

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

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

82. Jahrgang

15. Januar 1927

Heft 1

Experimentelle Grundlagen der Thermit-Schienenschweißung auf freier Strecke.

Von Reichsbahnoberrat A. Wöhrl, Nürnberg.

Hierzu Tafel 1 bis 3.

Vor Inangriffnahme der ersten Schienenschweißungen im bayerischen Eisenbahnnetz, deren Durchführung ich im Sommer 1924 zwecks grundsätzlicher Klärung aller in Betracht kommenden technischen und wirtschaftlichen Fragen anregte und nach Überwindung einiger Schwierigkeiten auch im Herbst 1924 durchführen durfte, war ich mir im Klaren, daß nur durch experimentelle Forschung ein sicheres Urteil gewonnen werden könne darüber, ob und wie der geschweißte Schienensstofs für den Fortschritt der Eisenbahnen nutzbar gemacht werden kann und ob das letzte wichtigste, von Anfang an den meisten Zweifeln begegnende aber doch erstrebenswerteste Ziel, die Schweißung der freien Strecke, überhaupt ernstlich in Betracht kommen kann.

Die Schweißung von Schienensstößen auf Brücken und in Tunneln, die ja mit der freien Strecke nicht verglichen werden kann, war schon in Norddeutschland vorausgegangen. Außerdem stand damals schon die Brauchbarkeit und der Vorteil der Schienenschweißung für Übergangsstöße, Herzstücke (das erste wurde auf meine Veranlassung [Herbst 1924] in Nürnberg Rangierbahnhof behelfsmäßig mit bestem Erfolge geschweißst), dann für Ablaufgleise, für Laufkränze von Drehscheiben, für Schiebebühnengleise usw. fest.

Die Güte der aluminothermischen Schweißung an sich (die Schweißung von Gleisstößen mittels des elektrischen Lichtbogens hat sich als unbrauchbar erwiesen), an die man lange nicht glaubte und glauben wollte, ist heute wohl kaum mehr anzuzweifeln. Dabei ist zu berücksichtigen, daß auf Grund der fortschreitenden Erfahrungen ständig an einer Verbesserung des Schweißverfahrens gearbeitet wird und weitere Fortschritte zweifellos noch zu erwarten sind.

Von den 186 Stößen, die im Herbst 1924 in Nürnberg Rangierbahnhof geschweißst wurden, weist bisher keiner auch nur die Spur einer Beschädigung auf trotz des lebhaften Güterzugverkehrs der Richtung Crailsheim—Nürnberg

Trotzdem würde es als ein großes Wagnis erscheinen heute schon die Schienenschweißung auch auf der freien Strecke in größeren Längen zuzulassen. Hier sind die Verhältnisse noch nicht genügend geklärt und es bestehen mit Recht die widerstrebendsten Anschauungen. Einzelne Fachleute glauben heute schon, kilometerlange Strecken ohne jegliche Gefahr schweißen zu können; es wurden tatsächlich auch schon 1920 Vignolschienen (27 kg/m) in Längen von 1000 m auf der Luegallee in Düsseldorf-Oberkassel geschweißst und haben seit dieser Zeit anstandslos im Betrieb gestanden. Die Schienen wurden zum Schutze gegen die Wärmeeinwirkung beiderseits 20 cm breit in Kesselasche eingebettet (siehe Bericht des Generaldirektors M. Schwabe der Rheinischen Bahngesellschaft in Düsseldorf auf dem III. Internationalen Kongress Budapest 1925, dann Gleistechnik 1926, Heft 1).

Andere Fachleute wiederum packt es wie Entsetzen, wenn von einer Verschweißung langer Gleisstrecken der freien Strecke gesprochen wird. Sie können den Gedanken nicht los werden, daß die Schienen für ihre Ausdehnung den nötigen Spielraum finden müssen und daß jede Verhinderung — ja schon Erschwerung — dieser Ausdehnung mit Naturnotwendigkeit dazu führen muß, daß sich die Schienen gewaltsam einen

Weg suchen und unter Zerstörung der Gleislage seitlich ausweichen (Verwerfungen) und nach Umständen sogar zu schweren Betriebsunfällen Anlaß geben.

Wer selbst solche Verwerfungen erlebt und die hierbei auftretenden gewaltigen Kräfte beobachtet hat, wird die Sorge dieser Fachleute durchaus teilen und verstehen.

Die Verschiedenheit der Anschauungen in den Fachkreisen (siehe auch Organ 1925, Heft 7 und 22) erklärt sich nur daraus, daß das Gebiet der Schienenausdehnung und der hierbei auftretenden axialen und seitlichen Kräfte, die Ursachen der Verwerfungen, die Widerstände des Gleises (Schienen mit Schwellen) in den verschiedenen Bettungsarten, die Widerstände, die der Verschiebung der Schienen auf den Schwellen bei den verschiedenen Schienenbefestigungsmitteln entgegenwirken, die Widerstände, die die Schwellen in voller Bettung, dann in ausgekofferter Bettung einer Verschiebung entgegenzusetzen usw., nicht genügend erforscht sind und daß über die Wechselwirkung zwischen Gleis, Bettung und Wärmeausdehnung der Schienen keine genügenden experimentellen Versuche vorliegen, auf die ein sicheres Urteil gestützt werden könnte.

Der Wert der Schweißung der freien Strecke ist wohl unbestritten und leuchtet ohne weiteres ein. Die Gleichartigkeit des Gleises ohne Stöße, das ruhige, geräuschlose Fahren, daher die Schonung der Fahrzeuge, die Verminderung der Unterhaltung durch Entfall der Stöße — dieser Schmerzenskinder der Bahnunterhaltung — die Verminderung der Schienwanderung und die Ersparnis an Schwellen infolge gleicher Schwellenteilung usw., das alles bietet so viele und große Vorteile, daß die Möglichkeit der Schweißung der freien Strecke wohl der Prüfung und Forschung sich verlohnt. Der Einwurf, daß bei Unfällen mit Schienenbeschädigungen, dann bei Gleisumbauten und anderweitiger Verwendung von Langschienen Schwierigkeiten mancherlei Art entstehen, ist im Zeitalter des autogenen Schneidverfahrens und Schweißens nicht als erheblich zu erachten — vor allem nicht gegenüber den zu gewinnenden Vorteilen und Ersparnissen.

Daraus ergibt sich ohne weiteres die zwingende Notwendigkeit der experimentellen Durchforschung dieses Gebietes, und erst wenn dies restlos erfolgt sein wird, kann der weitere Weg, die Schweißung größerer Schienenlängen der freien Strecke ohne Gefahr eines Rückschlages beschritten werden.

Nichts wäre auch verderblicher, als wenn durch ein unbedachtsames, übereiltes Vorgehen Mißerfolge entstehen würden, die das an sich tadellose, aussichtsreiche aluminothermische Schweißverfahren in Verruf bringen und die Auswertung des Verfahrens für den Fortschritt der Gleistechnik auf vielleicht viele Jahre zurückwerfen würde.

Bezüglich der chemischen, mikroskopischen und Festigkeitsuntersuchungen verweise ich auf Organ 1925, Heft 22.

Die Fragen, die durch die weitere experimentelle Forschung zunächst geklärt werden müßten, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Welche Längenänderungen der Langschienen sind in unserem Klima (40° C Wärme und 20° C Kälte, zusammen 60° C) zu erwarten

- a) bei Schienen, die nicht in Betriebsgleisen liegen und sich ungehindert ausdehnen können (auf Walzen liegend)?
- b) bei Schienen der verschiedenen Oberbauarten, die in Betriebsgleisen liegen (Holzschwellen-, Eisenschwellenoberbau) bei den verschiedenen Bettungsarten (Sand, Kies, Schotter)?

2. Welche Wanderungen der Schienen für sich (ohne Schwellenwanderung), dann der Schienen mit Schwellen zusammen, sind bei Langschienen zu erwarten?

3. Welchen Widerstand setzt eine Schwelle (Holz und Eisen) ihrer Verschiebung in der Gleisrichtung in den verschiedenen Bettungsarten (voll eingebettet) entgegen?

4. Welchen Widerstand setzt eine gleiche Schwelle in den gleichen Bettungsarten — aber ausgekoffert — ihrer Verschiebung in der Gleisrichtung entgegen?

5. Welchen Widerstand setzt ein voll eingebettetes Gleis seiner seitlichen Verschiebung (Verwerfung) entgegen?

6. Welchen Widerstand setzt ein ausgekoffertes Gleis seiner seitlichen Verschiebung entgegen?

7. Wodurch entsteht eine Gleisverwerfung und unter welchen Voraussetzungen ist eine solche nur möglich?

Welche Kräfte treten hierbei auf?

8. Welche Schienenlängen können ohne Gefahr geschweift werden und zwar mit und ohne Ausziehstöße?

9. Und als letzte und wichtigste Frage: Welche Druck- und Zugspannungen können in Langschienenstrecken ohne Gefahr zugelassen werden?

Ist bei dem Spiel der Kräfte (Druckkräfte im Sommer, Zugkräfte im Winter) nicht ein regelmäßiger Ausgleich zu erwarten, der gefährliche, zu Betriebsunfällen Anlaß gebende Schienenwanderungen ständig oder periodisch ausgleicht und die Schweißung von 1000 m-Strecken und mehr gefahrlos erscheinen läßt?

Zu Frage 1 (Messung der Längenänderung der Schienen): In Nürnberg Rangierbahnhof wurde im Herbst 1924 eine Strecke von 1,236 km in der Weise geschweift, daß Langschienen mit 60, 84 und 108 m aneinander geschlossen und mit Ausziehstößen ausgerüstet wurden, um die Längenänderungen der einzelnen Strecken im Gleis mit Sicherheit feststellen zu können.

Außerdem wurden aber auch gleiche Langschienen (60, 84, 108 m) außerhalb der Betriebsgleise frei beweglich auf Rollen gelegt (unverlascht), um gleichzeitig auch die Ausdehnung frei beweglicher Schienen festzustellen.

Schließlich wurden noch Langschienen (60, 84, 108 m) seitlich auf Schwellen eines Betriebsgleises (Unterlagplatten) aufgeschraubt (nicht befahren), um den Einfluß der Schienenbefestigung auf die Längenänderung festzustellen.

Die im Betriebsgleis eingebauten befahrenen Langschienen liegen in einem Güterzughauptgleis, das zwischen zwei seitlichen Gleisen vollständig eingebettet in rolligem Kies liegt. Die Schienen sind auf den alten Holzschwellen teils mit Nägeln, teils mit Schwellenschrauben befestigt. Die Strecke liegt vor einem Einfahrsignal, ist also einer starken einseitigen Bremswirkung ausgesetzt. Das Gleis steigt in der Fahrtrichtung 1:180. Um eine gleichmäßige Ausdehnung der Schienen nach beiden Seiten zu sichern und eine Wanderung möglichst hintanzuhalten, wurden die Schienen in der Mitte mit je vier Stützklemmen (Rambacher) nach beiden Richtungen auf den Schwellen verankert.

Der Versuch erstreckte sich demnach nur auf alten Holzoberbau mit teilweise mangelhafter Befestigung der Schienen auf den Schwellen in der denkbar ungünstigsten Bettung (siehe Organ 1925, Heft 22).

Die Ergebnisse der Messungen der Längenänderungen während des Zeitraumes vom Januar 1925 bis Mitte Juli 1925 sind in den bildlichen Darstellungen (Abb. 1, Taf. 1 und Abb. 4, Taf. 2) ersichtlich gemacht, wobei bemerkt wird, daß nur ein Teil der gesamten Schaubilder hier Platz finden kann.

Diese bildlichen Darstellungen umfassen:

1. Vier Paar Langschienen zu je 60 m im Gleis eingebaut und befahren (Abb. 1, 1a, Taf. 1).
2. Zwei Paar Langschienen zu je 60 m auf Walzen frei, beweglich, nicht befahren (Abb. 2, Taf. 1).
3. Ein Paar Langschienen zu 60 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren (Abb. 3, Taf. 1).
4. Ein Paar Langschienen zu 84 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren (Abb. 1, Taf. 2).
5. Ein Paar Langschienen zu 84 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren (Abb. 2, Taf. 2).
6. Ein Paar Langschienen zu 108 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren (Abb. 3, Taf. 2).
7. Ein Paar Langschienen zu 108 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren (Abb. 4, Taf. 2).

Zum besseren Verständnis der bildlichen Darstellungen sei folgendes erwähnt:

Die Längenänderungen wurden an den Stößen in der Weise gemessen, daß seitlich dieser Stöße zu beiden Seiten Holzschwellen auf 1,50 m Tiefe in den Untergrund versenkt und auf deren Köpfen Marken für die Ausgangslage der Schienenenden angebracht wurden.

Die Messung der jeweiligen Längenänderung der Schienenenden gegenüber diesen Marken und zwar die Längenänderung der beiden Schienenenden addiert, ergab die Längenänderung der Langschiene an einem bestimmten Tage bei der betreffenden Lufttemperatur. Die Messungen erfolgten zeitlich stets so, daß möglichst die Wirkung der Höchsttemperatur, die bei Schienen erst nach einigen Stunden sich geltend macht, festgestellt werden konnte — also im Winter früh morgens, um den Einfluß der Nachtkälte zu erfassen, im Sommer in den ersten Nachmittagsstunden.

Die obere Polygonlinie der bildlichen Darstellung der Längenänderungen gibt die Ausdehnung des Schienenanfanges, die untere die des Endes an. Die Längenänderungen des Schienenanfanges sind an der oberen Nulllinie in der Weise aufgetragen, daß + Werte (Verlängerungen), nach oben — Werte (Verkürzungen) nach unten erscheinen, die Längenänderungen des Schienenendes an der unteren Nulllinie umgekehrt (+ Werte nach unten, — Werte nach oben). Die Verlängerungen nach oben liegen zugleich in der Fahrtrichtung.

Es ergibt sich demnach hieraus ein anschauliches Bild, wie die Schienenenden sich gegenseitig nähern (Kälte) bzw. voneinander entfernen (Wärme). Man kann diese Bewegung der Schienen am besten mit »Atmung« bezeichnen. Punktirt ist die jeweils gegenüberliegende Schiene der gleichen Strecke in ihrer Bewegung gekennzeichnet. Wesentliche Unterschiede sind zwischen den beiden Schienen nirgends aufgetreten.

Außer der »Atmung« kann aus den Schaubildern aber auch klar die Wanderbewegung der im Betriebsgleise liegenden Schienen ersehen werden. Beide Linien rücken in diesem Falle einseitig und unsymmetrisch zu den Nulllinien z. B. nach oben, d. h. die Schienenenden haben sich neben der normalen Atmung einseitig nach einer Richtung (Fahrtrichtung) verschoben — sie sind gleichzeitig gewandert.

Hierbei ist aber zu bemerken: Wenn eine Schiene sich einseitig infolge der verschiedenen inneren Widerstände eines Gleises ausdehnt, so ist dies selbstverständlich nicht als Wanderung anzusprechen. Erst wenn sich beide Schienenenden während der normalen Wärmeausdehnung in einer Richtung fortbewegen — wie dies aus Abb. 1, 1a und 3, Taf. 1 klar ersichtlich ist — liegt unbedingt Wanderung vor. Aber auch

dann, wenn nicht beide Schienenenden in einer Richtung sich verschoben haben (Abb. 2, Taf. 2) ist Schienenwanderung anzunehmen und nicht ungleiche Ausdehnung infolge verschiedenen inneren Gleiswiderstandes, weil die sämtlichen Schaubilder der Betriebsstrecke ausnahmslos diese einseitige Verschiebung in der Fahrriichtung aufweisen und eine derartige Gleichheit der Wirkung des inneren Widerstandes der Schienenstrecken nicht angenommen werden kann.

Bezüglich der einzelnen Schaubilder wird folgendes erläuternd bemerkt:

1. Zu Abb. 1, 1a, Taf. 1. Vier Paar Langschienen im Gleis eingebaut und befahren.

Die beiden ausgezogenen Linien (linke Schiene) und auch die gestrichelten Linien (rechte Schiene) zeigen in den Wintermonaten nur geringe Längenänderungen der Langschienen, man erkennt aber bereits deutlich die Wirkung der Wanderung im Betriebsgleis. Beide Linien verschieben sich einseitig nach oben, das heisst die Ausdehnung erscheint einseitig in der Fahrriichtung. Das eine Schienenende dehnt sich aus und wandert zugleich in der Fahrriichtung um ein grösseres Mass als die Ausdehnung beträgt, das andere Ende zeigt daher trotz normaler Längenänderung am Messpfahl eine scheinbare Verkürzung.

Mit dem Eintritt warmer Witterung vom April an entfernen sich die Linien stärker voneinander, die Längenausdehnung wird grösser, die Linien verlaufen aber wiederum nicht symmetrisch zu den Nulllinien, sondern erscheinen infolge Wirkung der Wanderung nach oben (Fahrriichtung) verschoben. Die grösste Verschiebung infolge der Wanderung ergibt sich am 16. 6. 25 z. B. bei

Abb. 1 zu	3,10 cm,
Abb. 1a zu	2,00 cm,
Abb. 3 zu	2,40 cm,

wenn die Längenänderung symmetrisch zu den Nulllinien verlegt wird, das heisst wenn angenommen wird, dass die Schienen bei Wegfall der Wanderung sich gleichmässig nach beiden Seiten ausgedehnt hätten.

Am 16. 4. 25 erscheint im Schaubild ein Steilabfall der beiden Linien. Dies erklärt sich aus einer damals notwendigen Zurückziehung der Schienenstränge (4 bis 7 cm), um wieder normale für die weiteren Messungen und Beobachtungen unbedingt nötigen Stofslücken zu schaffen, da diese infolge Ausdehnung und Wanderung sich fast vollständig geschlossen hatten.

Mit Mitte Juli 1925 wurden die Messungen abgeschlossen, da einerseits wesentlich höhere Temperaturen nicht mehr zu erwarten waren — also ein zuverlässiges Urteil über die Ausdehnung bei höchster und niederster Jahrestemperatur möglich war —, andererseits die Stöße der Schweisstrecken zwecks weiterer Versuche in der Weise verändert wurden, dass ein Teil (die Hälfte) des infolge der Längenänderungen auftretenden Zuges und Druckes durch die Stofslaschen aufgenommen, der andere hälftige Teil der Ausdehnung durch den Spielraum in den normalen Laschen ausgeglichen werden sollte. Bei diesem neuen Versuch war eine weitere exakte Messung der Schienen ausdehnung nicht mehr möglich, aber auch nicht mehr notwendig.

2. Zu Abb. 2, Taf. 1. Zwei Paar Langschienen von je 60 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren.

Ein Vergleich mit Abb. 1, 1a, Taf. 1 lässt sofort den wesentlichen Unterschied erkennen, dass hier die »Atmung« gleichmässig nach beiden Seiten symmetrisch zu den Nulllinien erfolgte, eine Wanderung also nicht auftrat, was ohne weiteres verständlich ist, da die Schienen nicht befahren wurden und sich auf den Walzen gleichmässig nach beiden Seiten ausdehnen konnten. Auch der Steilabfall der Linien ab 16. 6. 1925 fehlt, da ja eine Zurückziehung dieser Schienen nicht in Betracht kam.

Über den Unterschied in der Grösse der Längenausdehnung dieser auf Walzen liegenden Schienen im Vergleich zu den

eingebauten und befahrenen Schienen wird weiter unten noch eingehend zu sprechen sein.

