

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

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

88. Jahrgang

1. Dezember 1933

Heft 23

Der Umbau des Hauptbahnhofs Duisburg.

Von Reichsbahnoberrat Pfeiffer, Essen.

Hierzu 5 Abbildungen auf Tafel 29.

Die Stadt Duisburg mit heute 420000 Einwohnern verdankt ihre Bedeutung in erster Linie ihrer günstigen Verkehrslage. An der Mündung der Ruhr in den Rhein und damit an der wichtigsten Wasserstraße Deutschlands gelegen, war sie schon früher ein nicht unbedeutender Handelsplatz und hat durch den Bau mehrerer Häfen, von denen einer zu den größten Binnenhafenanlage Europas gehört, dauernd an Wichtigkeit zugenommen. Aber erst beim Emporblühen des Rheinisch-Westfälischen Industriegebietes im vorigen Jahrhundert und seit dem Bau der großen Eisenbahnstrecken, besonders der Nord-Südlinien dem Rheine entlang und der Ost-Westlinien durch den Ruhrkohlenbezirk, gewann sie immer mehr. Bereits 1846 erhielt Duisburg in der Köln—Mindener Strecke eine Eisenbahnverbindung mit Köln und mit den südlicher gelegenen Städten; im folgenden Jahre wurde diese Linie nördlich und östlich durch den Ruhrbezirk über Duisburg hinaus verlängert. 1862 kam die Bergisch-Märkische über Mülheim—Essen—Dortmund, 1866 die Rheinische Bahn von der linken zur rechten Rheinseite bis Essen und 1879 eine weitere Verbindung von Duisburg nach Quakenbrück hinzu. Alle drei Bahnhöfe und Strecken hatten in Duisburg getrennte Lage und wurden von drei Gesellschaften betrieben (Abb. 1, Taf. 29). Nach der Verstaatlichung in den achtziger Jahren wurde ein gemeinsamer Zentralbahnhof gebaut, der in großen Zügen bis 1914 bestand (Abb. 2, Taf. 29).

Heutige Bahnhofsaufgaben und Zustand bis 1914.

(Abb. 2, Taf. 29.)

Der Hauptbahnhof Duisburg dient zunächst dem großen Personen-Durchgangs-, Übergangs- und Ortsverkehr der Hauptstrecken, vermittelt aber auch noch den Verkehr auf der Nebenlinie nach Wedau und Lintorf. Der Güterverkehr im Bahnhof Duisburg bediente früher in erster Linie den Ortsverkehr, der aus der Nordrichtung Mülheim, Oberhausen und Oberhausen West und aus der Süd- und Westrichtung Hohenbudberg, Wedau, Speldorf und Großenbaum-Düsseldorf aufkommt. Bei einigen Durchgangsgüterzügen wurden nur einzelne Wagen aufgenommen oder abgesetzt. Neuerdings hat der Durchgangsverkehr stark zu- und der Ortsverkehr abgenommen, so daß das Verhältnis jetzt etwa 50 % beträgt. Zur Entlastung des Bahnhofs und der Strecken nach Oberhausen West und Düsseldorf werden die in diesen Richtungen verkehrenden Güterzüge jedoch seit 1912 größtenteils östlich von Duisburg über eine viergleisige Umgehungsbahn Oberhausen West Wedau geleitet. Eine wichtige Aufgabe, die der Bahnhof Duisburg im Güterverkehr zu leisten hat, ist auch der Übergangsverkehr für die Anschluß- und Hafenbahnen, die mit 34 Hauptanschlüssen vorwiegend an der Bergisch-Märkischen Hochfeldebahn und der Duisburger Hafenbahn im Norden des Bahnhofs liegen. Der Verkehr betrug dort früher täglich bis zu 1000 Wagen, ist aber jetzt auf 350 bis 400 Wagen gesunken, wobei zu beachten ist, daß die großen Hafenanlagen in Duisburg-Ruhrort und die in Duisburg-Hochfeld Süd nicht an diesen Bahnhof angeschlossen, also auch dabei nicht eingegriffen sind.

Die große Bedeutung des Hauptbahnhofs Duisburg geht auch aus einigen anderen Verkehrszahlen hervor. Während des Sommers 1933 verkehrten in Duisburg täglich 56 durchfahrende D-Züge, 42 durchfahrende Eilzüge, je 5 endende und beginnende Eilzüge und 256 Personenzüge, zusammen 364 Reisezüge, davon 186 hier endende und beginnende Züge. Dem stehen gegenüber im Sommerhalbjahr 1913 nur 50 D-Züge, 53 Eilzüge und 165 Personenzüge, zusammen 268 Züge. An Fahrkarten wurden 1931 verkauft 2900000. Hierzu kommt noch ein erheblicher Verkehr an umsteigenden Reisenden und Zeitkarteninhabern. Im Güterverkehr hat der Bahnhof z. Z. 45 Eilgüterzüge, 46 Güterzüge, 36 Übergabezüge und 59 Leerfahrten, zusammen 186 Güterzüge täglich aufzunehmen. Der Gesamtverkehr beträgt also heute 550 Züge täglich ohne Sonderzüge. Der Ortsstückgüterversand betrug 1931 — 24800 t, der Empfang 24700 t, der Umladeverkehr 146500 t.

Den Verkehrs- und Betriebsansprüchen war der alte Bahnhof bereits vor dem Kriege nicht mehr voll gewachsen. Die vorhandenen Bahnsteiganlagen reichten zur störungslosen Abfertigung nicht aus. Es stehen auch z. Z. nur sechs Haupt- und drei Hilfsbahnsteigkanten zur Verfügung, die äußerste Zugdicke aufweisen, besonders da auch bis zum April d. J. noch die Eilgüterzüge an den Bahnsteigen behandelt werden mußten. Die Verhältnisse sind besonders erschwert, weil Duisburg auch starken Personen-Übergangsverkehr mit vielen Anschlüssen zu vermitteln hat und die Personenzüge der verschiedenen Richtungen gleichzeitig oder mit kurzen Übergangszeiten eintreffen müssen. Schon bei geringen Zugverspätungen oder beim Einlegen von Sonderzügen ergeben sich Betriebserschwerisse. Für Post und Gepäck sind keine besonderen Tunnelanlagen vorhanden. Dieser Verkehr geht noch in Schienenhöhe über sämtliche Hauptgleise. Empfangsgebäude und Bahnhofsvorplatz entsprechen in keiner Weise den heutigen Verkehrsansprüchen und sind in der jetzigen Insellage nicht erweiterungsfähig.

Besonders unzureichend waren auch die Anlagen für den Güterzugverkehr. Für Eil- und andere Güterzüge waren nur unzulängliche Gleisanlagen vorhanden. Besondere Eilgutumladeanlagen, die bei Durchführung des sehr starken Eilgutverkehrs notwendig sind, fehlten. Die Güterzug-Durchfahrgleise und die Richtungsgruppen waren nicht genügend aufnahmefähig und ihre Lage erforderte eine umständliche und unwirtschaftliche Betriebsweise. Bei den Rangieranlagen machte sich besonders der Mangel an Gleisen für den großen Orts- und Anschlußverkehr bemerkbar.

Entwurf 1913.

Verbesserungen des Personen- und Güterfahrplans stießen seit Jahren wegen der unzureichenden baulichen Anlagen auf große Schwierigkeiten und gaben 1912 Anlaß, sowohl die Personen-, Eil- und Ortsgüteranlagen umzugestalten als auch einen Rangierbahnhof zu errichten, wobei auf getrennte Einführung der Personen- und Gütergleise, Vermehrung der Bahnsteigkanten für durchfahrende Züge, Beseitigung der Kreu-

zungen von Gleisen entgegengesetzter Fahrtrichtung und Einschränkung der Überschneidungen von Gleisen gleicher Fahrtrichtung, sowie Schaffung ausreichender und erweiterungsfähiger Anlagen für den Freilade-, Stückgut- und Umladeverkehr Rücksicht zu nehmen war.

1914 wurde bereits mit der Ausführung des Planes begonnen. Die Bauarbeiten wurden jedoch durch den Krieg und durch die Kriegsfolgen, besonders durch die Franzosenbesetzung und die Inflation stark verzögert. Eine wesentliche Erleichterung für den Betrieb ist aber jetzt bereits durch den Neubau folgender Anlagen erreicht worden:

Die neue Lokomotivbehandlungsanlage besteht aus zwei erweiterungsfähigen Ringschuppen für Personenzug- und Güterzuglokomotiven mit den zugehörigen Nebenanlagen, die ohne schienengleiche Kreuzungen sowohl mit dem Güter- und Hafenbahnhof Hochfeld Süd als auch mit den Richtungsgleisen und den Eilgüteranlagen in Duisburg Hbf. durch besondere Tunnel verbunden sind.

Ein weiterer Lokomotivtunnel unter den Güter- und Personenzug-Hauptgleisen wird die Personenzuglokomotiven fast ohne Schienenkrenzungen an die Bahnsteige und den Abstellbahnhof führen.

Die Güterschuppen mit zwei 250 m langen und noch erweiterungsfähigen Empfangs- und Versandschuppen, mit dazwischen liegenden Umladeanlagen und zugehörigen Gleisgruppen sind seit 1922 in Betrieb. Die enge Verbindung dieser Anlagen hat sich als zweckmäßig erwiesen, da der größte Teil des Ortsgutes in Umladewagen ankommt.

Die Freiladestraßen sind in der Nähe angeordnet. Vier Straßen wurden bisher ausgebaut. Erweiterungsmöglichkeit auf dem ehemaligen Rheinstahlgelände ist auch hier vorhanden.

Der neue Abstellbahnhof für Personenzüge mit den zugehörigen Nebenanlagen wurde 1926 in Betrieb genommen. Die Lage zwischen den beiden Hauptrichtungsgruppen der Personenzughauptgleise unmittelbar südlich der Bahnsteige hat den Vorzug, daß die Züge auch bei kurzen Wendezeiten ohne große Störung der Ein- und Ausfahrten schnell ab- und wieder bereitgestellt werden können. Die Gütereinfahrtgleise von Norden, von Großenbaum, Wedau und von Duisburg-Hochfeld Süd, sowie der Ablaufberg und die Hauptrichtungsgleise des Güterbahnhofs und die neuen Ordnungsgruppen für Anschlüsse und den übrigen Ortsverkehr sind auch dem Betriebe schon übergeben.

Bereits 1927 wurde der Richtungsbetrieb im Personenbahnhof eingeführt (z. T. aus Skizze 3a und 4 ersichtlich). Die Personenbahnsteiggelise sind z. Z. noch in ihrer alten Lage vorhanden, verändert wurden vorerst die nördliche und südliche Einführung durch Überschneidung ohne schienengleiche Kreuzung.

Bei dem später vorgesehenen viergleisigen Ausbau der Düsseldorfer Strecke soll die Güterzugstrecke getrennt für sich bis Großenbaum durchgeführt werden, so daß bis dahin fünf oder sechs Gleise vorhanden sein werden. Dann wird auch eine Überführung ohne schienengleiche Kreuzung zweier Personenzugstreckengleise erforderlich, da auf der Nachbarstrecke viergleisiger Linienbetrieb vorgesehen ist. Ein besonderes Güterzugverbindungsgeleis zwischen Hochfeld Süd, Personenbahnhof und Duisburg Hbf. ist bereits hergestellt. Durch das früher erwähnte Lokomotivgeleis zum Hafenbahnhof Duisburg Hochfeld Süd ist die Möglichkeit geschaffen, die Wagen von Duisburg Hbf. nach Hochfeld Süd unmittelbar zuzustellen, die bisher einen großen Umweg über die Hochfeld Nordbahn machen mußten.

Neuer Plan.

(Abb. 3a, 3b, 4, Taf. 29.)

Der Umbauplan 1913 hat im Laufe der Jahre, durch neue Bedürfnisse des Betriebes und des Verkehrs beeinflusst, ver-

schiedene Umgestaltungen erfahren. Bei dem jetzt zur Ausführung bestimmten neuen Entwurf mußte in Anlehnung an die bisher ausgeführten Teile des Entwurfs 1913 folgendes berücksichtigt werden:

1. Der viergleisige Ausbau der Strecke Köln—Duisburg und Duisburg—Mülheim—Essen Hbf., für später auch der Strecke Duisburg—Oberhausen.

2. Die neueren städtischen Pläne für die Straßenführung zum Bahnhofsvorplatz.

3. Der Erwerb des mitten im Bahnhof gelegenen Rheinischen Stahlwerkes unter Ausnutzung für eine wesentliche Verbesserung der Betriebs- und Verkehrsanlagen im Personen-, Güter- und Eilgutverkehr.

4. Die Anpassung der Güterzug- und Rangieranlagen an die veränderten Betriebsverhältnisse.

5. Die neuen Forderungen des Betriebes für größere Geschwindigkeiten.

6. Die Einführung der neuen Weichen mit großem Halbmesser sowie der Steilweichen.

Es sind nun vorläufig zwölf durchgehende Bahnsteiggelise vorgesehen, die die gleichzeitige Ein- und Ausfahrt der D-, Eil- und Personenzüge gestatten. Die Schienenkrenzungen in der Einfahrt sind vermieden. Für die wechselseitigen Ausfahrten von Oberhausen nach Krefeld und von Mülheim nach Düsseldorf und umgekehrt waren natürlich Kreuzungen an den Bahnsteigenden nicht ganz zu vermeiden. Das nach dem Entwurf 1913 auf der Ostseite der Bahnsteige für Erweiterungszwecke vorgesehene, mit etwa 300 Wohnungen bebaute Gelände im Stadtteil Neudorf konnte durch wesentliche Verschiebung der Bahnhofserweiterung nach Westen nach Ankauf des Rheinstahlgeländes zum größten Teil vermieden werden. Unmittelbar am Süden der Bahnsteige vor dem Personenzug-Abstellbahnhof liegt die schienenfreie Einnündung der Personenzuglokomotivgleise, die durch ein besonderes Lokomotivwechselgeleis mit dem Nordkopf der Bahnsteiggelise verbunden sind.

Am Nordende der Bahnsteige ist eine Postverladeanlage für die Behandlung des mit den Personenzügen beförderten Postgutes geplant. Ein besonderer Posttunnel wird diese, wie auch sämtliche Personenbahnsteige später mit dem neuen Bahnpostamt und für die Behandlung der mit Eilgüterzügen beförderten Postgütern mit einem weiteren Postbahnsteig verbinden. Westlich der Bahnsteige sind schon seit April d. J. Eilgutanlagen im Betrieb, die aus vorläufig fünf Eilgütergleisen mit zwei, später drei Ladebühnen bestehen und die mit dem tiefliegenden Eilgutschuppen durch einen besonderen Tunnel verbunden sind. Schon bald nach der Eröffnung zeigte sich die günstige Einwirkung dieser Verbesserungen durch wesentliche Beschleunigung der Eilgüterzüge. Die Eilgutaufstellgleise, die Eilgüterfreiladestraßen und die Milchverladeanlage sind für Verkehr und Betrieb gut zugänglich. Je ein Personen- und ein Gepäck-tunnel vermitteln den Verkehr zu den Bahnsteigen. Die Lage der Eilgutanlagen zwischen Empfangsgebäude und Personenbahnsteigen ergab eine für die Reisenden ungünstige Länge der Tunnel, die sich nur durch Verlegung der Eilgutumladeanlage auf einen anderen Bahnhof hätte vermeiden lassen. Nach genauerer Prüfung durch Betriebs- und Verkehrsstellen wurde aber Duisburg als zweckmäßigste Stelle beibehalten. Den Neubau des Empfangsgebäudes auf der Ostseite (Neudorf) anzuordnen, war städtebaulich ausgeschlossen. Ein besonderer Personenzugang zum Bahnsteigtunnel mit kleiner Fahrkartenausgabe ist aber auf der Ostseite für den Stadtteil Neudorf vorgesehen. Für den Umsteigeverkehr sind besondere kleine, bewirtschaftete Warteräume unter den mittleren Bahnsteigen geplant.

Die Bauarbeiten wurden den Baumitteln und -Krediten entsprechend gefördert. Nur die neuen Bahnsteiganlagen werden im Frühjahr 1934 noch rückständig sein.

Von Geh. Baurat **F. Besser**, Berlin.

Wagenbegrenzung. Die Wagenbegrenzung I nach Anlage E der BO ist für die Ermittlung des lichten Raumes



Zuschlag 2 k. Steht ein Wagen, der ohne jedes Spiel geführt sei, in einer Kurve (vergl. Abb. 2), so bildet die Wagen-

$$\left. \begin{array}{l} \text{Regel-} \\ \text{licht-} \\ \text{raum} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Wagenbegrenzung II} \\ + \text{Zuschlag } 2k + \text{Raum für} \\ \text{Betriebsunregelmäßigkeiten} \end{array} \right\} \dots 1).$$

achse ACB die Sehne zu dem Gleisbogen ADB. Für einen beliebigen Querschnitt MN verschiebt sich daher die Mittellinie des Wagenquerschnittes, Punkt C des Grundrisses, gegen die Mittellinie des lichten Raumes, Punkt D, um die Strecke CD.

Zu dieser Verschiebung der Wagenmitte infolge der Krümmungen kommt noch die Verschiebung infolge des Spiels der Achsen im Gleise und in den Lagern. Die Mittellinie des lichten Raumes deckt sich stets mit der Gleismitte (vergl. BO, § 11⁽¹⁾). Grundsätzlich müßte nun der Wagen in jedem Querschnitt gegenüber der vorgeschriebenen Wagenbegrenzung um so viel eingeschränkt werden, als im ungünstigsten Falle für den betrachteten Querschnitt die Gesamtverschiebung zwischen Gleismitte und Wagenmitte beträgt. Durch internationale Vereinbarungen (TE, Art. II, § 22) ist aber festgelegt, daß die „Transitwagen“ bei ungünstigster Stellung in einem Gleise von $l = 1,465$ m Spurweite (also bei 30 mm Spurerweiterung) und einem Bogenhalbmesser von $r = 250$ m einen Raum in Anspruch nehmen dürfen, der auf jeder Seite um einen Wert k größer ist als die Wagenbegrenzung. Für die weiteren Betrachtungen ist wohl im Auge zu behalten, daß die Mitte dieses Raumes stets mit der Mitte des Gleises zusammenfällt, während die Mitte eines beliebigen Wagenquerschnittes je nach der Entfernung des betrachteten Querschnittes von den Achsen, sowie je nach

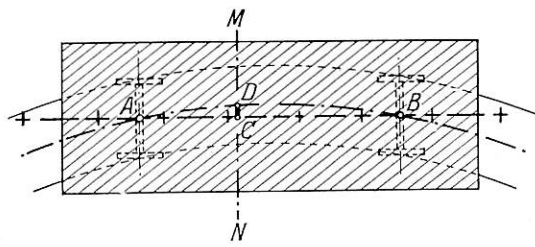


Abb. 2.

Bauart des Wagens und der Krümmung und Spurerweiterung des Gleises mehr oder weniger gegenüber der Gleismitte verschoben ist. Nach der TE ist

$k = 0,075$ m für Teile, die 430 mm und mehr über Schienenoberkante liegen,

$k = 0,025$ m für Teile, die weniger als 430 mm über Schienenoberkante liegen.

Bei Bemessung des lichten Raumes ist also auf jeder Seite im oberen Teil ein Zuschlag von 0,075 m, im unteren Teil ein solcher von 0,025 m zu den Breitenmaßen der Wagenbegrenzungslinie II zu machen.

Raum für Betriebsunregelmäßigkeiten. Im vorstehenden wurden seitliche Verschiebungen des Wagens betrachtet, die sich aus dem zulässigen Spiel der Achsen im Gleis oder in den Lagern, einschließlich der vorgeschriebenen Spurerweiterung und des Wiegenspiels der Drehgestelle ergeben. Außerdem treten nun noch Schwankungen des Wagens infolge des Spiels der Federn während der Fahrt auf. Ferner müssen gewisse, unvermeidliche Unregelmäßigkeiten in der Lage des Gleises berücksichtigt werden. Aus den beiden letztgenannten Gründen ist ein „Raum für Betriebsunregelmäßigkeiten“ vorzusehen. Zieht man von dem vorgeschriebenen lichten Raum den „Raum für Betriebsunregelmäßigkeiten“ ab, so verbleibt ein „ideeller lichter Raum“, dessen Begrenzung der Wagen in seiner ungünstigsten Stellung, aber bei ausgeglichenem Federspiel und genau vorschriftsmäßiger Gleislage berühren darf. Welche Annahmen für die Betriebsunregelmäßigkeiten zu machen sind, ist weder durch Vorschriften, noch durch internationale Vereinbarungen festgelegt. Man ist hiernach auf Schätzungen angewiesen. Aus diesem Grunde ist es z. B. nicht möglich, aus der

Begrenzungslinie für Transitwagen in bindender Weise einen international gültigen lichten Raum abzuleiten.

Für die deutschen Strecken sind in nachstehender Zusammenstellung 1*) diejenigen Werte für die Betriebsunregelmäßigkeiten zusammengestellt, nach welchen sich der Regellichtraum gemäß Anlage B der BO aus der Wagenbegrenzung II, Anlage F der BO, herleiten läßt.

Zusammenstellung 1.

(Maße in mm)

Höhe über SO	d ₁ Seitliche Verschiebung des Gleises	d ₂ Elastische Verschiebung der Schiene	d ₃ Über- und Unterschreitung der Überhöhung	d ₄ Seitliche Ausbauschneidung der Wagenwände	d ₅ u. d ₆ Einseitiges Setzen der Tragfedern	d ₇ Spurübererweiterung	D = $\sum d$ rd
	1	2	3	4	5 u. 6	7	8
80	30	2,5	0,8	0	9,6	7,5	50
380	30	2,5	4,3	0	5,9	7,5	50
760	30	2,5	7,6	0	1,1	7,5	49
1120	30	2,5	11,2	0	3,4	7,5	55
3500	30	2,5	35,0	0	33,1	7,5	108
3805	30	2,5	38,1	0	36,9	7,5	115
4650	30	2,5	46,5	0	47,5	7,5	134

In Zusammenstellung 1 ist vor allem berücksichtigt, daß sich der Querschnitt des Wagens infolge des Federspiels um einen ideellen Drehpunkt drehen kann, welcher etwa in der Höhe der Federn liegt. Infolgedessen erhalten die oberen Teile des Wagens einen größeren Ausschlag als die unteren Teile (vergl. Spalte 5 und 6). Unterhalb der Federn nimmt der durch das Federspiel hervorgerufene Ausschlag wieder zu. Ferner ist berücksichtigt, daß sich durch die Einwirkung des Betriebes das Gleis verschieben, die Überhöhung sich ändern und die Spur größer werden kann als vorgeschrieben. Eine Über- oder Unterschreitung der Überhöhung wirkt sich in ähnlicher Weise aus wie das seitliche Kippen infolge des Federspiels. Der ideelle Drehpunkt liegt jedoch hier in Höhe der Schienenoberkante. Für den unteren Teil des lichten Raumes ist außerdem angenommen worden, daß die Federn des Wagens außer dem oben erwähnten Kippen des Wagenkastens noch eine Senkung der abgefederten Teile um 50 mm zulassen.

