

Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit des maschinellen Gleisumbaus.

Von Dr. Ing. Jos. Heinr. Müller, Reichsbahnrat, Vorstand des Reichsbahnbetriebsamts 1 Elberfeld.

Erster Teil: Allgemeiner Überblick.

Seit einigen Jahren ist man bestrebt, maschinelles Großgerät auch beim Gleisumbau im Betriebe befindlicher Strecken anzuwenden mit dem Ziel, die Arbeit zu verbilligen und zu beschleunigen. Diese Bestrebungen sind aus dem Versuchsstadium noch nicht herausgetreten. Mehr als allgemeine Beschreibungen mit einzelnen Angaben über Aufwand und Leistung sind in Büchern und Zeitschriften noch nicht zu finden; jedenfalls fehlen ausführliche Wirtschaftlichkeitsberechnungen von abgeschlossenen, mit den verschiedenen Umbauverfahren durchgeführten Arbeiten. Solche Unterlagen sind aber notwendig, will man allmählich zu einem Urteil über Wert und Unwert der vorgeschlagenen Verfahren kommen. Im folgenden ist der Versuch gemacht, eine derartige Arbeit einer genaueren Untersuchung zu unterziehen.

Eine kritische Beurteilung wird sich in zwei Richtungen bewegen müssen:

1. Werden nennenswerte Ersparnisse erzielt?
2. Werden die störenden Einwirkungen des Umbaus auf den Betrieb vermindert?

Jede dieser Wirkungen für sich kann im Einzelfalle entscheidend für die Wahl des einen oder anderen Verfahrens sein. Aber nur diejenigen maschinellen Hilfsmittel werden Anspruch auf allgemeine Einführung erheben können, die vielseitig genug anwendbar sind, um dauernd wirtschaftlichen Vorteil und Erleichterung für den Betrieb bieten zu können.

Wesensmerkmal für die maschinelle Arbeitsweise ist die Leistungssteigerung. Eine solche Leistungssteigerung wird beim Gleisumbau auf Betriebsstrecken in den meisten Fällen gleichbedeutend sein mit stärkerer Beeinträchtigung des Betriebes durch den Umbau. Die beiden Forderungen: Ersparnis und Betriebserleichterung scheinen demnach sich gegenseitig auszuschließen. Aber doch nur scheinbar. Es ist das Verdienst des Vizepräsidenten Niemann, neuerdings nachdrücklich darauf hingewiesen zu haben, daß auch ein vorübergehend scharfer Eingriff in den Betrieb letzten Endes dem Betrieb zum Vorteil gereichen kann, wenn es dadurch gelingt, den Umbau rascher und besser durchzuführen (vgl. V.W. 1927, Heft 8, Seite 85—88). Ein Umbau im Großbetrieb kann nicht durchgeführt werden, wenn nicht der Betrieb ein verständnisvolles Entgegenkommen beweist. Nur hierdurch eröffnet sich dem Bau überhaupt erst die Möglichkeit, Großgeräte beim Gleisumbau anzuwenden, und damit die Möglichkeit, schneller, billiger und besser zu bauen.

Im Frühjahr 1927 sind im Bezirk der Reichsbahndirektion Elberfeld, Betriebsamt 1 Elberfeld Umbauarbeiten mit maschinellen Hilfsmitteln durchgeführt worden, die sowohl bezüglich des finanziellen Ergebnisses, als auch bezüglich der Auswirkung auf den Betrieb bemerkenswert sein dürften.

Für den Umbau standen zur Verfügung:

- 1 Kran zum Aus- und Einbau der Gleisjoche,
- 1 Egge zum Aufreißen der Bettung,
- 1 Motorwalze zum Festwalzen von Planum und Bettung,
- 15 Kleinschlagentladewagen mit 20t Fassungsvermögen.

Es ist dabei Gelegenheit genommen worden, durch eingehende Aufschreibungen über Aufwand und Leistung die Unterlagen zu gewinnen, die für eine abwägende Betrachtung

über den Wert der angewandten Umbauweise nötig sind. Mangels hinreichender Unterlagen über Ergebnisse anderer maschineller Umbauarten ist ein unmittelbarer Vergleich noch nicht möglich. Der Versuch einer Beurteilung des angewandten Verfahrens muß sich deshalb darauf beschränken, die Ergebnisse der Berechnung mit Erfahrungswerten der bisherigen Umbauweise von Hand zu vergleichen. Es bietet sich auch Gelegenheit, Unzweckmäßigkeiten und Fehler zu erkennen, und die Wege zu ihrer künftigen Vermeidung zu zeigen. Vergleichsberechnungen geben einen Anhalt dafür, wo die Hauptvorteile der einzelnen maschinellen Hilfsmittel zu suchen sind.

Vielleicht wirken die Mitteilungen anregend, so daß auch über andere Umbauweisen mit Großgeräten entsprechende Werte bekanntgegeben werden, um dann einen unmittelbaren Vergleich zu ermöglichen.

Betriebliche Grundlagen des Umbauplanes.

Der Jahresplan 1927 der Reichsbahndirektion Elberfeld brachte für die Strecke $\frac{\text{Hamm}}{\text{Soest}} - \text{Hagen} - \text{Elberfeld} - \frac{\text{Düsseldorf}}{\text{Köln}}$

eine größere Anzahl Umbaustellen. Für den gesamten Umbauplan hatte der Betrieb deshalb die Forderung gestellt, daß im Zuge dieser Schnellzugstrecke in jedem Gleis nur eine bestimmte Anzahl Langsamfahrstellen gleichzeitig vorhanden sein dürfe, die während der Hauptreisezeit Juni bis August noch besonders beschränkt werden mußte. Die Durchführung des umfangreichen Bauprogrammes und die Erfüllung dieser Forderung des Betriebes wären unvereinbar gewesen, wenn für den Gleisumbau auf allen Umbaustellen die bei gewöhnlicher Umbauweise erforderliche Zeit benötigt worden wäre. Man entschloß sich deshalb, möglichst solche Umbauweisen anzuwenden, die beschleunigend wirken konnten. Eine Gelegenheit hierzu war im Wuppertal gegeben, wo die viergleisige Strecke besonders leicht die Möglichkeit bot, Betriebspausen zu schaffen, die eine Verwendung maschineller Hilfsmittel gestattete. Das war um so mehr geboten, weil hier mit umfangreicher Bettungserneuerung zu rechnen war, die bei gewöhnlicher Umbauweise die Arbeiten besonders langwierig gemacht hätte. Man entschloß sich also, die im Bezirk der Reichsbahndirektion Elberfeld bereits erprobte Umbauweise mit Kran durchzuführen (vgl. Reichsbahnoberrat Bach „Gleisumlegung mit maschinellen Hilfsmitteln“, Organ 1927, Heft 4, Seite 57—68).

Umzubauen war das Hauptgleis I von Barmen-Rittershausen bis Vohwinkel (vergl. Textabbildung). Die genaue Durcharbeitung des Betriebsplanes der viergleisigen Strecke für die Umbauzeit ließ bald erkennen, daß nicht nur längere zusammenhängende Pausen zur Verfügung gestellt werden konnten, sondern daß es bei Anwendung gewisser betrieblicher Maßnahmen auch möglich war, das umzubauende Gleis vollständig zu sperren und auch im Nachbargleis — Hauptgleis II — die für den Bauzugbetrieb erforderlichen Zugpausen zu schaffen. Nachdem so die betriebliche Grundlage für eine Arbeitsmöglichkeit mit Großgerät gegeben war, wurde weiter beschlossen, außer einer gründlichen Bettungserneuerung auch eine durchgreifende Ausbesserung des Unterbaus durchzuführen und einzelne im Zuge der Strecke liegende undichte

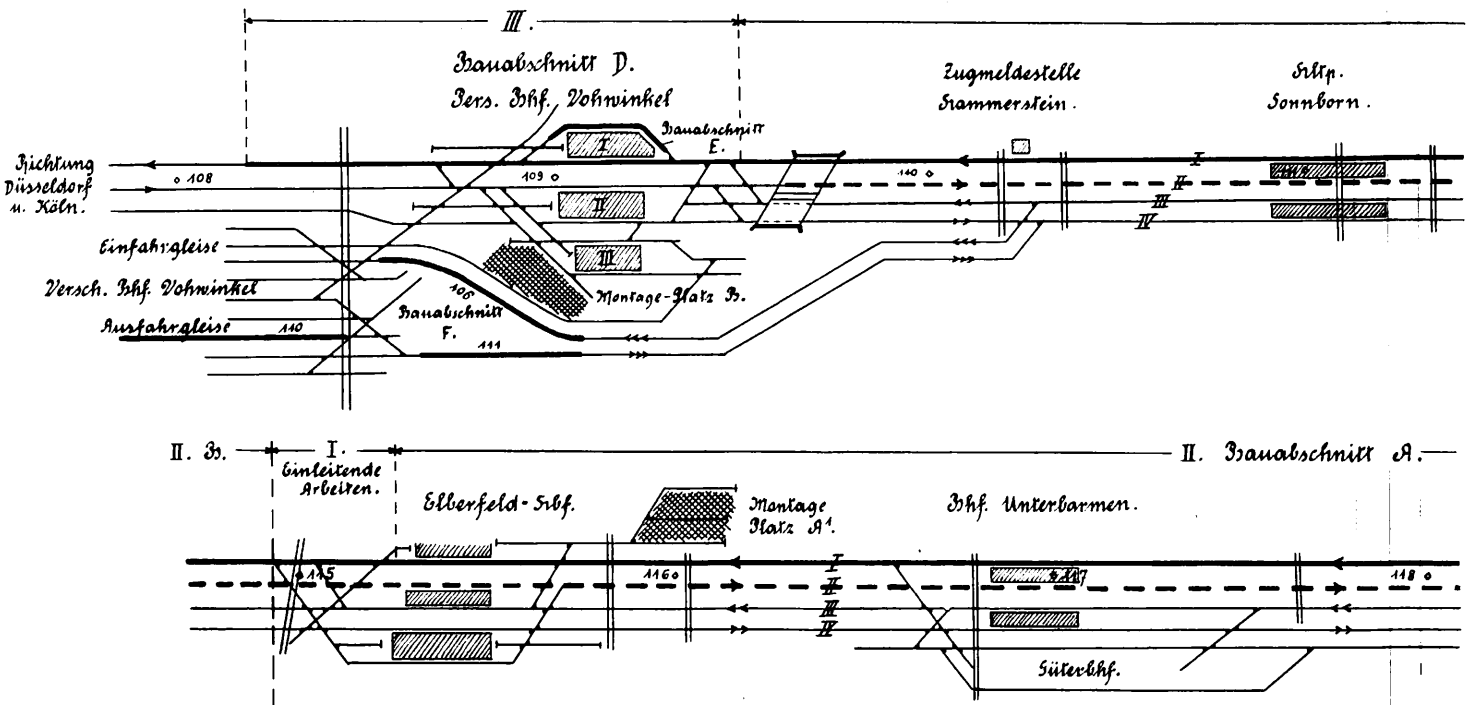
Bauwerke in Ordnung zu bringen. Hier liegt also ein treffendes Beispiel dafür vor, wie gegenseitiges Entgegenkommen zwischen Betrieb und Bau fördernd wirken kann; und der Erfolg der Arbeit zeigt, daß beide nur Vorteile, und zwar wesentliche Vorteile davon gehabt haben.

Betriebstechnisch ist für die Beurteilung der Sachlage folgendes zu wissen nötig:

Die viergleisige Strecke durchzieht das dichtbebaute Wuppertal von Barmen-Rittershausen bis Vohwinkel. Es herrscht Linienbetrieb. Das Gleispaar I/II dient im wesentlichen dem Schnell- und Eilzugverkehr, Gleis III und IV dem Personen- und Güterzugverkehr. Im Winterfahrplan 1926/27 lagen auf den vier Gleisen 210 Zugfahrten; im Sommerfahrplan 1927 war mit 253 Zugfahrten zu rechnen. Die Außerbetriebsetzung des Umbaugleises war nur möglich, wenn sichergestellt war, daß zum Fahrplanwechsel am 15. Mai die 10,78 km lange Strecke zwischen Rittershausen und Vohwinkel mit ihren vier Gleisen wieder voll betriebsfähig war. Dazwischen mußten

nur in einem Falle mußte bei einem Zuge von untergeordneter Bedeutung auf neun Minuten gegangen werden. Die Fahrgäste haben von der Maßnahme so gut wie nichts gemerkt.

Gegen Verspätungen von außerhalb war dieser gespannte Umbaufahrplan naturgemäß außerordentlich empfindlich. Die Anfangsbahnhöfe der jeweiligen Umbaustrecke (Rittershausen, Elberfeld Hbf. und Vohwinkel) hatten die Aufgabe, die Züge richtig einzufädeln, eine Aufgabe, die hohe Anforderungen an die Umsicht der Fahrdienstleiter dieser Bahnhöfe stellte. Die ursprüngliche Absicht, diese Stellen durch eine Oberaufsicht zu verstärken, hat sich als unnötig erwiesen; dem Fahrdienstleiter wurde lediglich eine Hilfskraft zur Durchführung der Ferngespräche beigegeben, die zur ständigen und rechtzeitigen Erkundung des Zuglaufs in erhöhter Zahl nötig wurden. Diese Hilfskraft hatte auch die Aufgabe, genaue Nachweisungen über die einzelnen Verspätungen und ihre Begründung zu führen. Auf das Ergebnis wird später noch besonders eingegangen werden.



auch während des Osterverkehrs alle vier Gleise ohne Langsamfahrstellen dem Betrieb überlassen werden. Weiter war die Bedingung gestellt, daß der Umbau der 12,8 km langen Gesamtstrecke bis zum Einsetzen des eigentlichen Sommerverkehrs, und zwar bis 31. Mai (vor Pfingsten) vollendet sein müsse.

Maschinell umgebaut wurde nur in den beiden Bauabschnitten A und B der viergleisigen Strecke (vgl. Lageplan). Das umzubauende Gleis I wurde vollständig außer Betrieb gesetzt; das Gegengleis II wurde vormittags 4½ Stunden und nachmittags 2½ Stunden gesperrt. Der Betriebsplan war so aufgestellt, daß grundsätzlich nicht „auf falschem Gleis“ gefahren zu werden brauchte: die verlegten Züge benutzten richtungsrecht die Gleise III und IV. Die Zusammenlegung auf drei, zeitweise sogar auf nur zwei Gleise wurde dadurch möglich gemacht, daß Züge, die sich behinderten, unter Berücksichtigung ihrer Rangordnung planmäßig später gelegt wurden. So wurde erreicht, daß im öffentlichen Fahrplan nichts geändert zu werden brauchte; lediglich über geänderte Bahnsteigbenutzung wurden an den Aushängen Deckblätter vorübergehend vorgeheftet. Die planmäßige Späterlegung bewegte sich im allgemeinen zwischen zwei und fünf Minuten;

Betriebserschwerend wirkte der Umstand, daß fast alle für die Aufstellung der Bauzüge verfügbaren Nebengleise nur durch Kreuzung der stark besetzten Hauptgleise III und IV zu erreichen waren. Bei dem großen Umfang des Bauzugbetriebes spielte dieser Umstand eine wesentliche Rolle für die Durchführung der Arbeiten und stellte auch an die Zwischenbahnhöfe Elberfeld-Steinbeck, Barmen Hbf. und Unterbarmen große Anforderungen.

Besonderer Nachdruck wurde auf die beschleunigte Abfertigung der Züge an den Bahnsteigen gelegt. Aufsichtsbeamte, Pförtner und Zugbegleitbedienstete waren entsprechend angewiesen. Auch für Expresgut und Post waren besondere Anordnungen zur Beschleunigung des Aus- und Einladens gegeben worden. Die schnelle Abfertigung der Züge wurde scharf überwacht.

Dieser Umbaubetrieb hat sich im großen und ganzen glatt abgewickelt. Bedeutendere Störungen sind nicht aufgetreten. Näheres siehe später.

Kennzeichnung der ausgeführten Umbauarbeiten.

Über Art und Umfang, sowie über die Gruppierung der ausgeführten Arbeiten folgender kurzer Überblick:

Das Hauptgleis I wurde von Oberbauform 15^c in Reichsoberbau B 49 $\frac{B_v + 22 \varepsilon}{15}$ umgebaut und zwar von km 121,5—10

bis km 108,1—80, das sind nach Abzug einiger nicht mit umgebauten Weichen

12,80 km Hauptgleis.

Im Zusammenhang hiermit wurden durch sofortige Wiederverwendung der zum Teil noch gut erhaltenen altbrauchbaren Oberbaustoffe weitere

690 m Güterzugstreckengleis,

284 m Güterzugausfahrgleis des Verschiebbahnhofs.

402 m Bahnsteigüberholungsgleis Vohwinkel Personenbahnhof umgebaut,

zusammen also 14,176 km Gleis.

Die Arbeiten wurden nach folgender Einteilung mit verschiedenen Umbauweisen ausgeführt (siehe Textabb.).

I. Einleitende Arbeiten.

130 m Hauptgleis I am Westende des Hauptbahnhofs

D. Im Bahnhof Vohwinkel-P. von Weiche 75 bis Grenze km 108,1 + 80.

1050 m Hauptgleis I (ohne Weichen) ohne Bettungserneuerung: Ausbau mit Kran, Einbau mit Hand in Betriebspausen, zum Teil nachts.

