

# Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

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

82. Jahrgang

30. Oktober 1927

Heft 20

## Bau eines Eisenbahndammes durch das Wattenmeer vom Festland nach der Insel Sylt.

(Bahnlinie Niebüll—Westerland.)

Von Direktor bei der Reichsbahn Kümmler und Regierungsbaurat Dr. Pfeiffer.

Am 1. Juni wurde die neuerbaute, auf 11 km Länge durch das Wattenmeer der Schleswigschen Westküste führende Bahnlinie Niebüll—Westerland in Gegenwart des Herrn Reichspräsidenten von Hindenburg in feierlicher Weise dem Verkehr übergeben. Der Wattenmeerdamm erhielt bei dieser Gelegenheit von dem Herrn Generaldirektor der Deutschen Reichsbahngesellschaft Dr. Dorpmüller den Namen »Hindenburgdamm«.

Ähnliche Bauten sind, soweit bekannt, in dem Umfang des Hindenburgdamms noch nicht ausgeführt.

Eine gewisse Ähnlichkeit ist mit dem von der Küste Nordholland zur Insel Wieringen ausgeführten Damm festzustellen, der 2,5 km lang ist, eine Eisenbahn sowie Fahrstraße trägt und einen Teil des allerdings weit größeren in der Ausführung begriffenen Planes zur Abdämmung der Zuider See bildet.

Es besteht ferner ein Plan zur Verbindung der Insel Ceylon mit Indien einen 21 km langen durch eine flache Seestrecke führenden festen Eisenbahndamm zu bauen. Auch dieser geplante Damm wird später dem Hindenburgdamm ähnlich sehen, wenn auch die im Entwurf vorgesehenen Querschnittsabmessungen nur auf einen zu erwartenden geringen Wellenangriff schliessen lassen.

Über die Bedeutung des neuen Eisenbahnweges nach der Insel Sylt für den Verkehr mag auf die Ausführungen in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen Nr. 21 vom 26. Mai 1927 verwiesen werden. Der eingetragenen Ausführung des Hindenburgdamms werden Fachkreise einiges Interesse entgegenbringen.

Zum besseren Verständnis mögen zunächst einige Angaben über das Wattenmeer selbst folgen.

Das Wattenmeer der Schleswigschen Westküste ist durch Senkung alten Festlandsbodens unter den Spiegel der Nordsee entstanden. Die höher gelegenen Teile des Landes blieben als Geestrüden des Festlandes bzw. als Insel zurück. So wurde auch Sylt, das bis nach den Eiszeiten mit dem Festlande in Verbindung stand, zu einer Insel (Lageplan Abb. 1).

Die Gezeiten der Nordsee rufen in dem Wattenmeer regelmäßige Schwankungen des Wasserstandes hervor. Der normale Flutwechsel, d. h. der Unterschied zwischen dem gewöhnlich Hochwasser (Flut) und dem gewöhnlichen Niedrigwasser (Ebbe) beträgt 1,8 m.

Die von der Nordsee alle 12 1/2 Stunden im Süden bei Hörnum und im Norden bei List einlaufenden Flutwellen und wieder zurücklaufenden Ebbewassermengen haben im Laufe der Zeit tiefe Rinnen in den Untergrund eingerissen. In jeder normalen Flut strömen in etwa sechs Stunden 550 Millionen m<sup>3</sup> Nordseewasser in den zwischen der Insel Sylt und dem Festlande liegenden Teil des Wattenmeeres, die bei Ebbe in etwa 6 1/2 Stunden wieder zurückfließen. Bei Weststürmen, bei denen der Wasserstand bis zu 3,5 m über den gewöhnlichen Hochwasserstand ansteigen kann, betragen die ein- und ausströmenden Wassermengen ein Mehrfaches der normalen Wassermenge. Das Wattenmeer bildet dann eine reißende See mit starkem Wellenschlage.

An der schmalsten, 11 km breiten Stelle des Wattenmeeres auf einer von der Halbinsel Nösse (Sylt) nach Osten verlaufenden Linie treffen die von Hörnum und List einlaufenden Flutwellen zusammen. Auf dieser Linie haben die Flutwellen den Untergrund

nur noch in geringem Umfang anzunagen vermocht. Die bei Hörnum und List vorhandenen Seetiefen laufen in diesem Teil des Wattenmeeres zu flachen Rinnen aus. Die hier in Frage kommenden Rinnen werden Osterley, Holländer Loch, Sylter Ley und Wester Ley genannt. Immerhin flossen über diese Linie in jeder normalen Flut noch 28 Millionen m<sup>3</sup> Wasser von Süden nach Norden.

Bei der gegebenen Gestaltung des Wattenmeeres konnte nur diese flache und schmale Stelle des Wattenmeeres für den Übergang der Bahn in Aussicht genommen werden.

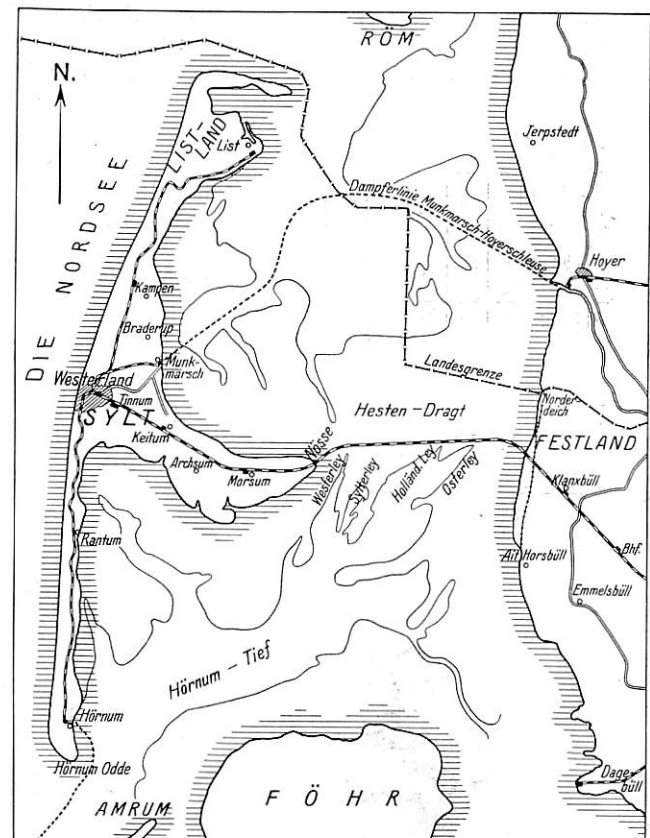


Abb. 1. Übersichtsplan. Maßstab: 1:40000.

Bei gewöhnlich Hochwasser (Flut) sind hier Wassertiefen bis zu 3 m vorhanden, während bei Niedrigwasser (Ebbe) an den tiefsten Stellen nur eine Wassertiefe von etwa 1,0 m besteht und ein großer Teil des Wattenmeeres trockenfällt.

Von der durch die Verhältnisse des Wattenmeeres gegebenen westöstlichen Linie geht die Bahnstrecke in südöstlicher Richtung nach dem Festlande und weiter an den Dörfern Klanxbüll und Emmelsbüll vorbei in fast gerader Richtung nach Niebüll, dem Anschlußpunkt an die sogenannte Marschbahn, die von Hamburg ausgehend nach der Westküste von Schleswig-Holstein verläuft. Vom westlichen Dammende aus schwenkt die Bahnlinie in sanftem Bogen zur Halbinsel Nösse und geht dann an den Dörfern Morsum, Keitum und Tinnum vorbei nach Westerland auf Sylt.

Der Querschnitt des Dammes (Abb. 2) im Wattenmeer ist dem eines nach beiden Seiten kehrenden Seedeiches nachgebildet. Von der Sohle beginnend ist der untere Teil der Böschungen bis zur Höhe +3,0 NN, das ist 2,15 m über gewöhnlich Hochwasser 1 : 1,5 geneigt und mit einer 30 cm starken Basalt-

Mit dem Bau des Bahndammes durch das Wattenmeer wurde im Frühjahr 1923 von der Festlandseite aus begonnen, nachdem zuvor die Festlandstrecke der Bahn von Niebüll bis Klanxbüll fertiggestellt und bei Klanxbüll im Schutze des Seedeiches ein umfangreicher Werk- und Lagerplatz angelegt war.

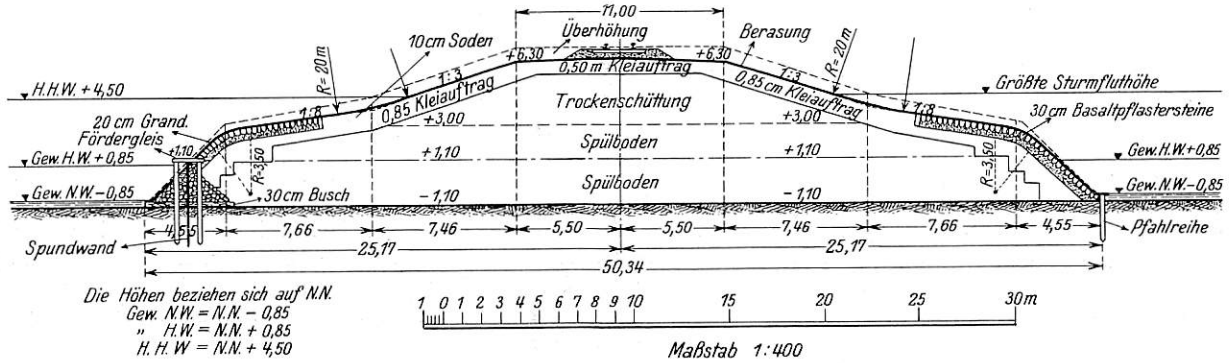


Abb. 2. Damm Festland—Sylt. Mittlerer Querschnitt. Maßstab 1 : 400.

pflasterung auf 20 cm Grandunterbettung gegen Angriffe durch Wellenschlag geschützt. Bis zur Höhe +3,78 NN erhalten die Böschungen eine Neigung 1 : 8. Diese flachen Böschungen sind je nach der Stärke des zu erwartenden Wellenangriffs in 4 bis

Nach dem Entwurf war beabsichtigt, den erforderlichen Boden mit schwimmenden Eimerbaggern aus dem Wattenmeere in Prähme zu baggern und mit Hilfe von Schutzsaugern in Rohrleitungen auf festen Gerüsten in den Dammkörper zu spülen. Der gespülte Boden sollte in Schichten von etwa 1,0 m Höhe zwischen Buschdämmen festgehalten werden. Nur die äußere 1,0 m starke Umhüllung des Dammes sollte aus im Trockenbagger am Festland gewonnen Kleiboden bestehen.

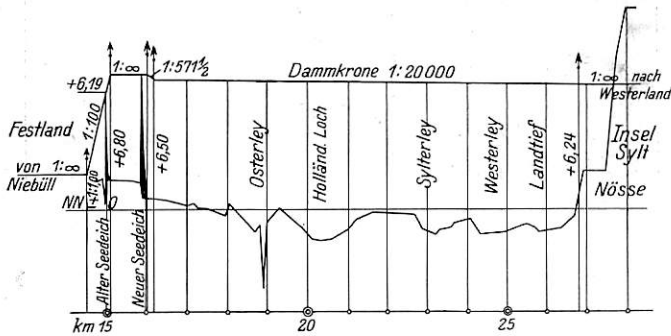


Abb. 3. Längenprofil des Wattenmeerdammes.

Bei der Ausführung stellte sich jedoch heraus, dass die Buschdämme den Wellenangriffen bei Sturm nicht gewachsen waren und dass der durch die Einengung des ersten, vom Festlande zu durchdringenden Seetiefe des sogenannten Osterleys sich verstärkende Flut- und Ebbestrom sehr viel von dem gespülten Boden fortnahm.

Als dann am 30. August 1923 eine heftige Sturmflut, die bis 3 m über gewöhnlich Hochwasser anstieg, eintrat, und von dem eingebrachten Boden große Mengen in wenigen Stunden fortgespült wurden, mußte die bisherige Arbeitsweise endgültig aufgegeben und auf neue Mittel zur Zwangung des Wattenmeeres gesonnen werden.

Nach den bei dieser Sturmflut gemachten Erfahrungen erwies es sich auch als notwendig, die beim Vorbau des Dammes vor Kopf vorhandene und sich mit der Einschränkung der Durchflußöffnung verstärkende Strömung unschädlich zu machen.

Nach verschiedenen Versuchen wurde das im folgenden beschriebene und in den Abb. 4 bis 7 veranschaulichte Bauverfahren zur Ausführung gebracht.

Zunächst wurde an der Südseite des Dammes vom Festlande aus eine hölzerne Spundwand gerammt, die 0,5 m über gewöhnlich Hochwasser ragte und an beiden Seiten mit Pfahlreihen abgestützt wurde.

Es wurde versucht, die Spundwand von Schuten aus mit Granitsteinen einzuschütten. Da es aber bei den ungünstigen Wasserverhältnissen des Wattenmeeres an der Festlandseite nicht möglich war, auf dem Wasserwege die erforderlichen Steinmassen heranzuschaffen, wurde auf den Pfahlreihen ein Gleis von 90 cm Spurweite verlegt, von dem aus die Spundwand unter Verwendung von Stahlmulden-Kippwagen von 2 m<sup>3</sup> Inhalt beiderseitig mit Granitsteinen eingeschüttet wurde (Abb. 4). Zum Steintransport auf der Spundwand wurden eigens für diese Zwecke gebaute Lokomotiven von 30 PS mit nur 7 t Dienstgewicht verwendet, die bis zu 15 beladene Stahlmulden-Kippwagen von 2 m<sup>3</sup> Größe befördern konnten.

Bei dem Durchbauen des Osterley verstärkte sich die Strömung infolge Einschränkung des Durchflußprofils so stark,



Abb. 4. Mit Steinen eingeschüttete Spundwand.

5 m Breite noch mit Basaltplaster geschützt, das bei Sturmfluten das Aufschlagen der überkippenden Wellen aufnehmen kann. Der obere Teil des Dammes erhält 1 : 3 geneigte Böschungen, die mit Grassoden befestigt werden.

Die obere Breite des Dammes ist 11 m, die Sohlenbreite rund 50 m. Die Krone des 11 km langen Dammes (Planum) liegt an der Festlandseite +6,30 NN, das ist 5,45 m über gewöhnlich Hochwasser, oder 2,3 m über der größten Sturmfluthöhe (Längenprofil Abb. 3). Wegen der bei Nösse geringeren Höhe der Sturmfluten fällt die Krone nach Nösse zu auf +6,24 NN ab.

daß vor Kopf der Spundwand Kolke bis zu 7 m Tiefe unter Niedrigwasser entstanden. An Stelle der sonst erforderlichen 4 bis 6 m langen hölzernen Spundbohlen mußten hier eiserne Spundbohlen bis zu 12 m Länge verwendet werden.

Wegen der starken Auskolkungen in Osterley war es im Jahre 1924 nur möglich, die Spundwand auf 3 km Länge vom Festlande aus vorzutreiben.

Es wurden bei diesen Arbeiten aber genügende Erfahrungen gesammelt, um den Bau der Spundwand im Jahre 1925 auch von der Inselfeite aus beginnen zu können. Wenn beim Weiterbau der Spundwand die Strömung vor Kopf so stark wurde, daß Anskolkungen des Wattbodens ähnlich wie bei dem Osterley zu entstehen drohten, wurden in der Spundwand Wehröffnungen offen gelassen, durch welche die Flut- und Ebbeströmungen nach Sicherung der Wattsohle durch eine bis auf Niedrigwasser geschlagene Spundwand und durch starke Steinschüttungen unschädlich hindurch gelassen wurde. Die Wehröffnungen erhielten je nach der Stärke der Strömung 50 bis 200 m Länge. Durch dieses Verfahren gelang es, die von beiden Dämmen nach der Mitte zu gerammten Spundwände schnell vorwärts zu treiben, ohne daß gefährliche Auskolkungen entstanden.

Am 15. September 1925 wurden die vom Festland und von der Insel vorgetriebenen Spundwände zusammengeschlossen. Es waren in sechs Monaten 8000 m Spundwand gerammt. Als beste Tagesleistungen wurden auf jeder Baustelle 40 m Spundwand geschlagen und verzimmert. Die Steinschüttung mußte dem Vorbau der Spundwand unmittelbar folgen, weil sonst bei Einsetzen von Sturm die ungesicherten Spundwandteile umgeschlagen wären.

Zur Einschüttung der Spundwand wurden 120 000 t Granitschüttsteine eingebracht. Nach der Inselfeite wurden die Steine von Husum aus auf dem Wasserwege zu einer Landebrücke gebracht, an welcher sie mit zwei Portaldampfdrehkränen von 2,5 t Nutzlast in Kippwagen verladen und mit Lokomotiven zur Spundwand gefahren wurden.

Nach dem Schließen der Spundwand wurden die Wehröffnungen mit Schütztafeln geschlossen und ebenfalls mit Steinen eingeschüttet.

Der mit Steinen eingeschüttete Spundwanddamm bildete einen festen Wall, an dem sich die bei Sturm anrollenden Wellen brachen und der auch bei Überströmung durch Sturmfluten unbeschädigt blieb.

Im Schutze des Spundwanddammes wurden die unteren Schichten des Dammes im Spülbetriebe eingebracht. Der erforderliche Boden wurde mit Nafsbaggern an der Südseite des Dammes aus dem Watt gebaggert und zwar wurden drei schwimmende Eimerbagger mit zusammen 1300 m<sup>3</sup> stündlicher Leistungsfähigkeit angesetzt, die den Boden in Spülprähme baggerten. Diese wurden mit Schleppdampfern zu zwei an festen Gerüsten liegenden Spülern (Schutensaugern) mit Maschinen von je 1800 PS geschleppt, welche den Boden unter Zusatz der drei bis fünffachen Menge Wasser aus den Schuten sogen und mittels Rohrleitungen von 650 mm Durchmesser in den Dammkörper spülten (Abb. 5 schematisch).

Je nach der Korngröße des zu spülenden Materials und je nach dem Prozentsatz an festem Kleiboden dauerte die Entleerung einer Schute von 300 m<sup>3</sup> Inhalt 10 bis 30 Minuten. Der Boden wurde im allgemeinen bis zu 1200 m Länge gespült. An einer Stelle, wo sich neben dem Damm sehr feinkörniger Sand befand, der für den Dammkörper nicht geeignet war,

wurde der Boden von einem Spüler zu dem 1000 m entfernt liegenden zweiten Spüler geleitet und von diesem weitere 1000 m gedrückt, so daß die Gesamtspüllänge 2000 m betrug.

Neben den drei großen Baggern wurden drei kleinere Eimerbagger mit zusammen 320 m<sup>3</sup> stündlicher Leistungsfähigkeit verwendet, die den Baggerboden in eine in die Schiffskörper eingebaute Spülpumpe schütteten, welche den Boden unter Zusatz von Wasser mittels schwimmender Rohrleitungen in den Dammkörper drückten. Die Spüllänge dieser Bagger betrug 500 bis 600 m.