In nachstehender Zusammenstellung 2 sind die Zahlenwerte angegeben, nach welchen sich gemäß Gleichung 1) aus der Wagenbegrenzung II die Breitenmaße des Regellichtraumes ergeben. Die nach Spalte 4 errechneten Werte sind nach oben aufgerundet, nur bei 1120 mm Höhe ist das errechnete Maß (1705 mm) um 5 mm größer als das vorgeschriebene Maß (1700 mm) (Punkt P in Abb. 1). Dieses Maß hat jedoch nur für Nebengleise (Rampen) Bedeutung. Wegen der dort anzunehmenden geringen Geschwindigkeiten ist die kleine Überschreitung unbedenklich. In der Höhe von 760 bzw. 1120 mm bis 3050 mm über SO ist noch ein Zuschlag zu dem errechneten lichten Raum gemacht worden. Hierdurch wird u. a. in den Ein- und Ausfahrgeleisen von Zügen mit Beförderung von Reisenden das Öffnen der Wagentüren ermöglicht. Dieser Zuschlag soll, soweit als irgend angängig, entsprechend den Vorschriften der BO noch um 200 bzw. 500 mm vergrößert werden, um Personen, welche sich aus dem Zuge herauslehnen, nicht allzu sehr zu gefährden. Gewisse Ausnahmen dürfen

*) Vergl. Kommerell, „Neue Vorschriften für die Umgrenzung des lichten Raumes für deutsche Normalspurbahnen“. Die Bautechnik 1928, S. 401.

die Aufsichtsbehörden zulassen. In der BO sind für Ausnahmen bis zur 2 m-Grenze weniger scharfe Bedingungen gestellt als für weitergehende Einschränkungen. (Vergl. BO § 11⁽²⁾ und (6).)

Zusammenstellung 2.

Berechnung des Regellichtraumes aus der Wagenbegrenzung II.

(Maße in mm)

Höhe über SO	Halbe Breite der maßgebenden Wagenbegrenzung II, Anlage F der BO	Zuschlag k auf Grund der „Technischen Einheit“	Gesamte Seitenverschiebung infolge Betriebsunregelmäßigkeiten nach Zusammenstellung 1, Sp. 8	Errechnete halbe Lichtraumbreite Sp. 1+2 + 3	Vorgeschriebene halbe Lichtraumbreite beim Regellichtraum Anlage B der BO
	1	2	3	4	5
130 — 50 = 80	1220	25	50	1295	1300
430 — 50 = 380	nach unten 1495	25	50	1570	1600 *)
	nach oben 1575	75	50	1700	1700
760	nach unten 1575	75	49	1699	1700
	nach oben 1575	75	55	1705	2000
1120	nach unten 1575	75	108	1758	1700
	nach oben 3500	75	115	1585	2000
	3805	75	134	899	1760
	4650	75			1596
					903

*) Hier ist ein Zuschlag gemacht worden, weil die Wagenbegrenzung I mit einer Ecke bei 0,400 m Höhe und 1,490 m halber Breite über die Begrenzung II hinausragt.

2. Berechnung der Wageneinschränkungen.

Zweiachsiger spielloser Wagen in Gleisbögen mit 250 m Halbmesser.

Abb. 3 stellt den Grundriß eines um den Wert 2 k verminderten „ideellen lichten Raumes“ von der Breite L dar, in dem sich ein Fahrzeug bewegt, dessen Radsätze weder in den Lagern, noch im Gleis irgendwelches Spiel besitzen. Auf die nach der TE zulässige Überschreitung um den Wert 2 k soll zunächst verzichtet werden. Das Fahrzeug von der Breite F fülle im Grundriß den lichten Raum von der Breite L vollständig aus. Damit ein solches spielloses Fahrzeug in eine

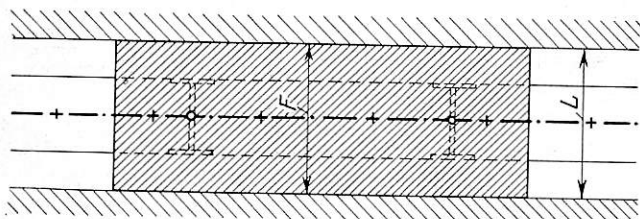


Abb. 3.

Krümmung einfahren kann, deren lichter Raum ebenfalls die Breite L hat, muß es so eingeschränkt werden, wie die eng schraffierten Flächen in Abb. 4 zeigen.

Für die „innere Einschränkung“, d. h. für die Einschränkung der Fahrzeugteile zwischen den Wagenachsen ist der Innenbogen des Gleises maßgebend. Die „äußere Einschränkung“, d. h. die Einschränkung der Teile außerhalb

der Achsen, richtet sich nach dem Außenbogen. Es ergibt sich hieraus die in Abb. 4 einfach schraffierte Form des Wagens.

Die größte Pfeilhöhe der inneren Einschränkung y_m errechnet sich für einen Achsstand a und einen Bogenhalbmesser r nach Abb. 5 mit Hilfe der beiden schraffierten ähnlichen Dreiecke aus

$$\frac{y_m}{a/2} = \frac{a/2}{2r - y_m}.$$

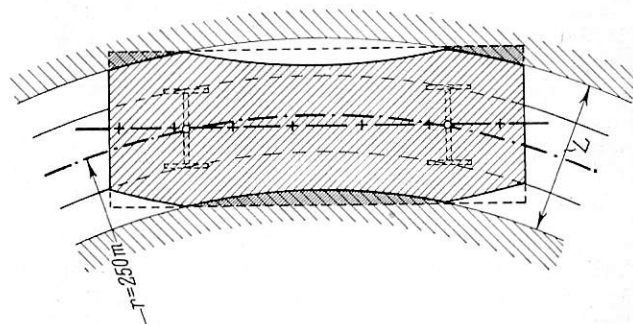


Abb. 4.

Unter Vernachlässigung von y_m^2 ergibt sich hieraus:

$$y_m = \frac{a^2}{8r} \dots \dots \dots 2).$$

Der seitliche Ausschlag y_i eines Innenpunktes P_1 , dessen Entfernung von der Achse n sei, errechnet sich nach Abb. 6 und Gleichung 2) aus

$$y_m - y_i = \frac{(a - 2n)^2}{8r}, \text{ wobei } y_m = \frac{a^2}{8r},$$

zu

$$y_i = \frac{an - n^2}{2r} \dots \dots \dots 3).$$

Entsprechend gilt für den seitlichen Ausschlag eines Außenpunktes P_2 im Abstand n von der Achse

$$y_m + y_a = \frac{(a + 2n)^2}{8r}$$

oder

$$y_a = \frac{an + n^2}{2r} \dots \dots \dots 4).$$

Querverschiebung der Achsen.

Die nach den Gleichungen 3) und 4) errechneten Ausschläge gelten nur unter der oben gemachten Voraussetzung, daß die Radsätze keinerlei Spiel haben. Tatsächlich müssen aber berücksichtigt werden:

1. das Spiel der Radreifen zwischen den Schienen,
2. das Spiel in den Lagern und Achshaltern.

Diese Spiele zusammen mögen es zulassen, daß sich in dem Querschnitt, der durch die Wagenachse geht, die Mitte des Wagens gegen die Mitte des Gleises um einen Wert Q verschiebt.

Für die weiteren Betrachtungen sind nun zwei Hauptlagen des Wagens zu unterscheiden:

1. Parallelverschiebung des Wagens.

Die Parallelverschiebung des Wagens ist für die innere Einschränkung maßgebend. Der Wagenkasten wird so weit als möglich, also um Q, aus der Mittellage nach der Bogeninnenseite parallel verschoben.

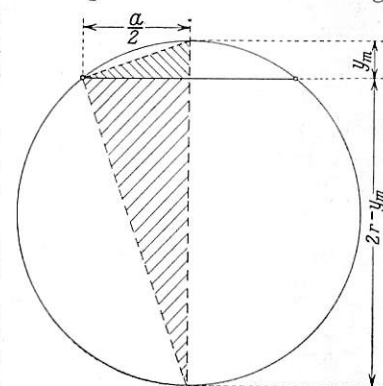


Abb. 5.

2. Spießgangstellung des Wagens.

Die Spießgangstellung des Wagens ist für die äußere Einschränkung maßgebend. Hierbei ist der Wagenkasten so weit als möglich, also um Q , bei der einen Achse nach der Bogeninnenseite, bei der andern Achse nach der Bogenaußenseite aus der Mittellage verschoben.

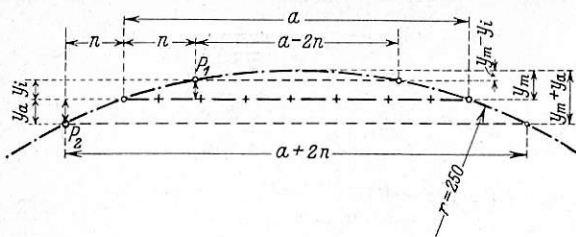


Abb. 6.

Abb. 7a bis d zeigen im Grundriß, wie die Mittellinie des Wagens gegen die Mittellinie des Gleises ausschlägt. Im geraden Gleis ist der Ausschlag bei Parallelverschiebung (Abb. 7a) für alle Querschnitte

$$Z_i = Q \dots \dots \dots 5).$$

Bei Spießgangstellung (Abb. 7b) ist der Ausschlag zwischen den Achsen kleiner als Q , er ist daher für die innere Einschränkung des Wagens ohne Bedeutung; außerhalb der Achse

Parallelverschiebung.

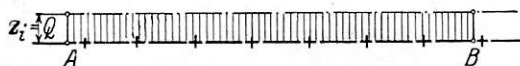


Abb. 7a.

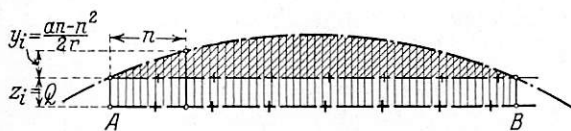


Abb. 7c.

wächst der Ausschlag mit der Entfernung des betrachteten Querschnittes von der Achse. Er ist

$$Z_a = \frac{2n+a}{a} \cdot Q \dots \dots \dots 6).$$

Läuft der Wagen in einer Kurve (Abb. 7c und d) statt in der Geraden, so ändert sich an den betrachteten Ausschlägen nichts, es kommen nur für die einzelnen Querschnitte noch die durch die Krümmung verursachten, nach Gleichung 3) und 4) zu berechnenden Ausschläge y_i bzw. y_a hinzu, wie die doppelt schraffierten Flächen der Abb. 7c und d zeigen, so daß sich für die Gesamtausschläge ergibt:

$$\begin{aligned} X_i &= y_i + z_i \\ X_a &= y_a + z_a. \end{aligned}$$

Es sei nun:

q = der möglichen Querverschiebung zwischen Lagerschale und Achsschenkel, zusätzlich derjenigen zwischen Achshalter und Achsbüchse, aus der Mittellage heraus nach jeder Seite, bei größter Abnutzung, in m,

l = der Spurweite des Gleises (Regelspurweite 1,435 + planmäßige Spurerweiterung e), d. h. gleich dem lichten Maße zwischen den Schienenköpfen, gemessen 14 mm unter der Schienenoberkante senkrecht zur Gleisachse, in m,

d = dem Abstand der Anlaufpunkte der beiden Spurkränze, gemessen 10 mm außerhalb der Laufkreise bei größter Abnutzung, in m (vergl. Abb. 8).

Dann ist $(l-d)$ gleich dem Spiele der Radreifen im Gleis. Nach der BO (§ 9⁽⁵⁾) und Anlage H) ist bei Hauptbahnen

$$l_{\max} = 1,435 + 0,030 \text{ und } d_{\min} = 1,410, \text{ also } l_{\max} - d_{\min} = 0,055 \text{ m.}$$

q hängt von der Bauart des Wagens ab (für Güterwagen kann q gleich 0,015 m angenommen werden). In dem Querschnitt, der durch die Wagenachse geht, kann sich die Mittellinie des Wagens gegenüber der Gleismitte um $Q = \frac{l-d}{2} + q$ verschieben, also ist nach den Gleichungen 5) und 6):

$$z_i = \frac{l-d}{2} + q \dots \dots \dots 7)$$

$$z_a = \left(\frac{l-d}{2} + q \right) \cdot \frac{2n+a}{a} \dots \dots \dots 8).$$

Abb. 9 zeigt einen Wagen nach Parallelverschiebung.

Wie aus der eng schraffierten Fläche der Abb. 9 ersichtlich, muß die innere Einschränkung des Wagens auf der ganzen Länge zwischen den Achsen um z_i zusätzlich vermehrt werden, damit der Wagen innerhalb des um $2k$ verkleinerten ideellen lichten Raumes bleibt. Nach Gleichung 3) und 7) ist:

$$x_i = y_i + z_i = \left(\frac{an-n^2}{2r} \right) + \left(\frac{l-d}{2} + q \right) \dots \dots 9).$$

Abb. 10 zeigt einen Wagen in Spießgangstellung.

Die äußere Einschränkung muß um die eng schraffierte Fläche vergrößert werden, damit eine Überschreitung des um

Spießgangstellung.

Gerades Gleis.



Abb. 7b.

Gekrümmtes Gleis.

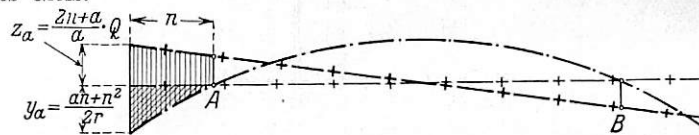


Abb. 7d.

$2k$ verkleinerten „ideellen lichten Raumes“ verhütet wird. Nach Gleichung 4) und 8) ist:

$$x_a = y_a + z_a = \left(\frac{an+n^2}{2r} \right) + \left(\frac{l-d}{2} + q \right) \cdot \frac{2n+a}{a} \dots 10).$$

Abb. 10 ist stark verzerrt gezeichnet. In Wirklichkeit ist der Winkel β zwischen der Sehne AB und der Mittellinie MN des Wagens so klein, daß es belanglos ist, ob man die Breitenmaße senkrecht zu AB oder zu MN mißt.

Wagen mit Drehgestellen in Gleisbögen von 250 m Halbmesser.

Bei Wagen mit Drehgestellen tritt an Stelle des Achsstandes a der Drehzapfenabstand a . Im allgemeinen behalten die vorstehend für zweiachsige Wagen angeführten Betrachtungen und Formeln auch für Drehgestellwagen ihre Gültigkeit. Es sind aber noch zwei zusätzliche Wirkungen der Drehgestelle zu berücksichtigen.

Ist der Achsstand der Drehgestelle p und hat das Drehgestell keinerlei Spiel, so liegt der Zapfen des Drehgestells nicht auf der Gleismitte, sondern er ist gegen diese um die Pfeilhöhe des Bogens CD, gemäß Gleichung 2) also um

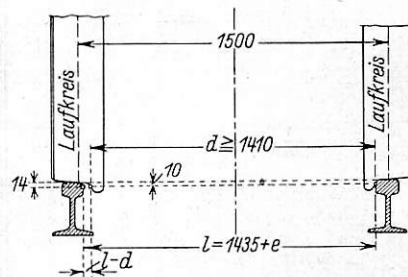


Abb. 8.

$$h = \frac{p^2}{8r} = \frac{p^2}{2000}$$

nach der Bogeninnenseite verschoben (vergl. Abb. 11). Auch hier ist der Winkel β so klein, daß die Pfeilhöhe h ohne merk-
baren Fehler parallel der Achse MN gemessen werden kann.
Für Drehgestellwagen ist also entsprechend Gleichung 3)

$$y_i = \left(an - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) \frac{1}{2r} \dots \dots \dots 11).$$

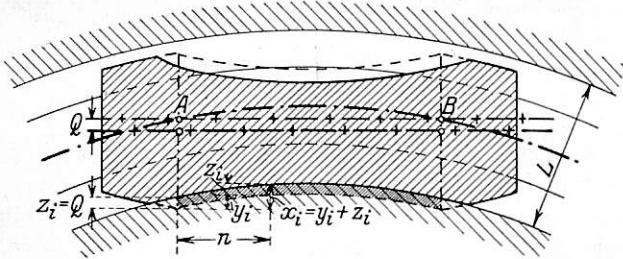


Abb. 9.

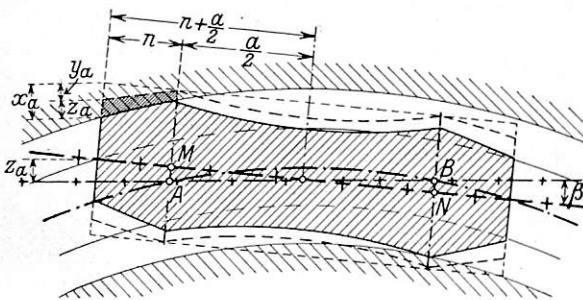


Abb. 10.

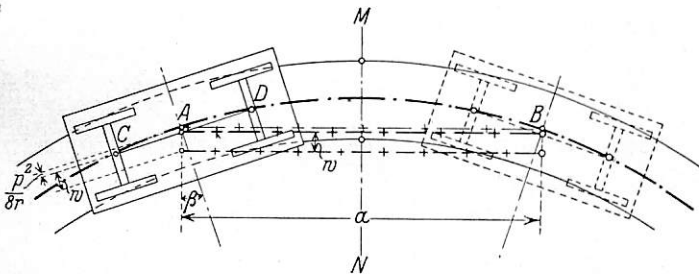


Abb. 11.

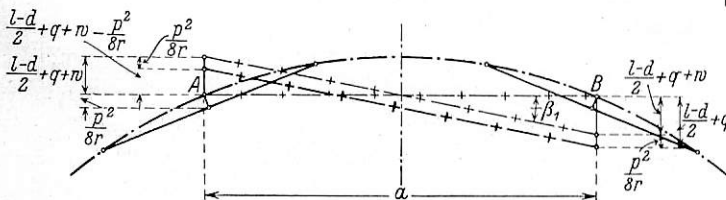


Abb. 12.

Außer der Pfeilhöhe h ist zweitens noch das Wiegenspiel des Drehgestells zu berücksichtigen. Es sei w = mögliche Querverschiebung von Drehgestellzapfen und Wiege in Metern, aus der Mittellage heraus nach jeder Seite.

Nimmt man eine Parallelverschiebung des Wagenkastens und der Drehgestelle nach dem Innenbogen an, so ist diese um

$$x_i' = w + \frac{p^2}{4} \cdot \frac{1}{2r}$$

größer als bei dem zweiachsigen Wagen, also wird nach Gleichung 9) für Drehgestellwagen:

$$x_i = \left(\frac{an - n^2}{2r} \right) + \left(\frac{1-d}{2} + q + w \right) + \frac{p^2}{8r} \dots \dots 13).$$

Bei Spießgangstellung wird der Winkel β_1 zwischen Bogensehne und Wagenachse durch das Hinzukommen des Wiegenspiels w größer. Dagegen bewirkt der Wert $\frac{p^2}{8r}$ keine

Vergrößerung dieses Winkels, sondern eine Parallelverschiebung der Wagenachse nach der Bogeninnenseite (vergl. Abb. 12). Hierbei ist nur der Wagenkasten in Spießgangstellung. Die beiden Drehgestelle sind parallel nach außen bzw. nach innen verschoben, weil dies die ungünstigste Stellung ergibt. Es wird für Drehgestellwagen entsprechend Gleichung 4)

$$y_a = \left(an + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \frac{1}{2r} \dots \dots \dots 12).$$

Infolgedessen wird für Drehgestellwagen nach Gleichung 10):

$$x_a = \left(\frac{an + n^2}{2r} \right) + \left(\frac{1-d}{2} + q + w \right) \cdot \frac{2n+a}{a} - \frac{p^2}{8r} \dots \dots 14).$$

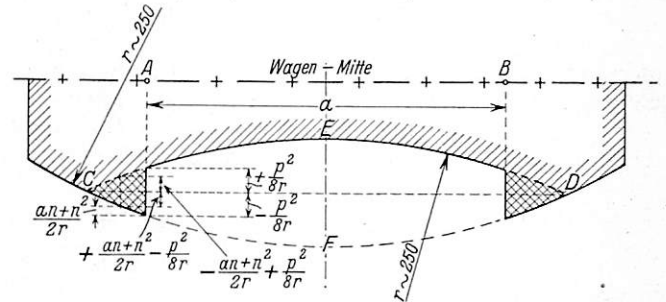


Abb. 13.

Für den Wagenquerschnitt, welcher durch den Drehzapfen geht, wird $n=0$. Für diesen Querschnitt ist:

$$x_i' = \frac{1-d}{2} + q + w + \frac{p^2}{8r} \text{ und}$$

$$x_a' = \frac{1-d}{2} + q + w - \frac{p^2}{8r}.$$

Diese beiden Werte unterscheiden sich um $\pm \frac{p^2}{8r}$.

Es entsteht also bei dem Drehzapfen in der Einschränkungslinie ein Sprung. Dieser muß noch beseitigt werden, denn, wie aus der Abb. 13 zu ersehen ist, würde bei einem nach Gleichung 13) und 14) berechneten Drehgestellwagen der außerhalb der Achsen liegende Teil bei Parallelverschiebung um das doppelt schraffierte Stück in den Innenbogen einragen.

Die Linien CED und CFD sind zwei Kreisbögen mit je rund 250 m Halbmesser (streng genommen $250 \text{ m} \pm \text{halbe Wagenbreite}$), die symmetrisch zur Linie CD liegen. Die Beseitigung des doppelt schraffierten Stückes in Abb. 13 wird daher erreicht, wenn man bei der Ermittlung der äußeren Einschränkung negative Werte von $\left(\frac{an + n^2}{500} - \frac{p^2}{2000} \right)$ nicht abzieht, sondern in positivem Sinne rechnet.

Zuschlag k für alle Wagengattungen.

