

# Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

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

83. Jahrgang

1. Juli 1928

Heft 13

## Oberbauberechnung der russischen Bahnen.

Von Dr. Ing. Saller, Direktor bei der Reichsbahn Regensburg.

Der wissenschaftlich-technische Ausschuß des Volkskommissariats für Verkehrswesen in Moskau ist kürzlich mit dem 54. Heft seiner Veröffentlichungen herausgekommen. Es betrifft: „Oberbauberechnungen“ und zwar die Arbeiten des Ausschusses im Jahre 1926. Es handelt sich um ein stattliches Heft von 132 Seiten. Seine Durchsicht ist besonders anregend. Es wurde früher schon an anderer Stelle die Anschauung vertreten, daß in Rußland wissenschaftlich überaus fleißig gearbeitet wird, obwohl die Mittel der Ausführung und der Unterhaltung überaus knapp sind und die Verwirklichung theoretischer Fortschritte nur in beschränktem Umfange möglich ist. Diese Anschauung wird in besonderem Maße durch das vorliegende Heft bestätigt. Es enthält außer einigen Sitzungsberichten den vom Volkskommissariat f. V. veröffentlichten „Entwurf einer Anweisung für die Berechnung der Spannungen in den einzelnen Teilen des Oberbaues und der größten zulässigen Zuggeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Gleis“, dann eine Arbeit von Ing. Mischtschenko über „die Frage der dynamischen Schienenberechnung“, die bei der Unzugänglichkeit des russischen Schrifttums, auch auf dem Gebiete der Oberbauberechnung, einen guten Überblick über den Stand der von der unsrigen ja vielfach unabhängig entwickelten Wissenschaft russischer Oberbauberechnung gibt. Weiter folgt, eingeleitet durch eine Art Vorwort des Veteranen auf dem Gebiete russischen Oberbaus, Boguslawsky, eine recht bedeutsame Arbeit von Ing. Kratschkowsky über „Oberbauberechnung bei der Annahme einer Lastenreihe mit Hilfe von Einflußlinien“, die an Hand überaus weitläufiger Berechnungen vier einfache Zahlentafeln aufstellt, auf Grund deren sich in einfachster Weise bei Annahme von nachgiebigen Schwellenauflegern für eine Gruppe von Lasten das größte Moment und der Auflagerdruck auf die Schwelle in einem Schienenquerschnitt angeben läßt. Die Arbeit ergänzt das grundlegende Werk „die Berechnung des Eisenbahnoberbaues“ von Dr. Zimmermann in wertvoller Weise für die Anwendung dahin, daß die Berechnung der Momente und Auflagerdrücke nicht mehr nur für Einzellasten, sondern für Lastenreihen und nicht mehr nur für das gleichmäßig unterstützte, also als Langschwellenoberbau gedachte Gleisband, sondern für Querschwellenoberbau in einer bequemen Form ermöglicht wird. Am Schlusse kommt noch ein mehr kritischer Aufsatz von Sergejew, der zu dem oben angeführten, jetzt in Rußland geltenden Entwurf der Oberbauberechnung prüfend Stellung nimmt und dabei einige recht wertvolle Kenntnisse und vom Standpunkte unserer Verhältnisse eigenartige Eindrücke vom augenblicklichen Stand des russischen Oberbaues vermittelt.

Es soll in folgendem Aufgabe sein, aus diesem umfangreichen Stoff ein Gesamtbild von der Entwicklung russischer Oberbauberechnung bis zum letzten Abschnitt, dem vom Kommissariat veröffentlichten Oberbauberechnungsentwurf, von den neuesten Fortschritten, die diese Entwicklung durch die offenbar über die Grenzen Rußlands hinaus bedeutsame Ausarbeitung der Kratschkowskyschen Einflußlinien und Zahlentafeln erfahren hat, zu geben und schließlich an Hand des ganzen vorliegenden Heftes gewisse Einblicke in den

derzeitigen russischen Oberbau, die heute hauptsächlich maßgebenden Schienenformen, Schwellen und Befestigungsmittel und in den Stand der Bettungsfrage zu vermitteln. Gerade bei der derzeitigen, auf mehr als ein Jahrzehnt zurückreichenden Abgeschlossenheit Rußlands wird sich hierbei eine sehr fühlbare Lücke in der Kenntnis der Oberbauverhältnisse fremder Länder für uns schließen können. Die eingehende Durcharbeitung des Heftes ist auch besonders geeignet, zum Bewußtsein zu bringen, wie sehr freiwillige oder erzwungene Absonderung und Unkenntnis dessen, was in anderen Bereichen schon geleistet worden ist, dazu verleiten kann, fehlerhafte Richtungen einzuschlagen.

Das russische Fachschrifttum besitzt gründliche Werke über Eisenbahnoberbau von Professor Petrow\*), die leider unter gegenwärtigen Umständen für uns unzugänglich zu sein scheinen. Petrow spielt dabei für Rußland ungefähr die Rolle wie bei uns Dr. Zimmermann, nur mit dem Unterschiede, daß Petrow auch die dynamische Seite der Sache, also auch z. B. die von Unebenheiten der Fahrbahn und von Unregelmäßigkeiten der Fahrzeuge herrührenden Stoßwirkungen in seine Bearbeitung einzubeziehen sucht. Daß diese bei uns ja auch schon einigermaßen weit gediehenen, dynamischen Theorien sich durchwegs in so verwickelte Formen kleiden, daß sie für die Ausübung nicht verwendbar sind, scheint in Rußland bei dem dortigen Autoritätsbedürfnis weniger leicht eingesehen zu werden als bei uns. Weit mehr als bei Dr. Zimmermann scheint sich bei Petrow ein Umstand störend geltend zu machen: nämlich daß sich, wenn man seine Theorien zur Feststellung dynamischer Durchbiegung und der Geschwindigkeit in lotrechter Fläche benutzen will, ungeheuerliche Formeln ergeben, mit denen die Ausübung schon bei nur einem bewegten Rad nichts Rechtes anfangen kann. Die Rechnung wird außerordentlich verwickelt, erfordert viele Zahlentafeln und eine große Menge Rechnungen, wobei ein einmal für einen gegebenen Querschnitt gemachter Fehler sich auch auf die Weiterrechnung überträgt. Dabei gibt das Verfahren nach Professor Petrow auch keine einfachen Formeln für die Beziehungen zwischen Last, Elastizität der Schienen und Unterlagen, Geschwindigkeit usw. Mit ungleich mehr Begründung als bei Dr. Zimmermann haben sich daher auch bei Petrow Fachleute gefunden, die an eine Vereinfachung gingen und zwar war dies vor allem Ing. Cholodezky. Dieser wies insbesondere nach, daß es nicht angängig sei, mit einer Einzellast zu rechnen, sondern daß auch die Nachbarlasten einbezogen werden müßten, weil dadurch die Rechnungsergebnisse wesentlich beeinflusst werden. Durch diese Einbeziehung wird das Moment verkleinert und der Druck, der von der Schiene auf Schwelle und Bettung weiter geht, größer. Es ist das ein Ergebnis, das auch anderweitig bekannt ist, wenn es auch bei uns nicht als maßgebend für die Berechnung des Schienenquerschnittes, sondern mehr nur für die Berechnung der zulässigen Gewichte bei Lastengruppen, z. B. Lokomotiven, verwertet wird. Für die Berechnung des Schienenquerschnitts ist und bleibt unter allen Umständen die Einzellast, wie sie

\*) „Druck der Räder auf die Eisenbahnschienen, Festigkeit der Schienen und Widerstandsfähigkeit des Gleises (Ausgabe 1915) u. a.

auch in Lastenzügen vorkommen kann, und das Zimmermannsche Rechnungsverfahren maßgebend. Cholodezky setzt unter vereinfachenden Annahmen die Auflage der Schienen auf elastischen Einzelstützen voraus. Professor Timoschenko, der auch bei uns, vor allem im mathematischen Schrifttum, einen guten Namen hat, brachte noch eine weitere Vereinfachung der Bestimmung des dynamischen Momentes, indem er die Schiene auf durchgehender Unterlage (Langschwelle) ruhend annimmt. Der Fehler soll hierbei für russische Schienen und Bettung und für das Moment nicht über 11 v. H. hinausgehen und für den Druck auf die Bettung noch geringer werden.

Zur Frage der dynamischen Wirkung der Lokomotivräder unter Einwirkung des bewegten Triebwerkes bestehen zahlreiche Arbeiten des auch bei uns bekannten Prof. Lomonosoff.

Eine bemerkenswerte Seite dieser russischen Oberbauberechnungen ist, daß sie zu einer sog. kritischen Zuggeschwindigkeit führen, die nach den Arbeiten Petrows 75 km/Std. betragen und im allgemeinen zwischen 67 und 87 km/Std. zu suchen sein soll, während bei noch größeren Geschwindigkeiten die Beanspruchung des Oberbaues dann wieder abnehmen soll. Daß dieses Ergebnis der Wirklichkeit widerspricht und daß eine solche kritische Geschwindigkeit am Oberbau allgemein nicht festzustellen ist, blieb natürlich auch den Russen nicht verborgen, aber immer wieder taucht dieser Begriff der kritischen Geschwindigkeit auf. Die Annahme, daß bei bestimmten Achsenfolgen alle Schwingungsanlässe zu bestimmten, kritischen Geschwindigkeiten führen können, liegt an sich nahe, aber die Größe dieser Geschwindigkeit ändert sich von Fall zu Fall und bei Häufung der Schwingungsanlässe, die ja die Regel bildet, heben sich die Wirkungen gegenseitig auf. Weiter erscheint es an sich unzulässig, aus Oberbauberechnungen, die wie die Petrowschen die Schiene gewichtslos annehmen, zuverlässige Schlüsse auf dynamische Wirkungen machen zu wollen. Auch müssen alle Schwingungsberechnungen am Oberbau, wie nach dem Vorgang Mariés bekannt geworden ist, die Reibung und Dämpfung einführen\*).

Noch ein anderer Fehler, der aus einer Verkennung der dynamischen Einwirkung der bewegten Lasten entspringt, spukt in der russischen Oberbautheorie. Ein Stoßdruck wird bekanntlich am unschädlichsten von Bauteilen aufgenommen, die große, elastische Nachgiebigkeit besitzen und dadurch die äußere Stoßarbeit in elastische, innere Formänderungsarbeit umzusetzen vermögen. Aber dieser für ortfeste, stoßende Lasten zweifellos geltende Satz darf nicht unbesehen auf bewegte Lasten übertragen werden. Je nachgiebiger und elastischer ein Oberbau ist, desto größer werden die unter der Einwirkung der Verkehrslasten selbst sich bildenden Eindrücke sein, desto größer wird aber auch der Spielraum für die tatsächlich unvermeidlichen Unregelmäßigkeiten und Schwankungen in diesen Eindrücken ausfallen. Es ist also in Wirklichkeit beim Eisenbahnoberbau nicht so sehr Wert darauf zu legen, die Nachgiebigkeit groß zu machen, als für möglichste Gleichmäßigkeit dieser Nachgiebigkeit zu sorgen. Das weist in Wirklichkeit darauf hin, die erwünschte Federung der Hauptsache nach in die Fahrzeuge zu legen und dem Oberbau eine solche Beschaffenheit zu geben, daß er, ohne als starrer Träger ausgebildet zu sein oder bei zu harter Bettung (z. B. bei Frosteinwirkung) auf starrer Unterlage zu ruhen, die Einwirkungen der Verkehrslasten mit gleichmäßigen und daher tatsächlich nicht zu großen Formänderungen soweit bewältigt, daß hierbei eine entsprechende Schonung des Oberbaues und der Betriebsmittel und für die Reisenden ein sanftes Fahren erzielt wird. Eine nicht zu große, gleichmäßige, elastische Durchbiegung auf die ganze Länge des Schienenstranges ist das Erfordernis, das vom

dynamischen Gesichtspunkt an den Oberbau gestellt werden muß\*).

Es ist merkwürdig zu beobachten, welche Verwirrung die Verkennung dieses Gesichtspunktes und der Versuch, die Gesichtspunkte ortfester Last einfach auf bewegte Last zu übertragen, in der russischen Oberbautheorie angerichtet hat. Man findet hier ganz ernsthaft die Behauptung erörtert, daß ein nachgiebiger Oberbau mit geringer Querschwellenzahl und mit Bettung von geringer Bettungsziffer dynamisch einem auf mehr Schwellen und widerstandsfähigerer Bettung gelagerten vorzuziehen sei. Es wird also in der Theorie hier ganz ernsthaft vorgeschlagen, zur Erhöhung der Biegsamkeit des Oberbaues leichte Schienen, wenige Schwellen und nachgiebige Bettung anzuwenden. Es ist merkwürdig, wie hier selbst von einzelnen, anscheinend ausübenden Ingenieuren der Grundsatz verfochten wird, daß Bettung mit geringer Bettungsziffer, also nach unserer Anschauung schlechte Bettung, der mit hoher Ziffer vorzuziehen sei. Petrow berechnet, daß bei doppelter Vergrößerung der Bettungsziffer die gefürchtete Stoßwertziffer um 42 v. H. zunehme und zieht daraus seine Folgerungen. Da in Rußland allgemein Sandbettung vorherrscht und die Bettungsverhältnisse innerhalb des letzten Jahrzehnts sich aus naheliegenden Gründen noch verschlechtert haben, so besteht allerdings wenig Gelegenheit zu gegenteiligen Erfahrungen und Beobachtungen. Man findet in dem vorliegenden Oberbauheft anscheinend von ausübender Seite offen die Forderung vertreten, daß man, da der Ingenieur allgemein mit der ungünstigsten Beanspruchung rechnen müsse, die Oberbauberechnung auf den Fall einer hohen Bettungsziffer einstellen müsse, wie solche in russischen Verhältnissen, höchstens mit Ausnahme des Südens, für die Zeit des Frostes zu erwarten sei. Man solle also, während in Rußland sonst Bettungsziffern in der Höhe von 3 und 4 oder, schon zu hoch, 5 anzunehmen seien, für den ungünstigsten Fall des Winterfrostes  $C=8$  bis 9 rechnen. Die Erkenntnis, daß die Gefahr des Frostes, die sich an Hand der Schienenbruchstatistik ja klar nachweisen läßt, nicht in der Erhöhung der Bettungsziffer, sondern in der Verschiedenheit der Höhe der Frosthügel, insbesondere bei Frostaufgang zu suchen ist, scheint in Rußland noch keineswegs durchgedrungen zu sein. Man muß, um dies zu verstehen, allerdings mit russischen Verhältnissen rechnen, wo das allgemeine Gefrieren der Bettung förmlich als eine ständige Eigenschaft des Oberbaues zu betrachten ist. Daß die praktischen Ergebnisse diesen theoretischen Auswüchsen widersprechen, scheint allerdings durchzudringen. Man schiebt die Unstimmigkeit auf ungenügende Ausarbeitung der Oberbauberechnungen und das Fehlen von Versuchen.

Wie oben schon angeführt wurde, hat die auf Einzellasten zugeschnittene Berechnung gegenüber Lastenreihen den Nachteil, daß sie zu große Momente und zu geringe Schienendrucke ergibt. Es ist tatsächlich nicht vertretbar, diese Einzellastberechnung für Berechnung der für Lastenreihen, z. B. Lokomotiven, zulässigen Achsdrücke u. a. anzuwenden. Es handelt sich hier nicht etwa um Fehler, die man vernachlässigen kann, sondern, wie in der Arbeit von Kratschkowsky an Beispielen nachgewiesen wird, um Fehler, die bei Momenten bis 48 v. H., ja nach anderweitigen Angaben bis 60 v. H. und mehr ansteigen können. Auch bei den Schwellendrucke können unter Umständen große Abweichungen (bis zu 44 v. H.) vorkommen. Man kann die Oberbauberechnung für Lastenreihen entweder mit Prof. Timoschenko für durchgehende, elastische Lagerung (Langschwelle) oder nach Clapeyron für elastische Einzelstützen durchführen. Die zweite Annahme kommt natürlich der Wirklichkeit näher und da die Abweichungen der Ergebnisse beider Rechnungsverfahren, wie Boguslawsky in

\*) Auch der Verfasser hat u. a. im Organ 1922, Heft 6 hierauf eingehend hingewiesen.

\*) Dr. Saller, Stoßwirkungen an Tragwerken und am Oberbau im Eisenbahnbetriebe. Kreidel 1910, S. 49.

einer Zusammenstellung nachweist, recht bedeutend sind, so verdient das Verfahren der elastischen Einzelstützen den Vorzug. Dieses bei Anwendung der Clapeyronschen Formeln ungemein umständliche und schwerfällige Verfahren durch Aufstellung von vier einfachen Zahlentafeln äußerst vereinfacht und auf Lastenreihen anwendbar gemacht zu haben, ist das Verdienst Kratschkowskys und eine bedeutsame Ergänzung des Zimmermannschen Werkes über Oberbau-

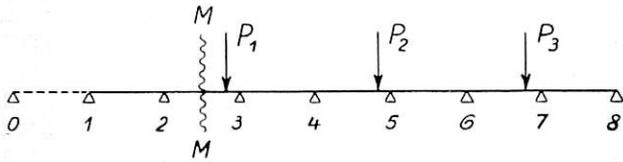


Abb. 1.

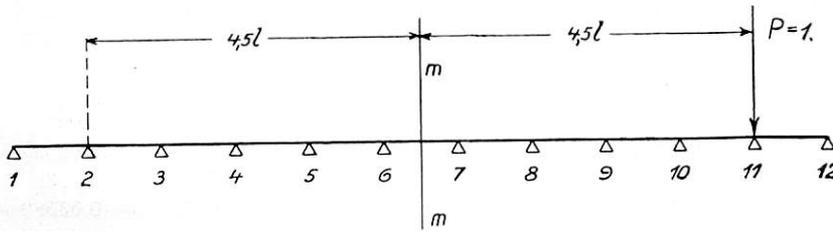


Abb. 2.

berechnung. Man braucht darnach den Einfluß der Nachbarlasten nicht mehr durch unsichere Wertziffern einzuschätzen, sondern kann ihn mit verhältnismäßig großer Sicherheit rechnerisch erfassen. Es handelt sich einmal um zwei Zahlentafeln für Momente inmitten eines Schwellenabstandes und zwar die eine für den Fall, daß die Lasten zu beiden Seiten des untersuchten Querschnitts stehen, und die andere für den Fall, daß die Lasten nur auf einer Seite des untersuchten Querschnitts stehen, also für sog. Randlasten. Ebenso finden sich weiter zwei Zahlentafeln für den Schienendruck auf die Schwelle und zwar auch hier wieder je eine für den Fall, daß die Lasten sich beiderseits des Querschnitts verteilen und eine für einseitige Lastenverteilung. Auf die bei Anwendung Clapeyronscher Formeln überaus umständliche Art der Berechnung dieser Tafeln brauchen wir hier nicht einzugehen. Es genüge darauf hinzuweisen, daß der Kunstgriff angewendet wird, spiegelgleich dicht stehende Reihen von Einheitslasten und Einheitsschwellenabstände einzuführen; weiter wird angenommen, daß weiter als 4,5 Schwellenfächer vom untersuchten Querschnitt abstehende Lasten keinen Einfluß mehr ausüben; endlich werden dann in der Ergebnisgleichung alle Lasten mit Ausnahme der gefragten gleich Null gesetzt. Behufs Herstellung der Übersichten wurden Einflußlinienschabilder, die also bei beiderseitigen Lastenverteilung zum untersuchten Querschnitt beiderseitig spiegelgleich, bei einseitiger Lastenverteilung aber nur einseitig verlaufen, in ganz großem Maßstabe gezeichnet. Aus ihnen wurden dann durch Abgreifen der Maße die Übersichten zusammengestellt, deren Anwendung sich am besten durch die Vorführung einige Beispiele ergibt.

Für einseitige Lastenverteilung ist aus Gründen, die hier nicht weiter ausgeführt zu werden brauchen, der untersuchte Querschnitt im zweiten Schwellenfelde angenommen (Abb. 1). Hier wird also die erste Last aufgestellt und die übrigen folgen nach ein und derselben Seite, hier rechts. Für zweiseitige Lastenverteilung wird der untersuchte Querschnitt in die Mitte eines auf 12 nachgiebigen Stützen ruhenden Trägers gelegt (Abb. 2). Die übrigen Lasten verteilen sich zu beiden Seiten. Es ergibt sich dann für die Erstellung der Tafeln bei der beiderseitigen Lastenstellung das Schaubild Abb. 3 und ebenso

für einseitige Lastenstellung das Schaubild Abb. 4. Die den Einflußlinien beigefügten Zahlen stellen den Zimmermannschen Nachgiebigkeitswert der Fahrbahn dar:  $\gamma = \frac{6 E J}{13 D}$ . Dabei ist

$D = \alpha \frac{a b}{2} C$ , wo a die Schwellenlänge, b die Breite des Schwellenauflegers, C die Bettungsziffer und  $\alpha$  ein Wert ist, der den Einfluß der Schwellenbiegung schätzt und nach Petrow zu 0,9 angenommen wird.  $\gamma$  bewegt sich in gewöhnlichen Verhältnissen zwischen 0,75 und 6. Bei sehr kräftigen Schienen geht  $\gamma$  bis 8.

