

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

Herausgegeben von Dr. Ing. Heinrich Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

93. Jahrgang

1. Februar 1938

Heft 3

Die Entwicklung der Oberbauberechnung*).

Von Ing. Dr. Robert Hauker, Wien.

In der hundertjährigen Entwicklung der Eisenbahnen kann man bezüglich des Eisenbahnoberbaues zwei etwa gleich lange Abschnitte feststellen. Die erste Entwicklungsstufe war diejenige, in welcher die mannigfaltigsten Formen auftauchten, Lang- und Querschwellenbauarten im Wettstreit standen und noch alles im Flusse war; die zweite Entwicklungsstufe ist gekennzeichnet durch das Ausruhen des Querschwellenoberbaues auf seinem erfochtenen Sieg. Durch Jahrzehnte änderte sich an der Schienenform und an der Stützung nichts, am Schienenstoß und an der Befestigung nichts Grundsätzliches, höchstens schwankte man zwischen zwei Möglichkeiten, festem und schwebenden Stoß, und strammer und etwas nachgiebiger Befestigung pendelnd hin und her. Durch diese grundsätzliche Feststellung soll nicht etwa die unermüdlich geleistete Kleinarbeit im Verbessern der Einzelteile gering-schätzend abgetan werden, sondern diese Feststellung soll lediglich dazu dienen, aufzuzeigen, daß die Ausübung in der großen Zeitspanne, in der die Oberbauformen sich nicht änderten, Gelegenheit hatte, ein solches Maß von Erfahrung zu sammeln, daß der Oberbaufachmann der Ausübung überhaupt keine Oberbauberechnung braucht, um zu wissen, was einem gegebenen Oberbau zugemutet werden kann. Der erfahrene Streckeningenieur weiß gefühlsmäßig, welche Belastungen (Verkehrsgrößen) und welche Fahrgeschwindigkeiten er seiner Strecke zutrauen darf: das Alter des Gleises, der Grad der Schienenabnutzung, der Erhaltungszustand der Schwellen, der Bettung, der Stoßstellen und die Größe der Abweichungen der Schienenlage nach Richtung und Höhe vom Sollzustand werden in ihrer Gesamtheit die Grundlage für sein Urteil bilden.

Die Biegespannung der Schiene unter der lotrechten Belastung, die die Berechnung liefern kann, ist also nur ein Punkt von den vielen und vielleicht nicht einmal der ausschlaggebendste, die für die Beurteilung der zulässigen Gleisbeanspruchung maßgebend sind. Und wenn nun gar diese zu errechnenden Biegespannungen sich von den wirklich auftretenden um ein vielfaches entfernen, daß von der Berechnung des Oberbaues etwa in dem Sinn, wie man eine Brücke rechnet, überhaupt nicht gesprochen werden kann, dann drängt sich

*) Bemerkung der Schriftleitung. Für das Org. Fortschr. Eisenbahnwes. kann die Frage der Oberbauberechnung (als ebener Spannungszustand bei mittiger Belastung der Schiene) mit den Stockholmer Beschlüssen des Technischen Ausschusses vom VMEV als abgeschlossen gelten; nicht nur aus verwaltungsmäßigen Gründen, sondern auch deswegen, weil die Wandelbarkeit aller Einflüsse vom Untergrund an bis zu den Schwankungen des Raddruckes hinauf der erreichbaren Genauigkeit Grenzen setzt, die ein abkürzendes Näherungsverfahren ausreichend erscheinen lassen.

Die vorliegende Abhandlung kommt dem Wunsche auf Abschluß insofern entgegen, als sie die Entwicklung der Oberbauberechnung zusammenfaßt und auch für die rechnerische Betrachtung des „stellvertretenden Langschwellengleises“ als Abschluß gelten kann.

Es ist jedoch darauf hinzuweisen, daß der räumliche Belastungsfall der Schiene — namentlich im Bogengleis — der Forschung noch ein weites Feld der Betätigung bietet. Diese Weiterführung der Oberbauberechnung wird im Org. Fortschr. Eisenbahnwes. stets Förderung finden.

die Frage auf, ob es denn überhaupt einen Sinn hat, sich mit der Weiterentwicklung der Oberbauberechnung abzugeben, und Zeit und Mühe aufzuwenden, um entgegengesetzte Anschauungen gegeneinander abzuwägen, zu klären und weiter-zustreben. Der Mann der Ausübung wird leicht geneigt sein, in Anbetracht der oben angeführten Gründe die Frage zu verneinen; sein durch vieljährige Erfahrung hochgezüchtetes Gefühl wird ihm wertvoller sein, als die plumpen Berechnungsmethoden, die immer nur Bruchteile der Gesamterscheinungen zu erfassen vermögen und dies um so mehr, je verfeinerter sie sind und mit um so größerer „Genauigkeit“ sie arbeiten.

Und doch gibt es Gründe, die dafür sprechen, die Berechnung des Eisenbahnoberbaues weiter zu entwickeln und sich mit dem bis jetzt Erreichten nicht zufrieden zu geben.

Wir stehen wie in so vielen Dingen auch im Eisenbahnoberbau an einer Wende. Die sprunghafte Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit stellt an den Oberbau so hohe Anforderungen hinsichtlich Erhaltung der richtigen Lage und Höhe, und diese Anforderungen werden im Zusammenhang mit der vordrängenden Schienenschweißung, die mit Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit auch immer mehr an Bedeutung gewinnt, möglicherweise grundlegende Änderungen der Gleisformen bringen. Dann sind aber Vergleichsrechnungen auf einheitlicher wissenschaftlicher Grundlage von der größten Bedeutung. Im übrigen wird auch für die jetzt bestehenden Gleise die Ausübung Belastungsrichtlinien auf rechnerisch-mäßiger Grundlage nicht entbehren können, da auf gefühlsmäßigen Erwägungen keine Vorschriften aufgebaut werden können. Und noch ein Grund besteht, die Weiterentwicklung der Oberbauberechnung zu pflegen, der weniger den Gleisbau als den Fahrzeugbau betrifft. Wir rechnen heute allgemein nur mit lotrechten Lasten; die auf das Gleis wirkenden waagerechten Kräfte werden entweder überhaupt nicht berücksichtigt, oder wenn es doch geschieht dann so, daß ein bestimmter Hundertsatz vom lotrechten Gewicht in waagerechter Richtung wirkend in Rechnung gestellt wird. Nun beanspruchen die Achsen eines mehrachsigen Fahrzeugs das Gleis im Bogen in waagerechter Richtung in sehr verschiedenem Ausmaß, je nachdem die Achse eine führende ist oder nicht und je nachdem, wie viele nichtanlaufende Achsen die führende Achse vermittelt des Rahmens bei der Schwenkung des Fahrzeugs mitdrehen muß. Eine Oberbauberechnung, die diese verschiedenen Kräfte berücksichtigt, gäbe den Fahrzeugbauern die Möglichkeit in die Hand, die einzelnen Achsen so auszulasten, daß die Gesamtbeanspruchungen durch alle Achsen möglichst gleich ausfallen. Bis zur Berücksichtigung der waagerechten Lasten in ihrer tatsächlichen Größe ist noch ein weiter Weg, sie sind viel schwerer zu erfassen als die lotrechten Lasten, hängen sie doch von dem unsicheren Reibwert zwischen Rad und Schiene ab. Sollen die Fahrzeugbauer aber Fahrzeuge entwerfen, die das Gleis ausnützen und doch nicht überanstrengen*), dann

*) In England hat man sehr lang an der Lokomotivbauart 1A1 und 2A1 mit Treibachslasten von 20 t festgehalten, zu einer Zeit, als ansonst Achsdrücke von nur 12 bis 14 t gebräuchlich waren (s. Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1928, S. 479). Diese

wird der vorgezeichnete Weg beschritten werden müssen. Der erste Schritt auf diesem Weg ist die Berücksichtigung der gegenseitigen Wirkung der lotrechten Lasten aufeinander, der mit den neueren Berechnungsarten bereits getan wurde. Die Wege der beteiligten Forscher gehen aber auseinander und stehen auch im Widerspruch mit einem Beschluß des Oberbau- und Bahnbauausschusses des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen vom Mai 1935.

Im Jahre 1913 wurde von der großherzoglichen Eisenbahndirektion Oldenburg der Antrag gestellt, über eine einheitliche, tunlichst vereinfachte Berechnungsweise des Oberbaues eine allgemeine Verständigung herbeizuführen. Die begonnenen Arbeiten wurden durch den Krieg unterbrochen. Nach Wiederaufnahme der Sitzungen im Oktober 1922 wurde in Heidelberg beschlossen, der Klärung der Aufgabe durch Versuche näher zu kommen. Von 1923 bis 1935 wurden daraufhin umfangreiche Versuche angestellt mit dem Ergebnis, daß den Verwaltungen des Vereins empfohlen wird, bei der Berechnung des Eisenbahnoberbaues auf die Berücksichtigung einer Unterlageziffer zu verzichten und die von den Niederländischen Eisenbahnen eingeführte Achsstandformel zu benützen.

Da durch diesen Beschluß die erwähnten umfangreichen Arbeiten zu einem gewissen Abschluß gelangt sind, scheint es nicht unangebracht, die verschiedenen Rechnungsarten in ihrer Entwicklung zu verfolgen, die Versuche, die zur Aufstellung einer Formel für die Berechnung des Eisenbahnoberbaues führen sollten, kritisch zu beleuchten und daraus Schlußfolgerungen für die weitere Entwicklung zu ziehen.

I. Berechnung Winkler.

Es liegt nahe, den Eisenbahnoberbau als Durchlaufträger auf unendlich vielen Stützen zu betrachten, wobei man zunächst die Senkung der Stützen unberücksichtigt läßt. Winkler hat in einer streng durchgeführten Rechnung durch eine Größtwerbestimmung gefunden, daß bei einer bestimmten Belastung (Abb. 1) das denkbar größte Moment im Durchlaufbalken von der Größe

$$M = 0,1888 Ga \dots \dots \dots 1)$$

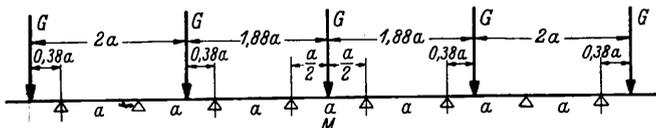


Abb. 1. Laststellung für das größte Moment M nach Winkler.

entsteht, wenn in der Bezeichnungswiese nach Winkler*) G die Radlast und a den Schwellenabstand bedeutet**). Voraussetzung für die Aufstellung dieser Formel war lediglich die Annahme gleich großer Lasten und die Bedingung, daß nie mehr als eine Radlast in einem Schwellenfeld stehen kann.

Diese Formel wird noch heute bei einigen Bahnverwaltungen, also rund 70 Jahre nach ihrem Entstehen, kraft der Autorität ihres Verfassers verwendet, obwohl man weiß,

großen Achsdrücke wurden von den Bahngesellschaften begreiflicherweise nicht amtlich zugegeben, sondern nur in der Ausübung zur Erzielung größerer Zugkräfte angewendet und zwar, wie die Erfahrung gezeigt hat, mit Erfolg, da keine nachteiligen Wirkungen auf den Oberbau festgestellt werden konnten. Diese große lotrechte Belastung durch eine zwischen anderen Achsen gut „eingebettete“ Mittelachse war also ganz unschädlich, da überdies durch die Bauart der Lokomotive höchstwahrscheinlich dafür gesorgt war, daß diese Achse auch keine großen waagerechten Kräfte auf das Gleis übertragen konnte, womit deutlich gezeigt ist, wie eine die Wirklichkeit besser erfassende Berechnungsart des Oberbaues den Fahrzeugbau in günstigem Sinn beeinflussen muß.

*) Winkler, Der Eisenbahnoberbau, Prag 1875.

**) Die Bezeichnungen sind in der Folge mit den von den verschiedenen Verfassern gewählten in Übereinstimmung gebracht worden, wodurch zwar die Einheitlichkeit leidet, aber der Vergleich mit den Urschriften erleichtert wird.

daß bei anderen Laststellungen zufolge der nicht zutreffenden Voraussetzung nicht senkbarer Stützen weit größere Biegemomente auftreten können. Formeln mit einem größeren Wert als 0,1888 hätten sicher ganz die gleiche oder noch größere Berechtigung als die von Winkler, und was soll eine „Genauigkeit“ in der dritten und vierten Dezimalstelle, wenn schon die beiden vorangehenden Stellen ganz unsicher sind! Dafür gibt es vielleicht eine Erklärung: Die Formel von Winkler ist wissenschaftlich streng unter den gegebenen Voraussetzungen und das gab ihr Kraft 70 Jahre zu bestehen, trotz aller möglichen Einwände, die gegen sie erhoben werden können. Die drei wesentlichen Einwände sind:

1. Die Stützpunkte liegen nicht fest, sondern senken sich unter der Belastung.
2. Die Abstände der Achsen sind in Wirklichkeit nicht gleich und nicht so, wie es die Rechnung voraussetzt.
3. Die Größe der Achslasten ist nicht gleich, sondern die Achsgewichte weichen sehr wesentlich voneinander ab und damit auch die gegenseitigen Einwirkungen auf das Biegemoment.

Die Entwicklung drängte dazu, zunächst Punkt 1 in die Berechnung einzubeziehen.

II. Berechnung Zimmermann.

Die Berechnung des Eisenbahnoberbaues unter der Annahme einer elastischen Unterlage ist vergleichsweise einfach für die Langschwelle; die Grundgleichungen finden sich bereits bei Winkler. Die strenge Berechnung der Querschwelle hat Zimmermann durchgeführt. Diese ist nicht mehr so einfach und wurde nur dadurch praktisch brauchbar gemacht, daß Zimmermann in seinem Buch*) für die verwickelten Ausdrücke für das Moment, die Senkung und die Bodenpressung in einem Tafelwerk eine Reihe von Festwerten $\eta_0, \eta_a, \eta_b, \mu_0$ und μ_a in Abhängigkeit von den Schwellenabmessungen zusammengestellt hat. Die Größtwerte der Schwellenbeanspruchung ergeben sich naturgemäß am Lastort „r“; die Senkung beträgt dort

$$y_r = \frac{k P}{b C} [\eta_a] \dots \dots \dots 2)$$

das Biegemoment

$$M_r = \frac{P}{b C} [\mu_a] \dots \dots \dots 3)$$

die Bodenpressung

$$p_r = C y_r \dots \dots \dots 4).$$

Dabei bedeutet

- b die Querswellenbreite,
- P den Schienendruck,
- C die Bettungsziffer,

$$k = \frac{1}{L} = \sqrt[4]{\frac{b C}{4 E' J'}}$$

E' die Elastizitätsziffer des Baustoffes der Schwelle,
J' das Trägheitsmoment der Schwelle.

[η] und [μ_a] die oben erwähnten Festwerte, die aus dem Tafelwerk von Zimmermann zu entnehmen sind.

Für $y_r = 1$ wird $P = D$. Der Schwellensenkungsdruck ist

$$D = \frac{b C}{k [\eta_a]} \dots \dots \dots 5),$$

das ist jene Kraft, die die Schwelle am Lastort um 1 cm eindrückt.

Um den Schienendruck P zu berechnen, werden nun zwei Annahmen gemacht; die eine ist die, daß sich der Raddruck G auf drei Schwellen verteile und die Schiene nur die Länge von

*) Zimmermann, Die Berechnung des Eisenbahnoberbaues, Berlin 1888.

zwei Feldweiten habe (Abb. 2). Die andere Annahme setzt einen unendlich langen Träger voraus mit Radlasten auf jeder zweiten Schwelle (Abb. 3). Dann ergibt sich für Abb. 2 der Schienendruck

$$P = \frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2} \cdot G \dots \dots \dots 6),$$

für Abb. 3

$$P = \frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} \cdot G \dots \dots \dots 7),$$

wobei $\gamma = \frac{B}{D}$ das Verhältnis des Schienensenkungsdruckes zum Schwellensenkungsdruck bedeutet. Der Schienensenkungsdruck ist ein Maß der Steifigkeit der Schiene:

$$B = \frac{6 E J}{a^3} \dots \dots \dots 8),$$

wenn E die Elastizitätsziffer des Schienenstahles und J das Trägheitsmoment der Schiene bedeutet.

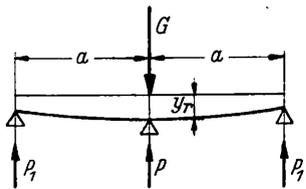


Abb. 2. Belastungsfall A zur Bestimmung des Schienendruckes P.

Unter diesen Annahmen schwankt der Schienendruck P etwa zwischen 0,7 bis 0,5 G; mit dem nach Gl. 6) oder 7) gefundenen P wird nun nach Gl. 2), 3) und 4) das Biegemoment für die Querschwellen gerechnet, ebenso die Quersenkungen und Bodenpressungen.