IV. Nebenarbeiten.

E. Personenzugüberholungsgleis I^s am Bahnsteig I im Personenbahnhof Vohwinkel.

402 m Oberbau 15^c altbrauchbar mit Bettungserneuerung:

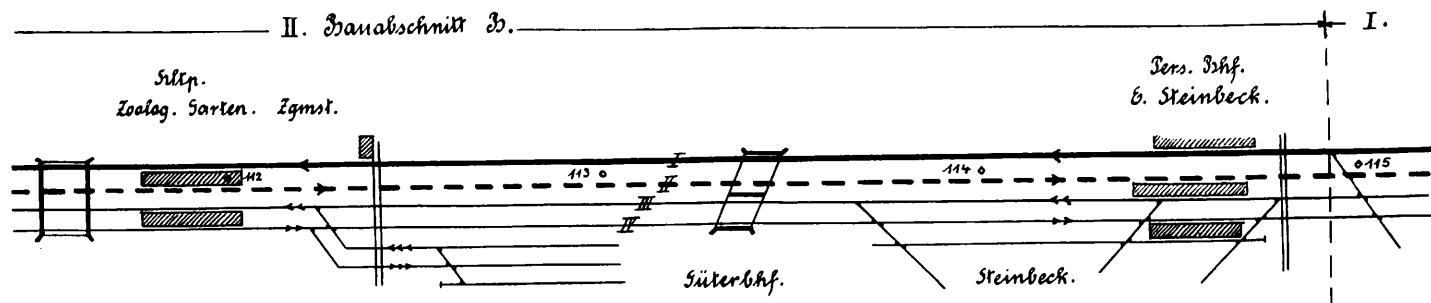
Aus- und Einbau mit Kran, ohne Füllkästen, Gleis außer Betrieb.

F. Güterzugstrecken- und Ausfahrgleise in Vohwinkel Verschiebbhf.

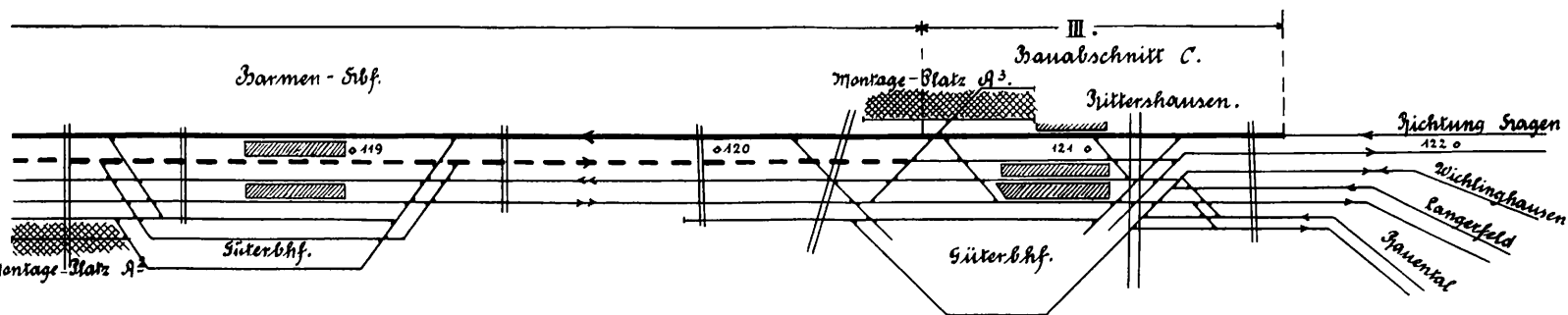
974 m Oberbauform 15^c altbrauchbar mit Bettungsauffrischung: Aus- und Einbau mit Kran, ohne Füllkastenverfahren, zum Teil Sonntagsarbeit.

Zur Veranschaulichung von Art und Umfang der Arbeiten im einzelnen kurz folgende Angaben:

II. Bauabschnitt B.



III. Bauabschnitt C.



Gleisplan.

Elberfeld zwischen Weiche 1 und 21 in Betriebspausen bei vollständiger Bettungserneuerung mit Hand eingebaut. Ausbau zum Teil mit dem Kran.

II. Hauptarbeiten.

A. Vom Bahnhof Rittershausen Westende Weiche 38 bis Elberfeld Hbf. Weiche 21.

5350 m Hauptgleis I nebst vier einfachen Weichen mit vollständiger Bettungserneuerung und umfangreicher Planumsausbesserung; das Gleis war außer Betrieb gesetzt, verwendet wurde der Kran zum Aus- und Einbau der Joche, ferner eine Egge, eine Motorwalze und 15 Trichterwagen.

B. Von Elberfeld Hbf. Westende Weiche 1 bis Bhf. Vohwinkel Ostende Weiche 82.

5430 m Hauptgleis I mit teilweiser Bettungserneuerung und Beseitigung einiger Schlammstellen, gleiche maschinelle Hilfsmittel wie bei A.

III. Restarbeiten.

C. Im Bahnhof Rittershausen von Weiche 38 bis Grenze km 121,5 + 10.

840 m Hauptgleis I ohne Bettungserneuerung; ohne maschinelle Hilfsmittel in Betriebspausen, zum Teil nachts.

1. Als besondere Arbeiterschwernis kam die Ausbesserung des Planums unter dem Hauptgleis I zwischen Rittershausen und Vohwinkel in Betracht, die sich hauptsächlich auf dem Bauabschnitt A: Rittershausen—Elberfeld erstreckte. Die Unterbaukrone lag an vielen Stellen zu hoch. Die stark verschlammte Packlageunterlage mußte vollständig entfernt werden. Zu hoch stehender Fels und alte Mauerreste wurden abgespitzt. Unterführungsbauwerke wurden ausgebessert und gedichtet. Schlammstellen wurden hinreichend tief ausgeschachtet, mit Schlackensand verfüllt und der Gleisentwässerung die vielfach fehlende Vorflut geschaffen.

2. Die Oberbaustoffe für Gleis I Bauabschnitt A bis C waren im wesentlichen auf den im Streckenplan (siehe Textabb.) schraffiert gekennzeichneten Plätzen gestapelt. Nur für etwa 600 m Gleis waren die Schwellen vor der Einfahrt Vohwinkel auf die Strecke verteilt; desgl. für Bauabschnitt D.

Die besterhaltenen Joche des ausgebauten altbrauchbaren Oberbaues aus Gleis I wurden unmittelbar bei den Nebenarbeiten IV E und F wieder verwandt.

3. Als Bettungsstoff diente bergische Grauwacke, die fast ausschließlich aus einem Bruch bei Küllenhahn in der näheren Umgebung von Elberfeld bezogen und mit Kleinschlagentladewagen angefahren wurde. Laufzeit der Wagen $1\frac{1}{2}$ Tage.

4. Die Arbeitskräfte setzen sich zusammen aus einem Grundstock von Stamarbeitern, die aus verschiedenen Bahnmeistereien zum Umbau zusammengezogen und dann durch frisch eingestellte Kräfte ergänzt worden waren. Die Stamarbeiter wurden hauptsächlich für die Facharbeiten verwendet (Krantrupp, Montagetrupp, Vermessungstrupp).

5. Die Bauaufsicht wurde durch die örtlichen Dienststellenvorsteher ausgeführt, während die Rottenführer mit dem Baufortschritt in die fremden Bahnmeisterbezirke mit übergangen.

6. Die Inangriffnahme und Befristung der Arbeiten erfolgte mit Beginn der Bauzeit 1927. Nach Erledigung der einleitenden Arbeiten I setzte die Hauptarbeit II A am 14. März 1927 ein, im Bahnhof Elberfeld beginnend. Für die Fertigstellung des Gleises I hatte der Betrieb die Bedingung gestellt, daß der Bauabschnitt A bis Gründonnerstag, den 14. April, also nach $4\frac{1}{2}$ Wochen erledigt und das Hauptgleis für den Osterverkehr bis Osterdienstag wieder voll betriebsfähig sein mußte. Der Umbauabschnitt B mußte bis zur Einführung des Sommerfahrplans am 15. Mai, die Abschnitte C und D bis zum Beginn des Sommerverkehrs bis 31. Mai (kurz vor Pfingsten) fertiggestellt sein.

Die Arbeiten wurden planmäßig durchgeführt.

Überblick über den Erfolg der Umbauarbeiten.

I. Wirtschaftliches Ergebnis.

In den folgenden Werten sind sämtliche auf den Umbaustellen durchgeführten Arbeiten bis zur endgültigen Fertigstellung des Gleises berücksichtigt. Die Werte enthalten den Aufwand für den Ausbau bis zur Verladung und für den Einbau ab Lagerplatz bis zum fertigen Gleis einschließlich aller Nebenarbeiten; ferner die Aufräumungsarbeiten und die Nacharbeiten nach der Inbetriebnahme.

Die in der Einleitung näher benannten 14.176 km Gleis wurden in $2\frac{1}{2}$ Monaten mit 65 Arbeitstagen umgebaut. Dies entspricht einer täglichen Durchschnittsleistung von 218 m fertiges Gleis in 1 Tag.

Hierunter befinden sich

8770 m mit vollständiger Bettungserneuerung
1630 m mit teilweiser Bettungserneuerung
3776 m ohne Bettungserneuerung.

Mit den 8770 m Bettungserneuerung ist auf rund 5000 m mehr oder minder durchgreifende Planumsausbesserung durchgeführt worden.

Von den 14176 m wurden

10800 m mit Kran aus- und eingebaut,
2506 m mit Kran nur ausgebaut und mit Hand eingebaut,
870 m mit Hand aus- und eingebaut.

Für die Gesamtarbeit wurden an den Baustellen aufgewandt:

1. Tagewerke und Löhne

161 Tagewerke zu 6,74 \mathcal{M}	=	1188,— \mathcal{M}
6408 Tagewerke zu 8,48 \mathcal{M}	=	54302,— \mathcal{M}
4615 Tagewerke zu 8,20 \mathcal{M}	=	37819,— \mathcal{M}
1510 Tagewerke zu 6,37 \mathcal{M}	=	9653,— \mathcal{M}
761 Tagewerke zu 6,27 \mathcal{M}	=	4761,— \mathcal{M}
13455 Tagewerke zu 8,00 \mathcal{M} i. D.	=	107633,— \mathcal{M}

Der Gedingeübereverdienst betrug im Durchschnitt 29 %.

2. Aufwand für maschinelle Hilfsmittel einschl. deren Bedienung.

1 Kran mit 63 Tagen zu je 54,30 \mathcal{M}	=	3420,— \mathcal{M}
1 Walze mit 50 Tagen zu je 16,00 \mathcal{M}	=	1213,— \mathcal{M}
1 Egge einschl. zugeh. SS-Wagen mit 50 Tagen zu 6,00 \mathcal{M}	=	300,— \mathcal{M}
Kleinschlagentladewagen: 670 Wagentage zu je 5,00 \mathcal{M}	=	3350,— \mathcal{M}
zusammen:	=	8283,— \mathcal{M}

Da mit diesen maschinellen Hilfsmitteln Tagewerke erspart werden sollen, ist ihr Aufwand in Tagewerken umgerechnet bei der Tagewerkswirtschaft mit zu berücksichtigen. Bei dem oben errechneten Durchschnittslohnsatz von 8,00 \mathcal{M} /Tgw. entspricht dieser Aufwand

1035 wirklichen Tagewerken.

3. Zusammenfassung.

Der Kostenaufwand für Löhne und maschinelle Hilfsmittel beträgt also im ganzen

$107633 \mathcal{M} + 8283 \mathcal{M} = 115916 \mathcal{M}$

das entspricht 14490 wirklichen Tagewerken zu 8,00 \mathcal{M} . In diesem Einheitspreis sind die Auswärtszulagen und der Gedingeübereverdienst mit enthalten. Da der wirtschaftliche Wert sowohl einer Arbeitsform als auch der Gedingearbeit in der Höhe der Ersparnis an Tagewerken liegt und ein Vergleich mit anderen Arbeitsformen sich nur durchführen läßt, wenn alle Ergebnisse auf eine gleichwertige Einheit zurückgeführt werden, ist dieser Gesamtkostenaufwand auf ein Normaltagewerk zu 6,62 \mathcal{M} als Vergleichseinheit zurückzuführen.

Die Gesamtkosten von 115916 \mathcal{M} entsprechen demnach 17510 Normaltagewerken.

Im Rahmen der üblichen Bewilligungssätze waren für die hier durchgeführten Arbeiten folgende Tagewerke vorgesehen:

für 8770 km Umbau mit Bettungserneuerung 1500 Tgw./km =	13165 Tgw.
für 5000 km Planumsausbesserung 250 Tgw./km =	1250 Tgw.
für 1630 km Umbau mit teilweiser Bettungserneuerung 1200 Tgw./km =	1956 Tgw.
für 3776 km Umbau ohne Bettungserneuerung 1000 Tgw./km =	3777 Tgw.
zusammen:	20148 Tgw.

Gegenüber diesem Voranschlag ist also eine Ersparnis erzielt worden von 5658 wirklichen Tagewerken oder von 2638 Normaltagewerken = 17464 \mathcal{M} Gesamtersparnis.

II. Betriebstechnisches Ergebnis.

In betriebstechnischer Hinsicht interessieren nur die beiden Hauptabschnitte A und B der Hauptarbeit, in denen 10,78 km Hauptgleis I zwischen den Bahnhöfen Rittershausen und Vohwinkel unter völliger Stilllegung des Umbaugleises und zeitweiser Außerbetriebsetzung des Gegengleises mit maschinellen Hilfsmitteln umgebaut wurden.

Das Hauptgleis I war außer Betrieb:

im Bauabschnitt A Rittershausen—Elberfeld vom 14. März bis 13. April (Mittwoch vor Ostern), also 30 Tage,
im Bauabschnitt B Elberfeld—Vohwinkel vom 19. April (Dienstag nach Ostern) bis 14. Mai, also 25 Tage.

Bei Einrechnung der Osterwoche sind also die Arbeiten innerhalb zwei Monaten durchgeführt worden. Arbeiten, die bei gewöhnlicher Ausführung unter Berücksichtigung der an Ostern, Pfingsten und beim Ferienbeginn und -schluß jeweils geforderten Arbeitsunterbrechung wahrscheinlich sechs

Monate in Anspruch genommen hätten. Die Arbeiten sind demnach

in dem dritten Teil der Zeit durchgeführt worden.

Namhafte Störungen im Betrieb sind nicht aufgetreten. Es hat sich ein bedauerlicher Unfall ereignet, indem ein Rottenführer durch eigene Unvorsichtigkeit vom Zuge erfaßt und getötet wurde. Die durch den Umbau verursachten Zugverspätungen sind genau beobachtet und festgestellt worden.

Danach sind Verspätungen entstanden beim Bauabschnitt II A

In Richtung Rittershausen—Elberfeld

bei 9,6% der Personenzüge . . . 2,2 Min./Zug i. D.

bei 9,7% der Eilgüterzüge . . . 22,0 Min./Zug i. D.

bei 15,2% der Güterzüge . . . 19,6 Min./Zug i. D.

Richtung Elberfeld—Rittershausen

bei 9,6% der Personenzüge . . . 2,1 Min./Zug i. D.

bei 10,1% der Eilgüterzüge . . . 4,5 Min./Zug i. D.

bei 8,4% der Güterzüge . . . 10,3 Min./Zug i. D.

Die auffallend geringe Einheitsverspätung im Güterverkehr in Richtung Rittershausen findet ihre Erklärung darin, daß das Gleis II nachts während der Hauptverkehrszeit der Güterzüge im Betrieb war.

beim Bauabschnitt II B

Richtung Elberfeld—Vohwinkel

bei 22% der Personenzüge . . . 2,0 Min./Zug i. D.

bei 11% der Eilgüterzüge . . . 4,0 Min./Zug i. D.

bei 14% der Güterzüge . . . 13,0 Min./Zug i. D.

Der hier im Vergleich zu Abschnitt A wesentlich höhere Anteil der Personenzüge ist auf die betriebstechnisch schlechte Einführung der Gleise III und IV in Personbahnhof Vohwinkel zurückzuführen, wo die beiden Streckengleise vor dem Bahnhof auf ein und dasselbe Bahnsteiggleis zusammengeführt sind.

Richtung Vohwinkel—Elberfeld

bei 7% der Personenzüge . . . 2,0 Min./Zug i. D.

bei 7% der Eilgüterzüge . . . 9,0 Min./Zug i. D.

bei 3% der Güterzüge . . . 10,0 Min./Zug i. D.

Der hier geringe Anteil der Güterzüge an den Verspätungen erklärt sich dadurch, daß die Mehrzahl der Güterzüge diesen Streckenabschnitt nur von Block Zool. Garten bis Block Hammerstein befahren.

Die durch den Umbau verursachten Verspätungen bleiben — namentlich im Personenverkehr — wesentlich hinter den durch andere Ursachen entstehenden Verspätungen

zurück. Nachteilige Folgen, namentlich Anschlußversäumnisse, sind durch sie nicht eingetreten. Wenn auch beim Umbau in Betriebspausen wahrscheinlich weniger Verspätungen im einzelnen aufgetreten wären, so wäre doch die Gesamtstörung, namentlich während der starken Reisezeiten, auf die Dauer von sechs Monaten nachteiliger für den Betrieb gewesen. Eine kurze, wenn auch stärkere Belastung der beteiligten Bahnhöfe durch den Bauzugbetrieb während der verkehrsschwachen Zeit ist besser, als eine ständige, wenn auch schwächere Beeinträchtigung ihres Rangierbetriebs während der dreifachen Zeit.

