

Herzstückschweißung mit Thermit.

Von Reichsbahnoberrat Albert Gollwitzer, Direktor des Reichsbahnausbesserungswerkes Neuaubing bei München.

Die Verbindung der Weichenherzstücke mit den Anschlußschienen durch Laschen ist ungenügend. Besonders in den Fällen, in denen die beiden an das Herzstück angeschlossenen Schienenstränge verschieden stark befahren werden und verschieden stark wandern, sucht sich das Herzstück bald von der weniger stark befahrenen Schiene zu lösen. So entstehen große Stoßlücken zwischen Schiene und Herzstück, die Laschenbolzen verbiegen sich und können häufig nur noch mit dem Meißel entfernt werden (Abb. 1).

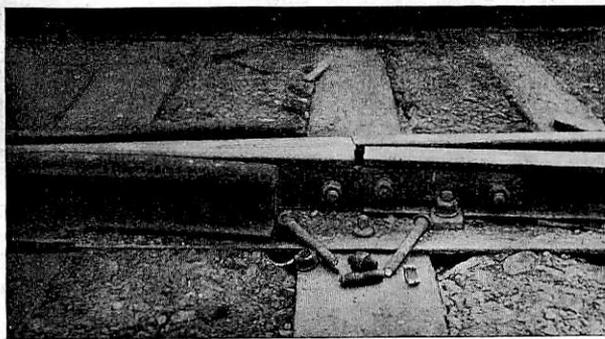


Abb. 1. Verlaschtes Herzstück.

Zudem ist das Herzstück bei Laschenverbindung in senkrechter Richtung zu wenig fest gelagert, es nickt unter der Einwirkung der darüber rollenden Räder und frißt sich an der Stelle des höchsten spezifischen Flächendruckes, also unter der Herzstückspitze, so stark in die Unterlagplatte ein, daß hier die Abnützung bis zum Durchbruch fortschreiten kann (Abb. 2).

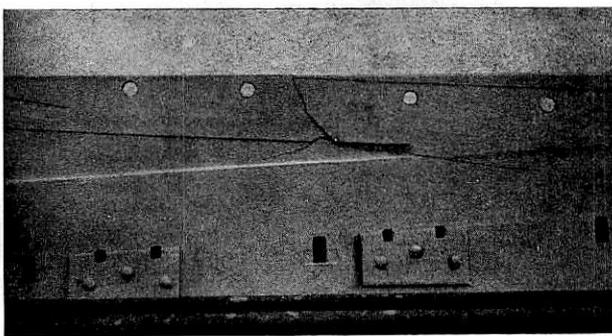


Abb. 2. Abgenützte Unterlagplatte.

Diese Mängel machen die Herzstücke zu Schmerzenskindern der Bahnunterhaltung.

Im Jahre 1924 wurden dank der Tatkraft des Präsidenten Kaepfel der Reichsbahndirektion Nürnberg und des Vorstandes des Reichsbahnbauamtes Nürnberg 2, Oberrat Wöhrle, im Rangierbahnhof Nürnberg die ersten größeren Versuche mit Thermitschweißung an freiliegenden Eisenbahngleisen in Angriff genommen. Der Gedanke lag nahe, das gleiche Schweißverfahren auch auf die Verbindung der Herzstücke mit den Anschlußschienen anzuwenden.

Die Lösung dieser Aufgabe bot jedoch Schwierigkeiten.

Während bei gewöhnlichen Schienenstößen gleiche Querschnitte, bei Übergangsstößen ähnliche Querschnitte, in beiden Fällen aber nur je zwei Schienen von gleichem Baustoff durch die Schweißung miteinander zu vereinigen sind, handelt es sich bei der Herzstückschweißung um vier Stücke (ein Herzstück, zwei Anschlußschienen, eine Unterlagplatte) von sehr verschiedenen Querschnitten und aus wesentlich verschiedenen Baustoffen. Die Elektro-Thermit G. m. b. H., der die Ausführung der Versuchsschweißungen an den

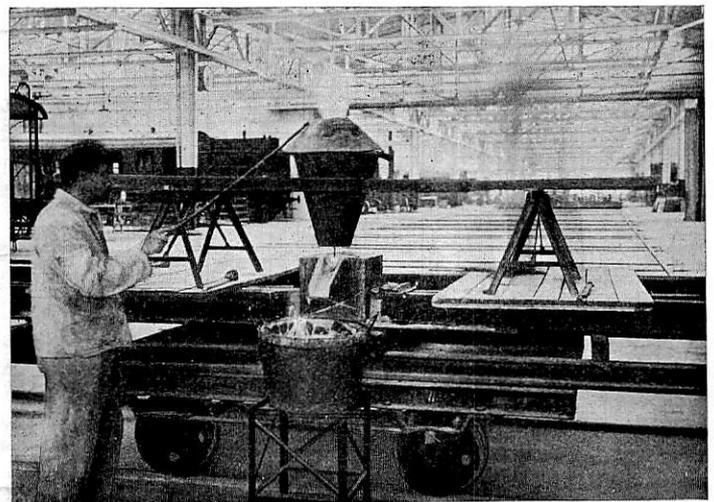


Abb. 3. Fahrbare Aufspannvorrichtung.

gleisen des Nürnberger Rangierbahnhofs übertragen war, hatte deshalb zuerst Bedenken, entschloß sich aber dann doch auf die Anregung des Verfassers hin, eine Versuchsschweißung vorzunehmen. Zunächst wurde ein Herzstück mit behelfsmäßigen Mitteln geschweißt. Nach dem Gelingen dieses ersten Versuches ging das Reichsbahnausbesserungswerk Neuaubing zur planmäßigen Ausbildung des Verfahrens über.

Zur Schweißung eines Herzstückes der bayerischen Form IX wurde eine Schweißpackung von 17,5 kg Thermit mit 20% Schrottzusatz verwendet. Die Form des Schweißwulstes wurde hergestellt durch entsprechend gebogene Kästchen aus Eisenblech, die mit Formsand umstampft wurden und beim Guß mit dem Thermiteseisenschmolzen. Die Unterlagplatte wurde mit Formsand unterstopft, um ein Durchfließen des Thermiteseisens zu verhindern. Zur Anwendung kam zunächst ein reines Zwischengußverfahren.

Die zu verschweißenden Herzstücke, Anschlußschienen und Unterlagplatten wurden samt den nötigen Geräten auf einer fahrbaren Aufspannvorrichtung untergebracht (Abb. 3). Diese Vorrichtung hat sich bewährt und wurde beibehalten.

Bereits die ersten Schweißungen lieferten gute Ergebnisse. Die weiteren Versuche strebten eine Verbesserung nach zwei Richtungen an:

1. Vermeidung der 18 mm breiten, weichen Zwischenschicht zwischen Herzstück und Schiene in der befahrenen Fläche.
2. Verbilligung des Verfahrens.

Bei den nach dem reinen Zwischengußverfahren verschweißten Herzstücken (Abb. 4) beträgt die Härte, in Festigkeitsziffern ausgedrückt, in den Herzstücken 78 bis 84 kg/mm², in den Anschlußschienen 66 bis 68 kg/mm², in der Zwischenschicht nur etwa 53 kg/mm². (Mittelwerte aus mehreren Messungen.) Es lag die Befürchtung nahe, daß die ziemlich breite weiche Schicht in der befahrenen Fläche Anlaß zu Schlaglochbildungen bieten würde.

Wir versuchten, durch Einlegen von Stahlstücken in der Höhe der befahrenen Fläche, die mit dem Thermitisen verschmolzen, Besserung herbeizuführen, erzielten aber keine befriedigenden Ergebnisse.

