

Zur Nachricht!

Für die 10 Jahrgänge 1918—1927 des „Organ“ ist ebenso wie dies für die vorangegangenen Jahrzehnte der Fall war, ein Gesamtinhaltsverzeichnis (Sach- und Namenverzeichnis) herausgegeben worden. Es kann zum Preis von 8.— RM durch alle Buchhandlungen bezogen werden. Die Schriftleitung.

Das Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen und das Verkehrsmuseum der Technischen Hochschule Karlsruhe.

Von Dr. Ing. von Gruenewaldt und Dr. Ing. Raab, Karlsruhe.

Am 11. Juli 1929 feiert Otto Ammann seinen 50. Geburtstag und da mag es seinen langjährigen Mitarbeitern gestattet sein, kurz über das zu berichten, was er in unermüdlicher Tatkraft und rastloser Arbeit an der Stätte seines Wirkens, der Technischen Hochschule Karlsruhe, geschaffen hat. Andere Seiten seiner erfolgreichen Tätigkeit zu würdigen, soll Berufeneren vorbehalten sein, es sei hier nur hingewiesen auf seine grundlegenden Arbeiten auf dem Gebiet der Verschiebebahnhöfe, seine Tätigkeit als Hochschullehrer und Vorsitzender der Vereinigung der Eisenbahnprofessoren und auf seine Mitwirkung in vielen Ausschüssen der Reichsbahn, der Studiengesellschaft für Automobilstraßenbau und der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft.

Vor allem die Technische Hochschule Karlsruhe schuldet ihm dauernden Dank für die Schaffung von Lehr- und Forschungsmitteln, wie sie kaum einer anderen Hochschule zur Verfügung stehen dürften — des Verkehrsmuseums und des Instituts für Straßen- und Eisenbahnwesen.

Das Verkehrsmuseum.

„Ex ingenio instrumentum, ex instrumento ingenium“. Nach diesen Worten handelnd, ist Ammann von jeher bestrebt, dem Ingenieur an der Hochschule nicht nur den Geist nach den Erkenntnissen der Theorie zur Gestaltung der Materie zu schulen, sondern ihm auch an Werken der Vergangenheit und Gegenwart den Blick zu schärfen, damit er aus Gutem und Schlechtem lerne und Anregungen zu eigenen Ideen empfangt. Was zu diesem Zwecke nützlich und wertvoll schien, hat er der Hochschule und weiterhin seiner Heimat geschaffen: ein Museum, in dem Werke der Technik auf dem Gebiete des Verkehrswesens im Original, Modell oder Bild gezeigt werden.

Als der Hochschule nach dem Weltkriege das ehemalige Zeughaus in Karlsruhe, ein kunstgeschichtlich wertvolles Baudenkmal aus dem Jahre 1779, überlassen wurde, ergriff Ammann die günstige Gelegenheit zur Verwirklichung seiner Pläne. Die bauliche Herrichtung des Gebäudes wurde von der badischen Unterrichtsverwaltung übernommen, aber auch die Stadt Karlsruhe und Kreise des Handels und der Industrie halfen durch Stiftungen zum Gelingen des Werkes mit. Das „Verkehrsmuseum“ wurde in vier Abteilungen eingeteilt: Eisenbahn-, Straßen-, Schifffahrts- und Luftverkehrswesen. Im folgenden soll ein ganz kurzer Überblick über die einzelnen Abteilungen gegeben werden.

Bereits im Jahre 1921 war ein Teil der Eisenbahnabteilung besichtigungsfähig geordnet. Das Material wurde von der früheren Generaldirektion der badischen Staatseisenbahnen überlassen, die dieses seit Jahren für ein eigenes Eisenbahnmuseum, das sich jedoch nicht verwirklichen ließ, hatte sammeln und anfertigen lassen.

Als das Museum am 11. Oktober 1924 feierlich eröffnet wurde, gab die erste Abteilung einen Überblick über das gesamte badische Eisenbahnwesen. Die Sammlung wird unter Berücksichtigung der Entwicklung der Reichsbahn fortgesetzt; sie umfaßt viele Gebiete des Eisenbahnwesens. Besonders beachtenswert ist für den Eisenbahnfachmann die Oberbausammlung, die den Werdegang des badischen Oberbaues von dem ersten Breitspurgleis mit Brückschienen bis zu den neuesten Oberbauarten lückenlos zeigt, ferner ein Modell des ersten badischen Eisenbahnzuges, eine Sammlung von Lokomotivmodellen und betriebsfähig aufgestellten Stellwerks- und Signalanlagen. Als eines der interessantesten Stücke ist die in der unteren Halle des Museums im Original aufgestellte Crampton-Schnellzuglokomotive*) aus dem Jahre 1863 zu nennen, die wohl die einzige noch in Deutschland vorhandene Vertreterin dieser ersten deutschen Schnellzuglokomotive ist.

Die Ausstellungsstücke der zweiten und dritten Abteilung wurden von der Badischen Wasser- und Straßenbauverwaltung, zum Teil auch von der Eisenbahnverwaltung, der früher die Bodensee-Dampfschiffahrt und die Häfen in Mannheim und Kehl unterstanden, erworben. Eine Reihe von besonders interessanten Gegenständen hat Ammann durch persönliche Beziehungen aus privater Hand beschafft.

Die Abteilung für Straßenwesen enthält unter anderem eine vollständige Sammlung aller im badischen Straßenbau verwendeten Gesteinsarten mit Angabe der Gewinnungsorten. Eine große Zahl von Entwürfen, graphischen Darstellungen, Photographien, Modellen und Originalstücken zeigt die verschiedenen Gebiete des Baues von Schotter- und Pflasterstraßen und ihrer Unterhaltung. Viele der im Zuge der Straßen erstellten Kunstbauten werden im Bild und in Originalplänen vorgeführt. Außer Bildern und Zeichnungen von Straßenfahrzeugen aus allen Zeiten hat Ammann Modelle und als besonders wertvolles Originalstück eines der ersten von Benz erbauten Automobile für das Museum erworben.

*) Die Maschine wurde gebaut von der Maschinenfabrik Kessler, der heutigen Karlsruher Maschinenbaugesellschaft.

In der Abteilung für Wasserverkehr sind vor allem die interessanten Originalpläne des Vaters der Rheinkorrektion, des Obersten Tulla zu nennen, anlässlich dessen 100. Todestages eine Sonderausstellung im Verkehrsmuseum veranstaltet wurde. Die Pläne für die Korrektion und Regulierung des Rheines, sowie Modelle der Hafenanlagen von Mannheim und Kehl und ein Modell des Bodensees zeigen dem Besucher die wichtigsten badischen Wasserverkehrswege und Plätze. Als bedeutendes Originalstück ist die Schiffsmaschine des ersten badischen Bodenseedampfers „Leopold“ mit oszillierenden Zylindern zu nennen, die Ammann aus einem Haufen Schrott wieder erstehen ließ.

Die vierte Abteilung, für deren Einrichtung Dr.-Ing. Roland Eisenlohr (Karlsruhe) gewonnen wurde, war eine der ersten nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten geordnete Lehrmittelsammlung für den Luftfahrzeugbau in Deutschland. Neben einigen Flugzeugen und einer Reihe von Flugzeuggerippen ist eine große Zahl von Konstruktionsteilen in Holz und Metall gesammelt und systematisch geordnet. Die Entwicklung des Luftschiffbaues wird in Plänen, graphischen Darstellungen, sowie durch interessante Einzelteile (Gerippteile aus Duraluminium und Holz) gezeigt.

Als Ziel hat Ammann einen fortlaufenden chronologischen Ausbau aller Abteilungen im Auge, um so einen Überblick über die Entwicklung des heimischen Verkehrswesens zu geben und der Forschung und Lehre ein nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten geordnetes Material zur Verfügung zu stellen.

Das Institut.

Schon frühzeitig war der Plan zu einem Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen gefaßt worden. Allein der Krieg verhinderte die Verwirklichung, die um so gebotener erschien, als sowohl im Eisenbahn- wie im Straßenbau eine Reihe von Problemen der wissenschaftlichen Durchforschung und Klärung harrte.

Gleich nach dem Kriege begann Ammann mit den Vorarbeiten zur Einrichtung seines Instituts, das im Jahre 1921 Räume im Neubau der Bauingenieurabteilung beziehen konnte, die damals sehr reichlich schienen, jetzt aber schon beginnen knapp zu werden. Erst im Jahre 1924, als die unselige Inflationszeit vorüber war, die auch die Mittel verschlungen hatte, die zu Forschungsarbeiten und zum Ausbau des Instituts gesammelt waren, und als die wirtschaftliche Lage sich zu klären begann, konnte Ammann mit frischem Mute die Arbeit in seinem Institut aufnehmen; zuerst in kleinem Maßstabe, dann, als ihm bei dem Vertrauen, das er an allen maßgebenden Stellen genießt, wieder neue Mittel zuflossen, in größerem Maße. Heute ist schon eine Reihe von bedeutenden Forschungsarbeiten durchgeführt, weitere sind in Vorbereitung.

Zunächst wurden mehrere Schotterarten auf ihre Eignung als Bettungstoff untersucht, dann wurden verschiedene Spannmittel (Federringe und Spannplatten) geprüft und miteinander verglichen. Weiter wurden Versuche über die Beweglichkeit der Schienenenden zwischen Stoßlaschen angestellt. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind in der Festschrift zur Hundertjahrfeier der Technischen Hochschule Karlsruhe 1925 veröffentlicht.

Die Untersuchung der Spannmittel, insbesondere von Federringen ist bis in die jüngste Zeit fortgesetzt worden, mit dem Erfolg, daß die Industrie auf Grund der Versuchsergebnisse die Federringe in Material und Konstruktion so

verbessert hat, daß die Leistung und Lebensdauer der Federringe jetzt ein Vielfaches von dem beträgt, was 1925 festgestellt werden konnte.

Auch die Untersuchungen über die Beweglichkeit der Schienenenden wurden weitergeführt, über die Ergebnisse ist in diesen Blättern berichtet*). Hieran schlossen sich die wichtigen Versuche über die Wirkung von Längskräften im Gleis, über die gleichfalls schon früher berichtet wurde**) und deren neueste Ergebnisse in dieser Nummer mitgeteilt werden.

Gleichzeitig mit diesen Forschungen wurden Prüfungen verschiedener Laschenschrauben auf ihre Eigenschaften, insbesondere auch auf ihr Verhalten gegenüber Dauerbelastung vorgenommen und Dauerversuche mit dem geschweißten Oberbau K auf Eisenschwellen unter Wechselbelastung ausgeführt. Über diese für das Reichsbahnzentralamt gemachten Untersuchungen sind bisher noch keine Veröffentlichungen erschienen.

Zur Zeit werden Versuche zur Bestimmung der Bettungsziffer mit einer neuen, nach Angaben von Ammann vom Losenhausenwerk gebauten Dauerprüfmaschine durchgeführt. Die recht bedeutenden Mittel zur Beschaffung dieser Maschine stellte die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft zur Verfügung. Die Erforschung der Längskräfte im Gleis wird fortgesetzt.

Das Institut verfügt über eine eigene kleine Werkstatt, in der ein Teil der bei den Versuchen verwandten Apparate und Meßinstrumente hergestellt werden konnte.

Als im Jahre 1927 an den Technischen Hochschulen die Forschungsstellen für Straßenbau gegründet wurden, wurde der Vorsitz der Forschungsstelle Karlsruhe einstimmig Ammann übertragen. Zur Forschungsstelle gehören außer seinem Institut, dem noch die Untersuchungsanstalt für bituminöse Baustoffe angegliedert wurde, die bautechnische Versuchsanstalt für Beton und Eisenbeton (Prof. Probst) und die Versuchsanstalt für Holz, Stein, Eisen (Prof. Gaber).

Während den beiden letztgenannten Instituten und der Abteilung für bituminöse Baustoffe die Prüfung der Straßenbaustoffe obliegt, hat Ammann sich vor allem die Aufgabe gestellt, die Wechselwirkung von Straße und Fahrzeug zu erforschen. Zu diesem Zwecke ist zunächst nach seinen Angaben eine besondere Maschine gebaut worden, welche eine sehr beschleunigte Prüfung der Straßendecken zuläßt, unter Verhältnissen, die den tatsächlichen auf der Verkehrsstraße sehr ähnlich sind; gleichzeitig können Reifen, Federn, Kugellager u. a. m. geprüft werden. Der Durchmesser der Prüfbahn dieser Maschine beträgt 20 m; die zu untersuchende Straßenfläche rund 100 qm.

Weiter wird der Messung der Verkehrserschütterungen besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Auch für diesen Zweck sind Spezialinstrumente konstruiert worden.

Über alle diese neuen Forschungen wird am geeigneten Ort berichtet werden.

In kurzer Zeit ist hier viel geleistet worden, wichtige Fragen sind geklärt, bleibende Werte wurden geschaffen. Wenn Ammann rückschauend im Geiste sein Arbeitsfeld überblickt, so kann er wohl zufrieden sein und freudig in die Zukunft blicken.

*) Organ 1927, Heft 5.

**) Organ 1928, Heft 16.

Versuche über die Wirkung von Längskräften im Gleis.

II. Teil.

Von Prof. Dr. Ing. Otto Ammann und Privatdozent Dr. Ing. v. Gruenewaldt, Karlsruhe.

Hierzu Tafel 12.

I. Temperatur- und Längenänderungen.

Die Messungen der Temperatur von Schiene, Schwelle und Bettung bei gleichzeitiger Messung der Lufttemperatur sind auf dem Gleisprüfstand des Instituts für Straßen- und Eisenbahnwesen fortgesetzt worden und haben die früheren Ergebnisse*) bestätigt. An einem besonders heißen Tage, dem 12. Juli 1928 wurden die Temperaturen stündlich von 4 bis 22 Uhr gemessen, die tiefste Temperatur der Luft betrug an diesem Tage 11°C (um 5 Uhr), die höchste (um 15 Uhr) 39°C; die tiefste Temperatur der Schiene war 12,5° (um 5 Uhr), die höchste 45,5° (um 17 und 18 Uhr) bei gleichzeitigen Lufttemperaturen von 38° und 37°.

Die Höchsttemperatur der Schiene lag also an diesem Tage um 6,5° höher als die höchste am gleichen Tage 2 bis 3 Stunden vorher gemessene Lufttemperatur und um 7,5° bis 8,5° höher als die gleichzeitigen Lufttemperaturen. Sowohl die Schiene als auch das Thermometer zur Messung der Lufttemperatur waren der direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt. Bei der Art der Anbringung des Thermometers zur Messung der Schientemperatur in einem Laschenstück an der nördlichen Seite der von Ost nach West verlegten Schiene ist die tatsächliche Schientemperatur wohl noch um ein Geringes höher gewesen als die gemessene. Die Temperaturschwankung der Schiene betrug 33° in 12 Stunden. Der vorhergehende Tag war gleichfalls warm gewesen, es wurden Temperaturen von 31,5° in der Luft und 40° in der Schiene gemessen (Differenz 8,5°); die Temperaturschwankung war mithin keine außergewöhnlich starke, durch besondere Umstände bewirkte, sondern durch die normale Abkühlung in der Nacht und Erwärmung am Tage hervorgerufen. Man kann bei Gewittern und ähnlichen meteorologischen Erscheinungen mit noch stärkeren schnellen Temperaturschwankungen rechnen. Mit der gemessenen Höchsttemperatur von 44,5° ist aber keineswegs das in Deutschland mögliche Maximum erreicht; bei Gleisarbeiten in Baden sollen z. B. im Sommer 1928 unmittelbar neben der Schiene Lufttemperaturen von 55° gemessen worden sein. Man wird daher mit einer Höchsttemperatur der Schiene bis zu 60°C rechnen müssen, wobei allerdings diese Temperatur nur ganz ausnahmsweise zu erwarten ist, eine solche von 50° aber schon häufiger vorkommen kann.

Nimmt man als Tiefsttemperatur der Schiene — 30° an, so ergibt sich ein Temperaturunterschied von 80 bis 90°. Wird die Schiene bei einer mittleren Temperatur von etwa + 15° verlegt, so ergeben sich schon allein aus verhinderter Längenänderung Druck- oder Zugspannungen von $\alpha E \Delta t = 0,000012 \times 2200000 \times 45 = 1200 \text{ kg/cm}^2$. Da nun Druckkräfte für das Gleis wegen der Verwerfungsfahrer unangenehm sind als Zugkräfte, so wäre zu überlegen, ob nicht die Verlegungstemperatur der Schienen höher gewählt werden soll, als bisher üblich, so daß die Druckkräfte kleiner werden; allerdings werden hierdurch die Zugspannungen bei Kälte größer als bei Verlegung bei mittlerer Temperatur und damit beim Befahren auch die Gesamtbeanspruchung der Schiene. Langschienen, bei denen starke Temperaturspannungen auftreten müssen, sollten bei einer möglichst hohen Temperatur verlegt werden.

Gleichzeitig mit den Temperaturmessungen am Gleisprüfstand sind auch die Längenänderungen der Schiene gemessen worden, die stets hinter dem Wert $\alpha l \Delta t$ zurück-

bleiben. Es ergab sich keine einfache Beziehung zwischen Längen- und Temperaturänderung. Als Ergebnis der durchgeführten Messungen konnte aber doch festgestellt werden, daß der Widerstand der Bettung gegen Längenänderung der Schienen im Sommer etwa 12 kg je cm Gleislänge beträgt, ein Wert, der sich auch aus den verschiedenen Versuchen zur Bestimmung des Widerstandes der Bettung gegenüber einer Längsbewegung des Gleises durch äußere Kräfte früher ergeben hat und durch die nachstehend beschriebenen neuen Versuche bestätigt wurde.