Die gewählte Umbauform ist also auch in betriebstechnischer Hinsicht vorteilhaft gewesen.

III. Sonstige Vorteile.

Die frühzeitige und schnelle Gewinnung der altbrauchbaren Stoffe und ihre sofortige Wiederverwendung ermöglichte die Durchführung eines Arbeitsplanes in dem Baujahr 1927, der bei Handarbeit auch bei Heranziehung von Unternehmern nicht hätte bewältigt werden können, jedenfalls nicht unter Erfüllung der vom Betriebe bezüglich Anzahl der Langsamfahrstellen gestellten Forderungen. Die Umbauarbeit spielte sich in 2½ Monaten ab, wobei in den Bezirken der vier unmittelbar benachbarten Bahnmeistereien im Laufe des gleichen Sommers dann noch weitere 7,33 km Hauptgleis II derselben Strecke in Reichsoberbau — wieder mit Hilfe des Kranes — umgebaut wurden.

Besonders vorteilhaft war die gewählte Umbauform auch für die Güte der Arbeit. Die Verbesserung des streckenweise sehr schlecht entwässerten und für den Reichsoberbau stellenweise zu hoch liegenden Unterbaues wäre unmöglich gewesen, und die Erneuerung der stark zusammengefahrenen und zum Teil verschlammten Bettung hätte so gründlich nicht durchgeführt werden können.

Weitere Vorzüge dieser Umbauweise sind:

- die raschere Wiederverwendbarkeit der Altstoffe,
- die schonlichere Behandlung der Neustoffe und
- die größere Sicherheit, die darin liegt, daß die Neustoffe nicht tage- und wochenlang neben den Betriebsgleisen liegen.

IV. Zusammenfassung.

Damit ist in großen Umrissen der Nachweis erbracht, daß die gewählte Umbauweise mit maschinellen Hilfsmitteln und unter Außerbetriebsetzung des Gleises

1. wirtschaftlich nutzbringend,
2. betrieblich günstig,
3. bautechnisch vorteilhaft und allgemein baubeschleunigend gewirkt hat. (Schluß folgt.)

Wärmewirkungen im Langschienenbau.

Von Direktor **Wattmann**, Berlin.

Nachdem die Einführung von Langschienen in den Eisenbahnoberbau durch die Fortschritte der Schweißtechnik und die Erreichbarkeit sicherer Verschweißung von Schienenstößen in den Bereich der Möglichkeit gerückt ist, bieten sich eine Reihe von durchaus neuen leistechnischen Fragen dar, deren Studium und deren theoretische und praktische Durchforschung erforderlich ist, wenn man dazu gelangen will, den Langschienenoberbau wirklich zu beherrschen. Zu diesen Fragen gehört u. a. das Eintreten von Achsialspannungen in den Schienen und im Zusammenhang damit die wirkliche Ausdehnung der Schienen unter dem gleichzeitigen Einfluß von Temperatur und Spannung. Beim bisherigen Oberbau war die Möglichkeit freier und ungehinderter Temperaturlängenänderung der Schienen durch entsprechend große Bemessung der Stoßlücken gegeben, so daß bei Vernachlässigung der Reibungskräfte der Schienen auf den Schwellen und in den

Laschen das Gleis frei von Achsialspannungen bleiben mußte. Inwieweit eine solche Vernachlässigung berechtigt ist, soll später untersucht werden. Jedenfalls kann man beim Langschienenbau die eintretenden Achsialspannungen nicht unberücksichtigt lassen, weil im Gegensatz zu der bisherigen Bauweise die Weite der Stoßfugen nicht mehr so groß bemessen wird (um nicht zu übergroßen Stoßfugen zu gelangen), daß die Schienen für eine freie Temperatureausdehnung Raum finden. Daraus folgt, daß bei besonders hohen und tiefen Temperaturen Druck- und Zugspannungen in das Schienengestänge gelangen müssen. Außerdem aber werden durch die größeren Längen der Schienen die Widerstandskräfte, welche die Reibung der Schienen auf den Schwellen hervorruft, so erheblich, daß sie jeder Längenänderung der Schiene mit beträchtlichen Kräften widerstehen und daher ebenfalls achsiale Druck- und Zugkräfte ins Schienengestänge bringen. Es soll im folgenden

versucht werden, die recht wenig übersichtlichen Erscheinungen, die in bezug auf Druck und Zug im Langschienengleis eintreten und die daraus sich ergebende Einstellung der Stoßfugen gesetzmäßig zu erfassen und aufzuklären.

In einem an beiden Enden fest eingespannten Stab, der durch seine Einspannung an jeder Längenänderung gehindert wird, treten bei Erwärmung Druck-, bei Abkühlung Zugspannungen auf, die so groß sind, daß die elastische Längenänderung des Stabes infolge des auftretenden Zuges oder Druckes gleich aber entgegengesetzt den Längenänderungen infolge Temperaturschwankung sind. Wenn schon von vornherein irgendwelche Spannungen in dem Stabe vorhanden gewesen sind, so treten die neu auftretenden Kräfte vermehrend oder vermindert hinzu. In einem Stab von der Länge l in cm, der einer Spannung σ in kg/cm^2 (Zug +, Druck -) unterworfen wird, findet bei einer Elastizitätsziffer E des Baustoffs eine Längenveränderung (Verlängerung +, Verkürzung -) λ_σ in cm des Stabes statt, die nach bekanntem Gesetz

$$1) \dots \dots \dots \lambda_\sigma = \frac{\sigma l}{E}$$

ist. Der gleiche Stab von der Länge l erleidet durch eine Temperaturänderung von $t^\circ \text{C}$ (Erwärmung +, Abkühlung -) eine Längenänderung von

$$2) \dots \dots \dots \lambda_t = \beta l t,$$

wenn β die Ausdehnungsziffer des Baustoffs ist. Wenn der Stab unter gleichzeitiger Einwirkung einer Spannungsänderung und einer Temperaturänderung keine Längenänderung erfahren soll, so muß hiernach

$$3) \dots \dots \dots \frac{\sigma l}{E} + \beta l t = 0 \quad \text{oder} \quad \frac{\sigma}{E} = -\beta t \quad \text{oder} \\ \sigma = -E \beta t \quad \text{oder} \quad t = -\frac{\sigma}{E \beta}$$

sein. Man erkennt, daß die Werte von σ und t , welche die obige Gleichung erfüllen, bei einem eingespannten Stab sich in ihren Wirkungen ausgleichen, und man kann daher die Spannung σ als die „Ausgleichsspannung“ der Temperatur t , oder mit demselben Recht die Temperatur t als die „Ausgleichstemperatur“ der Spannung σ bezeichnen.

Die Werte von E und β für Schienenstahl mit $E=2200000$ und $\beta=0,000011$ in Gleichung 3) eingesetzt, ergibt:

4) $\dots t = -0,42 \sigma$ und $\sigma = -24 t$ (t in $^\circ \text{C}$ und σ in kg/cm^2). Das bedeutet, daß in einem fest eingespannten Stab jedem Celsiusgrad Temperaturänderung das Eintreten einer Spannungsänderung von 24 kg/cm^2 entspricht, ohne Rücksicht auf Querschnitt und Länge des Stabes. Kürzer ausgedrückt kann man auch sagen: Die Ausgleichsspannung für 1°C beträgt 24 kg/cm^2 und die Ausgleichstemperatur für 100 kg/cm^2 Spannung beträgt $4,2^\circ \text{C}$. Die Vorzeichen in Gleichung 3) lassen erkennen, daß ein $+t$ einem $-\sigma$ entspricht, d. h. daß eine steigende Temperatur durch eine Druckspannung, eine sinkende durch eine Zugspannung ausgeglichen wird.

Bei einer Schiene sind nun die Enden zwar nicht fest eingespannt, die Schiene ist aber auf den Schwellen befestigt und hier treten bei jeder relativen Bewegung von Schiene zur Schwelle widerstehende Reibungskräfte auf. Ebenso sind Reibungswiderstände an den Schienenenden durch Reibung der Schiene in den Laschen bei jeder Bewegung der Schiene vorhanden. Der Einfachheit halber sei angenommen, daß die Reibungswiderstände der Schiene auf den Schwellen alle einander gleich und ebenso die Laschenreibungskräfte an den beiden Schienenenden einander gleich seien. Es sei ferner zunächst vorausgesetzt, daß die Schienen in den Stoßlücken freies Spiel haben und sich beliebig weit ausdehnen und zusammenziehen können. Es ist klar, daß unter solchen Voraus-

setzungen, wo alle äußeren Kräfte symmetrisch zur Schienenmitte auftreten, die Schiene bei Temperaturbewegungen in der Mitte still liegen bleiben wird, und die beiden Hälften der Schiene in gewissem Sinne eine Temperaturpendelung um ihre Mitte durch abwechselndes Ausdehnen und Zusammenziehen erfahren werden. Bei der großen Zahl von Einzelkräften, die durch die Reibung der Schiene auf jeder Schwelle auftreten, wird die Betrachtung vereinfacht, wenn man annimmt, daß die Schiene durchlaufend aufliegt und ein gleichmäßiger Reibungswiderstand von $r \text{ kg}$ auf 1 m Schienenlänge eintritt. Die beiden Laschenreibungskräfte an jedem Schienenende seien mit R bezeichnet. Faßt man von der so aufgelagerten Schiene AA (s. Abb. 1), eine Stelle X im Abstand x von A ins Auge und erwärmt die Schiene an dieser Stelle langsam, so will sich die Schiene hier ausdehnen, wobei sich entweder das Schienenstück rechts oder links oder beide gleichzeitig auf ihrer Unterlage verschieben müssen und die Reibungskräfte r und R auftreten. Naturgemäß wird nur das kürzere Schienenstück in Bewegung kommen, da dort die kleinsten Reibungswiderstände zu überwinden sind. Die Größe aller dieser Reibungs-

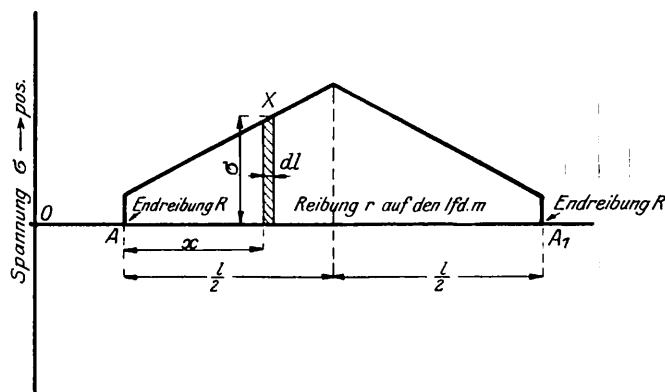


Abb. 1.

widerstände für den Punkt X ist $R + rx$. Bei einer Querschnittsfläche F der Schiene entspricht das einer Flächen-spannung am Punkte X der Schiene von

$$\sigma_x = \frac{R + r x}{F}$$

Solange bei wachsender Temperatur und bei dadurch wachsender Spannung in der Schiene an der Stelle X die Spannung kleiner ist als $\sigma_x = \frac{R + r x}{F}$, bleibt die Schiene an der Stelle X in ihrer Länge unverändert. Sobald die Spannung σ_x aber dort erreicht wird, hört ihr weiteres Anwachsen auf, und es beginnt von da an mit weiter steigender Temperatur die Schiene sich an der Stelle X zu verlängern. Der gleiche Vorgang würde sich bei sinkender Temperatur vollziehen, wobei die Schiene Zugspannung erhält. An jeder Stelle der Schiene gibt es also eine maßgebende Zug- und Druckspannung

$$5) \dots \dots \dots \sigma_x = + \frac{R + r x}{F},$$

die nicht überschritten werden kann. Die ihr entsprechende Ausgleichstemperatur (s. Gleichung 4)

$$6) \dots \dots \dots t_x = - \frac{\sigma_x}{24} = + \frac{R + r x}{24 F}$$

bildet eine obere und untere Grenze, innerhalb deren jede Temperaturänderung an der Stelle X sich ausschließlich in Spannung, jenseits welcher sie sich lediglich in Längenänderung auswirkt. Trägt man die maßgebenden und die höchstmöglichen Zug- und Druckspannungen σ_x in jedem Schienenpunkt als Ordinate über der Schiene AA auf, so ergibt sich nach den Gleichungen 5) und 6) ein Linienbild nach Abb. 2.

Der Vorgang, der sich bei einer anfangs spannungslos liegenden, aber auf Schwellen und in Endlaschen mit Reibung festgehaltenen Schiene bei langsam nach oben oder unten steigender Temperatur vollzieht, ist hiernach derart, daß zunächst eine gleichmäßige achsiale Spannung in der ganzen Schiene auftritt, bis die Spannung $\frac{R}{F}$ kg/cm² erreicht ist. Bis

hierher bleibt die Schiene in ihrer ganzen Länge ohne Längenveränderung. Ändert sich die Temperatur in demselben Sinne weiter, dann beginnen die beiden äußersten Enden der Schienen sich zu bewegen, weil hier bereits die maßgebende Spannung überschritten wird. Sie schieben sich also über die Schwellen hinweg, während die Mitte der Schienen noch ruhig liegen bleibt. An den Schienenenden sind also bereits die höchstmöglichen Spannungen erreicht und weiter steigende Temperaturen können sich nur in Längenänderungen auswirken. Die Mitte der Schiene verhält sich aber noch wie ein fest eingespannter Stab und die Temperaturänderung wirkt sich hier allein als achsiale Druck- oder Zugspannung aus. Die Grenze der andersartigen Auswirkung der Temperaturänderung verschiebt sich nun aber mit weiter steigender Temperatur immer mehr nach der Schienenmitte; immer kleiner wird der ruhig liegende Mittelteil, immer größer die Endteile der Schiene, die

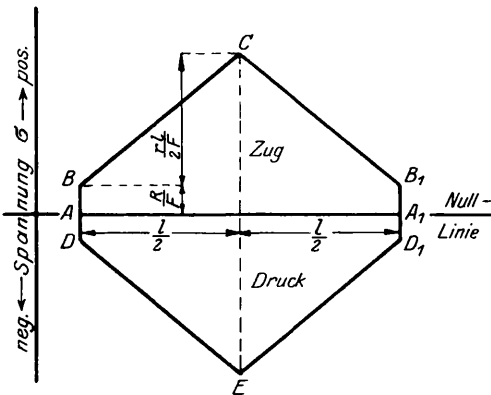


Abb. 2.

der Längenänderung unterliegen. Zuletzt verschwindet der Mittelteil, und die Schiene dehnt sich bei weiter wachsender Temperatur in ihrer ganzen Länge aus, wobei in allen Teilen der Schiene die Spannung unverändert bleibt. Der Zeitpunkt, in dem der ruhig liegende Mittelteil der Schiene bis auf 0 zusammengeschrumpft ist, tritt ein, wenn in der Schienenmitte, wo $x=l/2$ ist, nach Gleichung 5) die höchstmögliche Spannung $\sigma_m = (R + r \cdot l/2) : F$ erreicht ist.

Die entsprechende Ausgleichstemperatur ist nach 6)

$$7) \dots \dots \dots t_m = - \frac{2R + r l}{48 F}$$

d. h. bei dieser Temperaturänderung tritt die obige höchstmögliche Spannung in der Schienenmitte ein. Man erkennt aus 7), daß t_m mit R , r und l wächst, also daß eine um so größere Temperatursteigerung nötig ist, um die ganze Schiene in Bewegung zu bringen, je größer die Reibungskräfte r und R und die Länge l der Schiene ist.

Es soll nun die Längenänderung unserer Schiene unter dem Einfluß wechselnder Temperatur und der dadurch hervorgerufenen Reibungswiderstandskräfte untersucht werden. Die wirkliche Längenänderung setzt sich aus zwei Summanden zusammen, und zwar der Längenänderung λ_t , welche die Temperatur allein in einer frei beweglichen Schiene hervorrufen würde, und die Längenänderung λ_σ , welche die Spannung allein bei ungeänderter Temperatur verursachen würde. Einer dieser beiden Summanden muß negativ

sein, weil der Reibungswiderstand Kräfte auslöst, die ihrem Sinn nach der Temperaturlängenänderung entgegenwirken und diese zu verkleinern suchen. Es ist daher die wirkliche Längenänderung

$$\lambda = \lambda_t - \lambda_\sigma$$

Stellt man den Spannungszustand der Schiene durch ein Spannungsdiagramm dar (s. Abb. 1), so ist die Längenänderung eines kleinen Stückchens dl der Schiene an einer beliebigen Stelle der Schiene infolge der dort vorhandenen Spannung

$$d\lambda_\sigma = \frac{\sigma dl}{E}$$

Nun ist σdl der Diagramm-Flächenteil df über dem Schienenstück dl , und da die Längenänderung der ganzen Schiene gleich der Summe aller Längenänderungen ihrer Teile dl ist, so folgt:

$$\lambda_\sigma = \sum d\lambda_\sigma = \sum \frac{\sigma dl}{E} = \sum \frac{df}{E} = \frac{1}{E} \sum df = \frac{f}{E}$$

wenn f die ganze Diagrammfläche bedeutet.

Die Längenänderung einer Schiene infolge Eintritt eines Spannungszustandes ist also gleich der Fläche des Spannungsdiagramms dividiert durch E . Das gleiche Gesetz gilt naturgemäß auch für jeden beliebigen Teil der Schiene, und auch hier ist das Flächendiagramm über dem Schienenabschnitt dividiert durch E = der Längenänderung des betreffenden Schienenabschnittes.