Deshalb wurde bei einigen Herzstücken der Versuch gemacht, durch Anwendung der bei Straßenbahnschienen üblichen kombinierten Schweißung die Breite der weichen

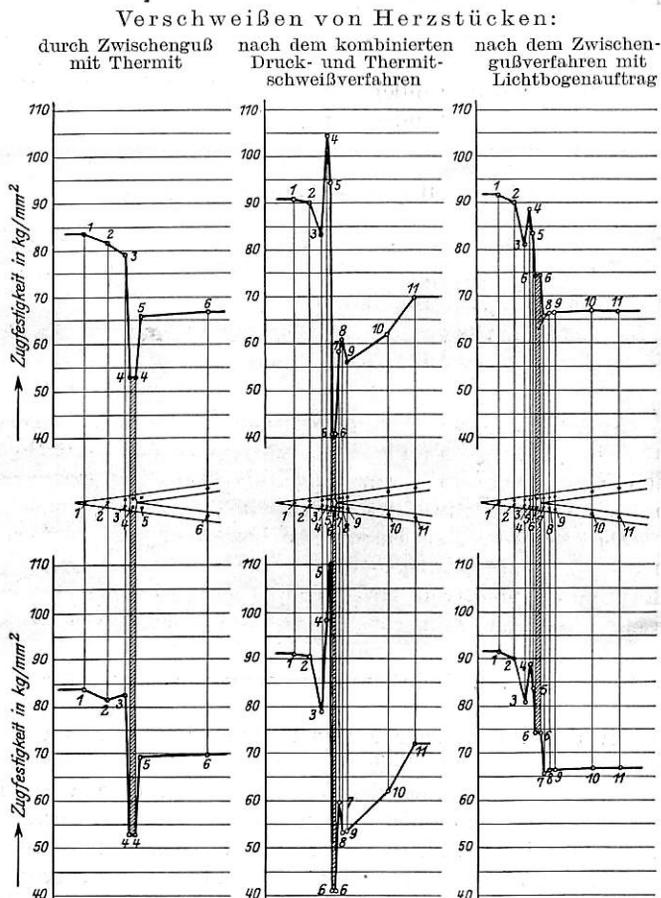


Abb. 4. Bei den verschiedenen Verfahren gemessene Härten (in Festigkeitsziffern).

Zwischenschicht auf ein geringeres Maß herabzudrücken. Bei diesem Verfahren wird bekanntlich zwischen die Schienenköpfe ein 3 mm starkes Weicheisenblech eingelegt. Schienenfuß und Schienensteg werden durch zwischengegossenes Thermitisen miteinander verschmolzen, während der Schienenkopf durch die flüssige Schlacke auf Weißglut erhitzt wird. Unter starkem Druck in der Längsrichtung der Schienen tritt im Kopf eine reine Preßschweißung ein, bei der nach dem Erkalten das Zwischenblech eine weiche Übergangsschicht von nur 2½ mm Dicke bildet. Bei der Übertragung dieses Verfahrens auf die Herzstückschweißung benützten wir eine Vorrichtung, die es ermöglichte, das Herzstück gegen die beiden Anschlußschienen mit gleichem Druck zu pressen. Wir ermittelten als zweckmäßig eine Thermitportion von 13,5 kg mit 15% Schrottzusatz, eine Wartezeit von zwei Minuten von der Vollendung des Thermitgusses bis zum Anpressen des Herzstückes an die Anschlußschienen und einen Weg des Herzstückes von 3 mm.

Die Härte in der Fuge ist mit etwa 41 kg/mm² noch geringer als beim Zwischenguß (Abb. 4). Da jedoch die weiche Übergangsstelle nur noch 2,5 mm breit ist, kann sie kaum Anlaß zu Schlaglochbildungen bieten. Einige nach dem kombinierten Verfahren geschweißte Herzstücke sind seit etwa drei Jahren in Weichen eingelegt und haben sich bisher gut bewährt. Das Verfahren ist aber etwas umständlicher als das reine Zwischengußverfahren.

Es wurde deshalb ein neues Verfahren erprobt, und zwar eine Vereinigung des Thermitzschengusses mit elektrischer Lichtbogenschweißung. Die Thermitmenge wird derart bemessen, daß das Thermitisen nur bis 15 mm unter die Fahrfläche des Schienenkopfes aufsteigt. Der freibleibende Rest der Stoßfuge wird mit Elektrode von hartem Stahldraht

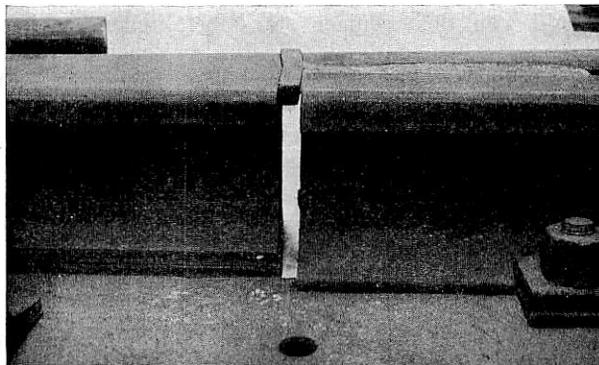


Abb. 5. Einlegen eines Kohlestückes vor dem Thermitguß.

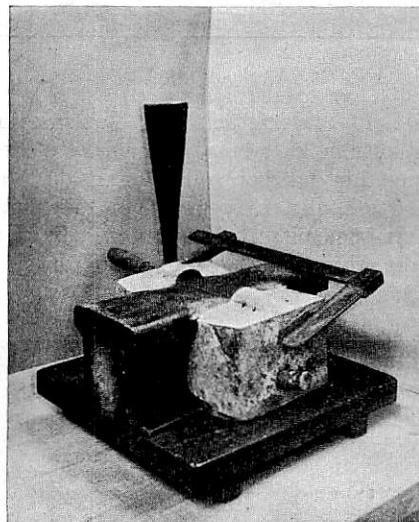


Abb. 6. Hilfsformen für den Schweißwulst.

durch Lichtbogenschweißung aufgefüllt, solange das Herzstück und die Anschlußschienen rotglühend sind.

Um die Stoßfuge in der gewünschten Höhe von Thermitisen frei zu halten, wird vor der Schweißung ein entsprechend geformtes Stück Elektrodenkohle von 15 mm Höhe derart in die Fuge zwischen dem Herzstück und den Anschlußschienen eingelegt, daß ihre Oberfläche mit der Fahrfläche der Schienen abschneidet (Abb. 5). 15 Minuten nach dem Thermitenguß wird der Formkasten abgehoben. Das Herzstück und die vorderen Enden der Anschlußschienen bleiben dabei in genügender Höhe mit heißem Formsand bedeckt. Die elektrisch auszuschweißende Fuge wird rasch von dem sie bedeckenden Sand frei gemacht, das eingelegte Kohlestück herausgeschlagen, die Arbeit mit dem Lichtbogen beginnt. Das Schweißgut wird mehrere Millimeter über die

Höhe der Fahrfläche aufgetragen, so daß alle entstehenden Schlacken sich in dem Wulst sammeln, mit dem sie nach dem Erkalten abgehobelt werden. Der Schweißwulst bleibt nach der Schweißung frei von Sand und ist der Abkühlung durch die Luft ausgesetzt, während die übrigen Teile des geschweißten Stückes unter der Abdeckung mit heißem Formsand langsamer erkalten.

Als wichtig hat sich erwiesen, daß an den beiden Außen-seiten der Schweißfuge Steiger angebracht werden, damit keine Luftblasen im unteren Teil des Thermitengusses auftreten. Solange wir nur einen Steiger in der Mitte, also an der Stelle, wo die beiden Anschlußschienen zusammentreffen, anbrachten, wurden solche Luftblasen öfter beobachtet.

Mit Hilfe der Lichtbogenschweißung nach dem angegebenen Verfahren erreichen wir in der befahrenen Fläche zwischen den Anschlußschienen und dem Herzstück durchwegs eine Härte von 70 bis 78 kg/mm², im Mittel 74 kg/mm², in Festigkeitsziffern ausgedrückt (Abb. 4). Diese Härte bildet einen guten Übergang zwischen den Härten der Anschlußschiene und des Herzstückes.