Zur Berechnung des Biegemomentes für die Schiene nimmt Zimmermann nun an, daß sich

die Radlast G auf vier Schwellen verteile und die Schiene eine begrenzte Länge von drei Feldweiten habe (Abb. 4). Dann ergibt sich das Moment unter der Last G in Feldmitte

$$M = \frac{8\gamma + 7}{4\gamma + 10} \cdot \frac{G a}{4} \dots \dots \dots 9),$$

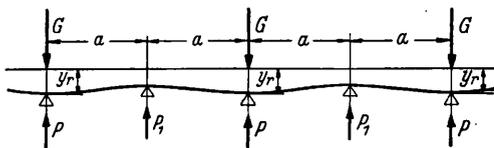


Abb. 3. Belastungsfall B zur Bestimmung des Schienendruckes P.

Andere Forscher haben noch andere Belastungsannahmen gemacht. Z. B. nimmt Engesser einen unendlich langen Träger mit gleichmäßig über die ganze Länge verteilten Lasten.

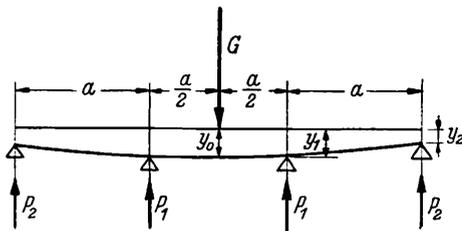


Abb. 4. Belastungsfall „Zimmermann“ zur Bestimmung des Biegemomentes in der Schiene.

die in Feldmitte jedes dritten Feldes stehen (Abb. 5). Dann ergibt sich ein Moment von

$$M = \frac{19\gamma + 4}{3\gamma + 1} \cdot \frac{G a}{24} \dots \dots \dots 10),$$

Schwedler nimmt einen begrenzten Träger über acht elastisch gelagerten Stützen mit einer Last in Trägermitte an (Abb. 6). Dann ergibt sich ein Moment von

$$M = \frac{32\gamma^3 + 524\gamma^2 + 568\gamma + 97}{4\gamma^3 + 194\gamma^2 + 330\gamma + 71} \cdot \frac{G a}{8} \dots \dots 11),$$

Vergleicht man die Ergebnisse der drei Formeln 9), 10) und 11), so ergibt sich für verschiedene Werte von γ das Biegemoment

$$M = K \cdot G \cdot a$$

mit den Werten für K nach Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

Moment nach der Formel von	K-Werte für $\gamma =$				
	0,0	0,5	1,0	2,0	4,0
Zimmermann 9)	0,175	0,229	0,268	0,319	0,375
Engesser 10)	0,167	0,225	0,240	0,250	0,256
Schwedler 11)	0,171	0,226	0,255	0,291	0,337

Für $\gamma = 0$ (unnachgiebige Stützung) ergeben sich kleinere Werte als 0,1888, da dieser Wert von Winkler als überhaupt möglicher Größtwert für eine bestimmte Laststellung gefunden

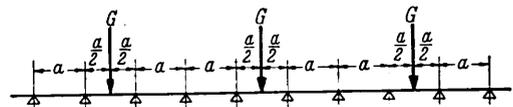


Abb. 5. Belastungsfall „Engesser“.

wurde. Bei ganz geringer Nachgiebigkeit $\gamma = 0,5$ springt das Moment sofort auf 0,23 G.a. um dann bei Steigerung der Nachgiebigkeit, des Untergrundes weiter anzusteigen, und zwar nach Zimmermann und Schwedler verhältnismäßig stark, weil dort nur Einzellasten in Betracht gezogen werden, während bei Engesser der Anstieg nur mäßig ist, weil sich hier der Einfluß der Nachbarlasten in günstigem Sinne wirkend fühlbar macht. Jedenfalls zeigt die Zahlentafel 1, daß man je nach Wahl des γ und der willkürlichen Belastungsannahmen jede Größe des Biegemomentes zwischen 0,17 und 0,37 G.a herausrechnen kann.

Der erhebliche Unterschied in der Größe der zu errechnenden Momente und durchgeführte Versuche, die deutlich darauf hinweisen, daß das Moment unter einer Last durch die Wirkung der benachbarten Lasten wesentlich verkleinert wird, ließen es wünschenswert erscheinen, den gegenseitigen Abstand der Achslasten zu berücksichtigen, gleichzeitig aber einfachere Formeln zu gewinnen, die für die Ausübung handlicher wären.

In diesem Bestreben ist man nun trotz einschlägiger Arbeiten von einer Reihe von Forschern wie Bloss, Diehl, Dietz, v. Dyk, Loewe, Pihera, Saller u. a., die alle für

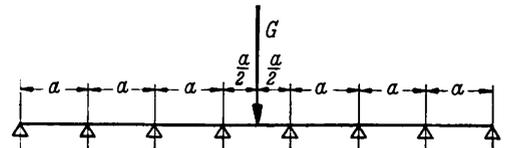


Abb. 6. Belastungsfall „Schwedler“.

ihre Rechnungen elastisch zusammendrückbaren Untergrund voraussetzen, wieder auf unelastische Stützung zurückgegangen, hat aber dafür den Einfluß von benachbarten Achsen, und zwar die jeweils wechselnde Größe dieses Abstandes in die Rechnung einzubeziehen versucht.

III. Achsstandformel.

Auf Grund von Untersuchungen der Niederländischen Eisenbahnen wurden in der zweiten Sitzung des Fachausschusses für Oberbau am 25. April 1923 den Vereinsverwaltungen empfohlen, bei der Berechnung des Oberbaues die Achsstandformel zu verwenden.

schusses für Oberbau, Anlage 2 zur Niederschrift 108 des Technischen Ausschusses Münster Westfalen, 16. bis 18. September 1930¹; niedergelegt.

Die Art der Durchführung dieser Versuche und ihre Ergebnisse sollen in nachstehendem in möglichst gedrängter Form wiedergegeben werden.

Sämtliche Spannungsmessungen wurden mit dem Spannungsmesser „Okhuizen“ durchgeführt, und zwar wurden in jedem Gleisquerschnitt vier Spannungsmesser an den Schienenfuß angesetzt und vier Ablesungen R_a , R_i , L_a und L_i gemacht (Abb. 11). Die Spannungen durch das lotrechte Biegemoment wurden dann mit $\frac{1}{2}(R_a + R_i)$ und $\frac{1}{2}(L_a + L_i)$ ermittelt

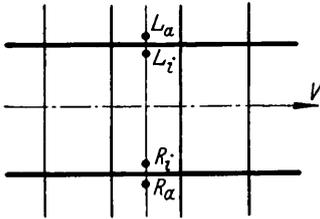


Abb. 11. Anbringung der Spannungsmesser in einem Schwellenfeld.

und aus den Ablesungen von in der Regel neun Zugfahrten wieder das Mittel genommen. Bei der Reichsbahndirektion Dresden wurden Vergleichsversuche auch mit dem Gleisdurchbiegungsphoto von Bloss*) durchgeführt, die nicht immer gute Übereinstimmung mit den Messungen „Okhuizen“ zeigten. Nichtsdestoweniger wurden aber bei den eigentlichen Versuchen auch von

der Reichsbahndirektion Dresden vier Okhuizen-Spannungsmesser verwendet, um vergleichsfähige Meßergebnisse zu bekommen und weil die Okhuizen-Spannungsmesser handlicher, billiger und schneller auswertungsfähig waren; dafür mußte man die Möglichkeit von Fehlerquellen bei größeren Fahrgeschwindigkeiten zufolge der Massenwirkung im Hebelwerk des Okhuizen-Spannungsmessers in Kauf nehmen. Auch das Verfahren der Mittelwertbildung aus den Ablesungen außen und innen ist nicht vollkommen einwandfrei, weil weder die Kraftrichtung noch der Angriffspunkt der angreifenden Last bekannt ist und die gebildeten Mittelwerte aus den Aufzeichnungen der seitlich angebrachten Spannungsmesser nicht die erwünschte Teilung für lotrechte und waagerechte Wirkungen darzustellen brauchen.

Die Versuche wurden mit folgenden Belastungszügen durchgeführt: Alle Züge hatten eine Lokomotive der Achsfolge 2 C, einen drei- oder vierachsigen Schlepptender, zwei zweiachsige und am Schluß einen vierachsigen offenen Güterwagen (Abb. 12 bis 14).

Gefahren wurde mit Geschwindigkeiten zwischen 5 und 90 km/h auf geraden Gleisen mit Schwellenabständen zwischen 60 und 90 cm gemäß Zahlentafel 2.

Die Ergebnisse der Spannungsmessungen aus Versuch Nr. X der Zahlentafel 2 umgerechnet auf eine Tonne Achsdruck zeigt die Abb. 15.

Aus den Zusammenstellungen in der Niederschrift 108 des Technischen Ausschusses, von denen Abb. 15 nur einen kleinen Ausschnitt darstellt, kann entnommen werden:

1. Die Spannungen je Tonne Achsdruck weichen wesentlich voneinander ab und es ist als sicher anzunehmen, daß der Hauptgrund dieser Abweichungen in der gegenseitigen Beeinflussung der benachbarten Achslasten zu suchen ist.

*) Beobachtungen am Eisenbahngleis mit dem Lichtbildverfahren. Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1920, S. 140.

Zahlentafel 2.

Nr.	Ort der Probe-strecke	Bettung	Schienen-form	Quer-schwellen	Schwellen-entfernung	Anmerkung
I	Martensdijk, Niederlande	Sand	N P 42	Holz (keine näheren Angaben)	60	Schienen lotrecht
II					70	
III					80	
IV					70	
V	Freiberg, Sachsen	Pack-lage und Stein-schlag	Sächsische Form VI J = 1700 W = 230 Höhe 147 mm, Fußbreite 130 mm	Holz, zweiseitig behauen, 20 cm Breite der Lager-flächen lg. 2,50 m	60	
VI					70	
VII					80	
VIII					90	
IX	Olden-burg	Stein-schlag	D h 42.5 kg/m	Holz	60	Dicht unter der Bettung eine sehr elastische Schicht Moor, darunter Sand
X					70	
XI					80	
XII				Eisen	70	

2. Die gegenseitige Beeinflussung der Nachbarlasten ist weitaus größer als alle bisher besprochenen Rechnungsmethoden einschließlich der Achsstandformel ergeben (siehe Abb. 15, 45 km/h — wo zum Vergleich mit den gemessenen Spannungswerten die Rechnungsergebnisse nach Winkler, Zimmermann und der Achsstandformel eingetragen sind). Ganz

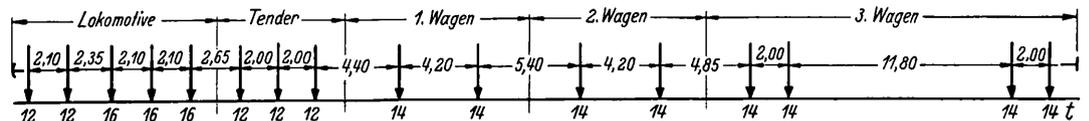


Abb. 12. Belastungszug auf den Niederländischen Probestrecken.

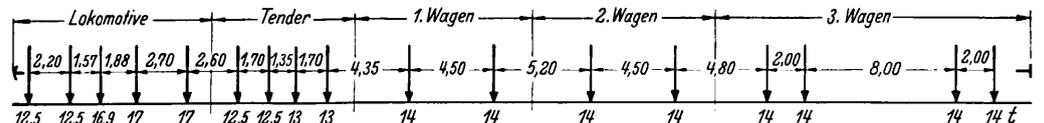


Abb. 13. Belastungszug auf den Oldenburgischen Probestrecken.

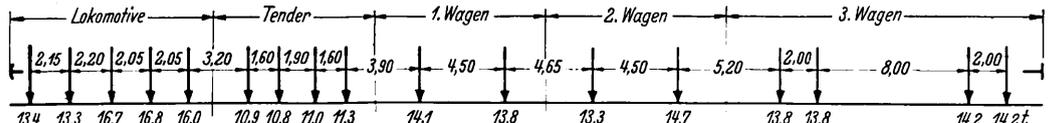


Abb. 14. Belastungszug auf den Sächsischen Probestrecken.

auffallend gering sind die Beanspruchungen des Gleises durch die mittlere oder die mittleren Tenderachsen bei allen Versuchsreihen, woraus zu ersehen ist, daß schon eine geringe Abstandsverkleinerung zwischen den Achsen bedeutende Spannungsermäßigungen zur Folge haben kann.

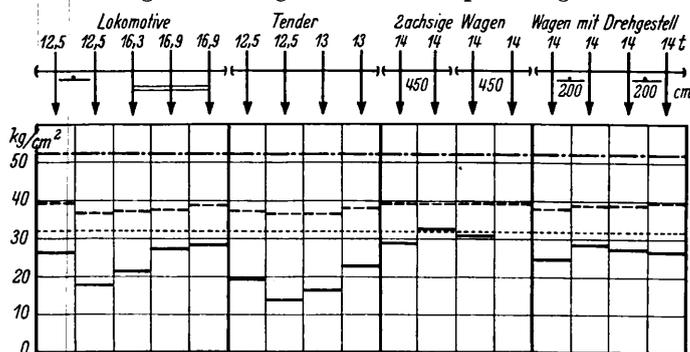
3. Der Einfluß der verschiedenen Querschwellenentfernungen tritt gegenüber dem Einfluß der Achsen aufeinander stark zurück. Während der letztgenannte Einfluß bei allen Versuchen mit wenigen Ausnahmen einheitlich in einer ganz bestimmten Richtung liegt, fallen die Versuche in Freiberg mit 60 cm Schwellenentfernung sämtlich aus dem Rahmen heraus (sie geben gegenüber 70 cm Schwellenentfernung viel zu hohe Beanspruchungen). Nach Angabe der Reichsbahn-

direktion Dresden ist keine Erklärung dafür vorhanden, außer der Möglichkeit, daß eine größere Abweichung der Unterlageziffer gegenüber den anderen Versuchen vorgelegen habe.

4. Im einzelnen kommen große Unterschiede der Beanspruchungen durch dieselben Achsen vor, die völlig ungeklärt sind. Z. B. sind die Abweichungen der Beanspruchungen durch die erste Lokomotivtreibachse bei zwei Versuchen größer als 100%, während die daneben liegenden Achsen kaum voneinander abweichende Beanspruchungen aufweisen. Oder bei den Versuchen Freiberg zeigt ein Vergleich der dritten Tenderachse, daß bei 5 und 15 km/h die Beanspruchungen durch die Schwellenentfernung unbeeinflusst bleiben, während bei 30, 45 und 80 km/h die Beanspruchungen bis auf das Fünffache ansteigen. Daneben bleibt die Beanspruchung des Gleises durch die erste Lokomotivdrehgestellachse bei 80 km/h von der Schwellenentfernung 60, 70 und 80 cm überhaupt unberührt.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß die angeführten Werte bereits Mittelwerte aus mehreren Versuchen sind, die Einzelbeobachtungen daher noch viel größere Streuungen aufweisen werden.

5. Der Einfluß der Fahrgeschwindigkeit zeigt sich in einem mäßigen Ansteigen der Beanspruchungen mit zu-



Versuche Nr. X der Zahlentafel 2.

Abb. 15. Ergebnisse der Spannungsmessungen: Schienenbeanspruchungen in kg/cm², bezogen auf 1 t Achsdruck, V = 45 km/h.

- Ergebnisse der Messung
- - - - - Berechnung „Zimmermann“
- · · · · Achsstandformel
- Berechnung „Winkler“

nehmender Geschwindigkeit. Von der Reichsbahndirektion Dresden sind Messungen auch bei der Geschwindigkeit Null vorgenommen worden, die gegenüber den Versuchen mit 5 km/h eine um 15% größere Beanspruchung ergeben haben, was damit erklärt wird, daß bei bewegten Lasten nicht die Zeit vorhanden sei, als daß sich die Durchbiegung voll auswirken könne.

Aus allen vorliegenden Versuchsreihen kann gefolgert werden, daß der gegenseitige Einfluß der Nachbarlasten aufeinander für die Beanspruchung den Hauptausschlag gibt, eine einheitliche Berechnung des Oberbaues auf diese Tatsache daher unbedingt Rücksicht nehmen muß. Die aus dem Vergleich der gemessenen Spannungen von den Niederländischen Eisenbahnen gezogene Schlußfolgerung*), daß die Größe der Unterlageziffer nur wenig Einfluß auf die Beanspruchungen haben könne, ist dagegen nicht ohne weiteres zwingend. Denn, wenn auch die Spannungsmessungen keine wesentlichen Unterschiede ergeben haben, obwohl die eine Bettung aus Sand, die andere aus Steinschlag bestanden hat, kann eben gemäß der Anmerkung, daß sich unter dem Steinschlag bei den Oldenburg-Versuchen eine elastische Schicht Moor befand,

*) Siehe auch: Driossen, Die einheitliche Berechnung des Oberbaues im Verein Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen. Org. Fortsch. Eisenbahnwes. 1937, Heft 7.

es leicht möglich sein, daß die Gesamtunterlageziffer trotz des verschiedenen Bettungsstoffes in beiden Fällen eben ungefähr gleich war, womit die von den Niederländischen Eisenbahnen gezogene Schlußfolgerung hinfällig wird (siehe später: Kap. IV B).

Hingegen zeigen gerade die Versuche der Reichsbahndirektion Dresden, daß die viel zu großen Beanspruchungen bei der Schwellenentfernung 60 cm durch einen ungenügenden Grad der Unterstopfung verursacht worden sein könnten, die Beanspruchungen von der Unterlageziffer also sehr wohl ganz wesentlich abhängig sein können.

