

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

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

82. Jahrgang

30. Mai 1927

Heft 10

Der Oberbau der großen Geschwindigkeiten und großen Achsdrücke: Das Gleis auf Federn und festen Stützen.

Von Dr. techn. Alfred Wirth, Bundesbahndirektor in Wien.

Inhalt.

Das Querschwellengleis in der Schotterbettung.

A. Grenzen der Leistungsfähigkeit. B. Die Verkehrslasten. C. Die Schiene. D. Die Schwelle und Schwelleneinteilung. E. Die Befestigungsmittel und Unterlagsplatten. F. Die Bettung.

Das Gleis auf Federn und festen Stützen.

- I. Der Vorschlag.
- II. Theoretische Voraussetzungen. A. Der Stützendruck. 1. Der statische Stützendruck. 2. Der dynamische Stützendruck. B. Die Elastizität des Gleises. C. Die Berechnung der Feder.
- III. Die einzelnen Teile des Gleises. A. Die Schiene und die Neigung der Schiene. B. Die Schraubenfeder und die Federschutzhülse. C. Die Schienenstütze (Stützenmauer). 1. Die Unterlagsplatte. 2. Der Unterlagsquader. 3. Die Untermauerung. D. Die Schienenverankerung. E. Die Querverbindung der Schienen. F. Die Vorrichtung zur Verhinderung des Abhebens der Schienen. G. Die Schienenstöße. H. Die Lage des Gleises. Die Entwässerung.
- IV. Die Anwendung des Oberbaues. A. Auf offener Strecke. B. Auf den Brücken. C. In den Bahnhöfen.
- V. Die Kosten. A. Die Kosten der Neuherstellung. B. Die Kosten der Gleisunterhaltung.
- VI. Schlusswort.

Das Querschwellengleis in der Schotterbettung.

A. Grenzen der Leistungsfähigkeit.

»Die Grenze der Leistungsfähigkeit des Gleises liegt nicht in der Schiene und auch nur in beschränktem Maße in der Unterschwellung, die ja im ausgedehnten Maße verstärkt werden können, sondern in der Bettung, also in dem Teile, der nur in seiner Stärke und äußeren Form verbessert werden kann, in seiner inneren, also wesentlichen Beschaffenheit aber von den vorkommenden Gesteinsarten abhängig ist. Dieser überwiegende Einfluss der Bettung zwingt mit fortschreitender Belastung des Gleises dazu, neben Verwendung besten Bettungsstoffes auch die Unterschwellung so zu gestalten, daß der Bettungsdruck klein wird, d. h. also zahlreiche und kräftige Schwellen zu verwenden. Dadurch wird auch die Widerstandsfähigkeit und Steifigkeit der Schiene gehoben, also auch die Gefahr der Stosswirkungen der Betriebslasten abgeschwächt.«

Diese in der Ausgabe des Jahres 1897 des »Handbuches der Ingenieurwissenschaften«, Teil Eisenbahnbau enthaltenen Worte, gelten wohl auch heute nach dreißig Jahren noch in uneingeschränkter Weise. Da die Steigerungen der Verkehrslasten sich im wesentlichsten auf Schiene und Bettung, die Steigerungen der Geschwindigkeiten auf Schiene und Schienenbefestigung auswirken, beide aber eine dichte Schwellenlage erfordern, um eine bessere Druckverteilung auf den Unterbau und eine Vermehrung der Schienenbefestigungsmittel zu erreichen, sind wir mittlerweile auf Schwellenentfernungen gelangt, die sich nicht mehr wesentlich unterbieten lassen, so daß die Leistungsfähigkeit des Gleises auch in der »Unterschwellung« eine Grenze gefunden hat.

Besonders in den letzten zehn bis zwölf Jahren sind die Verkehrslasten derart gestiegen, daß sich fast alle Bahnverwaltungen genötigt sahen, für die Berechnung des Oberbaues und vor allem der Brücken ihrer Hauptlinien Achsdrücke vorzuschreiben, die etwa 30% höher sind als die des Jahres 1914. Die Fahrgeschwindigkeiten der schnellstfahrenden Züge haben sich hingegen seit 1914 nicht erhöht, wir fahren zumindest in Europa heute nicht schneller als vor zwölf Jahren. Die Ursache hierfür mag in verschiedenen Umständen liegen. Sicher war das Bedürfnis nach höheren Achsdrücken größer als nach höheren Fahrgeschwindigkeiten, dies begründet aber gewiss nicht allein den Stillstand in der Entwicklung der Fahr-

geschwindigkeiten, der tatsächlich eingetreten ist. Eine Mitursache hierfür dürfte wohl in der (nicht gerne eingestandenen) Erkenntnis liegen, daß unser Oberbau überhaupt nicht den großen, durch hohe Geschwindigkeiten hervorgerufenen Längs- und Querkraften gewachsen ist, vielleicht wurde auch das Bedürfnis dadurch zurückgedrängt, daß bis jetzt noch Pafs- und Zollschwierigkeiten an den Staatsgrenzen Aufenthalte bedingen, gegenüber denen die erreichbaren Fahrzeitabkürzungen durch Geschwindigkeitserhöhungen keine wesentliche Rolle spielen. Vor wenigen Jahren waren die Eisenbahnen immerhin noch Herren der Lage: Soferne sie sich nicht selbst den Rang abliefern, konnten sie die Höchstgeschwindigkeiten so festsetzen, wie es ihnen aus wirtschaftlichen und Sicherheitsgründen passend erschien. Heute haben sie mit dem Wettbewerb von Automobil und Flugzeug zu rechnen und damit ist wieder das Problem der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeiten in den Vordergrund gerückt.

B. Die Verkehrslasten.

Die Verkehrslasten sind bei den europäischen Bahnen vorläufig über 20 t Achsdruck noch nicht oder doch nicht wesentlich hinausgegangen. Im Betriebe sind die Achsdrücke von 18 bis 20 t die Achsdrücke der derzeit schwersten Lokomotiven.

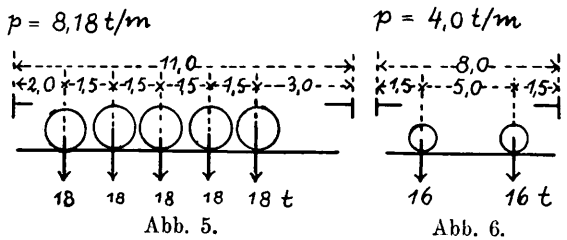
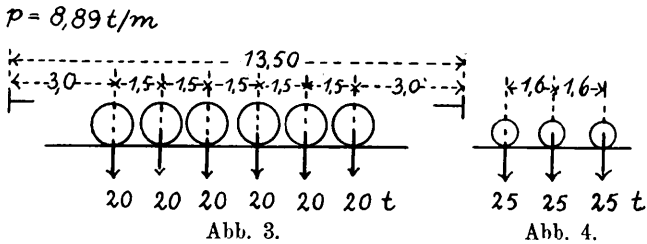
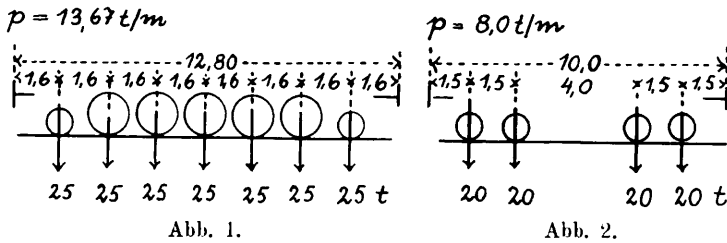
Im Jahre 1925 war auf der deutschen Verkehrsausstellung in München eine 2 C 1 Turbolokomotive von 20 t Achsdruck und Triebachsenabstand von 2,0 m und eine 2 C 1 Einheitslokomotive mit ebenfalls 20 t Triebachsdruk und einem Triebachsenabstand von 2,3 m als schwerste Lokomotive vorgeführt. Die schwersten Großgüterwagen dieser Ausstellung hatten beladen einen Achsdruck von 19,5 t. In England sind seit 1922 Lokomotiven mit 20 t Achsdruck im Betriebe.

Die Vorschriften sehen höhere Achsdrücke vor. Da ein Oberbau für etwa 20 Jahre, eine Eisenbahnbrücke für etwa 60 Jahre geschaffen werden muß, müssen die Vorschriften der Entwicklung Rechnung tragen.

Die Vorschriften für Eisenbauwerke der Deutschen Reichsbahn (Berechnungsgrundlagen für eiserne Eisenbahnbrücken) vom Jahre 1925, schreiben für den Neubau und für die Verstärkung eiserner Eisenbahnbrücken die Lastenzüge N, E und G vor. Wegen der Bedeutung für die vorstehende Abhandlung seien die bezüglichen Stellen dieser Vorschrift auszugsweise angeführt.

Lastenzug N.

Zwei Tenderlokomotiven von den in Abb. 1 wiedergegebenen Abmessungen und Achslasten und ein- oder zweiseitig angehängte Großgüterwagen von den in der Abb. 2 wiedergegebenen Abmessungen und Achslasten (8 t/m) in ungünstigster Stellung.



Lastenzug E.

Zwei Tenderlokomotiven von den in Abb. 3 wiedergegebenen Abmessungen und Achslasten und ein- oder zweiseitig angehängte Großgüterwagen (Abb. 2) in ungünstigster Stellung. Insoweit die Lastgruppe der Abb. 4 ungünstigere Spannungen hervorruft, ist diese der Berechnung zugrunde zu legen.

Lastenzug G.

Zwei Tenderlokomotiven von den in Abb. 5 wiedergegebenen Abmessungen und Achslasten in ungünstigster Stellung mit ein- oder zweiseitig angehängten Großgüterwagen, von den in der Abb. 6 wiedergegebenen Abmessungen oder zwei Großgüterwagen (Abb. 2) in ungünstigster Stellung mit ein- oder zweiseitig angehängten Güterwagen von den in der Abb. 6 wiedergegebenen Abmessungen und Achslasten (4 t/m) oder eine Tenderlokomotive (Abb. 5), in ungünstigster Stellung, zwei einseitig angehängte Großgüterwagen (Abb. 2) und an diese anschließende Güterwagen (Abb. 6).

Die österreichischen Bundesbahnen berechnen ihren Hauptbahnoberbau mit 20 t Achsdruck, die neuen Brücken der Hauptbahnen nach dem Lastenzug N der Deutschen Reichsbahn.

Wesentlich höhere Verkehrslasten sind in Amerika im Betrieb.

Im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Jahrgang 1924, S. 17, ist auf eine 2 D 1 — h 3 Lokomotive der New-York-Zentral-Bahn hingewiesen, die folgende Achsanordnung hat:

Tender 6 × 20,2 t Lokomotive 27,0 + 4 × 27,4 + 2 × 15 t
 kleinster Abstand der Triebachsen 1,83 m.

Weiter S. 136 auf eine 1 E 1 — h 2 Güterzugslokomotive der amerikanischen Great-Northern-Bahn

Tender 6 × 21,7 t Lokomotive 25,0 + 5 × 31 + 11 t.

Die Schweizerische Bauzeitung berichtet auf Seite 253 des Jahrgangs 1925 über eine neue Groselektrolokomotive der Pennsylvania-Eisenbahn mit einem Triebachsdruck von 35 t, einem Triebraddurchmesser von 2,02 m. Dies dürfte wohl eine der schwersten Lokomotiven der Welt sein.

Man hat in Europa nicht die Befürchtung, daß die außerordentlich hohen Achsdrücke der amerikanischen Lokomotiven das Vorbild für die künftige Entwicklung unserer Bahnen abgeben, weil in Amerika ein größeres Lichtraumprofil größere Wagen und größere Lokomotiven, damit auch höhere Achsdrücke begünstigt.

C. Die Schiene.

Die Querschnitte der Breitfußschiene haben im Laufe ihrer Entwicklung, trotzdem fast jede Bahn ihre eigene Schiene entwarf, Formen angenommen, die untereinander nahezu als ähnlich bezeichnet werden können, so daß aus dem Metergewicht einer Schiene mit ziemlicher Annäherung auf die Tragfähigkeit (gekennzeichnet durch das Widerstandsmoment) und auf die Steifigkeit der Schiene (gekennzeichnet durch Elastizitätsziffer und Trägheitsmoment) geschlossen werden kann. Mit dem Entstehen einer Schienenform, die sowohl rechnerisch wie praktisch den an sie gestellten Anforderungen im allgemeinen entsprach, sowie gedrängt durch die wirtschaftlichen Verhältnisse, haben in den letzten Jahren fast alle Bahnverwaltungen Einheitsquerschnitte festgelegt, die in Hinkunft für bestimmte nach Achsdruck, Verkehrsdichte, Steigungen usw. gekennzeichnete Strecken zur Anwendung kommen sollen.

Einige Einheitsoberbauarten seien hier angeführt:

- Einheitsoberbau der Deutschen Reichsbahn:
 eine 45 kg/m Schiene für G-Strecken,
 » 49 » » » N- und E-Strecken.

Einheitsoberbau der französischen Eisenbahnen v. J. 1919:

- eine 26 kg/m Schiene für schmalspurige Bahnen,
 » 36 » » » schwachen Regelspurverkehr,
 » 46 » » » starken »
 » 55 » » » Gleise in Tunneln.

Die österreichischen Staatsbahnen hatten im Jahre 1908 für ihre Hauptbahnen die Schienenformen A mit 44,4 kg und Xa mit 35,7 kg eingeführt, für die Nebenbahnen die Schiene XXIVa mit 26,2 kg. Da damals nahezu alle großen Privatbahnen Österreichs in den Staatsbetrieb übergegangen waren und die österreichische Südbahn ebenfalls die Schiene A aufnahm, konnte man schon zu dieser Zeit von einem Einheitsoberbau sprechen. Außer diesen Oberbauformen bestehen aber im heutigen Österreich selbst auf Hauptbahnstrecken noch die ehemaligen Privatbahnformen, deren schwerstes Schienengewicht zwischen 33 und 35 kg liegt. Ähnlich dürften wohl auch die Verhältnisse bei den Bahnen der übrigen Staaten liegen.

Von den amerikanischen Eisenbahnen hatten laut einer Mitteilung in Glasers Annalen im Jahre 1916 die Pennsylvania-Bahn eine Schiene von 59,5 und eine von 62 kg/m, die Lehigh-Bahn eine Schiene von 67,5 kg, die Zentralbahn eine Schiene von 67 kg/m in Verwendung.

Von der Tatsache, daß die wirksamste Verstärkung eines Gleises in der Einführung einer schweren Schiene besteht und daß der heutige Stand der Walztechnik hierbei uns nahezu keine Grenzen auferlegt, wurde in den früheren Jahren viel zu wenig Gebrauch gemacht; auch heute noch wird mit dem Schienengewicht, in Europa zumindest, zu sehr gespart. Es werden die Schienenquerschnitte zu sehr nach dem Grad der zulässigen Inanspruchnahme bestimmt, obwohl es bekannt ist, daß den gewis ausgezeichneten Formeln von Winkler und Zimmermann, wegen der vielen Abweichungen des Gleises von seiner richtigen Lage, der Mannigfaltigkeit der angreifenden statischen Kräfte und der Unberechenbarkeit der dynamischen

Einwirkungen, nur die Eigenschaft von Vergleichswerten zu kommen kann und obwohl es bekannt ist, daß es bei der Bemessung einer Schiene weniger darauf ankommt, einen Schienenbruch zu verhindern, als darauf eine Schiene zu schaffen, die steif genug ist, den Betriebsdruck auf mehrere Stützen zu übertragen und möglichst geringe Durchbiegungen zu erleiden, um Bettung, Schwelle und Befestigungsmittel in ruhiger Lage zu erhalten. Was bei der Anschaffung der Schiene erspart wird, wird mehrfach an Bahnunterhaltungskosten ausgegeben.

Aber nicht nur die Unterhaltungskosten der Bahn werden durch eine zu schwache Schiene unverhältnismäßig erhöht. Wir müssen auch die Nachteile richtig einschätzen, die der gesamte Betrieb durch einen Oberbau erleidet, dessen Schiene den mittlerweile gestiegenen Anforderungen nicht mehr gewachsen ist; wie sehr der Zugförderungsdienst in der Verwendung seiner Lokomotiven behindert ist, falls auf einer solchen Strecke nur Maschinen fahren dürfen die kleine Achsdrücke haben und doch viel leisten sollen, welche große Kosten im Verkehrsdienst durch das Verbot der Beladung schwerer Wagen, durch das Umladen zu schwerer Wagen und durch die sonst unnötige Geschwindigkeitsverminderung verursacht werden. Könnte man dies alles verlässlich erfassen, so würden zu schwache Schienen trotz der großen Kosten eines Gleisumbaus rascher aus der Bahn entfernt werden, als dies gegenwärtig geschieht.