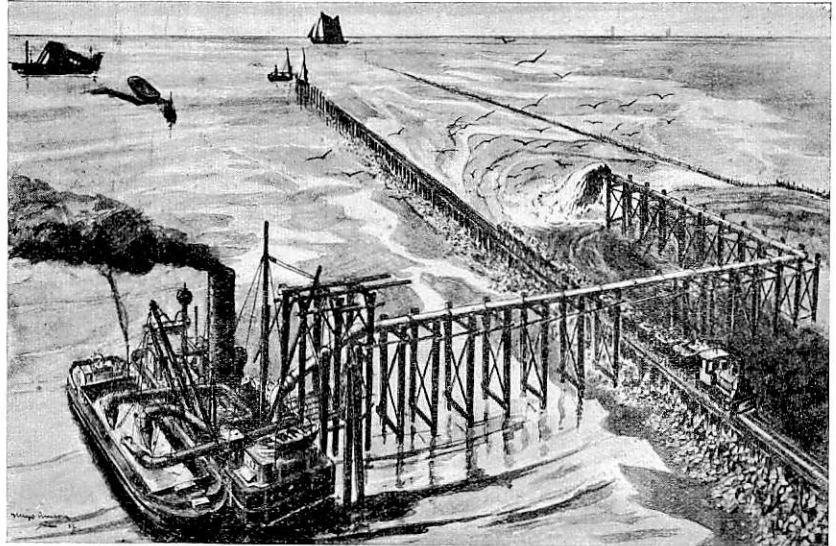


Abb. 5. Bagger und Spüler im Betrieb. (Schematische Darstellung.)

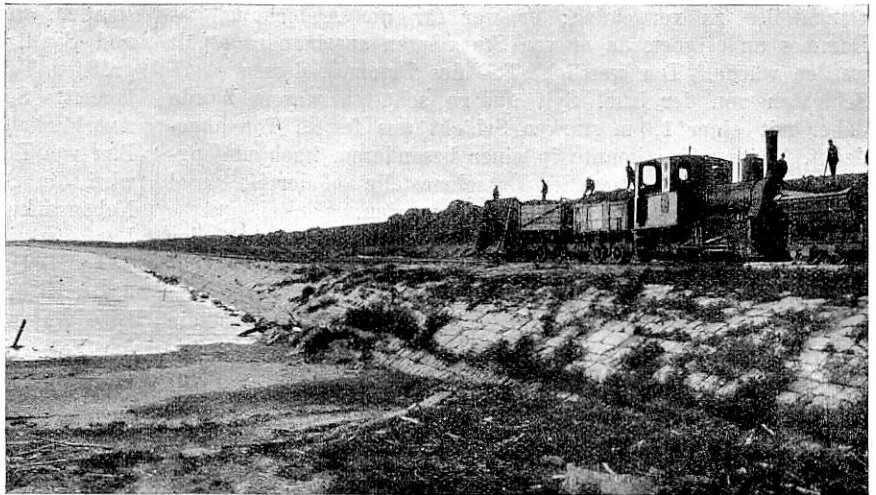


Abb. 6. Aufbringen des Trockenbodens.

Der gespülte Boden wurde an der Südseite des Dammes durch den Spundwanddamm, an der Nordseite durch treppenförmig angeordnete 1,0 m hohe Buschdämme festgehalten.

Die Bagger waren in Tag- und Nachtschichten tätig. Als beste Leistungen wurden mit den Nafsbaggern in zwei elfstündigen Schichten 20000 bis 22000 m<sup>3</sup> Boden feste Masse in den Dammkörper gefördert. Ende Juli 1926 waren die Spülarbeiten, die von beiden Dämmen begonnen und nach der Mitte des Dammes zu vorgetrieben wurden, beendet und der Damm bis zu 2,0 m über gewöhnlich Hochwasser aufgehöhht.

Die oberen Schichten des Dammes wurden aus Boden geschüttet, der mit Trockenbaggern auf dem Vorlande der Festlandsküste und auf der Insel gelöst und mit Kippwagen in den Damm gefördert wurde (Abb. 6).

An der Festlandseite waren zwei Lübecker B-Bagger und ein O-Bagger angesetzt, die nördlich des Dammes aus dem Vorlande an der dänischen Grenze im Schutz von Kajedeichen, die etwa 1,5 m über gewöhnlich Hochwasser reichten, Kleiboden entnahmen. Von den Entnahmestellen führte ein zweigleisiger Transportdamm bis zu dem Dammanfang. Für die Bodenförderung wurden Selbstkipper von 4 m<sup>3</sup> Inhalt verwendet. Der Kleiboden der ein gutes Deichbaumaterial darstellt, wurde auch für die Abdeckung der östlichen Dammstrecke verwendet.

Auf der Inselseite arbeiteten zwei Löffelbagger mit Löffeln von je 2 m<sup>3</sup> Inhalt, die aus dem Bahneinschnitt bei Morsum auf Sylt Sandboden baggerten, der ebenfalls mit Kippwagen

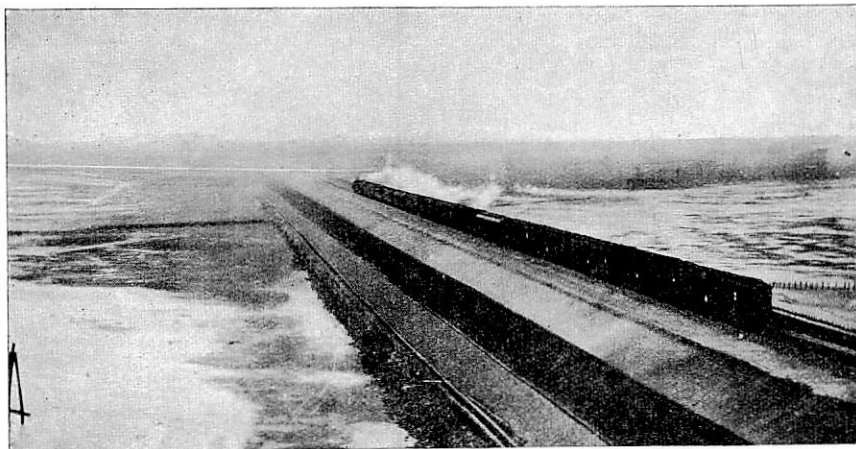


Abb. 7. Fertiger Damm mit dem Eröffnungszug.

von 4 m<sup>3</sup> Inhalt in den westlichen Teil des Dammes gefahren wurde. Dieser Sandboden war nur für den Kern des oberen Dammteiles zu verwenden; er war für die Abdeckung des Dammes ungeeignet, da er von Sturmfluten auseinandergespült werden würde. Der westliche Teil des Dammes, dessen obere Schichten von der Insel Sylt aus zu schütten waren, wurde daher mit einer 1,0 m starken Schicht aus festem Ton abgedeckt. Dieser Ton konnte in einer besonderen, nach umfangreichen Bohrungen gefundenen Entnahmestelle auf der Halbinsel Nösse mit einem O-Bagger gewonnen werden.

Der Wattenmeerdamm enthält 3200000 m<sup>3</sup> Boden, der etwa zur Hälfte im Nafs-baggerbetrieb, zur Hälfte im Trockenbaggerbetrieb eingebracht wurde.

Der Trockenschüttung unmittelbar folgend, wurden die unteren Dammböschungen mit Basaltsäulenpflaster auf Grandunterlage von 3 bis 9 cm Korngröße befestigt. Basaltsäulen-

pflaster wurde wegen seines besonders hohen spezifischen Gewichts und wegen seiner gleichmäßig sechskantigen Form gewählt. Hiervon wurden ungefähr 200000 m<sup>2</sup> verwendet.

Die Abb. 7 gibt ein Schaubild des fertigen Dammes mit dem Eröffnungszuge.

Der Bau des Spunddammes, der Buschdämme, die Ausführung der Nafs-bagger- und Spülarbeiten wurden im Eigenbetrieb ausgeführt. Das Wagnis war bei diesen Arbeiten für einen Unternehmer zu groß. Die Trockenbaggerarbeiten waren an Unternehmer vergeben.

Wie eingehende Untersuchungen der Wasserverhältnisse des Wattenmeeres ergaben, ist es möglich, daß in den am Festlande entstehenden Buchten, gegenüber dem Zustand vor dem Bau infolge der Durchdämmung eine Erhöhung in den Aufläufen der Sturmfluten eintritt. Daher mußten zur Begegnung einer Überflutungsgefahr die Festlandsdeiche erhöht werden.

Da aber an der Kreuzung des Dammes mit Festlandsseedeich ein deichfreies Vorland vorhanden war, erschien es zweckmäßig, vor dem alten Seedeich einen neuen stärkeren und höheren Seedeich zu bauen, durch den gleichzeitig 270 ha fruchtbares Marschland dem Meere abgewonnen wurden.

Die alten Seedeiche wurden von den Anschlußpunkten des neuen Deiches aus nach Süden auf rund 6,5 km, nach Norden auf rund 3 km erhöht und verstärkt.

Die Kosten des Dammes haben rund 18500000 RM. betragen das sind rund 1700 RM. für 1 lfd. m Damm ausschließlich des Oberbaues.

Durch den Wattenmeerdamm, der für den Verkehr der Reichsbahn gebaut ist, sind am Festlande ruhige Buchten entstanden, in denen der von der Nordsee mitgeführte Schlick und Sand, der früher wegen der vorhandenen Strömungen größten Teils wieder fortgeschwemmt wurde, zur Ablagerung kommt. Schon während der Bauzeit machte sich die starke Anschlickung an der Festlandsküste bemerkbar. Durch den Bau von Lahnungen und die Ausführung von Begrüpelungen wird die Anschlickung künstlich gefördert. Als erwünschte Nebenwirkung des Dammes ist daher zu erwarten, daß im Laufe weniger Jahrzehnte vom Festlande ausgehend in der Nähe des Dammes umfangreiche Flächen von Neuland entstehen, die nach Eindeichung fruchtbares Marschland bilden werden. Der Wattenmeerdamm wird daher voraussichtlich im Laufe der Zeit seine Eigenschaft als Seedamm verlieren und später von grünem Land umgeben sein.

## Schienenschweißung auf der freien Strecke und Knickfestigkeit der Eisenbahngleise.

Von Reichsbahnoberrat A. Wöhr, Nürnberg.

Im Heft 1 und 2 dieses Jahrganges habe ich die notwendigen experimentellen Grundlagen der Schienenschweißung auf der freien Strecke festzulegen versucht und angegeben, was an experimenteller Kenntnis bis heute erworben ist und was erst durch weitere Versuche geklärt werden muß.

Im nachfolgenden soll im Zusammenhang damit auf eine theoretische Untersuchung der Knickfestigkeit der Schienen (Verwerfungen), durch die bekanntlich die Schienenschweißung der freien Strecke entscheidend beeinflusst wird, hingewiesen werden, die Professor G. H. De Vries Broekmann der technischen Hochschule Delft (Holland) in einer schon im Jahre 1913 erschienenen Broschüre »Knikvastheid van het spoor« (Verlag: Technische Buchhandel und Druckerei J. Waltmann jr., Delft) bzw. in einem im Jahre 1917 gehaltenen Vortrage vor dem holländischen Eisenbahningenieur-Institut entwickelt hat.

Der verdienstvolle Verfasser hat mich in dankenswerter Weise hierauf aufmerksam gemacht und seine Zustimmung zur auszugsweisen Veröffentlichung seiner Untersuchungen erteilt.

Diese theoretische Erkenntnis der Gleisverwerfungen wird zusammen mit den von mir angeregten Versuchen über den Widerstand, den die neuzeitlichen Gleise einer seitlichen Verschiebung entgegenzusetzen, einen wertvollen Fortschritt in der Beurteilung und Berechnung der Knickfestigkeit von Langschienen bringen und weitere Schlüsse ermöglichen, inwieweit durch Wärmeausdehnung und dynamische seitliche Kräfte die geschweißte freie Strecke gefährlich werden kann.

Professor Broekmann führte in seinem Vortrage ungefähr folgendes aus:

Bekanntlich kann bei warmer Witterung in den Schienen eine so große Druckkraft entstehen, daß die Schienen knicken

und samt den Schwellen ausweichen\*). Die Gleise nehmen dabei eine geschlängelte oder gewölbte Form an, wobei die größte Abweichung von der normalen Lage ungefähr 15 bis 25 cm beträgt.

Die durch das Fahren des Zuges verursachte Erschütterung kann die unmittelbare Veranlassung sein. Das Knicken der Schienen erfolgt im allgemeinen vor oder hinter dem Zuge.

Unter dem Zug erscheint es, besonders bei kurzen Radständen, beinahe ausgeschlossen. Infolge der Reibung, die das Gewicht des Zuges erzeugt, ist der Widerstand gegen seitliche Ausweichung viel größer als bei unbelasteten Schienen.

Zu bemerken ist, daß das Ausknicken in Gleiskurven\*\*) eher vorkommt als in geraden Strecken.

Bevor die Frage über die Knickfestigkeit der Schienen behandelt und eine Berechnung darüber aufgestellt wurde, mußte davon ausgegangen werden, daß der Bettungswiderstand als elastisch anzunehmen ist und zwar verhältnismäßig zur Ausknickung.

Es erscheint zweifelhaft, ob diese Grundlage brauchbar ist und ob es nicht besser ist, durch genügend widerstandsfähige Kräfte Ausknickungen vorzubeugen.

Das Ausknicken kann geschehen seitwärts in wagrechter und aufwärts in senkrechter Richtung\*\*\*).

Die Kräfte, die das seitliche Ausknicken des Gleises verhüten sind:

Der Widerstand der gegen den Kopf der Schwelle anschließenden Bettung und die Reibung längs der Lagerfläche und der Seitenflächen der Schwelle.

Die seitliche Verbindung zwischen den einander gegenüberliegenden Schienenstäben ist nicht von der Art, daß als auf ein Zusammenwirken gerechnet werden könnte.

Zur Vereinfachung wird angenommen, daß die örtlich wirkenden Widerstände gleichmäßig längs des Stabes verteilt sind.

**Knickfestigkeit in wagrechter Richtung.**

Man nehme an, daß ein ursprünglich gerader homogener Stab (wie Abb. 1 zeigt) im Gleichgewicht ist unter der Wirkung

1. zweier gleichgroßer Kräfte P, angreifend in den Endpunkten und gegeneinander wirkend in der Richtung des ursprünglichen Stabes;
2. gleichmäßig verteilter Kräfte q auf die Längeneinheit, die gegen den Stab an der Seite, nach der die Ausknickung erfolgt, drücken;
3. zweier Gegenkräfte Q = 1/2 q l angreifend in den Endpunkten des Stabes und senkrecht gerichtet zum ursprünglichen Stab und entgegengesetzt den Kräften q.

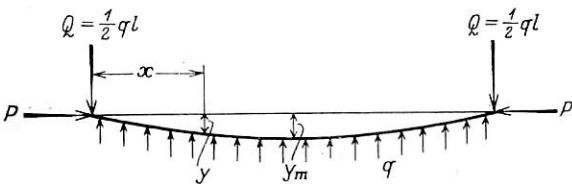


Abb. 1.

Mit den in Abb. 1 angegebenen Bezeichnungen und wenn E = Elastizitätsziffer, J\_v = Trägheitsmoment des Stabes, ist die Differentialgleichung der elastischen Linie:

\*) Erfahrungsgemäß erstrecken sich solche ∞ förmige Verwerfungen auf Längen von 50 bis 60 m, die seitliche Ausweichung einer Welle schwankt zwischen 10 bis 100 cm (siehe auch Dr. Ing. A. Blofs „Oberbau und Gleisverbindungen“ Verlag Jul. Springer, 1927).

\*\*) Auch in diesen Fällen kann eine ∞ förmige Linie entstehen.

\*\*\*) Die Berechnungen und Ausführungen Broekmanns über die Knickung in senkrechter Richtung werden im folgenden unberücksichtigt gelassen, da sie erst in zweiter Linie für Eisenbahngleise interessieren.

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{P}{E J_v} \cdot y = -\frac{1}{2} \frac{q}{E J_v} \cdot x^2 + \frac{1}{2} \frac{q}{E J_v} \cdot l \cdot x \dots 1)$$

woraus für x = 0 wird y = 0  
und für x = l/2 d y / dx = 0

hieraus folgt:

$$y = -\frac{E J_v q}{P^2} \left\{ \frac{\sin \frac{l}{2} \sqrt{\frac{P}{E J_v}}}{\cos \frac{l}{2} \sqrt{\frac{P}{E J_v}}} \sin x \sqrt{\frac{P}{E J_v}} + \cos x \sqrt{\frac{P}{E J_v}} - 1 \right\} - \frac{q}{2P} x^2 + \frac{q}{2P} l x \dots 2)$$

für x = l/2 findet man das Maximum y\_m in Stabmitte

$$y_m = \frac{q}{P} \left[ \frac{l^2}{8} - \frac{E J_v}{P} \left( \frac{1}{\cos \frac{l}{2} \sqrt{\frac{P}{E J_v}}} - 1 \right) \right] \dots 3)$$

oder für q die Beziehung:

$$q = \frac{P}{\frac{l^2}{8} - \frac{E J_v}{P} \left( \frac{1}{\cos \frac{l}{2} \sqrt{\frac{P}{E J_v}}} - 1 \right)} \cdot y_m \dots 4)$$

Aus Formel 4) folgt, daß q = 0 ist

$$\text{für } \frac{l}{2} \sqrt{\frac{P}{E J_v}} = \frac{\pi}{2} \text{ oder für } P = \pi^2 \frac{E J_v}{l^2}.$$

In Übereinstimmung mit der Formel von Euler ist erst dann eine seitliche Stütze nötig, wenn die Kräfte P größer werden als  $\pi^2 \frac{E J_v}{l^2}$ .

Für gleiche Werte P sind dann unendlich viele Gleichgewichtszustände möglich. Der Wert, den q in jedem besonderen Fall haben muß, ist verhältnismäßig zur Ausknickung. Wenn ein bestimmter Wert y'\_m für y\_m angenommen wird, ist aus Gleichung 4 unmittelbar die dazu gehörige Größe q' für q zu finden. Der auf diese Weise gefundene Wert q' ist größer als die benötigte seitliche Stützenkraft bei einem Wert von y\_m, der kleiner ist wie y'\_m. Wenn die zur Verfügung stehende seitliche Stützenkraft q' beträgt, ist Gleichgewicht vorhanden, solange die Abweichung in der Mitte kleiner ist als y'\_m. Der Stab knickt durch bei einer Ausweichung, welche größer ist als y'\_m.

Zwischen den benötigten Grenzen kann mit genügender Sicherheit Formel 4 durch folgende ersetzt werden 5):

$$q = \frac{\pi^3}{4 l^2} \left( P - \frac{\pi^2 E J_v}{l^2} \right) y_m \dots 5)$$

Zum Vergleich diene die folgende Berechnung der Werte q:

| für P =                        | nach Formel 4)                    | nach Formel 5)                    |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| $\frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$      | q = 0                             | q = 0                             |
| $3 \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$    | q = 151,2 $\frac{E J_v}{l^4} y_m$ | q = 153,0 $\frac{E J_v}{l^4} y_m$ |
| $4 \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$    | q = 224,7 $\frac{E J_v}{l^4} y_m$ | q = 229,5 $\frac{E J_v}{l^4} y_m$ |
| $6,33 \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$ | q = 380,4 $\frac{E J_v}{l^4} y_m$ | q = 407,0 $\frac{E J_v}{l^4} y_m$ |

Die Druckkraft in dem Schienenstab entsteht durch Temperaturerhöhung und es ist nun zu untersuchen:

Ein Stab (Länge =  $l$ , Querschnitt =  $F$ ), welcher an den Enden durch feste seitliche Stützpunkte gehalten wird und in dem eine Druckkraft durch Temperaturerhöhung wirkt. Die Druckkraft, welche in dem Stab vorhanden ist, wenn dieser in richtiger Lage ist, wird  $P_r$  genannt.