Bei den bisherigen Betrachtungen ist noch nicht berücksichtigt, daß der halbe ideelle lichte Raum wegen der Bestimmungen der TE um den Wert $k=0,075$ bzw. $0,025 \text{ m}$ größer ist als die halbe Begrenzung II der Fahrzeuge. Die tatsächlich erforderliche Wageneinschränkung beträgt daher im oberen Teil nur

$$(x_i - 0,075) \text{ bzw. } (x_a - 0,075),$$

im unteren Teil nur

$$(x_i - 0,025) \text{ bzw. } (x_a - 0,025).$$

Negative Werte von $(x - k)$ bleiben unberücksichtigt. Ist für alle Wagenquerschnitte $x < k$, so kann der Wagen die Wagenbegrenzungslinie voll ausnutzen. Er braucht überhaupt

nicht eingeschränkt zu werden. Dies kann nur bei nicht zu großem Achsstand und Überhang sowie bei kleiner Querverschiebung eintreten (vergl. Abb. 14, rechteckige Form I). Ist für die in der Nähe der Achsen gelegenen Querschnitte $x < k$, so braucht der Wagen in der Nähe der Achsen bzw. der Drehzapfen nicht eingeschränkt zu werden. Die Einschränkung beginnt erst bei den Punkten P_1 und P_2 für die $x = k$ wird. Der Wagen nützt also den vorhandenen lichten Raum in der Nähe der Achsen bzw. der Drehzapfen nicht voll aus (Form II). Ist für den Vertikalquerschnitt, welcher durch die Achsen bzw. die Drehzapfen geht, $x = k$, so darf der Wagen im Grundriß eine Linie von der Form III und für $x > k$ eine Linie von der Form IV nicht überschreiten.

In Abb. 14 ist die Breite F entsprechend der Begrenzungslinie für Fahrzeuge von der Höhenlage des betrachteten Punktes abhängig. Dagegen ist das Maß der Einschränkung x von der Entfernung des betrachteten Querschnitts von der Achse abhängig, — von der Höhenlage nur insofern, als der Zuschlag k oben 0,075 m, unten dagegen nur 0,025 m Überschreitung zuläßt. Aus diesem Grunde ist es z. B. möglich, daß für einen Wagen im oberen Teil eine Linie nach Form I bis IV maßgebend ist, während sich unten stets

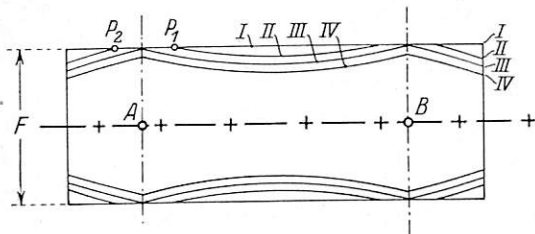


Abb. 14.

Form IV ergibt. Überhöhungen der Strecke können bei diesen Betrachtungen unberücksichtigt bleiben, weil die Breitenmaße des lichten Raumes gleichlaufend mit der Verbindungslinie der beiden Schienenoberkanten gemessen werden. Also wird bei Überhöhung der lichte Raum um den gleichen Betrag aus der lotrechten Lage gekippt wie das Fahrzeug.

Grenzmaße für Achsstände und Überhänge.

Für Wagen, die nach den vorstehend entwickelten Formeln eingeschränkt sind, reicht der lichte Raum auch bei beliebig großen Querverschiebungen aus, denn je größer diese sind, um so mehr muß der Wagen eingeschränkt werden. Die wegen der Querverschiebungen erforderlichen Einschränkungen sind unabhängig vom Krümmungshalbmesser. Die Achsstände und die Überhänge könnten ebenfalls beliebig groß sein, wenn die Wagen lediglich in Gleisbögen mit mindestens 250 m Halbmesser verkehren würden, weil die Wageneinschränkungen nach Gleichung 13) und 14) für diese Halbmesser berechnet werden. Da die Wagen aber auch auf Bögen unter 250 m Halbmesser übergehen, ist es notwendig, gewisse Grenzmaße für die Achsstände und die Überhänge festzulegen; denn in den kleineren Bögen muß der lichte Raum erweitert werden und ein unendlich großer Wagen würde eine unendlich große Erweiterung des lichten Raumes bedingen. Es sind für die Berechnung der Wageneinschränkungen zwei Gruppen von Wagen zu unterscheiden:

I. Wagen mit „normalen Achsständen und Überhängen“. Für diese werden die Einschränkungen für $r = 250$ m berechnet.

II. Wagen mit besonders großen Achsständen und Überhängen. Diese erhalten eine zusätzliche Einschränkung, die für $r = 150$ m zu berechnen ist.

Hiernach müssen die selten vorkommenden Wagen der Gruppe II zwar stark eingeschränkt werden, dafür kommt

man aber mit einer entsprechend geringeren Erweiterung des lichten Raumes aus. Bei der Berechnung der Erweiterung des lichten Raumes müssen dann noch Annahmen darüber gemacht werden, welche Maximalmaße bei den Wagen der Gruppe II als wahrscheinlich angesehen werden. Sollten ausnahmsweise Wagen diese Maximalmaße überschreiten, so müßten sie als Sonderfälle behandelt werden.

Gruppe I. Als Grenzbedingung für die Gruppe I gilt nach der Technischen Einheit für Wagenteile, die zwischen den Achsen liegen, daß

$$an - n^2 + \frac{p^2}{4} \leq 100 \quad \dots \dots \dots 15).$$

sein soll. Für die Wagenmitte ist $n = \frac{a}{2}$, so daß $\frac{a^2}{4} + \frac{p^2}{4} = 100$ als Grenzfall anzusehen ist.

Hieraus ergeben sich beispielsweise folgende zueinandergehörige Maximalwerte von a und p :

Größter Drehgestell- achsstand	$p = 0$	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5 m
Größter zugehöriger Wagenachsstand bzw. Drehzapfenabstand	$a = 20$	19,8	19,7	19,5	19,2	18,9 m

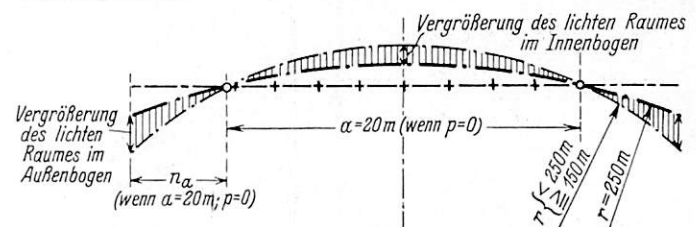


Abb. 15.

Für die Wagenteile, die außerhalb der Achsen liegen, gilt nach der TE als Grenzbestimmung

$$an + n^2 - \frac{p^2}{4} \leq 120 \quad \dots \dots \dots 16).$$

Hieraus ergeben sich beispielsweise folgende zueinandergehörige Grenzwerte:

$p = 0$	2,5	6,5 m
$a = 20$	19,8	18,9 m
$n_a =$	4,8	5,4 m

n_a ist hierbei gleich dem größten zulässigen Überhang der Wagenteile über die Drehzapfen bzw. die Einzelachsen hinaus.

Zusätzliche Einschränkungen für $r = 150$ m.

Gruppe II. Für Wagen der Gruppe II ist nach der TE eine zusätzliche Einschränkung nach einem Bogenhalbmesser $r = 150$ m vorgeschrieben. Diese wird auf nachstehende Weise ermittelt.

Der Unterschied der Wagenausschläge in den Halbmessern $r_1 = 150$ m und $r_2 = 250$ m ergibt sich für die zwischen den Achsen gelegenen Wagenteile nach Gleichung 11) entsprechend der schraffierten Fläche in Abb. 15 aus:

$$y_{150} = \frac{an - n^2 + \frac{p^2}{4}}{2 \cdot 150} \quad \text{und} \quad y_{250} = \frac{an - n^2 + \frac{p^2}{4}}{2 \cdot 250} \quad \text{zu:}$$

$$y_{150} - y_{250} = \left(an - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 150} - \frac{1}{2 \cdot 250} \right) =$$

$$= \frac{1}{750} \left(an - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) \quad \dots \dots \dots 17).$$

Für einen Wagen, der die Grenze zwischen Gruppe I und II bildet, ist nach Gleichung 15) $an - n^2 + \frac{p^2}{4} = 100$,

also:

$$y_{i150} - y_{i250} = \frac{100}{750} = 0,133 \text{ m} \dots \dots \dots 17a).$$

Um diesen Betrag muß mit Rücksicht auf die ungünstigsten Wagen der Gruppe I der lichte Raum im Innenbogen eines Gleises mit $r = 150$ herausgerückt werden, damit alle Wagen der Gruppe I ohne Einschränkung verkehren können.

Für die außerhalb der Achsen gelegenen Wagenteile ergibt sich entsprechend nach Gleichung 12):

$$y_{a150} - y_{a250} = \frac{1}{750} \left(an + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \dots \dots \dots 18).$$

Für den Grenzfall ist nach Gleichung 16) $an + n^2 - \frac{p^2}{4} = 120$,

also muß der lichte Raum im Außenbogen eines Gleises mit $r = 150$ m wegen der ungünstigsten Wagen der Gruppe I um

$$y_{a150} - y_{a250} = \frac{120}{750} = 0,160 \text{ m} \dots \dots \dots 18a)$$

herausgerückt werden.

Die Wagen der Gruppe II sollen nun eine zusätzliche Einschränkung für $r = 150$ m erhalten. Es würden also zu den nach Gleichungen 13) und 14) errechneten Einschränkungen, die für $r = 250$ m gelten, noch die Differenzbeträge $y_{150} - y_{250}$ nach Gleichung 17) und 18) hinzuzuschlagen sein. Da aber der lichte Raum bei $r = 150$ m bereits um $\frac{100}{750}$ m bzw. $\frac{120}{750}$ m erweitert ist,

betragen die zusätzlichen Einschränkungen für Wagen der Gruppe II für die zwischen den Achsen bzw. Drehzapfen gelegenen Teile:

$$\alpha = \frac{1}{750} \left(an - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) - \frac{100}{750} \dots \dots \dots 19)$$

für die außerhalb der Achsen bzw. Drehzapfen gelegenen Teile

$$\beta = \frac{1}{750} \left(an + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) - \frac{120}{750} \dots \dots \dots 20)$$

Die durch den Gleisbogen bedingten Einschränkungen sind in Abb. 16 ersichtlich gemacht. Die eng schraffierten Flächen entsprechen den zusätzlichen Einschränkungen für $r = 150$ m.

Zu den durch die Gleisbögen bedingten Einschränkungen nach Abb. 16 kommen noch die durch die Querverschiebung bedingten Ausschläge, so daß man unter Berücksichtigung der Werte k als Endergebnis für die Wageneinschränkung aus Gleichungen 13) und 14) findet:

$$\text{I. } E_i = \frac{an - n^2}{500} + \frac{1,465 - d}{2} + q + w + \frac{p^2}{2000} - k + \alpha \dots \dots \dots 21)$$

$$\text{II. } E_a = \frac{an + n^2}{500} + \left(\frac{1,465 - d}{2} + q + w \right) \cdot \frac{2n + a}{a} - \frac{p^2}{2000} - k + \beta \dots \dots \dots 22)$$

wobei:

$$\alpha = 0 \dots \dots \dots, \text{ wenn } an - n^2 + \frac{p^2}{4} \leq 100;$$

$$\alpha = \frac{1}{750} \left(an - n^2 + \frac{p^2}{4} - 100 \right), \text{ wenn } an - n^2 + \frac{p^2}{4} > 100;$$

$$\beta = 0 \dots \dots \dots, \text{ wenn } an + n^2 - \frac{p^2}{4} \leq 120;$$

$$\beta = \frac{1}{750} \left(an + n^2 - \frac{p^2}{4} - 120 \right), \text{ wenn } an + n^2 - \frac{p^2}{4} > 120.$$

Die Formeln gelten für alle Wagengattungen. Für Wagen ohne Drehgestelle ist $p = 0$ und $w = 0$.

3. Vergrößerung und Verkleinerung des lichten Raumes.

Vergrößerung des lichten Raumes für $r < 250$ m bis $r = 150$ m.

Wie oben ausgeführt, muß der lichte Raum im Bogen von 150 m Halbmesser innen um 0,133 m, außen um 0,160 m erweitert werden.

Für Bögen, die zwischen 250 m und 150 m liegen, muß der lichte Raum nach Abb. 15 und Gleichung 11) und 12) herausgerückt werden.

In Innenbögen um:

$$y_{i_r} - y_{i250} = \left(an - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{1}{2r} - \frac{1}{2 \cdot 250} \right).$$

In Außenbögen um:

$$y_{a_r} - y_{a250} = \left(an + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{1}{2r} - \frac{1}{2 \cdot 250} \right),$$

wobei nach Gleichung 15) und 16) für die Wagen der Gruppe I im Grenzfall

$$an - n^2 + \frac{p^2}{4} = 100 \text{ und } an + n^2 - \frac{p^2}{4} = 120$$

ist. Es ergibt sich also für die Vergrößerung des lichten Raumes:

$$y_{i_r} - y_{i250} = 100 \left(\frac{1}{2r} - \frac{1}{500} \right) \dots \dots \dots 23).$$

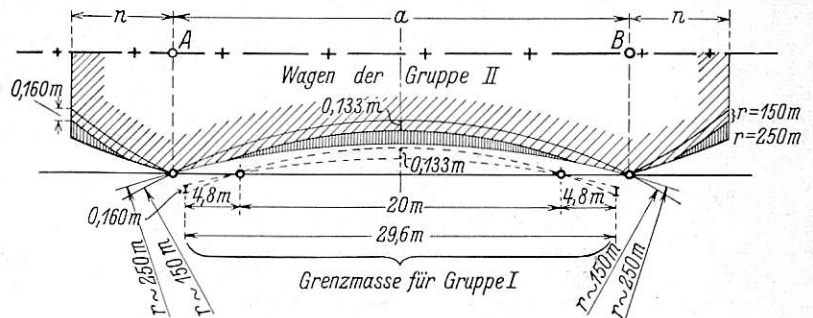


Abb. 16.

$$y_{a_r} - y_{a250} = 120 \left(\frac{1}{2r} - \frac{1}{500} \right) \dots \dots \dots 24).$$

In Abb. 15 ist $a_0 = 20$ m und $n_0 = 4,8$ m eingezeichnet, welche sich bei $p = 0$ und $a = a_0$ aus den Grenzbedingungen $an - n^2 + \frac{p^2}{4} = 100$ und $an + n^2 - \frac{p^2}{4} = 120$ ergeben. Nimmt man andere Werte a , n und p an, welche die Grenzbedingungen erfüllen, so erhält man dieselben Maße für die Vergrößerung des lichten Raumes; denn nach Gleichung 11) und 12) ergeben sich immer dieselben Werte für y_i und y_a so lange als die Grenzbedingungen eingehalten werden.

Die Vergrößerung des lichten Raumes nach den Gleichungen 23) und 24) ist zwar für Wagen der Gruppe I berechnet, aber auch Wagen der Gruppe II finden bei dieser Vergrößerung hinreichend Platz, solange der Bogenhalbmesser nicht kleiner als 150 m ist, da ja für Gruppe II eine zusätzliche Einschränkung nach einem Halbmesser von 150 m vorgeschrieben ist. (Vergl. Abb. 16.)

Vergrößerung des lichten Raumes für $r < 150$ m.

Für Halbmesser, die kleiner als 150 m sind, genügt eine Vergrößerung des lichten Raumes nach den Gleichungen 23) und 24), die für Wagen der Gruppe I berechnet wäre, nicht mehr. Die Erweiterung muß mit Rücksicht auf die Wagen der Gruppe II größer gemacht werden. Internationale Bestimmungen darüber, welche Maße diese Wagen höchstens erhalten dürfen, bestehen nicht. Bei Festlegung des für Deutschland gültigen lichten Raumes sind folgende Werte als Grenzmaße angenommen worden:

	Für Festlegung des Innenbogens	Für Festlegung des Außenbogens
a	= 30 m	= 30 m
n	= $\frac{a}{2}$	= 6,5 m
p	= 6,5 m	= 2,5 m

Wagen, welche noch ungünstigere Abmessungen erhalten sollten, müßten als Sonderfälle behandelt werden.

Bei den oben angegebenen Werten wird:

$$y_{i150} = \left(\frac{a^2}{4} + \frac{p^2}{4} \right) \frac{1}{2 \cdot 150} = \frac{235,6}{300}$$

$$y_{a150} = \left(an + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \frac{1}{2 \cdot 150} = \frac{235,7}{300}$$

Abb. 17a. Größter Wagen der Gruppe II.

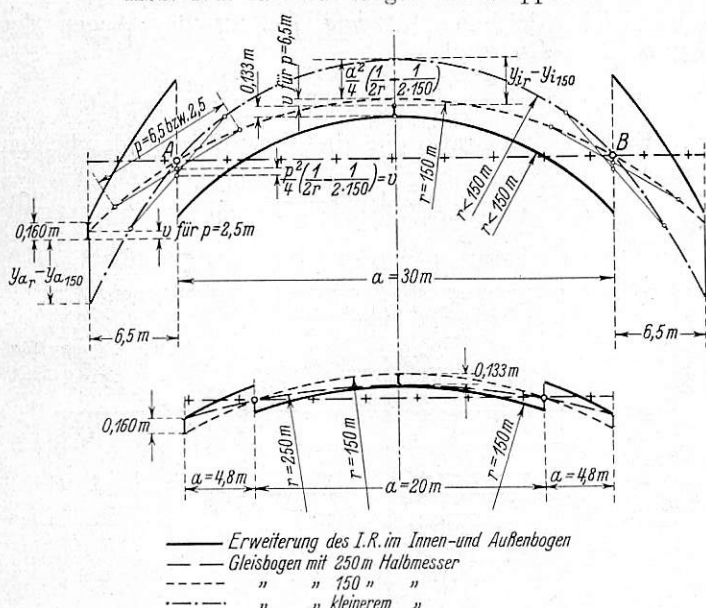


Abb. 17b. Größter Wagen der Gruppe I.

Berücksichtigt man, daß der lichte Raum bei einem Halbmesser von 150 m bereits um 0,133 m bzw. 0,160 m herausgerückt ist (vergl. Abb. 17b), so ergibt sich ganz entsprechend den Gleichungen 23) und 24) für die gesamte Vergrößerung des lichten Raumes bei Bögen unter 150 m Halbmesser:

$$(y_{ir} - y_{i150}) + 0,133 = \left(\frac{a^2}{4} + \frac{p^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{1}{2r} - \frac{1}{300} \right) + 0,133 =$$

$$= 235,6 \cdot \frac{300 - 2r}{600r} + 0,133 = \frac{117,8}{r} - 0,652 \quad \dots 25)$$

$$(y_{ar} - y_{a150}) + 0,160 = \left(an + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{1}{2r} - \frac{1}{300} \right) + 0,160 =$$

$$= 235,7 \cdot \frac{300 - 2r}{600r} + 0,160 = \frac{117,8}{r} - 0,626 \quad \dots 26).$$

Aus den Gleichungen 23) bis 26) ergeben sich folgende Maße für die Vergrößerung des lichten Raumes:

Bogenhalbmesser r =	250m	225m	200m	180m	150m	120m	100m
Bogen- { berechnet	0	22	50	78	133	330	526
innenseite { abgerundet	0	20	50	80	130	330	530
Bogen- { berechnet	0	27	60	93	160	356	552
außenseite { abgerundet	0	30	60	90	160	350	550

Verkleinerung des lichten Raumes.

a) Verkleinerung in Bögen, wenn $r > 250$ m.

Wie auf Seite 446 ausgeführt, erhält ein Wagen mit großer Querverschiebung, bei dem die nach den Einschränkungformeln zulässigen Breitenmaße voll ausgenutzt sind, die in Abb. 14 gezeigte Form III oder IV. Fährt ein solcher Wagen auf gerader Strecke, so könnte zwar der lichte Raum an den Enden und in der Mitte des Wagens herangerückt werden (vergl. Abb. 18); mit Rücksicht auf die Wagenbreite in den Querschnitten A und B, welche durch die Achsen bzw. Dreh-

zapfen gehen, wäre jedoch eine Verkleinerung des Regellichtraumes nicht zulässig.

Gleichwohl läßt sich eine solche Verminderung aus anderen Gründen rechtfertigen. Nach den Formeln 21) und 22) wird bei der Ermittlung der Breiten einschränkung des Wagens mit einer Spurerweiterung des Gleises von 30 mm gerechnet, gleichgültig, ob diese tatsächlich vorhanden ist oder nicht. Da in der geraden Strecke keine Spurerweiterung gegeben wird, kann der lichte Raum auf jeder Seite um $\frac{30}{2} = 15$ mm verkleinert werden. In Krümmungen mit $r > 250$ beträgt das Maß der zulässigen Verkleinerung jeweils $\frac{30 - e}{2}$, wobei e die für die fraglichen Krümmungshalbmesser vorgeschriebene Spurerweiterung bedeutet.

Eine weitere Verkleinerung des lichten Raumes könnte daraus hergeleitet werden, daß in der Geraden bei Drehgestellwagen das Glied $\frac{p^2}{8r} = 0$ wird. Um diesen Betrag könnte also der lichte Raum herangerückt werden. Da das kleinste zulässige $p = 2,5$ m ist, wird der Ausdruck $\frac{p^2}{8r} = \frac{2,5^2}{2000}$ sehr

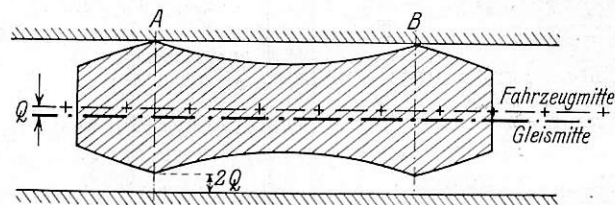


Abb. 18.

klein. Es ist daher durch derartige Überlegungen nur wenig zu gewinnen. Die Deutsche Reichsbahn sieht die nachstehenden Verkleinerungen als zulässig an:

Bogen- halb- messer r	∞ bis 600 m	weniger als 600 bis 500 m	weniger als 500 bis 350 m	weniger als 350 bis 250 m
Zulässige Verklei- nerung des lichten Raumes auf jeder Seite	15 mm	10 mm	5 mm	0 mm

b) Verkleinerung bei Festlegung des Gleises.