Im Winter bei zusammengefrorenem Schotter ist dieser Widerstand größer und beträgt etwa 16 kg/cm. Diese Widerstandswerte sind jedoch nicht konstant, sondern nehmen mit zunehmender Längsbewegung zu. Der Wert 12 kg/cm kann als Mittelwert bei dem untersuchten Gleis gelten.

Eine genaue Berechnung der tatsächlichen Längenänderung der Schiene als Funktion der Temperatur und der Widerstände läßt sich, wie schon Wattmann*) zeigt, im allgemeinen nicht durchführen, wohl aber läßt sich das mögliche Maximum der Längenänderung einer Schiene genau bestimmen, ebenso die Größe der bei verhinderter Längenänderung in der Schiene auftretenden Längskräfte.

Bei vollkommen verhinderter Längenänderung ist die Längskraft $\alpha E F \Delta t$ in kg, wo α der Temperaturdehnungskoeffizient des Stahls, E das Elastizitätsmaß in kg/cm², F der Schienenquerschnitt in cm² und Δt die Temperaturänderung in °C sind. Der Wert beträgt bei S 49 1650 kg je 1° Temperaturänderung.

Nemcsek**) hat die Gleichungen abgeleitet, nach denen die Längenänderung einer zunächst spannungslosen Schiene infolge der Änderung der Temperatur bei Berücksichtigung der dieser Längenänderung entgegenwirkenden Widerstände bestimmt wird.

Diese Gleichungen seien hier zunächst mit etwas abgeänderten Bezeichnungen und z. T. ergänzt wiedergegeben, die von Nemcsek gemachten Voraussetzungen werden beibehalten und als bekannt vorausgesetzt. Weiter wird gezeigt werden, daß sich auf Grund dieser Gleichungen auch für die Schiene mit Vorspannung eine exakte Beziehung zwischen Temperaturänderung, Widerständen und Längenänderung finden läßt.

Es bedeuten im folgenden:

l = die halbe Länge einer Schiene in cm;

z = die Länge des sich dehnenden oder zusammenziehenden Teils der Schiene in cm, gemessen vom freien Ende;

z₀ = der seine Länge bei einer bestimmten Temperaturdifferenz und bei gegebenen Widerständen ändernde Teil eines Schienenendes in cm. Im Abstand z₀ vom freien Ende der Schiene ist die die Dehnung bewirkende Kraft $\alpha E F \Delta t$ gleich der Summe der die Längenänderung behindernden Widerstände. Im Teil l — z₀ der halben Schiene findet keine Längenänderung (und Bewegung) statt; infolge der verhinderten Längenänderung entsteht hier eine Spannung von $\alpha E \Delta t \text{ kg/cm}^2$.

Δz = die Längenänderung in cm;

Δz_0 = die Längenänderung des Schienenteils von der Länge z₀ in cm;

*) Vergl. Organ 1928, S. 191 ff. Die Abhandlung wird im folgenden als bekannt vorausgesetzt.

**) Vergl. Organ 1928, S. 305 ff.

*) Vergl. Organ 1928, S. 308 ff.

p = den der Längenänderung infolge der Reibung der Schiene in den Befestigungsteilen und an der Schwelle, sowie der Schwelle an der Bettung entgegenwirkenden Widerstand in kg je cm Schienenlänge;

P = den Reibungswiderstand in den Laschen eines Stoßes in kg.

Bei einer verlaschten Schiene ist die die Längenänderung bewirkende Kraft im Abstand z vom freien Ende:

$$S = \alpha E F \Delta t - (pz + P) \dots \dots \dots 1)$$

und entsprechend $\frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E} = \frac{S}{EF}$ ergibt sich aus

$$\Delta d z = \frac{dz}{EF} (\alpha E F \Delta t - pz - P)$$

$$\Delta z = \alpha z \Delta t - \frac{p z^2}{2 E F} - \frac{P z}{E F} \dots \dots \dots 2)$$

Ferner ist:

$$z_0 = \frac{\alpha E F \Delta t - P}{p} \dots \dots \dots 3)$$

$$\Delta z_0 = \frac{\alpha^2 E F \Delta t^2}{2 p} - \frac{P \alpha \Delta t}{p} + \frac{P^2}{2 p E F} = \frac{(\alpha E F \Delta t - P)^2}{2 p E F} = \frac{z_0^2 p}{2 E F} \dots \dots \dots 4)$$

z_0 muß größer oder gleich Null sein, hier liegt also die Grenze der Gültigkeit der Gleichungen 3) und 4). Ist $P > \alpha E F \Delta t$, so bleibt $z_0 = 0$ und die durch die Temperaturänderung hervorgerufene Kraft ist $\alpha E F \Delta t$.

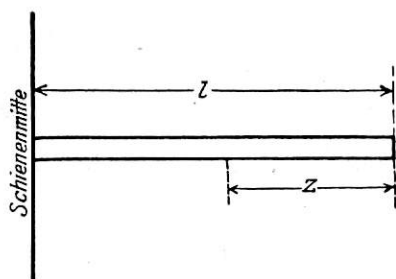


Abb. 1.

In Abb. 1, Taf. 12 sind die Werte von z_0 und Δz_0 nach den Gl. 3) und 4) für Temperaturdifferenzen von 0 bis 40° und zwar für $p = 6$ kg/cm Schienenlänge und für verschiedene Werte von P aufgetragen. Die Abszissen der Nullpunkte der $z_0/\Delta t$ - und der $\Delta z_0/\Delta t$ -Linien geben die größte Temperatur-

differenz Δt_0 an, bei der gerade noch keine Längenänderung stattfindet. Diese Temperaturdifferenz ist unabhängig von p und eine geradlinige Funktion von P :

$$\Delta t_0 = \frac{P}{\alpha E F}$$

(Man kann daher die Gleichung 3) auch schreiben:

$$z_0 = \frac{\alpha E F (\Delta t - \Delta t_0)}{p}$$

Bei Temperaturdifferenzen unter Δt_0 findet keine Längenänderung statt.

Trägt man die Längenänderungen Δl einer Schiene von gegebener Länge $2l$ über den Temperaturdifferenzen Δt auf, so ergibt sich für Δl zunächst von $z_0 = 0$ (entsprechend Δt_0) bis zu $z_0 = l$ (entsprechend Δt_1) eine Parabel nach der Gleichung (4), deren Scheitel auf der Abszissenachse im Abstand Δt_0 vom Koordinatenanfangspunkt liegt; von Δt_1 ergibt sich eine Gerade nach der Gleichung:

$$\Delta l = \alpha l \Delta t - \frac{p l^2}{2 E F} - \frac{P l}{E F}$$

welche die Parabel in dem Punkte berührt, dessen Abszisse gleich Δt_1 ist, (wo Δt_1 die Temperaturdifferenz darstellt, bei der $z_0 = l$ wird).

Die Konstruktion der Geraden erfolgt in bekannter Weise, indem man vom Scheitelpunkt der Parabel die Δt_1 entsprechende Ordinate Δz_0 für $z_0 = l$ nach unten abträgt und durch den hierdurch bestimmten Punkt und den Berührungspunkt (Abszisse Δt_1 , Ordinate Δz_0) die Gerade hindurchzieht. (In Abb. 1, Taf. 12 gestrichelt für $P = 30000$ kg und 50 m Schienenlänge, also $l = 25$ m).

Die größte Längenänderung einer halben Schiene ist mithin für einen gegebenen Temperaturunterschied bei

$$l > z_0$$

(Längenänderung eines Teiles der Schiene)

$$\Delta l = \Delta z_0 = \frac{(\alpha E F \Delta t - P)^2}{2 p E F} = \frac{z_0^2 p}{2 E F}$$

und bei $l < z_0$ (Längenänderung der ganzen Schiene)

$$\Delta l = \alpha l \Delta t - \frac{p l^2}{2 E F} - \frac{P l}{E F}$$

Die vorstehenden Gleichungen ergeben die Längenänderung einer Schiene, die vor Beginn der Längenänderung spannungslos war; bei jeder Temperaturänderung werden aber in der Schiene Kräfte hervorgerufen, die gleich sind den überwundenen Widerständen, die einen Höchstwert von $(pl + P)$ erreichen können. Bei einer Temperaturumkehr müssen also zunächst außer den Reibungswiderständen noch diese Kräfte überwunden werden; die die Längenänderung bewirkende Temperaturdifferenz muß daher einer Kraft entsprechen, die den Höchstwert $2(pl + P)$ erreichen kann.

Besitzt eine Schiene Vorspannung aus vorhergegangener Temperatureinwirkung, so ändert sie ihre Länge infolge eines weiteren Temperatureinflusses nur auf der Strecke:

$$z_0' = \frac{\alpha E F \Delta t - 2 P}{2 p} \dots \dots \dots 5)$$

Diese Gleichung tritt für eine Schiene mit Vorspannung an die Stelle der Gleichung 3) bei der spannungsfreien Schiene.

Bei aufeinanderfolgenden Messungen von Temperaturänderungen mit gleichen Vorzeichen sind alle diese Änderungen für die Berechnung zusammenzuzählen, man muß die Längenänderungen von Temperaturwendepunkt zu Temperaturwendepunkt bestimmen (abwechselnd Steigen und Fallen der Temperatur). Die Längenänderungen bei steigender und fallender Temperatur unterscheiden sich bei gleicher Temperaturdifferenz und gleichen Widerständen nur durch das Vorzeichen: bei steigender Temperatur findet eine positive Längenänderung — eine Dehnung — statt und es wird eine Druckspannung in der Schiene erzeugt, bei sinkender Temperatur ist die Längenänderung negativ — eine Zusammenziehung — und es wird eine Zugspannung erzeugt. Im folgenden wird angenommen, daß die Temperatur zuerst steigt und dann fällt (die umgekehrte Annahme würde genau die gleichen Werte ergeben, nur mit umgekehrtem Vorzeichen).

Bei abwechselnd steigender und fallender Temperatur sind vor allem drei Fälle zu unterscheiden:

1. bei steigender und fallender Temperatur ist $l < z_0$ und z_0' , d. h. $\alpha E F \Delta t$ ist größer als $2(pl + P)$ und es findet stets eine Längenänderung der ganzen Schiene statt;
 2. bei steigender Temperatur ist $l < z_0$ und z_0' (volle Längenänderung), bei fallender Temperatur ist $l > z_0'$ (teilweise Längenänderung);
 3. bei steigender und fallender Temperatur ist $l > z_0'$.
1. Bei steigender und fallender Temperatur ist $z_0 > l < z_0'$.

Bei jeder Temperaturänderung wird in der Schiene die Höchstkraft $\pm (pl + P)$ erzeugt.

Bei Ausgang vom spannungslosen Zustand ist:

$$\Delta_1 l = \alpha l \Delta t_1 - \frac{p l^2}{2 E F} - \frac{P l}{E F}$$

$$-\Delta_2 l = - \int_0^l \frac{dz}{EF} (\alpha E F \Delta t_2 - 2 p z - 2 P)$$

$$= - \alpha l \Delta t_2 + \frac{p l^2}{E F} + \frac{2 P l}{E F}$$

dann ist die ganze Längenänderung nach einmaligem Steigen und Fallen der Temperatur:

$$\Delta_{1-2}l = \alpha l (\Delta t_1 - \Delta t_2) + \frac{pl^2}{2EF} + \frac{Pl}{EF}$$

die Längenänderung infolge des nächsten Temperaturanstiegs ist:

$$\Delta_3l = \alpha l \Delta t_3 - \frac{pl^2}{EF} - \frac{2Pl}{EF}$$

und im ganzen:

$$\Delta_{1-2+3}l = \alpha l (\Delta t_1 - \Delta t_2 + \Delta t_3) - \frac{pl^2}{2EF} - \frac{Pl}{EF}$$

usw.

es ist also, wenn n eine gerade Zahl von Temperaturbewegungen ist (gleich viele Male Ansteigen wie Fallen der Temperatur:

$$\Delta_{1-2 \dots -n}l = \alpha l \sum_0^n \Delta t + \frac{pl^2}{2EF} + \frac{Pl}{EF} \dots 6)$$

Diese Dehnung ist um den Betrag $\frac{1}{EF} (pl + 2P)$ größer als sie sich ohne Berücksichtigung der Vorspannungen bei unmittelbarem Anstieg der Temperatur zum entsprechenden Endwert ergeben würde; $\Delta_n l$ ist immer kleiner als $\Delta_{n-1} l$ oder $\Delta_{n+1} l$, weil bei ungerader Zahl von Temperaturänderungen die letzte positiv wirkt. Die Dehnung bei ungerader Zahl von Temperaturwechseln ist:

$$\Delta_{1-2 \dots +n+1}l = \alpha l \sum_0^{n+1} \Delta t - \frac{pl^2}{2EF} - \frac{Pl}{EF} \dots 7)$$

Die Gesamtdehnung ist bei abwechselndem Steigen und Fallen der Temperatur und ungerader Zahl der Temperaturänderungen die gleiche, als ob die Temperatur direkt um den Betrag $(\Delta t_1 - \Delta t_2 \dots + \Delta t_{n+1})$ gestiegen wäre. Der Höchstwert der Dehnung ergibt sich bei $l < z_0'$ unter Berücksichtigung der durch die Temperaturänderungen hervorgerufenen Vorspannungen ebenso groß wie bei der spannungslosen Schiene.

Allerdings müssen, damit l immer kleiner ist als z_0' , die Temperaturunterschiede recht bedeutend sein, da $\Delta t_1, \Delta t_2$ usw. stets größer sein müssen als $\Delta t_1' = \frac{2pl + 2P}{\alpha EF}$, d. h. als der Temperaturunterschied, bei dem $z_0' = l$ wird. Schon der Temperaturunterschied, bei dem $z_0' = 0$ wird, also überhaupt keine Längenänderung stattfindet, $\Delta t_0' = \frac{2P}{\alpha EF}$, ist bei verlaschten Schienen recht bedeutend: bei $P = 30000$ kg z. B. ist $\Delta t_0' = 36,5^\circ$, eine Temperaturschwankung, die nur selten vorkommt.

Nach Gleichung 5) lassen sich z_0' und $\Delta t_0'$ in gleicher Weise zeichnerisch darstellen wie z_0 und Δt_0 : man zieht die Gerade $\frac{\alpha EF \Delta t}{2p}$ und dazu Parallelen im Abstände $\frac{P}{p}$; die Ordinaten dieser Geraden sind die den verschiedenen Werten von P entsprechenden Längen z_0' , die Nullpunkte der Geraden geben mit der Abszissenachse die jeweiligen $\Delta t_0'$ an.

2. Bei steigender Temperatur ist $z_0 > l < z_0'$,
bei fallender ist $l > z_0'$.

In diesem Falle hinterläßt die steigende Temperatur eine Spannung $(pl + P)$, die fallende eine entgegengesetzte, die kleiner ist als $(pl + P)$.

Die Dehnung aus dem spannungslosen Zustand ist hier auch:

$$\Delta_1 l = \alpha l \Delta t_1 - \frac{pl^2}{2EF} - \frac{Pl}{EF}$$

die zurückbleibende Höchstspannung $(pl + P)$; die nächste Zusammenziehung ist bei $z_0' > 0$, entsprechend $\alpha EF \Delta t_2 > 2P$

$$\Delta_2 l = \alpha z_0' \Delta t_2 - \frac{pz_0'^2}{EF} - \frac{2Pz_0'}{EF} \dots 8)$$

Die hierauf folgende Dehnung ergibt sich zu:

$$\Delta_3 l = \Delta z_1 + \Delta z_2$$

wo Δz_1 die Dehnung des Schienenteils von 0 bis z_0' und Δz_2 die Dehnung von z_0' bis l bedeutet (siehe Abb. 2, Taf. 12 in der die verschiedenen Spannungszustände der Schiene dargestellt sind).

$$\text{Aus } \Delta dz_1 = \frac{dz_1}{EF} (\alpha EF \Delta t_3 - 2Pz_0' - 2P)$$

ergibt sich:

$$\Delta z_1 = \int_0^{z_0'} \Delta dz_1 = \alpha z_0' \Delta t_3 - \frac{pz_0'^2}{EF} - \frac{2Pz_0'}{EF};$$

aus

$$\Delta dz_2 = \frac{dz_2}{EF} (\alpha EF \Delta t_3 - 2Pz_0' - 2P)$$

ist

$$\Delta z_2 = \int_{z_0'}^l \Delta dz_2 = \alpha (l - z_0') \Delta t_3 - \frac{2Pz_0'(l - z_0')}{EF} - \frac{2P(l - z_0')}{EF}$$

und

$$\Delta_3 l = \Delta z_1 + \Delta z_2 = \alpha l \Delta t_3 - \frac{2Pz_0'l}{EF} + \frac{pz_0'^2}{EF} - \frac{2Pl}{EF} \dots 9)$$

Die Dehnung nach einmaligem Steigen und Fallen der Temperatur ist:

$$\Delta_{1-2} l = \alpha l \Delta t_1 - \alpha z_0' \Delta t_2 - \frac{P(l^2 - 2z_0'^2)}{2EF} - \frac{P(l - 2z_0')}{EF}$$

Sie ist kleiner als im ersten Falle.

