wert gehalten.

Die technische Sitzung 6 behandelte in neun Berichten die Frage „Schweißen“. Es sprachen Oberingenieur Dr. Ing. J. Nemesdy-Nemcssek, Budapest, über „Über einheitliche Bedingungen für Prüfung und Abnahme geschweißter Schienenstöße“, Dipl.-Hütteningenieur F. Benesch, Budapest, über „Ungleichmäßigkeiten der Schienenschweißung“, Regierungsbaumeister a. D. J. Wattmann, Berlin-Lankwitz, über „Die aluminothermische Schweißung im Langschienenbau und im lückenlosen Gleis“, J. E. Languelin, Paris über „Untersuchungen an widerstandsgeschweißten Schienen“, Stellvertr. Generaldirektor Dipl.-Ing. D. v. Csillery und Oberinspektor Ing. L. Péter, Budapest, über „Vergleichende Untersuchung handgeführt oder automatisch elektrisch geschweißter harter Schienenstähle“, Dr. Phil. R. Dümpelmann, Frankfurt (M.), Griesheim über „Die Entwicklung der autogenen Schienenstoßschweißung“, Dipl.-Ing. P. Tulacz, Katowitz, über „Die wichtigsten Gesichtspunkte für die technische und wirtschaftliche Bewertung der Schienenstoßschweißung“, Straßenbahndirektor A. Uhrmacher, Bremen, über „Verschleißfestigkeit geschweißter Rillenschienenstöße“ und J. B. Farwell, Brooklyn (New York), über „Erfahrungen mit der Schienenschweißung in Nordamerika“ (mit Filmvorführung). Die verschiedenen Verfahrensarten der Schienenstoß-Verbindungs-schweißung wurden hinsichtlich ihrer erzielbaren Güterwerte und ihrer Entwicklungsmöglichkeiten besprochen. Ob diese Schweißungen nur in der Werkstatt oder auch auf der Strecke vorgenommen werden sollen, bedarf noch weiterer Versuche und Erfahrungen. Die Prüfung dieser Schweißungen sollte nach einheitlichen Gesichtspunkten durchgeführt werden, was auch die vergleichende Bewertung erleichtern würde. Ihre Normung wird für ein dringendes Bedürfnis gehalten. Schließlich wurde mit Recht betont, daß die Streuungen der Güte-

werte um so kleiner werden, je mehr Wert auf die fachtechnische Ausbildung der Schweißer gelegt wird.

An drei Nachmittagen war den Tagungsteilnehmern Gelegenheit zur Besichtigung verschiedener großer Schienenwalzwerke, Schienenschweißanlagen, einer Weichenbauanstalt und Radsatzdreherei, des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Eisenforschung in Düsseldorf und des Forschungsinstitutes der Vereinigten Stahlwerke A.G. in Dortmund gegeben. Am

23. September konnten Schienenwalzwerke im Saargebiet oder die Steilstrecke der Deutschen Reichsbahn bei Probstzella und die Maximilianshütte in Rosenberg besichtigt werden.

Der Erfolg dieser Tagung besteht in einem reichen Gedanken- und Erfahrungsaustausch zwischen Erzeuger und Verbraucher und auch zwischen den Fachmännern der einzelnen Nationen. — Die Fünfte Internationale Schientagung soll 1942 in Rom abgehalten werden.

Zweckmäßige Abnahmeprüfungen für Schienen.

Von Oberreichsbahnrat Dr. Ing. R. Kühnel in Berlin.

Die Grundlage unserer bisher so erfolgreichen Besprechungen bei den Internationalen Schientagungen war immer wieder die Frage: Welche der zahlreichen Prüfverfahren, die uns die moderne Werkstoffprüfung bietet, wendet man für die Schienenprüfung an, und wie decken sich die Prüfergebnisse mit den Beobachtungen im Betriebe? Ihr schließt sich als weitere Frage die an, ob und inwieweit man die heute in den Schienenlieferungsbedingungen der verschiedenen Länder noch vorhandenen kleineren oder größeren Unterschiede früher oder später ausgleichen könnte.

Verfahren für die Schienenprüfung.

Wenden wir uns zunächst der Beantwortung der ersten Frage zu, so unterscheiden wir bei der Werkstoffprüfung grundsätzlich zwischen der chemischen und der mechanischen Prüfung sowie der Gefügeuntersuchung.

Chemische Prüfung.

Was die chemische Prüfung anbelangt, so haben wir in Deutschland bisher die Ansicht vertreten, daß man dem Erzeuger bei der Herstellung möglichst freie Hand lassen müsse und jede unnötige Bindung hier unterbleiben sollte. Diejenigen Länder, die eine eigene Eisenindustrie besitzen, und auch ein Teil der übrigen vertreten die gleiche Auffassung, um eine möglichst wirtschaftliche Herstellung der Schienen zu sichern.

In erster Linie sind es die Gehalte an Phosphor und Schwefel, deren Einengung manche Länder in ihren Bedingungen anstreben und mit der sie das Erzeugungsverfahren bereits weitgehend beeinflussen, da zu enge Grenzen — besonders für den Phosphorgehalt — geeignet sind, den Thomasstahl auszuschließen. Länder, die selbst Thomasstahlwerke besitzen, haben bis herauf zu Zugfestigkeiten von 85 kg/mm², also für die Mehrzahl der Schienenlieferungen, keine Veranlassung gesehen, hier Grenzen vorzuschreiben, und sehen sie auch heute noch nicht, da sie sich durch die mechanischen Prüfungsvorschriften genügend dagegen gesichert haben, daß etwa Schienen mit unzureichender Zusammensetzung und damit gesteigerter Sprödigkeit geliefert werden. Ich darf in diesem Zusammenhang an meinen Vortrag in Zürich 1932*) erinnern, in dem ich nachwies, daß sich unter 200 Schienen, die aus Hauptstrecken nach langer Liegezeit ausgebaut waren, auch solche mit Phosphorgehalten über 0,08% befanden.

Die Frage, ob und inwieweit man bei verschleißfesten Schienen höherer Zugfestigkeit für Phosphor und Schwefel und auch für die übrigen Stahlbegleiter Grenzen festlegt, steht noch offen. Sicher ist, daß bei solchen Schienen der Verbraucher sich durch Werksanalyse oder eigenen Untersuchungen ein Bild machen muß, welche Stahlzusammensetzung ihm geliefert wird und in welchen Streuungen sie sich bewegt. Er kann dann bei etwaigen Mißerfolgen im Betrieb sich klar werden, ob etwa eine zufällige Änderung der chemischen Zusammensetzung von Einfluß auf das Ergebnis war. Zweckmäßig wird man dabei von bindenden Vorschriften aus den eingangs genannten Gründen zunächst weiter absehen.

*) II. Int. Schientagung Zürich 1932 (Zürich 1932) S. 1/14.

Es ist dabei auch immer im Auge zu behalten, daß man die chemische Untersuchung als Abnahmeuntersuchung nicht beim Erzeuger durchführen kann, so daß eigene oder neutrale Stellen mit der Prüfung ziemlich erheblich belastet werden und dabei nicht unwesentliche Kosten entstehen.

Mechanische Prüfverfahren.

Ehe man nun die eigentliche mechanische Prüfung der Schienen erörtert, empfiehlt es sich, einige Worte über die zerstörungsfreien Prüfverfahren zu sagen. Die restlose Ausschaltung von Schienen mit Lunkerhohlräumen und Rissen bei der Abnahme wäre dem Betrieb sehr erwünscht. Magnetische Prüfung — mit oder ohne Durchflutung — und Röntgendurchleuchtung sind an sich unter besonderen Versuchsbedingungen zwar geeignet, einen Teil der Fehler an den Schienen aufzudecken, bei der großen Länge der Schiene und ihrer großen Zahl ist aber meines Wissens von diesem Verfahren wegen der damit verbundenen Umständlichkeit der Anwendung vorerst noch kein Gebrauch gemacht worden.

Dagegen bemüht man sich bei der Probenahme für den Schlagversuch, entweder das letzte 1,5 m lange Stück des abgeschnittenen Kopfes oder die danach folgende A-Schiene zu verwenden. Man kann dann mit viel Wahrscheinlichkeit annehmen, daß etwaige Lunkerreste bei diesen Probestücken ebenso gut erfaßt und freigelegt werden, wie andererseits Kopfquerrisse sowie Fußlängsrisse mit mehr Wahrscheinlichkeit durch die Schlagprüfung mit sichtbar gemacht werden, als wenn man besondere zerstörungsfreie Prüfverfahren noch angewandt hätte.

Die Untersuchung der allgemeinen äußeren Schienenbeschaffenheit, die einen Teil der Abnahmevorschriften ausmacht und von allen Schienenverbrauchern verlangt wird, soll in diesem Zusammenhang nicht weiter erörtert werden, da sie keine eigentlichen Prüfverfahren bedingt und wesentliche Unterschiede in der Auffassung hier wohl nicht vorhanden sind.

Was nun die eigentlichen mechanischen Prüfverfahren anbelangt, so wird man sich bei ihrer Auswahl und Bewertung auch stets die Frage vorzulegen haben, ob sie den ganzen Schienenquerschnitt oder nur Teile desselben erfassen und wie sie sich nach der Art ihrer Durchführung als laufende Abnahmeuntersuchung oder zur Unterrichtung eignen.

Der Zugversuch, der immer im Mittelpunkt der Werkstoffuntersuchung steht, eignet sich als Abnahmeprüfung, obwohl er nur einen Teil des Querschnitts erfaßt. Man wird die Zerreißprobe meist aus dem Kopf entnehmen und, abgesehen von Mehrstoffschienen, annehmen können, daß Steg und Fuß ähnliche Werte ergeben. Zur Festlegung der Werkstoffklasse des Stahles und zur Ermittlung seiner Streckgrenze und Zähigkeit ist der Zugversuch nicht zu entbehren.

Die Härteprüfung läßt zwar weitgehende Schlüsse auf die Zugfestigkeit zu, gibt aber kein Maß für die Zähigkeit. Entweder wird man einen größeren Eindruck hervorrufen oder aber kleinere Eindrücke über den ganzen Querschnitt

verteilen und damit gleichzeitig einen Anhalt für den Grad etwaiger Entmischungen oder Fehlstellen erhalten. Der Härteversuch hat nur teilweise Eingang in die Abnahmevorschriften gefunden, wird aber bei Untersuchungen beanstandeter Schienen bekannter Zugfestigkeit und zu Unterrichtsprüfungen den Zugversuch trotzdem ersetzen können. Die technischen Lieferbedingungen für Schienen der Deutschen Reichsbahn Nr. 91616 lassen den Kugeldruckversuch mit der 10-mm-Kugel ausdrücklich als Ersatz für Zerreißproben zu. Auch bei geschweißten Schienenverbindungen wird die Härteprüfung zur Ermittlung etwaiger zu weicher oder zu stark aufgehärteter Zonen der Schweißverbindung nicht zu entbehren sein. Längs und quer kann man dabei mit der Härteprüfung den ganzen Schienenquerschnitt erfassen.

Sowohl bei der Zugfestigkeits- als auch bei der Härteprüfung sind schlagartige Beanspruchungen des Werkstoffs als Prüfung nicht verwendet worden, ebensowenig hat man bisher Veranlassung gesehen, etwa Dauerprüfungen in Form von Dauerzugversuchen unter ruhender oder wechselnder Belastung anzuwenden.

Der Biegeversuch entspricht der betriebsmäßigen Beanspruchung der Schiene am meisten, er erfaßt die ganze Schiene, wenigstens in einem Teilabschnitt, und bietet zudem noch verschiedenartige Möglichkeiten der Beanspruchung bei Anwendung ruhender und wechselnder Belastung im ungekerbten und gekerbten Zustand.

Der gewöhnliche Biegeversuch unter langsam ansteigender Last findet sich aber nur vereinzelt in den Bedingungen zur Unterrichtung. Er wird an Abschnitten von 1 m Länge durchgeführt. Teils legt man den Kopf nach oben, teils den Fuß; mitunter werden auch die Einkerbungen vorgesehen. Es scheint aber fraglich, ob die Prüfung mit dem Kopf nach unten, die der praktischen Beanspruchung der Schiene nicht entspricht, von Wert ist. Dagegen sind für verschweißte Schienen Durchbiegungshöchstgrenzen unter langsam ansteigender Last bis 40 mm für Schienen über 40 kg/m Gewicht und bis 25 mm für Schienen unter 40 kg/m Gewicht vorgesehen.

Der Biegeversuch unter schlagartiger Belastung hat bei den meisten Schienenverbrauchern besondere Beachtung gefunden und ersetzt die eben beschriebene Biegeprobe. Die deutschen Lieferbedingungen sehen bei Schienen von 40 kg/m Gewicht und mehr bei erstem Schlag 5 t, bei weiteren Schlägen 3 t vor, bis die vorgesehene Durchbiegung für einen Schienenabschnitt mit 1 m Stützweite erreicht ist. Es soll sich eine Schiene von 70 kg/mm² Zugfestigkeit bis 90 mm, eine Zungenschiene gleicher Güte bis 110 mm durchbiegen lassen. Für Schienen mit 80 kg/mm² Zugfestigkeit soll die gewöhnliche Schiene sich bis 80 mm, die Vollschiene für Herzstückspitzen bis 60 mm durchbiegen lassen, ohne zu reißen.

Auch solche Versuche werden vereinzelt mit Kerb durchgeführt. Während dieser Versuch den ganzen Querschnitt erfaßt, können die üblichen Kerbschlagproben im Gegensatz dazu nur einen recht kleinen Teil des Schienenquerschnitts erfassen. Man muß sie daher ziemlich zahlreich anordnen, um überhaupt ein Durchschnittsbild zu erhalten, und ist dann noch ziemlich viel Zufälligkeiten ausgesetzt, weil an sich unbedeutende, kleine Fehlstellen das Ergebnis bei solchen geringen Querschnitten weitgehend in zu erheblichem Umfang beeinflussen, während sie für den Gesamtquerschnitt völlig unbedenklich wären.

Das gleiche gilt für den Dauerschlagversuch, wie er beispielsweise auf dem Kruppschen Dauerschlagwerk durchgeführt werden kann. Er ist, wie in Erinnerung sein wird, von P. Forcella*) besonders gepflegt worden. Wenn auch

die Beanspruchung der Dauerschlagprobe der des praktischen Betriebes schon mehr entspricht als die der Kerbschlagprobe, so erfaßt sie doch auch einen noch zu kleinen Teil des Querschnitts und sollte daher nur zur Unterrichtung angewendet werden. Die Bedingungen der Deutschen Reichsbahn sehen beide Proben nicht vor.

Für Biegewechselfestigkeitsversuche an kleinen Proben, wie sie beispielsweise auf der Schenckschen oder der Amslerschen Maschine durchgeführt werden können, gilt das gleiche wie für die obigen Prüfverfahren. Sie erfassen nur einen kleinen Teil des Querschnitts und dauern außerdem recht lange. Sie werden daher höchstens zur Unterrichtung an Vollschienen und geschweißten Schienen durchgeführt werden können. Sehr geeignet — insbesondere bei Schienenschweißungen — hat sich dagegen die Prüfung auf Biegewechselfestigkeit eines Schienenabschnitts von 0,9 bis 1 m Länge erwiesen. Für Abnahmeprüfungen dauert sie zwar zu lange, aber zur Unterrichtung und zur Wertung der einzelnen Schweißverbindungen vor ihrer versuchsmäßigen Erprobung im Betriebe ist sie zweifellos recht gut.

Es wäre in diesem Zusammenhang noch die Fußbiegeprobe zu erwähnen, die besonders geeignet ist, etwaige Anrisse im Fuß, wie sie beim Richten durch Aufreißen von Randblasen entstehen können, nachzuweisen. Sie erfaßt aber immer nur einen kleinen Teil der Schiene, und da die Risse im allgemeinen höchstens 1 m lang sind und sich nur an einigen Stellen der Schiene finden, so besteht immer die Gefahr, daß man trotz Anwendung dieses Versuchs vorhandene Risse doch nicht erfaßt. Die Wahrscheinlichkeit, sie beim Schlagbiegeversuch mit aufzufinden, ist daher mindestens ebenso groß. Außerdem ist der Streubereich der Last und der Durchbiegung, selbst bei günstiger Lage oder auch bei völligem Fehlen der Randblasen, sehr erheblich. Wir haben zudem bei unseren Schienen, soweit Lieferungen der letzten Jahrzehnte in Frage kommen, nur wenig Schwierigkeiten mit derartigen Rissen gehabt, so daß wir keine Veranlassung haben, dieses Verfahren, abgesehen von gelegentlichen Versuchen, z. Z. vorzuschreiben.

Die Abnutzungsprüfung im Laboratorium hat in Deutschland in letzter Zeit erhöhte Beachtung gefunden, ohne daß sich aber zunächst das Urteil über ihre Bewertung geändert hätte*). Die Wege zur Erzielung verschleißfester Schienen liegen nach den bisherigen Betriebs- und Laboratoriumsergebnissen so klar, daß ich nicht annehmen möchte, daß eines der anzuwendenden Abnutzungsprüfverfahren für Schienen vermehrte Anwendung finden wird oder etwa als Abnahmeverfahren in Frage kommt.

Die Untersuchung des Gefüges.

Bruchaussehen, Makro- und Mikrogefügebild sind an sich Kennzeichen, die man zur Bewertung des Schienenwerkstoffes nicht wird entbehren mögen. Sie als verbindlich für die Abnahme heranzuziehen, hat jedoch darin seine Schwierigkeiten, daß entsprechende Untersuchungen keine zahlenmäßigen Ergebnisse liefern, sondern nur subjektiv sind.

Das Bruchaussehen wird ohnehin bei jeder üblichen Probe bei einem Abnahmeversuch vermerkt. Seine Bewertung ist aber schon schwierig, wenn der Abnahmebeamte nicht über besondere Erfahrung verfügt. Diese Schwierigkeit steigert sich erheblich, wenn das Gefügebild selber bewertet werden soll, und daher finden sich Gefügeprüfungen als Abnahmevorschrift nur selten.

Für die Makroprüfung ist zu vermerken, daß die Ätzung selber kaum vom Abnahmebeamten durchgeführt werden wird. In der Art der Ätzung, der Zusammensetzung

*) II. Int. Schienentagung Zürich 1932 (Zürich 1932) S. 173/83.

*) Vergl. III. Int. Schienentagung Budapest 1935 (Budapest 1936) S. 73/78.

der Ätzlösung, der Einwirkungszeit, dem Kopierpapier hat derjenige, der die Seigerungsprüfung ausführt, aber schon recht viel Freiheit, um das Gefügebild zu erzeugen, das der Abnahmebeamte gern sehen möchte. Man sollte ihm auch diese Freiheit weiter lassen, da die Versuchsergebnisse, die ich auf der schon erwähnten Schienentagung in Zürich 1932 vortragen konnte, gezeigt haben, daß der Grad der Seigerung das Verhalten der Schiene im Betrieb nicht einmal erheblich beeinflußt; unter den 200 Schienen, die sich im Betriebe bewährt hatten und die wir daraufhin eingehend gemeinschaftlich untersuchten, fanden sich alle Grade der Seigerung, und trotzdem hatten die Schienen sich gut verhalten.

Ähnlich ist es mit dem Mikrogefüge. Welche Vergrößerung will man anwenden, und wo soll die Grenze für eine noch zulässige Korngröße liegen? Zur Unterrichtung wird man derartige Prüfungen dagegen immer ausführen, ihre Bewertung sollte dann aber zweckmäßig in der Versuchsanstalt des Verbrauchers erfolgen, damit man vor Trugschlüssen gesichert ist.

Vereinheitlichung der Abnahmeprüfung.