Gibt man dem Stab in der Mitte eine Ausknickung, so dafs er wie aus Abb. 1 ersichtlich, die Form einer halben Welle annimmt, dann geht mit einer kleinen Abweichung  $y_m$  in der Mitte eine Verlängerung  $\delta l$  des Stabes vor sich, für die angenähert gesetzt werden kann  $\delta l = \frac{8}{3} \frac{1}{l} y_m^2$  bzw. die

$$\text{Druckkraft vermindert sich: } EF \frac{\delta l}{l} = \frac{8}{3} \frac{EF}{l^2} y_m^2.$$

Bei einer Abweichung  $y_m$  beträgt also die Druckkraft in dem Stab:

$$P = P_r - \frac{8}{3} \frac{EF}{l^2} y_m^2 \dots \dots \dots 6)$$

und ist nach Formel 5) die seitliche Stütze, die nötig ist, um den Stab im Gleichgewicht zu halten:

$$q = \frac{\pi^3}{4l^2} \left( P - \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} \right) y_m - \frac{\pi^3}{4l^2} \left[ \left( P_r - \frac{8}{3} \frac{EF}{l^2} y_m^2 \right) - \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} \right] y_m = \frac{\pi^3}{4l^2} \left[ \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} \right) y_m - \frac{8}{3} \frac{EF}{l^2} y_m^3 \right] \dots \dots \dots 7)$$

diese Formel ergibt  $q = 0$  für  $y_m = 0$

$$\text{und für } P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} = \frac{8}{3} \frac{EF}{l^2} y_m^2$$

$$\text{oder } y_m = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} l \sqrt{\left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} \right)}$$

Zwischen diesen beiden Werten von  $y_m$  wird  $q$  ein Maximum für  $\frac{dq}{dy_m} = 0$  oder für

$$y_m (q_{\max}) = \frac{1}{2\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} l \sqrt{\left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} \right)}$$

Setzt man in den Formeln 6) und 7) für  $y_m$  das vorstehende  $y_m (q_{\max})$  ein, so ergibt sich für die Druckkraft

$$P = \frac{2}{3} P_r + \frac{1}{3} \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} \dots \dots \dots 9)$$

und für den Größtwert von  $q$ :

$$q(l) = \frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{l} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} \right)^{3/2} = f(P_r, l) \dots 10)$$

Dieser Höchstwert dient als Grundlage für die Berechnung der Stützenkraft, die nötig ist, um Knicke in horizontaler Richtung entlang einer halben Welle von der Länge  $l$  zu verhindern. Sollte durch einen Zufall (im Betriebe z. B. durch einen Stofs der Lokomotive) eine seitliche Ausweichung entstehen, so ist im allgemeinen die nach Formel 10) sich ergebende seitliche Stützenkraft mehr als genügend.

Die Formel ergibt nur für den Fall, dafs in der Mitte des Stabes künstlich eine Ausweichung  $y_m (q_{\max})$  gegeben wird, die eben nötige seitliche Stützenkraft.

Solange die durch Temperaturerhöhung verursachte Druckspannung nicht mehr beträgt als  $P_r = \frac{\pi^2 EJ}{l^2}$ , ist keine seitliche Stütze nötig. Setzt man bei weiterer Zunahme der Temperatur und damit von  $P_r$  für  $q$  den Wert nach Formel 10)

$$q(l) = \frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{l} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} \right)^{3/2} = 1,827 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{l} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} \right)^{3/2},$$

dann ist für jede Ausknickung, bei welcher der Stab die Form einer halben Welle mit der Länge  $l$  annehmen würde, die seitliche Stütze genügend.

Wenn die Druckkraft den Wert  $P_r = \frac{4\pi^2 EJ_v}{l^2}$  überschreitet, entsprechend der Kraft, welche einen nicht seitlich gestützten Stab von einer Länge  $\frac{l}{2}$  knickt, so wird ein Gleichgewichtszustand möglich, bei dem der Stab die Form von zwei halben Wellen, jede halbe Welle mit einer Länge  $\frac{l}{2}$ , annehmen würde.

Die seitliche Stütze, die bei dieser Art der Ausknickung erforderlich wird, ist:

$$q\left(\frac{l}{2}\right) = \frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{2}} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{\left(\frac{l}{2}\right)^2} \right)^{3/2} = 1,827 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{2}} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{\left(\frac{l}{2}\right)^2} \right)^{3/2} \dots \dots \dots 11)$$

Zur Berechnung der benötigten seitlichen Stützen wird diese letzte Beziehung 11) an Stelle von Formel 10) treten, sobald

$$\frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{l} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} \right)^{3/2} = \frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{2}} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{\left(\frac{l}{2}\right)^2} \right)^{3/2}$$

oder sobald

$$P_r = \frac{4\sqrt[3]{2^2} - 1}{\sqrt[3]{2^2} - 1} \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} = 9,11 \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2}$$

unter Berücksichtigung dafs  $P_r, q$  nach Formel 11) stärker zunimmt als nach Formel 10).

Wenn die Druckkraft  $P_r$  den Wert  $P_r = \frac{9\pi^2 EJ_v}{l^2}$  überschreitet, übereinstimmend mit der Kraft, welche einen seitlich nicht gestützten Stab von einer Länge  $\frac{l}{3}$  knickt, wird ein Gleichgewichtszustand möglich, wobei der Stab eine Form von drei halben Wellen, jede halbe Welle mit einer Länge von  $\frac{l}{3}$  annehmen würde.

Die seitliche Stütze die bei dieser Form der Ausknickung erforderlich wird, ist:

$$q\left(\frac{l}{3}\right) = \frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{3}} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{\left(\frac{l}{3}\right)^2} \right)^{3/2} = 1,827 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{3}} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{\left(\frac{l}{3}\right)^2} \right)^{3/2} \dots \dots \dots 12)$$

zur Berechnung der seitlichen Stütze wird diese Formel 12) an Stelle vor Formel 11) treten, sobald

$$\frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{2}} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{\left(\frac{l}{2}\right)^2} \right)^{3/2} = \frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{3}} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{\left(\frac{l}{3}\right)^2} \right)^{3/2}$$

oder sobald

$$P_r = \frac{9\sqrt[3]{3^2} - 4\sqrt[3]{2^2}}{\sqrt[3]{3^2} - \sqrt[3]{2^2}} \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} = 25,11 \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2}.$$

In gleicher Weise ist für größere Werte von  $P_r$  die erforderliche seitliche Stütze zu bestimmen.

Zusammenfassend ergibt sich:

$P_r$  von 0 bis  $\frac{\pi^2 EJ_v}{l^2}$   $q = 0$

$P_r$  von  $\frac{\pi^2 EJ_v}{l^2}$  bis 9,11  $\frac{\pi^2 EJ_v}{l^2}$

$$q(l) = 1,827 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{l} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} \right)^{3/2}$$

$P_r$  von 9,11  $\frac{\pi^2 EJ_v}{l^2}$  bis 25,11  $\frac{\pi^2 EJ_v}{l^2}$

$$q\left(\frac{l}{2}\right) = 1,827 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{2}} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{\left(\frac{l}{2}\right)^2} \right)^{3/2}$$

$P_r$  von 25,11  $\frac{\pi^2 EJ_v}{l^2}$  bis 49,11  $\frac{\pi^2 EJ_v}{l^2}$

$$q\left(\frac{l}{3}\right) = 1,827 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{3}} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{\left(\frac{l}{3}\right)^2} \right)^{3/2}$$

oder angenähert für:

$P_r$  von  $\left(4n^2 - 4n + \frac{10}{9}\right) \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2}$  bis  $\left(4n^2 + 4n + \frac{10}{9}\right) \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2}$

$$q\left(\frac{l}{n}\right) = 1,827 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{n}} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{\left(\frac{l}{n}\right)^2} \right)^{3/2}$$

wobei  $n =$  Anzahl der halben Wellenlängen.

Die Grenze, bis zu welcher die Annäherungsformel 5) brauchbar ist, ist äußerst für den Fall, daß der Stab Neigung hat, die Form einer halben Welle anzunehmen.

Man nehme, um die Brauchbarkeit der Annäherungsformel 5) festzustellen,  $P_r = 9 \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2}$  an.

Hiermit stimmt überein (siehe Formel 9):

$$P = \frac{2}{3} P_r + \frac{1}{3} \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} = \frac{2}{3} \cdot 9 \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} + \frac{1}{3} \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} = \frac{19 \pi^2 EJ_v}{3 l^2} = 6,33 \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2}$$

wofür nach Seite 385 die Werte, die man mit der Näherungsformel 5) für  $q$  findet,  $\frac{407 - 380}{380}$  oder etwa 7% größer sind, als die welche die ursprüngliche Formel 4) liefert.

Selbst für diesen ungünstigsten Fall kann die Genauigkeit von Formel 5) für die Praxis als genügend erachtet werden.

Zum Schluß ist an Stelle eines Stabes von beschränkter Länge die benötigte Stütze für einen Stab von der Länge  $L$  zu bestimmen, welcher ins unendliche durch feste Stützpunkte gestützt wird und in dem eine durch Temperaturerhöhung verursachte Druckkraft  $P_r$  wirkt.

Auf gleiche Weise wie früher bei einem Stab von beschränkter Länge stelle man sich vor, daß bei einem kleinen Anwachsen der Druckkraft die Länge einer halben Welle übergeht von  $\frac{L}{n} = l$  auf  $\frac{L}{n+1} = l + \Delta l$  (worin dann  $\Delta l$  negativ ist).

Bei der Länge  $l$  der halben Welle ist nach 10) für eine beliebige Druckkraft  $P_r$  eine seitliche Stütze nötig:

$$q(l) = \frac{\pi^3}{12 \sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{l} \left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} \right)^{3/2} = f(P_r, l),$$

während bei der Länge  $l + \Delta l$  der halben Welle für eine beliebige Druckkraft  $P_r$  eine seitliche Stütze nötig ist:

$$q(l + \Delta l) = f(P_r, l + \Delta l).$$

Ist  $q_r$  die Ordinate und  $P_r$  die Abszisse des Schnittpunktes der durch die beiden letzten Gleichungen dargestellten Linien, dann ist  $q_r$  die seitliche Stütze, welche bei einer Druckkraft  $P_r$  und eine Länge  $l$  für die halbe Welle nötig ist.

Durch Elimination von  $l$

$$q(l) = f(P_r, l)$$

und  $\frac{d}{dl} f(P_r, l) = 0$  oder  $P_r = \frac{4 \pi^2}{l^2} EJ_v$  oder  $l = 2 \pi \frac{\sqrt{EJ_v}}{P_r}$  .. 13)

findet man also die gesuchte Beziehung zwischen der Druckkraft  $P_r$  und den benötigten seitlichen Stützen  $q$ :

$$q = \frac{\pi^2 \cdot 3^{3/2}}{192 \sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\sqrt{EJ_v}} P_r^2 = 0,189 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\sqrt{EJ_v}} P_r^2 \dots 14)$$

welche die Umhüllende darstellt der Linie  $q = f(P_r, l)$  mit  $l$  als veränderlichem Parameter.

Ferner sei bemerkt, daß Gleichung 13)  $l = 2 \pi \frac{\sqrt{EJ_v}}{P_r}$

die Länge der halben Welle angibt, welche zu einer Druckkraft  $P_r$  gehört und den dazu benötigten seitlichen Stützen  $q$  und daß diese zweimal gleich der Länge ist, bei der ein Stab von demselben Querschnitt ohne seitliche Stützen knickt unter einer Druckkraft  $P_r$ .

Bei Verwendung der Gleichung 13)

$$l = 2 \pi \frac{\sqrt{EJ_v}}{P_r} \text{ oder } P_r = 4 \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2}$$

findet man, für die Werte  $y_m$ , wofür  $q$  maximum wird, nach Formel 8):

$$y_m(q_{max}) = \frac{1}{2 \sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} l \sqrt{\left( P_r - \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} \right)} = \frac{\sqrt{3} \cdot \pi \sqrt{EJ_v}}{2 \sqrt{2} \sqrt{EF}} = 1,92 \frac{\sqrt{EJ_v}}{\sqrt{EF}} \dots \dots \dots 15)$$

und für die bei einer Ausknickung  $y_m(q_{max})$  zugehörige Druckkraft nach Formel 9):

$$P = \frac{2}{3} P_r + \frac{1}{3} \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} = \frac{3}{4} P_r = 3 \frac{\pi^2 EJ_v}{l^2} \dots \dots 16)$$

Nach Seite 385 sind für

$$P = \frac{3 \pi^2 EJ_v}{l^2}$$

die Werte, die man mit der Annäherungsformel 5) für  $q$  findet,  $\frac{153 - 151,2}{151}$  oder etwa 1,2% größer als die, welche die ur-

sprüngliche Formel 4) liefert, so daß für diesen Fall die Annäherungsgleichung 5) die ursprüngliche Gleichung 4) mit großer Genauigkeit ersetzt.

Aus der Lage, welche die Umhüllende in Anbetracht der Linien  $q = f(P_r, l)$  hat, ist ersichtlich, daß die einer Kraft  $P_r$  zugehörige seitliche Stützenkraft für einen unendlich langen Stab stets größer ist, als für einen Stab von demselben Querschnitt von beschränkter Länge, so daß man oben die Eulersche Knickgrenze auch für einen Stab von beschränkter Länge, die einfache Gleichung 14) für einen Stab von unendlicher Länge verwenden kann.

Verhalten einer Reihe gleichlanger Stäbe beschränkter Länge, die durch Gelenke verbunden und gleichmäßig seitlich gestützt sind, gegen seitliches Ausknicken.

Bei Gleichung 14) ist angenommen, daß die Enden des Stabes sich nicht vom Platz bewegen, weder in der Richtung des Stabes, noch senkrecht dazu.

Für eine Reihe durch Gelenke verbundener Stäbe, deren Gelenkpunkte nicht seitlich ausweichend befestigt sind, müssen folgende zwei Voraussetzungen erfüllt werden:

1. daß jeder der Stäbe für sich selbst nicht knickt, worüber Gleichung 14) Aufschluß gibt;
2. daß die Gelenkpunkte nicht ausweichen können.

Für das Knicken in wagrechter Richtung ist der gefährlichste Stand in Abb. 2 angegeben.

Wenn die Knotenpunkte eine Ausknickung  $\eta$  erfahren, ist hiermit eine Verlängerung des Stabes  $\delta\lambda = 2 \frac{1}{\lambda} \eta^2$ , oder eine Verminderung der Druckkraft  $EF \frac{\delta\lambda}{\lambda} = 2 \frac{EF}{\lambda^2} \eta^2$  verbunden.

Bei einer Ausknickung  $\eta$  beträgt also die Druckkraft  $P = P_r - 2 \frac{EF}{\lambda^2} \eta^2$ .

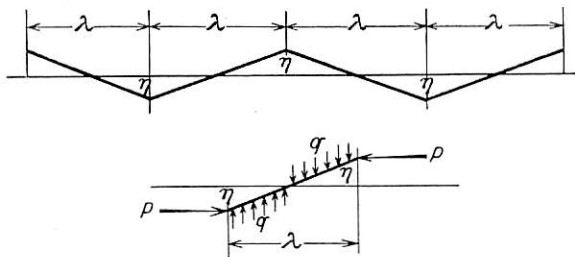


Abb. 2.

Die seitlichen Stützen, die auf die Längeneinheit nötig sind, um den Stab im Gleichgewicht zu halten, sind:

$$q = \frac{8}{\lambda^2} P \eta = \frac{8}{\lambda^2} P_r \eta - \frac{16 EF}{\lambda^4} \eta^3 \text{ wird ein Maximum für}$$

$$\frac{dq}{d\eta} = 0 \text{ oder für } \eta = \frac{\lambda}{\sqrt{6}} \sqrt{\frac{P_r}{EF}} = 0,408 \frac{\lambda}{\sqrt{EF}} \sqrt{P_r} \quad (35)$$

so da\ss

$$q_{\max} = \frac{16}{3} \sqrt{\frac{1}{6}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\lambda} P_r \sqrt{P_r} = 2,177 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\lambda} P_r \sqrt{P_r} \dots (36)$$

**Beispiel:**

Als Beispiel soll die Knickfestigkeit einer gegebenen Schiene untersucht werden.

Für die Schiene ist  $E = 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2$ .

Gewicht der Schiene  $41 \text{ kg/m}$ , Schienenlänge  $15 \text{ m}$ .  $F = 52 \text{ cm}^2$ ,  $J_v = 288 \text{ cm}^4$ ,  $J_h = 1352 \text{ cm}^4$ . Schwellen von Holz  $270 \text{ cm}$  lang,  $26 \text{ cm}$  breit und  $16 \text{ cm}$  stark, Oberfläche  $5 \text{ cm}$  unter Bettung liegend im Abstand von  $80 \text{ cm}$ .

Da die Verbindung zwischen den gegenüberliegenden Schienenstäben nicht von der Art ist, da\ss nur einigermaßen auf eine Zusammenwirkung auf einer Schwelle gerechnet werden kann, ist als Knickfestigkeit eines Gleises in wagrechter Richtung die Knickfestigkeit für einen Schienenstrang, welcher gegen seitliches Ausweichen durch die Hälfte des Widerstandes der Schwelle gestützt wird, ma\ssgebend. Die Hälfte des seitlichen Widerstandes der Schwelle  $q_z$  ist zu  $1 \text{ kg}$  auf den lfd. cm Schiene angenommen.

Der für  $q_z$  angegebene Wert beruht auf einer sorgfältigen Berechnung\*), welche der Wirklichkeit entspricht. Es ist selbstverständlich, da\ss diese durch weitere Versuche für die verschiedenen Verhältnisse geprüft werden müßte.

Es ist zu bemerken, da\ss — wie man aus Gleichung 14) ersieht —  $P_r$  gleichwertig ist mit  $\sqrt{q_z}$ .

Daraus folgt, da\ss eine Ungenauigkeit in der Annahme für  $q$  sich in geringerem Mafse in den Werten von  $P_r$  bemerkbar macht. Man findet nun bei der oben angenommenen Schiene, da\ss in erster Linie zu befürchten ist, da\ss der Schienenstab seitwärts\*\*) ausknickt und zwar nach Gleichung 14) bei einer Druckkraft von ungefähr  $P_r = 33,9 \text{ t}$  oder  $650 \text{ kg/cm}^2$ . Weiter errechnet sich eine kleinste halbe Wellenlänge  $l = 7,28 \text{ m}$ .

\*) Siehe die Broschüre „Knikvastheid van het spoor“ von C. H. De Vries Broekmann, Verlag Technische Boekhandel en Drukkerij J. Waltmann jr., Delft.

\*\*) Die Berechnungen für lotrechtes Ausknicken siehe die genannte Broschüre.