In Zusammenstellung 1 auf S. 442 (Werte für Betriebsunregelmäßigkeiten) ist in Spalte 1 für eine seitliche Verschiebung des Gleises als Folge des Betriebes ein Wert $d = 30$ mm vorgesehen. Wenn durch besondere Vorkehrungen dafür gesorgt ist, daß sich der vorgeschriebene Abstand der Gleise von den in Frage kommenden Hindernissen nicht verringern kann, würden daher die sich nach vorstehenden Ausführungen ergebenden Lichtraumbreiten sowohl in der Geraden als auch in Krümmungen um 30 mm auf jeder Seite verkleinert werden können. Aus Sicherheitsgründen empfiehlt es sich jedoch, hiervon nur in Ausnahmefällen Gebrauch zu machen.

4. Einschränkung der Lokomotiven.

Die Begrenzungslinie für Lokomotiven weicht im unteren Teile von der Begrenzungslinie für Wagen ab. Dies gilt sowohl für die Begrenzung I nach Anlage E der BO, als auch für die Begrenzung II nach Anlage F der BO. Der Grund hierfür ist

darin zu suchen, daß der „Raum für Betriebsunregelmäßigkeiten“ einschließlich des Raumes für das Zusammendrücken der Federn durch die Nutzlast wegen des anders gearteten Federspiels der Lokomotiven etwas kleiner angenommen werden kann als bei Wagen. Für die Ermittlung der Einschränkung der Lokomotiven gelten grundsätzlich dieselben Überlegungen wie für die Wagen. Wegen der Vielgestaltigkeit der Lokomotivbauarten läßt sich die Größe der Einschränkungen nicht nach Formeln von der Art der Gleichungen 21) und 22) bestimmen, die Einschränkungen müssen vielmehr von Fall zu Fall auf zeichnerischem Wege ermittelt werden, wobei auszuprobieren ist, welche Stellungen der Lokomotive für die Annäherung an den lichten Raum am ungünstigsten sind. Soweit Lokomotiven nach der Begrenzung I gebaut sind, ist bei derartigen Untersuchungen als lichter Raum nicht die Anlage B der BO maßgebend, denn diese entspricht Fahrzeugen, die nach der größeren Begrenzung II gemäß Anlage F der BO gebaut sind. Ein der Begrenzung I entsprechender lichter Raum ist nicht festgelegt. Man kann sich aber nach den in Abschnitt 1 gemachten Ausführungen einen „mutmaßlichen lichten Raum“ für die nach der Begrenzung I gebauten Fahrzeuge auf folgende Weise konstruieren. Die Begrenzungslinie I für Wagen nach Anlage E der BO, welche der Transitlinie der TE entspricht, wird um den Spielraum k (75 bzw. 25 mm) und die Maße t_1 der nach Zusammenstellung 1, Spalte 8 für Wagen gültigen Betriebsunregelmäßigkeiten nach jeder Seite erweitert. Wird die so entstandene Umgrenzung noch um $h_1 = 50$ mm gesenkt, so erhält man die untere Begrenzungslinie des „mutmaßlichen lichten Raumes“. Für die Bestimmung der Einschränkungen der nach Begrenzung I gebauten Lokomotiven sind von diesem „mutmaßlichen lichten Raume“ rückwärts der für Lokomotiven abzuschätzende Raum für Betriebsunregelmäßigkeiten t_2 nach links und die mutmaßliche Durchbiegung der Federn h_2 nach oben aufzutragen (vergl. Abb. 19).

Die sich hierbei ergebende Linie CDE dürfen die Lokomotiven in ihrer ungünstigsten Stellung berühren. Nötigenfalls sind sie entsprechend einzuschränken. Für den oberen Teil der Begrenzungslinie gelten ähnliche Erwägungen. Die Ermittlungen sind für $r = 250$ m durchzuführen. Da bei der Berechnung der Vergrößerung des lichten Raumes sehr große Achsstände und Überhänge der Wagen angenommen worden sind, wird die Vergrößerung des lichten Raumes in Krümmungen von weniger als 250 m Halbmesser im allgemeinen auch für Lokomotiven ausreichen, so daß sich Untersuchungen mit Halbmessern, die kleiner als 250 m sind, für Lokomotiven in der Regel erübrigen dürften.

Bei den vorstehenden Betrachtungen spielt die Größe des Wertes k nur eine untergeordnete Rolle. Da internationale Bindungen für Lokomotiven nicht vorliegen, könnte man für diese $k = 0$ setzen und die Begrenzungslinie der Lokomotiven von Haus aus um k größer annehmen als für Wagen. Es müßten dann aber die Lokomotiven wieder entsprechend stärker eingeschränkt werden. Ein Vorteil würde sich nur an den Stellen ergeben, die in der Nähe der führenden Achsen liegen. Bei den Querschnitten, deren Ausschläge größer als k sind, ist die sich ergebende endgültige Breite unabhängig von der Größe des Wertes k .

Zusammenfassung.

Anlage A der BO ist außer Kraft gesetzt worden. Anlage B der BO gilt künftig als Regellichtraum für Gleisbögen mit 250 m Halbmesser. In Gleisbögen mit kleineren Halbmessern muß der lichte Raum auf jeder Seite vergrößert werden; in Gleisbögen mit größeren Halbmessern darf er verkleinert werden, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Bogenhalbmesser r	Bis 600 m	weniger als				250 m	200 m	150 m	100 m
	600 bis 500 m	500 bis 350 m	350 bis 250 m	250 m	200 m	150 m	100 m		
Vergrößerung des l. Raumes { innen	—	—	—	—	0	50	130	530	
Vergrößerung des l. Raumes { außen	—	—	—	—	0	60	160	550	
Verkleinerung des l. Raumes nach jeder Seite in mm	15	10	5	0	0	—	—	—	—

In Sonderfällen (z. B. Festlegung der Schienen gegenüber Brücken oder anderen festen Bauwerken) gelten Sonderbestimmungen.

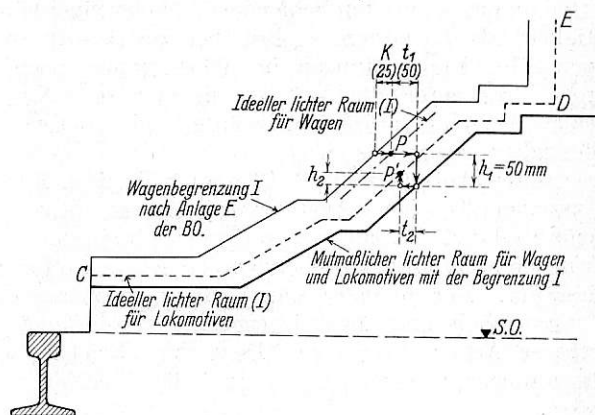


Abb. 19.

Die Breitenabmessungen der Wagen sind nach folgenden Formeln auf jeder Seite einzuschränken, vorausgesetzt, daß die Formeln positive Werte ergeben:

$$\text{I. } E_i = \frac{an - n^2}{500} + \frac{1,465 - d}{2} + q + w + \frac{p^2}{2000} - k + \alpha$$

$$\text{II. } E_a = \frac{an + n^2}{500} + \left(\frac{1,465 - d}{2} + q + w \right) \cdot \frac{2n + a}{a} - \frac{p^2}{2000} - k + \beta.$$

Die Formeln gelten für alle normalspurigen Wagen. Für Wagen ohne Drehgestelle ist $p = 0$ und $w = 0$. Bei den Einschränkungen ist von den Maßen der Anlage E der BO auszugehen, wenn der Wagen international freizügig sein soll. Anlage F kommt nur in Frage für Fahrzeuge, deren Lauf auf deutsche Bahnen oder Bahnen mit mindestens gleich großem lichten Raume beschränkt bleibt.

Für Lokomotiven sind die erforderlichen Einschränkungen je nach der Bauart der Lokomotiven besonders zu bestimmen, wobei die für Wagen gemachten Ausführungen sinngemäß anzuwenden sind.

Kosten des Rostschutzes.

Von zuständiger Stelle der DRG. erhalten wir folgende Mitteilung:

In technischen Zeitschriften tauchen immer wieder Angaben über den notwendigen Aufwand der Deutschen Reichsbahn für den Schutz ihrer Stahlbauwerke gegen Korrosion auf. Dabei wird meist behauptet, daß die notwendigen jährlichen Ausgaben der Reichsbahn für diesen Zweck 50 Millionen $\mathcal{R}\mathcal{M}$ betragen. Diese falsche Angabe findet sich auch oft in den Reklamebeilagen von Firmen, die Farben und andere Rostschutzmittel anbieten. In Wirklichkeit erfordert der Rostschutz der stählernen Brücken und Hochbauten der Reichsbahn einen jährlichen Aufwand von höchstens 6,4 Millionen $\mathcal{R}\mathcal{M}$.

Schienenstahl, sein Verschleißwiderstand und seine Bruchsicherheit.

Von Reichsbahnrat Dr. Berchtenbreiter, München.

Nicht die noch unbekannte Gesamtheit der Einwirkung von Rad und Schiene aufeinander zu klären sei hier versucht, wohl aber soll einmal ein kurzer Überblick über die wichtigsten Eigenschaften des Schienenstahles, über die Zusammenhänge zwischen Zugfestigkeit einerseits, Bruchsicherheit und Abnutzungswiderstand andererseits, gegeben werden.

Zwei Aufsätze im laufenden Jahrgang dieser Zeitschrift, die von verschiedenen Gesichtspunkten ausgehend zu einem verschiedenen, sich teilweise widersprechenden Endurteil gelangen, veranlassen mich dazu.

Der erste Aufsatz von Spindel in Heft 1 enthält in der Hauptsache Ausführungen über die durch das Kaltwalzen der Räder in den Schienenfahrflächen hervorgerufenen Eigenspannungen, denen eine nur bruchbegünstigende Auswirkung zugeschrieben wird, ferner ein Meßverfahren derselben mit Ergebnissen, schließlich noch umfangreiche Angaben über Abnutzungsprüfversuche mit der MAN-Spindelmaschine, deren Ergebnisse in mehreren Fällen mit solchen an Schienen im Betrieb gemachten Feststellungen verglichen werden. Leider wird noch zusammenfassend erklärt, daß bei den üblichen unlegierten und unvergüteten Schienenstählen bei einer höheren Zugfestigkeit als 85 kg/mm^2 selbst bei vollkommen bestandenen Abnahmeprüfungen im Werk immer noch eine sehr große Bruchempfindlichkeit anzunehmen sei. Nur entsprechende Verschleißprüfungen würden die nötige Verschleißfestigkeit gewährleisten.

Im zweiten Aufsatz in Heft 13 nimmt Dr. Ing. Kühnel bereits zu einem Teil jener Ausführungen ergänzend und auch ablehnend Stellung. Er baut sicherer auf der breiteren Grundlage der neueren in Einklang stehenden Versuchs- und Betriebsergebnisse auf. Vor allem ist sein Urteil gestützt auf die in weiter vorausblickender und sicherheitstechnisch doch verantwortbarer Art im Netze der Deutschen Reichsbahn im Betriebe unternommenen Versuche und die dabei erreichten Ergebnisse.

Kühnel unterscheidet genauer in von der Herstellung herrührende Walz- und Abkühlspannungen und in von der Raddruckkaltwalzung im Betriebe verursachte Kaltreck-, Längs- und Querspannungen. Er bestreitet Dauerbrüche, die unmittelbar von der Oberfläche der nicht etwa durch Abblätterungen beschädigten Fahrflächen des Schienenkopfes ausgehen sollen, er beschreibt die von Rissen im Kopffinnern aus entstehenden „Nierenbrüche“, die in vorübergegangener Häufung bei uns an den ersten Schienenlieferungen mit mehr als 70 kg/mm^2 Zugfestigkeit aufgetreten waren. Er nimmt Stellung zu der von Spindel angegebenen Größenordnung der durch die Raddruck- und -gleitwirkung an der Schienenfahrfläche entstandenen Spannungszunahme, spricht dieser jedoch eine Mitwirkung an der Entstehung von Oberflächenanrissen ab. Er lehnt auch Spindels Annahme ab, daß sie als zusätzliche zu den schwingenden und schlagenden Betriebsspannungsbeanspruchungen diese vermehren und dadurch bruchbegünstigend mitwirken würden. Darin geben ihm die Betriebstatsachen recht, ebenso wie auch seinen zahlenmäßigen Angaben über die Größe der Fahrflächenaufhärtung. Seiner zuversichtlichen Ansicht über die Verwendbarkeit härterer Schienen und daß keine Veranlassung vorliege, die zulässige obere Festigkeit schon auf 90 kg/mm^2 festzulegen, stimme ich zu, wie es auch mir unmöglich erscheint, daß die Verschleißprüfung bei nur gleitender Reibung an Laboratoriumsproben imstande sein soll, auch die etwaige Neigung eines Baustoffes zu größerer oder kleinerer Verformung anzuzeigen.

Es dürfte zweckmäßig sein, weitere Ansichtsverschiedenheiten durch Stellungnahme zum folgenden selbst zu klären. Nicht fruchtlose Kritik, sondern Weiterarbeit!

Der folgende Überblick sei bei bewußtem Verzicht auf jede rechnungsmäßige Erörterung des Schienenprofils und ähnlicher Konstruktionsfragen über die eingangs erwähnten Schienenbaustofffragen und deren Zusammenhänge gegeben.

Welche Schienenstähle sind heute schon, wenigstens versuchsweise, in Verwendung? Die Zugfestigkeit ist von anfänglich ungefähr 45 kg/mm^2 heute in Deutschland entsprechend der Zunahme des Achsdruckes für die Regelschiene auf eine solche von mindestens 70 kg/mm^2 gestiegen. Für härtere Schienen ist eine solche von mindestens 80 kg/mm^2 vorgeschrieben. Zu dieser Grundlage einer statischen Berechnung kommt zur Beurteilung der Zähigkeit der Schlagversuch, der eine gewisse anrißfreie Mindestdurchbiegung ergeben muß. Diesen Bedingungen müssen auch die in Versuchsstrecken verlegten noch härteren Schienen genügen. Solche sind in Deutschland und in anderen europäischen Ländern im Laufe der letzten Jahre verlegt worden. Genauere Angaben darüber erlaubt der beschränkte Raum hier nicht. Sie sind als sehr interessante Beiträge in den Berichten der 2. Internationalen Schienentagung in Zürich vom 16. bis 19. Juni 1932 nachzusehen. Es sind auch bei sehr niedrigen Wintertemperaturen Brüche nicht eingetreten, die zum Abbruch der Versuche veranlaßt hätten. Allgemein führte das Streben nach größerer und wirtschaftlicherer Verschleißfestigkeit zu höherer Festigkeit und vor allem zu höherer Fahrflächenhärte des Schienenbaustoffes. Dieser Weg hat sich in Verbindung mit dem Verlangen nach besserer Reinheit des Stahles, Anwendung inzwischen erzielter Fortschritte des Legierungswesens auch auf den Schienenstahl und der Weiterentwicklung der Walz- und Hüttentechnik als der richtige erwiesen. Der Erfolg des Rückganges der Abnutzung solcher Schienen beweist es. Weil die Versuchszeiten noch kurz sind, ist auch noch keinem Verfahren der unbestrittene Sieg zuzusprechen. Die einen halten die am Kopf durch Wärme gehärteten und vergüteten, dort fein sorbitischen oder martensitischen Schienen, die anderen die nach dem Verbundgußverfahren mit sehr hartem Kopfe hergestellten, wieder andere die in Kohlenstoff- und Mangan-gehalt entsprechend aufeinander abgestimmten, oder sonstwie leicht legierten Schienen für verschleißfester und bruchsicherer. Die Anwendung der neuen Erkenntnisse über das Aushärtungsvermögen einiger Legierungselemente, z. B. Chrom, Molybdän, Titan und Vanadin wäre in beiderlei Hinsicht erwünscht. Durch Walzen bei niedrigerer Temperatur und einer auf die Erzielung von feinstem Korn gerichteten Abkühlungsgeschwindigkeit, auch einer zweckdienlichen Wärmenachbehandlung wird der Bestwert der günstigsten Zusammenwirkung zwischen größter und sicherster Tragfähigkeit und höchst erreichbarem Abnutzungswiderstand erzielt werden können. Die Wirtschaftlichkeit solcher Schienen wird doch nicht durch ihre Beschaffungskosten allein, sondern mehr noch durch ihre Lebensdauer entschieden. Diese ist bei den harten Schienen jetzt schon größer, denn Verformungen und deren Spannungen, sowie der Verschleiß sind sehr selten und klein geworden. Die Verformungen des Schienenkopfes betrachte ich nicht als Verschleiß. Mit solchen Verformungen ist keine Volumenverminderung verbunden, sondern lediglich eine plastische Volumänderung, wie wir sie häufiger an den älteren weichen Schienen als Folge ihres geringeren statischen Widerstandes gegen den Rad- und Spurkanzdruck bei gleitender mehr als bei rollender Reibung vorfanden. Sie nahmen ab mit der erhöhten Baustoffhärte. Die plastisch kalt verformten Raumteile des Schienenkopfbaustoffes enthalten Spannungen, deren Vorhandensein nicht erst durch Verschleißversuche entdeckt werden brauchte. Sie waren doch schon länger, und nicht nur beim Stahl bekannt. Diese Spannungen sind

weitaus überwiegend elastischer Natur. Ihre Bestimmung durch Spindel ist, weil der Festigkeit der Fahrflächen-aufhärtung entsprechend, wohl größenordnungsmäßig richtig, jedoch sind sie nur als ein nicht rechnerisch weiter verarbeitbarer Mittelwert zu betrachten, weil sie nur an abgetrennten Fahrflächenlängsschnitten relativ großen Querschnittes durch Messen elastisch sich verändernder Längenmaße erhalten wurden. Diesen Druckspannungen von bis über 20 kg/mm^2 müßten leider nicht meßbare gleichgroße Zugspannungen im Innern des Schienenkopfes das Gleichgewicht halten.

Diese müssen und können nur elastischer Natur sein. Sie müssen unter der Proportionalitätsgrenze, also im Bereiche der Gültigkeit des Hookeschen Gesetzes liegen. Erst wenn im Kopffinnern an der Stelle eines Baustofffehlers, eines Schlackeneinschlusses, einer schlecht verschweißten Gasblase oder durch Walz- oder Wärmeabkühlspannungen eine örtliche Spannungsanhäufung entsteht, ist Gefahr und ein Ausgangspunkt eines Dauerbruches vorhanden. Erst wenn diese Spannungsspitze in ihrer Größe die Streckgrenze überschreitet, kann sich ein Fehler oder Riß zum Durchbruch erweitern. Dazu sind schwingende oder schwellende Kräfte nötig. Vorwiegend ist im Kopf der eingebauten Schiene die zweite Kraftart wirksam. Der Schienenkopf ist dem oberen Teil, also der Druckzone, eines zwischen zwei Stützpunkten (Schwellen) durch eine nach unten gerichtete Kraft (Rad-druck) gebogenen Trägers vergleichbar. Der Größenanteil an der Beanspruchung als Zugzone, in der der Schienenkopf nur dann verweilen kann, wenn die Radlast außerhalb der beiden benachbarten Schwellenstützpunkte wirkt, ist für ihn wesentlich kleiner, aber auch wechselnder, je nach Güte und Elastizität der Bettung. Er ist größer in der Nähe des Schienenstoßes. Fast nie wird der Schienenkopf auf Schwingungsfestigkeit, immer jedoch auf seine Schwell- oder Ursprungsfestigkeit unter der Vorspannung des rollenden oder gleitenden örtlichen Raddruckes beansprucht. In ihrer Gesamtheit sind diese Belastungsvorgänge gerade hinsichtlich ihrer zeitlichen und örtlichen (über die Länge und den Profilquerschnitt der Schiene) Verteilung in der vorwiegend statischen Oberbau-rechnung noch nicht erfaßt. In der letzten Zeit vorgenommene Messungen der dynamischen Schienenbeanspruchung mit frequenzunabhängigen und verzerrungsfrei arbeitenden elektrischen Meßgeräten haben jedoch interessante Einzelauf-schlüsse gebracht. Sie werden auch noch die große Frage lösen helfen, ob das jetzige Schienenprofil die wirklich günstigste Beanspruchungsverteilung über den ganzen Schienenquer-schnitt erlaubt und nicht nur den Gründen einer walztech-nischen Massenerzeugungsmöglichkeit seine Form verdankt. Fruchtbare Gedanken auch darüber werden im gegenwärtigen Ringen der Verkehrsarten um ihren Anteil am Verkehr unserem Schienenverkehr die Stellung stärken helfen.

Noch aber ist die Schiene ungleich am Kopf und am Fuß zu- und druckbelastet. Daher entstehen auch Brüche weniger vom Kopf als vom Fuße, am häufigsten von dessen Kanten aus, manchmal auch als Längsrisse in dessen Mitte. Risse im Steg sind seltener, fast ausschließlich Längsrisse und haben andere in Herstellungsfehlern, in der Konstruktion, in Bohrungen und ähnlichen liegende Ursachen.

Aus diesen Gedankengängen ergibt sich auch, wie schon Kühnel richtig angibt, daß Brüche in der Fahrflächen- oder in der Innenzone des Schienenkopfes als reine Folge der dort vorhandenen, durch das Kaltwalzen der Fahrzeugräder verursachten Verformungs- (oder Kaltreck-)spannungen ohne gleichen Orts vorhandene Baustofffehler nicht entstehen können. Nicht bestreitbar ist doch die Tatsache, daß ein sehr überwiegend beanspruchter Raumanteil eines Werkstückes (hier des Schienenkopfes) eine geringere Dauerbruchneigung aufweist, wenn er eine Druckvorspannung besitzt. Der von

außen wirkende und der vorhandene Druck summieren sich gewissermaßen im günstigen Sinne. Als vergleichbare Beispiele seien aus anderem Gebiete nur angeführt die günstigen Ein-flüsse des auf kaltem Wege absichtlich erzeugten Vordruckes auf die Dauerfestigkeitssteigerung, die durch das Präge-polieren der Achsschenkel, das weiter nichts als eine beab-sichtigte Kaltverformung und Glättung der Achs-lauffläche darstellt, und das Kaltwalzen von Gewinden, hier sind sogar die üblen Kerben (Gewindegänge) vorhanden, erzielt wurden. Im gleichen Sinne, auch bei einer Schwingungs- (Zug- und Druck-)beanspruchung, verliefen auch die sicherlich aus der Literatur bekannten Laboratoriumsversuche mit oberflächen-kaltverformten Schwingungsprüfkörpern. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß einsatzgehärtete oder nitrierte (stickstoffgehärtete) Prüfkörper und Werkstücke, die sicher mit mehr oder weniger großen und zonenweise verschiedenen Spannungen behaftet sind, immer den Ausgangspunkt des Dauerbruches unter der Härtezone bei höherem Schwingungs-festigkeitswert erkennen lassen. Dieser Fall stellt zwar schon einen solchen innerer Spannungen, die durch eine absichtlich verursachte auch stoffliche Baustoff- und Gefügeverschieden-heit bedingt sind, dar, beweist aber, daß unterhalb der Streck-grenze elastische Baustoffspannungen bei gleichem Richtungs-sinne günstig zusammenwirken können und nicht, wie oben bereits gesagt, die schädlichen Folgen bruchbegünstigender Spannungsanhäufungen zur Folge haben müssen.

