

Technischer Ausschuß des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen.

Die diesjährige 114. Tagung des Technischen Ausschusses des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen fand auf Einladung der Österreichischen Bundesbahnen vom 27. bis 29. Mai in Innsbruck statt. Den Vorsitz führte Herr Ministerial-Sektionschef, Vizepräsident von Länér von der Direktion der Königl. Ungarischen Staatseisenbahnen.

Da es die erste Sitzung des Ausschusses nach der Neuwahl der Ausschüsse in der Vereinsversammlung in Lugano im September 1935 war, wurde zunächst die Neuwahl der Vorsitzenden Verwaltung vorgenommen. Auf Vorschlag des Vertreters der Geschäftsführenden Verwaltung, der darauf hinwies, daß die Ungarischen Staatseisenbahnen nunmehr schon seit 54 Jahren in vorbildlichster Weise die Geschäfte des Ausschusses führen, wurde die Direktion der Königl. Ungarischen Staatseisenbahnen durch Zuruf wiedergewählt. Herr Ministerial-Sektionschef, Vizepräsident von Länér nahm die Wahl mit dem Ausdruck des Dankes für das seiner Verwaltung erneut entgegengebrachte Vertrauen an.

Weiterhin wurden die ständigen Fachausschüsse und deren Vorsitzende Verwaltungen neu gewählt. Sie setzen sich wie folgt zusammen:

1. Betriebs-Fachausschuß:

Reichsbahn-Zentralämter Berlin
Reichsbahndirektion Saarbrücken
Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen (Vorsitz)
Direktion der Königl. Ungarischen Staatseisenbahnen
Generaldirektion der Niederländischen Eisenbahnen.

2. Bautechnischer Fachausschuß:

Reichsbahn-Zentralämter Berlin (Vorsitz)
Reichsbahndirektion Karlsruhe
Reichsbahndirektion Regensburg
Reichsbahndirektion Stuttgart
Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen
Direktion der Königl. Ungarischen Staatseisenbahnen
Generaldirektion der Niederländischen Eisenbahnen
Generaldirektion der Dänischen Staatsbahnen
Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen.

3. Lokomotivbau-Fachausschuß:

Reichsbahn-Zentralämter Berlin
Reichsbahndirektion Stuttgart (Vorsitz)
Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen
Direktion der Königl. Ungarischen Staatseisenbahnen
Generaldirektion der Niederländischen Eisenbahnen
Generaldirektion der Dänischen Staatsbahnen
Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen.

4. Wagenbau-Fachausschuß:

Reichsbahn-Zentralämter Berlin (Vorsitz)
Reichsbahn-Zentralamt München
Reichsbahndirektion Dresden
Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen
Direktion der Königl. Ungarischen Staatseisenbahnen
Generaldirektion der Niederländischen Eisenbahnen
Generaldirektion der Dänischen Staatsbahnen
Generaldirektion der Schwedischen Staatseisenbahnen.

5. Wagenübergangs-Fachausschuß:

Reichsbahn-Zentralämter Berlin
Reichsbahn-Zentralamt München
Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen (Vorsitz)
Direktion der Königl. Ungarischen Staatseisenbahnen
Generaldirektion der Niederländischen Eisenbahnen.

6. Elektrotechnischer Fachausschuß:

Reichsbahn-Zentralamt München (Vorsitz)
Reichsbahndirektion Berlin
Reichsbahndirektion Dresden
Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen
Direktion der Königl. Ungarischen Staatseisenbahnen
Generaldirektion der Niederländischen Eisenbahnen
Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen.

Aus den Verhandlungsgegenständen seien erwähnt:

1. Behandlung von Fragen der Schwachstromtechnik.

Die Bestimmungen der Abschnitte F der TV. und Grz. — Schwachstromschutz und Kabelverlegung — wurden neu aufgestellt. Sie werden durch einen Nachtrag zu den TV. und Grz. von der Geschäftsführenden Verwaltung bekannt gegeben werden. Für die Berechnung der induktiven Beeinflussung bei schrägen Kreuzungen ist ein Verfahren angegeben, das sowohl der Theorie als auch den Versuchsergebnissen gut entspricht. Die Berechnung der kapazitiven Beeinflussung bei Kreuzungen konnte noch nicht abschließend behandelt werden. Es ist daher in der neuen Fassung nur ein Näherungsverfahren angegeben. Es wird noch weiter untersucht werden, ob nicht auch hier eine der Theorie besser entsprechende Lösung zu finden ist.

2. Austausch von Erfahrungen über das Zusammen-schweißen von Bauteilen.

Nach den bisherigen Erfahrungen ist das Schweißverfahren bei mehreren Verwaltungen mit gutem Erfolg bei verschiedenen Konstruktionen angewendet worden. Dabei ist von folgenden Gesichtspunkten ausgegangen:

1. Technische Gesichtspunkte: a) Geringes Gewicht, b) Festigkeit, c) Dichtheit.

2. Wirtschaftliche Gesichtspunkte: a) Wirtschaftliche Fertigung, b) Wirtschaftliche Unterhaltung.

Eine Gewichtersparnis wird bei den meisten geschweißten Konstruktionen schon dadurch erhalten, daß Nietköpfe und Überlappungen meistens wegfallen, auch da, wo die Schweißkonstruktionen Gußstücke ersetzen. Die Festigkeit wird in geeigneten Fällen bedeutend erhöht, wenn die Schweißkonstruktion als Ersatz für Nietverbindungen oder Gußstücke angewandt wird. Die Dichtheit spielt eine große Rolle beim Kessel und bei den Wasser- und Kohlenkasten. Dabei werden fast immer auch die Unterhaltungskosten geringer.

Wirtschaftliche Fertigung kommt hauptsächlich in Frage, wenn Schmiedestücke durch Schweißkonstruktion ersetzt werden. Im allgemeinen wird das Schweißen nicht empfohlen an Stellen, wo große Kräfte, harte Stöße und rhythmische Schwingungen die Schweißnähte auf Biegung beanspruchen. Das Zusammenschweißen von Teilen stark verschiedener Wandstärken ist zu vermeiden, auch bei Herstellung von Teilen aus harten Stählen ist sorgfältige Prüfung der Schweißarbeit geboten.

Die Fragen werden in den zuständigen Fachausschüssen noch weiter verfolgt werden.

3. Überprüfung des § 51, Absatz 1 der TV., betreffend Achswellen.

Bei dieser Aufgabe handelt es sich darum, festzustellen, inwieweit das, was die TV. 1930 in § 51 und Grz. 1930 in § 41 über die Bemessung von Achswellen enthalten, durch die

neueren und neuesten Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Festigkeitslehre ergänzt werden kann.

Die Untersuchungen, die hierüber angestellt wurden, sind in einem ausführlichen Bericht in der Niederschrift über die Tagung niedergelegt. Da jedoch das Gebiet der Dauerfestigkeit der Baustoffe zur Zeit noch zu wenig erforscht ist, wurde davon abgesehen, die bisherigen Bestimmungen in § 51 der TV. und § 41 der Grz. schon jetzt abzuändern.

4. Behandlung von Fragen der Rundfunkstörungen durch Bahnanlagen.

Es ist ein Entwurf für Leitsätze für Maßnahmen an Maschinen, Geräten und Leitungsanlagen des Eisenbahnbetriebes zur Verminderung von Funkempfangsstörungen aufgestellt, der jedoch noch weiter bearbeitet wird. Die Leitsätze werden in ihrem ersten Abschnitt allgemeine Richtlinien für die Beurteilung von Funkempfangsstörungen und für Entstörungsmaßnahmen an den Funkempfangsanlagen enthalten. Im zweiten Abschnitt werden Entstörungsmaßnahmen an Fernmelde-, Block- und Sicherungseinrichtungen, im dritten Abschnitt Entstörungsmaßnahmen an Leitungsanlagen und im vierten Abschnitt Entstörungsmaßnahmen an Einrichtungen des elektrischen Zugbetriebes enthalten sein. In einem fünften Abschnitt sollen Beispiele für Entstörungsmaßnahmen an Fernmelde-, Block- und Sicherungsanlagen angegeben werden.

Voraussichtlich wird es möglich sein, in der nächsten Sitzung des Technischen Ausschusses den endgültigen Entwurf der Leitsätze vorzulegen.

5. Kommentar für die TV. und Grz.

Über Umgrenzung des lichten Raumes, Querschnittsmaße der Fahrzeuge, Signalstützen, Signallaternen und Signalscheiben sind Abhandlungen über die Entstehung und Entwicklung dieser TV.- und Grz.-Bestimmungen aufgestellt. Sie werden demnächst von der Geschäftsführenden Verwaltung in Druck gelegt werden. Erläuterungen zu einigen Paragraphen der Abschnitte B, C, E und F der TV. und Grz. wurden für die Drucklegung noch zurückgestellt, bis die Kommentare der ganzen Abschnitte vorliegen.

6. Regelung der verkehrsdienstlichen Fragen bei Gütern, deren Beförderung außergewöhnliche Schwierigkeiten verursacht.

Vom Technischen Ausschuß wird vorgeschlagen, keine allgemein gültigen technischen Richtlinien für die Berechnungsgrundlagen und für die Prüfung der Übernahme- und Beförderungsmöglichkeiten aufzustellen, da eine Einheitlichkeit weder wünschenswert noch möglich ist. Die Grundlage einer solchen Prüfung sei immer wieder die TE.; Ausführungsbestimmungen seien nicht erforderlich, es müsse jeder Verwaltung vollkommen freistehen, jeden einzelnen Beförderungsfall für ihren Bereich nach ihren eigenen Verhältnissen zu prüfen.

Eine Änderung des § 2 des VWÜ. und eine Ergänzung durch Schaffung einer neuen Anlage zur Klarstellung der aufgeworfenen Fragen und Regelung des formalen Vorganges bei der Verständigung soll gemeinsam mit dem Wagenaussschuß und dem Güterverkehrsausschuß durchgeführt werden.

Die Angelegenheit muß mit den zuständigen Ausschüssen noch weiter behandelt werden.

7. Änderung des § 138, Absatz 1 der TV., Benutzung der Sicherheitskupplung.

Absatz 1 des § 138 der TV. wurde gestrichen und wie folgt gefaßt:

„1. Luftgebremste Wagen müssen einfach, nicht luftgebremste Wagen sollen doppelt gekuppelt werden.

Luftgebremste Wagen sollen mit nicht luftgebremsten Wagen doppelt gekuppelt werden.

Nichtbenutzte Sicherheitskupplungen müssen so aufgehängt werden, daß sie nicht weiter als 140 mm über SO. herabhängen und daß sie andere Kupplungen nicht beschädigen.“

Die Änderung wird durch den nächsten Nachtrag bekanntgegeben werden.

8. Änderung des § 50 der TV., Punkt 10, letzter Absatz, Kennzeichnung des Radkörpers zum Messen der Radreifendicke bei Wagen- und Lokomotivradsätzen.

Es wurde beschlossen, daß der Absatz an der äußeren Stirnfläche der Radreifen beider Lokomotiv- und Tenderradsätzen fortfallen kann. § 50 der TV., Punkt 10, letzter Absatz, soll demnach lauten:

„Bei Wagenradsätzen muß der Durchmesser des Radkörpers auf der äußeren Stirnfläche des Radreifens zum Messen der Radreifendicke durch einen Absatz gekennzeichnet sein.“

Auch diese Änderung wird durch den nächsten Nachtrag bekanntgegeben werden.

9. Studium der Frage der Vermeidung kurzer Zwischengeraden zwischen entgegengesetzt gerichteten Übergangsbögen.

In den TV. und Grz. ist die Vorschrift, daß bei Neubauten mit durchgehenden Hauptgleisen zwischen zwei im entgegengesetzten Sinne gekrümmten Bögen eine Gerade eingelegt werden muß, für Hauptbahnen bindend, für Nebenbahnen und Lokalbahnen nicht bindend vorgeschrieben. Für diese Zwischengerade ist in den TV. eine Länge von 30 m vorgeschrieben, nach den Grz. soll diese Gerade zwischen den Überhöhungsrampen mindestens gleich dem größten Abstand der Endachsen der verkehrenden Fahrzeuge sein; sie soll aber nicht kürzer als 10 m sein.

Der Ausschuß beschloß, vor einer Änderung der Technischen Vereinbarungen und Grundzüge, die im Gegensatz zu den theoretischen und praktischen Erkenntnissen eine Zwischengerade vorschreiben, durch ausgedehnte Versuche festzustellen, ob die günstigen Ergebnisse bei der Reichsbahn durch Erprobungen auf Strecken anderer Verwaltungen bestätigt werden.

10. Ausbildung des Schienenstoßes.

Die Frage des Schienenstoßes ist schon wiederholt behandelt worden. Das Gesamtergebnis der Arbeiten war aber wenig befriedigend. Es enthielt nur die Feststellung, daß der schwebende Stumpfstoß die zweckentsprechendste Stoßverbindung darstelle. Zur Minderung der schädlichen Einflüsse des Schienenstoßes, die nie ganz beseitigt werden könnten, wurde empfohlen, den schwebenden Stumpfstoß durch Einbau schwerer Laschen und durch entsprechend gute Befestigung auf den Unterlagsplatten und Stoßschwellen kräftiger auszubilden. Als weitere Mittel zur Verstärkung des Stoßes wurden noch empfohlen:

1. Die Unterstützung der Schienenenden durch eine elastische Stoßbrücke.
2. die Verringerung der Stoßschwellenentfernung bis auf ein Maß, bei dem noch ein gutes Unterstopfen möglich ist und
3. die Ausbildung des schwebenden Stoßes als Zweisehwellenstoß (Doppelschwellenstoß).

Die in den letzten Jahren eingeführten und noch zu erwartenden größeren Achslasten und höheren Fahrgeschwindigkeiten stellen an die Fahrbahn außerordentlich hohe Anforderungen. Die Güte der Gleislage, die Ruhe und Betriebssicherheit der Fahrt und vor allem auch die Höhe der Unterhaltungskosten des Oberbaues werden ganz wesentlich von der Art und dem Zustand des Schienenstoßes beeinflusst. Auf seine Vervollkommnung muß mit allen Mitteln hingestrebt

werden. Es werden daher folgende Fragen im Bautechnischen Fachausschuß behandelt werden:

a) Welche Mittel haben sich bisher zur Beseitigung oder Minderung der schädlichen Einflüsse des Schienenstoßes am geeignetsten erwiesen, insbesondere welche Stoßanordnungen haben sich am besten bewährt und welche Ausführungen können empfohlen werden?

b) Welche Schienenlänge wird in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht für zweckmäßig gehalten?

Stehen der Einführung des lückenlosen Gleises auf dem freien Bahnkörper technische Schwierigkeiten entgegen und welche?

Kann gegebenenfalls das lückenlose Gleis in wirtschaftlicher Hinsicht empfohlen werden?

11. Einheitliche Bezeichnung der Lokomotiven, Tender und Triebwagen.

Die am 1. November 1933 erschiene Drucksache ist neu aufgestellt worden und wird demnächst von der Geschäftsführenden Verwaltung neu herausgegeben werden. Entsprechend der Darstellungsweise des IEV, wird die Anordnung der Achsen im Rahmen dadurch gekennzeichnet, daß bei Achsen oder Achsgruppen, die zum Hauptrahmen gehören, die vorgesehenen Bezeichnungen (Ziffern oder Buchstaben) keinen Zusatz erhalten. Bei Achsen oder Achsgruppen, die zu einem und demselben Hilfsgestell gehören, werden die Kennzeichen dieser Achsen mit einem Beistrich versehen, wenn es sich um nur eine Ziffer oder einen Buchstaben handelt. In Klammern gesetzt, wenn sie mehr als eine Ziffer oder Buchstaben umfassen. Adamsachsen, Bisselachsen und Laufachsen des Krauß-Helmholtz-Drehgestells gelten als nicht im Hauptrahmen gelagert und werden daher mit Beistrich versehen. Gölsdorf- und Lenkachsen gelten als im Hauptrahmen gelagert. Achsen, die als Laufachsen mittels eines Hilfsantriebes auch als Treibachsen verwendbar sind, werden durch kleine Buchstaben bezeichnet.

Die bisherigen Zusatzbezeichnungen für Dampfart, Anzahl der Dampfzylinder und Art der Dampfdehnung bei Dampflokomotiven und für Stromart, Anzahl der Motoren und Antriebsart bei elektrischen Lokomotiven sowie die Zusätze, z. B. „Triebtender“, „Triebwagen mit Jacobsgestell“ usw. sind beibehalten. Diese Zusatzbezeichnungen werden jedoch nicht wie bisher in Klammern gesetzt, sondern sind dem Ausdruck für die Achsfolge in einem kleinen Abstand anzufügen.

12. Untersuchung der Frage der Unterhaltung der Gleise und Weichen.

Die Frage der Unterhaltung der Gleise und Weichen soll im Bautechnischen Fachausschuß untersucht werden, da in den

letzten Jahren viele neue Verfahren und Geräte zur Anwendung gekommen sind und Erörterungen auf diesem Gebiet wesentlich zur wirtschaftlichen Gleisunterhaltung beitragen werden.

13. Neue Beratungsgegenstände des Internationalen Eisenbahnverbandes.

Von neuen Fragen im Internationalen Eisenbahnverband übernahm der Technische Ausschuß des Vereins nur die Prüfung, ob die Einführung der Zweilichtersignalisierung möglich ist.

14. Ergänzung und Erweiterung des Beirates des Herausgebers des Technischen Vereinsorgans.

An Stelle des ausgeschiedenen Direktors b. d. R., Professor Baumann, Karlsruhe, wurde Herr Reichsbahnoberrat Graßl beim Reichsbahn-Zentralamt München zum Beirat bestellt.