Nach Gleichung 15) ist der zugehörige Wert von  $y_m$  ( $q_{\max}$ ) ungefähr  $4 \text{ cm}$ . Wird vorausgesetzt, da\ss die Laschen mit vier Schrauben versehen, da\ss die Neigung der Anschlußfläche der Schienen mit den Laschen  $1:4$  ist, und da\ss der Schienenfuß auf den Schwellen mittels Klemmplatten und Schrauben angedrückt wird, dann erreicht, solange zwischen den nachfolgenden Schienenstäben ein Spielraum ist, die größte Druckkraft, welche durch Temperaturerhöhung verursacht werden kann, unter Berücksichtigung der Widerstände der Schienenbefestigung an den Enden des Gleises rund  $22 \text{ t}$ , in der Mitte rund  $32 \text{ t}$ , was einer Temperaturerhöhung von  $28 \text{ Grad}$  entspricht\*).

Die größte Druckkraft in der Mitte mit  $32 \text{ t}$  kommt also schon sehr nahe an die Druckkraft von  $33 \text{ t}$  heran, bei der nach dem obigen ein Ausknicken zu erwarten ist. Wenn bei einer sehr hohen Temperatur die Schienenlücken sich schliessen, wird die größte Druckkraft durch den größten Temperaturunterschied bestimmt.

Nimmt man, wie üblich, für den größten Jahrestemperaturunterschied  $80 \text{ Grad}$  an, dann beträgt die größte Druckkraft  $91 \text{ t}$ , welche die gefundene Knickgrenze von  $33,9 \text{ t}$  weit überschreitet. Die Druckkraft von  $33,9 \text{ t}$ , bei der Knicke eintreten können, entsteht bereits bei einer Temperaturerhöhung von ungefähr  $30 \text{ Grad}$ . Die mir bekannt gewordenen Erfahrungen scheinen mit der Wirklichkeit gut übereinzustimmen. Man muß daher sagen, da\ss es lediglich der besonderen Sorgfalt, die fortwährend in der Gleisunterhaltung aufgewendet wird, zu verdanken ist, da\ss das Ausknicken der Gleise so selten vorkommt und da\ss es als ein unglücklicher Zufall zu betrachten ist, wenn solche Ausknickungen vorkommen.

**Gebogener Stab (Schiene in Kurven).**

Im folgenden sollen noch einige Punkte besprochen werden, die sich auf Stäbe beziehen, die in der wagrechten Ebene gebogen sind.

Ein Bogen, dessen Enden festgehalten werden und in welchem durch Temperaturerhöhung eine Druckkraft entsteht, hat in erster Linie Neigung, nach au\ssen auszuweichen. Ist  $R$  der Durchmesser des Bogens und  $P_r$  die Druckkraft, welche in dem Bogen hervorgerufen wird, dann beträgt der Widerstand, welcher für das Gleichgewicht an der Außenseite von dem Bogen auf die Längeneinheit nötig ist:  $p = \frac{P_r}{R}$ .

Wenn die Druckkraft eine bestimmte Grenze\*\*) überschreitet, ist zu beiden Seiten des Bogens ein seitlicher Widerstand  $q$  auf die Längeneinheit nötig.

Ausgehend von einem durchlaufenden, seitwärts gestützten, geraden Schienenstab, dessen halbe Wellenlänge, welche bei Knick entstehen würde, gering ist im Verhältnis zu den bei Gleisen vorkommenden Bogenhalbmessern, kann im Bogen eines durchlaufenden Schienenstabes für  $q$  mit genügender Genauigkeit der gleiche Wert  $q$  angenommen werden, wie er früher für einen gebogenen Stab gefunden wurde. Es beträgt also für einen durchlaufenden Schienenstab die benötigte seitliche Stütze an der Außenseite

$$p + q = \frac{P_r}{R} + 0,189 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\sqrt{EJ_v}} P_r^2,$$

\*) Siehe den Aufsatz von A. Wöhrl im Organ 1927, Heft 1 und 2 „Experimentelle Grundlagen der Schienenschweißung auf freier Strecke“.

\*\*) Wenn die Bogenlänge nicht zu gro\ss ist im Verhältnis zum Durchmesser:

$$P = \left( \frac{\pi^2}{l^2} - \frac{1}{R^2} \right) EJ, \text{ was für } R = \infty \text{ die Eulersche Formel liefert:}$$

$$P = \frac{\pi^2}{l^2} EJ \text{ und für } l = \frac{\pi}{2} R \text{ die Boussinesq'sche Formel: } P = \frac{3}{R^2} EJ$$

$$\text{oder } p = \frac{3}{R^3} EJ.$$



an der Innenseite:

$$q = 0,189 \sqrt{\frac{1}{EF}} \sqrt{\frac{1}{EJ_V}} P_r^2.$$

Zu bemerken ist, daß der Ausdruck  $p = \frac{P_r}{R}$  einen ziemlich großen Wert erhalten kann. Zum Beispiel für die auf Seite 388 berechnete größte Druckkraft  $P_r = 32 \text{ t}$  und für  $R = 50 \text{ m}$ , wird  $p = \frac{P_r}{R} = \frac{32}{50} = 0,64 \text{ kg/cm}$ .

Der Umstand, daß im Bogen, um den äußeren Schienenstab zu überhöhen, die Schwellen in einer Neigung liegen, bringt mit sich, daß in Wirklichkeit der Widerstand gegen seitliches Ausweichen an der Außenseite des Bogens etwas größer ist als an der Innenseite. Der hierdurch entstehende Unterschied macht jedoch nur einen kleinen Teil von  $p$  aus. Die Rechnungsergebnisse zeigen, daß im Bogen nicht allein die Neigung besteht zur Verschiebung nach außen, sondern daß gleichzeitig die Gefahr des Knickens größer ist als bei einem geraden Schienenstab.

#### Versuch.

Die Berechnung wurde durch Versuch an Stäben unter gleichen Voraussetzungen geprüft\*).

Dabei wurde die Druckspannung in den Stäben durch eine äußere Kraft erzeugt. Die seitlichen Stützen wurden dadurch geschaffen, daß zu beiden Seiten des Stabes über

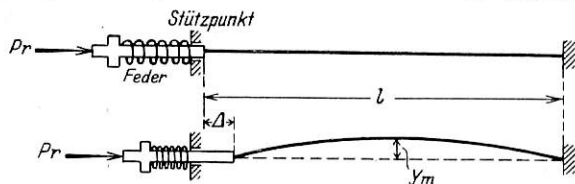


Abb. 3.

Rollen laufende Gewichte an Drähten angebracht wurden. Jedes der Gewichte war in der Gleichgewichtslage gestützt und wurde nur dann emporgehoben, wenn der Stab nach der dem Gewicht gegenüber befindlichen Seite ausknickte (Abb. 3 und 3a).

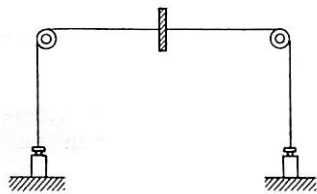


Abb. 3 a.

Um zu erreichen, daß die durch Gewichte erzeugte Druckkraft ebenso wie eine durch Temperaturerhöhung entstehende, bei dem Ausknicken des Stabes abnimmt, wurde eine Feder zwischengeschaltet, die der Druckkraft entgegengesetzt wirkt, sobald der Stab ausknickt.

Die Ergebnisse von Berechnung und Versuch stimmen miteinander genau überein. Für unsere gegenwärtigen Schienen, bei denen zur Verhütung einer zu großen Druckkraft zwischen den Schienenenden ein Spielraum (Temperaturlücke) gelassen wird, ist es von größter Wichtigkeit, sich ein Urteil über die Knickfestigkeit zu bilden. Es scheint mir auch nicht unmöglich, daß dies für die Zukunft von sehr großem Belang sein wird. Tatsache ist, daß die Lasche eine gebrechliche Verbindung ist, daß man fortdauernd zu immer längeren Schienenstäben übergegangen ist, und daß bei elektrischen Bahnen durchlaufende Schienen in Gebrauch sind. Ist es in der Zukunft nicht sehr leicht möglich, daß man zum Schlusse zu Schienen mit durchlaufenden ununterbrochenen Schienenstäben überzugehen wünscht? In diesem Falle ist es eine Notwendigkeit und gewiss von größtem Werte, die Knickfestigkeit vorausschauend kennen zu lernen.

Die durchgeführten Versuche stimmen mit der Wirklichkeit überein und da die Richtigkeit der Berechnung durch

\*) Die genauen Berechnungen siehe die genannte Broschüre.

die Versuche bestätigt wird, ist zweifellos die angegebene Berechnung für die Praxis brauchbar.

In der an den Vortrag anschließenden Besprechung wurde von angesehenen Eisenbahnfachleuten nachgewiesen, daß auch Gleisverwerfungen unter Fahrzeugen schon vorgekommen sind und dies bei sehr großen Achsständen (über 7 m) als möglich erachtet werden muß.

Prof. de Vries Broekmann gibt diese Möglichkeit zu, wenn auch im allgemeinen die großen Gleisverwerfungen stets nur bei unbelastetem Gleis auftreten werden.

Hierzu möchte ich unter Bezugnahme auf meine Ausführungen im Organ 1927/2 über Verwerfungen kurz folgendes bemerken:

Ich habe dort dieses Gebiet als »theoretisch noch wenig durchforscht« bezeichnet. Diese Behauptung kann mit Rücksicht auf die verdienstvolle Forschungsarbeit des Herrn Prof. de Vries Broekmann, durch die die bei Gleisverwerfungen auftretenden Kräfte und Gegenkräfte einwandfrei und rechnungsmäßig bestimmt sind, nicht weiter aufrecht erhalten werden.

Dagegen bleibt meine Forderung, durch eingehende Versuche den seitlichen Widerstand der einzelnen neuzeitlichen Gleise festzustellen, zu Recht bestehen, wie dies auch Prof. Broekmann selbst als notwendig bezeichnet.

Ferner steht fest, daß die Untersuchung der Verwerfungen sich auf unbelastete Gleise beschränken kann, weil ja hierbei die achsiale Druckspannung im Gleis die gleiche ist wie bei belastetem Gleis, andererseits aber der Widerstand des Gleises gegen seitliche Verschiebung am geringsten ist, während letzterer beim belasteten Gleis wächst, die Gefahr von Verwerfungen hier also geringer ist.

Das soll indes nicht ausschließen, auch den seitlichen Widerstand belasteter Gleise festzustellen und mit den Gegenkräften (seitlicher Widerstand des belasteten Gleises, dynamische Stöße, Fliehkraft, Bremskraft) in Vergleich zu setzen.

Prof. Broekmann berechnet den seitlichen Widerstand seines Gleises auf 1 kg/ld. cm Schiene (Holzschwellenabstand 80 cm, 2,70 m lang, spezifisches Gewicht der Bettung 1,7, weiteres über die Art der Bettung ist nicht bekannt).

Nach meinen Berechnungen ergibt sich in einer 500 m Kurve bei  $+30^\circ \text{ C}$  Luftwärme ein seitlicher Druck einer Schiene von 122 kg/m oder 1,2 kg/cm.

Es müßte also bei  $+30^\circ \text{ C}$  Luftwärme in einer 500 m Kurve schon ein Ausknicken der Schienen erfolgen.

Für die gerade Strecke kommt Prof. Broekmann zu dem Ergebnis, daß die Gefahr des Ausknickens einer Schiene von 52 cm<sup>2</sup> Querschnitt schon bei 33,9 t achsialer Druckkraft oder  $+28^\circ \text{ C}$  Lufttemperatur beginnt.

Nach meinen Untersuchungen über die Wärmespeicherung in Schienen würde diese Gefahr schon bei etwa  $+20^\circ \text{ C}$  Lufttemperatur auftreten, da hierbei schon eine Schienentemperatur von  $28^\circ \text{ C}$  möglich ist; die Gefahr der Verwerfung stellt sich also als größer dar, wenn die Wärmespeicherung in Schienen berücksichtigt wird.

Die von Prof. Broekmann berechnete größte Schienen- spannung von 91 t für  $80^\circ \text{ C}$  Lufttemperatur wird in Wirklichkeit nie auftreten. In unserem Klima kann wohl mit  $60^\circ \text{ C}$  Gesamtjahrestemperaturunterschied gerechnet werden ( $-20^\circ \text{ C}$  und  $+40^\circ \text{ C}$ ) und außerdem muß für ein Gleis auch bei Langschienen eine Ausdehnungsmöglichkeit vorhanden sein, so daß die Hälfte der Spannung als Zugspannung erscheint, die andere Hälfte als Druckspannung wirkend auf den Ausdehnungsstoß.

Nimmt man statt  $80^\circ \text{ C}$  Jahresunterschied  $60^\circ \text{ C}$  an, so ermäßigt sich die von Prof. Broekmann berechnete Spannung von 91 t auf 68 t oder auf 1310 kg/cm<sup>2</sup> bzw.  $\pm \frac{1310}{2} = \pm 650 \text{ kg/cm}^2$  oder für eine Schiene von 44,71 cm<sup>2</sup>, wie ich sie meinen Berechnungen zugrunde gelegt habe (siehe Organ 1927, Heft 2) eine Spannung von 29,5 t.

Nach meinen Berechnungen ergab sich für die vorgenannte Schiene eine Spannung von  $\pm 48,73$  t oder  $1090 \text{ kg/cm}^2$ . Diese von mir berechnete höhere Spannung erklärt sich aus der Wärmespeicherung in den Schienen bei  $\pm 30^\circ$  Lufttemperatur, die (wie ich nachwies) 30 bis  $50\%$  beträgt. Unter dieser Voraussetzung stimmen die Rechnungsergebnisse überein.

Die schon im Jahre 1911 von Prof. Broekmann (siehe Seite 389) aufgeworfene Frage: »Ist es in Zukunft nicht sehr leicht möglich, daß man schließlich zu Schienen mit ununterbrochen durchlaufenden Schienenstäben überzugehen wünschen wird?« eilte der heute angestrebten Schienenschweißung soweit voraus, daß sie als Prophezeiung eines weit vorausschauenden Geistes in Erstaunen setzen muß.

Knickfestigkeit der Gleise nur die Überzeugung bestärken, daß es zweckmäßig ist, den Gefahren der Gleisverwerfungen möglichst aus dem Wege zu gehen. Die Lösung der Frage der Schienenschweißung auf der freien Strecke wird also nach der Richtung zu suchen und weiter zu verfolgen sein, daß die Schienen zwar auf sehr große Längen geschweißt werden, die Verbindung der Schienen aber mit den Schwellen so lose wie möglich gehalten wird, damit sich die Schienen ohne zu große Druckkräfte ausdehnen und diese Ausdehnung auf besonders zu konstruierende Ausziehstöße übertragen können. Andererseits wird zu fordern sein, daß die Schwellen in ihrer Lage sich nicht verändern und ein Hin- und Herschieben der Schwellen auf der Bettung (unruhige Gleislage) vermieden bleibt.

Ich denke dabei an Schienenlängen von 500 bis 1000 m, die unter den obigen Voraussetzungen meines Erachtens ohne Gefahr geschweißt werden können.

Schließlich noch ein Wort über die Ausknickung von Eisenbahnschienen in vertikaler Richtung. In einigen in der letzten Zeit erschienenen Aufsätzen (Gleistechnik 1927/13 »Über Schienenschweißung« von Lange, Bahnbau 1927/23 und 25 »Langschienen« von Zimmermann) findet sich die Anschauung vertreten, daß die Verwerfung eines Eisenbahngleises in der Weise vor sich geht, daß zuerst die Ausknickung in vertikaler Richtung nach oben erfolgt und sodann das Gleis sich nach der Seite verschiebt.

Aus der obigen Berechnung von Prof. Broekmann ergibt sich, daß bei Annahme eines

Erklärungen:

- $P_r$  maßgebender Teil
- - -  $P_r$  nicht maßgebender Teil
- - -  $Y_q$
- - -  $P_k$  Ungefähr folgend den durch Versuch bestimmten Punkten.
- ◎ ⊙ Punkte, deren Ordinaten die durch Versuch bestimmte Druckkraft  $P_k$  angeben bei einer mit der Abszissenachse übereinstimmenden seitlichen Stütze  $q$ . Die verschiedenen Punktkreise entsprechen den Werten  $\tau_k$

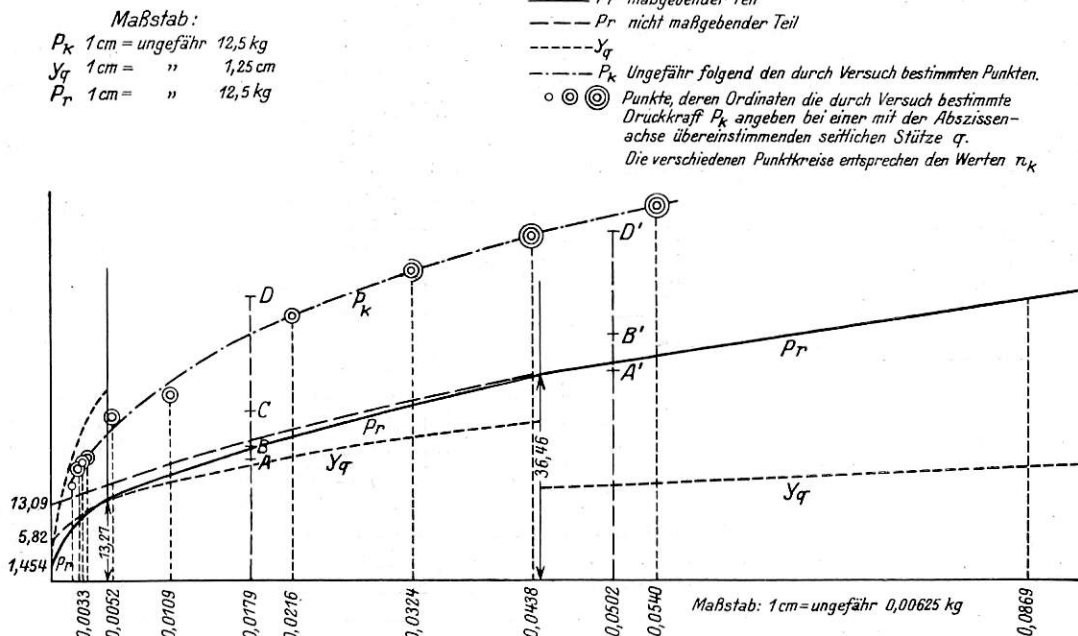


Abb. 4.

Prof. Broekmann ist dabei offenbar von dem Gedanken ausgegangen, daß die Knickung eines Gleises sehr wohl verhindert werden kann, wenn durch seitliche Stützen die geringen seitlichen Anfangskräfte, durch die eine Knickung eingeleitet wird, unwirksam gemacht werden. Man kann dabei an wirkliche seitliche Festpunkte denken oder die Ausgestaltung der Schwellenfelder zu einer wagrecht liegenden Brücke, indem man Winkeleisen als Diagonalen auf die Schwellen aufschraubt.