An Thermit werden bei diesem Verfahren 14,5 kg mit 20% Schrottzusatz verwendet.

Einige Herzstücke wurden auch noch versuchsweise ihrer ganzen Länge nach durch Nahtschweißung mit Hilfe des Lichtbogens mit der Unterlagplatte verbunden. Dadurch soll neben einer weiteren Verbesserung der Verbindung erzielt werden, daß nicht Sand und Wasser zwischen das Herzstück und die Unterlagplatte gelangen und dort zerstörend wirken. Ob diese Maßnahme notwendig ist, kann erst die Erfahrung mehrerer Jahre lehren. Es ist wahrscheinlich, daß die Relativbewegungen zwischen Herzstück und Unterlagplatte und damit die Abnutzung dieser beiden Bauteile bei geschweißten Herzstücken so gering sind, daß eine weitere Sicherung durch Nahtschweißung wegfallen kann.

Wie eingangs erwähnt, wurden bei den ersten Versuchs-schweißungen Blechformen verwendet, die mit dem Thermit-eisen verschmolzen. Diese Formen kamen auf die Dauer zu teuer. Ihre Einzelherstellung war mühsam und zeitraubend, als gepreßte Stücke waren sie von Privatlieferern auch bei Bezug in größeren Mengen nicht unter 1,40 *R.M.* für das Stück zu haben, so daß die beiden Kästchen für eine Schweißung bereits 2,80 *R.M.* kosteten. Auch schmolz das anfangs verwendete eiserne Eingußrohr jedesmal. Es mußte also für jedes Herzstück ein neues solches Rohr mit der nötigen Biegung hergestellt werden. Wir ließen deshalb Holzmodelle des Herzstückes mit dem Schweißwulst anfertigen (Abb. 6). An diese Holzmodelle werden seitlich kleine Formkästen aus Eisenblech angelegt, die mit Formsand ausgestampft die Form der Schweißwulste wiedergeben. Diese Hilfsformen werden seitlich von den Holzmodellen weggenommen und samt den Modellen für die Steiger und den Einguß an den entsprechenden Stellen des zu verschweißenden Herzstückes angebracht (Abb. 7). Sodann wird der äußere Formkasten darübergestellt, die kleinen Formkästen werden mit Form-sand umstampft (Abb. 8). Für den Einguß wird ebenfalls ein Holzmodell statt des Rohres verwendet. Diese Art des Formens macht nicht mehr Arbeit, als die frühere, und die Kosten für Blechformen und Rohre fallen weg. Der Guß selbst wird sauberer als bei Anwendung von Blechformen.

Die anfangs aufgetretene Schwierigkeit, daß an der Übergangsstelle von der wagrechten zur senkrechten Fläche unmittelbar hinter dem Einguß Blasen auftraten, konnte dadurch überwunden werden, daß das Holzmodell des Eingusses eine geeignete Form erhielt.

Bei dem neuen Formverfahren war es möglich, den äußeren Formkasten kleiner zu machen als früher. Dadurch

wurde der Verbrauch an Formsand und Arbeitszeit herab-gesetzt.

Abb. 3 stellt die ganze Vorrichtung fertig zum Guß dar. Der Gießtiegel ist über der Form angebracht. Ein Deckel dient zum Schutz gegen Herausspritzen von flüssigem Metall oder Schlacke. Die aus der oberen Öffnung des Deckels heraus-schlagende Flamme zeigt, daß die Zündung bereits statt-gefunden hat, an die sich die aluminothermische Reaktion unmittelbar anschließen wird. Am unteren Ende des trichter-förmigen Gießtiegels ist das Eisenstäbchen des Verschlusses zu erkennen, der zur Einleitung des Gusses mit Hilfe einer Eisenstange hochgedrückt wird. Der im Vordergrund stehende mit feuerfester Masse ausgekleidete Kübel hat die aus der Form überlaufende Schlacke aufzunehmen.

Die Kosten für Werkstoffe und Löhne ohne Zuschläge für allgemeine Unkosten betragen:

a) bei reiner Zwischengußschweißung	
Thermit	33,81 <i>R.M.</i>
6,75 Arbeitsstunden für die Schweißung	5,47 „
3,40 Arbeitsstunden für Nacharbeit	2,75 „
	zusammen 42,03 <i>R.M.</i>
b) bei Zwischengußschweißung mit Lichtbogen-auftrag	
Thermit	27,59 <i>R.M.</i>
0,5 kg Schweißdraht	0,64 „
2 kWh Schweißstrom	0,20 „
7,25 Arbeitsstunden für die Schweißung	5,87 „
3,00 Arbeitsstunden für Nacharbeit	2,43 „
	zusammen 36,73 <i>R.M.</i>

Abb. 9 zeigt zwei Herzstücke, nach dem reinen Zwischen-gußverfahren verschweißt, im rohen Zustand unmittelbar nach Entfernung der Form (Abb. 10) ebenso ein mit Licht-bogenauftrag verschweißtes Herzstück.

Die verschweißten Herzstücke bewähren sich im Betrieb unter stärkster Beanspruchung durch schwere Züge mit schweren Lokomotiven vorzüglich. Sie zeichnen sich durch ihre ruhige Lage während des Befahrens aus. Das Nicken der Herzstückspitzen ist vollständig verschwunden. Dadurch wird die Unterlagplatte und das Kleineisen außerordentlich geschont, das feste Gefüge des Oberbaues bleibt erhalten, die Entgleisungsgefahr ist vermindert, der Stoffverbrauch verringert.

So wird die Herzstückschweißung von den Reichsbahn-bauämtern lebhaft begrüßt als ein ausgezeichnetes Mittel, die Bahnunterhaltungskosten zu verringern und die Lebens-dauer des Oberbaues erheblich zu verlängern. Die Abb. 11 und 12 stellen verschweißte Herzstücke dar, die seit mehreren Jahren in starkbefahrenen Weichen liegen.

Wie gut verschweißte Herzstücke und Schienenstöße auch außergewöhnlichen Beanspruchungen standhalten, zeigen die Abb. 13 und 14. Bei einer Entgleisung infolge des schlechten Schlusses einer Weichenzunge wurden die Anschlußschienen eines Herzstückes stark verbogen, verdreht und abgebrochen. Die sämtlichen Brüche erfolgten außerhalb der Schweißstellen. Auch die Schweißstelle des beteiligten Herzstückes blieb unversehrt, der Bruch erfolgte in einer Entfernung von etwa 50 cm von der Schweißstelle.

Aus Abb. 15 ist zu ersehen, wie man sich in solchen Fällen auch bei thermitgeschweißten Schienen- und Herzstücken rasch helfen kann. Die gebrochene Schiene wurde mit dem Brenner abgeschnitten, es wurden zwei Laschenlöcher gebohrt, und so konnte innerhalb ganz kurzer Zeit behelfsmäßig eine Ersatzschiene angelascht werden.

Wie bei allen Schweißungen bildet aber auch hier sorg-fältige Arbeit gewissenhafter Schweißer die Voraussetzung für das Gelingen und die Bewährung. Vor allem darf an der

Zusammensetzung des Schweißgemenges nichts geändert werden. Die Mißachtung dieser selbstverständlichen und auch durch das Lieferwerk immer wieder eingeschärften Vorschrift führte bei uns zu einer Fehlschweißung mit Bruch der Schweiß-

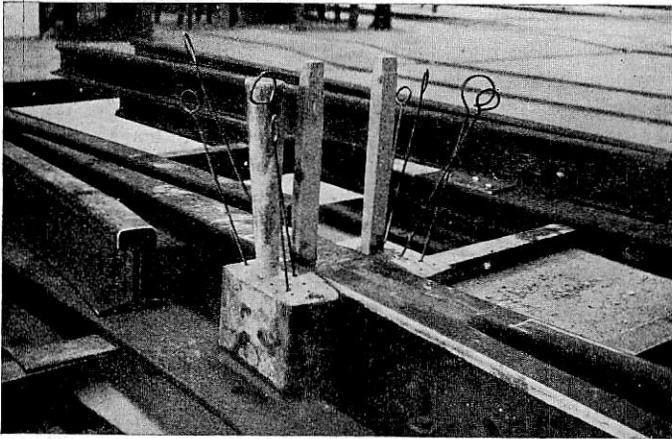


Abb. 7. Anbringen der Hilfsformen, des Eingußmodelles und der Steigermodelle am Herzstück.