Es ist zu bedauern, daß die ausgedehnten Spannungsmessungen nicht sofort mit der Bestimmung der Unterlageziffer Hand in Hand gegangen sind, derart, daß vor und nach den Spannungsmessungen die Unterlageziffer an mindestens vier der Meßstelle benachbarten Schwellen ermittelt worden ist, da nur so gewisse Unstimmigkeiten hätten geklärt werden können.

Jedenfalls war nach diesen Versuchsergebnissen der Technische Ausschuß der Ansicht, daß zur weiteren Klärung der Frage der einheitlichen Oberbauberechnung noch eingehende Versuche zum Zweck der Feststellung der Größe der Unterlageziffer bei verschiedenen Bettungsarten von mehreren Vereinsverwaltungen vorzunehmen seien, die auch ausgeführt wurden und in folgendem besprochen werden sollen.

B. Bestimmung der Unterlageziffer.

Die Bestimmung der Unterlageziffer wurde gemäß dem Beschluß des Technischen Ausschusses vom September 1930 nach einheitlichen Richtlinien durchgeführt. In die Arbeit teilten sich die Niederländischen Eisenbahnen, die Schweizerischen Bundesbahnen, das Reichsbahnzentralamt München, die Reichsbahndirektion Karlsruhe und das Reichsbahnzentralamt Berlin*). Für die Durchführung der Versuche einigte man sich auf einen Wagen nach dem Entwurf der Niederländischen Eisenbahnen, der die Belastungen zu liefern hatte. Es ist ein zweiachsiger Plattformwagen, der mit Schienen in vier Schichten beladen ist. Auf den Schienen ist ein Holzboden verlegt zur Aufstellung einer Druckpumpe, deren Leitungen zu hydraulischen Pressen führen, von denen je eine unter der Mitte der Längsträger des Wagens angebracht ist. In der Nähe der Pumpe befindet sich in jeder Druckleitung ein Manometer, um beobachten zu können, ob die beiden hydraulischen Pressen gleichmäßig arbeiten.

Zur Durchführung der Messungen wird der Wagen über die zu messende Schwelle gefahren bis die Stempel des Wagens auf Bügeln ruhen, die auf den Schwellen angebracht waren. Diese Bügel übertragen die Last unmittelbar auf die Schwelle, nämlich ohne Vermittlung der Fahrschienen, die von der Schwelle gelöst worden waren. Durch Betätigen der hydraulischen Presse wird der Wagen allmählich angehoben, bis das ganze Gewicht mit Ausnahme der Räder, Achsen und Achsbüchsen von der zu untersuchenden Schwelle getragen wird. Das auf die Schwelle übertragene Gewicht rechnet sich wie folgt:

Gewicht des Wagens	17995 kg
Bemannung	80 „
	18075 kg
Achssatz samt Büchsen	1960 „
Belastung der Schwelle	16115 kg

Die Schwellensenkungen werden in der Weise bestimmt, daß die Senkungen von neun Holzschrauben, die in die Schwellendecke eingedreht worden waren, mit einer besonderen Vorrichtung gemessen werden:

Beiderseits des Gleises werden zwei etwa 1,80 m lange Eisenpfähle in den Boden gerammt, an denen die Festpunkte

*) Niederschrift 113 des Technischen Ausschusses Stockholm, 28. bis 30. Mai 1935, die auch Abbildungen der Meßvorrichtungen enthält.

angebracht waren. Über das aus dem Boden herausragende Ende eines jeden Pfahles wird ein Lager geschoben, das mit zwei Schrauben am Pfahl festgeklemmt werden kann. Zwischen den Lagerstellen ist eine Mikrometerschraube eingeschaltet, die mit einer schneidenförmig ausgebildeten Stütze für das eine Ende des aus einem Doppel-T-Eisen gebildeten Lineals verbunden ist. Das andere Ende des Lineals wird durch einen auf diesem verschiebbaren Stahlstift unterstützt. Dieser Stift wird bei den Messungen auf die Holzschrauben oder bei den Eisenschwellen auf die gezeichneten Meßstellen aufgesetzt. Das Lineal wird mit einer sehr empfindlichen Wasserwaage mittels einer Mikrometerschraube waagrecht eingestellt. Die Mikrometerschraube hat 2 mm Ganghöhe, der Kopf ist in 20 Teile geteilt. Ein Teilstrich entspricht somit $\frac{1}{10}$ mm, durch Schätzung ist noch eine Ablesung auf $\frac{1}{100}$ mm möglich. Zur Durchführung der Messung wird der stählerne Stift der Reihe nach auf die verschiedenen Meßpunkte der Schwelle gestellt. Mit dem Lineal auf der einen Seite des Gleises werden die Punkte 1 bis 5, auf der anderen Seite die Punkte 5 bis 9 gemessen. Punkt 5 wird also zur Kontrolle von beiden Seiten eingemessen.

Die Messungen wurden an 104 verschiedenen Orten durchgeführt, wobei folgende Ergebnisse erzielt wurden:

Als ein Beispiel der 385 Messungen sind vier Messungen in km 8,000 der Strecke Eger—Nürnberg auf Blatt 80 der Niederschrift 113 des Technischen Ausschusses zusammengestellt. Kennzeichnend für die Ergebnisse vieler Messungen sind die vergleichsweise großen Unterschiede der ermittelten Unterlageziffern von Schwellen desselben Gleises (nach dem erwähnten Blatt 80, C = 21,24 und C = 13,83), wobei zu bemerken ist, daß die vorgenannten Unterschiede noch nicht die größten der überhaupt vorkommenden sind.

In Anlage 6 der Niederschrift 113 des Technischen Ausschusses sind nun die 104 Mittelwerte der Unterlageziffern, geordnet nach der Beschaffenheit des Untergrundes, der Art der Bettung und nach dem Verlauf der Bahn im Damm, in Geländehöhe und im Einschnitt zusammengestellt.

Zunächst scheinen, wie der Oberbau- und Bahnbauausschuß festgestellt hat, die verschiedenen Einflüsse recht verworren zu sein, da die Unterlageziffern C

bei Steinschlagbettung

- gewalzt zwischen 5,68 und 45,2
- gestampft zwischen 7,69 und 55,4
- geschüttet zwischen 6,00 und 32,8

bei Kiesbettung zwischen 7,9 und 22,0

liegen.

Ebenso schwanken die Unterlageziffern in Abhängigkeit von der Form des Bahnkörpers

- in Geländehöhe . . . zwischen 8,0 und 32,8
- im Einschnitt zwischen 6,0 und 55,4
- im Damm zwischen 5,68 und 37,2.

Bei näherem Zusehen kann aber doch eine gewisse Ordnung in die Ziffernfolgen gebracht werden.

Es ist vorauszusehen, daß die Unterlageziffer mit der Güte der Bettung Sand — Kies — Steinschlag zunimmt, daß aber selbst die beste Bettung ihren guten Einfluß nicht geltend machen kann, wenn der Untergrund zu nachgiebig ist. Leider sind Unterlageziffern für Sandbettung nicht gemessen worden, so daß in der Reihe Sand — Kies — Steinschlag das erste Glied fehlt. Mit Kiesbettung ist als höchste Unterlageziffer 17,3 (mit einer einzigen Ausnahme 22,0, über die später noch gesprochen werden wird) erreicht worden, während die höchste Unterlageziffer für Steinschlag 55,4 gefunden wurde. Der Mittelwert für beide Bettungsarten unter der Voraussetzung gleichen Untergrundes (die größte Anzahl Beobachtungen

gleichen Untergrundes wurde mit 17 Messungen für Untergrund „Kies“ durchgeführt) wurde gefunden:

- Steinschlagbettung 26,9
- Kiesbettung 14,6,

womit die Überlegenheit der Steinschlagbettung gegenüber Kiesbettung erhärtet erscheint.

Daß man ohne Berücksichtigung des Untergrundes kein einheitliches Bild hinsichtlich der Abhängigkeit der Unterlageziffer von der Bettungsart bekommen kann, erscheint einleuchtend, und zwar ist der Einfluß des Untergrundes um so größer, je kleiner der zwischen Untergrund und Schotterbett liegende Schüttungskörper von anderer Beschaffenheit ist als der Untergrund selbst. Dagegen ist es nicht verwunderlich, daß die Form des Bahnkörpers an sich (ob Damm oder Einschnitt) keinen Einfluß auf die Unterlageziffer haben kann, wenn der Damm alt genug ist, daß keine bleibenden Setzungen mehr stattfinden.

Demgemäß erklären sich die im allgemeinen hoch liegenden Unterlageziffern bei gutem Untergrund [Spalte 22, 25 und 26*] unabhängig ob Damm oder Einschnitt, während bei mittelter Bodenbeschaffenheit des Untergrundes (Spalte 8 bis 21) die Unterlageziffern mit wenigen Ausnahmen zwischen 10 und 20 liegen.

Bei schlechtem Untergrund (Spalte 1 bis 5 und 7) liegen die Unterlageziffern zwischen 5 und 10, ausgenommen die Stellen, an denen zwischen dem schlechten Untergrund und der Bettung ein genügend großer Schüttungskörper mit guter Bodenbeschaffenheit zwischengeschaltet ist: in Spalte 1 liegt

- die Beobachtung 25,7 S bereits im Übergang zu festem Boden,
- die Beobachtung 29,2 S auf 4 m hohem Damm,
- die Beobachtung 30,4 S auf 10 m hohem Damm,
- die Beobachtung 22,0 N auf einer Kiesschüttung, die den Moorboden auf eine Stärke von 3,35 m durchsetzt hat.

Bei allen übrigen Messungen der Spalte 1 lag die Dammhöhe zwischen 1,0 und 1,5 m (ausnahmsweise 2,5 m).

Bei geringen Dammhöhen konnte also der Steinschlag auf dem schlechten Untergrund seine Güte nicht zur Wirksamkeit bringen, bei größeren Dammhöhen (4 bis 10 m) spielt der Untergrund überhaupt keine Rolle mehr, da das Gewicht des großen Dammes gegenüber der aufgebrachten Nutzlast überwiegend ist und die Druckverteilung auf den Untergrund bei so großer Höhe des Dammes schon eine sehr weitgehende ist.

Daß die Güte der Entwässerung auf die Unterlageziffer von großem Einfluß ist, erscheint klar, da ein guter Boden bei entsprechender Durchfeuchtung eben zu einem schlechten Boden herabsinkt.

Zusammenfassend kann aus den Meßergebnissen entnommen werden:

Die Unterlageziffer ist ausschlaggebend von der Güte des Untergrundes abhängig und zwar zeigen

- schlechte Böden eine Unterlageziffer zwischen 5 und 10,
- gute Böden eine Unterlageziffer zwischen 10 und 20,
- sehr gute Böden bis Fels eine Unterlageziffer zwischen 20 und 50.

Bei Dammhöhen zwischen 2,0 und 3,0 m und mehr verschwindet der Einfluß des Untergrundes und maßgebend für die Unterlageziffer wird dann die „Bodenbeschaffenheit“ des Dammes selbst.

Übergreifend zeigt sich der Einfluß der Bettung in dem Sinn, daß unter Voraussetzung gleichen Untergrundes mit Steinschlag wesentlich höhere Unterlageziffern erreicht werden

*) Die Spaltenangaben beziehen sich auf Anlage 6 zur Niederschrift 113.

können als bei Kies, während die Art der Bettungsherstellung (gewalzt, gestampft oder gestopft) nur von geringem Einfluß zu sein scheint.

Bezüglich der absoluten Höhe der Unterlageziffer haben die Versuche gezeigt, daß sie höher zu liegen scheint als die Rechenmethoden, die eine Unterlageziffer benützen, bisher angenommen haben. Dies mag seinen Grund darin haben, daß die Belastung der Schwellen durch den Probewagen bedeutend höher waren als bisher angenommen worden ist. Der Schienen- druck auf eine Schwelle schwankt wie früher ausgeführt (siehe Abschnitt II) zwischen etwa 0,7 und 0,5 G; da die Untersuchungen mit einer Schwellenbelastung von rund 16000 kg durchgeführt worden sind, würde dies übliche Achslasten von 23 bis 32 t voraussetzen, die wir in Europa noch nicht erreicht haben. Da aber anzunehmen ist, daß die Einsenkungen nicht ganz verhältnismäßig den Belastungen sind, sondern die Senkungen mit zunehmender Belastung eine kleinere Zunahme aufweisen*), so müssen Versuche, bei denen größere Endbelastungen verwendet werden, auch zu größeren durchschnittlichen Unterlageziffern führen.

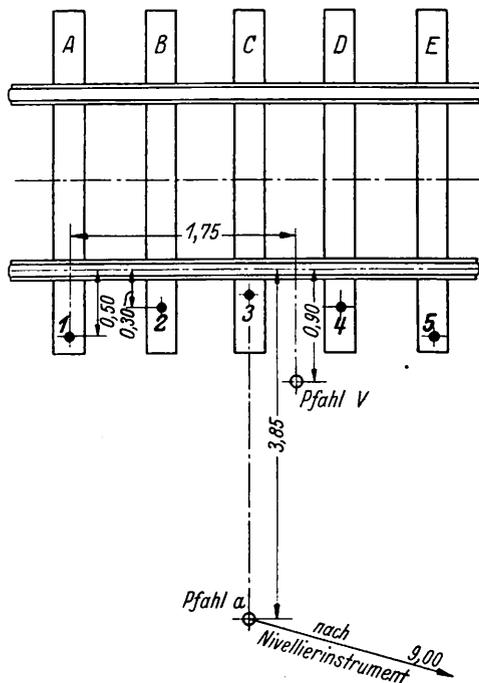


Abb. 16. Versuchsanordnung zur Bestimmung der Senkung unbelasteter Schwellen.

Die von Zimmermann vorgeschlagenen Unterlageziffern von $C = 3$ bis 8 scheinen für heutige Verhältnisse (größere Lasten, starke Bettung, schwere Schwellen mit breitem Schienenaufleger) wohl zu niedrig zu sein. Um sicher zu gehen, wäre es aber jedenfalls erwünscht, wenn bei weiteren Versuchen auch Zwischenwerte von Senkungen im Verlauf der Laststeigerung gemessen und die jeweils zugehörigen durchschnittlichen Unterlageziffern ermittelt würden.

Im Rahmen der Versuche zur Bestimmung der Unterlageziffer haben die Niederländischen Eisenbahnen noch Messungen durchgeführt, die über die Senkung unbelasteter Schwellen, die der belasteten Schwelle benachbart waren, Aufschluß geben sollten.

Es wurde gemäß Abb. 16 die Unterlageziffer der Schwelle A und außerdem die Senkung der Punkte 1, 2, 3, 4 und 5 der von der Schiene gelösten Schwellen A, B, C, D und E festgestellt, wenn nur die Schwelle A belastet war.

*) Siehe v. Gruenewaldt, Amerikanische Oberbauuntersuchungen, Org. Fortsch. Eisenbahnwes. 1929, S. 105, Abb. 14.

Das Bild der Senkungen zeigt Abb. 17. Dieser Versuch der Niederländischen Eisenbahnen, der an einer Stelle von sehr schlechtem Untergrund ausgeführt worden ist, zeigt, daß sich nicht nur die belastete Schwelle, sondern auch die unbelasteten Nachbarschwellen senken. Daraus ziehen nun die Niederländischen Eisenbahnen folgenden Schluß:

„Die Versuche zeigen, welchen großen Einfluß das Senken der benachbarten Schwellen auf die Unterlageziffer ausübt, die aus der absoluten Senkung der belasteten Schwelle errechnet wurde. Die errechnete Unterlageziffer $C = 9,5$ gibt, obwohl man bei dem schlechten Baugrund eine niedrige Ziffer erwarten konnte, doch nicht die der Wirklichkeit entsprechende Zahl an, sie ist vielmehr nur ein absoluter Wert, der errechnet wurde aus der auf einen in der Höhe unverrückbaren Punkt bezogenen Einsenkung der belasteten Schwelle und ohne daß auch die Einsenkung der benachbarten Schwelle berücksichtigt wurde. Würde der Untergrund noch schlechter sein, so daß sich die benachbarten Schwellen genau ebensoviel senkten wie die belastete, so würde ein Zustand eintreten, der für die Schienen als eine starre Lagerung angenommen werden könnte, da es an sich gleichgültig für die Spannung der Schiene ist, ob die Schwellen sich gar nicht oder alle um ein gleiches Maß senken. Auf die Spannung der Schiene ist nur die

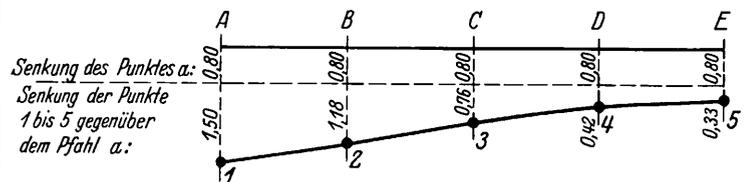


Abb. 17. Senkung der unbelasteten Schwellen B, C, D und E bei Belastung der Schwelle A.

relative Senkung der belasteten Schwelle gegenüber der benachbarten von Einfluß. Aus der Messung der absoluten Senkung der Lastschwelle darf die Unterlageziffer nicht errechnet werden.