Da aber schließlich alle diese Mittel die Gefahr des Ausknickens der Schienen nur vermindern, aber kaum in allen Fällen verhindern können und da kaum zu erwarten ist, daß unsere Gleise einen wesentlich größeren seitlichen Widerstand in der Bettung als den von Prof. Broekmann errechneten (1 kg/cm auf die Schiene) finden (die zur Zeit vom Zentralamt Berlin eingeleiteten Versuche müssen hier die weitere Klärung bringen)\*), so dürfte die theoretische Untersuchung über die wagrechte

\*) Bräuning gibt allerdings in seinen »Grundlagen des Gleisbaues« Seite 51 den seitlichen Widerstand der Bettung zu 200 kg/m und Schiene, M. M. v. Weber sogar zu 250 kg an.

seitlichen Gleiswiderstandes von  $q = 100 \text{ kg/m}$  und Schiene und bei den zur Zeit üblichen Oberbauformen das Widerstandsmoment der Schienen in vertikaler Richtung und der Widerstand  $q$  in vertikaler Richtung (Gewicht von Schienen und Schwellen, Reibung der Schwellen in der Bettung, zusammen etwa 300 bis 350 kg/m und Gleis) so wesentlich größer ist als in horizontaler Richtung, daß ohne weiteres ersichtlich ist, daß nur eine Ausknickung in horizontaler Richtung auftreten kann.

Nimmt man aber den seitlichen Widerstand der Bettung  $q$  nach Bräuning zu 200 kg/m und Schiene oder noch höher an, so kann nach Umständen auch ein Ausknicken in vertikaler Richtung nach oben im Bereich der Möglichkeit liegen.

Bekannt ist, daß bei vielen Verwerfungen die Gleise den Weg des kleinsten Widerstandes nehmen und bei vollgefüllter Bettung nach auswärts schräg ansteigen.

Auf Grund der von Prof. Broekmann durchgeführten Berechnungen für horizontale und vertikale Ausknickung kann in jedem einzelnen Fall untersucht werden, welche von beiden in erster Linie eintreten wird.

**Bemerkenswerte Einrichtungen des neuen Lokomotivschuppens in Schaerbeek. (Belgien)\*).**

Von Reichsbahnrat Ebert, Aschaffenburg.

Der neue Lokomotivschuppen in Schaerbeek weist eine Reihe bemerkenswerter Einrichtungen auf, über deren Brauch-

\*) Nach der Beschreibung von Chantrell im Bulletin du Congrès des Chemins de Fer., Mai 1927.

barkeit bereits ein Urteil gefällt werden kann, weil sie seit dem Jahre 1924 schon in Betrieb stehen.

Die Grundrissanordnung des Schuppens zeigt, wie fast alle belgischen Lokomotivschuppen, die rechteckige Form mit

parallel liegenden Ständen. Das Gebäude besteht eigentlich aus zwei aneinander gesetzten Schuppen von je 95 m Länge mit einer dazwischen liegenden Werkstätte von 19 m Länge, sodafs sich eine Gesamtlänge des Gebäudes von 209 m ergibt. Jeder Schuppenteil enthält 19 Gleise, auf denen je vier oder fünf Lokomotiven aufgestellt werden können. Die rechteckige Schuppenform wurde gewählt, weil sie die einfachere und billigere ist und gestattet, eine Höchstzahl von Lokomotiven auf einer gegebenen Grundfläche unterzubringen. Hinsichtlich Diensterteilung und Ausfahrt der Lokomotiven ist das Rundhaus günstiger. Für den Rechteckschuppen müssen die Lokomotiven nach der Tiefe entsprechend der Ordnung der abfahrenden Züge aufgestellt werden, um ohne Verschiebebewegungen auszukommen. Trotzdem werden durch verschiedene Umstände zahlreiche Lokomotivverstellungen nötig um die in der Tiefe des Schuppens stehenden Fahrzeuge herauszuholen. Zu Anfang waren oft bis zu 80 Rangierbewegungen innerhalb 24 Stunden nötig, die von einer besonderen Verschiebelokomotive mit Arbeitergruppe ausgeführt wurden. Dieser Mißstand konnte teilweise beseitigt und die Zahl der Verschiebebewegungen auf etwa 50 herabgedrückt werden dadurch, dafs im voraus eine besondere Ordnung erstellt wird, nach welcher die Lokomotiven auf jedem Gleis in der Reihenfolge ihres Auslaufes aufgestellt werden. Eine besondere Belegungstafel, die in der Wagrechten Abschnitte für die Gleise und in jedem Abschnitt die 24 Stunden des Tages und in der Senkrechten die Stände auf den Gleisen einschließlic der Stände auf dem Hofe für Kurzwendungen trägt, erleichtert die planmäßige Besetzung der Stände. Trotzdem bleiben vor allem wegen verspäteter Rückkehr der Lokomotiven vom Dienst zahlreiche Verschiebebewegungen auszuführen. Aus diesen Gründen sind die belgischen Eisenbahnen dazu übergegangen bei den spätern Bauten, wie z. B. in dem neuen Schuppen von Bertrix, eine Schiebebühne in der Mitte des Schuppens und eine Gleisharfe vor dem Schuppen anzuordnen. Die Lokomotiven laufen über der Schiebebühne ein und über die Gleisharfe aus. Auf diese Weise werden die Vorteile eines fortgesetzten Umlaufes erzielt. Im Falle eines Schadens an der Schiebebühne wird der Umlauf über die Gleisharfe aufrecht erhalten.

Die Rauchabsaugung erfolgt mittels Metallhauben, die mit beweglichen Flügeln sich auf die Lokomotivkamine setzen. Diese beweglichen Rauchabzüge münden in ein Sammelrohr, das in zwei Kaminen, einen für jeden Halbschuppen, von 55 m Höhe endigt. Die Anlage saugt den Rauch sehr gut ab und beschleunigt das Anheizen der Lokomotiven. Versuche haben gezeigt, dafs der Zeitgewinn bei der Anfeuerung 30 bis 40 Minuten beträgt. Die Anlage hat jedoch ernste Mängel. Die Anlage- und Instandhaltungskosten sind sehr hoch. Trotz aller Vorschriften und bester Aufsicht kommen häufig schwere Beschädigungen vor, weil vergessen wird die Hauben vor der Abfahrt der Lokomotiven aufzuziehen oder weil ein unerwarteter Stofs gegen die Maschine erfolgt usw.

Die Metallhauben halten den Angriffen der Rauchgase nicht stand, so dafs seit der Indienststellung, also innerhalb dreier Jahre, bereits 35 von ihnen ersetzt werden mußten. Die Rauchabzugröhren beeinträchtigen in gewissem Grade die gute Beleuchtung des Schuppens. Die Notwendigkeit die Lokomotiven genau unter die Rauchabzüge zu stellen führt wegen der verschiedenen Länge der Lokomotiven zu ungünstiger Ausnutzung des überdachten Raumes. In Schaerbeek gehen dadurch durchschnittlich 3 bis 4 m Gleis zwischen zwei Lokomotiven, das sind bei drei Hinterstellungen 9 bis 12 m Gleis verloren, die bereits für Hinterstellung einer Verschiebelokomotive ausreichen würden. Ausserdem ist es für verschiedene Unterhaltungsarbeiten an der Maschine nötig sie in eine bestimmte Stellung zu bringen: die Haube muß gehoben, die Maschine vor und nach der Ausbesserungsarbeit verstellt und mit dem

Anheizen gewartet werden, bis die Maschine wieder unter der Haube steht.

Diese Umstände haben die belgischen Eisenbahnen dazu gebracht von weiteren Anwendungen dieser gemeinsamen Rauchabsaugung abzusehen. Bei den in letzter Zeit errichteten Schuppen sind durchlaufende Rauchabzüge aus Eisenbeton eingebaut worden, die wie nach unten offene Tröge an der Dachung aufgehängt sind. Auf den Trögen stehen Kamine mit Luftsaugern verschiedener Bauarten, die alle darauf beruhen, dafs ein Luftdurchzug erzeugt und dabei der Rauch mit abgesaugt wird.

Die Anordnung der Höfe geschah nach dem Gesichtspunkt eines zweckmäßigen Lokomotivdurchlaufes. Die Lokomotiven durchlaufen bei ihrer Rückkehr ohne eine Gegenläufigkeit alle Behandlungsanlagen von der Drehscheibe über die Bekohlungs- und Besandungsanlage zur Entschlackungs- und Wassernahmsanlage. Die auslaufenden Lokomotiven schneiden nirgends den Weg der einlaufenden Lokomotiven. Die Dauer der Lokomotivbehandlung beträgt dank dieser Anordnung höchstens 35 Minuten: 15 Minuten für Drehen, Untersuchung, Versorgung mit Brennstoffen und Sand, 15 Minuten für Feuerputzen, Rauchkammerreinigen, Wasserfassen und 5 Minuten für Einstellen im Schuppen. Im alten Schuppen war die Behandlungszeit etwa dreimal höher.

Die Bekohlungsanlage besteht aus einer Eisenbetonbühne, die an die beiden Lokomotivanfahrgleise reicht und auf der stets eine Anzahl gefüllter Hunde steht. Die Kohlenkleinwagen werden auf einem durch Drehscheiben verbundenen Netz von Kleingleisen bewegt. Zwei dieser Kleingleise führen zu den Kippern, die den Inhalt der Hunde auf die Tender stürzen. Auf der entgegengesetzten Seite der Bühne empfangen zwei Kleingleise die durch zwei voneinander unabhängige Förderer emporgehobenen Hunde. In Höhe des Erdbodens liegt ein zweites Kleingleisnetz, das zu den Kohlenbunkern der Kohlenmischanlage und zu den Brikettwagen führt. An der Kohlenbühne sind auch die Sandbunker angeordnet. Sie werden durch ein Förderwerk gefüllt, das den Sand vom Trockenofen emporhebt. Die Bunker sind derart angeordnet, dafs sowohl Lokomotiven mit Sandkästen in der Mitte als auch Lokomotiven mit seitlich angeordneten Sandkästen bedient werden können.

Die Kohlenbühne arbeitet besonders hinsichtlich der Schnelligkeit der Lokomotivbekohlungs zufriedenstellend. Der Zeitbedarf beträgt etwa eine Minute für 1 Tonne. Der tägliche Umschlag betrug 1926 im Mittel 300 t, davon 60 t Briketts. Die Kosten je umgeschlagene Tonne betragen etwa 2 Fr. 20. In dieser Summe sind enthalten die Löhne (1 Fr. 55) die Stromkosten (0 Fr. 06), die Unterhaltungskosten (0 Fr. 06), der Zins- und Tilgungsbetrag (0 Fr. 26), die Allgemerkosten (0 Fr. 27).

Für andere Betriebswerke von der Gröfse Schaerbeeks sind für die Bekohlungs Dampfkranen mit Greifern für die Kohle und feststehende elektrische Kranen mit Sondereinrichtung für Brikettverladung aufgestellt. Die Bekohlungs vollzieht sich mit diesen Einrichtungen weniger rascher als mit der Kohlenbühne. Der Zeitbedarf für die Tonne beträgt etwa drei Minuten, ausserdem sind die Kosten für die umgeschlagene Tonne etwas höher, nämlich etwa 3 Fr. Die Lohnkosten allein sind etwa 20% höher als bei der Kohlenbühne.

Kohlenladetürme in Verbindung mit einer Bühne für Briketts gestatten im Vergleich mit der Kohlenbühne die Lohnkosten um mehr als die Hälfte herabzusetzen, wenn auch die Anlagekosten etwa dreimal höher sind. Für eine Umschlagmenge von etwa 300 t wie in Schaerbeek ergeben sich die Umschlagkosten je Tonne etwa zu 2 Fr., also etwas weniger als für die Kohlenbühne in Schaerbeek. Aus diesem Grunde haben sich die belgischen Bahnen entschlossen diese Bekohlungsart für ihre neuen wichtigen Schuppen anzuwenden.

Die Entschlackungsanlage umfaßt zwei nebeneinander liegende Gruppen von Putzgräben für je acht Lokomotiven. Jede Gruppe wird von einem Greifer zu 1 m<sup>3</sup> Inhalt bedient, dessen Katze auf einer Hängebahn läuft. Die Betätigung des Greifers erfolgt vom Führerhäuschen zu ebener Erde. In den neuerdings gebauten Anlagen ist eine mit Führerkorb versehene, als Brücke ausgebildete Laufkatze gewählt worden. Die Anlage in Schaerbeek arbeitet zur vollen Zufriedenheit.

Die Lokomotivwaschanlage ist nach dem System Micheli gebaut. Es ist eine selbsttätig arbeitende Anlage, die nach ähnlichen Grundsätzen gebaut ist wie die bei uns bekannten Anlagen, bei denen das ablaufende heiße Kesselwasser über Reiniger in den Spritzwasserbehälter gelangt und auf seinem Wege in Gegenstromkühlern seine Wärme an das Füllwasser abgibt. Außer Spritzwasser- und Füllwasserpumpe sind noch Umlauf- und Kesselablaufpumpen vorhanden. Regler verschiedener Art bedienen selbsttätig die Anlage. Das Spritzwasser zeigt eine Temperatur von 50 bis 60°, das Füllwasser von 70 bis 80°. Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage, d. h. das Verhältnis der von Spritzwasser und Füllwasser aufgenommenen Wärmemenge zu der im Kessel enthaltenen Wärmemenge beträgt 80 bis 85%, gegen 50% bei Waschklokomotiven oder ortsfesten Kesseln. Die Ersparnis beträgt für jede Waschung etwa 176 kg Kohle und 7 m<sup>3</sup> Wasser. Die Wirtschaftsrechnung für die Anlage zeigt, daß sie in etwa drei Jahren abbezahlt ist.

Die Kohlenmischanlage hat den Zweck die verschiedenen der Bahn aus den belgischen Zechen zur Verfügung stehenden Sorten in ein günstigstes Gemisch zu bringen. Es stehen zur Verfügung halbfette Kohlen mit 13 bis 18% flüchtigen Bestandteilen, Magerkohlen mit 8 bis 13% flüchtigen Bestandteilen, die für Verfeuerung in der Lokomotive nicht geeignet sind und die durch Mischung mit Fettkohlen von 20 bis 32% flüchtigen Bestandteilen gewissermaßen zu halbfetten Kohlen gemacht werden mit einem Gehalt von etwa 18% flüchtigen Bestandteilen. In jeder dieser drei Sorten bestehen außerdem Unterschiede im Aschengehalt: man unterscheidet z. B. die saubere Halbfettkohle bis zu 10% Aschengehalt, die mittelsaubere Halbfettkohle bis zu 14% Aschengehalt und die unsaubere Halbfettkohle bis zu 20% Aschengehalt. Außerdem unterscheiden sich die Kohlen noch hinsichtlich des Aschenschmelzpunktes und der Schlackenbildung.

Die Mischanlage besteht aus vier Türmen für je 120 t, von denen einer als Reserve dient. Die drei Betriebstürme dienen zur Aufnahme von Fettkohle, Halbfettkohle und Magerkohle. Da innerhalb dieser drei Gruppen der Gehalt an

flüchtigen Bestandteilen ziemlich schwankt, erfolgt zunächst eine Vormischung. Die Kohlenwagen werden vor der Entladung ausgeschieden nach der Unterteilung in Fettkohlen mit mehr flüchtigen und mit weniger flüchtigen Bestandteilen, in Halbfettkohlen mit mehr flüchtigen und mit weniger flüchtigen Bestandteilen und in Magerkohlen mit mehr flüchtigen und mit weniger flüchtigen Bestandteilen, so daß also sechs Gruppen gebildet werden. Jede dieser sechs Gruppen wird dann nochmals in drei Untergruppen (sauber, halbsauber und unsauber), nach dem Aschengehalt geteilt. Die Ausscheidung der Kohlenwagen erfolgt auf einer Gleisharfe vor der Mischanlage. Den Türmen werden nun über die Kipper die in gewünschter Weise aussortierten Kohlen zugeführt, die sich in den Schüttrichtern und beim Hochbechern mischen. Jeder Turm enthält also Kohlen, die bereits auf eine mittlere Qualität vorgemischt sind. Eine zweite vollkommene Mischung wird dadurch erzielt, daß die Kohle von den Türmen über umlaufende Mischtrichter in beliebiger Dosierung auf ein Förderband geschüttet wird. Der Zulauf der Kohlenwagen zur Anlage wird mit Hilfe einer Tafel geregelt, die die Beschaffenheit der Kohle je nach Herkunft auf Grund der Laboratoriumsuntersuchung anzeigt. Die Kohlenmischung wird ständig durch Brennstoffuntersuchungen überwacht, die im eigenen Laboratorium in Schaerbeek auf Gehalt an Wasser, Asche und flüchtigen Bestandteilen, Aschenschmelzpunkt und Verschlackung vorgenommen wird.

Die Kohlenmischung wird eingestellt auf etwa 18% flüchtige Bestandteile und 13% Asche. Um Unregelmäßigkeiten in der Kohlenzufuhr ausgleichen zu können ist sowohl ein Lager für die ungemischten Kohlenarten als auch für im Vorrat gemischte Kohle vorhanden. Die Lager werden mit Greiferbrücken bedient.

Die Anlage in Schaerbeek mischt jährlich etwa 434 000 t. Zur Zeit werden drei weitere im Versorgungsmittelpunkte gelegene Anlagen gebaut, so daß diese vier Anlagen zusammen alle belgischen Betriebswerke mit gemischter Kohle werden versorgen können. Der Einfluß der Verwendung gemischter Kohle auf die Leistung der Lokomotiven hat sich im günstigsten Sinne stark bemerkbar gemacht. Dabei ist der Verbrauch an Kohle je Tonnenkilometer zurückgegangen, in Schaerbeek etwa um 10%. Wenn auch dieser Rückgang noch einigen anderen Umständen wie z. B. dem besseren Zustand der Maschinen, den Langläufen usw. zuzuschreiben ist, so trifft doch ein beträchtlicher Teil der Kohlenersparnis auf die Verwendung gemischter Kohle. Die Kohlenmischanlage macht sich gut bezahlt. Die belgischen Eisenbahnen halten die Versorgung des ganzen Netzes mit Mischkohle für eine der Hauptaufgaben in ihren Verbesserungsbestrebungen.

## Streckenblockung für eingleisige Bahnen mit Blockstellen.

(Vereinfachung gegen die preussisch-hessische Anordnung von 1905.)

Von Geh. Baurat H. Seyberth, Oberregierungsbaurat a. D., Breslau †.

Hierzu Tafel 38.

Die seit 1905 bei den ehemals preussisch-hessischen Bahnen vorgeschriebene Bauart der Streckenblockung auf eingleisigen Bahnen\*) (vierfeldrige Form) weist für Strecken mit Streckenblockstellen die Eigentümlichkeit auf, daß jede Blockendstelle soviel Erlaubnisabgabe = (Ea) und soviel Erlaubnisempfangsfelder (Ee) besitzt, als Blockabschnitte vorhanden sind. Bei Strecken mit einer Streckenblockstelle finden sich also zwei Ea und zwei Ee, bei solchen mit zwei Streckenblockstellen drei Ea- und drei Ee-felder auf jeder Endstelle.