Aber auch eine Temperaturlängenänderung kann durch eine Fläche dargestellt werden. Da nämlich die Ausgleichsspannung σ einer Temperatur t (ihrer Definition nach) einem freibeweglichen Stab die gleiche Ausdehnung gibt wie die Temperatur, so kann man nach obigem die Temperaturausdehnung eines Stabes auch durch die Fläche eines Spannungsdiagrammes (nämlich das der Ausgleichsspannung) dividiert durch E darstellen. Dieses Diagramm der Ausgleichsspannung $\sigma = 24 t$ ist ein einfaches Rechteck über der Schiene, da bei dem in der ganzen Schiene konstanten t auch σ für alle Punkte der Schiene gleich sein muß.

Wiederholen wir aus dem vorstehenden: Es ist die reine Spannungslängenänderung der ganzen Schiene:

$$\lambda_\sigma = \frac{f_\sigma}{E};$$

desgleichen die reine Temperaturlängenänderung:

$$\lambda_t = \frac{f_t}{E};$$

desgleichen die wirkliche Längenänderung:

$$\lambda = \lambda_t - \lambda_\sigma = \frac{f_t - f_\sigma}{E}$$

Man erkennt, daß diese drei Größen sich wie die Flächen $f_\sigma : f_t : (f_t - f_\sigma)$ verhalten und sich daher bildlich sehr leicht vergleichen lassen.

In Abb. 3a umgrenzt das Diagramm $A B C C_1 B_1 A_1$ die Fläche f_σ und das Rechteck $A E E_1 A_1$ die Fläche f_t . Die schraffierte Fläche $B E C B_1 E_1 C_1$ ist die Differenz der beiden vorstehenden Flächen und entspricht damit der wirklichen Längenänderung der Schiene.

Nach dem vorgesagten ist es einfach, bei gegebenen Reibungsgrößen R und r sich für bestimmte Temperaturänderungen ein Bild von den in der Schiene auftretenden Spannungen zu machen und dabei die Ausdehnung der Schiene festzustellen. Die Abb. 3a, b, c geben bezeichnende Spannungsbilder einer mit Reibung gelagerten Schiene wieder, die durch fortgesetzt fallende Temperatur aus anfangs spannungslosem Zustand in Spannung versetzt wird.

Will man aus dem vorangehenden praktische Schlüsse ziehen, so muß man Annahmen über die Reibungskräfte machen, die bei Schienen auf Schwellen und Schienen in ihren Laschen auftreten. Naturgemäß können solche Annahmen immer nur die ungefähre Größenanordnung der auftretenden

Kräfte darstellen, da die besonderen Verhältnisse in jedem Falle sehr starke Abweichungen voneinander hervorrufen. Um einen Anhalt für die Größe dieser Reibungskräfte zu erhalten, wurden von der Elektro-Thermit diesbezügliche Versuche mit dem neuen Reichsoberbau gemacht, worüber eine kurze Niederschrift als Anhang beigefügt ist. Wie aus diesen Feststellungen hervorgeht, wurde als mittlere Reibungskraft der Schiene in jeder Schwelle etwa 6 t ermittelt. Die Reibung der Schiene in der Lasche schwankt je nach der Stärke des Anziehens der Bolzen zwischen 8000 und 32000 kg. Mit Rücksicht darauf,

$$\sigma_a = \frac{R}{F} = \frac{10\,000}{62,3} = 160 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_t = 24 \text{ t} = 24 \cdot 40 = 960 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_m = \frac{R+r \cdot l/2}{F} = \frac{10\,000 + 3600 \cdot 3000}{62,3} = 1900 \text{ kg/cm}^2.$$

Aus dieser Abbildung läßt sich folgendes erkennen: Bei 40° Temperaturerhöhung über die Verlegungswärme ist 1. der Mittelteil der Schiene auf 32,4 m Länge ohne Bewegung, er bekommt eine Spannung von 960 kg/cm². 2. Die beiden

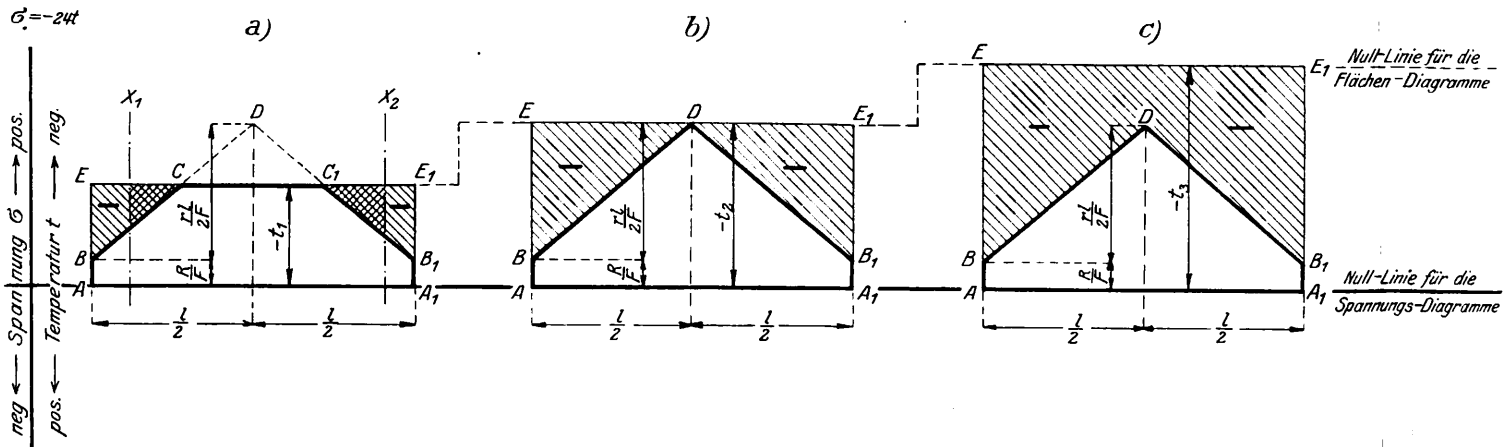


Abb. 3.

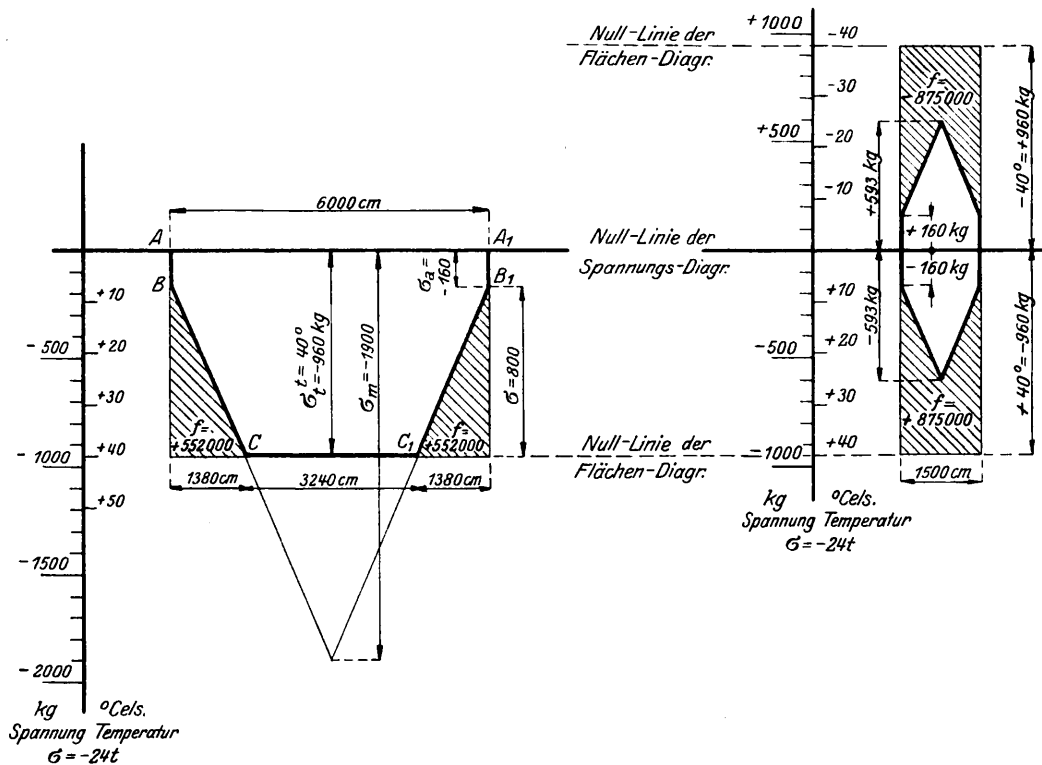


Abb. 4.

Abb. 5.

daß die Schrauben sich im Betrieb lockern und die reibenden Flächen sich aneinander abschleifen, soll für die Befestigung der Schienen auf den Schwellen ein mittlerer Wert von 2500 kg. für die Laschenreibung ein solcher von 10000 kg angenommen werden. Bei 22 Schwellen auf 15 m Schienenlänge würde einer Reibung von 2500 kg auf jeder Schwelle eine Reibung von 3600 kg auf den laufenden Meter Schiene entsprechen.

Bei einem Querschnitt der Schiene $F=62,3$ (entsprechend der Schienenform S 49), und einer Schienenlänge von $l=60 \text{ m}=6000 \text{ cm}$ und einer Temperatursteigerung von 40° C ergibt sich ein Spannungsdiagramm mit den Abmessungen entsprechend Abb. 4, und zwar

Schienenenden auf je 13,8 m unterliegen einer Längenänderung für jedes Ende $= \frac{f}{E} = \frac{552\,000}{2\,200\,000} = 0,25 \text{ cm}$, d. h. die ganze Schiene würde bei einer höchst möglichen Temperaturdifferenz von 80° C um $4 \cdot 0,25 \text{ cm}=10 \text{ mm}$ in ihrer Länge schwanken. Man erkennt, daß unter den vorausgesetzten Verhältnissen die Änderung der Temperaturlücken in den Grenzen bleiben würde, welche auch beim bisherigen Oberbau als zulässig angesehen werden. Es ist aber auch ferner zu entnehmen, daß die Mitten der Schienen bereits Bedingungen unterliegen, die sich bei einer fortlaufend ohne jede Fuge geschweißten Schiene in gleicher Weise einstellen würden. Es besteht

nur insofern noch ein Unterschied, als bei einem Langschienenbau durch eine entsprechende Bemessung der Fugen bei der Verlegung auf die jeweilige Temperatur Rücksicht genommen werden kann, während bei einer durchgehenden Schiene man nur bei mittleren Temperaturen schweißen dürfte, wenn nicht entsprechend größere Temperaturdifferenzen nach oben oder unten und damit auch entsprechend größere Spannungen eintreten sollen.

Um auch für den heute üblichen Oberbau mit 15 m langen Schienen die Spannungs- und Ausdehnungsverhältnisse der Schiene zu untersuchen, ist unter Voraussetzung einer Temperaturschwankung von $+40^{\circ}$ gegen Verlegungstemperatur in Abb. 5 ein entsprechendes Spannungs- und Ausdehnungsdiagramm für S 49 verzeichnet; dabei ergibt sich eine größtmögliche Spannung von $+593 \text{ kg/cm}^2$ in der Schienenmitte, und aus der Größe der Diagrammflächen eine größte Längenschwankung von $2 \cdot \frac{875\,000}{E} = 0.8 \text{ cm}$. Man

erkennt, daß auch im heutigen Gleis die Achsialspannungen, die durch Reibung der Schienen auf den Schwellen und in den Laschen hervorgerufen werden können, keineswegs verschwindend klein sind, wobei zu berücksichtigen ist, daß

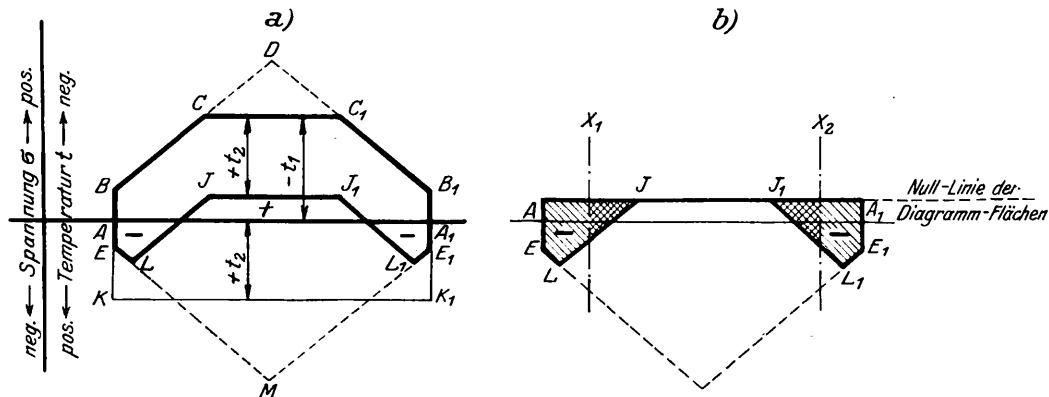


Abb. 6.

die angenommenen Reibungskräfte Mittelwerte sind, die unter besonderen Verhältnissen erheblich überschritten werden können.

Werden schon bei den bisher angenommenen Voraussetzungen, wonach eine anfangs spannungslose Schiene einer gleichmäßigen Temperatursteigerung unterworfen wird, die Beziehungen zwischen Temperatur einerseits und Schienen-spannung und Längenänderung andererseits recht unübersichtlich, so entstehen geradezu überraschend verwickelte Spannungszustände, wenn man abwechselnd steigende und fallende Temperaturen, wie sie in Wirklichkeit fortgesetzt eintreten, voraussetzt. Es sollen auch diese Verhältnisse noch einer kurzen Betrachtung unterzogen werden.

Nimmt man an, daß eine bereits unter Spannung liegende Schiene einer Temperaturänderung unterworfen wird, so müssen diejenigen Spannungen, die durch die Temperaturänderung in einer spannungslos fest eingespannten Schiene eintreten würden, vermehrend oder (unter Berücksichtigung der Vorzeichen) auch vermindert zu den bereits vorhandenen Spannungen hinzutreten, d. h. man kann das Linienbild der Zusatzspannungen auf das der alten Spannungen unter Berücksichtigung der Vorzeichen einfach aufsetzen, um das neue Spannungsgesetz zu erhalten. Dabei muß allein die Einschränkung gemacht werden, daß, wie eingangs gezeigt ist, an keiner Stelle der Schiene die dort möglichen Höchst- oder Mindestspannungen überschritten werden (vgl. Abb. 2).

Trägt man also die neuen Spannungen zeichnerisch auf, so muß an Stellen, wo diese aus dem Linienbild der

Höchst- und Mindestspannungen heraustritt, dieses an die Stelle des ersten treten.

Abb. 6a zeigt ein Beispiel zu obigen Ausführungen, und man erkennt hier die eigenartige Erscheinung, daß in der Mitte der Schiene Zugspannungen (wo das Spannungsbild über der Ordinatenachse liegt) und am Ende der Schiene Druckspannungen (wo das Spannungsbild unter der Ordinatenachse liegt) eintreten. In Abb. 6b sind die Flächen der Spannungsdiagramme veranschaulicht, deren Differenzfläche (schraffiert) die Längenänderung der Schiene darstellt. Soweit diese (schraffierte) Fläche zwischen zwei beliebigen Punkten x_1 x_2 der Schiene liegt, stellt sie in gleicher Weise die Größe der Längenänderung des Schienenstückes x_1 x_2 dar. Im Mittelstück ZZ_1 der Schiene ist die Diagrammfläche $= 0$, also findet in diesem Schienenstück auch keine Längenänderung statt. Wenn bei der oben dargestellten Schiene nach anfänglichem Temperaturabfall wieder die Ausgangstemperatur eintritt, wird die nunmehr eintretende Spannung durch das Diagramm Abb. 7a dargestellt. Das Flächen-diagramm der Längenänderung ist dabei schraffiert angedeutet. Die Fläche liegt unterhalb der Nulllinie, ist also negativ, d. h. sie stellt eine Verkürzung der Schiene dar.

In Abb. 7b ist zum Vergleich der Fall dargestellt, daß die Schiene anfangs eine Temperatursteigerung und sodann ein Zurückgehen der Temperatur auf den Anfangswert erfährt. Das sich einstellende Spannungsbild ist genau gleich demjenigen in Abb. 7a, nur mit umgekehrten Vorzeichen, und es erfährt deshalb die Schiene auch die gleiche Längenänderung, nur ist dieselbe jetzt eine Verlängerung. Obwohl also in den beiden in Abb. 7a und b dargestellten Fällen die Schiene die Verlegungstemperatur zurückerlangt, ist das eine Mal eine Verkürzung, das andere Mal eine Verlängerung eingetreten, je nachdem vor der Beobachtung eine Temperatursteigerung oder ein Temperaturabfall stattgefunden hat.

Der Merkwürdigkeit halber ist in Abb. 8a und 8b noch dargestellt, daß noch viel unübersichtlichere Spannungszustände entstehen können, wenn die Temperaturen mehrfach abwechselnd steigen und fallen und daß dann in der Schiene eine ganze Reihe von wechselnden Abschnitten mit achsialen Druck- und Zugkräften auftreten.