Im Interesse der Werbung von Aufsätzen wurde eine Erweiterung des Beirates von 12 auf 16 Mitglieder vorgenommen. Zunächst wurden drei Herren gewählt und zwar Direktor Gädicke, Reichsbahndirektion Essen, Reichsbahnoberrat Dr. Tils, Köln, und Reichsbahnoberrat Dr. Gugel, Reichsbahndirektion Stuttgart.

Zu einer Anzahl weiterer Berichte nahm der Technische Ausschuß keine endgültige Stellung. Von einer Wiedergabe kann daher hier abgesehen werden. Zu erwähnen ist noch, daß die vom Verein im Oktober 1912 herausgegebene Drucksache „Anleitung für Bestimmungen über die Ausführung und den Betrieb fremder elektrischer Starkstromleitungen bei Kreuzungen mit und Näherungen an Eisenbahnen“ aufgehoben wurde. Der Ausschuß glaubte, auf eine Ergänzung der Drucksache entsprechend dem Fortschritt der Technik, die auch eine laufende Änderung bedingen würde, verzichten zu können, da die Vereinsdrucksache nur als Anhalt für die Aufstellung von Kreuzungsvorschriften gedacht war und in allen Vereinsländern Verordnungen der Regierung bestehen, die bei Kreuzungen von Starkstromleitungen und bei Näherungen solcher Leitungen an Eisenbahnen eingehalten werden müssen. Eine zwischenstaatliche Regelung ist auch kaum möglich, die Vereinsdrucksache hat daher für diese Fragen keinerlei Bedeutung mehr.

Ebenso wurde darauf verzichtet, einige in früheren Jahren angeregte technische Fragen zu behandeln, da sie gegenwärtig kein besonderes Interesse böten.

Die Tagung des Ausschusses im Jahre 1937 wird auf Einladung der Generaldirektion der Dänischen Staatsbahnen in Kopenhagen abgehalten werden. Den Österreichischen Bundesbahnen sprach der Vorsitzende den Dank des Ausschusses aus für die gute Vorbereitung der Sitzung, für die Gastfreundschaft und die Fürsorge, die allen Teilnehmern so herzlich entgegengebracht wurde.

Carus.

Die Messung der gegenseitigen Höhenlage der Fahrschienen in den Oberbaumeßwagen der Deutschen Reichsbahn.

Von Reichsbahnrat M. Herrmann, Berlin-Wilmersdorf.

Hierzu Tafel 23.

Die Gleise erster und zweiter Ordnung der Deutschen Reichsbahn werden seit 1929 in planmäßigen Umläufen durch die Oberbaumeßwagen befahren. Mittels der Meßgeräte werden auf einem Meßstreifen während der Fahrt gleichzeitig die Lage der Schienenstöße und die Schienendurchbiegungen, die Spurweite, die gegenseitige Höhenlage der Fahrschienen, die Gleisrichtung und die Kilometer- und Ortsmarken aufgezeichnet. Diese Schaulinien geben ein gutes und eindruckvolles Bild von der Lage des Gleises unter dem fahrenden Zuge.

Die Messungen haben sich nach den Erfahrungen der letzten Jahre außerordentlich günstig auf die Gleisunter-

haltung ausgewirkt. Diese guten Erfolge waren der Anlaß, die Meßgeräte weiter durchzubilden und zu vervollkommen. So wurde u. a. das Meßgerät der gegenseitigen Höhenlage der Fahrschienen anlässlich des Baues des Oberbaumeßwagens 2 geändert und verbessert. Eine Beschreibung des neuen Geräts bringen die nachstehenden Ausführungen.

Für die Messung der gegenseitigen Höhenlage der Fahrschienen wird bekanntlich als Bezugslinie eine Waagerechte rechtwinklig zur Gleisachse angenommen, die beispielsweise durch Verwendung einer Wasserwaage oder von kommunizierenden Röhren oder eines Pendels leicht hergestellt werden kann. Bei Verwendung von Meßwagen, die während der Fahrt

die gegenseitige Höhenlage der Fahrschienen des durch den Wagen belasteten Gleises messen und die Meßergebnisse laufend als Schaubild aufzeichnen sollen, kommt der Gebrauch der Wasserwaage oder der kommunizierenden Röhren nicht in Frage. Sie sind nur für örtliche Messung und einfache Ablesung geeignet. Bei kleinen Fahrgeschwindigkeiten des Meßwagens bis ungefähr 10 km/h kann das Pendel unter Verwendung geeigneter Dämpfungseinrichtungen noch brauchbare Ergebnisse liefern. (Dorpmüllerscher Gleisemeßapparat.) Bei größeren Fahrgeschwindigkeiten ist jedoch auch das Pendel ungeeignet. Hier verwendet man den Kreisel zur Herstellung des künstlichen Horizontes, der als Bezugslinie dient.

Es sei hier noch auf das bemerkenswerte Verfahren hingewiesen, das die französische Orléansbahn in ihrem Meßwagen anwendet, und das in der Zeitschrift „Revue générale des chemins de fer“ 1933 S. 25*) beschrieben ist. Dieses Verfahren geht von der Betrachtung aus, daß drei Punkte eine Ebene bilden, und daß der senkrechte Abstand eines vierten Punktes von der Ebene gemessen werden kann. Die Berührungspunkte 1, 2, 3, 4 der vier Räder zweier Achsen mit den Schienen werden als diese vier Punkte angesehen (Textabb. 1). Für den praktischen Gebrauch genügt es, je zwei Punkte, die sich kreuzweise gegenüberliegen, zu verbinden, und die Änderungen des senkrechten Abstandes zu messen,

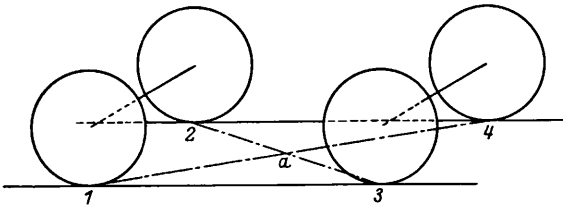


Abb. 1.

die zwischen den Mitten *a* der beiden Diagonalen während der Fahrt entstehen. Das Verfahren hat wohl den Vorteil, daß elektrische Meßinstrumente oder Übertragungseinrichtungen gänzlich vermieden werden können, das Meßergebnis ist jedoch als Schaulinie für den Gebrauch als Überhöhungsmessung wenig anschaulich und auch nicht sofort eindeutig bestimmbar. Die Größe der Überhöhungen in den Gleisbogen und die Neigung der Überhöhungsrampen sind aus den Ergebnissen nicht feststellbar.

In der Zeitschrift „Die Reichsbahn“ 1931, S. 478**) ist das Meßverfahren in dem Oberbaumeßwagen 1 der Deutschen Reichsbahn unter Verwendung eines Horizontkreisels beschrieben worden. Im Wagen war ein Kreisel mit senkrechter Achse kardanisch aufgehängt. Seine Antriebskraft erhielt er durch Drehstrom von 110 Volt Spannung und 333 Perioden. Die Drehzahl war also 20000 Umdr./Min. Wegen der Empfindlichkeit des Kreisels gegen angreifende Kräftepaare, die ein Ausweichen der Kreiselachse aus ihrer senkrechten Stellung bewirkten, wurde eine verwickelte Übertragungseinrichtung vom Kreisel zur Schreibfeder auf dem Meßtisch angewendet. Dadurch versuchte man, die Reibungskräfte, die auf den Kreisel wirken konnten, so klein wie möglich zu halten. Näheres über die Ausbildung der Übertragungseinrichtung ist aus dem erwähnten Aufsatz in der „Reichsbahn“ zu ersehen.

Wenn auch die so aufgezeichneten Diagramme die mangelhaften Gleisstellen erkennen ließen, so wurden jedoch die Fehler nicht maßstäblich genau angegeben. Für strengere Anforderungen waren die Schaubilder nicht ausreichend.

*) Mauzin: Un nouvel appareil d'auscultation des voies à la compagnie d'Orléans.

**) Dr. Zinsser und Herrmann: Der Oberbaumeßwagen der Deutschen Reichsbahn.

Die Fehlerquellen lagen vor allen Dingen in den Trägheiterscheinungen der elektrischen Übertragungseinrichtungen und in dem Aufstellungsort des Horizontkreisels im Wagenkasten. Es wurde nicht die gegenseitige Höhenlage der Fahrschienen gemessen, sondern die Neigungen des Wagenfußbodens während der Fahrt gegen den künstlichen Horizont. Außerdem waren die während der Fahrt auftretenden Kräfte, wie Fliehkräfte, Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte, zu groß im Verhältnis zum Kreiselwiderstand, so daß die Kreiselachse oft aus ihrer senkrechten Lage zu stark auswich und Schwingungen ausführte. Die Messungen waren dadurch oft sehr schwierig auswertbar.

Bei der Durchbildung der neuen Anlage wurden diese Nachteile beseitigt. Die große zu überwindende Schwierigkeit war, eine Meßeinrichtung zu schaffen, die die wahre gegen-

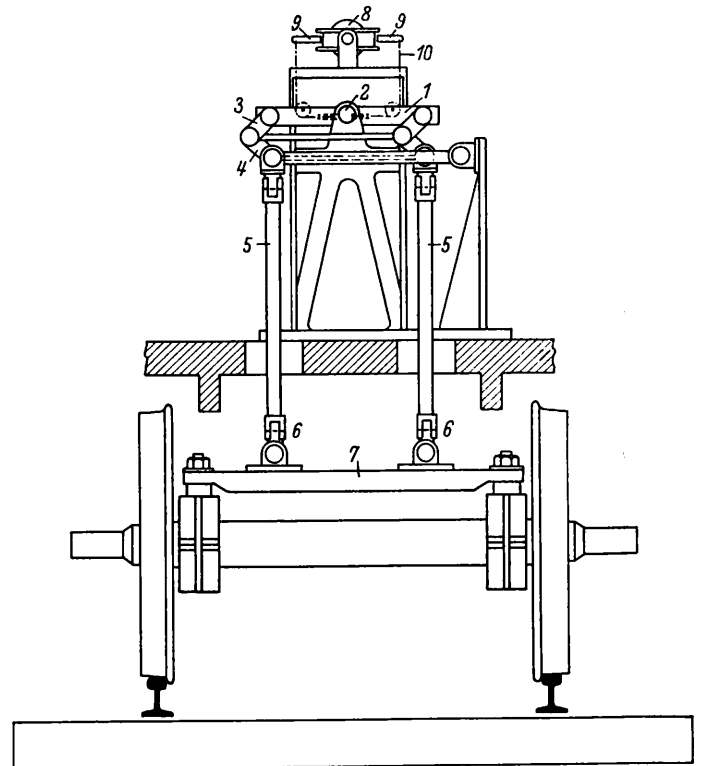


Abb. 2.

seitige Höhenlage der Fahrschienen zu messen erlaubte, ohne daß der Kreisel unmittelbar die harten Stöße, denen die Achsen bei der Fahrt ausgesetzt sind, mit erleidet. Lagert man den Kreisel unmittelbar auf der Achse, so wird er in kurzer Zeit unbrauchbar.

Die elektrische Übertragungseinrichtung vom Kreiselapparat zur Schreibfeder wurde verlassen und durch eine mechanische Einrichtung ersetzt. Diese ist für den vorliegenden Fall besser, und man vermeidet die Trägheiterscheinungen der bisherigen Übertragungseinrichtungen. Der Kreiselwiderstand gegen angreifende Kräftepaare (z. B. Fliehkräfte) wurde vergrößert, um die Lagebeständigkeit der Kreiselachse zu verbessern.

Die neue Meßanlage ist nach eingehenden Versuchen entstanden. Sie ist anwendbar für Fahrgeschwindigkeiten bis 100 km/h. Die Meßergebnisse dürften an Genauigkeit und Zuverlässigkeit den Grad erreicht haben, der nach dem heutigen Stand der Technik überhaupt erreichbar ist. Nachfolgend soll die Anlage in ihrer grundsätzlichen Anordnung beschrieben werden (Textabb. 2).

Im Wagen ist eine Platte 1 in Zapfen 2, von denen der eine hohl ist, drehbar gelagert. Zwei übereinandergesetzte, gelenkig verbundene Parallelogramme 3 und 4, deren geneigte Schenkel

bei Wagenstillstand gegeneinander einen Winkel von 90° bilden, ruhen auf zwei parallelen Stützen 5, mit denen sie in Gelenken verbunden sind. Die Stützen 5 sind mittels Gelenken 6 auf dem Balken 7 gelagert. Der Balken 7 ruht auf der Radachse unmittelbar mittels Rollenlagern.

Wenn der Wagen über die Gleisbahn fährt, so wird die Platte 1 stets parallel zur Radachse bleiben, deren Räder mit zylindrischen Radreifen versehen sind. Die unter der Wagenlast laufende Radachse (Belastung rund 10 t) folgt jeder Unregelmäßigkeit in der Gleislage. Jeder Wechsel der gegenseitigen Höhenlage der Fahrsechienen wird sich also über die beschriebene Anordnung auf die Platte 1 übertragen.

Der Kreiselapparat 8 ist über der Platte 1 aufgestellt. Er kann im abgefederten Wagenkasten gelagert werden, da die Platte 1 ebenfalls mittels der Zapfen 2 im Wagen gelagert ist. Die während der Fahrt stattfindenden Winkeländerungen zwischen dem durch den Kreisel hergestellten künstlichen Horizont (Doppelarm 9) und der Platte 1 werden gemessen und als Schaulinie aufgezeichnet.

Zu diesem Zweck wird der künstliche Horizont (Doppelarm 9) mit der Platte 1 durch einen über Rollen geleiteten Fadenzug 10 verbunden, der durch den Holzzapfen der Platte 1 nach dem Meßtisch geleitet wird. Auf dem Schreibtisch wird der Faden durch eine Rolle umgelenkt und zur Platte 1 und zum Doppelarm 9 zurückgeführt. Die Schreibfeder auf dem

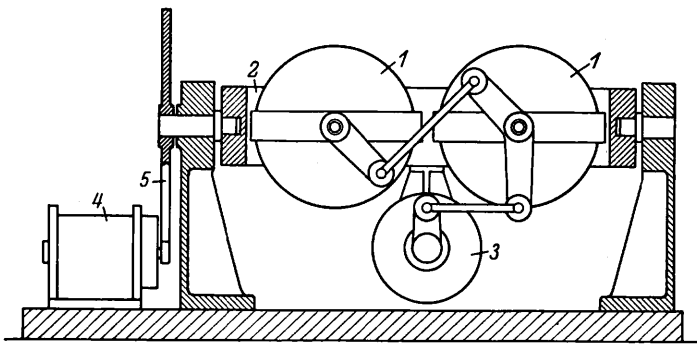


Abb. 3.

Meßtisch wird durch den Fadenzug geführt und schreibt auf den Meßstreifen das gesuchte Diagramm im Maßstab 1:5. Der Meßstreifen wird über den Meßtisch abhängig von der Fahrgeschwindigkeit durch eine mechanische Einrichtung selbsttätig bewegt.

Der Kreiselapparat — die grundsätzliche Anordnung zeigt Textabb. 3 — besteht aus zwei in Hüllkugeln eingekapselten Kreiseln 1 mit senkrechter Achse, die in demselben Rahmen 2 so drehbar gelagert sind, daß ihr Schwerpunkt unter dem Aufhängepunkt liegt (Kreiselpendel). Die Umdrehungszahl der Kreisel beträgt 20000 Umdr./Min., ihr Gewicht je 2200 g. Der eine Kreisel läuft rechts, der andere links herum.

Die auf die Kreisel wirkenden inneren und äußeren Kräftepaare können in zwei Komponenten zerlegt werden. Die eine quer zur Wagenachse (besonders die Fliehkräfte), die andere parallel zur Wagenachse (besonders die Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte des Wagenzugs).

Um die nachfolgenden Ausführungen zu verstehen, muß man auf eine dem umlaufenden Kreisel eigentümliche Bewegung eingehen. Wirkt auf die Achse eines Kreisels (Textabb. 4) ein Kräftepaar $P P$, so weicht die Achse senkrecht zur Richtung dieser angreifenden Kräfte aus (punktierte Pfeile). Man findet die Richtung des Ausweichens, indem man die an die Kreiselachse gesetzten Kraftpfeile $P P$ um 90° im Sinne der Kreisdrehung schwenkt. Dieses Verhalten des umlaufenden Kreisels bezeichnet man als „Präzession“.

Je schneller sich der Kreisel dreht (Winkelgeschwindigkeit w), und je größer das Trägheitsmoment K um seine

Achse ist, desto langsamer weicht die Achse aus. Das Produkt Kw wird als Kreiseldrall bezeichnet.

Die angreifenden Kräftepaare quer zur Wagenachse (z. B. Fliehkräfte) würden unter Anwendung der obigen Ausführungen die Kreiselachse in Richtung der Wagenachse zum Ausweichen veranlassen. Da der Schwerpunkt des Kreisels unter dem Aufhängepunkt liegt, würde dann die Schwerkraft ein Kraftmoment ausüben, das die geneigte Kreiselachse in Richtung quer zur Wagenachse schwingen läßt. Der weitere Verlauf der Kräfteinwirkungen zeigt, daß das Ende der Kreiselachse kreisförmige Schwingungen um eine Senkrechte ausführen muß, wenn die Achse einmal aus ihrer ursprünglich senkrechten Lage infolge der Einwirkung von Kräften herausgebracht worden ist. Lediglich die inneren Reibungskräfte werden das langsame Wiedereinschwingen in die ursprüngliche Lage veranlassen, wenn nicht besondere Dämpfungseinrichtungen zur Beschleunigung des Einschwingens angewendet werden.