3. Zu Abb. 3, Taf. 1. Ein Paar Langschienen zu 60 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren.

Das Schaubild zeigt, dass hier die Wanderung nicht vollkommen ausgeschaltet war und am Ende der Messungsperiode eine solche von 1,2 cm erscheint. Dies findet seine Ursache darin, dass diese Schienen auf den Schwellen des Betriebsgleises seitlich aufgeschraubt waren und daher die Wanderung des Betriebsgleises sich auch auf die seitlichen Langschienen teilweise übertrug.

Brauchbar an dem Versuch mit den seitlichen, auf den Betriebsgleisen aufgeschraubten Schienen ist nur die Feststellung, welchen Einfluss die Verbindungsmittel zwischen Schienen und Schwellen (Unterlagplatten und Schwellenschrauben) auf die Gesamtausdehnung der Langschienen auszuüben vermochten.

Hierauf wird weiter unten zurückzukommen sein.

Dieser Versuch erschien auch deshalb angezeigt, weil die in Abb. 1 genannten Langschienen zu 60 m auf den Holzschwellen aufgenagelt waren, also eine wesentlich lockerere Verbindung zwischen Schwellen und Schienen vorhanden war.

4. Zu Abb. 1, Taf. 2. Ein Paar Langschienen zu 84 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren.

Die Längenausdehnung erscheint hier entsprechend der grösseren Schienenlänge grösser, im übrigen ist auch hier die Atmung infolge Fehlens irgendwelcher Hemmungen nach beiden Richtungen gleichmässig und symmetrisch.

5. Zu Abb. 2, Taf. 2. Ein Paar Langschienen zu 84 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren.

Auch hier erscheint eine Schienenwanderung aus den gleichen Gründen wie bei Abb. 3, Taf. 1.

Auf die Grösse der Längenausdehnung wird weiter unten zurückgekommen.

6. Zu Abb. 3, Taf. 2. Ein Paar Langschienen zu 108 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren.

Das Mass der Längenausdehnung wird entsprechend der grösseren Schienenlänge grösser, die Ausdehnung erfolgt gleichmässig und symmetrisch nach beiden Seiten.

7. Zu Abb. 4, Taf. 2. Ein Paar Langschienen zu 108 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren.

Die Längenausdehnung erscheint ziemlich gleichmässig und symmetrisch nach beiden Richtungen, der Einfluss der Wanderung im Vergleich zu Abb. 3 Taf. 1 und Abb. 2, Taf. 2 wesentlich geringer.

Linke Schiene erscheint etwa 0,6 cm nach rückwärts gewandert. Dies kann nur auf eine Längenänderung des Betriebsgleises infolge Temperatureinflusses zurückgeführt werden. Eine Wanderung nach rückwärts infolge Einwirkung des Betriebes kann nicht in Frage kommen, da das Gleis nur einseitig befahren wird und in allen Teilen nach vorwärts wanderte.

Die rechte Schiene erscheint etwa 0,35 cm nach vorwärts gewandert.

Diesen geringen Verschiebungen der einen Schiene nach rückwärts, der anderen nach vorwärts, kann bei der wissenschaftlichen Auswertung der Versuche eine besondere Bedeutung nicht beigemessen werden. Sie lassen sich nur erklären aus der Längenänderung des Betriebsgleises infolge der Temperaturschwankungen. Man kann auch beim Vergleich mit Abb. 3, Taf. 1 und Abb. 2, Taf. 2 den Schluss ziehen, dass dieses Betriebsgleis infolge der aufgeschraubten Langschienen von 108 m gegen die Wanderung infolge des Betriebes weniger empfindlich geworden sei, die Wanderung also aus diesem Grunde auffällig geringer wurde. Dieser Schluss ist aber deshalb nicht einwandfrei, weil nicht feststeht, ob nicht an dieser Stelle des Gleises, die von dem Einfahrtssignal rund 1 km

entfernt liegt, ohnedies die Bremswirkung der Betriebslasten an sich wesentlich geringer ist.

Im übrigen wird auf die Zusammenhänge zwischen Schweißung und Wanderung weiter unten des näheren eingegangen werden.

Soviel über die Schaubilder, die das »Atmen« der Langschienen bei den verschiedenen Temperaturen darstellen.

Berechnung der Ausdehnungsziffern.

Im folgenden soll hieran anschließend die Größe dieser Längenausdehnung und die sich hieraus ergebenden Ausdehnungsziffern bestimmt werden.

Um die Längenausdehnung der Langschienen und zwar sowohl der eingebauten und befahrenen wie der eingebauten und nicht befahrenen sowie der auf Walzen liegenden nicht befahrenen bei den einzelnen Temperaturen klar beurteilen zu können, wurden die gemessenen Ausdehnungen zeichnerisch aufgetragen, aber nicht nach der Zeit der Messungen geordnet, wie bei Abb. 1 bis 3, Taf. 1, und Abb. 1 bis 4, Taf. 2, sondern in der Weise, daß an der Abszissenachse die fortlaufenden Temperaturgrade — und + erscheinen und an der Ordinatenachse die jeweils gemessenen Längenausdehnungswerte (siehe Abb. 1 bis 7, Taf. 3).

Aus diesen Schaubildern ergibt sich als zunächst auffällig die Tatsache, daß bei ein- und derselben Lufttemperatur sehr verschiedene Längenausdehnungswerte erscheinen, daß also die Ausdehnung der Schienen nicht stets genau mit der an der Luft gemessenen Temperatur übereinstimmt.

Z. B. weist ein Schaubild bei 3—4 cm Gesamtausdehnung im Jahre bis 1,5 cm Unterschied auf. Ferner fällt auf, daß bei den niederen Temperaturen um 0° herum bis etwa + 10° C fast keine Ausdehnung bemerkbar ist — teilweise sogar noch eine Verkürzung erscheint.

Bei den Kältegraden von 0 bis — 10° C folgen die gemessenen Verkürzungen besser den Temperaturwerten.

Die Schaubilder zeigen also eine sehr starke Streuung der Messungsergebnisse.

Diese Streuung erklärt sich bei den ins Betriebsgleis eingebauten und den seitlich aufgeschraubten Schienen aus der Unregelmäßigkeit der Ausdehnung infolge des verschiedenen inneren Gleiswiderstandes. Bei jeder noch so geringen Bewegung dieser Schienen infolge der Temperaturschwankungen muß erst die Spannung oder der Widerstand überwunden werden, der zwischen Schienen und Schwellen und zwischen Schwellen und Bettung besteht (ich will ihn weiterhin als den inneren Widerstand der Gleisbefestigung und Bettung oder kurz wie schon oben wiederholt geschehen als den inneren Widerstand eines Gleises bezeichnen).

Da dieser Widerstand infolge vieler Umstände sehr verschieden sein kann, so wird auch das Bild der Streuung entsprechend verschiedenartig.

Wenn nun auch für die Betriebsgleise die Streuung der Messungsergebnisse teilweise aus dem inneren Widerstand dieser Gleise (die starke Überschreitung der theoretischen Ausdehnungswerte kann aber hierin keinesfalls begründet sein) erklärt werden kann, da dieser die Ausdehnungsbewegung verhindert oder verzögert, so ist eine gleiche Erklärung für die auf Walzen liegenden, frei beweglichen Langschienen nicht möglich. Es mußten also noch irgendwelche andere physikalische Einflüsse an dieser Streuung beteiligt sein.

Zunächst dachte man an ein Nachhinken der Längenausdehnungen infolge der inneren Widerstände, dann auch an eine ungleiche Durchwärmung der ganzen Schienenmasse. Beide Gesichtspunkte können aber eine befriedigende Erklärung für die Streuung nicht geben, weil die Messungen zeitlich soweit nach Auftreten der größten bzw. niedersten Temperatur

vorgenommen wurden, daß eine volle Auswirkung dieser Temperatur auf die Schienen gesichert war und anzunehmen ist, daß mindestens im Laufe des Winters wie des Sommers bei länger andauernder Kälte oder Hitze eine gleiche und gleichmäßige Temperatur der Schienen eintrat, die Messungsergebnisse also mindestens im Maximum der Kälte und Hitze ein zuverlässiges Ergebnis liefern mußten. Die weit über die theoretischen Werte hinausgehenden Ausdehnungen und Verkürzungen erheischen eine andere Erklärung.

Gemessen wurde — wie bereits oben ausgeführt — im Winter früh morgens, um den Einfluß der Nachtkälte mit einzu-beziehen. Die Temperatur in der Nacht und in den Morgenstunden darf für den Winter als annähernd gleich angesehen werden. Die in Abb. 1 bis 3, Taf. 1 und Abb. 1 bis 4, Taf. 2 eingetragenen Nachttemperaturen weichen auch nicht wesentlich von den Morgentemperaturen ab. Aber selbst wenn bei Nacht eine größere Kälte auftrat als z. Zt. der Messung, so konnte dies nur einige Grade betragen und diese können auf die gesamte Längenänderung keinen wesentlichen Einfluß haben. Das gleiche gilt für die Sommermonate, in denen in den Nachmittagsstunden gemessen wurde, um die Wirkung der höchsten Tagestemperatur voll zu erfassen. Auch hier können kleine Temperaturdifferenzen einen wesentlichen Einfluß auf die Streuung nicht ausgeübt haben, da die Temperaturunterschiede zwischen Mittag und 2⁰⁰ Nachmittag nur gering sind.

Sieht man die Streuung selbst näher an, so ergibt sich, daß die Ausdehnung einmal weit hinter der theoretisch errechneten zurückbleibt — vielleicht weil der innere Widerstand sehr wirksam war —, das anderemal aber erreicht sie den theoretischen Ausdehnungswert voll, geht aber von diesem nur zögernd zurück, endlich geht sie vielfach weit über den theoretischen Wert hinaus.

Der Verdacht, daß hier Fehler der Messung vorliegen, ist vollständig ausgeschlossen, diese wurde mit peinlicher Sorgfalt gemacht und kontrolliert.

Will man aus den Schaubildern mit ihren stark streuenden Messungswerten ein brauchbares Ergebnis gewinnen, so muß davon ausgegangen werden, daß nur die jeweils für eine bestimmte Lufttemperatur aufgetretenen größten Werte der Ausdehnung und Verkürzung, die doch tatsächlich aufgetreten sind während der Messungsperiode, die Grundlage für die Feststellung des Wärmeausdehnungskoeffizienten bilden können.

In den Schaubildern finden sich drei Linien eingetragen, die ungefähr dem Verlaufe der Messungspunkte folgen und zwar

1. die Linie des errechneten Durchschnittswertes des Ausdehnungskoeffizienten;
2. die Linie des theoretischen Ausdehnungskoeffizienten

$$\delta = 0,000109 \cdot l = \frac{1}{92000} \cdot l \text{ bei } 1^\circ \text{C};$$

3. die Linie der wirklich aufgetretenen größten Ausdehnung.

Zu diesen einzelnen Linien des Wärmeausdehnungskoeffizienten ist folgendes zu bemerken:

1. Die Linie des errechneten Durchschnittswertes kann einen brauchbaren Wert nicht liefern, weil die Streuung der Messungswerte zu groß und zu ungleich ist. Z. B. muß die Zurückhaltung der Ausdehnung um 0 bis + 10° C herum den Durchschnittswert ganz erheblich falsch beeinflussen. Diese Linie und der hieraus abgeleitete Ausdehnungskoeffizient erscheint daher wertlos.

2. Die Linie des theoretischen Ausdehnungskoeffizienten bietet deshalb hohes Interesse, weil sie zeigt, daß die wirklich aufgetretenen größten Ausdehnungen wesentlich höher liegen, eine Erscheinung, die zunächst rätselhaft erschien.

Wollte man nicht an der Richtigkeit des für Stahlschienen von der Wissenschaft festgestellten Ausdehnungskoeffizienten oder an der Richtigkeit der Messungen selbst zweifeln, so mußten

irgendwelche unbekannte physikalische Einflüsse an dieser größeren Ausdehnung Schuld tragen.

Nach längerem Suchen wurde dann auch der Grund der auffälligen Erscheinung gefunden und zwar in der Wirkung der unmittelbaren Sonnenbestrahlung. Durch die Sonnenbestrahlung erleiden die Schienen eine wesentlich größere Erwärmung als die Luft und die gemessenen Ausdehnungen entsprechen daher dem jeweils gemessenen Lufttemperaturgrad plus einem Zuschlag für Sonnenbestrahlung, der mit 30 bis 50% sich aus den Schaubildern errechnet, wenn an dem theoretischen Wert von $\frac{1}{92000}$ festgehalten wird. Unmittel-

bare Messungen der Luft- und Schienentemperatur ergaben bis 50% Unterschied, das Gleiche gilt für Kälte. Die Messung der Lufttemperatur in der Sonne, im Schatten und der Schienentemperatur ergab z. B. am 18. 9. 26 folgendes interessante Bild:

	Lufttemperatur		Schienentemperatur °C
	in der Sonne °C	im Schatten °C	
8 15 vorm.	17	14	15
9 00 "	21	20	16
10 00 "	24,5	21	28
11 15 "	25	21,5	30,5
1 00 nachm.	30	26,5	32,5
2 00 "	29	26,0	39,5
4 00 "	27	25,0	39,5
7 00 "	19	19,0	20,0

3. Die Linie der größten tatsächlich aufgetretenen Ausdehnungen und Verkürzungen ist somit nach dem vorausgehenden einwandfrei begründet und bildet die einzige brauchbare Grundlage für die Feststellung der Ausdehnungskoeffizienten. Dieser ergibt sich zu $\frac{1}{60000}$ bis $\frac{1}{72700}$ gegenüber dem theoretischen

Wert von $\frac{1}{92000}$ oder richtiger: Zu der Jahrestemperatur von 60°C müssen 50% für Sonnenbestrahlung und Frostaufspeicherung zugesetzt werden und erst hieraus ergibt sich mittels des wissenschaftlich feststehenden Ausdehnungskoeffizienten von $\frac{1}{92000}$ die wirkliche Gesamtausdehnung der Schienen.

Beziehungen zwischen der Ausdehnung der frei beweglichen und der in Betriebsgleisen liegenden Schienen.

Zwischen den Schaubildern der auf Walzen liegenden und der in Betriebsgleise eingebauten und befahrenen Schienen ergibt sich weiterhin folgende außerordentlich wichtige Beziehung, die es ermöglicht, den inneren Widerstand des Betriebsgleises bzw. die Schienenspannung für jede einzelne Messung zu bestimmen:

Da der theoretische Ausdehnungskoeffizient für Stahlschienen mit $\frac{1}{92000}$ feststeht, so können die Abweichungen der Messungsergebnisse der auf Walzen liegenden Schienen von der $\frac{1}{92000}$ -Linie nur als Einfluss der Sonnenbestrahlung und der Kälteaufspeicherung aufgefasst werden.

Da nun die jeweilige Messung der sämtlichen Schienen stets innerhalb $\frac{1}{2}$ Stunde erfolgte, so kann die Schienentemperatur aller Schienen für den betreffenden Messungstag gleich der jeweils entsprechenden auf Walzen liegenden angenommen werden. Damit kann dann berechnet werden, welche normale Ausdehnung die Schienen in den Betriebsgleisen

hätten erleiden sollen, wenn sie sich unbehindert ausdehnen hätten können. Die Differenz zwischen dieser normalen Ausdehnung der Betriebsgleise und der wirklich aufgetretenen ergibt dann ohne weiteres den Maßstab für die Berechnung des inneren Widerstandes bzw. der Schienenspannung des Betriebsgleises.

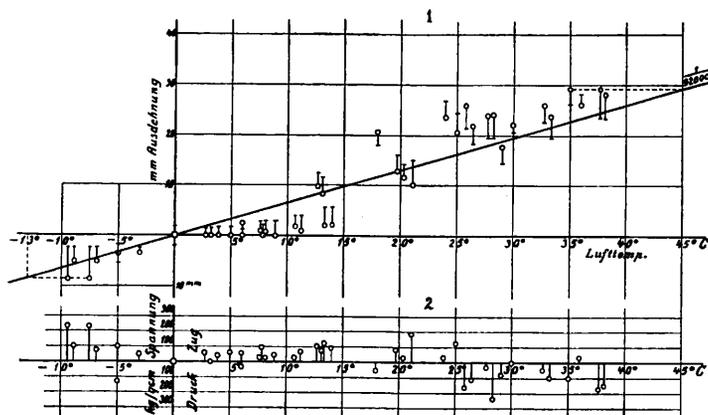


Abb. 1. Vergleich der Längenänderung zweier 60 m langen Schienen, von denen die eine auf Walzenunterlage frei beweglich und nicht befahren, die andere auf Schwellen aufgeschraubt und befahren ist.

In Textabb. 1¹ stellen die \circ die Längenänderung der frei beweglichen Schiene dar, die $-$ die Längenänderung der Schiene des Betriebsgleises. Die Differenzen beider $\uparrow \downarrow$ sind proportional den Druck- und Zugkräften, die in den Schienen des Betriebsgleises auftreten.

In Textabb. 1² sind die Druck- und Zugspannungen, die nach Maßgabe der Messungen in 1¹ in der Schiene des Betriebsgleises auftreten, dargestellt.

Das Schaubild (Textabb. 1¹) zeigt in den Kreispunkten (\circ) die Ausdehnung der auf Walzen liegenden Schiene, wie Abb. 2, Taf. 3 (nur in etwas anderer Form), auf die keinerlei äußere Kräfte wirken. Eine derartige Schiene müsste sich demnach proportional der Temperaturänderung ausdehnen und zusammenziehen. Wenn also die Schiene in ihrer eigenen Temperatur nur der Luftwärme gefolgt wäre, so müsste ihre Längenänderung, als Ordinate aufgetragen, proportional der als Abszisse aufgetragenen Lufttemperatur erscheinen, und das Diagramm eine gerade Linie bilden, die nach Maßgabe des Ausdehnungskoeffizienten von $\frac{1}{92000}$ in der diagonalen Linie des Schaubilds

verzeichnet ist. Abweichungen von dieser Linie sind ein Beweis, daß die Temperatur der Schiene von derjenigen der Luft verschieden war. Das Schaubild zeigt, daß dieses in erheblichem Maße der Fall gewesen ist, und zwar liegen die Schienentemperaturen bei größerer Luftwärme oberhalb dieser, in der kälteren Jahreszeit unterhalb dieser.

Das Schaubild zeigt ferner, daß die höchste stattgehabte Schienentemperatur bei 35 und 38° Lufttemperatur gelegen ist und infolge der Sonnenbestrahlung 45°C betragen hat. Die Mindesttemperatur der Schiene lag bei 7 und 9° Lufttemperatur und hat infolge der Kälteaufspeicherung selbst - 13° betragen.

Die Längenänderungen der Schiene im Betriebsgleis nach Abb. 1, Taf. 3 sind durch das Zeichen \uparrow oder \downarrow in dem Schaubild gekennzeichnet. Man sieht, daß die gleichzeitig durchgeführten Messungen der freiliegenden Schiene und der Betriebsschiene erheblich voneinander abweichen, obwohl angenommen werden kann, daß die Temperatur beider Schienen zur Zeit der Messung gleich gewesen ist. Der Grund für diese Verschiedenheit der Längenausdehnung ist, wie bereits oben erwähnt, in der Behinderung der Betriebsschiene zu suchen, die sie durch ihre Befestigung auf den Schwellen und in den Laschen, ferner durch die Bettung gegen Längenänderung erfährt. Es können hier Reibungskräfte auftreten, die der Längenänderung widerstreben und dabei ziehende und drückende Axialkräfte in der Schiene hervorrufen.

Die Abweichungen der Längenänderung der Betriebsschiene von der freiliegenden Schiene sind allein auf diese axialen Kräfte in der Betriebsschiene zurückzuführen; und da die elastische Längenänderung proportional der axialen Kraft ist, müssen diese Differenzen ein Maß für die in der Betriebsschiene vorhandenen Kräfte darstellen.