Eine gute Beschreibung dieser vielleicht für etwas theo-retisch gehaltenen Erscheinungen ist in dem Aufsatz „Einfluß der Vorspannung auf die Dauerfestigkeit“ in Heft 24 der VDI-Zeitschrift 1933 (P. Ludwik und J. Krystof) zu finden. Im dort gezeigten Diagramm 2 lassen sich für die Grenz-spannungen der schwingenden Wechsellast unter konstanter von außen (nicht von innen) wirkender Vorspannung keine der statischen Vorlast arithmetisch proportionalen Ver-minderungen der Wechsellastgröße erkennen. Der Aufsatz beschränkt sich inhaltlich allerdings nur auf die Einflüsse der Vorspannung, der von Kerben und Korrosion auf die dynamische Belastbarkeit. Daher können diese Ergebnisse bei inneren elastischen Vorspannungen, die nicht gleich-mäßig in Größe und Richtung über den beanspruchten ganzen Querschnitt verteilt sind, auch nicht bei unseren großen, so ungleichförmigen Schienenquerschnitten, in rech-nerischer Auswertung mit genügender Sicherheit noch nicht angewandt werden.

Als Verschleiß rechne ich in vereinfachender Eingrenzung nicht, wie oben schon gesagt, Volumverformungen, sondern nur die durch wirkliche Baustoffabtrennung (-abnutzung) ver-ursachten Volumverminderungen. Der Ansicht Spindels, daß gleichgültig, ob reinerer Baustoff usw. vorliegt, ein Parallel-gehen des Verschleißwiderstandes mit der Zugfestigkeit und Härte nicht durchwegs vorhanden sei, kann ich nicht restlos zustimmen. Die Tatsachen der allgemeinen technischen Er-fahrung sprechen dagegen. Warum werden denn gerade die stark dem Verschleiß durch gleitende Reibung ausgesetzten Flächen von Maschinenteilen mit Erfolg einsatzgehärtet oder nitriert? Ist etwa auch die Forderung der Deutschen Reichs-bahn unrichtig, wenn sie dafür sogar eine gewisse Mindest-härte vorschreibt? Beweisen nicht etwa die auf der Zweiten Internationalen Schienentagung selbst vorgetragenen Betriebs-ergebnisse mit harten Schienen, daß der Verschleiß an solchen erheblich zurückgegangen ist? Seit langem wurde beobachtet, daß die Kalthärtung des Schienenkopfes den Verschleiß-widerstand vergrößert, wenn die Zeit und die aufhärtende Kraft dem Fortschritt der Abnutzung zuvorkommen können. Von einer Zugfestigkeit von ungefähr 90 kg/mm^2 an, auch mit dem Vorhandensein von eutektoidem Gefüge sinkt die Größe derselben viel rascher ab als bis zu diesen Punkten. Der

Verschleißwiderstand kann heute noch nicht als eine „Werkstoffkonstante“ bezeichnet werden. Zum weitaus großen Teile sind nämlich die Einzelheiten des Abnutzungsvorganges gerade an den Schienen, sowie auch ihre Einzelursachen noch gar nicht voll geklärt. Der Anteil der gleitenden Reibung, der Geschwindigkeitsverlauf und die Richtung der Gleitung, der Anteil und die zeitliche Gleichförmigkeit der wirklich rein rollenden Reibung, aller dieser Vorgänge Wechsel auch nach Längen- und Seitenspiel sind bisher und konnten auch noch nicht versuchsmäßig erfaßt werden. Lediglich zwischen Spurkranz und der inneren Schienenkopfseitenfläche kann eine vorwiegende, jedoch intermittierende gleitende Reibung angenommen werden. Auch dieser sind jedoch sicher die höher frequenten Eigenschwingungen des Schienenstranges und beim Bremsen der Fahrzeuge die an deren Rädern auftretenden überlagert. Angesichts der noch ungenügenden Kenntnisse der die Abnutzungsgröße mitbestimmenden Ursachen und ihres Zusammenwirkens ist es verständlich, daß die auf den verschiedenen Versuchsstrecken noch hinzukommenden äußeren und örtlich verschiedenen, schwer zu erfassenden und zu vergleichenden Einflüsse betrieblicher und baulicher Art einen genauen Vergleich der jeden Orts erhaltenen Bewährungs- und Abnutzungsergebnisse nahezu unmöglich machen. Diese unbekannten Vorgänge können auch im Laboratorium an keiner Abnutzungsprüfmaschine genau den Betriebsverhältnissen angepaßt nachgeahmt und nachgeprüft werden. Bei aller Anerkennung der bisher in den Versuchen über die Verschleißfragen aufgewandten regen Forscherarbeit muß doch noch der dem Materialprüfmann so verständliche Wunsch, aus kurzen Laboratoriumsverschleißprüfungen Schlüsse auf das Betriebsverhalten ziehen zu können, vorerst noch zurückgestellt werden, denn die heute mögliche Voraussage kann unmöglich für alle Betriebsverhältnisse in jeder Beziehung richtig zutreffen. Es sind ja schon mit einiger Toleranz Vergleichsmöglichkeiten zwischen Untersuchungs- und wirklichen Ergebnissen möglich. Die selbstverständlich zu fordernde Übereinstimmung der Beanspruchungsarten und -größen kann aus den oben schon erwähnten Gründen bei den noch jungen und ähnlich der Kerbschlagprobe vorerst doch

nur technologisch zu wertenden Verschleißprüfverfahren noch gar nicht vorhanden sein. Es stellt noch eine große Aufgabe für diese Prüfmethode dar, beratend dem Hüttenmann und Walzwerker Richtung zu weisen und auch noch nicht ganz klar erkannte Vorgänge beim Verschleiß weiter mitklären zu helfen. Der Vorgang der Reiboxydation, der Einfluß der Baustoffreinheit, der Gefügeart, deren Form und Korngröße, schließlich die Feststellung und Verhinderung aller negativen Einflüsse müssen in steter Zusammenarbeit von Baustoffforscher und Betriebsmann erreicht werden. Der erstere muß die Wege zur Verbesserung zeigen, der letztere muß die Bestätigung derselben geben können, auch was die Wissenschaft auf dem so interessanten Gebiete der Dynamik gerade in den letzten Jahren Wertvolles erforscht hat, soll und muß der Oberbau fachmann mit verwerten.

Kurz zusammengefaßt sei noch, daß bei sorgfältiger Betriebsführung im Hütten- und Walzwerk, richtig ausgewählter Analyse, Kalibrierung und Abkühlung auf dem Warmbett harte, fehlerfreie, bruch sichere und hochverschleißfeste Schienen bedenkenfrei in Betrieb genommen werden können. Unter diesen Voraussetzungen kann heute eine Zugfestigkeit von ungefähr 100 kg/mm² für Kohlenstoffstähle, für leicht legierte eine noch etwas höhere, unter der die Schiene noch dem Schlagversuch genügt, zugelassen werden. Nach dem Verbundgußverfahren oder auch durch Abschreckhärtung oder Vergütung des Kopfes mit weicher verbliebenem Fuß und Steg hergestellte Schienen haben bis zu einer Brinellhärte von 450 kg/mm² in den Kopffahrflächen im Betriebe bisher bruchfrei bestanden. Ihre sicher recht beträchtlichen Eigenspannungen haben keinerlei Betriebsnachteile bisher ergeben, sie dürften sogar unter der Wechsellast der Betriebsbeanspruchung ganz verschwunden sein, wie erst kürzlich unternommene Prüfraumversuche anzunehmen gestatten.

Der bisher beschriebene Weg wird zum Ausgleich der scheinbaren Gegensätze: Hohe Härte und große Bruchempfindlichkeit, und zum Ziele: abnutzungs feste und infolge guter Werkstoffdämpfung bruch sichere Hartschiene, führen. Der Weg wird noch mühevoll sein, das Ziel ist aber lohnend und erreichbar.

Über Schienensenkungen unter dem rollenden Rade.

Von Dr. Ing. Derikartz, Koblenz.

Im folgenden sollen die Wirkungen auf den Oberbau untersucht werden, die ihren Anstoß in Unregelmäßigkeiten der Gleislage haben. An Unregelmäßigkeiten im Oberbau sind zu nennen: die Stöße, die elastischen Durchbiegungen des Gleises, Unregelmäßigkeiten in der Höhenlage beider Schienenstränge eines Gleises und Unregelmäßigkeiten in der Spurweite, durch die seitliche Bewegung der Räder und Drehgestelle und damit des Wagenkastens entstehen können. Ein Teil dieser Ursachen ist nicht, ein anderer nur bis zu einem gewissen Grad vermeidbar.

Nicht zu vermeiden sind die elastischen Durchbiegungen der Schienen. Wollte man sie weiter beschränken, etwa durch geringeren Schwellenabstand, so würde das, abgesehen davon, daß die Unterhaltung des Gleises sehr erschwert würde, dazu führen, daß die Gleise sich härter beführen.

Weitgehend vermeidbar sind dagegen Unregelmäßigkeiten in der Spurweite. Es ist auch möglich, in den meisten Fällen die Auf- und Abfahrrampen der Überhöhungen befriedigend zu gestalten. Sache der ordnungsmäßigen Gleisunterhaltung ist es ferner, dafür zu sorgen, daß die gegenseitige Höhenlage der beiden Schienen eines Gleises gleich ist oder in Krümmungen im richtigen Verhältnis zueinander steht und auch unter dem rollenden Zuge bleibt. Gerade Unregelmäßigkeiten dieser Art wirken sich bei der Fahrt, namentlich bei

höheren Geschwindigkeiten, sehr störend aus; sie rufen Schwingungen hervor, die sich je nach dem Verlauf und Zusammenwirken mit dem Federspiel übereinander lagern und verstärken und besonders durch ihre Unregelmäßigkeit und weil sie in mehreren Ebenen wirksam sind, schaukelnde Bewegungen des Wagenkastens hervorrufen, die sich sehr unangenehm bemerkbar machen. Während bei richtiger Lage nur die Wirkungen der Reibung verschiedener Art und der nicht ausschaltbaren Fliehkräfte zur Geltung kommen, erzeugen die Unregelmäßigkeiten Stöße und Schläge, die das Gleis vorzeitig abnutzen. Hierzu gehört unter anderem auch die Riffelbildung der Schienen, deren Ursache noch nicht einwandfrei festgestellt werden konnte. Es liegt aber nahe, auch hier an Schwingungserscheinungen zu denken. Aus diesen Gründen hat es auch eine ganz wesentliche wirtschaftliche Bedeutung dafür zu sorgen, daß Unregelmäßigkeiten in der Gleislage soweit wie möglich vermieden und wenn sie eingetreten sind, beseitigt werden. Die Schwierigkeiten liegen nun darin, daß die gegenseitige Höhenlage im Ruhezustand durchaus befriedigend erscheinen kann, während sich unter der Einwirkung des Betriebes unter allen Umständen wesentlich verschiedene Senkungen beider Schienen ergeben. Wie sich die Unterlage unter der Einwirkung der Betriebslasten verhält, zeigt sich erst unter dem rollenden Rade. Erwünscht ist, daß Unregel-

mäßigkeiten in der Gleislage, insbesondere die verschiedene Höhenlage der beiden Schienen eines Gleises unter den rollenden Betriebsmitteln möglichst bald erkannt werden, jedenfalls nicht erst, nachdem sie sich durch unruhiges Fahren bemerkbar machen.

Einen Versuch, das Verhalten der beiden Schienenstränge sowohl in bezug auf ihre Durchbiegung als auch auf ihre gegenseitige Höhenlage unter dem rollenden Rade zu ermitteln und fortlaufend aufzuzeichnen, macht unter Benutzung sinnreicher Einrichtungen der Oberbaumeßwagen der Deutschen Reichsbahn. Hier wird meines Wissens zum ersten Male und zwar unter Fahrzeugen von derselben Beschaffenheit wie bei den übrigen Betriebsmitteln, allerdings bisher mit Geschwindigkeiten, die noch unter dem im Regelbetrieb für Züge des Personenverkehrs auf den Hauptstrecken üblichen liegen, ein Bild über das Verhalten des Gleises gewonnen und aufgezeichnet*).

Durch Durchbiegung und Absenkung des Gleises sowohl als auch der Unterschied in der gegenseitigen Höhenlage erscheinen auf dem Meßstreifen. Daneben ergeben sich auch noch andere, für die Beurteilung der Gleislage wertvolle Ergebnisse, die die Spurweite und die Gleisrichtung betreffen, die aber in diesem Zusammenhange nicht weiter erörtert werden sollen. In bezug auf die Durchbiegungen wird das Verhalten des Gleises unter einem dreiachsigen Drehgestell von 10 t Achsdruck in der Weise aufgenommen, daß die senkrechten Bewegungen des mittleren Rades gegen einen auf den Achsbuchsen der äußeren Räder des Drehgestells ungefedert aufgelagerten Träger gemessen werden. Da der Träger gegenüber dem Gleis auch Bewegungen macht, treten der Durchbiegungen bei der Aufzeichnung z. T. als Hebungen in Erscheinung. Gemessen werden also die Bewegungen der Schienen unter diesem Meßdrehgestell — also unter dem Einfluß der drei Achsen — nicht das Verhalten bestimmter Punkte des Gleises unter dem ganzen Zuge. Die Bewegungen des mittleren Rades gegenüber dem erwähnten Träger werden auf Schreibvorrichtungen, die im Wagen untergebracht sind, übertragen. Da die Schreibgeräte auf dem federnd abgestützten Wagenkasten aufgesetzt sind, werden naturgemäß die Schwingungen des Wagenkastens bis zu einem gewissen Grade beim Zustandekommen der Bewegungslinie mitwirken. Das zeigt sich schon daran, daß das Bild der Höhenlage des Gleises auch zwischen den Stößen ausgesprochene Spitzen aufweist, die bei vollständig genauer Erfassung der elastischen Durchbiegungen nicht entstehen könnten. Trotzdem geben die Meßstreifen über die Stoßlage und Gleisdurchbiegung ein anschauliches Bild; der Unterhaltungszustand der Gleise kommt sehr deutlich zum Ausdruck. Immerhin dürften ergänzende unmittelbare — also von den Bewegungen des Wagenkastens unabhängige Messungen der Bewegungen des Gleises auch unter größeren Achslasten — Lokomotiven usw. — und unter Regelgeschwindigkeiten erwünscht sein, zumal die vom Oberbaumeßwagen aufgezeichneten Durchbiegungen des Gleises — wenigstens wenn der jetzige Maßstab zugrunde gelegt wird — verhältnismäßig groß erscheinen, jedenfalls größer als es vielfach den Beobachtungen in der Praxis entspricht. Das gilt meines Erachtens noch in höherem Maße von den Meßbändern für die gegenseitige Höhenlage der beiden Schienen; auch hier ergibt der bisher verwandte Maßstab Werte, die gegenüber den praktischen Beobachtungen zu groß erscheinen. Das ist erklärlich, weil die schwingenden Bewegungen des Wagenkastens hierbei noch schwerer aus-

zuschalten sind, als bei den Senkungsmessungen jeder Schiene. Wenn man das ganz wollte, müßte man auf die Federung verzichten. Abgesehen davon, daß das bei höheren Geschwindigkeiten den feinen Meßinstrumenten wenig zuträglich sein dürfte, würde man auch unter Verhältnissen messen, die den tatsächlichen nicht entsprechen. Wenn man also nun schon mit Schwingungen des federnd abgestützten Wagenkastens bis zu einem gewissen Grade — es sind ja auch tatsächlich besonders verstärkte Wagenfedern angewandt, die die Ausschläge stark verkleinern, — rechnen muß, so kann man den tatsächlichen Verhältnissen doch sehr weitgehend nahekommen, wenn man möglichst genaue Anhaltspunkte für den Maßstab hat, mit dem man die unter Mitwirkung der Schwankungen des Wagenkastens entstandenen Aufzeichnungen beurteilt. Ein solcher läßt sich aber wohl nur aus unmittelbaren Senkungsmessungen im Gleis ableiten.

Aus solchen Überlegungen heraus sind die nachstehend beschriebenen Durchbiegungsmessungen am Gleis entstanden, bei denen unter verschiedenen Verhältnissen sowohl in bezug auf Alter, Güte und Unterhaltungszustand des Oberbaues, als auch unter den verschiedensten Betriebsmitteln, bei verschiedenen Geschwindigkeiten unmittelbar die Durchbiegungen der beiden Schienen unter dem rollenden Rade ermittelt worden sind. Es handelt sich naturgemäß um Messungen an bestimmten Punkten, an denen der Einfluß der bewegten Betriebsmittel auf das Gleis festgestellt werden konnte. Gewählt wurden neben der Stoßstelle auch andere Stellen in bestimmten Abständen vom Stoß und zwar sowohl solche unmittelbar neben den Schwellen als zwischen den Schwellen. Bei jeder Messung wurden die Durchbiegungen unter sämtlichen Achsen des Zuges aufgezeichnet und zwar abgesehen von wenigen Fällen, in denen mit ganz geringen Geschwindigkeiten gearbeitet wurde, unter Zügen des Regelbetriebes mit voller Geschwindigkeit. Da jedesmal zwei gegenüberliegende Punkte eines Gleises aufgenommen wurden, ergab sich auch ohne weiteres die gegenseitige Höhenlage der beiden Schienen unter dem Einfluß des rollenden Rades. Handelt es sich also im ganzen um Messungen von beschränktem Umfang an verhältnismäßig wenigen Punkten, die naturgemäß nicht mit den fortschreitend das ganze Gleis erfassenden Aufzeichnungen des Oberbaumeßwagens verglichen werden können, so gewinnen sie aber auf der anderen Seite dadurch an Wert, daß sie unmittelbare Messungen der Senkungen darstellen, die keinerlei Gewichtsfallenden anderen Einflüssen unterworfen und unter den Betriebsmitteln des Regelbetriebes und bei Regelgeschwindigkeit aufgenommen worden sind. Sie zeigen auch bis zu einem gewissen Grade, wie später im einzelnen dargelegt werden wird, den Einfluß der Achslast und der Geschwindigkeit und die für die Gleiswirtschaft so wichtigen Einwirkungen der Stöße auf das Gleis. Auf jeden Fall können sie dazu beitragen, für die Beurteilung des Maßstabes der vom Oberbaumeßwagen aufgezeichneten Werte Unterlagen zu schaffen.

Die Messungen sollten nur diesem Zweck dienen, machen also nicht den Anspruch, etwa als Schwingungsmessungen gewertet zu werden. Hierfür gibt es bekanntlich bessere und genauere Arbeitsformen.

Die Meßeinrichtung selbst ist außerordentlich einfach. An zwei gegenüberliegenden Punkten des Gleises wurden außerhalb des lichten Raumes feste Punkte geschaffen, auf denen die Schreibwalzen, die durch Morsewerke angetrieben werden, befestigt sind. Auf diese zeichnet ein unmittelbar und starr mit der Schiene verbundener Schreibstift (Metallstift) mittels Durchschreibeverfahrens, die Durchbiegung des Gleises auf. Da die Durchbiegungen an beiden Gleisen unabhängig gemessen werden, brauchte kein Wert darauf gelegt zu werden, die Schreibstifte genau in dieselbe Höhe zu legen.

*) Unmittelbare Messungen der Durchbiegungen von Schienen (Schwingungsmessungen und Spannungsmessungen oder Senkungsmessungen) sind schon häufiger durchgeführt worden. Vergl. Dipl. Ing. Hans Wolfgang Koch „Messungen von Schwingungen im Eisenbahnoberbau“, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1932, Heft 21 (mit Schriftennachweis).

Der Unterschied der Durchbiegung ergibt ohne weiteres die Verschiedenheit der Höhenlage. Da die Schienen in der Neigung 1:20 verlegt sind und sich wegen ihrer Lagerung auch die Durchbiegung im wesentlichen in dieser geneigten Ebene auswirkt, wurden auch die Schreibwalzen in der Neigung 1:20 aufgestellt, auch um so Verletzungen des Papiers durch den Schreibstift zu verhüten. Der Unterschied, der sich bei dieser Messung gegenüber der senkrechten Komponente der Durchbiegung ergibt, — im Oberbaumeßwagen werden, da sich die Räder in einer senkrechten Ebene bewegen, senkrechte Durchbiegungen aufgezeichnet — wie aus der folgenden Rechnung hervorgeht nur ein Tausendstel.

Wenn d die Senkrechte und m die in der Neigung 1:20 gemessene Senkung bezeichnet, so ist:

$$\begin{aligned}\operatorname{tg} a &= \frac{1}{20} = 0,05 \quad (0,049) \\ a &= 2^\circ 50' \\ d &= m \cdot \cos a \\ \cos 2^\circ 50' &= 0,99878 \\ &= 0,999\end{aligned}$$

Bei $m = 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}m \cdot 0,999 &= d \\ d &= 99,9 \text{ mm}\end{aligned}$$

Bei einer gemessenen Durchbiegung von 100 mm beträgt die Senkrechte 99,9 mm. Der Unterschied ist also $\frac{1}{1000}$ mm oder $\frac{1}{1000}$.