Die gefürchteten Mehrkosten einer schwereren Schiene und zwar einer schwereren, als es die Berechnung ergibt, sind nicht so ausschlaggebend als es allgemein angenommen wird: Von den Kosten eines neuen Gleises, bestehend aus Schienen, Schwellen, Kleineisen und Schotterergänzung, machen die Kosten der Schiene etwa ein Drittel aus. Würde man also anstatt einer Schiene, die z. B. rechnungsgemäß unter Zugrundelegung bestimmter Achsdrücke, Fahrgeschwindigkeit, Schwelleinteilung und zulässiger Inanspruchnahme 40 kg schwer werden sollte, eine um 20% schwerere Schiene, also eine überschwere Schiene von 48 kg einführen, so würde ein derartiges Gleis nur um etwa 7% teurer zu stehen kommen.

Eine schwere Schiene ist die beste Kapitalanlage der Eisenbahn. Die ruhige Lage des Gleises bringt die anfänglichen Mehrkosten durch Ersparnisse bei der Gleisunterhaltung in kürzester Zeit herein. Das Gleis kann auch einer nicht voraus gesehenen Steigerung der Verkehrslasten und der Fahrgeschwindigkeiten standhalten. Nach 15 bis 20 Jahren kann eine schwere Schiene noch in Nebengleisen verwendet werden und wird die Schiene gänzlich unbrauchbar, so bekommt man am Ende ihrer Verwendungszeit noch etwa ein Viertel des ursprünglich aufgewendeten Kapitals durch den Altmaterialverkauf herein.

D. Die Schwelle und Schwelleinteilung.

Die Holzschwelle sowie die Eisenschwelle haben im Laufe der Zeit Formen erhalten, die sich bei den einzelnen Oberbauarten je nach dem Zweck des Gleises nur mehr in einzelnen Ausmaßen unterscheiden. Als Schwellenlängen für die Hauptbahnen kommen seit 50 Jahren nur mehr die Länge von 2,4 bis 2,7 m in Betracht. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß in bezug auf die Schwellenform und den Schwellenstoff ein Idealzustand erreicht worden ist: Die Versuche mit Beton- und Eisenbetonschwellen, die vielen Versuche die Schwellen besser zur Aufnahme der Befestigungsmittel zu gestalten, sowie die Versuche mit elastischen Zwischenlagen aus Filz, Kork, Gewebe usw. zur Schonung der Schwellen, sprechen für das Gegenteil. Die Schwelle hat nicht nur die Schiene mittels der Befestigungsmittel festzuhalten und den Druck der Verkehrslasten zu übernehmen, sie hat diesen Druck auch auf den tragfähigen Untergrund zu übertragen und dazu bedarf es

bei der gegenwärtigen Anordnung unseres Oberbaues, der Schotterbettung. Aus der Verwendung der Schotterbettung entstehen aber die bekannten Nachteile unseres Oberbaues, für die nicht so sehr die Form und der Stoff der Schwelle als die Gesamtanlage verantwortlich sind.

Die Schwellenentfernungen sind bereits sehr klein geworden. Der Oberbau mit Schiene 49 kg/m der deutschen Reichsbahn hat eine mittlere Schwellenentfernung von 65 cm, der Oberbau A der österreichischen Bundesbahnen hat einen mittleren Schwellenabstand von 67,5 cm. Leider sind mir die Schwellen und Schwelleinteilungen der Eisenbahnen der Vereinigten Staaten von Nordamerika nicht bekannt, die wie erwähnt mit Achsdrücken von über 30 t zu rechnen haben. Ich glaube wir können mit den Schwellenabständen, abgesehen von den Schwellen am Schienenstöße, kaum mehr wesentlich herab z. B. nicht mehr unter 60 cm gehen, ohne das ordentliche Unterstopfen der Schwellen unmöglich zu machen. Es muß ja schließlich zwischen den Schwellen eine Schottermenge von entsprechender Stärke verbleiben um den Verschiebungen des ganzen Gleises in der Längsrichtung genügend Widerstand zu bieten.

E. Die Befestigungsmittel und Unterlagsplatten.

Die Befestigungsmittel spielen für die Dauerhaftigkeit eines Gleises und für die Erhaltung der Gleislage die größte Rolle. Es kommen im wesentlichen nur vier Arten von Befestigungsmitteln in Betracht: bei der Holzschwelle die Schwellenschraube und der Schienen Nagel, bei der Holzschwelle mit getrennter Befestigung von Unterlagsplatte, Schiene und Schwelle noch die Fußschraube und das Klemmplättchen. Bei der Eisenschwelle kommen nur Fußschrauben und Klemmplättchen in Betracht.

Trotzdem es also nur vier Arten von Befestigungsmitteln gibt und trotzdem wir eine Erfahrung von über einem halben Jahrhundert hinter uns haben, hat jeder Oberbau seine eigene Befestigungsart und seine eigenen Befestigungsmittel, wobei jeder Konstrukteur glaubt das Beste gefunden zu haben. Das Problem ist eben unlösbar. Die vollkommen elastische und unter der unmittelbaren Einwirkung der Verkehrslasten schwingende Schiene mittelst verhältnismäßig schwacher Schrauben und Plättchen mit den senkrecht zur Schiene gelagerten wenig elastischen, massigen, in der Schotterbettung ruhenden Schwellen fest zu verbinden, ist auf die Dauer unmöglich: der große Verschleiß an Befestigungsmitteln, die großen Kosten des fortwährenden Nachziehens der Schrauben und das trotzdem eintretende Wandern der Schienen auf den Schwellen geben Beweis dafür.

Die einzige Erfahrung, die sich bis nun durchgerungen hat, ist die, daß die beste Befestigung von Schiene und Schwelle in der Verwendung geeigneter Unterlagsplatten besteht, die eine Trennung der Befestigung von Schiene, Unterlagsplatte und Schwelle ermöglicht. Beim Holzschwellenoberbau ist diese Befestigungsweise, die allerdings erhöhte Anforderungskosten bedingt, bei den wichtigsten Hauptbahnen mit Schnellzugsverkehr bereits allgemein eingeführt, sie ist aber auch bei weniger wichtigen Hauptbahnen und bei Nebenbahnen auf großen Neigungen und in scharfen Bögen unerlässlich, um eine gute Gleislage zu erhalten. Beim Eisenschwellenoberbau hat man sich zur getrennten Befestigungsweise noch nicht allgemein entschlossen.

F. Die Bettung.

Die Schotterbettung ist nur wegen der dynamischen Einwirkungen des fahrenden Zuges notwendig. Ist die Fahrgeschwindigkeit und auch die Verkehrslast sehr gering wie z. B. bei Straßenbahnen, so kann man die Schiene unmittelbar in den festen Untergrund einbetten, es hat dies sogar den Vorteil einer vollkommen glatten, unverrückbaren Bahn. Selbst die größten Lasten können bei Verwendung entsprechender

Schienen auf starr eingebauter Bahn befördert werden, wenn nur die Geschwindigkeit klein genug ist; die Hafengleise geben ein Beispiel hierfür.

Von einer gewissen Geschwindigkeit an muß aber der Oberbau elastisch wirken können, andernfalls »fährt er sich hart, d. h. er verarbeitet die Stofsdrücke der Verkehrslasten nicht elastisch, sondern in bleibenden Formänderungen*«.

Es darf also die Schiene nicht mehr fest eingebettet sein, sondern sie muß auf Stützen ruhen, um ungehindert elastisch wirksam sein zu können und es müssen die Stützen selbst elastisch nachgeben: diese letztere Aufgabe soll das Schotterbett erfüllen, dem überdies noch die Aufgabe einer gleichmäßigen Druckverteilung auf den Untergrund zukommt.

Mit der Einführung der Schotterbettung in den Oberbau — sie reicht in die Anfangszeit der Eisenbahnen zurück — sind aber, wie erwähnt, alle jene Nachteile in den Eisenbahnoberbau gelangt, die sich aus der ungleich hohen Lage der Stützen, der geringen Widerstandskraft gegen seitliche und Längsverschiebungen, aus den Frosteinwirkungen und aus dem starken Verschleiß von Befestigungsmitteln und Schwellen ergeben.

Man nimmt von der Bettung an, daß sie innerhalb gewisser Grenzen als ein elastischer Körper wirke, die ganze Berechnung des Oberbaus ist darauf aufgebaut. Der Bettungsdruck, das ist der von der Bettung auf die Flächeneinheit der Schienenunterlage ausgeübte Gegendruck wird nach Winkler und Zimmermann als proportional der Stützensenkung y angenommen,

$$p = C \cdot y.$$

C ist die Bettungsziffer, sie ist von der Beschaffenheit der Bettung und des Untergrundes abhängig. C wird von Zimmermann für ungünstige Fälle mit 3, bei sehr guter Bettung und festem Untergrund mit 8 in Rechnung gestellt. Von anderen Forschern wurden höhere Werte, bis $C = 15$ als zutreffend erkannt.

Die Grenzen, innerhalb welcher das Schotterbett als elastisch wirkend angenommen werden kann, dürften wohl sehr enge gezogen sein. Zimmermann**) selbst schreibt: »Die Richtigkeit oder den Näherungsgrad dieser Gleichung ($p = C \cdot y$) durch unmittelbare Messungen zu erproben, würde schwierig sein. Man hat deshalb bis jetzt die gute Übereinstimmung, die sich zwischen den aus der Gleichung auf theoretischem Wege gefolgerten und den gemessenen Formänderungen verschiedener Arten von Oberbau ergeben hat, als ausreichende Bestätigung der Zulässigkeit der in Rede stehenden Annahme und der ihr entsprechenden, als Ausgangspunkt für alle Oberbauberechnungen dienenden Gleichung gelten lassen.« Bräuning schreibt hierüber***):

»Von den Schwellen wird der Druck weiter an das Gleisbett und den tieferen Untergrund abgegeben. Das Gleisbett als nicht einheitlicher und nicht fest gefügter Körper kann keine Zugspannungen aufnehmen, Druckspannungen aber nur unter Mithilfe der inneren Reibungswiderstände. Sobald diese überwunden sind, verschiebt sich das lose Gefüge, die Grenze der Tragfähigkeit ist erreicht. Bis zu dieser Grenze besitzt indessen die festgelagerte Bettung elastische Eigenschaften ähnlich denen eines einheitlichen, gedrückten Körpers.«

Ich bin der Anschauung, daß das elastische Verhalten des Schotterbettes nur so lange währt, als die Schwellen gut unterstopft sind. Die Übereinstimmung der Gleichung mit den gemessenen Formänderungen spricht nicht dagegen, da Beobachtungen immer nur an einem gut erhaltenen Gleis durchgeführt werden. Sind einzelne Schwellen nicht mehr genügend unterstopft — was im Betrieb sehr häufig vorkommt — so muß deswegen die Höhenlage des Gleises nicht gleich verloren

gehen, die Schiene stützt sich auf die verbleibenden festen Stützpunkte, das Gleis erscheint noch immer elastisch. Die elastische Wirkung geht aber nicht mehr vom Untergrund und der Schwelle, sondern fast nur mehr von der Schiene allein aus, die hierbei allerdings höher beansprucht wird. Die Bewegungen schlecht unterstopfter Schwellen rühren nicht mehr von den elastischen Wirkungen der Bettung, sondern davon her, daß sie an die elastische Schiene mehr oder weniger fest angehängt, deren Bewegungen mitmachen. Ist Wasser im Gleisbett, so wirken solche Schwellen wie Schlammumpfen. Sind die Befestigungsmittel lose, so heben sich die Schienen von den niedergedrückten Schwellen überhaupt ab. Selbstverständlich gibt aber auch eine niedergedrückte Schwelle bei Einwirkung größerer Verkehrslasten immer noch einen gewissen Stützpunkt.

Den fast unmöglichen Anforderungen, die man an die Bettung stellt: das Schottergefüge soll elastisch wirken und doch wieder den lotrechten, seitlichen und längswirkenden Kräften ausreichend Widerstand bieten, es soll außerdem die Last gleichmäßig auf den Untergrund übertragen, versucht man durch Verwendung bester Stoffe, Verbesserung des Untergrundes, durch Vergrößerung der Bettung und in neuerer Zeit auch durch Walzen und Stampfen der Bettung sowie durch Verwendung von Eisenbetonrosten zu entsprechen.

Über das gegenwärtige Ausmaß der Schotterbettung verschiedener ausländischer Bahnen gibt eine Mitteilung im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Jahrgang 1923, Aufschluß, die der Fachschrift »Le Génie Civil« entnommen ist*):

»Seit der ersten Feststellung der Schotterstärke von 50 cm unter Schienenaufschlagfläche sind die Verkehrslasten derart gewachsen, daß die Schotterstärke diesen Lasten nicht mehr entspricht und daß diese nicht mehr genügt, um eine gleichmäßige Lastübertragung zu ermöglichen. Auf dem Kongreß zu Rom 1922 hat sich das Bestreben gezeigt, die Stärke des Schotterbettes zu vergrößern.

In den Vereinigten Staaten hat man folgende Leitsätze hierfür aufgestellt:

1. Wenn die Bahnplanie aus Stoffen z. B. Ton besteht, die unter dem Einfluß der dynamischen Lasten ihre Form ändern, so muß die Schotterstärke unter den Schwellen mindestens gleich dem Achsabstand der Schwellen sein.

2. Bei gutem Untergrund ist die Stärke des Schotters unter den Schwellen mindestens 30 cm.

In Frankreich hat man auf drei Netzen, der Staatsbahn, der Südbahn und der Ostbahn neue Anordnungen des Schotterbettes studiert. Im ersteren Netz hat man in Gleisbögen an den Innenschienen eine Stärke von 25 cm unter Schwellenunterkante, bei der Südbahn beträgt die Mindeststärke 53 cm unter Schwellenoberkante, und zwar ist eine obere Krampfschicht von 32 cm und eine untere Schicht von 21 cm vorhanden, letztere Schicht kann auch aus altem Schotter bestehen. Bei der Ostbahn ist die Mindeststärke unter Schwellenoberkante 50 cm, wobei gleichfalls eine Krampfschicht von 30 cm und eine untere Schicht vorgesehen ist. Die französischen Chefingenieure haben folgende Leitsätze herausgegeben: Bei Neubauten Mindeststärke 50 cm, nicht inbegriffen die Zwischenlagen bei schlechtem Untergrund. Bei Umbauten auf altem Planum 40 cm.«

Das Walzen oder Stampfen der ganzen Bettung bis zur Schwellenunterkante, wie es gegenwärtig bei einigen deutschen Bahnen versucht wird, scheint wohl kein geeignetes Mittel zur Verbesserung des Gleisgefüges und der Gleisunterhaltung zu sein. Wenn auch damit zweifellos eine größere Widerstandsfähigkeit gegen lotrechte Kräfte erreicht wird, so dürfte dadurch die Widerstandsfähigkeit des Gleises gegen seitliche und gegen Längsverschiebungen eingeschränkt werden, besonders wenn bei enger Schwellenlage die Schotterkoffer zwischen den Schwellen klein werden. Es besteht die Befürchtung, daß das Gleis auf einer glatten Bahn noch mehr gleitet als bisher.

Über die Längsverschiebungen des Gleises im Schotterbett und zwar die Längsverschiebungen des ganzen Gleises, samt den

*) Saller, Organ 1925, Heft 6.

**) Handbuch der Ing.-Wissenschaften 1906, Der Eisenbahnbau.

***) Bräuning. Die Grundlagen des Gleisbaues.

*) Le Génie Civil 1923, Heft 22.