Die Gesamtdehnung nach dem nächsten Temperaturanstieg ist:

$$\Delta_{1-2+3} l = \alpha l (\Delta t_1 - \Delta t_2 + \Delta t_3) + \alpha (l - z_0') \Delta t_2 - \frac{P(l^2 - 4z_0'^2 + 4lz_0')}{2EF} - \frac{P(3l - 2z_0')}{EF} \dots 10)$$

und da

$$\alpha \Delta t_2 = \frac{2Pz_0' + 2P}{EF} \dots 11)$$

ist, so wird:

$$\Delta_{1-2+3} l = \alpha l (\Delta t_1 - \Delta t_2 + \Delta t_3) - \frac{pl^2}{2EF} - \frac{Pl}{EF}$$

Bei $z_0' = 0$ ist $\alpha EF \Delta t_2 = 2P$ und $\Delta t_2 = \Delta t_0'$, es sind dann $\Delta_2 l = 0$, $\Delta z_1 = 0$ und es wird $\Delta_3 l = \Delta z_2$;

$$\Delta_3 l = \alpha l \Delta t_3 - \frac{2Pl}{EF} \dots 9')$$

und

$$\Delta_{1-2+3} l = \alpha l (\Delta t_1 + \Delta t_3) - \frac{pl^2}{2EF} - \frac{3Pl}{EF} \dots 10')$$

Da $\alpha \Delta t_2 = \alpha \Delta t_0' = \frac{2P}{EF}$, so wird auch jetzt wie vorhin

$$\Delta_{1-2+3} l = \alpha l (\Delta t_1 - \Delta t_2 + \Delta t_3) - \frac{pl^2}{2EF} - \frac{Pl}{EF}$$

Bei $\alpha EF \Delta t_2 < 2P$ oder $(\Delta t_2 < \Delta t_0')$ ergibt sich:

$$\Delta_3 l = \alpha l (\Delta t_3 - \Delta t_2) \dots 9'')$$

und wieder

$$\Delta_{1-2+3} l = \alpha l (\Delta t_1 - \Delta t_2 + \Delta t_3) - \frac{pl^2}{2EF} - \frac{Pl}{EF} \dots 10'')$$

Eine Weiterführung der Rechnung ergibt, daß, wenn bei steigender Temperatur $l < z_0'$ ist,

$$\Delta_{1-2 \dots +n+1} l = \alpha l \sum_0^{n+1} \Delta t - \frac{pl^2}{2EF} - \frac{Pl}{EF} \text{ ist, } \dots 12)$$

es ist also auch in diesem Fall der Höchstwert der Dehnung bei Berücksichtigung der durch die Temperaturänderungen hervorgerufenen Spannungen der gleiche wie bei der vorspannungslosen Schiene.

3. Bei steigender und fallender Temperatur ist $l > z_0'$.

Da die Dehnung bei $l > z_0'$ für jede Temperatursteigerung kleiner ist als im vorher betrachteten Fall, so wird auch der Höchstwert der Gesamtdehnung stets kleiner sein als bei den bisher behandelten Fällen.

Geht man bei der fortlaufenden Berechnung der Längenänderung wieder vom spannungslosen Zustand aus und rechnet in gleicher Weise wie vorher, so ergeben sich für $\Delta_{1-2+3}l$ Gleichungen, die verschiedene Funktionen von z_{01}' , z_{02}' und z_{03}' und damit auch von Δt sind, je nach der relativen Größe von z_{01}' , z_{02}' und z_{03}' .

Eine Wiedergabe dieser nicht schwierigen, aber langen Berechnungen ist hier nicht erforderlich und kann daher unterbleiben. Ein Blick auf die Abb. 3, Taf. 12 zeigt, daß die Dehnung $\Delta_{1-2+3}l$ in den verschiedenen Fällen eine Summe verschiedener Funktionen von z_{01} usw. ergibt. Ist außerdem noch für die eine oder andere Temperaturänderung $l < z_{01}'$, so wächst die Zahl der möglichen Funktionen noch mehr an, es läßt sich also, wie schon Wattmann sagt, aus Messungen der Längenänderungen der Schiene infolge von Temperaturänderungen, die nicht beim spannungslosen Zustand beginnen, der Spannungszustand der Schiene nicht bestimmen*), ebenso ist es nicht möglich, aus einer der mehreren aufeinanderfolgenden Messungen die einer Längenänderung entgegenstehenden Widerstände zu berechnen, da die Struktur der nach den Messungen aufzustellenden Gleichungen sich im allgemeinen nicht vorher bestimmen läßt. Je nach der Vorspannung kann u. U. eine kleine Temperaturänderung eine verhältnismäßig große Längenänderung bewirken und umgekehrt.

Eine exakte Ermittlung dieser Werte ist aber auch nicht notwendig, da die Höchstwerte der Längenänderungen und Längskräfte ohnedies einfach zu bestimmen sind und die Längskraft in der Schiene den Wert $\alpha E F \Delta t_{\max}$ nicht überschreiten kann, wobei Δt_{\max} von der Verlegungstemperatur nach unten oder oben gerechnet wird.

Die den größtmöglichen Längenänderungen verschiedener Schienenlängen entsprechenden Stoßlücken lassen sich ohne Schwierigkeit ermitteln, wenn nur die Werte p und P bekannt sind. Diese Werte lassen sich für jeden Oberbau durch Versuche feststellen, die z. B. in Karlsruhe für den Reichsoberbau B auf eisernen Schwellen durchgeführt worden sind.

Der Höchstwert der Längenänderung einer Schiene unter wechselnden Temperatureinwirkungen ergibt sich zu:

$$a = \Delta l_{\max_{\text{pos}}} + \Delta l_{\max_{\text{neg}}} = \alpha z_{01} \Delta t_{\max_{\text{pos}}} + \alpha z_{02} \Delta t_{\max_{\text{neg}}} - \frac{p(z_{01}^2 + z_{02}^2)}{2EF} - \frac{P(z_{01} + z_{02})}{EF} \quad (13)$$

wo $\Delta t_{\max_{\text{pos}}}$ und $\Delta t_{\max_{\text{neg}}}$ der Unterschied zwischen der größten oder kleinsten Temperatur und der Verlegungstemperatur der Schiene ist, z_{01} und z_{02} die entsprechenden Teile der Schiene, deren Länge sich ändert; $\Delta t_{\max_{\text{pos}}}$ und $\Delta t_{\max_{\text{neg}}}$ betragen nach dem Vorhergehenden für unser Klima etwa $+40^\circ\text{C}$ und $-40^\circ\text{C} = \pm \Delta t_{\max}$, es ist dann bei $l > z_{0_{\max}}$:

$$a = 2 \left(\alpha z_{0_{\max}} \Delta t_{\max} - \frac{p z_{0_{\max}}^2}{2EF} - \frac{P z_{0_{\max}}}{EF} \right) \quad (14)$$

und bei $l < z_{0_{\max}}$:

$$a = 2 \left(\alpha l \Delta t_{\max} - \frac{p l^2}{2EF} - \frac{P l}{EF} \right) \quad (15)$$

Die erforderliche Stoßlückenweite ist das Doppelte der größten Längenänderung, die für die halbe Schiene berechnet würde, also $2a$, z. B. bei $p=6 \text{ kg/cm}$ und $P=30000 \text{ kg}$ für eine 30 m lange Schiene S 49 ist $2a=13,6 \text{ mm}$.

Man muß sich aber bei der Bemessung von Stoßlücken und bei der Bestimmung der Schienenlänge klar sein, daß in einer der Temperatureinwirkung ausgesetzten Schiene stets Längsspannungen vorhanden sind, die schon durch die

*) Bei Ausgang vom spannungslosen Zustand, also bei Messungen von der Verlegung der Schiene an, ist eine Auswertung der Messungen wohl möglich, wenn die Temperatur während der Verlegung konstant war.

Reibung in den Laschen allein beträchtliche Werte erreichen können. Je kürzer eine Schiene ist (bei $l < z_{01}$), um so kleiner ist bei möglicher Längenänderung die größte Längskraft, die sie aufzunehmen hat $(pl+P) < \alpha E F \Delta t_{\max}$; bei $l=z_{0_{\max}}$ ergibt sich im Querschnitt in der Mitte der Schiene die Kraft $(pl+P) = \alpha E F \Delta t_{\max}$. Ist $l > z_{0_{\max}}$, so ist diese Kraft auf einer größeren Länge $2(l-z_{0_{\max}})$ vorhanden, so daß u. U. Knickgefahr entstehen kann.

In Abb. 4, Taf. 12 sind über der halben Schienenlänge l die größtmöglichen Kräfte S und die entsprechenden Spannungen σ in kg/cm^2 für die Schiene S 49, sowie die diese Kräfte und Spannungen hervorrufenden Temperaturdifferenzen Δt für $p=6 \text{ kg/cm}$ und verschiedene Werte von P aufgetragen (bei genügenden Stoßlücken).

II. Widerstände des Gleises gegen Längs- und Querverschiebung.

Die Untersuchung der durch Pressen hervorgebrachten Längskräfte und ihrer Auswirkungen im Gleis ist ebenfalls fortgesetzt worden.

Bei einem Versuch wurde ein Schienenstrang mit 60 t abgepreßt, während der andere unbelastet blieb, die Verschiebungen nach Seite und Höhe betragen hierbei nur wenige Millimeter. Auch bei diesem Versuch wurde das Gleis durch

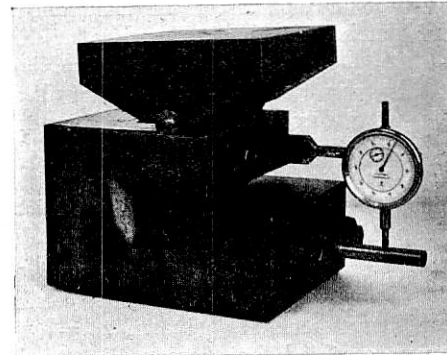


Abb. 2. Feder-Druckkraftmesser.

einen schwingenden Balken gerammt, und zwar wurden 36 Stöße gegen den unbelasteten Strang geführt; die größte Ausbiegung des Gleises betrug nach dem Rammen 26 mm — ein Ausknicken erfolgte auch hierbei nicht.

Um die Fortpflanzung des Drucks im Gleis und damit den Widerstand, den das Gleis einer Längenänderung entgegensetzt genauer zu messen als es bei den bisherigen Versuchen möglich war, wurden zwei besondere Feder-Druckkraftmesser entworfen und gebaut. Die Konstruktion dieser Apparate ist aus Textabb. 6 ersichtlich. Die Druckkraftmesser wurden so geeicht, daß ein Teilstrich der Meßuhrskala einer Tonne Druck entspricht.

Diese Druckkraftmesser wurden zwischen die Schienenenden und das westliche Widerlager des Gleisprüfstandes eingebaut und in mehreren Versuchen der übertragene Druck in Abhängigkeit vom Druck der am östlichen Widerlager wirkenden Pressen bestimmt. Vom Beginne der Belastung an wurde ein Teil des Drucks übertragen; die Kurve der übertragenen Drücke steigt zunächst sehr langsam und dann schneller an. Die hieraus errechnete Kurve des Gleiswiderstandes p zeigt entsprechend den umgekehrten Verlauf. Als Mittelwert von p ergab sich aus diesen Versuchen, ebenso wie aus den früheren, $p=12 \text{ kg/cm}$ Gleis oder je Schiene 6 kg/cm bei Pressendrücker von je 30 bis 60 t.

Die Messungen wurden bei gewöhnlich unterstopftem Gleis und bei nach dem Füllkastenverfahren verlegtem Gleis

durchgeführt. Überraschenderweise war der Widerstand im zweiten Falle geringer als im ersten und zwar um rund 10% — die Erklärung liegt darin, daß das normal unterstopfte Gleis schon längere Zeit lag und nachgearbeitet war, so daß der Schotter sich gut ineinander verzahnt hatte, während das Gleis nach dem Füllkastenverfahren unmittelbar vor dem Versuch neu verlegt worden war.

Bei allen diesen Versuchen ist zu beachten, daß sie im unbefahrenen Gleis ausgeführt worden sind. Die theoretischen Erwägungen und Berechnungen setzen einen gleichbleibenden Widerstand p des Gleises gegen Längsverschiebungen (Längenänderungen infolge von Temperatureinwirkungen) voraus. Es ist aber sehr wohl möglich, daß durch die beim Befahren aufeinanderfolgenden Belastungen und Entlastungen des Gleises dieser Wert p bedeutende Veränderungen erleiden kann, die u. U. stärkere Längenänderungen bewirken würden, als für das unbelastete Gleis ermittelt wurden; andererseits wird die Bettung aber durch das Befahren verdichtet und damit der Wert p erhöht. Es wird daher notwendig sein, noch vergleichende Temperatur- und Längenänderungs-

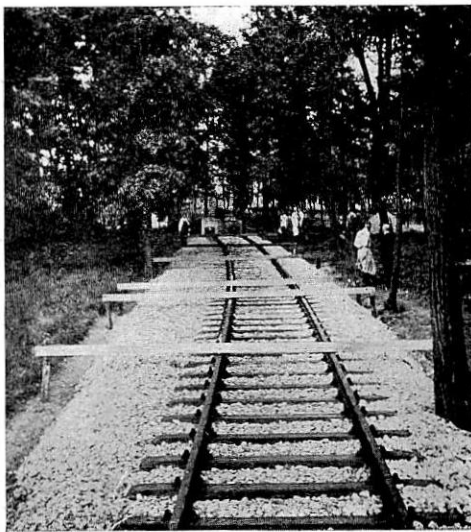


Abb. 3.

messungen gleichzeitig in einem befahrenen und einem unbefahrenen Gleis durchzuführen, wobei beide Gleise auf die gleiche Art und zur selben Zeit zu verlegen wären. Mit den Messungen wäre dann von der Verlegung an zu beginnen — eine Ausdehnung der Messungen über einen längeren Zeitraum wird nicht erforderlich sein.

Bei einem weiteren Versuch wurde das Gleis in einem Bogen von 300 m Halbmesser verlegt und abgepreßt (siehe Textabb. 3). Hierbei konnte nicht tangential gedrückt werden, sondern der Druck mußte, entsprechend der Lage der Widerlager, nach der Sehne geführt werden; die Abweichung von der Tangente betrug $4^{\circ} 20'$, es traten daher im Gleis auch geringe Biegungsspannungen auf. Diese geringe Abweichung der Druckrichtung von der Tangente spielte keine Rolle. Bei reiner Druckbeanspruchung wäre eine Kraft $S > (p_s \cdot R = \text{rund } 1000 \cdot 300 = 300\,000 \text{ kg})$ erforderlich gewesen, um stärkere Verbiegungen des Gleises hervorzurufen, der Druck der Pressen betrug aber nur 120 000 kg. Tatsächlich waren denn auch die horizontalen und vertikalen Bewegungen des Gleises gering, wenn auch etwas größer als beim geraden Gleis: die größte horizontale Verschiebung bei $2 \times 60 \text{ t}$ Pressendruck betrug 11 mm, die größte vertikale 18 mm. Die Verschiebungen nahmen mit der Entfernung von den Pressen ab.

Die am westlichen Widerlager gemessenen, durch die Schienen übertragenen Drücke zeigten, daß der Widerstand

des gekrümmten Gleises gegen Längsbewegung annähernd der gleiche ist wie im geraden Gleis.

In zwei weiteren Versuchen wurde der Widerstand des Gleises gegen seitliche Verschiebung untersucht.

Beim ersten Versuch wurde mit einer Presse ein Druck senkrecht zur Schiene ausgeübt, wobei die Länge des Druckstempels längs der Schiene 30 cm betrug. Der Druck wurde von 0 bis 5 t gesteigert und die Bewegung an der gleichen Schiene gemessen, gegen die gedrückt wurde; es ergaben sich folgende Werte: bei 0 t — 0 mm, 1 t — 0,36 mm, 2 t — 1,08 mm, 3 t — 2,24 mm, 4 t — 4,58 mm, 5 t — 7,96 mm Durchbiegung. Nach Ablassen des Drucks blieb eine Durchbiegung von 4,42 mm bestehen. Ein Ausweichen aus der Geraden ließ sich auf einer Länge von rund 4,50 m feststellen. Bei einem Druck von 5 t ergibt sich ein mittlerer Widerstand des Gleises gegen Seitenverschiebung von $\frac{5000}{4,50} = 1100 \text{ kg je Meter Schienenlänge}$.

Beim zweiten Versuch wurde der Druck durch beide Pressen über zwischengelegte I-Träger und Balken auf einer Länge von 4,80 m ausgeübt (Textabb. 4). Die horizontale

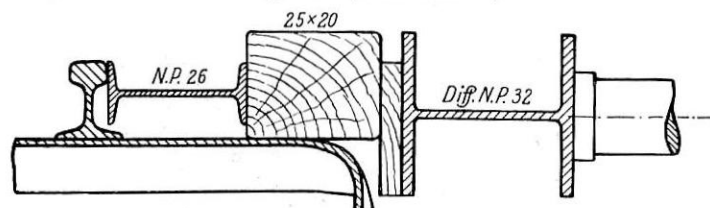


Abb. 4.

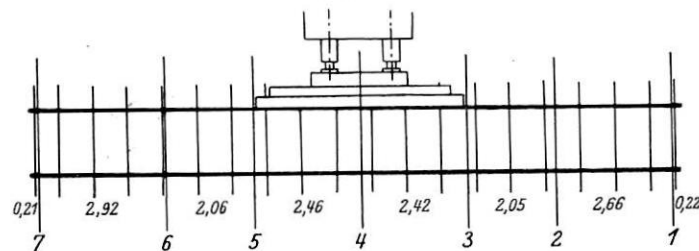


Abb. 5.

Bewegung des Gleises wurde an sieben Meßstellen an der von den Pressen abgewandten Schiene gemessen, die vertikale Bewegung an beiden Schienen. Die Anordnung der Meßstellen geht aus Textabb. 5 hervor.

An den Meßstellen 3 und 5 wurde die horizontale Bewegung bis zu einem Druck von 10 t durch Meßuhren genau bestimmt, im übrigen wurden Maßstäbe verwandt, die eine Meßgenauigkeit von 0,5 mm gestatteten.