Es ergibt sich dann Übersicht I\*) der Ordinaten der Einflußlinien für das Moment in der Feldmitte bei einer zum untersuchten Querschnitt beiderseitigen Lastenstellung.

Die Einflußlinien haben hier zwei spiegelgleiche Zweige.  $\gamma$  ist dabei zunächst zu 0,75 dann von Einheit zu Einheit bis acht steigend angenommen. x bezieht sich, in Zehnteln abgestuft, auf die Anzahl der Schwellenfelder. Zwischenwerte von  $\gamma$  und x werden geradlinig eingeschaltet. Bei den  $\gamma$  ist angeregt, die Tabelle künftig auch noch für halbe Einheiten zu ergänzen.

Ebenso Übersicht II der Ordinaten der Einflußlinien für das Moment in der Feld-

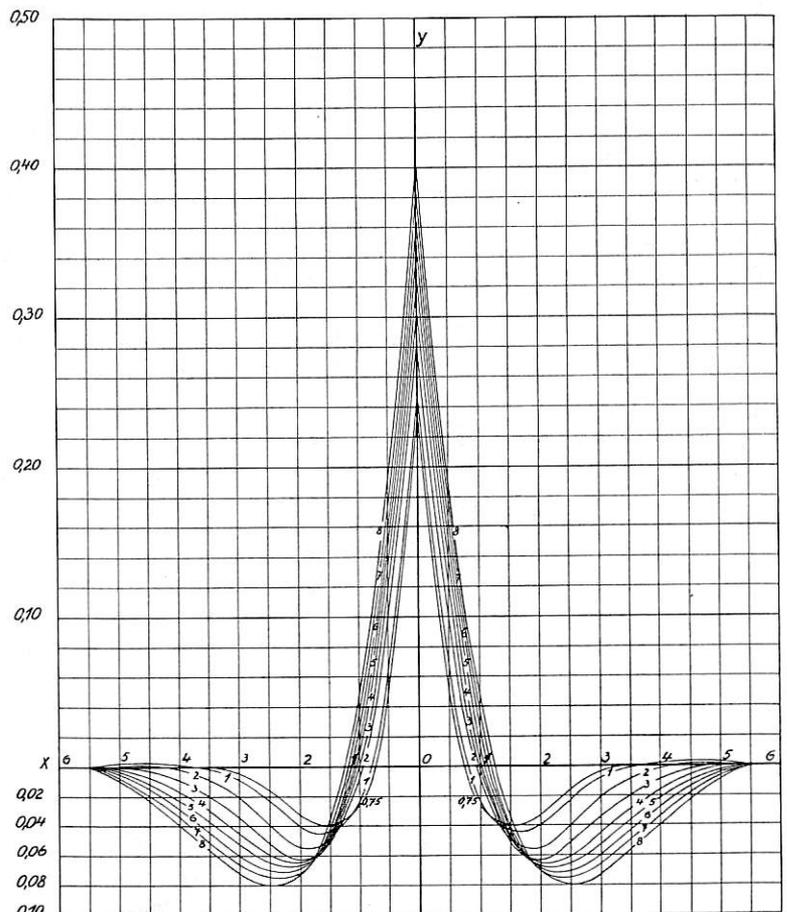


Abb. 3.

mitte bei einer zum untersuchten Querschnitt einseitigen Lastenstellung.

Um die Anwendung der Zahlentafeln zu zeigen, seien einige Beispiele wiedergegeben, die einen Vergleich zwischen

\*) Es kommt natürlich sehr auf die Zuverlässigkeit dieser Zahlenreihen an. Sie sollen aber nachgeprüft und verlässlich sein.

## Übersicht I

der Ordinaten der Einflußlinien für das Moment in Feldmitte bei Lage der Lasten beiderseits des untersuchten Querschnitts.  
Die Einflußlinien haben zwei spiegelgleiche Zweige.

$\gamma$ x	0,75	1	2	3	4	5	6	7	8
0	+ 0,24075	+ 0,25453	+ 0,29215	+ 0,31752	+ 0,33807	+ 0,35506	+ 0,36780	+ 0,38317	+ 0,3937
0,1	+ 0,2029	+ 0,2160	+ 0,2521	+ 0,2767	+ 0,2969	+ 0,3135	+ 0,3267	+ 0,3410	+ 0,3515
0,2	+ 0,1651	+ 0,1774	+ 0,2121	+ 0,2356	+ 0,2558	+ 0,2720	+ 0,2851	+ 0,2987	+ 0,3094
0,3	+ 0,1273	+ 0,1389	+ 0,1721	+ 0,1947	+ 0,2147	+ 0,2305	+ 0,2436	+ 0,2565	+ 0,2672
0,4	+ 0,0895	+ 0,1003	+ 0,1322	+ 0,1537	+ 0,1735	+ 0,1890	+ 0,2021	+ 0,2143	+ 0,2250
0,5	+ 0,0517	+ 0,06183	+ 0,09230	+ 0,11280	+ 0,13240	+ 0,14750	+ 0,16060	+ 0,17210	+ 0,18280
0,6	+ 0,0258	+ 0,0322	+ 0,0630	+ 0,0790	+ 0,0924	+ 0,1075	+ 0,1193	+ 0,1303	+ 0,1442
0,7	+ 0,0073	+ 0,0141	+ 0,0400	+ 0,0545	+ 0,0660	+ 0,0790	+ 0,0902	+ 0,1005	+ 0,1095
0,8	- 0,0072	- 0,0011	+ 0,0204	+ 0,0343	+ 0,0451	+ 0,0558	+ 0,0665	+ 0,0776	+ 0,0856
0,9	- 0,0183	- 0,0134	+ 0,0044	+ 0,0170	+ 0,0278	+ 0,0378	+ 0,0466	+ 0,0570	+ 0,0647
1,0	- 0,02672	- 0,02333	- 0,01026	+ 0,00139	+ 0,0118	+ 0,02119	+ 0,02995	+ 0,03785	+ 0,04472
1,1	- 0,0330	- 0,0306	- 0,0238	- 0,0116	- 0,0030	+ 0,0054	+ 0,0134	+ 0,0195	+ 0,0250
1,2	- 0,0366	- 0,0352	- 0,0329	- 0,0234	- 0,0171	- 0,0089	- 0,0023	+ 0,0028	+ 0,0080
1,3	- 0,0388	- 0,0385	- 0,0397	- 0,0338	- 0,0282	- 0,0220	- 0,0165	- 0,0125	- 0,0085
1,4	- 0,0397	- 0,0411	- 0,0450	- 0,0424	- 0,0384	- 0,0338	- 0,0296	- 0,0270	- 0,0230
1,5	- 0,03985	- 0,04346	- 0,04886	- 0,04881	- 0,04695	- 0,04444	- 0,04132	- 0,04027	- 0,03689
1,6	- 0,03998	- 0,0448	- 0,0520	- 0,0540	- 0,0540	- 0,0520	- 0,0511	- 0,0506	- 0,0465
1,7	- 0,03993	- 0,0455	- 0,0540	- 0,0575	- 0,0590	- 0,0570	- 0,0575	- 0,0575	- 0,0564
1,8	- 0,0386	- 0,0450	- 0,0553	- 0,0598	- 0,0624	- 0,0625	- 0,0628	- 0,0624	- 0,0625
1,9	- 0,0367	- 0,0432	- 0,0557	- 0,0610	- 0,0645	- 0,0660	- 0,0672	- 0,0673	- 0,0673
2,0	- 0,03396	- 0,04020	- 0,05460	- 0,06168	- 0,06583	- 0,06843	- 0,07030	- 0,07075	- 0,07111
2,1	- 0,0302	- 0,0368	- 0,0518	- 0,0599	- 0,0653	- 0,0690	- 0,0718	- 0,0738	- 0,0747
2,2	- 0,0265	- 0,0329	- 0,0489	- 0,0579	- 0,0647	- 0,0689	- 0,0722	- 0,0756	- 0,0772
2,3	- 0,0228	- 0,0290	- 0,0454	- 0,0559	- 0,0630	- 0,0687	- 0,0723	- 0,0763	- 0,0787
2,4	- 0,00191	- 0,0250	- 0,0419	- 0,0533	- 0,0613	- 0,0676	- 0,0720	- 0,0765	- 0,0793
2,5	- 0,01542	- 0,02100	- 0,03843	- 0,05048	- 0,05935	- 0,06617	- 0,07156	- 0,07580	- 0,07928
2,6	- 0,0121	- 0,0175	- 0,0352	- 0,0472	- 0,0568	- 0,0641	- 0,0697	- 0,0742	- 0,0785
2,7	- 0,0094	- 0,0145	- 0,0321	- 0,0440	- 0,0540	- 0,0618	- 0,0677	- 0,0724	- 0,0774
2,8	- 0,0072	- 0,0119	- 0,0288	- 0,0407	- 0,0508	- 0,0592	- 0,0654	- 0,0705	- 0,0758
2,9	- 0,0054	- 0,0098	- 0,0255	- 0,0372	- 0,0476	- 0,0561	- 0,0628	- 0,0684	- 0,0737
3,0	- 0,00400	- 0,00778	- 0,02234	- 0,03368	- 0,04451	- 0,05285	- 0,05981	- 0,06596	- 0,07200
3,1	- 0,0029	- 0,0058	- 0,0192	- 0,0306	- 0,0412	- 0,0496	- 0,0568	- 0,0629	- 0,0692
3,2	- 0,0020	- 0,0037	- 0,0167	- 0,0277	- 0,0380	- 0,0463	- 0,0536	- 0,0599	- 0,0662
3,3	- 0,0014	- 0,0026	- 0,0143	- 0,0250	- 0,0350	- 0,0431	- 0,0503	- 0,0568	- 0,0630
3,4	- 0,0009	- 0,0018	- 0,0122	- 0,0225	- 0,0320	- 0,0400	- 0,0470	- 0,0536	- 0,0597
3,5	- 0,00065	- 0,00103	- 0,01034	- 0,02004	- 0,02900	- 0,03700	- 0,04383	- 0,05040	- 0,05618
3,6	+ 0,0001	- 0,0003	- 0,0086	- 0,0175	- 0,0262	- 0,0340	- 0,0407	- 0,0470	- 0,0526
3,7	+ 0,0009	+ 0,0002	- 0,0070	- 0,0152	- 0,0235	- 0,0310	- 0,0376	- 0,0436	- 0,0490
3,8	+ 0,0016	+ 0,0008	- 0,0055	- 0,0132	- 0,0208	- 0,0280	- 0,0345	- 0,0404	- 0,0455
3,9	+ 0,0019	+ 0,0012	- 0,0040	- 0,0113	- 0,0182	- 0,0251	- 0,0314	- 0,0372	- 0,0420
4,0	+ 0,00201	+ 0,00166	- 0,00268	- 0,00939	- 0,01576	- 0,02215	- 0,02822	- 0,03400	- 0,03858
4,1	+ 0,0020	+ 0,0021	- 0,0015	- 0,0074	- 0,0137	- 0,0195	- 0,0252	- 0,0306	- 0,0347
4,2	+ 0,0019	+ 0,0021	- 0,0005	- 0,0055	- 0,0118	- 0,0169	- 0,0222	- 0,0271	- 0,0312
4,3	+ 0,0018	+ 0,0022	+ 0,0002	- 0,0041	- 0,0099	- 0,0144	- 0,0192	- 0,0236	- 0,0278
4,4	+ 0,0017	+ 0,0021	+ 0,0008	- 0,0029	- 0,0089	- 0,0118	- 0,0162	- 0,0203	- 0,0246
4,5	+ 0,00159	+ 0,00201	+ 0,00123	- 0,00173	- 0,00617	- 0,00941	- 0,01340	- 0,01734	- 0,02118
4,6	+ 0,0013	+ 0,0020	+ 0,0017	- 0,0005	- 0,0050	- 0,0075	- 0,0112	- 0,0146	- 0,0181
4,7	+ 0,0010	+ 0,0017	+ 0,0020	+ 0,0005	- 0,0039	- 0,0059	- 0,0091	- 0,0122	- 0,0154
4,8	+ 0,0007	+ 0,0014	+ 0,0021	+ 0,0012	- 0,0029	- 0,0045	- 0,0073	- 0,0100	- 0,0128
4,9	+ 0,0004	+ 0,0011	+ 0,0022	+ 0,0017	- 0,0019	- 0,0032	- 0,0058	- 0,0080	- 0,0105
5,0	+ 0,0000	+ 0,0007	+ 0,0021	+ 0,0019	- 0,0010	- 0,0022	- 0,0043	- 0,0063	- 0,0083
5,1	-	+ 0,0003	+ 0,0020	+ 0,0021	- 0,0001	- 0,0012	- 0,0030	- 0,0047	- 0,0063
5,2	-	+ 0,0001	+ 0,0018	+ 0,0020	- 0,0005	- 0,0003	- 0,0019	- 0,0031	- 0,0044
5,3	-	+ 0,0000	+ 0,0015	+ 0,0016	+ 0,0011	+ 0,0004	- 0,0008	- 0,0016	- 0,0028
5,4	-	-	+ 0,0012	+ 0,0012	+ 0,0017	+ 0,0010	+ 0,0003	- 0,0001	- 0,0010
5,5	-	-	+ 0,0009	+ 0,0008	+ 0,0020	+ 0,0016	+ 0,0010	+ 0,0008	+ 0,0004

## Übersicht II

der Ordinaten der Einflußlinien für das Moment in Feldmitte bei Lage aller wirkenden Lasten auf einer Seite des untersuchten Querschnitts.  
Die Einflußlinien haben nur einen Zweig.

$\gamma$ x	0,75	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	+ 0,2463	+ 0,2612	+ 0,3047	+ 0,3342	+ 0,3567	+ 0,3740	+ 0,3882	+ 0,4000	+ 0,4101
0,1	+ 0,2078	+ 0,2222	+ 0,2638	+ 0,2942	+ 0,3168	+ 0,3345	+ 0,3491	+ 0,3611	+ 0,3722
0,2	+ 0,1693	+ 0,1832	+ 0,2229	+ 0,2542	+ 0,2769	+ 0,2950	+ 0,3100	+ 0,3226	+ 0,3339
0,3	+ 0,1308	+ 0,1442	+ 0,1819	+ 0,2142	+ 0,2370	+ 0,2555	+ 0,2709	+ 0,2838	+ 0,2957
0,4	+ 0,0922	+ 0,1053	+ 0,1410	+ 0,1743	+ 0,1971	+ 0,2160	+ 0,2318	+ 0,2451	+ 0,2576
0,5	+ 0,05357	+ 0,06630	+ 0,1001	+ 0,1343	+ 0,1572	+ 0,1765	+ 0,1928	+ 0,2064	+ 0,2195
0,6	+ 0,0265	+ 0,0385	+ 0,0755	+ 0,1006	+ 0,1250	+ 0,1410	+ 0,1575	+ 0,1675	+ 0,1815
0,7	+ 0,0083	+ 0,0175	+ 0,0515	+ 0,0762	+ 0,0990	+ 0,1150	+ 0,1275	+ 0,1390	+ 0,1480
0,8	+ 0,0060	+ 0,0015	+ 0,0330	+ 0,0550	+ 0,0740	+ 0,0910	+ 0,1047	+ 0,1170	+ 0,1260
0,9	- 0,0178	- 0,0115	+ 0,0165	+ 0,0350	+ 0,0530	+ 0,0704	+ 0,0833	+ 0,0966	+ 0,1055
1,0	- 0,02680	- 0,0224	+ 0,00089	+ 0,01577	+ 0,0348	+ 0,0507	+ 0,06340	+ 0,07623	+ 0,0855
1,1	- 0,0322	- 0,0297	- 0,0140	+ 0,0005	+ 0,0178	+ 0,0318	+ 0,0442	+ 0,0558	+ 0,0655
1,2	- 0,0360	- 0,0350	- 0,0245	- 0,0115	+ 0,0025	+ 0,0144	+ 0,0262	+ 0,0365	+ 0,0455
1,3	- 0,0388	- 0,0389	- 0,0323	- 0,0220	- 0,0095	+ 0,0005	+ 0,0106	+ 0,0197	+ 0,0295
1,4	- 0,0397	- 0,0412	- 0,0380	- 0,0290	- 0,0197	- 0,0098	- 0,0024	+ 0,0069	+ 0,0151
1,5	- 0,03914	- 0,04265	- 0,0420	- 0,0355	- 0,0274	- 0,0192	- 0,0136	- 0,00405	+ 0,00272
1,6	- 0,0370	- 0,0430	- 0,0440	- 0,0400	- 0,0340	- 0,0275	- 0,0223	- 0,0147	- 0,0079
1,7	- 0,0344	- 0,0420	- 0,0454	- 0,0433	- 0,0391	- 0,0348	- 0,0296	- 0,0234	- 0,0175
1,8	- 0,0315	- 0,0405	- 0,0460	- 0,0460	- 0,0432	- 0,0399	- 0,0355	- 0,0308	- 0,0264
1,9	- 0,0286	- 0,0380	- 0,0461	- 0,0478	- 0,0463	- 0,0442	- 0,0413	- 0,0367	- 0,0342
2,0	- 0,02594	- 0,03482	- 0,04590	- 0,04884	- 0,0488	- 0,04754	- 0,04557	- 0,0414	- 0,04095
2,1	- 0,0232	- 0,0316	- 0,0443	- 0,0486	- 0,0500	- 0,0501	- 0,0494	- 0,0463	- 0,0467
2,2	- 0,0206	- 0,0284	- 0,0420	- 0,0479	- 0,0507	- 0,0521	- 0,0525	- 0,0508	- 0,0518
2,3	- 0,0182	- 0,0252	- 0,0400	- 0,0470	- 0,0509	- 0,0538	- 0,0549	- 0,0548	- 0,0561
2,4	- 0,0157	- 0,0222	- 0,0376	- 0,0459	- 0,0510	- 0,0550	- 0,0570	- 0,0583	- 0,0600
2,5	- 0,01337	- 0,0193	- 0,03492	- 0,04451	- 0,0510	- 0,0556	- 0,0589	- 0,06132	- 0,0631
2,6	- 0,0112	- 0,0164	- 0,0319	- 0,0425	- 0,0500	- 0,0554	- 0,0602	- 0,0637	- 0,0662
2,7	- 0,0092	- 0,0136	- 0,0291	- 0,0403	- 0,0488	- 0,0550	- 0,0608	- 0,0659	- 0,0682
2,8	- 0,0072	- 0,0111	- 0,0264	- 0,0379	- 0,0473	- 0,0540	- 0,0610	- 0,0677	- 0,0697
2,9	- 0,0055	- 0,0089	- 0,0238	- 0,0354	- 0,0457	- 0,0530	- 0,0602	- 0,0651	- 0,0700
3,0	- 0,00391	- 0,00695	- 0,0211	- 0,03285	- 0,04378	- 0,05145	- 0,05870	- 0,0634	- 0,0696
3,1	- 0,0023	- 0,0052	- 0,0184	- 0,0298	- 0,0403	- 0,0487	- 0,0555	- 0,0613	- 0,0671
3,2	- 0,0010	- 0,0038	- 0,0157	- 0,0269	- 0,0367	- 0,0456	- 0,0523	- 0,0587	- 0,0643
3,3	+ 0,000	- 0,0028	- 0,0132	- 0,0242	- 0,0333	- 0,0424	- 0,0488	- 0,0555	- 0,0612
3,4	+ 0,0008	- 0,0019	- 0,0109	- 0,0217	- 0,0300	- 0,0390	- 0,0450	- 0,0521	- 0,0579
3,5	+ 0,0013	- 0,0011	- 0,0090	- 0,0194	- 0,0269	- 0,0357	- 0,0411	- 0,0484	- 0,0540
3,6	+ 0,0017	- 0,0004	- 0,0076	- 0,0172	- 0,0242	- 0,0325	- 0,0378	- 0,0446	- 0,0500
3,7	+ 0,0019	+ 0,0001	- 0,0063	- 0,0153	- 0,0216	- 0,0295	- 0,0348	- 0,0408	- 0,0460
3,8	+ 0,0020	+ 0,0006	- 0,0052	- 0,0133	- 0,0193	- 0,0267	- 0,0320	- 0,0373	- 0,0421
3,9	+ 0,0021	+ 0,0010	- 0,0041	- 0,0112	- 0,0171	- 0,0240	- 0,0292	- 0,0340	- 0,0384
4,0	+ 0,00223	+ 0,00149	- 0,00308	- 0,00945	- 0,0150	- 0,02143	- 0,02653	- 0,0310	- 0,03482
4,1	+ 0,0021	+ 0,0018	- 0,0021	- 0,0078	- 0,0130	- 0,0188	- 0,0237	- 0,0282	- 0,0316
4,2	+ 0,0020	+ 0,0020	- 0,0012	- 0,0062	- 0,0112	- 0,0161	- 0,0209	- 0,0254	- 0,0289
4,3	+ 0,0019	+ 0,0021	- 0,0004	- 0,0046	- 0,0095	- 0,0137	- 0,0183	- 0,0226	- 0,0262
4,4	+ 0,0018	+ 0,0021	+ 0,0004	- 0,0031	- 0,0078	- 0,0115	- 0,0158	- 0,0199	- 0,0236
4,5	+ 0,00159	+ 0,00201	+ 0,00123	- 0,00173	- 0,00617	- 0,00941	- 0,01340	- 0,01734	- 0,02118
4,6	+ 0,0007	+ 0,0020	+ 0,0018	- 0,0005	- 0,0046	- 0,0075	- 0,0112	- 0,0148	- 0,0185
4,7	+ 0,0002	+ 0,0014	+ 0,0020	+ 0,0005	- 0,0031	- 0,0057	- 0,0091	- 0,0124	- 0,0158
4,8	+ 0,0001	+ 0,0010	+ 0,0020	+ 0,0013	- 0,0018	- 0,0040	- 0,0070	- 0,0102	- 0,0132
4,9	+ 0,000	+ 0,0006	+ 0,0019	+ 0,0020	- 0,0007	- 0,0025	- 0,0052	- 0,0081	- 0,0107
5,0	-	+ 0,0002	+ 0,0015	+ 0,0023	+ 0,0003	- 0,0011	- 0,0035	- 0,0061	- 0,0085
5,1	-	+ 0,000	+ 0,0011	+ 0,0022	+ 0,0013	+ 0,000	- 0,0019	- 0,0042	- 0,0064
5,2	-	-	+ 0,0010	+ 0,0020	+ 0,0021	+ 0,0012	- 0,0004	- 0,0025	- 0,0044
5,3	-	-	+ 0,0009	+ 0,0018	+ 0,0027	+ 0,0023	+ 0,0009	- 0,0009	- 0,0026
5,4	-	-	+ 0,0006	+ 0,0014	+ 0,0030	+ 0,0030	+ 0,0020	+ 0,0005	- 0,0010
5,5	-	-	+ 0,0003	+ 0,0010	+ 0,0031	+ 0,0029	+ 0,0031	+ 0,0016	+ 0,0003

dem genauen Rechnungsverfahren und der Anwendung der Übersichten ermöglichen.