Schwellen und die Längsverschiebungen der Schienen allein unter Mitnahme einzelner besonders gut befestigter Schwellen, vornehmlich der Stofsschwellen, wurde in der Literatur des öfteren berichtet. Ich selbst habe vor 20 Jahren an der neu erbauten Wecheinerbahn nächst eingehende Beobachtungen über die Verschiebungen der Gleise auf einer Steilrampe von 25‰ angestellt, die ich in der Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins veröffentlichte*). Später unterzog ich das ganze Problem der Längsverschiebung einer eingehenden Erörterung sowohl vom theoretischen wie vom praktischen Standpunkte und unterzog die zur Verhinderung der Schienenwanderung üblichen Mittel einer eingehenden Kritik. In dieser Abhandlung**) sprach ich mich für die — damals erst wenig durchgeführte — Trennung der Befestigung von Schiene und Unterlagsplatte und von Unterlagsplatte und Schwelle aus, lehnte aber die damals stark üblich gewesene Anhängung von Schwellen, die den Stofsschwellen benachbart sind, an die durch die Einklinkungen der Laschen festgehaltenen Stofsschwellen, entschieden ab. Ebenso sprach ich mich gegen das früher vereinzelt vorgekommene Einrammen von Pfählen vor die Schwellen aus, das die Absicht verfolgte, die Verschiebung dieser Schwellen zu verhindern.

Ich schlofs meine damaligen Ausführungen mit folgenden Worten, die ich auch heute aufrechterhalten kann:

»Auf Kosten der Elastizität des Gleises soll keine Verstärkung durchgeführt werden. Ein unelastischer Oberbau verursacht hartes Fahren, vergrößert die Beanspruchung der Fahrbetriebsmittel und birgt schon im Anfange den Keim rascher Abnutzung und Zerstörung in sich.«

Das Gleis auf Federn und festen Stützen.

I. Der Vorschlag.

Ich mache den Vorschlag, zwischen Schienen und Schienenunterlagen (Stützen) wirkliche Federn zu legen, also das Gleis auf Federn zu lagern, die Schienenstützen selbst aber, ohne Verwendung einer Schotterbettung, fest und unverrückbar herzustellen und sie derart zur Aufnahme der Schienen auszugestalten, dafs das Gleis nur in lotrechter Richtung elastisch nachgeben kann, Querkraften gegenüber aber vollständig unnachgiebig ist und in der Längsrichtung nur die durch die Wärmespannung hervorgerufenen Längenänderungen zuläfst. Vom bekannten Oberbau auf Schwellen sollen nur die Schienen (Breitfußschienen), allenfalls auch die Schienenstifflaschen übernommen werden.

Zu diesem Zweck sollen die Schienenstützen bzw. die mit ihnen fest verbundenen Unterlagsplatten, die die Federn und die Schienen unmittelbar aufzunehmen haben, den Schienenfüfs derart umfassen, dafs ein seitliches Ausweichen der Schienen unmöglich erscheint, die lotrechten elastischen Bewegungen der Schienen, sowie die kleinen zulässigen Längsbewegungen dagegen ungehindert vor sich gehen können. Außerdem sollen die Schienen ungefähr in Schienenmitte an den Schienenstützen derart verankert werden, dafs sie wohl die sich aus der Federung ergebenden lotrechten Bewegungen vollziehen können, dafs sie aber allen Längskraften und Querkraften ohne Lageänderung standhalten. Die Längenänderungen der Schiene, die sich aus der Wärmeänderung ergeben, können sich von der festgehaltenen Schienenmitte nach beiden Schienenenden auswirken. Zur Verhinderung des Kantens der Schienen und zur Erhaltung der Spurweite sollen die beiden gegenüberliegenden Schienen mit geeigneten Querverbindungen verbunden werden.

*) Wirth, Zeitschrift des Österr. Ing.- u. Arch.-Vereins, Jahrg. 1907, Nr. 39.

**) Desgl. „Die Schienenwanderung und ihre Verhütung“. Zeitschrift des Österr. Ing.- u. Arch.-Vereins, Jahrg. 1909, Nr. 20 u. 21.

II. Theoretische Voraussetzungen.

Bevor ich die Bedingungen aufstelle, denen ein solches Gleis meiner Ansicht nach entsprechen müfste, müfs ich folgendes vorausschicken.

Ich werde absichtlich sehr viel auf die vorhandene reiche Fachliteratur, soweit sie mir bekannt ist, hinweisen und absichtlich ganze Stellen ungekürzt aus den Werken und Veröffentlichungen anerkannter Fachgelehrter und Forscher anführen. Ich tue dies nicht nur, um der Kritik die Wege zur Beurteilung zu erleichtern, sondern auch um mich persönlich vor einer Selbsttäuschung zu bewahren, da jemand, der einen Gedanken vertritt, nur zu leicht in den Fehler verfällt, die Voraussetzung so zu sehen, wie sie ihm passend erscheint.

Sehr oft werde ich auf die grundlegenden Versuche hinweisen, die Wasiutynski*), Direktionsingenieur der Warschau-Wiener-Eisenbahn vor etwa 30 Jahren an dieser Bahn nächst Warschau, und die Ast**), Baudirektor der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn ein Jahr vorher bei Gänserndorf nächst Wien anstellten. Ast hat zum erstenmale die photographische Kammer mit einer lichtempfindlichen Platte, die durch ein Uhrwerk mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bewegt wird, angewendet; er hat anstatt eines Hebels den Lichtstrahl benützt, der die lotrechten Bewegungen in dreifacher Gröfse aufzeichnete. Wasiutynski hat die Vorrichtung für seine Versuche noch vervollkommen. Beide Forscher haben auf die vorhergegangenen Beobachtungen, die Flamache auf den belgischen Staatseisenbahnen 1887 und die Couard auf der Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn 1887 anstellte, aufgebaut und durch unmittelbare Beobachtungen nicht nur eine Nachprüfung der auf theoretischem Wege von Winkler, Schwedler und Zimmermann gewonnenen Ergebnisse ermöglicht, sondern auch zuverlässige und unmittelbar anwendbare Werte geliefert, die heute noch nichts von ihrer Gültigkeit eingebüfst haben. Es ist nicht zu verwundern, dafs die Zeit der großen Versuche am Oberbau mit den genialen Untersuchungen Asts und Wasiutynskis einen gewissen Abschluss fand: es sind damals alle Fragen, die den Oberbau betreffen, mit einziger Ausnahme der Frage der dynamischen Einwirkung, geklärt worden und das Gleis von damals war im allgemeinen das Gleis von heute, da wir in der Entwicklung stehen geblieben sind. Wasiutynski stellte seine Untersuchungen an verschiedenen Oberbauarten an, darunter einer solchen mit Schienen von 38 kg/m, Holzquerschwellen von 2,7 m Länge und einem Abstand der mittleren Schwellen von 0,85 m unter einer Lokomotive von 12,3 t Achsdruck. Ast als Berichterstatter des Eisenbahnkongresses berichtet, dafs im Jahre 1898 die Gotthardbahn auf ihren Hauptstrecken einen Oberbau mit Schienen von 46 kg und 0,81 m größtem Schwellenabstand, die Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn einen solchen mit Schienen von 48 kg und 0,73 m Schwellenabstand, die französische Nordbahn mit Schienen von 45 kg und 0,80 m Schwellenabstand, die belgischen Staatsbahnen sogar mit Schienen von 52 kg/m bei einem Schwellenabstand von 0,80 m im Betrieb hatten. Die größten Achsdrücke dieser Bahnen und die größten Achsdrücke überhaupt waren 15,0 t, 15,27 t, 15,2 und 15,0 t. Die Fahrgeschwindigkeiten der schnellsten Züge waren 80 km/Std., ausnahmsweise waren auch 90 km zulässig. Geändert hat sich seit damals also nicht das Gleis, wenigstens nicht wesentlich, geändert haben sich aber die angreifenden Kräfte, da der Achsdruck mittlerweile von 15,2 t auf 20 t gestiegen ist und noch auf 25 t steigen soll. Damals konnte Ast mit Recht berichten, dafs die Eisenbahnverwaltungen ihren Oberbau als den derzeitigen Anforderungen entsprechend befunden haben.

*) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Jahrgang 1899.

**) Desgl. Jahrgang 1898, Ergänzungsband.

A. Der Stützdruck.

Der Stützdruck setzt sich aus dem statischen Druck der Verkehrslasten, also aus den Einwirkungen der Ruhelasten und aus den aus der Bewegung der Verkehrslasten entstehenden dynamischen Einwirkungen zusammen, welche letztere meist in Form einer »Stoßziffer« zu den statischen Drücken zugeschlagen werden.

1. Der statische Stützdruck.

Der statische Stützdruck ist nicht gleich dem größten Raddruck der Verkehrslast, er ist kleiner als dieser. Er würde dem größten Raddruck gleich sein, wenn gleichzeitig auf jede Stütze ein Rad zu stehen käme, dies ist aber bei der heute üblichen Stützenentfernung gänzlich ausgeschlossen. Im ersten Abschnitt habe ich die Achsentfernungen einiger der schwersten Lokomotiven Europas und Amerikas angegeben; es ist daraus zu ersehen, daß erst bei einem Abstand der Stützen von 90 cm auf jede zweite Stütze eine schwere Radlast fallen kann, da die engste Radstellung 1,80 m beträgt. Der für die Berechnung des Oberbaues und der Brücken vorgesehene Lastenzug N der Deutschen Reichsbahn schreibt jedoch einen Abstand der 25 t-Lasten von 1,6 m vor, der Lastenzug E enthält 20 t-Lasten im Abstand von 1,5 m. Hält man daher an einem Höchstabstand der Stützen von 75 cm fest, so kann auch im Sinne der genannten Vorschrift im ungünstigsten Falle nur jede zweite Stütze der unmittelbaren Lasteinwirkung ausgesetzt sein.

Auch die Formeln für die Berechnung der Biegemomente in den Schienen setzen keine engere Laststellung voraus. Winkler geht von einem Lastenzug mit einer Last in jedem zweiten Felde aus. Zimmermann legt den Belastungsfall zugrunde, daß eine Einzellast auf ein kurzes auf vier Schwellen liegendes Schienenstück wirkt.

Für die Berechnung der Stützdrücke wendet man allgemein die Formeln von Hoffmann und Schwedler an.

Die Formel von Hoffmann ist auf die in Abb. 7 dargestellte Laststellung aufgebaut, es ist bei gleichen Stützen-

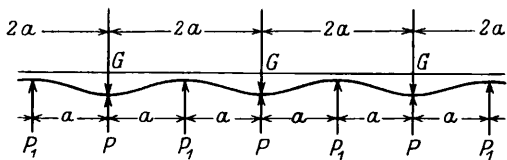


Abb. 7.

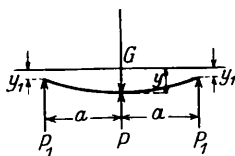


Abb. 8.

abständen a, die Laststellung 2a, also jedes zweite Feld belastet.

$$P = \frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} \cdot G.$$

Swedler hingegen nimmt bei seiner Berechnung an, daß sich nur eine Last auf der Schiene und zwar über einer Mittelstütze befindet und nimmt weiter die Schiene als einen auf drei elastischen Stützen liegenden Träger an (Abb. 8).

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

in beiden Formeln ist $\gamma = \frac{B}{D}$, wobei $B = \frac{6 \cdot E \cdot J}{a^3}$ die Last ist,

die in der Mitte eines auf zwei unbeweglichen Stützen frei aufliegenden Schienenstückes bei einer Stützweite, die dem zweifachen Mittenabstände der Schwellen, also 2a gleich ist, eine Durchbiegung von 1 cm bewirkt. B ist somit von der Schiene und der Stützweite abhängig, E ist die Elastizitätsziffer, J das Trägheitsmoment der Schiene. E · J stellt die Steifigkeit der Schiene dar. D ist jene Last, welche im Schienenauflager auf die Stütze wirkend, eine Senkung der Stütze um 1 cm verursacht.

Bei der Querschwellen als Stütze wird die Senkung, wie bereits dargelegt, innerhalb gewisser Grenzen als proportional

der Last angenommen. Diese Annahme ist auch den Formeln von Hoffmann und Schwedler zugrunde gelegt. Ist C die Bettungsziffer, b die Schwellenbreite und 2l die Schwellenlänge, so ist D nach einer Schätzung von Ast:

bei teilweise gestopfter Schwelle bis zur Schwellenlänge

$$2l = 230 \text{ cm} \dots \dots D = 0,68 \cdot C \cdot b \cdot l$$

desgleichen bei

$$2l = 250 \text{ cm} \dots \dots D = 0,76 \cdot C \cdot b \cdot l$$

desgleichen bei

$$2l = 270 \text{ cm} \dots \dots D = 0,80 \cdot C \cdot b \cdot l$$

Bei Stopfung der ganzen Schwelle wird $D = 0,92 \cdot C \cdot b \cdot l$ Wasiutynski hat durch direkte Messungen $D = 0,85 \cdot C \cdot b \cdot l$ gefunden.

Für den Oberbau mit der Schiene von 49 kg/m der Deutschen Reichsbahn wäre bei $J = 1800 \text{ cm}^4$, $a = 65 \text{ cm}$ und $E = 2000000 \text{ kg/cm}^2$

$$B = \frac{6 \cdot E \cdot J}{a^3} = 79 \text{ t.}$$

Für die Schwelle mit $2l = 250 \text{ cm}$ und $b = 26 \text{ cm}$ wäre D etwa

$$D = 0,80 \cdot C \cdot b \cdot l = 2600 \cdot C$$

für $C = 3 \quad D = 7,8 \text{ t} \quad \gamma = \frac{B}{D} = \frac{79}{7,8} = 10,1$

$C = 8 \quad D = 20,8 \text{ t} \quad \gamma = \frac{B}{D} = \frac{79}{20,8} = 3,8$

somit nach der Formel von Hoffmann

$$P_3 = \frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} \cdot G = 0,50 \cdot G$$

$$P_8 = \frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} \cdot G = 0,52 \cdot G$$

nach Schwedler

$$P_3 = \frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2} \cdot G = 0,38 \cdot G$$

$$P_8 = \frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2} \cdot G = 0,43 \cdot G.$$

Wasiutynski hat an fünf Oberbauarten durch direkte Messung der Senkungen der Schienen und Schwellen, ohne Anwendung der Formeln von Hoffmann oder Schwedler, als Mittelwert

$$P = 0,42 \cdot G$$

gefunden, der ungefähr dem Mittelwert der Formeln von Hoffmann und Schwedler entspricht.

Die Werte von $\frac{P}{G}$ steigen nach der Hoffmannschen

Formel von $\gamma = 0$ bis $\gamma = 1,5$ steil an, verändern sich dann sehr wenig; die der Schwedlerformel steigen bis $\gamma = 1,5$ weniger steil an, behalten aber dann ihre aufsteigende Richtung bei. Für $\gamma = 1,5$ haben beide Formeln den Wert $P = 0,54 \cdot G$. Der Grenzwert $\gamma = 0$ würde feste Stützen ($C = \infty$ ergibt $D = \infty$) bedeuten, dann wäre in beiden Formeln $P = G$, d. h. der Stützdruck dem Achsdruck der Verkehrslast gleich.

Es empfiehlt sich, mit dem ungünstigsten Wert von $\gamma = 1,5$ zu rechnen, da γ nicht nur von D, sondern auch von B abhängt und bei einer schwächeren Schiene oder einem größeren Schwellenabstand nahe an 1,5 herankommt.

Ich rechne somit mit einem statischen Stützdruck von $P = 0,54 \cdot G$.

2. Der dynamische Stützdruck.

Der dynamische Einfluss geht sowohl vom Fahrzeug wie von der Fahrbahn aus.

Die rasch bewegten Massen der Fahrzeuge, besonders die der Lokomotiven, unrunde Räder usw. drücken meist stoßartig auf die Fahrbahn, diese selbst gibt durch jede Abweichung von der Geraden und durch jede Unstetigkeit Anlaß zu neuen Stoßwirkungen und zu schwingenden Bewegungen, die in ihrer

Größe sehr schwer und nur annäherungsweise zu erfassen sind. Vor allem sind die großen Unstetigkeiten der Fahrbahn, wie sie bei dem im Schotterbett liegenden Gleis unvermeidlich sind, und in letzterem wieder die Schienenstosslücken die Hauptursache der Schlagwirkung auf das Gleis.

Dr. Ing. Saller hat die dynamischen Einwirkungen bewegter Lasten eingehenden Studien unterzogen. Ich führe einige für die vorliegende Untersuchung wichtige Stellen der von ihm im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens erschienenen Abhandlungen an. Die eine behandelt vornehmlich die in der Schiene auftretenden Spannungen*).