Der Wunsch des Erzeugers wäre es nun, daß Liefervorschriften und Abnahmebedingungen für die gleiche Werkstoffgüte von den Eisenbahnverwaltungen möglichst einheitlich gestaltet würden. Dies ist an sich nicht Aufgabe unserer Schienentagungen, man wird ihnen aber nicht verwehren können, die werkstofftechnischen Unterlagen hierfür zusammenzustellen und sie den zuständigen Verbänden als Unterlage für weitere Beschlüsse zuzustellen. Es läßt sich freilich nicht verhehlen, daß die Herbeiführung international einheitlicher Lieferbedingungen für Schienen, die das Idealziel eines solchen Strebens wäre, Voraussetzungen erfordert, die auf längere Sicht noch nicht gegeben sind. Dort, wo ein kräftiger Oberbau vorhanden ist, wird man den Schienenwerkstoff nur Aufgaben zumuten, die er auch erfüllen kann. Aber auch hier schon können Unterschiede des Klimas auch Unterschiede der Anforderungen bedingen. Noch schwieriger werden die Verhältnisse, wenn bei leichtem Oberbau und angestrengtem Betrieb das Äußerste aus dem Werkstoff herausgeholt werden muß und ihm Beanspruchungen zugemutet werden, die er kaum noch ertragen kann. Hierbei entstehen dann vornehmlich die überspitzten Forderungen, und es wird leicht übersehen, daß nun einmal ein harter und verschleißfester Werkstoff nicht gleichzeitig zäh und billig sein kann. Immerhin wird man trotzdem zur Vereinheitlichung der Lieferungsbedingungen, die ja letzten Endes auch im Interesse des Bestellers liegt, doch wohl auf dem Wege der Vereinbarung noch erheblich weiterkommen können, wenn man wenigstens die kleinen Unebenheiten ausbügelt und sowohl bei der Anwendung der Prüfverfahren als auch bei der Begrenzung der Streubereiche von Prüfungswerten möglichste Vereinheitlichung anstrebt. Das hätte den Vorteil, daß auch die Erfahrungen mit dem nach diesen Bedingungen erzeugten Werkstoff vom Verbraucher einheitlich ausgewertet werden können und Vorzüge und Nachteile der angewendeten Oberbaukonstruktionen dabei klarer in Erscheinung treten.

Ausführliche Zahlentafeln mit den Liefervorschriften und Festigkeitseigenschaften sowie den zulässigen Maßabweichungen der Schienen für eine große Anzahl Bahnverwaltungen sind in den im nächsten Jahre erscheinenden Veröffentlichungen über die IV. Schienentagung enthalten.

Mit wenigen Ausnahmen sind in den Bedingungen der einzelnen Bahnverwaltungen Angaben über Zugfestigkeit und die Dehnung des Werkstoffes enthalten, und gerade diese Angaben unterscheiden sich ganz besonders augenfällig (s. Tafel Seite 26). Von den 38 erfaßten Bahnverwaltungen bzw. Normbüros, wobei durch diese die Anzahl der erfaßten Bahnver-

waltungen noch um ein bedeutendes erhöht wird, schreiben fünf überhaupt nur eine verlangte Mindestzugfestigkeit, ohne Angabe der Dehnung, vor. Neunzehn geben eine untere Grenze der Festigkeit bei einer bestimmten Mindestdehnung an, zehn Bahnverwaltungen geben die obere und untere Grenze der verlangten Festigkeit bei einer bestimmten, meist im Verhältnis zur Festigkeit stehenden Dehnung an, während die Bedingungen der American Society for Testing Materials und der American Electrical Railway Engineers Association sowie einige andere an Stelle der Angaben über die Festigkeit und Dehnung sich mit der Vorschrift einer bestimmten Stahlzusammensetzung begnügen. Bei den Angaben mit unterer und oberer Grenze der Zugfestigkeit schwankt der Spielraum in weiten Grenzen — von 6,3 kg/mm² bis 14,2 kg/mm² —; aus Herstellungsgründen wäre ein Spielraum von 12 kg/mm² zwischen oberer und unterer Festigkeitsgrenze erwünscht. Die Zusammenstellung der Tafel zeigt auch, wie unterschiedlich — abgesehen von den Absolutwerten der Zugfestigkeit — das Verhältnis von Zugfestigkeit zu Dehnung eingesetzt ist. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß bei den erfaßten Bahnverwaltungen allein sieben verschiedene Probestabformen mit einem Verhältnis von Meßlänge zu Durchmesser zwischen 1:10 und 1:3,5 vorgesehen sind. Es müßte ohne große Schwierigkeiten möglich sein, hier eine Vereinheitlichung herbeizuführen, nachdem die entsprechenden Arbeiten der ISA-Ausschüsse so weit fortgeschritten sind.

Die Vorschriften für den Schlagbiegeversuch, wie auch die dabei gestellten Mindestforderungen, zeigen ebenso große Unterschiede. So schwanken die vorgeschriebenen Bärgegewichte von 500 bis 1270 kg und die verlangten Stützweiten von 914 bis 1270 mm, wie auch die Festlegung der vorgeschriebenen Fallmomente in vielen Fällen keine einheitlichen Gesichtspunkte erkennen läßt; gerade an die Schiene mit dem geringsten Widerstandsmoment werden die relativ höchsten Anforderungen gestellt.

Neben den Vorschriften einer bestimmten Festigkeit und Dehnung geben die meisten Bahnen auch noch genaue Vorschriften für die Zusammensetzung des Stahles, während vor allem Nordamerika, wie bereits erwähnt, nur die chemische Zusammensetzung des Stahles vorschreibt und von der Festlegung von Festigkeits- und Dehnungswerten überhaupt Abstand nimmt. Die Zusammenstellung zeigt anschaulich, daß auch bei den Analysenvorschriften ganz verschiedenartige Auffassungen der einzelnen Bahnverwaltungen maßgebend gewesen sein müssen. Von einem Mindestkohlenstoffgehalt von 0,3% bei 0,80 bis 1,40% Mn und mindestens 65 kg/mm² Zugfestigkeit bis zu mindestens 0,55% C bei 0,60 bis 0,90% Mn und 66 kg/mm² Festigkeit sind alle möglichen Vorschriften für den Kohlenstoff- und Mangangehalt gegeben. Berücksichtigt man noch die oft sehr engen Streubereiche für den Kohlenstoffgehalt, die oft nur 0,1% betragen, und die Vorschriften für den Gehalt an Silizium, Phosphor und Schwefel, so ist es ersichtlich, daß hier für die geeignete Stahlauswahl oft große Schwierigkeiten auftreten. Außerdem wird auch die Blockbeschaffung und Blocklagerhaltung der Werke durch derartige Analysenvorschriften bedeutend erschwert und dadurch eine Verteuerung der Erzeugung und oftmals auch eine Verlängerung der Lieferfristen verursacht.

Eine verhältnismäßig weitgehende Übereinstimmung und Gleichmäßigkeit ist noch bei den Vorschriften für Kugeldruck- bzw. Brinell-Härteversuch und den Durchbiegeversuch festzustellen.

Von den erfaßten 38 Bahnen verlangen zwei auch noch die Kerbschlagprüfung, ohne Angabe eines zu erreichenden Wertes nur zu Unterrichtszwecken.

Eine Reihe von Bahnen (9 von den 38 erfaßten) verlangen eine makrographische Prüfung, wobei in den meisten

[illegible]

- 1) Nur Spuren von Arsen, 2) bis zu 10% der Schienen mit 0.6 bis 0.8% Mn. 3) Phosphor und Schwefel nicht über 0.12%.
4) Analyse für Thomasstahl noch nicht genormt max 0.07 Phosphor und 0.05% Schwefel.

Fällen die Methode nach Baumann vorgeschrieben wird. Dieselben Bahnen schreiben auch noch eine etwaige mikrophographische Prüfung vor. Auf die weiteren zusätzlichen Versuche, die von einigen Verwaltungen gefordert werden, wie die Fußbiegeprobe, sei hier nur hingewiesen.

Was hier für die Materialvorschriften gesagt wurde, gilt im allgemeinen auch für die zugelassenen Maßabweichungen, die ebenfalls innerhalb weiter Grenzen schwanken. Ganz besonders seien die zugelassenen Maßabweichungen in der Länge der einzelnen Schienen erwähnt, die bei fast gleichen Schienenlängen zwischen ± 2 bis $\pm 9,52$ bzw. bis $\pm 11,11$ mm schwanken. Auch hier wäre im Interesse einer wirtschaftlichen Fertigung eine Überprüfung mancher Bedingungen notwendig.

Aus den Aufstellungen geht deutlich hervor, daß die Vieltartigkeit und die Unterschiedlichkeit der Liefer-

vorschriften der einzelnen Bahnen nicht immer sachlich begründet sind, sie aber wohl die Fertigung und Abnahme der Schienen erschweren und in vielen Fällen Anlässe zu Meinungsverschiedenheiten geben können. Es liegt im beiderseitigen Interesse, eine Vereinfachung und Vereinheitlichung der Liefervorschriften für Schienen zu erreichen und nur die Prüfungen zu verlangen, die für die Beurteilung der Zweckmäßigkeit und voraussichtlichen Betriebsbewährung des Schienenmaterials notwendig sind und von allen anderen Proben Abstand zu nehmen. Bezeichnend ist, daß gerade die führenden Bahnverwaltungen mit Zügen höchster Fahrgeschwindigkeit und Achsbelastungen, wie die Bahnen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, Deutschland usw. die einfachsten Abnahmebedingungen aufgestellt und dabei wohl keine schlechten Erfahrungen gemacht haben.

Untersuchungen an Riffelschienen.

Von Oberreichsbahnrat Dr. Ing. Reinhold Kühnel, Deutsche Reichsbahn, in Berlin.

Schon die Frage, ob Riffeln überhaupt durch Abnutzung der Schiene, also durch Betriebsbeanspruchung entstehen oder nicht, ist umstritten. Es steht ihr gegenüber die Ansicht, daß diese Riffeln schon sozusagen als Krankheit vom Hüttenwerk mitgebracht werden und im Betriebe lediglich durch die Abnutzung erst sichtbar werden. Obwohl man sich seit Jahrzehnten mit der Erforschung der Ursache der Riffeln befaßt, wurde eine Einheitlichkeit in der Erkenntnis noch nicht erzielt und ist auch heute noch nicht zu erwarten. Zweck dieses

eine Schleif- oder Gleitbewegung auftritt. Abb. 1 und 2 zeigen solche Riffelflächen auf Schienen, die erste verkleinert auf eine größere Länge der Fahrfläche, die letztere etwa im Maßstab 1:10. Die Erscheinung ist deutlich erkennbar, wenn man in Richtung der Schiene im geeigneten Beobachtungswinkel auf die Lauffläche sieht. Eine abweichende Form von Riffeln hat E. Stöcker beobachtet, die nachstehend nach seiner Aufnahme abgebildet sei (Abb. 3). Gelegentlich treten ähnliche Erscheinungen auch in engen Kurven von

Straßenbahnen seitlich an der inneren Seitenkante einer Außenschiene auf. Sie sind aber etwas anders ausgebildet und



Abb. 1. Normale Riffelbildung auf Schienen.

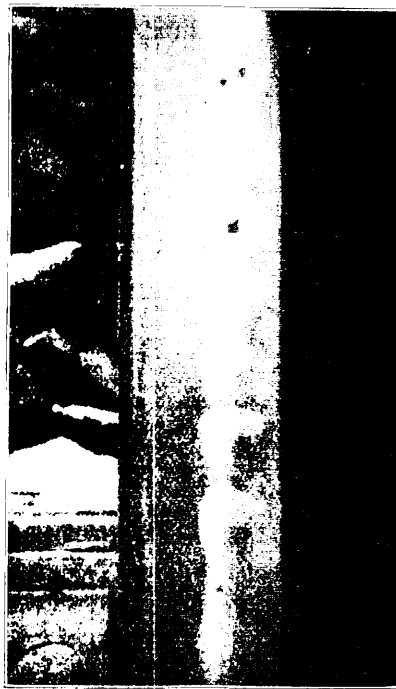


Abb. 2. Normale Riffelbildung, 10fach vergrößert.



Abb. 3. Riffelbildung seitlich, links und rechts der Lauffläche.

Vortrags soll lediglich sein, vorhandene Ansichten einander gegenüberzustellen und Untersuchungsergebnisse mitzuteilen, die zu weiteren Beobachtungen und Schlußfolgerungen anregen könnten.

Über die Art der Ausbildung der Riffeln besteht im wesentlichen einheitliche Auffassung. Man versteht unter Riffeln ovale blanke Stellen, die ziemlich dicht auf der Fahrfläche der Schienen aufeinanderfolgen und bei denen die längere Achse des Ovals quer zur Fahrtrichtung steht. Es ist wahrscheinlich, daß diese blanken Stellen durch einen Abdruck des Rades auf der Fahrfläche entstehen, wobei auch noch

darauf zurückzuführen, daß das Fahrzeug in solch engen Kurven nicht mehr kurvenläufig ist und aufzuklettern versucht, so daß der Radreifen in gewissen Abständen die Schienenkopfseite gewissermaßen anschneidet. Diese Sondererscheinung wird aber selten erwähnt und kann aus den weiteren Betrachtungen ausscheiden.

Über die Lage der Riffeln im Gleis sind die Beobachtungen ziemlich einheitlich. Man wird nicht bestreiten können, daß sie sich vorzugsweise in Bremsstellen finden, also dort, wo ein Zug, sei es in oder vor einem Bahnhof, oftmals zum Halten oder Bremsen kommt. Seltener zeigen sie sich auf

der freien Strecke, aber auch dort kommen sie vor, insbesondere beschreibt sie G. Thomas*). Es besteht ferner wohl kein Zweifel darüber, daß diese Riffeln vorzugsweise in der Geraden oder in schlanken Kurven sich finden, wenig oder fast gar nicht — wenigstens bei schnellfahrenden Zügen — in engeren Kurven. Einen Ausnahmefall für sehr enge Kurven von Straßenbahnen habe ich vordem erwähnt. Ein Gesichts-

darstellen, und darüber, in welchen Abständen die Blankstellen sich folgen, ferner auch darüber, ob den Blankstellen gleichzeitig eine Härtesteigerung der Oberfläche, gegebenenfalls auch einer Gefügeveränderung entspricht oder nicht. Wir haben zunächst in den Abb. 4 bis 7 die Ergebnisse der Untersuchung an vier verschiedenen Schienenstücken mit Riffelbildung zusammen-

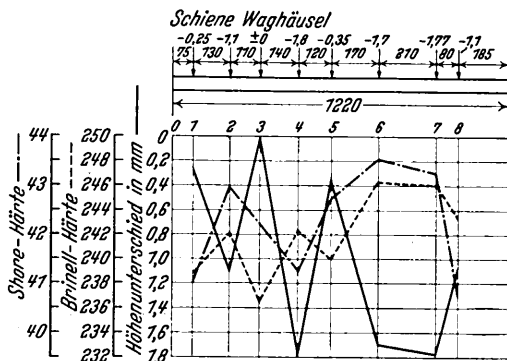


Abb. 4.

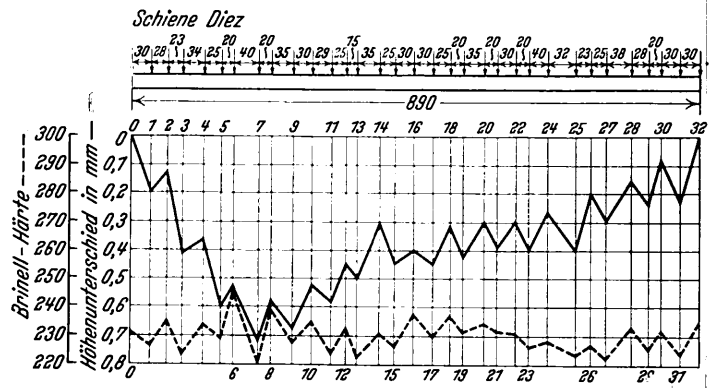


Abb. 5.

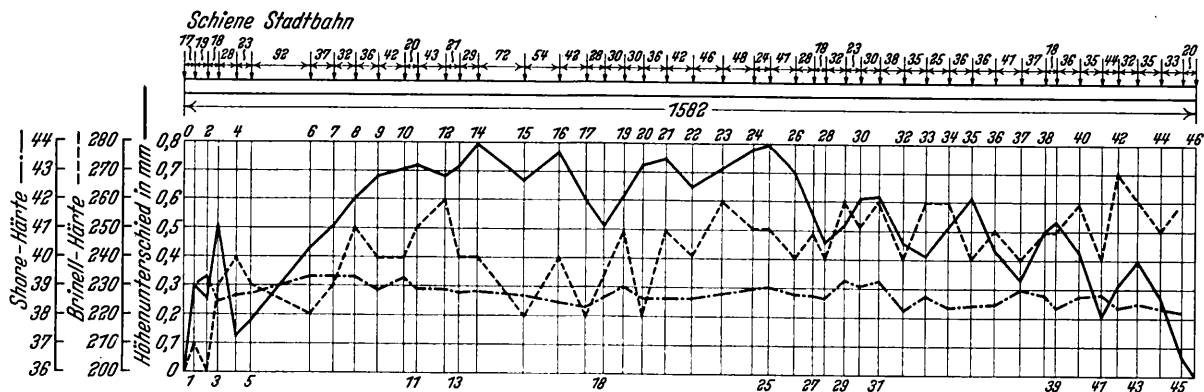


Abb. 6.

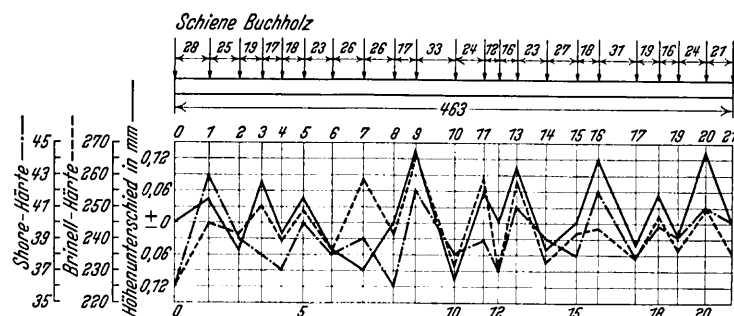


Abb. 7.

Abb. 4 bis 7. Ergebnisse der Messung der Härte und der Abnutzung (Höhe der Riffelberge in mm) an vier verschiedenen Schienen.

punkt wird dabei weniger hervorgehoben, der meines Erachtens sehr wichtig ist. Die Riffeln finden sich stets auf beiden Schienen gleichzeitig (s. Abb. 14). Es kann sein, daß sie auf der einen Schiene etwas schwächer ausgeprägt sind, besonders dann, wenn sie aus härterem Werkstoff besteht.

Widersprechend waren bisher die Angaben darüber, ob die blanken Stellen Riffelberge oder Riffeltäler

*) Erwägungen und Beobachtungen zur Frage der Riffelbildung auf Straßenbahnschienen. Köln 1933. Dissertation im Selbstverlag des Verfassers, Köln, Riehler Str. 2.

gestellt, von denen eine aus dem Südwesten, die andere aus dem Nordwesten des Reichsbahnbereichs stammt, während die dritte Schiene auf der Berliner Stadtbahn gelegen hat. Die vierte Schiene schließlich stammt von Diez und ist aus der gleichen Strecke entnommen, über die H. Saller*) berichtet hat. Sie stellt einen Sonderfall der Riffelbildung dar, der später auch noch näher beschrieben werden soll. In allen Fällen wurden die Höhe und Tiefe der Riffelwellen eines Schienenabschnittes gemessen und die Brinell- und Shorehärte

*) Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 82 (1927) S. 394/95.

an den Meßstellen bestimmt und schließlich auch eine Gefügeprüfung durchgeführt.