In dem Schaubild sind diese Unterschiede der Längenänderung als \uparrow oder \downarrow verzeichnet, die nach oben gerichtet Zug-, nach unten Druckkräfte darstellen. In Textabb. 1² sind diese Längen als Ordinaten von einer Horizontalen aus aufgetragen. Um die Größe der Spannung festzustellen, ist

der Elastizitätskoeffizient von $\frac{1}{220000}$ für Flußstahl in Rechnung zu ziehen, der bedingt, daß ein 60 m langer Stab bei

100 kg Spannung sich um 2,7 mm in seiner Länge verändert. Man erkennt aus Textabb. 1², daß die größte Druckspannung in der Schiene des Betriebsgleises bis etwa 250 kg/cm² reicht und (naturgemäß) bei hohen Tagestemperaturen eingetreten ist. Die größten mittleren Zugspannungen gehen ebenfalls bis etwa 250 kg/cm² und sind in der kalten Jahreszeit aufgetreten.

Dieses Maß von 250 kg/cm² entspricht, wie aus den nachfolgenden Berechnungen ersichtlich wird, $\frac{1}{4}$ der größten infolge der Wärmeausdehnung in unserem Klima möglichen Schienenspannung (1090 kg/cm²), das heißt also, der innere Widerstand der 60 m langen Schiene hat zu $\frac{1}{4}$ die Schienenausdehnung verhindert.

Unmittelbare Messungen (1926) an einer auffälligen Druckstelle der 84 und 108 m langen Versuchsschienen ergaben eine Schienenspannung bis 470 kg/cm², das ist 43% der größtmöglichen Schienenkraft von 1090 kg/cm².

Die auf Walzen liegenden Schienen stellen daher ein Riesenthermometer dar, mit dessen Hilfe ermittelt werden kann:

1. die Schienenausdehnung bei einer bestimmten Lufttemperatur;
2. die gleichzeitig hierbei vorhandene Wärme- oder Kälteauspeicherung in der Schiene;
3. die Schienenspannung oder der innere Widerstand von Vergleichsstrecken, die in Betriebsgleisen liegen.

Hieraus erhellt zur Genüge die außerordentliche Wichtigkeit der Messungen an Schienen, die frei beweglich liegen.

Es muß der theoretischen Wissenschaft überlassen werden, die Wärmeausdehnung der Schienen unter Berücksichtigung aller mitwirkenden Umstände wie vor allem der Sonnenbestrahlung und Kälteauspeicherung zu erforschen und die vorliegenden Messungen nachzuprüfen, für die experimentelle Grundlage der Schienenschweißung steht aber die Tatsache fest, daß sich innerhalb der in unserem Klima üblichen Temperaturgrade von -20 und $+40$ °C zusammen 60 °C eine wesentlich größere Ausdehnung der Schienen ergibt als diese sich theoretisch aus der Lufttemperatur errechnet. Damit muß der Oberbaufachmann als mit etwas Gegebenem rechnen und jede Nichtbeachtung dieser Tatsache bei Berechnung der auftretenden Druck- und Zugspannungen mußte als sträflicher Leichtsinns erscheinen, der zu schlimmen Folgen führen kann.

Einzelheiten der Schaubilder.

Zu den einzelnen Schaubildern möge noch einiges erläuternd nachgetragen werden:

Die in Abb. 1 und 1a, Taf. 3 dargestellten zwei Paar Langschienen zu je 60 m im Betriebsgleis eingebaut und befahren, haben keinen so wesentlichen Widerstand an den Befestigungsmitteln (Nägel bzw. Schrauben) gefunden, daß die Gesamtausdehnung hierdurch irgendwie wesentlich beeinträchtigt worden wäre, wenn auch die Widerstände zu einer größeren Streuung Anlaß gegeben haben.

Die eingebauten Schienen dehnten sich daher teils genau so aus wie die auf Walzen liegenden und wiesen den gleichen

Ausdehnungskoeffizienten von $\frac{1}{60000}$ auf, teils ergab sich eine etwas geringere Ausdehnung und ein Ausdehnungskoeffizient bis $\frac{1}{72700}$.

Abb. 2, Taf. 3. Ein Paar Langschienen zu je 60 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren.

Der geringere innere Widerstand gegen die Längenänderung ist ohne weiteres im Vergleich zu Abb. 1 und 1a, Taf. 3 zu ersehen. Die Streuung ist daher geringer. Die Ausdehnung übersteigt weit die theoretische Ausdehnungslinie, um 0 bis $+10$ °C herum verhalten sich auch die auf Walzen liegenden Schienen sehr träge, fast passiv gegen Längenveränderung. Eine Erklärung für diesen Umstand finde ich nicht, da die geringen Widerstände der Rollenaufleger dieses Verhalten kaum begründen können. Eine wesentliche Bedeutung kommt dem allerdings auch nicht zu, weil wie oben ausgeführt als Grundlage für die Ausdehnung nur die größte beobachtete Ausdehnung innerhalb der größten Jahrestemperaturspanne maßgebend und dazwischen lineare Ausdehnung anzunehmen ist.

Der Ausdehnungskoeffizient ergibt sich zu $\frac{1}{60000}$.

Abb. 3, Taf. 3. Ein Paar Langschienen zu je 60 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren.

Die Schaubilder zeigen ganz ähnliche Form wie Abb. 1 und 1a, Taf. 3. Auch der Ausdehnungskoeffizient ist mit $\frac{1}{60000}$

der gleiche. Der Einfluß der Schwellenschrauben ist also Null.

Abb. 4, Taf. 3. Ein Paar Langschienen zu je 84 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren.

Auch diese Schaubilder weisen keine wesentlichen Unterschiede gegenüber den vorhergehenden besonders gegenüber

Abb. 2, Taf. 3 auf. Ausdehnungskoeffizient ist $\frac{1}{60000}$. Auch hier größere Passivität um 0 bis 19 °C herum.

Abb. 5, Taf. 3. Ein Paar Langschienen zu je 84 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren.

Streuung etwas größer wie bei Abb. 4, Taf. 3, aber sonst gleich. Ausdehnungskoeffizient = $\frac{1}{60000}$. Schwellenschrauben also ohne Einfluß.

Abb. 6, Taf. 3. Ein Paar Langschienen zu je 108 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren.

Streuung geringer, Bild ähnlich wie Abb. 2 und 4, Taf. 3. Um 0 bis $+10$ °C passiv. Ausdehnungskoeffizient = $\frac{1}{60000}$.

Abb. 7, Taf. 3. Ein Paar Langschienen zu je 108 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren.

Streuung größer als Abb. 6, Taf. 3, sonst ohne wesentlichen Unterschied. Ausdehnungskoeffizient = $\frac{1}{60000}$. Schwellenschrauben daher ohne Einfluß.

Aus diesen Schaubildern darf folgendes als experimentell sicher festgestellt angenommen werden:

1. Die Längenänderung von Schienen, die nicht in Betriebsgleise eingebaut sind und sich ohne Hindernisse (auf Walzen) ausdehnen können, beträgt bei Annahme eines größten Jahres-temperaturunterschiedes in unserem Klima von $+40$ und -20 = zusammen 60 °C unter Berücksichtigung der Sonnenbestrahlung

bei 60 m Länge 6 cm,
bei 84 m Länge 8,4 cm,
bei 108 m Länge 10,8 cm,

oder $\frac{1}{60000}$ der Länge für 1 °C Lufttemperatur.

2. Die Längenänderung von Schienen auf Holzschwellen aufgenagelt bzw. mit Schwellenschrauben befestigt, mit Eisenunterlagplatten in einer Bettung aus rolligem Flußkies, Gleis befahren, beträgt bei 60 °C unter Berücksichtigung der Sonnenbestrahlung

bei 60 m Länge 6,00 cm bzw. 4,95 m

oder $\frac{1}{60000}$ bzw. $\frac{1}{72700}$ der Länge für 1 °C.

3. Die Längenänderung von Schienen seitlich auf Holzschwellen aufgeschraubt mit Eisenunterlagplatten in einer Bettung aus rolligem Flußkies, Gleis nicht befahren, beträgt bei 60 °C unter Berücksichtigung der Sonnenbestrahlung

bei 60 m Länge 6 cm,

bei 84 m Länge 8,4 cm,

bei 108 m Länge 10,8 cm,

oder $\frac{1}{60000}$ der Länge für 1 °C.

Diese Werte sind zur Zeit die einzigen, die für Langschienen experimentell festgestellt sind, sie müssen als noch recht dürftig bezeichnet werden im Hinblick auf die eingangs erwähnten notwendigen Feststellungen und Versuche (Ziffer 1 bis 9), vor allem in bezug auf die Ausdehnung von Schienen in modernen Hauptbahngleisen (Holz- und Eisenoberbau) mit ihren weit wirksameren Befestigungsmitteln zwischen Schiene und Schwelle und mit dem wirksameren größeren Widerstand der Schotterbettung.

Für kurze normale Schienen in Betriebsgleisen sind Messungen der Temperaturlängenänderungen in der Fachpresse mir nicht bekannt geworden. Lediglich Bräuning gibt in seinen »Grundlagen des Gleisbaues«, Seite 29 die Längenänderung von zwölf aufeinanderfolgenden Stofslücken (12 m lange Schienen, Holzoberbau, Bettung unbekannt) während eines Jahres an.

Die Gesamtsumme der Stofsveränderung bei größter Kälte (61 mm) und Wärme (93 mm) gibt ein Bild der Gesamtausdehnung dieses Betriebsgleises; es errechnet sich hieraus eine Ausdehnung von $\frac{1}{30000}$ wenn als Lufttemperaturunterschied 60 °C angenommen werden.

Messungen an 15 m langen Schienen eines 1925 neu gebauten Hauptbahngleises (Holzoberbau), die ich selbst ausführte, ergaben eine ähnlich hohe Wärmeausdehnung. Die Wirkung der Wärme- und Kälteaufspeicherung erscheint also hier besonders auffallend. Die Ausdehnung der Normalschienen erscheint aber stets als sehr stark schwankend, d. h. der innere Widerstand der Gleise ist außerordentlich verschieden und es geht sicherlich nicht an, der häufig vertretenen Anschauung beizupflichten, daß die Schienen in Betriebsgleisen etwa nur die Hälfte der Wärmeausdehnung erleiden wie frei bewegliche Schienen.

Wenn man im allgemeinen die Haftfestigkeit der Schwellenschrauben mit 3000 kg annimmt, so errechnet sich ein Widerstand zwischen einer 15 m Schiene und ihren 25 Schwellen von 75 t oder 3 t auf jede Schwelle. Das wäre ein ganz erheblicher Widerstand, doch ist nicht anzunehmen, daß die Schwellenschraubenköpfe im längeren Betrieb, durch den Abnutzungen und Lockerungen eintreten, den Schienenfuß unter 3 t Druck festhalten. Die Schrauben erfordern wohl 3 und mehr t zum Herausziehen aus der Schwelle, aber der Druck auf die Schienen beträgt nur einen Bruchteil dieser Kraft. Bei Eisenoberbau ist zwar die Haftfestigkeit zwischen Schienen und Schwellen wesentlich höher, aber es fehlt auch hier noch die experimentelle Grundlage für eine genaue Beurteilung des inneren Widerstandes. Hierzu kommt, daß bis heute der Widerstand zwischen Schwellen und Bettung noch nicht genügend erforscht ist und ohne diesen der Gesamtwiderstand eines Gleises nicht bestimmt werden kann. Es ist zu wünschen, daß weitere Versuchsschweißungen durchgeführt werden, um das Verhalten des Eisenoberbaues in Schotter experimentell festzustellen und damit einen weiteren Beitrag für die experimentellen Grundlagen der Schienenschweißung auf freier Strecke zu liefern.

Diese Feststellungen sind von außerordentlicher Bedeutung, denn, wenn einerseits die Ausdehnung der durch keinen Widerstand behinderten Schienen bekannt ist, andererseits die geringere Ausdehnung gleicher Schienen im Zuggleis bei den verschiedenen Oberbauformen und Bettungen, dann ergibt der Unterschied der Ausdehnung einen genauen Maßstab für den inneren Widerstand der Gleisbefestigung und Bettung oder für den Widerstand, den jede Schwelle aufzunehmen vermag.

Wir kommen also schon ein gut Stück den Kräftewirkungen in den Gleisen, die eine Funktion des Ausdehnungsmaßes sind, näher und es entsteht allmählich eine Grundlage für die Berechnung der auftretenden Zug- und Druckspannungen, sowie auch der bei Gleisverwerfungen wirkenden Kräfte.

Vor allem wird sich dann zweifelsfrei die Frage beantworten lassen, ob in den Stößen der Langschienen, und bis zu welchen Längen dieser Schienen, ohne Gefahr die Druck- und Zugspannungen zugelassen werden können, welche nach voller Ausnutzung des Spielraumes der Laschen bzw. Ausziehstöße bei den größten Wärme- und Kältegraden noch restig auftreten werden und verarbeitet werden müssen.

Hier auf Grund experimenteller Forschung klar zu sehen, ist ein unabweisbares Gebot. Denn welcher Bahnmeister könnte und möchte wohl auf gut Glück in seinen Langschienen-Gleisstößen Zug und Druck zulassen, ohne zu wissen, welche Größe diese Kräfte erreichen? Wer möchte die Verantwortung tragen — vor allem bei geschlossenen Stofslücken —, bei größter Hitze zuzusehen und zu warten, ob nicht etwa doch eine Verwerfung oder gar ein Eisenbahnunfall eintritt?

(Schluß folgt.)

Berechnung und Anwendung von Laufzeitlinien.

Von Reichsbahnrat Pösentrup.

Dem praktischen Zweck der nachfolgenden Ausführungen entsprechend sollen zunächst die Unterlagen für die formale Berechnung von Laufzeitlinien so gegeben werden, daß ohne Rückgriff auf frühere Veröffentlichungen das Verfahren durchgeführt werden kann. Ferner sollen die Voraussetzungen für die richtige Anwendung von Laufzeitlinien angegeben werden.

Bezeichnungen.

1 t (1000 kg) Gewicht- und Kräfteinheit.

$\frac{1}{9,81}$ demnach Masseneinheit.

t Zeiteinheit in Sek.

m/Sek. Geschwindigkeit.

φ_g und φ_o reiner Laufwiderstand. Die Zusatzbezeichnungen g und o bezeichnen allgemein einen leeren bedeckten bzw. beladenen offenen Wagen (Schwer- und Leichtläufer).

ϱ Zusatzwiderstand in Bögen.

V Wagensgeschwindigkeit.

V_r relative Luftgeschwindigkeit.

W_g und W_o Laufwiderstand aus $V \pm V_r$.

Ein ablaufender Wagen habe an zwei Stellen 1 und 2 des Laufweges die Geschwindigkeiten V_1 und V_2 . Die aufgewendeten Beschleunigungsarbeiten zwischen 1 und 2 seien = A und die hemmenden = B auf 1 t Waggengewicht. Dann ist die lebendige Kraft in den beiden Punkten $mV_1^2 : 2$ bzw. $mV_2^2 : 2$ und der Unterschied an Arbeitsvermögen ist

$(mV_2^2 - mV_1^2) : 2$. Dieser muß gleich der zwischen den beiden Punkten aufgewendeten Arbeit A vermindert um die hemmende B sein.

1) $(mV_2^2 - mV_1^2) : 2 = A - B$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81}{1} \cdot \sqrt{A - B + \frac{1}{9,81 \cdot 2} \cdot V_1^2}}$$

2) $V_2 = 4,4 \sqrt{A - B + 0,05 V_1^2}$
 In der Formel 2 ist die Drehung der Räder nicht berücksichtigt. Dies hat nur dann Zweck, wenn beachtet wird, daß diese Wirkung auf einen G-Wagen und einen O-Wagen verschieden ist. Nimmt man den Laufkreishalbmesser als Schwerpunktsabstand des Radreifens von der Radmitte, also etwas zu groß an, so wird hierdurch die Nichtberücksichtigung der übrigen Radmassen ausgeglichen. Die Schwerpunktschwindigkeit ist dann gleich der Wagengeschwindigkeit V. Auf 1 t Gewicht eines leeren G-Wagens komme $\frac{1}{8}$ t Radreifengewicht. Die Arbeitsformeln 1 und 2 ändern sich dann:

3) $(mV_{g_2}^2 + mV_{e_2}^2 : 8) - (mV_{g_1}^2 + mV_{e_1}^2 : 8) = 2(A - B)$

4) $V_{g_2} = 4,2 \sqrt{A - B + 0,058 V_{g_1}^2}$

Für einen zweiachsigen etwa 30 t schweren O-Wagen ist das Verhältnis der Radgewichte zum Wagengewicht etwa 1 : 24, und es wird

5) $V_{o_2} = 4,4 \sqrt{A - B + 0,053 V_{o_1}^2}$

Die Beschleunigungsarbeiten werden, abgesehen von Rückenwind, durch Gefälle und möglicher Weise durch einen Beschleunigungsantrieb geleistet. Die Verzögerungen entstehen durch den reinen Laufwiderstand φ , den Zusatzwiderstand ϱ , den Luftwiderstand W, durch Bremsen und Gegengefälle.

Die Werte φ_g und φ_o können bei der Annahme eines starken Gegenwindes zu 4 bzw. 2 kg/t angenommen werden, weil starker Wind im allgemeinen nicht mit großer Kälte, welche die Werte φ stark anwachsen lassen kann, zusammenfällt. Der Zusatzwiderstand in Bögen möge nach der Formel

6) $\varrho = \frac{650}{R - 55}$

berechnet werden. Das gibt für einen 20 m langen Weichenbogen $\frac{650}{180 - 55} \cdot 20 = \sim 0,10 \text{ m/t} = 0,1 \text{ m}$ Gefällverlust und den gleichen Betrag für den Gegenbogen hinter der Weiche.

Von großem Einfluß ist der Luftwiderstand. Er ändert sich bekanntlich mit dem Quadrat der Luftgeschwindigkeit. Ist z. B. die Wagengeschwindigkeit in zwei Punkten 1 m und 7 m und ist die Gegenwindgeschwindigkeit in beiden Punkten 5 m, so verhalten sich die Luftwiderstände wie $(1 + 5)^2 : (7 + 5)^2 = 1 : 4$. Wenn ein richtiger Mittelwert für den Luftwiderstand auf einer bestimmten Laufweite angenommen wird an Stelle der mit der Wagengeschwindigkeit wechselnden Einzelwerte, so ändert dies allerdings nicht die Laufweite; aber der Verlauf der Zeitlinien würde ungenau werden. Würde man die Widerstandslinien nach den zeichnerischen Verfahren zunächst nur aus Werten φ und ϱ auftragen, daraus die Wagengeschwindigkeiten V ohne Berücksichtigung der noch unbekanntenen Luftwiderstände zeichnen und nun eine verbesserte Widerstandslinie aus den so gefundenen Wagengeschwindigkeiten und dem Gegenwind auftragen, so würden die Beträge für die Luftwiderstände in dieser Linie zu groß eingesetzt, weil die Wagengeschwindigkeiten zu groß angenommen sind. Es fehlt bei diesem im Gegensatz zu folgendem Verfahren an dem festen Punkt, von welchem ausgegangen wird.