„Man ist gewohnt, die Formänderungen der Tragwerke und des Oberbaues unter bewegten Verkehrslasten für Ruhestellungen zu berechnen, sie sind aber Schwingungen und geneigt, von denen unter ruhender Last bedeutend abzuweichen. Sie stehen unter dem Einflusse der Zeit und können unter denen der Ruhe bleiben, wenn die Geschwindigkeit der Last nicht genügend Zeit zur Entwicklung der Formänderungen läßt; sie können andererseits bei genügender Zeit die Werte der Ruhe weit überschreiten. Mit der Betonung der Einflüsse der Bewegung soll die überragende Bedeutung der Berechnung für Ruhezustände nicht in Zweifel gezogen werden; die Dynamik ist meist selbst nicht in der Lage, aus eigenem Ergebnisse zu erzielen, die über die tatsächlich nötigen Abmessungen von Tragwerken, Oberbau und dergl. Aufschluß geben; sie kann uns nur über die mitunter außerordentlich großen Zuschläge unterrichten, mit denen die bewegten Lasten in die Gleichgewichtsberechnungen einzuführen sind.

Die Beobachtungen, wie weit die durch bewegte Lasten am Oberbau hervorgerufenen Beanspruchungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten über die der Ruhe hinausgehen, stimmen nicht durchweg überein. Während Wasiutynski beobachtete, daß die Spannungen bis zu etwa 64 km/Std. Geschwindigkeit unveränderlich etwa 50% über die der Ruhe hinausgehen, fand Dudley ein Anwachsen schon von einer weit geringeren Geschwindigkeit und ein Ansteigen zu weit höheren Werten.

Nach Flama che ist die Formänderung bei geringer Geschwindigkeit nur wenig von der der Ruhe verschieden; sie steigt indes rasch bei ungefähr 80 km/Std. um 100% und nimmt über dieser Grenze wieder ab. Verschiedene kühne Amerikaner sollen nach Flama che sogar annehmen, daß sich die Schienen bei sehr großer Geschwindigkeit überhaupt nicht mehr durchbiegen.

Man scheint darüber einig zu sein, daß die größten Beanspruchungen des Gleises bei hohen Geschwindigkeiten auftreten. An der Bettung dagegen will man die Beobachtung gemacht haben, daß die Eindrücke bei großen Geschwindigkeiten kleiner sind als bei geringen“.

Über die Senkungen der Schwellen bei bewegter Last schreibt Dr. Saller**):

„..... Nach Wasiutynski wurden bei Versuchen an der Warschau-Wiener-Bahn an den mittleren Schwellen bei $V = 8$ bis 70 , im Mittel 43 km/Std., in den auf 1 t Radlast bezogenen Senkungen der Schwellen keine Unterschiede bemerkt, die ausschließlich auf die Geschwindigkeiten der Züge zurückzuführen waren. Die Wirkung der Bewegung der Lasten hat in den oben angegebenen Grenzen der Geschwindigkeit keinen wesentlichen Einfluß auf die Senkung der Schwellen, also auch der Schiene über den Schwellen. Nach Beobachtungen von Ferry sind die dynamischen Durchbiegungen der Querschwellen unter bewegten Lasten nicht größer als unter ruhenden. Cuenot selbst beobachtete sogar, daß sie 10 bis 20% geringer sind. Nach Beobachtungen von Häntzschel und Couard wächst die Senkung der Schwellen mit wachsender Geschwindigkeit nicht, sondern wird eher kleiner. Nur bei den Schnellfahrversuchen Marienfelde-Zossen soll die Verdrückung der Schiene, zusammengesetzt aus der Durchbiegung der Schiene und dem Niedergehen der Schwelle bis 145 km/Std. mit der Fahrgeschwindigkeit zugenommen haben.“

In seiner Abhandlung »Eiserne Brücken unter bewegter Last« schreibt Dr. Saller mit Recht:

„Eine besondere Rolle spielen die Wirkungen der beweglichen Lasten an eisernen Bahnbrücken. Gerade hier empfindet man es

längst als besonderen Rückstand, daß die dynamischen Einflüsse in hohen Prozentzahlen roh geschätzt werden müssen, während andererseits die statischen Belange bis ins Kleinste abgewogen werden können“.

Wollen wir daraus festhalten, daß die rasch bewegten Massen Schienensenkungen hervorrufen können, die wesentlich größer als die des Ruhezustandes sind und zwar nach Ansicht eines Forschers bis auf die der doppelten Ruhelasten steigen können, daß aber die Stützendrücke (gekennzeichnet durch die Senkungen der Schwellen) bei großen Geschwindigkeiten nicht wesentlich ansteigen.

Von den amtlichen Verordnungen haben die Brückenverordnungen seit jeher zur Erhöhung der Lastdrücke durch die dynamische Einwirkung Stellung nehmen müssen, weil man bei der Berechnung so großer Bauwerke, die überdies für eine lange Reihe von Jahren bestimmt sind, dem Konstrukteur feste Berechnungsgrundlagen geben muß.

Die bereits erwähnte Deutsche Brückenverordnung vom Jahre 1925 »Vorschriften für Eisenbauwerke« schreibt unter Einführung einer »Stoßzahl« folgendes vor:

»Die von den senkrechten Teilkräften der Eisenbahnverkehrslast und den wagrechten Fliehkräften hervorgerufenen Momente, Querkkräfte und Stabkräfte der Fahrbahn- und Hauptträger sind je nach der Stützweite und der Fahrbahnausbildung mit einer in der Tafel angegebenen Stoßzahl φ zu multiplizieren.«

Auszugsweise enthält die Tafel folgendes:

Stoßzahl φ bei Brücken			
Stützweite bis	mit Schienen unmittelbar oder mit Unterlagsplatten auf den Haupt- oder Längsträgern	mit Schwellen auf Haupt- oder Längsträgern	mit durchgehender Bettung
m	$\varphi = 1,20 + \frac{17}{l + 28}$	$\varphi = 1,19 + \frac{21}{l + 46}$	$\varphi = 1,11 + \frac{56}{l + 144}$
0	1,80	1,65	1,50
2	1,77	1,63	1,49
4	1,73	1,61	1,49
6	1,70	1,59	1,48
8	1,67	1,58	1,48
10	1,65	1,57	1,48
20	1,55	1,51	1,45
30	1,49	1,47	1,43
40	1,45	1,43	1,41
50	1,42	1,41	1,40
60		1,39	
70		1,37	
—		—	
—		—	
≥ 150		1,30	

Wichtig ist die Berücksichtigung der Art der elastischen Lagerung des Gleises auf der Brücke durch die Verordnung, auf die ich später noch zurückkommen werde. Da die Stoßziffer der Brückenverordnung nicht die Berechnung der Schiene, sondern nur die Berechnung der Brücke, für die allein der Stützendruck maßgebend ist, im Auge haben kann, kann die Stoßzahl für die kleinstmögliche Stützweite bei Lagerung auf durchgehender Bettung mit

$$\varphi = 1,5$$

als zutreffend angenommen werden. Die dynamische Einwirkung auf den Stützendruck wäre somit mit $1,5$ der Ruhelast anzunehmen.

*) Dr. Saller, Organ f. d. F. d. E., 1916, S. 211.

**) Dr. Saller, Organ f. d. F. d. E., 1917, S. 155.

Hieraus folgt der durch Ruhelasten und Verkehrs-
lasten hervorgerufene Stützendruck

$$P = 0,54 \cdot 1,5 \cdot G = 0,8 \cdot G.$$

Für den Raddruck von $\frac{25}{2}$ t

$$\text{ist } P = 0,8 \cdot 12,5 = 10 \text{ t}$$

der unter gewöhnlichen Verhältnissen zu berücksichtigende
größte Druck auf die Schienenstütze.

B. Die Elastizität des Gleises.

Die Elastizität des Gleises setzt sich beim Querschwellen-
oberbau aus der Elastizität der Schiene, der Befestigungsmittel,
der Schwelle und des Schotterbettes einschliesslich des Unter-
grundes zusammen.

Es entsteht die Frage, welcher Grad an Elastizität
ist erwünscht? Ist sie zu gering, so entsteht — wie bereits
erwähnt — ein hartes Fahren, Stosswirkungen und Überbe-
anspruchungen der Fahrbetriebsmittel wie der Fahrbahn sind
die Folge. Ist das Gleis zu elastisch d. h. sind die Stützen
zu nachgiebig, so besteht die Gefahr, das das tiefeinsinkende
führende Rad der Lokomotive das Gleis wellenförmig einbiegt
und hierdurch große Widerstände findet. Im Querschwellen-
oberbau hat ein zu elastisches Gleis noch das leichte Lockern
der Schienenbefestigungsmittel zur Folge.

Ich hatte von allem Anfang an, bevor ich mich noch mit
der einschlägigen Literatur eingehender beschäftigte und so die
Meinungen der Forschung kennen lernte, allein aus eigenen
Beobachtungen und Betriebserfahrungen das Empfinden, das
Stützensenkungen von nur 1 bis 2 mm ein zu unelastisches
Fahren ergeben würden und das anderseits die oberste Grenze
der Einsenkung zwischen 4 und 5 mm liegen müßte. Ich
halte eine derartige Elastizität für wünschens-
wert, die unter den schwersten Lasten und unter
Berücksichtigung der dynamischen Einwirkung
eine Stützensenkung von 3 bis 4 mm ergibt.

Ich glaube, die Literatur gibt mir hierin nicht unrecht,
vor allem, wenn ich daran erinnere, das die bisherige Forschung
nur den Querschwellenoberbau mit Schotterbettung in Betracht
ziehen konnte.

Im bereits erwähnten ausgezeichneten Buche von Dr. Karl
Bräuning »Die Grundlagen des Gleisbaues*)« ist über die
Elastizität des Gleises folgende Stelle enthalten:

„Die elastische Senkung des ganzen Gleises setzt sich zusammen
aus dem elastischen Zusammenpressen des Gleisbettes und der
Schwelle und dem Verschwinden von Hohlräumen zwischen Schiene,
Schwelle und Bettung. Wie erwähnt, betrug die beobachtete elastische
Zusammenpressung kieferner Schwellen unter einer Radlast von 6,8 t
zwischen 0,6 und 1,8 mm. Als elastische Senkung des Kiesbettes
nebst Untergrund wurde gleichzeitig 0,5 bis 1,2 mm gefunden. Das
würde im festverbundenen und festgelagerten Gleis eine Gesamt-
senkung von durchschnittlich etwa 2 mm ergeben. Die tatsächliche
Senkung des ganzen Gleises unter gleicher Last wurde von
Wasiutynski zu 2,2 bis 3 mm ermittelt, vom Verfasser im fest-
verbundenen und gutgelagerten Gleis zu 1 bis 2,3 mm, im alten ge-
nagelten Gleis mit kiefernen Schwellen zu 1,5 bis 4,8 mm. Diese
größeren Senkungen sind auf Hohlräume unter den Schienen oder
Schwellen zurückzuführen. Durch feste Gleisverbindungen werden
zwar die Hohlräume zwischen Schiene und Schwelle nahezu beseitigt,
zwischen Schwelle und Bettung indessen vergrößert. . . . Unter
eisernen Schwellen werden Hohlräume bis 2 mm beobachtet.

In statischer Hinsicht macht sich das Maß der elastischen
Gleissenkung nach Zimmermann dahin geltend, das der Schienen-
druck auf den Schwellen und der Bettungsdruck mit wachsender
Nachgiebigkeit der Bettung abnimmt, das Biegemoment der Schiene
und Schwelle aber zunimmt. An den Stoßknicken erleidet die Gleis-
senkung der Ruhelage einen Zuwachs, der sich bei den oben be-
schriebenen Versuchen zwischen 50 und 100% bewegte. Den gleichen
Zuwachs fand Wasiutynski bei seinen Beobachtungen. Ast

*) Dr. Bräuning »Die Grundlagen des Gleisbaues«, Berlin 1920.

schätzt den ganzen Zuwachs durch dynamische Angriffe bis auf 1310%.
Flamache und Dudley bis etwa 100%. Das das Zuwachsver-
hältnis mit dem Elastizitätsgrade des Gleises nach bestimmten Ge-
setzen wechseln sollte, war aus den bisherigen Beobachtungen nicht
zu ersehen. Auch nach den sonstigen Erfahrungen liegt kein Grund
vor, die Elastizität des Gleises, die bei der jetztigen Bauart etwa
2 bis 3 mm beträgt, zu vergrößern und die Stosswirkungen abzu-
schwächen, zumal hiermit anderseits Nachteile, nämlich leichteres
Lockern des Gleisgefüges und Längsschübe durch stärkere Wellen-
bildungen verbunden sein würden. Saller empfiehlt mäßige aber
gleichförmige Elastizität des Gleises, wenn er auch vom rein
theoretischen Standpunkt ein größeres Maß für nützlich hält.“

Wollen wir daraus festhalten, das Bräuning eine elastische
Senkung der Schwellen von 2 bis 3 mm für angemessen hält,
Saller dagegen vom »rein theoretischen Standpunkt« ein
größeres Maß für nützlich erachtet. Ich glaube, das Bräuning
auch nicht gegen eine mäßige Erhöhung der Elastizität wäre,
wenn er als Praktiker nicht die Nachteile vor sich sehen würde,
die sich aus der Art der üblichen Gleisverbindung beim Quer-
schwellenoberbau ergeben. Übrigens hatte Bräuning damals
kaum eine Verkehrslast von 25 t vor Augen — die Versuche
Wasiutynskis wurden mit einer Lokomotive durchgeführt,
deren größter Achsdruck 12,3 t betrug — so das eine größte
Stützensenkung auf das von mir bereits angegebene Maß von
3 bis 4 mm unter den größten Lasten kaum im Widerspruche mit
Dr. Saller und auch nicht mit Dr. Bräuning stehen dürfte.

C. Die Berechnung der Feder.

Um zu erfahren, ob es eine Feder gibt, die der Bedingung
entsprechen würde, unter der größten Verkehrslast eine Zu-
sammendrückung von höchstens 4 mm

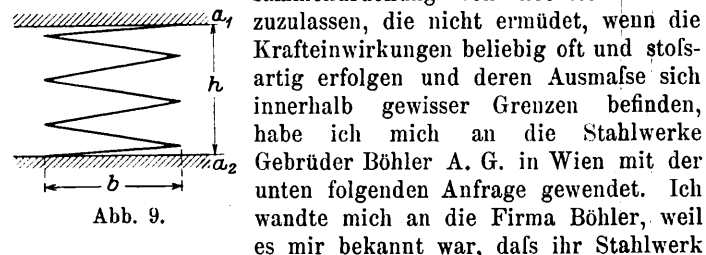


Abb. 9.

zuzulassen, die nicht ermüdet, wenn die
Krafteinwirkungen beliebig oft und stofs-
artig erfolgen und deren Ausmaße sich
innerhalb gewisser Grenzen befinden,
habe ich mich an die Stahlwerke
Gebrüder Böhler A. G. in Wien mit der
unten folgenden Anfrage gewendet. Ich
wandte mich an die Firma Böhler, weil

es mir bekannt war, das ihr Stahlwerk
in Kapfenberg in Steiermark aus steirischem Eisen einen Stahl
erzeugt (Böhlerstahl), der besonders als Werkzeug- und als
Federstahl einen Weltruf besitzt.

Die Anfrage, die ich stellte, ohne jedoch die Absichten
bekanntzugeben, die ich damit verfolgte, war folgende:

- » a₁ beweglich,
- a₂ fest,
- beide Flächen parallel.

Bedingungen:

- b < 10 cm, allenfalls 11 cm,
- h möglichst klein.

Durchmesser des Federstahls beliebig.

Die Feder soll oben und unten eine
entsprechende Basis haben (Abb. 9).

Frage:

- h bei unbelasteter Feder,
- h₁ » 1 t ruhender Last,
- h₂ » 2 t » »
- h₃ » 3 t » »
- h₄ » 4 t » »
- h₅ » 5 t » »
- h₆ » 6 t » »
- h₇ » 7 t » »
- h₈ » 8 t » »
- h₉ » 9 t » »
- h₁₀ » 10 t » »
- h₁₁ » 11 t » »
- h₁₂ » 12 t » »

Die Feder wird mit 5 t zusammengedrückt, dieser Druck
wird konstant wirken. Ermüdet die Feder dabei? Wenn ja,
in welcher Zeit? Veränderlich ist der Betriebsdruck, der bis
zu 12 t, ausnahmsweise auch 15 t beträgt.

Die Zusammendrückung von 5 auf 12 t soll nicht mehr
als 3 bis 4 mm betragen. Ist diese Bedingung erfüllbar? Kann
die Wirkung noch als elastisch bezeichnet werden? Die Feder

würde einen außergewöhnlichen Stoß von 15 t übernehmen müssen, ist sie dazu imstande ohne ihre Kraft zu verlieren?