Die Meßuhren zeigten eine Bewegung vom Beginn des Drückens an, wobei sich folgende Werte ergaben:

Druck	Horizontalbewegung mm	
	Meßstelle 3	Meßstelle 5
0	0	0
2	0,14	0,15
4	0,57	0,62
6	1,58	1,54
8	8,28	8,29

An den Meßstellen 2 und 6, die 9 m voneinander entfernt sind, war eine Bewegung bei 10 t und bei 8 t zu verzeichnen, das Mittel von 9 t entspricht einem mittleren Widerstand des Gleises gegen Querverschiebung $p_s = 1000 \text{ kg je Meter Gleislänge}$. Bei den Meßstellen 1 und 7, die 14,5 m auseinander

liegen, war eine Bewegung bei 14 t zu merken, was den gleichen Wert $p_s = 1000 \text{ kg/m}$ ergibt. Weiter stieg der Druck bis auf 15 t an, um dann auf 14 t zu fallen und konstant zu bleiben, wobei sich das ganze Gleis verschob und hob. Es ist also der Widerstand des untersuchten neu verlegten Gleises gegen Querverschiebung $p_s = 1000 \text{ kg/m}^*$, beim eingefahrenen Gleis

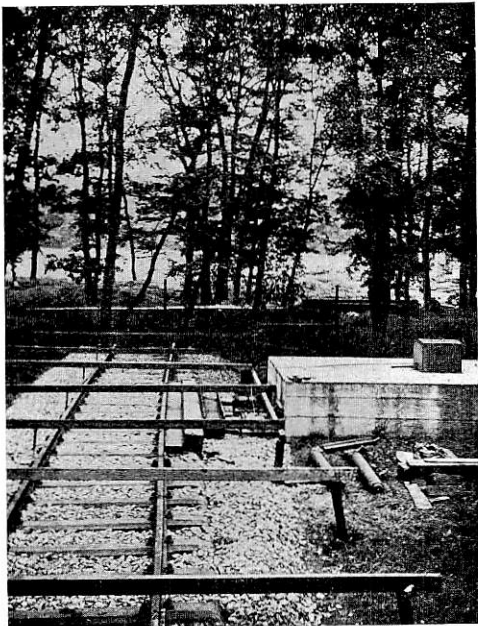


Abb. 6.

ist der Widerstand wohl größer. Beim Verschieben hoben die Schwellen sich aus dem Schotter heraus, den sie an der von den Pressen abgewandten Seite vor sich herschoben. Die Bewegung war in der Mitte des Gleises stärker als an den Enden, so daß das Gleis im Laufe des Versuchs Bogenform annahm (siehe Textabb. 6).

Die Querverschiebung des Gleises betrug zum Schluß des Versuches in der Mitte rund 150 mm, an den Enden rund

80 mm. Die Hebung des Gleises betrug an der westlichen Schiene im Mittel rund 15 mm, an der östlichen, unmittelbar dem Druck ausgesetzten rund 45 mm.

Mit diesem Versuch ist die Untersuchung des Oberbaues B auf eisernen Schwellen auf dem Gleisprüfstand vorläufig beendet und es sollen jetzt die gleichen Untersuchungen am Oberbau K auf Holzschwellen durchgeführt werden und vergleichende Versuche im Betriebsgleis vorgenommen werden, wozu die besondere Apparatur fertiggestellt ist.

Die Ergebnisse der bisherigen Versuche sind kurz zusammengefaßt:

Die Temperaturbewegung der Schiene folgt der Lufttemperatur im Abstand von einigen Stunden. Die Temperatur der Schiene steigt merklich über die in der Sonne gemessene Lufttemperatur an — in Deutschland kann mit einem Höchstwert von etwa 60°C gerechnet werden.

Die Längenänderungen der Schiene infolge der Temperaturänderungen entsprechen gut den rechnerisch ermittelten Werten**).

Die Ermittlung der Zusammenhänge von Längenänderung der Schiene, Temperaturänderung und Widerständen durch Messung ist nur möglich bei Ausgang vom spannungslosen Zustand, also von der Verlegung an.

Die Widerstandswerte für den untersuchten Oberbau B auf eisernen Schwellen sind:

Widerstand einer mit einem 60 cm langen Schlüssel fest angezogenen Laschenverbindung $P = 25\,000$ bis $30\,000 \text{ kg}$.

Widerstand des Gleises gegen Längsverschiebung im Mittel $p = 1\,200 \text{ kg/m}$.

Widerstand des Gleises gegen Querverschiebung $p_s = 1000 \text{ kg/m}$.

*) Dieser Wert ist geringer als der durch Herausziehen einzelner Schwellen gefundene Wert, was sich dadurch erklärt, daß beim Herausziehen der einzelnen Schwellen infolge der Form der Auflagerfläche Keilwirkungen entstanden (vergl. hierzu auch Zeitschr. d. V. d. I., Band 73, S. 160).

**) Wegen der Berechnung und ihren Grundlagen siehe außer vorliegendem Aufsatz die schon erwähnten Aufsätze von Nemcsek und Wattmann.

Beitrag zur Frage der Temperaturdehnung in Betriebsgleisen.

Von Reichsbahnbaumeister Spangenberg, Nürnberg.

Veranlaßt durch die Schienenschweißung hat man in letzter Zeit vielfach versucht, für die Schienen der Betriebsgleise den Zusammenhang zwischen der Temperatur und der Dehnung und damit der Längskraft festzustellen. Wie Nemcsek*) erwähnt, können dabei zwei verschiedene Wege beschritten werden: entweder stellt man durch Vergleich zahlreicher zusammengehöriger Messungen von Temperatur und Dehnung der Schiene eine Art Ausdehnungsbeiwert auf oder man ermittelt den Zusammenhang rein rechnerisch unter Verwendung einzeln gemessener Konstanten.

Auf dem ersten Weg stößt man zunächst auf Schwierigkeiten in der Temperaturbestimmung. Die Wärmestauung in der Schiene beträgt nämlich nach Wöhrl**) bis zu 50% der Lufttemperatur, die Versuchsreihen von Garn***) lassen auf einen ähnlichen Wert schließen; Prof. Knoblauch†) hat auf thermoelektrischem Wege bis zu 60% festgestellt. Es ist also bei allen derartigen Messungen grundsätzlich nicht die Temperatur der Luft, sondern die jeweilige Schientemperatur zu messen, was sich am genauesten und bequemsten wohl thermoelektrisch erreichen läßt. Weiterhin sind, wie Reichsbahn-

Inspektor Zimmermann*) und Regierungsbaumeister Watt-

mann**) zeigen, in dem Ergebnis der Messungen die Einflüsse vorangegangener Temperaturänderungen enthalten, sobald die Reibung eine nicht zu vernachlässigende Größe annimmt. Es kann also einem solchen Ausdehnungsbeiwert selbstverständlich nur die Bedeutung einer Faustformel beigemessen werden; zu Rückschlüssen auf die Größe der einzelnen Komponenten wie Reibung, Bettungsdruck usw. und damit auf die größtmögliche Längskraft ist er ungeeignet, solange nicht der Beweis erbracht wird, daß der Einfluß der rückliegenden Temperaturänderungen gegenüber dem der wenigen letzten, die rechnerisch zu erfassen sind, vernachlässigt werden kann.

Der rein rechnerische Weg bietet vor allem die Schwierigkeit, daß die Formeln außerordentlich verwickelt werden und daß sich insbesondere der Einfluß der vorangegangenen Temperaturänderungen wegen des sprungweise konstanten Reibungsgliedes noch viel weniger erfassen läßt. Sie erscheinen aber in dem Ausdruck für die größtmögliche verhinderte Dehnung, die, wie aus dem Aufsatz von Wattmann ersehen werden kann, beim ersten Anstieg der Temperatur vom Tiefstzum Höchstpunkt eintritt, nicht und bilden also für das Endergebnis keine Fehlerquelle. Die Untersuchung mit einzeln

*) „Organ“, 1928, Heft 16.

**) „Organ“, 1927, Heft 1 und 2.

***) „Gleistechnik“, 1927, Heft 12, 17 und 19 und 1928, Heft 7.

†) „Gesundheitsingenieur“, 1918, Heft 42.

*) „Der Bahnbau“, 1927.

**) „Organ“, 1928, Heft 10.

ermittelten Konstanten hat Wattmann unter der Annahme, daß die Bettung nur Reibungskräfte überträgt, im Organ 1928, Heft 10 zeichnerisch-rechnerisch durchgeführt. Der mit der zunehmenden Verschiebung der Schwellen wachsende Widerstand*) blieb jedoch unberücksichtigt. Weiterhin hat Nemcsek im Organ 1928, Heft 16 diesen Fall rein rechnerisch untersucht und dabei auf die „Keilwirkung“ des Schotters hingewiesen; die Ermittlung ihres Einflusses will er dem Versuch überlassen.

Im folgenden soll nun eine vom Verfasser bereits vor längerer Zeit angestellte Untersuchung mitgeteilt werden, wie sich eine solche Berücksichtigung des elastischen Bettungswiderstandes rechnerisch zu gestalten hätte, wenn die Konstanten vorher einzeln durch Versuche ermittelt sind. Für die Beurteilung der Knicksicherheit wäre in erster Linie die größtmögliche Längskraft zu bestimmen, daneben zur Nachprüfung die dabei auftretende Dehnung; die längste noch schweißbare Strecke ergibt sich dann aus der als zulässig erkannten Längskraft.

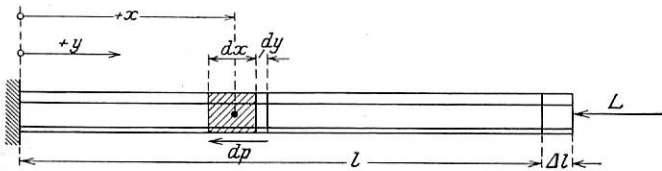


Abb. 1.

Es bezeichne:

- l die halbe Länge der zusammenhängenden Schienenstrecke in cm,
- ω den Ausdehnungsbeiwert des Flußstahles ($\frac{1}{92000}$ bis $\frac{1}{85000}$),
- t die größte vorkommende Temperaturdifferenz einschließlich der Wärmestauung (rund 90° C),
- E das Elastizitätsmaß der Schiene (rund 2150000 kg/cm²),
- F den Schienenquerschnitt in cm²,
- p den als stetig angenommenen Widerstand der Bettung je Längeneinheit in kg/cm,
- L die Längskraft in kg, die am Schienenende übertragen wird,
- x die Abszisse auf der Schiene von Schienenmitte aus in cm,
- y die im Punkte x auftretende Längsverschiebung in cm (positiv nach außen), und endlich
- Δl die Gesamtdehnung der Strecke l in cm.

Die Angriffspunkte und Krafrichtungen sind der Abb. 1 zu entnehmen. Die Längskraft L ist in der Regel gleich dem größten Laschendrucke; bis sie diesen Wert erreicht, ist sie gleich $\omega t E F$ zu setzen.

I. Zunächst sei angenommen, daß die Befestigungsmittel ein Gleiten der Schienen auf den Unterlegplatten nicht zulassen, ferner daß der Bettungswiderstand bei der ersten Bewegung sofort in der Größe der Reibung einsetzt und allmählich steigt (vergl. Abb. 2 I).

Ein beliebiges Längenelement dx dehnt sich infolge der Erwärmung um t° um $\omega t dx$ aus, es verkürzt sich infolge der von außen übertragenen Längskraft L um $\frac{L dx}{E F}$. Greifen außerdem an den einzelnen Elementen dx noch Bettungswiderstände dp an, so wirkt an der eben betrachteten Stelle x in der Schiene die Bettungskraft $\int_x^l dp$, wodurch das Element dx eine weitere Zusammendrückung $\frac{1}{E F} \cdot dx \cdot \int_x^l dx$ erfährt. Es ist

*) Vergl. den Aufsatz von Wöhrl im „Organ“ 1927, Heft 1 und 2.

dabei gleichgültig, ob man über p von x bis l oder über $\frac{p dx}{dx + dy}$ von x bis $l + \Delta l$ integriert. Die Gesamtdehnung des Elementes dx ist also:

$$1) \dots \dots \dots dy = \omega t dx - \frac{L}{E F} \cdot dx - \frac{dx}{E F} \cdot \int_x^l dp.$$

Die Längenänderungen, die durch einen außermittigen Lastengriff entstehen können, sind dabei vernachlässigt. Aus Gleichung 1) ergibt sich die Differentialgleichung:

$$2) \dots \dots \dots \frac{dy}{dx} = \omega t - \frac{L}{E F} - \frac{1}{E F} \cdot \int_x^l dp,$$

in der dp noch eine Funktion von y ist; diese beschreibt die Zunahme des Bettungswiderstandes und muß durch Versuche mit einzelnen Schwellen oder kleinen Schwellengruppen ermittelt werden. Die endgültige Differentialgleichung lautet also:

$$3) \dots \dots \dots \frac{dy}{dx} = \omega t - \frac{L}{E F} - \frac{1}{E F} \cdot \int_x^l f(y) dx.$$

Die Gleichung ist im allgemeinen nur durch langwierige Reihenentwicklungen (Parameterreihen) zu lösen. Dagegen gelingt von vornherein eine Lösung in geschlossener Form, wenn die Funktion f(y) die einfache Form $k_0 + k \cdot y$ annimmt, in der k_0 etwa die Reibung der Schwellen auf der Bettung und k den Beiwert der Zunahme des Widerstandes mit der Verschiebung bedeutet. Dann ist nämlich:

$$4) \dots \dots \dots y = C_1 e^{cx} + C_2 e^{-cx} + R,$$

wobei sich die Konstanten durch Gleichsetzen des differenzierten Ausdruckes (4) mit Gleichung (3) nach einigen Kunstgriffen bestimmen lassen; dabei ist zu beachten, daß sich für $x=0$ auch $y=0$ ergeben muß, während in Gleichung (3) $\frac{dy}{dx}$ für $x=0$ nicht gleich 0 zu werden braucht. Die Gleichung für y lautet endgültig unter Anwendung der Abkürzung $c = \sqrt{\frac{k}{E F}}$

$$5) \dots \dots \dots y = \frac{\omega t - \frac{L}{E F} + c \cdot \frac{k_0}{k} \cdot e^{-cl}}{c(e^{cl} + e^{-cl})} \cdot e^{cx} - \frac{\omega t - \frac{L}{E F} - c \cdot \frac{k_0}{k} \cdot e^{cl}}{c(e^{cl} + e^{-cl})} \cdot e^{-cx} - \frac{k_0}{k}.$$

Die Linie der Verschiebungen, die bei konstantem Widerstand als Parabel erscheint*), wird also hier eine Exponentialkurve. Wenn auch die Funktion $f(y) = k_0 + k \cdot y$ sich mit der aufgenommenen Widerstandskurve nicht völlig decken wird, so wird sich doch durch entsprechende Wahl der Koeffizienten insbesondere im Hinblick auf den in Abschnitt III berührten Fall des Gleitens in den Befestigungen eine den Bedürfnissen genügende Ersatzgerade finden lassen.

Wenn nun die Verschiebungen bekannt sind, so lassen sich daraus leicht die Längskräfte bestimmen, denn die Gesamtkraft in einem Punkte x ist ja:

$$6) \dots \dots \dots P_x = L + \int_x^l dp = L + \int_x^l f(y) dx.$$

In dem obenerwähnten Sonderfall erhält man

$$7) \dots \dots \dots P_x = L + \int_x^l (k_0 + k \cdot y) dx,$$

*) Wöhrl, „Organ“ 1927, Heft 2 und Nemcsek, „Organ“, 1928, Heft 16.

was nach Einsetzen von $c = \sqrt{\frac{k}{EF}}$ und von Gleichung 5) nach einigen Umformungen ergibt:

$$8) P_x = \omega t EF + (L - \omega t EF) \cdot \frac{e^{cx} + e^{-cx}}{e^{cl} + e^{-cl}} + \frac{k_0}{c} \cdot \frac{e^{c(L-x)} - e^{-c(L-x)}}{e^{cl} + e^{-cl}};$$

In Schienenmitte ist dies:

$$9) \dots P_{max} = \omega t EF + \frac{(L - \omega t EF) \cdot 2}{e^{cl} + e^{-cl}} + \frac{k_0}{c} \cdot \frac{e^{cl} - e^{-cl}}{e^{cl} + e^{-cl}};$$

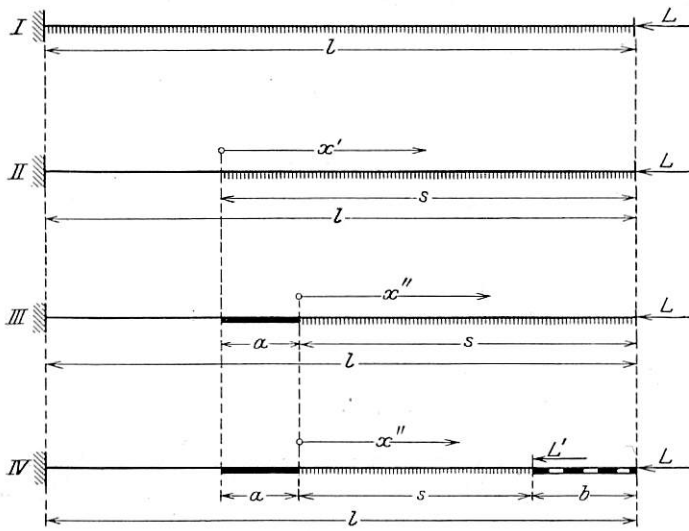
oder in anderer Schreibweise:

$$10) \dots P_{max} = \omega t EF + \frac{L - \omega t EF}{\mathcal{C} \operatorname{th} cl} + \frac{k_0}{c} \cdot \mathcal{Z} \operatorname{an} cl$$

Die Stoßlücke ist nach Gleichung 5):

$$11) 2 \Delta l = \frac{2}{c} \cdot \left(\omega t - \frac{L}{EF} \right) \cdot \frac{e^{cl} - e^{-cl}}{e^{cl} + e^{-cl}} + \frac{2 k_0}{k} \cdot \left(\frac{2}{e^{cl} + e^{-cl}} - 1 \right);$$

Es ist dabei stets angenommen, daß auf die ganze Länge der Schiene ein Gleiten der Schwellen stattfindet. Reicht



Zeichenerklärung: Widerstand
 k_0 $k_0 + ky$ oder $k_0 + k(y - y_1)$ $k' = k_0 + k(y_s - y_1)$

Abb. 2.

die Zone des Gleitens, die sich ja vom Ende der Schiene her beginnend mit steigender Temperatur gegen die Mitte zu fortsetzt, nicht ganz bis zur Schienenmitte, so ist nach Nemsek im Mittelteil der Schiene die gesamte Ausdehnung verhindert; dort ist somit $P_{max} = \omega t EF$. Man kann die Gleichungen (5, 8 u. 11) ohne weiteres übernehmen, wenn man an die Stelle, wo das Gleiten beginnt, den Nullpunkt eines $x' = \text{Systems}$ legt (vergl. Abb. 2 II). An die Stelle von l tritt dann die Strecke s, die wir mit Wöhrl als „Atmungsstrecke“ bezeichnen wollen und statt x steht x' .