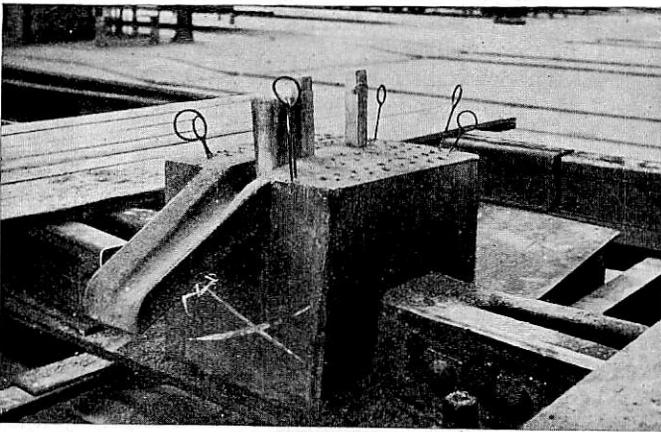


Abb. 8. Schweißstelle fertig eingeformt.

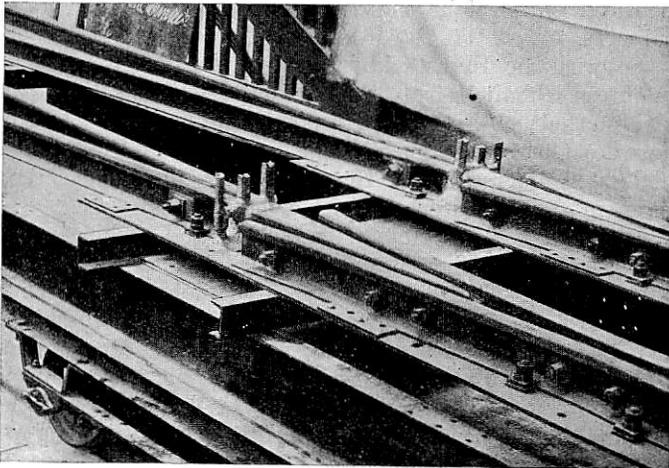


Abb. 9. Herzstücke, nach dem Zwischengußverfahren verschweißt, im Rohzustand.

stelle (Abb. 16). Die Untersuchung ergab, daß zufällig keine Schweißpackung der richtigen Größe vorrätig gewesen war, und daß infolgedessen der Schweißer von anderen, größeren Schweißpackungen Teilmengen hinweggenommen und zu einer Schweißportion des von ihm gewünschten Gewichtes vereinigt hatte. Nun tritt aber durch das Schütteln beim

Bahnversand innerhalb der einzelnen Säckchen eine Entmischung des Gemenges ein, das leichtere Aluminium lagert sich oben, der schwere Zunder unten. Der Schweißer hatte also mit einer gänzlich fehlerhaften Mischung gearbeitet.

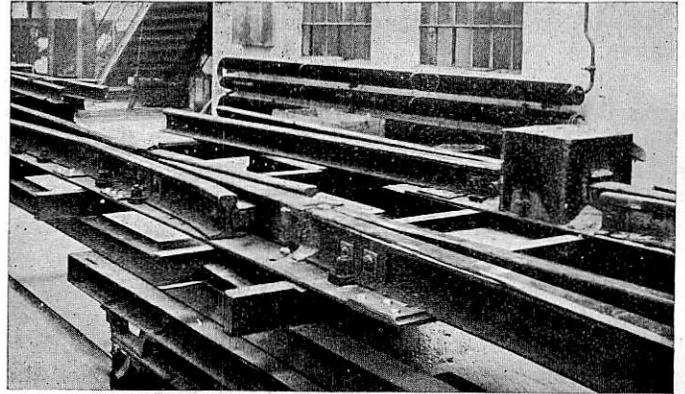


Abb. 10. Herzstück, nach dem Zwischengußverfahren mit Lichtbogen auftrag verschweißt, im Rohzustand.

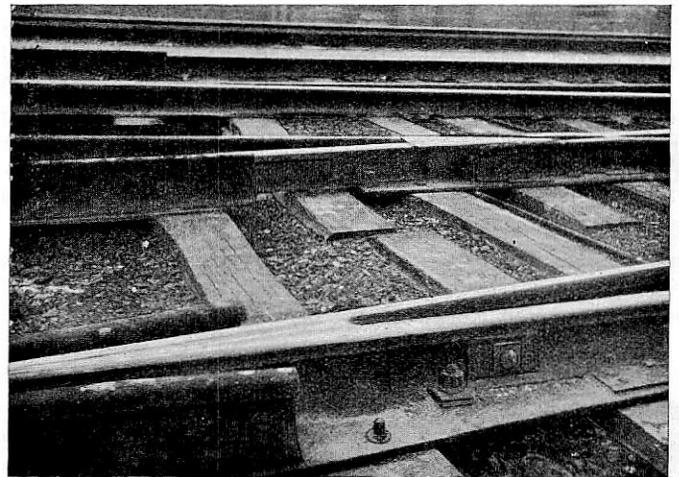


Abb. 11. Verschweißtes Herzstück, seit drei Jahren befahren.

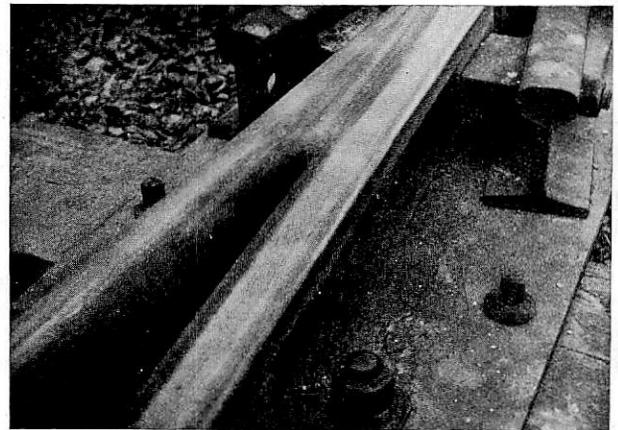


Abb. 12. Verchweißtes Herzstück, seit drei Jahren befahren.

Weiterhin ist es von Vorteil, wenn bei Schienenschweißungen kein Laschenloch innerhalb des Thermiteisenwulstes liegt. Sind bei Verwendung von Altschienen solche Laschenlöcher vorhanden, so füllt man sie zweckmäßig vor der Schweißung durch Einschlagen eines Eisenbolzens aus.

Die Herzstückschweißung ist eine ausgesprochene Werk-

staltarbeit, schon wegen der Bearbeitung nach dem Guß, zu der Werkzeugmaschinen notwendig sind.

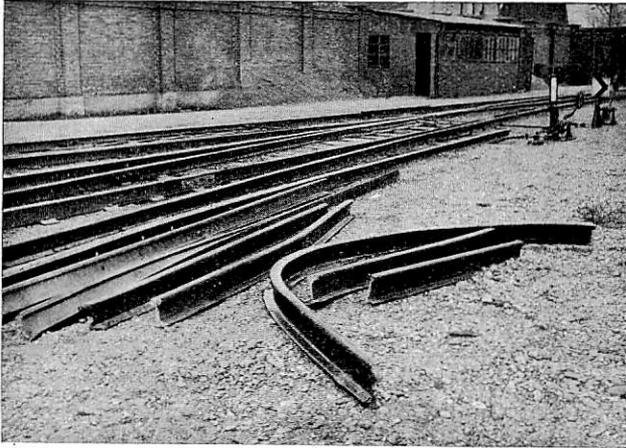


Abb. 13.