Bei den ersten Ausführungen in der Bauart 05 konnte bei Strecken mit einer Streckenblockstelle zwischen zwei

Stationen von B und C, wenn drei Züge gleicher Richtung z. B. von B nach C im Blockabstande verkehren sollten, die Bedienung der Ea-felder wie folgt vorgenommen werden: Die Erlaubnis für den zweiten Zug konnte, wie jetzt, nur gegeben, d. h. Ea<sub>2</sub> in C nur bedient werden, wenn der erste Zug von B abgefahren und Ee in B wieder geblockt war. Für einen dritten Zug gleicher Richtung konnte Erlaubnis Ee<sub>2</sub> gegeben werden, wenn der erste Zug in C eingetroffen und zurückgemeldet und dadurch Feld Ea<sub>2</sub> in C wieder entblockt war. Die erneute Bedienung dieses Feldes für den dritten Zug war dabei nicht von der Abfahrt des zweiten Zuges von B abhängig, sondern konnte auch geschehen, wenn sich dieser Zug noch in B befand. In diesem Falle lief jedoch der Blockstrom von Ea<sub>2</sub> nach dem bereits entblockten Feld Ee<sub>2</sub> in B,

\*) Siehe Zentralblatt der Bauverwaltung, Jahrgang 1905, Seite 622 und Zeitschrift für das gesamte Sicherungswesen (Stellwerk) Jahrgang 1907, Seite 73.

brachte also hier keine Änderung im Zustand der Felder hervor. Hier blieb  $Ee_2$  nach wie vor entblockt, auf der Strecke befand sich kein Zug, in C aber waren beide  $Ea$ -felder geblockt. War dann der zweite Zug von B abgelaufen und vorgeblockt, und damit  $Ee_2$  in B wieder geblockt, so konnte der dritte Zug erst folgen, nachdem der zweite in C eingetroffen, hier  $Ea_2$  wieder entblockt und dann zur Entblockung von  $Ee_2$  erneut bedient war. Es war somit in der Blockanlage eine Störung eingetreten, die sich in der Ausschaltung der Streckenblockstelle für die Zugfolge zwischen dem zweiten und dritten Zug und ferneren Zügen zeigte. Die Ursache der Störung lag daran, daß die zweimalige Blockung von  $Ea_2$  zu früh erfolgt war, nämlich zu der Zeit, als das mit  $Ea_2$  verbundene  $Ee_2$  noch entblockt war. Sie hätte erst stattfinden dürfen, als der zweite Zug von B abgelaufen und  $Ee_2$  wieder geblockt war.

Zur Vermeidung solcher Störungen hat man den Blockstrom von  $Ea_2$  über einen Kontakt an der Riegelstange des Endfeldes E in C geführt, der nur bei entblocktem Feld geschlossen ist. Die Erlaubnis für einen zweiten und dritten Zug kann nun erst gegeben werden, nachdem der vorher erlaubte nicht nur von B abgelaufen ist, sondern auch die erste Blockstelle verlassen hat. Eine zu frühzeitige Blockung von  $Ea_2$  ist damit in einfacher Weise verhindert, andererseits aber eine mehr als nötige Verzögerung in der Blockung dieses Feldes herbeigeführt. Geschieht sie nicht sofort nach Eintreffen der Vorgeblockung, so entsteht auch eine Verzögerung in der Zugfolge. Die Lösung kann daher nicht ganz befriedigen.

Ob und welche Vorkehrungen bei Strecken mit drei Blockabschnitten in Anwendung gebracht sind, die vorzeitige Erlaubnisabgabe zu verhindern, ist dem Verfasser nicht bekannt geworden. Das einfache Mittel der Anbringung eines Kontaktes am Endfeld ist hier jedenfalls nicht verwendbar.

Wenn Strecken mit drei Blockabschnitten auch nur selten vorkommen, so ist es doch erwünscht, daß auch für diesen Fall eine einwandfreie Lösung vorhanden ist.

Nachstehend wird daher eine Änderung in der Anordnung von 05 vorgeschlagen, durch die in allen Fällen — Strecken mit zwei oder drei Blockabschnitten — für Züge gleicher Richtung frühzeitigste Abgabe der Erlaubnis für den zweiten und folgende Züge ermöglicht wird. Außerdem soll die Gesamtanordnung dadurch vereinfacht werden, daß auf die Verwendung mehrerer  $Ee$ -felder verzichtet wird. Als Grund für ihre Verwendung in der Zahl der Blockabschnitte wird angeführt, daß die die Züge ablassende Station durch diese Felder über die Besetzung der Strecke unterrichtet werde. Dies trifft jedoch nur für den Augenblick zu, in dem eine Erlaubnis bei ihr eintrifft. Eine solche Angabe ist aber nur von geringem Wert. Zur Regelung der Zugfolge durch die Ankunftsstation genügt in allen Fällen ein  $Ee$ -feld, da auf der Abgangsstation auch bei der jetzt üblichen Verwendung mehrerer  $Ee$ -felder doch stets nur eins entblockt sein kann.

In dem nachstehend behandelten Falle, Strecke mit zwei Streckenblockstellen zwischen Stationen B und C mit je einem Befehlstellwerk (Abb. 1, Taf. 38) ist demgemäß in der Verschlusstafel (Abb. 2, Taf. 38) für die Blockwerke in B und C nur je ein  $Ee$ -feld (1 und 24) vorgesehen, während die  $Ea$ -felder (je drei in B und C), die Anfang- und Endfelder in B, C und den Blockstellen I und II sowie die Unterbrecherfelder in B und C nach Zahl und Anordnung der Bauart 05 entsprechen. Statt Unterbrechern können auch Rückgabesperren verwendet werden. Abweichend von der Bauart 05 ist aber in B und C je ein weiteres Feld 7 und 18 ein sogenanntes »Abmeldefeld«  $Ab$  zugefügt. Mit seiner Hilfe soll die Abgabe der Erlaubnis geregelt werden. Zu diesem Zweck ist es durch je eine Gemeinschaftstaste mit jedem  $Ea$ -feld verbunden, wird also bei jeder Erlaubnisabgabe

mitgeblockt. Entblockt wird es im regelmäßigen Betriebe durch den Blockstrom, mit dem die Abgangsstation einen abgelassenen Zug vorgeblockt. Sollen z. B. zwei Züge im Blockabstand von B nach C verkehren, so hat C mit Taste 18/19 zu blocken, wodurch  $Ee$  in B (Feld 1) entblockt wird. Ist der damit freigegebene Zug I abgelaufen und von B durch Blocken mit Taste T 1/2 nach Blockstelle I vorgemeldet, so wird damit auch Feld 18 entblockt (von Rot in Weiß verwandelt). Der Farbenwechsel zeigt also C an, daß der Zug I von B abgelaufen ist und daß Erlaubnis für einen zweiten Zug gegeben werden kann. C blockt nun mit Taste 18/20, entblockt dadurch wiederum  $Ee$  in B und erhält, wenn B den zweiten Zug vorgeblockt hat, ebenfalls wieder durch Entblocken von Feld 18 Kenntnis von der Abfahrt dieses Zuges. Die Innehaltung in der Reihenfolge der Benutzung der Tasten 18/19, 18/20 (und 18/21 bei drei Zügen) wird, wie bei der Bauart 06, durch einen sogenannten Zählschieber erzwungen. Ist der erste Zug in C eingetroffen und hier das Endfeld (17) bedient, so wird wieder, wie bei der Bauart 05, Feld 20 entblockt und nach Eintreffen des zweiten Zuges und erneutem Bedienen des Endfeldes Feld 19. Damit ist der Ruhezustand aller Felder wieder hergestellt. Die Reihenfolge in der Entblockung der  $Ea$ -felder, und zwar in umgekehrter Folge wie bei dem Blocken, wird, ebenfalls wie bei der Bauart 05, mit Hilfe eines sogenannten Schaltschiebers bewirkt.

Sollen drei Züge im Blockabstand von B nach C verkehren, so spielt sich Blockung und Entblockung der Felder in gleicher Weise ab. In Abb. 2 sind für diesen Fall die Vorgänge im Abschnitt B angegeben.

Soll eine erteilte Erlaubnis nicht benutzt werden, so muß sie, wie bei der Bauart 06, ohne Eingriff in das Blockwerk zurückgegeben werden können. Handelt es sich dabei um die Erlaubnis für einen Zug ( $Ea$ ), so hat der Blockstrom von  $Ee$ , wie unter A in Abb. 2, Taf. 38 angegeben, nicht nur  $Ea$  (Feld 19), sondern auch  $Ab$  (Feld 18) in C zu entblocken, um den Ruhezustand aller Felder wieder herbeizuführen.

Muß eine zweite oder dritte Erlaubnis unbenutzt bleiben, so soll nach den Vermerken bei B (Abb. 2, Taf. 38) die Rückgabe nicht sofort, sondern, wie in den Abschnitten C und D der Verschlusstafeln angegeben, erst dann möglich sein, wenn die ganze Strecke B bis C von Zügen geräumt ist. Durch die Blockung von  $Ee$  ist dann wieder  $Ab$  und  $Ea$  zu entblocken, d. h. die gleiche Wirkung auszuüben wie bei Vorgang A. Auch dadurch wird die Schaltung gegen die der Bauart 05 vereinfacht. Hier ist sofortige Rückgabe jedes Erlaubnisempfangs möglich, dazu aber schon bei Strecken mit einer Blockstelle eine besondere Umschaltvorrichtung erforderlich, die bei der Bauart mit einem  $Ee$ -feld und Verzicht auf sofortige Rückgabe erspart wird. Die Möglichkeit der sofortigen Rückgabe jedes Erlaubnisempfangs ist aber als wesentlicher betrieblicher Vorzug nicht anzusehen. Nur, wenn es sich dabei zugleich um eine spitze Kreuzung handelt, kann damit eine geringe Beschleunigung im Ablassen des Gegenzuges erreicht werden.

An Außenleitungen für eine Fahrriechung, z. B. für die von B nach C, sind bei Benutzung der Erde als Rückleitung erforderlich:  $L_1$  zwischen  $Ee$  (1) in B und  $Ab/Ea$ , (18/19) in C, da sich diese Felder gegenseitig entblocken sollen, ferner Leitung  $L_2$  zwischen den sich gegenseitig entblockenden Feldern 2 und 9 und  $L_3$  zwischen 9 und 18, damit 18 durch den Blockstrom von 2 betätigt werden kann, sodann, wie bei der Bauart 06, die Leitungen  $L_4$  und  $L_5$  zwischen den sich gegenseitig entblockenden Feldern 10 und 13 bzw. 14 und 17. Mit diesen Leitungen ergibt sich der Schaltplan für die Fahrriechung B bis C nach Abb. 3, Taf. 38\*).

\*) Von der Wiedergabe der Ableitung des Planes ist abgesehen.

Die Blockströme nehmen nach dem Schaltplan folgende Wege:

| bei Vorgang | 1   | in Reihe    |  |
|-------------|-----|-------------|--|
|             |     | der Ver-    |  |
|             |     | schlußtafel |  |
|             |     |             | I: I <sub>c</sub> (Induktor in C) L <sub>11</sub><br>(Leitung 11) F 19 (Feld 19)<br>L <sub>12</sub> F 18 L <sub>13</sub> L <sub>1</sub> F 1 E<br>(Erde) K <sub>c</sub> (Körper des<br>Induktors C) |
| »           | 2 u | »           | II: I <sub>B</sub> L <sub>14</sub> L <sub>15</sub> F 1 L <sub>1</sub> F 19<br>L <sub>16</sub> L <sub>17</sub> L <sub>18</sub> L <sub>19</sub> F 18 E K <sub>B</sub>                                |
| »           | 2   | »           | IV: I <sub>B</sub> F 3 E K <sub>B</sub>  |
| »           | 3   | »           | V: I <sub>B</sub> F 3 L <sub>20</sub> L <sub>15</sub> F 1 L <sub>21</sub> F 2<br>L <sub>2</sub> F 9 L <sub>3</sub> L <sub>19</sub> F 18 E K <sub>B</sub>   |
| »           | 4   | »           | VI: I <sub>c</sub> L <sub>22</sub> F 20 L <sub>23</sub> L <sub>12</sub> F 18<br>L <sub>13</sub> L <sub>1</sub> F 1 E K <sub>c</sub>  |
| »           | 5   | »           | VII: I <sub>BI</sub> F 10 L <sub>4</sub> F 13 E L <sub>24</sub><br>F 2 L <sub>2</sub> F 9 K <sub>BI</sub>  |
| »           | 6   | »           | VIII: wie 2 in Reihe IV  |
| »           | 7   | »           | XI: wie 3 in Reihe V   |
| »           | 8   | »           | X: I <sub>c</sub> L <sub>25</sub> F 21 L <sub>26</sub> L <sub>23</sub> L <sub>12</sub><br>F 18 L <sub>13</sub> L <sub>1</sub> F 1 E K <sub>c</sub>   |
| »           | 9   | »           | XI: I <sub>BI</sub> F 14 L <sub>5</sub> F 17 E F 10<br>L <sub>4</sub> F 13 K <sub>BI</sub>   |
| »           | 10  | »           | XII: wie 5 in Reihe VII  |
| »           | 11  | »           | XIII: wie 2 in Reihe IV  |
| »           | 12  | »           | XIV: wie 3 in Reihe V  |
| »           | 13  | »           | XV: I <sub>c</sub> L <sub>17</sub> L <sub>27</sub> L <sub>28</sub> F 21 L <sub>29</sub><br>L <sub>30</sub> L <sub>31</sub> L <sub>32</sub> F 17 L <sub>5</sub> F 14<br>E K <sub>c</sub>            |
| »           | 14  | »           | XVI: wie 9 in Reihe XI   |
| »           | 15  | »           | XVII: wie 5 in Reihe VII   |
| »           | 16  | »           | XVIII: I <sub>c</sub> L <sub>17</sub> L <sub>27</sub> L <sub>28</sub> F 20 L <sub>30</sub><br>L <sub>31</sub> L <sub>32</sub> F 17 L <sub>5</sub> F 14<br>E K <sub>c</sub>                         |
| »           | 17  | »           | XIX: wie 9 in Reihe XI   |
| »           | 18  | »           | XX: I <sub>c</sub> L <sub>17</sub> L <sub>16</sub> F 19 L <sub>31</sub> L <sub>32</sub><br>F 17 L <sub>5</sub> F 14 E K <sub>c</sub>   |
| »           | 6   | »           | XXI: )<br>wie 9 in Reihe XI  |
| »           | 11  | »           | XXV: )<br>wie 16 in Reihe XVIII  |
| »           | 7   | »           | XXII: )<br>wie 2 u in Reihe II   |
| »           | 12  | »           | XXVII: )<br>wie 13 in Reihe XV.  |
| »           | 8   | »           | XXIII: )   |
| »           | 13  | »           | XXVII: )   |
| »           | 10  | »           | XXIV: )  |

Erläuternd wird dazu noch bemerkt:

1. Die Druckstangenkontakte a a a und a<sub>1</sub> a<sub>1</sub> a<sub>1</sub> an den Erlaubnisabgabefeldern, über die die Leitungen L<sub>1</sub> bzw. L<sub>2</sub> geführt sind, sollen die gleichzeitige Blockung eines Ea-feldes in B und eines solchen in C verhindern.

2. Der Riegelstangenkontakt b in Verbindung mit dem Druckstangenkontakt c an Feld Ee in C soll die Blockung

eines Ea-feldes in C verhindern, solange Ee in C nicht geblockt ist. In gleicher Weise sollen b<sub>1</sub> und c<sub>1</sub> an Feld Ee in B die Blockung eines Ea-feldes in B verhindern.

3. Der Druckstangenkontakt d bei Ee (in B) dient zur Unterbrechung der Erdverbindung von Feld A, wenn Ee allein bedient wird. Diese Unterbrechung ist notwendig, weil andernfalls der Blockstrom von Ee in C statt über die Felder 19 und 18 und Erde nur über Feld 19 und dann über L<sub>3</sub> und durch die Felder 9 und 2 nach Erde laufen könnte.

4. Der Druckstangenkontakt e an Feld E in C verhindert, daß bei der Rückgabe einer unbenutzten Erlaubnis in B (Alleinbedienung von Ee in B) der Blockstrom nach den Feldern Ea<sub>2</sub> und Ea<sub>3</sub> in C laufen kann.

5. Zwischen den Tasten 1 (Ee) und 1/2 (Ee/A) ist, wie bei der Bauart 06, eine Wechseltastensperre anzuordnen, um das gleichzeitige Niederdrücken beider Tasten und damit die Möglichkeit unrechtmäßiger Entblockung der Erlaubnisabgabefelder in C auszuschließen, die gleiche Sperre ist in C zwischen den Tasten 24 und 23/24 erforderlich.

Der vollständige Schaltplan für das Blockwerk B ist in Abb. 4, Taf. 38 der Blockplan in Abb. 5, Taf. 38 dargestellt. In Abb. 4, Taf. 38 ist die Einschaltung eines Signalfügelkontaktes in den Stromweg Induktor, Feld 8, Leitung L 10 durch gestrichelte Linien angegeben.

Die Vorzüge der neuen Bauart zeigen sich besonders bei Strecken mit zwei Streckenblockstellen. Sie bestehen in der Ersparnis von Blockfeldern und Außenleitungen, Vereinfachung der Schaltung, Wegfall der (durch die Ea und das E-feld anzutreibenden) Schaltvorrichtung und Wegfall der Zwischenhebel für die Ee-felder. In betrieblicher Hinsicht bietet die neue Bauart den Vorteil, daß durch das Ab-feld der Station, die Erlaubnis für einen Zug abgegeben hat, dessen Abfahrt sofort kenntlich gemacht wird, die Abgabe der Erlaubnis für einen folgenden Zug also so zeitig erfolgen kann, daß die schnellste Zugfolge ermöglicht wird.

Auch bei Strecken mit nur einer Streckenblockstelle empfiehlt sich die Verwendung nur eines Ee-feldes. Die Zufügung eines Ab-feldes ist zur Ermöglichung schnellster Zugfolge ebenfalls zweckmäßig. Wird hierauf weniger, dagegen mehr Wert auf Ermäßigung der Baukosten gelegt, so kann man das Ab-feld fortlassen und wie bisher die Abgabe von Ea<sub>2</sub> erst nach der Entblockung des Endfeldes E zulassen. Der Kopf der Verschlussstafel gestaltet sich dann nach der Abb. 6, Taf. 38. Zur weiteren Vereinfachung der Anlage empfiehlt es sich aber auch hier, auf die Möglichkeit der sofortigen Rückgabe einer nicht zu benutzenden Erlaubnis Ea<sub>2</sub> zu verzichten. Man erspart dann gegen die Bauart von 05 zwei Blockfelder, zwei Außenleitungen, die Zwischenhebel und die Umschaltvorrichtung und kommt mit der einfachen Schaltung Abb. 7, Taf. 38 aus. Auch die Wechseltastensperre zwischen Taste 1 und Taste 1/2 fällt weg.

## Riffelbildungen an Eisenbahnschienen.

Von Reichsbahnoberrat Dr. Saller.

Es gibt mindestens fünf Erklärungsversuche für die Riffelerscheinungen. Die umstrittenste von ihnen ist wohl die, die die Riffelbildung auf den Walzvorgang zurückführen will. Die einen wollen die Riffelbildung mit der Beschaffenheit der Schienenauffläche, die bei der Herstellung der Schienen im Walzvorgang ungleichartig werde, in Beziehung bringen. Man weist daraufhin, daß der aus dem Tiefofen kommende Stahlblock im Blockwalzwerk mittels kannellierter Walzen zu einem Halbfabrikat (Vorblock) gestreckt wird, das ein zahnstangenartiges Aussehen erhält und man glaubt, hiervon die oft überraschende Regelmäßigkeit der Riffeln ableiten zu müssen. Von anderen, nament-

lich Walztechnikern, wird die Möglichkeit dieser Annahme bestritten.