Um diese für den Meßgebrauch hinderliche Eigenschaft des Kreisels möglichst auszuschalten, ist man bei dem neuen Kreiselapparat davon ausgegangen, auf die Kreisel künstlich Kräftepaare einwirken zu lassen, die den angreifenden quer zur Wagenachse wirkenden Kräftepaaren entgegengerichtet sind. Hierzu benutzt man die Präzession des Kreisels.

Die beschriebene Präzession — in diesem Falle die Neigung der Kreiselachse in Richtung der Wagenachse — wird benutzt, den Rotor eines Drehtransformators 3 (Abb. 3) in einem Einphasenwechselstromfeld zu verdrehen. In der Nullstellung steht die Sekundärwicklung des Rotors senkrecht zur Primärwicklung des Stators, so daß die Sekundärspannung Null ist. Bei jeder Verdrehung des Rotors wird in der Sekundärwicklung eine Spannung erzeugt, die dem Sinus des Verdrehungswinkels verhältnismäßig und in der Phase um 180° gegenüber der Spannung in der Primärwicklung versetzt ist.

Der „Wendemotor“ 4 ist ein Zweiphasenmotor mit Kurzschlußanker. Seine „Hauptwicklung“ liegt an der gleichen Wechselspannung wie die Primärwicklung des Drehtransformators 3. Die „Nebenwicklung“ ist an die Sekundärwicklung des Drehtransformators angeschlossen, wobei ein in Reihe liegender Kondensator dem Strom der Nebenwicklung um 90° Vor- oder Nachleistung erteilt gegenüber dem Strom der Hauptwicklung, je nachdem der Drehtransformator nach rechts oder links verstellt wird. Es entsteht also bei jeder Verdrehung des Drehtransformators aus seiner Nulllage ein rechts oder links umlaufendes Drehfeld im Stator des Wendemotors, welches dem Kurzschlußanker ein rechts oder links gerichtetes Drehmoment erteilt.

Der Kurzschlußanker ist über ein Zahnradvorgelege 5 mit dem drehbar gelagerten Rahmen 2 verbunden, auf den er somit Drehmomente wechselnder Richtung ausüben kann. Die Größe der Drehmomente sind angenähert verhältnismäßig dem Sinus des Verdrehungswinkels des Rotors im Drehtransformator. Auf diese Weise ist es möglich, den in Richtung quer zur Wagenachse auf die Kreisel wirkenden Kräftepaaren entgegengesetzt gerichtete Kräftepaare einwirken zu lassen und zwar so lange, wie die Kreiselachsen das Bestreben haben, aus ihrer senkrechten Lage auszuweichen.

Kurz wiederholt: Kräftepaare versuchen, die Achsen der Kreisel zu kippen. Dadurch wird ein Drehtransformator verdreht, der einen Wendemotor bestätigt. Der Wendemotor

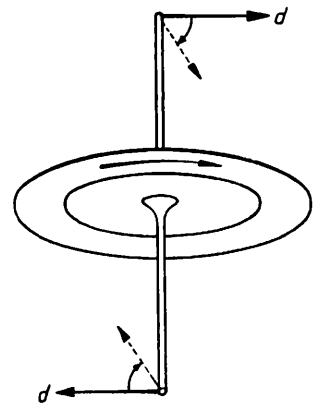


Abb. 4.

übt über ein Zahnradvorgelege Drehmomente auf die Kreisel aus, die den angreifenden Kräftepaaren entgegengesetzt gerichtet sind und die Kreiselachsen in der senkrechten Lage halten.

Kräfte, die parallel zur Wagenachse auf die Kreisel wirken (z. B. Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte), werden dadurch in ihrer Einwirkung gehemmt, daß man den einen Kreisel rechts herum, den anderen links herum laufen läßt. Die Präzession wirkt auf die Kreisel derart, daß sie die Kreiselachsen quer zur Wagenachse aber entgegengesetzt zu neigen versucht. Dies ist jedoch nicht möglich, da die Kreisel in demselben Rahmen gelagert sind.

Eine vollkommene Unempfindlichkeit des Kreiselapparates gegenüber dem Einfluß von inneren und äußeren Kräften ist nicht möglich. Die Mannigfaltigkeit der Kräfte, die technischen Unvollkommenheiten lassen einen kleinen Rest an nicht aufgehobenen Kräften übrig. Durch die Verwendung eines Apparates mit zwei Kreiseln ist jedoch der Kreiselball so vergrößert worden, daß die noch angreifenden kleinen, nicht aufgehobenen Kräfte ohne besondere Bedeutung sind und in Kauf genommen werden können.

Der Kreiselapparat wurde von der Firma Anschütz u. Co. in Kiel-Neumühlen durchgebildet und geliefert.

Die nachstehend behandelten Ergebnisse von Messungen zeigen die Genauigkeit und die Verbesserungen, die mit dem neuen Meßapparat erzielt wurden. Der Längenmaßstab der Schaubilder (Taf. 23) beträgt 150 mm für 1 km, der Höhenmaßstab ist 1:5. Nur bei Abb. 12, Taf. 23 ist der Längenmaßstab 200 mm für 1 km. Die Geschwindigkeit der Meßfahrten, abgesehen von Abb. 11, Taf. 23 lag zwischen 50 und 70 km/h.

Abb. 1 und 2, Taf. 23 zeigen Schaubilder, die mit der neuen Meßanordnung aufgenommen sind. Man erkennt in Abb. 1, Taf. 23 die Überhöhungen zweier Gleisbogen, von denen der eine drei verschiedene Überhöhungen entsprechend den drei verschiedenen Halbmessern des Korbbogens aufweist. Die Gestalt der Überhöhungsrampe bei a ist zu beanstanden.

Abb. 3 und 4, Taf. 23 zeigen die Höhenlage von Gleisabschnitten, die gleichzeitig mit der alten (Schaulinie I) und der neuen Meßanordnung (Schaulinie II) aufgenommen wurden. Bei b (Abb. 3) macht sich eine schlecht liegende Weiche bemerkbar. Die schlechte Lage ist aus der Schaulinie II maßstäblich ersichtlich, während die Schaulinie I den Fehler in der Gleislage nur schwach andeutet. Bei c (Abb. 4) wurde der krumme Strang einer Weiche durchfahren. Der Wagenkasten geriet infolge der Fliehkräfte in Schwankungen. Die Schaulinie I zeigt eine Unregelmäßigkeit in Form einer wellenförmigen Linie, da der Meßkreisel bei der alten Anordnung im Wagenkasten aufgestellt war. Das Schaubild II zeigt jedoch, daß ein grober Fehler in der Gleislage nicht vorhanden ist.

Die Genauigkeit der Messungen mit dem neuen Gerät ist durch örtliche Aufnahmen von Gleisstücken und Vergleich mit den Schaubildern geprüft worden. Weiterhin sind Schaubilder desselben Gleisabschnittes bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten aufgenommen worden. Die Ergebnisse waren vollauf befriedigend. Lediglich bei größeren Fahrgeschwindigkeiten und Schienen mit Riffelbildungen wird das Schaubild durch Rüttelbewegungen, die von der Gleisbahn ausgehen, etwas verwischt. Die wahre gegenseitige Höhenlage der Fahrschienen bleibt jedoch gut erkennbar (Abb. 5, Taf. 23).

Abb. 6 und 7, Taf. 23 zeigen Meßstreifen von Gleisabschnitten, die an demselben Tage zweimal befahren wurden,

und zwar in Hin- und Rückfahrt. Die alte und die neue Meßvorrichtung waren in Betrieb und zeichneten gleichzeitig die Schaubilder für die Höhenlage der Fahrschienen auf. Die Schaulinien I und II zeigen die Hinfahrt. III und IV die Rückfahrt. Bei der Aufnahme des Meßstreifens II war versuchsweise eine Dämpfung verwendet, deren Wirkung man beim Vergleich mit Schaubild III erkennt. Der Vergleich der Schaubilder II und III zeigt die ausgezeichnete Übereinstimmung der Meßbilder. Ohne Anwendung einer Dämpfung bei einer Vergleichsaufnahme würde es Mühe machen, überhaupt Unterschiede in den Meßbildern festzustellen. Der Vergleich der Schaubilder I und IV zeigt, besonders bei Abb. 7, ganz erhebliche Unterschiede.

Wenn von zwei gegenüberliegenden Stößen eines Gleises der eine erheblich heruntergefahren ist, so kann auch die Höhenlage der Schienen am Gleisstoß nicht einwandfrei sein. Abb. 8, Taf. 23 zeigt stark heruntergefahrne Stöße der rechten und linken Fahrschiene in den Schaubildern I und IV (Beschreibung der Meßanordnung in dem oben erwähnten Aufsatz der „Reichsbahn“ 1931). Schaubild III läßt in der Aufzeichnung folgerichtig dort Spitzen als ungleichmäßige Höhenlage der Fahrschienen erkennen, wo die gegenüberliegenden Stöße stark ungleichmäßig heruntergefahren sind. Schaubild II stellt die Aufnahme mit der alten Meßeinrichtung dar. Auch Abb. 9, Taf. 23 läßt die Stöße und die gegenseitige Höhenlage an den Stößen erkennen.

Abb. 10, Taf. 23 zeigt die Überhöhung in einem Gleisbogen. Die durchschnittliche Überhöhung im Schaubild I (alte Meßanordnung) ist größer als im Schaubild II (neue Meßanordnung). Das Meßgerät für Schaubild I war, wie oben bereits ausgeführt wurde, im Wagenkasten aufgestellt. Es wird also die Neigung des Wagenfußbodens aufgezeichnet, die in diesem Falle anders ist als die gegenseitige Höhenlage der Fahrschienen. Der Wagenfußboden nahm während der Meßfahrt durch den Bogen eine stärkere Neigung an, da die Fliehkraft wegen der für die vorhandene Überhöhung zu geringen Fahrgeschwindigkeit zu klein war.

Abb. 11a und 11b, Taf. 23 zeigen Meßstreifen desselben Gleisabschnittes, die bei einer Fahrgeschwindigkeit von 60 km und von 100 km in der Stunde aufgenommen wurden.

In Abb. 12, Taf. 23 sind geschwungene Überhöhungsrampen eines Gleisbogens aufgezeichnet, wie sie versuchsweise bei der Deutschen Reichsbahn ausgeführt worden sind. Der Längenmaßstab ist hier 200 mm für 1 km.

Die alte Meßeinrichtung war für die bisherigen Ansprüche noch ausreichend, da ihre Schaulinien, abgesehen von Ausnahmen, die Gleisstellen erkennen ließen, an denen grobe Fehler in der Höhenlage der Fahrschienen vorhanden waren. Die Meßstreifen lieferten befriedigendere Aufnahmen, wenn die Gleislage nicht zu schlecht war und die gegenseitige Höhenlage der Fahrschienen nicht zu plötzlich wechselte.

Die neue Meßeinrichtung zeigt die gegenseitige Höhenlage der Fahrschienen maßstäblich an. Die Eigenschwingungen des Geräts sind durch geeignete Anordnung und Bemessung der Einzelteile so klein gehalten worden, daß sie das Meßbild nicht beeinträchtigen. Unterschiede in der Fahrgeschwindigkeit, abgesehen von Strecken mit starker Riffelbildung auf den Schienen, machen sich bei Geschwindigkeiten bis 100 km/h nicht nennenswert bemerkbar.

Die Oberbaumeßwagen der Deutschen Reichsbahn fahren im allgemeinen mit Geschwindigkeiten zwischen 50 und 80 km/h. Mit der neuen Meßeinrichtung sind bereits über 30000 km Gleis planmäßig aufgenommen worden, ohne daß sie selbst zu Beanstandungen Anlaß gegeben hat.

Der Übergangsbogen mit geschwungener Überhöhungsrampe.

Von Dr. Ing. Bloss, Dresden.

Wenn ein Übergangsbogen analytisch bestimmt werden soll, muß zunächst das Krümmungsbild oder — was auf dasselbe hinausläuft — die Überhöhungsrampe in Form einer integrierbaren Gleichung gegeben sein. Die Ordinaten des Krümmungsbildes stellen dann das Krümmungsmaß an dem betreffenden Punkte dar. Solange man in der Formel für das Krümmungsmaß

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\frac{d^2 y}{d x^2}}{\left[1 + \left(\frac{d y}{d x}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}$$

$\left(\frac{d y}{d x}\right)^2$ gegen 1 vernachlässigen kann, drückt der zweite Differenzialquotient das Krümmungsmaß aus. Man erhält so die Differenzialgleichung des Übergangsbogens und durch zweimaliges Integrieren die Gleichung des Übergangsbogens in endlicher Form. Bei einfachen algebraischen Funktionen ist die Gleichung des Übergangsbogens um zwei Grade höher als die der Krümmungslinie.

Auf diese Weise gelangt man von der Gleichung ersten Grades der geraden Überhöhungsrampe zur kubischen Parabel. Der Ausdruck

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2 y}{d x^2} = c x$$

sagt aus, daß das Krümmungsmaß und damit die Winkelbeschleunigung im Übergangsbogen (eigentlich mit seinem Grundrißschatten) gleichmäßig wächst. Aber der Knick am Fuße und am Hochpunkte des Krümmungsbildes bedeutet eine Unstetigkeit, die nur zu beseitigen ist, wenn in der Differenzialgleichung des Übergangsbogens

$$\left[\frac{d^3 y}{d x^3}\right]_{x=1}^{x=0} = 0$$

wird. Man muß also bei algebraischen Funktionen einen höheren Grad für die Gleichung des Krümmungsbildes wählen.

Mit Kegelschnitten als Linien zweiten Grades kann man zwar auf zeichnerischem Wege vom geschwungenen Krümmungsbilde zum Übergangsbogen vordringen, nicht aber auf analytischem. Denn die beiden Äste des Krümmungsbildes lassen sich dabei nicht in einer Gleichung darstellen.

Aber schon die algebraischen Funktionen dritten Grades liefern brauchbare Gleichungen für das geschwungene Krümmungsbild. Höher braucht man dann nicht mehr zu gehen, da sonst die Ausdrücke unnötig verwickelt werden.

Der einfachste, hier brauchbare Ausdruck, den mir Herr Reichsbahnoberrat Lange (Dresden) angegeben hat, lautet

$$\frac{1}{\rho} = y = \frac{a x^2}{c} - \frac{x^3}{c}.$$

Diese Kurve (Abb. 1) hat einen Tiefpunkt für $x = 0$ und einen Hochpunkt für $x = \frac{2}{3} a$. Der Krümmungshalbmesser ist an beiden Punkten gleich, und in der Mitte zwischen beiden liegt der Wendepunkt. Die Gestalt des Krümmungsbildes und der Überhöhungsrampe, die durch den Linienabschnitt zwischen $x = 0$ und $x = \frac{2}{3} a$ gegeben ist, wird also sehr ebenmäßig.

Aus der Gleichung

$$\frac{d^2 y}{d x^2} = \frac{a x^2}{c} - \frac{x^3}{c}$$

erhält man gemäß der Randbedingung

$$\frac{d^2 y}{d x^2}_{x=1} = \frac{a x^2}{c} - \frac{x^3}{c} = \frac{1}{r}$$

mit

$$1 = \frac{2}{3} a$$

$$c = \frac{l^3 r}{2}$$

und damit die Differenzialgleichung des Krümmungsbildes

$$\frac{d^2 y}{d x^2} = \frac{3 x^2}{l^2 r} - \frac{2 x^3}{l^3 r}.$$

Die zweimalige Integration ergibt, da beide Integrationsfestwerte gleich Null werden,

$$\frac{d y}{d x} = \frac{x^3}{l^2 r} - \frac{x^4}{2 l^3 r}$$

und schließlich

$$y = \frac{x^4}{4 l^2 r} - \frac{x^5}{10 l^3 r}.$$

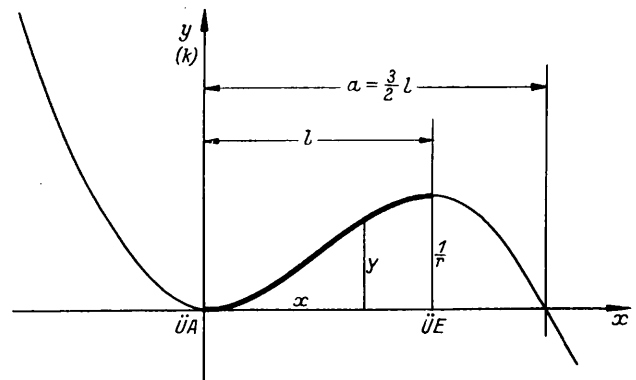


Abb. 1. Überhöhungsrampe als Linie 3. Grades.

Damit ist eine sehr einfache Gleichung des Übergangsbogens als Parabel 5. Ordnung gewonnen, deren Handhabung kaum schwieriger ist als die der kubischen Parabel. Einige leicht auszuwertende Angaben sollen dies dartun:

Die Endordinate ist $y_{x=1} = \frac{0,15 l^2}{r}$;

die Endtangente, an die man den Kreisbogen mit der richtigen Ordinate berührend anschließen wird*), ist

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d y}{d x}_{x=1} = \frac{1}{2 r};$$

das sogenannte Einrückmaß des Kreisbogens, das man aber zum Abstecken nicht braucht und das erheblich kleiner wird als bei der kubischen Parabel, ergibt sich zu

$$f = y_{x=1} - r \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2};$$

die Subtangente für $x = 1$ wird schließlich

$$s = \frac{y_1}{\operatorname{tg} \alpha} = 0,3 l.$$

Die Länge des Übergangsbogens kann man mit jeder gewünschten Genauigkeit rechnerisch aus einem eingeschriebenen Vieleckzuge oder zeichnerisch durch Abmessen aus Auftragungen großen Maßstabs gewinnen.