Beispiel 1.

Für nebenstehenden Lastenplan (Abb. 5) soll das Moment am Lastenpunkt  $\frac{7}{4}P$  bestimmt werden.  $\gamma$  sei gleich 2. Für diesen Fall ist im Schriftentum der Wert  $M_{\frac{7}{4}} = 0,4784 Pl$  auf dem genauen, rechnerischen Wege der Clapeyronschen

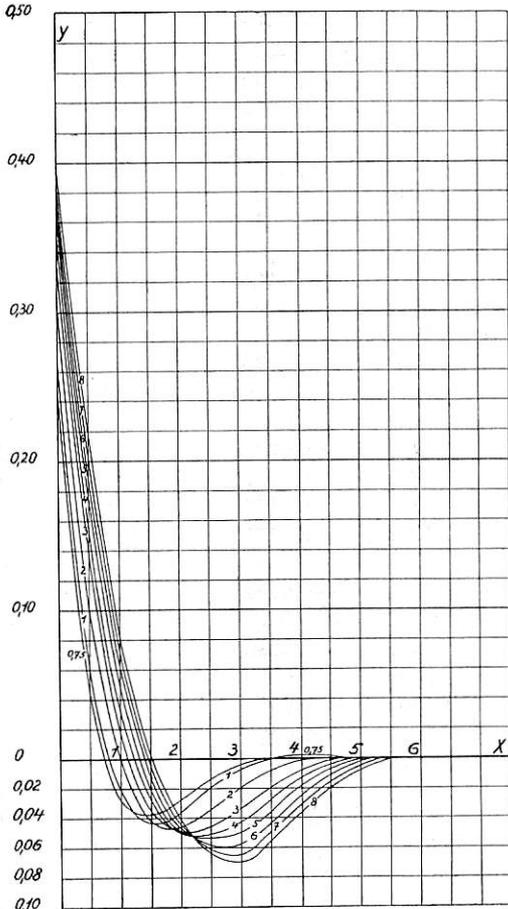


Abb. 4.

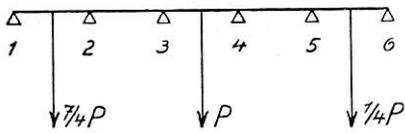


Abb. 5.

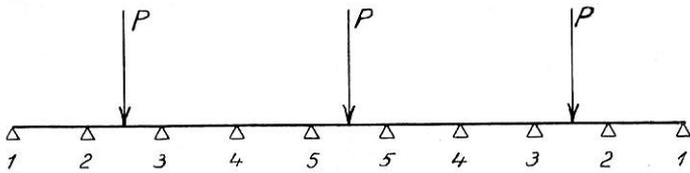


Abb. 6.

Gleichungen gefunden worden. Es handelt sich also darum, den entsprechenden Wert an Hand der Übersichten aufzubauen. Da es sich um einseitige Lastenstellung handelt, wird Übersicht II angewendet. Für den Lastenpunkt  $\frac{7}{4}P$  gibt Übersicht II für  $\gamma=2$  und  $x=0$  den Einflußlinienwert 0,3047. Die zweite Last befindet sich von  $\frac{7}{4}P$  um zwei Felder entfernt. Für  $\gamma=2$  und

$x=2$  ergibt die Übersicht II:  $-0,0459$ . Die dritte Last befindet sich von  $\frac{7}{4}P$  um vier Felder entfernt. Für  $\gamma=2$  und  $x=4$  ergibt die Übersicht II:  $-0,00308$ . Der Gesamtwert wird also:  $M_{\frac{7}{4}} = (0,3047 \times 1,75 - 0,0459 \times 1 - 0,00308 \times 0,25) Pl = 0,48656 Pl$ . Der Fehler ist also gegenüber obigen  $0,4784 Pl$  nur 1,77 v. H.

Beispiel 2.

Für nebenstehenden Lastenplan (Abb. 6) soll bei  $\gamma=6$  das Moment unter der mittleren Last bestimmt werden. Die genaue Rechnung mit Clapeyronschen Gleichungen gibt  $M=0,25065 Pl$ . Da es sich um beiderseitige Lastenstellung handelt, muß das Moment nach Übersicht I aufgebaut werden.

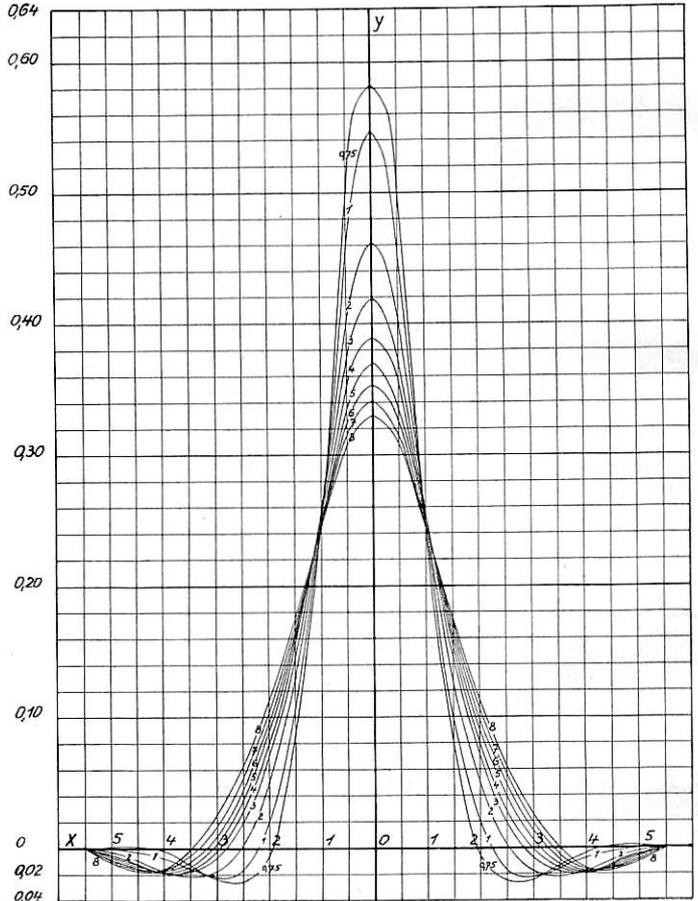


Abb. 7.

Es ergibt sich  $M=(0,36780 - 0,05981 \times 2) Pl = 0,24818 Pl$ , also 1,02 v. H. Fehler.

Das Heft gibt hier im ganzen acht Beispiele. Es mögen aber diese beiden genügen.

Ebenso wie nach obigem die Momente gegeben werden, sind auch zwei Tafeln aufgestellt für die Berechnung der Stützendrucke und zwar auch hier auf Grund von Einflußschaulinien bei beiderseitiger Lastenstellung nach Abb. 7, bei einseitiger Lastenstellung nach Abb. 8. Die den Einflußlinien beschriebenen Zahlen beziehen sich wieder auf die Werte  $\gamma$ .

Es ergibt sich dann ähnlich wie früher Übersicht III der Ordinaten der Einflußlinien für die Stützendrucke bei einer zum untersuchten Lastenpunkt beiderseitigen Lastenstellung und Übersicht IV der Ordinaten der Einflußlinien für die Stützendrucke bei einer zum untersuchten Lastenpunkt einseitigen Lastenstellung.

Beispiel 1.

$\gamma$  sei 4,81 und der Abstand zwischen den Schwellen  $l=69$  cm. Es soll der Stützendruck unter der mittleren Last

(Abb. 9) gesucht werden. Er ist durch genaue Berechnung zu  $Q=4111$  kg gefunden worden. Es ist hier Übersicht III anzuwenden, da sich die Lasten beiderseits zum untersuchten Querschnitt verteilen. Der Wert  $x$  ergibt sich zu  $x = \frac{128}{69} = 1,71$ . Durch Zwischenschaltung zwischen  $x=1,7$  und  $x=1,8$  ergibt sich aus der Tafel für  $\gamma=4$  und  $x=1,71$  der

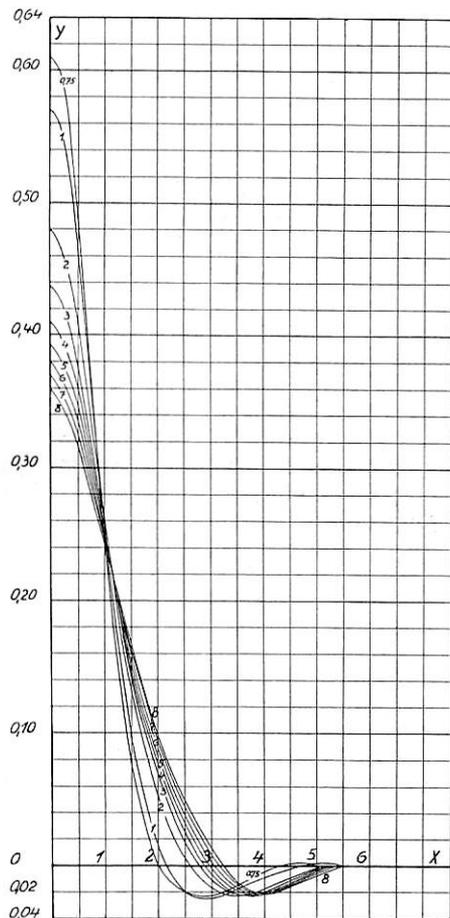


Abb. 8.

Wert  $+0,12298$  und für  $\gamma=5$  und  $x=1,71$  der Wert  $+0,13002$ . Es wird dann unter der mittleren Last

$$Q_{\gamma=4} = 6710 \times 0,3897 + 6770 \times 0,12298 + 6485 \times 0,12298 = 4241 \text{ kg und}$$

$$Q_{\gamma=5} = 6710 \times 0,3686 + 6770 \times 0,13002 + 6485 \times 0,13002 = 4095 \text{ kg.}$$

Durch Zwischenschaltung wird

$$Q_{\gamma=4,81} = 4122,8 \text{ kg also gegenüber } 4111 \text{ kg nur } 0,28 \text{ v. H. Fehler.}$$

Beispiel 2.

Für das gleiche Beispiel, aber mit  $\gamma=0,9$  und  $l=89$  cm ist durch Berechnung  $Q=5270$  kg gefunden worden.  $x$  ist für  $\frac{128}{89} = 1,438$ . Durch Zwischenschaltung zwischen  $x=1,4$  und  $x=1,5$  ergibt sich aus der Übersicht für  $\gamma=1$  und  $x=1,438$  der Wert  $0,11484$ . Es wird dann unter der mittleren Last bei  $\gamma=1$ :  $Q_{\gamma=1} = 6710 \times 0,5448 + 6770 \times 0,11484 + 6485 \times 0,11484 = 5178$  kg. Für  $Q_{\gamma=0,9}$  ergibt sich durch Zwischenschaltung  $5183,8$  kg. Der Unterschied ist also nur  $1,69$  v. H.

Es ist hier nur möglich, die Ergebnisse einer langen und, wie bei Clapeyronschen Gleichungen gar nicht zu vermeiden, stark eintönigen und schwerfälligen Theorie wiederzugeben. Sie scheint eine wertvolle Ergänzung des Zimmermannschen Buches zu bilden. Einem Vorwort, das der Kratschkowskyschen Arbeit von Boguslawsky vorangestellt ist,

kann man entnehmen, daß die russische Fachwelt diese Arbeit als eine Errungenschaft auf dem Gebiete der Eisenbahnoberbauberechnung betrachtet, auf die die russische Wissenschaft stolz zu sein das Recht habe.

Es mag schließlich noch zur Einführung in das Gebiet russischer Oberbauberechnung von allgemeinem Wert sein, hier die zur Zeit geltende russische „Anweisung für die Berechnung der Spannungen in den einzelnen Teilen des Eisenbahnoberbaues und der größten, zulässigen Geschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Gleis“ kurz wiederzugeben. Die Vorschrift ist unterm 24. November 1925 vom Volkskommissariat für Verkehrswesen veröffentlicht.

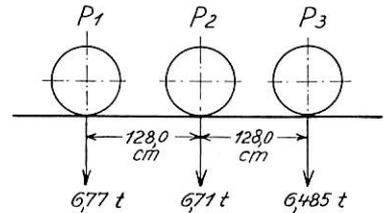


Abb. 9.

Sie bezeichnet sich als „Entwurf bis zur Aufstellung genauerer Rechnungsverfahren“ und gibt damit zu erkennen, daß man sich der Unvollkommenheit der Sache bewußt ist, sie aber zur Zeit nicht abzuändern vermag. Immerhin wird es für uns bemerkenswert sein, zu beobachten, wie die Russen ihren Oberbau und insbesondere für gegebene Oberbauformen die zulässige Verkehrsgeschwindigkeit berechnen.

### I. Bestimmung der Schienenbeanspruchungen.

1. Die dynamischen Beanspruchungen der Schiene werden bestimmt nach der Formel  $\sigma = \frac{M_{\max}}{W}$ , wobei  $W$  das Widerstandsmoment,  $M_{\max} = m M_z$  das größte dynamische Moment des Systems lotrecht auf die Schienen wirkender Kräfte ist\*).  $M_z$  ist dabei das größte, von der Lastenzusammenstellung herrührende, für die betreffende Schiene nach den dynamischen Reaktionen ( $Z$ \*\*) der Räder bestimmte Moment. Für die Lokomotiven werden diese Reaktionen den Betriebsbüchern entnommen. Für Wagen und Tender werden die dynamischen Reaktionen der Räder lediglich durch Überlastung aus den Federschwingungen bestimmt. Sie hängen von der Härte der Federn  $n$  und der Weite der Halbschwingung  $z$  ab.  $z$  wird für die Berechnung gleich  $15$  mm angenommen. Die Überlastung von der Federschwingung ist dann gleich  $(nz)$ .

Die Bestimmung des Momentes ( $M_z$ ) wird entweder nach dem Verfahren zusammenhängender, elastischer Unterlage (Langschwelle) oder nach dem elastischer Einzelstützen ausgeführt ohne Berücksichtigung der Eigengewichte von Schiene und Schwelle.

Der Festwert  $m$  schätzt die Vergrößerung der dynamischen Wirkung der Räder auf die Schiene ein unter Berücksichtigung der Unebenheiten und Löcher in der Fahrbahn und in den Rädern. Dieser Festwert ist für Güterzuglokomotiven bei ganz geringen Geschwindigkeiten gleich  $1$ , für  $50$  km/Std.  $= 1,8$ . Für Personenzuglokomotive ist er bei ganz geringer Geschwindigkeit ebenfalls wieder gleich  $1$  und bei Geschwindigkeit  $100$  km/Std.  $= 2,0$ \*\*\*). Zwischenwerte ergeben sich nach geradlinigem Gesetz†).

\*) Im Sinne der vorausgegangenen Verhandlungen soll das Lokomotivrad für die Schienenberechnung maßgebend sein, das einerseits die größte dynamische Wirkung hat und dessen Wirkung andererseits am wenigsten durch den Einfluß von Nachbarlasten geschwächt wird.

\*\*) Es scheint sich hier um eine Einrichtung in den Lokomotivbetriebsbüchern zu handeln, denen diese Werte  $Z$  unmittelbar zu entnehmen sind.

\*\*\*) Man hat auch geltend gemacht, daß diese dynamischen Wirkungen nicht bei allen Rädern gleichzeitig eintreten und daher nicht synchron seien. Man hat aber wegen mangelnder wirklicher Bedeutung schließlich von der Berücksichtigung dieses Umstandes abgesehen. Zuerst wollte man davon ausgehen, nur ein Rad dynamisch, die andern aber statisch wirkend anzunehmen.

†) Ursprünglich war hier ein parabolisches Gesetz vorgesehen.

## Übersicht III

der Ordinaten der Einflußlinien für den Druck auf die Stütze, wenn sich die Lasten beiderseits der untersuchten Stütze befinden.  
Die Einflußlinien haben zwei spiegelgleiche Zweige.