Die vorstehenden Überlegungen lassen erkennen, daß Schienen, die wechselnden Temperaturen unterworfen sind, Spannungszustände erfahren, die sich praktisch jeder Prüfung entziehen, und daß noch mehr die sich einstellenden Stoßfugenweiten ganz unberechenbar sind. Umgekehrt kann man aber auch aus vorhandenen Stoßlücken in tatsächlichen Fällen keinerlei greifbare Schlüsse auf etwaige Spannungen im Gleis ziehen, solange nicht die Schienenbefestigungsmittel und die Laschenbolzen

völlig gelockert und damit alle größeren Reibungswiderstände ausgeschaltet sind.

Es ist nach dem vorstehenden auch verlorene Liebesmüh', Gesetze zwischen Stoßlücken und gleichzeitig beobachteten Schienentemperaturen suchen zu wollen, weil nicht nur

Es bliebe zum Schluß noch die Frage zu erörtern, welcher Einfluß auf die Spannung der Schienen ausgeübt wird, wenn die Schienen in ihren Stoßfugen sich nicht, wie bisher vorausgesetzt, unbegrenzt ausdehnen können, sondern, wenn die Stoßfugen sich vor Erreichung der Höchsttemperatur

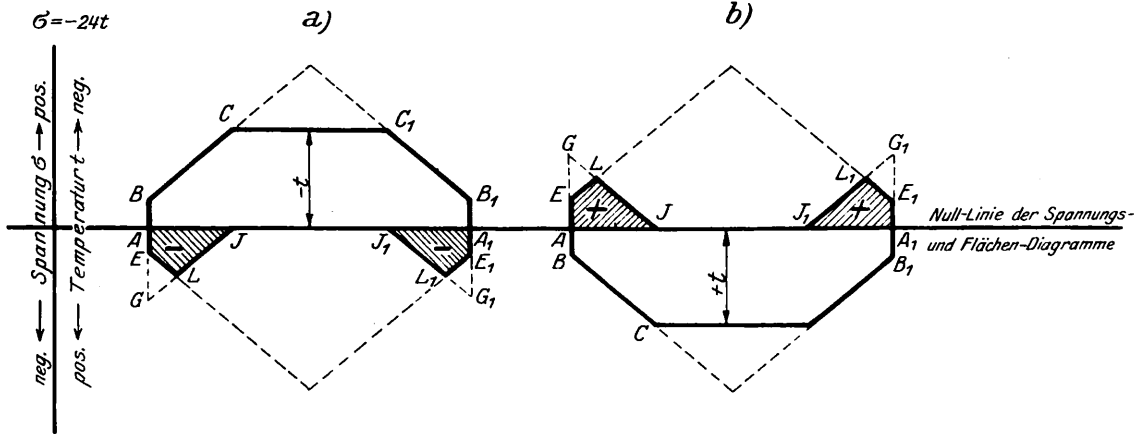


Abb. 7.

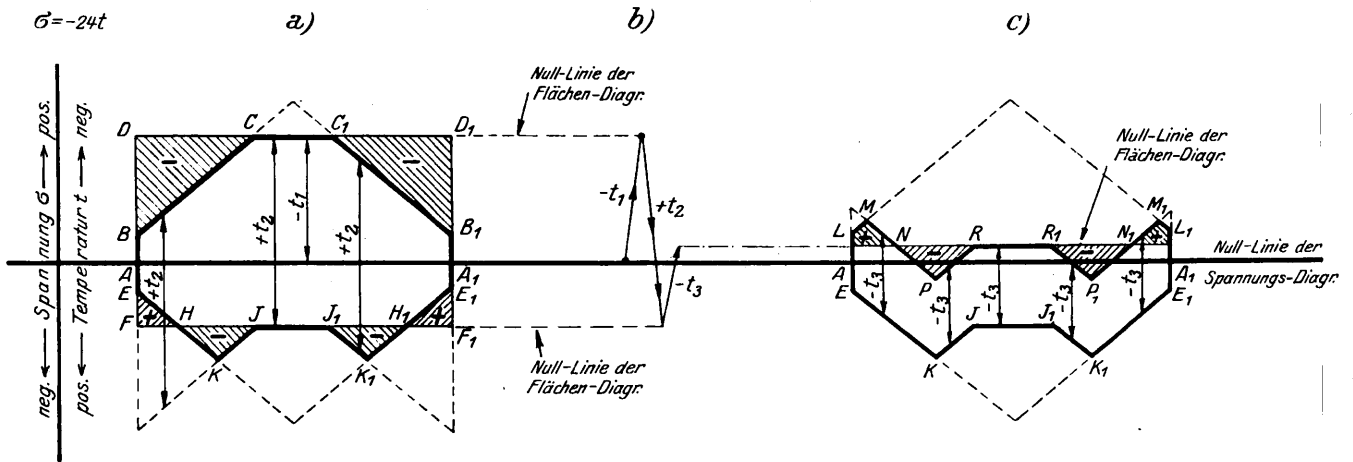


Abb. 8.

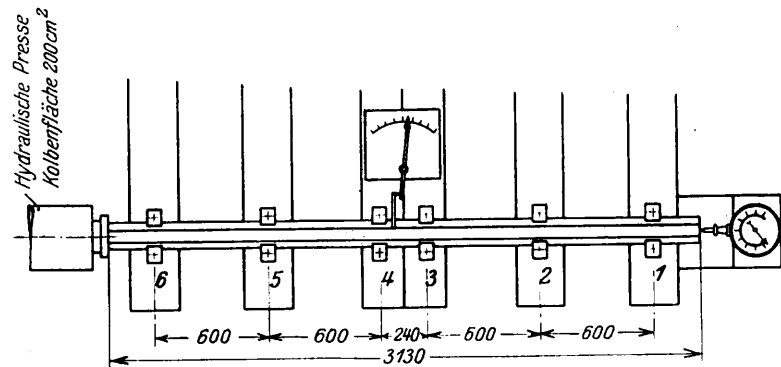
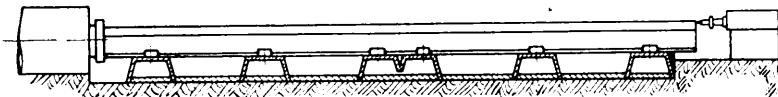


Abb. 9. Bestimmung des Reibungswiderstandes zwischen Schienen und Schwellen. Versuchsanordnung.

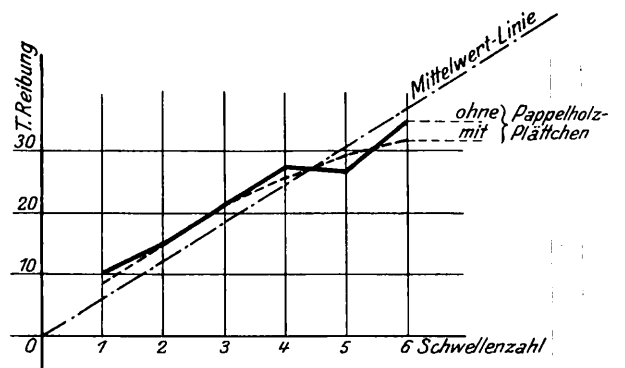


Abb. 10. Reibung von Schiene auf Schwelle.

die gleichzeitig auftretenden, sondern auch die vorangegangenen Temperaturen Einfluß auf die Schienenausdehnung haben. Ganz unrichtig wäre es deshalb auch, aus etwa beobachteten Stoßlücken im Vergleich zu gleichzeitig beobachteten Temperaturen darauf zu schließen, ob die Stoßlücken bei der Verlegung richtig oder falsch bemessen waren.

bereits schließen und ebenso vor Erreichung der tiefsten Temperatur an weiterem Auseinandergehen gehindert werden (durch einen begrenzten Spielraum der Laschenbolzen in den Laschen- und den Schienenlöchern).

Nach den vorangehenden Ausführungen liegen die Verhältnisse hier sehr einfach. Von dem Augenblick an, wo die Schiene ihre Länge infolge Fugenschluß oder Erreichung

des größten Auszuges im Stoß nicht mehr ändern kann, setzen sich weitere Temperaturänderungen t vollkommen in Spannungen $\sigma = 0.042 t^0$ um, die in allen Punkten der Schiene zu den bereits bis dahin vorhandenen Spannungen hinzutreten. Die Länge der Schiene ändert sich dabei (wie vorausgesetzt) nicht.

Die Darlegungen dieses Aufsatzes werden manchem vielleicht recht verwickelt und deshalb unfruchtbar erscheinen. Das trifft aber nur bedingt zu, weil die Grenzfälle der bei höchsten und tiefsten Temperaturen eintretenden Spannungen und Längenänderungen der Schiene sich verhältnismäßig einfach feststellen lassen, sobald die Größen der Reibungskräfte bekannt sind. Über diese weiß man heute noch sehr wenig. Vielleicht gibt dieser Aufsatz aber Veranlassung, durch umfassende Beobachtungen die hier noch klaffende Lücke zu füllen, und zwar ist es möglich, durch Messungen an Betriebsgleisen unter Zugrundelegung der hier abgeleiteten Gesetze zu sicheren Zahlenergebnissen zu kommen, die den wirklichen Verhältnissen der im Betriebe befindlichen Gleise entsprechen.

Anhang.

Versuche zur Bestimmung des Reibungswiderstandes zwischen Schienen und eisernen Schwellen sowie zwischen Laschen und Schienen.

Die Versuche wurden im Mai 1926 in dem Versuchsraum der Elektro-Thermit G. m. b. H. Berlin-Tempelhof an neuem Reichsbahnoberbau B 49, der in allen Teilen den Normalien entsprach, vorgenommen. Das Anziehen der Schrauben geschah mit einem 500 mm langen Schraubenschlüssel in der auf der Strecke üblichen Weise.

I. Schwellenreibung.

Zur Ausführung der Versuche stand eine hydraulische Presse, welche mit den Schwellen auf einem mit Spannplatten versehenen Bett befestigt war, zur Verfügung. Die Schwellen waren außerdem unter sich entsprechend der Abb. 9 durch zwischengelegte starke Flacheisen versteift. Die Schienen wurden zuerst ohne Pappelholzunterlage auf den Schwellen befestigt, und die Versuche so vorgenommen, daß vorerst die Schwellenschrauben zunächst der Presse festgezogen wurden und so fortfahrend die nächsten, bis alle Schwellenbefestigungen angezogen waren. Danach wurden die Schrauben in umgekehrter Reihenfolge wieder gelöst. Bei den Versuchen mit Pappelholzunterlagen wurde in gleicher Weise verfahren.

Während der Versuche wurden die Schienen häufig mit einem Handhammer stark angeschlagen, um die ruhende Reibung zu überwinden. Das Versuchsergebnis ist in der folgenden Zusammenstellung sowie in Abb. 10 niedergelegt.

II. Laschenreibung.

Zwei Schienen waren mit den dazugehörigen Laschen, Schraubenbolzen und doppelten Federringen miteinander verbunden und derart auf der vorher beschriebenen hydraulischen Presse befestigt, daß die Schienen achsial zueinander bewegt werden konnten.

Versuch 1. Laschenschrauben nur so weit angezogen, daß die doppelten Federringe noch Spiel hatten. Achsiale Druckkraft aus mehreren Versuchen im Mittel $12t$ bis zur Bewegung der Schiene.

Zusammenstellung.

Versuch zur Ermittlung des Reibungswiderstandes zwischen Schiene und Eisenquerschwelle.												
Ohne Pappelholzunterlage												
Lfd. N ^o	Befestigungsmittel angezogen an Schwelle N ^o						Versuch N ^o					
	1	2	Doppelschw.		5	6	Druck bei Eintreten d. Gleitens					Mittel
			3	4			1	2	3	4	5	
1						X	11	11	11	9	—	10
2					X	X	13	16	17 ⁺	14 ⁺	—	15
3				X	X	X	21	23	24 ⁺	22	—	22
4			X	X	X	X	26	27	28	28	—	27
5		X	X	X	X	X	26	27	29	29	28	28
6	X	X	X	X	X	X	20 ^o	25 ^o	29 ^o	32	30	35 ^o
7	X	X	X	X	X	X	38	36 ⁺	37	35	—	
8		X	X	X	X	X	23	25	26	27	—	25
9			X	X	X	X	26	26	28	24	—	26
10				X	X	X	19	22 ⁺	21 ⁺	19	—	20
11					X	X	15	15	15	13	—	14
12						X	11	11	11	9	—	10
Mit Pappelholzunterlage												
13						X	12	12	11	—	—	12
14					X	X	18	18	17	—	—	18
15				X	X	X	22	22	21	—	—	22
16			X	X	X	X	28	25	25	—	—	26
17		X	X	X	X	X	29	28	28	—	—	28
18	X	X	X	X	X	X	30	34	32	—	—	32
19	X	X	X	X	X	X	32	32	32	—	—	32
20		X	X	X	X	X	27	26	26	—	—	26
21			X	X	X	X	24	24	23	—	—	24
22				X	X	X	19	20	21	—	—	20
23					X	X	15	15	16	—	—	15
24						X	11	11	11	—	—	11
25					X		7	7	7	—	—	7
26					X		7	8	8	—	—	8
27				X	X		11	13	14	—	—	13
28			X	X			16	14	14	—	—	15
29		X	X	X			20	20	20	—	—	20

X Schwellenschrauben festgezogen.

+ Verschiebung ruckartig.

o Keine Verschiebung bei 5 und 6, daher im Mittel unberücksichtigt.

Versuch 2. Muttern so weit angezogen, daß die Federringe zusammengepreßt waren. Druckkraft im Mittel $21t$.

Versuch 3. Anlageflächen der Laschen geölt, sonst wie 1. Druckkraft im Mittel $7t$.

Versuch 4. Anlageflächen der Laschen geölt, sonst wie 2. Druckkraft im Mittel $28t$.

Über die Wärmedehnung der Eisenbahnschienen.

Von Eugen Jurenák, Oberingenieur in Budapest.

Hierzu Tafel 9.

Die Frage der Verlängerung der Schienen wird auch von den Kgl. Ungarischen Staatseisenbahnen lebhaft verfolgt. Im Frühling vorigen Jahres erhielt ich den Auftrag, über die Schienendehnung eingehende Untersuchungen anzustellen, die ich folgenderweise ausführte: auf Strecken verschiedener Oberbauformen grenzte ich zum Zwecke der Versuche Abschnitte in der Länge von 0.5 bis 1.0 km durch je vier in Beton gefaßte Eisenpflocke ab (Textabb. 1). Beim Einmessen

der Stoßfugen wurden stets auch die Abstände von den zwischen den Pflöcken gespannten Fäden bis zu den im Versuchsabschnitt reichenden Schienenenden, d. h. die Längen l_0 und l_s gemessen; dadurch konnte jede die Stoßfugenmaße beeinflussende fremde Wirkung ausgeschaltet werden. Wenn nämlich nicht gerade die Maße l_0 und l_s gegen die Ausgangsmessungen gleich blieben oder der Zuwachs der einen mit einer Verminderung der anderen sich ausglich, mußte das

Gesamtmaß der Stoßfugen noch vor Berechnung des Durchschnittes entsprechend vergrößert oder verkleinert werden. Nur hierdurch konnte die Veränderung der Fugenmaße als reine Funktion der Änderung des Wärmegrades dargestellt werden.

Mit gutgeschulten Hilfskräften und zweckentsprechenden Meßgeräten konnte ich die Stoßfugen je eines Versuchsabschnittes im Verlaufe von nur 10 bis 15 Minuten, also bei gleichem Wärmegrad vermessen. Das Ergebnis der gesammelten Angaben (bei 7500 an der Zahl) ist auf den Schaulinien der Abb. 1 bis 8, Taf. 9 ersichtlich. Auf der Abszissenachse sind die Wärmegrade der Luft (im Schatten gemessen) aufgetragen: die zugehörigen Ordinatenpunkte geben das vorgefundene Durchschnittsmaß der Stoßfugen an. Die Verbindung der Ordinatenendpunkte veranschaulicht folglich die Änderung der Stoßfugen, verursacht durch die Änderung des Wärmegrades. Die Ausgleichsgeraden sind strichpunktiert. Ferner ist die der physikalischen Ausdehnungsformel für Hartstahl $l - l_0 = l_0 \cdot 0,000012 t^0$ entsprechende Gerade ausgezogen eingetragen. Aus dem Vergleich beider Linien ist zu ersehen, daß das Maß der Schienendehnung in den Fällen der Abb. 1 bis 6, Taf. 9 der Formel nahezu entsprochen hat, da die Geraden fast gleichlaufend sind. Nun ist bei den Oberbauformen der Kgl. Ungarischen Staatseisenbahnen die getrennte Befestigungsart der Schienen nirgends angewendet, vielmehr sind die Schienen ohne Spannplatten bloß durch unmittelbares Annageln oder Anschrauben befestigt. Die Schienen können

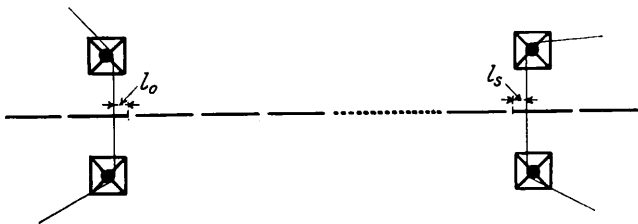


Abb. 1.

also der Wärmedehnung frei folgen und die Herabsetzung der Stoßfugenweite ermöglicht in den Schienen bei den höheren Wärmegraden einen achsialen Druck. Dieser könnte in unseren 12 m langen Schienen mit ihrer Querschnittsfläche von 54,9 m² beispielsweise infolge Verhinderung einer Dehnung von bloß 4 mm besonders unter Mitwirkung der Schienenwanderung leicht ein mögliches Höchstmaß von 40 t erreichen. Denn $\sigma_{\max} = \frac{E \cdot \Delta l}{l} = \frac{2200000 \cdot 4}{12000} = 733 \text{ kg/cm}^2$

und $Q_{\max} = 733 \cdot 54,9 \approx 40000 \text{ kg}$. Die Schaulinien bestätigen jedoch das Ausdehnungsgesetz bloß für Schienenlängen bis zu 16 m. Dies muß betont werden, da als zweifellos angenommen werden kann, daß die Dehnung bei größeren Längen hinter dem linearen Zuwachs stetig zurückbleibt. Beispielsweise sei auf Abb. 7, Taf. 9 hingewiesen, aus der zu ersehen ist, daß, im Gegensatz zu Abb. 1 bis 6, Taf. 9, die Dehnung der Schienen von 35 m dem linearen Gesetz gegenüber schon versagt.