Unter den transzendenten Funktionen bietet sich die Cosinuslinie für die Bildung geschwungener Krümmungsbilder

*) Vergl. Bloss, Reinigung der kubischen Parabel, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1933, S. 359.

sozusagen von selbst dar. Darüber seien jedoch, ohne auf Zwischenrechnungen näher einzugehen, nur einige Andeutungen gegeben.

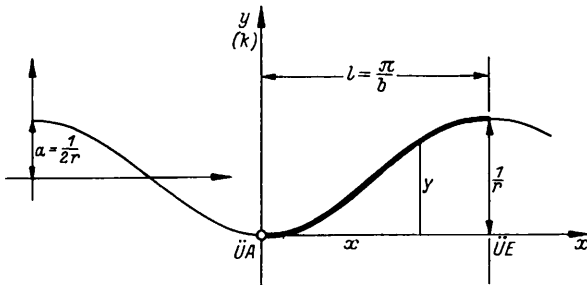


Abb. 2. Überhöhungsrampe als Cosinuslinie.

Die allgemeine Gleichung der Cosinuslinie

$$y = a \cos(bx)$$

muß man zunächst auf einen Tiefpunkt als neuen Koordinaten-

ursprung umformen (Abb. 2). Man erhält die Gleichung

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{1}{2r} \left[1 - \cos\left(\frac{\pi}{l} x\right) \right],$$

da nach den Randbedingungen $a = \frac{1}{2r}$ und $b = \frac{\pi}{l}$.

Zweimaliges Integrieren führt zu der Gleichung des Übergangsbogens

$$y = \frac{x^2}{4r} + \frac{l^2}{2r\pi^2} \cos\left(\frac{\pi}{l} x\right) - \frac{l^2}{2r\pi^2}.$$

Das letzte Summenglied ist der zweite Integrationsfestwert.

Dieser Übergangsbogen stellt also die Überlagerung einer gemeinen Parabel und einer Cosinuslinie dar.

Die Parabel 5. Ordnung dürfte demnach der einfachste analytische Ausdruck für einen Übergangsbogen mit geschwungener Überhöhungsrampe sein.

Eigenspannungen in Eisenbahnschienen.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. Hermann Meier, Berlin*).

Hierzu Tafel 24.

Das Meßverfahren ist beschrieben; die Eigenspannungen sind getrennt untersucht nach Abkühlungsspannungen und nach Richtspannungen (durch die Richtmaschine erzeugte Eigenspannungen). Die „stehende“ und die „liegende“ Richtweise sind erörtert. Die Eigenspannungen einiger Sonderschienen sind angegeben. Die Abhandlung schließt mit einer Betrachtung über den Einfluß der Eigenspannungen auf die Haltbarkeit der Schienen.

Allgemeines.

Eigenspannungen sind in einem freien, unbelasteten Werkstück dann vorhanden, wenn Teile des Werkstückkörpers durch ihre gegenseitige Verbindung behindert sind, die Größe einzunehmen, die sie einnehmen würden, wenn sie von der Behinderung frei, d. h. aus dem Verband herausgelöst wären. Die Eigenspannungen einer Eisenbahnschiene sind hinsichtlich Größe und Richtung sehr verwickelt im Schienenkörper verteilt. Man kann jedoch mit Gewißheit annehmen, daß die Spannungen parallel zur Schienen-Längsachse am größten sind. In der vorliegenden Arbeit wurden deshalb nur diese Längsspannungen untersucht.

Eigenspannungen entstehen in der Schiene erstens durch die Abkühlung nach dem Walzen und zweitens durch die Behandlung der Schiene in der Richtmaschine. Es sind dies die beiden Hauptursachen für die Entstehung von Eigenspannungen in Eisenbahnschienen. Die sogenannten Walzspannungen, auf die in der Literatur gelegentlich hingewiesen wird, scheiden normalerweise als Entstehungsursache für bleibende Eigenspannungen aus. Walzspannungen entstehen in der Schiene durch ungleichmäßige Beanspruchung der Querschnittsteile beim Walzen. Bei der hohen Walztemperatur ist jedoch der Werkstoff noch sehr weich, so daß sich derartige Spannungen nach kurzer Zeit schon wieder ausgleichen.

Die Untersuchungen der Eigenspannungen sind in der Hauptsache an normalen S 49-Schienen vorgenommen worden. Zum Vergleich sind am Schlusse der Abhandlung auch noch die Untersuchungsergebnisse für einige Sonderschienen angeführt.

*) Die Frage wurde vom Verfasser während seiner Tätigkeit in dem vom Reichsbahnoberrat Dr. Bäseler geleiteten Forschungsbüro des Reichsbahn-Zentralamtes München bearbeitet, im Einverständnis mit dem „Aussschuß zum Studium des Langschienenoberbaues“ (Vorsitzender: Direktor bei der Reichsbahn Herwig).

Meßverfahren.

Aus einer 15 m-Schiene, die hinsichtlich Abkühlung und Richtvorgang den jeweiligen Wünschen entsprechend behandelt wurde, hat man, wenn möglich, aus der Mitte oder mindestens in einem mehrere Meter großen Abstand vom Ende ein rund 2,5 m langes Schienenstück herausgeschnitten. Diese Länge ergibt sich aus Gründen der notwendigen Handlichkeit und der leichteren Transportfähigkeit. Man kann als sicher annehmen, daß in der Mitte dieses 2,5 m langen Schienenstückes die gesuchten Längsspannungen noch gänzlich ungestört sind, also noch dieselben sind wie in der 15 m-Schiene. Diese 2,5 m langen Schienenstücke, von verschiedenen Werken stammend, wurden nun jeweils zur Versuchsanstalt der Gutehoffnungshütte (G. H. H.) nach Oberhausen (Rheinland) gesandt. Dort wurde dann die Messung der Eigenspannungen von einem Reichsbahnbeamten, Herrn Anton Schrott vom RZA, München, vorgenommen. Die Meßmethode zerfällt in zwei Abschnitte.

Erster Spannungsabbau. Es wird in der Mitte des 2,5 m-Stückes, wo man noch ungestörte Spannungen voraussetzen kann, ein Schienenstück von rund 30 cm Länge herausgeschnitten (Abb. 1). Durch das Zerschneiden wird an der

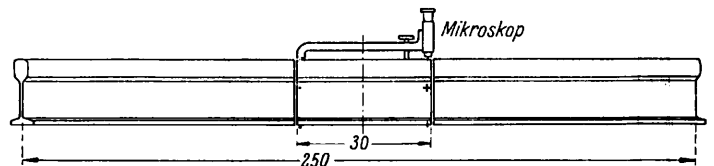


Abb. 1. Meßverfahren für den ersten Spannungsabbau.

Schnittfläche das Gleichgewicht der Längskräfte gestört. Die abgeschnittenen Längsspannungen gehen an den Enden in Schubspannungen über und Verbiegungen der früher ebänen Querschnitte sind die Folge. Die Verbiegungen sind selbstverständlich so klein, daß man sie mit bloßem Auge nicht bemerken kann. Man geht nun so vor, daß man an einigen charakteristischen Punkten des Schienenquerschnittes die Längenänderungen der Längsfasern bestimmt. Dicht neben der Schnittfläche an den Enden des 30 cm langen Schienenstückes werden Meßpunkte angebracht; ihr Abstand wird vor und nach dem Schnitt gemessen und zwar mit Hilfe eines Mikroskopes auf 0,001 mm Genauigkeit. Die Längenänderung läßt den Spannungsabbau an den Meßstellen leicht errechnen und

läßt hinreichend genau Rückschlüsse auf den Spannungsabbau zu, wie er sich über die gesamte Querschnittsfläche verteilt.

Zweiter Spannungsabbau. Nunmehr werden die Stirnflächen des 30 cm langen Schienenstückes eben bearbeitet und beiderseitig mit Meßkugeln gespickt. Die Meßkugeln sitzen an den Enden von später herauszuschneidenden Stäben (Abb. 2a und 2b). Der Abstand der Enden wird gemessen (ebenfalls auf 0,001 mm Genauigkeit). Alsdann wird der ganze Schienenkörper zersägt, eine mühsame und bei der großen Anzahl der Versuchsstücke kostspielige Angelegenheit. Man erhält Stäbe quadratischen Querschnitts (8 mm Kantenlänge) und 30 cm Gesamtlänge. Diese Stäbe haben durch den Wegfall der Querschnittsbehinderung und durch

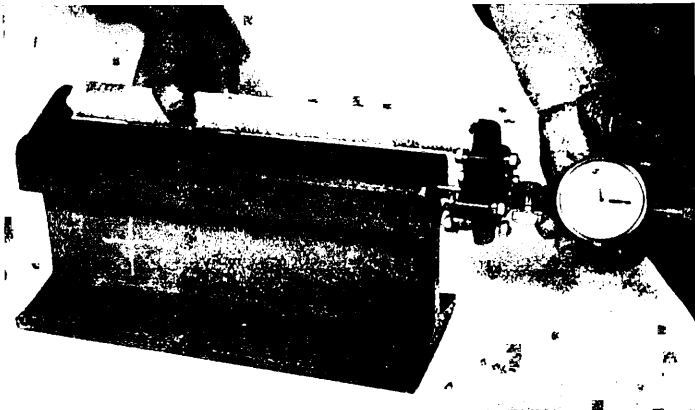


Abb. 2a. Messung vor dem Zerschneiden.

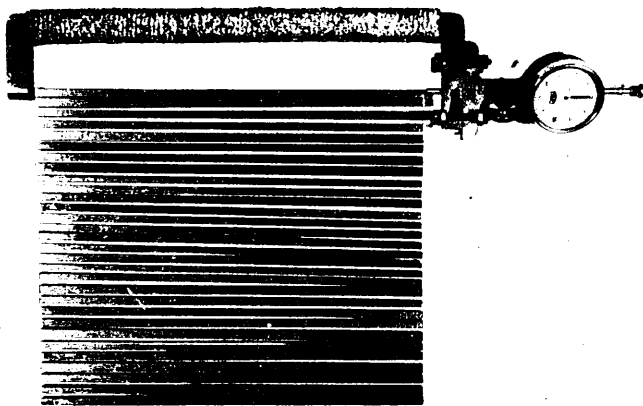


Abb. 2b. Messung nach dem Zerschneiden.

Abb. 2a und 2b. Meßverfahren für den zweiten Spannungsabbau. das Freiwerden der Längsspannungen ihre Länge geändert. Durch eine zweite Messung wird die Längenänderung festgestellt. Nachdem die Lage der Stäbe im Schienenkörper bekannt ist und aus der gemessenen Längenänderung die freiwerdende Spannung errechnet werden kann, ist es nun einfach, ein Spannungsdiagramm aufzuzeichnen. Bei den meisten der späteren Messungen hat man sich darauf beschränkt, den Spannungsverlauf entlang der senkrechten Querschnittsachse zu bestimmen und hat außerdem nur noch die Spannungen an besonders bezeichnenden Stellen (z. B. Schienenfußkante) untersucht. Es ist im Auge zu behalten, daß bei dieser Spannungsermittlung selbstverständlich nur mittlere Werte für den Stabquerschnitt erhalten werden. Es können unter Umständen innerhalb des Stabquerschnittes erhebliche Spannungsunterschiede auftreten. Wichtig ist dies z. B. bei Beurteilung der Querverteilung der Spannungen im Schienensteg, wo für die ganze Breite nur das Meßergebnis eines Stabes zur Ver-

fügung steht. An Stellen besonders starker Spannungsänderung haben sich die Stäbe beim Herausschneiden verbogen.

Es ist festzustellen, daß der zweite Spannungsabbau erheblich größere Längenänderungen liefert als der erste, so daß man sogar ohne einen wesentlichen Fehler zu begehen, den ersten Spannungsabbau vernachlässigen kann. Daß die Durchführung dieser Messungen größte Sorgfalt erfordert, ist einleuchtend. Namentlich ist zu beachten, daß das Meßinstrument und das Schienenstück stets die gleiche Temperatur aufweisen.

Es spricht für die Genauigkeit der Meßmethode und gibt auch ein klares Zeugnis für die weitgehende Gleichartigkeit der Eigenspannungen, daß bei mehrfachen Messungen an gleichen Schienen gleicher Behandlung die Ergebnisse stets sehr gut übereingestimmt haben. Die Abweichungen betragen höchstens 5% von einem mittleren Wert.

Eigenspannungen infolge Abkühlung.

A. Der äußere Vorgang der Abkühlung.

Die Schiene verläßt das letzte Walzenpaar in rotglühendem Zustand mit einer Temperatur von rund 900° C. Sie wird abgelängt und dann von der Walzenstraße auf das „Warmbett“ zur Abkühlung geschoben. Dort werden die Schienen dicht nebeneinander gereiht. Im Gegensatz zur einzeln abkühlenden Schiene ist der Zustrom frischer Luft gehemmt. Die stark

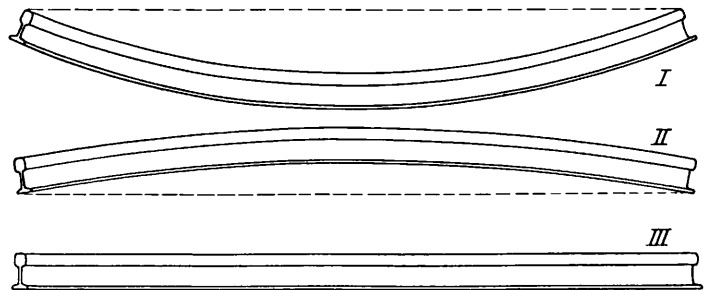


Abb. 3. Schematische Darstellung der Schienenverbiegungen beim Abkühlen.

erhitzte Luft bleibt länger auf dem Schienenstapel lagern, bildet somit eine Schutzhülle und verzögert die Abkühlung. Will man am Schluß des Abkühlungsvorganges die Schiene einigermaßen gerade haben, so wird man sie bereits beim Querverschieben von der Walzenstraße auf das Warmbett über Kopf vorbeugen und zwar um ein Maß, das für die vorhandenen Abkühlungsverhältnisse durch die Erfahrung bestimmt ist (Abb. 3). Bei einzelnen Werken wird dieses Verfahren durchgeführt. Notwendig ist es nicht. Das Richten wird keineswegs erspart. Bei dieser Vorbiegung werden keinerlei Spannungen erzeugt, da der Schienenwerkstoff wegen der hohen Temperatur noch sehr weich ist (Zustand I).

Der Fuß und der Steg der Schiene kühlen sich infolge ihrer größeren Oberfläche rascher ab als der Kopf. Dies verursacht eine raschere Verkürzung des Schienenfußes gegenüber dem Schienenkopf, was sich äußerlich in einer starken Verbiegung der Schiene zeigt. Die Schiene geht vom Zustand I allmählich in den Zustand II über und erreicht hier ein gegensätzliches Krümmungsverhältnis. Nunmehr wirkt sich die noch im Rückstand befindliche Abkühlung des Schienenkopfes aus, was eine Zusammenziehung der Kopffasern bedeutet und damit eine rückläufige Bewegung des selbsttätigen Verbiegungsvorganges. Bei Zustand III hat der Abkühlungsvorgang äußerlich sein Ende genommen. Die großen Temperaturunterschiede im Querschnitt sind ausgeglichen. War die Vorbiegung richtig gewählt (Zustand I), dann ist die Schiene einigermaßen gerade geworden. Der Unterschied in dem Krümmungsverhältnis zwischen Ausgangs- und Endzustand

(I und III) mag darauf zurückgeführt werden, daß bei der Verbiegung von Zustand I nach Zustand II im Schienenkopf eine Streckung eintritt, was die Nachgiebigkeit des bei der hohen Temperatur weichen Werkstoffes leicht erklärt.

Hat man auf die Vorbiegung verzichtet, war also die Schiene im Ausgangszustand gerade, so wird sie im Endzustand über Fuß gebogen sein. Durch Hemmung der Krümmungsbewegungen infolge dichter Reihenlage kann die Krümmung des Endzustandes gemäßigt werden. Die Eigenspannungen werden dadurch wenig berührt.

B. Das Entstehen der Eigenspannungen.

Bei der Abkühlung des Schienenfußes werden die Schienenfußkanten (a) besonders rasch eine tiefere Temperatur und damit eine höhere Festigkeit oder höhere Fließgrenze des Werkstoffes erreichen (Abb. 4). Diese Zonen werden bei

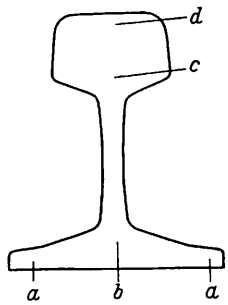


Abb. 4.

Abkühlungszonen am Schienenquerschnitt.

ihre voreilenden Verkürzung anfangs die innere, noch weiche plastische Zone (b) ohne nennenswerten Widerstand mitnehmen. Man kann sich dabei vorstellen, daß das Volumen der Zone a bei der Verkürzung kleiner wird, während das der weichen Zone b durch die erzwungene Verkürzung gleich bleibt, also eine kleine Querschnittsvergrößerung dort eintritt. Mit dem allmählichen Ausgleich des Temperaturgefälles, d. h. bei der späteren Abkühlung der Zone b entstehen dann infolge Behinderung der Längenänderung Eigenspannungen. Die bereits verfestigten Zonen a bieten einer weiteren Verkürzung Widerstand; es entstehen Druckspannungen und in der Zone b werden aus Gleichgewichtsgründen Zugspannungen erzeugt. Die Spannungen verhalten sich umgekehrt wie die Querschnitte. Die Druckspannungen bei a werden deshalb die Zugspannungen bei b übertreffen. Bei der Abkühlung des Schienenkopfes wird ebenfalls die Abkühlung der Randzone d voraneilen und bei ihrer Verkürzung zunächst die Zone c plastisch mitnehmen, d. h. ohne Spannung zu erzeugen. Bei der vollzogenen Abkühlung des Kopfes wird dann ebenfalls außen Druck- und innen Zugspannung auftreten.