$\gamma$ x	0,75	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	+ 0,5810	+ 0,5448	+ 0,4615	+ 0,4187	+ 0,3897	+ 0,3686	+ 0,3543	+ 0,3400	+ 0,32915
0,1	+ 0,5780	+ 0,5395	+ 0,4565	+ 0,4154	+ 0,3880	+ 0,3665	+ 0,3530	+ 0,3390	+ 0,3280
0,2	+ 0,5708	+ 0,5295	+ 0,4480	+ 0,4090	+ 0,3835	+ 0,3625	+ 0,3490	+ 0,3355	+ 0,3340
0,3	+ 0,5570	+ 0,5100	+ 0,4355	+ 0,3995	+ 0,3760	+ 0,3560	+ 0,3430	+ 0,3300	+ 0,3180
0,4	+ 0,5280	+ 0,4800	+ 0,4160	+ 0,3860	+ 0,3650	+ 0,3481	+ 0,3348	+ 0,3230	+ 0,3100
0,5	+ 0,4835	+ 0,4415	+ 0,3983	+ 0,3705	+ 0,3512	+ 0,3363	+ 0,3233	+ 0,3138	+ 0,3058
0,6	+ 0,4341	+ 0,4022	+ 0,3699	+ 0,3475	+ 0,3315	+ 0,3189	+ 0,3079	+ 0,2996	+ 0,2926
0,7	+ 0,3847	+ 0,3630	+ 0,3414	+ 0,3245	+ 0,3117	+ 0,3015	+ 0,2925	+ 0,2854	+ 0,2794
0,8	+ 0,3354	+ 0,3237	+ 0,3130	+ 0,3015	+ 0,2920	+ 0,2842	+ 0,2771	+ 0,2711	+ 0,2662
0,9	+ 0,2870	+ 0,2845	+ 0,2845	+ 0,2785	+ 0,2722	+ 0,2668	+ 0,2617	+ 0,2569	+ 0,2530
1,0	+ 0,2366	+ 0,2452	+ 0,2561	+ 0,2555	+ 0,2525	+ 0,2494	+ 0,2463	+ 0,2427	+ 0,2398
1,1	+ 0,2049	+ 0,2154	+ 0,2317	+ 0,2344	+ 0,2338	+ 0,2324	+ 0,2311	+ 0,2280	+ 0,2261
1,2	+ 0,1732	+ 0,1857	+ 0,2073	+ 0,2133	+ 0,2150	+ 0,2152	+ 0,2158	+ 0,2134	+ 0,2124
1,3	+ 0,1415	+ 0,1559	+ 0,1829	+ 0,1922	+ 0,1963	+ 0,1981	+ 0,2005	+ 0,1989	+ 0,1988
1,4	+ 0,1098	+ 0,1262	+ 0,1585	+ 0,1711	+ 0,1775	+ 0,1809	+ 0,1851	+ 0,1844	+ 0,1851
1,5	+ 0,07809	+ 0,0964	+ 0,13410	+ 0,1500	+ 0,15875	+ 0,1639	+ 0,1698	+ 0,1698	+ 0,1714
1,6	+ 0,0530	+ 0,0700	+ 0,1125	+ 0,1295	+ 0,1405	+ 0,1467	+ 0,1545	+ 0,1555	+ 0,1577
1,7	+ 0,0345	+ 0,0510	+ 0,0941	+ 0,1120	+ 0,1245	+ 0,1313	+ 0,1393	+ 0,1415	+ 0,1443
1,8	+ 0,0200	+ 0,0360	+ 0,0775	+ 0,0965	+ 0,1093	+ 0,1185	+ 0,1247	+ 0,1285	+ 0,1318
1,9	+ 0,0085	+ 0,02330	+ 0,0625	+ 0,0825	+ 0,0960	+ 0,1065	+ 0,1123	+ 0,1165	+ 0,1203
2,0	- 0,00071	+ 0,01292	+ 0,04857	+ 0,06892	+ 0,08215	+ 0,0939	+ 0,1003	+ 0,10535	+ 0,10930
2,1	- 0,0085	+ 0,0020	+ 0,0365	+ 0,0560	+ 0,0700	+ 0,0820	+ 0,0885	+ 0,0942	+ 0,0990
2,2	- 0,0145	- 0,0055	+ 0,0255	+ 0,0450	+ 0,0585	+ 0,0605	+ 0,0772	+ 0,0835	+ 0,0890
2,3	- 0,0196	- 0,0115	+ 0,0161	+ 0,0350	+ 0,0480	+ 0,0595	+ 0,0665	+ 0,0730	+ 0,0795
2,4	- 0,0229	- 0,0167	+ 0,0083	+ 0,0261	+ 0,0390	+ 0,0497	+ 0,0570	+ 0,0634	+ 0,0705
2,5	- 0,02468	- 0,02007	+ 0,00147	+ 0,01793	+ 0,03048	+ 0,04028	+ 0,04837	+ 0,05488	+ 0,06194
2,6	- 0,0255	- 0,0229	- 0,0040	+ 0,0105	+ 0,0225	+ 0,0329	+ 0,0405	+ 0,0482	+ 0,0535
2,7	- 0,0253	- 0,0240	- 0,0090	+ 0,0045	+ 0,0155	+ 0,0255	+ 0,0322	+ 0,0400	+ 0,0455
2,8	- 0,02478	- 0,0240	- 0,0127	- 0,0005	+ 0,0095	+ 0,0190	+ 0,0250	+ 0,0325	+ 0,0385
2,9	- 0,0237	- 0,0237	- 0,0155	- 0,0050	+ 0,0045	+ 0,0131	+ 0,0185	+ 0,0295	+ 0,0315
3,0	- 0,02236	- 0,02348	- 0,01776	- 0,00862	+ 0,00003	+ 0,00761	+ 0,01415	+ 0,01984	+ 0,02529
3,1	- 0,0208	- 0,0227	- 0,0192	- 0,0115	- 0,0042	+ 0,0026	+ 0,0092	+ 0,0145	+ 0,0200
3,2	- 0,0190	- 0,0217	- 0,0203	- 0,0136	- 0,0080	- 0,0015	+ 0,0044	+ 0,0099	+ 0,0149
3,3	- 0,0175	- 0,0205	- 0,0210	- 0,0157	- 0,0111	- 0,0050	+ 0,0001	+ 0,0056	+ 0,0100
3,4	- 0,0155	- 0,0190	- 0,0214	- 0,0170	- 0,0135	- 0,0080	- 0,0033	+ 0,0014	+ 0,0052
3,5	- 0,01332	- 0,01746	- 0,02164	- 0,01848	- 0,01478	- 0,01051	- 0,00643	- 0,00268	+ 0,00075
3,6	- 0,00119	- 0,0153	- 0,0216	- 0,0200	- 0,0173	- 0,0125	- 0,0032	- 0,0060	- 0,0035
3,7	- 0,0109	- 0,0135	- 0,0214	- 0,0202	- 0,0186	- 0,0146	- 0,0115	- 0,0092	- 0,0072
3,8	- 0,0088	- 0,0118	- 0,0210	- 0,0201	- 0,0196	- 0,0162	- 0,0137	- 0,0120	- 0,0103
3,9	- 0,0071	- 0,0102	- 0,0205	- 0,0193	- 0,0202	- 0,0176	- 0,0157	- 0,0143	- 0,0130
4,0	- 0,00553	- 0,0088	- 0,01945	- 0,01955	- 0,02048	- 0,01828	- 0,01757	- 0,01627	- 0,01475
4,1	- 0,0041	- 0,0075	- 0,0180	- 0,0182	- 0,0200	- 0,0188	- 0,0182	- 0,0170	- 0,0158
4,2	- 0,0027	- 0,0062	- 0,0160	- 0,0170	- 0,0192	- 0,0185	- 0,0185	- 0,0171	- 0,0160
4,3	- 0,0013	- 0,0051	- 0,0141	- 0,0160	- 0,0182	- 0,0181	- 0,0180	- 0,0169	- 0,0160
4,4	+ 0,0000	- 0,0040	- 0,0122	- 0,0150	- 0,0172	- 0,0176	- 0,0173	- 0,0165	- 0,0158
4,5	+ 0,00069	- 0,00291	- 0,0104	- 0,01389	- 0,01561	- 0,01657	- 0,01618	- 0,01587	- 0,01537
4,6	+ 0,0010	- 0,0020	- 0,0088	- 0,0119	- 0,0141	- 0,0150	- 0,0150	- 0,0150	- 0,0148
4,7	+ 0,0008	- 0,0011	- 0,0072	- 0,0100	- 0,0123	- 0,0133	- 0,0136	- 0,0140	- 0,0141
4,8	+ 0,0006	- 0,0003	- 0,0056	- 0,0083	- 0,0104	- 0,0115	- 0,0121	- 0,0125	- 0,0131
4,9	+ 0,0003	+ 0,0002	- 0,0041	- 0,0066	- 0,0085	- 0,0097	- 0,0104	- 0,0110	- 0,0118
5,0	+ 0,000	+ 0,0005	- 0,0026	- 0,0050	- 0,0065	- 0,0079	- 0,0086	- 0,0094	- 0,0103
5,1	-	+ 0,0008	- 0,0013	- 0,0036	- 0,0048	- 0,0061	- 0,0068	- 0,0078	- 0,0088
5,2	-	+ 0,0010	- 0,0002	- 0,0023	- 0,0031	- 0,0043	- 0,0053	- 0,0062	- 0,0072
5,3	-	+ 0,0009	+ 0,0005	- 0,0011	- 0,0018	- 0,0027	- 0,0037	- 0,0047	- 0,0056
5,4	-	+ 0,0007	+ 0,0010	+ 0,000	- 0,0008	- 0,0015	- 0,0023	- 0,0033	- 0,0040
5,5	-	+ 0,0005	+ 0,0013	+ 0,0005	+ 0,0000	- 0,0005	- 0,0015	- 0,0020	- 0,0030

## Übersicht IV

der Ordinaten der Einflußlinien für den Druck auf die Stütze, wenn sich die Lasten auf einer Seite der untersuchten Stütze befinden.  
Die Einflußlinien bilden nur einen Zweig.

$\gamma$ x	0,75	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	+ 0,6080	+ 0,5707	+ 0,4810	+ 0,4361	+ 0,4091	+ 0,3911	+ 0,3771	+ 0,3673	+ 0,3588
0,1	+ 0,6000	+ 0,5655	+ 0,4739	+ 0,4312	+ 0,4054	+ 0,3867	+ 0,3743	+ 0,3640	+ 0,3535
0,2	+ 0,5870	+ 0,5545	+ 0,4738	+ 0,4235	+ 0,3976	+ 0,3795	+ 0,3685	+ 0,3580	+ 0,3375
0,3	+ 0,5665	+ 0,5325	+ 0,4510	+ 0,4121	+ 0,3870	+ 0,3695	+ 0,3604	+ 0,3495	+ 0,3385
0,4	+ 0,5350	+ 0,4960	+ 0,4338	+ 0,3970	+ 0,3735	+ 0,3565	+ 0,3495	+ 0,3380	+ 0,3275
0,5	+ 0,4855	+ 0,4647	+ 0,4105	+ 0,3793	+ 0,3586	+ 0,3420	+ 0,3332	+ 0,3252	+ 0,3163
0,6	+ 0,4381	+ 0,4236	+ 0,3829	+ 0,3563	+ 0,3383	+ 0,3244	+ 0,3165	+ 0,3092	+ 0,3013
0,7	+ 0,3906	+ 0,3825	+ 0,3532	+ 0,3334	+ 0,3181	+ 0,3068	+ 0,2998	+ 0,2932	+ 0,2863
0,8	+ 0,3432	+ 0,3415	+ 0,3249	+ 0,3104	+ 0,2980	+ 0,2893	+ 0,2821	+ 0,2772	+ 0,2713
0,9	+ 0,2957	+ 0,3004	+ 0,2959	+ 0,2875	+ 0,2778	+ 0,2717	+ 0,2654	+ 0,2612	+ 0,2564
1,0	+ 0,2483	+ 0,2593	+ 0,2673	+ 0,2645	+ 0,2576	+ 0,2541	+ 0,2497	+ 0,2452	+ 0,2414
1,1	+ 0,2152	+ 0,2281	+ 0,2420	+ 0,2426	+ 0,2384	+ 0,2361	+ 0,2325	+ 0,2293	+ 0,2263
1,2	+ 0,1821	+ 0,1968	+ 0,2168	+ 0,2207	+ 0,2192	+ 0,2182	+ 0,2153	+ 0,2133	+ 0,2111
1,3	+ 0,1490	+ 0,1654	+ 0,1915	+ 0,1983	+ 0,1995	+ 0,2002	+ 0,1981	+ 0,1974	+ 0,1960
1,4	+ 0,1169	+ 0,1341	+ 0,1663	+ 0,1770	+ 0,1807	+ 0,1822	+ 0,1809	+ 0,1814	+ 0,1808
1,5	+ 0,0828	+ 0,1027	+ 0,1410	+ 0,15525	+ 0,16151	+ 0,1642	+ 0,1637	+ 0,1655	+ 0,1657
1,6	+ 0,00565	+ 0,0759	+ 0,1178	+ 0,1335	+ 0,1422	+ 0,1462	+ 0,1470	+ 0,1495	+ 0,1506
1,7	+ 0,0375	+ 0,0550	+ 0,0983	+ 0,1150	+ 0,1250	+ 0,1295	+ 0,1325	+ 0,1340	+ 0,1358
1,8	+ 0,0227	+ 0,0387	+ 0,0805	+ 0,0990	+ 0,1088	+ 0,1155	+ 0,1185	+ 0,1205	+ 0,1220
1,9	+ 0,0100	+ 0,0260	+ 0,0651	+ 0,0845	+ 0,0948	+ 0,1019	+ 0,1060	+ 0,1077	+ 0,1098
2,0	+ 0,00026	+ 0,01457	+ 0,05226	+ 0,0713	+ 0,0822	+ 0,0890	+ 0,09335	+ 0,09663	+ 0,0988
2,1	- 0,0072	+ 0,0040	+ 0,0405	+ 0,0530	+ 0,0705	+ 0,0775	+ 0,0825	+ 0,0855	+ 0,0880
2,2	- 0,0125	- 0,0053	+ 0,0301	+ 0,0480	+ 0,0595	+ 0,0663	+ 0,0723	+ 0,0753	+ 0,0771
2,3	- 0,0155	- 0,0115	+ 0,0207	+ 0,0380	+ 0,0495	+ 0,0568	+ 0,0625	+ 0,0655	+ 0,0687
2,4	- 0,0176	- 0,0165	+ 0,0124	+ 0,0293	+ 0,0401	+ 0,0475	+ 0,0530	+ 0,0565	+ 0,0595
2,5	- 0,01928	- 0,02078	+ 0,00518	+ 0,02127	+ 0,03162	+ 0,03865	+ 0,04378	+ 0,04760	+ 0,05050
2,6	- 0,0209	- 0,0224	- 0,0015	+ 0,0138	+ 0,02026	+ 0,0298	+ 0,0345	+ 0,0385	+ 0,0415
2,7	- 0,0220	- 0,0235	- 0,0067	+ 0,0070	+ 0,0148	+ 0,0210	+ 0,0255	+ 0,0295	+ 0,0327
2,8	- 0,0227	- 0,0241	- 0,0110	+ 0,0010	+ 0,0075	+ 0,0134	+ 0,0181	+ 0,0215	+ 0,0245
2,9	- 0,0229	- 0,0240	- 0,0145	- 0,0047	+ 0,0014	+ 0,0064	+ 0,0108	+ 0,0142	+ 0,0170
3,0	- 0,02273	- 0,02332	- 0,01718	- 0,01017	+ 0,00439	+ 0,00023	+ 0,00403	+ 0,00722	+ 0,00995
3,1	- 0,0212	- 0,0224	- 0,0193	- 0,0145	- 0,0195	- 0,0058	- 0,0012	+ 0,0011	+ 0,0039
3,2	- 0,0192	- 0,0212	- 0,0207	- 0,0180	- 0,0140	- 0,0105	- 0,0068	- 0,0045	- 0,0015
3,3	- 0,0169	- 0,0196	- 0,0217	- 0,0203	- 0,0171	- 0,0143	- 0,0112	- 0,0084	- 0,0065
3,4	- 0,0147	- 0,0180	- 0,0222	- 0,0219	- 0,0198	- 0,0174	- 0,0148	- 0,0117	- 0,0103
3,5	- 0,01268	- 0,01638	- 0,02224	- 0,02273	- 0,0215	- 0,0197	- 0,01773	- 0,01445	- 0,01399
3,6	- 0,0109	- 0,0147	- 0,0221	- 0,0226	- 0,0219	- 0,0214	- 0,0200	- 0,0170	- 0,0164
3,7	- 0,0092	- 0,0131	- 0,0215	- 0,0222	- 0,0222	- 0,0223	- 0,0215	- 0,0190	- 0,0183
3,8	- 0,0076	- 0,0115	- 0,0208	- 0,0218	- 0,0220	- 0,0224	- 0,0223	- 0,0203	- 0,0197
3,9	- 0,0061	- 0,0100	- 0,0198	- 0,0212	- 0,0217	- 0,0225	- 0,0220	- 0,0210	- 0,0204
4,0	- 0,0048	- 0,0087	- 0,0184	- 0,0202	- 0,0212	- 0,0220	- 0,0215	- 0,0204	- 0,0212
4,1	- 0,0036	- 0,0075	- 0,0169	- 0,0192	- 0,0205	- 0,0212	- 0,0207	- 0,0206	- 0,0205
4,2	- 0,0025	- 0,0063	- 0,0152	- 0,0180	- 0,0190	- 0,0202	- 0,0197	- 0,0195	- 0,0195
4,3	- 0,0014	- 0,0051	- 0,0135	- 0,0167	- 0,0183	- 0,0191	- 0,0186	- 0,0183	- 0,0184
4,4	- 0,0003	- 0,0040	- 0,0118	- 0,0151	- 0,0170	- 0,0179	- 0,0175	- 0,0172	- 0,0170
4,5	- 0,00069	- 0,00291	- 0,01004	- 0,01392	- 0,01560	- 0,01657	- 0,01618	- 0,01587	- 0,01547
4,6	+ 0,0015	- 0,00181	- 0,0083	- 0,0120	- 0,0140	- 0,0149	- 0,0146	- 0,0146	- 0,0142
4,7	+ 0,0020	- 0,0007	- 0,0066	- 0,0100	- 0,0121	- 0,0132	- 0,0130	- 0,0133	- 0,0130
4,8	+ 0,0021	+ 0,0002	- 0,0049	- 0,0080	- 0,0202	- 0,0114	- 0,0113	- 0,0116	- 0,0118
4,9	+ 0,0018	+ 0,0010	- 0,0032	- 0,0060	- 0,0083	- 0,0093	- 0,0096	- 0,0099	- 0,0101
5,0	+ 0,0015	+ 0,0017	- 0,0016	- 0,0040	- 0,0064	- 0,0073	- 0,0079	- 0,0082	- 0,0083
5,1	+ 0,0009	+ 0,0020	- 0,0002	- 0,0022	- 0,0043	- 0,0054	- 0,0062	- 0,0065	- 0,0066
5,2	+ 0,0004	+ 0,0019	+ 0,0009	- 0,0005	- 0,0025	- 0,0036	- 0,0044	- 0,0047	- 0,0050
5,3	+ 0,0001	+ 0,00150	+ 0,0015	+ 0,0006	- 0,0010	- 0,0018	- 0,0027	- 0,0030	- 0,0035
5,4	+ 0,000	+ 0,0004	+ 0,0018	+ 0,0018	- 0,0001	- 0,0005	- 0,0010	- 0,0016	- 0,0021
5,5	-	+ 0,000	+ 0,0013	+ 0,0020	+ 0,0008	+ 0,0003	- 0,000	- 0,0005	- 0,0010

2. Bei Feststellung des Festwertes der für die oben genannten Berechnungen erforderlichen, verhältnismäßigen

Härte der Fahrbahn  $\gamma = \frac{6 EJ}{l^3 D}$  sind anzunehmen:

$$E = 2000000 \text{ kg/cm}^2,$$

J Trägheitsmoment mit Berücksichtigung des Abnutzungsgrades,

l größter Abstand zwischen den Schwellenachsen,

D die Kraft, die die Halbschwelle um 1 cm in die

Bettung hineindrückt  $= \alpha \frac{ab}{2} C$ . Die Bedeutung der

Werte wurde früher angegeben.  $\alpha = 0,9$  nach Petrow.

C die Schwellenunterlageziffer wird für Hauptbahnen bei Schotter gleich  $5 \text{ kg/cm}^2$ , bei sonstigen guten Bettungsarten  $= 4 \text{ kg/cm}^2$  und bei feinsandiger Bettung und überhaupt für Bahnen örtlicher Bedeutung gleich 3 angenommen\*).

3. Die zulässigen Spannungen in den Schienen werden bei der Berechnung zu  $3000 \text{ kg/cm}^2$  angenommen, wobei für die Bestimmung der Spannungen in den Schienen das Widerstandsmoment W in Übereinstimmung mit dem für die Bestimmung des Festwertes  $\gamma$  angenommenen Trägheitsmoment J gewählt wird.

## II. Bestimmung der Beanspruchungen in der Bettung und in den Schwellen.

Die Bestimmung der Beanspruchungen in Bettung und Schwellen, die von dem größten, von den Schienen auf die Schwelle übertragenen, lotrechten Druck ( $R_{\max}$ ) des Lastensystems herrührt, erfolgt auf oben angegebene Art für die gegebene Geschwindigkeit in Abhängigkeit von den oben angegebenen, dynamischen Gegenwirkungen der Räder und dem Festwert m. Die Bettungsziffer ergibt sich aus  $p = Cy$ , wo C die Schwellenunterlageziffer und y die größte Schwellenbelastung  $= \frac{R_{\max}}{D}$  ist. Die zulässigen Bettungsbeanspruchungen

bei Schwellenunterlageziffern  $C=3; 4$  und  $5 \text{ kg/cm}^2$  werden für die Berechnung zu  $4; 5$  und  $6 \text{ kg/cm}^2$  angenommen. Die Biegungsbeanspruchung in guten Schwellen wird nach den Formeln und Tafeln von Dr. Zimmermann bestimmt und soll nicht über  $250 \text{ kg/cm}^2$  gehen. Der Elastizitätsmodul des Holzes wird bei der Schwellenberechnung zu  $120000 \text{ kg/cm}^2$  angenommen.

## III. Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit.

Auf Grundlage dieser Berechnungen der Beanspruchungen in den einzelnen Teilen des Oberbaues werden die rechnermäßigen Höchstgeschwindigkeiten bestimmt. Diese Geschwindigkeiten sollen als einstweilige Größtwerte gelten bis zur Bestimmung der wirklichen, zulässigen Geschwindigkeiten vermittelt Versuchsfahrten. Für diese endgültige Bestimmung soll insbesondere gelten:

1. Die größten Geschwindigkeiten sollen unter keinen Umständen über die aus der Bauart der Lokomotiven sich ergebenden hinausgehen.

2. Geschwindigkeiten über  $60 \text{ km/Std.}$  werden nur zugelassen, wenn auf allen Schwellen Unterlagplatten vorhanden sind\*\*).

\*) Diese Werte sind überaus niedrig. Es hängt dies eben mit dem allgemein schlechten Zustand der russischen Bettung zusammen. Sofern mit C unsere Bettungsziffer gemeint ist, müßte übrigens die Dimension  $\text{kg/cm}^3$  sein.

\*\*\*) Rußland hat auf Strecken zweiter Bedeutung noch häufig Schienen Form 22,5  $\frac{\text{Pfund}}{\text{Fuß}}$  mit Unterlagplatten nur an den Stößen oder auf jeder zweiten Schwelle. Dies und der Zustand der Bettung bildet die Hauptursache der in Rußland bekannten Schwellenverlegenheit.