Bei der Berechnung der Unterlageziffer $C = 9,5$ liegt, wie bereits erwähnt, die absolute Senkung der belasteten Schwelle A (Abb. 17) ein Wert von $1,50 + 0,80 = 2,30$ mm zugrunde. Die benachbarte Schwelle zeigt eine Senkung von $1,18 + 0,80 = 1,98$ mm. Die relative Senkung ist also $2,30 - 1,98 = 0,32$ mm. Hätte man diese als Grundlage genommen, so wäre eine Unterlageziffer von $\frac{2,30}{0,32} \cdot 9,5 = 68$ gefunden worden“.

Zu dieser Schlußfolgerung ist zu bemerken, daß es wohl richtig ist, daß es für die Spannung der Schienen gleichgültig sein muß, ob sich die Schwellen gar nicht oder alle um das gleiche Maß senken. Für die Ermittlung der relativen Unterlageziffer kann aber nicht nur der Unterschied der Senkungen der zunächst benachbarten Schwellen in Frage kommen, sondern das Verhalten des Untergrundes auf eine größere Entfernung (wenigstens auf eine Wellenlänge der Biegelinie der Schiene). Dabei sieht man, daß die Senkungen der unbelasteten Schwellen nicht gleich sind, sondern in größerer Entfernung von der belasteten Schwelle sehr bald viel kleiner werden, die ermittelte relative Unterlageziffer von 68, oder gar die bei einem anderen Versuch gefundene von 82 daher viel zu groß ist. Daß dieser Schluß richtig ist, geht sofort aus der Betrachtung eines Grenzfalles hervor: nehmen wir an, die Senkung der Schwelle B wäre gleich oder nahezu gleich der Senkung der Schwelle A und die Senkung der Schwelle C wäre gleich Null oder nahezu gleich Null gewesen. Dann hätte sich rechnermäßig die relative Unterlageziffer $C = \infty$ ergeben. Daß dann die Schienenbeanspruchungen unabhängig von den Senkungen sein sollen, nämlich unabhängig von der Senkung der Schwelle C kann wohl nicht gut möglich sein und auch Driessen wird seine Zustimmung nicht versagen wollen. Im übrigen dürften auch die beiden Achssätze von rund 2 t Gewicht, die nach der Druckübertragung auf die Schwelle A die Nachbarschwellen belasteten, nicht ganz ohne Einfluß auf die Senkung der Nachbarschwellen gewesen sein.

Die Niederländischen Versuche haben indes jedenfalls gezeigt, und es ist ein Verdienst Driessens darauf hingewiesen zu haben, daß auf sehr schlechtem Untergrund aufgebrachte Lasten Senkungen in einer größeren Umgebung des Lastortes zur Folge haben und daher mit einer etwas erhöhten Unterlageziffer gerechnet werden könnte, um die mittlere Gesamtsenkung des Untergrundes zu berücksichtigen. Wie groß eine solche Erhöhung anzusetzen wäre, müßten erst Spannungsmessungen und daraus zurückgerechnete Unterlageziffern im Vergleich mit den durch unmittelbare Schwellenbelastung bestimmten Unterlageziffern zeigen.

Bei gutem und besten Untergrund ist, wie die Versuche gezeigt haben, die Beeinflussung der Nachbarschwellen nur von untergeordneter Bedeutung. Die nach der oben angeführten Methode errechneten relativen Unterlageziffern haben sich bei einem solchen Versuch mit

$$\frac{1,83}{1,39} \cdot 14,7 = 19,3.$$

bei einem anderen Versuch mit

$$\frac{3,07}{1,84} \cdot 9,5 = 15,9$$

ergeben, also wesentlich kleinere Werte als bei schlechtem Untergrund. Daraus hat nun der Oberbau- und Bahnbauausschuß, auf Grund der Ausführungen Driessens, folgenden Schluß gezogen:

„Die umfangreichen Versuche haben gezeigt, daß für das Absinken der Schwellen aus der Ruhelage in die durch die Belastung erzwungene Lage nicht so sehr die Art und der Zustand der Bettung, als vielmehr die Art des Untergrundes maßgebend ist. Ferner wurde festgestellt, daß nicht nur die unmittelbar belastete Schwelle, sondern auch die Nachbarschwellen sich senken. Es darf daher bei der Bestimmung der Unterlageziffer nicht mit der absoluten Einsenkung der belasteten Schwelle, sondern es muß mit der relativen Einsenkung der Schwellen, das heißt mit dem Unterschied zwischen den Einsenkungen der belasteten und der benachbarten Schwelle gerechnet werden.

Bei nachgiebigem Untergrund, bei dem nicht nur die belastete, sondern auch die benachbarten Schwellen erheblich einsinken, ist die Veränderung der gegenseitigen Höhenlage dieser Schwellen verhältnismäßig gering und daher die aus dieser relativen Einsenkung errechnete Unterlageziffer groß.

Bei festem Untergrund ist die Nachgiebigkeit der belasteten und der benachbarten Schwelle und auch der Unterschied zwischen den Einsenkungen beider sehr gering; somit ergibt sowohl die aus der absoluten als auch aus der relativen Einsenkung der Schwelle errechnete Unterlageziffer hohe Werte.

Da nun einerseits bei Anwendung von Oberbauformeln, in denen die Nachgiebigkeit der Schwellen berücksichtigt wird, durch hohe Unterlageziffern die in den Schienen und Schwellen auftretenden Spannungen nur in sehr geringem Maße beeinflußt werden, jedenfalls viel weniger, als durch die Verschiedenheit der Achsstände, die Entfernung der Schwellen, Fahrgeschwindigkeit und durch die Befestigung der Schienen, und da andererseits bei den Versuchen in der Größe der errechneten Unterlageziffer eine Gesetzmäßigkeit oder Regelmäßigkeit, die durch die Art der Bettung oder durch die Beschaffenheit des Untergrundes begründet sein könnte, nicht festgestellt wurde, empfiehlt es sich, bei der Berechnung des Oberbaues von der Einfügung einer Unterlageziffer abzusehen.

Der Oberbau- und Bahnbauausschuß stellt daher den Antrag, der Technische Ausschuß wolle zustimmen

1. daß die zum Zweck der Feststellung der Größe der Bettungsziffern angeordneten Versuche als abgeschlossen gelten und daß

2. auf Grund der Ergebnisse der Versuche den Vereinsverwaltungen empfohlen wird, von der Aufnahme einer Unterlageziffer in die Formel für die Berechnung des Oberbaues Abstand zu nehmen.“

Entgegen diesen Feststellungen glaubt der Verfasser nachgewiesen zu haben, daß bereits durch die vorliegenden Versuche eine gewisse Gesetzmäßigkeit in der Abhängigkeit der

Unterlageziffer von der Beschaffenheit des Untergrundes und der Art der Bettung festgestellt werden konnte, daß jedenfalls die Unterlageziffern in weiten Grenzen schwanken, daher auch der Einfluß der Unterlageziffern auf die Beanspruchung des Gleises nicht unbedeutend sein wird und demnach die Nichtberücksichtigung einer Unterlageziffer in der Formel für die Berechnung des Oberbaues auf eine wichtige Berechnungsgrundlage verzichtet. Das lenkt den Blick darauf, daß in jüngster Zeit eine Reihe von Abhandlungen über die einheitliche Berechnung des Eisenbahnoberbaues erschienen sind, die trotz Mitberücksichtigung einer Unterlageziffer recht einfach sind und alle früher angeführten veränderlichen Größen schon in recht weitgehendem Maß zu erfassen im stande sind.

V. Langträgerberechnung.

Wenn man berücksichtigt, daß die Durchbiegung der Schiene zwischen zwei Querschwellen gegenüber der Gesamtdurchbiegung zufolge der Nachgiebigkeit des Untergrundes ganz zurücktritt (für eine Schiene der Form S 49 mit $J = 1781 \text{ cm}^4$ ergibt sich bei einer Schwellenentfernung von 70 cm und einer Belastung von 8000 kg Raddruck nach der

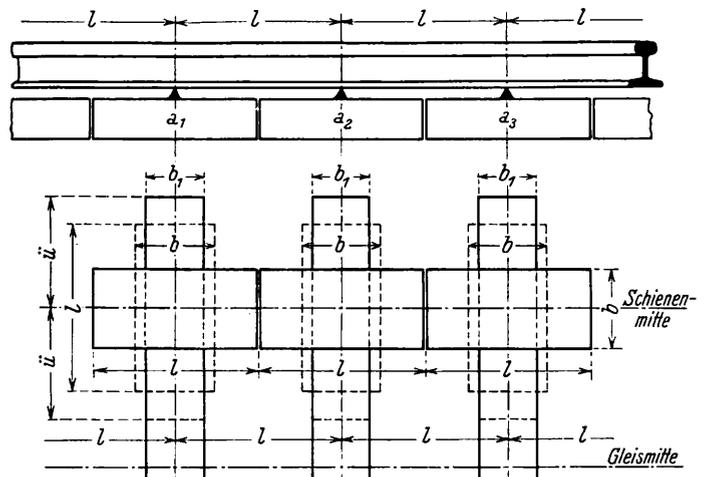


Abb. 18. Gedachte Längsstützung der Schiene, die die Querschwellenstützung ersetzt.

Gleichung für den frei aufliegenden Balken eine Durchbiegung zwischen zwei Schwellen $f = \frac{P l^3}{48 E J}$ mit rund 0,15 mm,

während die Gesamtdurchbiegung zufolge der Nachgiebigkeit des Untergrundes das 10 bis 20fache beträgt), scheint der Gedanke naheliegend, die Querschwellenunterstützung durch eine gedachte Längsunterstützung zu ersetzen, die in ihrer Wirkung auf die Schienen der Wirkung der tatsächlich vorhandenen Querschwellen nahezu gleichkommt und nun für diese gedachte Stützung die viel einfachere Berechnungsweise des Langschwellenoberbaues anzuwenden.

Denkt man sich gemäß Abb. 18 die Querschwellen von der Breite b_1 auf die Länge $2 \ddot{u}$ durch ein Schwellenstück von der Länge der Querschwellenentfernung l ersetzt und in die Richtung der Gleisachse gedreht, so erhält man eine Längsunterstützung von der Breite b , die anscheinend die wirkliche Querschwellen in ihrer Wirkung zu ersetzen vermag (aus der Bedingung, daß die unterstützenden Flächen vor und nach der gedachten Drehung gleich bleiben*). Diese Bedingung wird erfüllt durch die Gleichung

$$b = \frac{b_1 \cdot 2 \ddot{u}}{l} \dots \dots \dots 15).$$

*) Siehe H a n k e r, Einheitliche Langträgerberechnung des Eisenbahnoberbaues, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1935, Heft 5. 3. Heft 1938.

Führt man diese Beziehung in den Grundwert des Langschwelenoberbaues

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 E J}{b C}} \dots \dots \dots 16)$$

ein, dann erhält man

$$L = \sqrt[4]{\frac{2 E J I}{C b_1 \ddot{u}}} \dots \dots \dots 17).$$

Man kann nun das Biegemoment am Lastort P_0 , die Bodenpressung p_0 und die Senkung y_0 nach den Regeln des Langschwelenoberbaues in einfacher Weise finden mit

$$M_0 = \frac{P_0 L}{4} = \frac{P_0}{4} \sqrt[4]{\frac{2 E J I}{C b_1 \ddot{u}}} \dots \dots \dots 18)$$

$$p_0 = \frac{P_0}{2 b L} = \frac{P_0 I}{4 b_1 \ddot{u} L} \dots \dots \dots 19)$$

$$y_0 = \frac{P_0}{C} \dots \dots \dots 20).$$

Gl. 17) ergibt sich auch nach dem Vorschlag Timoshenko und Saller*) durch Einführung der Beziehung

$$C b = \frac{D}{I} \dots \dots \dots 21)$$

mit Benützung der Vereinfachung von Diehl

$$D = 2 C b_1 \ddot{u} \dots \dots \dots 22)$$

und ist jüngst von Czitary**) auf einem weit ausholenden Wege wissenschaftlich begründet worden, wodurch die Richtigkeit der oben angestellten Überlegung erhärtet erscheint.

Somit bleibt für den Grundwert des gedachten Langträgers, der den Querschwelenoberbau in seiner Wirkung auf die Schiene ersetzen soll, die Gl. 17) zu Recht bestehen***).

Die Langträgerberechnung liefert aber nicht nur einfache Ausdrücke für das Biegemoment, die Bodenpressung und die Senkung beim Angriff einer einzigen Last, sondern sie bietet auch die Handhabe, die Wirkung mehrerer Lasten von verschiedener Größe und beliebigem gegenseitigen Abstand in einfacher Weise in die Rechnung einzubeziehen:

a) Biegemoment.

Das Moment unter einer Last P ist nach Zimmermann

$$M = \frac{P L}{4} \mu = \frac{P L}{4} e^{-\xi} (\cos \xi - \sin \xi) \dots \dots 23),$$

wenn $\xi = \frac{x}{L}$ ist, wobei x die Abszisse der Momentenlinie bedeutet.

Die Linie

$$\mu = e^{-\xi} (\cos \xi - \sin \xi) \dots \dots \dots 24)$$

ist aber zugleich die Einflußlinie für das Biegemoment, d. h.

die Ordinate an irgend einem Punkt gibt mit $\frac{P L}{4}$ vervielfacht den Einfluß irgend einer Last P auf das Biegemoment am Orte der Last P_0 (Abb. 19).

Damit ist die Aufgabe bereits gelöst. Um aber eine für die Ausübung handliche Formel zu bekommen, ersetzt Saller die Einflußlinie in dem Raum AB (Abb. 19), in dem auftretende Radlasten das Moment an der Stelle von P_0 beeinflussen, durch eine Gerade, die in Abb. 19 strichpunktiert eingezeichnet ist. Auftretende Radlasten links von A haben auf

$$M_0 = \frac{P_0 L}{4} \left[\frac{P_1 (3,75 L - a) + P_2 (3,75 L - b) + P_3 (3,75 L - c) + \dots}{42} \right] \dots \dots \dots 27).$$

*) Einheitliche Berechnung des Eisenbahnoberbaues, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1932, Heft 1.

**) Beitrag zur Berechnung des Querschwelenoberbaues, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1936, Heft 8.

***) Siehe Hanker, Einheitliche Langträgerberechnung des Eisenbahnoberbaues, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1935, Heft 5.

das Moment an der Stelle von P_0 nur mehr verschwindenden Einfluß und werden vernachlässigt. Lasten zwischen B und P_0 kommen praktisch äußerst selten vor; für diese wenigen Ausnahmefälle wird später noch eine kleine Ergänzung angefügt werden.

Die Ausgleichgerade verbindet den runden Wert 3,75 L mit B, dem höchsten Punkt der μ -Linie.

Die μ -Linie geht für

$$\xi = \frac{\pi}{4}, \frac{5 \pi}{4}, \frac{9 \pi}{4} \text{ usw.}$$

durch die Abszissenachse und hat für

$$\xi = \frac{\pi}{2}, \frac{3 \pi}{2}, \frac{5 \pi}{2} \text{ usw.}$$

Größt- oder Kleinstwerte.

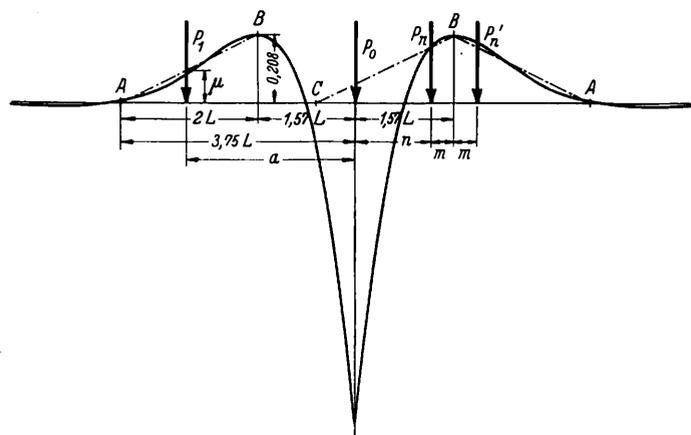


Abb. 19. Einflußlinie für das Biegemoment der Schiene.

Der Punkt B liegt also bei $\xi = \frac{\pi}{2}$ oder $x = 1,57 L$ und hat nach Gl. 24) den Ordinatenwert

$$\mu = -\frac{1}{e^{\frac{\pi}{2}}} = -0,208.$$

Bezeichnet a den Abstand der Last P_1 von P_0 , so soll μ von Null bis $\mu = 0,208$ geradlinig ansteigen, wenn die Last P von $a = 3,75 L$ bis $a = 1,57 L$ an die Last P_0 heranrückt. Diese Bedingung wird erfüllt durch die Gleichung

$$\mu = \frac{3,75 L - a}{10,5 L} \dots \dots \dots 25),$$

denn für $a = 3,75 L$ wird $\mu = 0$ und für $a = 1,57 L$ wird $\mu = 0,208$.