Gelegentlich wird als Entstehungsursache für Eigenspannungen auch auf die Volumenvergrößerung bei der Perlit-

bildung hingewiesen. Die für diesen Kristallisationsvorgang bestimmte Temperatur durchläuft die einzelnen Querschnittszonen zu verschiedenen Zeiten. Der Vorgang mag deshalb bei der Eigenspannungserzeugung wohl etwas mitspielen; im Vergleich zu den oben beschriebenen Ursachen kommt ihm jedoch nur untergeordnete Bedeutung zu.

c) Größe der Eigenspannungen.

Die Größe der entstehenden Abkühlungsspannungen ist abhängig von den Temperaturunterschieden und damit von der Abkühlungsgeschwindigkeit. Läßt man die Schiene ganz langsam abkühlen, z. B. nach dreistündigem Glühen auf 600°, 17 Stunden lang im Glühofen, dann kann man annehmen, daß die Schiene praktisch ohne Eigenspannungen ist. Von anderen Gründen abgesehen, läßt sich dies für die Großherstellung jedoch nicht durchführen. Durch Abdecken des Warmbettes mit einer Haube kann man den Abkühlungsprozeß verlangsamen und damit niedrigere Eigenspannungen erreichen. Meistens werden aber, wie schon gesagt, die Schienen auf einem unabgedeckten Warmbett einfach nebeneinandergereiht.

In Abb. 1, Taf. 23 ist das Eigenspannungsdiagramm einer gewöhnlichen Schiene S49 angegeben, die auf diese Art abgekühlt wurde. Ferner sind dort noch die Eigenspannungen angegeben für eine rascher abgekühlte Schiene. Diese Schiene wurde im Abstand von 3,00 m von den übrigen Schienen für sich allein auf das Warmbett gelegt. Der Spannungsverlauf bei der rasch abgekühlten Schiene ist grundsätzlich derselbe, nur sind die Spannungen etwas größer geworden. In den Schienenfußkanten ist ein Unterschied gut bemerkbar. Die Schiene wird beim Abkühlen bekanntlich umgelegt; die noch obenstehende Schienenfußkante kühlt sich rascher ab; die Spannungen sind deshalb dort ein wenig größer.

Interessant dürfte in diesem Zusammenhang noch sein, zu erfahren, inwieweit die Festigkeitswerte einer Schiene durch den Abkühlungsprozeß beeinflusst werden (Zahlentafel 1). Es ist bekannt, daß rasche Abkühlung die Festigkeit erhöht, jedoch die Dehnbarkeit herabsetzt.

Eigenspannungen infolge Geraderichtens.

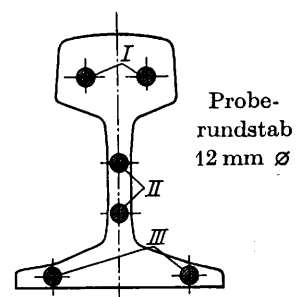
Trotz sorgfältiger Vorbiegung wird es nie gelingen, die Schiene nach dem Abkühlungsprozeß so gerade zu erhalten, wie man sie zur Verlegung im Gleis braucht. Es muß also in dieser Hinsicht noch eine Verbesserung im Werk vorgenommen werden.

Früher war es allgemein üblich, die Schiene anschließend an den Abkühlungsprozeß unter eine Stempel-
presse zu schieben; dort hat der Richtmeister nach dem Gefühl visiert und die Krümmungen gewaltsam gerade gedrückt. An den Stellen der Schiene, an denen mit der Stempel-

Zahlentafel 1.

Einfluß der Abkühlgeschwindigkeit nach dem Walzen auf die Festigkeitseigenschaften der Schiene S 49.

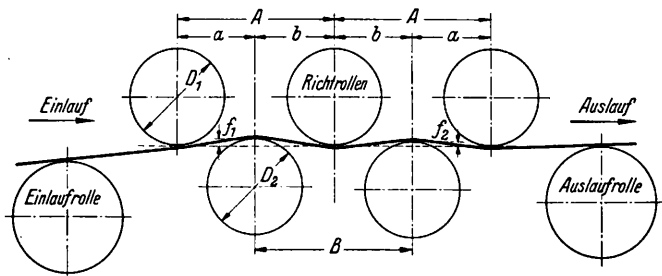
Entnahme der Probe	Probe Nr.	Proportio- nalitäts- grenze kg/mm ²	Streck- grenze kg/mm ²	Bruch- festig- keit kg/mm ²	Dehnungen		Ein- schnü- rung Ψ %	Elastizitäts- zahl kg/cm ²
					δ ₅ %	δ ₁₀ %		
a) In dichter Reihenlage auf dem Warmbett normal abgekühlt.								
Kopf	I	27,2	38,4	75,0	22,2	17,4	42	2 060 000
Steg	II	39,0	39,0	72,8	21,5	16,6	37	2 073 000
Fuß	III	42,0	43,8	77,4	20,7	16,5	37	2 075 000
b) Einzelnd liegend, im Abstand von ~3 m, auf dem Warmbett rascher abgekühlt.								
Kopf	I	27,1	37,5	76,8	20,8	16,7	40	2 055 000
Steg	II	42,0	42,0	78,4	19,9	14,8	34	2 075 000
Fuß	III	45,4	47,1	80,0	20,0	15,0	44	2 083 000
c) 3 Stunden bei 600° C geblüht und im Ofen in 17 Stunden langsam erkaltet. (Spannungsfrei geblüht.)								
Kopf	I	20,2	35,5	70,3	23,3	17,5	43	2 030 000
Steg	II	21,9	38,4	74,7	18,3	15,0	31	2 110 000
Fuß	III	19,8	35,8	70,3	23,3	17,1	46	2 085 000



Zu Zahlentafel 1.

presse gearbeitet wurde, sind die bei der Abkühlung entstandenen Eigenspannungen geändert worden. Das Ausmaß der Eigenspannungsänderung ist von der Größe der notwendig gewesenen Korrektur abhängig. In normalen Fällen ändert sich die Spannung jedoch nicht allzu wesentlich. Wir wollen deshalb im Rahmen dieser Betrachtung nicht näher hierauf eingehen. Dieser Vorgang des Geraderichtens ist etwas umständlich, dauert lang und ist deshalb bei Großherstellung hinderlich. Bei einzelnen Werken oder wenn besondere Zwecke es erfordern, ist dieses Verfahren noch im Gebrauch.

Heute wird in den meisten Werken zum Geraderichten eine Richtmaschine verwendet. Die Richtmaschine besteht, wie die schematische Abbildung (Abb. 5) zeigt, aus mehreren hintereinander geschalteten Rollen. Die waagerechten und senkrechten Abstände der Rollen sind so bemessen, daß die Schiene beim Durchgang unmittelbar hintereinander folgend sehr starken gegensätzlichen Krümmungen unterworfen wird. Bei jeder Krümmung wird die Schiene über die Fließgrenze



Richtmaschine	Maße in mm							
	A	B	D ₁	D ₂	a	b	f ₁	f ₂
I	1350	1350	620	620	675	675	9,6	6
II	1100	1100	600	610	550	550	12	11,5
III	950	1000	690	690	450	500	9	-2

Abb. 5. Rollenrichtmaschine.

des Werkstoffes beansprucht. Bei den in den verschiedenen Werken im Gebrauch befindlichen Richtmaschinen sind die Rollenabstände verschieden. Die Wirkung einer Richtmaschine ist aber in hohem Maß von den Rollenabständen abhängig. Die unten aufgeführten Untersuchungsergebnisse zeigen dies deutlich. Die Schiene verläßt die Richtmaschine in sehr geradem Zustand. Bei den meisten deutschen Richtmaschinen wird der Richtprozeß so durchgeführt, daß die Schiene stehend durch die Richtmaschine läuft, also daß die Krümmungsebene mit der Symmetrieachse des Schienenquerschnittes zusammenfällt. Außerlich ist ferner beim Gebrauch dieser Maschinen als wesentliches Merkmal festzustellen, daß sich die Schiene durch die Richtbehandlung um ein erhebliches Maß verkürzt. Es sind auch einige Richtmaschinen im Gebrauch, bei denen die Schiene im liegenden Zustand gerichtet wird, in der Weise also, daß die Krümmungsebene senkrecht zur Symmetrieachse des Schienenquerschnittes zu stehen kommt.

I. Schiene stehend gerichtet.

a) Erste Versuchsreihe.

Um einen Überblick zu erhalten über die Größe und den Verlauf der bei diesem Richtprozeß erzeugten Eigenspannungen, die wir kurz als „Richtspannungen“ bezeichnen wollen, ferner über den Einfluß des Schienenwerkstoffes und den Einfluß der schon vorhandenen „Abkühlungsspannungen“ auf das endgültige Spannungsbild, wurde eine erste Versuchsreihe durchgeführt.

Es wurden drei Schienen, eine normal, eine rascher abgekühlte und eine ausgeglühte Schiene durch stets dieselbe Richtmaschine (Richtmaschine I, Abb. 5) geschickt. Die Eigenspannungen und die Festigkeitswerte der drei Schienen vor der Richtbehandlung waren bekannt (Abb. 1, Taf. 24 und Zahlentafel 1). Bei der ausgeglühten Schiene kann man annehmen, daß die Abkühlungsspannungen praktisch Null sind. Die Eigenspannungen, die nun der Richtprozeß in diesen Schienen verursachte, sind nach dem eingangs beschriebenen Verfahren gemessen worden und in Abb. 2, Taf. 24 aufgetragen.

Es fällt auf, daß die drei Spannungsbilder ungefähr gleiche Größe und gleichen Verlauf zeigen. Es besteht aber andererseits ein grundsätzlicher Unterschied sowohl in der Größe der Spannungen als auch im Aufbau des Spannungsbildes gegenüber den Eigenspannungen infolge Abkühlung. Wesentlich ist es nun, festzustellen, inwieweit eine Überlagerung der beiden Eigenspannungen stattfindet. Eine rein additionsmäßige Überlagerung von Spannungen verschiedener Herkunft tritt in einer Werkstoffzone bekanntlich ein, solange durch die zusätzliche Beanspruchung die Elastizitätsgrenze des Werkstoffes nicht überschritten wird. Bei dem Richtvorgang entstehen nun Verkürzungen der Schienenlänge von 0,52 und 0,67‰ (der größere Wert für die ausgeglühte Schiene). Wenn wir diese Verkürzungen in Verbindung mit der Elastizitätszahl E benutzen, so liefert das Hookesche Gesetz Spannungen von 1100 und 1400 kg/cm². Die Verkürzung der Schiene (ihr Entstehen wird später zu erklären versucht) müßte in allen Zonen des Schienenquerschnittes, in der die Elastizitätsgrenze des Werkstoffes nicht überschritten ist, zusätzliche Druckspannungen von dieser Größe erzeugen. Nun bleiben aber selbst an den Stellen des Schienensteges, wo wir im Spannungsbild die größten Druckspannungen finden, diese kleiner, als die Summe aus den ursprünglich vorhandenen Abkühlungsspannungen mit den eben errechneten Druckspannungen ergibt. Der Schluß ist somit angebracht, daß bei dem hier betrachteten Richtprozeß der gesamte Schienenquerschnitt einer plastischen Verformung unterworfen wird. In den Außenzonen, d. h. in den von der waagerechten Querschnittsachse entferntesten (Kopf und Fuß), ist diese wesentlich stärker als in den Innenzonen. Diese weitgehende plastische Verformung bringt einen entsprechenden Abbau vorhandener Spannungen mit sich. Die oben gestellte Frage nach der Überlagerung der beiden Eigenspannungen ist also hier im wesentlichen zu verneinen.

Die Gleichartigkeit der drei Spannungsbilder kann demnach mit dem Abbau vorhandener Abkühlungsspannungen durch den Richtprozeß erklärt werden. Die feineren Unterschiede, so z. B. die etwas größeren Druckspannungen im Steg der ausgeglühten Schiene, sind, wie wir später sehen werden, auf Festigkeitsunterschiede im Schienenwerkstoff zurückzuführen.

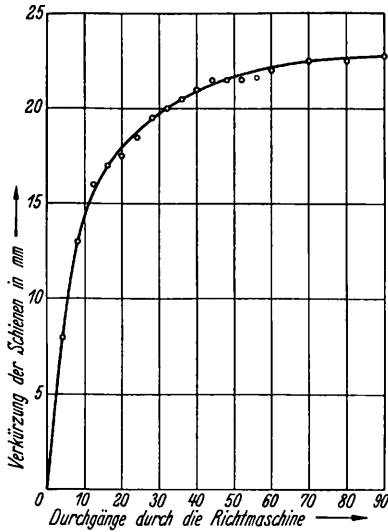
Im Rahmen der ersten Versuchsreihe wurde ferner noch der Einfluß mehrmaligen Richtens untersucht. Je eine normal abgekühlte und eine ausgeglühte Schiene wurden fünf- und zehnmal, eine ausgeglühte Schiene sogar 90mal unmittelbar hintereinander folgend durch die Richtmaschine geschickt. Die dadurch erzeugten Eigenspannungen wurden gemessen. Die Spannungsbilder sind hinsichtlich Größe und Aufbau denjenigen der einmal gerichteten Schiene ungefähr gleich. Kleine Veränderungen und Verschiebungen der Schaubildkurven sind wohl wahrzunehmen, jedoch sind sie unwesentlicher Art und lassen keine Gesetzmäßigkeit erkennen. Zur Wahrung der Übersichtlichkeit wird darauf verzichtet, diese Spannungsbilder anzugeben. Wichtig sind jedoch für die Erklärung des gesamten Richtprozesses die Verkürzungen, die durch mehrmaliges Richten entstehen. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 2 angegeben.

Zahlentafel 2.

Beziehung zwischen Schienenverkürzung und Anzahl der Durchgänge durch die Richtmaschine I.

Schiene	1mal	5mal	10mal	90mal
normal abgekühlt	0,52	1,03	1,28	—
ausgeglüht	0,67	1,25	1,50	3,8

Die Zahlen geben die Verkürzungen in ‰ an gegenüber dem ungerichteten Ausgangszustand, gemessen auf einer rund 10 m langen Meßstrecke auf dem Schienenkopf in der Mitte der



15 m langen Schiene. Da die Schienen im ungerichteten Ausgangszustand meist etwas über Kopf gebogen waren, sind in diesen Fällen die Verkürzungen am Schienenfuß wesentlich größer.

In Abb. 6 ist für die ausgeglühte Schiene die Beziehung zwischen Verkürzung und Durchgangszahl aufgetragen. Diese 90mal gerichtete Schiene ist nicht gebrochen, aber es haben sich, mit freiem Auge bereits erkennbar, feine Längsrisse gezeigt, und zwar am Schienenkopf in den abgerundeten Kanten zwischen Lauffläche und lotrechten Seitenflächen, ferner wurden solche Längsrisse festgestellt an der Schienenfußunterfläche in der Nähe der Kanten.

Schiene S 49 spannungsfrei gegläht und 90mal durch die Richtmaschine I geschickt.

Meßlänge vor dem Richten = 6.003 m
 Meßlängenach d. Richten = 5.980²⁵ m
 Verkürzung = 22,75 mm = 3,79 ‰
 Höhenverminderung = 2,9 mm

Abb. 6. Einfluß oftmaligen Richtens.

Die seinerzeitigen Versuche bestätigen, dahingehend, daß die Verkürzung zunimmt, je weicher eine Schiene ist und daß auch bei Wiederholung der Richtbehandlung noch Verkürzungen

eintreten, allerdings immer geringer werdend, bis auf irgendeine Art eine Zerstörung der Schiene stattfindet.

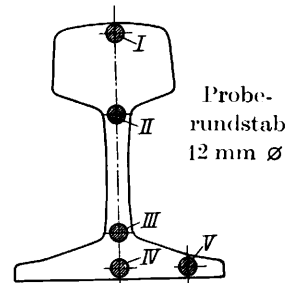
Inwieweit sich durch die Richtbehandlung die Festigkeitswerte des Schienenstoffes ändern, gibt Zahlentafel 3 an. Es ist hervorzuheben, daß durch den Richtvorgang die Festigkeitswerte besonders an den Druckstellen der Richtrollen wesentlich steigen, während die Dehnungszahlen dort kleiner werden. Die Zerstörung der Schiene durch mehrmaliges Richten dürfte nicht zuletzt seine Ursache in der künstlich erzeugten Sprödigkeit des Werkstoffes haben.

b) Zweite Versuchsreihe.

Um zu erfahren, welchen Einfluß die Bauart der Richtmaschine auf die Eigenspannungen ausübt, wurden drei verschiedene Richtmaschinen benutzt, die wir mit Richtmaschine I, II und III bezeichnen. Sie unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der Rollenabstände, wie in Abb. 5 angegeben ist. Die Krümmungen, die die Schiene beim Richtvorgang erdulden muß, sind in Richtmaschine III am schärfsten, in Richtmaschine I am geringsten. Die Verhältnisse bei Richtmaschine II liegen dazwischen.