Bei dieser Lage der Sache mag ein Fall von Bedeutung sein, bei dem der Zusammenhang des Auftretens von Riffeln zwar nicht mit dem Walzen selbst, aber doch mit dem Richten der Schienen unzweideutig festgestellt werden konnte.

Auf der Strecke Limburg—Niederlahnstein wurden beim heurigen Gleisumbau Schienen S 49 von verschiedenen Hüttenwerken durcheinander verlegt. Dabei zeigte sich gleich von vornherein ein ganz eigenartiges Verhalten der Schienen eines bestimmten Hüttenwerkes. Während die anderen Schienen mehr

einen einzigen Laufstreifen längs der Mitte der Schienenkronen zeigten, wiesen die betreffenden Schienen zwei Laufstreifen, beiderseits der Mitte, auf. Eine genauere Untersuchung zeigte, daß die Lauffläche nicht genügend gerundet (Vorschrift  $R=200\text{ m}$ ), sondern zu flach war. Der doppelte Laufstreifen war damit und durch das bekannte Vorhandensein des sog. falschen Flansches an den Radlaufflächen erklärt. Aber die betreffenden Schienen zeigten noch eine andere, möglicherweise mit der vorbeschriebenen Eigentümlichkeit zusammenhängende, weit auffälligere Erscheinung, die von allem Anfang an einen Zusammenhang mit dem Walzvorgang vermuten liefs, wenn auch der Nachweis erst nach längeren Forschungen und mehr durch eine zufällige Beobachtung gelang. Die bezeichneten Schienen zeigten unmittelbar nach dem Einlegen Riffelerscheinungen (Abb. 1) und zwar traten diese Riffeln so schnell auf, daß sie oft schon nach dem ersten Zuge oder nach wenigen Zügen in unzweideutiger Form vorhanden waren. Dabei beschränkten sich die Riffeln in auffälliger Weise nur auf die Schienen des einen Werkes, so daß man schon auf große Entfernung einfach nach dem Vorhandensein dieser klar hervortretenden Riffeln die Herkunft der Schiene angeben konnte. Die Riffeln waren sehr scharf und vollständig gleichmäßig ausgebildet. Auf 2 m Länge wurden immer  $36\frac{3}{4}$  Riffeln gemessen, gleichviel wo an der Strecke die Messung vorgenommen wurde. Nur vom Stofs beiderseits je 42 cm setzten die Riffeln aus oder jedenfalls waren sie auf diese Länge immer gleich wieder verwischt. Die Riffeln verschwanden zum Teil bald wieder, namentlich am äufseren Strang von Krümmungen, wo sie offenbar durch den »Schlupf« der Räder bald abgeschliffen wurden. An anderen Stellen hielten bzw. halten sie sich lange.

Man vermutete, daß die Riffeln auf Torsionsschwingungen der Radsätze zurückzuführen seien. Für einen regelmäßigen Wagenradsatz bei unabgedrehtem Reifen berechnete Dr. Ing. Geiger, Augsburg, die Torsionseigen-schwingungszahl zu 3000/Min., für den bis an die äufserste Grenze abgedrehten Reifen zu 4170/Min. Das hätte bei einem Lauf-raddurchmesser von 1000 mm und einer Zuggeschwindigkeit von nur 36 km/St., d. h. 10 m in der Sekunde, schon einen Riffel-abstand von 0,2 m bei neuen und 0,143 m bei abgedrehten Reifen ergeben. Bei 72 km St. Geschwindigkeit wären die gleichen Werte 0,4 m bei neuen und 0,286 m bei abgedrehten Reifen gewesen. Da der wirkliche Abstand der Riffeln aber nur  $\frac{200}{36,75} = 5,45\text{ cm}$  war, so war ein Zusammenhang der Riffeln mit Torsionseigen-schwingungen des Radsatzes nicht anzunehmen.

Die Vermutung, daß die Riffeln vom Walzverfahren her-rührten, lag nahe, aber die Gewifsheit brachte die mehr zufällige Entdeckung, daß sich die Riffeln genau in gleicher Zahl  $36\frac{3}{4}$  auf 2 m, auch an den Köpfen der neuen, noch nicht verlegten Schienen des betreffenden Werkes beobachten liefsen, wenn auch die Klarheit der Erscheinung hier durch den Rost stark verwischt war und erst durch etwas Abschaben mit Glasscherben einiger-maßen heraustrat. Die Schwierigkeit, hier die Riffeln genau nachzuzählen, führte zu der überraschenden Entdeckung, daß die Riffeln genau in der gesuchten Form,  $36\frac{3}{4}$  auf 2 m, sich

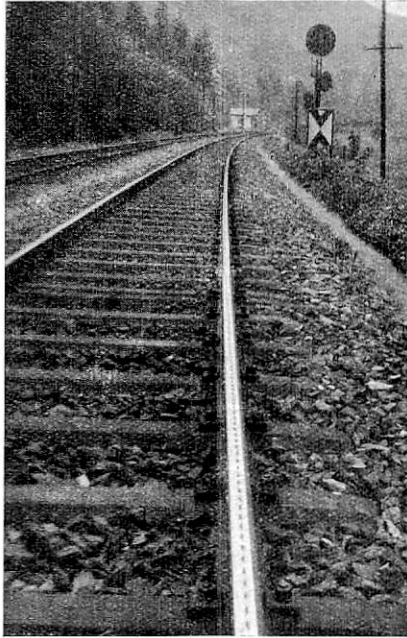


Abb. 1.  
Riffeln in der verlegten Schiene.

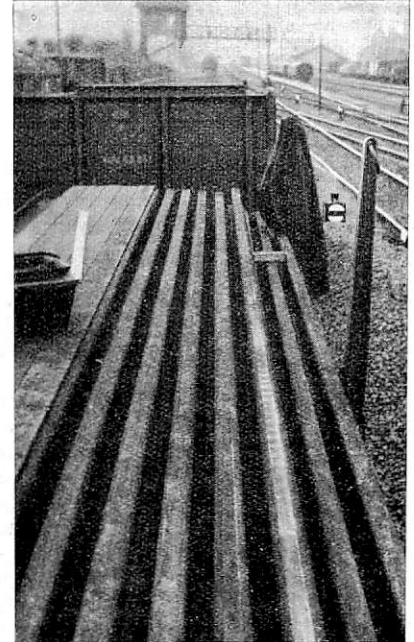


Abb. 2. Riffeln in der neuen, noch nicht verlegten Schiene.

auch an den beiderseitigen Oberseiten des Schienenfufses der noch nicht eingebauten, neuen Schienen und zwar hier recht deutlich beobachten liefsen (Abb. 2). Damit war für die Walz-technik die Ursache klar; sie konnte nur auf den Richtvorgang, bzw. auf Schwingungen einer Richtrolle der Rollenrichtmaschine im Walzwerk zurückgeführt werden. Damit war es auch erklärt, daß die Riffeln an den beiden Schienenenden auf ein gewisses Stück ausgesetzt hatten. Hier griffen die Richtrollen noch nicht an.

Das Ergebnis ist offenbar wissenschaftlich nicht unwesent-lich. Es ist meines Wissens bisher noch kein gleich deutlicher Nachweis erbracht worden, daß die Schienen den Keim der Riffeln schon vom Walzwerk mit sich bringen können.

## Berichte.

### Lokomotiven und Wagen.

#### Rissebildungen an Wagenachsen.

Im Organ 1925, S. 407, ist an Hand russischer Beobachtungen auf eigenartige, am Nabensitz ringförmig dem ganzen Umfang nach verlaufende Risse an Wagenachsen aufmerksam gemacht worden. Dynamische Beanspruchungen, vor allem infolge von Stößen, die vom Schienenstofs herrühren und deren Stärke von der Zug-geschwindigkeit, der Größe der Stofslücken und der Schienen-überstände, sowie von der Härte der Wagenfedern abhängt, sind als die mutmaßlichen Ursachen angegeben worden, da allein durch ruhende Beanspruchung die Erscheinung nicht erklärt werden kann. Im Organ 1926, S. 34/35 konnte von deutschen Bahnen über ganz ähnliche Fälle berichtet werden.

In den Grundzügen der technischen Schwingungslehre von Prof. Dr. Ing. O. Föppl, Berlin 1923, Verlag Springer, S. 109, findet sich unter »Schwingungsfestigkeit und Schwingungsrisse« die Erscheinung an Hand einer bezeichnenden Abbildung als Schwingungsbruch erklärt. Föppl behandelt erst Schwingungs-brüche, die von einer Stelle des Achsumfanges sich halbkreisförmig von einer Stelle nach dem Inneren ausdehnen, wenn die Über-anstrengungen sich immer an gleicher Stelle und in gleicher Rich-tung wiederholen. Wenn dagegen ein Bruch an einer Stelle usw nach mehrjährigem Betrieb auftritt, so sieht der Dauerbruch oft wesentlich anders aus. »Es hat sich oft ein ringförmiger Einriß gebildet, der rings um den Zapfen herumläuft. Diese Art des Ein-

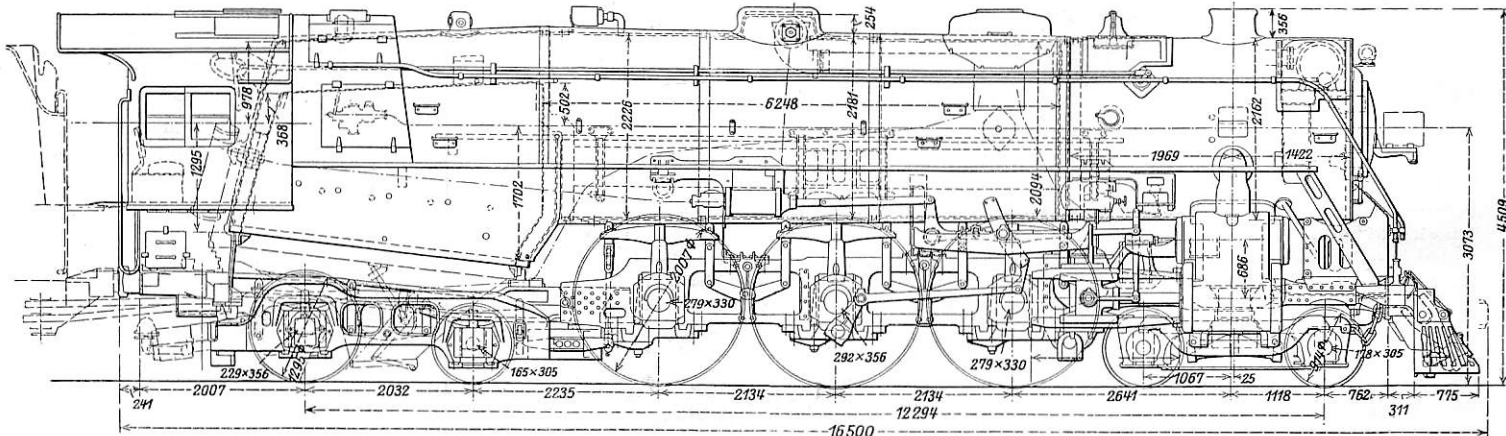
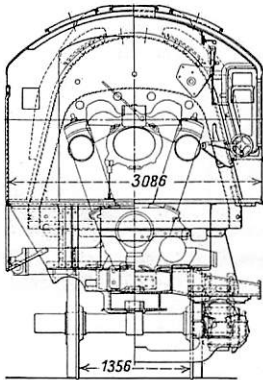
reifens kommt durch Stöße zustande, die an dem Maschinenteil bei besonders ungünstigen Belastungsverhältnissen plötzlich auftreten und bei denen jeweils die Stelle einreißt, die im Augenblick des Stoßes gerade die größte Belastung auszuhalten hat. Die vielen sich wiederholenden Stöße, die schließlich den Bruch herbeiführen, werden je nach der augenblicklichen Zapfenstellung bald die, bald jene Stelle überanstrengen. Die Folge davon ist, daß der Riß den ganzen Umfang des Zapfens überzieht.“ Daß bei den im Eisenbahnbetriebe bestehenden Verhältnissen die Grundbedingungen für das Auftreten solcher ringförmiger Dauerbrüche gegeben sind, leuchtet ohne weiteres ein. Föppl macht noch darauf aufmerksam, daß derartige Brüche in der Versuchsanstalt künstlich mit dem Krupp'schen Dauerschlagwerk, bei dem der Probestab durch Stöße immer wieder an anderen Stellen des gefährdeten Querschnitts überangestrengt wird, erzielt werden können. Er macht auch auf ein sammetartiges feinkörniges Gefüge des Schwingungsbruchs zum Unterschied von den groben Flächen des Zerreißbruchs aufmerksam.

Dr. Saller.

### 2 C 2 - h 2 Personenzuglokomotive der New York Central Bahn.

Am 14. Februar d. Js. wurde in Schenectady die erste in Amerika gebaute 2 C 2 - Lokomotive und die zweite überhaupt gebaute Schlepptender-Lokomotive dieser Achsanordnung von der Amerikanischen Lokomotiv-Gesellschaft feierlich an die Bestellerin, die New York Central Bahn, abgeliefert. Die erste und bisher einzige Lokomotive dieser Bauart war die bekannte im Jahr 1911 in

nur zwei Stück für die französische Nordbahn gebaute Versuchslokomotive mit Wasserrohrkessel, deren Hauptabmessungen des Vergleichs halber weiter unten mit den Abmessungen der neuen amerikanischen Lokomotive zusammengestellt sind. Die neue Lokomotivbauart hat in Amerika den Namen „Hudson-Type“ erhalten, trotzdem die Lokomotive der Nordbahn seiner Zeit in Anlehnung an die üblichen amerikanischen Bezeichnungen in Europa schon als Baltic-Type bezeichnet wurde. Man scheint demnach in Amerika den früheren Eingriff der alten Welt in die amerikanische Namensgebung gar nicht anzuerkennen.



2 C 2 - h 2 Personenzuglokomotive der New York Central Bahn.

Die neue „Hudson-Type“-Lokomotive, als Weiterentwicklung der 2 C 1 - Lokomotive, stellt an sich keine Besonderheit mehr vor, nachdem die Lima-Werke im vergangenen Jahr schon eine ganze Reihe von 1 D 2 - Lokomotiven gebaut haben und auch schon eine 2 D 2 - Lokomotive läuft. Andererseits sind aber bei der dreifach gekuppelten Lokomotive die Verhältnisse insofern anders, als hier wahrscheinlich bei den in Amerika üblichen Schlepachsdrukken für die Unterbringung einer angemessenen Feuerbüchse eine einzige Schlepachse für alle Fälle ausgereicht hätte. Man scheint aber in Amerika leicht geneigt zu sein, jede Neuerung, die sich irgendwo bewährt zu haben scheint, ohne Nachprüfung und ohne tieferschürfende

theoretische Untersuchungen einfach zu verallgemeinern. Es kann tatsächlich bezweifelt werden, ob die immer mehr ins Maßlose gehende Vergrößerung der Feuerbüchse zur „Hochleistungsfeuerbüchse“ selbst bei den vierfach gekuppelten Lokomotiven nicht allmählich über das Erforderliche hinausgeht. Vor allem ist dies der Fall bei den Zweizylinderlokomotiven, wo bei den z. Zt. noch üblichen Kesseldrücken die Zylinder gar nicht mehr die entsprechenden Abmessungen erhalten können, so daß — besonders bei einer ausgesprochenen Schnellzuglokomotive — nur noch ein unwirtschaftliches Fahren mit großen Füllungen möglich ist.

Nach den Angaben der Baufirma soll die neue Lokomotive eine größte Zugkraft von 24 000 kg entwickeln; davon entfallen rund 5000 kg auf die Hilfsmaschine, den „Booster“, die an der Hinterachse des Schleppestells eingebaut ist. Das zweiachsige Schleppestell ist mit den drei Kuppelachsen in ähnlicher Weise wie das bisherige einachsige Delta-Schleppestell durch Ausgleichhebel verbunden; die Lokomotive ist also in vier Punkten gelagert. Im übrigen soll überhaupt mehr Rücksicht auf gleichmäßige Achsbelastung genommen worden sein als bisher; auch das Gewicht der hin- und hergehenden Massen ist möglichst niedrig gehalten, um den Oberbau zu schonen.

Der Kessel bietet neben seiner Größe nicht viel besonderes. Der Stehkessel zeigt die übliche amerikanische Form, eine Verbrennungskammer ist bei der gewählten Achsanordnung naturgemäß nicht erforderlich. Merkwürdigerweise ist die Stehkesselvorderwand unten nach hinten abgekröpft, ohne daß für eine solche, im allgemeinen doch nur als Notbehelf zu betrachtende Ausführung ein sichtbarer Grund vorliegt. Der Kleinrohrüberhitzer besteht aus 182 Überhitzer-schlangen; die sonst im Führerhaus befindlichen Kesselausrüstungsteile — Armaturstützen, Strahlpumpen u. ähnl. — sind unter einer besonderen Verkleidung vor demselben untergebracht. Der Ventilregler sitzt am Überhitzerkasten und ist leicht zugänglich, weil der darüber liegende Teil der Rauchkammerdecke als Deckel ausgebildet ist. Der Elesco-Vorwärmer — entsprechend etwa der Knorr'schen Bauart — ist wie bei den Einheitslokomotiven der Deutschen Reichsbahn vorn in der Rauchkammer querliegend eingebaut. Die früher übliche Bauart, bei welcher der Vorwärmer vorn über der in Amerika ja verhältnismäßig kleinen Rauchkammertür lag, ist also, und zwar wegen des schlechten Aussehens, verlassen worden. Auch sonst ist mehr Wert auf das Äußere gelegt worden als bisher; vor allem sind die Rohrleitungen sorgfältiger verlegt. Die Luft- und Wasserpumpe sitzen rechts und links oberhalb der vordersten Laufachse.

Die Rahmenwangen sind in üblicher Weise aus einem Mittelstück und zwei mit diesen verschraubten Außenstücken zusammengesetzt.

Die Zylinder sind aus Stahlguß; sie haben Heusinger-Steuerung. An besonderen Einrichtungen ist vor allem die Einrichtung für selbsttätige Zugbeeinflussung zu erwähnen.

Die Lokomotive wurde in außerordentlich kurzer Zeit fertiggestellt. Am 28. Januar wurde der Kessel, am 1. Februar die Hauptrahmen und am 2. Februar die Zylinder in die Richthalle geliefert. Am 8. Februar machte die zusammengebaute Lokomotive schon ihre Versuchsfahrt und am 9. Februar wurde sie vollends fertiggestellt und lackiert. Die New York Central Bahn will zunächst ausgedehnte Versuchsfahrten mit der neuen Lokomotive vornehmen, später soll sie die am raschesten fahrenden Expreszüge,



den „Twentieth Century Limited“, den „Empire State Expreß“, den „Detroit“ u. ähnl. befördern.