Die Ergebnisse der Höhenmessung und der Härteprüfung sind in den Abb. 4 bis 7 enthalten. Die Messungen wurden zu verschiedenen Zeiten durchgeführt. Der Schienenabschnitt Abb. 4 ist 1,2 m lang, die Schiene Abb. 7 0,46 m, die Schiene Abb. 6 1,58 m, die Schiene Abb. 5 0,9 m. Bei den Schienen Abb. 5 bis 7 herrschen Abstände zwischen Berg und Tal von 20 bis 30 mm vor, das gibt von Wellenberg zu Wellenberg oder von Tal zu Tal etwa 5 bis 6 cm, die gleichen Längen, die auch Saller in seiner Veröffentlichung angibt, die Schiene Abb. 4 dagegen hat wesentlich längere Abstände. Die gemessenen Höhenunterschiede betragen bei Schiene Abb. 4 im Höchstfall 1,8 mm, bei Schiene Abb. 7 nur 0,26 mm (von $-0,12$ bis $+0,14$), bei Schiene Abb. 6 0,8 mm, bei Schiene Abb. 5 0,7 mm. Der Vergleich der Höhenunterschiede von vier Schienen zeigt also schon recht deutlich, daß von einer einheitlichen Ausbildung der Riffelerscheinung nicht gut die Rede sein kann. Man wird wohl recht viele derartige Messungen machen müssen, wenn man vielleicht über Häufigkeitskurven zu gesetzmäßigen Erscheinungen kommen will. Untersuchungen darüber, ob die Blankstellen stets mit einem Härteberg oder einem Härtetal zusammenfielen, wurden nun, wie ich eingangs erwähnte und wie die Härtekurven in den Abbildungen erkennen lassen, angestellt. Der Verlauf der Härtekurven ist nur bei Abb. 5 und vielleicht noch Abb. 7 annähernd parallel den Erhöhungen und Vertiefungen, bei den übrigen Schienen ist er dagegen unregelmäßig; man kann weder für Wellenberg

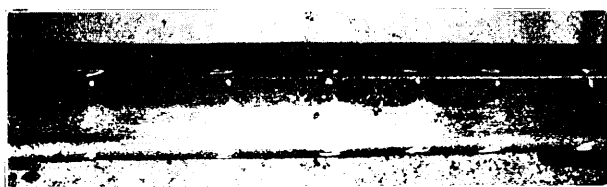


Abb. 8. Fahrfläche einer Schiene mit neuen und alten Riffeln, von oben gesehen.

noch für Wellental feststellen, daß ihnen etwa die größte oder die kleinste Härte entspräche. Ebensovien konnten wir feststellen, daß etwa nachweisbare Verformungen im Aufbau gerade dem Wellenberg oder dem Wellental entsprochen hätten, während nach älteren Untersuchungen gerade in den Riffeltälern deutlich Verformung und Kaltreckung beobachtet wurden.

Wir haben uns nun im Jahre 1937 noch einmal eine Schiene mit Riffelbildung zur Untersuchung in der mechanischen Versuchsanstalt des Reichsbahn-Zentralamtes kommen lassen, um an ihr die gleichen Erfahrungen unter Berücksichtigung der Beobachtungen, die das Schrifttum inzwischen gebracht hatte, durchzuführen. Mit der Auswahl dieser Schiene hatten wir einen guten Griff insofern getan, als sie gerade verschiedenartige Riffelausbildungen, ältere und neue nebeneinander, aufwies. Abb. 8 zeigt diese Schiene. An den seitlich der Fahrfläche mit Zahlen bezeichneten Stellen sieht man in ungleichmäßigem Abstand neue, noch gut glänzende, annähernd ovale Riffelabdrücke. Dazwischen liegen — besonders zwischen 1 und 2 sowie 2 und 3 — ältere breitere Riffelflächen. Um nun die Höhenunterschiede bildlich darzustellen, hat die mechanische Versuchsanstalt des Reichsbahnzentralamtes Berlin die Schiene zwischen den Meßstellen 2 bis 5 von der Seite her mit aufgelegtem Lineal im durchfallenden Licht photographiert (Abb. 9). Es läßt sich ziemlich deutlich erkennen, daß die Meßstellen, die den neuen Blankstellen der vorigen Bilder entsprechen, im Riffelberg liegen, eine Feststellung, die sich mit den Beobachtungen von

G. Thomas deckt. Die zwischen 1 und 2 sowie 2 und 3 liegenden älteren breiteren Blankstellen finden sich dagegen im Tal. Abb. 10 zeigt die Höhenunterschiede zwischen den Meßstellen 1 bis 6, die der Länge von 450 mm entsprechen. Sie sind nicht sehr erheblich und betragen insgesamt nur etwa 0,2 mm bzw. $\pm 0,1$ mm. Die Meßstellen 2 bis 5 sind besonders deutlich als Riffelberge erkennbar, 1 und 6, als Endstellen der Messung, weniger. Die Abstände zwischen den Riffelbergen betragen

von 1 bis 2	120 mm (rund 50 mm);
von 2 bis 3	90 mm (rund 40 mm);
von 3 bis 4	75 mm;
von 4 bis 5	75 mm;
von 5 bis 6	75 mm.

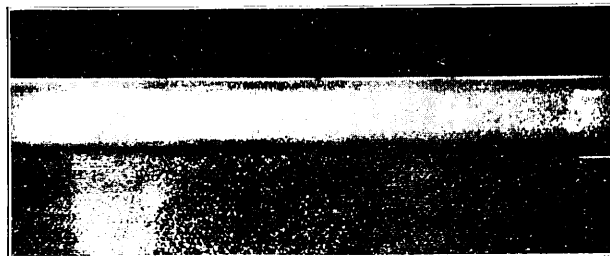


Abb. 9. Schiene nach Abb. 8 mit aufgelegtem Lineal, von der Seite gesehen. Die wechselnde Breite des Lichtspalts läßt die Riffelberge und -täler erkennen.

Zwischen 1 und 3 liegen noch zwei Zwischenriffeln im Tal, so daß eingeklammert noch deren Abstände eingetragen sind, obwohl sie im Tal liegen. Angenähert kann man also vielleicht mit Abständen zwischen 40 und 75 mm rechnen.

Zur Untersuchung der Härte von Riffelberg und Riffeltal wurden zwischen den Hauptmeßstellen 1 bis 6 noch eine Anzahl Meßpunkte eingelegt, so daß, wie Abb. 10 erkennen läßt, etwa 20 Meßstellen insgesamt vorhanden waren, an denen die Härte bestimmt werden konnte. Als Prüfverfahren wurde das nach Rockwell C 150 ausgewählt, da die früheren

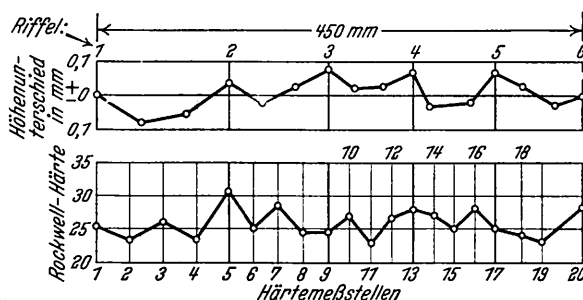


Abb. 10. Rockwellhärte, Höhen und Abstände von Riffelberg und -tal an einer Schiene.

Messungen ergeben hatten, daß das Brinellverfahren für diese Messungen etwas zu grob, das Shoreverfahren zu unempfindlich ist. Die ermittelten Härten sind in Abb. 10 enthalten. Die Hauptmeßpunkte sind noch besonders unterstrichen, auch die Brinellhärten wurden nochmals mitbestimmt. Nun erkennt man in der Tafel ziemlich eindeutig, daß die Hauptmeßpunkte 1, 5, 13 und 20, den Riffelbergen entsprechend, auch die höchste Härte aufweisen. Bei Meßpunkt 17 ist vielleicht der Riffelberg nicht genau getroffen, er liegt hier möglicherweise bei Punkt 16, der auch die höchste Härte aufweist. Auch die Meßpunkte 3 und 7, die den in Abb. 8 erkennbaren Zwischenriffeln entsprechen, sind Höhepunkte der Härte. Aber Meßpunkt 9, entsprechend Hauptmeßstelle 3, ist schon wieder eine Ausnahme und nicht ein Höhepunkt der Härte.

Abb. 11 zeigt nun noch einen Riffelberg in $2\frac{1}{2}$ facher Vergrößerung von oben gesehen. Als Feststellung läßt sich aus diesem Bild entnehmen, daß die Blankstellen sich in einzelne längsgerichtete strichähnliche Schabstellen auflösen. Im Mikrobild (Abb. 12) eines solchen Riffelberges zeigen sich selbst bei 100facher Vergrößerung keine Gefügeänderungen an der Oberfläche; das ist angesichts der geringen Verformungen der Lauffläche von ± 0.01 mm nicht überraschend.

Fassen wir die Ergebnisse der älteren und neuen Untersuchungen zusammen, so ergibt sich: Schienenriffeln sind silberhelle Schab- und Abdruckstellen auf der Schienenlauffläche, die sich in Abständen wiederholen, die zwischen 25 und 150 mm liegen können, am häufigsten

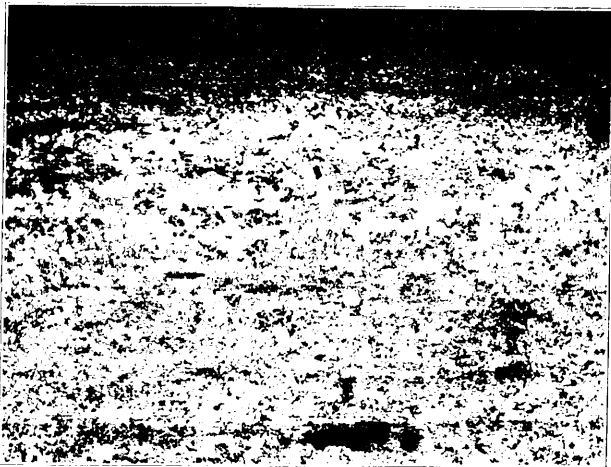


Abb. 11. Riffelberg von oben, etwa $2\frac{1}{2}$ fach vergrößert.

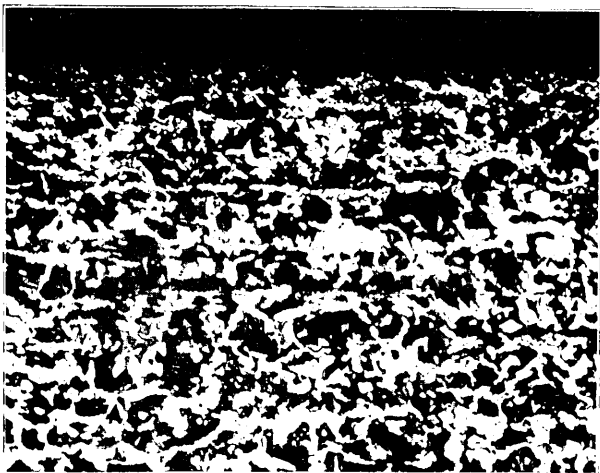


Abb. 12. Gefügeaufnahme eines Riffelbergs, 100 fach vergrößert.

aber zwischen 30 und 75 mm festzustellen sind. Von einer gesetzmäßigen Wiederholung gleicher Riffelbergabstände kann man aber wohl nicht sprechen. In stärkerer Vergrößerung erwiesen sie sich als längsgerichtete strichähnliche Blankflecke. Die Blankstellen finden sich in Riffelbergen und in Riffeltälern, wie die letzten Untersuchungen besonders deutlich erkennen ließen. Die gemessenen Höhenunterschiede betragen 0,2 bis 1,8 mm. Manchmal entspricht eine Riffelblankstelle auch einem Höhepunkt der Härte, aber nicht immer. Besondere Gefügeveränderungen sind meist nicht festzustellen.

An Hand dieser Feststellungen sei noch einmal zusammengestellt, was sich für und wider die Richtigkeit der bisher angegebenen Schlußfolgerungen über die Ursachen der Riffelbildung sagen läßt. Einigkeit besteht zunächst darüber, daß die Riffeln Schleifabdruckstellen sind, die durch

Einwirkung eines gegen die Schienen unter Verzögerung abrollenden Rades oder Rundkörpers entstehen. Keine Einigkeit besteht einstweilen darüber, ob dieser Rundkörper die Walze, die Richtrolle oder das Rad des Fahrzeugs ist, d. h. also, ob die Schiene die Riffeln schon auf dem Hüttenwerk oder erst auf der Strecke erhält. Zu der Annahme, daß die Riffelbildungen unmittelbar beim Walzen entstehen könnten, hat E. Stöcker*) Beobachtungen mitgeteilt, die er an frisch gelieferten Schienen nach vorsichtigem Abhobeln machte. Er fand seitlich an der Oberfläche Riffelerscheinungen gemäß Abb. 13. In ähnlicher Form hielten sie sich nach dem Einbau, wurden dann undeutlich und erschienen wieder. Er nimmt nun an, daß diese Schienen das Kaliber nicht richtig füllten, weil sie schon beim Walzen zu kalt geworden wären und daß hierbei die Riffeln entstanden seien, weil der Werkstoff sich an der Oberfläche wellte. Dieser Annahme wird man entgegenhalten, daß die Schiene ja nicht hochkant im Kaliber liegt und selbst bei Rotwärme noch immer so plastisch ist, daß ein von Stöcker angenommenes Wellen der Schiene nicht wahrscheinlich ist.

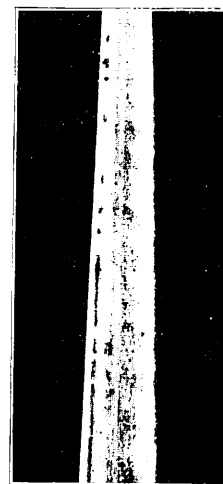


Abb. 13.
Riffelbildung links
und rechts der Lauf-
fläche nach Stöcker.

Eine andere Frage ist, ob die von Stöcker beobachteten Riffeln oder ähnliche durch Richtrollen verursacht wurden. Diese Annahme hat sich H. Saller**) zu eigen gemacht und darüber im Anschluß an die Veröffentlichung von Stöcker berichtet. Er weist auch darauf hin, daß sich die Riffeln auch am Fuß der Schienen beobachten ließen. Es wird nicht bestritten werden können, daß bei gewissen Richtmaschinen beim Angreifen der Richtrolle Schlupf und damit eine Beeinflussung der Schienenlauf- und -fußfläche durch Riffelung eintreten wird. Immer aber wird die Richtrolle die Schiene nur an ganz bestimmten Stellen angreifen, und zwar nur an wenigen Stellen. Merkwürdig wäre dabei, daß die Richtrolle über die ganze Schiene hinweg die gleichmäßige Riffelung hervorruft, die wir im Betriebe feststellen, während man, wie oben schon erwähnt, beim Richten beobachten kann, daß die Richtrolle nur an den gekrümmten Stellen anfaßt. Es wäre auch merkwürdig, daß sich derartige beim Richten mit Riffeln versehenen Schienen immer so schön paarweise zusammenfinden, daß sie dann die gleichmäßige beiderseitige Riffelung im ganzen Gleis ergeben, die wir gewöhnlich in Riffelstrecken beobachten (Abb. 14). Man müßte dann schon die ziemlich gewagte Annahme machen, daß über die Fahrzeugachse die Riffelung von einer Schiene auf die andere übertragen wird. So wenig man an sich also bestreiten kann, daß bei bestimmten Richtverfahren, d. h. senkrechtem Richten, örtliche Riffeln auf der Schiene möglich sind, so schwierig wird es doch, aus dieser Erscheinung die normale, annähernd gleichmäßig über das ganze Gleis beiderseitig verlaufende Riffelbildung, wie wir sie vornehmlich im Gleis finden, zu erklären, um so mehr als die letzten Untersuchungsergebnisse zeigten, daß die Riffeln allem Anschein nach auf der Schiene wandern. Leider sind Untersuchungen, wie sie Stöcker und Saller vorgenommen haben, anderweitig noch fast gar nicht durchgeführt worden; wir wären sonst in der Lage, unter den oben angeführten Annahmen klarer die wahrscheinlichste herauszufinden.

*) Bahningenieur 54 (1937) Nr. 23, S. 370.

**) Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 82 (1927) S. 394/95; Bahningenieur 54 (1937) Nr. 36.

Will man nun die Annahme glaubhaft machen, daß Riffeln erst im Betriebe irgendwie unter Einwirkung des Fahrzeugrades entstanden, so wird man zunächst einmal den Nachweis erbringen müssen, daß ähnliche Erscheinungen im praktischen Betriebe oder bei Versuchen im Laboratorium nachzuweisen sind. Das ist der Fall. Es kann



Abb. 14. Riffelbildung auf beiden Schienen.

nicht bestritten werden, daß es ähnliche Oberflächenercheinungen überall im Maschinenbau gibt, wo die Schleifbearbeitung von Gegenständen vorgenommen wird und das Schleifwerkzeug Gelegenheit hat, in Schwingungen zu geraten. Es sind dies die sogenannten Rattermarken, die man auf der Oberfläche von geschliffenen Gegenständen, aber auch auf Teilen finden kann, die aufeinander unter Schlupf abrollen. Von letzterer steht Abb. 15 zur Verfügung. Sie zeigt eine Rolle, die unter Druck mit etwas Schlupf — etwa 1% — gegen eine andere abrollte. Auch hier sieht man blanke, sich in gewissen Abständen ziemlich gleichmäßig folgende Oberflächen-druckstellen, die in ihrer Ausbildung aber im Gegensatz zu Schienenriffeln die Form eines stark länglichen Vierecks haben. Darüber hinaus ist es Metzkw*) bei Bremsversuchen gelungen, die Abdrücke des Radreifens auf der Schiene durch Kohlepapier sichtbar zu machen (Abb. 16). Die Ausbildung des Flächenovals mit der Hauptachse quer zur Fahrtrichtung ist überraschend ähnlich dem eingangs gezeigten Riffelbild. Der

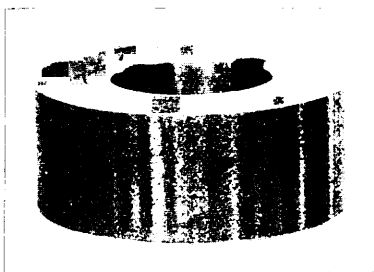


Abb. 15.

Prüfrolle mit Rattermarken.

dem erwähnten Laboratoriumsversuch oder bei Schleifbearbeitung, so entstehen rechteckige Abdrücke der Rollen aufeinander.

Die Wahrscheinlichkeit, daß ein solches Riffeloval dem Abdruck eines Radreifens entspricht, ist demnach nicht

abzuleugnen. Daher habe ich bisher für diese Art von Riffeln die folgende Erklärung als wahrscheinlichste angesehen: Sobald die Bremse etwas stärker zur Wirkung kommt, also nahe vor einem Halt, verlangsamt sich zunächst die Geschwindigkeit des Radsatzes, während der Wagenkasten noch voreilen möchte. Das Federspiel ermöglicht zunächst dieses Voreilen des Wagenkastens, der dabei nach vorn und nach unten gezogen wird. Der Kasten versucht dabei den Radsatz fortzureißen, so daß dieser in gleitende Reibung übergehen möchte. In einem gewissen Punkt überwiegt dann die Federspannung und wirft den Wagenkasten zurück und nach oben, worauf dasselbe Spiel von neuem einsetzt. Dieses Auf- und Abspringen des Wagenkastens ergibt nun eine taktmäßige zunehmende und abnehmende Belastung des Radsatzes, und bei zunehmender Belastung werden gleichzeitig die Abdrücke des Radreifens auf der Schiene hervorgerufen. Es wird sich dabei wohl schwer feststellen lassen, ob dabei ein reines Schleifabdrücken der Flächen aufeinander stattfindet, oder ob durch Gleitverschiebung die Fahrfläche der Schiene leicht gewellt wird, und das Rad dann über dem entstandenen Wellenberg schleift. Die Wiederholung des Vorgangs kann andere Blankstellen hervorrufen und die erst entstandenen in einem Riffeltal versinken lassen. Daß

nicht immer das Bremsen allein den vermehrten Radreifenabdruck auf der Schiene hervorruft, sondern auch Unebenheiten der Strecke, zeigt die Beobachtung, daß sich Riffeln mitten in einer Schiene ausbilden können, wenn sie in einer Wegkreuzung liegt. Das Fahrzeug wird an der Wegkreuzung angehoben, kommt ins Schwingen, $\frac{1}{4}$ und hinter dem Überweg in der Fahrtrichtung liegen die Riffeln.