Es wurden je eine spannungsfrei geglähte Schiene und eine normal abgekühlte Schiene zur Untersuchung herangezogen. Leider hat es sich nicht ermöglichen lassen, Schienen gleicher Abstammung für alle drei Richtmaschinen zu verwenden. Nur für Richtmaschine II und III liegt völlig gleichartiger Werkstoff vor. Da die für die Richtmaschine I verwendeten Schienen auch normale S 49 Schienen (Thomaschienen) waren, die nur von einem anderen Werk stammten, dürfte jedoch der Vergleich zulässig sein. Abb. 3, Taf. 24 zeigt die Ergebnisse der Eigenspannungsuntersuchungen für die normal abgekühlte Schiene. Die jeweiligen Verkürzungen sind dort mit angegeben. Aus Raumersparnisgründen wird auf die Wiedergabe der Spannungsdiagramme verzichtet, die den Einfluß der verschiedenen Richtmaschinen auf die spannungsfrei geglähte Schiene angeben. Das Ergebnis ist grundsätzlich dasselbe.

Aus den Ergebnissen kann einwandfrei gefolgert werden, daß mit zunehmender Stärke der



Zu Zahlentafel 3.

Zahlentafel 3.

Einfluß des Kaltrichtens in der Rollenrichtmaschine auf die Festigkeitseigenschaften der Schiene S 49.

Durchgang durch die Rollenrichtmaschine	Proportionalitätsgrenze kg/mm ²					Streckgrenze kg/mm ²					Bruchfestigkeit kg/mm ²					Elastizitätszahl kg/cm ²				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
a) In dichter Reihenlage auf dem Warmbett normal abgekühlt.																				
1mal gerichtet	48,5	35,1	41,7	49,2	39,2	55,6	37,7	42,8	53,5	41,7	80,7	70,1	72,1	79,5	79,0	2 050 000	2 055 000	2 045 000	2 055 000	2 060 000
5mal gerichtet	54,4	29,8	40,0	50,8	43,7	59,5	37,3	46,8	58,6	44,7	82,1	70,2	72,1	81,8	78,0	2 055 000	2 060 000	2 065 000	2 055 000	2 060 000
10mal gerichtet	54,3	29,8	39,9	49,2	45,0	59,3	37,6	44,9	58,7	45,0	81,4	69,4	70,6	81,7	78,2	2 055 000	2 065 000	2 065 000	2 050 000	2 065 000
b) Einzelnd liegend, im Abstand von ~ 3 m, auf dem Warmbett normal abgekühlt.																				
1mal gerichtet	43,2	34,3	42,7	50,8	43,0	53,0	39,6	44,8	53,9	44,3	81,4	75,0	76,8	81,2	79,4	2 055 000	2 065 000	2 070 000	2 050 000	2 060 000
5mal gerichtet	48,2	35,6	47,7	45,8	41,5	59,3	38,9	47,4	58,7	45,0	82,8	73,8	77,6	82,6	79,4	2 050 000	2 060 000	2 065 000	2 055 000	2 070 000
10mal gerichtet	46,4	33,6	43,3	55,2	43,1	60,0	39,1	46,7	59,3	47,6	83,2	72,2	75,5	83,0	79,2	2 050 000	2 050 000	2 070 000	2 050 000	2 065 000
c) 3 Stunden bei 600° C gegläht und im Ofen in 17 Stunden langsam erkaltet. (Spannungsfrei gegläht.)																				
1mal gerichtet	24,8	18,8	23,4	33,0	24,3	46,4	37,8	39,3	43,2	34,5	69,8	74,4	73,4	70,0	68,9	2 040 000	2 085 000	2 085 000	2 020 000	2 120 000
2mal gerichtet	32,6	23,6	21,6	33,1	21,0	48,8	39,3	40,8	51,2	36,2	71,2	74,6	74,3	72,2	71,4	2 040 000	2 100 000	2 100 000	2 050 000	2 065 000
10mal gerichtet	29,4	21,9	29,6	30,6	19,8	48,6	38,4	42,9	50,8	35,8	71,0	74,7	74,1	71,7	70,3	2 020 000	2 110 000	2 095 000	2 010 000	2 085 000
90mal gerichtet	38,2	21,5	34,5	42,5	35,5	51,5	36,7	44,5	59,1	42,9	75,5	72,0	73,1	78,0	70,9	2 105 000	2 115 000	2 100 000	2 085 000	2 110 000

Krümmung, der die Schiene in der Richtmaschine unterworfen ist, die Eigenspannungen wachsen. Bei Behandlung mit Maschine III werden Werte bis 2000 kg/cm^2 erreicht. Mit den Richtspannungen wachsen auch die Verkürzungen. Bei gleichen Schienen (Werkstoff und Querschnitt) und gleicher Richtmaschine ist diese Beziehung zwischen Eigenspannung und Verkürzung bei einmaligem Richten sehr bemerkenswert.

Da sich durch Änderung der Rollenstellung (lotrechte Verschiebung der Mittelrollen) unschwer ein flacheres Krümmungsverhältnis in der Richtmaschine erzeugen läßt, ist es eine einfache Aufgabe, auf dem Versuchswege für jeweils einen bestimmten Schienenwerkstoff die Rollenstellung zu ermitteln, bei der die Richtmaschine gerade noch ihren Zweck erfüllt, nämlich die Schiene gerade zu machen, dabei aber der Schiene die geringste Verkürzung gibt. Die geringsten Verkürzungen lassen auf kleinste Richtspannungen schließen, was, wie später besprochen, angestrebt werden soll.

c) Erklärung des Richtvorganges.

Bei einem Erklärungsversuch über die Wirkungsweise der Richtmaschine geht man am zweckmäßigsten von der Tatsache der Verkürzung der Schiene aus und von den ermittelten Eigenspannungsdiagrammen.

Die in der Fachliteratur schon einmal geäußerte Vermutung, daß das Verkürzen der Schienen auf ein Freiwerden von Wärmezugspannungen zurückzuführen ist, erweist sich jetzt auf Grund der Forschungsergebnisse als unzutreffend. Die Wärmezugspannungen im Schienensteg sind viel zu klein, um die in Zahlentafel 2 angegebenen Verkürzungen nach einmaligem Richten zu erzeugen. Die Tatsachen ferner, daß sich die ausgeglühte, also von Abkühlungs-Eigenspannungen praktisch freie Schiene beim Richten am meisten verkürzt und daß bei mehrfacher Wiederholung des Richtprozesses sich immer wieder ganz erhebliche Verkürzungen zeigen, sind die klarsten Beweise gegen die obige Behauptung. Der Grund für die Verkürzung der Schiene ist demnach wo anders zu suchen.

Eine nicht unwichtige Handhabe bietet uns eine genaue Querschnittsmessung, die zum Ergebnis hatte, daß der Rauminhalt der Schiene bei der Verkürzung gleich bleibt, also eine kleine Querschnittsvergrößerung mit der Verkürzung Hand in Hand geht. Bei der 90mal gerichteten Schiene ist ferner eine Höhenverminderung von 2,9 mm gemessen worden.

Aus den Eigenspannungsbildern kann man andererseits als besonders auffällig folgendes entnehmen. An den Stellen des Schienenquerschnittes, wo die Rollen der Richtmaschine angegriffen haben, befinden sich Zugspannungen; an den übrigen Stellen (Schienenfußkanten, Steg) wurden Druckspannungen ermittelt.

Diese Versuchsergebnisse bilden die Grundlage für folgende Anschauung über den Richtvorgang:

Die außerordentlich scharfen Krümmungen, die die Schiene beim Durchgang durch die Richtmaschine erfährt, erzeugen besonders in den Querschnittszonen, die von der waagerechten Trägheitsachse am weitesten entfernt sind, also im Schienenfuß und im oberen Schienenkopf, eine starke plastische Verformung. Die Biegungsbeanspruchung der Schiene in der Richtmaschine wechselt unmittelbar hintereinanderfolgend mehrere Male das Vorzeichen. Druck- und Zugbeanspruchung parallel zur Schienenlängsachse lösen einander ab. Nun ist es aber so, daß stets dort, wo die Biegungsdruckbeanspruchung am größten ist, noch der senkrecht wirkende, sehr erhebliche Rollendruck hinzutritt. Dieses Zusammenwirken von Rollendruck und Biegungsdruck zwingt den im Fließen befindlichen Werkstoff zum Ausweichen. Unmittelbar unter der Rolle, wo der Druck noch sehr konzentriert ist, wird die Werkstoffverdrängung am stärksten sein, und zwar nach der einzig freien Möglichkeit, nach der Seite. Man kann sich

dabei auch vorstellen, daß sich der Werkstoff in der Längsrichtung der Schiene staucht, ausgelöst durch die vorhandenen Biegungsdruckkräfte in diesen Querschnittszonen. Ob und inwieweit unter den Antriebsrollen diese bei der Stauchung noch mithelfen, ist schwer zu sagen; ist auch für die Erklärung nicht wesentlich. Die bei der 90mal gerichteten Schiene gemessene Höhenverminderung und das schon erwähnte Auftreten der Längsrisse fügen sich vortrefflich in die Vorstellung über den Richtvorgang ein. Auf der anderen Seite des Querschnittes der Rolle gegenüber herrscht jeweils Zugbeanspruchung. Die Fließgrenze ist überschritten. Es fehlt jedoch eine weitere Kraft von außen. Der einachsige Spannungszustand ist nicht in der Lage, Querschnittsänderungen von derselben Größenordnung und mit bleibender Wirkung zu erzielen. Nur die anfangs vorhandenen Krümmungen der Schiene verschwinden, die im Vergleich zu denen in der Richtmaschine sehr flach sind und deren Beseitigung der Zweck des Richtens ist. Wegen der vollständigen plastischen Verformung des Querschnittes wird diese Beseitigung der Schienenformfehler bei dem hier behandelten Richtprozeß keine nennenswerten Eigenspannungen hinterlassen. Das besonders starke Ausweichen des Werkstoffes in der Zone unter der Richtrolle kann durch den unmittelbar folgenden reinen Zugprozeß in dieser Zone nicht ausgeglichen werden. Es folgt dann gleich wieder ein zweiachsiger Druckzustand mit der notwendigen seitlichen Ausquetschung. Und so fort. Da jeder Querschnitt dieselbe bleibende Veränderung erleidet, bedeutet die Ausquetschung oder die Stauchung in der Längsrichtung, das ist parallel zur Schienenachse, eine Verkürzung der Werkstoffaser. Die Zonen am Schienensteg, die die plastische Verformung lange nicht in dem gleichen Ausmaß erleiden, versuchen diese Verkürzung zu verhindern. Darin liegt die Ursache der Eigenspannungen. Die stark ausgequetschten oder gestauchten Zonen finden wir nach Beendigung des Richtvorganges in gezogenem, die anderen Querschnittsteile in gedrücktem Zustand. Bei Betrachtung der Schienenfußkanten muß man bedenken, daß die Rollendruckkraft sich nur auf den Stellen unter dem Steg auswirken kann, weil sie dort genügend Widerstand findet. Die Tatsache, daß bei mehrmaligem Richten sich immer wieder nahezu dasselbe Spannungsbild zeigt, bestärkt die Auffassung, daß bei den hier behandelten Richtprozessen die plastische Verformung durch den gesamten Querschnitt dringt, freilich in verschiedenem Ausmaße, und daß die Richtspannungen ein Ergebnis der Beanspruchungsverschiedenheit sind, die dann bei Wiederholungen jedesmal mehr oder weniger abgebaut und zugleich erneuert werden. Daß bei sogenannten weichen Schienen die Ausquetschung unter der Richtrolle größer wird, damit das Verkürzungsbestreben und die Druckspannungen am Steg, ist leicht einzusehen.

II. Schiene liegend gerichtet.

Die Schienen werden umgelegt durch die Richtmaschine geschickt. Die Symmetrieachse des Querschnittes kommt waagrecht zu liegen. Die Rollen der Richtmaschine greifen an der Laschenkammer an. Die Druckstellen der Rollen befinden sich an der Unterfläche des Kopfes und an der Deckfläche des Fußes jeweils nahe dem Steg, ferner am Steg selbst nahe der Kopf- und Fußwurzel. Die Maschinen für diese Richtweise sind leichter und kleiner gebaut, als die im vorigen Kapitel behandelten Richtmaschinen.

Leider hat es sich nicht ermöglichen lassen, die liegende Richtweise durch Vergleichsversuche mit mehreren Richtmaschinen verschiedener Krümmungsverhältnisse zu studieren. Die vorliegende Arbeit wäre zu umfangreich geworden. Es kann nur ein Spannungsbild gezeigt werden. Das in Abb. 4. Taf. 24 wiedergegebene Schaubild der Eigenspannungen gilt für eine normal abgekühlte und einmal liegend gerichtete Schiene, die im

ungerichteten Zustand über Kopf gebogen war. Längenmessungen beim Richten mehrerer Schienen dieser Art ergaben im Schienenfuß eine Verkürzung, im Schienenkopf dagegen entweder keine Änderung oder sogar eine kleine Verlängerung. Man kann sich diese Erscheinung durch eine gedankliche Zerlegung des gesamten Richtvorganges vielleicht so erklären, daß die Geradebiegung der ausgangs über Kopf vorgebogenen Schiene am Kopf eine Verlängerung, am Fuß eine ungefähr gleiche Verkürzung erzeugt und hierzu die bei dem liegenden Richtprozeß entstehenden kleinen Verkürzungen sich überlagern. Diese die ganze Schiene erfassenden Verkürzungen infolge Richten heben die Verlängerungsbestrebungen des Kopfes je nach der Verbiegung mehr oder weniger auf und vergrößern das Verkürzungsmaß am Schienenfuß. Beim Durchgang durch die Richtmaschine werden hauptsächlich die Querschnittszonen, die von der Symmetrieachse am weitesten entfernt liegen, der plastischen Verformung unterworfen, also die Seitenteile des Schienenkopfes und des Schienenfußes. Die Zonen unmittelbar neben der Symmetrieachse werden nicht oder nur wenig plastisch verformt.

Das in Abb. 4, Taf. 24 dargestellte Eigenspannungsbild dürfte nun folgendermaßen entstanden sein. Die Abkühlungsspannungen werden vermutlich nicht so weitgehend abgebaut, wie in den im vorigen Kapitel behandelten Fällen. Hierzu überlagern sich Spannungen, die durch die Aufbiegung der Schiene entstehen. Der große Unterschied der plastischen Verformung in den Seitenzonen des Schienenquerschnittes gegenüber den Zonen unmittelbar neben der Symmetrieachse verleitet zu der Vorstellung, daß z. B. im Schienenkopf die durch die Aufbiegung entstehenden Zugspannungen in den Seitenzonen weit mehr abgebaut werden als in den Innenzonen. Nach Wegfall der äußeren Aufbiegungsursache widersetzen sich die stark plastisch verformten Seitenzonen der Entspannung der Innenzone. Die verbleibende Zugspannung, in Abb. 4, Taf. 24 aufgetragen, erzeugt in den Seitenflächen Druckspannungen. Leider wurde es seinerzeit versäumt, an den Seitenflächen des Schienenkopfquerschnittes eine Messung vorzunehmen. Der Beweis für die Richtigkeit der Anschauung wäre also noch zu erbringen. Im Schienenfuß gilt dasselbe, nur mit umgekehrtem Vorzeichen. Zu diesen durch Aufbiegung entstandenen Spannungen kommen dann noch endlich die eigentlichen Richtspannungen. Sie dürften hier vermutlich nicht den vorherrschenden Anteil darstellen. Die Rollendrucke sind geringer und die Angriffspunkte fallen nicht auf Stellen größter plastischer Verformung. Es wird daher auch die Ausquetschung nicht die Größe erreichen, wie bei den im vorigen Kapitel behandelten Fällen stehender Richtweise. Immerhin wird an den Stellen des Rollenangriffs am Schluß Zugspannung bleiben. Abb. 4, Taf. 24 läßt eine derartige Spannungsverteilung auch vermuten. Die hohe Druckspannung in Stegmitte dürfte, da eine entsprechende Verkürzung der Schienenlänge fehlt, auf Werkstoffaufdrängung zurückzuführen sein.

Soviel sich aus diesem einzigen Versuch und auf Grund unserer allgemeinen Kenntnisse über den Richtvorgang sagen läßt, ist anzunehmen, daß die Längenform der ungerichteten Schiene einen wesentlichen Einfluß auf das endgültige Eigenspannungsbild ausübt. Dies im Gegensatz zur stehenden Richtweise. Es wäre zum Beweis der vorgebrachten theoretischen Anschauungen sehr erwünscht, noch weitere Versuche anzustellen und zwar dergestalt, daß mehrere Schienen beim Abkühlungsprozeß durch verschiedene Verbiegung so behandelt werden, daß nach erfolgter Abkühlung die ersten gerade, die zweiten über Kopf und die dritten über Fuß vorgebogen sind. Diese Schienen wären dann auf gleiche Weise liegend zu richten, ihr jeweiliges Eigenspannungsbild wäre zu ermitteln. Vielleicht lassen sich durch geschickte Verbiegung sehr günstige Ergebnisse erzielen. Ist die ungerichtete

Schiene schon einigermaßen gerade, so fällt nach der obigen Erklärung ein wesentlicher Spannungsanteil beim Aufbau des endgültigen Spannungsbildes fort.

Ein Werturteil, welche Richtweise besser ist, die stehende oder die liegende, kann auf Grund der bisherigen Eigenspannungsergebnisse noch nicht abgegeben werden. Neben dem Bestreben, möglichst geringe Eigenspannungen zu erhalten, sind es auch wirtschaftliche Gesichtspunkte und Fragen der zugelassenen Maßabweichungen, die das Werturteil beeinflussen.

Die Eigenspannungen einiger Spezialschienen.