Die Verbindung des Schreibstiftes mit der Schiene oder der Lasche geht aus den Abb. 1 und 2 hervor, während das Lichtbild Abb. 3 die Anordnung auf der Strecke wiedergibt. Daß der Meßstreifen gegenüber dem Gleis feststeht, das Planum also auch in der Nähe des Gleises unter dem fahrenden Zug keine im Rahmen dieser Messungen in Betracht kommende Bewegungen macht, wurde durch Beobachtung mit dem Nivelierinstrument aus größerer Entfernung festgestellt. Bei den Messungen am Stoß wurde der Meßarm in der Mitte der fest angespannten Lasche angebracht und zwar mit zwei senkrecht übereinander, in größtmöglichem Abstand liegenden Schrauben, während bei den übrigen Messungen der Meßarm den Schienenfuß umfaßt. An der Stoßstelle wurde am Meßarm, um die erforderliche Sicherheit gegen Seitenschwankungen zu gewährleisten, beiderseits zum Laschenende hin eine Verspannung mittels Drahtseilen angebracht. Hierdurch wird das Meßergebnis nicht beeinflusst, weil die Seile keine senkrechten Kräfte übertragen. Es wurden also die Bewegungen der Stoßlasche unter dem rollenden Rade aufgezeichnet und zwar an der Stoßstelle. Da gewöhnliche Laschen unter den Regelverhältnissen verwendet wurden, geben die Aufzeichnungen ein so genaues Bild von dem Verhalten des Stoßes, wie es überhaupt bei einer unmittelbaren Messung möglich ist.

Bei den Messungen außerhalb der Stoßstelle wurde streng genommen das Verhalten des Schienenfußes erfaßt. Der Schienenkopf kann sich insofern anders verhalten als der Schienenfuß, als durch seitliche Verbiegungen (elastische Ausbiegungen des Gleises) am Kopf auch eine größere senkrechte Durchbiegung entstehen könnte, als sich am Schienenfuß zeigt*). Es ist deswegen erforderlich, den Einfluß einer solchen Verbiegung auf die senkrechte Durchbiegung zu untersuchen.

Bezeichnet man die waagerechte Verschiebung des Schienenkopfes bei der Verbiegung mit x , den Halbmesser des Kreises, um den sich der Schienenkopf bei einer solchen Verbiegung drehen kann mit r und die senkrechte Verschiebung

des Schienenkopfes bei dieser Bewegung mit d , so ergibt sich die Mittelpunkts Gleichung des Kreises, um den Drehpunkt:

$$x^2 + y^2 = r^2$$

worin x Abszisse und y die Ordinate des ausgebogenen Punktes des Schienenkopfes darstellt. Der senkrechte Anteil dieser Bewegung d ist dann $= r - y$. Nimmt man an, daß eine derartige Verbiegung des Schienenkopfes um den Fußpunkt des

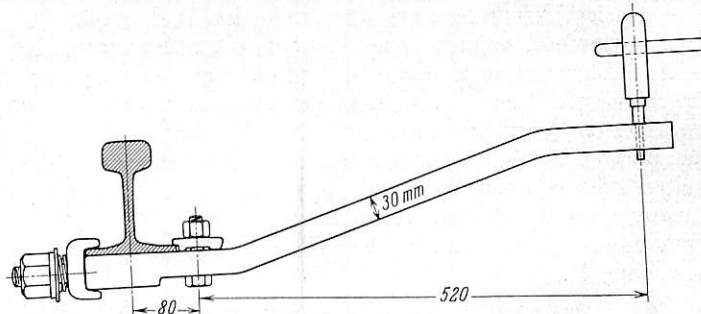


Abb. 1.

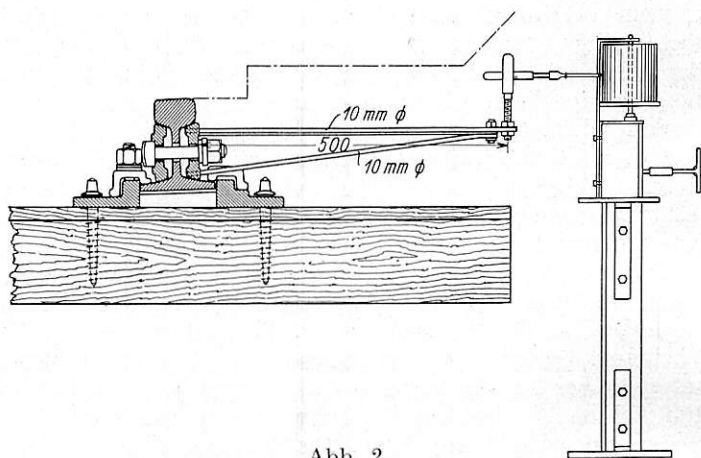


Abb. 2.



Abb. 3.

Schienenstegs als Kreismittelpunkt erfolgt, so ergibt sich $r = 125 \text{ mm}$ bei einer Schiene S 49. Bei einer seitlichen Verbiegung von 5 mm, die allerdings als elastische Verbiegung schon recht groß wäre — bei beiden Schienen zusammen ergäbe das unter Umständen eine Spurerweiterung unter dem rollenden Rade von 10 mm — ergibt sich folgende Rechnung:

$$\begin{aligned}y &= r^2 - x^2 \\ &= 125^2 - 5^2 \\ &= 15625 - 25 \\ &= 15600 \\ &= 124,89 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{und } d &= 125 - 124,89 \\ &= 0,11 \text{ mm.}\end{aligned}$$

*) An der Stoßstelle ist mit solchen Verbiegungen nicht zu rechnen, weil das Widerstandsmoment von Schiene und Laschen zusammenwirkt.

Hieraus geht hervor, daß der Einfluß einer derartigen seitlichen Verbiegung auf die gemessenen Werte der senkrechten Durchbiegung nur gering ist. Aber auch bei den anderen Messungen, bei denen der Schienenfuß beobachtet wurde, spielt der etwaige Einfluß mit 0,1 mm keine Rolle. Die ermittelten Werte könnten höchstens um dieses Maß gegenüber der Wirklichkeit zu klein sein, wenn eine seitliche Ausbiegung von einer Größe angenommen wird, die bei den heutigen Oberbauformen als elastische Verbiegung kaum wahrscheinlich ist. Im Oberbaumeßwagen haben sich derartige Verbiegungen, die als Spurerweiterung erscheinen müßten, meines Wissens nicht gezeigt.

Um den Einfluß von Eigenschwingungen des Meßarmes soweit wie möglich zu vermindern, wurde Wert darauf gelegt, ihn möglichst leicht, möglichst starr, vor allem aber möglichst kurz zu halten. Im übrigen werden sich Eigenschwingungen, die bei den verhältnismäßig langsamen Bewegungen wohl zunächst nur gering sein werden, bei der gewählten Anordnung im wesentlichen so auswirken, daß die aufgezeichneten Ausschläge etwas größer werden als die wirklichen Bewegungen des Oberbaues. Daß es sich hierbei auch bei großen Geschwindigkeiten nur um geringfügige Unterschiede handelt, zeigen zunächst die Messungen 25 bis 27 der Zahlentafel S. 457. Hier wurde 17 m vor einem festen Stoß gemessen und zwar mit der Meßeinrichtung, die am Schienenfuß befestigt ist. Die Ergebnisse weichen bei 20 und 75 km/h überhaupt nicht voneinander ab, während sie bei 35 km/h etwas größer sind, als bei den beiden anderen Versuchen. Die größten Achslasten betrugen hierbei 17 und 18 t. Um also auch allgemeiner über die Größe dieser Unterschiede ein Bild zu erhalten, wurden die Aufzeichnungen der Meßeinrichtungen bei einer Anzahl von Messungen durch unmittelbare gleichzeitige Beobachtungen der Durchbiegungen überprüft, indem mittels eines Nivellierinstrumentes die Schienensenkungen auf einer an der Beobachtungsstelle am Gleis angebrachten Skala abgelesen wurde. Hierbei ergab sich, daß bei den Messungen an der Stoßstelle überhaupt kein feststellbarer Unterschied auftrat. Bei den Messungen im übrigen Gleis, also bei solchen, bei denen der Meßarm am Schienenfuß befestigt ist, ergaben sich Unterschiede zwischen der Aufzeichnung und der direkten Messung von 0,5 bis 1 mm und zwar sind die unmittelbar beobachteten Werte kleiner als die aufgezeichneten. Die Geschwindigkeiten, bei denen diese vergleichenden Messungen vorgenommen wurden, betrugen 50 bis 100 km/h. Man wird also die bei höheren Geschwindigkeiten aufgeschriebenen Durchbiegungen, mit Ausnahme der Stoßmessungen, um 0,5 bis 1,0 mm vermindern müssen, um die wirklichen Durchbiegungen zu erhalten.

Mit den beschriebenen Meßeinrichtungen wurden bei Gelegenheit der Durchführung von Oberbauarbeiten etwa 150 Messungen ausgeführt, von denen ein Teil als Abb. 4 bis 17 in getreuer Wiedergabe dargestellt sind. Diese und noch einige andere Messungsergebnisse sind zahlenmäßig mit Erfassung der näheren Umstände der Messungen in der Zahlentafel zusammengestellt. Die Meßstreifen zeigen die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen derartiger direkter Messungen am Oberbau mit einfachstem Gerät. Die Durchbiegungen und Senkungen der

Schienen am Stoß und die Unterschiede der Senkungen in den beiden Schienen eines Gleises sind einwandfrei zu ermitteln. Bei den übrigen müssen die erwähnten Verbesserungen vorgenommen werden. Dagegen genügen derartige Einrichtungen nicht, um Schwingungs-

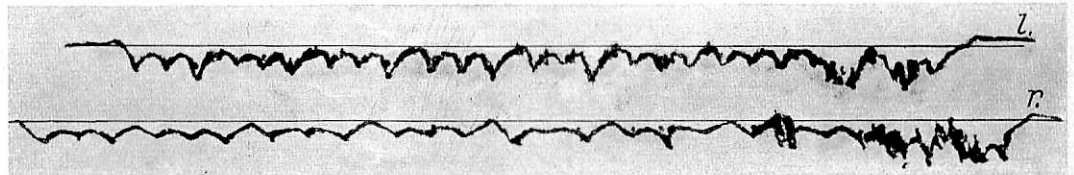
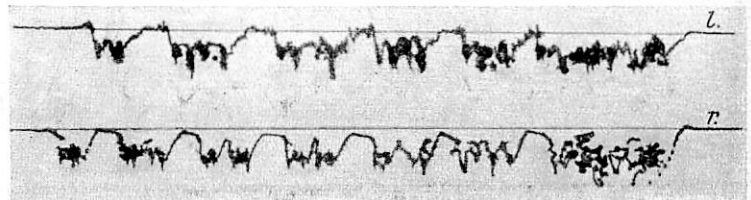
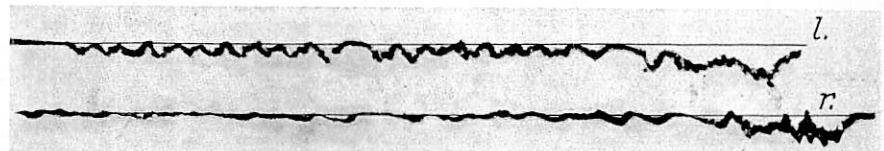


Abb. 4. P 1296, Lok. P 35.17.



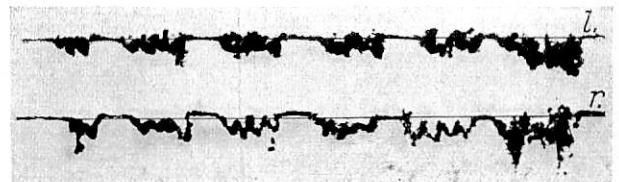
Oberbau K 49 $\frac{Br+45h}{30}$. Messung I: 2,21 m vom Stoß.

Abb. 5. FFD 102, Lok. S 36.18.



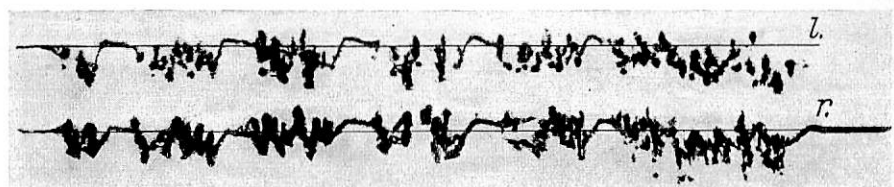
Oberbau K 49 $\frac{Br+45h}{30}$. Messung II: 0,93 m vor dem Stoß.

Abb. 6. P 1290, Lok. P 35.17.



Oberbau K 49 $\frac{Br+45h}{30}$. Messung II: 0,93 m vor dem Stoß.

Abb. 7. FFD 102, Lok. S 36.18.



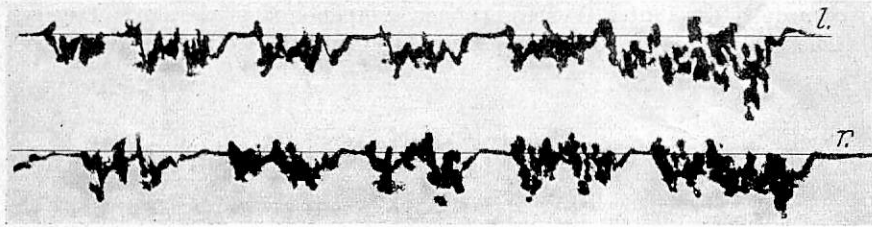
Oberbau K 49 $\frac{Br+45h}{30}$. Messung III: 0,35 m vor dem Stoß.

Abb. 8. P 1290, Lok. P 35.17.

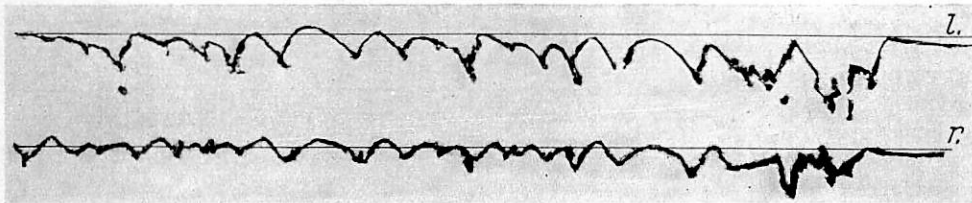
vorgänge im Oberbau genauer zu erfassen. Die Messungen erstrecken sich auf die Oberbauformen K 49^H, 15° E und 6^d E. Bei K 49 handelte es sich durchweg um neuere Gleise in neuer Steinschlagbettung, bei den übrigen Formen sind die Messungen in älteren Gleisen und z. T. alter Steinschlagbettung ausgeführt worden. Aus den Messungen ergeben sich auch Anhaltspunkte über die Einflüsse des Schienenstoßes auf das ganze Gleis.

Die größten gemessenen Senkungen eines Gleises der Form K 49^H betrugen 12 mm (Messung 14, in einem gelockerten

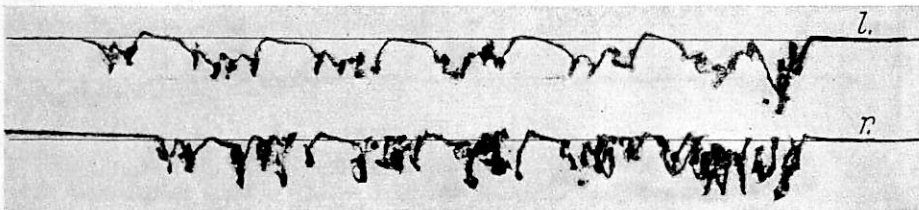
Höhenunterschied beider Schienen unter dem rollenden Rade im gleichen Oberbau betrug 5 mm und zwar unter der Lokomotive mit 17 t Achslast (Messungen 48 und 49). Auch in diesen Fällen handelte es sich um einen gelockerten Stoß. Bei festen Stößen der Oberbauform K 49 oder in ihrer Nähe wurden als größte Senkung $3\frac{1}{2}$ bis 4 mm gemessen (Messungen 26 und 40 bis 42). Der größte Unterschied der Senkung beider Schienen eines Gleises betrug 0,5 bis 1 mm. In einem Gleisabschnitt, der vor der Durcharbeitung stand und dessen Stöße gelockert waren, ergaben sich unter den gewählten Zügen mit größten Achslasten von 17 bis 20 t im Mittel Durchbiegungen von 7 mm und Höhenunterschiede von im Mittel 1,6 mm, Einzelheiten sind aus den Messungen 1 bis 24 zu ersehen.



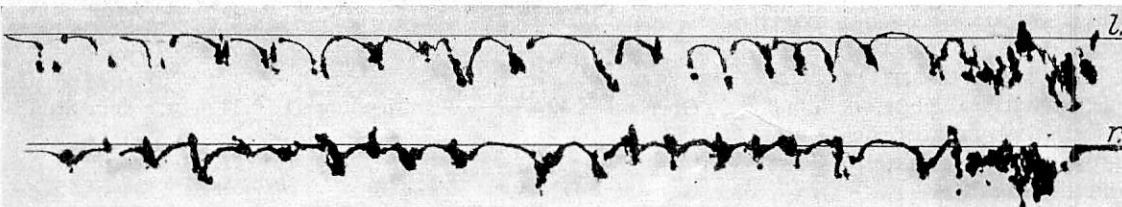
Oberbau K 49 $\frac{Br+45h}{30}$. Messung III: 0,35 m vor dem Stoß.
Abb. 9. FFD 102, Lok. S 36.19.



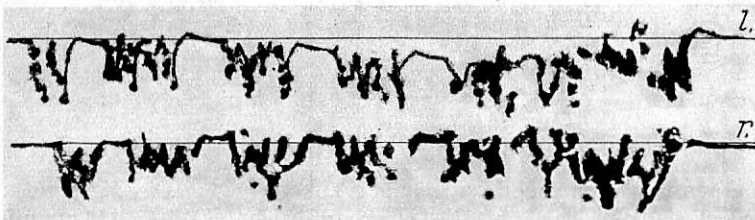
Oberbau K 49 $\frac{Br+45h}{30}$. Messung IV: Stoß vor der Durcharbeitung.
Abb. 10. P 1290, Lok. P 35.17.



Oberbau K 49 $\frac{Br+45h}{30}$. Messung IV: Stoß vor der Durcharbeitung.
Abb. 11. FFD 102, Lok. 36.18.



Oberbau K 49 $\frac{Br+45h}{30}$. Messung V: 0,33 m hinter dem Stoß.
Abb. 12. P 1290, Lok. P 35.17.



Oberbau K 49 $\frac{Br+45h}{30}$. Messung V: 0,33 m hinter dem Stoß.
Abb. 13. FFD 102, Lok. S 36.18.

Stoß) und Messung 19 (330 mm hinter diesem Stoß), bei größten Achslasten von 18 bzw. 20 t. Der größte gemessene

hervorrufen. Krümmungen spielen nach dem Ergebnis dieser Messungen keine besondere Rolle. Es fällt auf, daß durch-

Bei Schienen der Form 15^c wurden größte Durchbiegungen von 15 mm festgestellt. Der größte Unterschied betrug 7 mm (Messungen 43 bis 47). Im Durchschnitt waren aber Senkungen und Höhenunterschiede auch hier geringer. Selbst in einem älteren Gleisabschnitt mit altem verschlammtem Steinschlag und mangelhafter Entwässerung wurden nur größte Durchbiegungen von 13 mm und größte Höhenunterschiede von 3 mm festgestellt.

Die größten Senkungen überhaupt ergaben sich bei alten Gleisen der Form 6^d E mit 24 mm und 12 mm Höhenunterschied, doch wurden auch hier stellenweise bessere Ergebnisse erzielt, so z. B. bei den Messungen 31 und 32 in einem losen Stoß unter größten Achslasten von 17 t, größte Senkungen von $11\frac{1}{2}$ mm und größter Höhenunterschied von nur 1 mm.