Daß die getrennte Befestigungsart die Schienendehnung merklich hindert, konnte ich in einem Falle dennoch feststellen. Auf der Linie Budapest—Györ wurden nämlich einige hundert Spannplatten versuchsweise eingebaut. Diese haben, wie Abb. 8, Taf. 9 deutlich zeigt, die Dehnung der Schienen tatsächlich hemmend beeinflusst.

Selbstredend verzeichnete ich anlässlich der Stoßfugenvmessungen bei klarem Wetter nebst den Wärmegraden im Schatten auch die im Sonnenschein. Diese Angaben können in jenen Fällen als besonders lehrreich bezeichnet werden, wo es gelang, die Messungen bei vorher bereits stundenlang anhaltenden, genau gleichen Wärmeverhältnissen durchzu-

führen. Die Ergebnisse der dieser Bedingung entsprechenden Untersuchungen sind auf den Abb. 3 bis 6, Taf. 9 vermerkt, woselbst Ordinaten auch für die gleichzeitigen Wärmegrade im Sonnenschein eingeschaltet sind. Meiner Ansicht nach liefern die Schaubilder einen Beweis dafür, daß dem Ermitteln des Wärmegrades der sonnenbeschienenen Schienen allzu große Wichtigkeit beigemessen wird. Obwohl nämlich anlässlich der in Rede stehenden Vermessungen das Antasten der Schienen geradezu schmerzvoll war, ihr Wärmegrad also den der Luft im Sonnenschein zweifellos beträchtlich überstieg, wurden den Schaulinien und ihren Ausgleichsgeraden entsprechend Stoßfugendurchschnitte von 3,6 oder 4,7 oder 3,8 und 2,5 mm festgestellt, nicht aber Durchschnittsmaße von s_1, s_2, s_3 und s_4 mm, die den in der Sonne gemessenen Wärmegraden entsprochen hätten. Das negative Vorzeichen von s_3 bedeutet dabei, daß in den Schienen über das allgemeine Anschließen hinaus bereits ein achsialer Druck entstehen hätte müssen, wenn der Wärmegrad im Sonnenschein maßgebend wäre.

Daß die Sonnenbestrahlung bloß eine untergeordnete Einwirkung haben kann, glaube ich wie folgt erklären zu können: von der Oberfläche der Schiene kann der sonnenbeschienene Teil höchstens gleich groß mit dem der Sonne abgewendeten Teil sein, da demgegenüber der Flächeninhalt des beschatteten Teils wenigstens dem des beschienenen gleichkommt. Dies ist im Verlauf eines Tages bloß zweimal

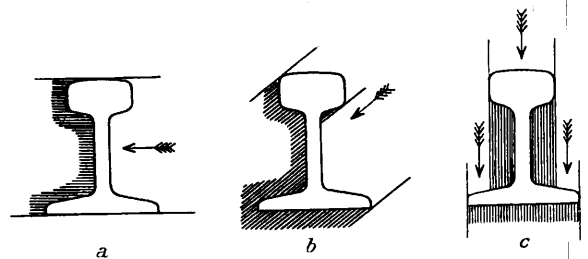


Abb. 2.

möglich: bei Sonnenaufgang und Sonnenuntergang, also wohlgermerkt zu Zeiten, wo die Sonnenstrahlen noch oder bereits wieder kraftlos sind (Textabb. 2 a).

Mit dem Anwachsen des Einfallwinkels der Sonnenstrahlen nimmt der beschienene Teil zugunsten der Kehrseite beständig ab (Textabb. 2 b) und erreicht sein Mindestmaß zu Mittag, also wenn die Sonnenwirkung am stärksten ist (Textabb. 2 c). Diese Verhältnisse sind außer vom Sonnenstande auch von der Himmelsrichtung abhängig, in der das Gleis liegt (Anmerk. der Schriftl.).

Die Abänderung des Anteils der beiden Oberflächenteile gestaltet sich bei unseren Schienen zu 42,8 kg/m mit einer Kopfbreite von 70 mm, Schienenhöhe 139 mm, Fußbreite 120 mm wie folgt:

Einfallwinkel der Sonnenstrahlen	Sonnenbeschienener Teil	Beschatteter Teil
	% der Summe beider Teile	
0°	50	50
30°	39	61
45°	38	62
60°	34	66
90°	27	73

Je größer also die Wirkung der Sonne auf die Flächeneinheit, um so kleiner ist ihre Wirkungsfläche und umgekehrt. Man muß sich außerdem noch vor Augen halten, daß nach der vorstehenden Erklärung die Bahnebene der Sonne senkrecht zur Schienenachse bis zum Zenith gedacht ist. Das

tritt aber tatsächlich kaum ein, so daß das Schattengebiet noch mehr vorherrscht. Man kann es also als sicher hinstellen, daß die Wärmegrade des Schattens maßgebend sein müssen, die das Eisen als guter Wärmeleiter ja ebenso gut ausgleichend weiterleitet wie die Wärmegrade des Sonnenscheines. Die Güte der Wärmeleitung kann übrigens als ein ziemlich dehnbarer Begriff bezeichnet werden. Ich machte zur wärmsten Zeit des Sommers 1927 eine Reihe von besonderen Beobachtungen über die gleichzeitigen Wärmegrade im Schatten und im Sonnenschein. Der Genauigkeit wegen verwendete ich hierzu je zwei Luftwärmemesser und zwei Kesselwärmemesser. Die Quecksilberbehälter der letztgenannten waren in äußerst feinem Eisenstaub versenkt. Im Schatten zeigten die vier Meßgeräte genau den gleichen Wärmegrad an. Den sengenden Sonnenstrahlen ausgesetzt stiegen die Quecksilbersäulen der Luftwärmemesser sofort und erreichten ihre endgültige Höhe schon im Verlaufe einiger Minuten. Demgegenüber vergingen wohl über $1\frac{1}{2}$ Stunden, ehe die Kesselwärmemesser denselben Wärmegrad anzeigten, obzwar des Antastens der Oberfläche des Eisenstaubes bereits nach kurzer Zeit schmerzhaft wirkte. Endlich mußten noch weitere 15 bis 20 Minuten verstreichen, bis das Quecksilber noch um 5 bis 6° , bis zur endgültigen Lage höher stieg.

Selbstverständlich kann für die Beurteilung der Wärmeleitung der Eisenstaub, der zwischen den einzelnen Staubkörnern Lufträume läßt, mit dem massiven Stahl nicht verglichen werden. Dennoch ist zu bemerken, daß auch im dichten Walzstahl die Leitung der Wärme rechtwinklig zur Richtung der Fasern zweifellos langsamer vor sich geht als in der Walzrichtung.

Unabhängig von den Untersuchungen am Betriebsgleise richtete ich noch eine Versuchsstelle besonderer Art ein. Es wurden zwei gleiche, 22 m lange Schienen an einem Ende in festen Betonblöcken F_1 , F_2 unbeweglich eingemauert. Die Schiene F_2 ruhte auf Stahlwalzen von 3 cm Durchmesser, die auf zwei nebeneinander angeordneten Schienensträngen lagen. Hierdurch war das Dehnen der Versuchsschiene nach Möglichkeit erleichtert. Der Schiene F_1 hingegen wurden alle Hindernisse beseitigt, die der Ausdehnung der Streckenschiene begegnen (Textabb. 3 und 4).

20 m von den Betonblöcken entfernt wurden in den Fuß beider Versuchsschienen Stahlkeile als Meßmarken eingesetzt, die mit ihren haarscharfen Kanten an Meßleisten aus Messing die Dehnung beider Versuchsschienen gleichlaufend zeigten. Die Ergebnisse der Aufnahmen sind in Abb. 9 und 10, Taf. 9 dargestellt, die für die Zeit von Mai bis Ende 1927 die bei den verschiedensten Luftwärmegraden beobachteten Stellungen der Meßmarken enthalten. Die ausgezogenen Geraden bedeuten die gesetzmäßige Dehnung nach der Formel $l=l_0(1+0,000012t^{\circ})$. Die strichpunktierten Geraden sind die Ausgleichslinien der beiden Beobachtungsgruppen. Dabei bezieht sich Abb. 9, Taf. 9 auf die unbehinderte Dehnung (Schiene F_2), Abb. 10, Taf. 9 dagegen auf die behinderte Ausdehnung ähnlich der einer Streckenschiene (Schiene F_1).

Zur Berechnung der Querswellen.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. Diehl, Karlsruhe.

Im folgenden soll kurz gezeigt werden, daß für die Berechnung der Tragfähigkeit von Querswellen unter Beachtung der für die Art des Unterstopfens, insbesondere bei Eisen-schwellen, gültigen Vorschriften die von Engesser im Organ 1888 angegebene Formel den tatsächlichen Verhältnissen besser entsprechende Werte gibt als die von Zimmermann in seinem Werk „Die Berechnung des Eisenbahnoberbaues“

Der auffallende Neigungsunterschied der beiden Ausgleichsgeraden zu der gesetzmäßigen beweist, daß die Dehnung der Schiene F_2 im Verhältnis bedeutend stärker war als die der Schiene F_1 . Es liegt ein gewisser Gegensatz zu den aus Abb. 1 bis 6, Taf. 9 ersichtlichen Ergebnissen vor. Der Widerspruch ist jedoch nur scheinbar. Man denke bloß an den wesentlichen Unterschied der Umstände, die bei den Untersuchungen im Gleise und außerhalb obwalteten. Die Versuchsschienen F_1 und F_2 , abseits von der Verkehrsstrecke eingebaut, verblieben während der ganzen Zeitdauer der

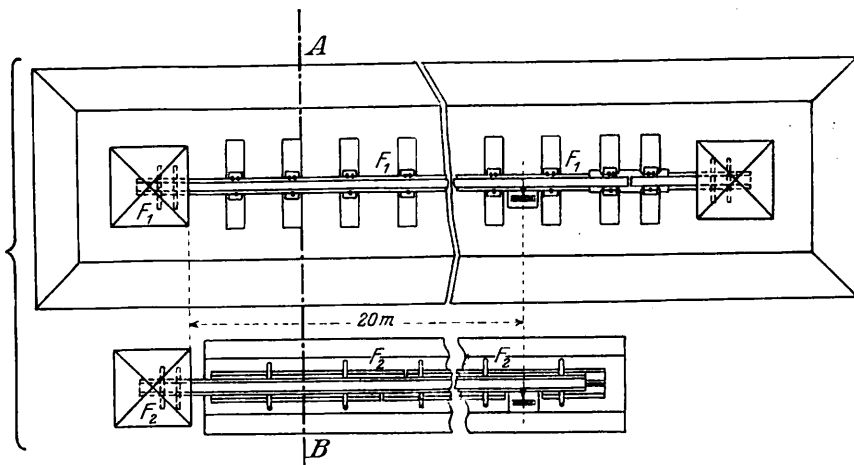


Abb. 3.

Untersuchungen in vollständiger Ruhe, nur daß die Schrauben der Schiene F_1 zweimal behutsam nachgespannt wurden. Hierdurch konnte sogar die in Ungarn übliche Schienenbefestigung auf die Dehnung hemmend wirken.

Bei den stets befahrenen Streckenschienen hingegen läßt die Festigkeit der Schrauben auch bei peinlichst genauer Gleispflege soweit nach, daß die unstreitig durch elementare Kräfte verursachte Schienendehnung unvermindert bleibt.

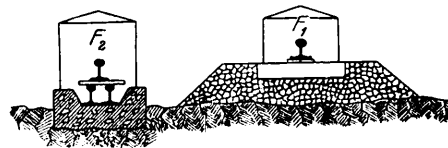


Abb. 4.

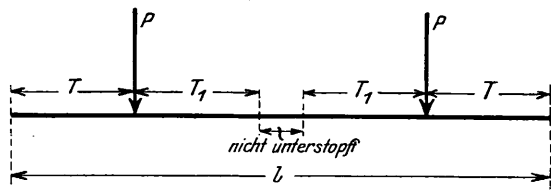
Hätte die Versuchsschiene F_1 gleichermaßen wie die Streckenschienen während der Zeitdauer der Untersuchungen 100000 bis 120000mal den Raddruck von sechs bis acht Tonnen erleiden müssen, so wäre ihre Dehnung meines Erachtens mit der der Versuchsschiene F_2 gleich gewesen.

Erfahrungsgemäß wird ein Stoßfugenmaß von 20 mm (den Wärmegraden -25°C und $+45^{\circ}\text{C}$ entsprechend) als äußerste Grenzmöglichkeiten noch als unschädlich angesehen. Auf Grund meiner Untersuchungen schlug ich als höchstes Längenmaß der Schieneneinheiten 24 m vor. Die Dehnung wird für 70° Wärmeschwankung (-25°C und $+45^{\circ}\text{C}$) genau berechnet: $70 \cdot 24 \cdot 0,012 = 20,16 \text{ mm}$.

1888, abgeleitete Formel. Im Anschluß daran soll aus der Formel von Engesser eine kurze, für den praktischen Gebrauch aber wohl ausreichende Näherungsformel entwickelt werden, die auch die Radstandsverhältnisse bei dichter Lastfolge, wie sie für die Berechnung der Querswellen maßgebend ist, berücksichtigt.

Zimmermann setzt eine überall gleichmäßige Unter-

stopfung der ganzen Schwelle voraus; Engesser nimmt an, daß die Querschwellen in der Mitte auf eine gewisse Strecke nicht unterstopft, daß die Tangente an die Biegungslinie der Schwelle in den Lastpunkten parallel zur Axe der unbe-



lasteten Schwelle sei und daß der Bodendruck vom Lastpunkte aus nach beiden Seiten hin in parabolischem Verhältnis abnehme. Unter diesen Voraussetzungen ergeben sich für verschiedene Arten von Eisenschwellen die folgenden Maße für T und T₁ und für das nicht unterstopfte Teilstück der Schwelle, wenn s die Regelspurweite und l die Schwellenlänge bedeutet.

Schwellenform	l cm	T = $\frac{l-s}{2}$ cm	T ₁ nach Engesser cm	Nicht unterstopfte Länge = s - 2T ₁ cm
Badische Form, 60 mm hoch, Gewicht 42 kg	225	37,5	41	68
Desgl. 75 mm hoch, Gewicht 54 kg	225	37,5	41	68
Desgl. 100 mm hoch, Gewicht 70 kg	240	45	51	48
Reichsoberbau Sw _{1a} 100 mm hoch, Gewicht 78 kg	250	50	58	34

Die neuerdings für den Reichsoberbau verwendeten Bettungsfüllkästen sind so gebaut, daß in Gleismitte ein Stück von 40 cm von der Unterstopfung frei bleibt. Die der Berechnungsweise von Engesser zugrunde liegenden Annahmen treffen also gerade bei den schweren Walzformen gut zu.

Ein Vergleich der nach Zimmermann und nach Engesser ermittelten Werte für die Beanspruchung im Lastpunkt ergibt für neue Schwellen und für eine Radlast von 1000 kg = 1 t die hierunter zusammengestellten Zahlen, wobei r den Radstand, a den Schwellenabstand bedeuten. Die Zahlen in Klammern geben das jeweilige Verhältnis zwischen Schienenendruck und Radlast an.

Schwellenform	a in cm	r a	Beanspruchung in kg/qcm bei einer Bettungsziffer von				nach Z mehr als nach E in %	
			C=8		C=15		C=8	C=15
			nach E	nach Z	nach E	nach Z		
Badische Form, 60 mm hoch	78	2	215 (0,53)	369 (0,53)	212 (0,55)	384 (0,55)	72	81
Desgl. (Höllentalbahn)	100	1,5	278 (0,69)	480 (0,69)	270 (0,70)	491 (0,70)	73	82
Desgl. 75 mm hoch	78	2	117 (0,53)	185 (0,54)	119 (0,56)	199 (0,56)	58	67
Desgl. 100 mm hoch	78	2	93 (0,53)	125 (0,53)	94 (0,55)	131 (0,55)	35	39

Man sieht, daß insbesondere bei den leichten Schwellen die Formel von Zimmermann bis zu 82% höhere Werte ergibt als die von Engesser; bei den schweren Schwellen ist der Unterschied geringer.

Für neue, 60 mm hohe Schwellen im Abstand von 1 m und bei einer Radlast von 7,4 t ergibt sich demnach bei C=8 eine Spannung

von 7,4 · 278 = 2057 kg/qcm nach Engesser und von 7,4 · 480 = 3552 kg/qcm nach Zimmermann;

Für Schwellen, die am Schienenlager nur 4 mm eingerieben sind, ergäbe sich eine Spannung von

2264 kg/qcm nach Engesser und von 4100 kg/qcm nach Zimmermann.