Bei einer Entgleisung beschädigte Schienen.

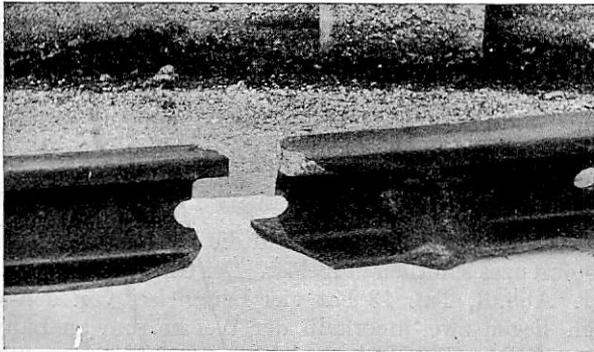


Abb. 14.

Bruch einer geschweißten Schiene bei einer Entgleisung.

Im RAW Neuaubing wurden bisher 650 Herzstücke verschweißt.

Das neue Verfahren bedeutet zweifellos eine wertvolle Verbesserung des Oberbaues in allen Eisenbahnnetzen, die

Zur Spitzenentwicklung an Ablaufbergen.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. Bäseler und Ing. Overbeck.

Hierzu Tafel 12 und 13.

Kürzlich hat Dr. A. Baumann eine Studie*) über die Spitzenentwicklung an Ablaufbergen veröffentlicht, der durchaus zuzustimmen ist. Er schlägt vor, die getrennten Weichenkreuze vor und hinter dem Gipfel, in denen die Gleise bislang zusammen- und wieder auseinanderlaufen, zu einem einzigen Weichenkreuz unterhalb des Berges, also erst in der Steilrampe zu vereinigen. Er gewinnt damit vier unabhängige Berge; dadurch sinken die Zeiten für das Beifahren und damit die Pausen zwischen dem Ablauf zweier Züge. Die Bedeutung dieser Pausen für die Leistung hat Frohne**) sehr nachdrücklich unterstrichen. Baumanns Überlegungen sind nachstehend noch in einigen Richtungen weitergeführt. Abb. 1, Taf. 12 zeigt seinen Vorschlag maßstäblich.

Zunächst eine Frage: Warum überhaupt ein Weichenkreuz und zwei Stammgleise? Baumann stellt fest, daß die Scheidung in Winter- und Sommerberg bei Gleisbremsen doch fortfällt. Also geht es mit einem Stammgleis ebenso gut. Es spart häufig Entwicklungslänge und Bremsen. Doppel-

*) Organ 1927, Heft 21.

**) Organ 1927, Heft 13 und 14.

stahlgeschmiedete Herzstücke verwenden. Durch vergleichende Versuche sollte noch festgestellt werden, ob solche ver-

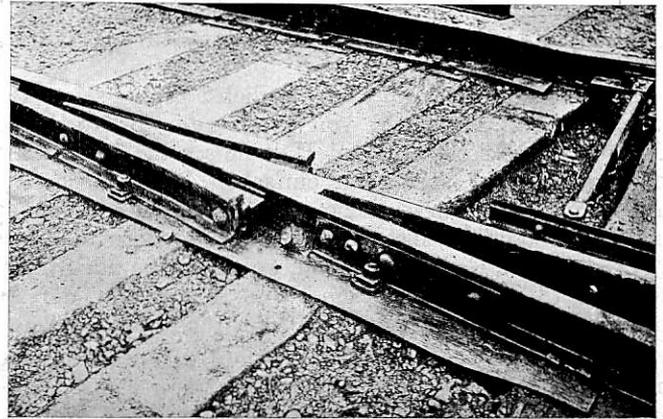


Abb. 15. Notverlaschung einer Anschlußschiene, die bei einer Entgleisung gebrochen war.

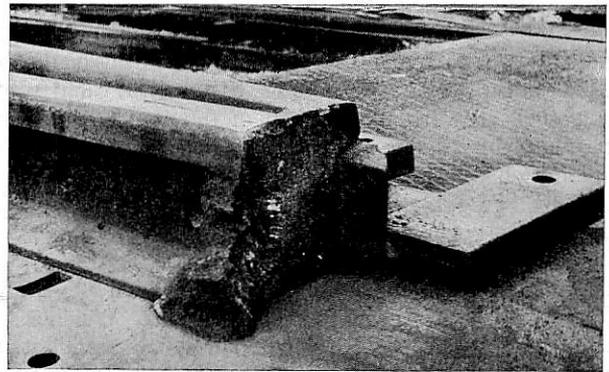


Abb. 16. Fehlschweißung infolge der Verwendung von entischem Thermit

schweißte Herzstücke nicht auch den Vorzug verdienen vor den Weichenbauarten mit aneinander geplatteten Schienen, die gerade in der Nähe der Spitze, also an stärkst beanspruchter Stelle, geteilt und dadurch geschwächt sind.

ablauf scheidet doch aus, und als Reserve kann man das zweite Stammgleis auch nicht betrachten, es sei denn für den unwahrscheinlichen Fall, dass eine Entgleisung hart unter dem Gipfel eintritt. Auch bei einem Stammgleis kann man die Vereinigungsweichen über den Berg ziehen.

Der Verfasser hat vor einiger Zeit Studien über die systematische Bündelung der Richtungsgruppe veröffentlicht. Diese sollen nun mit Baumanns Vorschlag vereinigt werden.

12 Abdrückgleise sollen in 32 Richtungsgleise übergehen.

Wir haben drei Zonen zu unterscheiden:

Vom Merkpfehl bis zum Gipfel — Beifahrzone.

Vom Gipfel bis zur Gleisbremse — Gefällstrecke.

Von der Gleisbremse bis zum Merkpfehl — (hauptsächliche) Weichenzone.

Die Längen der drei Zonen sind immer im Mittel gerechnet. Ihre Summe gibt die Gesamtlänge. Die Beifahrzone muß kurz sein, wegen des Zeitgewinns, die Weichenzone auch, wegen der hinter der Bremse stark unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Wagen. Die Gefällstrecke

kann Länge am ersten ertragen, nur muß sie schnell durchlaufen werden, alsomit dem bekannten Steilgefälle beginnen. Häufig kann man eine Zone auf Kosten der anderen verkürzen; die Studien bringen dafür manches Beispiel. Was im gegebenen Fall das Beste ist, mag man nach den Betriebsverhältnissen entscheiden.

Die Gesamtlänge muß auch möglichst gering sein. Geht man von einem Gleisband von bestimmter Breite auf ein anderes über, so ist bei 190 m Halbmesser die Gesamtlänge nach einem früher gegebenen einfachen, geometrischen Zusammenhang*) im wesentlichen bestimmt; sie ergibt sich (und zwar theoretisch) nicht nur im Mittel, sondern als Höchstmaß bei 12 auf 32 Gleisen zu 267 m, wobei zwei gerade Strecken eingerechnet sind, nämlich eine von 10,50 m für die Ausrundung am Gipfel und eine von 15 m für die Gleisbremsen.

Es kann nicht nachdrücklich genug darauf hingewiesen werden, wie wichtig die regelmäßig unterschätzten, geometrischen Beziehungen am Ablaufberg sind. Wenn im folgenden gezeigt wird, daß z. B. bei der Gleisentwicklung in Hamm, bei der doch gewiß eine kurze Weichenentwicklung erstrebt wurde, über 3 km nutzbare Gleislänge gewonnen werden können, so kann man sich vorstellen, wieviel verloren geht, wo dieses Ziel nicht besonders berücksichtigt wird.