Können die Federn trotz Massenerzeugung so gleichmäßig hergestellt werden, daß sie bei gleicher Belastung z. B. 12 t alle die gleiche Höhe $h_{1,2}$ haben? Eine Differenz von 1 mm wäre zulässig.

Aus der Skizze meiner Anfrage ist ersichtlich, daß ich vornehmlich an eine Schraubenfeder dachte, um eine gute Lagerung der Schiene auf der Feder, wie der Feder auf der Unterlage zu erhalten. Es ist aber damit nicht gesagt, daß nicht auch andere Federarten, z. B. Kegelfedern, für den beabsichtigten Zweck in Betracht kommen könnten.

Die äußerst genaue Antwort auf meine Anfrage lautete: »Auf Grund der gegebenen Daten haben wir eine Feder mit folgenden Abmessungen errechnet:

Außendurchmesser	90 mm
Innendurchmesser	30 mm
Ründstabdurchmesser	30 mm
wirksame Windungszahl	2
unwirksame »	3,5
freie Höhe	100 bis 115 mm.

Die Federung bei einer Belastung von 1000 kg haben wir mit 0,572 mm angenommen. Dieselbe ist natürlich nur theoretisch möglich, da sie in der Praxis nicht mit dieser Genauigkeit erreicht werden kann. Die Federung wird jedoch unter einer zunehmenden Belastung von 1000 zu 1000 kg ziemlich gleichmäßig steigen. Beträgt die freie Höhe der Feder 110 mm, so wird sie unter 1000 kg 110 — 0,572 mm, unter 2000 kg 110 — 1,144 mm usw. aufweisen. Unter 15 t Belastung beträgt dann die Höhe 110 — 8,38 mm.

Einen konstanten Druck von 5000 kg kann die Feder aushalten, nachdem die Beanspruchung pro cm^2 unter dieser Belastung ziemlich nieder ist. In einer gewissen Zeit wird natürlich die Feder ermüden, doch wird ihre Lebensdauer immerhin eine ziemlich lange sein. Den veränderlichen Druck bis zu 15 t kann die Feder ebenfalls aufnehmen, er darf jedoch nicht dauernd auf sie einwirken.

Die Zusammendrückung bei der Belastung von 5 auf 12 t haben wir mit 4 mm festgelegt. Diese Bedingung ist bei Herstellung weniger Stücke ohne weiters erfüllbar, bei Massenherstellungen läßt sich jedoch eine präzise Einhaltung derselben nicht herbeiführen. Die Feder wird auch einen außergewöhnlichen Stoß von 15 t aushalten und dann wieder in ihre frühere Lage zurückkehren. Es wird also keine Setzung zu verzeichnen sein.

Wie schon erwähnt werden bei der Massenerzeugung dieser Federn Differenzen, wenn auch geringe auftreten, doch glauben wir gegebenen Falls die Toleranz von 1 mm einhalten zu können. Die Federn leiden durch die Einwirkung von Frost usw. Es ist daher besser, wenn die Stücke geölt werden.

Auf meine weitere Anfrage teilte mir das Stahlwerk noch mit, daß auch bei Massenherstellung eine Höhentoleranz in der freien Höhe von Maximum 3 mm einhaltbar ist.

Bevor noch die Beantwortung meiner Anfrage erfolgte, fand ich, daß ich an die Leistungsfähigkeit der Schraubenfeder zu hohe Anforderungen gestellt hatte: Stützendrücke von 15 t treten, wie ich im vorstehenden darlegte, überhaupt nicht auf (zumindest nicht bei den europäischen Eisenbahnen), überdies kann durch die Anordnung von Doppelfedern, denen auch sonstige Vorteile zukommen, die Belastung der einzelnen Federn auf die Hälfte des Stützendrucks vermindert werden. Da die Antwort des Stahlwerks jedoch zeigt, welchen großen Ansprüchen eine Feder entsprechen kann, gebe ich Anfrage und Antwort in ungeänderter Form bekannt.

Für eine Doppelfeder dieser Art würde somit die Stützensenkung Y_1 für 1 t Last

$$Y_1 = \frac{0,572}{2} = 0,286 \text{ mm betragen.}$$

Um eine Einsenkung von 1 cm hervorzurufen, wäre ein Stützendruck von $D = \frac{10}{0,286} = 35 \text{ t}$ erforderlich.

Dieser Druck ist nichts anderes als der Druck D, den ich bei der Berechnung des Stützendrucks des Querschwellenoberbaus behandelt habe, nur ist D hier fast mathematisch genau ermittelbar, beim Querschwellenoberbau hingegen vom Bettungsdruck abhängig, der wie erwähnt zwischen drei und acht und noch weiteren Grenzen schwankt.

Bei einem Stützendruck von 10 t wäre die Stützensenkung bei obiger Doppelfeder

$$Y = 2,9 \text{ mm}$$

somit unter der von mir als entsprechend erkannten Höchst-einsenkung. Tatsächlich würden wir es hier mit einer wenig nachgiebigen, fast harten Stütze zu tun haben, was auch daraus hervorgeht, daß der Druck von 35 t, der bei der Doppelfeder erforderlich ist, um eine Senkung von 1 cm hervorzurufen, im Querschwellenoberbau nach den vorliegenden Berechnungen einer Bettungsziffer von $C = 13$ entsprechen würde, die aber wohl nicht erreichbar ist.

Wenn ich noch den Stützendruck auf dieser wenig nachgiebigen Doppelfeder für die Schiene des deutschen Reichs-oberbaus S 49 z. B. bei einer Stützenentfernung von 70 cm untersuche, so ist für $a = 70 \text{ cm}$

$$B = \frac{6 \cdot E \cdot J}{a^3} = 63 \text{ t, } \gamma = \frac{B}{D} = \frac{63}{35} = 1,8.$$

Der statische Stützendruck ist dann nach Hoffmann $P = 0,54 \text{ G}$, nach Schwedler $P = 0,51 \text{ G}$.

Der Gesamtstützendruck ist somit $0,54 \cdot 1,5 \cdot 12,5 \text{ t} = 10 \text{ t}$, also trotz der wenig nachgiebigen Stütze nicht höher als das bereits früher errechnete Maß.

Wenn der Bruch einer Stütze eintreten würde, so daß die Stützweite zweimal 0,70 cm also $a = 140 \text{ cm}$ wird, wäre

$$B = \frac{6 \cdot E \cdot J}{a^3} = 7,8 \text{ t, } \gamma = \frac{B}{D} = \frac{7,8}{35} = 0,22,$$

der statische Stützendruck nach Hoffmann $P = 0,68 \text{ G}$, nach Schwedler $P = 0,76 \text{ G}$, der Gesamtstützendruck $0,76 \cdot 1,5 \cdot 12,5 = 14,25 \text{ t}$, die größte Stützensenkung hierfür 4,3 mm. Der Stützendruck würde aber in Wirklichkeit kleiner als 14,25 t und die Senkung kleiner als 4,3 mm sein, weil beim Bruch einer Stütze nur ein Feld eine Stützweite von 140 cm, die Nachbarfelder aber eine solche von 70 cm haben würden.

Die Doppelfeder würde aber auch den Druck von 14,25 t übernehmen können, da dieser erst die Hälfte jener Belastung erreicht, welche der die Feder berechnende Ingenieur für zulässig hält. Auch die Stützensenkung wäre bei diesem Ausnahmefall noch gering, wobei überhaupt die Frage offen bliebe, ob man derartige Möglichkeiten in die Rechnung einzubeziehen, oder, wie dies bei Berechnung der Schienen üblich ist, durch die entsprechend niedrig gehaltene zulässige Inanspruchnahme zu berücksichtigen hat.

Ich würde für einen Schweroberbau mit einer Schiene von etwa 50 kg/m und einer Stützenweite von 65 bis 70 cm, der für einen Achsdruck von 25 t und für Geschwindigkeiten von über 100 km bestimmt ist, eine Doppelfeder vorschlagen, deren Federung (Durchbiegung) bei einer Belastung von 1 Tonne

$$Y_1 = 0,35 \text{ mm}$$

beträgt. Die größte Einsenkung im normalen Betriebe, hervorgerufen durch den größten Achsdruck bei ungünstigster Laststellung und Berücksichtigung der von der Fahrgeschwindigkeit herrührenden Einwirkung, wäre dann 3,5 mm.

(Schluß folgt).

Der Gleisbauwagen Bauart Hoch.

Von Reichsbahnoberrat Schultheifs, München.

Die Bestrebungen bei der neuzeitlichen Bahnunterhaltung gehen dahin, die teure, ungleichmäßige und zeitraubende Handarbeit mehr und mehr durch Maschinenarbeit zu ersetzen; es darf auf die Verdichtung der neuen Bettung durch Walzen, auf das Eindrehen der Schrauben mit den von den Firmen Krupp und Robel in den Handel gebrachten Maschinen und auf die Gleisstopfmaschine der Firma Krupp verwiesen werden. Unkraut, das bisher mühsam mit Hand beseitigt wurde, versucht man mit der Scheuchzerschen Jätmaschine oder mit Sprengwägen auf chemischem und maschinellm Wege unschädlich zu machen.

In der neuesten Zeit ist man dazu übergegangen, auch bei der Verlegung der Gleise maschinelle Hilfsmittel zu verwenden. Bekannt ist der Gleisbaukran der Firma Mohr und Federhaff, Mannheim, der auf der Seddiner Ausstellung vorgeführt und bei der Reichsbahndirektion Elberfeld verwendet wurde*). Ganz verschieden von dieser Maschine ist ein anderes Gleisbaugerät, der vom Ingenieurbureau Hoch in Frankfurt (Main)

Ausleger angebracht, der aus zwei I-Trägern Normalprofil 32 besteht. Die Entfernung der Träger beträgt 0,80 m und ist so gewählt, daß zwei Laufwerke, die zum Heben und Fortbewegen der Gleisrahmen dienen, noch Platz haben. Auf dem Ausleger vollzieht sich das Ein- und Ausbauen der Gleisrahmen; das eine Ende ist vom Wagenmittel 7,15 m, das andere dagegen 14,15 m entfernt. Um eine ungünstige Beanspruchung des längeren Kragarmes beim Abheben von alten Gleisen oder Absenken von neuen Gleisstößen zu verhüten, wird in einem Abstand von 4,0 m vom Ende dieses Armes eine Abstützung angebracht, die in der Längsrichtung verschoben werden kann und wenn der Wagen außer Betrieb ist, unmittelbar neben dem einen Endportal befestigt wird. Um die Beförderung der Wagen in Zügen zu ermöglichen, sind die längeren Auslegerträger mit Gelenkbändern auf 5,40 m Länge nach außen umklappbar, so daß das Ende der Träger dann nur noch 8,75 m vom Wagenmittel entfernt ist. Der Gleisbauwagen ist mit je zwei Hub- und Fahrwinden ausgerüstet, die auf dem Boden

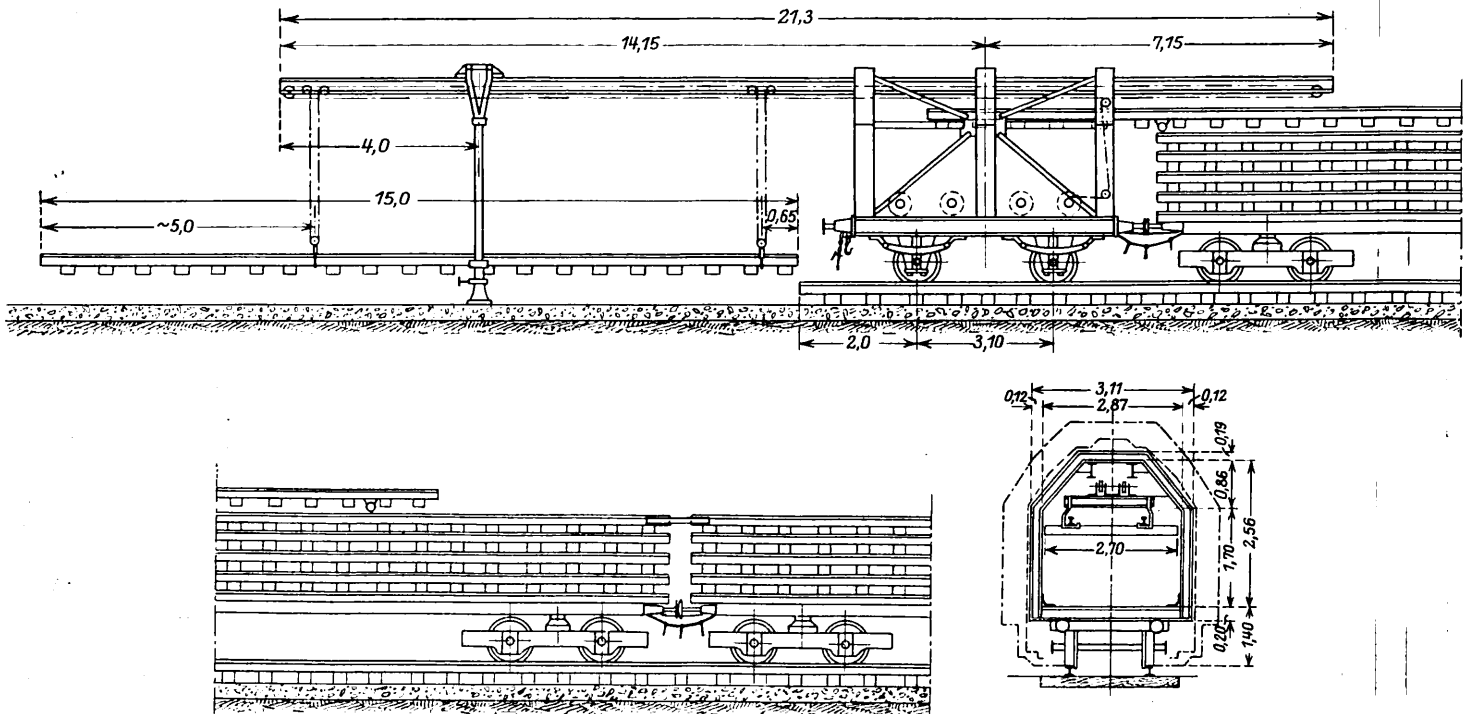


Abb. 1. Ansicht und Querschnitt des Gleisbauwagens.

konstruierte Gleisbauwagen. Auf Veranlassung der Gruppenverwaltung Bayern wurde ein solcher Wagen im Jahre 1926 beschafft und der Reichsbahndirektion München zur Verwendung bei Gleisumbauten zugeteilt. Diese Gleisbaumaschine unterscheidet sich wesentlich von dem Gleisbaukran dadurch, daß sie profilfrei ist; kein Teil des Wagens ragt während der Arbeit über den Lichtraum hinaus und alle Bewegungen beim Vorstrecken und Abbruch der Gleise gehen nur in der Längsrichtung des Wagens vor sich, nie senkrecht dazu. Eine ähnliche Maschine ist bei den irischen Bahnen in Verwendung**).

Der zweiachsige Gleisbauwagen ist 4,15 m hoch und 3,11 m breit; auf dem Wagenboden sind drei torartige Rahmen aufgebaut, die eine lichte Höhe von 2,56 m haben; die lichte Weite ist 2,87 m und genügt demnach zur Durchführung von Schwellen, die 2,70 m lang sind. Oben an den Rahmen ist ein

des Wagens eingebaut sind und durch Drahtseile die beiden am Ausleger befindlichen Laufwerke in Gang setzen. Die Winden wurden bisher mit Hand angetrieben, wofür an jedem Wagen vier Mann nötig waren; es ist beabsichtigt, bei den heurigen Umbauten die Winden elektrisch anzutreiben, wodurch die Gleisarbeiten erheblich beschleunigt werden können.

In der Regel werden zu den Gleisbauten zwei Hochsche Wagen verwendet, einer zum Abbrechen des alten Gleises und der andere zum Verlegen des neuen Gleises. Zu jedem Wagen gehören mehrere SS-Wagen, auf welche die Gleisrahmen verladen werden. Auf dem Lagerplatz des der Umbaustelle benachbarten Bahnhofs werden die fertig zusammengebauten Gleisrahmen unter den vorderen längeren Ausleger verbracht, mit den herabgelassenen Laufwerken emporgehoben und durch den Gleisbauwagen hindurch auf die Schienenwagen verschoben. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft, bis die an der Baustelle benötigten Gleisrahmen verladen sind. Um das Verschieben

*) Organ 1927, Heft 4.