Eine Last P_1 im Abstand a von P_0 vermindert also das Moment bei P_0 nach der Gleichung

$$M = \frac{P_0 L}{4} - \frac{P_1 L}{4} \mu = \frac{P_0 L}{4} - \frac{P_1 L}{4} \cdot \frac{3,75 L - a}{10,5 L} = \frac{P_0 L}{4} - \frac{P_1 (3,75 L - a)}{42} \dots \dots \dots 26).$$

Sind mehrere Lasten $P_1, P_2, P_3 \dots$ mit den Abständen $a, b, c \dots$ im Raum $3,75 L$ beiderseits von P_0 vorhanden, dann wird das Moment

Diese Gleichung gilt für Lasten im Abstand $3,75 L > a > 1,57 L$.

Kommen ausnahmsweise einmal Lasten mit einem Abstand $a < 1,57 L$ vor, dann kann man die Wirkung solcher Lasten P_n (Abb. 19) in einfacher Weise mit Benützung der Aus-

gleichsgeraden BC, die die gleiche Neigung gegen die Abszissenachse hat wie die Gerade AB, dadurch berücksichtigen, daß man die Last P_n nicht mit dem tatsächlichen Abstand n , sondern mit dem Abstand $n' = n + 2m$ in die Gl. 27) einführt, indem man von der Erwägung ausgeht, daß eine Last P_n' , die bezüglich des Punktes B symmetrisch zu P_n liegt, dieselbe Wirkung auf das Moment an der Stelle von P_0 hat, wie die Last P_n selbst. Da $m = 1,57 L - n$ ist, wird

$$n' = 3,14 L - n \dots \dots \dots 28)$$

Eine Erweiterung der Gl. 27) bezüglich der Radlasten mit $a < 1,57 L^*$) ist damit überflüssig geworden.

b) Bodenpressung.

Die Senkung unter einer Last P ist nach Zimmermann:

$$y = \frac{P}{2 b C L} \cdot \eta \dots \dots \dots 29)$$

wobei η für die Senkung ein ähnlicher Ausdruck wie μ für das Moment ist:

$$\eta = e^{-\xi} (\cos \xi + \sin \xi) \dots \dots \dots 30).$$

Die η -Linie ist aus denselben Gründen, wie bei der μ -Linie ausgeführt, die Einflußlinie für die Senkung gemäß Abb. 20.

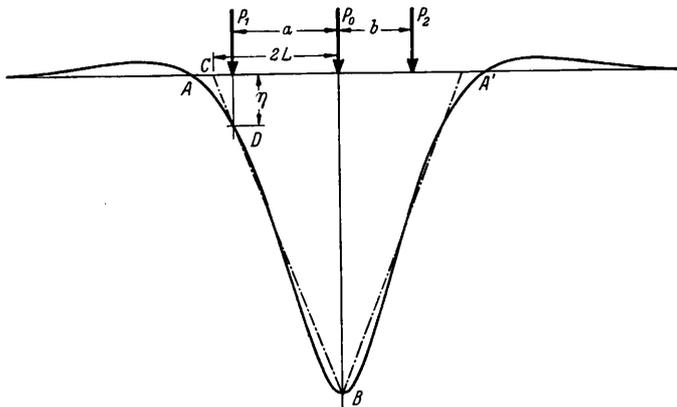


Abb. 20. Einflußlinie für die Senkung und die Bodenpressung.

Diese Linie ist natürlich gleichzeitig die Einflußlinie für die Bodenpressung, da die Bodenpressung

$$p = C \cdot y = \frac{P}{2 b L} \eta \dots \dots \dots 31).$$

Die η -Linie schneidet die Abszissenachse in $\xi = \frac{3\pi}{4}$, $\frac{7\pi}{4}$. . . usw. und hat Größt- oder Kleinstwerte für $\xi = 0$, π , 2π . . . usw.

Ersetzt man nun ähnlich wie bei der Einflußlinie für das Moment die Einflußlinie für die Senkung im Bereich AB (Abb. 20) durch eine Gerade, indem man B mit C (im Abstand $2L$ von 0) verbindet, dann erhält man eine sehr einfache Beziehung für den Einfluß der Last P_1 auf die Bodenpressung am Ort der Last P_0 , da

$$\eta = 1 - \frac{a}{2L} \dots \dots \dots 32)$$

wird.

Für $a = 0$ wird $\eta = 1$ und für $a = 2L$ wird $\eta = 0$, das heißt, im Abstand $a = 2L$ von P_0 hat eine Last P_1 auf die Bodenpressung an Stelle P_0 den Einfluß Null; bei Näherücken von P_1 an P_0 steigt der Einfluß geradlinig an, bis bei $a = 0$ die Last P_1 mit ihrem vollen Betrag die Bodenpressung durch P_0 vergrößert.

Die Bodenpressung bei P_0 wird also zufolge der Wirkung der Last P_0 und P_1 mit Benützung der Gl. 32)

$$P_0 = \frac{P_0}{2 b L} + \frac{P_1}{2 b L} \left(1 - \frac{a}{2L}\right) \dots \dots \dots 33)$$

*) Siehe Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1933, S. 392.

und mit Einführung der Beziehung nach (Gl. 14)

$$P_0 = \frac{1}{4 b_1 \ddot{u} L} \left[P_0 + P_1 \left(1 - \frac{a}{2L}\right) \right] \dots \dots 34).$$

Da im Raum AB und BA' höchstens je eine Radlast stehen kann, erhält man schließlich als Endformel für die Bodenpressung am Lastort P_0

$$P_0 = \frac{1}{4 b_1 \ddot{u} L} \cdot \left[P_0 + P_1 + P_2 - \frac{1}{2L} (P_1 a + P_2 b) \right] \dots 35).$$

Für die Wahl der Ausgleichsgeraden BC war maßgebend, daß sie auch von Jaky-Janicssek verwendet wurde*) und daß sie eine höchst einfache Formelbildung ermöglicht. Im Raum AC weicht sie zwar nicht unbedeutend von der theoretischen Einflußlinie ab; auch wäre ohne weiteres eine bessere Anschmiegung im Raume AD möglich gewesen, wenn man den Raum BD, in dem ohnehin keine Lasten stehen können, unberücksichtigt gelassen hätte.

Da es aber nicht ausgeschlossen ist, daß die Nebenwirkungen der Querschwellen, die in folgendem behandelt

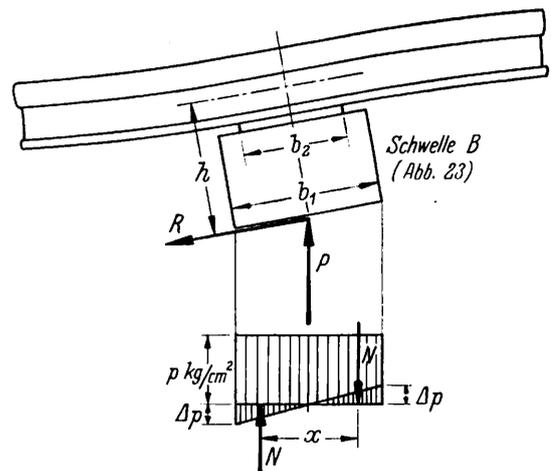


Abb. 21. Verdrehungswiderstände, die eine Querschwelle leistet.

werden sollen, noch kleine Änderungen im Verlauf der Einflußlinie der Senkung zur Folge haben können, möge, ehe weitere Versuchsergebnisse vorliegen, die Ausgleichsgerade BC genügen.

Alle bis jetzt aufgestellten Gleichungen setzen eine gleichmäßige Lagerung der Schiene auf dem Schotterbett mit einem verbreitert gedachten Schienenfuß von der Breite b voraus.

Bei den Vergleichsrechnungen, die Czitary in der Abhandlung „Beitrag zur Berechnung des Querschwellenoberbaues“ durchgeführt hat, wird Punktlagerung der Schienen auf den Querschwellen angenommen. Beides sind unzutreffende Annahmen, da die Lagerung der Schiene auf den Unterlegplatten von der Breite b_2 ein Mittelding zwischen den beiden Stützungsarten ist.

Es ist das Verdienst Nemesdys, beharrlich auf den großen Einfluß der Wirkung der Querschwellen hingewiesen zu haben und der Verfasser glaubt nun auch den Weg für die Einbeziehung der Wirkung der Querschwellen gefunden zu haben.

Bereits seinerzeit**) wurde darauf verwiesen, daß zufolge Lagerung der Schiene auf der Unterlegplatte von der Breite b_2 die Schwellen bei der Schienendurchbiegung verdreht werden müssen und daß der Widerstand der Querschwellen gegen diese Verdrehung spannungsvermindernd wirken muß. Nach Abb. 21 wird bei der Verdrehung der Schwelle die vorerst gleichmäßige Bodenpressung von $p \text{ kg/cm}^2$ um Δp vergrößert

*) Zur Frage der einheitlichen Berechnung des Eisenbahnoberbaues, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1933, S. 183.

**) Hanker, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1935, S. 94.

oder verkleinert. Diese ungleichmäßige Verteilung der Bodenpressung entspricht einem Moment

$$M_1 = N \cdot x \dots \dots \dots 36).$$

Gleichzeitig muß bei der Verdrehung der Schwelle an der Schwellensohle eine Reibung von der Größe $P \cdot f$ auftreten, wenn P der Schienendruck und f der Reibwert zwischen Schwelle und Bettung ist. Diese Reibung wirkt mit dem Hebelarm h auf die Schiene und mithin mit dem Moment

$$M_2 = P \cdot f \cdot h \dots \dots \dots 37).$$

Czitary hat auf Vorschlag des Verfassers diese Nebenwirkungen der Querschwellen rechnerisch untersucht und kommt zu dem Ergebnis, daß hauptauschlaggebend das

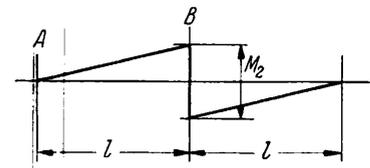


Abb. 22. Verlauf des Einspannmomentes der Schwelle B.

Moment M_2 ist, während der Einfluß von M_1 nur von untergeordneter Bedeutung ist. Da auch M_2 als eine Nebenwirkung an sich klein ist, kann der Momentenverlauf zufolge der Wirkung von M_2 nach Abb. 22 angenommen werden, wobei die durch das Moment M_2 hervorgerufene Änderung der Auflagerdrücke vernachlässigt wird. Da an der Schwelle A, die der Radlast links benachbart ist, dasselbe Moment M_2 mit entgegengesetztem Drehsinn auftritt, wird zwischen den Schwellen A und B eine gleichmäßige Abminderung des Biegemomentes M_0 um $\frac{1}{2} M_2$ zustande kommen, wie Abb. 23 zeigt. Weiter ergibt die Rechnung, daß diese Zusatzmomente ebenso wie die

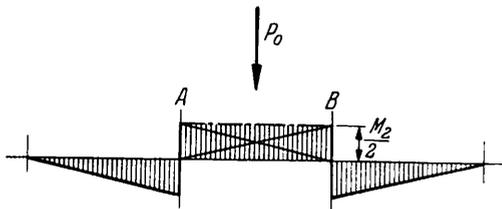


Abb. 23. Verlauf der Einspannmomente der Schwellen A und B.

Schienenendrucke P mit der Entfernung vom Lastort rasch abnehmen und der Momentenverlauf sich nach Abb. 24 darstellt. Die über jeder Schwelle auftretenden Spitzen im Momentenverlauf werden durch die Wirkung der Flächenlagerung der Schienen auf den Schwellen in irgend einer Weise abgestumpft, so daß der Momentenverlauf im wesentlichen wieder dem der Langträgerstützung entspricht. Bei Annahme einer Unterlageziffer $C = 30$ (wo die Verdrehungen nur klein sind), einer Schwellenehtfernung von 65 cm und einem Reibwert von 0,3 ergibt sich für den Reichsbahnoberbau eine Abnahme des Biegemomentes um etwa 10 v. H. bei Stellung der Last in Feldmitte (Abb. 24). Bei Annahme eines größeren Reibwertes, der sehr wohl im Bereich der Möglichkeit liegt, und wenn man die Wirkung des seitlichen Widerstandes der Bettung noch hinzurechnet, können leicht noch größere Zusatzmomente auf die Schiene ausgeübt, das Biegemoment M_0 kann noch weiter verkleinert werden. Damit würde auch die von Nemesdy mitgeteilte Beobachtung*), daß große Unterschiede der gemessenen Spannungen bei durchnässten Schwellen gegenüber trockenen Schwellen bis zu 24% vorgekommen sind, erklärt werden können: Durchnässte Holzschwellen können unter

Umständen ganz schwammig werden und setzen dann einer ungleichmäßigen Einpressung der Unterlegplatte nur einen geringen Widerstand entgegen, so daß es nicht zur Verdrehung der Schwelle kommt und die Wirkung der Reibung an der Schwellensohle wegfällt. Die gemessenen höheren Spannungen wären mithin auf die bei nassem Untergrund und nassen Schwellen kleinere Unterlageziffer im Verein mit dem verminderten Verdrehungswiderstand der nassen Holzschwellen zurückzuführen.

Abb. 24 zeigt den raschen Abfall der Nebenwirkungen der Querschwellen, wenn man sich vom Lastort entfernt. Diese Tatsache bietet die Handhabe, eine kleine Änderung in

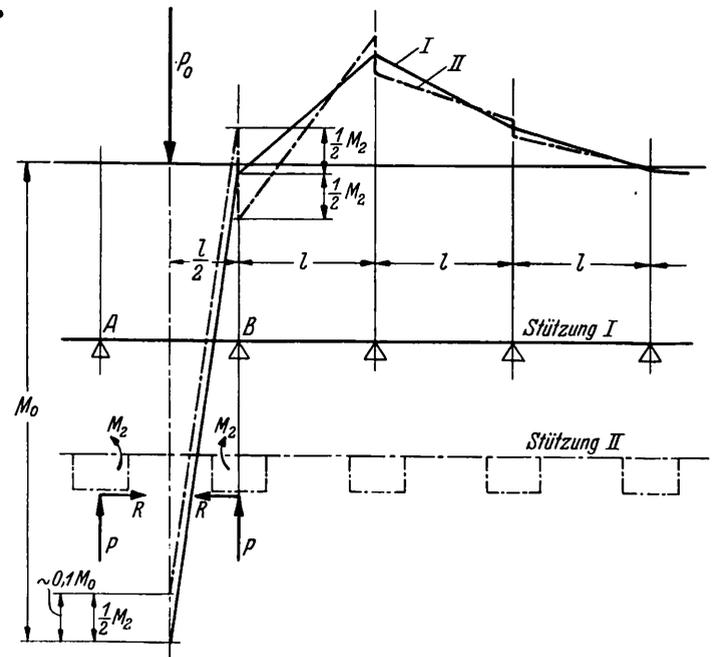


Abb. 24. Abminderung des Biegemomentes M_0 durch den Verdrehungswiderstand der Querschwellen.

— Momentverlauf Stützung I.
- - - - - Momentverlauf Stützung II.

der von Saller vorgeschlagenen Formel*) für das Biegemoment vorzunehmen, worin der Einfluß mehrerer Lasten berücksichtigt ist: Man versieht nur das erste Glied des Ausdruckes mit dem Abminderungsbeiwert α und berücksichtigt dadurch die Wirkung der dem Lastort unmittelbar benachbarten Schwellen, die den Haupteinfluß haben, während die Nebenwirkungen aller übrigen Schwellen schon stark zurücktreten, so daß die von Saller ermittelte Ausgleichsgerade für die Einflußlinie des Moments zunächst unverändert bestehen bleiben kann. Dies um so mehr, als auch die Untersuchungen von Czitary ergeben haben, daß die Abweichungen der Einflußlinie für das Moment des gedachten Langschwellenoberbaues von den verschiedenen Einflußlinien des Momentes beim Querschwellenoberbau nur wenig abweichen. Durch diese kleine Änderung scheint auch eine bessere Anschmiegung an die Versuchsergebnisse erzielt werden zu können.

Das von der Schiene zu übernehmende Biegemoment am Lastort P_0 wäre mithin:

$$M_0 = \alpha \cdot \frac{P_0 L}{4} \left[\frac{P_1 (3,75 L - a) + P_2 (3,75 L - b) + P_3 (3,75 L - c) + \dots}{42} \right] \dots \dots \dots 38).$$

α ist ein Abminderungsbeiwert, der den Einfluß des Verdrehungswiderstandes der Querschwellen angibt und vorerst schätzungsweise mit 0,9 anzusetzen wäre.

- α hängt ab:
1. von der Schienenlagerung auf der Schwelle (Breite b_2),
 2. vom Reibwert zwischen Schwelle und Bettung,

*) Einheitliche Berechnung des Eisenbahnoberbaues, Org. Fortsch. Eisenbahnwes. 1932, S. 14.

*) Org. Fortsch. Eisenbahnwes. 1934, S. 209.