Wenn man die Einflüsse näher untersucht, die für die Durchbiegungen des Gleises maßgebend sind, so spielt neben dem Unterhaltungszustand in erster Linie die Achslast eine Rolle. Das ist naturgemäß. Die Meßstreifen zeigen fast immer den ausschlaggebenden Einfluß der Lokomotivachsen, besonders bei Zügen mit verhältnismäßig leichten

Wagen. Bei D-Zügen mit ihren verhältnismäßig großen Wagengewichten sind die Unterschiede nicht so groß. Von Einfluß ist selbstverständlich dann die Geschwindigkeit. Die Messungen 36 bis 39 zeigen deutlich, wie mit wachsender Geschwindigkeit die Senkungen zunehmen. Dasselbe Verhältnis zeigt sich aber auch bei den übrigen Messungen, besonders bei 1 bis 24, bei denen immer unter den Zügen mit höchster Geschwindigkeit die größten Senkungen auftreten. Bei hohen Geschwindigkeiten wirken eben neben dem reinen Gewicht auch in senkrechter Richtung noch andere durch dynamische Wirkungen hervorgerufene Kräfte mit, die eine stoßartige Wirkung auf das Gleis ausüben und die größeren Einwirkungen hervorrufen. Krümmungen spielen nach dem Ergebnis dieser Messungen keine besondere Rolle. Es fällt auf, daß durch-

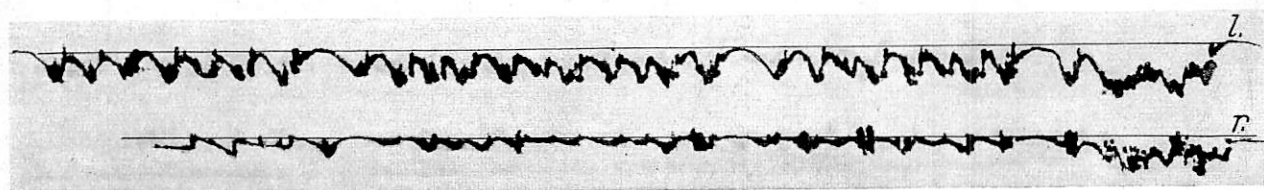
Zahlentafel.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Laufende Nummer	Gleis km	Oberbauform, Verlegungsjahr	Krümmung H in m Überhöhung in mm	Schwellenabstand an der Maßstelle zwischen der Mitte der Haken-schrauben mm	Letzte Durch-arbeitung	Abstand der Maßstelle vom Stoß mm	Zug Nr., Lokomotivgattung	Geschwindigkeit km/h	Größte Senkung der Fahr-schienen r. l. Strecken-richtung mm	Größter Unterschied der Senkung mm	Bemerkungen, Hinweis auf die Abb. 4 bis 17	
Basaltkleinschlag, neu. — Entwässerung des Planums gut.												
1	Köln—Koblenz 52,473	K 49 H 1928	525 70	655	1930	2210	P 1290, P 35/17	25	5,5	6,5	1	Abb. 4. 2,21 m vor einem gelockerten Stoß.
2	"	"	"	"	"	"	D 304, S 35/17	40	6,5	7,0	0,5	
3	"	"	"	"	"	"	P 850, P 37/17	30	6	6	—	
4	"	"	"	"	"	"	FFD 102, S 36/18	85	7	5	2	Abb. 5.
5	52,474	"	"	570	"	930	P 1290, P 35/17	25	4	5	1	Abb. 6.
6	"	"	"	"	"	"	D 304, S 35/17	40	6	6	—	0,93 m vor einem gelockerten Stoß.
7	"	"	"	"	"	"	P 850, P 37/20	40	4,5	5	0,5	
8	"	"	"	"	"	"	FFD 102, S 36/18	85	7	5,5	1,5	Abb. 7.
9	52,475	"	"	541	"	330	P 1290, P 35/17	25	6,5	6,5	—	Abb. 8.
10	"	"	"	"	"	"	D 304, S 36/18	40	7	7	—	0,33 m vor einem gelockerten Stoß.
11	"	"	"	"	"	"	P 850, P 35/17	35	5,5	6,5	1	
12	"	"	"	"	"	"	FFD 102, S 36/18	85	8	11	3	Abb. 9.
13	"	"	"	im Stoß	"	—	P 1290, P 35/17	20	6	10	4	Abb. 10.
14	"	"	"	"	"	—	D 304, S 36/18	50	8,5	12	3,5	Im gelockerten Stoß.
15	"	"	"	"	"	—	P 850, P 37/20	25	7	9,5	2,5	
16	"	"	"	"	"	—	FFD 102, S 36/18	85	8,5	9,5	1	Abb. 11.
17	"	"	"	541	"	330	P 1290, P 35/17	30	7,5	10	2,5	Abb. 12.
18	"	"	"	"	"	"	D 304, S 36/18	45	9	11	2	0,33 m hinter einem gelockerten Stoß.
19	"	"	"	"	"	"	P 850, P 37/20	35	9	12	3	
20	"	"	"	"	"	"	FFD 102, S 36/18	85	9	8,5	0,5	Abb. 13.
21	52,476	"	"	655	"	1400	P 1290, P 35/17	30	4	6	2	Abb. 14.
22	"	"	"	"	"	"	D 304, S 36/18	40	4	6,5	2,5	1,40 m hinter einem gelockerten Stoß.
23	"	"	"	"	"	"	P 850, P 37/20	30	4	6	2	
24	"	"	"	"	"	"	FFD 102, S 36/18	85	5	7	2	Abb. 15.
25	52,250	"	"	"	1932	17000	FFD 102, S 36/18	75	3,0	2,5	0,5	Abb. 16.
26	"	"	"	"	"	"	P 1276, P 35/17	35	3,5	3	0,5	17,00 m vor einem festen Stoß.
27	"	"	"	"	"	"	Leig 5996, P 35/17	20	3,0	2,5	0,5	
28	52,333	"	"	im Stoß	"	—	P 1290, P 35/17	35	3,5	2,5	1	Im festen Stoß.
29	"	"	"	"	"	—	D 304, S 36/18	45	2	2	—	
30	"	"	"	"	"	—	P 850, P 37/20	40	3	2,5	0,5	Abb. 17.
Bettungsstoff Kies, alt. — Entwässerung des Planums mangelhaft.												
31	Remagen—Adenau 1,318	6d E 1900	—	680	1929	im Stoß	P 2044, Gt 46/17	30	10	11	1,0	Loser Stoß.
32	"	"	—	"	"	"	P 2050, Gt 46/17	30	11	11,5	0,5	
Kleinschlag und Kies. — Entwässerung schlecht.												
33	Köln—Koblenz 54,035	15c E 1922	—	Doppel-schwellen	1931	im Stoß	D 270, S 36/18	25	10	6,5	3,5	Stoß lose gelagert.
34	"	"	—	"	"	"	P 850, P 37/20	30	10	5,5	4,5	
35	"	"	—	"	"	"	FFD 102, S 36/18	80	10,5	7,5	3,0	
Nr. 36 bis 42 Basaltkleinschlag, neu; Nr. 43 bis 47 Kleinschlag, neu; Nr. 48/49 Steinschlag, neu. — Entwässerung gut.												
36	50,570	K 49 H 1928	1240 55	im Stoß	1931	im Stoß	Leerfahrt Gt 44/17	2	3	6	3	Schlecht gelagerter Stoß.
37	"	"	"	"	"	"	"	4	5	6,5	1,5	
38	"	"	"	"	"	"	"	10	6	8	2	
39	"	"	"	"	"	"	"	60	8,5	8,5	0	

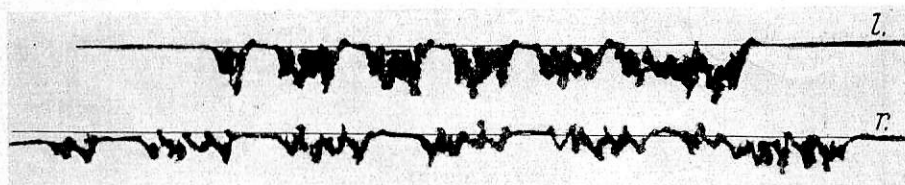
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Laufende Nummer	Gleis km	Oberbauform, Verlegungsjahr	Krümmung H in m Überhöhung h in mm	Schwellenabstand an der Maßstelle zwischen der Mitte der Haken-schrauben mm	Letzte Durch-arbeitung	Abstand der Maßstelle vom Stoß mm	Zug Nr., Lokomotivgattung	Geschwindigkeit km/h	Größte Senkung der Fahr-schienen r. l. Strecken-richtung mm	Größter Unterschied der Senkung mm	Bemerkungen, Hinweis auf die Abb. 4 bis 17	
40	Koblenz—Köln 51,035	K 49 H 1930	Grade	im Stoß	1930	—	P 1243, Lok P 46/19	50	4	4	—	Fester Stoß.
41	„	„	„	„	„	—	D 161, Lok S 36/18	60	3	4	1	
42	„	„	„	„	„	—	FFD 101, Lok S 36/18	85	4	4	—	
43	52,945	15e H 1920	H 700 90	„	1928	—	Leerfahrt, P 35/17	40	9	15	6,0	
44	„	„	„	„	„	—	Lgo 7085, Lok 44/17	50	10	12	2,0	Schlechte Stoß-lage.
45	„	„	„	„	„	—	P 1285, Lok P 35/17	50	8	14	6,0	
46	„	„	„	„	„	—	D 251, Lok S 36/17	60	11	15	4,0	
47	„	„	„	„	„	—	G 6519, Lok S 36/16	50	8	15	7	
48	Köln—Koblenz 52,420	K 49 H 1928	H 750 50	548	1931	450	E 114, Lok P 35/17	—	3	8	5 Lok	Einseitig loser Stoß.
49	„	„	„	„	„	„	FD 264, Lok S 35/17	—	2	6	4 Wag	

weg die linke Schiene, d. h. die nicht überhöhte, stärker absinkt als die überhöhte, nur bei hoher Geschwindigkeit tritt gelegentlich einmal das Gegenteil auf. Das

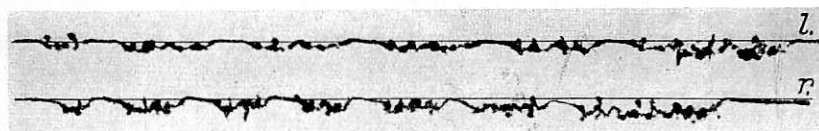
Schlüsse auf den Einfluß des Stoßes auf das Gesamtverhalten des Oberbaues ziehen. Wenn man die Messungen, die in Abstand von 2,21 m, 1,40 m und 0,33 m vor dem Stoß, dann im



Oberbau K 49 $\frac{Br + 45 h}{30}$. Messung VI: 1,40 m hinter dem Stoß.
Abb. 14. P 1290, Lok. P 35.17.



Oberbau K 49 $\frac{Br + 45 h}{30}$. Messung VI: 1,40 m hinter dem Stoß.
Abb. 15. FFD 102, Lok. S 36.18.



Oberbau K 49 $\frac{Br + 45 h}{30}$. Messung VIII: hinter Stoß, 17 m vom Stoß.
Abb. 16. FFD 102, Lok. S 36.18.

Ergebnis entspricht den betrieblichen Verhältnissen, soweit die Geschwindigkeit unter der liegt, für die die Erhöhung ermittelt wurde.

Aus den Messungen 1 bis 24 lassen sich auch noch gewisse

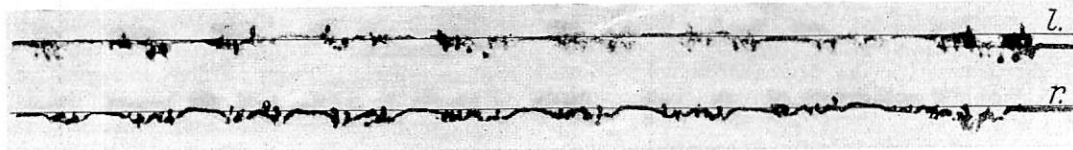
Stoßlage erkannt und beseitigt werden, so hat man die beste Gewähr dafür, daß das Gleis auch dauernd seine gute Lage beibehält. Die Anschauung, daß das Schicksal eines Gleises bereits bei der ersten Verlegung entschieden wird,

Stoß und wieder 0,33 m und 1,40 m hinter dem Stoß betrachtet, so zeigt sich abgesehen von den verhältnismäßig großen Senkungen fast in allen Fällen ein Anwachsen der Durchbiegungen nach dem Stoß hin. Vergleicht man hiermit die Messungen 25 bis 30, bei denen 17 m vor einem fest gelagerten Stoß gemessen wurde, ferner die Messung 40 bis 42 (im Stoß-Gerade), wobei in diesem Stoß selbst gemessen wurde, so ergibt sich ein ganz anderes Bild. Die Durchbiegungen mitten in der Schiene und im Stoß unterscheiden sich der Größe nach überhaupt nicht. Sie betragen höchstens 4 mm und der Höhenunterschied der beiden Schienen übersteigt nicht 1 mm. Der gelockerte Stoß beeinflusst also auch die anstoßenden Schienen. Es ergibt sich hieraus die große Bedeutung, die die Behandlung der Stöße sowohl bei der Verlegung neuen Oberbaues als bei der Gleispflege zukommt. Sorgt man dafür, daß die Stöße einwandfrei verlegt werden und daß auch die geringsten Unregelmäßigkeiten in der

erhält ihre besondere Bedeutung in bezug auf die Lage der Stöße.

Im ganzen haben die Untersuchungen gezeigt, daß die Senkungen gut unterhaltener Gleise unter dem Einfluß des rollenden Rades auch mit größten Achslasten verhältnismäßig gering sind. Dasselbe gilt von den Unterschieden der Senkungen

die Stöße auf die Gleislage und damit auch auf den Unterhaltungsaufwand ausüben, zeigt, wie berechtigt die Forderung nach Beseitigung oder wenigstens weitgehendster Beseitigung der Stöße ist. Wenn trotz einer derartig guten Gleislage größere Schwankungen der Wagenkästen auftreten, so muß das in erster Linie darauf zurückgeführt werden, daß die



Oberbau K 49 $\frac{Br + 45 h}{30}$. Messung VII: im Stoß, gut liegender Stoß.

Abb. 17. P 850, Lok. P 37.20.

der beiden Schienen eines Gleises, die in guten Gleisen in der Regel nicht über 2,5 mm gingen.

Die Lage derartiger Gleise kommt in bezug auf die Unregelmäßigkeiten in der Höhenlage dem Zustand sehr nahe, der überhaupt erreichbar sein dürfte, wenn auf elastische Lagerung des Gleises Wert gelegt wird. Der Einfluß, den

Wagenfederung nicht so arbeitet, wie es erwünscht ist. Das zeigt auch die Erfahrung. Bei den neueren Wagenkonstruktionen wie den sogenannten FD-Zugwagen und neueren Eilzugwagen sind tatsächlich auf einwandfrei unterhaltenen Strecken nur ganz geringfügige Unregelmäßigkeiten im Lauf festgestellt.

Rundschau.

Allgemeines.

Die „Kombeins“ bei den Eisenbahnen der Sowjetunion.

Bei einer Konferenz der Wissenschaftlich-Technischen Gesellschaft für das Eisenbahnwesen der Sowjetunion, die vor kurzem in Moskau stattgefunden hat, wurde unter anderem auch ein Lichtbildervortrag über die „Eisenbahnkombeins“ der Union gehalten, bei dem der Leiter der Kombeinabteilung des Volkskommissariats für Verkehrswesen zum ersten Male Näheres über diese Einrichtungen bei den Sowjetbahnen brachte.

Als „Kombeins“ werden in der Sowjetunion Zusammenstellungen von Maschinen größerer Leistungsfähigkeit zu einer Einheit bezeichnet behufs Durchführung bestimmter technischer Aufgaben, z. B. Schwellenauswechslung auf maschinellm Wege. Sie sollten vorläufig bei den Eisenbahnen und in der Landwirtschaft zur Einführung gelangen und später auch auf andere Betriebszweige ausgedehnt werden*). Für die Konstruktion der Eisenbahnkombeins wurden folgende Grundsätze aufgestellt: a) Ununterbrochenes Arbeiten während des Fahrens auf dem Gleis. b) Selbsttätiges Arbeiten jeder einzelnen Maschine. c) Durchführung der Arbeit ohne besonderen Motor, also Antrieb der Arbeitsmaschine von den Wagenrädern aus.

Zunächst plant man die Aufstellung folgender Kombeins: Gleiskombeins für die Ausführung von Bahnunterhaltungsarbeiten, wie Entwässerung und Ebnen des Unterbauplanums, Neuerstellung und Wiederherstellung von Bahngräben, Schwellenauswechslung, Ausheben, Ausrichten und Unterstopfen des Gleises. Dann Gleisbaukombeins für durchgehende Auswechslungsarbeiten bei bestehenden Gleisen und für Gleisverlegungen auf Neubaustrassen, Brückenkombeins für Brückenherstellungs- und -auswechslungsarbeiten, Bettungskombeins für Beschaffung von Kies und Sand für die Gleisbettung, Schneekombeins für die Beseitigung und Abfuhr von Schnee, sowie einige andere Kombeins, deren Geheimhaltung auf Verwendung für militärische Zwecke schließen läßt**).

Der Gleiskombein für Bahnunterhaltungsarbeiten besteht aus drei von je einer Lokomotive bedienten Zügen. Der erste Zug enthält nachfolgende, auf Spezialwagen aufgebaute Maschinen zur Durchführung der Verbesserung und Entwässerung des Unterbauplanums. Eine Maschine, welche die Aufgabe hat,

bei schlechtem, nassem, daher zu Frostaufzügen neigendem Untergrund zu beiden Seiten des Gleises in 1,5 bis 2,0 m Tiefe für den Wasserabzug einen Graben von 20 bis 30 cm Weite herzustellen und diesen, wenn erforderlich, mit Reißigfaschinen auszufüllen. Es gelangt hierbei ein Verfahren zur Anwendung, das sich schon bei Grundentwässerungsarbeiten in anderen Ländern gut bewährt hat und darin besteht, daß ein messerartig ausgebildetes, in das Unterbauplanum bis zur gewünschten Tiefe reichendes zylindrisches Rohrstück dem Gleis entlang gezogen wird. Eine zweite Maschine hat das Unterbauplanum zu ebnen und Wassersäcke zu beseitigen, eine dritte endlich hat in Einschnitten die Reinigung der verschlammten oder verwachsenen Bahngräben zu besorgen.

Der zweite Zug der Gleiskombeins ist zusammengestellt aus Maschinen für die Auswechslung von schadhafte Schwellen und je einer Maschine für das Ausheben und Unterstopfen des Gleises. Erstere Maschinen arbeiten immer paarweise, so daß von jedem solchen Paar die eine Maschine die schlechten Schwellen entfernt, die andere die Ersatzschwellen einbaut. Der ersten Maschine ist ein Wagen zur Aufnahme der ausgebauten alten Schwellen, der zweiten ein mit den einzubringenden neuen Schwellen beladener Wagen beigegeben, so daß die beiden Wagen zwischen den Maschinen eingereiht sind. Ein Zug besteht in der Regel aus zwei solchen, aus vier Teilen zusammengesetzten Wagengruppen. Bei der Arbeit wird das Gleis im Mittelteil der mit einem Förderbande ausgestatteten Maschine angehoben, so daß die Schwellen freiliegen, dann werden diese nach Herausziehen der Schienennägel von zangenartigen Teilen des Bandes erfaßt, unter den Schienen hervorgezogen, zu dem benachbarten Schwellenwagen gebracht und dort abgeladen; sodann wird das Gleis wieder herabgelassen. Nun beginnt die Arbeit der zweiten, der Schwellenverlegemaschine. Das Gleis wird neuerdings angehoben. Die Greifer des Förderbandes entnehmen dem zweiten Schwellenwagen die einzubauenden neuen Schwellen, bringen sie vor und ziehen sie an den von den ausgebauten Schwellen leergebliebenen Stellen ein, worauf nach Einschlagen der Schienennägel das Gleis wieder herabgelassen wird. Schließlich wird das Gleis von den zwei nachfolgenden Maschinen auf die richtige Höhe gehoben, die Schwellen werden unterstopft.

Der dritte Zug des Gleiskombeins besteht aus Maschinen für das Ausrichten des Gleises, für das Stampfen des Bettungsmaterials zwischen den Schwellen und für das Profilieren des Bettungskörpers.

Diese drei Züge befahren mit durchschnittlich 5 km Stunden-geschwindigkeit nacheinander das durchzuarbeitende Gleis.

*) Der Ausdruck wäre also etwa mit „Maschineneinheiten“, „Maschinensätze“ zu übersetzen. Die Schriftleitung.

**) Maschinelle Einrichtungen für gewisse Bahnunterhaltungsarbeiten sind bekannt und auch bei anderen Eisenbahnverwaltungen, insbesondere auch bei der DRG. in Verwendung.

Zwischen dem ersten und zweiten, bzw. dem zweiten und dritten Zuge verkehren mit etwa 10 km Stundengeschwindigkeit Züge mit Bettungsmaterial, zu dessen Verteilung besondere Wagen dienen. Diese Wagen, von welchen bisher vier verschiedene Typen schon längere Zeit in Verwendung stehen, sind normale Plattformwagen, auf welchen acht kastenförmige Behälter in zwei Längsreihen zu je vier Stück angeordnet sind. Zwischen diesen zwei Behälterreihen befinden sich keilförmige Vorrichtungen, die durch Drahtseile von der Lokomotive aus in der Fahrtrichtung vorgezogen, die Behälter an ihren inneren Seiten so weit aufheben, daß sie sich nach selbsttätiger Öffnung des Verschlussriegels der äußeren umklappbaren Seitenwand vollkommen entleeren können.

Der zuerst aufgeführte Gleiskombein für Bahnunterhaltungszwecke soll bei den durchgeführten Probearbeiten sehr gute Ergebnisse gezeigt haben. Seine Stundenleistung beträgt 5 km und soll der Leistung von 3000 Arbeitern gleichkommen, aus welcher Angabe man gegenüber der bisherigen Handarbeit eine jährliche Ersparnis von 30 Mill. Rubel errechnet hat.

In Erprobung steht derzeit noch der Bettungskombein, dessen Arbeit darin besteht, für Bettungszwecke geeignetes Sand- und Kiesmaterial zu gewinnen und zu verladen. Dies geschieht mittels eines besonderen Becherrades, aus dem der gewonnene Bettungstoff entnommen und mittels eines Förderbandes zu den früher beschriebenen Verteilungswagen gebracht wird. Auch die Erprobung dieses Kombeins soll sehr gut ausgefallen sein.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Eine neue Eisenschwelle.

Nach dem gegenwärtigen Stande der Erfahrung kann über die bisher eingeführten Eisenschwellen folgendes festgestellt werden:

1. Die bisher verwendeten Schwellen mit gestanzten Löchern haben den Mangel, daß beim Stanzen der Löcher in den Lochrändern feine Haarrisse entstehen, die sich infolge der Betriebsbeanspruchungen weiter ausdehnen und bald zur vorzeitigen Zerstörung der Schwelle führen. Die Korrosion ist in der Umgebung der gestanzten Löcher infolge der Kaltverformung und der Haarrisse sehr groß. Das gilt nicht nur für die alten Schwellenformen der Vorkriegszeit. Auch bei den verbesserten Schwellen des im

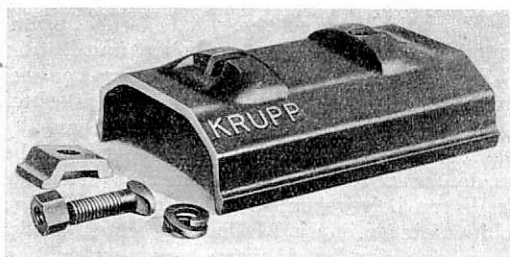


Abb. 1.

Jahre 1925 eingeführten Reichsbahn-Oberbaues B haben sich trotz kräftiger Ausrundung der Lochecken schon jetzt zahlreiche, von den Löchern ausgehende Risse und Brüche gezeigt.

2. Auch die seit einigen Jahren von der Deutschen Reichsbahn in großem Umfange eingeführten Schwellen mit aufgeschweißten Rippenplatten sind noch nicht in allen Teilen einwandfrei. Während sich bei diesem Oberbau die Schienenbefestigung selbst als vorteilhaft erwiesen hat, sind neuerdings gegen die Schweißverbindung zwischen Rippenplatte und Schwelle verschiedentlich Bedenken aufgetaucht.

Es lag daher nahe zu versuchen, eine Schwelle zu entwickeln, die alle Vorzüge der neuen Rippenplattenbefestigung beibehält, die Nachteile der gelochten Schwelle aber vermeidet. Auf Anregung und unter Mitarbeit des Reichsbahn-Zentralamtes für Bau- und Betriebstechnik hat die Firma Krupp eine derartige Eisenschwelle durchgebildet. Bei dieser Schwelle wird die Decke um einige Millimeter dicker gewalzt als die Schwelle Sw 7 mit aufgeschweißten Rippenplatten. Aus dieser kräftigen Decke werden zur Begrenzung

Die anderen, eingangs angeführten Kombeins sind erst in Konstruktion begriffen.
Ing. L.

Motorräder für Schiene und Straße.