**) Organ 1926, Heft 4.

in der Längsrichtung auf den Schienenwagen zu erleichtern, werden unter den einzelnen Rahmen kleine, leicht abnehmbare Laufrollen angebracht; ferner werden die Schienenenden zwischen den Wagen durch einfache Formstücke verbunden. Auf der Umbaustelle vollzieht sich der Vorgang in der umgekehrten Reihenfolge. Das oberste Gleisstück des vorderen Schienenwagens wird mit leichten Winden angehoben und mit Laufrollen versehen; dann wird es in der Längsrichtung zum Gleisbauwagen vorgerollt und mit den Laufwerken auf das Schotterbett abgesenkt. Beim Ausbau der alten Gleisstücke und Abladen auf dem Lagerplatz ist der Arbeitsvorgang der gleiche.

Umgebaut wurde mit Hilfe des Gleisbauwagens eine 7740 m lange Strecke zwischen den Bahnhöfen Maisach und Lochhausen auf der Doppelbahn München—Augsburg in der Zeit vom 5. August bis 9. Oktober; hierbei wurde Oberbau der Form X durch Reichsoberbau S 49 auf Holzquerschwellen ersetzt. Wegen der starken Belegung der Strecke konnte eingleisiger Betrieb während des Umbaus nicht in Betracht kommen; es mußten daher zwei Betriebspausen von 9^{05} bis 11^{45} mit 160 Minuten und von 1^{25} bis 3^{45} mit 130 Minuten ausgenützt werden. Die Bettung war kurz vor dem Umbau bereits erneuert worden. In einer Pause wurden höchstens 120 m umgebaut. Die durchschnittliche tägliche Leistung betrug 180 m, weil durch Unregelmäßigkeiten im Zugverkehr, durch Sonderzüge sowie durch Störungen beim Zusammenbau der Gleisrahmen und an der Gleisbaumaschine Zeitverluste eintraten. Beschäftigt waren im ganzen 56 Arbeiter und zwar zehn beim Ausbauwagen, zwölf beim Einbauwagen und 34 für andere Arbeiten, wie Abblasen der alten und Anblasen der neuen Schienenstöße, Anschließen und Entfernen der Gleise.

Der geringste Zeitaufwand für Aus- und Einbau von 120 m Gleis betrug 101 Minuten; hiervon treffen auf die Fahrzeit von der Station Maisach zur Umbaustelle und zurück 18 Minuten und auf Herstellen des Anschlusses acht Minuten. Der Ausbau dauerte 65 Minuten und der Einbau 60 Minuten. Der Zeitaufwand für die eigentlichen Gleisarbeiten betrug 83 Minuten; an mehreren Tagen wurden diese Arbeiten in 65 Minuten ausgeführt, wobei der Ein- und Ausbau je 50 Minuten dauerte und mit dem Einbau zehn Minuten nach Beginn des Ausbaues begonnen wurde; die Anschlussarbeiten beanspruchten fünf Minuten. Eine bessere Ausnützung der Betriebspausen und größere Umbauleistung wird bei den heurigen Gleisumbauten erreicht werden, wenn die Winden mit elektrischem Antrieb versehen sind.

Die Stundenleistung der irischen Gleislegemaschine wird mit 100 bis 130 m Gleis bei 13,5 m langen Schienen angegeben.

Die beiden Gleisbauwagen haben 32 000 \mathcal{M} gekostet; rechnet man für Verzinsung und Tilgung 20% und für Unterhaltung 15%, dann trifft bei 150 Arbeitstagen und 180 m täglicher Umbauleistung auf 1 m Gleis der Betrag von 0,42 \mathcal{M} . Die Leihgebühr für die zwei Lokomotiven, welche die Umbauzüge beförderten, betrug dagegen 0,90 \mathcal{M} für 1 m Gleisumbau; es ist beabsichtigt, durch Abstellung leichter, nicht mehr allgemein verwendbarer Lokomotiven diese Gebühr erheblich abzumindern.

Nach den genauen Aufschreibungen betragen die gesamten Kosten für 1 m Gleisumbau samt Beseitigung der alten und Einbringen der neuen Bettung sowie Aufrechnung der angegebenen Beträge für die Gleisbauwagen und Lokomotiven

12,30 \mathcal{M} . Dieser Betrag wird bei den heutigen Umbauten durch Steigerung der Umbauleistung und Ermäßigung der Leihgebühr der Lokomotiven noch geringer werden. Vergleichsweise möchte angeführt werden, daß auf einer anderen Strecke bei Handarbeit und gleichem Stundenlohn für 1 m Gleisumbau 14,40 \mathcal{M} aufgewendet werden mußten.

Nach den bisherigen Erfahrungen wird der Gleisbauwagen auf Neubaustrecken sich besonders bewähren, weil er voll aus-

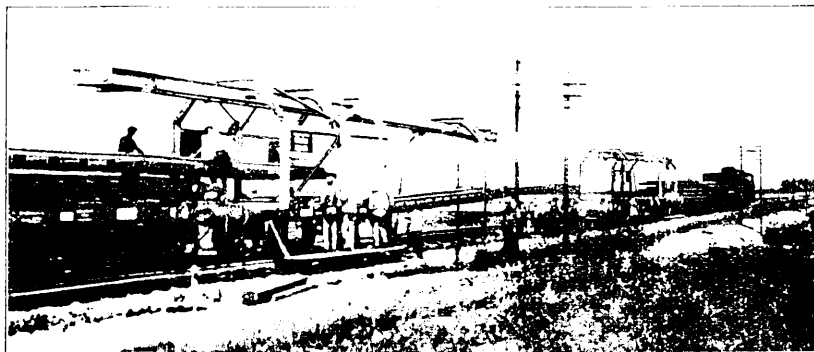


Abb. 2. Ausbauwagen (rechts) und Einbauwagen (links).

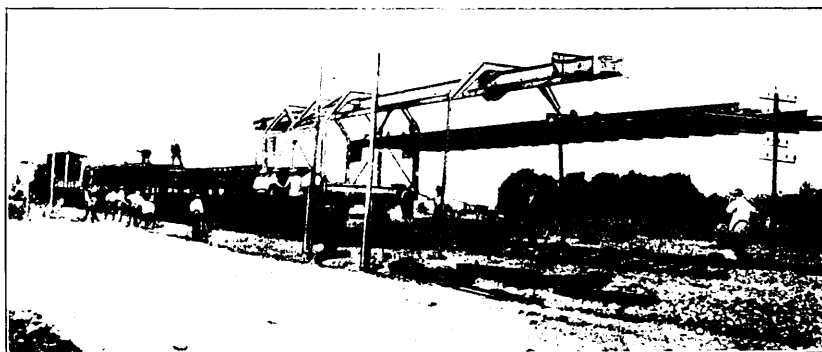


Abb. 3. Absenken des neuen Gleises auf die Bettung.

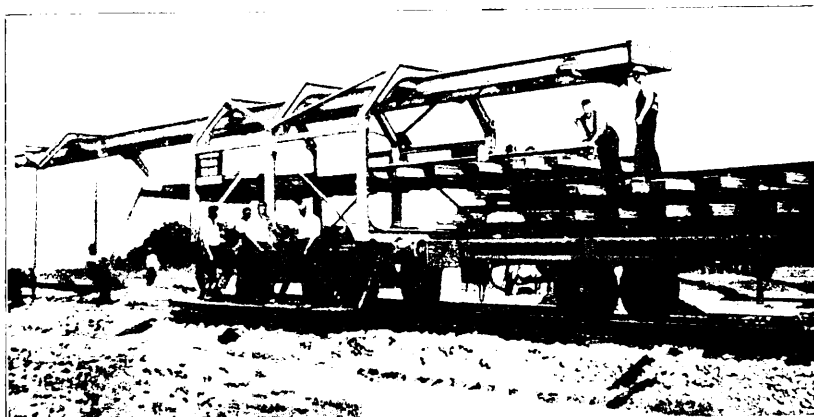


Abb. 4. Verladen des ausgebauten Gleises durch den Gleisbauwagen hindurch auf den Schienenwagen.

genützt werden kann. Auch die Gleisbauarbeiten bei eingleisigem Betriebe auf Doppelbahnen lassen sich beschleunigen, wenn nach Herstellung der Bettung mittels des Stampf- oder Walzverfahrens der Oberbau in einem Zuge verlegt wird. Die Durchführung des großen Umbauprogramms in den nächsten Jahren wird auf manchen Hauptbahnstrecken schwierig werden, wenn eingleisige Betriebe in dem bisherigen Umfange von dem Betriebe nicht mehr zugestanden werden; mit Hilfe des Gleisbauwagens wird es jedoch auch auf stark belegten Strecken

gelingen, Gleisumbauten rasch und sicher durchzuführen. Ein weiterer Vorteil des neuen Umbauverfahrens liegt darin, daß die Oberbauteile schonlicher behandelt werden wie bisher; das kommt insbesondere zur Geltung bei den Altstoffen, weil die ausgebauten Gleise auf dem Lagerplatze des nächsten Bahnhofes und nicht mehr auf der Baustelle auseinandergenommen werden, wodurch auch die Verluste an Kleiseisenzeug geringer werden. Da bei den Umbauten mit der Hochschen Maschine die Oberbauteile nicht mehr auf der freien Strecke, sondern auf dem

Nachbarbahnhof untergebracht sind, wird ferner eine nicht zu unterschätzende Erhöhung der Betriebssicherheit erreicht. Schließlich darf darauf hingewiesen werden, daß in betriebstechnischer Hinsicht der Gleisbauwagen dem Gleisbaukranen überlegen ist, weil die Gleisumbauarbeiten innerhalb des Lichtraums vor sich gehen und der Betrieb auf dem Nachbargleis in keiner Weise beeinträchtigt wird; zudem kann der Kran auf manchen Strecken, insbesondere den elektrisch betriebenen, überhaupt nicht verwendet werden.

Die statistische Behandlung der Bahnunterhaltungskosten.

Von Dipl.-Ing. Josef Nemcsek, Hatvan.

Hierzu Tafel 23.

Die Bahnunterhaltungskosten im einzelnen zu kennen, ist bei folgenden Aufgaben notwendig:

- a) Es sollen Ausgabesummen für die Bahn oder ihre Teile veranschlagt werden, getrennt nach Posten.
- b) Es sollen Ausgabeposten für einzelne Teile derselben Bahnverwaltung verglichen werden, um den Erfolg der Bewirtschaftungsgüte zu erfahren.
- c) Es sollen Ausgabeposten der Teile einer Bahnverwaltung unter verschiedenen Umständen verglichen werden, um den Einfluß dieser Umstände bewerten zu können.
- d) Es soll die Bewirtschaftungsgüte verschiedener Bahnen in Erfahrung gebracht werden.
- e) Es sollen bei Neubauten die Selbstkosten (Gestehungskosten) veranschlagt werden.
- f) Man sucht wissenschaftliche, d. h. mittelbar praktische Erfahrungen, möglicherweise Gesetze aus den statistischen Unterlagen abzuleiten.

Die wirtschaftliche Statistik der Bahnen ist nicht in der Lage, von der Arbeitsweise der höheren Statistik Gebrauch zu machen. Ihre Leistung besteht hauptsächlich darin, verschiedene Durchschnittswerte zu vergleichen. Man kommt so immer mit dem arithmetischen, oder ausnahmsweise mit dem gewogenen Mittel aus. Weshalb eine höhere Rechnungsart, etwa nach den Grundsätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, nicht angestrebt wird, ist leicht ersichtlich. Man kann und will die Abweichungen der Werte nicht als bloße Zufälligkeiten betrachten, sondern untersucht eben diese gegenseitigen Abweichungen, um ihren Ursachen nahekommen zu können. Bei Bahnen gibt es — was die Ausgaben betrifft — keine Zufälligkeiten, sondern es gibt Bahnen oder Strecken des Flachlandes und der Gebirge, freigebig oder billig gebaut und ausgestattet, solche starken oder schwachen Betriebes, sparsam oder großzügig verwaltet, sozial gerecht oder rücksichtslos; es gibt Staatsbahnen, Privatbahnen usw. Die Gebarung mit Auslagen und Einnahmen richtet sich nach solchen wichtigen Verschiedenheiten und natürlich nach der wirtschaftlichen Lage sowohl des Landes, als auch der Bahnverwaltung.

Die Lösung der anfangs angedeuteten Fragen wird nur gelingen, wenn wir die verschiedenen Ursachen kennen, die den Bedarf an Ausgaben beeinflussen, nicht nur allgemein, sondern nach Wertziffern. Die Ausgaben sollen also als Funktionen von bestimmt und leicht erfassbaren Veränderlichen dargestellt werden.

Um die Bahnunterhaltungskosten übersichtlich, ohne allzu große Mühe und mit Benutzung vorhandener statistischer Unterlagen gleichmäßig behandeln zu können, ist wohl nur eine solche Veränderliche zu finden, mittels welcher die Aufgaben a bis f mit noch hinreichender statistischer Treffsicherheit lösbar werden. Diese Veränderliche ist die Größe des Verkehrs; sie beeinflusst die verschiedensten Posten der Ausgaben der Bahnunterhaltung am meisten, Beständigkeit der Preise und Löhne vorausgesetzt.

Verkehr ist im Grunde Massenverschiebung, also Arbeit (kinetische Energie). Die Bahnunterhaltung hat es mit dem natürlichen Reibungsverschleiß zu tun, der bei der Umsetzung der Kräfte eintritt, wobei ein gerades Verhältnis vorzuliegen scheint.

Wir stellen den statistischen Satz auf: »Unter annähernd gleichen Umständen sind die für den Streckenkilometer gerechneten Bahnunterhaltungskosten im großen Durchschnitt verhältnisgleich zur Verkehrsdichte.«

Die Größe des Verkehrs wird in der Statistik durch Zugkilometer, Achskilometer, oder am genauesten (wenn auch nur proportional) durch »zählende« Bruttotonnenkm angegeben. Die Anzahl der Bruttotonnenkm, die den Jahresverkehr eines Eisenbahnnetzes mißt, dividiert durch die Gleiskilometeranzahl des Netzes gibt die Verkehrsdichte des Netzes an, für jenes Jahr.

Im nachstehenden und in den bildlichen Darstellungen der Taf. 23 finden wir die Bahnunterhaltungskosten der gesamten ungarischen Staatsbahn, sowie ihrer Unterteilungen. der Betriebsleitungen, für die letzten zehn Friedensjahre nach dem oben aufgestellten Satze behandelt, und zum Schlusse einen Satz abgeleitet, welcher der unter f) angedeuteten Art der Fragestellung angehört.

Ohne auf weitere allgemeine Erörterungen einzugehen sei bemerkt, daß der oben angeführte Grundsatz eigentlich eine unterwiesene Verallgemeinerung einschließt, da sonst die Statistik mehrerer Bahnnetze bearbeitet werden müßte. Auch soll zugegeben werden, daß andere Verhältnisse, namentlich stärkerer Verkehr, erheblichen Einfluß ausüben können. Für den untersuchten Fall (sozusagen für seinen Gültigkeitsbereich) kann aber von einer statistischen Gesetzmäßigkeit sicher die Rede sein.

Abb. 1, Taf. 23 zeigt die Jahresausgaben der ungarischen Staatseisenbahnen an Bahnunterhaltungskosten in den Jahren 1913 bis 1904 zurück. Die Ordinaten der Linie VII bedeuten die Kosten des Unterbaues, die der Linie VIII die Kosten des Oberbaues, die der Linie IX die Kosten des Eisenbahnhochbaues, die der Linien IV und V die persönlichen Ausgaben des Bahnunterhaltungsdienstes auf der Strecke und der Bahnbewachung. Dabei mißt 1 cm der Ordinaten 200 Kronen auf 1 km Strecke. Strichpunktiert sind auch eingezeichnet die Gesamtausgaben der Bahnunterhaltung und zwar bis zum Jahre 1896 zurück. 1 cm dieser Ordinaten bedeutet 600 Kronen für 1 km.

Als Vergleich zu den Kostenlinien ist die Linie der Verkehrsdichte Q mit stärkerer Linie dargestellt, und zwar für die Jahre 1896 bis 1913. (1 cm bedeutet 400 000 Bruttotonnenkm auf 1 km Strecke.)

Mehr als auffallend ist, daß die Linie der Verkehrsdichte in zwei Abschnitten, von 1896 bis 1906 und von 1908 bis 1913, mit der Linie der Gesamtausgaben fast parallel läuft, während dies nicht der Fall ist bei der Linie der bloßen Verkehrsgröße.