Ich darf hierbei nicht unterlassen zu erwähnen, daß noch eine weitere Annahme für die Einwirkung des Radreifens als Ursache der Riffelbildung besteht. F. Märtens*) ist hier zu nennen, der das Wagenschlingern als Ursache der Blankstellen annimmt. Es ist aber schwer einzusehen, weshalb dieses Schlingern gerade nur an bevorzugten Stellen auftritt und an anderen Stellen nicht, während man doch wohl beobachtet, daß das Fahrzeug ziemlich gleichmäßig in Form eines langgestreckten S über die Schiene hinschlingert. An sich müßte freilich gerade die Schlingerbewegung, die nacheinander verschiedene Laufdurchmesser des Rades zum Abrollen auf der Schiene bringt, Schlupf und damit Riffelbildung hervorbringen, nur sind die engen Abstände der senkrechten Riffelberge schwer in Einklang zu bringen mit der waagerecht verlaufenden Form der Schlingerwelle, zwischen deren Höhepunkten mehrere Meter Abstand liegen.

Ich wies vordem schon darauf hin, daß Unterschiede im Oberbau, beispielsweise bei einem Überweg, auch zu Riffeln führen können derart, daß mitten in einer Schiene hinter dem Überweg Riffeln auftreten. Thomas sieht sie sogar allein im Oberbau. Er hat seine Beobachtungen an der Köln-Bonner Straßenschnellbahn angestellt. Zusammen-

Raddurchmesser 1000mm, Schienenprofil Nr. 8.

Belastung 5,1t	Belastung 7,5t	Belastung 10,1t	Fahrtrichtung ↑
271mm ²	254mm ²	299mm ²	
193mm ²	251mm ²	282mm ²	↓
223mm ²	255mm ²	304mm ²	

Abb. 16. Beim Bremsen auf Kohlepapier aufgenommene Druckstellen des Radreifens auf den Schienen.

*) Untersuchung der Haftungsverhältnisse zwischen Rad und Schiene beim Bremsvorgang. Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 89 (1934) S. 247/54.

*) Gleistechn. u. Oberbau 1934, Nr. 12.

fassend sagt er in einer Auseinandersetzung mit mir*) noch einmal zur Frage der Riffelbildung:

„Für die Richtigkeit meiner Ansicht spricht einmal, daß an allen Stellen, wo ich durch Herstellung gleicher Bettungsziffer die Riffeln zur Rückbildung und zum Verschwinden zu bringen suchte, ganz gleich, welche Straßenbahnfahrzeuge (an Eisenbahnen habe ich keine Versuche gemacht) an der betreffenden Stelle verkehrten, die Riffeln auch wirklich verschwunden sind**), ferner die Tatsache, daß ebenso an allen Stellen, an denen ich zur Erzeugung von Riffeln die Bettungsziffer rasch wechselnd ungleich machte (mit Ausnahme einer bei einer Haltestelle gelegenen Stelle, wo das Erscheinen von Riffeln nicht erwartet wurde, weil in der Nähe der Haltestellen Riffeln nicht gefunden werden), sich Riffeln zeigten. Ist meine Ansicht richtig, dann braucht allerdings der lange Weg der Erkenntnis, den ich gegangen bin und den jeder Oberbaufachmann, der zur Erkenntnis gelangen will — wenn er nicht die von mir

*) Verkehrstechn. 1936, Nr. 3.

**) Anmerkung des Verfassers: Bemerkenswert ist, daß auch E. Stöcker berichtet, daß seine Riffeln wieder zum Verschwinden kamen.

Über einheitliche Bedingungen für Prüfung und Abnahme geschweißter Schienenstöße.

Von Dr. Ing. J. Nemesdy-Nemesek in Budapest.

Wenn wir das in den letzten Jahren in allen Ländern so rege bearbeitete Gebiet der Schienenschweißung überblicken, so müssen wir zunächst feststellen, daß trotz all den vielen Lösungsversuchen in der tatsächlichen Verwendung bei den Großbahnen heute fast ausschließlich nur die elektrische Widerstandsschweißung und das Thermitschweißverfahren in Betracht kommen. Es dringt somit das Einfache durch, das volle Schweißen des ganzen Querschnittes, wobei die Schweiß- und Schmelzhitze einmal thermitisch, das andere Mal durch elektrische Stromquelle zugeführt wird. Es hat somit den Anschein, daß die verschiedenen mehr oder weniger geistreichen „Konstruktionen“ und „Erfindungen“, die zusätzliche Hilfselemente oder Konstruktionsteile besitzen, schwer durchzudringen vermögen, was auch erklärlich scheint, wenn man bedenkt, daß solche Hilfselemente im Schweißstoß gewissermaßen als Fremdkörper zu betrachten sind, die meist doch den gleichförmigen Kraftfluß bedeutend stören. Da das Thermitschweißverfahren sich durch Jahrzehnte hindurch in der Ausübung gut bewährt hat, und das Widerstandsschweißen mit Stauchdruck sich auf der Strecke in den letzten Jahren zu Hunderttausenden ebenfalls vorzüglich bewährte und wohl im Laboratorium bessere Ergebnisse lieferte als selbst das Thermitverfahren, ist es naheliegend zu folgern, daß die Frage der Schienenschweißung eigentlich gelöst sei und eingehendere Untersuchungen über einheitliche Prüfungsbedingungen nicht mehr nötig seien.

Die Frage der Schienenschweißung ist im allgemeinen durch die erwähnten zwei Verfahren tatsächlich gelöst, doch bestehen noch folgende Aufgaben bzw. sind folgende Teilfragen zu lösen:

1. Es liegt die Vermutung nahe, daß auch die mittels Gasflammen erhitzten Schienenenden durch Stauchdruck gut geschweißt werden können (Rennerisches Verfahren). Dies Verfahren liegt dem Preise nach zwischen dem Thermitverfahren und dem elektrischen Stauchverfahren. Einen kaum genügend hoch einzuschätzenden Vorteil bietet das Wegfallen kostspieliger Einrichtungen und die leichte Beweglichkeit der Anlage.

2. Es bestehen heute Meinungsverschiedenheiten über die Notwendigkeit oder den Nutzen der Wärmenachbehandlung

gemachten Feststellungen als richtig annehmen will, — ungefähr in der gleichen Weise gehen müßte. Es könnte aufbauend auf den bisherigen Untersuchungen bei Straßenbahnen verhältnismäßig rasch der Beweis erbracht werden, daß für Eisenbahnen die gleichen Verhältnisse maßgebend sind.“

Aus den Ausführungen von G. Thomas geht hervor, daß er die Mitwirkung des Fahrzeugs an der Riffelbildung zwar nicht ablehnt, daß er die Ursache aber vorzugsweise in der Bettung selber sieht. Seinen Ausführungen stehen Ansichten anderer Fachgenossen gegenüber, die eine Mitwirkung der Bettung an der Riffelbildung bei Eisenbahnen grundsätzlich ablehnen.

Wir sind heute noch nicht so weit, daß wir uns eindeutig für die eine oder andere Annahme als Ursache der Riffelbildung festlegen könnten. Wer aber künftig weitere Beiträge zu dieser Frage durch Beobachtungen machen will, der muß sich vorher mit der Vielseitigkeit dieser Frage vertraut machen. Der Zweck meiner Ausführungen war, ihm dazu durch eine Zusammenstellung der bisherigen Beobachtungen — die ich, allerdings vielleicht nicht alle, insbesondere die des Auslandes, erfaßt haben mag — von vornherein eine Grundlage zu verschaffen.

von thermitisch oder elektrisch geschweißten Schienenstößen. Dies wird wohl auch der Fall sein bei dem autogenen Stauchverfahren. Verschieden können auch die Ergebnisse werden bezüglich der Nachbehandlung bei Verschweißung von neuen und altbrauchbaren Schienen, bei Schienen von höherer oder niedrigerer Festigkeit, verschiedener Zusammensetzung u. a. m.

3. Für manche Zwecke (besonders bei Schweißen auf freier Strecke) dürften auch halbautomatische Widerstandsschweißapparate entsprechen. Vergleichsproben mit vollautomatischen oder thermitischen Schweißungen stehen noch aus.

4. Einfache Zusammenschweißung durch Gasflamme oder elektrischen Lichtbogen wird für untergeordnetere Zwecke (unter Umständen bei einfacher Überlappung der Stege oder Füße der Schienen) bei entsprechende Verfahren und entsprechendem Zusatzmaterial — wenn wirtschaftlich — möglicherweise auch entsprechen können.

5. Die bekannten und in Zukunft noch auftauchenden mehr zusammengesetzten und meist patentierten Schweißkonstruktionen wollen endlich und müssen nach ihren technischen Leistungen mit den zwei Standardschweißverfahren verglichen werden.

All dies führt zur Behauptung, daß heute — trotz der gewaltigen Weiterverbreitung des elektrischen Widerstandsschweißens seit der letzten Schienentagung — ein Übereinkommen in den wesentlichsten Punkten einer einheitlichen Prüfung für Schweißstöße ebenso notwendig ist wie z. Z. der Schienentagung zu Budapest, als dies P. Tulacz*) zuerst beantragte. Es würde sich nicht um ein Kanon handeln, auch sollen Forscherarbeiten nicht beeinträchtigt werden, doch sollten gewisse Versuche, die zur Beurteilung eines Schweißstoßes wesentlich sind, nach einheitlichen Gesichtspunkten ausgeführt und zur Grundlage übersichtlichen und einheitlichen Vergleichens werden. Einheitliche Prüfbedingungen sowie Angaben von Mindestforderungen haben noch einen anderen wesentlicheren Vorteil: Sie geben dem Konstrukteur und dem Schweißtechniker klar zu wissen, welche Leistung vom Stoß verlangt wird.

*) III. Int. Schienentagung Budapest, Sept. 1935 (Budapest 1936) S. 179/183.

Im nachfolgenden seien die wichtigsten laboratoriums-mäßigen Versuchsarten von geschweißten Schienenverbindungen vom Standpunkte ihrer einheitlichen Behandlung besprochen und, wo es zugänglich ist, auch Mindestbedingungen angeführt.

Der Zugversuch.

In Abnahmevorschriften für Schienen erscheint der Zugversuch meist als der wichtigste, ist aber bei Schweißverfahren oder -konstruktionen nur informativ zu verwenden, da er mehr über metallurgische Teileigenschaften als über den Stoß als solchen Aufschluß zu geben vermag. Aus dem Fuße eines geschweißten Stoßes ist meist schwer ein Probestab zu entnehmen, und bei vielen Schweißkonstruktionen, besonders wo Fußlaschen Verwendung finden, hat eine Zerreißprobe aus dem Fuße überhaupt keinen Sinn. Ein Zerreißversuch aus dem Schienenkopf dagegen ist wegen dessen spezieller Beanspruchung (da hauptsächlich negative Momente maßgebend sind) von geringerer Bedeutung. Durch Zerreißproben können hauptsächlich Eigenschaften des abgeschmolzenen Zusatzmaterials, der Schweißwärme- und Übergangszonen ermittelt werden. Sie bieten für Studien zu Verbesserungen auch brauchbare Mittel, für den gesamten Stoß können sie aber nur von indirekter und untergeordneter Bedeutung sein. Die meisten Folgerungen aus dieser Probe darf man noch bei den Stumpfschweißungen ziehen. Im Verwendungsfalle sollen mindestens vier Proben gemacht werden, da erfahrungsgemäß die Streuung der Festigkeitszahlen in diesem Falle oft beträchtlich ist, und sowohl das Minimum als auch das Maximum gewisse Folgerungen zuläßt.

Alle zahlenmäßigen Angaben über irgendeine untersuchte Eigenschaft einer geschweißten Schienenverbindung sollen, wenn möglich, nur in vom Hundert der entsprechenden Eigenschaften des ungeschweißten Schienenmaterials gemacht werden, wobei die Probenentnahme und Untersuchung sowohl bei dem geschweißten Stoß als auch bei der ungeschweißten Schiene immer gleichbleiben sollte. So kann z. B. nach den Versuchen des Laboratoriums der Französischen Ostbahn festgestellt werden, daß bei elektrischer Abschmelzschweißung mit nachfolgendem Ausglühen (30 Min. bei 950°) bei im Durchschnitt 75-kg/mm²-Schienen die Zugfestigkeit im Querschnitt der Schweißung eine Zunahme von beinahe 4% aufweist ($vZ = 104\%$). Die Elastizitätsgrenze der Schweißung nahm um 12% zu ($vE = 112\%$), die Einschnürung um 54% ($vK = 154\%$). Die Dehnung blieb um 55% zurück ($vD = 45\%$). Die Vergleichsvomhunderte zugunsten der elektrischen Abschmelzschweißung betrugen bei einer anderen Probe der Ostbahn (Schiene mit einer Zugfestigkeit von 75 kg/mm²) mit einfacher Wärmebehandlung: $vZ = 97\%$, $vE = 100\%$, $vD = 76\%$, $vK = 61\%$; ein zweimaliges Ausglühen von 20 Min. bei 925° ergab: $vZ = 98\%$, $vE = 94\%$, $vD = 160\%$, $vK = 122\%$. Eine solche Darstellung ist bedeutend übersichtlicher als die Tabellen, aus denen die Vergleichsvomhunderte gewonnen wurden, und ist leicht verwendbar.

Von einem einheitlichen Prüfverfahren muß aber gefordert werden, daß solche Vergleichsvomhunderte auf Grund des Untersuchungsmaterials auch einwandfrei gebildet werden können, was bis heute von wenigen Untersuchungen behauptet werden kann.

Untersuchungen der belgischen Staatsbahnen bezogen sich auf Schienen von 62 bis 75 kg/mm² Zugfestigkeit und ergaben bei ausgeglühten Thermitstößen: $vZ = 82\%$, $vD = 47\%$, $vK = 63\%$; bei ungeglühter Widerstandsschweißung: $vZ = 101\%$, $vD = 74,5\%$, $vK = 92\%$; bei geglühter Widerstandsschweißung: $vZ = 95\%$, $vD = 85\%$, $vK = 99\%$.

Der Kerbschlagversuch.

Der Kerbschlagversuch eignet sich zusammen mit mikroskopischen Gefügebildern zur Untersuchung der verschiedenen Schweißwärme- und Übergangszonen sowie der Einflüsse von Nachbehandlungen und Vergütungen. Mit beträchtlichen Streuungen, ja Inversionen ist oft zu rechnen, Vorschriften sind nicht zu geben. Die Probe soll bei Schweißungen einen gewissen prognostischen Wert besitzen, und besonders will man durch sie den Wert des Ausglühens beweisen.

Der Schlagbiegeversuch.

Einige Bahnverwaltungen haben bei der Prüfung von Schweißstößen bezüglich der Schlagbiegeversuche zu strenge Bedingungen gestellt und dadurch in ihrem Bereich die Entwicklung gehemmt. Wohl gibt es auch heute Behörden, die dem Schlagbiegeversuch noch immer ungebührliche Bedeutung zumessen. Die Deutsche Reichsbahn und die Königlich Ungarische Staatsbahn wenden bei Schweißstößen die Schlagprobe kaum mehr an. Ihre Verteidiger können höchstens den Gedankengang der zuständigen Stelle der Belgischen Staatsbahnen anführen*):

„Jedenfalls setzt eine gute Widerstandsfähigkeit beim Schlagversuch ein Mindestmaß von inneren Fehlern und eine feine Korngestaltung voraus. Sie ist also ein untrügliches Zeichen für die Güte des Werkstoffes und für eine einwandfreie Ausführung und bietet zugleich eine Beruhigung für den Eisenbahningenieur, der immer um Sicherheit besorgt ist, namentlich wenn es sich um neue Verfahren handelt.“

Dieselbe Stelle muß aber auch zugeben, daß es nicht unmöglich sei, „daß eine Schweißstelle, die im Gleis ein gutes Verhalten zeigt, bisweilen doch eine geringere Widerstandsfähigkeit gegen Schlagversuche haben kann als die durchgehende Schiene“.

Es ist klar, daß die Eigenschaften der vollen Schiene für ein Schweißverfahren das vollkommenste und erwünschteste Ziel abgeben, aber zu fordern ist nur das, was begründet als notwendig nachgewiesen wird. Mit anderen Worten: Es müssen Mindestbedingungen aufgestellt werden, um nicht Verfahren oder Schweißkonstruktionen auszuschließen, die den übrigen technischen und wirtschaftlichen Anforderungen gut entsprechen. Zudem zeigte es sich auch, daß manche Schweißkonstruktionen, die nur im Hinblick auf möglichst gutes Verhalten beim Schlagbiegeversuch entwickelt wurden, anderen Mindestbedingungen nicht genügen konnten; so war eine frühe Form des Tulacz-Stoßes sehr schlagfest, entsprach aber, weil zu „weich“, gar nicht den Anforderungen des Betriebes.

Wir wollen somit im nachfolgenden für den Schlagbiegeversuch Mindestforderungen aufstellen, um dadurch dieses Gebiet vom Banne der Ungewißheit zu lösen.

Die ungeschweißte Schiene besitzt eine enorme Schlagfestigkeit, und die diesbezüglich vorgeschriebenen brutalen Proben sind zu streng. Man machte eben strengere Bedingungen, weil man sah, daß die Schiene sie aushält. Würden die Schienen nur etwa die Hälfte der Schlagarbeit leisten können, welche sie tatsächlich leisten, so wären die Abnahmebedingungen heute entsprechend gelinder, und es wären auf den Strecken doch kaum mehr Schienenbrüche aufgetreten, als heute auftreten. Sieht man von ganz anomalen Ursachen (Entgleisung, Zusammenstoß, Sabotage usw.) ab, so kommen momentane Krafteinwirkungen der Räder auf die Schiene nur in folgenden Ausnahmefällen vor:

Schlagloch oder Muschelbildung auf der Schienenoberfläche, Schleifstelle auf dem Radreifen, sogenannte „senkrechte Stufen“ durch schlechte Unterstützungsverhältnisse bei vernachlässigten Laschenstößen.

*) Mschr. int. Eisenbahn-Kongr.-Vereinig. März 1938.

Vom ersten und letzten Fall abgesehen, die ja bei einem geschweißten Stoß überhaupt nicht vorkommen können, handelt es sich im zweiten Fall nur um ganz geringe Fallhöhen von 2 bis 4 oder 5 mm. Nimmt man dann den schwersten Raddruck (12,5 t) mit 30% Überbelastung an und zur Sicherheit noch eine um 100% vergrößerte Fallhöhe, so errechnet sich eine ganz ausnahmsweise, eigentlich nie vorkommende größte Schlagwucht von 0,17 mt. Bei zehnfacher Sicherheit entspräche das für etwa 45 bis 50 kg/m schwere Schienen 1,7 mt ohne Riß oder Sprung ertragener Schlagarbeit, entsprechend gerechnet (geringerer Raddruck) für 38- bis 45-kg/m-Schienen 1,3 mt und für 32 bis 38 kg/m schwere Schienen 1,1 mt. Die Sicherheit ist eigentlich noch höher, da auf der Strecke normalerweise nur ganz geringe Fallhöhen vorkommen, während die Fallproben mit hundertfachen Werten derselben vorgehen, also mit bedeutend gesteigerter lebendiger Kraft, was in unserem Fall neben der Schlagarbeit nicht bedeutungslos ist. Wenn die abgeleiteten Mindestbedingungen gering erscheinen — bei der Prüfung der vollen Schiene verlangt man ja heute schon für den ersten Schlag oft das Vierfache an Schlagarbeit —, so denke man an die Hunderttausende von ungeglühten aluminothermischen Stauchschweißungen, die im Betriebe bei ähnlicher „Schlagfestigkeit“ voll entsprechen.