3. In Krümmungen mit Halbmesser unter 600 m werden wenn in der Bauart der Lokomotive nicht besondere, die Kurveneinstellung erleichternde Einrichtungen getroffen sind, die größten regelmäßigen Geschwindigkeiten nach folgender Zusammenstellung eingeschränkt:

Halbmesser in m      Größte Hundertsätze der Einschränkung der Regelgeschwindigkeit

500	10 %
450	15 „
400	20 „
350	25 „
300	30 „
250	35 „
200	40 „

4. Wenn Frosthügel vorhanden sind oder wenn die Bahn selbst aus irgend einem Grunde nicht ganz in gutem Zustande sich befindet, so werden die Größtgeschwindigkeiten herabgesetzt, ebenso in Weichen bei Ablenkung und bei Fahrten im geraden Gleis bei nicht zentralisierten und nicht verschlossenen Weichen.

Soweit die eigentliche Vorschrift. Es folgt ein Anhang, der allgemeine Anweisungen und eine Reihe von Beispielen bringt und daher für den ausübenden Ingenieur ebenfalls große Bedeutung besitzt.

Die Grundformeln zur Bestimmung des statischen Momentes M und des lotrechten Druckes R auf die Schwelle (bei durchgehender elastischer Auflagerung) sind

$$M_z = \frac{Pl^4}{4} \sqrt{\frac{2}{3\gamma}}$$

$$R_z = \frac{P}{2} \sqrt{\frac{3}{2\gamma}}$$

wobei  $M_z$  das Moment unter der Last P in  $\text{kg/cm}$ , l der Schwellenachsabstand in cm,  $\gamma = \frac{6 EJ}{l^3 D}$  und D die die Halbschwelle

um 1 cm niederdrückende Last ist. R ist der lotrechte Druck auf die Schwelle in kg. Bei der Ableitung dieser Formeln ist angenommen, daß auch negative Gegenwirkungen auftreten können für den Fall, daß Nachbarlasten Druck ausüben. In den Fällen, wo dieser Druck nicht stattfindet, (ein Festhalten durch die Schienennägel wird nicht berücksichtigt), erhöht sich der Wert von M und R um 9 v. H. d. i.

$$M_z = 1,09 \frac{Pl^4}{4} \sqrt{\frac{2}{3\gamma}}$$

$$R_z = 1,09 \frac{P}{2} \sqrt{\frac{3}{2\gamma}}$$

Wenn außer der Last P noch Nachbarlasten  $P_1, P_2 \dots$  auf die Schiene wirken, so ist der Wert von M und R unter der Last P

$$M_z = \frac{Pl^4}{4} \sqrt{\frac{2}{3\gamma}} + \frac{P_1 l^4}{4} \sqrt{\frac{2}{3\gamma}} \mu_1 + \frac{P_2 l^4}{4} \sqrt{\frac{2}{3\gamma}} \mu_2 + \dots$$

$$R_z = \frac{P}{2} \sqrt{\frac{3}{2\gamma}} + \frac{P_1}{2} \sqrt{\frac{3}{2\gamma}} \eta_1 + \frac{P_2}{2} \sqrt{\frac{3}{2\gamma}} \eta_2 + \dots$$

wobei  $\mu$  und  $\eta$  Festwerte für den Einfluß benachbarter Lasten sind. Diese Festwerte ergeben sich aus den Tafeln von Dr. Zimmermann (die Berechnung des Eisenbahnoberbaues,

Berlin 1888, S. 284/85), wenn man darin  $q = ax = \sqrt[4]{\frac{D}{4 EJ}}$  setzt. Dabei ist  $x_{(\text{cm})}$  der Abstand der Lasten  $P_1, P_2 \dots$  von der Last P, E in  $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$  die Elastizitätsziffer, J das Trägheitsmoment der Schiene und  $l_{(\text{cm})}$  der Abstand zwischen den Schwellenachsen.

Das dynamische Moment wird entsprechend der Vorschrift  $M_d = m M_z$  angenommen, wobei für Güterzuglokomotiven  $m = 1 + \frac{0,8 V}{50}$  und für Personenzuglokomotiven  $m = 1 + \frac{V}{100}$  ist.  $V_{km/Std.}$  ist hierbei die Betriebsgeschwindigkeit.

Für die Beispiele werden, einer Schienenabnutzung von etwa 6 mm entsprechend,  $J = 0,83 J_0$  und  $W = 0,87 W_0$ , die Anzahl der Schwellen auf den km zu 1400 Stück, der Schwellenabstand zu  $l = 75$  cm und die Schwellenunterlageziffer  $C = 4$  angenommen. Für die meist gebrauchten russischen Schienenformen ergibt sich dann die Zusammenstellung\*):

Schienenform	Ia	IIa	IIIa	IVa	22,5 Fuß	Pfund Fuß
Gewicht in kg/m . . . . .	43,57	38,42	33,48	30,89		30,11
Längen, verlegt in Werst	1676	8217	32502	10124		12542
$J_{0cm^4}$ . . . . .	1476	1222	968	751		707
$J = 0,83 J_{0cm^4}$ . . . . .	1225	1044	803	623		587
$W_{0cm^3}$ . . . . .	210	172	147	123		118
$W = 0,87 W_{0cm^3}$ . . . . .	183	150	128	107		103
$\gamma = \frac{6 EJ}{l^3 D}$ für $D = 11421$	3,05	2,53	2,00	1,55		1,46
für $D = 12393$	2,81	2,33	1,84	1,43		1,35

$D = a \frac{ab}{2} C$  in kg;  $a = 0,90$ ;  $C = 4$ .

Die Schwellenform Nr. 1:  $a = 270$ ,  $b = 25,5$ ,  $D_1 = 12393$  kg.  
3:  $a = 270$ ,  $b = 23,5$ ,  $D_2 = 11421$  kg.

Beispiel 1.

Hälfte eines schweren amerikanischen Wagens mit 17,5 Tonnen Achsdruck (Abb. 10).

Der Festwert der Überlastung der Räder durch Feder-schwungung wird gleich 1,3 angenommen. Das größte Biegungs-moment bei Geschwindigkeit  $V$  wird

$M_{max} = m \frac{P_1 l^4}{4} \sqrt{\frac{2}{3}} \gamma (1,09 + \mu)$ ,

$P_1 = 8750 \times 1,3$  und  $m = 1 + \frac{0,8 V}{80}$ .

Schwelle Nr. 3 angenommen. Spannung in der Schiene  $\sigma = \frac{M_{max}}{W}$ . Der größte Druck auf die Schwelle bei Geschwindig-

keit  $V$  wird  $R_{max} = m \frac{P_1}{2} \sqrt{\frac{4}{3}} \frac{1}{2 \gamma} (1,09 + \eta)$ . Die Wertziffer des Einflusses benachbarter Last  $\mu$  und  $\eta$ , bestimmt nach der

Formel  $\alpha x = \sqrt{\frac{4 D}{4 E J l}} x$ , wird:

Schienenform	Ia	IIa	IIIa	IVa	22,5 Fuß	Pfund Fuß
$\alpha x$	2,12	2,22	2,36	2,52		2,55
$\mu$	-0,165	-0,153	-0,133	-0,113		-0,108
$\eta$	+0,040	+0,021	0	-0,018		-0,02

\*) Die Zusammenstellung gibt zugleich einen wertvollen Einblick in den derzeitigen russischen Oberbau. Die erste wag-rechte Reihe ist aus  $\frac{Pfund}{Fuß}$  in kg/m umgerechnet. Die zweite wagrechte Reihe (verlegte Längen) ist einer anderen Quelle ent-nommen (Scheljeznodoroschnoje Djelo, Eksploatazia 1927, Nr. 7 bis 8). Außer den obigen Schienenformen finden sich hier noch vorgemerkt 24  $\frac{Pfund}{Fuß}$  Schienen 4872 Werst und 20  $\frac{Pfund}{Fuß}$  Schienen 1517 Werst.

Die größten, zulässigen Geschwindigkeiten bei Schienen verschiedener Formen können aus den Formeln bestimmt werden:

$\sigma = \frac{M_{max}}{W} = m \frac{P_1 l^4}{4 W} \sqrt{\frac{2}{3}} \gamma (1,09 + \mu) = \left(1 + \frac{0,8 V}{50}\right) \frac{P_1 l^4}{4 W} \sqrt{\frac{2}{3}} \gamma (1,09 + \mu)$   
 $V = \left(\frac{\sigma}{\frac{P_1 l^4}{4 W} \sqrt{\frac{2}{3}} \gamma (1,09 + \mu)} - 1\right) \frac{50}{0,8}$

Setzt man ein  $\sigma = 3000$  kg/cm<sup>2</sup>;  $P_1 = 1,3 \times 8750$  kg;  $l = 75$  cm und  $\gamma$ ,  $\mu$  und  $W$  aus früherem, so erhält man

Schienenform	Ia	IIa	IIIa	IVa	22,5 Fuß	Pfund Fuß
Zulässige größte Geschwindigkeit km/Std.	83	61	47	34		30

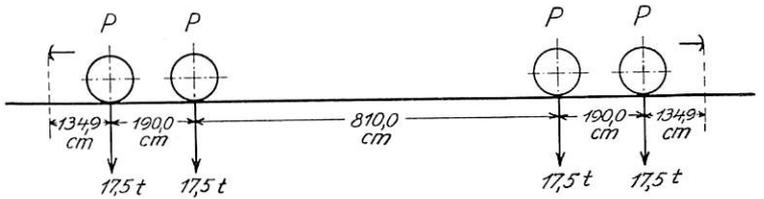


Abb. 10.

Bei diesen Geschwindigkeiten werden der größte, auf die Schwelle weitergegebene Druck und die Bettungsbeanspruchungen aus den Formeln bestimmt:

$R_{max} = \left(1 + \frac{0,8 V}{50}\right) \frac{P_1}{2} \sqrt{\frac{4}{3}} \frac{1}{2 \gamma} (1,09 + \eta)$ ;  $y = \frac{R_{max}}{D}$ .

Es wird dann:

Schienenform	Ia	IIa	IIIa	IVa	22,5 Fuß	Pfund Fuß
$R_{max}$ (kg)	12449	11307	10051	9251		8023
$y$ (cm)	1,09	0,99	0,88	0,81		0,79
$p = C y$ ( $\frac{kg}{cm^2}$ )	4,36	3,96	3,52	3,24		3,16

Es ergibt sich also ein Größtdruck von 4,36 kg/cm<sup>2</sup> für Form Ia bei  $V = 83$  km/Std.

Zur Bestimmung der größten Biegungsbeanspruchung in der Schwelle sind die Zimmermannschen Hilfsgrößen:

$L = \sqrt{\frac{4 EJ}{Cb}}$ ;  $\lambda_1 = \frac{a}{2L}$  und  $\varrho = \frac{79,6}{L}$

erforderlich, wobei  $E = 120000$  kg/cm<sup>2</sup>;  $J = 5208$  cm<sup>4</sup>;  $C = 4$ ;  $b = 23,5$  cm;  $a = 270$  cm und 79,6 cm der halbe Abstand der Schienenachsen (für russische Spur) ist. Es wird dann  $L = 71,88$ ;

$\lambda_1 = 1,88$ ;  $\varrho_1 = \frac{79,6}{71,84} = 1,11$ .

Wenn man  $\lambda_1$  und  $\varrho_1$  aus den Zimmermannschen Tafeln entnimmt, so findet sich  $\frac{M_r}{P_1} = 12,3$ , wo  $M_r$  das die Schwelle biegender Moment ist unter spiegelgleicher Belastung durch die Kräfte  $P_1$ , die sich gleich  $R_{max}$  für die Schienenform Ia bei  $V = 83$  km/Std. ergeben:

$M_r = 12449 \times 12,3$ ;

die Schwellenbeanspruchung wird  $\sigma = \frac{M_r}{W_1} = \frac{12449 \times 12,3}{670} = 228$  kg/cm<sup>2</sup>, wobei  $W_1$  das Widerstandsmoment für die Schwelle Nr. 3 gleich 670 cm<sup>3</sup> ist. Auf diese Weise werden im vorliegenden Falle die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten nach den Beanspruchungen in den Schienen bestimmt.

Beispiel 2.

Lokomotive der Reihe E<sup>Ph</sup>.

Die statischen Lasten sind in der Zeichnung (Abb. 11) dargestellt. Das größte Moment wird unter dem führenden Rad P<sub>3</sub> bestimmt und findet sich nach der Formel

$$M_{\max} = \frac{m l^4}{4} \sqrt{\frac{2}{3}} \gamma \sum \mu P, \text{ wo } \sum \mu P = P_3 + \mu_1 (P_2 + P_4) + \mu_2 (P_1 + P_5).$$

Der größte Druck herrscht unter dem gleichen Rad und wird bestimmt nach der Formel  $R_{\max} = m \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3}{2}} \gamma \cdot \sum \eta P$ ,

wo  $\sum \eta P = P_3 + \eta_1 (P_2 + P_4) + \eta_2 (P_1 + P_5)$ .

$$\alpha x = \sqrt[4]{\frac{12393}{75 \times 4 \times 2000000 J}} \times (\text{Schwellen Nr. 1}); x_1 = 142,2; x_2 = 294,4.$$

Schienenform	Ia	IIa	IIIa	IVa	22,5 $\frac{\text{Pfund}}{\text{Fu\ss}}$
$\alpha x_1$	1,62	1,70	1,80	1,92	1,95
$\mu_1$	-0,207	-0,205	-0,198	-0,188	-0,185
$\eta_1$	+0,188	+0,158	+0,123	+0,088	+0,080
$\alpha x_2$	3,24	3,40	3,60	3,84	3,90
$\mu_2$	-0,035	-0,024	-0,012	-0,003	-0,001
$\eta_2$	-0,043	-0,041	-0,036	-0,030	-0,029

Für Schiene Ia: Für den Entwurf maßgebende Geschwindigkeit der Lokomotive  $V=50 \text{ km/Std.}; m=1,8$ . Für die angenommene Geschwindigkeit sind die Werte der Reaktionen  $Z$  aus dem Betriebsbuch der Lokomotive:  $P_1=10500; P_2=11000; P_3=16200; P_4=12300$  und  $P_5=11400 \text{ kg}$ .

$$\sum \mu P = 16200 - 0,207 (11000 + 12300) - 0,035 (10500 + 11400) = 10610 \text{ kg}.$$

Der Einfluß der Laufachse wird vernachlässigt.

$$\sigma = \frac{1,8 l^4}{4} \sqrt{\frac{2}{3}} \gamma \times 10610; W = 183; \gamma = 2,81; \sigma = 2289 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\sum \eta P = 16200 + 0,188 (11000 + 12300) - 0,043 (10500 + 11400) = 19638 \text{ kg}; R_{\max} = 1,8 \times \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3}{2}} \gamma \times 19638 \text{ kg};$$

$$y = \frac{R_{\max}}{D} = 1,22 \text{ cm}; p = 1,22 \times 4 = 4,88 \text{ kg/cm}^2.$$

Ebenso ergibt sich für Schienenform IIa:  $p=4,92 \text{ kg/cm}^2$ ; Form IIIa:  $p=4,72 \text{ kg/cm}^2$ ; IVa:  $p=4,2 \text{ kg/cm}^2$  und Form

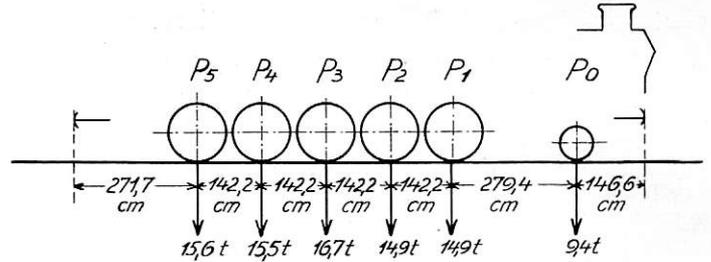


Abb. 11.

22,5  $\frac{\text{Pfund}}{\text{Fu\ss}}$ :  $p=4,08 \text{ kg/cm}^2$ . Die größte Schwellenbeanspruchung ergibt sich also für Schiene IIa bei  $V=50 \text{ km/Std.}$  Dabei wird die größte Durchbiegung  $y=1,23 \text{ cm}$  und folglich  $R_{\max} = 1,23 \times 12393 = 15243 \text{ kg}$ .

Für Schwellen Form 1 wird  $L = \sqrt[4]{\frac{4 \times 120000 \times 7011}{4 \times 25,5}} = 75,8$ ;

$$\lambda_1 = \frac{135}{75,8} = 1,78 \text{ und } \rho = \frac{79,6}{75,8} = 1,05.$$

Für die bestimmten  $\lambda_1$  und  $\rho$  erhält man aus den Zimmermannschen Tafeln für das Moment unter der Schiene

$$\frac{M_r}{P} = 12,32; M_r = 12,32 \times 15243.$$

Die Beanspruchung in den Schwellen wird  $\sigma_1 = \frac{M_r}{W} = \frac{12,32 \times 15243}{848} = 221 \text{ kg/cm}^2$ . Infolgedessen werden die zulässigen Geschwindigkeiten für Schienen vorstehender Formen bestimmt für Ia und IIa nach dem Bettungsdruck und für die übrigen Formen nach der Biegebungsbeanspruchung in den Schienen. Sie sind:

Schienenform	Ia	IIa	IIIa	IVa	22,5 $\frac{\text{Pfund}}{\text{Fu\ss}}$
Zulässige Geschwindigkeit in km/Std.	50	50	45	33	30

**Rutschungen auf der Linie Dresden—Werdau beim Erweiterungsbau des Bahnhofs Zwickau i. Sa.**

Von Reichsbahnrat Dipl.-Ing. Endler, Zwickau.

Für die Erweiterung des Bahnhofs Zwickau i. Sa. wurde vom Mai 1922 bis November 1925 rechts der Linie Dresden—Werdau zwischen km 131,2 und 131,6 ein zweigleisiger und in Fortsetzung nach Bahnhof Lichtentanne bis km 132,65 ein eingleisiger Einschnitt hergestellt, der eine Erweiterung und Vertiefung des alten Bahneinschnittes darstellt. Es wurden rund 300000 m<sup>3</sup> lehmige, lettige und felsige Massen gewonnen, die etwa 2,5 km weit gefördert und zur Damm-schüttung für die Erweiterung des Bahnhofs Zwickau i. Sa. verwendet wurden.

Die größte Einschnittstiefe beträgt bei km 132,18 23 m, zwischen km 131,85 und 132,1 14 bis 18 m.

Der Einschnitt liegt im Rotliegenden, einer Ablagerung des Perms und zwar von Zwickau aus zunächst im Oberrotliegenden und alsdann von etwa km 131,9 an im Mittelrotliegenden (s. Abb. 1).

Beide Formationen bestehen aus stark tonigen Schieferletten, in denen Konglomerate und Sandsteine — im Oberrotliegenden seltener, im Mittelrotliegenden häufiger — angetroffen werden. Die Sandsteine werden gern durch teils noch frischen, teils aber auch schon in Kaolin übergegangenen Feldspat arkoseartig. Im allgemeinen ist die Lagerung des

Mittelrotliegenden fester, als die des Oberrotliegenden. Häufig unterscheidet sich das Oberrotliegende vom Mittelrotliegenden nur durch den Wechsel der Farbe, durch das Zurücktreten der grünen und das Vorherrschen der roten Farbe, die sich vom braunroten Farbton des Mittelrotliegenden bis zum Blutrot, ja grellem Ziegelrot steigert.

Der Ausstrich der untersten Stufe des oberen Rotliegenden zieht sich nach der geologischen Karte als ein 800 bis 1800 m breites Band von Leubnitz über Steinpleis, Brand, Zwickau-Marienthal nach dem westlichen Teil von Zwickau, woselbst sein Ausgehendes durch Verwertungen erheblich nach Südosten verschoben worden ist.

Im allgemeinen fallen die Schichten, wenn auch schwach, so doch mindestens 5° bis 10° deutlich nach Norden bis Nordnordwesten ein, so daß man von Süden nach Norden gehend die Ausstriche sämtlicher Stufen des mittleren und oberen Rotliegenden überschreitet (s. Abb. 1).

Durch den Anschnitt wurden deutliche Zeichen von Verwerfungen freigelegt. Neben ausgesprochenen Druckerscheinungen wurden Abweichungen von der allgemeinen Streichrichtung erkannt. So wurden bei der Straßenbrücke Brand-Planitz in km 132,05 Neigungswinkel von 18° bis 20°

nach dem Einschnitt, also nach Südwest zu gemessen. Auf die größte Länge des Einschnitts fallen sonst die Schichten mit etwa  $12^{\circ}$  bis  $15^{\circ}$  nach der Achse der Bahnlinie Dresden—Werdau hin ein.

Das durch die Humusschicht in das lettige Rotliegende leicht eindringende Wasser hat zweifellos in den oberen Schichten Ton mitgenommen und in dichteren Schichten die tonigen Bestandteile abgesetzt. Die mit Ton angereicherten Schichten sind teilweise wasserundurchlässig geworden; die Weiterleitung des Wassers in muldenartigen Einsenkungen hat zu Einbrüchen der oberen Schichten geführt. Neben Verwerfungen haben also auch die vom Wasser verursachten Einbrüche nach Zwickau zu die ursprüngliche Lagerung der Schichten gestört.