Für den Luftwiderstand aus Gegenwind und Wagengeschwindigkeit gelte die Formel

7) $W = 0,067 V_r^2$

Nimmt man das Gewicht eines G-Wagens zu 9 t und die getroffene Fläche zu 7 qm an, so kommt auf 1 t Wagengewicht:

8) $W_g = 0,067 V_r^2 \cdot \frac{7}{9} = \sim 0,05 V_r^2$

Damit der Windschutz durch die in den Richtungsgleisen stehenden Wagen, sofern er nach Messungen nur gering ist, berücksichtigt werde, soll

9) $W_g = 0,04 V_r^2$

angenommen werden und der entsprechende Widerstand auf den beladenen offenen Wagen:

10) $W_o = W_g : 4$

Aus den Formeln 4 und 5 bzw. 9 und 10 sind die Zusammenstellungen I und II berechnet.

Die Widerstände aus $\varphi_g + W_g$ und $\varphi_o + W_o$ lassen sich für die verschiedenen Wagengeschwindigkeiten aus II zu einer Zusammenstellung III abschreiben: φ_g sei = 4 kg/t und φ_o = 2 kg/t. Die Geschwindigkeit des Gegenwindes sei durchweg 5 m. Bei 1 m Wagengeschwindigkeit und 5 m Gegenwindgeschwindigkeit

Zusammenstellung I.

n	G-Wagen $4,2\sqrt{n}$	O-Wagen $4,4\sqrt{n}$	n	G-Wagen $4,2\sqrt{n}$	O-Wagen $4,4\sqrt{n}$	n	G-Wagen $4,2\sqrt{n}$	O-Wagen $4,4\sqrt{n}$	n	G-Wagen $4,2\sqrt{n}$	O-Wagen $4,4\sqrt{n}$
0,05	420,91	410,98	0,70	123,52	123,68	1,7	165,47	175,73	3,0	127,28	137,62
0,10	291,33	311,39	0,75	123,64	123,81	1,8	165,63	165,90	3,1	127,40	127,75
0,15	261,62	261,70	0,80	123,76	123,93	1,9	165,79	166,06	3,2	127,52	127,87
0,20	221,88	241,96	0,85	113,88	124,05	2,0	165,94	156,22	3,3	127,64	127,99
0,25	202,10	212,20	0,90	113,99	124,17	2,1	146,09	156,37	3,4	117,76	123,11
0,30	182,30	192,41	0,95	104,10	114,29	2,2	146,23	156,52	3,5	117,87	123,23
0,35	172,48	182,60	1,00	214,20	224,40	2,3	146,37	146,67	3,6	117,98	123,35
0,40	162,65	172,78	1,1	194,41	204,62	2,4	136,51	146,81	3,7	118,09	118,47
0,45	152,81	152,95	1,2	184,60	204,82	2,5	136,64	146,95	3,8	108,20	118,58
0,50	152,96	153,10	1,3	184,78	185,02	2,6	136,77	147,09	3,9	108,30	118,69
0,55	143,11	153,25	1,4	174,96	185,20	2,7	136,90	137,23	4,0	8,40	8,80
0,60	143,25	143,40	1,5	175,13	185,38	2,8	137,03	137,36			
0,65	133,39	143,54	1,6	175,30	175,65	2,9	127,16	137,49			

Zusammenstellung II.

V_1	1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0
W_g	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,3	5,8	6,2	6,8	7,3	7,8	8,4	9,0
W_o	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3

Zusammenstellung III (Gegenwind 5 m).

Wagengeschwindigkeit $V =$. . .	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
G-Wagen: $4 K_g + W_g$. . .	5,4	5,7	6,0	6,3	6,6	6,9	7,2	7,6	8,0	8,4	8,8	9,3	9,8	10,2	10,8	11,3	11,8	12,4	13,0
O-Wagen: $2 K_g + W_o$. . .	2,4	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8	4,0	4,1	4,3

ist die relative Luftgeschwindigkeit $V_r = 1 + 5 = 6$ m, und dafür ist der Widerstand W_g nach II = 1,4 kg; demnach $\varphi_g + W_g = 5,4$ kg. Für $V_1 = 1,5$ ist $\varphi_g + W_g = 5,7$ kg usw. Wenn durch die Wagen selbst oder durch sonstigen Windschutz sich die Windstärke von einer Stelle an erheblich ändert, so kann für die Untersuchung von hier an die Zusammenstellung III durch eine zweite ergänzt werden, z. B. für Gegenwind von 3 m, die ebenfalls ohne weiteres aus II niedergeschrieben werden kann.

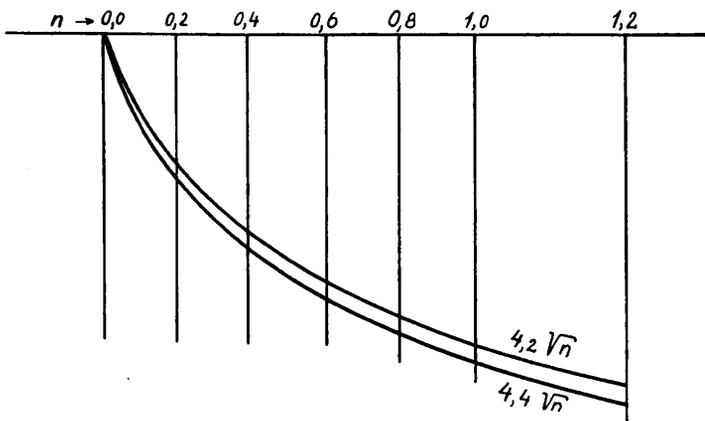


Abb. 1.

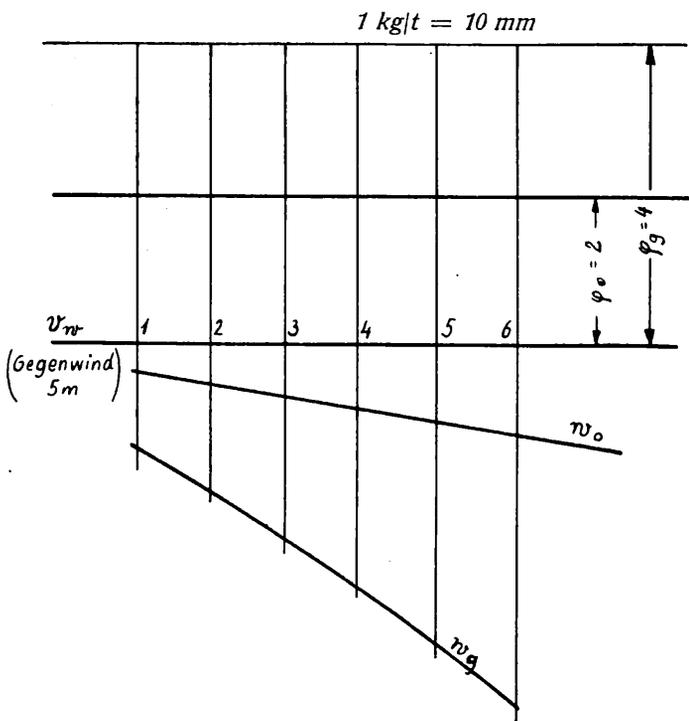


Abb. 2.

Wer lieber mit bildlichen Darstellungen arbeitet, kann sich aus einigen wenigen, den Zusammenstellungen entnommenen Punkten die ihnen entsprechenden Kurven durch eine stetige Verbindung dieser Punkte aufzeichnen, deren Anfang in den Abb. 1 und 2 angegeben ist.

Anwendung.

Die Laufwiderstände seien $\varphi_g = 4$ kg und $\varphi_o = 2$ kg/t, Gegenwind 5 m, Ablaufgeschwindigkeit 0,9 m. Man zeichne die Steilrampe im Maßstab $l = 1 : 500$ und $h = 1 : 50$ heraus, wie in Abb. 3 im kleineren Maßstab angedeutet, greife die Höhen ab und zähle sie zur Nachprüfung zusammen.

Für die rechnerische Prüfung wird der Vermerk zu machen sein: Ungenauigkeiten von V und t bis zu 0,1 m oder 0,1 Sek. sind zulässig. Nach dem Längenschnitt in der Abb. 3 ist dann $V_{g_0} \dots \dots \dots 0,9$

$$V_{g_9} = 4,2 \sqrt{0,26 - \frac{9,5,7}{1000} + 0,058 \cdot 0,9^2} = 4,2 \sqrt{0,26^2} = 2,1$$

$$t = \frac{2,9}{0,9 + 2,1} = 6 \text{ Sek.}$$

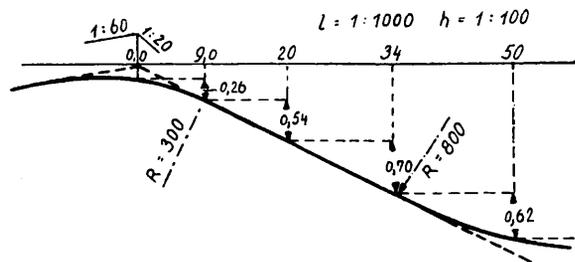


Abb. 3.

Die Geschwindigkeit V_{g_9} war zunächst geschätzt, etwa auf 3 m. Die mittlere Geschwindigkeit zwischen den Punkten 0 und 9 war dann $\frac{0,9 + 3,0}{2} = \sim 2,0$ m und demnach der Luftwiderstand nach III = 6 kg/t. Die Ausrechnung ergab $V_{g_9} = 2,1$ m. Demnach ist die mittlere Geschwindigkeit $\frac{0,9 + 2,1}{2} = 1,5$ m/Sek. und der Widerstand 5,7 statt 6,0. Das Ergebnis $V_{g_9} = 2,1$ blieb aber. Vom Fuß der Rampe an ist der Wechsel der Geschwindigkeiten klein. Daher kann dann der mittlere Laufwiderstand so annähernd richtig geschätzt werden, daß er meist keiner Korrektur mehr bedarf. Der Wert für $4,2 \sqrt{0,26}$ ist aus I entnommen. In ähnlicher Weise wird gefunden:

$$V_{g_{20}} = 4,2 \sqrt{0,54 - 11,6,5 + 0,26} = 4,2 \sqrt{0,73} = 3,6$$

$$t = \frac{2,11}{2,1 + 3,6} = 3,9 // 9,9.$$

Der Nenner 1000 ist von hier ab fortgelassen. Der Wert für $0,058 V_g^2$ ist von hier ab die Zahl unter den $\sqrt{\quad}$ Zeichen der jeweils vorigen Gleichung; er bedarf also keiner Berechnung mehr, denn es ist allgemein $v = \sqrt{2 g h} = \sqrt{2 g \sqrt{h}}$. Unter Berücksichtigung der Drehung der Räder ist hier $\sqrt{2 g} = 4,2$ und $\frac{1}{2 g} = 0,058$. In der Gleichung $v_{g_9} = 4,2 \sqrt{0,26} = \sqrt{2 g \sqrt{h}}$ muß demnach 0,26 die gedachte Fallhöhe h_q bedeuten, d. h. diejenige Fallhöhe, welche allen beschleunigenden und hemmenden Arbeiten einschließlich des wirklichen Gefalles entspricht, die bis zum Punkt 9 auf den Wagen eingewirkt haben. Allgemein ist $h = \frac{1}{2 g} \cdot v^2$, also $h_9 = \frac{1}{2 g} v_{g_9}^2$. Nun

ist aber, wie nachgewiesen wurde, h_9 und somit $\frac{1}{2g} v_{g_9}^2$ in der Gleichung für $v_{g_{20}}$ der Ausdruck unter dem $\sqrt{\quad}$ Zeichen in der Gleichung $v_{g_9} = 4,2 \sqrt{0,26}$.

$$v_{g_{34}} = 4,2 \sqrt{0,70 - 14 \cdot 7,2 + 0,73} = 4,2 \sqrt{1,33} = 4,8$$

$$t = \frac{2 \cdot 14}{3,6 + 4,8} = 3,3 // 13,2$$

$$v_{g_{50}} = 4,2 \sqrt{0,62 - 0,10 - 16 \cdot 8,1 + 1,33} = 4,2 \sqrt{1,72} = 5,5$$

$$t = \frac{2 \cdot 16}{4,8 + 5,5} = 3,1 // 16,3$$

0,1 ist der Widerstand eines Weichenbogens.

Die Laufzeiten t unter den schrägen Strichen // sind die Gesamtlaufzeiten von Punkt o bis zum untersuchten Punkt, z. B. $13,2 + 3,1 = 16,3$. Dies erleichtert die genaue Auftragung der Laufzeitlinien.

Die Teilstrecken sind, je näher dem Gipfel, umso kürzer zu nehmen. Vom Rampenfuß an werden sie zweckmäßig zu 50 m angenommen. Die Laufzeitlinie zwischen dem Haltepunkt und dem vorletzten Punkt wird freihändig gezogen. Ein Teil einer Laufzeitlinie lässt sich vielfach für eine zweite Laufzeitlinie desselben Wagens auf verändertem Profil benutzen. Angenommen, das erste Profil ergebe in Punkt 250 dieselbe Geschwindigkeit, wie ein zweites höheres Profil im Punkt 280. Der Verlauf der Zeitlinie vom Punkt 280 an ist dann gleich dem der ersten vom Punkt 250 an, wenn nicht hinter 280 noch Krümmungen oder Gefällwechsel liegen.

Bei der Auswertung der Laufzeitlinien ist zu beachten, dass die absoluten Zeitwerte weniger wichtig sind, als die Vergleichswerte, welche gewonnen werden, wenn man z. B. für verschiedene Ablaufprofile unter sonst genau gleichen Annahmen die Laufzeitlinien ermittelt. Sie zeigen das vergleichsweise günstigste Profil. Dabei kommt es nicht sehr darauf an, ob die Werte φ_g und φ_o zu 4 und 2 kg oder zu 5 und 2,5 kg angenommen werden, oder ob die Luftwiderstände nach der Formel $W = 0,04$ oder $0,05 V_1^2$ berechnet werden. Das Profil, welches für die kleineren Werte am günstigsten ist, wird es auch für die etwas größeren sein. Wichtig ist aber eine genaue Ermittlung der Zeitlinien an Hand der einmal gemachten Annahmen und Formeln, damit sie genauen Aufschluss über die Wirkung auch kleiner Änderungen, z. B. des Längenprofils, geben.

Aus dem gleichen Grunde kann man auch auf die Eintragung der Pufferabstandslinien neben den Laufzeitlinien verzichten, zumal weil sie die Übersicht beeinträchtigen und für die vergleichsweise Auswertung nicht geeigneter sind als die ursprünglichen Zeitlinien. Im übrigen handelt es sich genau genommen weniger um die Pufferabstandslinien, als um die Feststellung, welche Zeit noch zum Umstellen einer Weiche, bei welcher die Zeitlinien sich nahe kommen, übrig bleibt. Das Umstellen einer Weiche kann beginnen, sobald die letzte Achse des Vorläufers die Zungenwurzel verlassen hat und muss beendet sein, wenn die erste Achse des Nachläufers die Zungenspitzen erreicht. In der Abb. 4 stellen die geeigneten Linien die Laufzeitlinien dar. Die Zungen von der Länge l werden frei, wenn der Vorläufer mit dem Achsabstand s , angedeutet durch die zwei Radkreise, die Stelle 1 erreicht hat. In diesem Augenblick befindet sich die Mitte des Nachläufers im Punkt 2. Die Weiche muss umgestellt sein, wenn er die Stelle 3 erreicht hat. Die Laufzeit z des Nachläufers zwischen 2 und 3 ist die für das Umstellen verbleibende Zeit.

Mit der formell richtigen Ermittlung der Laufzeitlinien ist allerdings noch nicht viel getan. Es wäre z. B. nicht richtig, für einen bestehenden Ablaufberg etwa unter der Annahme von 5 m Gegenwind Zeitweglinien zu zeichnen und aus ihnen zu folgern, dass die vorhandene Berghöhe nicht

zweckmäßig sei. Das wäre ebenso verfehlt, als wenn jemand eine Brücke berechnete, bevor über ihre lichte Weite entschieden ist. Es sind zuvor eingehende Überlegungen und sorgfältige örtliche Feststellungen notwendig, etwa in folgender Richtung:

Entstehen größere Störungen durch Gegenwind oder durch Kälte?

An wieviel Tagen im Jahr muss eine Lokomotive zum Beidrücken der Wagen eingestellt werden?

An wieviel Tagen müssen einige Gleise außer Betrieb gesetzt werden, weil die Schwerläufer sie kaum mehr erreichen?

Wie groß ist an diesen Tagen der aus der Fallhöhe und Laufweite leicht zu ermittelnde durchschnittliche Laufwiderstand $\varphi + W$ der Schwerläufer nach Abzug der Kurvenwiderstände ρ ?

In welchem Grade ist eine durch Versuche festgestellte Verbesserung möglich, wenn mehrere G-Wagen in einem der äußersten Gleise als Windschutz vorübergehend aufgestellt werden, oder wenn sonstiger Windschutz geschaffen wird?

Was wird betrieblich erreicht, wenn Schwerläufer unter gleich ungünstigen Witterungsverhältnissen z. B. 50 m weiterlaufen?

Wie wirken sich die Störungen wirtschaftlich aus?

Welche Nachteile stehen dabei dem Gewinn gegenüber? (Stärkere Drucklokomotive, Steigerung der Rangierschäden, stärkere Abnutzung der Bremsmittel).

Wenn ein Rangierbahnhof gut geleitet wird, so kann angenommen werden, dass der Ablaufberg die den Verhält-

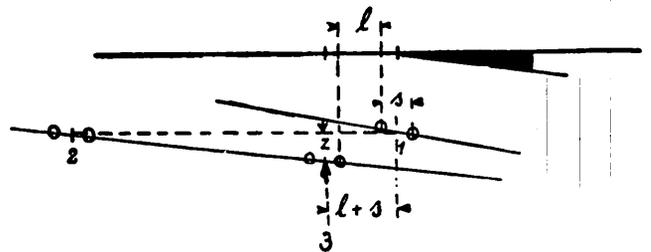


Abb. 4.

nissen angepaßte Höhe hat. Erst wenn eine örtliche Nachprüfung ergeben hat, dass es unter Berücksichtigung aller Vor- und Nachteile wirtschaftlich sein würde, dass z. B. bei 5 m Gegenwind die Schwerläufer in bestimmten Gleisen bis zum Punkt 350 statt bis 300 liefen, so würde hier erst die Berechnung der erforderlichen Berghöhe unter Benutzung der bei 5 m Gegenwind festgestellten Laufwiderstände einsetzen können.

Meistens wird sich die Untersuchung auch auf die Änderung des Längenprofils und der Gleisentwicklung erstrecken nach folgenden Gesichtspunkten:

Steiles Berggefälle (1:20), scharfe Ausrundung am Gipfel ($r = 300$ m) und am Fulse der Rampe ($r = 800$), daran anschließend schwaches durchgehendes Gefälle (1:800), damit Wagen nicht bei Gegenwind oder infolge von Gleisunebenheiten zurücklaufen. Abstand des Gipfels von der ersten Verteilungswende 20 m. Gleis auf der Steilrampe gerade und auf die Mitte der Gleisgruppe zulaufend. Gleise in zwei oder mehr Bündeln entwickeln. Die äußeren Gleise zuerst abzweigen. Hemmschuh- oder sonstige Bremsen in die Stammgleise der Bündel legen. Richtungsgleise in ganzer Länge, oder wenigstens im ersten Drittel gerade, abgesehen von den Entwicklungsbögen.

Die angegebenen Zahlen sollen natürlich nur einen Anhalt geben. Nach einer Untersuchung im Organ f. F. 1926, S. 204, letzter Abschnitt, kann der Ausrundungshalbmesser am Gipfel 200 m sein. Mit Rücksicht auf unvermeidliche Ungenauigkeiten wird $r = 300$ m anzunehmen sein.