Wichtig ist die einheitliche und nicht zu geringe Auflagerentfernung. Nimmt man z. B. Schienen von 46 kg/m Gewicht, also schwere Schienen, und bloß 50 cm Auflagerentfernung, wie es auch eine Bahn tat, so wird ein ansehnlicher Teil der momentanen Schlagkraft, ohne volle Biegarbeit, unmittelbar in die Auflager abgeleitet. Man wähle zweckmäßiger, wie es manche Bahnen tun und auch P. Tulacz und F. Golling*) vorschlagen, als Auflagerentfernung 1,10 m und wende einen 500 kg schweren Fallbären an, der in allen Schlagwerken vorzufinden ist. Es ergibt sich dann eine zweckmäßige Fallhöhe h , die in cm ausgedrückt dem Metergewicht der Schiene entspricht. Es wird weiter vorgeschlagen, bei Schweißungen geringerer Schlagfestigkeit für die nacheinander anzuwendenden Fallhöhen die zweckmäßige Reihe h , $2h$, $2h$, $2h$... und bei schlagfesteren Verbindungen die Reihe h , $2h$, $3h$, $4h$... zu benützen. Bei hochschlagfesten Verbindungen kann h gleich zu 2,0 m angenommen werden. Bei ungeglühten Widerstandsschweißungen von 44 kg/m schweren Schienen findet man meist bei grobem Korn auf der Bruchfläche über insgesamt 6 mt ertragene Schlagarbeit. Aus Billigkeits- und Wahrscheinlichkeitsgründen soll man die Hälfte der Schlagarbeit des letzten Schlages, der den ersten Anriß oder den Bruch erzeugt hat, noch zur erfolgreich ertragenen Schlagarbeit der Verbindung hinzurechnen.

Ein Schlagen der Verbindung vom Schienenfuß her, wie es oft geschieht, hat keine oberbautechnische Berechtigung. Sollen Schlagversuche auf die Flanke der Schienen ausgeführt werden, so genügt die Hälfte der oben vorgeschlagenen kleinsten Soll-Werte, wie aus der Betriebsbewährung des Thermitstoßes und seiner seitlichen Schlagfestigkeit zu folgern ist.

Im übrigen ist das Schienenstück in seiner Lage zu sichern, und das Fallwerk muß den üblichen Vorschriften entsprechen.

Der statische Biegeversuch.

Der Schlagbiegeversuch sollte mit möglichst großem Gewicht von geringer Höhe unternommen werden: diese Forderung führt aber letzten Endes zum Grenzfall des statischen Biegeversuchs. Bei den meisten Bahnen ist dieser für die Schienenabnahme nicht mehr vorgeschrieben: er wurde durch den dynamischen Biegeversuch und den Zerreißversuch verdrängt. In der Schweiz ist er mit Recht noch immer im hohen

Ansehen. Bei geschweißten Konstruktionen ist er aber einfach unersetzlich, da wir es hier nicht mit einem homogenen Material und daher einem homogenen Träger zu tun haben, sondern mit einem Träger, der sowohl der Form als auch dem Werkstoff nach zusammengesetzt und oft gar kompliziert ist. Kräftespiel und Kräftefluß ist bei ihnen meist schwer zu verfolgen, folglich müssen diese Konstruktionsteile möglichst so beansprucht werden wie auf der Strecke selbst. Da der Biegeversuch eine ziemlich wahrheitsgetreue Abstraktion der tatsächlichen Beanspruchung der Schweißkonstruktion darstellt, halten die Deutsche Reichsbahn und die Königlich Ungarischen Staatsbahnen diesen Versuch für den wichtigsten zur Beurteilung oder Abnahme von geschweißten Schienenstößen.

Die Schweißstelle muß dasselbe Biegemoment tragen wie die fortlaufende Schiene. Allerdings entstehen auf geschweißter Strecke keine solchen dynamischen Wirkungen und Resonanzerscheinungen wie auf ungeschweißter Strecke, so daß man sich bei Schweißstößen schätzungsweise mit einer etwa 10% geringeren Tragfähigkeit begnügen kann, was man noch weiter auf 20% ausdehnen kann, wenn man die Nachbarschwellen näher zur Schweißstelle bringt. Die erforderliche 80- bis 90prozentige Tragfähigkeit des Schweißstoßes bezieht sich auch auf die Elastizitätsgrenze und muß sowohl bei Belastung der Schweißachse als auch bei Belastung des etwaigen kritischen seitlichen Querschnittes vorhanden sein.

Obiges und auch die Forderung, daß die Auflagerentfernung beim statischen Biegeversuch 1,2 bis 1,4 m betrage, behandelte der Verfasser eingehend in der polnischen Zeitschrift für Schweißwesen*). Wie wichtig die Forderung einer angemessenen Stützenentfernung ist, zeigt die Tatsache, daß man mit sogar 60 cm Auflagerentfernung arbeitete, und das noch bei einer Schweißverbindung, deren Konstruktionslänge gar 30 cm war.

Hat eine Schweißverbindung, die vom Schienenfuß aus gedrückt wird, also negativen Biegemomenten gegenüber die Hälfte der Tragfähigkeit der vollen Schiene, so ist die diesbezügliche Mindestforderung als voll erfüllt zu betrachten*). Dies ist eine erwünschte Erleichterung, da der Schienenkopf von Schweißungen gegen Zug empfindlich zu sein pflegt: Quetscherscheinungen durch „positive Momente“ im Schienenkopf führten noch nie zu Brüchen.

Bei manchen Schweißkonstruktionen kam es vor, daß beim Biegeversuch die Elastizitätsgrenze sowie die Tragfähigkeit bis zum Eintritt des Bruches beträchtlich hoch war, aber das Probestück kaum oder gar nicht fähig war, irgendeine nennenswerte bleibende Durchbiegung zu erleiden. Ein solcher Schweißstoß ist somit zu starr und gegen dynamische Einflüsse empfindlich und zeigt auch gewöhnlich ungenügenden Widerstand bei Fall- und Dauerbiegeproben. Es soll somit der Schweißstoß oder die Schweißkonstruktion eine gewisse Geschmeidigkeit und ein gewisses Verformungsvermögen besitzen. Zeigt ein Schienenträger auf 1,20 bis 1,40 m Stützenentfernung außer der elastischen Durchbiegung (rund 3 bis 6 mm) beim Biegeversuch vor dem Bruche oder Sprunge noch 10 bis 15 mm bleibende Durchbiegung, so ist eine solche Stoßverbindung unseres Erachtens ganz allgemein nicht mehr als starr zu betrachten. Die Schiene wird übrigens auf der Strecke — außer bei Zusammenstößen oder Entgleisungen — auch ganz ausnahmsweise nie derart beansprucht, daß bleibende Durchbiegungen von 3 bis 4 mm auf 1,5 m Länge entstehen. Die Deutsche Reichsbahn schreibt für Biegeversuche von Probestücken, die mit elektrischer Widerstandsschweißung hergestellt werden, etwas größere bleibende Durchbiegung vor als die obenerwähnten Mindestbeträge von 10 bis 15 mm.

*) III. Int. Schienentagung Budapest Sept. 1935 (Budapest 1936).

*) Spawanie i Ciecie Metali 1936, Nr. 7/9.

Prüfung der Oberflächenhärte.

Die Oberflächenhärte soll einen Rückschluß auf das künftige Verhalten der Fahrfläche, die sich nicht verformen oder ungleichmäßig abnutzen darf, geben. Am zweckmäßigsten ist es, in der Achse der Fahrfläche die Verbindung 0,5 bis 0,7 mm tief abzuhebeln und in geeigneten Abständen in beiden Richtungen die Härte nach dem Brinell- oder Rücksprungverfahren zu bestimmen und gegebenenfalls auch Verschleißversuche vorzunehmen. Die Proben müssen bis an Stellen geführt werden, wo die Materialstruktur des Schienenkopfes schon ganz normal ist. Geglühte Schweißungen geben ganz gleichmäßige Oberflächenverhältnisse, doch soll deren Wert unseres Erachtens nicht überschätzt werden, da unbehandelte Schweißungen im Betriebe auch in dieser Beziehung vollauf befriedigten. Wichtig ist nur, daß das Schweißgut nur warm verhämmert wird, und daß vor dem Betriebe die Oberfläche des Schweißstoßes glatt gehobelt wird.

Der Biegewechselversuch.

Der statische Biegeversuch zeigt die Sicherheit bei außergewöhnlichen Vorfällen, also die Höchstleistungen an, der Dauerbiegeversuch soll Bürgschaft für eine angemessene Lebensdauer des Schweißstoßes liefern. Der Stoß soll so lange halten, als die zusammengeschweißten Schienen nicht ins alte Eisen müssen. Dies bedeutet eine Lebensdauer von zwei oder fünf Jahren in scharfen und stark befahrenen Kurven, von dreißig bis vierzig Jahren unter normalen Verhältnissen, endlich von vierzig bis fünfzig Jahren unter sehr günstigen Verhältnissen. Unmittelbarer Grund des Ausbaues sind sehr vorgeschrittener Seiten- oder Höhenverschleiß, Brüchigkeit (Ermüdung), „epidemische“ Muschelbildung an der Fahrfläche, viele Nierenbrüche, verfahrne Schienenenden u. a. m. Es ist ein Unterschied in den Anforderungen an Schweißverbindungen neuer Schienen und an Schweißungen alter abgenutzter, aber noch brauchbarer Schienen zu machen. Die meisten Verwaltungen machen leider darin bisher keinen Unterschied. Das wichtigste Mittel hierzu ist der Biegewechselversuch.

Der Dauerbiegeversuch soll an einer Konstruktion, auf eine kürzere Zeit zusammengedrängt, jene Beanspruchungen hervorbringen, welche sie in gewissen Jahren an ihrer Verwendungsstelle zu ertragen hätte. Daraus erhellt, daß die Bestimmung der Wöhler-Linie des geschweißten Schienenstoßes dieser Aufgabe nicht genügt. Die Wöhler-Linie gibt zu jeder Spannung der äußersten Faser des Schienenfußes — die Kraft soll auch bei Pulsatorversuchen immer am Schienenkopf angreifen — die Anzahl der Biegedrucke an, die die Schweißverbindung bei einer derartigen Beanspruchung nicht mehr ohne sichtbaren Schaden aushält. Auch gibt sie diejenige Beanspruchung σ_0 an, welche auch nach unendlich häufigen Lastwechseln zu keinem Schaden führt (Dauerfestigkeit). Liegen sämtliche Betriebsspannungen σ unterhalb der Biegewechselspannung σ_0 , so ist das (volle oder abgekürzte) Wöhler-Verfahren restlos befriedigend. Bei der Schiene bzw. bei den Schienenschweißverbindungen liegen aber die Verhältnisse fast ausnahmslos so, daß Betriebsspannungen, wenn auch nicht millionenmal, doch zehn- und hunderttausendmal vorkommen, die zwar nach der Wöhler-Kurve nicht zum Bruch führen, die aber doch oberhalb der Biegewechselspannung der Verbindung liegen. Solche Spannungen, hunderttausendfach wiederholt, und ausnahmsweise hohe Spannungen, zu zehntausend Malen wiederholt, bringen unter Umständen die Verbindung noch nicht zum Bruche, „ermüden“ die Schweißung aber derart, daß man bei solchen scharf vorbeanspruchten Stücken nicht mehr die gewöhnliche Wechselfestigkeit erwarten darf. Geht man beim Wechselfestigkeitsversuch von niedrigen Spannungen zu höheren Spannungen über, so kann man die Wechselfestigkeit

gewissermaßen „hochtrainieren“. In Nachahmung der Betriebsbeanspruchungen müßte man aber die Proben durch hohe Spannungen „vorermüden“ und die sich dann ergebende Zeitfestigkeit bestimmen. Überflüssig ist dies nur bei Schweißarten, deren Wechselfestigkeit nahe der der ungeschweißten Schienen liegt, wie z. B. bei der elektrischen Widerstandsschweißung ohne Ausglühen, bei der sie 85% der ungeschweißten Schiene erreicht. (Bei ausgeglühter Widerstandsschweißung ist nach belgischer Quelle $v\sigma_0 = 57\%$.) Zum Vergleich von verschiedenen Schweißverfahren ist schon die gewöhnliche Wechselfestigkeit geeignet. Was die Form der Wöhler-Kurve einer Schweißverbindung anbelangt, so ist sie bei gleichen Grenzpunkten um so günstiger, je weniger konkav sie ist.

Es lohnt sich, für einen konkreten Fall die tatsächlich erforderliche Lebensleistung der Schweißverbindung nach Spannungsbereichen zu berechnen, um dann die an entsprechend vorbelasteten Proben ermittelte maßgebende Zeitfestigkeit der Verbindung dem Soll-Werte der Zeitfestigkeit im gegebenen Fall gegenüberstellen zu können. Zu diesem Zweck ist eine Spannungsverteilungskurve notwendig, die systematischen Spannungsmessungen zu entnehmen ist. Der Verfasser fand so unter Probezügen mit verschiedenen Geschwindigkeiten bei verschiedenen Schwellenentfernungen für beladene zweiachsige Wagen im Durchschnitt folgende Häufigkeit der Betriebsspannungen:

Spannung σ	0,38	0,88	1,38	1,88	2,38	2,88	4,5
Häufigkeit %	10	41	34,3	11	2,2	0,5	1

Die Grundspannung σ für „freie“ Radlast G kann annähernd mit

$$\sigma = \left(1 + \frac{V^2}{30000}\right) \frac{G a}{W} 0,23 \text{ kg/cm}^2$$

berechnet werden, wo V die Geschwindigkeit in km/h, a den Schwellenabstand in cm, W das Trägheitsmoment der Schiene in cm³ bedeuten. (Einseitig und zweiseitig eingespannte Achsen — Lokomotiv- und Radgestellachsen — sind entsprechend zu berücksichtigen; es muß auch zwischen leeren und beladenen Wagen unterschieden werden.)

Nimmt man in unserem Beispiel z. B. den Fall der Schweißung von altbrauchbaren Schienen von 42 kg/m Gewicht mit 70 cm Schwellenentfernung und eine Zuggeschwindigkeit von 80 km/h, so ergibt sich für beladene zweiachsige Wagen (32 t) die Grundspannung von 740 kg/cm². Rechnet man mit 3000000 vollbeladenen zweiachsigen Wagen als ansehnlicher Hauptleistung während der weiteren Lebensdauer der verschweißten altbrauchbaren Schienen, so ergibt sich folgende Verteilung der Spannungen:

Spannung . . kg/mm ²	2,8	6,5	10,2	13,9	17,7	21,4	33,2
Häufigkeit 10 ⁶	0,6	2,46	2,0	0,66	0,132	0,03	0,06

Dazu kommen dann noch die Spannungsbeanspruchungen der Lokomotiven, Personenwagen und leerer Wagen, was hier nicht weiter verfolgt werden soll. Wären obige zwei Reihen endgültig — in den mittleren und oberen Spannungsbereichen werden sie sich nicht viel ändern —, so genügte vollauf eine Schweißverbindung, die nach 60000maliger Vorbelastung mit 33 kg/mm² und 132000maliger Belastung mit 17,70 kg/mm² eine Wechselfestigkeit von 10,2 kg/mm² 2- bis 2,5-Millionenmal ohne sichtbaren Schaden erträgt. Man kommt danach mit einem Probestück und nur 2,7 Millionen Lastwechseln aus, benötigt nicht die Wöhler-Kurve und weiß für den bestimmten Fall mehr, als die die Wöhler-Linie bieten kann. Selbstredend ist dieser Versuch auch an zwei oder mehreren Probestücken zu wiederholen, wodurch man auch über die Zuverlässigkeit der Schweißausführung Aufschluß bekommt.

Will man sich ein Bild darüber verschaffen, was man überhaupt von einer Schweißverbindung von neuen Schienen in einer Strecke mit schwerstem Verkehr an Dauerleistungen

fordern soll, so kann man eine Belastung mit 8000000 vollbeladenen Wagen von 50 t, entsprechend einer Grundspannung von 950 kg/cm², bei der vorher genannten Häufigkeitsverteilung der Betriebsbeanspruchungen zugrunde legen. Es ergibt sich daraus:

Spannung . kg/mm² 3,6 8,3 13,2 17,8 22,6 27,4 42,8
Häufigkeit . . . 10⁶ 1,6 6,6 5,5 1,76 0,352 0,08 0,16
Man würde somit eine Schweißverbindung wünschen, die nach 180000 Lastwechseln 43 kg/mm², 350000 Lastwechseln mit 23 kg/mm² und 1800000 Lastwechseln mit 18 kg/mm² noch die erniedrigte Wechselfestigkeit von 14 kg/mm² besitzt. Hat man aber eine Verbindung von z. B. 18 bis 22 kg/mm² wirklicher Biegewechselfestigkeit, so sind die Vorermdungen schon nicht mehr von Belang; geglühte oder ungeglühte elektrische Widerstandsschweißungen entsprechen somit schwerstem Verkehr.

Derartige Berechnungen über die Häufigkeit der Betriebsbeanspruchungen seitens der Eisenbahnverwaltungen sind um so erwünschter, da sie gewöhnlich zur Mäßigung der Forderungen an die Dauerfestigkeit führen.

Als Auflagerentfernung nehme man 120 cm*).

Vorspannung und Frequenz der Biegemaschine sind praktisch ohne Belang. Ideal wäre eine Vorrichtung, die aus oberbautechnischen Gründen nach jeder positiven Beanspruchung (Druck vom Schienenkopf aus) eine fünfmal geringere negative Beanspruchung folgen zu lassen gestattete.

Schlußfolgerungen für die Abnahme.

Als Abnahmeprüfung halten wir bei einem laboratoriums-mäßig schon geklärten Schweißstoß im allgemeinen nur den statischen Biegeversuch für notwendig, und zwar je Arbeitsschicht 1 bis 2% der erzeugten Schweißstellen. Durch sie wird mit einfachsten Mitteln der ganze Stoß untersucht und auch die zufälligen Fehler der Schweißarbeit ans Tageslicht gebracht. Biegeversuche nehme man auch dann vor, wenn man die Schweißungen in eigenem Betriebe erzeugt.

*) III. Int. Schienentagung Budapest, Sept. 1935 (Budapest 1936). Diskussion.

Die Schienenstoßschweißung bei der Deutschen Reichsbahn.

Von Abteilungspräsident Herwig, RZA. Berlin.

Hierzu Tafel 2.

I. Allgemeines.

Die Deutsche Reichsbahn hat in Erkenntnis der großen wirtschaftlichen Bedeutung des Schweißens für die Herstellung längerer Schienen im Jahre 1924 mit der Klärung der Frage begonnen, welches Verfahren für ihre Verhältnisse, vor allem mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit des Oberbaues, das zweckmäßigste sei. Sie stützte sich bei ihren eingehenden Prüfungen auf die Erfahrungen der Straßenbahnen, die sich schon seit längerer Zeit mit der Anwendung der Schweißtechnik für die Beseitigung der Stöße beschäftigten.

Bereits im Jahre 1906 wurden bei einer Straßenbahn die ersten praktischen Versuche vorgenommen, und zwar mit einer Ausführung, bei der die Schienenstirnflächen mittels des elektrischen Lichtbogens stumpf miteinander verschweißt wurden. Die Erfolge waren anfangs gut. Nach einigen Jahren machten sich jedoch erhebliche Nachteile bemerkbar. Das eingeschweißte Material bröckelte von der Schiene ab, auch traten mehrfach Brüche auf. Bei einer späterhin an Stelle der einfachen Stumpfschweißung eingeführten Laschennahtschweißung haben sich die Erwartungen ebenfalls nicht erfüllt. An einem großen Teil der nach diesem Verfahren geschweißten Stöße zeigten sich nach etwa 4 bis 6 Jahren Anrisse in den Schweißnähten. Durch Einführung verschiedener Verbesserungen, genauere Bearbeitung und gutes Einpassen der Laschen in die Laschenkammern, Verstärkung der Schweißnaht in der Stoßfuge, Anwendung von Eisenelektroden an Stelle der früher benutzten Kohlenelektroden konnte eine wesentlich größere Haltbarkeit der Stoßverbindung nicht erreicht werden.