Die Atmungslänge läßt sich aus der Bedingung bestimmen, daß für $x' = 0$ P_{max} zu $\omega t EF$ wird, also:

$$12) \dots \omega t EF = \omega t EF + \frac{L - \omega t EF}{e^{cs} + e^{-cs}} \cdot 2 + \frac{k_0}{c} \cdot \frac{e^{cs} - e^{-cs}}{e^{cs} + e^{-cs}};$$

(Siehe Gleichung 9).

Man erhält daraus

$$13) \dots e^{cs} = \frac{c}{k_0} (\omega t EF - L) + \sqrt{1 + \frac{c^2}{k_0^2} (\omega t EF - L)^2}$$

oder angenähert:

$$14) \dots e^{cs} = \frac{2c}{k_0} \cdot (\omega t EF - L) + \frac{1}{\frac{2c}{k_0} (\omega t EF - L)};$$

Durch Logarithmieren erhält man aus Gl. 13):

$$15) \dots s = \frac{1}{c} \ln \left[\frac{c}{k_0} (\omega t EF - L) + \sqrt{1 + \frac{c^2}{k_0^2} (\omega t EF - L)^2} \right]$$

also wie bei Wattmann u. a. unabhängig von der Schienenlänge. (Längskraft und Stoßlücke bestimmen sich sinngemäß wie oben.) 2s ist zugleich die Schienenlänge, bis zu der die Annahme von Wöhrl zutrifft, daß die Längskraft $\omega t EF$ durch die Bettung vermindert werde.

Immerhin tritt eine Verkürzung der Knicklänge oder zum mindesten eine Abminderung des knickenden Momentes ein. Diese allein kann im vorliegenden Fall im Zusammenhang mit der Seitensteifigkeit des Gleises und dem seitlichen Widerstand die Knickgefahr abmindern. Überschlagsrechnungen zeigen, daß der vorliegende Fall schon bei verhältnismäßig geringen Schienenlängen eintritt; bestimmte Zahlen können aber erst nach eingehenden Versuchen angegeben werden. Hierbei wäre in erster Linie das Gesetz der Zunahme des Widerstandes an einer sich verschiebenden Schwelle, ferner die Reibung der Schiene in den Befestigungsmitteln und die größte Laschenkraft*) zu bestimmen.

II. Tritt bei beginnender Verschiebung der elastische Widerstand nicht sofort ein, so daß für den ersten Teil y der Verschiebung die Reibung allein wirkt („Leergang“), so tritt in Gleichung (5) lediglich an die Stelle von y die Differenz $y - y_1$; an Stelle von l steht wieder s und statt x steht x'' , das von dem Punkt an zählt, wo der Bettungswiderstand wirksam wird (vergl. Abb. 2 III). Für $x'' = 0$ ist dann die Längskraft $P = \omega t EF - ak_0$, wobei a die Länge zwischen dem Punkt des Beginnes des Gleitens überhaupt und dem Beginn des steigenden Bettungswiderstandes darstellt; sie bestimmt sich aus der Bedingung, daß im Punkt $x'' = 0$ die als bekannt vorauszusetzende Verschiebung y_1 vorhanden ist, zu

$$16) \dots a = \sqrt{y_1 \cdot \frac{2 EF}{k_0}};$$

Die Atmungslänge wird

$$17) \dots s' = s + a = \frac{1}{c} \cdot \ln \left[\frac{c}{k_0} \cdot \frac{\omega t EF - L}{1 + ac} + \sqrt{\frac{c^2}{k_0^2} \cdot \left(\frac{\omega t EF - L}{1 + ac} \right)^2 + \frac{1 - ac}{1 + ac}} \right] + a;$$

und die Gleichung 5 geht über in:

$$18) \dots y - y_1 = - \frac{k_0}{k} + \frac{\omega t - \frac{L}{EF} + c \cdot \frac{k_0}{k} \cdot e^{-cs}}{c(e^{cs} + e^{-cs})} \cdot e^{c(x+s-l)} - \frac{\omega t - \frac{L}{EF} - c \cdot \frac{k_0}{k} \cdot e^{cs}}{c(e^{cs} + e^{-cs})} \cdot e^{-c(x+s-l)}.$$

(In ähnlicher Weise läßt sich der Fall untersuchen, daß die Strecke $a < \sqrt{y_1 \cdot \frac{2 EF}{k_0}}$ ist, also die Wirkung des Bettungswiderstandes bis zur Schienenmitte reicht.)

III. Erreicht endlich außerdem gegen das Ende der Schiene zu der Widerstand auf die Längeneinheit in der Bettung den Wert der Reibung in den Befestigungsmitteln oder wird bei einem bestimmten Widerstand der Zusammenhalt der Bettung zerstört, so daß die Schwellen mit einer konstanten Reibung k' in der Bettung gleiten, so tritt in Gleichung (5) an die Stelle von L der Ausdruck $L' = L + b \cdot k'$, wenn b die Länge der Strecke ist, in der

*) Vergl. auch die im „Organ“ 1928, Heft 16 und in der Zeitschrift des VDI, Bd. 73 Nr. 5 beschriebenen Versuche von Ammann und Gruenewaldt, sowie den Aufsatz von Ammann im „Organ“ 1927, Heft 5.

das Gleiten in den Befestigungsmitteln stattfindet. Ferner gilt die Beziehung

$$19) \dots \dots \dots k' = k_0 + k(y_s - y),$$

in der y_s die Gesamtverschiebung im Grenzpunkt der Strecken s und b ist (Abb. 2 IV).

Es gilt dann ähnlich wie unter I:

$$20) \dots \dots \dots \omega t EF - k_0 a = \omega t EF + \left[(L + bk' - \omega t EF) \cdot \frac{2}{e^{cs} + e^{-cs}} + \frac{k_0}{c} \cdot \frac{e^{cs} - e^{-cs}}{e^{cs} + e^{-cs}} \right].$$

Außerdem gilt Gleichung (18) mit $l+b$ statt l . Sie gibt für $x = l+b$:

$$21) \dots \dots y_s - y_1 = \frac{\omega t - \frac{L + bk'}{EF} + c \frac{k_0}{k} \cdot c^{-cs}}{c(e^{cs} + e^{-cs})} \cdot e^{cs} - \frac{\omega t - \frac{L + bk'}{EF} - c \frac{k_0}{k} \cdot e^{cs}}{c(e^{cs} + e^{-cs})} \cdot e^{cs} - 2k_0.$$

Nach einigen Umformungen geben Gleichung 20 und 21:

$$22) \dots (e^{cs} + e^{-cs})(e^{cs} - e^{-cs}) \frac{k_0 a c}{2} + (e^{cs} - e^{-cs})^2 \cdot \frac{k_0}{2} = (e^{cs} + e^{-cs}) k' - 2k_0.$$

Die Lösung gestaltet sich am einfachsten, wenn man die Gleichung auf die Form bringt:

$$23) \dots \dots ac \cdot \cos cs + \sin cs = \frac{k'}{k_0} \cdot \cos cs - \frac{1}{\sin cs},$$

und diese mittels eines Versuchverfahrens an Hand von Tabellen löst. Mit den errechneten cs ergibt sich dann b und P .

Zusammenfassung.

Der Versuch, einen Ausdehnungsbeiwert für fertige Gleise zu ermitteln, erscheint zur Klärung der Frage nach der größtzulässigen Schweißlänge nicht geeignet. Dagegen lassen sich verschiedene Zusammenhänge, die anderwärts nur angedeutet sind, rechnerisch verfolgen. Es lassen sich insbesondere auch bei Berücksichtigung der Keilwirkung des Schotters Formeln aufstellen für die verringerte Längskraft in den Schienen und für die Grenze, bis zu der eine solche Einwirkung auf die Längskraft stattfindet. Da zu ihrer zahlenmäßigen Errechnung aber noch zu ermittelnde Koeffizienten nötig sind, ergibt sich, daß zur Beurteilung der zulässigen Schweißlängen neben der Aufstellung einer einwandfreien Knicktheorie, wie sie De Vries-Broekmann*) versucht hat, in allererster Linie Versuche zur Einzelbestimmung der Koeffizienten durchgeführt werden müssen. Andere Wege dürften nicht zum Ziel führen. Die Meßtechnik hat also das Wort.

*) Vergl. den Aufsatz von Wöhrl im „Organ“ 1927, Heft 20.

Eine neue Eisenbahnverbindung nach Nizza.

Von Regierungsbaumeister a. D. L. Spamer, Darmstadt.

Am 31. Oktober 1928 hat die französische Paris—Lyon—Mittelmeer-Bahngesellschaft die rund 59 km lange eingleisige mit Dampfkraft betriebene Hauptbahnstrecke von der französisch-italienischen Nordgrenze über Breil, Sospel nach Nizza eröffnet, deren Bau schon in einem französisch-italienischen Abkommen vom Jahre 1904 beschlossen und im Jahre 1909 begonnen worden war*): Gleichzeitig haben die italienischen Staatsbahnen die Seitenstrecke Breil—Ventimiglia fertiggestellt, deren Abschnitt (rund 4 km lang) von Breil bis zur französisch-italienischen Südgrenze von der französischen Bahngesellschaft ausgeführt wurde. (Abb. 1). Damit sind die letzten Lücken der Durchgangsverbindung Bern—Turin—Coni—Nizza—(Ventimiglia), die bis Coni schon länger im Betriebe ist, geschlossen.

Die bisher schnellsten Reiseverbindungen aus dem Norden nach der französischen Riviera benutzten entweder eine der beiden Alpenlinien Gotthard—Mailand—Genua—Nizza und Brenner—Mailand—Genua—Nizza oder aber die Alpenumfahrungsstrecke Bern—Genf—Lyon—Marseille—Nizza. Nach der Fertigstellung der Lötschbergbahn (1913) und des Simplontunnels (1906) war eine neue Ausfallstraße vom Nordwesten und Norden nach Oberitalien geschaffen. Diese in Verbindung mit der eingangs erwähnten neuen Bahnstrecke bildet nunmehr unter Benützung des um die Jahrhundertwende von den Italienern erbauten Col di Tenda-Tunnels im Verkehr Nord—Süd und umgekehrt eine Entlastung der Alpenpaßbahnen über den Gotthard und Brenner, sowie eine wesentliche Verkürzung der Alpenumfahrungsstrecke. Die Verbindung Bern—Lötschberg—Simplon—Turin—Coni—Col di Tenda—Nizza—(Ventimiglia) ist auch mit rund 600 km Länge etwa 300 km kürzer als der Weg über Genf—Lyon—Marseille—Nizza (900 km).

Die Teilstrecke Nizza—Breil wird zur Zeit von der französischen Mittelmeer-Bahngesellschaft (P. L. M.) im Pendelverkehr betrieben; im Bahnhof Breil findet Kurswagen-austausch und Übergang ganzer Zugteile zwischen diesen französischen Pendelzügen und den italienischen Durchgangszügen Ventimiglia—Coni—Turin und umgekehrt statt. Dieser

*) Vergl. Génie Civil 1928, Heft 78.

Betriebsweise entsprechend sind die auf französischem Gebiet nahe der Grenze gelegenen Bahnhöfe Breil und Fontan-Saorge

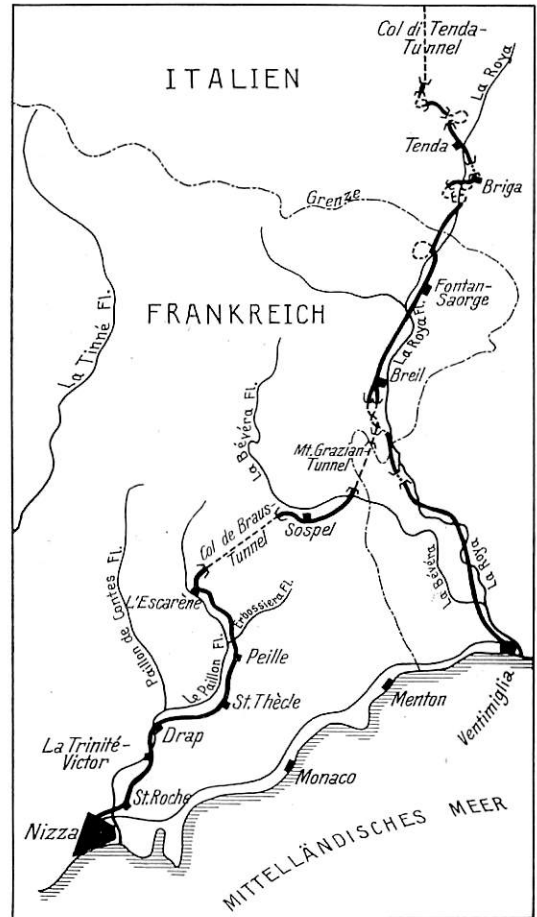


Abb. 1. Übersichtsplan der eingleisigen Hauptbahn Col di Tenda—Nizza (Ventimiglia).

als Zollbahnhöfe für den italienisch-französischen Verkehr ausgebildet.

Die 59 km lange Teilstrecke Nizza—Breil—Nordgrenze ist baulich besonders interessant. Als ausgesprochene Reibungsgebirgsbahn angelegt weist sie ohne künstliche Längenentwicklung eine fast durchweg vorkommende Größtneigung

wässerung zu haben, was bei dem teilweise stark Wasser führenden Gebirge wichtig war, sind in diesen überall Gegenfälle angewendet (vergl. besonders das Längensprofil des Mont Grazian-Tunnels). (Abb. 2).

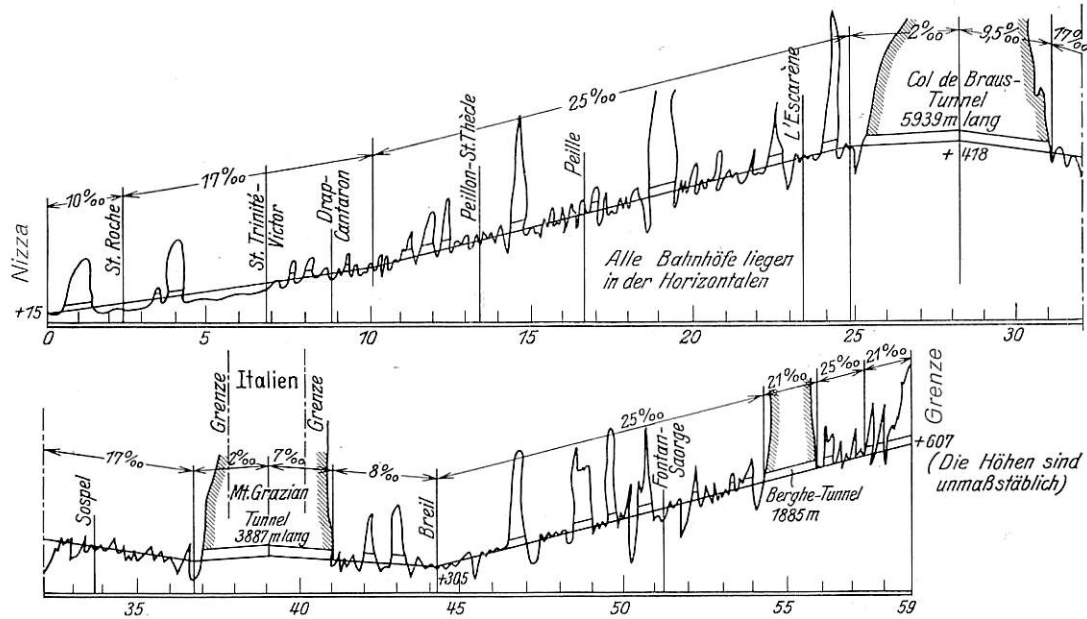


Abb. 2. Längenschnitt der eingleisigen Hauptbahn von der französisch-italienischen Nordgrenze nach Nizza.

von 1:40 (25‰), die größte auf deutschen Reibungsbahnen (Hauptbahnen) überhaupt zulässige Neigung, sowie zahlreiche Krümmungen vom Kleinsthalbmesser 300 m auf. Von den Kunstbauten im Zug der Linie sind besonders bemerkenswert der 5939 m lange Wasserscheidentunnel des Col de Braus, der die Flußtäler des Paillon und der Bévéra miteinander verbindet, der derzeit längste zweigleisige Tunnel in Frankreich, der Tunnel durch den Mont Grazian, 3887 m lang,

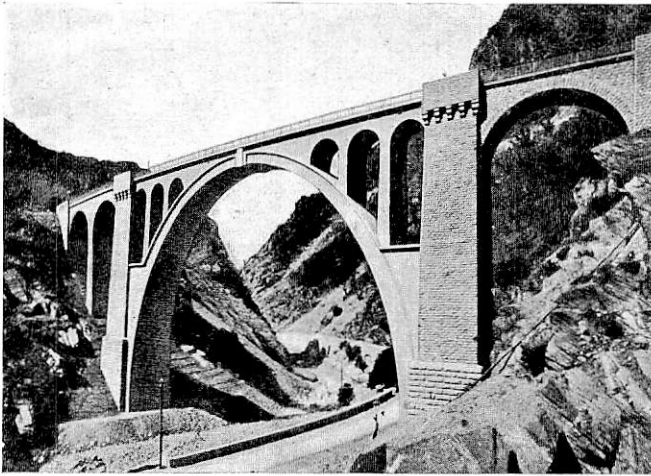


Abb. 3. Viadukt von Scarassoni.

dessen beide Eingänge auf französischem Boden liegen, der aber italienisches Gebiet unterfährt, sowie der 1885 m lange Berghetunnel. Von der Gesamtlänge der Linie liegen 42% in Krümmungen und 58% in der Graden, 89% in der Neigung und nur 11% in der Horizontalen. Mehr als $\frac{1}{3}$ der Gesamtlänge liegt in Tunneln, von denen im ganzen 45 Stück angelegt werden mußten, alle für zweigleisigen Ausbau vorgesehen. In allen größeren Tunneln ist der dort im Gegensatz zur freien Strecke auftretenden größeren Zugwiderstände wegen die Größtneigung unter 10‰ ermäßigt; um beim Bau der größeren Tunnel von beiden Mündungen her gute Ent-

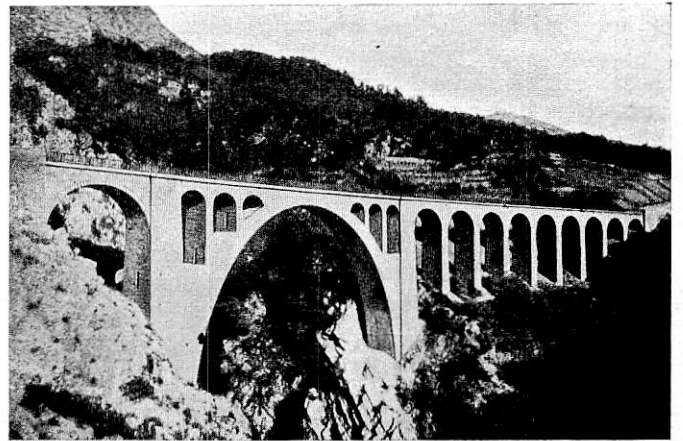


Abb. 4. Erbossierra-Viadukt.