Wenn die Rampe ein Gefälle, welches als höchstens zu-

lässig angesehen wird, erhält, so kann ein »Winterberg« nur durch Abrückung des Ablaufpunktes von den Verteilungspunkten angelegt werden. Ferner wird die Gleisentwicklung von zwei Ablaufgleisen aus länger. Diese Umstände sprechen gegen einen Winterberg. Wenn also eine durchgreifende Änderung in Frage kommt, wird die Beseitigung eines etwa vorhandenen Winterberges zu erwägen sein. Wie weit diesen Gesichtspunkten bei der Änderung einer bestehenden Anlage mit Rück-

sicht auf die Umbaukosten Rechnung getragen werden kann, ist eine wirtschaftliche Frage.

Für Neuanlagen gelten die gleichen Gesichtspunkte. Die wirtschaftliche Frage tritt hier insoweit zurück, als ein Rangierbahnhof mit zweckmäßigem Profil und guter Gleisentwicklung nicht mehr kostet, als ein fehlerhaft angelegter, abgesehen von der Zahl der Stammgleise, weil sich nach ihr die Zahl der Bremsen richtet.

Der neue Rotguß R 5 im Eisenbahnbetrieb.

Von Dr. Kühnel und Dr. Marzahn, Reichsbahnräten im Eisenbahn-Zentralamt.

Über die Eigenschaften und den Aufbau von Rotguß finden sich im Schrifttum eine ganze Reihe von Mitteilungen, die jedoch für den besonderen Zweck des Eisenbahnbetriebes nicht verwertbar sind. Zur Zeit besteht auch allgemein wohl noch die Erscheinung, daß die Konstrukteure über die wirklichen Eigenschaften von Rotguß bzw. Bronzelegierungen keine näheren Unterlagen besitzen, infolgedessen lediglich Rotguß oder Bronze vorschlagen und den Erzeugern die Wahl der Legierungen überlassen. Damit ergeben sich aber auch für den Hersteller Schwierigkeiten, da ihm die Art der Beanspruchung meist nicht bekannt ist und der Konstrukteur keine Angaben über Festigkeit, Härte, Abnutzungsbständigkeit usw. gemacht hat. Im Reichsbahnbetrieb wird seit Kriegsende eine Einheitslegierung von der Zusammensetzung 85 Cu, 9 Sn, 6 Zn verwandt. Diese Legierung wurde offenbar auf Grund älterer Erfahrungen gewählt, weil sie nach ihrer Zusammensetzung die Eigenschaften in sich vereinigt, die sie sowohl für die Verwendung zu Ausrüstungsteilen als auch für Gleitstücke und Lager geeignet machen. Nähere Angaben über die mechanischen Eigenschaften fanden sich jedoch bisher auch nicht. Nun stellte sich aber im Laufe der folgenden Jahre heraus, daß diese Legierung zwar mechanisch den Ansprüchen genüge, daß sich aber bei der Herstellung verschiedene Schwierigkeiten ergaben, die die Zweckmäßigkeit dieser Zusammensetzung zweifelhaft erscheinen ließen. Eine dieser Schwierigkeiten wurde in Zusammenarbeit mit den Metallhütten verhältnismäßig schnell erkannt. Es war dies eine Anreicherung des Schwefels, die genau wie beim Gußeisen während der Kriegsjahre dadurch entstanden war, daß Neumetalle nicht mehr in den Fertigungsgang eingeführt werden konnten. Nachdem aber die schädliche Wirkung des Schwefels erkannt und sein Nachweis im Gefüge möglich war, gelang es den Hütten bald, den im Altstoff vorhandenen Schwefel bei der Umhüttung wieder auf ein normales Maß herabzudrücken, so daß seit etwa 1923 Schwierigkeiten, die auf diesen Umstand zurückzuführen sind, nachgelassen haben. Vornehmlich beim Armaturenguß zeigten sich jedoch bei vielen Eisenbahngießereien weiterhin Schwierigkeiten derart, daß die aus dem Einheitsrotguß hergestellten Stücke sich bei der Prüfung als nicht dicht erwiesen. Gemeinschaftliche Untersuchungen der Versuchsgießerei in Brandenburg-West und der Mechanischen Versuchsanstalt ließen vermuten, daß die Ursache dieses ungünstigen Verhaltens in dem langen Erstarrungsweg liegt, den diese Legierung aufweist und der sich etwa über 250° erstreckt. Während dieser Zeit liegt bereits festes und noch flüssiges Material im Aufbau nebeneinander und unter der bereits auftretenden Schrumpfwirkung treten Verschiebungen der festen Bestandteile gegeneinander ein, die der späteren Dichtigkeit wahrscheinlich nicht zuträglich sind. Es kam weiter hinzu, daß die Einheitslegierung ziemlich hoch zinnhaltig ist und der Preis des Zinns in den letzten Jahren seit Kriegsende gewaltig angestiegen ist. Da der Bedarf an Rotguß verhältnismäßig hoch ist, so war die Reichsbahn gezwungen, große Mengen von Geld im Rotguß festzulegen. Es lag nun nahe, einmal die Eigenschaften von Kupfer-Zinn-Zink-Legierungen

ähnlicher Zusammensetzung zu ermitteln, um festzustellen, ob nicht bei einer zinnärmeren Legierung mit einem geringeren Erstarrungsintervall doch ähnliche mechanische Eigenschaften zu erreichen wären, die mit denen des Einheitsrotgusses noch in Wettbewerb treten könnten. Selbst wenn es gelang, den Rotguß in seinem Zinngehalt nur um etwa 2 bis 3% zu drücken, so mußten die sich hieraus ergebenden Ersparnisse Beträge annehmen, die sich über mehrere hunderttausend Mark im Jahre erstrecken. Die Mechanische Versuchsanstalt des Eisenbahn-Zentralamts hat daher im Jahre 1923 mit planmäßiger Durchforschung des Gebiets der Kupfer-Zinn-Zink-Legierungen in Nachbarschaft des Einheitsrotgusses begonnen, über deren Ergebnisse nachstehend berichtet sei.

Zur Durchführung dieser Versuche wurden in der Kupferecke des ternären Schaubildes Kupfer-Zinn-Zinn planmäßig eine Reihe von Legierungen, welche dem Einheitsrotguß Rg 9 nahe standen, hergestellt. Diese Schmelzungen wurden durch die chemische Analyse auf ihre Zusammensetzung und die vorhandenen Verunreinigungen hin nachgeprüft, desgleichen wurden ihre mechanische Eigenschaften und ihr Gefügebau geprüft. Von jeder Schmelzung wurde ein Blockchen von 160 mm Länge, 50 mm Breite und 45 mm Höhe in eine dünnwandige Blechkokille vergossen. Die Gießtemperatur betrug im Durchschnitt 1150°. Zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften wurde das Blockchen in drei Stauchproben, zwei Kerbproben, eine Abnutzungs- und Bearbeitungsprobe, eine Kugeldruckprobe zerlegt. Schließlich konnte noch ein Schliß zur Prüfung des Aufbaues aus dem Blockchen gewonnen werden. Die Zusammenstellung 1 enthält die Ergebnisse der chemischen Analyse und der mechanischen Prüfung. Abgesehen von den Schmelzungen Nr. 5c, 6b und 20, wo infolge verunreinigten Zinkes der Gehalt an Antimon und Blei besonders hoch war, konnten nennenswerte Verunreinigungen in den Legierungen nicht nachgewiesen werden.

In der Tafel der mechanischen Werte steht an erster Stelle das Ergebnis der Druckfestigkeitsprüfung. Die Werte sind auf den Anfangsquerschnitt der Stauchprobe bezogen, die einen Durchmesser von 15 mm und eine Höhe von 30 mm hat und zwar ist der im Augenblick des ersten Anrisses ermittelte Höchstwert angegeben. In Abb. 1 sind die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung in das ternäre Schaubild bei den entsprechenden Legierungen eingetragen. Vergleicht man die einzelnen Ergebnisse miteinander, so erkennt man, daß auf der Kupfer-Zinkseite die Festigkeit mit zunehmendem Zinngehalt zunimmt, während sie sowohl auf der Kupfer-Zinnseite wie auf der Verbindungslinie zwischen Kupferecke und Einheitsrotguß, Schmelzung 16, über einen Höchstwert, welcher etwa in der Gegend 5% Zinn und 3% Zink zu liegen scheint, wieder abfällt. Betrachtet man die Werte der Druckfestigkeit auf der Querlinie, die die Schmelzen Nr. 13, 18, 16, 17 und 12 verbindet, so zeigt sich von der Kupfer-Zinkseite, Nr. 13, bis zum Einheitsrotguß, Nr. 16, ein deutlicher Abfall der Druckfestigkeit, während sich beim weiteren Verlauf dieser Linie nach der Kupfer-Zinnseite keine wesentliche Veränderung feststellen läßt. Die blei-antimonhaltigen Schmelzungen lassen

Zusammenstellung 1.

Lfd. Nr.	Chemische Analyse					Ergebnisse der mechanischen Prüfung.					
	Cu	Sn	Zn	Sb	Pb	1	2	3	4	5	6
4a	91,9	6,62	0,08	0,1	1,2	142	69	61,6	2,4	74	—
4b	92,0	6,1	1,8	0,1	0,3	181	70,2	66,5	2,5	130	0,32
5c	85,6	6,1	0,2	2,9	5,2	85	55	41,4	1,1	63	8,8
6b	86,0	8,1	4,7	0,4	0,8	124	68	49	1,75	62	1,9
12	85,7	14,2	—	0,1	0,3	137	108	40,5	1,1	192	0,11
13	85,1	—	14,6	0,1	0,3	185	78	69,2	7,8	86	0,66
14	76,5	13,7	9,8	0,1	0,3	106	134	24,4	0,1	319	0,17
16	84,6	9,2	6,1	0,1	0,3	140	76	45,9	2,1	175	0,37
17	83,4	12,2	4,4	0,1	0,3	131	84,4	46,8	0,9	124	0,35
18	84,0	4,0	11,8	0,1	0,3	200	64	66,4	3,7	91	0,47
19	82,0	7,8	10,2	0,1	0,3	132	66	50,3	1,3	150	0,48
20	85,2	8,7	3,6	0,6	2,0	105	74	46,0	1,5	61	3,67
23	95,5	0,23	3,8	0,1	0,3	147	48	69,1	3,9	—	—
24	97,5	2,5	—	0,1	0,3	176	50	70	5,4	—	—
25	89,3	6,4	4,3	0,1	0,3	180	89,6	63,9	3,4	93	0,21
26	93,7	4	2,3	0,1	0,3	200	74	68,4	4,9	130	0,22
27	100	—	—	—	—	158	71	71,9	6,6	77	—

eine bedeutend geringere Druckfestigkeit erkennen, weil, wie zu vermuten war, das Antimon die Rotgulslegierung spröde macht.

Die Spalte 2 enthält die Ergebnisse der Härteprüfung und zwar sind Mittelwerte eingetragen, die aus wenigstens fünf Eindrücken gewonnen wurden. Bemerkt sei, das in den Einzelwerten größere Schwankungen zu beobachten waren, was bei gegossenen Legierungen und der Art ihrer Abkühlung meistens der Fall ist. Auf der Kupfer-Zinkseite ist ein leichter Anstieg der Härte festzustellen, der auf der Kupfer-Zinnseite naturgemäß noch stärker ausgeprägt ist. Auf der Verbindungslinie Kupferecke, Schmelzung 27, und Einheitsrotguls, Schmelzung 16, macht sich ein ähnlicher Höchstwert wie bei der Druckfestigkeitsprüfung bemerkbar. Die Verlängerung dieser Linie über den Einheitsrotguls hinaus bis zur Schmelzung 14 zeigt wieder eine starke Zunahme der Härte. Die Querlinie zwischen der Kupfer-Zinkseite und dem Einheitsrotguls zeigt keine wesentliche Veränderung, erst nach der Kupfer-Zinnseite zu macht sich ein starker Anstieg der Härte bemerkbar. Die blei-antimonhaltigen Legierungen zeigen eine ziemlich geringe Härte.

Die Ergebnisse der Zähigkeitsprüfung sind zweimal zahlenmäßig zum Ausdruck gebracht. Zunächst wurde in Spalte 3 die beim Druckversuch ermittelte Stauchung in % der Anfangshöhe festgestellt. Verfolgt man die einzelnen Verbindungslinien, so ergibt sich, das auf der Messingseite keine wesentliche Veränderung der Zähigkeit bis zu einem Gehalt von 15% Zink eingetreten ist. Beträchtlicher dagegen ist der Abfall der Zähigkeit auf der Zinnseite, wo er in Schmelzung 12 nur noch die Hälfte des Kupferwertes erreicht. Auch in der Mitte des Schaubildes auf der Verbindungslinie der Kupferecke mit dem Einheitsrotguls macht sich ein Abfall der Zähigkeit noch bemerkbar. Mit steigendem Zinngehalt nimmt der Abfall der Zähigkeit stark zu, wie die Schmelzung 14 deutlich erkennen läßt. Die Querlinie zeigt ebenfalls bis zum Einheitsrotguls einen Abfall, der sich dann aber kaum noch ändert. Die blei-antimonhaltigen Legierungen fallen durch verringerte Zähigkeit auf.

Spalte 4 enthält die Ergebnisse der Kerbzähigkeitsprüfung, wie sie auf dem 10 mkg Schlagwerk an der normalisierten Probe ermittelt wurden. Die Zahlen stellen Mittelwerte aus zwei Versuchen mit meist guter Übereinstimmung dar. In Abb. 2 sind die Ergebnisse der Kerbzähigkeitsprüfung in das ternäre Schaubild bei den entsprechenden Legierungen eingetragen. Die Kerbzähigkeitsprobe zeigt auf der Messingseite einen Anstieg der Werte, während sich auf der Kupferzinnseite der Abfall der Werte viel stärker bemerkbar macht, als ihn die Druckprüfung Spalte 3 zum Ausdruck brachte. Ebenso zeigt die Mittellinie Kupfer-Einheitsrotguls, Nr. 27 bis 16, einen starken Abfall der Kerbzähigkeitswerte, bis er in Schmelzung 14

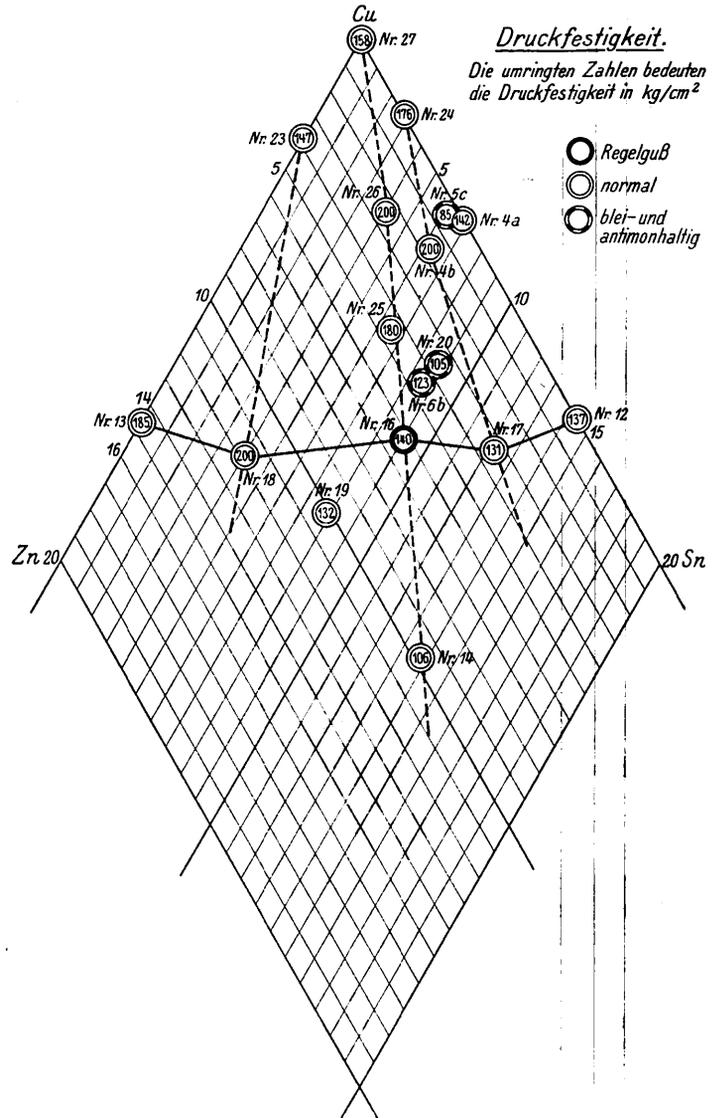


Abb. 1.

den geringsten Wert erreicht, der überhaupt an den hergestellten Versuchsschmelzungen ermittelt wurde. Die Querlinie zeigt bis zum Einheitsrotguls einen starken Abfall, der sich nach der Kupfer-Zinnseite allmählich fortsetzt. Auch die blei-antimonreichen Legierungen fallen hier ebenso wie in Spalte 3 durch ihre geringe Kerbzähigkeit auf.

Für die Prüfung des Bearbeitungswiderstandes konnte in Ermanglung von besonderen Prüfmaschinen nur ein verhältnismäßig rohes Verfahren angewendet werden. Es wurden bei Ausschnitten gleichen Querschnitts und gleicher Lage die Zahl der Sägeschnitte ermittelt, die erforderlich waren, um das betreffende Stück durchzusägen. Die ermittelte Schnittzahl wurde auf den qcm umgerechnet. Entsprechend den bisherigen

Prüfungsergebnissen zeigte sich auf der Kupfer-Zinnseite nur eine geringe Abnahme der Bearbeitbarkeit, dagegen eine sehr starke auf der Kupfer-Zinnseite. Eine erschwerte Bearbeitbarkeit machte sich auf der Kupfer-Einheitsrotguß-Linie bemerkbar. Am größten ist die Schwierigkeit der Bearbeitbarkeit bei Schmelzung 14. Auf der Querlinie nimmt die Erschwerung der Bearbeitbarkeit bis zum Einheitsrotguß stark zu, um dann nach der Kupfer-Zinnseite zu allmählich anzusteigen. Die blei-antimonhaltigen Legierungen zeigen entsprechend ihren bisherigen Prüfungsergebnissen eine günstige Bearbeitbarkeit. Wenn auch die so gewonnenen Ergebnisse bei der Unsicherheit des Prüfverfahrens ziemlich roh sind, so kann man bei ihrer Über-

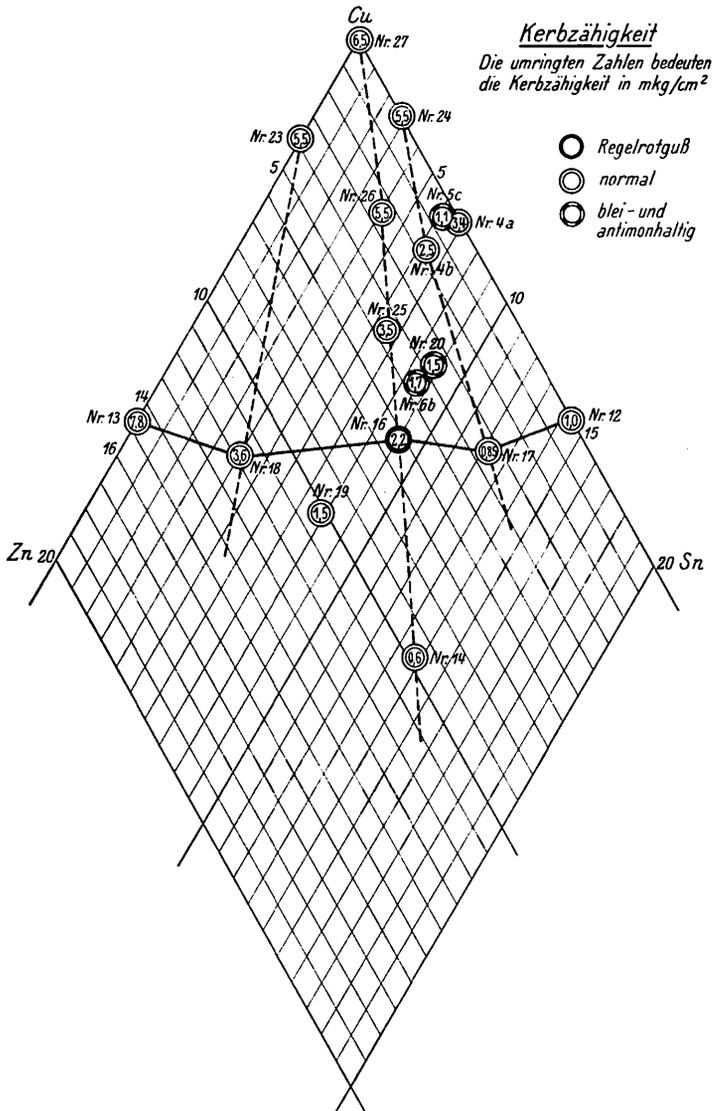


Abb. 2.

einstimmung mit den übrigen mechanischen Prüfungsergebnissen doch mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daß diese Werte das richtige angeben.