Wir können also die Gesamtkosten als lineare Funktion der Verkehrsdichte ansehen, und so entsteht für die Jahre

1896 bis 1906 die Gleichung $K = 1480 \rho$ und für 1908 bis 1913 $K = 1710 \rho$. (Es bedeuten K die Ausgaben der Bahnunterhaltung für das Jahr und 1 km Gleis in Kronen, und ρ 1000 »zahlende« Bruttotonnenkm auf 1 km Gleis.) Diese Grösse läßt sich aus den statistischen Veröffentlichungen der königl. ungarischen Staatsbahnen auch für die einzelnen Betriebsleitungen leicht bilden. ρ war bei dieser Bahn von 1895 bis 1913 der Reihe nach 1130, 1174, 1104, 1097, 1082, 1162, 1146, 1161, 1186, 1201, 1262, 1339, 1396, 1468, 1523, 1546, 1645, 1734, 1773.

Die Bahnunterhaltungskosten berechnet nach obigen Gleichungen zeigen von den tatsächlichen Kosten Abweichungen, die in den Jahren 1896 bis 1913 nur zwischen $+5\%$ und -5% liegen!

In den Jahren 1907 bis 1908 tritt ein starkes Anwachsen der Gesamtkosten von 1480 ρ bis auf 1710 ρ ein. Zur Erklärung dieses Sprunges sind in Abb. 2, Taf. 23 die Linien der Kosten für 1 m Schiene des schweren Oberbaues, weiter die Kosten der Holzschwellen auf 1 km, endlich die Anzahl der ausgewechselten Holzschwellen eingezeichnet, alles für die Jahre 1890 bis 1913. Daraus ist zu ersehen, daß die neue Konstante (1710) in den Jahren 1908 bis 1913 hauptsächlich von den teureren Einheitspreisen des Holzes und Stahles herrührt.

Die jährlichen Bahnunterhaltungskosten unterteilt nach Kosten des Unterbaues (VII), Oberbaues (VIII), Hochbaues (IX), ferner die Personalkosten, die Kosten für Sicherungs- und Signaldienst zeigen ebenfalls deutlich einen Verlauf proportional zur Verkehrsdichte, und so können wir wieder in zwei Gruppen für die ungarischen Bahnen in den angegebenen Jahren folgende statistischen Kostengleichungen angeben:

$K_{IV} = 240 \rho$	$K_{IV} = 240 \rho$
$K_V = 317 \rho$	$K_V = 306 \rho$
$K_{VI} = 27 \rho$	$K_{VI} = 20 \rho$
$K_{VII} = 152 \rho$	$K_{VII} = 146 \rho$
$K_{VIII} = 827 \rho$	$K_{VIII} = 650 \rho$
$K_{IX} = 147 \rho$	$K_{IX} = 118 \rho$
$K = \Sigma K = 1710 \rho$	$K = \Sigma K = 1480 \rho$

Die Verkehrsdichte ist der Schlüssel, oder vielmehr das Maß, nach welchem allein die Wirtschaft und die Ausgaben der Bahnen, Direktionen oder Betriebsleitungen miteinander vergleichbar werden. Nebenumstände können die Kraft der gezogenen Folgerungen abschwächen, doch kann man sie immer noch mit einiger Sicherheit in die Rechnung einstellen. Aber auch dann bleibt die Verkehrsdichte immer noch die wichtigste Grundlage des Vergleichens.

Desgleichen müßten die jährlichen Kostenvorschläge der einzelnen Betriebsleitungen im Verhältnisse zur Verkehrsdichte ihrer Linien stehen. Jede bedeutendere Abweichung von diesem Grundsatz dürfte eine rationelle Wirtschaft nur nach eingehender Begründung dulden.

Schwellentränkung mit Seesalz.

Von Oberingenieur L. Lubimoff, Moskau.

Diese Art von Schwellentränkung wird seit mehreren Jahren auf einigen russischen Eisenbahnen angewendet, in deren Bereiche große Salzseen oder Meerbusen mit konzentriertem Salze sich befinden. So z. B. auf den südöstlichen Linien der Rjazan-Oural Bahn, von denen der Eltonsee und der Baskountschaksee angeschnitten wird, und auf dem Netze der Südbahnen, wo der seichte Meerbusen »Siwasch« des Schwarzen Meeres sich befindet.

Man wird selbstverständlich von Natursalz als Tränkungsstoff keine allzu große fäulniswidrige Wirkung erwarten, schon deswegen nicht, weil das Chlormagnesium, das in hohem Prozentsatze den wirksamsten Bestandteil des konzentrierten Meer- und Seesalzes ausmacht, sehr hygroskopisch ist; dennoch

In der Vorkriegszeit wurde bei der MAV. auf die einheitliche und rationelle Kostengebarung der einzelnen Betriebsleitungen kein so großes Gewicht gelegt wie heute, und doch bestätigen die letzten zehn Jahre vor dem Kriege am kräftigsten das statistische Gesetz der Bahnunterhaltungskosten. Auf Abb. 3 bis 12, Taf. 23 sind für die Jahre 1904 bis 1913 die nach Posten geteilten Bahnunterhaltungskosten (IX Hochbau, VIII Oberbau, VII Unterbau usw.), für die einzelnen Betriebsleitungen aufgetragen, wobei diese nach der Grösse ihrer Verkehrsdichte auf der Abszisse geordnet sind. Die Verkehrsdichten wurden ebenfalls aufgetragen. Es ist daraus zu ersehen, daß die Linien der Kosten zwar un stetig verlaufen, daß aber die Linien ihrer Gewichtspunkte im ganzen doch eine fallende Tendenz haben, wie die Linien der Verkehrsdichten auch. Das statistische Gesetz ist also nicht nur für die MAV. als Ganzes gültig, sondern auch für ihre kleineren Teilgebiete, nämlich die Betriebsleitungen. Die Abweichungen (zackiger Verlauf der Kostenlinien) haben überall ihre besonderen Gründe. Diese hätten seinerzeit von zuständigen Stellen festgestellt werden können, wodurch auch mitunter die Wirtschaftlichkeit des Betriebes mehr oder minder hätte beeinflusst werden können. Die bewegten Abbildungen spiegeln mit ihrer sozusagen allgemeinen Einstellung (Kosten in Reihenfolge der abnehmenden Verkehrsdichten) gewissermaßen die Geschichte der Bahnunterhaltung von zehn Jahren wieder.

Es wäre lohnend zu untersuchen, ob auch beim Betriebsdienst und beim Förderungsdienst die Verkehrsdichte eine statistische Grundlage zur Kostenverglei chung zu bilden vermag, wobei selbst ein nicht gradliniger, sondern vielleicht parabolischer Zusammenhang auch noch wertvoll erscheinen würde.

Mit überraschender Sicherheit beweisen die Abb. 13 a bis k der Taf. 23 die Gültigkeit eines weiteren statistischen Gesetzes. Die persönlichen Auslagen an Linienbewachung und Bahnunterhaltung (Posten IV und V) zusammen, also die gesamten Ausgaben für Bahnunterhaltungsangestellte (jedoch ohne die Arbeiter) sind aufs engste mit den Gesamtausgaben der Bahnunterhaltung verbunden, obwohl summennähsig die persönlichen Ausgaben nur einen kleineren Teil der Bahnunterhaltungskosten ausmachen. In den Abb. 13 a bis k der Taf. 23 wurde je für die Jahre 1904 bis 1913 und für alle Betriebsleitungen aufgetragen, um wieviel Hundertteile die gesamten tatsächlichen Bahnunterhaltungsausgaben von den aus der Verkehrsdichte und dem Verhältnswerte 1710 ρ und 1480 ρ errechneten Kosten abweichen.

Ferner sind noch die auf gleicher Grundlage errechneten Abweichungen für die persönlichen Ausgaben eingezeichnet. Die beiden Linien des Kostenvergleichs machen dieselben Sprünge: die mittlere Abweichung in den 96 untersuchten Fällen beträgt $+0,01\%$! Dieses statistische Gesetz bestätigt letzten Endes die alte Wahrheit, daß viel überflüssige Köpfe und Arme viel überflüssige Arbeit unternehmen.

kann man es als ziemlich erfolgreiches Mittel zur dauernden Schwellenerhaltung betrachten. Wenigstens geben die seit dem Jahre 1889 gewonnenen Ergebnisse mit den auf den oben erwähnten Bahnen im Gleis liegenden, salzgetränkten Holzschwellen Anlaß zu behaupten, daß unter günstigen Umständen die Salztränkung ein gutes, billiges Mittel zur dauernden Erhaltung der Schwellen ist.

Die folgende Zusammenstellung Seite 190 kann zur Bestätigung dieser Behauptung dienen.

Ort: Baskountschaklinie der Rjazan-Oural Bahn.

Auf der Rjazan-Oural Bahn liegen gegenwärtig 148 127 salzgetränkte Schwellen, davon 94 780 im Hauptgleise und 53 347 in Nebengleisen.

Jahr des Schwellenlegens	Zahl der verlegten Schwellen	Anteil der am 1. Januar 1909 noch vorhandenen Schwellen
1889 und früher	3139	16 v. H.
1890	6120	44 "
1891	7538	60 "
1892	8763	59 "
1894	7870	91 "
1895	5848	98 "
1897	6806	100 "
1898	8538	100 "
1899	4155	100 "
1900	7563	100 "
1901	6963	100 "
1902	1589	100 "
1903	11219	100 "
1904	5767	100 "
1905	12305	100 "
1906	13466	100 "
1907	12570	100 "
1908	11519	100 "

Die Beobachtung jener Schwellen ergibt, daß:

1. Die Salztränkung den Festigkeitswiderstand gegen mechanische Einflüsse erhöht, so daß die Festigkeit größer wird als jene mit Chlorzink getränkter Schwellen.

2. Die Befürchtung, daß das Salz schädlich auf die Haken- und die Schwellenschrauben wirken könne, hat sich nicht bestätigt.

3. Eine geringe Abnutzung des Schienenfußes, die an den Berührungsstellen mit der Schwelle eintritt, ist mehr auf die Einwirkung kleiner, verstreuter Salzmassen zurückzuführen, die bei der Versendung des Salzes durch die Bodenritzen der Bahnwagen auf das Gleis fallen.

Die Salztränkung kann also auf Eisenbahnlagen, in deren Nähe größere Salzseen oder leichte Meerbusen liegen, eine wirkungsvolle Ausnutzung finden.

Die Salztränkung wurde bisher auf den genannten russischen Eisenbahnlagen so gehandhabt, daß die Holzschwellen einfach in seichte Stellen der Salzseen oder Meerbusen eingelegt wurden, wo der Salzinhalt durch Wasserverdunstung stark konzentriert ist (von 13 bis 21% B°).

Dabei müssen die Schwellen mindestens 1 bis 1 1/2 Jahre im Salzwasser liegen.

Es ist aber auch möglich, die Salztränkung in Tränkungsanstalten unter Vakuum und Druck nach dem üblichen »Brean« Volltränkungsverfahren durchzuführen.

Die technischen Vorschriften für eine derartige Salztränkung können folgendermaßen festgestellt werden:

1. Zur Tränkung werden nur ganz gesunde, saubergehobelte Schwellen zugelassen, deren Feuchtigkeitsgehalt nicht mehr als 20 v. H. beträgt.

2. Die Zeitdauer des Trocknens wird je nach den obwaltenden klimatischen Einflüssen festgesetzt.

3. Die Tränkung wird mit einer Salzwasserlösung von nicht weniger als 16,5 Beaumé durchgeführt, gleichgültig, ob jene Lösung aus dem dem Salzsee entnommenen Wasser entstammt oder aus trockenem in gewöhnlichem Wasser gelöstem Salz vorgerichtet wird. Das natürliche Salzwasser muß ganz rein sein und darf keinen bemerkenswerten Zusatz von organischen Stoffen oder Schlamm haben. Vor der Tränkung wird die Lösung bis + 40 C°, besser bis + 70 C° erwärmt.

4. Die Tränkung selbst geschieht folgendermaßen:

a) Die Schwellen werden in den Tränkungskessel hineingeschoben. Dann wird eine Luftverdünnung von nicht weniger als 60 cm erzeugt und mindestens 15 Minuten gehalten.

b) Hierauf wird der Tränkungskessel mit der Salzlösung gefüllt. Während des Füllens fährt man fort, die Luft aus dem Kessel auszupumpen, um den Unterdruck so lang als möglich beizubehalten.

c) Nach der gänzlichen Füllung des Tränkungskessels preßt man die Lösung in die Schwellen unter Druck, der dabei bis auf 7 bis 8 kg/cm² gesteigert wird und nicht weniger als eine Stunde auf dieser Höhe gehalten wird.

d) Nachdem das Einpressen der Lösung in die Schwellen beendet ist, wird die Salzsole aus dem Kessel abgelassen; die Tränkung ist damit beendet.

5. Die Schwellen müssen mindestens auf die ganze Dicke des Splintes getränkt werden. Die Normaltränkung muß einem m³ Holz mindestens 260 kg Lösung oder entsprechend 43 kg Salz zuführen.

6. Um das Gewicht der von den Schwellen eingesaugten Salzlösung zu ermitteln, müssen mindestens 10 v. H. der Schwellen vor und nach der Tränkung gewogen werden.

Berichte.

Allgemeines.

Von den Japanischen Eisenbahnen.

Nach dem letzten Bericht betrug die Länge der Japanischen Staatsbahnen am 1. Juni 1926 insgesamt 12650 km, von denen 780 km in den letzten 23 Monaten neu hinzugekommen sind. Von dem Gesamtnetz sind 2150 km zweigleisig, 21 km dreigleisig und 84 km viergleisig ausgebaut. Die Einführung des elektrischen Betriebs ist nicht besonders weit fortgeschritten; außer der etwa 30 km langen Ringbahn von Tokio sind nur 120 km in elektrischen Betrieb genommen worden, 21 weitere Kilometer sollen im laufenden Jahr noch fertiggestellt werden; daneben ist für dieses Jahr auch die Fertigstellung von 280 km dampfbetriebener Strecken vorgesehen. Für den Fahrverkehr zwischen der Hauptinsel und Hakodate auf Jesso wurden vier Fahrboote in Dienst gestellt, drei andere sind schon länger in Verwendung. Es werden jedoch nur Güterwagen übergesetzt.

Die Einnahmen betragen insgesamt 949 Millionen \mathcal{M} , wovon 22,6 Millionen auf die Eisenbahn-Dampfschiffahrtslagen entfallen. Die Gesamteinnahmen sind um 22,4 Millionen \mathcal{M} höher als im vorhergehenden Jahr. Die Ausgaben entsprechen mit 903 Millionen \mathcal{M}

denen des Vorjahres; es entfallen davon 523 Millionen auf den Betrieb, 291 Millionen auf Wiederherstellungsarbeiten und 89,5 Millionen auf Neubauten.

Außer dem Staatsbahnnetz gibt es in Japan noch 330 Privatbahngesellschaften, die 4480 km Haupt- und Nebenbahnen und 2550 km Straßbahnen betreiben. Von den ersteren werden 3380 km elektrisch und 510 km mit Dampf- und elektrischer Kraft nebeneinander betrieben; von den letzteren 1700 km elektrisch, der Rest mit Dampf oder mit anderen Mitteln. Das Gesamtkapital der Privatbahnen betrug Ende März 1924 3243 Millionen \mathcal{M} , die vom Staat gewährten Zuschüsse im Rechnungsjahr 1925/26 betragen 8 Millionen \mathcal{M} .

In Tokio wird z. Z. eine 1,6 km lange Untergrundbahn gebaut, die auf 22,5 km Gesamtlänge ausgedehnt werden soll.

Die Südmandschurische Bahn wurde zum erstenmal ein volles Jahr von Japan betrieben; die Ergebnisse sind daher noch nicht vergleichsfähig. Auf Formosa schließlich betrug die Bahnlänge 1400 km, davon waren 900 km im Staatsbesitz, die restlichen 500 km Privatbahnen.

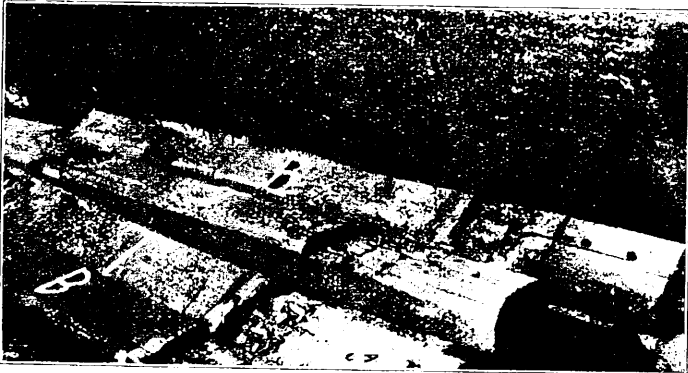
R. D.