3. von der Unterlageziffer (Nachgiebigkeit der Schwellen),
4. von der Schwellenform,
5. vom Schienendruck P:

zu 1. je größer die Breite b_2 der Unterlegplatte, um so kleiner ist der Flächendruck, um so kleiner muß daher die Verpressung der Unterlegplatte in der Schwelle sein, um so mehr wird die Schwelle als Ganzes verdreht und um so größer muß daher M_2 nach Gl. 37) und mit M_2 die Abminderung von M_0 sein;

zu 2. ein großer Reibwert erhöht die Reibung und damit M_2 , um so mehr muß α kleiner werden als Eins;

zu 3. je größer die Nachgiebigkeit der Schwelle (hohes Alter, Nässe), desto kleiner wird auch der Widerstand gegen ungleichmäßiges Verpressen sein, um so mehr wird die Verdrehung der Schwelle und somit auch die Reibung an der Schwellensohle ausgeschaltet, um so mehr wird sich α der Eins wieder nähern;

zu 4. die Schwellenform wird Einfluß auf die Reibungsziffer haben und die Höhe der Schwelle beeinflußt den Hebelarm der Reibung h ;

zu 5. mit Wachsen des Schienendruckes P wächst das Reibungsmoment M_2 und verkleinert α . Der Schienendruck P wächst mit Näherrücken der Nachbarlasten P_1 und P_2 an P_0 [Gl. 35)]. Die Nachbarlasten P_1 und P_2 wirken mithin auf Grund dieser Überlegung in zweifacher Hinsicht spannungsvermindernd: a) zufolge Auftretens im negativen Glied der Gl. 38),

b) zufolge Verkleinerung des Beiwertes α . Die auffallend kleinen Spannungen durch die mittleren Tenderachsen, auf die im Abschnitt IV. A. 2 hingewiesen wurde, könnten damit vielleicht eine Erklärung finden.

Zur Bestimmung des Beiwertes α durch Versuche könnte etwa folgender Weg eingeschlagen werden: Man belaste eine Schiene in Feldmitte durch eine der beiden Achsen eines zweiachsigen Güterwagens mit der Last P_0 und bringe mit Hilfe eines der üblichen zerlegbaren, niedrigen Bahnmeisterwagen, der unter den Längsträger des Güterwagens unterkriechen kann, eine zweite Last P_1 immer näher und näher und schließlich ganz anschließend an die Last P_0 heran und messe dabei in den verschiedenen Stellungen von P_1 die Spannungen unter P_0 . Dann mache man den gleichen Versuch, nachdem man auf allen Querswellen einer Schienenlänge die Befestigungsmittel gelöst und zwischen Schiene und Unterlegplatte einen Stahldraht von solcher Stärke eingelegt hat, daß bei der Durchbiegung der Schiene die Ränder der Unterlegplatte von der Schiene nicht mehr berührt werden. Bei diesem Versuch können sich die Querswellen bei der Senkung zufolge der „Punktagerung“ nun nicht mehr verdrehen. Man messe dann wieder die Spannungen unter P_0 bei Verschiebung der Last P_1 gegen P_0 ; aus dem Vergleich der Biegespannungen in dem einen und dem anderen Fall werden sich Schlüsse auf die Größe von α und die Art der Einbeziehung der verschiedenen veränderlichen Größen, die gemäß Punkt 1 bis 5 auf α Einfluß haben, ziehen lassen.

Schließlich sei noch auf einen Sonderfall hingewiesen, nämlich den, daß von den üblichen Querswellenabmessungen aus irgend einem Grund einmal wesentlich abgewichen werden sollte. Allen bisherigen Rechnungen ist die Diehlsche Näherungsgleichung 22) zugrunde gelegt. Um unabhängig davon den Grundwert L des gedachten Langträgers rechnen zu können, sei die von Jaky-Janicssek angegebene Gleichung zur Berechnung des Zimmermannschen Wertes $[\eta_e]$ (siehe Abschnitt II) festgehalten:

$$[\eta_e] = \frac{29,4}{s} + \frac{0,723}{s} \cdot L_1 \dots \dots \dots 39)$$

wobei s die halbe Schwellenlänge und

$$L_1 = \sqrt[4]{\frac{4 E_1 J_1}{C b_1}} \dots \dots \dots 40)$$

bedeutet.

Mit Benützung dieser Gleichung würde sich der Grundwert des gedachten Langträgers ergeben mit:

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 E J}{C b_1} \cdot \left(\frac{29,4}{s \sqrt[4]{\frac{4 E_1 J_1}{C b_1}}} + \frac{0,723}{s} \right)} \dots \dots 41).$$

Gl. 41) soll indes die Einheitlichkeit der Oberbauberechnung nicht stören und nur für ganz außergewöhnliche Lagerungsverhältnisse der Schienen eine Nachprüfung der Gültigkeit der Gl. 17) ermöglichen. Wie schon seinerzeit festgestellt und auch von Saller empfohlen, ist die Diehlsche Näherung bei den üblichen Querswellenabmessungen reichlich genau genug und es soll durch Einführung von E_1 und J_1 der Querschwelle in eine Gleichung für M nicht den Anschein erweckt werden, als sei damit der Einfluß der Querschwelle auf das Moment bereits voll erfaßt. Für die einheitliche Berechnung soll daher Gl. 17) die Grundlage bleiben.

Damit ist die Langträgerberechnung zunächst abgeschlossen.

Ob weitere Untersuchungen noch andere Zusammenhänge aufdecken werden, oder die in Gl. 38) enthaltenen Festwerte noch etwas ändern werden, wird die Zukunft lehren.

Grundsätzlich werden aber schon jetzt durch die Langträgerberechnung die eingangs gestellten Forderungen:

1. Berücksichtigung der Senkung des Untergrundes,
2. Berücksichtigung des Einflusses des Achsstandes,
3. Berücksichtigung des Einflusses der verschiedenen Größe der Achslasten,
4. Einfachheit

voll erfüllt.

Schließlich noch einige Worte bezüglich der Forderung, daß die Formelwerte mit den Versuchsergebnissen möglichst übereinstimmen sollen.

Zufolge der großen Streuung der Versuchswerte können noch keine einwandfreien Vergleiche gezogen werden und der Vergleich mit Mittelwerten kann bei so großen Streuungen leicht zu Trugschlüssen führen. Versuchsergebnisse dürfen immer nur den Leitfaden für die wissenschaftliche Forschung bilden; Versuche sind unentbehrlich, damit die Forschung nicht in die Irre gehe, hingegen wäre es nicht angebracht, dem Fortschritt vielmehr ein schlechter Dienst geleistet, Formeln nur auf Versuchsergebnisse aufzubauen, solange die Möglichkeit besteht, der Wirklichkeit mit wissenschaftlich einwandfreien Methoden näher zu kommen. Denn nichts kann so unklar sein und so sehr den Blick in die Ferne trüben wie ein verschwommener Mittelwert von Versuchsergebnissen, und nichts kann so klar sein und den Fortschritt so sehr fördern wie ein Gedanke, der eine gute wissenschaftliche Grundlage hat und die Versuchsergebnisse (und nicht gerade die Mittelwerte) richtig zu deuten imstande ist.

VI. Geschwindigkeitsbeiwert.

Die Versuche haben gezeigt, daß die Beanspruchungen der Schienen mit zunehmender Geschwindigkeit im allgemeinen zunehmen, allerdings mit einer recht großen Anzahl von Regelmäßigkeiten. Festzuhalten ist jedenfalls die Beobachtung der Reichsbahndirektion Dresden, daß die Beanspruchungen bei Ruhebelastung etwa um 15 v. H. größer sind als bei einer Fahrgeschwindigkeit von 5 km/h und daß erst bei einer Fahrgeschwindigkeit von etwa 40 km/h die Beanspruchungen wieder so groß wurden als bei Ruhebelastung. Diese Beobachtung

deutet darauf hin, daß für die vollkommene Ausbildung der Senkung der Schwellen und der Durchbiegung der Schiene eine gewisse Zeit notwendig ist, die bei bewegter Last nicht vorhanden ist, und zwar um so mehr nicht vorhanden sein müßte, je größer die Fahrgeschwindigkeit ist. Das würde heißen, daß mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit zufolge der „zeitlichen Nachwirkung“ die Schienenbeanspruchungen abnehmen müßten. Bei einem vollkommenen Gleis und vollkommenen Fahrbetriebsmitteln müßte sich dies auch zeigen. Da aber Gleis und Fahrzeuge mit Mängeln behaftet sind, werden bei größeren Fahrgeschwindigkeiten zufolge dieser Mängel dynamische Wirkungen ausgelöst, die die Beanspruchungen im ungünstigen Sinn beeinflussen und die günstige Wirkung der „zeitlichen Nachwirkung“ aufheben und schließlich überholen.

Mit Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit würde sich das auf die Schiene wirkende Moment somit ergeben mit

$$M_v = k_v \cdot M \dots \dots \dots 30)$$

wobei k_v der Geschwindigkeitsbeiwert, größer als Eins, ist und M das in Abschnitt V errechnete Biegemoment unter der ruhenden Last bedeutet.

Das Reichsbahnzentralamt Berlin hat aus der großen Anzahl der Beobachtungen folgende Mittelwerte für k_v errechnet:

für V in km/h	0	45	80
nach den Versuchen der Reichsbahndirektion Dresden	1,00	1,13	1,34
nach den Versuchen der Niederländischen Eisenbahnen	1,00	1,06	1,20

Dies die Ergebnisse der Spannungsmessungen. Auf theoretischem Weg hat zuerst Winkler eine Formel für die Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit errechnet, die vielfach von den Bahnverwaltungen übernommen wurde und noch heute verwendet wird:

$$k_v = \frac{1}{1 - 0,000\,000\,07 \frac{G l V^2}{J}} \dots \dots \dots 31).$$

Diesen Geschwindigkeitsbeiwert erhält man unter der Annahme, daß das Rad die elastische Linie des Trägers auf nachgiebiger Stützung befährt und dabei zufolge der nach oben hohlen Bahn eine lotrechte Fliehkraft auf die Schienen ausübt. Während bei kleinen Fahrgeschwindigkeiten die nach dieser Formel zu errechnenden Geschwindigkeitsbeiwerte sehr klein bleiben (es sei nur an die verschwindend kleine Durchbiegung bei starrer Stützung erinnert), wachsen bei großen Fahrgeschwindigkeiten diese Beiwerte sehr rasch an und werden für mittlere Schwellenentfernungen l und übliche Trägheitsmomente der Schiene J bei etwa $V = 200$ km/h $k_v = \infty$. Dies kommt daher, daß die lotrechte Fliehkraft die Durchbiegung erhöht, wodurch die Krümmung der elastischen Linie schärfer wird, was wieder eine Erhöhung der Fliehkraft zur Folge hat, bis schließlich $k_v = \infty$ erreicht wird. Ein solcher Geschwindigkeitsbeiwert steht im Widerspruch mit der Erfahrung, da Geschwindigkeiten von 200 km/h bereits ohne Schaden für das Gleis gefahren worden sind, ohne daß eine besondere Verstärkung der Gleise notwendig gewesen wäre. Es ist auch leicht einzusehen, warum der Geschwindigkeitsbeiwert von Winkler zu unmöglichen Ergebnissen führt: Bei großen Fahrgeschwindigkeiten (200 km/h) wird ein Schwellenfeld von $l = 70$ cm in rund $\frac{1}{80}$ Sek. durchfahren. Es müßte also die lotrechte Fliehkraft beim Befahren von 80 Schwellenfeldern 80mal in der Sekunde von Null auf den Größtwert in jeder Feldmitte anschwellen und wieder zurückgehen. Daß sich eine solche Biegewelle ausbilden könnte, dazu ist die Zeit viel zu kurz und dementsprechend können natürlich auch die Schienenbeanspruchungen nicht folgen, bleiben vielmehr weit hinter diesem theoretisch errechneten Wert zurück.

Die Spannungsmessungen haben gezeigt, daß wohl im großen Durchschnitt mit der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit die Spannungen wachsen, daß im einzelnen aber sehr viele Ausnahmen von dieser Regel festzustellen sind, was wohl damit erklärt werden kann, daß die zusätzlichen Beanspruchungen in erster Linie von den Zufälligkeiten der Ausführungsmängel von Fahrzeug und Gleis herrühren werden. Wenn beispielsweise auf eine Reihe von Schwellen mit kleiner Unterlageziffer eine Reihe von Schwellen mit großer Unterlageziffer folgt, so können bei einem Senkungsunterschied von einzelnen Millimetern schon erhebliche dynamische Wirkungen ausgelöst werden, die für den Fall, daß sich nach einer Wagenschwingung das Spiel zufällig wiederholt, zufolge der Resonanzwirkung für die Beanspruchung der Schienen von ausschlaggebender Bedeutung sein können. Kommt etwa gleichzeitig eine ungleichmäßige Senkung der linken und rechten Schiene hinzu, so daß das Fahrzeug auch um seine Längsachse geschwenkt wird, so treten zusätzliche Kräftwirkungen auf, die mit der vierten Potenz der Geschwindigkeit wachsen*).

Alle diese und noch eine Reihe anderer Wirkungen, die auch vom Fahrzeug ausgehen können, sind überwiegend zufällige Wirkungen und lassen sich somit theoretisch nicht erfassen. Es ist daher in diesem Falle richtig, Mittelwerte aus den Versuchsergebnissen der Spannungsmessungen der Bildung einer Erfahrungsformel zugrunde zu legen.

Die Versuchsergebnisse zeigen deutlich, daß das Ansteigen des Geschwindigkeitsbeiwertes einer höheren als der ersten Potenz der Geschwindigkeit folgt. Die meisten Wirkungen sind Stoß- und Fliehkräfte, die mit V^2 ansteigen, während die Wirkungen, die nach V^4 ansteigen, gegenüber den erstgenannten Wirkungen wohl zurücktreten werden. Es erscheint daher begründet, zunächst die vom Reichsbahnzentralamt Berlin vorgeschlagene Formel für

$$k_v = 1 + \frac{V^2}{30\,000} \dots \dots \dots 32)$$

zu verwenden, die sich den bisherigen Versuchsergebnissen am besten anschmiegt.

Dieser Geschwindigkeitsbeiwert gilt für die Fahrt in der Geraden. Für die Fahrt im Bogen einen vom Bogenhalbmesser abhängigen Zusatzbeiwert in die Formel hineinzubringen, wie schon vorgeschlagen wurde und was theoretisch sehr wohl berechtigt wäre, hält Verfasser derzeit für nicht angezeigt, da im Bogen das Gleis durch weit wirksamere Einflüsse anderer Art, die nicht von der Geschwindigkeit abhängig sind, beansprucht werden, und nicht der Anschein erweckt werden soll, als ob eine Formel, die den Bogenhalbmesser enthält, bereits alle Kräftwirkungen, die im Bogengleis auftreten, mitberücksichtigt hat.

VII. Zusammenfassung.

Auf Grund vorstehender Untersuchungen wird vorgeschlagen, die groß angelegten Arbeiten des Oberbau- und Bahnbauausschusses noch nicht als abgeschlossen zu betrachten und sich nicht für die Berechnung des Eisenbahnoberbaues mit der Achsstandformel zu begnügen, sondern die Bemühungen der wissenschaftlichen Forschung der letzten Jahre auszunützen und nachstehende Zusammenstellung als Grundlage für die Berechnung des Eisenbahnoberbaues zu benützen, bis neue Untersuchungen, neue Versuche und ein daran anschließender Meinungs austausch eine weitere Vervollkommnung ermöglichen werden:

Der Eisenbahnoberbau ist als ein Langträger aufzufassen mit dem Grundwert

$$L = \sqrt[4]{\frac{2 E J l}{C b_1 \ddot{u}}} \dots \dots \dots I).$$

*) Siehe H a n k e r, Der Gegenbogen im Eisenbahngleis, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1933, S. 345.

Dabei bedeuten

- E die Elastizitätsziffer des Schienenstahls.
- J das Trägheitsmoment der Schiene.
- C die Unterlageziffer,
- b₁ die Breite der Querschwellen,

$$M_0 = \alpha \cdot \frac{P_0 L}{4} \left[\frac{P_1 (3,75 L - a) + P_2 (3,75 L - b) + P_3 (3,75 L - c) + \dots}{42} \right] \dots \dots \dots \text{II.}$$

Alle links und rechts von P₀ liegenden Radlasten (P₁, P₂, P₃ usw.), die zwischen 1,57 L < a < 3,75 L liegen (Abb. 25), verkleinern das Moment M unter der Last P₀ und sind gemäß Gl. II) zu berücksichtigen.

Der Beiwert α ist vorerst, ehe weitere Versuche vorliegen, mit 0,9 anzunehmen.

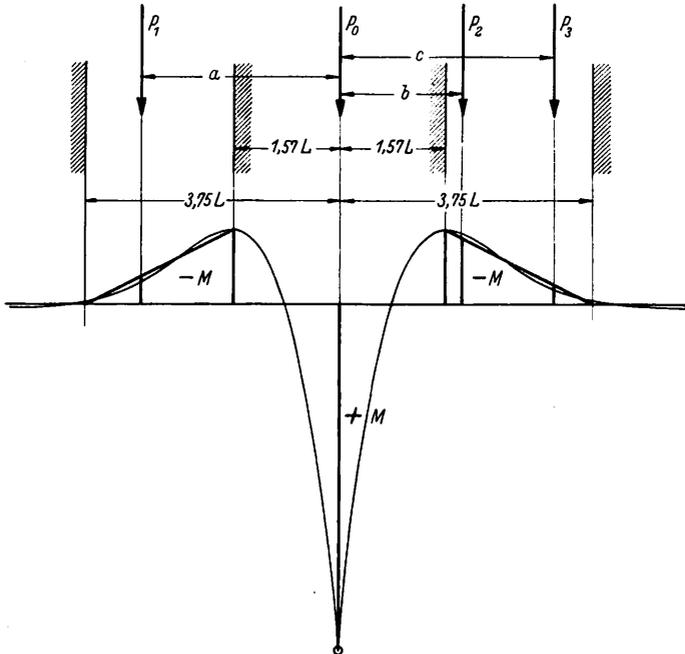


Abb. 25. Maßgebende Lastgruppe für die Bildung des Biegemomentes M₀ am Ort der Last P₀.