Zur Platzersparnis führen gewisse Grundsätze, die schon früher**) unter der Bezeichnung „Ökonomie der Winkel“ zusammengefaßt wurden. Vor allem darf ein entscheidender Bogen nicht durch eine Gerade unterbrochen werden, dann verkürzen sich alle an ihm hängenden Gleise um so viel, als die Gerade lang ist. Liegt an der Spitze einer Gruppe von 32 Gleisen eine vermeidbare Gerade von 20 m Länge, so hat man $32 \cdot 20 = 640$ m nutzbare Gleislänge verloren. Von größter Bedeutung sind an den entscheidenden Punkten Doppelweichen und Vierwegweichen. Die Weichenkreuze enthalten, wenn sie aus Kreuzungsweichen gebildet sind, schädliche, gerade Längen, die auch bei Steilweichen noch erheblich sind.

Bei Baumanns Vorschlag kommt die Beifahrzone auf 69 m. In Hamm ist sie 106 m, die Gefällstrecke 130 m und die Weichenzone 114 m, die Gesamtlänge also $106 + 130 + 114 = 350$ m, das wären 83 m mehr als unbedingt erforderlich.

Entwicklungen mit einem Stammgleis

(Abb. 2 bis 5, Taf. 12).

In Abb. 2 bis 4, Taf. 12 ist die Gesamtlänge fast gleich, nämlich 272 bzw. 271 m, ebenso die Beifahrzone mit 61 bzw. 57 m. Hingegen hat Abb. 2, Taf. 12 eine um fast 20 m längere Weichenzone als Abb. 3 und 4, Taf. 12.

In Abb. 2, Taf. 12 ist hauptsächlich mit Doppelweichen entwickelt. Je eine Doppelweiche bildet die Spitze der Zusammenführung und Trennung. Die erstgenannte liegt unter dem Gipfel, man hat also drei Ablaufberge und drei Gleisbremsen. Die Entwicklung der Richtungsgruppe ist noch ziemlich spitz, was die lange Weichenzone erklärt.

Abb. 3, Taf. 12 hat statt der Doppelweichen Vierwegweichen; sie hat dementsprechend vier Berge und vier Bremsen. Die ungemein klare Entwicklung namentlich der Richtungsgruppe zeigt eindringlich die Überlegenheit der Vierwegeweiche.

In Abb. 4, Taf. 12 ist eine Gleisbremse gespart und doch eine kurze Weichenzone erzielt; aber die Entwicklung ist weniger klar und gefällig.

Weit überlegen ist Abb. 5, Taf. 12. Hier liegen alle Zusammenführungsweichen im Gefälle, es haben also alle zwölf Abdrückgleise ihren eigenen Berg und die Länge der Beifahrzone ist 0,0 m. Die Gesamtlänge ist nur 253 m, womit — durch

etwas Vorziehen oder Zurücksetzen der Seitengruppen — im Mittel sogar das theoretische Kleinstmaß unterschritten ist. Die Weichenzone ist mit 91 m auch sehr kurz, die Gefällstrecke mit 162 m naturgemäß etwas länger, was aber wohl kaum von Nachteil ist. Der Gewinn an nutzbarer Gleislänge ist gegenüber Hamm (350 bis 253) $32 = 3104$ m.

Es soll nicht verkannt werden, dass in allen Beispielen, wie schon bei Baumann, die Lage des Gipfels so nahe an den Weichen gewisse bauliche Maßnahmen und Besonderheiten des Ablaufbetriebes verlangt. Man wird die Gleise so einbetten müssen, daß die Leute nicht über die Schienen stolpern können. Rangierzettelverfahren ist nötig. Auskuppeln muß man vorher. Die Züge können auch nicht immer von vorn herein bis an den Merkpfehl fahren.

Entwicklungen mit zwei Stammgleisen (Abb. 6, Taf. 12 und Abb. 1 bis 4, Taf. 13).

Entwicklungen mit zwei Stammgleisen sind teurer und meist etwas länger, geben aber u. U. weniger Krümmungen.

Abb. 6, Taf. 12 beruht auf dem Weichenkreuz als Knotenpunkt. Trotz Anwendung von Steilweichen ist die Gesamtlänge mit 277 m größer als bei allen anderen Beispielen. Die Krümmungsverhältnisse sind recht ungünstig. Vier Berggleise.

In Abb. 1, Taf. 13 sind die unteren Kreuzungsweichen in einfache Weichen aufgelöst. Die Gleise laufen zügiger. Vier Berggleise.

Abb. 2, Taf. 13 zeigt im Knotenpunkt eine doppelte Kreuzungsweiche (Steilweiche). Die Entwicklung wird schlank, aber spitz; die Weichenzone ist mit 99 m ziemlich lang. Sechs Berggleise.

In Abb. 3 und 4, Taf. 13 sind die Kreuzungsweichen des Weichenkreuzes sämtlich aufgelöst. Der Gleisverlauf wird noch zügiger. Abb. 3, Taf. 13 hat vier Berggleise, von den Gleisbremsen liegen zwei innerhalb der Weiche, um an Länge zu sparen. Mit der Wirbelstromgleisbremse ist das ausführbar.

Abb. 4, Taf. 13 stellt infolge starker Verwendung von Vierwegweichen wieder einen sehr günstigen Grenzfall dar. Es laufen acht Gleise über den Berg; die Gesamtlänge liegt mit 265 m noch unter dem theoretischen Kleinstmaß, die Beifahrlänge ist mit 30 m sehr kurz, die Weichenzone mit 85 m desgleichen; die Krümmungsverhältnisse sind sehr günstig, das Gesamtbild besonders klar.

Andere Lösungen.

In ähnlicher Weise kann man Gleisentwicklungen bei anderen Gleiszahlen lösen. Als Beispiel diene die von Dr. Baumann vorgeschlagene Verbesserung des östlichen Ablaufberges in 0. Der Berg ist in Abb. 5, Taf. 13 mit Vierwegweichen entwickelt. Ein Vergleich ergibt:

	Bestehender Zustand	Vorschlag Baumann	Vorschlag mit Steilweichen
Beifahrlänge	136	43	0
Berggleise	2	4	alle 8
Gewinn an nutzbarer Gleislänge	—	736	912

Wenn vorstehend immer auf kurze Beifahrlänge gezielt ist, so liegt doch die Aufgabe, die Pausen abzukürzen, deren Bedeutung Frohne zuerst deutlich aufgezeigt hat, im ganzen viel allgemeiner, als sie gewöhnlich gefaßt wird, weil wir nur mit den vorhandenen, baulichen Mitteln zu rechnen pflegen. Eine sehr bedeutsame Lösung wird z. Z. in Dresden-Friedrichstadt ausgeführt. Auf diesem Gefällsbahnhof werden die heraufgeschleppten Züge nach Abkuppeln der Schlepploko-

*) Organ 1927, Heft 16.

**) „Verkürzte Weichenstraßen“, Sonderheft des V.D.I. 1925, Seite 229.

motive an ein Seil gehängt, das von einem Antrieb abläuft, der elektrisch gebremst werden kann. Man gewinnt so die Möglichkeit, die Abrollgeschwindigkeit des Zuges genau zu regeln, und zwar so, dass eine eingestellte Geschwindigkeit genau beibehalten wird, ferner wird elektrische Arbeit gewonnen und man spart die Bremser. Im Notfall läßt sich der Zug mit dem Seil auch antreiben. Da sich die vier Abrollgleise ohne Einschnürung in die Richtungsgleise verzweigen, kann der nächste Zug schon langsam in Gang gesetzt und unmittelbar ablaufbereit gemacht werden, während der erste noch läuft. Die Durchführung der Seile ist wegen der vorhandenen Krümmungen nicht ganz leicht; doch darf erwartet werden, daß die Anlage die gestellte Aufgabe durchaus löst.