Dieser rechnungsmäßigen Beanspruchung haben die Schwellen der Zahnradstrecke der badischen Höllentalbahn nahezu 30 Jahre standgehalten. Bei Zerreißversuchen, die im Jahre 1917 mit Flachstäben aus der Kopfplatte solcher Schwellen vorgenommen wurden, ergab sich als Mittel aus sechs Versuchen eine Zerreißfestigkeit des Flußeisens von 4220 kg/qcm, eine Streckgrenze von nahezu 3000 kg/qcm und eine Dehnung beim Langstab von rund 25%. Es geht daraus hervor, daß die der Formel von Zimmermann zugrunde gelegte Voraussetzung gleichmäßiger Unterstopfung auf die ganze Schwellenlänge — bei Eisenschwellen sicher — zu ungünstig ist und daß die Engessersche Formel der Wirklichkeit viel näher kommt.

Die von Engesser abgeleitete Formel zur Berechnung des Größtmomentes der Querschwellen lautet:

$$M = \frac{P t^2}{u} \left(1 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

Hierin bedeuten:

P den Schienenendruck, d. h. den auf die Schwelle entfallenden Teil des Raddrucks;

t = T vermindert nun die halbe Schienenfußbreite = $\frac{l-s}{2} - \frac{f}{2}$;

u die unterstopfte Länge der Schwelle = l - 40 cm;

φ einen Beiwert von der Größe $\varphi = 1: \left[\frac{24 E' J'}{C b T^4} + 15 \right]$,

worin

E' die Elastizitätsziffer,

J' das Trägheitsmoment der Schwelle,

b ihre untere Breite und

C die Bettungsziffer bedeutet.

Nun ist nach Zimmermann der Schwellensenkungsdruck

$D = \frac{C b u}{2(1 + \varphi)}$ und der Schienenbiegungsdruck $B = \frac{C E J}{a^3}$,

wobei E und J sich auf die Schiene beziehen und a den

Schwellenabstand bedeutet; ferner ist $\frac{B}{D} = \gamma$. Setzt man

$D_0 = \frac{C b u}{2}$ und demgemäß $\gamma_0 = \frac{B}{D_0}$, so wird $D = \frac{D_0}{1 + \varphi}$,

woraus folgt

$$1 - \frac{\varphi}{2} = \frac{3}{2} - \frac{\gamma}{2\gamma_0}$$

Der Schienenendruck P nimmt für verschiedene Verhältnisse von Radstand r zu Schwellenabstand a die Werte an: für

$$\text{für } \frac{r}{a} = 2, P = \frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} \cdot G = G \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{16\gamma} + \dots \right] =$$

$$= \frac{a}{r} \cdot G \left[1 + \frac{1}{8\gamma} + \dots \right];$$

$$\text{für } \frac{r}{a} = 1,5, P = \frac{8\gamma + 3}{12\gamma + 4} \cdot G = G \left[\frac{2}{3} + \frac{1}{36\gamma} + \dots \right] =$$

$$= \frac{a}{r} \cdot G \left[1 + \frac{1}{24\gamma} + \dots \right];$$

wenn G den Raddruck darstellt. Die Formeln gelten für engstehende Radlasten, wie sie praktisch bei der Berechnung der Tragfähigkeit der Schwellen in der Regel vorausgesetzt werden müssen, da dies der ungünstigste Fall ist. Für eine Einzellast muß mit der Formel

$$P = \frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2} \cdot G$$

gerechnet werden.

Man erhält dann für das Größtmoment im Lastpunkt die Werte:

$$\text{für } \frac{r}{a} = 2, \quad M = \frac{G t^2}{u} \cdot \frac{a}{r} \left(1 + \frac{1}{8\gamma} + \dots \right) \cdot \left(\frac{3}{2} + \frac{\gamma}{2\gamma_0} \right)$$

$$\text{für } \frac{r}{a} = 1,5, \quad M = \frac{G t^2}{u} \cdot \frac{a}{r} \left(1 + \frac{1}{24\gamma} + \dots \right) \cdot \left(\frac{3}{2} + \frac{\gamma}{2\gamma_0} \right)$$

Da nun γ meistens zwischen $1,0 \gamma_0$ und $1,2 \gamma_0$ schwankt und im Mittel $\gamma = 1,1 \gamma_0$ oder $\gamma_0 = 0,9 \gamma$ gesetzt werden kann, erhält man für die Klammerausdrücke die Werte:

$$\text{für } \frac{r}{a} = 2 : 0,95 + \frac{0,12}{\gamma}$$

$$\text{für } \frac{r}{a} = 1,5 : 0,95 + \frac{0,04}{\gamma}$$

Hierbei ist das zweite Glied im Verhältnis zum ersten klein, so daß man annähernd beide Ausdrücke = 1 setzen kann. Man erhält dann für engstehende Radlasten folgenden Wert für das Größtmoment in der Schwelle:

$$M = \frac{a}{r} \cdot \frac{t^2}{u} \cdot G,$$

eine Formel, die sich selbstredend auch ohne weiteres ableiten läßt, wenn man die Schwelle als unelastisch von Anfang an vorausgesetzt hätte.

Zur Beurteilung der Zuverlässigkeit der Formel sollen

die genauen Werte nach Engesser den nach der Näherungsformel ermittelten gegenübergestellt werden unter Zugrundelegung einer Radlast von $G = 1 \text{ t}$. Bei der genauen Formel ist dabei der Mittelwert des Momentes für $C = 8$ und für $C = 15$ eingesetzt. Die folgende Zusammenstellung zeigt, daß die Abweichungen von der genauen Formel nur klein sind. Im Hinblick auf die Unsicherheit der Berechnungsgrundlagen, die insbesondere in der Wahl der Bettungsziffer, in der Ungleichmäßigkeit der Unterstopfung der einzelnen Schwellen und auch im Abnutzungsgrad der Schwellen (vgl. den Wert von J' in dem Ausdruck für φ) liegen, dürfte diese auf Grund der Engesserschen Berechnungsweise abgeleitete Näherungsformel als verhältnismäßig zuverlässig bezeichnet werden. Sie gilt, wie nochmals betont wird, nur für engstehende Radlasten.

Schwellenform	$\frac{r}{a}$	l	u = 1-40	$\frac{1}{2} - \frac{1}{2}$	M	M	Fehler in %	
					Näherungsformel	genaue Formel		
		cm	cm	cm	kgem	kgem		
Badische Form								
60 mm hoch .	2	225	185	32	2767	2767	0%	
Desgl. (Höllentalbahn)	1,5	225	185	32	3690	3552	+ 3,9%	
Desgl. 75 mm hoch	2	225	185	32	2767	2936	- 5,4%	
Desgl. 100 mm hoch	2	240	200	39	3803	3959	- 3,9%	
Reichsoberbau Sw _{1a}	2	250	210	44	4610	4560	+ 1,0%	

Zur Ausgestaltung des Holzschwellenoberbaus.

Von Reichsbahnoberrat Dr. Ing. K. Schaechterle, Stuttgart.

Die beachtenswerten Ausführungen des Vorstands der Oberbauabteilung der Niederländischen Staatsbahnen, Ingenieur Ch. H. J. Driessen, Utrecht, in Heft 3 des Organs, Jahrgang 1928 („Einige wirtschaftliche Betrachtungen über den Oberbau“), veranlassen mich zu der Frage der Ausgestaltung des Oberbaus auf Holzschwellen nochmals Stellung zu nehmen.

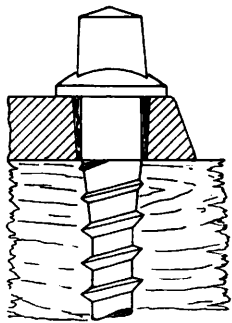


Abb. 1.

Nach Driessen hat sich bei den Niederländischen Staatsbahnen während eines Zeitraums von 15 Jahren gezeigt, daß die Liegedauer der Weichholzschwellen stark gesteigert wird, wenn diese anstatt mit gewöhnlichen Unterlegplatten mit gußeisernen Stühlen ausgestattet werden, die eine Fläche von mehr als 600 cm² haben und durch Schwellenschrauben tatsächlich unverrückbar mit den Schwellen verbunden sind. Über den Reichsoberbau K mit Schienen S 49 auf Holzschwellen sagt Driessen u. a.:

„Beim Oberbau der Deutschen Reichsbahn ist die Fläche der Platten 552 cm² (in den Krümmungen allerdings 624 cm²), aber es muß eine elastische Biegung dieser an sich wohl dicken, aber sehr langen Platten erwartet werden, so daß also eine gleichmäßige Druckverteilung nicht auftreten wird und schließlich beim Zusammendrücken des Schwellenholzes eine Bewegung in wagrechter Richtung auftreten kann, da die Schwellenschrauben die Löcher in den Platten nicht ganz ausfüllen können. Dies alles macht, daß m. E. wohl auf eine

längere Lebensdauer der Schwellen gerechnet werden kann, die Vorteile einer getrennten Befestigung aber nicht völlig ausgenützt werden.“

Beim Oberbau der Niederländischen Staatsbahnen ist die Fläche der Schienenstühle 630 cm², der Baustoff der

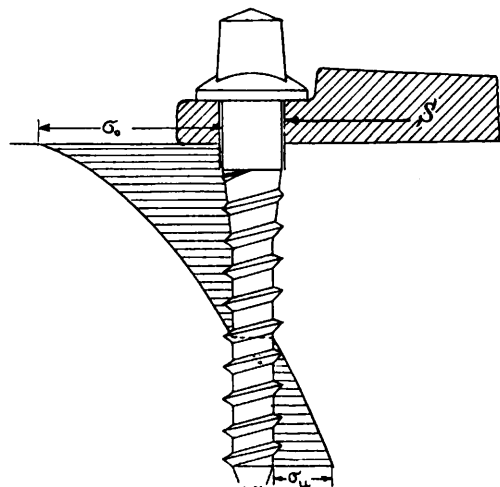


Abb. 2.

hohen Stühle (Gußeisen) verbürgt eine ganz gleichmäßige Druckverteilung, während eine Verschiebung der Stühle auf den Schwellen in wagrechter Richtung ausgeschlossen ist, da die Schwellenschrauben mittels eines Holzringes die Löcher in den Stühlen ganz ausfüllen (Abb. 1). Außerdem ist zu

beachten, daß der Oberbau der Niederländischen Staatsbahnen für Achslasten von 20 t bemessen ist.

Ob der neue Reichsoberbau K mit Schienen S 49 auf Holzschwellen auf die Dauer für Achslasten bis 25 t und Zuggeschwindigkeiten bis 125 km/Std. genügt, muß die Erfahrung lehren. Neben den unbestreitbaren großen Vorzügen in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht haften ihm noch, worauf Driessen mit Recht hinweist, Unvollkommenheiten an, die beseitigt oder zum mindesten verringert werden können. Die schwache Seite des Reichsoberbaus K liegt in der Befestigung der Unterlegplatten auf dem Schwellenholz. Die gewählte Befestigungsart der Rippenplatte auf der Holzschwelle hat den Mangel, daß die von den Fahr-

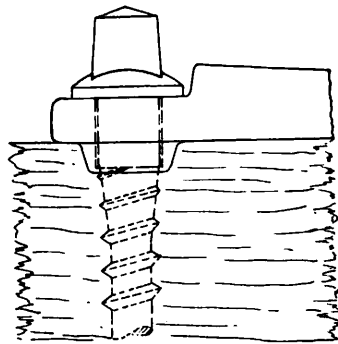


Abb. 3.

zeugen auf die Schienen und von diesen auf die Rippenplatten übertragenen Seitenstöße der Fahrzeuge die Schwellenschrauben auf Biegung und Schub beanspruchen, dadurch hohe Lochwanddrücke im Schwellenholz hervorrufen (Abb. 2). Hierzu kommt der weitere Mangel, daß die Schwellenschrauben die Löcher in den Unterlegplatten nicht satt ausfüllen, wodurch eine Verschiebung der Unterlegplatte auf der Schwelle in wagrechter Richtung möglich ist. Es besteht deshalb die Gefahr, daß das dauernde Rütteln und Stoßen der schweren rollenden Lasten verhältnismäßig bald zu Lockerungen und Lochausweitungen führt, die eine Erhöhung der Unterhaltungsaufwendungen bedingen und ein vorzeitiges Auswechseln der Schwellen erforderlich machen können.

Auf Grund eingehender Studien, theoretischer Berechnungen und praktischer Versuche über Holzverbindungen

habe ich s. Z. eine Entlastung der Schwellenschrauben von Seitenkräften durch runddübelartige Ansätze an den Unterlegplatten vorgeschlagen (Abb. 3). Dieser Vorschlag ist wohl wegen der Schwierigkeit der Herstellung der dübelartigen Ansätze an den gewalzten Platten abgelehnt worden.

Die gekennzeichneten Mängel können aber auch einfach und wirksam dadurch gemildert werden, daß eine besondere Art federnder oder elastischer Ringdübel angewandt wird, die in entsprechende Ausarbeitungen des Schwellenholzes eingreifen. Die Ausarbeitungen können gleichzeitig mit den Verbohrungen für die Schwellenschraube ohne besonderen Arbeitsvorgang und in genau zentrischer Lage ausgeführt werden, der Ringdübel ist im oberen Teil zwischen Schrauben-

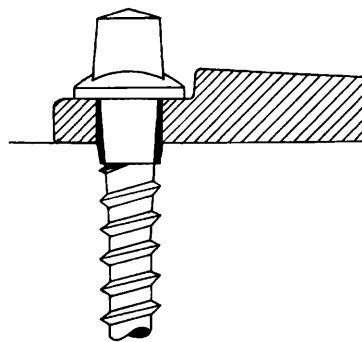


Abb. 4a.

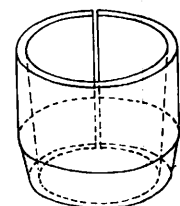


Abb. 4b.

schaft und Plattenloch eingespannt. Die satte Anlagerung wird durch das Anziehen der mit konischem Anzug versehenen Schwellenschraube erreicht. Ein Ausführungsbeispiel ist in Abb. 4a und 4b dargestellt. Die Kosten der Verbesserung sind gering und werden gegenüber den technischen und wirtschaftlichen Vorteilen der Befestigungsweise, die in der unverschieblichen Befestigung der Unterlegplatte auf der Schwelle und der dadurch erreichten längeren Liegedauer der Schwellen bestehen, kaum ins Gewicht fallen.

Persönliches.

Reichsbahndirektionspräsident Dr. Stapff,

der Vorsitzende des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen vollendete am 1. Mai d. J. sein 60. Lebensjahr.

Dr. Stapff übernahm, nachdem er sich in den verschiedensten Stellungen des Staats- und Reichseisenbahndienstes bewährt hatte, Ende Juli 1925 die Leitung der Reichsbahndirektion Berlin und damit zugleich den Vorsitz im Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Während seiner dreijährigen Tätigkeit in diesem Amte hat Präsident Stapff der Fortentwicklung und dem weiteren Ausbau der Einrichtungen des Vereins sein besonderes Interesse gewidmet. Durch eine Reihe von Anregungen hat er es weiter verstanden, neue Aufgaben dem Verein

zuzuführen und hierdurch sein Arbeitsgebiet zu erweitern. Diese Tätigkeit für den Verein ist um so höher zu bewerten, als die Leitung der Direktion Berlin und der hiermit verbundene Vorsitz in der Ständigen Tarifkommission bereits ein volles Maß von Arbeit bedeuten. Mit Geschick und Erfolg leitete Präsident Stapff die im Herbst 1925 in Salzburg und im Herbst 1927 in Lübeck (Travemünde) abgehaltenen Vereinsversammlungen.

Die Schriftleitung des „Organs“ des technischen Fachblattes des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen, bringt Präsidenten Stapff die besten Wünsche für den weiteren Lebensweg und für die Fortsetzung seiner erfolgreichen Tätigkeit im Dienste des Vereins dar.

Berichte.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Eisenbetonschwellen in China.

In China wird fast allgemein die Schwelle aus japanischem Hartholz verwendet. Das Steigen des Holzpreises und der Wunsch eine Schwelle von längerer Lebensdauer zu erhalten, waren die Veranlassung, die Einführung der Eisenbetonschwelle zu erwägen. Zur Bestimmung der Beanspruchung der Schwellen auf Biegung wurden an Holzzschwellen größere Versuche angestellt, aus denen der Elastizitätsmodul und damit die Biegungslinie bestimmt werden konnte. Hierbei wurden Biegunsmessungen an den Schienenauflagern und in Schwellenmitte vorgenommen. Die Versuche wurden angestellt an Schienen mit 27 kg Metergewicht und mit einer Lokomotive mit sechs gekuppelten Achsen und 12 t

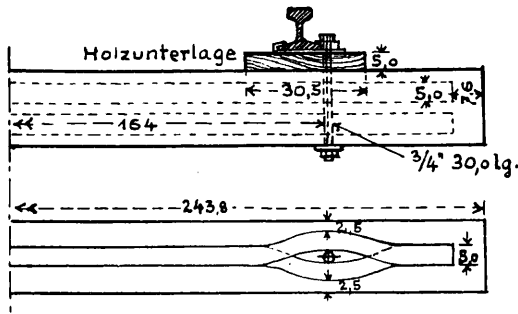
Achsdruck. Es wurden zwei Versuchsreihen durchgeführt und zwar bei Gleisen mit und ohne Schotterbett. Die Durchbiegungen ergaben sich wie folgt:

Gleise ohne Schotter: Auf 15 cm Tiefe fester, verschlammter Boden, 13 Schwellen auf 9.14 m Schienenlänge, größte Durchbiegung = 4 mm.