II. Die aluminothermische Schweißung.

Da die elektrische Lichtbogenschweißung und auch Versuche mit der Gasschmelzschweißung noch nicht zu einem befriedigenden Erfolg geführt hatten, wandte sich die Reichsbahn, als sie sich entschloß, der Frage der Schienenschweißung ernstlich näher zu treten, einem anderen Verfahren — dem aluminothermischen — zu, das sich seit geraumer Zeit bei Straßenbahnen des In- und Auslandes als durchaus betriebssicher bewährt hatte. Bevor man jedoch Versuche in Betriebsgleisen einleitete, wurden zunächst zur Feststellung der Güteeigenschaften der Schweißung an einer größeren Zahl fertiger Stöße metallographische und chemische Untersuchungen, sowie Schlag-, Biege-, Kerbschlag- und Biegewechselversuche ausgeführt. Erst nachdem diese Werkversuche ergeben hatten,

daß das Verfahren in jeder Hinsicht auch den für Reichsbahn-gleise zu stellenden Anforderungen voll und ganz entsprechen würde, wurde im Jahre 1924 zunächst mit Streckenschweißungen auf Brücken, in längeren Tunneln und in mehreren Nebengleisen eines großen Verschiebebahnhofs begonnen. Wenn auch die bei der statischen Biegeprobe erreichten Durchbiegungen wesentlich niedriger lagen als die für Schienen vorgeschriebenen, was auf eine größere Sprödigkeit hinweist (Zusammenstellung 1).

Zusammenstellung 1.

Schienenform	Widerstandsmoment cm ³	Belastung bis zum Bruch t	Durchbiegung mm	Bemerkungen
S 49	234	90,56	26	Zwei Schweißbleche — Bruch durch das Schweißblech — Schlag auf Kopf
S 49	234	84,09	16	Bruch seitlich des Schweißbleches Schlag auf Kopf
S 49	234	84,90	13	Riß durch das Schweißblech
8	192	72,00	26	Anriß

so gab dies doch keinen Anlaß zu der Befürchtung, daß die Thermiterschweißung den Beanspruchungen des Betriebes nicht widerstehen würde. Man nahm vielmehr mit Bestimmtheit an, daß auch bei den erzielten geringen Durchbiegungen eine ausreichende Sicherheit gegen Bruch gegeben war. Diese Erwägung wurde durch die ersten Betriebsversuche voll und ganz bestätigt. Die Schweißungen bewährten sich in allen Versuchsgleisen. In der Schweißzone der Schienenauflagefläche zeigten sich weder Verdrückungen noch Verschleiß oder Abbröckelung. Nur an zwei Stößen wurden Risse festgestellt, die jedoch auf Fehler in den Schienen zurückgeführt werden konnten.

Auf Grund der bei diesen ersten Versuchen gemachten günstigen Erfahrungen wurde Anfang des Jahres 1928 mit dem Schweißen von Stößen auf Schnellzugstrecken in sehr großem Umfang begonnen, und zwar nach dem kombinierten Verfahren (Abb. 1), das bereits ausreichend erprobt war und den

Vorteil hat, daß in die Schienenfahrfläche, abgesehen von dem schmalen Blechstreifen, kein anderes Stahlmaterial tritt und somit die Härte der Schweißstelle sich nicht wesentlich von der der anschließenden Kopfflächen unterscheidet. Es wurden in den Gleisen der Sonderklasse und den Gleisen 1. Ordnung alle für 1928 angelieferten und in früheren Jahren bereits eingebauten Schienen S 49 von 15 m Länge zu der neuen Regellänge von 30 m zusammengeschweißt.

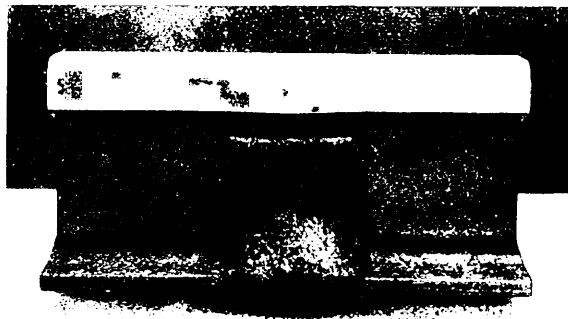


Abb. 1.

Seitdem wird die Thermitschweißung laufend sowohl auf der Strecke als auch in den Oberbaulagern in großem Umfang angewendet. Von den bisher festgestellten Brüchen und Anrissen, deren Zahl im Verhältnis zu der Gesamtmenge der geschweißten Stöße als gering bezeichnet werden muß, gehört ein großer Teil zu den ersten Ausführungen, bei denen mangels ausreichender Erfahrungen noch Fehler vorkamen, die nach eingehender Untersuchung und Erforschung der Ursachen bei den weiteren Arbeiten vermieden werden konnten. Die meisten dieser Brüche gingen von Laschenlöchern aus, die halb innerhalb, halb außerhalb des Schweißwulstes lagen, also zum Teil verschweißt, zum Teil frei waren (Abb. 2). Durch einen derartigen Fehler entstand eine kerbartige Beanspruchung des Schienenwerkstoffes, die um so leichter zu Rissen führte, als schon beim gewöhnlichen Stoß die an den Laschenlöchern vorhandenen Randspannungen und sich allmählich entwickelnden



Abb. 2.

Rostnarben die Ursache zahlreicher Schienenbrüche bilden (Abb. 3). Die oft beobachtete blaue Anlauffarbe der Bruchflächen zeigte, daß die Risse schon beim Schweißen eingetreten sein müssen. Durch eine auf Grund dieser Erfahrungen herausgegebene Bestimmung, daß die Laschenlöcher mit Klebsand auszufüllen sind, wurde ein großer Teil der gefährlichen, durch die Schweißwärme hervorgerufenen Spannungen vermieden. In anderen Fällen lag die Ursache in einer starken, durch eine übergroße Schweißgutmenge hervorgerufenen Überhitzung des Werkstoffes. Durch richtige Bemessung der Thermitmasse konnte auch diese Fehlerquelle beseitigt werden. Vielfach konnte nachgewiesen werden, daß die Schweißarbeiten selbst

nicht mit der nötigen Sorgfalt ausgeführt und die einschlägigen Vorschriften nicht befolgt wurden. Wenn zwischen dem Schweißblech und den Schienenkopfflächen keine oder nur eine unvollkommene Verbindung zustande gekommen war, war dies im allgemeinen darauf zurückzuführen, daß der Schienenkopf nicht genügend vorgewärmt, die Stirnfläche nicht vom Rost gereinigt, das Schweißblech nicht sauber war, oder daß die Stauchung nach dem Abstieg des Tiegels zu spät oder unvollkommen durchgeführt wurde. Oft hatte die Schweißung dadurch gelitten, daß der Schmelztiegel nicht rechtzeitig abgestochen, also das Thermitisen zu kalt geworden war. Bei einigen Brüchen, bei denen zwischen Steg und Fuß einerseits und dem Thermitwulst andererseits keine ausreichende Verschmelzung eingetreten war, zeigte der Wulst ein sehr ungleiches poröses Gefüge. In der Schweißmasse konnten örtliche Aluminiumanreicherungen festgestellt werden, die jedenfalls durch eine auf dem Transport der fertigen Portionen entstandene Entmischung hervorgerufen waren und beim Abstieg keine Gelegenheit hatten, mit dem Eisenoxyd zu reagieren. Auch ist es möglich, daß die Thermitportion auf der Strecke an regnerischen Tagen einen gewissen Feuchtigkeitsgehalt aufgenommen hatte, der stellenweise eine Verzögerung der Re-

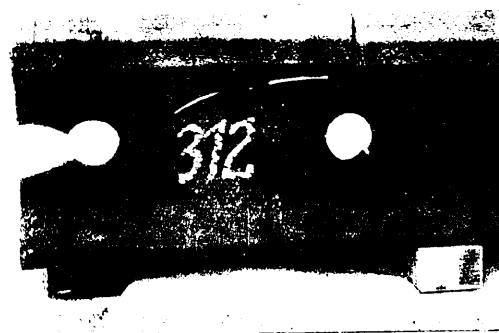


Abb. 3.

aktion herbeiführte; die Temperatur reichte nicht aus, um die Umsetzung zwischen Aluminium und Eisenoxyd einzuleiten.

Die Werkuntersuchungen und Betriebserfahrungen haben immer wieder ergeben, daß bei genauer Befolgung der herausgegebenen Vorschriften nur selten Fehlschweißungen vorkommen und daß die meisten der dann noch auftretenden Brüche in Fehlern des Schienenstoffes ihre Ursache haben. Da für die Güte der Schweißung vor allem die Tüchtigkeit und Zuverlässigkeit der Schweißer von großer Bedeutung ist, wurde in den Richtlinien für die Auswahl und die Ausbildung der Schweißer besonders zum Ausdruck gebracht, daß hierfür nur solche Bedienstete in Frage kommen können, von denen man weiß, daß sie gewissenhaft und streng die ihnen gegebenen Anweisungen beachten. Sehr wichtig ist auch die laufende Überwachung und Unterweisung der Schweißer durch besondere Fachingenieure.

Durch die bei der Ausführung der Schweißungen und bei der Untersuchung der Fehler gemachten Beobachtungen wurden nicht selten wertvolle Anregungen für die weitere Entwicklung und Vervollkommenung des Thermitverfahrens gegeben. So wurden u. a. die ursprünglich verwendeten Formen durch Sparformen ersetzt, durch die die Güte und die Wirtschaftlichkeit der Schweißung gehoben werden konnten. Durch diese Änderung wurde es möglich, die Formen an der Verwendungsstelle selbst herzustellen und den Formsand bei der Vorwärmung zu trocknen, so daß besondere Trockenöfen erspart werden. Durch zweckentsprechende Verbesserung der Modelle für die Herstellung der Formen konnte die Vorwärmungszeit um 10 bis 12 Minuten herabgesetzt werden.

Für die in den stark belasteten Gleisen der Reichsbahn in steigendem Maße verwendeten abnutzungsfesten Schienen mit höheren Festigkeiten, insbesondere bei denen mit hohem Kohlenstoffgehalt, reicht bei dem gewöhnlichen kombinierten Verfahren eine Druckschweißung im Gebiet der festen Lösung nicht aus, um eine innige Verbindung der Schienenköpfe herbeizuführen. Es wurden daher Versuche mit einem Schmelz- oder Zwischengußverfahren durchgeführt, bei dem nicht nur der Steg und Fuß, sondern der ganze Querschnitt der Schienen durch die Thermitmasse verbunden wird (Abb. 4). Dieses

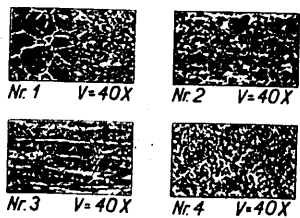
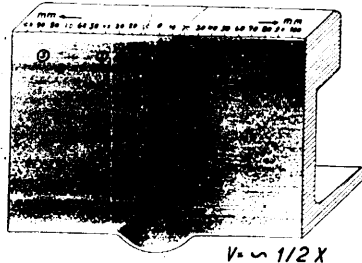


Abb. 4.

Man hat daher in letzter Zeit die kombinierte Schweißung derart weiter entwickelt, daß auch bei ihr eine unmittelbare Verschmelzung der beiden Schienenköpfe, jedoch ohne Zwischenguß, zustande kommt (Abb. 5). Dies wird dadurch erreicht,

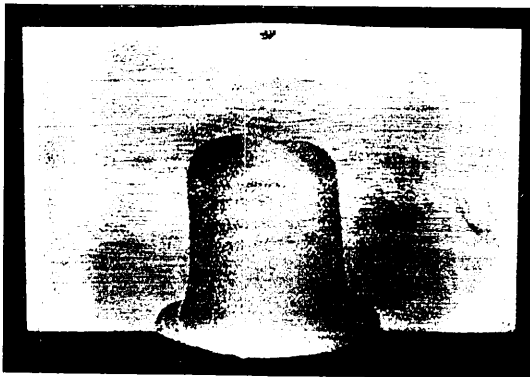


Abb. 5.

daß der Kopf der Schiene bis zum breiigen Zustand erwärmt und sodann durch Stauchung in innigen Zusammenhang gebracht wird, während Steg und Fuß durch Zwischenguß miteinander verbunden werden. Das Verfahren unterscheidet sich also äußerlich von dem gewöhnlichen kombinierten nur dadurch, daß der Schienenkopf durch besondere Maßnahmen stärker erhitzt wird, wobei er gegen Formänderung und Anschmelzen des Thermites durch eine besondere Schutzplatte geschützt werden muß (Abb. 6). Die Platte wird nach dem Vorwärmen und vor dem Thermitguß eingesetzt. Es ist zu erwarten, daß dieses Verfahren, bei dem eine vollkommene stoffliche Verbindung der beiden Schienenköpfe erreicht wird (Abb. 7), und bei dem der Gefügeunterschied in und neben

der Schweißzone nur sehr gering ist (Abb. 8), beim Schweißen harter Schienen allen Anforderungen entsprechen wird.

Die aluminothermischen Schweißungen werden bei der Reichsbahn grundsätzlich von eigenen zwei Mann starken

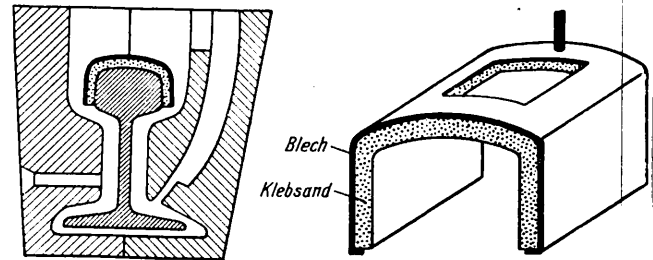


Abb. 6.

Schweißkolonnen ausgeführt; für die Arbeiten stehen besondere Schweißwagen zur Verfügung, in denen die erforderlichen Geräte und sonstiges für die Herstellung der Schweißungen

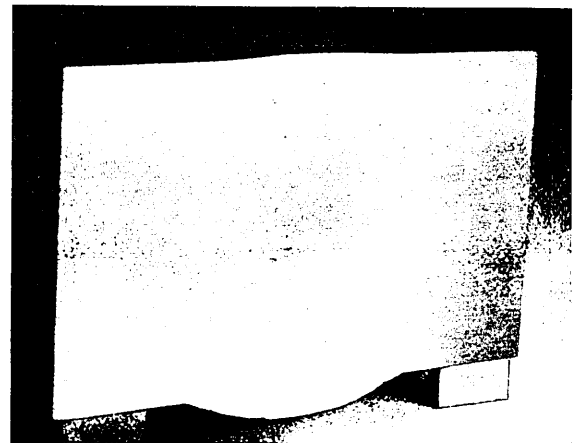


Abb. 7.

notwendiges Zubehör untergebracht sind. Die Schweißer werden durch besondere Lehrschweißer der Reichsbahn theoretisch und praktisch gut ausgebildet und später laufend von

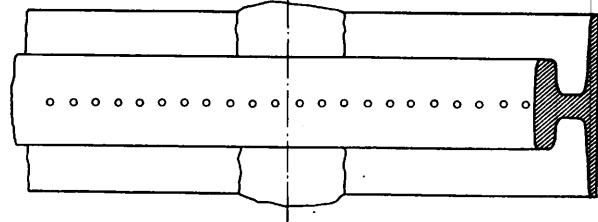
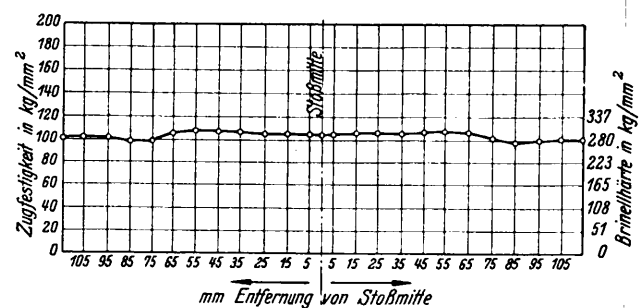


Abb. 8.

einem eingehend geschulten Beamten überwacht und weiter unterrichtet. Außerdem werden ihre Arbeiten von Zeit zu Zeit durch Fachingenieure der die Schweißportionen liefernden Firmen überprüft.

Ein wesentlicher Vorteil des Thermitverfahrens liegt darin, daß es an jeder Stelle, auch im Gleise selbst, angewendet werden kann, daß es nur einige leicht handliche Geräte erfordert und daß beim Zusammenschweißen von Regelschienen zu größeren Längen, z. B. der 15 m Schienen zu 30, 45 oder 60 m Schienen durch die Einlage der Zwischenbleche oder auch kurzer Schienenstücke eine Verkürzung der Regellängen vermieden werden kann.

III. Die elektrische Widerstandsstumpfschweißung.

Mit der Erprobung des aluminothermischen Schweißverfahrens trat die Reichsbahn auch gleichzeitig in die Prüfung der Frage ein, ob für die Verbindung von Schienen nicht auch die elektrische Widerstandsstumpfschweißung, die auf verschiedenen Gebieten des Eisenbahnwesens, so beim Fahrzeugbau, bereits Eingang gefunden hatte, verwendet werden könnte. Die Verhältnisse waren hier allerdings insofern ungünstiger, als bis dahin auf diesem Gebiet noch keine oder nur sehr geringe Erfahrungen vorlagen. Im Jahre 1925 wurden gemeinsam mit einigen Firmen umfangreiche Werkversuche begonnen, die alsbald zu der Erkenntnis führten, daß für eine einwandfreie elektrische Stumpfschweißung eine leistungsfähige, zuverlässig arbeitende Maschine die wichtigste Vorbedingung ist. Nachdem es alsdann gelungen war, Maschinen zu entwickeln, mit denen eine betriebssichere Schweißung auch bei Schienen größeren Querschnittes möglich war und nachdem Vergleichsprüfungen ergeben hatten, daß mit der elektrischen Stumpfschweißung mindestens die gleichen Gütezahlen bei den statischen und dynamischen Biegeversuchen erreicht wurden, wie mit der im Betrieb bereits bewährten Thermitschweißung, daß beide Verfahren somit als gleichwertig bezeichnet werden konnten (Zusammenstellung 2 zeigt eine Vergleichsprüfung), wurden

Zusammenstellung 2.

Schienenform	Schweißart	Belastung t	Durchbiegung mm	Bemerkungen
		Belastung bis zum Bruch t	Durchbiegung mm	
S 49	Widerstandsabschmelzschweißung	60	10	
		75	23	Anriß
S 49	Thermit-schweißung	65	10	
		77	14	Anriß

im Jahre 1927 auch größere Streckenversuche mit stumpfgeschweißten Schienen eingeleitet. Die hierfür verwendeten ersten Maschinen waren als Halbautomaten gebaut, bei denen der Strom selbsttätig eingeschaltet, das Stauchen hingegen mit einer Handspindel bewirkt wird. Bei diesen Maschinen gelingt es nicht immer, den Stauchdruck stets dem Schweißvorgang voll und ganz anzupassen. Es kann daher vorkommen, daß der Druck zu stark oder zu gering bemessen ist, so daß entweder keine genügende Verbindung der zu verschweißenden Flächen erreicht oder das flüssige Material herausgedrückt wird. Bei nicht ausreichendem Druck bilden sich leicht Schlackeneinschlüsse, die die Festigkeit der Schweißstellen stark beeinträchtigen. Es wurden daher im Laufe der Jahre Vollautomaten entwickelt, die unabhängig von den jeweiligen Fähigkeiten des Schweißers eine stets gleichbleibende Güte der Arbeiten gewährleisten. Die mit solchen Maschinen hergestellten Schweißungen können als einwandfrei bezeichnet werden (Abb. 9). Vereinzelt festgestellte Brüche konnten fast immer auf Fehler im Schienenstoff zurückgeführt werden.

Nach den Versuchen der Reichsbahn können auch Schienen höherer Festigkeiten, vor allem die naturharten mit hohem C-Gehalt mit dem elektrischen Abschmelzverfahren bruch sicher geschweißt werden.