Es liegt das Bedürfnis vor, in Strecken sehr starker Betriebsbelastung Schienen mit besonderen Eigenschaften zu verwenden. Diese besonderen Eigenschaften sind: eine höhere Verschleißfestigkeit (das ist im allgemeinen gleichbedeutend mit größerer Härte) im Kopf und zum Ausgleich, damit die Schiene als Ganzes nicht zu spröde wird, genügend große Dehnbarkeit im Fuß.

Die im folgenden angeführten und auf ihre Eigenspannungen untersuchten Spezialschienen haben die gestellten Anforderungen weitgehend erfüllt. Sie werden nach verschiedenen Verfahren hergestellt.

I. Schiene der Maxhütte (Sulzbach-Rosenberg).

Ausgangsprodukt ist ein verhältnismäßig weicher Schienenwerkstoff, der bei normaler Abkühlung eine Festigkeit von rund 60 kg/cm² erreicht. Die Schiene wird sofort nach Verlassen der letzten Walzform mit ihrem Fuß in eine Vorrichtung eingespannt und dadurch zwangsläufig gerade gehalten. Die Schiene wird dann angehoben und mit dem Kopf für kurze Zeit in fließendes kaltes Wasser getaucht. Die Abkühlungszeit wird aus Werkstoffanalyse und Temperatur genau ermittelt. Durch die plötzliche Abkühlung werden die Zonen der Lauf- und Seitenflächen des Schienenkopfes rasch hart und verkürzen sich. Eine Verbiegung der Schiene ist nicht möglich. Der übrige Querschnitt macht die Verkürzung mit, ohne jedoch wesentliche Spannungen zu erzeugen. Die Schiene wird dann der Einspannvorrichtung entnommen, über eine Lehre und zwar über Kopf genau vorgebogen und auf dem Warmbett der üblichen Abkühlung überlassen. Die Schienenfußkanten werden rascher hart als der übrige Querschnitt und der äußere Vorgang der Abkühlung, sowie das Entstehen der Eigenspannungen ist nun im Grundsatz vollkommen gleich wie bei der zu Anfang des Aufsatzes beschriebenen Abkühlung der gewöhnlichen Schiene. Die großen Zugspannungen im Innern des Schienenkopfes und an der Stegwurzel überraschen nicht. Der Schienenfuß ist überwiegend auf Druck beansprucht, verursacht durch die vorweg genommene rasche Verfestigung des Schienenkopfes und durch die Streckung des noch weichen Fußes bei der Verbiegung der Schiene über die Lehre. Die Schiene ist am Schlusse der Abkühlung verhältnismäßig gerade. Es sind meist nur kleine Verbesserungen unter der Stempelpresse nötig, die ohne wesentlichen Einfluß auf die Eigenspannungen sind. Die Eigenspannungen, die die Schiene besitzt, wenn sie das Werk verläßt, sind in Abb. 5, Taf. 24 aufgetragen.

Aus rein wissenschaftlichen Gründen ist ein Stück Schiene durch die Richtmaschine I geschickt und die Änderung der Eigenspannungen geprüft worden (Abb. 5, Taf. 24). Es macht sich der große Unterschied im Werkstoff geltend. Die abgeschreckten Zonen besitzen eine Festigkeit von rund 140 kg/cm², die auf normale Weise allmählich abgekühlten Teile rund 60 kg/cm². Der Festigkeitsübergang und im Zusammenhang damit der Gefügeübergang im Schienenkopf ist nicht schroff, sondern allmählich. In der Richtmaschine kann die Rolle im viel weicherem Schienenfuß ganz andere Wirkungen erzielen als am Kopf. Der harte Kopf hindert eine starke Verkürzung.

Im übrigen dürfte die Erklärung der Veränderung des Eigenspannungsbildes keine Schwierigkeit mehr bieten.

II. Verbundschienen.

Im Gegensatz zur Schiene der Maxhütte, bei der man die höhere Festigkeit durch Gefügeänderung erzeugt, haben wir es hier mit Schienen zu tun, bei denen Werkstoffe verschiedener chemischer Zusammensetzung miteinander verbunden werden (Festigkeiten 90 kg/cm^2 und 60 kg/cm^2). Der Festigkeitsunterschied ist also geringer.

a) Verbundgußschiene der Klöcknerwerke (Georgsmarienhütte) Osnabrück.

Die Kokille im Stahlwerk wird bereits mit verschiedenem Werkstoff unter Einschaltung einer Trennwand ausgegossen. Der so hergestellte Stahlblock wird ausgewalzt. Durch entsprechende Walzenfolge wird erreicht, daß der harte Werkstoff in den Kopf und der weiche in Steg und Fuß gelangt. Die Abkühlungseigenspannungen wurden gemessen und sind in Abb. 6, Taf. 24 aufgetragen. Die Deckhaube auf dem Warmbett verlangsamt den Prozeß. Alle Schienen werden nach vollzogener Abkühlung in einer Rollenrichtmaschine mit verhältnismäßig schwachen Krümmungen gerichtet. Mit Eigenspannungen gemäß Abb. 6, Taf. 24 verläßt die Schiene das Werk.

Auf Grund der geringeren Beanspruchung der Schiene in der Richtmaschine dringt die plastische Verformung nicht durch den gesamten Querschnitt. Die Richtspannungen sind kleiner, die Abkühlungsspannungen werden weniger abgebaut und spielen beim Aufbau der endgültigen Eigenspannungen noch eine bestimmende Rolle. Die Verkürzungen durch das Richten sind klein.

b) Verbundschiene des Bochumer Vereins.

Die Verbindung der verschiedenen Werkstoffe wird erst beim Walzen erzeugt. Sonst wie oben.

Es stehen hier die Eigenspannungsuntersuchungen für die preußische Schienenform 8 zur Verfügung. Auch sie zeigen uns mit genügender Klarheit die geringeren Abkühlungsspannungen als Folge der vorsichtigen Abkühlung im Sandbergofen, sowie den Einfluß der weiteren Behandlung in der Richtmaschine (Abb. 7, Taf. 24). Alle Schienen werden gerichtet. Auch hier weist die Richtmaschine nur flache Krümmungen auf.

Bleiben die Eigenspannungen bestehen?

Um diese von vielen Seiten aufgeworfene Frage zu prüfen, wurden zwei Wege beschritten.

Zunächst wurde eine Schiene von bekannten Eigenspannungen unter die Pulsatormaschine gelegt und mit rund zwei Millionen Lastwechseln einer Dauerbeanspruchung auf Biegung von $+200$ bis $+2000 \text{ kg/cm}^2$ unterworfen. Nach Beendigung dieser Gewaltprüfung wurde die übliche Eigenspannungsuntersuchung vorgenommen. Es hat sich aber keine Veränderung der Eigenspannung gezeigt, weder der Größe noch dem Verlaufe nach. Der Versuch wurde wiederholt und hat dasselbe Ergebnis gebracht.

Des weiteren wurde eine alte Schiene untersucht, die nachweislich sieben Jahre im Betriebsgleis gelegen hatte und deren Kopf bereits 10 mm abgenutzt war. Die Eigenspannungsuntersuchung lieferte den in Abb. 8, Taf. 24 aufgetragenen Spannungsverlauf. Die kleine Abweichung von dem gewohnten Bild einer neuen Schiene ist auf die Abnutzung im Kopf zurückzuführen und auf Druckspannungen, die an der Lauffläche durch das Kaltwalzen im Laufe der Zeit erzeugt werden. Auch dieser Versuch wurde wiederholt und hat das erste Ergebnis bestätigt.

Die beiden Wege brachten die Erkenntnis, daß die Eigenspannungen in der Größe bestehen bleiben, die sie im Werk

bereits erhalten, daß also eine allmähliche Entspannung oder ein Ermüdungsabbau, wie man vielfach glaubt, nicht eintritt.

Inwieweit sind Eigenspannungen gefährlich?

Diese Frage ist für die Praxis letzten Endes entscheidend. Sie kann nur dann einigermaßen klar beantwortet werden, wenn man die Eigenspannungen der Schiene in Verbindung bringt mit den anderen Beanspruchungen, denen die Schiene im Gleis unterworfen ist. Diese Beanspruchungen sind in der Hauptsache folgende:

1. **Temperaturspannungen.** Bei Gleisen üblicher Verlegungsart muß infolge Temperaturänderung im Sommer mit $+1400 \text{ kg/cm}^2$ und im Winter mit -1200 kg/cm^2 als Höchstwerten der Längsspannung gerechnet werden.

2. **Einzwängungsspannungen.** Diese entstehen beim Verlegen des Gleises oder im Laufe der Zeit durch den Betrieb. Sie sind von der Bauart des Oberbaues abhängig*). Verbiegungsmessungen haben bei seitlicher Verbiegung für Oberbau K Größtwerte in der Schienenfußkante von $\pm 900 \text{ kg/cm}^2$ ergeben. Die möglichen Verbiegungen in der lotrechten Ebene liefern rechnermäßig in den Randzonen des Schienenquerschnittes Spannungen von $\pm 200 \text{ kg/cm}^2$.

3. **Betriebsspannungen.** Hier weiß man nur über den Einfluß senkrechter Belastungen genaueres. Die Wirkung waagerechter Seitenstöße ist noch reichlich unbekannt. Man ist hierfür auf Schätzung angewiesen und wird ihr deshalb nur einen entsprechenden Sicherheitszuschlag einräumen können. Die senkrechte Belastung erzeugt bei Kriechgeschwindigkeit Spannungen von 900 bis 1000 kg/cm^2 . Bei größeren Geschwindigkeiten rechnet man mit Berücksichtigung ungünstiger Stoßzuschläge mit max. 1400 kg/cm^2 , im Winter beim Auftreten sogenannter Frostbeulen sogar mit 1600 kg/cm^2 . Dies für die Durchbiegung nach unten unter dem Rad; für die negative Durchbiegung (beim Anheben des Gleises) sind rund 30% davon in Anschlag zu bringen. Stark abgeplattete Radreifen sind allerdings in der Lage, die Schienen noch weit höher zu beanspruchen, wie die Erfahrung beweist. Es ist aber selbstverständlich nicht möglich, bei Bemessung des Schienenquerschnittes diese höchst seltenen Ausnahmefälle zu berücksichtigen. Für die weitere Betrachtung werden deshalb auch nur die oben angegebenen Werte benützt, die ja bereits einer erheblichen dynamischen Einwirkung Rechnung tragen.

Diese drei Spannungsanteile überlagern sich nun den vorhandenen Eigenspannungen der Schiene. In Abb. 7 ist das Ergebnis dieser Überlagerung für die Sommerverhältnisse, in Abb. 8 das für die Winterverhältnisse dargestellt. Für die Temperatur-, Einzwäng- und Betriebsspannungen wurden die oben angegebenen Größtwerte benutzt. Für die Eigenspannungen wurde das in Abb. 2, Taf. 24 aufgetragene Messungsergebnis einer gewöhnlichen, stehend gerichteten Schiene S 49 verwendet. Dieses entspricht, wie erinnerlich, nur mittleren Eigenspannungsverhältnissen. Die bei der Untersuchung der „stehenden Richtweise“ ermittelten, ungünstigsten Eigenspannungsverhältnisse sind lediglich mit ihrem Spitzenwert in der Schienenfußzone in Abb. 8 angegeben. Das anzustrebende Eigenspannungsminimum für diese Richtweise dürfte noch wesentlich unter dem verwendeten mittleren Spannungswert liegen. Auf Einzeichnung eines vorerst nur auf Schätzung beruhenden Wertes wurde verzichtet. Der beachtliche Einfluß der Eigenspannungen auf Größe und Verteilung der Gesamtspannungen ist klar ersichtlich.

Die beiden Summenkurven (Sommer und Winter) vermitteln nur ein überschlägliches Bild über die ungünstigen Spannungsverteilungen. Liegt z. B. die Schiene nur mit den

*) Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1936, S. 148.

Schienenfußkanten auf der Unterlegplatte, was gelegentlich vorkommt, so bringt diese fehlerhafte Auflagerung ganz erhebliche zusätzliche Querbeanspruchungen des Schienenfußes mit sich, die die Gesamtspannungen nicht unwesentlich beeinflussen. Diese Möglichkeit ist in die Abbildungen nicht übernommen. Es sind nur die direkt erzeugten Längsspan-

Die rein statische Betrachtungsweise ist jedoch ungenügend. Es ist notwendig zu beachten, daß die Temperatur-, Einzwäng- und Eigenspannungen dauernd wirken oder sich in der Gesamtheit nur langsam ändern, während die Betriebsspannungen im allgemeinen eine stets sehr kurz und heftig wirkende Beanspruchung darstellen, die sich oft wiederholt.

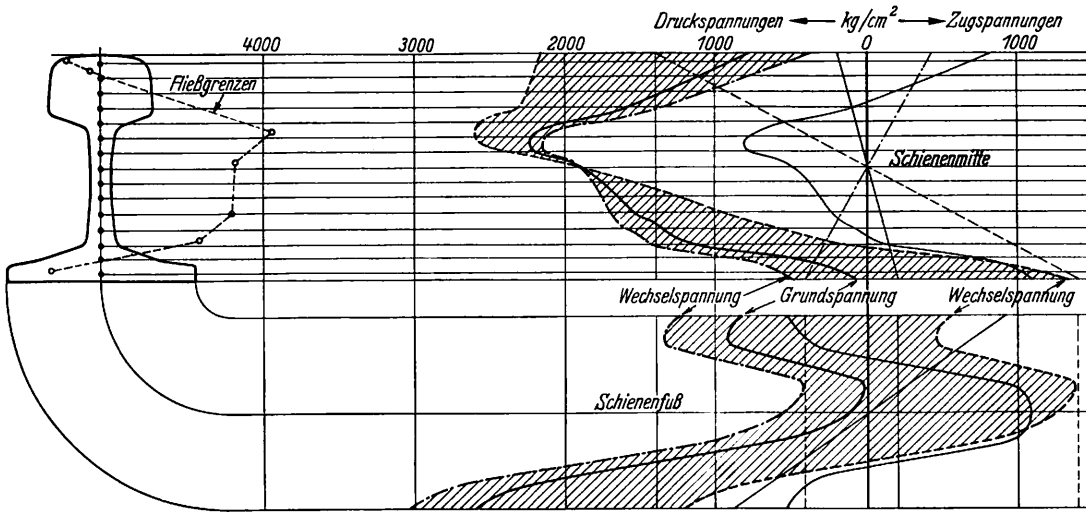


Abb. 7. Beanspruchung der Eisenbahnschiene im Sommer.

nungen angegeben. Die Wichtigkeit der Querbeanspruchung wurde in der Literatur schon betont*). In Abb. 7 und 8 sind den Spannungskurven noch die Kurve der Fließgrenze des Schienenwerkstoffs gegenübergestellt. Rein statische Betrachtungen über die Schienenbeanspruchung zielen darauf ab, die gegenseitige Lage der beiden Kurven zu untersuchen und die an den verschiedenen Querschnittspunkten noch zur Verfügung stehende Sicherheitsspanne zu ermitteln. Ein gewisses Maß an Zurückhaltung und Vorsicht ist hier jedoch erforderlich, da bekanntlich die Fließgrenze stets an Probe-

die Randfaser des Werkstückes auf Druck beansprucht, so erfährt die Dauerfestigkeit gegenüber gleichen, aber unvorbelasteten Verhältnissen eine Steigerung. Die Steigerung wächst mit der Größe der Vorbelastung und kann sehr wesentlich werden. Liegt umgekehrt Zugbeanspruchung an der Randfaser vor, so wird der Wert der Dauerfestigkeit erniedrigt. Für das Maß der Erniedrigung gilt dasselbe.

Die Haltbarkeit der Eisenbahnschiene als eine Frage der Dauerfestigkeit hinzustellen, allein infolge der wechselnden Betriebsbeanspruchung, ist nicht angängig. Die Summe der vorhandenen konstanten Spannungen, also die Vorbelastung, kann so bedeutend sein, daß sie einen bestimmten Einfluß ausübt.

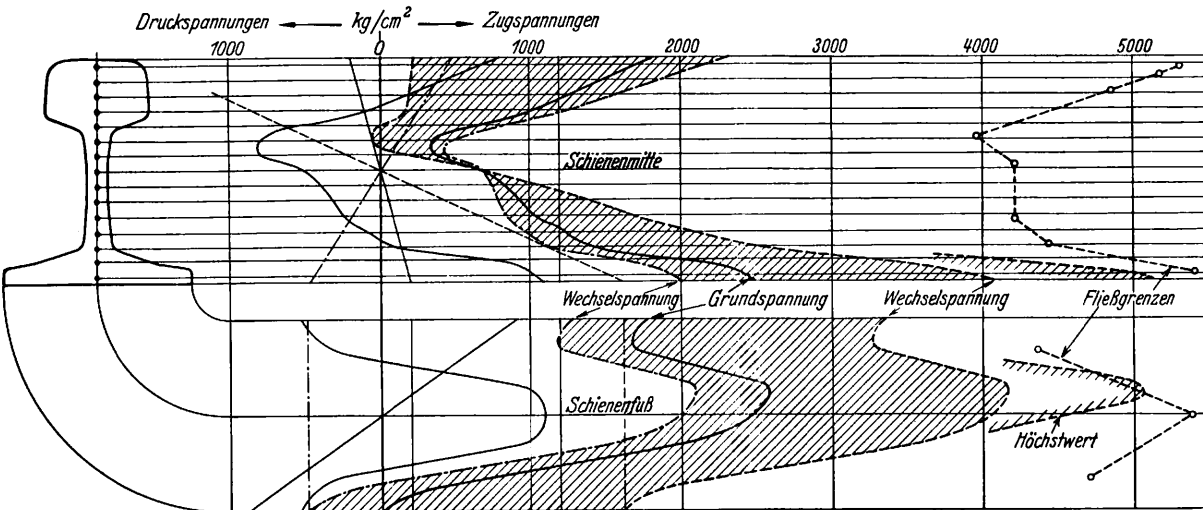


Abb. 8. Beanspruchung der Eisenbahnschiene im Winter.

stäben festgestellt wurde, während die Spannungen am geschlossenen Gesamtkörper wirken. Infolge der Querschnittsverbundenheit können im geschlossenen Körper örtliche Spannungsspitzen, die etwa über der am Probestab ermittelten Fließgrenze liegen, noch sicher und ohne Veränderung des Anfangszustandes aufgenommen werden. Die an manchen Stellen knappen Verhältnisse sind zwar auffallend, sie brauchen jedoch im Hinblick auf die angegebenen Gründe nicht zu erschrecken.