Die Abnutzungsversuche, deren Ergebnisse in Spalte 6 zusammengestellt sind, wurden nach der sogenannten Klötzchenprobe auf der Maschine von Hanffstengel ausgeführt. Ein Klötzchen des Probematerials von etwa 15 mm Breite läuft gegen eine sich drehende Stahlscheibe unter Belastung von 20 kg. Ermittelt wurde der Gesamtgewichtsverlust in Gramm nach einer Abnutzungsdauer von zwei Stunden. Betrachtet man die Abnutzungsergebnisse, so erkennt man, daß der Abnutzungswiderstand nach der Kupferecke zu nicht abnimmt, sondern eher größer wird. Auf der Querlinie wird mit zu-

nehmender Entfernung von der Messingseite, Schmelzung 13, der Abnutzungswiderstand beständig erhöht, bis er auf der Bronzeite, Schmelzung 12, seinen Höchstwert erreicht. Die blei-antimonhaltigen Schmelzungen zeigen, wie zu erwarten, den geringsten Widerstand gegen Abnutzung.

Es wurden ferner an den verschiedenen Schmelzungen Gefügeuntersuchungen vorgenommen. Abb. 3 enthält das Ergebnis der Gefügebeobachtungen. Hiernach kann man feststellen, daß infolge von Entmischungserscheinungen ein harter Gefügebestandteil, das Eutektoid, mit Entfernung von der Kupferseite und Annäherung an die Kupfer-Zinnseite zunimmt. Das Eutektoid stößt in Gebiete vor, in denen es bei ausgeglichener Erstarrung

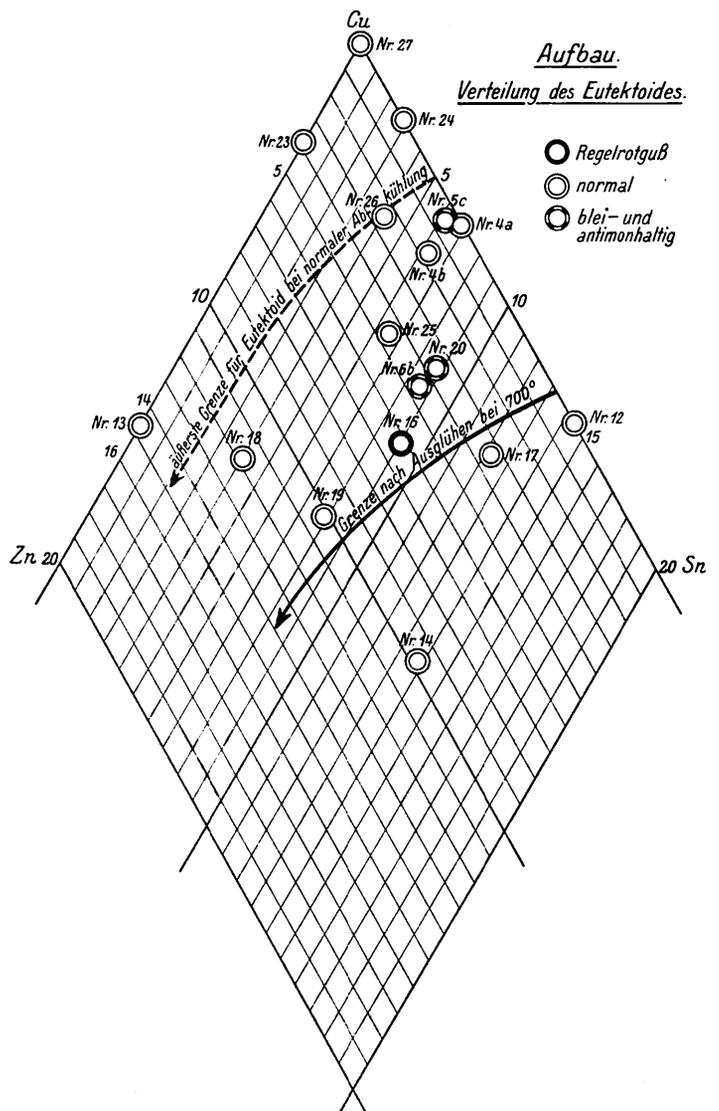


Abb. 3.

nicht mehr auftreten sollte. Das Gebiet des Vorstoßes des Eutektoids ist durch die beiden Linien mit dem Pfeil auf Abb. 3 umgrenzt. Die Eigenschaften der in diesem Gebiet liegenden Legierungen werden durch diesen Gefügebestandteil erheblich beeinflusst. Abb. 4 zeigt das Gefügeaussehen des Eutektoids. Es scheint jedoch nach den Beobachtungen an den verschiedenen Schmelzungen und zahlreichen Einheitsrotguß-Legierungen im Auftreten dieses Eutektoids eine gewisse Gesetzmäßigkeit zu liegen, so daß dasselbe bei nicht allzusehr veränderten Erstarrungsbedingungen fast immer in gleicher Menge auftritt.

Die ausgeführten Untersuchungen an den verschiedenen Schmelzungen haben gezeigt, daß mit Annäherung an die Zinnseite Härte, Druckfestigkeit und Abnutzungsbeständigkeit zu-

nehmen, während Zähigkeit und Bearbeitbarkeit abnehmen. Der Einheitsrotguss, Schmelzung 16, stellt etwa die Grenze dar, bis zu der von der Kupferseite her eine Veränderung der Eigenschaften zwar schon bemerkbar ist, aber immerhin noch in mäßigen Grenzen bleibt. Die Untersuchungsergebnisse aber lassen weiter erkennen, daß eine Herabsetzung des Zinngehalts in dem Einheitsrotguss in ziemlich beträchtlichem Umfang auf der Linie der Schmelzungen Nr. 16, 25, 26, 27 möglich ist, ohne die Güterwerte des Einheitsrotgusses allzusehr herabzusetzen.

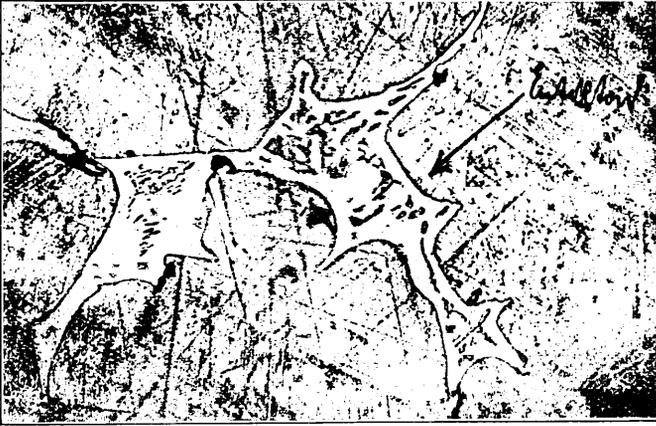


Abb. 4.

Inzwischen hatte der Normungsausschuss den Rotguss Rg 5 mit 85 Kupfer, 5 Zinn und 10 Zink + Blei in Vorschlag gebracht, von dem man erwarten konnte, daß er noch als Einheitslegierung verwendbar war, gleichzeitig aber eine bedeutende Ersparnis hinsichtlich des Zinngehaltes darstellte. Ungeklärt blieb noch bei dieser Legierung, in welchen Grenzen der Bleigehalt sich zu halten hat. Nach früheren Forschungsergebnissen wird die Bearbeitbarkeit von Rotguss bei einem Bleigehalt bis zu 6% verbessert, was die Vermutung zuließ, daß die Abnutzungsbeständigkeit abnehmen würde. Da inzwischen die Mechanische Versuchsanstalt des Eisenbahn-Zentralamts eine Abnutzungsmaschine Bauart Mohr & Federhaff erhalten hatte, bot sich die Möglichkeit, die auf der Hanffstengelschen Maschine gewonnenen Abnutzungsergebnisse nachzuprüfen. Bei dieser neuen Maschine läuft eine Prüfrolle gegen eine gehärtete Stahlrolle unter einem Schlupf von etwa 1%, so daß eine schwache Reibung der Rollen aufeinander zwangsweise durchgeführt wird. Es wird der Gewichtsverlust in Gramm der zu prüfenden Rolle nach 100 000, 150 000 und 200 000 Umdrehungen bei 100, 150 und 200 kg Anpressdruck ermittelt. Der verwendete Werkstoff bestand in dem ersten Falle aus einer Legierung, die dem genormten Rg 5 annähernd gleich war. Als Vergleich wurden Scheiben aus einer dem Rg 9 ähnlichen Schmelzung gewählt. Diese Schmelzungen wurden in der Versuchsgießerei Brandenburg-West hergestellt, und zwar wurden sämtliche Proben aus dem Tiegelofen in nicht getrocknete Formen vergossen. Zusammenstellung 2 enthält die Ergebnisse der chemischen Analyse, der Härte und der Gewichtsabnahme bei 200 000 Umdrehungen, bei einem Anpressdruck von 100, 150 und 200 kg der beiden Schmelzungen Gussart Rg 5 und Rg 9. Die Ergebnisse dieser Abnutzungsversuche zeigten deutlich, daß der Abnutzungsgegenstand des Rg 5 bedeutend größer ist als der des Rg 9, daß sich Rg 5 demnach als abnutzungsfester erweist. Abnutzungsversuche, welche auf Veranlassung der Versuchsgießerei im Betriebe an gestellt wurden, bestätigten die Versuchsergebnisse. Die Ver-

suche ließen weiter erkennen, daß bei einem Bleigehalt von etwa 3 bis 4% für die gewählte Legierung die Abnutzungsbeständigkeit sich gegenüber dem Rg 9 nicht verschlechtert.

Zusammenstellung 2.

Gussart	Chemische Zusammensetzung						Rolle Nr.	Härte in Brinell-E	Gewichtsabnahme in g		Belastung in kg	Bemerkung							
	Cu	Sn	Zn	Pb	Ni	Fe			nach 200000 Umdrehungen	im Mittel									
Rg 5	82,8	5,7	9,7	2,3	—	—	1	55,8	0,0692	0,0693	100	} gegossene Scheiben							
							2	51,2	0,0514										
							6	55,6	1,0110										
							7	64,2	0,4994	0,7552	150								
							3	52,1	0,9064										
							4	55,4	1,0162										
							5	54,1	0,6554	0,8593	200								
							16	63,9	3,2730										
							17	69,9	1,9070										
							Rg 9 Einheitsrotguss	86,3	7,9	4,4	2,0		0,3	0,1	11	56,4	1,1576	2,5900	150
															12	61,5	5,1570		
															13	73,5	6,3738		
															14	60,6	6,0318		
															15	53,1	6,8520	5,1144	200

Im Zusammenhang mit den ausgeführten Versuchsschmelzungen und ihren Untersuchungsergebnissen hat sich die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn entschlossen, den Rotguss Rg 5 bei der Reichsbahn einzuführen, wobei sie die Grenzen von Zink und Blei, welche vom Normungsausschuss auf zusammen 10% angenommen waren, einzeln festgelegt hat. In der Verfügung der Hauptverwaltung vom 3. Juni 1926 unter 37 D. 18199/25 heißt es: »Das Eisenbahn-Zentralamt hat die Versuche mit dem Rotguss R 5 abgeschlossen. Rotguss R 5 hat folgende Zusammensetzung:

85 Teile Kupfer
5 » Zinn
7 » Zink
höchstens 4 » Blei
» 0,08 » Schwefel
Mindestfeingehalt 90.

Die Versuche haben gezeigt, daß Rotguss R 5 größere Verschleißfestigkeit besitzt als Einheitsrotguss R 9. Die Laufeigenschaften des Rotgusses R 5 sind ebenfalls besser als die des R 9. Bei den Einheitslagerschalen der Güterwagen ist jedoch wegen der hohen Flächenbelastung und der starken Formänderungen, der diese Lagerschalen im Betriebe unterworfen sind, R 9 auch weiterhin vorzuziehen und zu verwenden. Für sämtliche Armaturen und besonders für Bauteile, die stärkerem Verschleiß unterworfen sind, wie Hahnkükken, Ventilspindeln, Buchsen, verdient jedoch R 5 den Vorzug.

In der Verfügung wird weiter die Erwartung zum Ausdruck gebracht, daß nach den bisherigen Erfahrungen der neue Rotguss R 5 wegen seiner geringen Neigung zum Seigern dichtere Abgüsse gibt als R 9. In den bahneigenen Gelbgießereien soll daher nach Aufbrauch der vorhandenen Bestände an R 9 ausschließlicher R 5 verwendet werden. Es soll aber zugleich geprüft werden, ob auch für die genormten Lagerschalen R 5 an Stelle von R 9 verwendet werden kann.

Der neue Heizkesselwagen der elektrisch betriebenen Strecken der italienischen Staatsbahn*).

Von Georg Lotter, München.

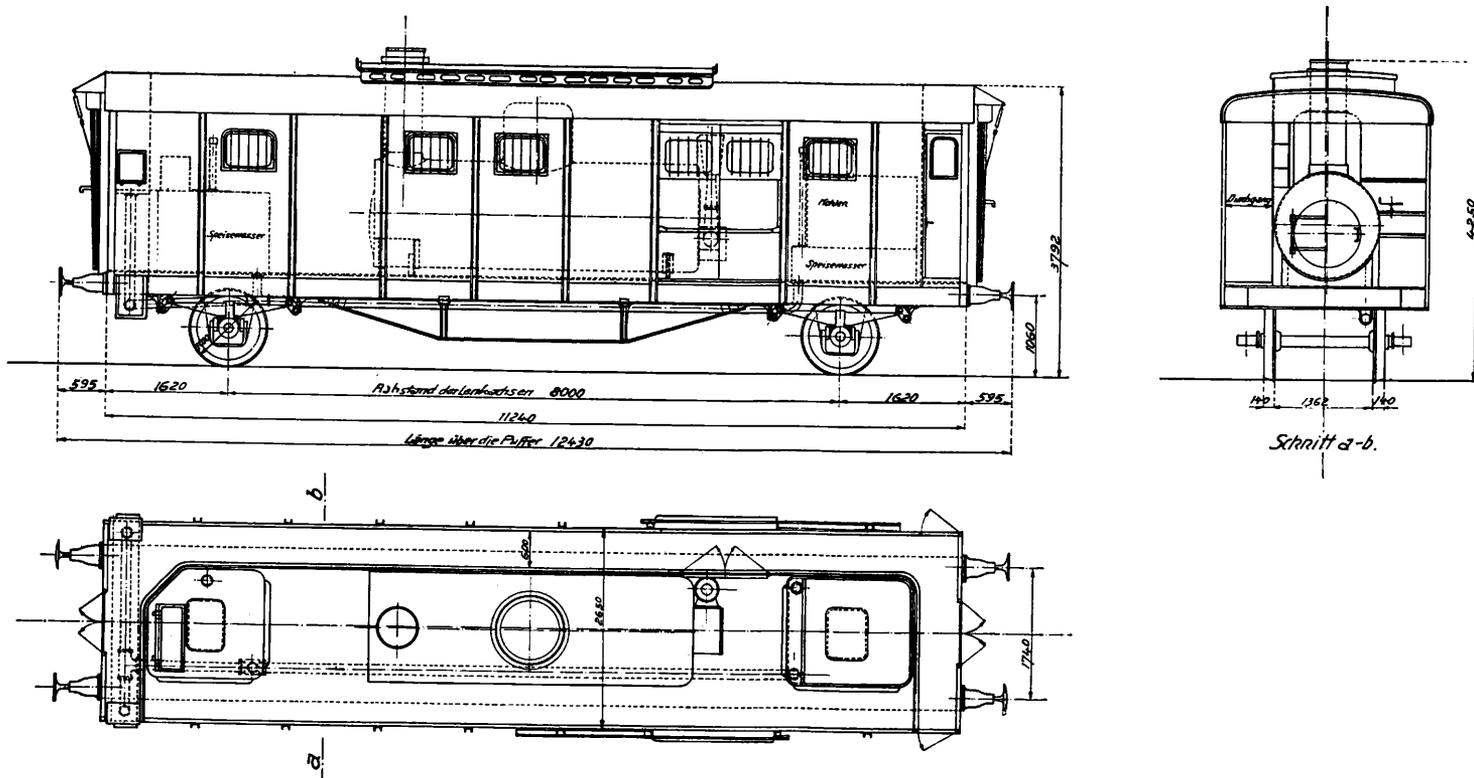
Die Heizung der elektrisch gefahrenen Züge der italienischen Staatsbahn erfolgte bisher mit wenigen Ausnahmen mit Dampf, der von Heizkesselwagen mit stehenden, mit Kohlenfeuerung betriebenen Kesseln geliefert wird. Diese Wagen sind zum Teil durch Umbau aus den dreiachsigen zweifach gekuppelten Dampftriebwagen Gruppe 60 entstanden, welche seit 1906 zur Post- und Eilgepäckbeförderung in größerer Stückzahl beschafft wurden und eine Besonderheit des der italienischen Staatsbahn bilden**).

Die stehenden Kessel dieser bisherigen Heizkesselwagen mit außergewöhnlich großen Abmessungen (bis zu 1 qm Rostfläche und 58 qm Heizfläche) bewährten sich nicht. Die dauerhafte Befestigung des Kessels auf dem Rahmen, seine Sicherung gegen Schwankungen in der Längs- und Querrichtung und die Unterhaltung der Rohrwände, welche vorsorglicherweise beide von Kupfer ausgeführt waren, bereiteten Schwierigkeiten. Die Italienische Staatsbahn entschloß sich deshalb, neue Heizkesselwagen mit liegendem Kessel zu beschaffen. Da diese von den auf den deutschen Reichsbahnen üblichen in mancher Hinsicht abweichen, seien sie kurz besprochen.

Der neue, als Gruppe VI_c bezeichnete Heizkesselwagen ist im Konstruktionsbüro der italienischen Staatsbahn entworfen und von der Soc. An. Costruzioni Ferroviarie e Meccaniche in Florenz erbaut; 15 Stück stehen seit dem Winter 1923/24 auf der elektrisch betriebenen Strecke Genua — Turin in zufriedenstellender Weise in Betrieb.