Abb. 5. Viadukt über die Bévéra.

Im Zug der neuen Linie mußten auch mehr als 200 Brückenbauwerke von zusammen etwa 3 km Länge, von denen allein 39 eine größere Spannweite als 10 m besitzen, hergestellt

werden. Zum größten Teil sind es Wölbrücken aus Eisenbeton oder Mauerwerk, vereinzelt sind auch Eisenfachwerkträger verlegt. Das schönste und großartigste Bauwerk der ganzen Strecke ist der in Mauerwerk ausgeführte Viadukt von Scarassoni, der sich in seiner schlichten und doch wuchtigen Architektur auszeichnet in das ganze Landschaftsbild einfügt (Abb. 3). In einem elliptischen Bogen von 48 m zwischen den Widerlagen überspannt er in 42 m Höhe das Tal der Roya im Bogen von 300 m Halbmesser und in einer Neigung von 20⁰/₀₀ liegend. Abb. 4 zeigt den Erbossierraviadukt, in einem elliptischen Bogen von 36 m sich über das tief eingeschnittene Tal des Erbossierrafflusses, eines Nebenflusses des Paillon mit anschließenden neun Öffnungen von je 8 m Weite spannend. Das steile Felsental des Oberlaufes der Bévéra wird auf einem eisernen Gitterträger, der mitten durch einen Querbogen über der Felsschlucht abgestützt ist, überschritten. (Abb. 5).

Besondere Schwierigkeiten traten beim Bau der Bahn infolge der stellenweise eigenartigen geologischen Verhältnisse des durchfahrenen Alpengebietes auf. In den Tunneln wurde nämlich eine Kalkart (Anhydrit) angetroffen, die an sich trocken ist, aber bei Berührung mit Wasser oder feuchter Luft sich unter starker Aufblähung in Gips verwandelt. Besonders wirksame Entwässerungsanlagen und dichte Verkleidung der Wandungen mußten in diesen Tunnelstrecken vorgesehen werden.

Der Oberbau der neuen Linie besteht auf der freien Strecke aus 18 m langen Schienen von 48 kg Metergewicht, in den Tunneln von 55 kg Metergewicht, die auf getränkten Holzschwellen in Kalkschotterbett ohne Unterlagsplatten einfach mit Schwellenschrauben befestigt sind.

Der Zugverkehr ist zunächst noch mit täglich fünf Personenzügen darunter zwei Schnellzügen und zwei Güterzügen in jeder Richtung auffallend gering.

Aus amtlichen Erlassen.

Einteilung der Gleise nach oberbautechnischen Gesichtspunkten bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Durch Verfügung vom Januar 1929 hat die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft die Einteilung der Reichsbahngleise nach oberbautechnischen Gesichtspunkten neu geregelt. Für die Einteilung waren nachstehende Gesichtspunkte maßgebend. Die Oberbauvorschriften für den Reichsbahnoberbau unterscheiden:

Gleise erster Ordnung mit starkem Betriebe, großen Geschwindigkeiten und größten Raddrücken. Innerhalb dieser Gruppen gelten die dem internationalen Fern-D-Zugverkehr dienenden Gleise als Sonderklasse.

Gleise zweiter Ordnung mit mittlerem Betriebe und im allgemeinen geringeren Zuggeschwindigkeiten, ohne Rücksicht auf die Raddrücke.

Gleise dritter Ordnung: alle übrigen Gleise.

Diese Einteilung bezweckt zunächst, den wichtigsten betrieblich besonders stark beanspruchten Gleisen besondere Sorgfalt zuzuwenden, damit Oberbau und Bettung während ihrer Liegedauer in diesen Gleisen allen Anforderungen in bezug auf Betriebssicherheit und Tragfähigkeit voll gewachsen bleiben. Weiter soll eine möglichst vollkommene Ausnutzung aller Oberbaustoffe dadurch erreicht werden, daß die Stoffe, die aus den wichtigsten Gleisen ausgebaut werden müssen, wenn sie die zulässigen Abnutzungsgrenzen erreicht haben, in den weniger wichtigen, betrieblich geringer beanspruchten Gleisen weiter verwendet werden können, bis sie für Reichsbahngleise nicht mehr verwendbar sind.

Die Gleise erster Ordnung sollen mit neuem Reichsbahn-oberbau unter Verwendung der Schiene S 49 erneuert werden. Für die Gleise der Sonderklasse soll Reichsoberbau K mit Schienen von 30 m normaler Baulänge auf Holzschwellen verwendet werden. In den übrigen Gleisen erster Ordnung werden zunächst noch Schienen von 15 m normaler Baulänge eingebaut. Wenn der in den Gleisen erster Ordnung und der Sonderklasse liegende Reichsbahn-oberbau die zugelassene Abnutzungsgrenze erreicht hat, oder die Auswechslung von Stoffen unwirtschaftlich wird, so wandert er in die Gleise zweiter Ordnung. Ausgenommen sind die Stoffe, die für die Unterhaltung der Gleise erster Ordnung benötigt sind und die Stoffe, die nur noch für Gleise dritter Ordnung geeignet erscheinen. Zur Zeit werden bei der Erneuerung und Unterhaltung der Gleise erster Ordnung noch Oberbaustoffe der älteren, schwereren Formen der früheren Ländereisenbahnen gewonnen. Diese müssen zur Erneuerung und Unterhaltung

der Gleise zweiter Ordnung zunächst verwendet werden. Alle Stoffe, die bei der Erneuerung und Unterhaltung der Gleise erster und zweiter Ordnung gewonnen werden, wegen starker Abnutzung in diesen Gleisen jedoch nicht verwendet werden können, sind zur Erneuerung und Unterhaltung der Gleise dritter Ordnung zu verwenden, soweit ihre Abnutzung noch innerhalb der für diese Gleise zugelassenen Grenzen bleibt.

Damit nun eine möglichst vollkommene Ausnutzung der Oberbaustoffe erzielt wird und die aus einem Gleise höherer Ordnung ausgebauten und wieder verwendbaren Stoffe zur Erneuerung und Unterhaltung der folgenden Gruppe ausreichen, muß innerhalb des Reichsbahngebietes zwischen den Gleisen erster, zweiter und dritter Ordnung ein bestimmtes Verhältnis bestehen. Dieses Verhältnis ist durch die Neueinteilung erreicht. In die Sonderklasse sind die Strecken des internationalen Fern-D-Zugverkehrs eingereiht. Zu den Gleisen erster Ordnung rechnen die Gleise mit großen Zuggeschwindigkeiten, auf denen Fern-D-Züge und D-Züge verkehren. Ferner alle Gleise, auf welchen Lokomotiven und Wagen mit größten Raddrücken verkehren und die Gleise mit starkem Betriebe. Hierfür wurden jene Gleise bestimmt, die innerhalb 24 Stunden mit 20 und mehr planmäßigen Zügen belastet sind, d. h. auf zweigleisigen Strecken in einer, auf eingleisigen Strecken in beiden Richtungen. Außerdem wurden die stark belasteten Ablaufgleise der großen Rangierbahnhöfe zu den Gleisen erster Ordnung gerechnet. Zur zweiten Ordnung zählen alle durchgehenden Hauptgleise auf Haupt- und Nebenbahnen, die nicht zu den Gleisen erster Ordnung gehören. Weiter alle Kreuzungs- und Überholungsgleise, in die die Züge verhältnismäßig langsam einfahren, ohne Rücksicht auf ihre Belastung und die stärker belasteten Bahnhofgleise, wie Lokomotiv-Umfahrtgleise, Richtungsgleise usw., also alle Gleise, die betrieblich von Bedeutung sind. Zu den Gleisen dritter Ordnung zählen alle minderwertigen Nebengleise, wie Aufstellungsgleise, Ladegleise usw.

Für die Verteilung von Holz- und Eisenschwellen auf die einzelnen Strecken hat sich die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft sowohl von technischen als auch von wirtschaftlichen Gesichtspunkten leiten lassen. Von der durch die Verfügung festgesetzten Gruppenzugehörigkeit der Gleise und der festgesetzten Schwellenart (Holz- und Eisenschwellen) darf nur mit Genehmigung der Hauptverwaltung abgewichen werden. D.

Die erste österreichische Verkehrswissenschaftliche Woche in Wien.

Vor einigen Jahren wurde in Wien eine österreichische verkehrswissenschaftliche Gesellschaft gegründet, die es sich auch zur Aufgabe stellte, durch Vorträge die Erkenntnisse und Fortschritte der Verkehrswissenschaft und Praxis einem weiteren Kreis von Verkehrsmännern und Interessenten zu vermitteln. Eine Reihe von Einzelvorträgen der letzten Jahre ist der Tätigkeit dieser Gesellschaft zu danken.

Für die Zeit vom 3. bis 8. Juni lfd. Jhrs. bereitete sie unter Vorsitz Professor Dörfels der Hochschule für Welthandel zum ersten Male eine Vortragswoche mit reichem Programm, überwiegend aus dem Gebiete des Eisenbahnwesens, vor; der Verlauf der sehr gut besuchten Woche, hat zu einem vollen Erfolg geführt. Besonders hervorzuheben ist, daß dabei das internationale Zusammenarbeiten der Verkehrsfachleute sowohl durch Vortragende aus dem Deutschen Reiche und der Tschechoslowakei, als auch durch Besucher aus diesen Staaten, Ungarns und Jugoslawiens gekennzeichnet war.

Der feierlichen Eröffnung dieser Woche im Festsaal der Welthandelshochschule wohnten hervorragende Vertreter des Verkehrs- und Unterrichtswesens, an ihrer Spitze der Bundesminister für Handel und Verkehr Dr. Schürff bei. Zur Eröffnung sprachen der Vorsitzende der Gesellschaft Prof. Dörfel, der Bundesminister für Handel und Verkehr Dr. Schürff, der Maschinendirektor der Österreichischen Bundesbahnen Ing. Taussig in Vertretung des verhinderten Generaldirektors Ing. Foest-Monshoff und der Rektor der Hochschule Prof. Ziegler. Alle Redner betonten die Wichtigkeit und Notwendigkeit des Zusammenwirkens von Wissenschaft und Praxis im Verkehrswesen. Bundesminister Dr. Schürff begrüßte namens der Regierung in warmen Worten die Gäste aus den Nachbarstaaten, insbesondere aus dem Deutschen Reich.

Den Eröffnungsvortrag hielt Reichsbahndirektor Dr. Ing. Bruno Schwarze (Berlin), der mit hervorragenden Vertretern der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft der Einladung der Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft bzw. der Österreichischen Bundesbahnen gefolgt war. Seine ausgezeichneten Ausführungen über das Thema „Das Unterrichts- und Bildungswesen und die Psychotechnik bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft“ behandelten die Notwendigkeit und die Art der Heranbildung der Reichsbahnbediensteten, das Reichsbahnschulwesen und seine Einrichtungen, wobei der Vortragende besonders betonte, daß diese Vorsorge vor allem darauf abziele, eine sichere und wirtschaftliche Betriebsführung zu erreichen. Die Aufgaben der Allgemeinbildung der Eisenbahnbediensteten sind dem freiwilligen Bildungswesen der gewerkschaftlichen Beamtenverbände überlassen. Weiter führte der Vortragende über das psychotechnische Arbeitsgebiet aus, daß es sich bei den Eignungsuntersuchungen der Reichsbahnbediensteten nicht um Erstellung von Werturteilen der einzelnen Personen, sondern nur um die Auswahl des Arbeitsgebietes handle, für das sich der Untersuchte besonders eigne.

Aus den übrigen zahlreichen und durchaus interessanten Vorträgen mögen hier nur einige, die sich mit technischen oder betriebstechnischen Problemen befaßten, der Reihe ihrer Abhaltung nach erwähnt werden.

Zentralinspektor Ing. Ganspöck (Wien) behandelte in dem Thema „Die Wagendirektion“ den Wagenbeschaffungsplan der Österreichischen Bundesbahnen vom Gesichtspunkt der Wagenarten, des Laderaumes und Gewichtes, des Bedarfes der österreichischen Wirtschaft, und gab damit an Hand von Lichtbildern Einblick in die Beziehungen Wagen- und Volkswirtschaft. Weiter erläuterte er in übersichtlicher Art die Technik der Wagenverteilung.

Ministerialrat Ing. Bazant (Wien) sprach über „Die Kosten des Bahnhofdienstes im Rahmen der Betriebskosten“. Die Teilung der durchschnittlichen Selbstkosten in Abfertigungs-, Zug-, Wegkosten- und allgemeine Unkosten, der Einfluß des Transportgutes, wurde erläutert und eine mathematisch abgeleitete Methode der ziffermäßigen Abstufung mit der Entfernung vorgeführt. Schau- und Lichtbilder gaben Aufschluß über die zahlen- und beispieldmäßige Auswirkung.

Hofrat Ing. Nouackh (Wien) behandelte „Moderne Sicherungsanlagen“ an Hand von zahlreichen Lichtbildern und gab in zwei großen Abteilungen über die Einrichtungen für den Zugverkehr innerhalb der Bahnhöfe sowie zur Sicherung dieses Verkehrs zwischen den Bahnhöfen auf der Strecke ein umfassendes Bild des heutigen Standes dieses Fachgebietes.

Einen den großen Fragen seines Themas gewidmeten Vortrag hielt Prof. Blum (Hannover) über „Die Personenbahnhöfe in der Entwicklung der Großstädte“. Er erörterte die Beziehungen zwischen Stadt- und Eisenbahnverwaltung, dann die Frage der richtigen Lage der Bahnhöfe im Stadtgebiet, wobei er nach der städtebaulichen Unterscheidung zunächst die Bahnhoffrage für die Riesenstädte (über 700 000 Einwohner) behandelte. Dabei untersuchte er die Frage mit welchen Mitteln der Stadtschnellverkehr von der Eisenbahn bedient werden kann, dann die Frage der Zweckmäßigkeit eines Zentralbahnhofs, der nur für einzelne ganz große Städte weniger empfehlenswert sei. Weiter besprach der Vortragende das System des Eisenbahnpersonenverkehrs in den Großstädten (150 000 bis 700 000 Einwohner), den Hauptbahnhof und Bahnhofplatz, die Lage des Hauptbahnhofs zur Stadt (Kopf- oder Durchgangsbahnhof, wobei der Kopfbahnhof abzulehnen sei) und schließlich die Frage der eisenbahntechnischen- und städtebaulichen Durchbildung des Hauptpersonenbahnhofs.

Ministerialrat Ing. Hula (Prag) trug über die „Rationalisierung des Zugverkehrs“ insbesondere des seit dem Kriege zurückgegangenen Güterverkehrs vor und stellte als Forderungen für geringste Betriebskosten auf: zweckmäßige Organisation des Fern- und Stückgüterverkehrs, Ausbau und Mechanisierung der Verschiebebahnhöfe, Einführung der durchgehenden Güterzugbremse und des Dispatching-Systems d. h. der zentralen Leitung auf starken Verkehrsadern oder auf Lokalbahnen von einem Mittelpunkte aus.

Prof. Findeis (Techn. Hochschule Wien) sprach über „Seilbahnen für Personenbeförderung“, deren heutige Bauform das Pendelsystem ist. Bei der geringen Ausnützung dieser doppelgleisigen Anlagen, die eine engere Wagenfolge nicht zulassen, ist es sehr zu begrüßen, daß man nun daran geht, das bei Güterbahnen eingeführte Umlaufsystem auch für Personenseilbahnen anzuwenden. Der Vortragende zeigt dann, wie man durch Einschaltung von Mittelstationen und Anwendung von Einspurbahnen bzw. Ineinanderschachteln von solchen auch das Pendelsystem verbessern kann und betont, welche bedeutende Rolle Österreich im Bau der Personenseilbahnen zukommt.