IV. Die elektrischen Lichtbogen- und Gasschmelzschweißungen.

Bis jetzt sind bei der Reichsbahn die Thermitschweißung und elektrische Widerstandsabschmelzschweißung als Regelverfahren eingeführt. Erstere wird hauptsächlich auf der Strecke, letztere vornehmlich in Werkstätten angewendet. Daneben werden seit mehreren Jahren auch eingehende Erprobungen und Versuche mit der autogenen und der Lichtbogen-schweißung durchgeführt.

Für diese beiden Schweißarten liegen Vorschläge in größerer Zahl vor, die sich in ihrer konstruktiven Durchbildung durch nachstehende Merkmale unterscheiden:

1. Der ganze Querschnitt der Schiene wird stumpfgeschweißt, der Fuß durch Anschweißen einer Platte oder Klammer verstärkt (Beispiel Abb. 10).

2. Nur der Kopf wird stumpfgeschweißt, am Fuß wird eine Platte oder Klammer angeschweißt (Abb. 11).

3. Der ganze Querschnitt wird stumpfgeschweißt, außerdem werden gewöhnliche Stoßblasen am Kopf und Fuß durch Nahtschweißung angebracht.

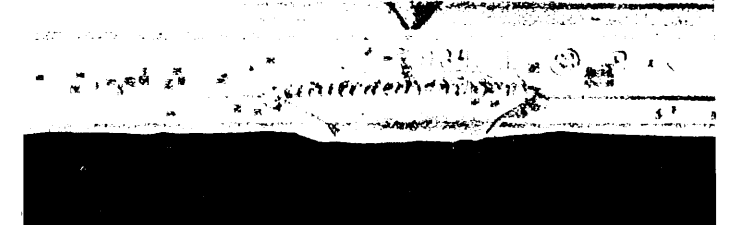


Abb. 9.

4. Kopf und Fuß werden verschweißt, während der Steg frei bleibt; der Fuß wird durch eine angeschweißte Platte verstärkt.

5. Kopf, Steg und Fuß werden ohne Verwendung einer

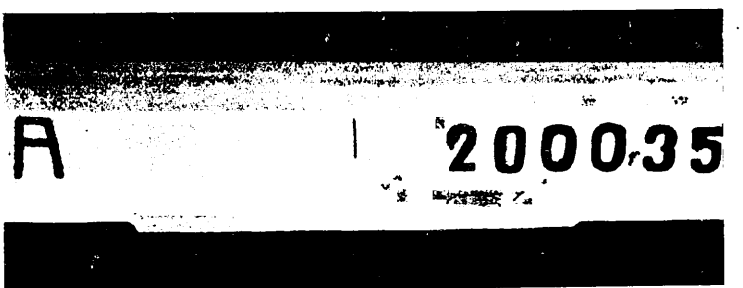


Abb. 10.

6. Kopf, Steg und Fuß werden ohne Verwendung einer

Laschen-, Platten- oder Klammerv Verstärkung verschweißt (Abb. 12).

Bei den bisherigen Untersuchungen und Prüfungen der verschiedenen Bauarten kam man zu dem Ergebnis, daß Schweißungen mit Verstärkungsplatten oder -laschen sich ungünstiger verhalten. Sie sind gegen Ermüdungserscheinungen sehr empfindlich, die Zusatzteile stören den gleichmäßigen Kraftfluß, durch die plötzlichen Querschnittsänderungen treten Spannungsanhäufungen und Kerbwirkungen ein.

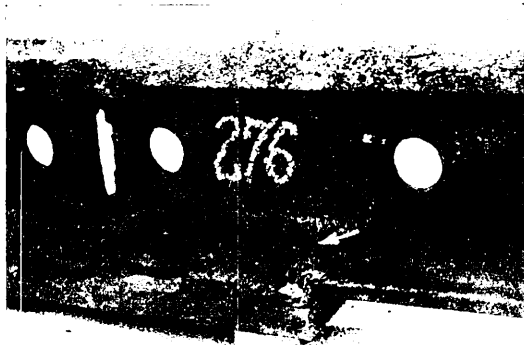


Abb. 12.

Schienenverbindungen, die nur im Kopf eine Stumpfschweißung erhalten und am Fuß durch Platten oder Klammern mit Kehlnähten gehalten sind, im Steg und Fuß dagegen offen bleiben, oder bei denen der Kopf und Fuß stumpfgeschweißt werden und letzterer noch mit einer Verstärklasche versehen ist, sind nach den gemachten Erfahrungen unzuverlässig. Auch im Brücken- und Maschinenbau hat sich gezeigt, daß Schweißverbindungen, die besonders tragfähig sein sollen, als volle Stumpfschweißungen hergestellt werden müssen. Die Reichsbahn gibt daher bei der autogenen und der Lichtbogenschweißung der Verbindung des ganzen Querschnittes ohne Zusatzverstärkungen den Vorzug. Bei dieser Anordnung sind die Spannungs- und Kräfteverhältnisse einfach und übersichtlich und Kerbwirkungen möglichst vermieden. Sie wurde daher in erster Linie von der Reichsbahn in Gemeinschaft mit der einschlägigen Industrie erprobt und weiter entwickelt.

Mit der autogenen Schweißung, die in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht hat, konnten bereits vor einiger Zeit Streckenversuche eingeleitet werden. Da die Werkprüfungen günstig ausgefallen sind, sich auch im Betrieb bis

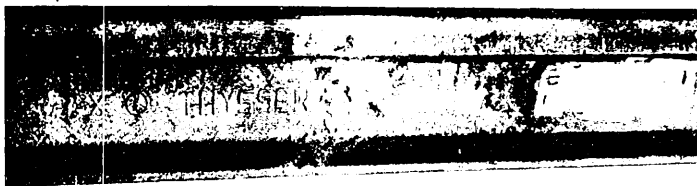


Abb. 13.

jetzt noch keine Anstände gezeigt haben, insbesondere Brüche nicht festgestellt worden sind, kann angenommen werden, daß bei sachgemäßer Ausführung durch gewissenhafte, gut ausgebildete Schweißer mit diesem Verfahren eine vollkommene und betriebssichere Schienenverbindung erreicht wird. Für die Schweißung werden Fuß und Kopf V-förmig, der Steg X-förmig mit dem Schweißbrenner abgeschrägt (Abb. 13). Die Arbeiten werden von zwei Schweißern ausgeführt, die beiderseits gleichzeitig beginnen, zunächst den Fuß von der Wurzel bis zur Kante, sodann den Steg von unten nach oben und zu-

letzt den Schienenkopf schweißen. Dabei werden die übereinander und nebeneinander gelegten Raupen jeweils in Rotglut mit Kugel- oder anderen geeigneten Hämmern vergütet.

Die autogene Schweißung hat ebenso wie die Thermit-schweißung den besonderen Vorteil, daß sie an jeder Stelle auf der Strecke und in Bahnhöfen angewendet werden kann und sich hierbei auch für die Verbindung von Schienen verschiedenen Querschnittes, also für die Herstellung von Übergangsstößen eignet. Man verfährt folgendermaßen:

Zunächst wird der Steg mit Schneidbrennern ausgeschnitten, sodann wird der untere Teil erwärmt und nach oben gebogen, die Naht wird autogen geschweißt und die Enden werden zusammengeschweißt (Abb. 14).

Bei diesem Arbeitsvorgang wird eine plötzliche Querschnittsänderung vermieden.

Von besonderer Bedeutung für die Haltbarkeit der Gasschmelzschweißung ist die Wahl des Drahtes. Für Fuß-, Steg und $\frac{2}{3}$ des Kopfes wird Verbindungsschweißdraht, für den oberen

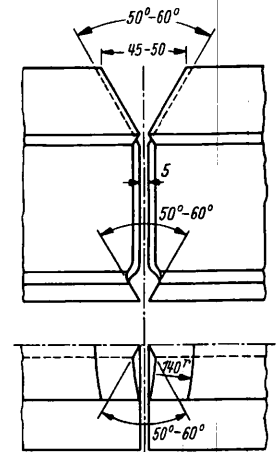


Abb. 14.



Abb. 15.

Teil des Kopfes Auftragschweißdraht verwendet, dessen Härte in der Schweiße der Härte des Schienenkopfes möglichst gleichkommt.



Abb. 16.

Die Prüfungen der elektrischen Lichtbogenschweißung sind noch nicht so weit gediehen, daß man zu größeren Streckenversuchen übergehen konnte. Neben den Verbindungen ohne Zusatzverstärkungen werden auch hier solche mit angeschweißten Platten, Klammern oder Laschen erprobt u. a. der Katonastöß (Abb. 15) und der Böhlerstoß (Abb. 16). Über die Ergebnisse der Untersuchungen können noch keine bestimmten Angaben gemacht werden. Ein Nachteil der Lichtbogenschweißung gegenüber der Autogenschweißung liegt darin, daß bei Verwendung auf der Strecke nicht überall die erforder-

liche Stromquelle vorhanden ist und daher besondere Aggregate eingesetzt werden müssen.

V. Mit den Schienenschweißungen bisher gemachte Erfahrungen.

Bei allen nach den verschiedenen Verfahren geschweißten Stößen weisen die Schlag- und statischen Biegeproben verhältnismäßig geringe Durchbiegungen auf. Um die Sprödigkeit herabzusetzen und ungünstige Schweißspannungen zu beseitigen, wurde daher erwogen, ob zur Erhöhung der Güte eine Wärmenachbehandlung der fertigen Stöße zweckmäßig oder notwendig sei. Nach den Ergebnissen sind die durch das Vergüten erreichten Verbesserungen nicht so erheblich, daß sie den damit verbundenen höheren Kostenaufwand rechtfertigen würden. Man nahm daher vorläufig allgemein von einer Nachbehandlung Abstand, da auch ohne sie nach den bisherigen Erfahrungen eine sachgemäß ausgeführte Schweißung den Betriebsbeanspruchungen voll und ganz gewachsen ist.

Nach dem aluminothermischen Verfahren sind bis Juli 1938 430 000 Schweißungen ausgeführt, von denen über 200 000 in Hauptgleisen liegen. Bis jetzt sind 0,17% Brüche zu verzeichnen. Deren Ursachen sind bereits eingehend erörtert worden. Es wurde besonders darauf hingewiesen, daß die Fehler meistens an den ältesten Schweißungen auftreten, bei denen es noch an ausreichenden Erfahrungen fehlte und die nicht immer vorschriftsmäßig und mit der nötigen Sorgfalt hergestellt wurden.

Nach dem elektrischen Widerstandsverfahren wurden bis Juli 1938 480 000 Stöße geschweißt, von denen der kleinere Teil in Hauptgleisen liegt. Davon sind 0,02% gebrochen. Besonders günstig verhalten sich die mit vollautomatischen Maschinen hergestellten Stöße. Bei ihnen liegen die vorgekommenen Brüche, deren Zahl sehr gering ist, meist neben der Schweißstelle, so daß die Ursache mehr oder weniger im Schienenstahl zu suchen ist.

Von den bis jetzt rund 1000 autogen geschweißten Stößen ist noch kein Bruch festgestellt worden.

VI. Prüfung der Schweißungen.

Sehr wichtig ist die Frage, welche Prüfungen bei der Untersuchung und Abnahme der Schweißungen zweckmäßig vorgenommen werden. Für die Bestimmung und laufende Nachprüfung der Güteeigenschaften und für den Vergleich der einzelnen Schweißarten untereinander und mit dem Schienenstahl können zweckmäßig alle für letzteren in Betracht kommenden Prüfmethode angewendet werden. Dagegen gehen die Meinungen über die für die Abnahme zweckmäßigste Prüfmethode auseinander.

Die Reichsbahn kam nach eingehenden Vorerhebungen zu folgenden Ergebnissen:

1. Der Zugversuch gibt wertvollen Aufschluß über Teileigenschaften des Stoßes, so über das Verhalten des Abschmelzmaterials, über den Einfluß der Erwärmung der einzelnen Zonen auf die Güte der Schweißung usw. Er kommt jedoch für die Beurteilung und für die Abnahme des Gesamtstoßes kaum in Frage. Für informatorische Zwecke ist er gut zu verwenden.

2. Dasselbe gilt für den Kerbschlagversuch.

3. Die metallographischen Prüfungen, Makro- und Mikrobilder, können bei der laufenden Nachprüfung der Schweißungen gute Dienste leisten und daher ebenfalls zur Unterrichtung und Forschung herangezogen werden. Für die Abnahme scheiden sie schon deshalb aus, weil sich bei ihnen nicht ohne weiteres eine bestimmte Grenze oder ein Maß z. B. für die Größe des Kornes, oder für die Zulassung von Lunkerstellen, festsetzen oder ein bestimmtes Aussehen angeben läßt, nach denen eine Schweißung als gut oder als mangelhaft bezeichnet werden muß.

4. Von der Brinellprobe wird in weitgehendem Umfang Gebrauch gemacht, um die Härte der Schweißzone an der Lauffläche zu überprüfen und danach die Güte des Schienen drahtes zu verbessern oder den Schweißvorgang selbst zu ändern. Sie könnte gegebenenfalls auch zur Abnahme herangezogen werden.

5. Der Schlagversuch, der mit großem Gewicht und geringer Fallhöhe durchgeführt werden sollte und dann dem

Zusammenstellung 3.
Biegeversuche.

Bezeichnung der Schweißstöße	Statischer Biegeversuch		Dauerbiegeversuch		Bemerkungen
	Belastung kg	Durchbiegung mm	Belastung kg	Zahl der Lastwechsel	
1	78 850	25	—	—	am Ende der Schweißung gebrochen
	—	—	> 15 000	2 051 000	bei 18 000 kg gebrochen
2	66 350	10	—	—	am Ende der Schweißung gebrochen
	—	—	> 20 000	2 600 000	nicht gebrochen
3	99 800	66	—	—	in der Schweißung gebrochen
	—	—	> 20 000	2 020 000	nicht gebrochen
4	89 600	32	—	—	am Ende der Schweißung gebrochen
	—	—	> 20 000	2 000 000	nicht gebrochen
5	88 250	33	—	—	am Ende der Schweißung gebrochen
	—	—	> 20 000	2 500 000	nicht gebrochen
10	59 800	7	—	—	am Ende der Fußlasche gebrochen
	—	—	> 15 000	2 551 600	bei 18 000 kg gebrochen
12	55 250	10	—	—	in der Schweißung gebrochen
	—	—	> 15 000	1 500 000	bei 18 000 kg gebrochen
13	48 700	6	—	—	am Ende der Fußlasche gebrochen
	—	—	> 9 000	1 213 000	bei 10 000 kg am Ende der Fußlasche gebrochen
19	77 500	10	—	—	am Ende der Fußlasche gebrochen
	—	—	—	—	—

Die Zahlen 1 bis 19 bezeichnen die auf Taf. 2 angegebenen Schweißarten.

Zusammenstellung 4. Biegeversuche.

Bezeichnung der Schweißstöße	Statischer Biegeversuch		Dauerbiegeversuch		Bemerkungen
	Belastung kg	Durchbiegung mm	Belastung kg	Zahl der Lastwechsel in Mio t	
Elektrische Lichtbogenschweißung „Böhler“	57 850	20	—	—	in der Schweißung gebrochen
	—	—	> 12 000	4,5	bei 14 000 kg gebrochen
Elektrische Widerstandsschweißung	93 000	55	—	—	in der Schweißung gebrochen
	—	—	> 20 000	2	nicht gebrochen
Gasschmelzschweißung „Aga“	52 650	—	—	—	im Kopf und Ummantelung des Fußes gebrochen
	—	—	< 11 000	2	in der Ummantelung des Fußes gebrochen
Elektrische Widerstandsschweißung	74 850	gering	—	—	
	—	—	> 15 000	3	bei 20 000 kg gebrochen
Gasschmelzschweißung „Aga“	55 900	—	—	—	gebrochen
	—	—	> 12 000	3,3	bei 15 000 kg gebrochen
Elektrische Lichtbogenschweißung „Böhler“	95 000	—	—	—	in der Schweißung gebrochen
	—	—	> 10 000	2	bei 12 000 kg eingerissen
Gasschmelzschweißung „Aga“ (Tayè)	55 250	90	—	—	Kopf in der Schweißung gerissen Fußlasche reckte sich
	—	—	> 19 000	5	Versuch abgebrochen

statischen Biegeversuch nahe kommt, ist als Vergleichsversuch bei der allgemeinen Prüfung der Güte von Schweißungen angebracht. Er eignet sich auch für die Abnahme, da der Schlagwiderstand zweifellos von dem Vorhandensein innerer Fehler und von der Korngestaltung abhängig ist und daher einen Schluß auf die Güte der Schweißung zuläßt.

6. Der statische Biegeversuch kann ebenfalls für laufende Untersuchungen nutzbar gemacht werden. Er läßt ebenso wie der Schlagversuch in seiner Wirkung auf innere Fehler usw. schließen, paßt sich jedoch den tatsächlichen Beanspruchungen im Betrieb besser an. Die statische Biegeprobe wurde daher nach jahrelangen im Vergleich mit dem Schlagversuch gemachten Erfahrungen für die Abnahme geschweißter Stöße von der Reichsbahn vorgesehen.

7. Da für die Beurteilung der Güte von Schweißungen die Ermittlung der dynamischen Festigkeit von großer Bedeutung ist, würde sich für die Abnahme besonders der Biegewechselversuch eignen, der sich den Betriebsverhältnissen noch mehr nähert als der statische Biegeversuch. Seine Durchführung nimmt jedoch sehr viel Zeit in Anspruch. Er wird für die Abnahme nicht angewendet, wohl aber in großem Umfang zur Überwachung und Überprüfung der laufenden Schweißarbeiten.

Die seitherigen Erfahrungen im Betrieb haben bestätigt, daß der statische Biegeversuch vollkommen ausreicht. Bei der elektrischen Stumpfabzschmelzschweißung sind bei den schweren Schienenprofilen 40 mm Durchbiegung und bei den leichteren 25 mm vorgeschrieben. Bei der autogenen und Lichtbogenschweißung sind die Mindestforderungen noch nicht festgelegt. Beim Thermitverfahren ist eine Abnahmeprüfung nicht vorgesehen, weil die Schweißungen vielfach auf der Strecke ausgeführt werden und hier die Durchführung der Prüfungen auf Schwierigkeiten stoßen würde. Sie wird auch nicht für notwendig gehalten, weil zu den Arbeiten nur eigene Schweißer herangezogen werden, die als zuverlässig ausgewählt und ausreichend geschult sind. Dadurch ist bereits eine Gewähr für eine gute Arbeitsausführung gegeben. Selbstver-

ständig werden von Zeit zu Zeit zur Feststellung der Güte auch die aluminothermischen Schweißungen im Laboratorium eingehend untersucht. Dies ist vor allem dann notwendig, wenn es sich um Verbindungen von Schienen handelt, deren chemische Zusammensetzung Anlaß zu Bedenken gibt.

Wenn auch für die Abnahme die statische Biegeprobe für ausreichend erachtet wird, so können für die laufende Überwachung, für die Fortentwicklung der Schweißung, für den Vergleich der verschiedenen Verfahren untereinander und für die Erforschung der Ursache von Fehlausführungen die übrigen Prüfarten, vor allem die Schlag- und Brinellprobe, der Biegewechselversuch und für die Untersuchung des Korngefüges die Makro- und Mikrobilder nicht entbehrt werden. Zusammenstellung 3 und 4 und Taf. 2 zeigen einige in den letzten Monaten an Thermit- und elektrischen Stumpfschweißstößen, sowie an Autogen- und Lichtbogenschweißungen vorgenommene Prüfungen.

Wie bei der Deutschen Reichsbahn wird auch bei anderen Eisenbahnverwaltungen die Schweißtechnik in immer steigendem Maße im Oberbau verwendet. Sie gibt u. a. nicht nur die Möglichkeit, die Regelschienen zu beliebigen Längen zu verbinden und dadurch die mit großen technischen Mängeln und wirtschaftlichen und betrieblichen Nachteilen behafteten Stöße zu beseitigen oder wenigstens ihre Zahl zu verringern, sondern sie bietet auch den nicht zu unterschätzenden wirtschaftlichen Vorteil, daß die bei der Herstellung neuer Schienen, bei der Ausführung und Unterhaltung der Gleise und Weichen in großer Zahl auffallenden kurzen Stücke zu Regellängen verschweißt werden können.