— erbaut. Die Gesamtanordnung des Wagens ist derart, daß er in die Mitte von D-Zügen eingestellt werden kann. Er ist deshalb — wie aus dem Grundriß ersichtlich — mit einem Seitengang von 600 mm lichter Breite versehen, welcher den Kesselraum von den Fahrgästen vollkommen abschließt, so daß der Durchgang durch den Zug ohne Gefahr einer Verschmutzung der Kleider der Reisenden gewahrt bleibt. Diese sehr zweckmäßige Anordnung ist erstmals bei dem unten erwähnten Heizkesselwagen der Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn vom Jahr 1912 ausgeführt worden. Weiter soll durch Einstellung des Wagens in die Mitte des Zuges eine gleichmäßigere und leichtere Erwärmung desselben und ruhiger Lauf des Heizkesselwagens bei den hohen Geschwindigkeiten der D-Züge erreicht werden. Diese Einstellung eines zweiachsigen Lenkachsens zwischen vierachsigen Drehgestellwagen hat zu Schwierigkeiten hinsichtlich der Ruhe des Laufs nicht geführt, sich vielmehr gut bewährt. Der Wagen hat nichtdurchgehende Zugstangen, Übergangsbrücken, Faltenbälge, Westinghouse-, Schnell- und Handspindelbremse sowie elektrische Beleuchtung mittels Akkumulatoren. Das Wasserfassen erfolgt vom Wasserkran aus durch in Nischen angebrachte Füllrohre, das Kohlenfassen durch große seitliche Schiebetüren mittels Körben.

Der Dampfkessel ist ein liegender Flammrohr-Heizröhrenkessel mit einer stündlichen Leistung von 800 kg Nafsdampf, was für die Beheizung eines schweren D-Zuges bei den klimatischen Verhältnissen Italiens genügt. Die liegende Anordnung



Heizkesselwagen der elektrisch betriebenen Strecken der italienischen Staatsbahn.

Die Abbildung gibt eine Skizze des Wagens in Längsansicht, Grundriß und Querschnitt. Er ist zweiachsig mit 8 m Lenkachsradstand durchweg in Eisen — aus Gründen der Feuer-sicherheit unter vollständiger Vermeidung jeder Holzkonstruktion

*) Nach Rivista Tecnica 1926, S. 20 bearbeitet.

***) Organ 1908, S. 456; ausführliche Unterlagen in der Z. d. V. deutscher Ingenieure 1907, Seite 1645, T. 16.

bringt eine einfache und zuverlässige Verbindung des Kessels mit dem Wagenrahmen, gute Zugänglichkeit der Rohrwände, eine erheblich bessere Ausnutzung der Brennstoffwärme zur Dampferzeugung und geringere Unterhaltungskosten als beim stehenden Kessel mit sich. Die Rostfläche ist 0,85 qm, die Heizfläche 36 qm groß, die Dampfspannung beträgt 8 at; die Verbrennungsluft wird durch eine besondere Rohrleitung aus

der oberen Zone des Kesselraumes unter den Rost gesaugt; die Feueranfischung erfolgt durch künstlichen Zug mittels eines im Kaminfuß sitzenden Hilfsbläfers gewöhnlicher Art; an Speisewasser werden 2,86 cbm, an Brennstoff $1\frac{1}{2}$ t Kohle mitgeführt; der Wasserinhalt des Kessels bei mittlerem Wasserstand beträgt 2,66 m³, so daß der Wasservorrat für mehr als drei Stunden Fahrt bequem ausreicht. Das Leergewicht des

gestellt, beginnend mit dem im Jahr 1869 von der für die Entwicklung der Dampfheizung von Zügen hochverdienten Firma Johannes Haag-Augsburg gelieferten Wagen, der als Gepäck-Heizkesselwagen ausgebildet war und zu den ersten Versuchen der Dampfheizung eines Eisenbahnzuges zählt.

Bei zahlreichen Bahnverwaltungen des Vereins deutscher Eisenverwaltungen werden bei den mit Dampflokomotiven

	Achszahl	Radstand	Leergewicht	Dienstgewicht	Kessel	Rostfläche m ²	Heizfläche m ²	Druck at	Vorräte an Wasser m ³	Kohle t
Bayerische Staatsbahn 1869 . . .	2	3,65	10,4	12,0	stehend	0,176	9	3	1,06	ca. 0,5
Preussische Staatsbahn 1892 . . .	2	5,5	15,5	20,5	liegend	0,43	10	6	3,0	ca. 1
Bayerische Staatsbahn 1912 . . .	3	6,5	25	34,7	"	0,7	20	10	5,9	1,3
Lötschbergbahn 1912	2	7,0	22,5	28	"	ca. 0,9	45,4 *)	12	4,0	1,5
Italienische Staatsbahn 1923 . . .	2	8,0	22,75	30	"	0,85	36	8	2,86	1,5

*) wovon 4,6 m² auf den Schmidt-Überhitzer entfallen.

Heizkesselwagens ist 22,75 t, das Dienstgewicht 30 t. Dieser Gewichtsaufwand zur Heizung eines Zuges ist bekanntlich sehr beträchtlich, läßt sich aber nicht nennenswert einschränken, wenn man zur Mitführung eines besonderen Heizkesselwagens gezwungen ist.

Zum Vergleich seien nachstehend die Hauptabmessungen und Gewichte einiger typischer Heizkesselwagen zusammen-

gefahrenen und von diesen geheizten Zügen bei strenger Kälte und Überschreitung einer bestimmten Achszahl besondere Heizkesselwagen regelmäßig eingestellt, wie im XIV. Ergänzungsband des Organs, S. 178, ausführlich berichtet ist. Unter diesem Gesichtspunkt verdient die besprochene neue Bauart der italienischen Staatsbahn besondere Beachtung, da sie gegenüber den meisten bisherigen betriebstechnische Vorteile mit sich bringt.

Berichte.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Versuchsstrecke mit geschweißten Schienen auf der russischen Oktoberbahn.

Die russische Oktoberbahn (frühere Nikolaibahn) hat im Mai dieses Jahres auf der Brücke über die Schoscha eine Versuchsstrecke für Schienenschweißung hergestellt. Die Brücke hat zwei Felder zu je 60 m, ist zweigleisig mit Fahrbahn unten. Die beweglichen Auflager befinden sich auf dem Pfeiler. Die Zufahrten sind beiderseits gerade, eine Schienenwanderung ist nicht zu bemerken. Die Bettung ist Sand mittlerer Beschaffenheit. Die Schweißung wurde der Leningrader Stadtbahn übertragen und mit Aluminothermit ausgeführt. Die Schweißung wurde sowohl mit Wulsten im Schienesteg als auch ohne solche ausgeführt. Die über die Haltbarkeit der geschweißten Stöße angestellten Laboratoriumversuche ergaben einen Biegezugwiderstand von 70,7 kg/mm² außerhalb der Schweifsstelle. 43,5 kg/mm² für den Stoß mit Wulst und 42,2 für den Stoß ohne Wulst. Der Zerreißwiderstand war 27,8 kg/mm² bzw. 42 kg/mm². Die Härte des Stosses an der Schweifsstelle war 140 bis 150 kg/mm², in einem Abstand von 90 cm vom Stoß 310 kg/mm². Die Schweißung hat also die Güte der Schienen im Bereich der Wärmebehandlung sehr herabgesetzt und der erhaltene Stoß bildet sichtlich eine schwache Stelle. Die russische Eisenbahnverwaltung ist selbst darauf aufmerksam geworden, daß die ausländischen Versuche ein ungleich günstigeres Bild liefern und nehmen daher an, daß die Schweißung nicht auf einwandfreier Grundlage durchgeführt ist. Die Bahn hat in Ansehung dieser unbefriedigenden Ergebnisse Vorsichtsmaßregeln ergriffen. Vor allem hat sie zur Sicherheit Laschen an den geschweißten Stößen angebracht. — Die Brückenbahn liegt auf Holzschwellen. Ausgleichvorrichtungen nach Weichenform liegen in Brückenmitte über dem Pfeiler. Ungünstige Beobachtungen sind bis jetzt nicht gemacht worden. Die Fahrt über die Brücke ist jetzt außergewöhnlich ruhig und stoßfrei. Im ganzen sind 44 Stöße geschweißt worden, wozu eine Woche gebraucht wurde.

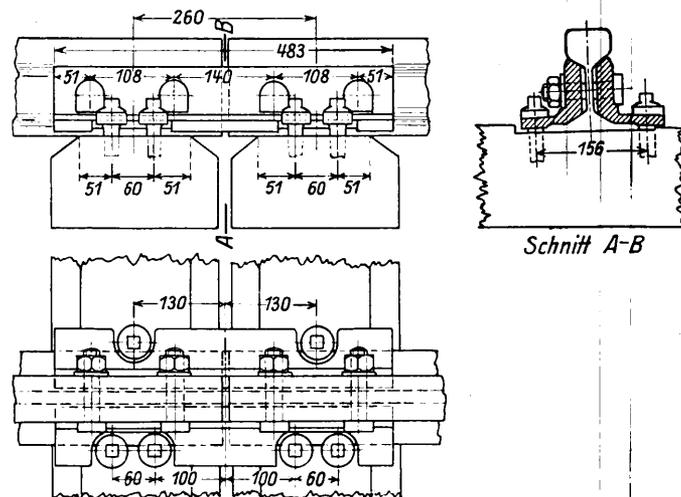
Dr. S.

Bauliche Verbesserungen auf den Linien der Paris-Lyon-Mittelmeer-Eisenbahngesellschaft.

Bei der Paris-Lyon-Mittelmeer-Eisenbahngesellschaft werden in letzter Zeit verschiedene bemerkenswerte Verbesserungen bau-

licher Art durchgeführt. Hierzu gehört vor allem die Verstärkung des Oberbaues, wodurch nicht nur der Zuglauf sicherer, sondern auch die Lebensdauer des Oberbaumaterials verlängert wird. Des Weiteren wurden in großem Umfang bestehende Brücken mit Eisenbeton verstärkt und neue Bauwerke aus dem gleichen Baustoff hergestellt.

Verstärkung des Oberbaues. Verschiedene Hauptlinien wurden mit einer neuen Stoßverbindung versehen, die aus der Abbildung ersichtlich ist. Es fand sich, daß die ständige Zunahme



Neue Stoßverbindung der Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn. Maße in mm.

der Achslasten, welche die Indienstrasse neuer Lokomotivbauformen mit sich brachte, bei der alten Stoßverbindung einen außergewöhnlichen Verschleiß verursachte. Zur weiteren Verbesserung des Oberbaues bei schlechter Entwässerung wurde die gründliche Erneuerung des Bettungsstoffes vorgenommen. Hiermit wurde auch eine gleichzeitige Hebung des Gleises verbunden. Auf Linien mit zahlreichen Kurven, wie an der Riviera und im Gebirge, machte sich die ständige Aufeinanderfolge der Kurven im Zuglauf sehr unangenehm bemerkbar. Durch Ausrichten und möglichstes Strecken der Kurven wurde

eine Verbesserung herbeigeführt. Auf Grund der Aufnahmen mit einem selbstaufzeichnenden Apparat (Enregistreur Hallade) konnten die für die Kurven nötigen Verbesserungen festgestellt werden.

Der Hallade-Apparat wiegt etwa 70 englische Pfund und kann in jedem Fahrzeug aufgestellt werden. Er enthält drei Pendel, deren Ausschläge durch Stahlnadeln auf Papierbänder aufgezeichnet werden. Mit einer vierten Nadel werden die Kilometer, Stationen und dergl. angemerkt. Auf diese Weise wird ein vollkommenes Bild der Strecke hergestellt. Der Apparat kann auch zur Untersuchung der Fahrzeuge auf ihren Lauf benützt werden.

Verstärkung vorhandener Brücken. Bei vielen Eisenbahnbrücken aus Eisen und Stahl werden die Fahrbahnen mit Eisenbeton verstärkt. Ein großer Vorteil ist hierbei, daß die Bettung auch auf der Brücke durchgeführt werden kann. Auf der Strecke Livron-Privas wird die Rhone bei la Voulte mit einer Eisenbahnbrücke überschritten. Sie besteht aus fünf Bogen mit je 55 m Spannweite. Vor mehreren Jahren war sie durch Rosten bereits so geschwächt, daß nur die leichtesten Maschinen sie befahren durften, was eine große Verkehrsbeschränkung bedeutete. Diese Brücke wurde nun nach dem Krieg mit Eisenbeton verstärkt. Während früher der Oberbau unmittelbar auf den Trägern auflag, ist das Gleis nun in Bettung verlegt. Die eisernen Konstruktionsteile sind mit Eisenbeton ummantelt. Die Brücke kann jetzt mit den schwersten Maschinen befahren werden. Drei „Pacific“-Maschinen befahren die Brücke mit einer Geschwindigkeit von 45 km/Std., ohne daß eine Bewegung der Tragkonstruktion bemerkbar war. Die Verstärkung kostete weniger als die Hälfte der Kosten, die für eine neue Brücke entstanden wären. Nach den hier gemachten Erfahrungen wurden mehrere Brücken verstärkt.

Neue Bauwerke aus Eisenbeton. Wegen des Anwachsens des Verkehrs mußte der Bahnhof in Nizza vergrößert werden. Hier, wie auch im Lyoner Bahnhof in Paris wurden alle neuen Bauwerke in Eisenbeton hergestellt. Es kamen hauptsächlich Wasserbehälter, neue Brücken, Bahnsteigdächer und viele andere Bauwerke in Betracht, die früher in Eisen errichtet wurden. Es ist übrigens bemerkenswert, daß für kleinere Gegenstände, wie Telegraphen- und Signalmaste, Schranken und Einfriedigungen Eisenbeton nicht angewendet wurde, wengleich andererseits Eisenbetonschwellen besonders bei neuen Strecken in ausgedehntem Maß verwendet wurden.

(The Railway Engineer, Mai 1926.)

Ursachen von Schienenbrüchen und ihre Verhütung.

Bearbeitet nach einem Aufsatz von Sístek, Inspektor der tschechoslowakischen Staatseisenbahnen im Januarheft 1926 des Bulletin du Congr. des Chemins de Fer.

1. Wirkliche Ursachen von Schienenbrüchen.

Die Spaltbildung wird durch die Verringerung des Volumens des Stahles beim Übergang vom flüssigen in den festen



Abb. 1.

Zustand hervorgerufen. Die Wände der Spalten verschweißen sich nicht. Die Längen der Spalten in Schienen treten an den verschiedensten Stellen des Querschnitts auf.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. Neue Folge. LXIV. Band. 1. Heft 1927.

Abb. 1 zeigt eine solche in der Querschnittachse der Schiene. Sie ist im Maximum 5 cm breit und nirgends an der Schienenoberfläche sichtbar. In Abb. 2 ist eine Spalte abgebildet, die unsymmetrisch von der Gleitfläche des Schienenkopfes bis tief in den Steg hinein verläuft. Der Schienenkopf in Abb. 3 wird durch wagrechte Spaltung in zwei Teile getrennt. Durch diese am häufigsten auftretende Spaltbildung werden immer Brüche in der Richtung der Schienenachse hervorgerufen.



Abb. 2.

Blasenbildung. Der flüssige Stahl enthält viele Gase. Werden diese beim Erkalten des Metalls am Entweichen verhindert, so führen sie zur Bläschenbildung. Diese ist daran zu erkennen, daß sich an der Gleitfläche des Schienenkopfes zeitweise kleine Eisenteilchen lösen.

Schlackenbildung entsteht durch Niederschlag von Phosphaten, Silikaten und schwefelsauren Eisenverbindungen, sowie Oxyden beim ungleichmäßigen Erkalten des Stahls. Die Schlackenbildung findet man am häufigsten dort, wo der Stahl durch Oxydationsprozesse gewonnen wird.



Abb. 3.

Zu starke Abnutzung der Schienenprofile.

Schwächung des Profiles infolge Rostbildung in Tunnels, bei schienengleichen Übergängen usw.

2. Vermeintliche Ursachen von Schienenbrüchen.

Schwingungen infolge der Verkehrsbelastung. Man ist zu der Annahme geneigt, daß viele Schienenbrüche dadurch entstehen, daß sich auf der Gleitfläche der Schienen infolge Gleitens der Räder beim Anfahren und Bremsen Risse bilden. Während 29-jähriger Beobachtung konnte jedoch nicht festgestellt werden, daß Risse sich von der Gleitfläche aus nach dem Innern des Schienenkopfes infolge von Schwingungen erweiterten. Beim Zerschneiden von ausgewechselten schadhafte Schienen mit Rißbildung

an der Gleitfläche fand man immer, daß diese auf Spaltbildung im Innern des Schienenkopfes zurückzuführen waren.

Deformierung allein führt nicht zum Schienenbruch.

Es muß festgestellt werden, daß bei großer Kälte Schienenbrüche am häufigsten auftreten. Wahrscheinlich sind jedoch auch sie auf Materialfehler zurückzuführen.

3. Mittel zur Verminderung der Schienenbrüche.

Nach der Ansicht des Verfassers kann das Auftreten der Schienenbrüche nur dadurch verringert werden, daß die Fabrikationsmethoden verbessert werden und die Verwaltungen schärfere Abnahmebedingungen als bisher aufstellen. Sch. r.

Gleisverwerfungen auf russischen Bahnen.

Eine Gleisverwerfung auf schweizerischen Bahnen hat kürzlich im Schrifttum einiges Aufsehen erregt und auch im Organ Erwähnung gefunden. In Scheljeznodoroschnoje Djelo, 1926, Nr. 6 bis 7, wird auf einen ähnlichen Fall hingewiesen, der sich ganz gleichartig auf einer der russischen Nordbahnen, in Sibirien, ereignete, als die Hauptbahn Tscheljabinsk-Irkutsk mit Schienen von 18 Pfund auf den laufenden Fufs verlegt wurde, wobei die Temperatur dem sibirischen Klima entsprechend zwischen +50° und -50° C schwankte.

Solche Verhältnisse sind für den Eisenbahnoberbau von großem Nachteil. Bei Erhöhung der Temperatur und stark angezogenen Laschenschrauben überwinden die Schienen die Reibung nicht mehr, biegen sich im wagrechten Sinne an verschiedenen Stellen aus und bilden Windungen mit einem zuweilen sogar schon aus der Ferne weit sichtbaren Pfeil. Die Fuge am Schienenstofs, selbst wenn sie vorhanden ist, verliert hierbei ihre Bedeutung. Es leuchtet ein, daß die Ausbauchungen auch Ausmaße erreichen können, bei denen die Räder durchfallen oder bei denen das Gleis selbst in größerer oder geringerer Ausdehnung ausweicht. Solche Fälle wurden auf den sibirischen Bahnen verschiedentlich beobachtet, besonders bezeichnend aber ist eine Entgleisung eines Postzuges, der am 12. Mai 1900 von Irkutsk nach Tscheljabinsk verkehrte und dabei zwischen den Stationen Marijnsk und Bogotol, der jetzigen Tomsker Bahn, in einer Steigung von 80/1000 entgleiste. Der Führer bemerkte schlangenartige Ausbiegungen des Gleises, erkannte die Gefahr und schloß den Regler, aber die Entgleisung der Lokomotive und des größten Teils des folgenden Zuges konnte nicht mehr verhindert werden. Kurz vorher war ein anderer Postzug anstandslos verkehrt. Die Verwerfung war also ganz plötzlich aufgetreten. Die Temperatur war +42° C. Dr. S.

Lokomotiven und Wagen.

1C1 + 1C1-h4 Garratt-Lokomotiven der Rhodesischen Eisenbahn*).