Über „Hebung der Wirtschaftlichkeit im Lokomotivbetriebe“ trug Oberbaurat Dr. Ing. Nußbaum (Wien) vor, indem er, ausgehend von dem bedeutenden Anteil der Zuförderungsausgaben an den Gesamtbetriebsausgaben die Ersparnismöglichkeiten an den beiden Hauptposten, Lokomotivbrennstoff- und Lokomotivmannschaftskosten erörterte. Nach Besprechung der Kostenbeeinflussung durch Einteilung und Auslastung der Lokomotiven, wurde auch der Möglichkeit gedacht, zu Ersparniszwecken die Dampflokomotiven durch andere Triebfahrzeuge, also Elektrolokomotiven usw. zu ersetzen.

Schließlich sprach der Verfasser dieses Berichtes über „Gleisanlagen und mechanische Einrichtungen in Umstell-(Verschiebe-)Bahnhöfen“ und versuchte unter Betonung der bedeutenden Höhe der Verschiebekosten, die Entwicklung in Bau, Einrichtung und Betrieb von Verschiebebahnhöfen in den letzten Jahren aufzuzeigen. Unter Vorführung zahlreicher Lichtbilder und eines Filmes über den Ablaufbetrieb

in Hamm (Westfalen) wurden neue Gleispläne, mechanische Bremseinrichtungen, selbsttätige Weichenstellungen und die Entwicklung der Verständigungsmittel aus verschiedenen Ländern besprochen und gezeigt, daß Deutschland bzw. die Deutsche Reichsbahn auf diesem Gebiete an der Spitze steht.

Honorar Dozent Ing. Schager.

Berichte.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Vagneux-Schwelle aus Eisenbeton.

Die Eisenbahnschwelle nach Vagneux ist eine aus Eisenbeton und Eisenträgern zusammengesetzte Schwelle. Sie besteht aus zwei Eisenbetonfüßen von 72 cm Länge, 24 bis 34 cm Breite und einer größten Stärke von 20 cm, die durch einen Eisenträger miteinander verbunden sind (siehe Abb. 1). In der Mitte hat demnach diese Schwelle kein Auflager auf der Gleisbettung. Die Ausmaße des Querschnitts des eisernen Verbindungsstückes

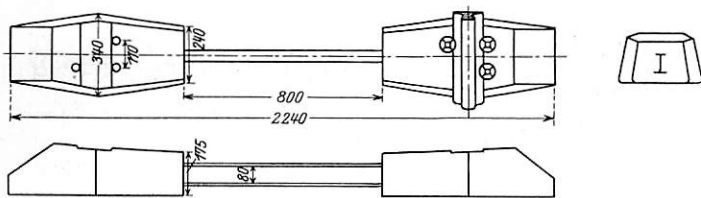


Abb. 1.

wurden so reichlich bemessen, daß die Spurweite und Neigung des Gleises mit Sicherheit gewährleistet wird. Dabei ist dieses noch so elastisch, daß die Torsionsspannungen und andere durch ungleichmäßiges Unterstopfen der beiden Auflagerflächen auftretende Nebenspannungen gefahrlos aufgenommen werden können. Durch diese eigenartige Bauform der Schwelle fiel die kostspielige Unterhaltung des bei Eisenbetonschwellen sonst notwendigen Grabens in der Gleismitte weg. Das Gewicht einer Schwelle nach Vagneux beträgt 150 kg für untergeordnete Vollspurbahnen und 175 kg für die schwerste Gleisform, während die z. Z. gebräuchlichen Eisenbetonschwellen 270 kg wiegen. Die Befestigung des eisernen Trageiles in den beiden Eisenbetonquadern erfolgt nur durch die Haftfestigkeit der Oberfläche des Eisenteils im Beton. Zur Trennung der beiden Teile durch Zugkraft sind im Durchschnitt 12380 kg erforderlich. Gegen Rostgefahr wird der eiserne Bestandteil der Schwelle durch Anstriche geschützt. Neuerdings werden auch nichtrostende Stahlsorten hierzu verwendet. Besonders breite Stoßschwellen mit je zwei eisernen Verbindungsgliedern gewährleisten eine gute, ruhig liegende Stoßverbindung. Die Auflagerfläche dieser Stoßschwellen ist fast doppelt so groß als die der Mittelschwellen. Zwischen Schwelle und Schienenfuß werden getränkte Pappel- oder Ulmenholzzwischenlagen von 4 bis 7 mm Stärke eingebaut, die auf 40 bis 50% ihrer ursprünglichen Stärke zusammengepreßt werden. Dadurch wird eine gleichmäßigere Druckbeanspruchung der unter den Holzplättchen liegenden Eisenbetonflächenstreifen bei der Durchbiegung der Schienen durch die Verkehrslast erzielt. Die mit dieser Schwellenart ausgebauten Gleise zeichnen sich durch sehr ruhigen Zuglauf aus. Bei Hauptbahngleisen werden auf den 12 m Stoß 16 Schwellen und eine Stoßschwelle eingebaut. Der Abstand beträgt 70 cm. Auf Nebenbahnstrecken ist die Anordnung nach Abstand und Form etwas anders gehalten. Die Herstellung einer während des Betriebs dauerhaften Befestigungsweise gestaltet sich bei allen Schwellen aus Eisenbeton sehr schwierig. Bei einer Lockerung der Schwellenschrauben würde die Schwelle infolge der schlagartigen Wirkung durch die Verkehrslast stark in Mitleidenschaft gezogen werden. Zur Vermeidung einer solch ungünstigen Beanspruchung hat Vagneux folgende Befestigungsart gewählt (siehe Abb. 2). Die Schiene wird durch Schwellenschrauben befestigt. Diese werden durch einbetonierte Mutterschraubengänge mit vierkantigem Querschnitt festgehalten. Die Mutterschraubengänge übertragen die auftretenden Zug-

spannungen auf die sie umgebende Eisenbetonmasse. Die dadurch übertragene Zugkraft ist größer als 5 t, also vollkommen ausreichend. Zwischen Schraube und Muttergang ist ein Spielraum von etwa 1 mm vorhanden, der durch einen Asphaltüberzug der Schraube ausgefüllt wird. Es können die gebräuchlichen Schwellenschrauben verwendet werden.

Zur Herstellung der Eisenbetonmasse wird ein Betongemisch verwendet von 400 l Sand von 0 bis 5 mm Stärke, 800 l Kleinschlag von 5 bis 30 mm Korngröße und 300 bis 400 l Zement je nach Güte.

Der mittlere Preis einer Vagneux-Schwelle betrug im Jahre 1928 55 Frs. und 62 Frs. (10,32 *R.M.*) für die Schwelle samt Befestigungsmittel. Die Kosten für die Verlegung sind etwa 30 bis 40% höher als bei anderen Schwellenarten. An Schotter wird gegenüber der Holzschwelle $\frac{1}{4}$ cbm auf 1 m Gleis eingespart, ein Wert der den erhöhten Einbaukosten entspricht. Auf Grund der bisherigen Feststellungen nach zehnjährigem Versuch kann die Lebensdauer der Vagneux-Schwellen bei Bahnlagen mit einer Streckenbelastung von 50 bis 60 Zügen im Tage auf 40 Jahre geschätzt werden und bei Strecken mit geringerer Belastung (6 bis 8 Züge/Tag) auf 100 Jahre.

Es kann angenommen werden, daß bei Verwendung dieser Schwellenart — unter der Voraussetzung, daß guter Schotter eingebaut wird — in der Bahnunterhaltung Einsparungen gemacht werden können. Sie sind besonders für holzarme Länder wie Frankreich, wo die Holzschwellen aus dem Ausland bezogen werden müssen, von volkswirtschaftlichem Vorteil. Seherer. (Bulletin, Febr. 1929.)

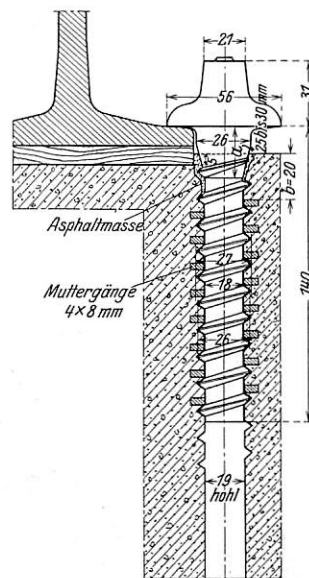


Abb. 2.

Eisenbetonschwelle Bauart Emperger.

Hierzu Tafel 13.

Die einfache Nachbildung der Form der Holzschwelle in Eisenbeton hat sich bei allen bisherigen Versuchen als unzulänglich erwiesen. Die Unterlagen der beiden Schienen erhalten nicht nur von oben ungleichmäßige Stöße, sondern besitzen auch in ihrer Unterlage so verschiedene Widerstände, daß dieser Unterschied den steifen Mittelteil über kurz oder lang zerstören muß.

Die Unterstützung der Schiene durch zwei Unterlagen verlangt eine Verbindung, die jede bleibende Verdrehung derselben verhindert. Dazu genügt eine einfache Querverbindung oder ein gelenkartiger Anschluß wie bei der London North Eastern Railway*) nicht. Eine steife Querverbindung mit einem Profleisen leidet daran, daß die Verbindungsstelle zwischen Unterlage und Quereisen leicht zerstört wird. (Siehe Beton und Eisen 27, Seite 273, 1927, Heft 23.)

Im folgenden soll eine Lösung beschrieben werden, die sich diesen Aufgaben gewachsen erwies. Dies wird zunächst durch

*) Railway Gazette, 9. Dezember 1927.

die eigenartige Querschnittsform der Unterlagen erreicht, die mit Vertiefungen versehen sind, in die der Schotter hineingestopft wird, so daß er durch ihre Keilform so in Verband erhalten bleibt, daß die Eisenbetonschwelle nicht wie ein Fremdkörper hin und her rutscht, sondern an den für ihren Bestand so gefährlichen



Abb. 1. Probe am Ostbahnhof in Wien.

hüpfenden Bewegungen gehindert wird. Der Rest von Beweglichkeit wird durch eine Querverbindung reguliert, die keine bleibenden Verschiebungen zuläßt. Die Befestigung geschieht an drei bis vier Punkten, welche im Querschnitt so verteilt sind, daß horizontale und vertikale Verdrehungen auf einen ungemein kräftigen Widerstand stoßen, was durch den Abstand der Querverbindungen gewährleistet erscheint.

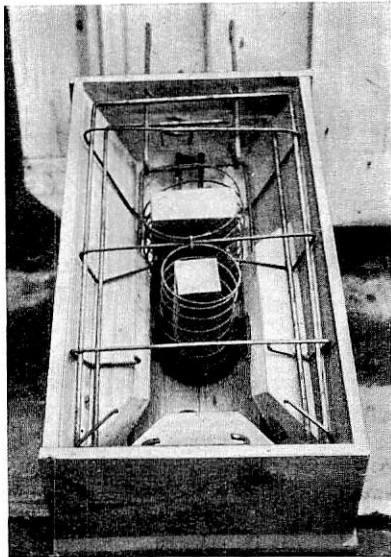


Abb. 2. Schalform mit Armatur fertig zur Betonierung.

teile erhalten zwar eine einstweilige Verbindung, doch ergibt sich ihre endgültige Lage erst durch das Einbetonieren. Hierfür genügt eine Zuggpause, weil die betreffende Stelle keinen großen Beanspruchungen ausgesetzt ist. Die Versuche bei den österreichischen Bundesbahnen haben trotz einer schwachen Armatur keinerlei Sprünge gezeigt (Textabb. 1), weil vermöge dieser Anordnung der Beton allein den auftretenden Kräften gewachsen ist. Es wurde dies zunächst festgestellt und dann untersucht, wie weit man herabgehen kann, ohne daß die Beweglichkeit der Unterlage und ihr Zusammenhang unter den Stößen beim Verkehr leidet. Die in dem Plane der Schwelle (Tafel 13) dargestellten Abmessungen gehen bereits über das notwendige Mindestmaß hinaus, weil sie einem Schnellzugsverkehr gewachsen sein sollen. Bei den weiteren Erfahrungen will man mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit systematisch herabgehen. Jedenfalls hat man damit das Ziel erreicht, daß die ersten Kosten einer derartigen Schwelle denen

der Holzschwelle nahezu gleich sind, sofern man die Herstellung in entsprechender Anzahl vornimmt. Nachdem alle bisherigen Eisenbetonschwellen wesentlich teurer gewesen sind als die Holzschwelle, so ist dies ein wichtiges Ergebnis. Dies und die leichte Herstellung der neuen Schwelle hat dazu geführt, daß eine ganze

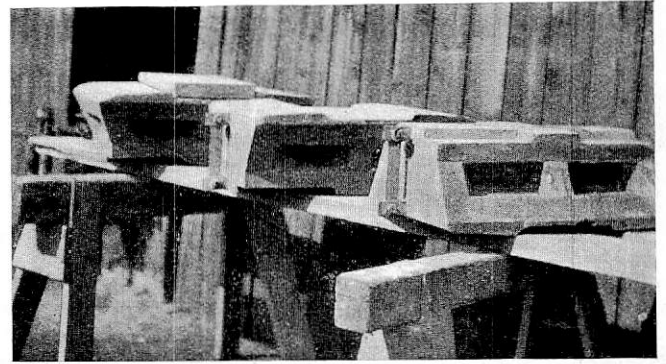


Abb. 3. Die ersten Versuchsschwellen.

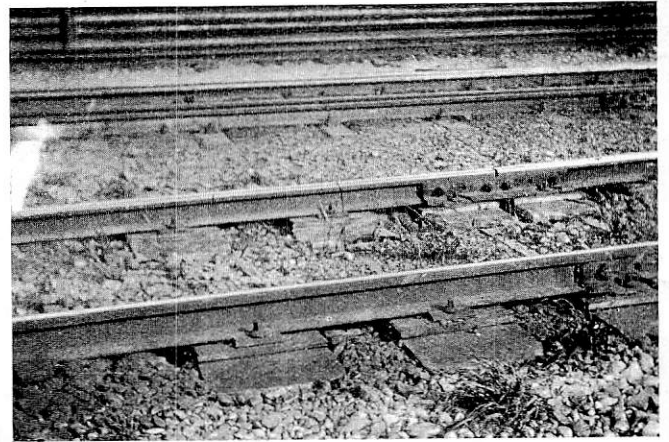


Abb. 4. Schwellen beim Schienenstoß.

Reihe von Probegleisen im Laufe dieses Frühjahres in Gmunden, Mannersdorf und ferner an noch nicht festgelegten Orten in Ungarn und in Holland in Betrieb gesetzt werden soll. Textabb. 2 zeigt die Schalform mit Armatur, Textabb. 3 einige der ersten Versuchsschwellen vor dem Einbau, Textabb. 4 die Schwellen im Gleise.

Die Kosten lassen sich aus dem Stoffbedarf leicht bestimmen. Er hat bei den bisherigen Versuchen 9 kg Eisen und 72 l Beton betragen und ist in dem beiliegenden Entwurf ohne zwingenden Grund um 10% erhöht.

Eisenschwellen in England.

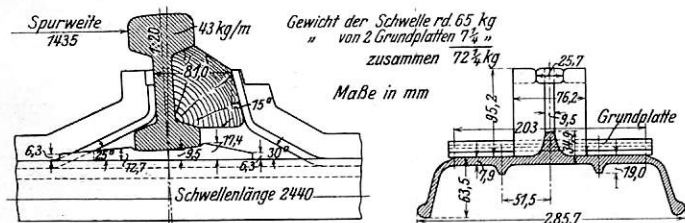
Bis heute überwiegt noch in den meisten Ländern der Eisenbahnoberrbau mit Holzschwellen die Verwendung von Eisenschwellen. In Ländern mit ausgedehnter Stahlerzeugung wie in Deutschland und Belgien hat sich aber neben der Holzschwelle auch die Eisenschwelle durchzusetzen und zu behaupten verstanden, und in den Vereinigten Staaten sind die großen Stahlwerke bemüht, ihr Eingang und Verbreitung zu verschaffen.

Die englische Gleistechnik hat bisher im allgemeinen die Eisenschwelle abgelehnt und an der Holzschwelle festgehalten. Freilich mußte der größte Teil des zu Schwellen verarbeiteten Holzes aus dem Auslande eingeführt werden, und die hohen Geldbeträge, die dafür aus dem Lande gingen, wurden bitter empfunden. Durch Preissteigerungen, verursacht durch hohe Löhne in den Erzeugungsländern der Holzschwellen und durch hohe Frachtsätze, hat sich die Lage der Holzschwelle gegenüber der Eisenschwelle wesentlich verschoben, und beide sind z. Z. ungefähr gleich teuer. Dabei mag der Umstand mitgewirkt haben, daß die englischen Stahlwerke über Mangel an Beschäftigung klagen und daher zu Entgegenkommen bei der Preisbildung

bereit waren. Für die englischen Eisenbahnen fällt beim Übergang zu Eisen-Stahlschwellen noch der Umstand ins Gewicht, daß eine Tonne im Inland erzeugter Stahl drei Tonnen Rohstoffe bedeutet, die mit der Eisenbahn befördert werden, daß die englischen Eisenbahngesellschaften sich also selbst bei der Verwendung einheimischer Eisenschwellen Verkehr zuführen.

Eine gewisse technische Schwierigkeit ist in England beim Übergang von der Holz- zur Eisenschwelle zu überwinden. Im Gegensatz zum europäischen Festland mit seiner Breitfußschiene herrscht in England bekanntlich noch die Doppelkopfform, und deren Stützung ist nicht so einfach wie die der Breitfußschiene, die nur am Fuß befestigt zu werden braucht, während die Doppelkopfschiene am Steg erfaßt werden muß.