(The Railw. Eng. 1927, Januar.)

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Erfahrung mit Teeröl- und Basilit-Schwellentränkung.

Die Niederländischen Staatsbahnen haben im April 1926 die Schwellen der Vergleichsstrecke, über die im Organ 1924, Seite 74 berichtet wurde, vollständig ausgebaut, um ein erschöpfendes Urteil über die Bewährung der basilitgetränkten Schwellen zu erhalten.



Mechanische Abnutzung der Schwellen.

Es hat sich dabei gezeigt, daß diese Schwellen im großen und ganzen sich doch bedeutend weniger gut erhalten hatten, als die mit Teeröl getränkten. Das Ergebnis der Prüfung war so, daß von den ausgebauten Schwellen sich als unbrauchbar zeigten:

	Teerölschwellen	Basiliteschwellen
Wegen Auftretens von Rissen . . .	149	210
„ mechanischen Verschleißes . . .	219	293
„ Fäulnis	30	90
aus sonstigen Gründen oder vor		
April 1926 ausgewechselt	20	107
	418	700
Wieder verwendbar	482	180
	900	880

Auffällig ist die starke mechanische Abnutzung beider Schwellenarten, die auf dem bestehenden Bilde deutlich sichtbar ist. (B mit Basilit, T mit Teeröl getränkte Schwellen.)

Ing. Maas-Geesteranus.

Eisenbahnschwellen aus Eisenbeton.

Der Ingenieur Gaudin hat eine neue Eisenbahnschwelle aus Eisenbeton hergestellt. Diese soll nicht mit den bekannten Fehlern der bisher versuchsweise eingebauten Schwellen aus diesem Material behaftet sein.

Die Schwelle hat die Form eines umgekehrten U mit verstärktem Fuß. Die Länge beträgt bei Vollspurbahnen 2,40 m, die Höhe 15 cm und die obere Breite 20 cm; an der Auflagerfläche hat sie eine Verbreiterung von 10 cm. An den Enden und in der Mitte ist sie als Hohlschwelle, unter den Auflagerflächen der Schienen als Vollschwelle ausgebildet. Das Gewicht der Schwelle beträgt 160 kg. Sie kann von drei bis vier Mann getragen werden. Der Länge nach hat sie eine doppelte Armierung (sechs Rundeseisen von 8 mm Durchmesser oben, sechs Rundeseisen von 7 mm Durchmesser unten). Die Querarmierung ist durch 4 mm starke Bügel hergestellt. Die Längsarmierung wird unter den Auflagerflächen der Schienen durch vier in sich geschlossene Rundeseisen und die Querarmierung durch in sich geschlossene Bügel verstärkt. Dadurch soll ein von Eisen umhüllter elastischer Betonkern geschaffen werden.

Im oberen Teil der Schwelle sind Ausdehnungsfugen durch Einbetonierung geteilter Papierstreifen gebildet, die über die Verstärkungseisen der Längsarmierung gehängt werden.

Dadurch sollen Rißbildungen im Beton verhindert werden. Durch die rollende Last sollen sich die Fugen öffnen und infolge der Elastizität der Eiseneinlagen wieder schließen. Nach Meinung des Erfinders wird so die Zähigkeit des Materials erreicht, die man sonst der Eisenbetonschwelle abstreitet.

Abb. 1 zeigt den Längenschnitt durch die Schwelle ohne Armierung, Abb. 2 den Längenschnitt mit Armierung, Abb. 3 zeigt den Schnitt durch die Schienenachse und Abb. 4 den Schnitt durch die Gleisachse.

Die Befestigung der Schienen auf der Schwelle ist aus Abb. 1 zu ersehen.

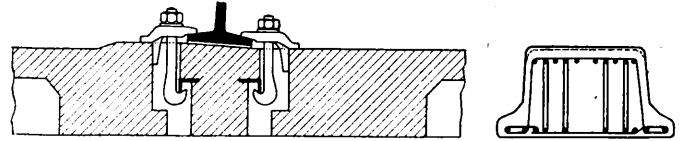


Abb. 1.

Abb. 3.

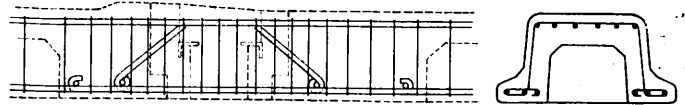


Abb. 2.

Abb. 4.

Die Schwelle wurde auf einer französischen Vollspurbahn mit einem zulässigen Achsdruck von 19 t seit Jahren beobachtet und soll sich gut bewährt haben.

Bulletin, Januar 27.

Sch.

Vorrichtung zur Aufzeichnung des Streckenzustandes.

Die russischen Bahnen besitzen eine Vorrichtung von Dolgow ähnlich der von Rossignol-Hallade zur Aufnahme des Streckenzustandes. Sie soll schlechte Schienenstöße, abgenutzte Schienen, schwache Befestigungen, mangelhaft unterstopfte Schwellen, schlechte Höhenlage der Strecke und nicht gut liegende Weichen erkennen lassen. Zu diesem Zweck ist sie mit einem Überhöhungsmesser, einem Instrument zur Längenprofilaufnahme, einer Anzeigevorrichtung für senkrechte und wagrechte Stöße und einem Spurweitenmesser versehen.

Die Vorrichtung ruht auf zwei Wagenradsätzen, die durch ein gabelartiges Gestell miteinander verbunden sind und befindet sich im Innern eines Wagenkastens, der die Bedienungsmannschaft aufnimmt, ohne jedoch mit ihm verbunden zu sein. Dadurch wird erreicht, daß die Aufzeichnungen vom Wagen nicht beeinflusst werden.

Der Überhöhungsmesser besteht aus zwei Pendelgewichten von je 32 kg, die an einem dem Gleis parallelen Träger derart aufgehängt sind, daß sie sich nur senkrecht zur Bewegungsrichtung des Zuges bewegen können. Infolge ihres Gewichtes nehmen sie eine lotrechte Stellung ein und behalten diese auch, wenn die Kurve langsam befahren wird, so daß durch das Hebelwerk die Schrägstellung des Trägers, die der Gleisüberhöhung entspricht, aufgezeichnet werden kann. Wird allerdings in Kurven die Fahrtgeschwindigkeit nicht auf ein Mindestmaß herabgesetzt, so nehmen die Pendel infolge der Fliehkraft eine schräge Stellung ein, was zu einem falschen Bild über die Gleislage führen muß.

Die Aufnahme des Längenprofils erfolgt mit einem ähnlichen Apparat; in diesem können die Pendel nur in Zugrichtung ausschlagen. Durch unruhigen Lauf scheinen hier die Aufzeichnungen ungünstig beeinflusst zu werden.

Die Vorrichtung zum Anzeigen der auftretenden lotrechten und wagrechten Stoßkräfte ist mit dem Gestell durch einen senkrecht gestellten Rahmen, in dessen Mittelpunkt eine Masse durch je ein in senkrechter und wagrechter Richtung angeordnetes Federpaar in der Schwebe gehalten wird, starr verbunden. Beim Auftreten eines Stoßes wird die Masse M im ersten Augenblick in Ruhe bleiben und es kommt die relative Bewegung zwischen Rahmen und Masse in einem Zeigerausschlag zum Ausdruck, der ein Maß für die Größe der Stoßkraft darstellt.

Der Spurweitenmesser besteht in der Hauptsache aus einer wagrechten, in der Mitte geteilten Stange, deren beide Teile durch eine kräftige Spiralfeder derart auseinander gedrückt werden, daß sie sich mit den Enden, an denen Rollen angebracht sind, an den Schienenkopf anlegen. Bei Spurweitenänderung führen beide Teile eine Bewegung aus, die aufgezeichnet wird.

Die Geschwindigkeitsaufnahme beruht darin, daß auf einen Papierstreifen, dessen Vorschub dem zurückgelegten Weg proportional ist, alle 20 Sekunden ein Zeichen aufgedrückt wird.

Aus der Beschreibung scheint hervorzugehen, daß die Vorrichtung sich zur Aufnahme dynamischer Erscheinungen ebensowenig eignet wie die von Rossignol.

Buchbesprechungen.

„Oberbau und Gleisverbindungen“ von Reichsbahnoberrat Dr. Ing. A. Blofs, Dresden, Verlag Jul. Springer, Berlin, 1927, 174 Seiten mit 245 Textabbildungen. Preis gebunden: 13,50 M.

In der derzeitigen Sturm- und Drangperiode des Oberbauwesens der Eisenbahnen kommt das Werk einem lebhaft empfundenen Bedürfnis entgegen und bietet dem Oberbaufachmann, der heute stark überlastet ist, einen wohlthuenden Überblick über den bis heute erreichten Stand sowie die Aufgaben der Zukunft — ein Überblick, der bei den vielen Einzelheiten und den vielen Neuerungen, die nur verstreut in der Literatur usw. bekannt werden, verloren zu gehen droht.

Der verdienstvolle Verfasser sagt in seinem Vorwort, daß zwar die Entwicklung noch nicht als abgeschlossen gelten kann, daß sie aber doch heute genügend zu übersehen ist, um mit dem Werke einen vorläufigen Abschluß zu wagen. Wir stimmen ihm hierin vollständig zu.

Das ganze Werk ist in zwei Teile gegliedert: Oberbau und Gleisverbindungen. Im ersten Teil behandelt der Verfasser den eigentlichen Oberbau (Schiene, Schwelle, Bettung usw.), seine Geschichte, die Beziehungen zwischen Schiene und Rad, die Berechnung des Eisenbahngleises einschließlich der dynamischen Wirkungen der Verkehrslasten, die Messungsmethoden dieser, die Einzelteile eines Gleises, das Gleis als Ganzes sowie die Unterhaltungs- und Gleisbauarbeiten.

Der besondere Wert der Neuerscheinung liegt darin, daß alle Neuerungen und Bestrebungen der Neuzeit Berücksichtigung fanden wie z. B. das Schweißen der Schienenstübe und Überbauteile, das Federn von Schienen auf den Schwellen, die Eisenbetonschwellen, die Gleiskrümmungen unter 100 m, die Schienenbefestigung auf Mauerwerk, die Ursachen der Riffelbildung, die Ergründung der dynamischen Wirkungen am Gleis, die Verwertung der Altstoffe durch Auffrischung, die neuesten Oberbauformen — dann die Verwendung von Maschinen beim Bau und bei der Unterhaltung von Gleisen, wie Gleislegekränen (Gleisverlegungsmaschine Hoch fand leider keine Erwähnung), Walzen der Bettung, Gleisstopfmaschinen und Unkrautbeseitigung mit Maschinen und Giftmitteln usw.

Im zweiten Abschnitt folgt eine Besprechung der Gleisverbindungen und zwar der Weichen und Kreuzungen mit ihren vielen neuzeitlichen Veränderungen, dann der Drehscheiben und Schiebepöhlen.

Zum erstenmal begegnen wir in einem Werke über Oberbauwesen der Beschreibung der verkürzten Weichen von Dr. Ing. Bäseler und der Maschinenfabrik Vögele, Mannheim, die auf dem Gebiete des Weichenbaues eine führende Stellung sich gesichert hat. Zu erwähnen sind ferner die Entgleisungs- und die Auslaufweichen (letztere mit fester Zunge), die Entwicklung von Weichenstrafsens einschließlich der mit Steilweichen, die neueren Konstruktionsgrundsätze für Weichen und Kreuzungen, die Federweichen, Bogen- und Federherzstücke, dann die geometrische Berechnung der Weichen und schließlich die Besprechung der neuesten Drehscheiben und Schiebepöhlenformen. Auch die Feuerleinsche Gelenkdrehbrücke, die eine Ausführung bisher noch nicht erfahren hat, findet Erwähnung.

Den Schluß bildet eine Beschreibung und Würdigung der einzelnen neueren Gleisabschlüsse (Prellböcke) — vor allem der von Palitzsch und Rawie und ihrer Bremsleistungen.

Das kurzgefaßte, mit wohlthuender Ruhe und Klarheit und in guter Sprache geschriebene Werk füllt zweifellos bei dem heutigen Stande der Oberbaufragen eine empfindliche Lücke aus und wir sind dem Verfasser zu Dank verpflichtet, daß er aus seinem reichen praktischen und theoretischen Wissen heraus sich dieser mühevollen und schwierigen Aufgabe unterzogen hat.

Es kann nicht erwartet werden, daß in allen Fällen eine scharfe kritische Würdigung aller Neuerungen, von denen viele sich erst in Fluß befinden, gegeben wurde, so sehr dies auch von dem stark belasteten Praktiker als Erleichterung und feste Stütze empfunden würde.

Doch können eben in Oberbaufragen erst die Jahre volle Klarheit über Gut oder Böse, über Wirtschaftlichkeit oder Verschwendung bringen.

Das Werk von A. Blofs ergänzt in wertvoller Weise — vor allem auch nach der theoretischen Seite hin — die aus einer reichen praktischen Erfahrung geborenen „Grundlagen des Gleisbaues“ des Altmeisters der Bahnunterhaltung Geh. Baurates Karl Bräuning (Berlin 1920, Verlag Wilh. Ernst & Sohn).

Beide Werke gehören nebeneinander auf den Arbeitstisch jedes Oberbaufachmannes.

Der Verlag hat in gewohnter Weise dem wertvollen Buche auch eine vornehme gediegene äußere Ausstattung zuteil werden lassen.

Wöhrli.

Zuschrift an die Schriftleitung.

Halbselfbsttätige, elektrisch gesteuerte Weichen einer Verschiebeanlage.

In Nr. 21 vom 15. 11. 1926 des „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens“ ist auf Seite 429 eine Besprechung: „Halbselfbsttätige, elektrisch gesteuerte Weichen einer Verschiebeanlage“ enthalten.

Es wird darin der Anspruch des französischen Erbauers Descubes der selfbsttätigen Ablaufanlage in Blainville erwähnt, der erste auf diesem Gebiete gewesen zu sein. Dieser Anspruch wird in einer Fußnote des Artikels im Génie Civil, Bd. 89, Nr. 4 vom 24. 7. 26, Seite 69 ff. erhoben, auf die sich die Besprechung bezieht. Diese Fußnote lautet wörtlich:

„Comme il a été expliqué dans le Génie Civil du 6 février 1926 (t. LXXXVIII, Nr. 6, p. 144) ce système, pour lequel une demande de brevet allemand était en instance au moment où la guerre fut déclarée, a été copié sans difficulté, en Allemagne, pendant et depuis la guerre, la gare de Lumes ayant été occupée par l'ennemi en août 1914, et son installation démontée, puis expédiée en Allemagne. Actuellement, la gare de Lumes a été rééquipée, et le système Descubes a été, en outre, installé aux gares de Blainville (réseau de l'Est) et de Metz-Sablons (réseau d'Alsace-

Lorraine). Les contrefaçons allemandes n'empêchent pas que ce système a été créé et appliqué pour la première fois en France.“

Demgegenüber stelle ich fest, daß die erste bekannt gewordene Anordnung selfbsttätiger Ablaufanlagen, bei denen die Wagen selbst vornehmen, von mir in dem Patent Siemens & Halske, Nr. 217311, Kl. 20, Gr. 11, vom 20. 10. 1908 angegeben wurde. Nach diesem Patent ist in Deutschland schon 1911 die Anlage in Kalk-Nord in Betrieb genommen worden. Die Durcharbeitung dieser Anlage stützte sich auf Vorschläge, die zwei Jahre früher (1909) von Siemens gemacht wurden. Die Anlage ist dann später (1915) nach Herne in Westfalen gebracht worden, wo sie sich in jeder Beziehung bewährt hat. Sie ist aber beim Rheinbruch 1923 durch die Franzosen zum Stillstand gekommen, indem während der Besetzung Teile aus der Anlage entfernt worden sind. Eine Wiederherstellung der Anlage ist veranlaßt. Die erneute Inbetriebnahme war bisher nicht möglich, weil der Ablaufberg wegen darunter befindlicher Bergwerke einsank. Nach Wiederherstellung des Rückens steht der Wiederinbetriebnahme der Anlage nichts mehr im Wege.

Dr. Pfeil.