Solche wasserundurchlässige, tonige, grüngefärbte Bänke wurden verschiedentlich angeschnitten. Sie zeigten Stärken von 10 bis 80 cm. Merkwürdigerweise ist auf diesen Schichten meist eine etwa 5 bis 10 cm starke, kirschrote, kiesige, wasserführende Schicht vorgefunden worden. Eine solche etwa von km 131,4 bis 131,5 an der rechten Einschnittsseite verlaufende, nach Lichtentanne zu geneigte Schicht wurde wegen seiner bezeichnenden Farben (hellrot, kirschrot, graugrün) allgemein als Kouleurband bezeichnet. Weiterhin wurde zwischen der kirschroten (wasserführenden) und der grünen (wasserundurchlässigen) Schicht stellenweise eine dunkelgrüne bis schwarze, bisweilen bis 1 cm starke schmierig-tonige Schicht beobachtet, die nach chemischen Untersuchungen an der Technischen Hochschule Dresden aus Eisen- und Manganverbindungen enthaltendem, bitumenfreien Ton bestand. Diese Schmierschicht trocknete an der Luft bald aus, schwand stark zusammen und blätterte in Papierstärke ab. Außerdem wurden an den Spalten der zerklüfteten, rutschenden, felsartig anstehenden Massen an den Trennungsf lächen hauchdünne, schwärzliche Überzüge der Trennflächen beobachtet.

Nicht unerwähnt soll bleiben, daß mehrere im Mittelrotliegenden angefahrene Quellen die Fähigkeit der sandsteinhaltigen Massen, Wasser zu führen, bestätigten, während das lettenreichere Oberrotliegende weniger wasserführend ist. Von den physikalischen Eigenschaften der die Formation bildenden Massen sei noch erwähnt, daß die lehmigen Bestandteile sehr leicht und in großen Mengen Wasser aufnehmen, so daß die Baugrube bei Niederschlägen fast ungangbar wurde und das Fördergleis nur mit größter Mühe fahrbar erhalten werden konnte. Die oft nur schwierig mit Hacke und Schaufel, ja sogar erst durch Sprengen gewonnenen felsartigen Teile (Kalktone und Sandsteine) zerfallen bei Einfluß von Wasser und Luft nach sehr kurzen Zeiten zu feinkörnigen, ja bisweilen staubartigen Bestandteilen. Diese Beobachtungen wurden auf den Ablagerstellen dauernd gemacht. Luftabschluß scheint jedoch auch in Gegenwart von Wasser die Zerstörbarkeit zu verhindern: als 1926 Schleusengräben durch die 1923 geschütteten Dämme getrieben wurden, fanden sich darin gut erhaltene Felsstücke.

Als Anfang Februar 1923 durch den Bagger bei km 131,96 das Gelände in etwa 7,5 m Tiefe angeschnitten wurde, zeigten sich fünf etwa 10 bis 15 cm starke Tonschichten auf etwa 30 m Länge, die nach dem Einschnitt zu  $10^{\circ}$  bis  $12^{\circ}$ , nach Zwickau zu sogar  $18^{\circ}$  bis  $20^{\circ}$  fielen. Über diesen Schichten lagen wie oben erwähnt, bis 1 cm starke, schwarzgrüne, schmierige Schichten, die ein Abrutschen der auf ihnen lagernden Massen nach dem Einschnitt zu erwarten ließen. Diese Schichten waren im Gelände eingestreut und als farbige

Streifen von verschiedener Länge sichtbar. Die erwarteten Rutschungen traten bereits Ende Februar und Anfang März 1923 ein. Zuerst rissen die auf der neuen  $1\frac{1}{2}$ füßigen geplanten Böschung liegenden Massen ab und bewegten sich nach dem Einschnitt zu, sodann riß Anfang März das Land 5 m hinter der geplanten Böschungsoberkante ab und bewegte sich nach dem Einschnitt zu, 6 bis 7 m tiefe, 50 bis 60 cm breite Risse bildend. Begünstigt wurden diese Rutschungen zweifellos noch durch die an der neuen Böschungskante abgesetzten Haufen von Rasen und gutem Boden, ferner die über der Böschung noch anstehenden, vom Bagger nicht gefaßten Einschnittsmassen. Ebenfalls begünstigten die Erschütterungen des arbeitenden Baggers und der vorbeifahrenden Züge der Hauptlinie, sowie der Förderzüge des Unternehmers das

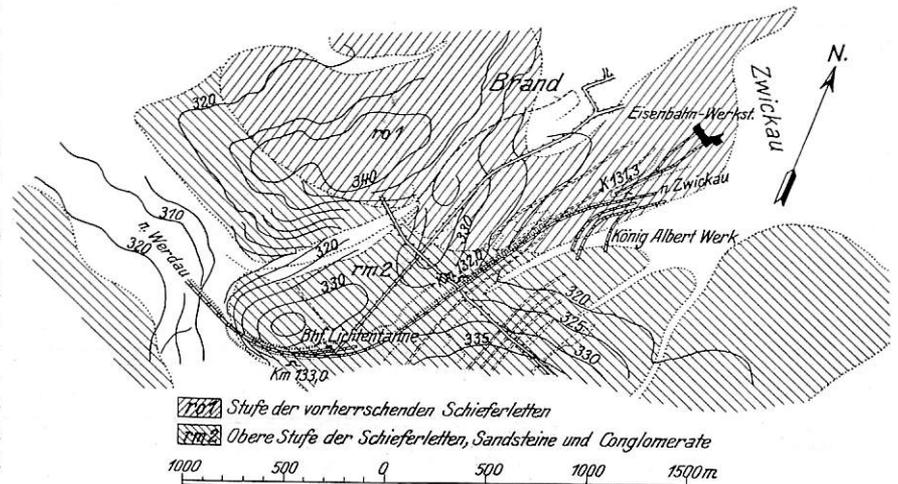


Abb. 1. Geologische Karte der Linie Dresden—Werdau zwischen km 131,2 und 133,0.

Ableiten der Massen. Nach Eintritt dieser ersten Rutschungen wurden deshalb sofort folgende Gegenmaßnahmen getroffen:

1. Schließen der Risse zum Abhalten der Tagewässer,
2. Entlasten der Böschung durch Entfernen des an der Böschungsoberkante abgesetzten guten Bodens,
3. Abtreiben der vom Bagger nicht erfaßten, über der geplanten  $1\frac{1}{2}$ füßigen Böschung lagernden Massen,
4. Änderung der geplanten  $1\frac{1}{2}$ füßigen Böschung in 2 füßige Böschung und
5. Anlage von 1 m breiten Bermen je auf 6 m Einschnittstiefe.

Nachdem die im Februar bis April 1923 entstandenen Rutschungen im Laufe des Jahres 1923 wenig Veränderungen gezeigt hatten und einen Stillstand der Rutschungen erwarten ließen, trat nach dem Tiefergehen des Baggers auf etwa 12 m plötzlich am 15. Dezember 1923 (bei einer Schneedecke von rund 1,0 m) eine umfangreiche neue Rutschung fast an derselben Stelle bei km 132,0 ein. Die Massen rissen auf 40 m Breite, 40 m weit über die Böschungsoberkante hinaus ab und bewegten sich nach dem Einschnitt zu. Zunächst senkte sich die Geländeoberfläche um 0,20 bis 0,30 m, aber schon am 4. Januar 1924 wurden 0,50 m, einige Monate später bis 2,0 m gemessen. 2000 bis 3000  $m^3$  Massen waren in Bewegung geraten und bildeten auf der Oberfläche felsartige Gebilde. Das an Böschungsoberkante stehende Fernsprechdoppelgestänge wurde um Gestängebreite (1,5 m) seitwärts geschoben, so daß es bald ganz beseitigt werden mußte. Der Sammler der Drainagen der angrenzenden landwirtschaftlichen Flurstücke wurde durch die Rutschung zerstört und gab das in ihm geführte Wasser in das Rutschgelände ab.

Die Ursachen der Rutschungen beruhten auf der geologischen Lagerung und auf den physikalischen Eigen-

schaften der Formation. In dem Umstande, daß die rotliegenden Schichten an dieser Stelle gegen die Bahnlinie hin, d. h. im gleichen Sinne wie die Böschung einfallen, ist die Hauptursache für die Rutschungen zu suchen. Daß sich im Rotliegenden stark tonige Lettenlagen befinden, deren Tonsubstanz durch eindringende Tagewässer aufquillt und mehr oder weniger plastisch wird, begünstigte ferner die Bewegung der Massen. Die häufigen und heftigen Niederschläge des regnerischen Jahres 1923 und die Lage der Rutschung an der Wasserscheide der Pleiße und der Zwickauer Mulde treten als weitere ungünstige Einwirkungen auf. Die Zerstörung der Drainage der angrenzenden Felder trug außerdem zur Heranführung von Oberflächenwasser in das Rutschgebiet bei. Dazu kommt noch das während der Bewegung eingetretene Zerklüften der tonigen Massen, die die Wässer schwammartig ansaugten. Frost und Hitze begünstigten die Fortsetzung der Bewegung. Merkwürdig bleibt, daß die

1. Beseitigen des Schnees von der eingesunkenen Fläche, um das Eindringen des Tauwassers zu vermeiden,
  2. Schließen der 3 bis 5 m tiefen Spalten,
  3. Anlage eines Abfanggrabens um die Rutschstelle,
  4. Ersatz der in der Rutschfläche liegenden Drainage durch einen Sammler außerhalb der Rutschung.
- Als Mittel zum Festhalten der in Rutschung geratenen Massen wurden vorgeschlagen:
1. Bau einer Stützmauer am Böschungsfuß,
  2. Abdichtung der gesamten Oberfläche, um das Eindringen des Wassers zu vermeiden,
  3. Beseitigung aller Massen, die auf der tiefsten, an dem Fuße der Einschnittsböschung gerade noch zutage tretenden, grünen, wasserundurchlässigen Schicht liegen,
  4. Abflachen der Böschung auf 1:4 oder flacher,
  5. Einrammen von Betonpfählen durch die wasserführenden Schichten (zur Vergrößerung der Reibung),

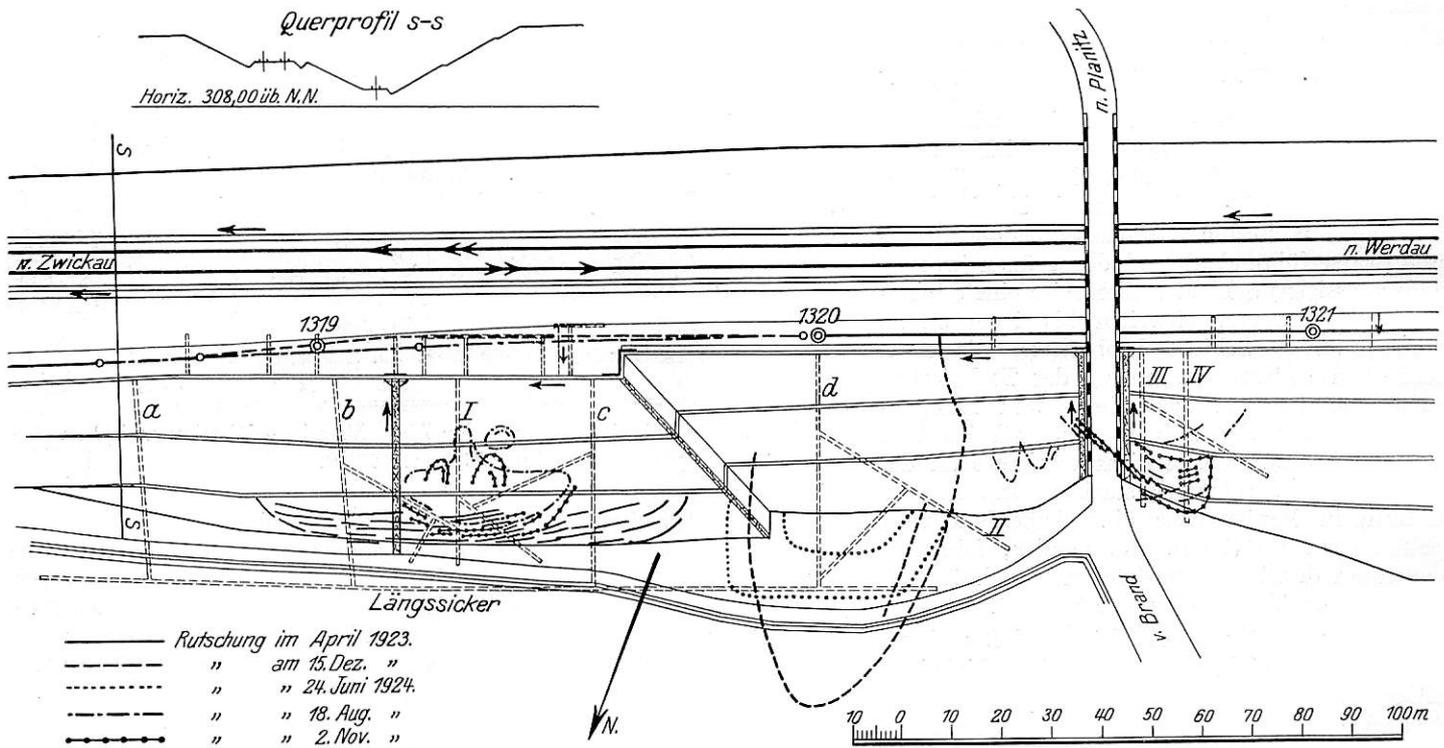


Abb. 2. Sickersystem zur Bekämpfung der Rutschungen zwischen km 131,8 und km 132,1 der Linie Dresden—Werdau.

Mitte der Rutschung ungefähr an der durch den Anschnitt bestätigten Grenze des Ober- und Mittelrotliegenden liegt (s. Abb. 1). Der Hydrologe sucht ja in den Verwerfungen an den geologischen Schichtenwechselln Wasser, was hier bestätigt wurde.

Die nur 50 m entfernt gelegene, 1923 neuerbauete Eisenbetonstraßenbrücke Brand-Planitz (durchgehender Träger auf fünf Stützen) wurde glücklicherweise nicht gefährdet, da die Gründungen in der gefährdeten Böschung tief genug angelegt waren.

Im Juni 1923 wurden beim Abbaggern der alten Bahnböschung Spuren von Sichern gefunden, die vermutlich beim Bau der Linie Dresden—Werdau in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts angelegt waren. Sie hatten etwa 6,0 m Abstand, waren 0,60 m bis 1,0 m tief und 1,0 m breit, mit Packlager ausgesetzt, aber zur Unkenntlichkeit verschlammte. Offenbar haben schon unsere Vorgänger an dieser Stelle mit Rutschungen gekämpft, leider war jedoch in den Akten nicht darauf hingewiesen.

Bei Eintritt dieser Hauptrutschung wurden sofort folgende Maßnahmen ergriffen:

6. Wegziehen des Wassers durch eine Anzahl tiefer Brunnen, die die wasserführenden Schichten durchstoßen sollten.

Man entschied sich für eine durchgreifende Tiefsickeranlage, das die tiefsten, am Böschungsfuß des Einschnitts noch austretenden, wasserundurchlässigen Schichten durchstoßen und das Wasser zwangsläufig in den als Vorfluter gewählten neuen böschungsseitigen Bahngraben abführen soll (s. Abb. 2).

Gleichlaufend mit Böschungsoberkante wurde ein bis 9,2 m tiefer Längssicker in 10 bis 15 m Abstand von Böschungsoberkante hergestellt, der von den Tiefpunkten der angebotenen und durchstoßenen, wasserundurchlässigen Schichten das gesammelte Wasser durch vier in der Böschung hergestellte bis 10 m tiefe Quersicker nach dem Vorfluter, den Bahngraben, abführt. Auch diese Sicker wurden durch die angebotenen wasserundurchlässigen Schichten durchgetrieben. An besonders gefährdeten Stellen wurden nach örtlichem Befund außerdem noch Stichquersicker und Diagonalsicker ausgeführt.

Bei Herstellen dieser Sicker wurde, wie schon erwähnt,

die wasserundurchlässige Schicht grundsätzlich durchstoßen, damit alles auf der wasserundurchlässigen Schicht geführte Wasser möglichst in den Sicker tropft; die Sickersohle wurde deshalb 30 bis 50 cm unter der Schichtunterkante hergestellt. Die über der wasserundurchlässigen Schicht liegenden Rutschflächen trockneten am Anschnitt schnell aus. Ebenso die an der Rutschfläche herausgepreßte schmierige Schicht, die in zwei bis drei Tagen abblätterte. Die einmal vorgefundenen, wasserundurchlässigen Schichten wurden verfolgt, oft waren sie senkrecht um 1,0 bis 1,5 m verworfen, oft änderten sie ihre Neigung. Die Sicker wurden 1,0 m breit angelegt. Die Sohle wurde durch eine 20 cm starke, abgerammte Schicht aus Töpferton nach unten gedichtet. Auf dieser Tonschicht wurde ein 10 bis 15 cm i. L. weites, poröses Drainagerohr verlegt. Bis 1,15 m unter Geländeoberkante wurde alsdann der Sicker mit gesunden Packlagersteinen ausgesetzt. Die Packlagerschicht wurde in 20 cm Stärke mit einer Grus-



Abb. 3. Längssicker während der Herstellung.

schicht abgedeckt, auf dieser wurde alsdann 30 cm Schlacke eingebaut. Zur Abhaltung der Oberflächenwasser wurde alsdann eine Lehmschicht von 45 cm Stärke eingebaut und durch Stampfen gedichtet. Diese Schicht wurde mit einer 20 cm starken Humusschicht überzogen. Die Oberflächenwasser wurden durch teilweise gepflasterte Gräben an Böschungsoberkante abgefangen und durch gepflasterte Böschungserinne in den Bahngraben geführt. Nach Herstellen des Sickersystems wurden zweifüßige Böschungen mit Bermen hergestellt und mit Rasen und gutem Boden überzogen. Von einer Bepflanzung der Böschung mit dicht gesetztem Strauchwerk oder Bäumen wurde abgesehen.

Während des Baues der Sicker waren die Rutschmassen noch stark in Bewegung, so daß man gezwungen war, nur verhältnismäßig kurze Stücke aufzureißen. Während des Baues des Längssickers kamen hauptsächlich im Mittelpunkt der Rutschungen Verdrückungen der Baugrube bis 50 cm vor. Abb. 3 läßt an den tiefsten Steifen und Schalbrettern den

Gebirgsdruck und im Vordergrund rechts unten die Lage der Gleitfläche erkennen. Die wasserführende Schicht zeigte sich selbst durch nachstehende Beobachtung an. Die stark im Zwange liegenden seitlichen Massen drückten die Grabensohle 30 bis 50 cm über der gesuchten, wasserführenden Schicht in die Höhe, so daß die Massen, die vordem nur schwierig mit der Hacke gelöst werden konnten, leicht lösbar wurden. Das Durchstoßen der wasserundurchlässigen Schichten gelang nur mit Hilfe von Keilen und Hacken.

Als jenseits der Straßenbrücke sich im August und November 1924 ebenfalls kleinere Rutschungen zeigten, gelang die Herstellung des bei Stein 1320+65 geplanten Sickers nur unter erschwerten Umständen. Der von Lichten-tanne her eintretende Druck vergrößerte sich plötzlich derart, daß der zur Sohlenbefestigung benötigte Ton gerade noch rechtzeitig eingebracht werden konnte. Kurz nach dem Verlegen der Drainrohre und nach dem Einsetzen der untersten



Abb. 4. Zustand der Rutschstelle im März 1927.

Packlagerschichten vergrößerte sich der Druck auf die Steifen so sehr, daß die im Sicker arbeitenden Mannschaften herausgezogen werden mußten, die Verfüllung des Sickers konnte nur durch Hineinwerfen von Packlagersteinen ausgeführt werden, während sonst das Packlager im Verbands eingesetzt wurde. Es wurde alsdann noch ein Sicker in etwa 10 m Entfernung bahnvorwärts senkrecht zum Einschnitt vorgetrieben, der die Rutschung zum Stehen brachte.

Es wurden etwa 465 lfd. Meter Tiefsicker von 6 bis 10 m Tiefe mit einem Kostenaufwand von rund 100000  $\mathcal{M}$  hergestellt. An verschiedenen anderen Stellen des Einschnitts wurden außerdem noch kleinere Flachsicker bis etwa 1,7 m Tiefe in ähnlicher Ausbildung mit rund 20000  $\mathcal{M}$  Kostenaufwand ausgeführt. Ihre Länge beträgt etwa insgesamt 245 m.

Weiter bahnvorwärts traten keinerlei Rutschungen mehr ein, obgleich vom ersten Bahnbau noch etwa 40 bis 50000 m<sup>3</sup> seitlich abgelagerte Massen an der Böschungsoberkante lagern.