Die Eigenspannungen einer normalen, stehend gerichteten S 49-Schiene z. B. liefern im Winter in der Mitte der Schienenfußunterfläche gemeinsam mit den herrschenden Temperaturspannungen eine ganz erhebliche Zugvorspannung (Abb. 8). Zur Erhöhung der Dauerfestigkeit wäre es daher erwünscht, diese Zugvorspannung zu beseitigen oder zum mindesten zu verkleinern. Ein Tieferlegen der neutralen Temperatur (diejenige Schientemperatur, bei der keine Temperaturspannungen vorhanden sind), und damit ein Herabsetzen der Temperaturspannungen im Winter läßt sich

Die Eigenspannungen, die doch einen wesentlichen Anteil der Vorbelastung darstellen, sind für die Dauerfestigkeit der Schiene also dann von Nachteil, wenn sie als Zugspannung in den Randzonen des Schienenquerschnittes, im besonderen des Schienenfußes, auftreten.

*) Org. Fortsch. Eisenbahnwes. 1930, S. 325.

nur unter gewissen Umständen durchführen (sichere Beseitigung der Verwerfungsgefahr im Sommer). Viel läßt sich damit nicht erreichen. Mit einer Senkung der neutralen Temperatur um 15° dürfte die Änderungsmöglichkeit der Eigenspannungen erschöpft sein. 15° entsprechen rund 360 kg/cm^2 . Ein Blick auf Abb. 8 zeigt die verhältnismäßig geringe Wirkung dieser Maßnahme.

Eine Minderung der Zugvorspannungen im Schienenfuß auf dem Weg über die Eigenspannungen scheint mehr Aussicht auf Erfolg zu haben. Da eine Senkung der Richtspannungen auf keine wesentlichen Schwierigkeiten stößt, sollte in Zukunft das Minimum der Eigenspannungen auf alle Fälle gefordert werden. 2000 kg/cm^2 Zugspannung am Schienenfuß war der Höchstwert unserer Eigenspannungsuntersuchungen (Abb. 3, Taf. 24). Es müßte möglich sein, bei Beibehaltung der „stehenden Richtweise“, den zulässigen Höchstwert auf rund 500 kg/cm^2 festzulegen. Eine Minderung der Zugvorbelastung um 1500 kg/cm^2 ist zweifellos für die Dauerfestigkeit der Schiene von Bedeutung. Die Durchführung entsprechender Versuche ist wünschenswert. Bei einer liegend gerichteten Schiene mit Eigenspannungsverhältnissen entsprechend Abb. 4, Taf. 24 liegt die gefährliche Zone in der Außenkante des Schienenfußes. Inwieweit sich hier Veränderungen der Eigenspannungen erzielen lassen, ist schon angegeben worden.

In diesem Zusammenhang sei auf einen Gedanken hingewiesen, der in der Literatur des öfteren bei Betrachtung der Dauerfestigkeit verschiedener Werkstückkörper geäußert wurde, nämlich die Eigenspannungen künstlich so zu gestalten, daß die gefährliche Randzone mit Druck vorgespannt ist. Für die Eisenbahnschienen würde dies bei der „stehenden Richtweise“ auf Grund unserer derzeitigen Erkenntnisse sehr verwinkelte Richtmaschinen erfordern, bei denen die Rollen innen in der Laschenkammer angreifen. Vielleicht führt die „liegende Richtweise“ leichter zu diesem Ziel, besonders in Verbindung mit einer geschickten Vorbiegung der Schiene. Der Gedanke ist sicher wert, genauer verfolgt zu werden.

Was die Eigenspannungen der Sonderschienen betrifft, so wäre die Maxhütteschiene trotz der hohen Zugspannungen im Innern der Schiene als nicht ungünstig zu bezeichnen, da die Randzonen des Schienenfußes vorwiegend Druck aufweisen.

Ein Urteil über die Bedeutung von Größe und Verteilung der Eigenspannungen im Innern des Schienenkörpers kann nur im Zusammenhang mit den Werkstoffeigenschaften gefällt werden. Es sei hier nur an die bei hochgekohten Schienen bekannte Neigung zu Nierenbrüchen erinnert. Allgemein kann man wohl sagen, daß hohe Spannungswerte und außergewöhnlich schroffe Änderungen im Innern des Schienenkörpers bei starker Schlagbeanspruchung die Bruchbildung fördern.

Schlußwort.

Die Durchführung der beschriebenen Versuche hat es ermöglicht, in das bis jetzt noch mehr oder weniger unbekannt

Gebiet der Eigenspannungen in Eisenbahnschienen einige Klarheit zu bringen. Es ist angegeben, mit welchen Größenordnungen wir bei den Eigenspannungen rechnen müssen, wie sie sich über den Querschnitt verteilen: es ist versucht worden, den Richtvorgang zu erklären. Besondere Beachtung verdienen die Tatsachen, daß bei den normalen Schienen die endgültigen und bleibenden Eigenspannungen in den meisten Fällen fast ausschließlich auf den Richtprozeß zurückzuführen sind und daß die Eigenspannungen bei den Schienen der einzelnen Werke je nach der dort verwendeten Richtmaschine sehr große Unterschiede aufweisen (σ_{\max} schwankt von 500 bis 2000 kg/cm^2). Die empfohlenen Maßnahmen zur Minderung der Eigenspannungen scheinen in Anbetracht deren Bedeutung im Rahmen der Gesamtspannungen der Schiene wichtig genug, besonders hervorgehoben zu werden. Eine eingehende Untersuchung der liegenden Richtweise ist zur weiteren Klärung der gesamten Frage noch sehr wünschenswert. Wege sind angegeben. Vielleicht gelangt man dann zu einem Urteil, welcher Richtweise der Vorzug zu geben ist, der liegenden oder der stehenden. Des weiteren empfiehlt es sich sehr, Versuche durchzuführen zur Belegung und Stützung der theoretischen Anschauungen über den Einfluß der Eigenspannungen auf die Haltbarkeit der Schienen. Die Gegenwart verlangt zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit mehr denn je die gründliche Kenntnis der Werkstoffeigenschaften. Auch die Eigenspannungen der Eisenbahnschienen und ihr Einfluß auf deren Haltbarkeit stellen eine Frage von beachtlicher wirtschaftlicher Bedeutung dar, die für die Eisenbahnverwaltungen und die Stahlindustrie in gleichem Maße wichtig ist.

Zum Schluß sei vor allem Herrn Direktor Peter Schmitt von der Gutehoffnungshütte Oberhausen (Rhld.) dafür gedankt, daß er sich bereit erklärt hat, die umfangreichen Arbeiten in der Versuchsanstalt des Werkes durchführen zu lassen und die erheblichen Kosten für diese Arbeiten zu übernehmen. Auch den übrigen Werken, an die der Verfasser herangetreten ist (Krupp, Max-Hütte, Klöckner, Bochumer Verein, Röchling, Hoesch) und die alle bereitwillig an der Erforschung der Frage der Schieneneigenspannungen durch Lieferung von Werkstoff und Ermöglichen von Nebenversuchen mitgeholfen haben, sei an dieser Stelle der Dank ausgesprochen.

Ein großes Verdienst an der Erstellung dieser Arbeit hat sich die Versuchsanstalt der GHH in Oberhausen erworben, an der Spitze ihr Leiter, Herr Dipl.-Ing. Hubert Hauttmann. Mit ihm hat der Verfasser aufs Engste zusammengearbeitet. Für seine zahlreichen überaus wertvollen Ratschläge und Anregungen sei ihm auch an dieser Stelle besonders gedankt. Zu besonderem Dank fühlt sich der Verfasser ferner verpflichtet gegenüber Herrn Ingenieur Anton Schrott vom RZA München für die sehr gewandte und gewissenhafte Durchführung der Versuche.

Rundschau.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Neue Bestimmungen und Bauregeln für geschweißte, vollwandige Eisenbahnbrücken.

Die in den letzten Jahren gemachten Fortschritte in der Schweißtechnik machten die Neubearbeitung der Vorschriften für geschweißte Brücken notwendig. Zur Untersuchung der Dauerfestigkeit von Schweißverbindungen bei wechselnden Spannungen sind von einem Kuratorium unter dem Vorsitz von R. D. Schaper in den Jahren 1931 bis 1934 umfangreiche Versuche durchgeführt worden. Auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse hat im Juni 1935 ein Arbeitsausschuß als vordringlichste Arbeit zunächst die Vorschriften für geschweißte vollwandige Eisenbahnbrücken behandelt. Wie bei genieteten Eisenbahnbrücken wird bei der Berechnung

von Bauteilen mit schwellender oder wechselnder Belastung das γ -Verfahren angewendet (siehe B E). Für Stahl 37 liegen die γ -Werte für genietete Brücken nur wenig unter denen für geschweißte Brücken. Dagegen sind bei geschweißten Vollwandträgern aus Stahl 52 für Brücken mit starkem und schwachem Verkehr verschiedene γ -Werte vorgesehen. Ein weiterer Abschnitt der Vorschriften befaßt sich mit den zulässigen Spannungen. Je nach der Art der Bauteile und Nähte sind die zulässigen Spannungen mit sogenannten a -Werten zu multiplizieren. Besonders bemerkenswert ist hier, daß nun im Zuggurt ein Stumpfstoß ohne jede Laschendeckung erlaubt ist. Dasselbe gilt auch für einen Stumpfstoß im Druckgurt. Solche Bauteile müssen natürlich besondere Bedingungen erfüllen. Auch für die übrigen Bauteile

wie z. B. Verbindung des Stegblechs mit den Gurtungen sind die α -Werte festgesetzt. Wegen der einschneidenden neuen Erkenntnisse wurden die Berechnungsgrundlagen schon vor Fertigstellung des endgültigen Entwurfs bei der Reichsbahn eingeführt. Die Vorschriften sind am 20. November 1935 erschienen, nachdem sie am 6. und 7. August 1935 von einem Ausschuß abschließend durchberaten worden waren. Lr.

Schienenschweißung in Schweden.

Das Abschneiden alter Schienen und elektrische Stumpfschweißung zur Erzielung größerer Schienenlängen wird in zwei schwedischen Schweißanlagen (Hallsberg und Ämål) durchgeführt. Die Thermitschweißung auf freier Strecke geht daneben weiter. Von einer früher zusammengeschweißten 500 m langen Strecke liegen gute Erfahrungsberichte vor. Im vergangenen Herbst wurden neuerdings 4×250 m zusammengeschweißte und man will, sobald im Sommer eine Temperatur von $+15^\circ$ eintritt, auch noch die Zwischenstöße schweißen, so daß eine zusammenhängende geschweißte Strecke von 1000 m entsteht. Der Längenausdehnung der Schiene durch Wärme soll durch eine kräftige Befestigung der Schienen auf den Schwellen (mittels Schwellenschrauben) entgegengewirkt werden, ferner durch Wahl einer verhältnismäßig hohen Temperatur für das Zusammenschweißen der spannungslosen Schienen, wodurch in den Schienen überwiegend Zugspannungen auftreten sollen. Außerdem wird der Bettungsstoff bis über den Schienenfuß und auf der Außenseite bis zum Schienenkopf aufgehäuft, um die Wärme abzuleiten und die Temperaturerhöhung zu vermindern.

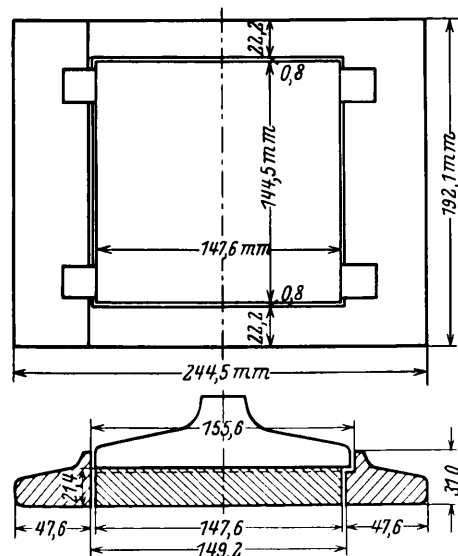
Zur Wirkung der Verfüllung liegen übrigens jetzt Beobachtungen vor, die A. Schrott in Heft 2 von Gleistechnik und Fahrbahnbau 1936 veröffentlicht hat: „Ein Beitrag zur Frage der Gleiseinschotterung“. Danach ist diese einseitige Beschotterung zur Abhaltung der Wärme eine zweischneidige Sache. Sie wirkt nur so lange günstig, als die beschotterte Seite die Sonnenseite ist. Wird aber die unbeschotterte Seite zur Sonnenseite, dann wirkt die Einschotterung besonders ungünstig, weil dann die von der Sonne abgewendete Schienenseite keine Gelegenheit mehr hat, ihre überschüssige Wärme an die vorbeistreichende, kühlere Luft abzugeben. Die Wärmeübergangszahl an Luft ist günstiger als die an Schotter. Dr. S.

Kautschuk-Unterlagplatten auf amerikanischen Bahnen.

Um Erschütterungen, Abnutzung der Schwellen, den Lärm unter den Zügen zu vermindern, hat die B. F. Goodrich Company, Akron (Ohio), Kautschuk-Unterlagplatten hergestellt. Die von der Schiene herrührende Last wird durch eine Kautschukplatte

aufgenommen, während die Eisenplatte die Spur hält und der Kautschukplatte als Gehäuse dient.

Die Eisenplatte ist die bekannte Osborn-Unterlagplatte mit doppelter Rippe und vier Löchern; sie hat aber zwischen den Rippen eine große, rechteckige Öffnung, die die Kautschukplatte aufnimmt. Die Stärke der Kautschukplatte ist 1,6 mm größer als die Tiefe der Öffnung in der Unterlagplatte. Die Platte wird also nur in Anspruch genommen, wenn die Belastung zu groß wird. Mit ihren Rippen fängt sie Seitenstöße der Schiene auf. Die Öffnung in der Unterlagplatte ist um 1,6 mm länger als die Kautschukplatte, so daß sich diese etwas ausdehnen kann, bis sie den Hohlraum füllt.



Die Abbildung zeigt eine Osbornplatte für Schienen mit 59,4 kg/m Gewicht. Die Tragfläche der Kautschukplatte ist 209,8 cm². Bei einer Reibungsziffer von etwa 0,6 besteht also keine Wahrscheinlichkeit für das Gleiten der Schiene in der Längsrichtung wie bei Seitenstößen.

Solche Platten sind auf den stark befahrenen Chicago Rapid Transit Linien seit 1931 in Verwendung; sie sollen noch wie neu wirken. Neuerdings sind ebensolche Platten unter Hauptstrecken der Pennsylvaniabahn westlich Altoona eingelegt worden. Dr. S.

Zuschrift.

Auf die Zuschrift von Dr. Ing. Tross im Heft 7 des „Org. Fortsch. Eisenbahnwes.“ vom 1. April 1936 erhalten wir folgende Erwiderung. Wir halten die Angelegenheit damit für genügend geklärt und beschließen damit den Meinungsaustrausch.

Die Schriftleitung.

Die Zuschrift von Dr. Ing. Tross stellt eine Kritik meiner im „Org. Fortsch. Eisenbahnwes.“ vom 1. Mai 1935 veröffentlichten Arbeit über die Ursachen der Erkaltungsundichtigkeit von Stehbolzen dar. Beim Leser, der meine Veröffentlichung nur noch schwach in Erinnerung hat, könnte der Eindruck entstehen, als ob bei der Anordnung und Auswertung meiner Versuche Wesentliches übersehen worden sei. Die Zuschrift läßt vor allem jeglichen Hinweis auf Ergebnisse exakter Gegenversuche vermissen. Ferner werden aus meinen vielen hunderten Meßergebnissen ein Dutzend Zahlen willkürlich herausgegriffen und mit ihnen völlig unbegründete und irreführende Auswertungen vorgenommen.

Meine Laboratoriumsversuche führten bekanntlich zu folgenden neuen Erkenntnissen:

1. Beim Anheizen der Lokomotive erleidet in der Regel nicht nur der Stehbolzen, sondern auch die Lochleibung eine bleibende Formänderung, wobei die Änderung der Passung, unabhängig von der relativen Härte der beteiligten Werkstoffe, ebenso im positiven wie auch im negativen Sinne verlaufen kann. Der Charakter der Änderung hängt hierbei vornehmlich von dem Verhältnis der Wärmedehnungszahlen von Bolzen und Blech ab.

2. Eine Neigung zur Lockerung des Bolzens besteht, wenn die Wärmedehnungszahl des Bolzenwerkstoffes größer ist als die des Bleches. Eine Verringerung des Spiels erfolgt, wenn die Wärmedehnungszahl des Bolzens kleiner ist als die des Bleches.

Die vorstehenden gesetzmäßigen Beziehungen müssen so lange als gültig betrachtet werden, bis sie nicht durch Gegenversuche, die auf exakten Messungen beruhen, widerlegt sind. Argumente allein reichen für eine Widerlegung nicht aus.

Dipl.-Ing. H. Blomberg.

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.