Als erste unter den vier Gruppen, zu denen jetzt die englischen Fernbahnen zusammengefaßt sind, macht die Süd-Eisenbahn den Übergang zur Eisenschwelle. Nachdem sie gegen acht Jahre dauernde Versuche mit ganz-eisernem Oberbau auf der Strecke London—Portsmouth angestellt hat, hat sie bei einem englischen Stahlwerk 70000 Eisenschwellen bestellt. Diese Lieferung im Gewicht von 5000 t soll dazu dienen, eine Strecke von 56 km auszustatten. Von den bei uns üblichen Schwellen, die zur Aufnahme einer Unterlagplatte eingerichtet sind, unterscheiden sich die englischen, Bauart Sandberg (siehe Abb.), dadurch, daß bei ihnen aus der Schwellendecke Zungen oder Klauen herausgedrückt sind, die die Schiene am Steg erfassen. Die Grundform der Sandberg-Schwelle ist das übliche nach unten offene U, jedoch verstärkt durch eine hohe Rippe auf und zwei



Einzelheiten der Eisenschwelle Bauart Sandberg.

kleinere Rippen unter der Schwellendecke. Die Enden sind geschlossen. Die Schwelle ist 2,44 m lang, 28,6 cm breit, 6,3 cm hoch. Die 2,7 cm hohe Rippe auf dem Rücken bildet, mit einem 7,6 cm breiten Streifen der Schwellendecke hochgebogen, eine kräftige Stütze für die Schiene. Der untere Kopf legt sich auf eine oben entsprechend der Kopfform ausgekehrte Unterlagplatte von 20 cm Breite. Die Schwelle wiegt 64,5 kg; dazu kommen noch je zwei Unterlagplatten von zusammen 7,3 kg Gewicht. Die Platten und die eichenen Keile, die die Schiene in dem durch die Aufbiegungen auf der Schwelle gebildeten Maul festlegen, sind, abgesehen von den Laschen und deren Schrauben, die einzigen losen Teile. Bei einem Tonnenpreis von 11 £ kostet die Schwelle mit ihren beiden Platten etwa 15 1/2 sh (15,50 M.). Sie besteht aus saurem Bessemer- oder basischem Siemens-Martin-Stahl; ein Zusatz von 0,2% Silizium soll den Stahl vor Rost schützen.

Die erste Lieferung von 5000 t ist noch nicht derart, daß sie den Beschäftigungsgrad der englischen Stahlwerke wesentlich beeinflussen wird, sie kann aber als ein Schritt auf einen neuen Weg angesehen werden. Die englischen Eisenbahnen verbrauchen jährlich etwa vier Millionen Schwellen, und schon 10% dieser Menge würden für die Stahlwerke eine Lieferung von 30000 t jährlich bedeuten.

Bei einer Lebensdauer der Holz- und der Eisenschwellen von 20 Jahren und bei dem jetzigen Preis beider sind die Kosten für Beschaffung, Einbau, Unterhaltung und Erneuerung ungefähr gleich. Steigt jedoch der Preis der Holzschwelle nur um 6 Pence (0,50 M.) und haben die Eisenschwellen eine längere Lebensdauer, — nach den Erfahrungen in anderen Ländern kann man auf 30 Jahre rechnen, — so fällt eine vergleichende Kostenberechnung zugunsten der Eisenschwelle aus. Dazu kommt noch, daß es bei zunehmender Verbreitung des ganz eisernen Oberbaues voraussichtlich möglich sein wird, die dazu benötigten größeren Mengen Eisenschwellen zu billigerem Preis zu beschaffen.

W.

Eisenbetonplatten statt Schotterbettung.

Zu den im Bericht im Heft 10, Jahrg. 1928 des Organs besprochenen Versuchen werden in der Zeitschrift Railway Age, Heft 13, Jahrg. 1928 die Erfahrungen nach einer Betriebsdauer von 21 Monaten mitgeteilt. Durch das Fehlen der Unterlagplatten trat eine Zerstörung des Betons nicht ein. Die Zahl der bisher vorhandenen Klemmplättchen hat wohl für das Festhalten der Schienen auf der Unterlage genügt, sie ist aber nicht hinreichend, größere Schienenwanderungen aufzuhalten. Die Vermehrung der Klemmplättchen an den beiden Schienenenden hat die Wanderung wesentlich verringert. Das eine Gleis ruht auf der ganzen Länge der Versuchsstrecke auf Hartfilzplatten von 3 mm Dicke. Es hat sich ergeben, daß nicht nur eine isolierende Wirkung erreicht wird, sondern daß auch die Schiene satter aufliegt und die Klemmplättchen eine größere Haltkraft erhalten. Durch die Filzunterlagen wird außerdem der Beton geschützt und das Fahrgeräusch sehr vermindert. Die gleichmäßige Senkung der Platten beträgt seit dem Einbau 38 mm. Hiervon rühren 13 mm von der nach jedem Umbau erfolgenden Setzung her, weitere 13 mm sind eine Folge der Wintermonate. Unterschiede zwischen den Senkungen zweier benachbarter Platten sind so gering, daß sie mit dem freien Auge nicht wahrnehmbar sind und sich auch beim Befahren nicht bemerkbar machen. Bezüglich des elastischen Verhaltens der Schienenunterlage bleiben die Betonplatten um etwa 16% hinter der Schotterbettung zurück. Die einzigen Unterhaltungskosten fielen durch die Auswechslung der Fußschrauben an, die mit 3/4" zu schwach waren und mit 7/8 bis 1" hätten bemessen werden müssen.

Die Versuchsstrecke wird auch weiterhin genau beobachtet. Nach den vorhandenen Erfahrungen kann durch Entfall der einbetonierten Metallunterlagen die Anordnung vereinfacht werden, auch an der Bemessung der Betonstärke und den Eiseneinlagen kann noch gespart werden. Man nimmt an, daß die verbesserte Bauart um 105000 bis 118000 R. M./km einschließlich Befestigungsmittel, jedoch ohne Schienen hergestellt werden kann. Um einseitige Senkungen der Platten auf einfache Weise beseitigen zu können, werden bei Neuanlagen in die Platten senkrechte Rohre einbetoniert, durch die trockener Sand oder Grus mit Druckluft unter die Platte gepreßt werden kann, sobald diese mit Kranen oder Winden leicht angehoben ist.

Die genaue Erprobung der Anordnung und die Ermittlung der noch möglichen Vereinfachungen wird noch geraume Zeit beanspruchen. Es besteht aber die Ansicht, daß diese Art der Schienenlagerung gerade für Gleise mit stärkstem Verkehr geeignet sein wird.

Wa.

Reinigen des Bettungsschotters mit Maschinenbetrieb.

Bei der Pennsylvania-Eisenbahn ist eine Vorrichtung zum Reinigen des zwischen den beiden Gleisen einer zweigleisigen Strecke liegenden Schotters im Probebetrieb. Sie ist auf zwei Güterwagen-Untergestellen aufgebaut, auf deren erstem auch ein 300 PS-Benzinmotor steht. Dieser treibt eine Dynamomaschine, die den Strom für den elektrischen Antrieb der einzelnen Teile der Vorrichtung, darunter für einen Luftverdichter, liefert. Auf der inneren Längsseite des ersten Wagens bewegen sich in Führungen zwei Greifer von etwa 0,4 m³ Inhalt. Der Zug fährt mit hochgehobenen Greifern. Zur Arbeit wird zunächst der erste Greifer gesenkt. Er ist an der Kante mit Zähnen versehen und faßt auf eine Länge von etwa 2,5 m die Hälfte des Schotters zwischen den Gleisen, gleitet dann in seinen Führungen in die Höhe und schüttet seinen Inhalt in einen Behälter aus. Während der Hubbewegung ist der Zug um etwa 2 m vorgerückt, wobei ein einstellbarer Pflug den Schotter, der jenseits der gemeinschaftlichen Achse der beiden Gleise liegt, in den Fassungsreich des zweiten Greifers geschoben hat.

Aus dem Behälter kommt der Schotter durch ein Becherwerk gehoben, in einen Behälter auf dem zweiten Wagen und wird von da über Siebe geleitet. Ein Luftstrom bläst dabei den Staub und Schmutz aus. Der gereinigte Schotter gelangt in einen Schütt-Trichter, der mit seiner 2 m breiten Öffnung den Raum zwischen den Gleisen bestreicht. Der durch diesen Trichter wieder auf den Bahnkörper entleerte Schotter wird durch eine Lehre nach der richtigen Querschnittsform abgestrichen.

Der durch die Siebe ausgeschiedene Grus wird durch ein auf einem Ausleger gelagertes Förderband in einen nachfolgenden Wagen übergeführt. Der Ausleger kann seitlich ausgeschwenkt werden, so daß der Grus auch neben der Bahn abgelagert werden kann. Erlauben es die Betriebsverhältnisse, eine längere Strecke ohne Pause zu reinigen, so können weitere Güterwagen zur Aufnahme der Rückstände angehängt werden, von denen jeder mit dem vorhergehenden durch ein Förderband in Verbindung steht.

Der ganze Zug wird durch eine Lokomotive an die Arbeitsstelle gebracht. Dort wird diese losgekuppelt und fährt ungefähr 150 m voraus, wo sie festgebremst wird. Sie steht mit dem Schotterzug durch ein Seil in Verbindung, das von diesem aus in Absätzen von etwa 2 m Länge und mit ungefähr 6,5 km Stundengeschwindigkeit aufgewunden wird.

Soll auch der im Gleis zwischen den Schwellen liegende Schotter gereinigt werden, so wird er vorher von Hand ausgehoben und in den Raum zwischen den Gleisen geworfen. Hierzu ist allerdings viel Handarbeit nötig. Die auf der Außenseite der zweigleisigen Strecke neben dem Gleis liegende Schottermenge mit der beschriebenen Vorrichtung zu reinigen, hat sich nicht als zweckmäßig erwiesen.

Die Vorrichtung zum Reinigen des Schotters hatte zu der Zeit, als in Engineering News-Record (24. Januar 1929, S. 131) über sie berichtet wurde, etwa 215 km Strecke bearbeitet und scheint sich dabei bewährt zu haben. An einem Arbeitstag kann sie etwas über 1500 m³ Schotter aufnehmen, was etwa einer Länge des Arbeitswegs von 2300 m entspricht.

Über den Betrieb der Vorrichtung enthält die Zeitschrift Railway Engineering and Maintenance (Januar 1929) einige nähere Angaben. Der Zug besteht außer aus den beiden Maschinenwagen aus fünf Wagen von 64 t Tragfähigkeit zur Aufnahme des Schmutzes, einem gedeckten Güterwagen, in dem Öl, Ersatzteile u. dergl. mitgeführt werden, und einem Zugführerwagen. Dieser Zug ist mit zwölf Mann besetzt, von denen aber nur sechs beim Reinigen des Schotters arbeiten. Während der Arbeit des Zuges begibt sich der Zugführer nach der nächsten Fernsprechbude an der Strecke und bleibt dort dauernd in Verbindung mit der Zugleitung, der er einerseits meldet, wenn die Arbeit beendet ist, von der er andererseits die Anweisung erhält, die Arbeit zu unterbrechen und das nächste Kreuzungs- oder Überholungsgleis aufzusuchen, um einen Zug vorbeizulassen.

Der Zug arbeitet täglich in zwei Schichten. Auf dem nächsten Bahnhof, wo er die Nacht zubringt, findet er fünf leere Wagen zum Auswechseln gegen die beladenen, die er mitbringt. Die Förderbänder werden mit Hilfe eines Krans, der sich auf einem der Maschinenwagen befindet, von den vollen auf die leeren Wagen übergehoben.

Nach den Berichten hat die Reinigung des Schotters mit der beschriebenen Vorrichtung manche Vorzüge gegenüber der Reinigung von Hand. Die Leistung ist größer und der Betrieb ist wirtschaftlicher. Das Wetter hat keinen wesentlichen Einfluß auf die Leistung; sie sinkt unter ungünstigen Umständen nur um etwa 5% gegenüber der Regelleistung. Nur bei sehr großer Nässe und schlammigem Schotter ergeben sich einige Schwierigkeiten. W.

Buchbesprechungen.

Einführung in die Kenntnis des Oberbaus. Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. Berlin 1928. 48 Seiten. 0,75 *R.M.*, Vorzugspreis für die Reichsbahn 0,50 *R.M.*

Der Verlag gibt im amtlichen Auftrag für die Reichsbahndienstankängerschule Lehrstoffhefte heraus. Die Hefte verfolgen den Zweck, dem Lehrer den Stoff kurz darzubieten und dem Lernenden eine Hilfe beim Durcharbeiten des in den Unterrichtsstunden gehörten Lehrstoffes zu sein. Als erstes der Hefte ist soeben „Einführung in die Kenntnis des Oberbaus“ aus dem „Bautechnischen Dienst“ erschienen. Es enthält außer seinen Hauptabschnitten (Das Gleis, Beschreibung der Einzelteile, Weichen und Kreuzungen usw.) noch Wiederholungsfragen, Schriftennachweis und Sachverzeichnis.

Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins deutscher Ingenieure, herausgegeben von Conrad

Feststellen von Schienenbrüchen.

Nach langen Versuchen hat die amerikanische Eisenbahnvereinigung (American Railway Association) der Verwendung eines Fahrzeuges zugestimmt, das auf einem laufenden Papierstreifen Ort und Größe von Schienenbrüchen aufzeichnet und mittels eines Farbenstriches auf der Schiene selbst die Stelle des Bruches anzeigt.

Die Einrichtung beruht auf der Erscheinung, daß alle Gefügestörungen in der Schiene Hindernisse für den Stromlauf bilden, wenn die Schiene zum Stromleiter gemacht wird, gleichgültig wie groß die Risse sind und wie sie zur Schienenachse liegen. Der Strom ist an solchen Stellen gezwungen seine Fortpflanzungsrichtung zu ändern und das Hindernis zu umgehen. Die neue Sucheinrichtung verzeichnet jede Änderung der Fortpflanzungsrichtung in der Schiene. Die maschinelle Ausrüstung des Wagens besteht aus einem fremderregten Stromerzeuger für 4000 Amp. bei 2 V-Spannung, der von einer Brennkraftmaschine angetrieben wird, aus Schienenreinigungsbürsten, Stromübertragungsbürsten und einem Suchgerät, das am Schienenkopf zum Aufsuchen und Messen der aus ihrer Richtung abgelenkten Ströme entlang geführt wird. Da diese Richtungsänderungen sich nur sehr schwach äußern, sind Verstärker und Übertragungswerke (Relais) vorgesehen, die die Schreibinstrumente betätigen. Das wichtigste Schreibinstrument hat sieben Schreibstifte. Sechs davon, nämlich drei für jede Schiene, zeichnen die Gefügestörungen auf und ein Schreibstift gibt in der Mitte des Streifens die Punkte der Schienenverbindungen an. In Übereinstimmung mit den Aufzeichnungen gibt eine Farbpistole einen Schuß Farbe auf die Schiene an der Stelle, die Anlaß zur Aufschreibung gibt.

Die ganze Einrichtung ist auf einem zweiachsigen Fahrzeug aufgebaut, das eine handbediente Vierradbremse besitzt. Ein Motorschlepper bewegt das Fahrzeug mit etwa 8 km Stundengeschwindigkeit über die Strecke.

Zur Stromübertragung auf die Schienen dienen 32 Kupferbürsten, die in vier Gruppen zu je acht Stück angeordnet sind und mit kräftigen Federn gegen die Schiene gepreßt werden. Die Bürstensäetze können hochgezogen werden, wenn die Messungen beendet sind. Das Suchgerät, das am Schienenkopf entlang geführt wird, ist eine Art Spule. Die Stromstärke in ihr wird durch die Änderung der Stromfortpflanzungsrichtung in der Schiene beeinflusst. Die Verstärker vervielfachen die im Suchgerät erzeugten Spannungen ungefähr 25000fach und beliefern zwölf Übertragungswerke, die die Stromkreise für die Aufschreibegeräte und die mit Preßluft arbeitende Farbpistole betätigen.

Das Untersuchungsfahrzeug hat vor kurzem die beiden Hauptgleise der Strecke zwischen Beacon und Rensselaer der New York Central Eisenbahn durchfahren. Dabei wurden 35000 Schienen, die etwa 5½ Jahre liegen, untersucht. Nur bei 0,06% dieser Schienen wurden geringere und einige wenige größere Gefügestörungen festgestellt.

Auf Grund der guten Erfahrungen mit dem Untersuchungsfahrzeug ist bereits ein weiterer Schienenuntersuchungswagen gebaut worden, der auf den von Chicago ausgehenden Strecken Dienst macht. Eb.

(Railw. Age, Nov. 1928.)

Matschoß. 18. Band 1928. 189 Seiten mit 209 Abbildungen im Text und 17 Bildnissen. In Leinen gebunden 12,— *R.M.*, für VDI-Mitglieder 10,80 *R.M.* VDI-Verlag Berlin.

Die Pflege der Geschichte der Technik hat der Verein deutscher Ingenieure von jeher als eine wichtige Aufgabe angesehen und in seinem Jahrbuch „Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie“ das erste ausschließlich der Geschichte der Technik gewidmete Organ geschaffen.

Der jetzt vorliegende 18. Band des Jahrbuches bringt wieder eine große Anzahl Beiträge aus der Feder altbewährter und neuer Mitarbeiter, so „Der Bergbau des Oberharzes, seine Ausbeutemünzen und Ausbeutefahren“, „Die altpersische Königsstraße (Susa-Sardes) in bautechnischer Beleuchtung“, „Die ersten Versuche einer Dampfschiffahrt auf der Donau“, „Aus der Entwicklungsgeschichte der Klein-Eisenindustrie in der ehemaligen Grafschaft Mark und dem Herzogtum Berg“.