Diese Sicker haben die Rutschungen, die wohl zuletzt 10000 m<sup>3</sup> Massen in Bewegung gesetzt hatten, zum Stehen gebracht. Abb. 4 zeigt den jetzigen Zustand der Rutschstelle. Die Sickerausläufe werden dauernd überwacht und führen auch immer Wasser.

Der eingetretene Erfolg beweist, daß die zwangläufige Wasserabführung aus dem Rutschgebiet die weitere Gefährdung des Einschnitts verhindert.

# Die Vollendung der Stellwerkanlage auf dem neuen Hauptbahnhof Stuttgart.

Von Reichsbahnoberrat **Rempis**, Stuttgart.

Hierzu Tafel 11.

Am 19. Dezember 1927 wurden auf dem Hauptbahnhof Stuttgart die Hallengleise 1 bis 4 und damit der letzte Teil der Gleisanlage auf dem Personenbahnhof dem Betrieb übergeben. Abb. 1, Taf. 11, zeigt die Gesamtgleisanlage des inneren Personenbahnhofs. Die im „Organ“ auf Seite 26 des Jahr-

trisches Querstellwerk 1 erstellt und ebenfalls als Befehlsstellwerk ausgestattet. (Textabb. 3 und 4, sowie Abb. 2 und 3, Taf. 11.) Eine Zusammenwirkung beider Stellwerke durch elektrische Zustimmungabhängigkeit wegen Stellung einiger Weichen wird nur bei Zügen notwendig, die auf den Vorortgleisen Richtung Feuerbach und den Gleisen der Richtung Böblingen verkehren und die Hallengleise 4 bis 8 benützen. Die innere Einrichtung des Stellwerks 1 entspricht in seiner Gesamtanordnung der des Stellwerks 2. In der Mitte befinden sich die Fahrstraßensignalhebel, zu beiden Seiten die Hebel für die Weichen und Sperrsignale. Die Ein- und Ausfahrtsignale zu sämtlichen über die Gleise 1 bis 6 führenden Fahrstraßen werden vom Fahrdienstleiter im Stellwerk 1 gestellt, der auch den Streckenblock für die Vorortgleise der Richtungen nach Cannstatt und Feuerbach zu bedienen hat. Das Ausfahrtsignal zu Gleis 7 kann sowohl vom Stellwerk 1 als vom Stellwerk 2 aus bedient werden, je nachdem Züge auf der Vorortlinie Richtung Feuerbach oder den Fernlinien Richtung Böblingen und Feuerbach verkehren. Für die Ausfahrten auf dem Vorortgleis Cannstatt ist außer den an den Bahnsteigenden befindlichen inneren Ausfahrtsignalen noch ein gemeinschaftliches äußeres Ausfahrtsignal C vorhanden, das sich vor der

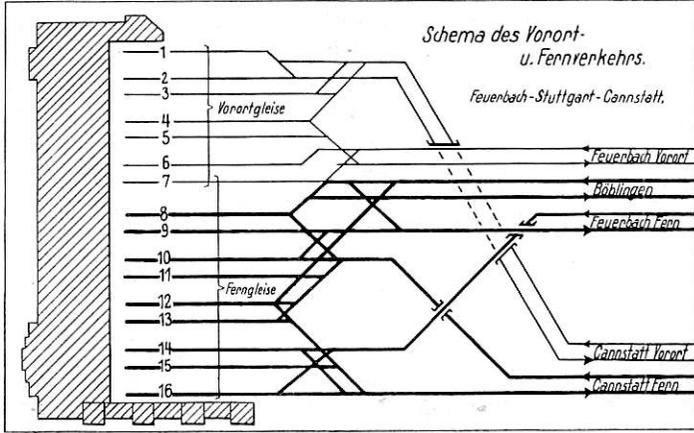


Abb. 1.

gangs 1923 wiedergegebene schematische Darstellung des Fernverkehrs hat durch die Fertigstellung des Personenbahnhofs die aus obenstehender Textabb. 1 ersichtliche Ergänzung erfahren. Für die drei Hauptrichtungen Feuerbach, Cannstatt, Böblingen stehen nunmehr 16 Hallengleise zur Verfügung, deren Benützung aus Textabb. 2, ersichtlich ist. Hiernach sind die Hallengleise 1 bis 7 an die Vorortgleise, 7 bis 16 an die Ferngleise angeschlossen. Die vorhandenen Weichenverbindungen würden auch noch die Ein- und Ausfahrt Feuerbach—Vorortverkehr auf Gleis 8 zulassen. Vorläufig sind jedoch die entsprechenden Fahrstraßen nicht eingerichtet. Es wäre aber nicht ganz richtig, den einen (nördlichen) Teil des Bahnhofs als reinen Vorortbahnhof und den andern Teil als Fernbahnhof zu bezeichnen,

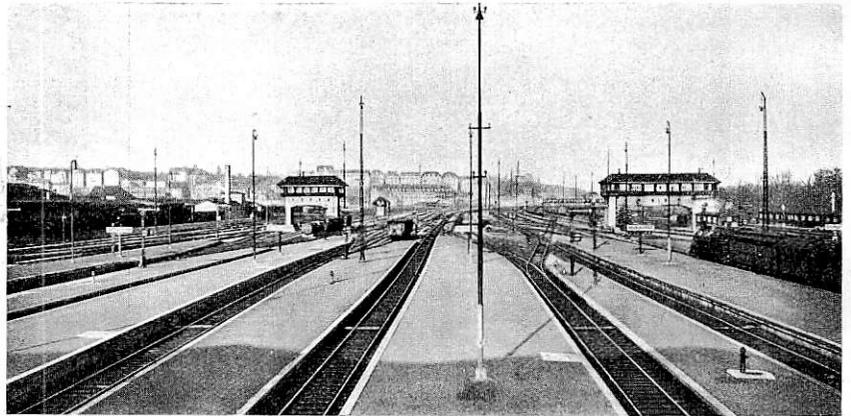


Abb. 3. Stuttgart Hbf. Sicht von der Bahnsteighalle aus.

Richtung		Hallengleise															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Böblingen	von																
	nach																
Vorort-Gleise	Cannstatt	von															
		nach															
	Feuerbach	von															
		nach															
Fern-Gleise	Cannstatt	von															
		nach															
	Feuerbach	von															
		nach															

Abb. 2. Bildliche Darstellung der Gleisbenützung.

da je nach der Lage des Fahrplans und der Inanspruchnahme der um Stuttgart herumliegenden Vorbahnhöfe auch eine wechselseitige Benützung der Fern- und Vorortgleise vorkommt und demnach eine vollständige Trennung zwischen Fern- und Vorortverkehr hinsichtlich der Benützung der Hallengleise nicht durchgeführt ist.

Für den Betrieb der Gleise 1 bis 6 wurde gegenüber dem Befehlsstellwerk 2 etwa in gleicher Linie ein weiteres elek-

trisches Querstellwerk 1 erstellt und ebenfalls als Befehlsstellwerk ausgestattet. (Textabb. 3 und 4, sowie Abb. 2 und 3, Taf. 11.) Eine Zusammenwirkung beider Stellwerke durch elektrische Zustimmungabhängigkeit wegen Stellung einiger Weichen wird nur bei Zügen notwendig, die auf den Vorortgleisen Richtung Feuerbach und den Gleisen der Richtung Böblingen verkehren und die Hallengleise 4 bis 8 benützen. Die innere Einrichtung des Stellwerks 1 entspricht in seiner Gesamtanordnung der des Stellwerks 2. In der Mitte befinden sich die Fahrstraßensignalhebel, zu beiden Seiten die Hebel für die Weichen und Sperrsignale. Die Ein- und Ausfahrtsignale zu sämtlichen über die Gleise 1 bis 6 führenden Fahrstraßen werden vom Fahrdienstleiter im Stellwerk 1 gestellt, der auch den Streckenblock für die Vorortgleise der Richtungen nach Cannstatt und Feuerbach zu bedienen hat. Das Ausfahrtsignal zu Gleis 7 kann sowohl vom Stellwerk 1 als vom Stellwerk 2 aus bedient werden, je nachdem Züge auf der Vorortlinie Richtung Feuerbach oder den Fernlinien Richtung Böblingen und Feuerbach verkehren. Für die Ausfahrten auf dem Vorortgleis Cannstatt ist außer den an den Bahnsteigenden befindlichen inneren Ausfahrtsignalen noch ein gemeinschaftliches äußeres Ausfahrtsignal C vorhanden, das sich vor der

Stelle befindet, wo sich die Cannstatter Vorortgleise mit der vom Verbindungsgleis 2 zu den Cannstatter Gütergleisen führenden Weichenstraße überschneiden (s. Abb. 1, Taf. 11). Dieses Signal C kann zugleich als Deckungssignal für die genannte Überschneidung angesehen werden und ist Streckenanfangssignal für das Vorortgleis nach Cannstatt. Die inneren Ausfahrtsignale A 1 bis A 4 können erst auf Fahrt gestellt werden, wenn das äußere Signal Fahrt zeigt. Um die Fahrstraßen nicht unnötig lang festzulegen, sind die Ausfahrwege Vorort Cannstatt durch den Einbau von zwei isolierten Schienenstrecken derart unterteilt, daß der in jedem Stellwerksbezirk liegende Teil der Fahrstraße für sich aufgelöst werden kann, sobald die hinter der letzten Weiche dieses Bezirks liegende Isolierstrecke verlassen ist. Dadurch werden die Weichen für andere Fahrstraßen sofort wieder frei. Für die Einfahrt Vorort Cannstatt sind, verursacht durch die Abzweigung nach dem Güterbahnhof, zwei Einfahrtsignale (H 1/2 und B) notwendig geworden. Das äußere ist zweiflügelig und befindet sich in angemessener Entfernung vor der bereits erwähnten Überschneidung der Cannstatter Vorortgleise. Ein Flügel gilt für die Personenzugfahrten nach den Hallengleisen 1 bis 4; zwei Flügel gelten für die Einfahrt in die Cannstatter Güterzugsgleise 18 und 19, die (wie aus Abb. 1, Taf. 11 ersichtlich) unmittelbar neben den

Cannstatter Vorortgleisen liegen und in kurzer Entfernung vor den Hallen endigen, abgeschlossen durch feststehende Haltsignale. Damit die Personenzüge, falls die Einfahrt in den Personenbahnhof noch nicht frei ist, möglichst weit vorrücken können, wurde etwa 350 m hinter dem Einfahrsignal  $H\frac{1}{2}$  ein weiteres einflügeliges Einfahrsignal B aufgestellt. Jedes der beiden Signale kann für sich gestellt werden, wodurch es möglich ist, die Personenzüge bei gesperrter Einfahrt bis zum inneren Einfahrsignal vorrücken zu lassen. Eine



Abb. 4. Befehlsstellwerk 1.

besondere Abhängigkeit zwischen den beiden Einfahrsignalen besteht jedoch nicht, der Blockabschnitt der freien Strecke ist vielmehr bis zum inneren Einfahrsignal B durchgeführt worden. Die Ein- und Ausfahrten auf den Cannstatter Güterzuggleisen 18 und 19 werden ebenfalls vom Befehlsstellwerk 1 aus gestellt. Das zum Güterbahnhof gehörige Stellwerk 4 gibt hierbei, weil dazu einige in seinem Bezirk liegende Weichen gestellt werden müssen, Zustimmung an Stellwerk 1. Diese Regelung durch Zustimmung ließ sich auch für die auf den Cannstatter Vorortgleisen verkehrenden Personenzüge nicht ganz vermeiden, weil die zur Überschneidung dieser Gleise gehörigen Weichen ebenfalls in das unmittelbar danebenliegende Stellwerk 4 einbezogen werden mußten.

In Abhängigkeit von Stellwerk 1 steht das neue elektrisch eingerichtete Stellwerk 5 (Abb. 4, Taf. 11). (Das in der Beschreibung, Jahrgang 1923 Seite 27 erwähnte Stellwerk 5 ist ein anderes und hat später die Nummer 13 erhalten.) In ähnlicher Weise wie Stellwerk 3 für die Ausfahrten nach dem Abstellbahnhof über die Verbindungsgleise 3 bis 5 ist Stellwerk 5 Befehlsstellwerk für die Ausfahrten nach dem Abstellbahnhof über das Verbindungsgleis 2, auf dem ebenso wie bei den übrigen Verbindungsgleisen selbsttätige eingleisige Streckenblockung nach der Bauart Jüdel mit Ein- und Ausfahrtsignalen eingerichtet ist. Alle Einfahrten vom Abstellbahnhof über das Verbindungsgleis 2 nach den Hallengleisen oder in die zwischen den Cannstatter und Feuerbacher Vorortgleisen liegende Wartegruppe (Vorort- und Abstellgleise) kann Stellwerk 5 nur stellen, wenn es Zustimmung vom Befehlsstellwerk 1 aus erhalten hat.

Während im ersten Bauteil des neuen Hauptbahnhofs (die Gleise 9 bis 16 umfassend) ebenso für die etwas später

hinzugekommenen Gleise 7 und 8 die Gleisfreimeldung für die Einfahrten in die Hallengleise durch einen Gleisfreimelder auf dem Hallensteg erfolgte (Jahrgang 1923, S. 29), ist für die neuen Gleise 1 bis 6 die selbsttätige Gleisfreimeldung mit Wechselstrom nach der Bauart von Siemens & Halske, entsprechend dem Vorgang auf dem Hauptbahnhof Leipzig eingerichtet worden. Die allgemeine Anordnung der Schaltung ist aus Textabb. 5 ersichtlich. Die Zweiphasenblockrelais sind über der Hebelbank des Befehlsstellwerks 1 angebracht (s. Textabb. 4). Der Gleisstrom kommt von der Umformerstation im Untergeschoß des Empfangsgebäudes. Der Blocktransformator befindet sich in einem besonderen Gehäuse auf dem Bahnsteig zwischen Gleis 2 und 3 (s. auch Abb. 1, Taf. 11). Eine allgemeine Beschreibung einer derartigen Einrichtung ist in dem Sonderheft zu Glasers Annalen vom 1. Juli 1927, S. 172 enthalten, auf die hingewiesen werden darf. Die Isolierung der Hallengleise endet jeweils vor der ersten Weiche. Da die isolierten Strecken infolgedessen nicht gleich lang sind, so wurde zur Sicherheit fahrdienstlich angeordnet, daß die selbsttätige Gleisfreimeldung nur für die in den Hallen befindlichen Gleislängen Gültigkeit hat, während für den Bezirk zwischen Hallenende und Stellwerk 1 die Fahrstraßenprüfung ungeachtet der in diesen Teil noch hereinragenden Isolierstrecken durch Augenschein vorzunehmen ist. Es ist vorbehalten, die selbsttätige Bauart auf sämtliche Gleise auszuweiten, sobald sie auf den Gleisen 1 bis 6 genügend lang erprobt sein wird.

Hinsichtlich des Bauvorgangs seit Eröffnung des ersten Bauteils ist noch kurz zu erwähnen, daß sich zuerst die weiteren Gleise 7 und 8 unter Einbezug der Fahrwege in das Stellwerk 2 anreichten, um den in dem ersten Bauteil nur behelfsmäßig eingeführten Gleisen der Böblinger Linie die endgültige Lage zu geben. Zu einem späteren Zeitpunkt folgte die Inbetriebnahme der Hallengleise 5 und 6, an die die Cannstatter Vorortgleise der freien Strecke zunächst ebenfalls behelfsmäßig an-

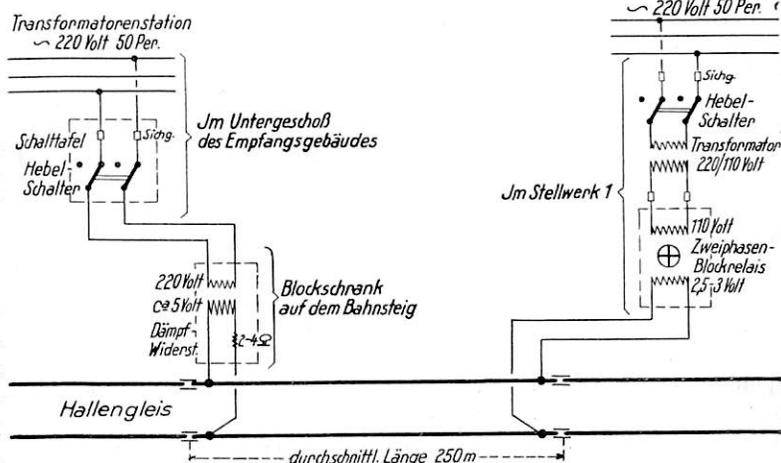


Abb. 5. Schaltung für die selbsttätige Gleisfreimeldung.

geschlossen werden konnten. Mit dem Bau des Stellwerks 1 wurde so zeitig begonnen, daß es zur Inbetriebnahme der Hallengleise 5 und 6 herangezogen werden konnte unter Belegung eines Teils des gleich in seiner ganzen Länge für den Vollausbau angelieferten Hebelwerks. Für die zuletzt nötige gleichzeitige Inbetriebnahme der Gleise 1 bis 4 waren dann im Hebelwerk des Stellwerks 1 nur noch kleinere Einbauarbeiten nötig. Diese schrittweise Inbetriebnahme aller neuen Gleise ging ohne jede Störung vor sich.

# Berichte.

## Allgemeines.

### Das Eisenbahnnetz von Afrika.

Afrika besitzt z. Z. ein Eisenbahnnetz von rund 61 380 km Gesamtlänge. Die einzelnen Bahnen sind ganz ungleichmäßig über ein Gebiet verteilt, das dreimal so groß ist als Europa. Jedoch läßt sich ein Vergleich mit europäischen Verhältnissen nicht wohl anstellen, weil die Verhältnisse in beiden Erdteilen zu sehr voneinander abweichen. Der Vergleich mit den ebenfalls erst in der Aufschließung begriffenen Erdteilen Süd-Amerika und Australien zeigt aber, daß Afrika mit rund 4,3 km Eisenbahnlänge auf 10 000 Einwohner gegen jenes mit 13,1 und dieses mit 72,5 km ebenfalls noch stark im Rückstand ist.

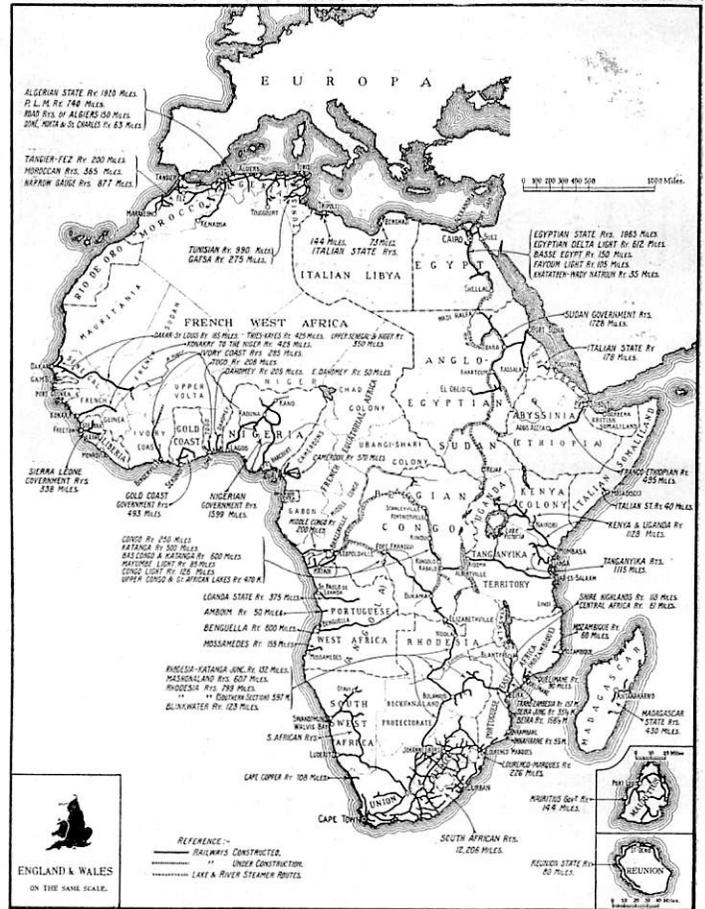
Die nachstehende Zusammenstellung zeigt die Verteilung der afrikanischen Eisenbahnlinien nach Ländern bzw. Kolonien und Spurweite getrennt:

Land	Länge der Eisenbahnen in km					
	insgesamt	mit einer Spurweite von				
		1435 mm	1067 mm	1000 mm	762 mm	610 mm
Südafrikanische Union mit Südwest-Afrika . . . . .	20500	—	18800	—	1700	
Algier. . . . .	4630	2480	1480	615	55	
Ägypten . . . . .	4480	2800	—	250	1430	
Französisch Westafrika mit Togo . . . . .	3410	—	—	3410	—	
Rhodesien. . . . .	3020	—	3020	—	—	
Belgisch Kongo . . . . .	3000	—	1470	760	410	
Sudan. . . . .	2780	—	2780	—	—	
Nigeria . . . . .	2580	—	2360	—	220	
Marokko . . . . .	2310	670	—	120	1520	
Tunis . . . . .	2040	510	—	1530	—	
Kenya und Uganda . . . . .	1820	—	—	1820	—	
Tanganyika (Deutsch-Ost-Afrika) . . . . .	1800	—	—	1700	100	
Angola . . . . .	1650	—	805	515	330	
Franz. Äquatorial-Afrika . . . . .	1080	—	—	920	160	
Mozambique. . . . .	1020	—	920	—	100	
Gold Küste . . . . .	810	—	795	—	15	
Abessinien. . . . .	800	—	—	800	—	
Madagaskar . . . . .	690	—	—	690	—	
Italienische Zone . . . . .	650	—	—	650	—	
Betschuanaland . . . . .	640	—	640	—	—	
Sierra Leone . . . . .	540	—	—	—	540	
Nyassaland . . . . .	540	—	540	—	—	
Mauritius . . . . .	230	190	—	—	40	
Spanische Zone . . . . .	230	—	—	125	105	
Reunion. . . . .	130	—	—	130	—	
Insgesamt . . . . .	61380	6650	33610	14035	2655	

Die nebenstehende Karte zeigt die Verteilung dieser Bahnen. Am dichtesten ist das Netz der Südafrikanischen Eisenbahnen, die wohl auch als das am besten betriebene Eisenbahnunternehmen Afrikas gelten dürfen. Die Entwicklung dieses Netzes ist ganz ausnahmsweise rasch vor sich gegangen. Die erste Bahn in Südafrika wurde 1859 gebaut 1870 gab es in dem heutigen Unionsgebiet erst 110 km, nach dem Burenkrieg im Jahre 1902 schon 7850 km Bahnen. Im Jahre 1910 wurden die vorher getrennt betriebenen Bahnen der einzelnen Landesteile zu einem 11 400 km langen Netz zusammengefaßt und dieses hat sich im Verlauf der anschließenden zehn Jahre nochmals um 35 % vergrößert.