Die Bodenpressung am Lastort P₀ ist zu rechnen nach

$$P_0 = \frac{1}{4 b_1 \ddot{u} L} \cdot \left[P_0 + P_1 + P_2 - \frac{1}{2 L} (P_1 a + P_2 b) \right] \dots \text{III.}$$

Die links und rechts von P₀ liegenden Radlasten P₁ und P₂, die sich innerhalb des Abstandes 2 L befinden (Abb. 26) vergrößern die Bodenpressung unter der Last P₀ gemäß Gl. III).

Für die Wahl der Unterlageziffer C hätten nach den bisher vorliegenden Versuchsergebnissen folgende Richtlinien zu gelten:

Zahlentafel 3.

Bettung	Bodenbeschaffenheit des Untergrundes		
	schlecht	gut	sehr gut
	C kg/cm ³		
Kies	5	10	15
Steinschlag	5	15	25

Die in Zahlentafel 3 angeführten Werte für die Unterlageziffer C gelten bei einem Verlauf der Bahn im Einschnitt, in Geländehöhe und im Damm bis 1,0 m Schüttungshöhe. Zwischen 1,0 und 3,0 m Schüttungshöhe des Dammes verschwindet der Einfluß der Bodenbeschaffenheit des Untergrundes nach und nach; maßgebend für die Unterlageziffer

ü den Überstand der Querschwellenenden über die Schienenmitte und l den Schwellenabstand.

Das von der Schiene zu übernehmende Moment am Lastort P₀ ist

von 3,0 m Dammhöhe angefangen ist dann nur mehr die Bodenbeschaffenheit des Dammes selbst. Bei Dammhöhen zwischen 1,0 und 3,0 m wäre geradlinig zwischenzuschalten, wobei auf ein Vielfaches von 5 kg/cm³ abzurunden wäre, da weitergehende Abstufungen unangebracht wären.

Als Bodenbeschaffenheit des Untergrundes ist jene mittlere Beschaffenheit anzunehmen, die in 0,0 bis 2,0 m unter Schwellenoberkante vorgefunden wird.

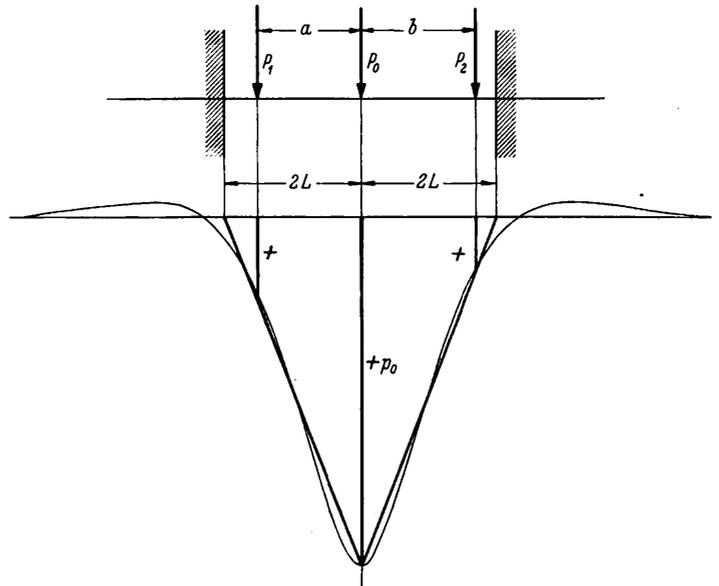


Abb. 26. Maßgebende Lastgruppe für die Bildung der Bodenpressung p₀ am Ort der Last P₀.

Die in der Zahlentafel 3 angeführten Werte gelten weiter für vollkommen einwandfreie Entwässerung des Bahnkörpers. Bei schlechter Entwässerung der Bettung und des Bahnkörpers sind die Ziffern der Zahlentafel 3 bis auf die Hälfte der angegebenen Werte abzumindern.

Dabei haben zu gelten:

- als schlechte Böden
Moor, weicher Lehm, weicher Ton;
- als gute Böden
alle nicht besonders aufgezählten Bodenarten;
- als sehr gute Böden
festgelagerter Kies, Fels.

Das nach Gl. II) errechnete Moment M ist für Gleise, die mit einer größeren Geschwindigkeit als 40 km/h befahren werden, mit einem Geschwindigkeitsbeiwert zu vervielfachen.

$$k_v = 1 + \frac{V^2}{30\,000} \dots \dots \dots \text{IV.}$$

Das mit Verwendung von k_v ermittelte Moment

$$M_v = k_v \cdot M \dots \dots \dots \text{V)}$$

ist der Spannungsermittlung zugrunde zu legen:

$$\sigma_v = \frac{M_v}{W} \dots \dots \dots \text{VI.}$$

Die gewonnenen Formeln sind so einfach, daß sie nicht nur für den Gleisbau richtunggebend sein, sondern auch vom Fahrzeugbau nutzbringend verwendet werden sollten.

Bei der Berechnung neuer Gleise und bei Vergleichsrechnungen, die den Fahrzeugbau betreffen, wird selbstredend immer nur mit einer Unterlageziffer, etwa mit $C=5$, gerechnet werden, so daß der Einwand, die Verwendung verschiedener Unterlageziffern sei für die Ausübung zu verwickelt, in dieser Hinsicht wegfällt. Andererseits könnte aber bei der Nachrechnung alter Gleise die Langträgerberechnung verwaltungsmäßig die Handhabe bieten, vergleichsweise schwache Gleise selbst bei Steigerung der Achslasten noch im Betriebe belassen zu können, wenn durch Verbesserung der Bettung und Entwässerung des Untergrundes (Steigerung von C) und bessere Verspannung des Gleises (Herabsetzung von κ) die Beanspruchungen in den zulässigen Grenzen gehalten werden können.

Die Biegespannung σ_v und die Bodenpressung p_0 sollen in Anlehnung an die Vorschläge des Technischen Ausschusses und die Ausführungen Driessens betragen:

1. beim Entwurf neuer Gleise (mit Rücksicht auf eine spätere Steigerung der Verkehrslasten, Abnahme der Widerstandsfähigkeit mit zunehmendem Alter des Gleises usw.)

$$\sigma_v = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$p_0 = 2,0 \text{ kg/cm}^2;$$

2. bei der Überprüfung bestehender Gleise (mit Berücksichtigung des tatsächlich vorhandenen Schienenquerschnittes, Herabminderung der Unterlageziffer zufolge Alter, schlecht entwässerter Bettung, alter nachgiebiger Schwellen mit $\kappa = 1,0$ usw.)

$$\sigma_v = 1700 \text{ kg/cm}^2$$

$$p_0 = 2,5 \text{ kg/cm}^2;$$

Vorstehende Spannungswerte sind etwas größer als die von Driessen auf Grund praktischer Erfahrungen vorgeschlagenen, da die Achsstandformel für gleiche Anlageverhältnisse in der Regel kleinere Spannungen ergeben wird als die Langträgerberechnung, somit eine Vergrößerung der zulässigen Spannungswerte angebracht erscheint.

Im übrigen ist Driessen beizupflichten, daß für ausnahmsweise Beanspruchungen noch höhere Werte zulässig sein werden, wie ja überhaupt gerade die Festsetzung der zulässigen Spannungen, in dem Maß als unsere Erkenntnisse sich vertiefen und die Erfahrung zunimmt, noch mit größerer Sicherheit wird erfolgen können, als dies derzeit möglich ist.

Verschiedenes.

Tagung der Internationalen Eisenbahnkongreßvereinigung 1937.

Vom 1. bis 11. Juni 1937 tagte in Paris die Internationale Eisenbahnkongreßvereinigung. Abgeordnete fast aller Eisenbahnen der Welt nahmen an dieser Tagung teil. Die Aussprache über die von den Berichterstattern vorgelegten Schriftstücke fand im Rahmen von fünf Fachgruppen statt, und zwar je eine Gruppe für Bahn- und Baudienst, für Zugförderung und Betriebsmaterial, für Betrieb, für Allgemeines und für Nebenbahnen. Das Ergebnis der Aussprache wurde in „Schlußfolgerungen“ zusammengefaßt. Im folgenden wird ein kurzer Überblick über die behandelten Fragen gegeben. Die ausführlichen Berichte sind in der Monatsschrift der Vereinigung enthalten.

Die in der Gruppe I (Bahn- und Baudienst) zur Beratung stehenden Fragen behandelten die Anforderungen, denen ein neuzeitliches Gleis genügen muß, die Anwendung des Schweißverfahrens zur Herstellung von Langschienen und zur Wiederherstellung stellenweise verschlissener Laufflächen und Herzstücke, ferner die Frage der zweckmäßigsten Unterhaltung der eisernen Brücken, der Signale und der eisernen Träger für die Fahrleitungen elektrischer Eisenbahnen.

Die Frage nach den Anforderungen, denen ein neuzeitliches Gleis genügen muß, ist von besonderer Wichtigkeit, da in den letzten Jahren unter dem Wettbewerb anderer Verkehrsmittel die Geschwindigkeit der Züge ständig gesteigert worden ist und mit einer weiteren Steigerung gerechnet werden muß. Es ist eine Frage, die sowohl den Fahrzeug- insbesondere den Lokomotivbauer als auch den Bautechniker angeht, denn wohl auf keinem Gebiet des Eisenbahnwesens ist die Wechselwirkung zwischen diesen beiden Gebieten von solcher Bedeutung. Aus dem Bericht geht hervor, daß in den letzten fünfzig Jahren die Zuggewichte von 500 auf 2500 t gestiegen sind, ferner in etwa gleichem Verhältnis die Leistungen der Lokomotiven von 500 auf 3000 PS. Der Achsdruck hat im allgemeinen 20 t erreicht. Es wird auf die Bestrebungen einiger europäischer Länder hingewiesen, den zulässigen Achsdruck auf 22 t und schließlich auf 25 t zu erhöhen. Die bisherigen Höchstgeschwindigkeiten von 120 km/Std. sind für leichte Züge in einigen Ländern bereits überschritten und erreichen für Triebwagen und Triebwagenzüge Höchstwerte von 160 km/Std. Die genannten Werte gelten nicht für amerikanische Verhältnisse, wo Achsdrücke von 35 t zugelassen sind und wo Güterzüge bis 15000 t und Reisezüge bis zu 19 Stahlwagen zu je 80 t gefahren werden.

In den Schlußfolgerungen wird darauf hingewiesen, daß bei Fahrten mit hohen Belastungen und hohen Geschwindigkeiten dynamische Kräfte auftreten, die zu einer Beanspruchung des Schienenmaterials führen, die kaum gesteigert werden darf. In diesem Zusammenhang verdienen die Ausführungen des deutschen

Vertreters besondere Beachtung, wonach leichte Züge mit hohen Geschwindigkeiten keine merkbare Verschlechterung des Gleises verursachen im Gegensatz zu schweren Zügen mit geringer Geschwindigkeit. Es wird daher die Möglichkeit untersucht, die Linien in zwei Gruppen einzuteilen, und zwar einmal für leichte Züge und hohe Geschwindigkeit für den internationalen Durchgangsverkehr und für schwere langsamfahrende Züge.

Das Schienengewicht beträgt in Europa etwa 50 kg/m. Die PLM-Bahn hat größere Versuche mit Schienen von 62 kg/m angestellt, die so zufriedenstellend ausgefallen sind, daß jetzt schon eine Streckenlänge von 550 km damit versehen ist. Dichtere Schwellenlage und Vergrößerung der Bettungsstärke werden als Maßnahme zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit des Oberbaues empfohlen, dabei wird zum Ausdruck gebracht, daß z. B. hölzerne Schwellen als die besten für große Geschwindigkeiten angesehen werden. Die Auffassung über diesen letzten Punkt ist allerdings nicht einheitlich, denn die Southern Railway haben mit eisernen Schwellen gute Erfahrungen gemacht, und bei der Deutschen Reichsbahn werden eiserne Schwellen dort gerne verwendet, wo nicht durch die Einwirkung der Gase und Dämpfe von Industrieanlagen (Ruhrgbiet) die Lebensdauer zu stark herabgesetzt wird.

Die Einführung des Schweißverfahrens im Oberbau liegt erst etwa sechs Jahre zurück. Die überragende Bedeutung liegt einmal in der Möglichkeit, durch Zusammenschweißen von Langschienen die Stoßstellen im Gleis wesentlich zu verringern, ferner in der konstruktiv einfacheren Durchbildung und in nennenswerten Ersparnissen, die bei der Unterhaltung der Oberbaustoffe durch Auftragsschweißung abgenutzter Stellen erzielt werden können. Wie in den Berichten zum Ausdruck kommt, wird das Zusammenschweißen von Langschienen überwiegend auf altbrauchbare Schienenlängen von 30 bis 60 m können von den Walzwerken in einem Stück gewalzt und auch an die Baustelle transportiert werden. Deutschland hat 6000 km mit 30 m-Schienen und 1000 km mit Schienenlängen von 60 bis 2000 m zu Versuchszwecken, Belgien etwa 1000 km, Polen etwa 700 km Schienenlänge mit zusammengeschweißten Langschienen. Die früher Besorgnis erregende Ungewißheit der Ausdehnung langer zusammengeschweißter Schienenstücke ist heute soweit geklärt, daß die vorzusehenden Stoßlücken nicht vergrößert zu werden brauchen, da bei einem gut verlegten Gleis die Bettung in der Lage ist, die in der Mitte der Schiene auftretenden Wärmespannungen aufzunehmen. Praktisch kommt also die Wärmespannung nur in den Endstücken der Schiene zur Auswirkung. Bei der Anwendung der Auftragsschweißung für Schienen und Herzstücke wird in den Schlußfolgerungen besonders hervorgehoben, daß hierbei nicht nur erhebliche Kosten erspart werden, sondern daß auch die Arbeiten ohne Betriebsunterbrechung durchgeführt werden können.

Zur Frage 3 (Unterhaltungsarbeiten an eisernen Brücken, Signalen und Trägern für die Fahrleitungen elektrischer Bahnen) beschäftigte sich der Ausschuß außer mit Organisationsfragen innerhalb der einzelnen Verwaltungen mit Fragen des Anstriches und damit zusammenhängend mit Fragen der Entrostung. Er empfiehlt, die Schienenstöße auf den Brücken durch Schweißung zu beseitigen, um mit Rücksicht auf die heutigen hohen Geschwindigkeiten die Lebensdauer der Brücken zu verlängern, ferner — wenn nötig — die dem Lokomotivrauch besonders ausgesetzten Gurte durch Eisenbeton zu schützen. Bezüglich der Maste für die Oberleitungen der elektrischen Bahnen empfiehlt er zur Senkung der Anstricherneuerungskosten Verzinkung im Vollbad und darüber einen Ölstrich, da die Verzinkung allein kein unbedingt sicheres Mittel gegen Rostangriff darstellt.

Die in der Gruppe 2 (Zugförderung und Betriebsmaterial) behandelten Fragen beziehen sich auf die Entwicklung der Triebwagen, auf die Vervollkommnungen an Dampflokomotiven und auf Maßnahmen zur Stromersparnis bei der elektrischen Zugförderung.

Die Zahl der Verbrennungstriebwagen hat in den letzten Jahren in einigen europäischen Ländern erheblich zugenommen, so z. B. in Deutschland, Frankreich und Italien. Andere Länder dagegen sind hier zurückhaltender. Die vom Ausschuß behandelten Fragen umfassen das gesamte Gebiet einschließlich der Kostenfrage. Es wird festgestellt, daß bezüglich der Geschwindigkeit, Beschleunigung und Bremsung der Triebwagen befriedigende Lösungen gefunden worden sind und daß die derzeitigen Bestrebungen dahin gehen, die Reisebequemlichkeit, die wirtschaftliche Unterhaltung und die Frage ausreichenden Fassungsvermögens zufriedenstellend zu lösen und daß davon die Zukunft des Triebwagenverkehrs abhängen wird.

Bei der konstruktiven Durchbildung des Rahmens und des Kastenaufbaues werden — vor allen Dingen mit Rücksicht auf mögliche Zusammenstöße — verschiedene Wege eingeschlagen. Die Amerikaner haben bei ihren Schnelltriebwagen die Kopfenden so stark wie möglich ausgebildet, da die Mehrzahl der Zusammenstöße sich mit Kraftwagen ereignen und die Triebwagen dann meist unbeschädigt davonkommen. Einen andern Weg ist man in Europa gegangen (insbesondere in Frankreich), wo man die Führerstände leicht gebaut hat, so daß sie bei schwereren Zusammenstößen eingedrückt werden können und nachgeben und damit die Gewalt des Aufstoßes von dem eigentlichen starr ausgebildeten Fahrgastabteil abhalten. Auch beim Kastenaufbau findet man die verschiedensten Lösungen. Teilweise werden Seitenwände und Dach und Rahmen gleichmäßig zur Versteifung herangezogen, teilweise tragen nur die Seitenwände und Dach und Boden dienen nur zur Verbindung der steifen Seitenwände und schließlich sind auch Dach und Boden als Haupttragelemente anzutreffen mit Verbindung durch leichte Seitenwände.