Gleise mit Schotter: Schotter 15 cm unter Schwelle, 13 Schwellen auf 9.14 m Schienenlänge, größte Durchbiegung = 2.5 mm.

Auf Grund dieser Voruntersuchungen wurde die Eisenbetonschwelle mit überall gleichem Querschnitt entworfen, deren Bewehrung aus zwei alten Heizrohren bestand, die zur Erreichung

einer besseren Betonhaftung unter den Schienenauflägern seitlich ausgebogen waren (siehe Abbildung). Der Beton bestand aus einer Mischung 1:2:4. Bei einem Fallgewicht von 1 t aus 15 cm



Längsschnitt der in China verwendeten Eisenbetonschwellen und Schienenbefestigung.

Höhe brach die Eisenbetonschwelle und zeigte damit keinen hohen Sicherheitsgrad. Auch mit Schwellen für Nebengleisen unter geringerer Belastung wurden Versuche angestellt. Die Bewehrung bestand aus einem Heizrohr.

Schwellen aus Eisenbeton *).

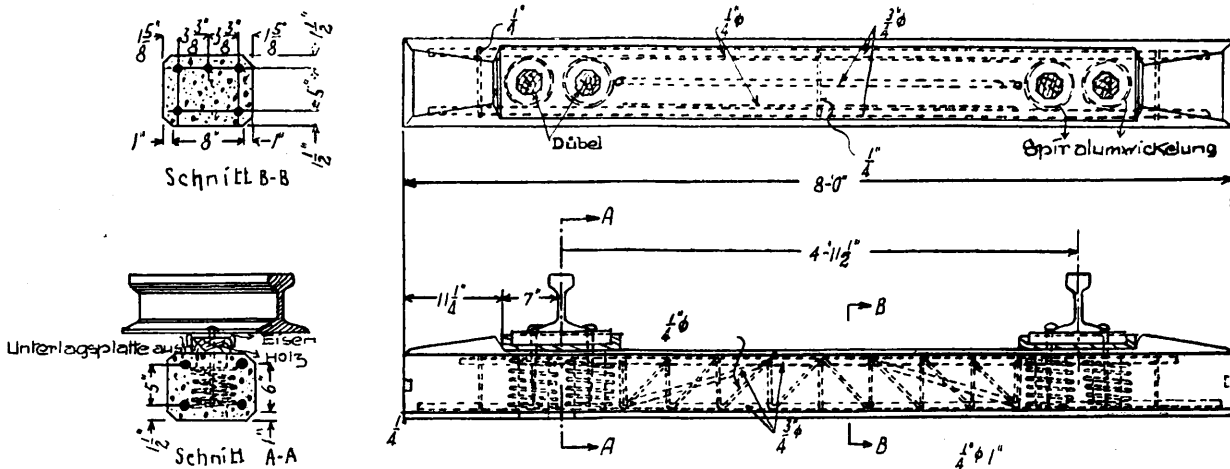
Die Pennsylvania Eisenbahn verlegt mehrere Tausend Eisenbetonschwellen in verschiedenen Bezirken ihres Netzes, um festzustellen, ob diese Schwelle der Holzschwelle wirtschaftlich gleichwertig ist.

Die Eisenbetonschwelle hat ungefähr die gleichen Ausmaße wie unsere Holzschwelle. Sie hat eine Länge von 2.44 m, eine Breite von 25 cm und eine Höhe von 20 cm. An den beiden Enden trägt sie keilförmige Verstärkungen, die gleichsam als Widerlager für den unteren Teil der Auflagerplatte dienen. Letztere besteht aus getränktem Eichenholz mit folgenden Ausmaßen: 356 mm Länge, 127 mm Breite, 44 mm Stärke und einer stählernen Auflagerplatte. In der Achse der Schwelle, beiderseits des Schienenfußes sind Aussparungen von 76 mm Durchmesser vorhanden, in die Dübel aus getränktem Eichenholz eingelassen werden.

Die Befestigung der Schienen auf der Schwelle (siehe Abb.) hat Ähnlichkeit mit der allgemein üblichen Befestigungsart. Der obere eiserne Teil der Unterlagplatte ist an beiden Enden umgebogen.

Durch diese Anordnung wird in gewissem Maße die Verkleinerung der Auflagerfläche gesichert. Das Gewicht des eisernen Teils der Unterlagplatte beträgt 5.2 kg. Die Armierung einer Schwelle wiegt 26 kg.

Draufsicht /



Seitenansicht /

Befestigung der Schienen auf den Eisenbetonschwellen bei der Pennsylvania Eisenbahn.

Die Verwendung der Rohre als Bewehrung wurde als Grund für den Bruch der Schwellen beim ersten Versuch betrachtet. Man ging daher zur Verwendung von Rundeisen über, von denen in der Druck- und Zugzone je sieben Stück verwendet wurden. Die Befestigungsart der Schienen auf den Schwellen hat innerhalb zweier Jahre keine Beanstandung ergeben. Im ganzen wurden 70 Schwellen im Gleise eingebaut, die mit 14 t Achsdruck beansprucht sind. Das Gleis bestand aus Schienen von 8.23 m Länge und 27.2 kg/m bei elf Schwellen auf Schienenlänge. Es erfolgte im ganzen nur ein Schienenbruch. Die in zehn Schienen auftretenden Risse machten eine Auswechslung der Schwellen nicht nötig. Die Beobachtung ergab, daß die überwiegende Mehrzahl der Schwellen in der Mitte brach und daß die Beanspruchung zwischen den Schienen entweder gleichmäßig ist oder von den Schienenauflägern gegen die Mitte bis zu einem Höchstwert zunimmt. Die Rechnung ergibt in ersterem Fall nur eine zulässige Achslast von 2,85 t, im zweiten Fall eine solche von 3,8 t. Wird der Auflagerdruck dagegen gleichmäßig über die ganze Schwellenlänge von 2,438 m angenommen, so würde eine Achslast von 16,8 t zugelassen werden können. Je mehr sich also die Verteilung des Achsdruckes dem letzten Falle nähert, was von der Unterkrampfung der Schwellen abhängt, um so günstiger wird die Beanspruchung der Schwelle.

Die Kosten der Eisenbetonschwelle mit Rohren bzw. mit Rundeisenbewehrung betragen 8,10 bzw. 9,25 *R.M.*, die der Hartholzschwelle 9,45 *R.M.*

(The Railway Engineer, Januar 1928, S. 32.)

Der statischen Berechnung liegt eine dynamische Belastung von 19.230 kg für jede Schwelle zugrunde. Die Beanspruchung des Materials ist folgende:

Beton	0,77 kg/mm ²	auf Druck,
Eisen	11,95	„ „ „
„	4,92	„ „ Zug.

Außer den Längseisen und den Bügeln ist eine Spiralummwicklung für die Öffnungen der Dübel vorgesehen. Der innere Durchmesser dieser Spiralummwicklung beträgt 133 mm.

Der verwendete Beton hat folgendes Mischungsverhältnis: 1 Teil Zement, 1,8 Teile Sand, 2,4 Teile Graß. 48 Stunden nach dem Abbinden des Betons beträgt die Druckfestigkeit der Versuchswürfel 0,663 bis 0,77 kg/mm². Die Schwelle hat ein Gewicht von 270 kg. Daher ist es vorteilhaft beim Verladen und Verlegen sich maschineller Einrichtungen zu bedienen. Scherer.

(Bull. d. Ch. d. f. Jan. 1928.)

Eisenbetonplatten statt des Schotterbettes.

Im Dezember 1926 wurden in einem Doppelbahngleis der Pere Marquette Bahn in den Vereinigten Staaten zu Versuchszwecken statt des Schotterbettes durchlaufende Eisenbetonplatten eingebaut. Die Versuchsstrecke ist rund 400 m lang. Die aneinanderstoßenden Platten sind je 12 m lang, 3,05 m breit und 0,53 m dick. Sie enthalten neben der gewöhnlichen Eisenbewehrung besondere Stahleinlagen, an denen die Schienen

*) Vergl. auch Organ 1927, S. 191.

mittels Schrauben und Klemmplättchen ohne zwischengelegte Unterlagplatten befestigt sind.

Durch die Anordnung sollen die Unterhaltungskosten für das Gleis und für die Fahrzeuge, außerdem durch die notwendig werdende geringere Zugkraft der Kohlenverbrauch herabgemindert werden. Allerdings wurde dagegen eingewendet, daß die neue Bauweise eine allzu gewaltsame Abkehr von der bisher gebräuchlichen sei und daß man mit verschiedenen Nachteilen wie hartes Fahren, schädliche Einflüsse des Frostes auf den Beton, Setzen des Untergrundes und damit Zerstörung der Platten u. dgl. rechnen müsse. Diese Einwände wurden nicht als ohne weiteres begründet betrachtet. Auf einer völlig starren und unnachgiebigen Unterlage ist keine Ursache für Stöße gegeben. Der Beton mußte die Beanspruchung aushalten, da sich einschließlich des Stoßkoeffizienten nur eine Betonbeanspruchung von 49,8 kg/cm² ergab. Da nach den Erfahrungen die Schienenunterlagen aus Holz oder einem sonstigen nachgiebigen Stoff immer die Ursache für ein mehr oder minder unebenes Gleis sind und die großen Kosten der Unterhaltung verursacht, so war die Aufgabe gestellt für das Gleis eine Unterlage zu schaffen, die eine Überschreitung der Tragkraft des Untergrundes hintanhält, eine nach Höhe und Richtung möglichst vollendete Gleislage bewirkt, eine einwandfreie Schienenbefestigung zuläßt und bei der einzelne Platten bei Setzen des Untergrundes wieder in ihre alte Lage gebracht werden können.

Bei den Eisenbetonschwellen hatte man schon früher die schlimme Erfahrung gemacht, daß die Schienen, die ohne Unterlagplatte unmittelbar dem Beton auflagen, sich in diesen bis zur Stahlarmierung einarbeiteten. Nachdem die Schienen bei der vorgesehenen Bauart auf ihre ganze Länge satt auf dem Beton aufliegen, glaubte man dies hier nicht befürchten zu müssen. Für die Betonplatten wurde eine Breite von 3,05 m und eine Dicke von 0,53 m (ursprünglich 0,46 m) vorgesehen.

Nach Ablauf des ersten Betriebsjahres konnte festgestellt werden, daß sich die Betonplatten bestens bewährt haben. Es

konnten weder Zerstörungen unter den Schienen noch von Stoßwirkungen herrührende Schäden bemerkt werden. Der Einfluß auf die Fahrzeuge konnte bei der geringen Länge der Probestrecke nicht einwandfrei festgestellt werden. Doch konnte aus dem ruhigen und weichen Befahren der Strecke geschlossen werden, daß eine Schonung der Fahrzeuge zweifellos erreicht wird. Die Schienenstöße waren in bestem Zustand. Bei den vorhandenen 64 Stößen waren die Senkungen: 1=1,2 mm, 9=0,9 mm, 16=0,4 mm, bei den übrigen waren Senkungen nicht meßbar. Die an einigen Stößen feststellbaren Schienenabnützungen nach der Höhe dürften von der ungleichen Höhe der aneinanderstoßenden Schienen herrühren. Die von Zeit zu Zeit vorgenommenen Messungen ergaben eine allmähliche, gleichmäßige Setzung der Platten von im Ganzen 2,7 cm. Dies war auffallend, weil der eine Teil der Platten auf einer bis zu 0,76 m hohen Auffüllung, der andere im Antrag lag. Die Setzung erfolgte aber so allmählich, daß sie auf das Befahren der Strecke keinen Einfluß hatte. Die Platten zeigten nur an vier Stellen feine Haarrisse über die ganze Breite, die jedoch darin ihren Grund zu haben scheinen, daß hier die Grenzen der täglichen Arbeitsleistungen waren. Die bald einsetzende Schienenwanderung konnte durch entsprechende Maßnahmen zum Stillstand gebracht werden. Das Fahrgeräusch ist ganz verschieden von dem auf den Strecken der üblichen Bauart und hat metallenen Klang.

Die Versuche haben verschiedene Wege gezeigt, wie die bestehende Anordnung künftig verbessert werden kann. Die unter den Schienen vorhandenen Gewebepplatten haben sich nicht bewährt: sie sind von zu geringer Festigkeit und saugen trotz des Asphaltgehaltes das Wasser auf, wodurch sie erweicht und zu beiden Seiten des Gleises herausgedrückt werden. — Durch Einsparungen am Beton und an den Eiseneinlagen können die Herstellungskosten herabgemindert werden, ohne die nötige Festigkeit zu unterschreiten. Als geringstmögliche Plattenbreite wurde 2,75 m berechnet.

Wa.

(Railway Age vom 14. Januar 1928.)

Betrieb in technischer Beziehung; Signalwesen.

Zentrale Zugleitung.

Auf einer 64 km langen Strecke (59 km eingleisig und 5 km zweigleisig) der New York-Central-Gesellschaft zwischen Toledo und Berwick in Ohio wurde die zentrale Zugleitung (Dispatching System) eingerichtet. Mittels eines Apparates, der sich in Fostoria befindet, stellt und überwacht der Zugleiter alle Weichen und Signale und empfängt alle Mitteilungen über die Zuglage. Während kein Zug die Lage des anderen kennt, regelt der Zugleiter (Dispatcher) die Kreuzungen und Überholungen, wie sie die augenblicklichen Verhältnisse erfordern. Der Verkehr auf der überwachten Strecke umfaßt 14 Personen- und 20 Güterzüge.

Auf der ganzen Strecke sind Taglichtsignale vorhanden, die auf der zweigleisigen Strecke den Verkehr nach beiden Richtungen auf beiden Gleisen ermöglichen. Neben einer selbsttätigen Kontrolle sind die Signale auch durch den Zugleiter überwacht. Zusammengehörige Weichen und Signale sind in eine Gruppe zusammengefaßt und können durch einen Hebel im Überwachungsapparat überprüft werden. Sich gefährdende Weichen- oder Signalstellungen schließen sich im Apparat elektrisch aus. Die Signalstellung ist in Abhängigkeit von der Weichenstellung. Die Kontrollen sind zwangsläufig, so daß infolge der im Apparat vorhandenen Überwachungseinrichtungen der Zugleiter nicht in der Lage ist, Zugbewegungen zuzulassen, die sich gefährden können. Der Apparat enthält:

1. einen Spurplan, in dem durch kleine Lämpchen der augenblickliche Ort des Zuges selbsttätig angezeigt wird,
2. einen verzerrten Spurplan der Stationsanlagen, mit den kraftbedienten Weichen.
3. eine Lampenreihe, welche den Ort der Züge und ihre Bewegungsrichtung anzeigt,
4. die Kontrollhebel, durch welche die Signale und Weichen umgestellt und überwacht werden. Durch die Bedienung dieser Hebel werden auch die Weichenbilder auf dem Spurplan unter 2. umgestellt.

Die Hebel für die Signal- und Weichenüberwachung unter 4. können in drei Lagen sein:

Hebel in Mittellage: Die Signale sind in der Haltstellung, die Weichen bleiben in der Stellung, in der sie beim letzten Befahren waren.

Hebel aufwärts: Die Weichen kommen in die ablenkende Stellung, die Signale können in die entsprechende Fahrtstellung gebracht werden, wenn sie durch den Block frei sind.

Hebel abwärts: Die Weichen stehen auf geraden Strang, die Signale können in die entsprechende Fahrtstellung gebracht werden, wenn sie durch den Block frei sind.

Für jeden Zug wird im Spurplan ein Stöpsel gesteckt, der die Zugnummer und die Fahrriichtung enthält. Der Stöpsel wird durch den Zugleiter umgesteckt, je nachdem die Lampen die Lage des Zuges anzeigen. Die eine Weichen- und Signalgruppe bezeichnende Lampe leuchtet auf, sobald der Zug in diese Gruppe eingefahren ist. Sie leuchtet so lange, bis er die Gruppe wieder verlassen hat.

Der Arbeitsvorgang am Zugleitungsapparat ist in Heft 8 von Railway Age 1927. 2. Halbj., ausführlich beschrieben. Es geht daraus hervor, daß der Zugleiter durch die Beobachtung der selbsttätig vor seinen Augen erscheinenden Meldungen und durch die Bedienung der Kontrollhebel den Betrieb so vorteilhaft leiten kann, daß die Züge seinen Bezirk schneller durchlaufen als bisher. Für die zentrale Zugleitung ist die Benützung des Telephons als Regel nicht vorgesehen. Das Telephon kommt nur in Betracht, wenn dem Zugleiter angezeigt werden soll, daß Züge in seinen Bezirk einfahren und um ihm selbst die Möglichkeit zu geben andere Bezirke zu verständigen, wenn Züge seinen Bezirk verlassen.

Der Übergang auf die neue Betriebsart, d. h. die Einschaltung der neuen technischen Einrichtungen vollzog sich in einer Minute. Zu dieser Zeit mußten alle in der Strecke befindlichen Züge anhalten. Nach 10 Minuten waren die telephonischen Meldungen aller Dienststellen eingelaufen, daß die neue Anlage betriebsfertig ist.

Als Erfolg der neuen Betriebsart wird bezeichnet: Herabdrückung der Betriebskosten, Verminderung der Zugverspätungen, Erhöhung der Betriebssicherheit, erhöhte Ausnützbarkeit der Gleise und des rollenden Materials.

Wa.