Nach dem vollspurigen Ausbau der Ägyptischen Staatsbahnen sind die jetzt vorhandenen Teile der Kap-Kairo Bahn im Norden in Vollspur, von Süden her in Kapspur angelegt. Aus der Karte ist zu ersehen, daß diese durchgehende Verbindung, sofern die schiffbaren Wasserläufe zu Hilfe genommen werden,

schon jetzt fast vollkommen ist. Die im wesentlichen parallel zur Küste laufende Bahn verspricht jedoch gegenüber dem billigeren Seetransport keine wirtschaftlichen Vorteile; ihr Vollausbau dürfte daher nicht die wichtigste Aufgabe des afrikanischen Eisenbahnbaues in den nächsten Jahren sein. Es wird vielmehr eher zu erwarten sein, daß zunächst einmal die wichtigeren der jetzt bestehenden Bahnen allmählich vom System des Kolonial-



Eisenbahnkarte von Afrika.

bahnbetriebes zu einer mehr europäischen oder wegen der großen Entfernungen wahrscheinlich sogar mehr amerikanischen Betriebsweise übergehen, wozu vor allem auch der Umbau der Strecken auf schwereren Oberbau und ein Ausgleich der jetzt vielfach vorhandenen scharfen Krümmungen und starken Steigungen gehört. Der Anfang zu diesen Arbeiten ist mancherorts schon gemacht. Beispielsweise hat die Kenya und Uganda-Bahn neuerdings schon unterspurige Lokomotiven mit 18 t Achsdruck in Betrieb genommen.

(The Railw. Eng., Januar 1928.)

### Neuerungen im Gütertransport.

Wie bei uns beschäftigt man sich auch bei anderen Eisenbahnverwaltungen mit der Frage der Beförderung der Güter von Haus zu Haus, also mit der Frage der Verwendung von Frachtkästen. Die London Midland and Scottish Railway Comp. hat mit gutem Erfolg in den beiden letzten Jahren ausgedehnte Versuche mit dem Versand der Güter in Frachtkästen gemacht. Etwa 300 Frachtkästen stehen dort bereits im Dienst. Es sind vier Typen ausgebildet worden, nämlich zwei als offene und zwei als geschlossene Kästen. Sowohl von den offenen wie von den geschlossenen ist je eine Type so groß bemessen, daß der Kasten die ganze Ladefläche eines gewöhnlichen offenen 10 t-Wagens einnimmt, während bei der anderen der Kasten nur die halbe Ladefläche beansprucht. Außerdem wurde noch für Versuchszwecke

R. D.

ein besonderes Fahrgestell für die Beförderung der Frachtkästen in den Straßen gebaut (Abb. 1). Die Frachtkästen sind mit herabklappbaren oder aufklappbaren Wänden versehen. Die Wände des offenen Frachtkastens können ganz zusammengelegt werden, so daß im Falle des Leerversandes sechs oder sieben Kästen auf einem offenen Güterwagen untergebracht werden können. Die Kästen werden vom Hause des Versenders mit Lastkraftwagen zum Bahnhof gebracht, mit Kran auf den Eisenbahnwagen gehoben (siehe Abb. 2), auf der Empfangsstation mit Kran wieder auf einen Lastkraftwagen umgestellt und zum Hause des Empfängers gebracht.

Um unwirtschaftliche Verwendung zu vermeiden stehen sämtliche Frachtkästen unter der Oberaufsicht des Güterverkehrsleiters in Euston, in dessen Zimmer eine Tafel hängt, auf der die Bewegung eines jeden Kastens dargestellt wird. Die unmittelbare Aufsicht führen die Bezirksverkehrsleiter, denen je eine bestimmte Zahl von Kästen zugeteilt ist.

Anforderung und Ausgleich an Kästen vollziehen sich wie bei den Wagen.

Im allgemeinen wird ein Kasten an den Verfrachter nur abgegeben, wenn er mindestens eine Tonne Gut zu versenden hat. Zahlreiche Firmen, die bisher solche Mengen mit Straßenfahrzeugen befördert hatten, bedienen sich jetzt der neuen Einrichtung. Sie sparen an Verpackungskosten und haben den Vorteil, daß das Gut im Falle eines weiteren Weges rascher befördert wird als mit Lastkraftwagen.

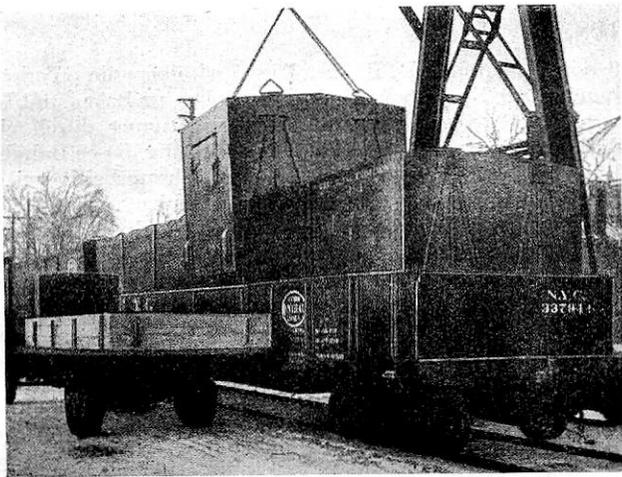


Abb. 2. Verladen der Frachtkästen auf offene Güterwagen.

Die Einführung der Frachtkästen ist von besonderem Vorteil auch für die Benützung der Lagerhäuser, die die Eisenbahngesellschaft an zahlreichen Plätzen Erzeugerfirmen zur Verfügung stellt, so daß diese in unmittelbarer Nähe der Abnehmer Vorrats- und Verteillager besitzen. Es werden regelmäßige Umläufe der Frachtkästen eingerichtet, die z. B. täglich zu einer bestimmten Zeit beladen von der Fabrik abgehen, die Nacht hindurch rollen, morgens am Bestimmungsort entladen und dann wieder zur Fabrik zurückgesandt werden. Wie sehr diese Art der Warenverteilung sich eingebürgert hat, geht daraus hervor, daß die Zahl dieser Verteillager von 33 im Jahre 1922 auf 400 im Jahre 1927 angewachsen ist.

Auch in den Vereinigten Staaten wird lebhaft für die Einführung der Frachtkästen geworben. Es wird darauf hingewiesen, daß die Behandlung des Gutes wesentlich vereinfacht wird und daß die Eisenbahn auch für Nahentfernungen wettbewerbsfähig bleibt wegen der verringerten Behandlungskosten des Gutes. Der Frachtkasten ist besonders geeignet für den Versand leichtverderblicher Güter, die rasch befördert werden müssen. Die Frachtkästen machen die Wagen rasch für andere Verwendung wieder frei, weil sie in 20 Minuten auf- oder abgeladen sind. Sie

entlasten die Güterböden, verringern die Zahl der Entschädigungsansprüche für verlorenes oder beschädigtes Gut und gestatten die Einrichtung von raschen Umläufen für regelmäßig zu versendende Güter, besonders mit Ausnützung der Nacht als Laufzeit. Schließlich verringern sie die Verpackungskosten, weil die Verpackung vielfach ganz entbehrlich wird, und die

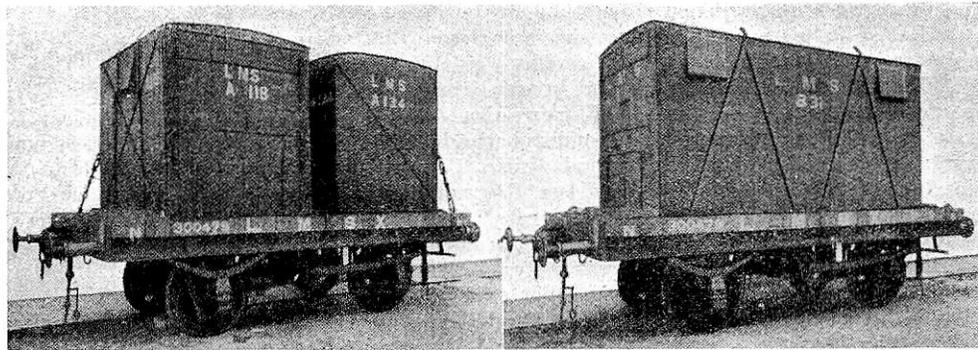


Abb. 1. Fahrgestell für die Beförderung der Frachtkästen.

An- und Abfuhrgebühren, weil die Lade- und Entladezeit klein und die Ladefähigkeit der Lastwagen voll ausgenützt wird. Für den Erfolg der Einführung von Frachtkästen ist Voraussetzung, daß Eisenbahn und Spedition gut zusammen arbeiten, wenn nicht die Eisenbahnverwaltungen es vorziehen auch die Beförderung der Frachtkästen von und zu den Bahnhöfen selbst zu übernehmen.

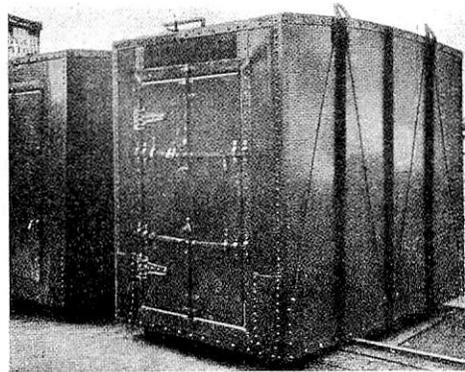


Abb. 3. Geschlossener Frachtkasten.

Eine Speditionsgesellschaft in New York hat seit etwa fünf Jahren in steigendem Maße Frachtkästen in Verwendung genommen. Sie sind aus Stahlblech gebaut, besitzen verschließbare Türen und tragen vier Ösen an den Ecken zum Anbringen der Hubseile für das Verladen mittels Kran. Die Bauart kann aus Abb. 3 erkannt werden.

Außerdem sind für die besonderen Zwecke der Bauindustrie Kästen eingeführt worden, die sich gut bewähren sollen. Diese sind ebenfalls aus Stahlblech hergestellt und haben Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen des aufklappbaren Bodens. Ein Kasten faßt 3000 Ziegelsteine und enthält damit die Ladung für einen Lastkraftwagen. Zwölf Kästen finden Platz auf einem offenen Eisenbahnwagen. Der Versand der Ziegelsteine kann daher in kleinen Einheiten von einem Kasten zu 3000 Steinen bis zu einer Wagenladung zu 36000 Steinen oder einem Vielfachen davon erfolgen. Die Kästen werden in den Ziegeleien mit Hilfe maschineller Vorrichtungen mit den Steinen beladen und mit Kranen auf Lastwagen oder Eisenbahnwagen gehoben. Beim Entladen wird der Kasten dicht über den Lastwagen gebracht und der Boden langsam aufgeklappt, so daß die Steine ohne zu brechen auf den Lastwagen rutschen. Die Kästen werden auch für den Transport anderer Güter, wie Bruchsteine, Kalk usw. verwendet. Die Ladekosten werden durch die Verwendung der Kästen ganz beträchtlich herabgesetzt.

Eb.

## Buchbesprechungen.

Der Verein deutscher Eisenhüttenleute hat ein

### Werkstoff-Handbuch „Stahl und Eisen“

herausgegeben, das in knapper verständlicher Form Zahlenwerte gibt, dem Werkstoffverbraucher über die Werkstoffe und ihre Eigenschaften, dem Erzeuger über die Verwendungszwecke und Beanspruchungen, denen seine Stähle später ausgesetzt sind.

Es ist in Form eines Ringbuches mit losen Blättern gestaltet, so daß Nachträge leicht eingereiht werden können.

Die Blätter des Handbuchs sind in vier Gruppen unterteilt: In der ersten Gruppe werden die Eigenschaften und ihre Prüfung für jede Eigenschaft besonders behandelt. Als Gegenstück befassen sich die zweite und dritte Gruppe mit den einzelnen Stahlorten bestimmter Zusammensetzung bzw. bestimmten Verwendungszwecks. In einer vierten Gruppe sind Blätter über die wichtigsten Verfahren der Stahlbehandlung sowie die Arten der Prüfung und ihre Grundlagen zusammengestellt. Beigegeben sind in gleicher Form die wichtigsten Normblätter für Eisen und Stahl. Ein alphabetisches Inhaltsverzeichnis erleichtert die Benützung. Ue.

Vom Verlag Stahleisen Düsseldorf ging uns zu: „Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln“, aufgestellt und herausgegeben von dem Verein deutscher Eisenhüttenleute, Gemeinschaftsstelle Schmiermittel, und dem Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik (Ausschuß IX). Fünfte erweiterte Auflage.

Die Richtlinien enthalten zunächst eine Einteilung und Kennzeichnung der verschiedenen Schmiermittel um sodann im Hauptabschnitt in 40 Nummern die verschiedenen Arten derselben,

ihre Verwendungszwecke und die an sie zu stellenden Anforderungen zu behandeln. Bei der Bedeutung, die der richtigen Auswahl und Prüfung der Schmiermittel in der Technik zukommt, ist es eine dankenswerte Aufgabe, die die herausgebenden Stellen mit der Aufstellung der Richtlinien behandelt haben.

**Getriebe.** Gesammelte Aufsätze der Zeitschrift „Maschinenbau“. Preis broschiert *R.M.* 2,75, für VDI-Mitglieder *R.M.* 2,50. (VDI-Verlag Berlin NW 7.)

Die Getriebe als Mittel zur Leitung und Umformung mechanischer Energie nehmen in der heutigen Technik eine besonders wichtige Stelle ein. An Kraftfahrzeugen, Werkzeugmaschinen, Hebezeugen, Diesellokomotiven u. ä. sind sie wesentliche Bestandteile. Den Zahnradgetrieben sind die Aufsätze von Rutzbach „Mehrgliedrige Radgetriebe und ihre Gesetze“, und von Altmann „Die Bauformen gleichachsiger Stirnradumformer und Zahnradumformer für außergewöhnliche Übersetzungen“ gewidmet. Über Lokomotivgetriebe berichtet Oberingenieur Klein, Essen. Weitere Aufsätze behandelten Reibungsgetriebe und Riementrieb. Besonderes Interesse für den Eisenbahntechniker bieten die Flüssigkeitsgetriebe, deren Anwendung ja bei Diesellokomotiven wegen der weichen und bequemen Schaltungen beliebt ist. In dem Aufsatz von Ritter, die Grundlagen der hydraulischen Energieumformer wird eine systematische Einteilung derselben versucht. Über Regelung der stufenlosen Umformer berichtet Rutzbach, über Leistungsversuche mit regelbaren Flüssigkeitsgetrieben Dr. Kühnel. Letzterer Aufsatz, der einen wichtigen in mancher Beziehung noch wenig geklärten Punkt behandelt, wird besondere Beachtung finden.

## Verschiedenes.

### Die Frühjahrstagung der Studiengesellschaft für Rangiertechnik.

Die diesjährige Frühjahrstagung der Stugera fand vom 19. bis 21. April in Breslau statt. Den Vorsitz führte wieder Professor Dr. Blum; die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft hatte als Vertreter die Reichsbahndirektoren Dr. Ing. Tecklenburg und Lamp abgeordnet.

Nach einem Vortrag von R. R. Dörter über die Bedeutung der R. B. D. Breslau fand eine Besichtigung des Verschiebepfahnhofs Broekau statt, zu der R. O. R. Sievert einen Einführungsvortrag hielt. Er beschrieb zunächst den als zweiseitigen Flachbahnhof mit Ablaufrücken ausgestalteten Bahnhof und erläuterte dann seine betriebsdienstliche Bedeutung. Der Bahnhof wird täglich von fast 200 Zügen berührt, von denen rund 170 verarbeitet werden. Die Auflösung eines Zuges von 60 Wagen erfolgt in rund 16 Minuten. Am Abend des gleichen Tages sprach noch R. O. R. Schaape über „Oberschlesien und die Rangierbahnhöfe seines Reviers“. Der Redner behandelte eingehend die Lage dieser Bahnhöfe zu den Hauptverschiebepfahnhöfen Gleiwitz und Peisketscham. Er zeigte ferner wie gerade in Gleiwitz sich die neuzeitliche Betriebsführung frühzeitig Eingang verschafft hat und gab der Erwartung Ausdruck, daß durch planmäßige Arbeitsuntersuchungen eine wirtschaftliche Leistungssteigerung erzielt werde. An der anschließenden Aussprache beteiligten sich R. O. R. Wagner und Professor Ammann.

Der Vormittag des zweiten Tages war mit Beratungen der Sonderausschüsse ausgefüllt. Nachmittags fand eine Besichtigung des Verschiebepfahnhofs Arnsdorf bei Liegnitz statt. Auf der

Fahrt dorthin sprach R. R. Dr. Pischel über die „Verkehrsbeziehungen der Reichsbahndirektion Breslau zu Polen und Rußland“. R. O. R. Sievert leitete die Besichtigung durch einen ausführlichen Vortrag ein über die Umgestaltung dieses Bahnhofs, die durch die Einführung einer Güterumgebungsbahn und die unzulänglichen Gleisanlagen notwendig geworden war. In seiner heutigen Form stellt er einen einseitigen Flachbahnhof mit einem Haupt- und einem Nebenablaufücken dar. Für die 246 Weichen sind sechs elektrische Stellwerke vorhanden, von denen zwei ausschließlich dem Ablaufbetrieb dienen. Der Bahnhof wird im Durchschnitt täglich von 100 Zügen berührt. Besonders fesselte die Besucher der Ablaufkopf mit der neuen Jordanbremse und dem selbsttätigen Schaltspeicher-Stellwerk der A. E. G. Die Bremse arbeitet außerordentlich ruhig und gestattet es jeden Wagen auf ihr zum Stehen zu bringen. Die Zerlegung eines 60 Wagen-Zuges erfordert hier 13 Minuten.

Am dritten Tage fanden vormittags die Vorträge der Sonderausschüsse statt. Hervorzuheben ist, daß Sonderausschuß 2 die aerodynamischen Versuche in Göttingen fast abgeschlossen hat. Ferner hat Sonderausschuß 3 ein Verfahren zur Ermittlung der Wagenachsbeanspruchung in Gleisbremsen ausgearbeitet, das er der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft zur Einführung empfiehlt. Weiterhin hat sich der Ausschuß mit einer Beurteilung der Feuerleinschen Gleisbremse befaßt. Die Sonderausschüsse 5 und 6 sind vereinigt worden.

Den Abschluß bildete eine Fahrt auf den elektrisierten Gebirgsstrecken der R. B. D. Breslau mit einem Vortrag von R. O. R. Usbeck über den „Elektrischen Eisenbahnbetrieb in Schlesien.“ Sp.

(Verkehrstechnische Woche 1928, Heft 19.)

## Berichtigung.

In dem Bericht „Mechanische Hebemittel zum Verladen von Oberbaustoffen“ in Heft 11, Seite 220 ist bei der Besprechung des Dahlheimischen Hebezeugs ein Druckfehler unterlaufen. Die Tragfähigkeit einer Schrotleiter ist nicht 100 kg sondern

1000 kg; da je ein Paar zusammen verwendet wird, können Schienen oder Träger bis zu 2000 kg und 30 m Länge — solche Längen werden ja stets auf zwei Wagen befördert — auf- und abgeladen werden.