In den meisten europäischen Ländern werden Motoren mit einem Leistungsgewicht von etwa 5 kg/PS verwendet, während auch hier die Amerikaner andere Wege gegangen sind. Sie haben langsamlaufendere Motoren mit höherem Gewicht und höheren Gestehungskosten verwendet, haben dafür auch den Vorteil größerer Betriebssicherheit oder anders ausgedrückt, sie haben geringere Unterhaltungskosten aufzuwenden. Die immer mehr zur Anwendung kommenden Auflademotoren verschieben allerdings die Gewichtsvergleiche. Für kleinere und mittlere Leistungen bis 300 PS setzen sich besonders in Deutschland, Frankreich und der Tschechoslowakei die liegend angeordneten Motoren durch. Aus den Berichten ist ferner zu entnehmen, daß in Frankreich mechanische Getriebe bis 500 PS versuchsweise im Betrieb sind und daß das Anwendungsgebiet der Flüssigkeitsgetriebe in Deutschland und Österreich sich ständig vergrößert.

Um ruhigen Lauf der Fahrzeuge zu erzielen, wird in allen Verwaltungen der Abfederung (meist unter Verwendung von Gummi) besondere Beachtung geschenkt, ferner werden überwiegend zylindrische oder 1:40 geneigte Radreifen benutzt. Die Trommelbremse scheint langsam wieder verlassen zu werden. Der Grund liegt in den bekannten Schwierigkeiten der Wärmeabführung. Als besonderes Mittel zur Steigerung der Reisebequemlichkeit wird die Gummibereifung genannt, sowie bei eisenbereiften Wagen Einbau von Doppelwänden mit allen nur denkbaren Mitteln zur Geräuschabminderung. Um das Reisen angenehmer zu machen, werden Kühl- und Frischluftanlagen, besonders bei Wagen mit nicht zu öffnenden Fenstern, eingeführt.

Die nächste von der Gruppe behandelte Frage bezieht sich auf Verbesserungen an Dampflokomotiven gewöhnlicher Bauart, auf den Stand der Hochdruck- und Turbinenlokomotiven und auf die technische Durchführung von Versuchen mit diesen Lokomotiven. Zahlreiche durchgeführte Weiterentwicklungen an Lokomotiven üblicher Bauart betreffen im wesentlichen Dampfdruck, Überhitzung, sowie Verbrennungs- und Blasrohrprobleme. Seit 1930 sind nach den Ausführungen der Berichtersteller nennenswerte Drucksteigerungen nicht vorgenommen worden. 20 atü gelten als Grenze, die man bei den Kesseln üblicher Bauart nicht überschreiten sollte. Allerdings wird betont, daß es wünschenswert wäre, mit der Überhitzung bei diesem Druck 400° zu erreichen und — soweit die Schwierigkeiten der Schmierung überwunden werden können — darüber hinauszugehen. Weiter wird darauf hingewiesen, daß durch Vergrößerung und Verbesserung der Dampfein- und Ausströmkanäle der Druckabfall zwischen Kessel und Zylinder erheblich verkleinert werden kann. Die stromlinienförmige Ausbildung der schnellfahrenden Lokomotiven ist heute Allgemeingut geworden, da die dabei erzielte Verminderung der Antriebsleistung außerordentlich ins Gewicht fällt. Das Interesse für Hochdrucklokomotiven ist etwas abgeklaut, dagegen verdient die Weiterentwicklung der Turbinenlokomotive erneut größere Beachtung. Allerdings hat man hier die Aufgabe enger gefaßt und verzichtet auf Kondensation.

Die letzte von der Gruppe 2 behandelte Frage betrifft Maßnahmen zur Stromersparnis bei der elektrischen Zugförderung, und zwar von Austritt Kraftwerk bis zur Treibachse. Die Empfehlungen stellen fest, daß die wichtigste Neuerung der elektrischen Zugförderungseinrichtungen der Stromrichter ist, der berufen zu sein scheint, die umlaufenden Umformer in demselben Maße zu ersetzen wie der Gleichrichter die Wechselstrom-Gleichstrom-Maschinenumformer. Für besondere Fälle hat er sich bei Gleichstromstrecken und Anwendung der Nutzbremmung als geeignet erwiesen, in den Unterwerken Gleichstrom in Wechselstrom zu verwandeln. Weiter wurde die Frage des zweckmäßigen Abstandes der Unterwerke behandelt und festgestellt, daß fahrbare Unterwerke mit Erfolg bei vorübergehenden Betriebsbedürfnissen verwendet werden können. Im Wettbewerb mit Dampf- und Diesellokomotiven ist es gelungen, das Gewicht der elektrischen Lokomotive bei gleicher Leistung und Zugkraft nennenswert zu senken. Erwähnt sei noch die Verwendung der Rollenlager für die Lagerung der Motorankerwellen und die elektrische Heizung. Hier wurde darauf hingewiesen, daß weniger Heizkörper in Verbindung mit Warmluftkanälen eine größere Heizwirkung erzielen können als eine größere Anzahl von Heizkörpern!

In der Gruppe „Betrieb“ hat sich der Ausschuß zunächst mit der Frage der Nebenbahnen befaßt. Gerade auf diesen Bahnen mit geringer Verkehrsichte waren durchgreifende Maßnahmen erforderlich, um dem Wettbewerb des Kraftwagens zu begegnen. Die Schlußfolgerungen empfehlen denn auch durchgehend bekannte Maßnahmen, wie Umstellung auf Triebwagenverkehr, Einführung einer dem deutschen vereinfachten Nebenbahnbetrieb ähnlichen Betriebsform und — damit zusammenhängend — Umwandlung von Bahnhöfen in Haltestellen und Übertragung der dort anfallenden Arbeiten an Private.

Ein weiterer Punkt ist die Durchführung sogenannter „sparsamer“ wirtschaftlicher Organisationsverfahren“ im Güterverkehr. In den Berichten kam zum Ausdruck, daß eine genaue Durchorganisation des Zugbildungsgeschäftes die Grundlage für wirtschaftliches Arbeiten ist, daß aber das sogenannte Taktverfahren nur selten erreicht werden wird. Voraussetzung für zufriedenstellende Leistungen der großen Verschiebebahnhöfe sind maschinelle Anlagen, insbesondere fernbediente Gleisbremsen und selbsttätiger Weichenschnellbetrieb. Abfertigung von Zügen ohne Unterwegsbehandlung nach dem nächsten Verschiebebahnhof und bei genügend Frachtaufkommen unter Umgehung mehrerer Verschiebebahnhöfe zu einem entferntliegenden wird empfohlen. Fühlungnahme mit den Verfrachterkreisen zwecks Gewinnung einer Übersicht über die Verkehrsentwicklung und Benachrichtigung des Empfängers sind unerläßlich. Beschleunigung des Leerwagenumlaufes durch besondere Leerwagenzüge ohne Unterwegsbehandlung und die Verwendung von Behältern werden empfohlen. Bei den Kleinbehältern wird festgestellt, daß sie frei von technischen Mängeln sind. Die beim Großbehälterverkehr noch zu lösenden Fragen beruhen nicht auf mangelhafter technischer Durchbildung, sondern sind Probleme des Behälterumschlages,

insbesondere beim Kunden. Die Straßenbeförderung ganzer Güterwagen auf besonderen Fahrzeugen (Culemeyerfahrzeug) ist nach Ansicht des Ausschusses noch nicht ausgedehnt genug, um zu einer endgültigen Urteilsbildung zu gelangen.

Als letzten Punkt behandelte dieser Ausschuss Fragen der Signalbetätigung und der Übertragung dieser Signale auf die Lokomotive. Er befürwortet die Einführung des selbsttätigen Blockes und die von einigen Verwaltungen getroffene Regelung, das auf Halt stehende Blocksignal als Auftragssignal zur „Fahrt auf Sicht“ zuzulassen. Es bliebe noch die Frage zu klären, auf welche Weise leichte Fahrzeuge, und solche mit Gummibereifung versehene, auf solchen Strecken ohne Gefährdung der Sicherheit verkehren können, da hierbei ein einwandfreies Arbeiten der Kontakte nicht gewährleistet ist. Die Übertragung der Signale auf die Lokomotive, wobei einige selbsttätig die Bremse auslösen, wird empfohlen, auf der anderen Seite aber Maßnahmen gefordert, um die Wachsamkeit des Lokomotivführers zu erhalten. Für besonders schnelle Züge empfiehlt der Ausschuss wiederholte Ankündigung.

Die vierte Gruppe „Allgemeines“ behandelte zunächst die Auswirkung der Weltwirtschaftskrise und des Kraftwagenwettbewerbs auf die Lage der Eisenbahnen. Gerade dieses Thema ist von besonderer Bedeutung. Im deutschen Reich hat bekanntlich der Staat eingegriffen. In den andern Ländern ist der Staat nicht soweit gegangen und dementsprechend ist die Lage der einzelnen Gesellschaften kritisch, zumal es sich oft um Privatbahnen handelt. Die Sorgen der einzelnen Verwaltungen, die — was ja bekannt ist — nicht allein aus eigener Kraftanstrengung zu beheben sind,

kommen in den Empfehlungen zum Ausdruck. Als mögliche Lösungen werden empfohlen: Beteiligung der Eisenbahnen an den Kraftverkehren, Verkehrsteilung zwischen Schiene und Straße entweder durch freiwillige Vereinbarung oder durch staatliche Anordnung oder gemischte „Schiene-Straße“-Beförderung, sei es durch Behälter oder durch Beförderung beladener Kraftwagen über weite Entfernungen auf der Schiene. Ferner wird Regelung des Werkverkehrs, der technischen Überwachung der Kraftfahrzeuge, Gleichstellung beider Verkehrszweige hinsichtlich der Tarife, der Beförderungsbedingungen und der Arbeitsbedingungen verlangt, alles Maßnahmen, die in Deutschland gesetzlich verankert sind. Schließlich beschäftigte sich dieser Ausschuss noch mit der Frage der zweckmäßigen Auswahl und der Berufsausbildung des Personals. Das psychotechnische Untersuchungsverfahren wird allgemein zur Einführung empfohlen mit dem Ziele, die Sicherheit zu erhöhen und die Leistungen zu steigern. Die Übereinstimmung zwischen der Beurteilung der Bediensteten durch ihre Vorgesetzten und dem Ergebnis der psychotechnischen Untersuchung wird zu 70–90% angegeben.

Eine fünfte, letzte Gruppe befaßte sich schließlich mit den Nebenbahnen, d. h. wohl in diesem Falle in Privatbesitz befindlichen nebenbahnähnlichen Kleinbahnen und betont in ihren Schlußfolgerungen, daß die Anerkennung und Unterstützung dieser Bahnen durch die Hauptbahn in deren eigenem Interesse liegt und daß gerade diese Bahnen im Kampf gegen den Straßenverkehr eine besonders schwierige Stellung haben. Sie empfiehlt Gemeinschaftsbahnhöfe unter der Voraussetzung gleicher Spurweite, ferner durchgehende Tarife und Güterwagengemeinschaft; im übrigen Zusammenarbeit soweit irgend möglich. Boettcher.

Bücherschau.

Leichte Dampfantriebe an Land, zur See, in der Luft. Von Friedrich Münzinger. 112 Seiten mit 202 Abbildungen und 20 Zahlentafeln. Berlin: Julius Springer, 1937.

Das Buch gibt in großer Vollständigkeit und in knappster Form den Stand der Technik und die Problemstellung, die Bauart der heute üblichen Kessel mit und ohne Zwangslauf und die Anwendungsgebiete für leichte Dampfantriebe. Lose angefügt ist noch ein Anhang, der recht wenig vom Thema des Buches spricht, aber sehr Wertvolles sagt über Mängel und Verbesserungsmöglichkeiten der Ingenieurausbildung und der Ingenieurtätigkeit beim Konstruieren. Das große Sachwissen, die treffsichere Beurteilung jeder Bauform und die einleuchtende, meist aus Zahlen abgeleitete Stellungnahme zu ihr ist eine sehr hochzuschätzende Eigenschaft des weit bekannten Verfassers. Diese Eigenschaft führt ihn dazu, bei aller Anerkennung der neuesten Entwicklung im Kessel- und Kraftmaschinenbau demjenigen, der eine vereinzelt Betriebsanlage hoher Ausfallsicherheit braucht, eine Anlage herkömmlicher Bauart zu empfehlen. Ebenso eindrucksvoll ist des Verfassers sorgfältig begründete klare Feststellung, daß eine leichte Dampfkraftanlage für sehr große Flugzeugeinheiten sehr wohl wettbewerbsfähig ist — auf einige Jahre hinaus, nämlich so lange, bis der schnellaufende Verbrennungsmotor die Verringerung der Zylinderzahl und überhaupt seines Gewichtes gemeistert haben wird. Jeder, der sich mit dem Problem beschäftigt hat, muß dieser Ansicht unbedingt beipflichten.

Dr. Ing. e. h. R. P. Wagner.

Jürgensmeyer, Die Wälzlager. Berlin: Julius Springer, 1937. Preis geb. RM 48,—.

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, die über die Wälzlager vorliegenden Erfahrungen zu sammeln und der Allgemeinheit zugänglich zu machen, insbesondere befaßt er sich mit den Fortschritten der letzten 20 Jahre.

Ein geschichtlicher Rückblick zeigt zunächst, wie die fabrikmäßige Herstellung der Kugellager mit dem aufkommenden Fahrrad einsetzt und wie sich das neue Lager seit der Jahrhundertwende zu einem unentbehrlichen Maschinenteil entwickelt. Etwa mit dem Jahre 1918 ist in der Gestaltung der Wälzlager ein gewisser Abschluß der 1. Entwicklungsstufe zu erkennen.

Eingehende Versuche im In- und Ausland schaffen in der Folge Aufklärung über noch umstrittene Fragen, langjährige Betriebs-

erfahrungen decken die Vor- und Nachteile der bisherigen Bauformen auf, und so entstehen zum Teil ganz neuartige Konstruktionen. Das Radial-Querlager nimmt neben der radialen auch eine hohe axiale Belastung auf und erspart oft ein besonderes Längslager; das Pendellager ist gegen Wellenausschläge unempfindlich; es entstehen Käfige für höchste Drehzahlen; die spielfreie Lagerung beginnt das Gleitlager auch im Werkzeugmaschinenbau zu verdrängen. Maße und Spiele werden meist international festgelegt und ermöglichen wirtschaftliche Herstellung und Auswechslung. Es tritt Klarheit ein, über die Reibung und über die Kräfte und, was wesentlich ist, auch über die Lebensdauer, so daß der Konstrukteur Bauart und Größe seiner Lager sicher auswählen kann und nicht mehr unnötige Gewichtsverschwendung oder vorzeitigen Verschleiß befürchten muß. Die Kraft- und Schmiermittelsparnis wird zahlenmäßig nachgewiesen, für den Ein- und Ausbau sowie für Wartung und Prüfung werden klare Richtlinien gegeben.

Die Einbaubeispiele sind allen Zweigen des Maschinenbaues entnommen; das Eisenbahnwesen, für das die Wälzlager zunehmende Bedeutung gewinnen, ist mit Zeichnungen verschiedener Achslager, eines Lokomotivstangenlagers und eines Wechselgetriebes vertreten, außerdem werden wiederholt Betriebsverfahren der Deutschen Reichsbahn mitgeteilt.

Dem Buch sind zwei Faltafeln mit den Hauptmaßen und Passungen für den Gebrauch am Konstruktionstisch beigegeben, ein einfaches Beispiel erläutert die Anwendung der Tafeln. Es wäre zu begrüßen, wenn noch weitere Beispiele, in welchen auch die verwickelteren Betriebsverhältnisse berücksichtigt werden, aufgeführt wären.

Das Werk ist klar und übersichtlich geschrieben, der Stoff ist erschöpfend behandelt und durch über 1200 musterhafte Zeichnungen und Darstellungen erläutert. Daß die „Vereinigten Kugellagerfabriken A.-G.“ ihre gesamten Erfahrungen freimütig zur Verfügung gestellt haben, erhöht den Wert des Buches. Die Fachwelt in weiten Kreisen begrüßt daher sein Erscheinen. Der Konstrukteur und der Betriebsleiter findet auf allen Gebieten wertvolle Anregungen. Mit dem Hinweis auf die sparsame Verwendung kostbarer Werkstoffe und Schmiermittel und auf die volkswirtschaftliche Bedeutung der Kraftersparnis fördert die Neuerscheinung auch die Durchführung des Vierjahresplanes.

Die Ausstattung des Werkes ist musterhaft.

Prof. Fr. Schöff.

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Der Wiederabdruck der in dem „Organ“ enthaltenen Originalaufsätze oder des Berichtes, mit oder ohne Quellenangabe, ist ohne Genehmigung des Verfassers, des Vorlages und Herausgebers nicht erlaubt und wird als Nachdruck verfolgt.