Daß man auch Zulaufbremsen für die Regelung der Zuggeschwindigkeit verwenden kann und daß es dafür nicht nötig ist, an der eingebürgerten, starren Trennung zwischen Gefällsbahnhof und Flachbahnhof festzuhalten, hat schon Frölich gezeigt. Es genügt, wenn die Abrollgleise im Gefälle liegen. Derartige Anlagen sind z. Z. im Entstehen. Für die Gleisbremsen ist es in diesem Falle wünschenswert, daß sie eine eingestellte Geschwindigkeit unabhängig vom Druck des Zuges und dem Gewicht der gerade auf ihnen stehenden Wagen einhalten können.

In Dresden-Friedrichstadt wird der Zeitgewinn, entsprechend den eingangs erwähnten Baumannschen Grundsätzen, zunächst auch dadurch ermöglicht, daß jedes der vier Gleise seinen eigenen Ablaufpunkt hat. Es ist eine naheliegende Frage, ob nicht auch für Fälle, in denen die Einschnürung auf zwei oder ein Berggleis vorhanden ist, technische Mittel gefunden werden können, um die Ablaufpausen zu verringern.

Wir stellen auf dem Berg beiderseits eine gewöhnliche, offene Rangierwinde auf, deren Seile seitlich der Abdrückgleisgruppe durch eine endlose Kette je nach den Verhältnissen auf 150 bis 300 m ausgezogen werden können. Wenn dann die drückende Lokomotive bis an diese Stelle gekommen ist, wird das Seil quer herübergetragen und angehängt, worauf es den Rest über den Berg zieht. Währenddem fährt die Lokomotive zurück und setzt sich vor einen neuen Zug. Namentlich dann, wenn der Ablauf aus örtlichen Gründen nicht sehr schnell geht, kann auf diese Weise erheblich an Zeit gespart werden. Zu Zeiten, wo das Geschäft weniger drängt, wird man die Winde, deren Bedienung immerhin

einen Mann kostet, nicht benutzen; aber in Zeiten der Hochspannung ist sie ein billiges Hilfsmittel und ersetzt eine (nicht ausgenutzte) Maschine. Seilkräfte von 2 bis 3 t machen auch bei seitlichem Angriff am Wagen keine Schwierigkeit. Allerdings ist Voraussetzung, daß der Berg möglichst geringe Gegensteigung hat und die letzte Strecke bis zum Berg möglichst wagerecht, besser noch 1:400 bis 1:600 geneigt ist.

Wenn die eingleisige Einschnürung eine gewisse Länge hat, wird häufig das Bedürfnis auftreten, mit der Bewegung des nächsten Zuges schon zu beginnen, wenn der erste noch läuft. Man wird sogar den Wunsch empfinden, mit dem zweiten Zug unmittelbar an den ersten, noch laufenden anzufahren, so daß, wenn die übrigen Vorbedingungen erfüllbar sind, ein buchstäblich ununterbrochener Ablauf entsteht. Diese Bewegung setzt allerdings, trotz der geringen Geschwindigkeiten, eine sehr sichere Verständigung und Beherrschung der Lokomotive voraus, die mit den gewöhnlichen Mitteln nicht gewährleistet werden kann. Hingegen ist sie ohne weiteres und mit Sicherheit ausführbar, wenn man die Lokomotive für Fernbedienung einrichtet und vom Ablaufberg aus steuert. Das ist heute bei geeigneten Lokomotiven weder eine technische noch eine wirtschaftliche Schwierigkeit. Außer drahtloser Steuerung, die der Verfasser*) früher beschrieben hat, kommt auch elektrische Oberleitung (Gleichstrom) in Frage, wobei die zugeführte Spannung von außen geregelt wird.

Bequemer und einfacher als die Winde ist eine Zulaufbremse. Sie setzt voraus, daß der letzte Teil der Abdrückgleise in genügendes Gefälle gelegt wird. Als gute Regel gilt 1:100; hier genügt allenfalls 1:150, weil kein Zug von selbst anfahren muß. Läßt man die Abdrückgleise vorher mit 1:400 — auch etwas mehr wäre wohl zulässig — steigen, so wird man in vielen Fällen die nötige Höhe gewinnen. Man speichert hier beim Einfahren in die Gleise schon Arbeit, die man nachher benutzt, um einen Teil der Bewegung selbsttätig ablaufen zu lassen. Die Bedingungen und Möglichkeiten sind im übrigen dieselben wie bei der Winde, die Lokomotive fährt schon zurück, sobald der Zug von selbst zu laufen beginnt, und setzt sich vor den nächsten Zug. Auch hier können die Züge bei ferngesteuerten Lokomotiven in vollkommen ununterbrochenem Flusse ablaufen.

*) „Ziele und Wege der Verschiebetechnik“, Organ 1926, Heft 12.

Die Ausdehnung der Schienen durch die Wärme.

Von Ing. J. Nemesek, Budapest.

Die Stoßlücke ist die wahre Achillesferse eines jeden Oberbaues, und es ist nicht nötig, wiederholt zu beweisen, daß die meisten schädlichen Erscheinungen am Oberbau — ja auch einige am Unterbau — auf die Stoßlücken zurückzuführen sind.

Die Stoßlücken wurden für jede Schienenlänge berechnet, und man nahm bisher für die erforderliche Stoßlücke einer Schiene von 1 Meter $h=0,012 t^0$ Millimeter an, wenn t die Temperaturdifferenz der größten Schienenerwärmung und Schienenabkühlung in Graden der hundertteiligen Skala bedeutet.

Beim Eisenbahnoberbau macht sich besonders in den letzten zehn Jahren ein Streben bemerkbar, die Stoßlücken kleiner zu bemessen, als sie nach dieser theoretischen Formel ausfallen würden. Hierzu reizten die Erfahrungen, die man bei innerstädtischen Bahnen sammelte und insbesondere befriedigende Versuche, die mit geschweißten Schienen angestellt wurden. Andererseits aber betonte man besonders von theoretischer Seite her, daß die Ausdehnung eine Naturkraft sei, der man straflos keine Gewalt antun kann, und es wurden sogar Stimmen laut, die mit einer, die Lufttemperatur über-

steigenden Schienentemperatur die Gemüter — nicht ganz ohne Berechtigung — ängstigten.

Es wurde von zuständiger Seite der Frage der Lücken große Aufmerksamkeit gewidmet und mehrere amtlich angestellte Versuche beweisen, daß die Lückensumme einer Strecke weniger ausmacht als die obige Formel ergibt; insbesondere gilt das von Langschienen.

Betrachten wir die Frage der gehemmten Schienen- ausdehnung theoretisch und berechnen wir die gehemmte Ausdehnung selbst.

Gehen wir aus von einer Langschiene mit der Länge 2 l die in eine Strecke gleichlanger Schienen eingebaut ist; Befestigung, Bettung, Lücken seien überall gleich, Schienenwanderung und Ausknickungsgefahr sei nicht vorhanden.

Ist die Schiene bei t_0^0 spannungslos und kann sie sich nicht ausdehnen, so entsteht in ihr bei t_1^0 eine Spannung von der Größe $\alpha E (t_1 - t_0)$. Wenn der Temperaturunterschied einfach mit „ t “ bezeichnet wird, so ist die gesamte Kraft, die in der Schiene und in jedem ihrer vollen Querschnitte ($F \text{ cm}^2$) wirkt $p = \alpha E F t \text{ kg}$. Hierin bedeutet α die Dehnungsziffer (etwa

0,000012), E das Elastizitätsmaß = 2200000 kg/cm². Die Kraft, die ein prismatischer Stab bei vollkommen gehemmter Wärmeausdehnung auf die hemmenden Widerlager ausübt, ist bekanntlich unabhängig von der Länge des Stabes. Es entsteht so auch nur dieselbe Spannung in einer einzelnen Schiene, wenn sie in der Ausdehnung vollkommen gehemmt ist, wie in einem durchgeschweißten Strang zwischen zwei Stationen.