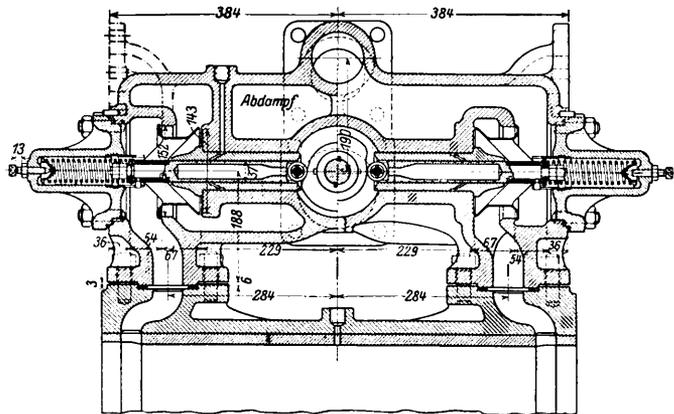
Die für Kapspur äußerst leistungsfähige Bauart ist in zwölf Stück von Beyer, Peacock & Co. in Manchester geliefert worden. Sie ist die erste Garratt-Lokomotive in Rhodesia und vor allem deshalb bemerkenswert, weil ein Teil der Lieferung Lentz-Ventilsteuerung erhalten hat, während bei dem Rest auf die Möglichkeit des späteren Einbaus dieser Steuerung von vornherein Rücksicht genommen wurde.

Der gedrungen gebaute Kessel hat Belpaire-Feuerbüchse und Großrohr-Überhitzer. Trotz der großen Heizfläche von über 200 qm ist der Langkessel nur 3,5 m lang, um die beiden Triebgestelle möglichst nahe zusammenrücken zu können. Jedes Triebgestell hat an den beiden Enden eine Radialachse; die mittlere Kuppelachse ist seitenverschiebbar. Die beiden äußeren und die drei inneren Achsen jedes Gestelles sind im Gegensatz zu der sonst in England üblichen

die Auslaßventile innen. Die Ventilspindeln und Rollen sowie die Laufstellen der Nockenwelle sind gehärtet. Die Federn aller Ventile sind gleich; sie haben eine Vorspannung von 30 kg. Die Schmierung besorgt eine Wakefield-Schmierpresse. Die Voröffnung der Ventile beträgt 0,2 mm, die größte Öffnung bei den Einlaßventilen 12,7 und bei den Auslaßventilen 15,9 mm, entsprechend einer Füllung von 80%.

Die Hauptabmessungen der Lokomotiven sind:

Kesselüberdruck p	12,6 at
Zylinderdurchmesser d	406 mm
Kolbenhub h	610 "
Kesseldurchmesser, größter, außen	1829 "
Heizrohre, Anzahl	184 Stck.
„ Durchmesser	51 mm



Neuartiges Untergestell für Strafsenbahnwagen.

Die neue Konstruktion, die allerdings wohl nur für Strafsenbahnwagen in Betracht kommt und hierfür auch bestimmt ist, bietet ein besonderes Interesse dadurch, daß hier zum ersten Mal bei einem auf Schienen laufenden Triebfahrzeug die Achsen unterbrochen sind; die Räder einer Triebachse lassen eine geringe gegenseitige Verdrehung zu (bei Strafsenbahn-Anhängewagen sind getrennte Achsen schon öfters ausgeführt worden); damit ist bis zu einem gewissen Grad der theoretischen Forderung Rechnung getragen, daß in Krümmungen das äußere Rad einen größeren Weg zurücklegen muß als das innere. Außerdem wird in geschickter Weise das auf der Abbildung zu sehende innere zweiachsige Motor-Traggestell dazu benutzt die Radialstellung der Achsen zwangsläufig herbeizuführen.

Auf dem Trag- und Lenkgestell sind die beiden Antriebsmotoren federnd gelagert. Die äußeren Lagerdeckel der Motoren sind als Kugelköpfe ausgebildet und umfassen die Deichseln der Treibachsen gelenkig; dadurch wird bei einer Auslenkung die richtige Einstellung der Treibachsen in den Kurven herbeigeführt. Diese Deichseln stellen ferner über die Treibachsen und Federn hinweg die Verbindung des Lenkgestelles mit dem übrigen Fahrzeug dar.

Das Drehmoment des Elektromotors wird über ein Kardangelen und eine Welle, die beide von der Lenkdeichsel staubdicht umschlossen sind, durch ein Kegelräderpaar auf eine der Treibachse parallele Vorgelegewelle übertragen. Letztere trägt zwei Stirnräder, von denen jedes eine Hälfte der geteilten Achse anzutreiben hat.

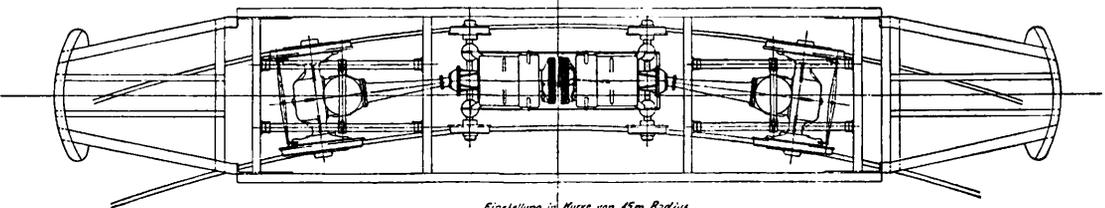
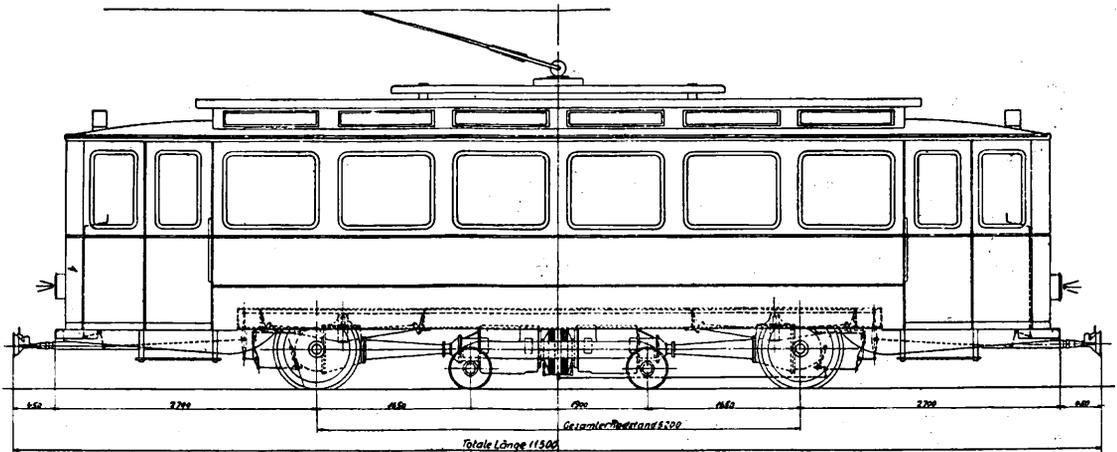
Um eine gegenseitige Verdrehung der Räder einer Triebachse in der Kurve zu ermöglichen, erfolgt die Kraftübertragung von den Stirnrädern auf die mit den beiden Achsstümpfen fest verbundenen Naben unter Zwischenschaltung von Spiralfedern. Kurze Kurventeile, die mit entgegengesetzter Krümmung aufeinander folgen, können dadurch ohne Gleiten der Räder auf den Schienen durchfahren werden. Auf diese Weise ist das verwickelte die Ausnutzung der Adhäsion ungünstig beeinflussende Differentialgetriebe vermieden. Allerdings erlaubt die Einrichtung nicht, Strecken, deren Anfang und Ende zusammengeschlossen ist, stets im selben Sinn zu durchlaufen.

Die gesamte Zahnradübersetzung ist in einem Stahlgußkasten, der die Radachsen als Hohlachse umschließt und mit der Lenkdeichsel fest verschraubt ist, staub- und öldicht gelagert. Der Kasten trägt eine Gleitfläche in einem pfannenartigen Aufsatz. Die obere Reibplatte ist als Querträger ausgebildet, der an seinen Enden mit der Mitte der Tragfedern des Wagenkastens fest verbunden ist. Der Wagenkasten ist an den Enden der weichen Tragfedern mittels schräg stehender Laschen aufgehängt. Diese müssen die kleine Verkürzung des Radstandes ausgleichen, die beim Befahren von Kurven eintritt.

Neben den Hauptteilen des Antriebes sind auch die Bremsen in Anlehnung an den Automobilbau ausgeführt, wodurch die bei Bremsbacken mit Hängeeisen auftretende teilweise Blockierung der Tragfederwirkung und der hierbei eintretende harte Lauf der Wagen verhütet wird. Das Untergestell besitzt sechs Bremsstellen, die unter sich durch Gestänge ausgeglichen sind. An den vier Treibrädern sind staubdicht verschaltete Innenbackenbremsen mit den sehr wirksamen und sich trotzdem wenig abnutzenden Chekkobelägen eingebaut. Bremsen auf den Motorwellen bremsen die lebendige Kraft der Anker ab, so daß die Zahnräder keine Bremskräfte aufzunehmen haben.

Für Trambahnen bietet der von der Schweizerischen Lokomotivfabrik ausgeführte, von dem Direktor Buchli entworfene Wagen, der bei der Züricher Strafsenbahn in Versuchsbetrieb genommen ist, in vielfacher Hinsicht bemerkenswerte neue Wege.

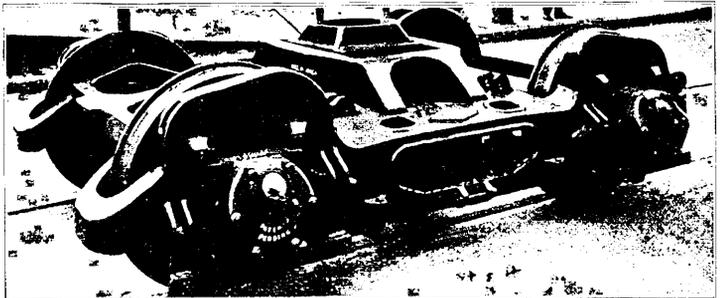
Schweizer. Bauzeitung, Juni 1926.



Neuartiges Untergestell für Strafsenbahnwagen.

Lokomotiv-Drehgestell aus Stahlguß.

Die Kanadische Nationalbahn hat ein neuartiges Lokomotiv-Drehgestell entwickelt, dessen Rahmen aus Stahlguß in einem Stück hergestellt ist. Wie die Textabbildung zeigt, hat das neue Drehgestell Auflager mit Fettschmierung; es wird nicht gebremst, jedoch ist die Möglichkeit des Einbaus einer Bremsvorrichtung vorgesehen.



Lokomotiv-Drehgestell aus Stahlguß.

Das erste derartige Drehgestell ist seit 18 Monaten unter einer 2 D 1 Lokomotive im Betrieb, ohne daß sich Anstände ergeben hätten. Eine Wertung der Achslager soll erst nach über 11000 km Fahrleistung erforderlich sein, wodurch sich das Durchfahren längerer Strecken ermöglichen läßt. Außerdem wird die leichte Zugänglichkeit aller wichtigeren Teile hervorgehoben.

Zweifellos haben die Erfahrungen mit den aus einem Stück gegossenen Tender- und Wagen-Drehgestellen zum Entwurf dieses Lokomotiv-Drehgestells geführt. Man darf also wohl annehmen, daß sich jene bewährt haben. In diesem Zusammenhang scheint es bemerkenswert, daß auch die Tender der vor kurzem fertiggestellten neuen 1 E Einheits-Güterzuglokomotive der Deutschen Reichsbahn Drehgestelle mit aus einem Stück gegossenen Stahlguß-

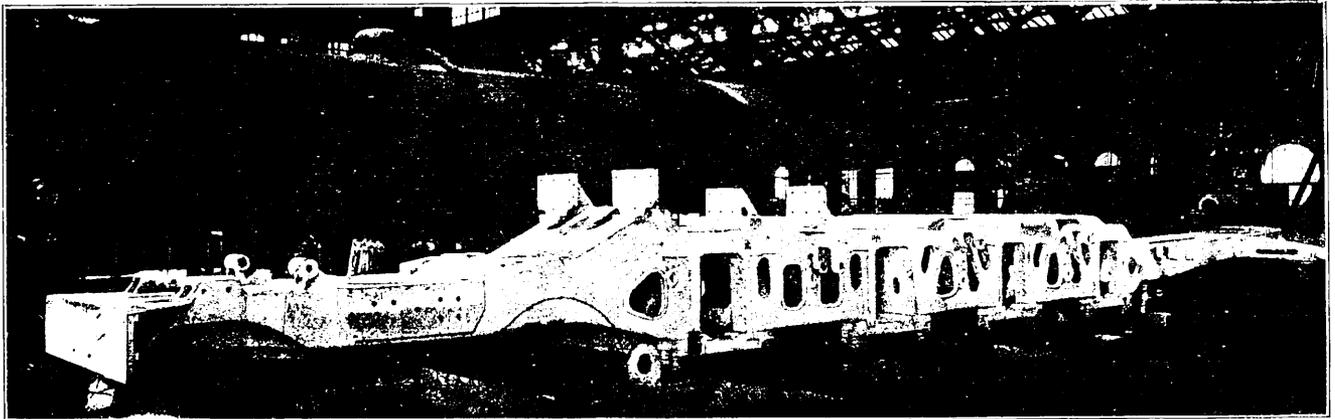
Rahmenwangen erhalten haben. Zu einer Herstellung des ganzen Rahmens in einem Stück hat man sich hier allerdings noch nicht entschlossen.

(Railw. Age 1926, 1. Halb., Nr. 35.)

In einem Stück gegossener Lokomotivrahmen.

Der für eine 2D1-Lokomotive der Southern Pacific Bahn bestimmte Rahmen stellt eines der größten bisher fertiggestellten Stahl-

Stück gegossen; dadurch fällt ein großer Teil der sonst vorhandenen Bearbeitungsstellen weg. Das Gufsstück ist annähernd 16 m lang, 1,3 m hoch und 3 m breit, sein Gewicht beträgt einschliesslich der natürlich besonders angebrachten Achsgabelstege 18,4 t. Der verwendete Stahlgufs enthält 0,18% Kohlenstoff und 0,73% Mangan; zum Eingiessen in die Form war die Zeit von 11 Minuten erforderlich. Zur Bearbeitung des Gufsstücks waren besondere Werkzeugmaschinen zu beschaffen.



In einem Stück gegossener Lokomotivrahmen.

gufsstücke dar (siehe Abb.). Die Rahmenwangen, Querverstrebungen und Kopfstücke sind samt den sonst besonders anzubringenden Trägern für die Bremsgehänge, Bremswellen und ähnliche Teile in einem

Der Gufs von fünf derartigen Rahmen wurde von der Commonwealth Stahl-Gesellschaft vorgenommen. R. D. (Railw. Age 1926, 2. Halb., Nr. 10.)

Verschiedenes.

Vom Eisenbahnzentralamt erhalten wir die
Entscheidung

des Preisgerichts für den Spannungs- und Schwingungsmesser-Wettbewerb der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

A. Verzeichnis der zur Bewerbung zugelassenen Messgeräte.

Es wurden eingereicht je ein Spannungsmesser von:

1. H. Honegger, Feinmechaniker in Corcelles (Schweiz) — Modell A. Mayer;
2. Rendel, Tritton & Palmer, London — Modell Fereday-Palmer;
3. Lehmann & Michels, Hamburg — Modell Dr. Geiger;
4. Dr. Reutlinger, technischer Physiker, Darmstadt;
5. H. Sürig, Bahnmeister a. D., Hannover

und je ein Schwingungsmesser von:

1. Lehmann & Michels, Hamburg — Modell Dr. Geiger;
2. H. Maihak A.-G., Hamburg;
3. Dr. Reutlinger, technischer Physiker, Darmstadt, vereinigt mit dem oben bezeichneten Spannungsmesser;
4. H. Sürig, Bahnmeister a. D., Hannover, vereinigt mit dem oben bezeichneten Spannungsmesser;
5. Trüb, Täuber & Co., Zürich — Modell de Quervain, insgesamt acht selbständige Messgeräte.

B. Prüfung der Messgeräte.

Die Erfüllung der Bedingungen des Preisausschreibens wurde ermittelt hinsichtlich:

- a) der Bauart und Handhabung,
- b) der statischen und dynamischen Wirkung.

Hierzu wurden eingehende Versuche im Laboratorium mit einem eigens dazu geschaffenen Schütteltisch und praktische Erprobungen an einer eisernen Fachwerkbrücke unter dem Einfluss schwerer elektrischer Lokomotiven und einer beweglichen Einzellast vorgenommen.

Insbesondere wurde geprüft: Art der Aufzeichnung, Wetterschutz, Fernschalteinrichtung, Schreibverfahren; Freisein von Reibungswiderständen und Resonanzerscheinungen, Formtreue der Aufzeichnung, Anbringungsmöglichkeit an die Bauglieder, Handhabung und Bedienung.

C. Ergebnis der Prüfung.

Das allgemeine Ergebnis der Prüfung war die Feststellung, dass die entscheidenden Anforderungen des Preisausschreibens von

keinem der Apparate erfüllt wurden. Deshalb hat das Preisgericht den einstimmigen Beschluss gefasst, keine Preise zu verteilen.

Das Preisgericht verkennt aber nicht, dass die Preisbewerber durch ihre Beteiligung am Preisausschreiben wesentliche Beiträge zur Weiterentwicklung der Brückenmesstechnik geliefert haben.

In Anerkennung dieses Umstandes hat sich das Preisgericht entschlossen, entsprechend dem Wert der Arbeit für den technischen Fortschritt den Bewerbern Beträge in Gesamthöhe von 20 000 M zukommen zu lassen. Den Restbetrag der Ausschreibung von 13 000 M empfiehlt das Preisgericht zur Verbesserung und zum Ankauf geeigneter Messgeräte zu verwenden.

Von dem Betrage von 20 000 M sind zuerkannt worden:

dem Spannungsmesser der Firma Rendel, Tritton & Palmer, London — Modell Fereday-Palmer	4000 M
dem Spannungsmesser der Firma Lehmann & Michels, Hamburg — Modell Dr. Geiger	3000 „
dem Spannungsmesser der Firma H. Honegger, Corcelles (Schweiz) — Modell Meyer	3000 „
dem Schwingungsmesser der Firma Lehmann & Michels, Hamburg — Modell Dr. Geiger	3000 „
dem Schwingungsmesser der Firma H. Maihak, Hamburg	3000 „
dem vereinigten Spannungs- und Schwingungsmesser von Dr. Reutlinger, Darmstadt	1500 „
dem vereinigten Spannungs- und Schwingungsmesser von H. Sürig, Hannover	1500 „
und dem Schwingungsmesser der Firma Trüb, Täuber & Co., Zürich — Modell de Quervain	1000 „

D. Veröffentlichung der Prüfverfahren und Ausstellung der Apparate.

Ausführliche Veröffentlichungen über die unter B aufgeführten Prüfverfahren bleiben vorbehalten. Die eingereichten Messgeräte werden in der Zeit vom 10. bis 18. Januar 1927 im Eisenbahnzentralamt, Wochentags von 10 bis 3 Uhr, Sonntags von 10 bis 1 Uhr im Zimmer Nr. 129 ausgestellt werden.

Bei der Prüfung der Schwingungs- und Spannungsmesser und der vom Preisgericht getroffenen Entscheidung über die Bewertung der eingereichten Apparate wurde Herr Professor Dr. Ing. Hort von der Technischen Hochschule Berlin als Sachverständiger auf dem Gebiete des Schwingungsmesserwesens zugezogen.