In Zusammenarbeit mit dem Studienbureau für Eisenbahnmateriel der Genietruppen hat die französische Firma Aleyon eine Ausrüstung geschaffen, die gestattet, zwei Motorräder in Gleisspurweite starr nebeneinander zu kuppeln und so als Draisine zu fahren. Die Motorräder tragen zu diesem Zweck besondere kleine Führungsrollen mit Spurkranz, die auf die Schienen herabgelassen werden und nur zur Führung im Gleis dienen, während Last, Antrieb- und Bremskräfte wie auf der Straße unmittelbar vom Luftreifen auf die Schiene übertragen werden. Nach „Génie civil“ vom 1. April ist auch ein Motorrad mit Seitenwagen für den Übergang auf das Gleis konstruiert worden, und zwar sind dafür im Gegensatz zur erstgenannten Einrichtung die Führungsrollen durch durchgehende Achsen verbunden und bilden die eigentlichen Triebräder; das Motorrad-Beiwagen-Aggregat wird auf dieses „Fahrgestell“ aufgesetzt und treibt mit besonderer Kette dessen Hinterachse an, Bremstrommeln sitzen auf beiden Achsen. Das Aggregat kann dank der Umkehrbarkeit des Drehsinnes seines Zweitaktmotors vorwärts und rückwärts in allen drei Geschwindigkeiten laufen, was auf dem Gleis sehr wertvoll ist. — Bei beiden Modellen werden die für Gleisfahrt benötigten Bestandteile auf dem Motorrad selbst mitgeführt, die Abänderung für die eine oder andere Benützungart dauert rund 5 Min. Schweiz. Bauz.

des Schienenaufagers zwei Hohlrippen warm herausgepreßt, die allmählich in die Seitenschenkel übergehen, die Tragfähigkeit der Schwelle am Schienenaufleger erhöhen, den Schienenfuß beiderseits führen und die Köpfe der Hakenschrauben aufnehmen. Unterlegplatten sind daher nicht erforderlich.

Der Werkstoff wird durch die Warmbearbeitung nicht ungünstig beeinflusst. Die dickere Schwellendecke bietet Gewähr für eine lange Lebensdauer der Schwelle, namentlich auch in Gegenden mit starker Rostbildung.

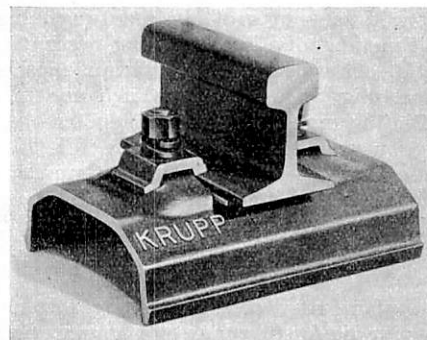


Abb. 2.

Der Hohlraum der gepreßten Rippen dient zur Aufnahme des Hakenschraubenkopfes; er ist in seinem oberen Teil der Kalottenform des Schraubenkopfes angepaßt. Die Schraube wird durch ein in der Schwellenachse anzubringendes Loch eingeführt, das z. T. in der äußeren Rippenwand, z. T. in der Schwellendecke liegt. Durch diese Lage in zwei verschiedenen Ebenen wird erreicht, daß das Loch wesentlich kürzer sein kann als der Schraubenkopf, der nach dem Einsetzen in bekannter Weise um 90 Grad gedreht und etwas angehoben wird. Das Loch ist senkrecht zur Längsachse nur um 2 mm breiter als der Schraubenkopf, so daß die Schwächung des Schwellenquerschnittes sehr gering ist. Abgesehen davon wird das Loch gebohrt und mit einem Halbmesser gleich der halben Lochbreite ausgerundet, so daß eine Rißbildung vollkommen ausgeschlossen ist. Durch das eingebohrte Loch wird die Haltbarkeit der Schwelle daher nicht beeinträchtigt, zumal die Lochwandung im Gegensatz zu den bisherigen Schwellenarten keinen Seitendruck zu übertragen braucht und die innerhalb der Rippen liegende Schraube nur auf Zug beansprucht wird. Die seitliche Führung der

Schiene und die Übertragung aller Seitenkräfte auf die Schwelle wird ausschließlich von den Rippen übernommen.

Wie bereits erwähnt, ist der Schraubenkopf kalottenförmig ausgebildet und in seinem mittleren Teil nach oben etwas verstärkt. Infolge dieser günstigen Form wird die Schraube sich stets richtig einstellen, so daß der Kopf immer mit seiner ganzen oberen Fläche voll an der Rippendecke anliegt.

Für das Auflager des äußeren Klemmplatzenschenkels wird

in die schräg abfallende äußere Rippenwand eine Kammer eingepreßt. Die Klemmplatte kann daher auch bei den Wanderbewegungen der Schienen ihre Lage auf der Schwelle nicht verändern und wird unter der verspannenden Wirkung der Federringe dem Wanderschub stärksten Widerstand entgegensetzen. Auch für die Schraube bietet diese Kammer den weiteren Vorteil, daß durch sie seitliche Beanspruchungen der Schrauben die Längsbewegungen der Schienen verhindert werden.

Lokomotiven und Wagen.

Verbreiterung der Umgrenzungslinie für Fahrzeuge bei den Italienischen Staatsbahnen.

Die Umgrenzungslinie für Fahrzeuge der Regelspurbahnen des europäischen Festlandes wurde vor kurzem durch internationale Vereinbarung von 3100 auf 3150 mm Breite vergrößert. Gelegentlich der hierdurch veranlaßten Streckenumbauten gingen die italienischen Staatsbahnen noch einen Schritt weiter und verbreiterten zwischen 370 und 3250 mm über Schienenoberkante die Umgrenzung auf 3200 mm. Die obere Begrenzungslinie ist polygonal mit zweimaligem Knick bis zum Scheitel und auch unten geht die italienische Umgrenzung etwas über die internationale hinaus. Diese Vergrößerung wurde bereits bei Neubauten von Drehgestell-Personenwagen aus Stahl nutzbar gemacht. Man konnte diesen Wagen eine um 2,17 m größere Länge zwischen den Stirnwänden geben, so daß diese nunmehr 21,87 m (23,21 m über Puffer) beträgt. Die äußere Breite der Wagen ist 2,928 m. Durch die Verlängerung wurden gewonnen in der 1. Klasse sechs, in der 2. und 3. Klasse acht Sitzplätze; außerdem konnten die Abteile 2. Klasse um 30 mm, jene der 3. Klasse um 59 mm verbreitert und unter Beibehaltung des Seitenganges von 700 mm lichter Weite die Abteile 2. Klasse um 45 mm, jene der 3. Klasse um 80 mm verlängert werden. Die neuen Wagen 3. Klasse mit Mittelgang und offenen Plattformen, weisen bei 14,274 m Länge zwischen den Stirnwänden (16,8 m über Puffer) 90 Sitzplätze auf, das ist um die Hälfte mehr als die bisherigen Wagen für die schmale Umgrenzung. Die neuen Güterwagen werden wegen ihrer Freizügigkeit über die Staatsgrenzen hinaus für eine Breite der Umgrenzung von 3150 mm gebaut. Sie weisen gegenüber der alten Ausführung größeren Rauminhalt auf. Bei den Kühlwagen ist es nun möglich, die Isolierung besser zugänglich anzubringen.

Nach den jetzt gültigen technischen Vereinbarungen darf ein Wagen in der 250 m-Kurve 75 mm seitlich über die Umgrenzungslinie hinausragen. Nachdem die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeiten die Beseitigung der scharfen Kurven verlangt, wird empfohlen, diese 75 mm in der 300 m Kurve zuzulassen. Damit wäre es möglich ohne Verbreiterung der Umgrenzung über 3150 mm hinaus die Personenwagen um mehr als 2 m zu verlängern oder bei der bisherigen Länge um mehr als 50 mm zu verbreitern. Sollten die internationalen Untersuchungen in dieser Richtung zu einem positiven Ergebnis führen, so haben die italienischen Staatsbahnen durch Zulassung von 3200 mm Profbreite für ihr Netz der Entwicklung vorgearbeitet und ihre neuen Personenwagen können auch im zwischenstaatlichen Verkehr laufen.

Sehn.

(Riv. tecn. Ferr. Ital.)

Güterwagen als Rangierschlepper.

Um auf einfachstem Weg in Industriebetrieben und Werkstatthöfen die Verschiebung von Wagen vornehmen zu können, ohne dazu eine eigene Lokomotive zu beschaffen oder die Lokomotive der Eisenbahn heranziehen zu müssen, werden nach einem Vorschlag von Schiemann der SSW Antriebseinrichtungen hergestellt, die an ausgemusterten oder sonst entbehrlichen Güterwagen leicht anzubringen sind. Der Antrieb ist elektrisch unter Verwendung eines Sammlers.

Die Einrichtung besteht aus einem 10 kW-Hauptstrommotor, Vorgelege, Kettenrad, Getriebepremse, Fahrschalter und Anfahrwiderständen, die an einem Tragblech vereinigt sind. Zur Gesamtausrüstung gehört ferner noch die Batterieaufhängung, ein Fußtritt als Führerstand, ein großes Kettenrad zum Antrieb einer Achse und die Kette. Um einen gewöhnlichen Güterwagen in ein Schlepzeug umzuwandeln ist nur das Tragblech des Aggregates, die Flacheisenhalter des Fußtrittes und die Sammleraufhängung unter dem Wagen an den Längsträgern zu befestigen, das große Kettenrad auf die zur Laufachse bestimmte Achse zu setzen, die Kette aufzulegen und der erforderliche Ausschnitt für den Führerstand vorzunehmen. Natürlich kann der Sammler auch auf die Plattform des Wagens gestellt werden, wenn letztere nicht ganz zum Tragen von Lasten ausgenutzt zu werden braucht.

Bei dem üblichen Laufraddurchmesser der Güterwagen von 1000 mm und der vorgesehenen Übersetzung von 1:30 hat das Fahrzeug eine Zugkraft von 610 kg und entwickelt dabei eine Geschwindigkeit von etwa 5 km/h. Diese Geschwindigkeit ist für den Rangierdienst in Werkhöfen vollkommen ausreichend. Das Fahrzeug ist dabei in der Lage, ein Anhängengewicht von rund 100 t in der Waagerechten zu schleppen, das etwa vier beladenen Güterwagen zu 25 t oder 10 leeren Wagen entspricht. Kurzzeitig kann es noch größere Lasten ziehen, da der Hauptstrommotor erheblich überlastbar ist.

Die Größe des Sammlers, der in allen Fällen 80 Zellen und demgemäß eine Betriebsspannung von 145 Volt hat, kann nach den jeweilig vorliegenden Verhältnissen bemessen werden. Für die üblichen Anforderungen kommen die Größen 4 Ky 225, 5 Ky 225 und 6 Ky 225 der Akkumulatorenfabrik A. G., Berlin-Hagen, in Frage. Diese Sammler haben eine fünfständige Kapazität von 160, 200 und 240 Ah bzw. 23, 29 und 35 kWh. Auch größere Stromspeicher lassen sich in besonderen Fällen verwenden.

Neuerdings wird auch eine halb so große Antriebsvorrichtung gebaut, die für viele Betriebe ausreicht, in der Anschaffung auch nur ungefähr halb so teuer ist und nur die Hälfte der Betriebskosten verursacht.

Verschiedenes.

Tagung der Vereinigung von höheren technischen Reichsbahnbeamten.

Die diesjährige Tagung der Vereinigung von höheren technischen Reichsbahnbeamten (Vereitech) fand am 3. und 4. November in Berlin anlässlich des 25jährigen Bestehens als achte wissenschaftliche Tagung unter Vorsitz von Reichsbahnoberrat Frorath statt. Die Vorträge waren dem „Schnellverkehr bei der Reichsbahn“ gewidmet. Direktor der DRG Dr. Ing. e. h. Leibbrand hielt einen Vortrag über das Thema „Geschwindigkeitssteigerung auf der Schiene“. Der Gesamtaufwand für eine Reise von Tür zu Tür ist ausschlaggebend für die Wahl eines Verkehrsmittels. 1. Bei dieser „subjektiven Reisegeschwindigkeit“ sprechen neben der Reisedauer des Verkehrsmittels die Zugdichte und die richtige Lage der Züge, die dem Reisenden

gebotene Bequemlichkeit zur Ausnutzung der Reisezeit im Zuge, die Lage des Bahnhofs am Ausgangs- und Zielpunkt der Reise mit. Das wichtigste Mittel zur Kürzung der Reisedauer ist die Steigerung der Fahrgeschwindigkeit, wofür aber Fahrzeuge und Fahrbahn vollkommener werden müssen. Bei den Geschwindigkeiten über 100 km/h ist der Fahrwiderstand auf der Strecke im wesentlichen nur noch vom Luftwiderstand abhängig, der mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst. Die erforderliche Maschinenleistung wächst fast mit der dritten Potenz der Geschwindigkeit. Beim Hamburger Triebwagen entfallen $\frac{7}{8}$ des Kraftverbrauchs auf die Überwindung des Luftwiderstandes. Kurze Fahrzeiten erfordern auch schnelles Anfahren d. h. hohe Beschleunigung des Zuges. Auch aus diesem Grunde müssen Schnellverkehrsmittel über hohe Maschinenstärken oder über vorübergehend stark überlastbare Maschinen

verfügen. Hier befriedigt unter den Betriebsmitteln allein der elektrische Antrieb mit Stromzuleitung, der aus dem Kraftwerk jederzeit die nötige Energie entnehmen kann. Neuerdings wird seitens der SSW der Gedanke der Ergänzung der Motorleistung durch einen Kraftspeicher verfolgt, wobei zwischen Generator und Elektromotor ein Stromspeicher parallel zum unmittelbaren Stromkreis Generator-Motor geschaltet ist. Nicht minder wichtig wie hinreichende Kraftquellen ist die Verminderung des Widerstandes durch Leichtbau, Stromlinienform, gute Kurvenläufigkeit, Roll-lager. Höchste Bedeutung hat die Verbesserung der Bremswirkung, weniger für den Zeitgewinn, als für Kürzung des Bremsweges aus Sicherheitsgründen. Für eine wirksame Bremsung muß die Reibung unter Vervollkommen der einfachen Luftdruckbremse voll ausgenutzt werden. Auch sind Zusatzbremsen wie die Schienenmagnetbremse und Einrichtungen zur Ausnutzung des Luftwiderstandes einzubauen. Bei sehr hohen Geschwindigkeiten muß eine durchschnittliche Bremsverzögerung von 2 m/sec^2 erreicht werden, um auf Bremswege von 700 m im Höchsfalle zu kommen. 2. Im engen Zusammenhang mit dem Bremsproblem steht die Frage der Speicherung und Ausnutzung der Bremsenergie durch einen Speicher.

Für die Anfahrbeschleunigung ist das Verhältnis Gesamt-zuggewicht: Reibungsgewicht von Bedeutung. Nur der Triebwagen kann der Forderung einer Anfahrbeschleunigung bis zu 2 m/sec^2 entsprechen, weil bei ihm dieses Verhältnis = 2 sein kann. Wie hierbei erwähnt wurde, haben die Niederländischen Bahnen einen dreiteiligen symmetrischen Zug mit Führerstand an jedem Ende eingeführt, bei dem sich in der Mitte der Triebwagen, vor und hinter diesem ein Personenwagen mit stromlinienförmiger Stirnwand befindet.

Der Schienenweg läßt auch in seiner heutigen Form schon sehr hohe Geschwindigkeiten zu. Dies gilt auch für die Kurven, die mit einer Überhöhung bis zu 150 mm ausgeführt werden könnten und bei denen die Geschwindigkeiten nach der Formel $V^2 = 25 R$ statt wie jetzt $= 16 R$ zugelassen werden können. Durchgehende Schienenschweißung ist erwünscht, aber erst ausführbar, wenn die Spannungen in der Schiene durch Temperatureinfluß und Schienenwanderung voll beherrscht werden.

Ferner wurde auf den Einsatz der Schnellfahrzeuge im Betrieb eingegangen. Die Lokomotive hat den Wagenladungs-Güterverkehr mit Ausnahme des Stückgutkleinverkehrs und den Fern-Personenverkehr zu bewältigen. Die Schnellzuglokomotive in Stromlinienform wird auf den Hauptbahnen mit 150 km/h und mehr, auf den Nebenbahnen bis zu 100 km/h fahren. Dem Triebwagen fällt der Rest des Verkehrs zu. Der Gütertrieb-wagen muß sehr geräumig sein, zwischen mehreren zu einer Einheit verbundenen Wagen muß der Austausch der Güter zwischen den Wagen während der Fahrt durchführbar sein. Die eigentliche Aufgabe des Triebwagens aber ist die Ablösung der heutigen Personen- und Eilzüge. Die Hauptform des Triebwagenszugs für starken Verkehr wird im allgemeinen ein mehrteiliges Fahrzeug mit 150 bis 250 Sitzplätzen, mit Gepäckraum, Aborten und, soweit nötig, mit Postabteil sein. Bei Fernwagen wird gegebenenfalls ein Erfrischungsraum eingebaut. Im Fernverkehr wird die Höchstgeschwindigkeit 150 bis 180 km/h erreichen; für Wagen des Nahverkehrs genügen 120 km/h, für Nebenbahnen 80 bis 100 km/h. Die Geschwindigkeitssteigerung in Verbindung mit starker Verdichtung der Zugfolge wird selbst bei zahlreicheren Halten die Reisegeschwindigkeit derart steigern, daß auf Nebenbahnstrecken der Zeitverbrauch für eine Reise auf $\frac{1}{4}$ herabgedrückt werden wird. Die Möglichkeit der Vermehrung der Halte ohne Verlängerung der Reisedauer auf einer Strecke ist ein sehr großer Vorteil des Triebwagens. Die Umstellung des größten Teils des innerdeutschen Personenverkehrs auf Triebwagen wird etwa 2 Milliarden Mark erfordern, die sich aber auf viele Jahre erstrecken und die Beschaffung bisheriger Betriebsmittel erübrigen. Die Reichsbahn wird den betretenen Weg der Umstellung weitergehen.

Reichsbahndirektionspräsident Dr. Ing. Remy, Köln sprach zum Thema: „Die Nord-Süd-S-Bahn Anhalter Bahnhof – Stettiner Bahnhof im Rahmen des Großberliner Verkehrsproblems“. Über diese seit Jahrzehnten geplante Verbindung ist dank der Initiative der Reichsregierung das Planfeststellungsverfahren eröffnet. Die innerstädtische Verkehrsentwicklung Berlins verlangt nach einem Schnellverkehrsmittel wie das vorliegende. Mit seiner Verwirklichung hängt der Ausbau des Mühlendammes, die Anlage eines Zentralbahnhofs, die Bewältigung des ständig zunehmenden Autoverkehrs zusammen. Bei letzterem helfen Straßendurchbrüche auf weite Sicht wenig und sind teuer. Für die Reichsbahn ist die Schaffung eines Verbindungsgliedes zwischen den nördlichen und südlichen Vorortbahnen notwendig um dem S-Bahnsystem im ganzen seinen Wert zu erhalten.

Die Mittel zum Schnellverkehr behandelten die Vorträge von Prof. Dr. Ing. W. Reichel „Elektrischer Betrieb“ und von Reichsbahnoberrat Prof. Dr. Nordmann „Dampfbetrieb“. In beiden Fällen wird schon heute den Anforderungen eines Schnellverkehrs genügt. Die elektrische Stromart, Gleichstrom von 1500 bis 3000 V, Wechselstrom von $16\frac{2}{3}$ Hertz, 15000 V oder von 50 Hertz, 20000 V, mit dem Versuche im Gange seien, spielt heute keine Rolle mehr. Betriebssichere elektrische Fahrleitungen als Träger gewichtslos übertragener beliebiger Energiemengen werden für Geschwindigkeiten von 160 km/h hergestellt, vierachsige Lokomotiven von 3000 PS und sechsachsige von 4000 PS bedingungsgemäß geliefert, die noch Überlastungen beim Anfahren und auf Steigungen zulassen. Der beste und leichteste Triebwagen sei immer noch der elektrische, der ohne weiteres für 160 km/h gebaut werden kann. (II. Kl. 115 + III. Kl. 135 = 250 Personen. 900 kW Leistung.)

Prof. Nordmann führte aus, daß der Schnelltriebwagen wohl ein hochwertiges Fahrzeug ist, aber der Schnellzug mit Speisewagen die größte Behaglichkeit nach Sitzraum, ungestörtem Aufenthalt im Abteil und Verpflegung bietet. Da der Verkehrsanfall nicht gleichmäßig ist, werden beliebte, günstig liegende Züge immer besetzt sein, und Leistungen erfordern, die sich im Triebwagen nicht einbauen lassen. Kleine technische Vorteile des Triebwagens werden nicht hindern, daß der normale Schnellzug ein wesentlicher Teil des Schnellverkehrs bleiben muß. Auch schließt der Triebwagen den Dampfbetrieb nicht aus, wie der neue Dampftriebwagen mit Kolbendampfmaschine in Verbindung mit dem selbstregelnden Doble-Kessel zeigt. Eine andere wichtige Neuheit ist der windschnittige Dampftriebzug, der aus einer hochwertigen Tenderlokomotive mit einem Doppelwagen besteht, dessen Wirtschaftsberechnung sehr befriedigt. Erwiesen ist, daß die Dampflokomotive großen Geschwindigkeiten gewachsen ist. So hat schon 1907 eine Maffei-Schnellzuglokomotive 4 D-Zugwagen mit 154 km/h befördert. Die in der Betriebsordnung ausnahmsweise gestatteten 120 km/h könnten sämtliche neuzeitlichen Schnellzuglokomotiven fahren. So hat die einfache Zweizylinder-Regellokomotive (Reihe 03) sich als Ersatzlokomotive für den „Fliegenden Hamburger“ für 140 km/h bei noch recht befriedigendem Lauf als brauchbar erwiesen. Für eine künftige Schnellfahrlokomotive, deren Formgebung an einem Modell 1:20 im Göttinger Windkanal ermittelt wurde, für 160 km/h und einen D-Zug von 250 t, liegt ein endgültiger Entwurf vor. Die Lokomotive erhält die Kesselgröße der jetzigen Lokomotiven und gleichwohl wird die Leistung infolge der Stromlinienform um 380 PS gesteigert, so daß zwei bis drei Wagen mehr mitgenommen werden können. Um den Luftwiderstand zu verringern, ist eine Seitenverbindung zwischen Tender und Gepäckwagen vorgesehen. Die Lokomotive erhält große, gut ausgeglichene Räder, vorderes und hinteres Drehgestell. Die Dampflokomotive kann in ihrem Dienstbereich von der elektrischen nicht übertroffen werden. Man soll also die Dampflokomotive getrost das leisten lassen, was sie leisten kann.

Przygode.