Die Hauptabmessungen der Lokomotive, verglichen mit denen der Nordbahn-Lokomotive, sind:

|  | 2 C 2 - h 2<br>Lokom. der<br>New York<br>Central Bahn | 2 C 2 - h 4 V<br>Lokomotive<br>der Franz.<br>Nordbahn |                   |
|--|---|---|-------------------|
| Kesselüberdruck p . . . . .                                  | 15,8  | 16,0  | at                |
| Zylinderdurchmesser Hochdruck d                              | 2 × 635   | 2 × 440   | mm                |
| „ Niederdruck d <sub>1</sub>                                 | —   | 2 × 620   | „                 |
| Kolbenhub h . . . . .  | 711   | 640/730   | „                 |
| Kesselmitte über Schienenoberkante                           | 3073  | —   | „                 |
| Kesseldurchmesser, größter außen                             | 2226  | —   | „                 |
| Feuerbüchse: Länge × Weite . .                               | 3302 × 2292   | —   | „                 |
| Heizrohre: Anzahl . . . . .                                  | 19 und 37   | 34 und 97   | Stck.             |
| „ Durchmesser . . . . .                                      | 89 und 57   | 50/55 und 60/65                                       | mm                |
| Rauchrohre: Anzahl . . . . .                                 | 182   | 27  | Stck.             |
| „ Durchmesser . . . . .                                      | 89  | 125/133   | mm                |
| Rohrlänge . . . . .  | 6248  | 6000  | „                 |
| Heizfläche der Feuerbüchse (mit<br>Tragrohren) . . . . .     | 26,8  | 19,1  | m <sup>2</sup>    |
| Heizfläche der Rohre . . . . .                               | 390,2   | 296,6   | „                 |
| „ des Überhitzers . . . . .                                  | 182,0   | 70,0  | „                 |
| „ — im ganzen — H . . . . .                                  | 599,0   | 335,7   | „                 |
| Rostfläche R . . . . .                                       | 7,6   | 4,28  | „                 |
| Durchmesser der Treibräder D . .                             | 2007  | 2040  | mm                |
| „ „ Laufräder, vorn  | 914   | —   | „                 |
| „ „ „ hinten   | vorn 914,<br>hinten 1295                              | —   | „                 |
| Achsstand der Kugellachsen (fester<br>Achsstand) . . . . .   | 4268  | 4300  | „                 |
| Achsstand des vorderen/hinteren<br>Drehgestells . . . . .    | 2185/2032   | —   | „                 |
| Ganzer Achsstand der Lokomotive                              | 12294   | 12600   | „                 |
| Ganzer Achsstand der Lokomotive<br>einschl. Tender . . . . . | 23203   | —   | „                 |
| Reibungsgewicht G <sub>1</sub> . . . . .                     | 82,0  | 54,0  | t                 |
| Dienstgewicht der Lokomotive G                               | 156,0   | 102,0   | „                 |
| Belastung des vorderen/hinteren<br>Drehgestells . . . . .    | 29/45   | 24/24   | „                 |
| Dienstgewicht des Tenders . . .                              | 94,5  | —   | „                 |
| Vorrat an Wasser . . . . .                                   | 37,9  | —   | m <sup>3</sup>    |
| „ „ Brennstoff . . . . .                                     | 16,5  | —   | t                 |
| H:R . . . . .  | 78,5  | 90,0  | —                 |
| H:G . . . . .  | 3,83  | 3,8   | m <sup>2</sup> /t |
| H:G <sub>1</sub> . . . . .                                   | 7,3   | 7,15  | „                 |

(Railway Age 1927, 1. Halbj., Nr. 8.)

R. D.

#### Der Wagenpark der Internationalen Schlafwagengesellschaft.

Am 4. Dezember 1876 als Fortsetzung eines älteren Unternehmens gegründet, konnte die Compagnie Internationale des Wagons-Lit et des Grands Express Européens Ende 1926 auf ein fünfzigjähriges Bestehen zurückblicken. Aus diesem Anlaß hat sie eine Festschrift erscheinen lassen, die neben einer Entwicklungsgeschichte des Verkehrs, der von der Gesellschaft bedient wird, auch eine Schilderung ihres Wagenparks enthält. Ihr erster Wagen, so wird darin berichtet, war etwa 9 m lang und wog bei 12 Plätzen 14 t. Die Regelform ihrer heutigen Schlafwagen ist 23,45 m lang, wiegt 56 t, also 6,2 mal soviel wie jener, hat aber nur vier Plätze mehr. Zwischen beiden liegt ein gewaltiges Stück Geschichte des Eisenbahnwesens, insbesondere des Eisenbahnwagenbaus, an dessen Entwicklung die Schlafwagengesellschaft verdienstvollen Anteil hat. Besonders bemerkenswert ist die große Zunahme des auf einen Reisenden entfallenden Raumes und Gewichts, ein Maßstab für die Bequemlichkeit, die dem Fahrgast damals geboten wurde und ihm heute geboten wird.

Der Schlafwagen der siebziger Jahre hatte drei Achsen, drei Abteile mit Seitentüren, die durch einen Längsgang miteinander in

Verbindung standen. In jedem Abteil standen zwei Lehnstühle, die nachts zu einem Bett zusammengeschoben wurden. Das obere Bett wurde durch Niederklappen der Liegefläche geschaffen, ein Beispiel dafür, daß die erste Lösung einer Aufgabe die richtige gewesen ist.

Die Schlafwagengesellschaft nimmt für sich den Ruhm in Anspruch, das Drehgestell in Europa eingeführt zu haben. Von 1889 an wurden ihre Wagen mit Drehgestellen gebaut. Sie enthielten drei Abteile zu vier Plätzen und vier Abteile zu zwei Plätzen. Ein Gang lief durch die ganze Länge des Wagens. Gleichzeitig mit diesen Wagen wurden die ersten Speisewagen in den Betriebsmittelpark der Gesellschaft eingestellt. Sie waren allerdings nur geliehen und wurden so eingerichtet, daß die Reisenden darin Mahlzeiten aus Körben verzehren konnten. Eine Küche hatten sie noch nicht; deren Einbau war der nächste, bald gemachte Fortschritt. Diese Speisewagen hatten immer noch drei Achsen, es konnte aber nicht ausbleiben, daß man alsbald auch Speisewagen auf Drehgestellen baute. Sie hatten neben einer Küche und einem Dienstraum zwei Speiseräume zu 12 und 24 Plätzen.

Die Zunahme des Verkehrs von Zügen der Schlafwagengesellschaft in den neunziger Jahren gab Anlaß zum Bau neuer Wagen, Schlafwagen mit 18 und Speisewagen mit 42 Plätzen. Dazu kamen noch Packwagen, ebenfalls auf Drehgestellen, mit Innenräumen für Gepäck, Vorräte und Postgut.

Besondere Wagen wurden für Rußland und Ägypten gebaut, erstere mit Vorrichtung zum Schutz gegen Kälte, letztere dagegen mit Wärmeschutz.

Jede neue Bauart der Wagen wies Verbesserungen gegen die vorhergehende auf. So ging man von 1894 bis 1914 von der Beleuchtung mit Rüböl zur Gasbeleuchtung über, und diese wiederum wurde durch elektrisches Licht verdrängt. Die Schlafabteile mit vier Plätzen wurden abgeschafft. Die Zahl der Waschräume wurde so vermehrt, daß auf je vier Reisende ein solcher Raum entfiel. Die Länge der Wagen nahm bis zu 23,45 m, über die Puffer gemessen, zu; damit hatte sie ein Maß erreicht, das alle anderen Eisenbahnwagen übertraf.

Der Krieg zwang zunächst zur Einstellung des Betriebs der Schlafwagengesellschaft, schon im November wurde er aber in Frankreich und bald danach in Italien in beschränktem Umfang wieder aufgenommen, und nach dem Kriege machte die Gesellschaft lebhaftige Anstrengungen, um ihren alten Verkehr wieder auf- und weiter auszubauen. Eine Neuerung waren dabei die Ganzmetall-Schlafwagen, die von 1922 an eingeführt wurden. Die Länge von 23,45 m wurde beibehalten. Die Drehgestelle haben einen Zapfenabstand von 16 m. Während zum Bau der älteren Drehgestelle auch Holz verwendet wurde, sind die neueren natürlich ganz aus Eisen. Auf einen Radstand von 2,5 m ist ein solcher von 3 m gefolgt. Die neuesten, nach einem Entwurf der Schlafwagengesellschaft in Amerika gebauten Drehgestelle haben einen in einem Stück gegossenen Stahlrahmen von großer Steifigkeit.

Der Aufbau wird von einem Mittelträger in Kastenform, der aus Blechen und Winkelisen zusammengesetzt ist, getragen; er stützt sich an den Enden gegen ein Fußstück aus Stahl; so sind die Kopfschwellen, die den Drehzapfen aufnehmende Querschwellen, die Längsträger und die Stoßvorrichtungen zu einem Stück verbunden. Der Aufbau besteht aus sehr steifen Fachwerks-Längsträgern, die im unteren Teil mit 4 mm starken Blechen verkleidet sind; im oberen Teil bilden die Bleche zugleich die Rahmen der Fenster. Das Dach aus dünnem Blech wird von gekrümmten Winkelisen getragen. Es ist ebenso wie die Außenwand mit einer wärmeschützenden Schicht bekleidet. Die Zugvorrichtungen sind für eine Beanspruchung mit 70 t entworfen.

Auf eine geschmackvolle Innenausstattung ist besonderer Wert gelegt. Die Wagen enthalten acht Abteile zu einem Platz und vier Abteile zu zwei Plätzen. Die Einzelabteile enthalten Waschvorrichtungen; zwischen je zwei ist noch ein besonderer Waschräum eingebaut. Diese Wagen verkehren im sogenannten „Train bleu“, der Calais und damit England mit der Riviera verbindet.

Im Sommer 1925 beginnend wurden auch Ganzmetall-Speisewagen in den Betriebsmittelpark der Schlafwagengesellschaft eingestellt, und zwar solche mit 42 und 56 Plätzen. Der Zunahme dieser Zahl entsprechend, mußte auch die Küche vergrößert werden, die in den neueren Wagen ein Ausmaß von 7 m<sup>2</sup> hat. Die Schränke, zum Teil mit Eiskühlung, können Vorräte für mehrere hundert Mahlzeiten aufnehmen.

Die neueste Leistung der Schlafwagengesellschaft auf dem Gebiete des Wagenbaus sind die Pullmanwagen, die den Reisenden am Tage solche Bequemlichkeiten bieten sollen, wie es die Schlafwagen in der Nacht tun. Man braucht nicht mehr zur Einnahme der Mahlzeiten in den Speisewagen zu gehen, sondern das Essen wird den Reisenden, die auf Lehnstühlen sitzen und einen Tisch vor sich haben, an ihren Platz gebracht. Je zwei Wagen bilden eine Einheit; einer von ihnen enthält die Küche, von der aus beide Wagen bedient werden. Solche Wagen laufen bis jetzt im Süd-Exprefs und im „Flèche d'Or“ (Paris-Calais). In dem Wagen mit Küche für den Süd-Exprefs bleibt noch Raum für 18 Plätze, von denen 12 im Hauptraum untergebracht sind; außerdem sind zwei kleine Abteile mit vier und zwei Plätzen vorgesehen. Im Flèche d'Or ist die Einteilung etwas anders; 24 Plätze sind hier auf zwei große Räume mit acht und zwölf Plätzen und ein Abteil mit vier Plätzen verteilt. Ebenso bestehen kleine Unterschiede in Wagen ohne Küche, die in dem einen Zug 24, im anderen 32 Plätze haben.

Die Schlafwagengesellschaft sorgt nicht nur für die Reisenden 1. Klasse. Schon früher hat sie in Polen, in der Tschechoslowakei, in Dänemark und in den Randstaaten des ehemaligen russischen Reichs Schlafwagen 2. und 3. Klasse verkehren lassen, und neuerdings werden auch Pullmanwagen 2. Klasse gebaut. Die Lehnstühle sind in ihnen durch Polsterbänke ersetzt. Auch bei ihnen bilden je zwei Wagen eine Einheit, die 89 Plätze hat.

Die Unterhaltung ihrer Wagen hatte die Schlafwagengesellschaft zunächst den Eisenbahngesellschaften überlassen, mit denen sie im Vertragsverhältnis stand. Große Instandsetzungen wurden in den Wagenbauanstalten ausgeführt. Man erkannte aber bald, daß es vorteilhafter wäre, diese Arbeiten selbst in die Hand zu nehmen, und so wurden dann, 1881 beginnend, Werkstätten in Saint-Ouen bei Paris, in Marly-les-Valenciennes, in Rom und in Irun errichtet. 1892 gründete die Schlafwagengesellschaft die Compagnie Générale

de Construction in Saint-Denis und überwies ihr die Werkstatt Marly, in der dann neben Instandsetzungsarbeiten auch Neubauten vorgenommen wurden. Die Werkstätten arbeiteten so vorteilhaft, daß der Werkstättendienst der Schlafwagengesellschaft in der Folgezeit weiter ausgebaut wurde. 1898 wurde die Werkstatt Slykens bei Ostende, 1902 Zossen errichtet, 1903 Wien. In den dem Krieg vorangehenden Jahren folgten für die Anforderungen des in Frankreich stark zunehmenden Luxus- und Schlafwagenzugverkehrs die große Werkstätte St. Denis, später Mailand und infolge der Ausdehnung des Balkanverkehrs Budapest.

Die Änderungen, die die Nachkriegszeit im Lauf der Schlafwagen- und Luxuszüge mit sich brachte, gab auch Anlaß zu Umstellungen im Werkstättendienst. Neue Anlagen zur Unterhaltung wurden in Prag, Bukarest und Warschau geschaffen. Die Ausdehnung des französischen Verkehrs führte zum Bau einer neuzeitlichen Werkstatt in Villeneuve-Saint-Georges bei Paris, bestehend aus einer Haupthalle von 250 m Länge mit acht Gleisen, einer Wäschereinigungsanstalt für 12000 Stück Tagesleistung, mit großen Vorratsräumen und Werkstätten, und einer Halle für die regelmäßige Durchsicht der Wagen, in der der Dienst so eingerichtet ist, daß früh eintreffende Wagen schon abends wieder ausfahren können.

Im ganzen besitzt die Schlafwagengesellschaft 13 im Betrieb befindliche Werkstätten mit 219 Arbeitsplätzen unter Dach. Die Belegschaft umfaßt 2400 Köpfe. Außerdem werden für kleinere Instandsetzungsarbeiten an den im Betrieb befindlichen Wagen, die auf den Bahnhöfen und in den Abstellgleisen ausgeführt werden, noch 300 Arbeiter beschäftigt.

Die Zahl der Fahrzeuge der Schlafwagengesellschaft übersteigt 2000. Von diesen sind 255 ältere auf neu umgebaut worden, und bei einer gleichen Zahl ist ein solcher Umbau im Gange. Andere sind vollständig erneuert worden. 330 Wagen neuester Bauart sind bereits geliefert, und weitere 242 sind im Bau. Wernecke.

## Betrieb in technischer Beziehung. Signalwesen.

### Lichtsignale auf französischen Bahnen.

Die Lichtsignalgebung bei Tag und Nacht wird in Frankreich auf verschiedenen Bahnlinien in der Nähe von Paris seit einigen

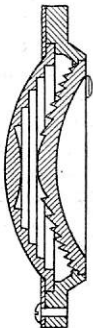


Abb. 1.  
Schnitt durch ein optisches System mit zwei gezahnten Linsen.

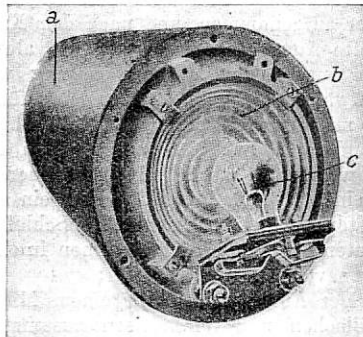


Abb. 2. Tageslichtsignal.  
Ansicht von rückwärts.  
a) Blende, b) Linsensystem, c) Anordnung der Beleuchtungskörper.

Jahren mit Erfolg durchgeführt. Es ist gelungen, diese Art der Signalgebung dadurch wirtschaftlich zu gestalten, daß als Lichtquelle elektrische Lampen mit verstärkter Lichtwirkung verwendet werden. Das System besteht in der Hauptsache aus zwei gezahnten, hinter-

einander liegenden Linsen, deren Gesamtstärke in der Mitte und am Rande annähernd gleich ist. (Abb. 1.)

Durch Anwendung dieses Systems werden gute, farbige Signalbilder erzielt. Die Lichtstrahlen, die in der Nähe der Brennpunktachse austreten, werden nur schwach absorbiert. Bei sehr klarem Wetter sind die Signalbilder am Tage auf mehr als 600 m einwandfrei sichtbar. Die Lichtsignale können, eine zuverlässige elektrische Stromquelle vorausgesetzt, überall die mechanischen ersetzen.

Zur Verwendung gelangen Lampen von 16 Watt bei nur 8 Volt Spannung mit 2 parallel geschalteten Fäden, so daß beim Bruch eines Fadens der andere noch Licht gibt. Das Brennen der Lampen wird von der Signalbedienstelle durch Kontrolllampen überwacht. Diese erlöschen, wenn die Lichtstärke auf die Hälfte der vorgeschriebenen herabsinkt (z. B. beim Auslöschen einer der beiden Signallampen). Zum Abhalten der Sonnenbestrahlung sind Blenden angebracht. Die Art der Ausführung der Lichtsignale ist aus Abb. 2 ersichtlich. Jedes Signal wird bei Tag und Nacht dem Führer durch eine Nummer gekennzeichnet, die durch eine Petroleumlampe („Positionslampe“) beleuchtet wird. Die Brenndauer dieser Lampen beträgt mehrere Tage. Die Vorteile der Lichtsignalgebung gegenüber der mechanischen sind folgende:

1. Sie sind Störungen weniger ausgesetzt.
2. Die Signalbilder sind immer eindeutig.
3. Bei Nebel sind sie aus dreimal so großer Entfernung sichtbar.
4. Mehrere Signale können auf einen gemeinsamen Mast angebracht werden.
5. Die Unterhaltungskosten sind geringer.

(Bulletin, Februar 1927.)

Scherer.

## Buchbesprechungen.

**Archiv für Eisenhüttenwesen.** Der Verein Deutscher Eisenhüttenleute gibt im Verlag „Stableisen“ Düsseldorf seit Juli dieses Jahres ein monatlich erscheinendes Archiv für das Eisenhüttenwesen heraus.

Es ist dazu bestimmt, die wertvollen Ergebnisse der Gemeinschaftsarbeit der Fachausschüsse einschließlich der Wärmestelle des Vereins, die bisher den Werken und der breiteren Öffentlichkeit nur in Form von einzelnen Berichten zugänglich gemacht wurde, in zusammengefaßter Form und in regelmäßiger Folge zu bringen,

während die Zeitschrift „Stahl und Eisen“ die großen Linien der allgemeinen Entwicklung des gesamten Eisenhüttenwesens behandeln soll. Bemerkenswert ist die äußere Form der neuen Zeitschrift: Die einzelnen Fachberichte sind für sich geheftet und beginnen jeweils auf der rechten Seite. Dadurch ist es möglich die Hefte auseinanderzunehmen und die einzelnen Berichte nach Fachgruppen geordnet für sich aufzubewahren. Das neue Archiv stellt jedenfalls zusammen mit der Zeitschrift „Stahl und Eisen“ die Quintessenz des Wissens und Forschens auf dem Gebiet des Eisenhüttenwesens dar.