Voraussetzung für eine unbeschränkte Verwendung der Schienenschweißung ist jedoch ihre unbedingte Haltbarkeit und Bruchfestigkeit. Daher müssen die Eisenbahnverwaltungen und die einschlägige Fachindustrie weiter bemüht sein, in gesundem Wettbewerb die verschiedenen Verfahren so weiter zu entwickeln und zu vervollkommen, daß Schienen jeder Härte und Zusammensetzung und jeden Querschnittes unter Wahrung der Wirtschaftlichkeit betriebssicher verbunden werden können.

Rundschau.

Die Schienenbruchstatistik der Deutschen Reichsbahn.

Über diesen Gegenstand hat Direktor b. d. R. Herwig auf der Schienentagung einen Vortrag gehalten, der in der Zeitschrift: Stahl und Eisen vom 20. Oktober 1938 wiedergegeben ist. Wir geben aus diesen bemerkenswerten Ausführungen nachstehend einen kurzen Auszug.

Durch die Schienenbruchstatistik soll eine möglichst weitgehende Erfassung sämtlicher in dem ausgedehnten Netz der Deutschen Reichsbahn vorkommenden Schienenbrüche und ihrer Ursachen erreicht werden. Hierdurch wird es möglich, durch Änderung der Lieferbedingungen und Abnahmebestimmungen die Güte des Werkstoffes so weit zu verbessern, daß die Schienenbrüche auf ein Mindestmaß herabgedrückt werden. Über jeden Bruch wird von der zuständigen Bm ein Meldebogen ausgestellt, der Angaben über die baulichen und betrieblichen Verhältnisse der Strecke, ihre Neigung und Krümmung, über die Belastung der Gleise, ferner über die Bauart, den Unterhaltungszustand und das Alter des Oberbaues, die Art des Schienenstahles und den Namen des Lieferwerkes enthält. Eine skizzenhafte Darstellung und Beschreibung der Bruchstelle ist beizufügen. Aus diesen Meldebogen kann für die Aufstellung der Statistik alles Wissenswerte entnommen werden. In wichtigen Fällen wird eine genaue Untersuchung des Schienenstoffes vorgenommen.

Bei der Auswertung der durch die Statistik gewonnenen Unterlagen hat sich bisher folgendes ergeben:

1. Die Zahl der Brüche betrug im Jahre 1928: 6001, im Jahre 1929: 9500; vom Jahre 1930 bis 1934 hat sie ständig abgenommen. Seit 1934 hat sie infolge des stärkeren Verkehrs wieder zugenommen und hat heute fast die Zahl von 1929 wieder erreicht.

2. Die Zahl der Brüche auf Holzschwellenoberbau ist etwas größer als auf Eisenschwellenoberbau. Die näheren Gründe hierfür sind noch nicht erforscht.

3. Niedrige Temperaturen, wie sie in Deutschland normalerweise auftreten, haben eine kaum erhöhte Bruchigkeit der Schienen zur Folge gehabt.

4. Ein wesentlicher Unterschied zwischen einer Schiene aus Siemens-Martin-Stahl und aus Thomas-Stahl besteht nicht.

5. Ältere Schienen brechen infolge der wiederholten dauer-schlagartigen Beanspruchungen leichter als neuere Schienen. Diese Beanspruchungen sind jedoch nicht der alleinige Grund für die Bruchigkeit älterer Schienen. Durch Rost und mechanische Ausnützung sind ältere Schienen meist sehr geschwächt. Hinzu kommt, daß älterer Oberbau meistens nicht so gut unterhalten wird wie der in den Hauptgleisen liegende neuere Oberbau.

6. Die Erhöhung der Schienenfestigkeit von 60 kg/cm² auf 70 kg/cm² und die Änderung der Abnahmebestimmungen im Jahre 1929 — die Schlagproben dürfen nicht mehr aus einer bestimmten Menge fertiger Schienen, sondern müssen aus den Kopfenden des Walzstabes oder aus den oberen Enden der A-Schienen ausgewählt werden — hat eine wesentliche Verbesserung des Schienenstoffes gebracht. Insbesondere ist die Zahl der Lunkerbrüche stark zurückgegangen.

7. Bei steigender Streckenbelastung steigt auch die Zahl der Schienenbrüche erheblich. Das hat sich besonders in den letzten Jahren gezeigt.

8. In den Gleisbögen treten bei der inneren Schiene infolge der stärkeren Beanspruchung mehr Brüche auf als in den Geraden.

9. Die Gesamtzahl der innerhalb der Laschenlänge aufgetretenen Brüche beträgt etwa 60 v. H. der Gesamtzahl aller Brüche.

Bei der Art der Schienenbrüche werden zwei Hauptgruppen unterschieden: Quer- und Längsbrüche, je nach der Art der Ausgangsstelle: Kopf-, Fuß- oder Stegbrüche und Brüche ohne besondere Kennzeichen. Unter den Kopfbrüchen sind die auf Lunker oder Seigerung zurückzuführenden die gefährlichsten. Diesen Brüchen wurde durch Verschärfung der Abnahmebestimmungen und Lieferbedingungen (siehe oben!) begegnet. Den als Nierenbrüchen bezeichneten Kopfdauerbrüchen kann nur durch besonders sorgfältige Herstellung der Schienen in den Walzwerken begegnet werden. Kopfquerbrüche sind in letzter Zeit besonders häufig aufgetreten. Ihre Ursachen liegen vielfach in Beschädigungen des Kopfes durch äußere Einflüsse (Schalenbildung, Abblätterungen,

Radschleuderstellen). Durch rechtzeitige Auftragsschweißung kann man hier einem Bruch zuvorkommen. — Fußlängsbrüche sind in letzter Zeit selten vorgekommen (1. Mai 1937 bis 30. April 1938: zwei). — Fußquerbrüche findet man häufig infolge äußerer Beschädigungen durch Stopfhacken- oder Hammerschläge. Größte Sorgfalt des Bahnunterhaltungspersonals beim Verlegen und Unterhalten des Oberbaues ist daher besonders notwendig.

Unter den Stegbrüchen sind die außerhalb der Laschenkammern auftretenden für den Eisenbahnbetrieb besonders gefährlich. Sie sind meistens auf im Steg vorhandene Lunker oder auf Seigerungen zurückzuführen. Ist dieses nicht der Fall, so handelt es sich wahrscheinlich um ausgelöste innere Spannungen, die vom Walzen, Abkühlen oder Richten herrühren. Hier kann nur größte Sorgfalt bei der Schienenherstellung helfen.

Die innerhalb der Laschenkammern auftretenden Stegbrüche sind meist nicht so gefährlich, da die Schienen durch die Lasche immer noch gehalten werden. Diese Brüche führt man allgemein auf die Schienenschwächung infolge der Schraubenlöcher zurück. Mehr jedoch als die Schwächung der Schienen — die Löcher liegen in der neutralen Zone — ist der Rost an den Lochwandungen, der sich nach kurzer Zeit mit tiefen Narben in den Steg einfrißt, der Grund. Diese Narben führen allmählich zu Rissen und Brüchen. Durch Abfasen und Abrunden der Lochkanten, durch Beseitigung des Bohrgrates, durch öfteres Teeren und Ölen der Löcher und Stirnflächen kann man dieser Bruchursache wirksam begegnen.

4,5 v. H. aller Brüche entfallen auf Brüche ohne besondere Kennzeichen. Ihre Ursachen lassen sich zur Zeit noch nicht einwandfrei feststellen.

Zusammenfassend sagt der Verfasser, daß zur Beseitigung bzw. Verminderung der Schienenbrüche eine Statistik, wie sie bei der Deutschen Reichsbahn auf Grund der Meldungen geführt wird, notwendig und erfolgreich sei. Die sinnreiche Auswertung dieser Statistik habe zweifellos dazu beigetragen, die Zahl der Schienenbrüche in den letzten Jahren unter Berücksichtigung des stark angewachsenen Betriebes zu verringern. Otto Bosch.

Eine fahrbare Schienenschweißanlage.

In dem Bestreben, auf den Untergrundbahnen in London ein ruhigeres Fahren zu erzielen als bei den bisher vorhandenen vielen Schienenstößen erreichbar ist, hat die Londoner Verkehrsbehörde eine fahrbare Schienenstoß-Schweißanlage beschafft, die in zwei Drehgestellwagen der Schwerlastwagenbauart untergebracht ist. Der eine Wagen enthält einen 400 PS-Dieselmotor und einen 300 kVA-Wechselstromerzeuger sowie einen großen motorangetriebenen Luftpresse, der zweite die eigentliche Schweißanlage mit einem zweiten motorangetriebenen Luftverdichter für die Nebenanlagen. Beide Fahrzeuge können auch in den Untergrundbahnen mit bis zu 50 km/h Geschwindigkeit verkehren, da an verschiedenen Stellen des Netzes größere Schweißplätze für die Durchführung der Arbeiten vorgesehen sind. Die ganze Anlage arbeitet weitgehend selbsttätig, vom Heranbringen der beiden Schienen auf Rollbahnen an bis zur eigentlichen Schweißung und den erforderlichen Nacharbeiten, Normalglühen und Ablegen der geschweißten Schienen. Diese Nebeneinrichtungen werden durch Preßluft betätigt. Der Schweißvorgang wird durch einen Knopfdruck eingeleitet und verläuft dann selbsttätig, abhängig vom dem Schienenquerschnitt. Der größte Schweißstrom erreicht 45000 A. Nach dem Erhitzen werden die Schienenenden mit 27 t Druck durch die Schweißmaschine zusammengepreßt. Der ganze Schweißvorgang dauert weniger als 3 Min. Nach einer Grobbearbeitung der Schweißstelle wird sie in einem elektrischen Nacherhitzer bei 850° C normalgeglüht. Diese Temperatur wird von einem optischen Pyrometer selbsttätig überwacht und genau eingehalten. Dann wird die Schweißstelle fertig bearbeitet und die Schienen auf Lager genommen oder auf Sonderfahrzeuge verladen, um sie an die Einbaustelle zu bringen. Der ganze Vorgang, vom Aufnehmen bis zum Ablegen der fertig geschweißten Schiene dauert etwa 10 Min. bei dem üblichen Fahr-schienenprofil, so daß in 1 Std. sechs Schweißungen ausgeführt werden können; für die Stromzuführungsschienen mit ihren größeren Querschnitten dauert der ganze Schweißvorgang entsprechend länger. Die schweißbare Länge der Schienen ist an sich unbeschränkt, aber

mit Rücksicht darauf, daß sie nicht an Ort und Stelle, sondern auf einem Werkplatz geschweißt und dann auf Fahrzeugen verfahren werden, hat man die größte Länge auf 90 m beschränkt für die Schienen (gleich ob Fahr- oder Stromschienen), die in den Tunnels verlegt werden, und auf 75 m für Fahrachsen im Freien. Die bisherigen Ergebnisse der Erprobung der mit dieser Anlage geschweißten Schienen sind recht zufriedenstellend.
(Rly. Gaz. 1938.) Günther-Gleiwitz.

Verstärkung des Gleisbetts in Tonboden bei einer englischen Eisenbahn.

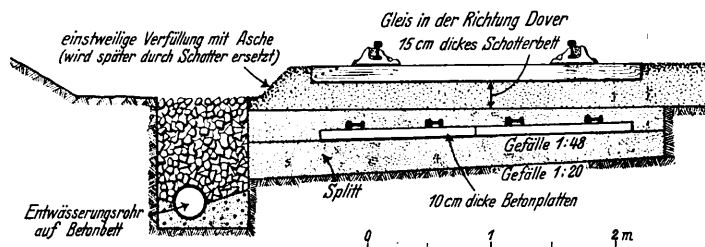
Das Gleisbett älterer Eisenbahnen, wie es vor Jahrzehnten, angepaßt den damaligen Lasten und der damaligen Dichte des Verkehrs, hergestellt worden ist, kann zwar im allgemeinen immer noch den Ansprüchen genügen, die der heutige Verkehr mit seinen gegen die damaligen vervielfachten Lasten und seiner größeren Dichte stellt; es muß nur in einzelnen Fällen durch eine Schüttung von Schotter verstärkt werden. Voraussetzung ist dabei, daß der Untergrund ausreichend tragfähig ist, und das hängt wiederum häufig davon ab, ob er trocken oder durchfeuchtet ist. Er muß also gut und dauernd wirkungsvoll entwässert sein.

Eine Stelle, wo das Gleisbett die Lasten des heutigen Tages nicht mehr aufnehmen kann und wo die geringe Tragfähigkeit des Untergrunds und das Emporquellen des Tons durch den Schotter Anlaß zu oft wiederholten Arbeiten am Gleis und damit zu hohen Kosten gab, befindet sich oder vielmehr befand sich in etwa 40 km Entfernung von London auf der Strecke London-Dover der englischen Süd-Eisenbahn. Die Eisenbahn tritt hier aus dem harten Gestein, das in dem 1,8 km langen Sevenoaks-Tunnel durchquert wird, in einen Einschnitt mit Tonboden ein. Das Gleisbett bestand hier vor kurzem unter beiden Gleisen aus einer Steinschüttung mit einer 23 cm dicken Schicht Kies und war bis vor wenigen Jahren noch der Beanspruchung durch den Betrieb gewachsen. Obgleich der Kies durch Schotter ersetzt wurde, konnte es aber die Belastung durch die neueren schweren Lokomotiven nicht aushalten, und man mußte sich daher entschließen, das Gleisbett auf eine Länge von etwa 1 km zu erneuern. Das Gleis zu heben und dadurch das Gleisbett zu verstärken, was viel einfacher gewesen wäre, war unmöglich, weil Brücken über die Eisenbahn führen, und es blieb daher nichts anderes übrig, als den Tonboden unter dem Gleis auszuheben und die so gewonnenen Massen durch eine Steinschüttung zu ersetzen.

Die Strecke ist von einem dichten Zugverkehr so belastet, daß es nicht möglich gewesen wäre, die nötigen Arbeiten in den Zugpausen auszuführen. Die Strecke wurde daher an acht Wochenenden im Oktober und November von Sonnabend 23 Uhr bis Montag 3 Uhr 45 Minuten vom Betrieb frei gemacht. Glücklicherweise stehen der Eisenbahngesellschaft Umgehungsstrecken zur Verfügung, auf die der durchgehende Verkehr umgeleitet wurde; der Ortsverkehr wurde durch Omnibusse aufrecht erhalten. Zunächst ist nur das nach Dover führende Gleis bearbeitet worden, das Gleis der Gegenrichtung diente dabei dem Verkehr der Bau-

züge, die die gewonnenen Massen ab- und die nötigen Baustoffe anforderten. Das nach London führende Gleis soll im Frühjahr 1938 ein neues Gleisbett erhalten. An jedem Wochenende wurde eine Gleislänge von etwa 125 m bearbeitet. Dabei waren über 1000 t Massen zu gewinnen und abzufahren. 180 Mann arbeiteten 33 Stunden lang in abwechselnden Schichten.

Zum Ausheben der tonigen Massen diente ein Löffelbagger von etwa 0,8 m³ Fassungsraum. Die Erdschale bekam ein Quergefälle von 1:20 und wurde mit einer 25 cm dicken Schicht Splitt bedeckt. Diese Grundsicht wurde mit 10 cm dicken Betonplatten in 2,45 m Breite bedeckt, die durch vier in der Längsrichtung aufgelegte Altschienen beschwert wurden. Die Platten haben ein Gefälle von 1:48 nach außen. Sie sind wiederum mit einer Schotterschicht bedeckt, die die Altschienen an der höchsten Stelle um 2,5 cm überragt. Das Gleis selbst ruht jetzt auf einer Schicht Asche von 15 cm Dicke unter Schwellenunterkante und ist auch mit Asche verfüllt. Wenn der Unterbau zur Ruhe gekommen ist, wird die Asche durch Schotter ersetzt werden. Die Abdeckung der Grundsicht durch die Betonplatten soll einerseits die Verkehrslast gleichmäßig auf den wenig tragfähigen



Untergrund verteilen und auf eine größere Fläche übertragen und andererseits das Hochsteigen des Tons, das an anderen Stellen und im alten Zustand des Gleises durch die pumpende Wirkung der wechselnden Belastung hervorgerufen worden ist, verhüten; deshalb sind auch die Platten mit den Altschienen beschwert (s. Abb.).

In dem seitlichen Graben sind neue Entwässerungsrohre auf einem Betonbett, mit Schotter verfüllt, verlegt worden, und auch zwischen den Gleisen ist eine Entwässerung eingebaut worden.

Bei der Auswechslung des Gleisbetts ist Bedacht darauf genommen worden, daß das neue Steinbett ebenso schwer ist, wie das alte war, damit das Gleichgewicht in dem Einschnitt im Ruhezustand nicht gestört würde und nicht etwa Rutschungen in den Böschungen eintreten.

Da die Arbeiten während der Nacht ohne Unterbrechung ausgeführt werden mußten, wurde auf gute Beleuchtung der Baustelle besonderer Wert gelegt.

Die vorstehend geschilderten Arbeiten werden im englischen Fachschrifttum als einzig dastehend bezeichnet. Wenn mit ihnen, wie zu erwarten, der beabsichtigte Erfolg erzielt wird, sollen andere Stellen in derselben Weise bearbeitet werden.

Wernecke.

Bücherschau.

Bücher der Anstrichtechnik (Drittes Buch). Herausgegeben vom Fachausschuß für Anstrichtechnik des Vereins Deutscher Ingenieure und des Vereins Deutscher Chemiker im Nationalsozialistischen Bund deutscher Technik durch die Arbeitsgruppe „Verbreitung anstrichtechnischer Kenntnisse“. DIN A 4. 104 Seiten mit 84 Abbildungen, 11 Zahlentafeln und Tabellen. VDI-Verlag G.m.b.H., Berlin. 1938. Broschiert RM 7,50, für VDI-Mitglieder RM 6,75.

Das jetzt erschienene dritte Buch schließt sich inhaltlich den ersten beiden an, die von Fachkreisen und Interessenten günstig beurteilt wurden und weite Verbreitung gefunden haben.

Das Werk gibt ein vielseitiges Bild der mannigfachen Fragen, die heute auf dem Gebiet des Werkstoffschutzes bestehen und die im Interesse der Sachwerterhaltung mehr denn je alle Ver-

braucher von Anstrichmitteln sowie die Forscher und Erzeuger angehen.

Bogen-Tafeln für Teilung des Kreises in 400g. Von Max Höfer. Berlin: Julius Springer 1938. Preis geb. 7,50 RM.

Das Buch ist das allen Eisenbahningenieuren wohlbekannte und bei Vorarbeiten bestbewährte Taschenbuch zum Abstecken von Kreisbogen, ehemals von Sarrazin und Oberbeck, für die Neuzeit von Max Höfer bearbeitet; in der neuen Gestalt hat es Höfer auf die Kreisteilung in 400g abgestellt, die im Deutschen Reich laut Regierungsverordnung von 1937 im Vermessungswesen bis 1945 durchgeführt sein soll. Obwohl wir also noch in der zugelassenen Übergangszeit stehen, hat der rührige Bearbeiter bereits für den kommenden, endgültigen Zustand vorgesorgt.

Dr. Bloss.

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Der Wiederabdruck der in dem „Organ“ enthaltenen Originalaufsätze oder des Berichtes, mit oder ohne Quellenangabe, ist ohne Genehmigung des Verfassers, des Verlages und Herausgebers nicht erlaubt und wird als Nachdruck verfolgt.

Als Herausgeber verantwortlich: Direktor bei der Reichsbahn Dr. Ing. Heinrich Uebelacker in Nürnberg. — Verlag von Julius Springer in Berlin.
Druck von Carl Ritter & Co., Wiesbaden.