Es wirkt aber der in jedem Querschnitt der Schiene gleichen Ausdehnungskraft die Reibungskraft entgegen, welche jeder Bewegung der Schiene Widerstand leistet. Um den Einfluß des Reibungswiderstandes verfolgen zu können, nehmen wir zuerst an, daß die Langschiene bloß mit ihrem Gewichte, im übrigen aber frei auf einer durchgehenden Stahlunterlage aufruhe, also ohne Befestigungsmittel.

Die Reibungskraft, die der freien Ausdehnung entgegenwirkt, ist für den lfd. Meter $f F \rho$, wo f die Reibungsziffer ist und ρ das Gewicht von 100 cm³ der Schiene.

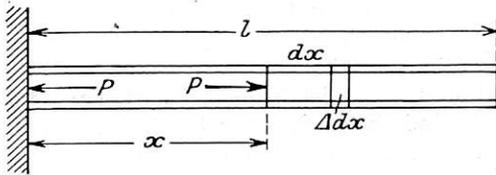


Abb. 1.

Die Ausdehnungskraft P muß bei einem Schienenelement dx (s. Abb. 1) in der Entfernung x von der Mitte, das als eingespannt gedacht werden kann, zufolge den anfangs gemachten Bedingungen die Reibungskraft $P^1 = (l-x) F \rho f$ erst überschreiten und dann erst kann eine Ausdehnung, verursacht durch die Kraft $(P - P^1)$ entstehen.

Die Ausdehnung des Elements dx selbst ist

$$\Delta dx = \frac{dx}{EF} (P - P^1) = \alpha t dx - \frac{1}{E} (l-x) \rho f dx.$$

Da eine Überlagerung der Bewegungen bei dem Ausdehnungsvorgang durchaus möglich erscheint, bekommt man die Gesamtausdehnung des Stückes x der Schiene zu

$$k_x = \int_0^x \Delta dx \text{ oder } k_x = \alpha t x - \frac{\rho f l x}{E} + \frac{\rho f x^2}{2E} \dots 1)$$

Das Ende der symmetrisch sich ausdehnenden Schiene von der Länge $2l$ bewegt sich um den Betrag

$$k_1 = \alpha t l - \frac{\rho f l^2}{2E} \dots 2)$$

Bei diesen Formeln fällt zunächst auf, daß die durch Reibung gehemmte theoretische Schienenausdehnung ebenfalls proportional der Temperatur ist. Mehrere verschiedentlich angestellte Versuche sprechen nicht gegen diese Behauptung, und wo das Gegenteil zu vermuten wäre, dort ist eigentlich einer der Beiwerte f oder ρ veränderlich, bei fortschreitender Ausdehnung.

Betrachtet man t und die Schienenlänge l als Parameter, x dagegen als unabhängige Veränderliche, so stellt Gleichung 1) eine Parabelschar dar, Gleichung 2) ebenfalls eine Schar von Parabeln, wobei der Grenzwert des Parameters unabhängige Veränderliche wird. Die Hauptachse der Parabeln ist die x -Achse.

Ist von der Zusammenziehung einer spannungslosen Schiene die Rede, ebenfalls unter den eingangs genannten Umständen, so gelten wieder die Formeln 1) und 2). Die Auffassung, daß die Reibung auf die Spannung der Schiene einen entlastenden Einfluß ausüben kann, nachdem die Lücken ihre größtmöglichen Maße erreicht haben und die Schienenenden daher im straff gespannten Gleise feststehen, ist selbst-

redend irrtümlich, da die Reibung nur eine passive Kraft ist und im ruhenden System nicht auftritt. Bei der Abkühlung einer Schiene mit festgehaltenen Enden entsteht zwar eine ganz bedeutungslose Verminderung der Querschnittsfläche, aber die Querschnitte selbst sind unbeweglich, und es wird auch die Elastizitätsgrenze bei vollkommen homogenem Material, gleichem Querschnitt und bei vollkommener zentrischer Festhaltung der Enden durch reine Zugkräfte, überall entlang der Länge $2l$, gleichzeitig erreicht. Wenn also die größten Lücken erreicht sind, ist bei weiterer Abkühlung mit der ganzen zusätzlichen Spannung $\alpha E t$ zu rechnen.

Ist die Reibungskraft P bei einer gewissen Schienenlänge (vom frei beweglichen Schienenende her gerechnet) gleich der Ausdehnungskraft, so kann die Schiene sich von diesem Punkte bis zur Schienenmitte (und ebenso in der anderen Spiegelhälfte der Schiene) nicht mehr ausdehnen. Wenn wir die Strecke $(l-x)$ der Abb. 1 mit z bezeichnen, so ist der angedeutete Fall durch die Gleichung $\alpha E F t = z_0 F \rho f$ bestimmt, woraus die „Atmungslänge“ eines Schienenendes errechnet werden kann. Es ist $z_0 = \frac{\alpha E t}{\rho f} \dots 3)$

So ist z. B. die sich dehnende Länge bei einem guten, schweren Oberbau mit Eisenschwellen in Steinschlag, wo ρf ungefähr 20 ist, bei 40° über die Verlegungstemperatur 52,0 m. Bei 20° Temperaturzunahme und 20° Temperaturverminderung (vom spannungslosen Zustand, der Verlegungstemperatur an gerechnet), d. h. bei einer gesamten Temperaturschwankung von 40°, bewegt sich eine solche Langschiene an ihrem Ende nur in einer Länge von höchstens 26 m; hierbei beträgt die größte Lückenänderung gemäß der nachfolgend abgeleiteten Formel 5) nur $4 \frac{\alpha^2 t^2 E}{2 \rho f} = 12,7 \text{ mm}$.

Die Formel 1) und 2) gelten nur, wenn $l \leq z_0$ ist, weil die Reibungskraft (P^1) keine aktive Kraft ist. Wir können zweckmäßig einen etwas verschiedenen Weg zur Gewinnung einer Ausdehnungsformel einschlagen, indem wir direkt die Ausdehnung eines Teiles der Schiene von dem frei beweglichen Ende her berechnen mit den Bezeichnungen der Abb. 2. Es sind in diesem Falle $P = \alpha E F t$, $P^1 = z F \rho f$. Nach den gleichen Überlegungen wie bei Gleichung 1) erhalten wir

$$k_z = \int_0^z \Delta dz = \alpha t z - \frac{\rho f}{2E} z^2 \dots 4)$$

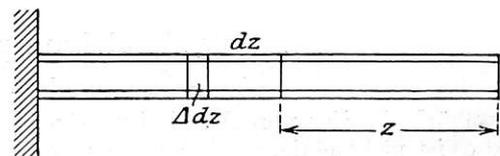


Abb. 2.

Den größten Wert von k_z erhalten wir, wenn z gleich der ganzen „Atmungslänge“ wird, was eintritt, wenn

$$\frac{dk_z}{dz} = \alpha t - \frac{z_0 \rho f}{2E} = 0 \text{ ist.}$$

Hieraus erhalten wir wieder unsere bereits abgeleitete Formel 3). Mit Hilfe dieser und Formel 4) finden wir auch

$$k_{z_0} = k_{\text{max}} = \frac{\alpha^2 t^2 E}{2 \rho f} \dots 5)$$

Die Langschiene ändert sich somit — theoretisch — mit der Temperatur im quadratischen Verhältnis. Vorbedingung der Anwendbarkeit dieser Formel für die Lücken zwischen Langschiene ist, daß l größer sei als z_0 . Dies ist natürlich praktisch nur dort möglich, wo bei Langschiene nach einer Bezeichnung Wöhrls großer „innerer Gleiswiderstand“ herrscht, d. h. ρf einen größeren Wert erreicht.

Wie man sich leicht überzeugen kann, ergänzen sich Gleichung 1) und Gleichung 4). Für ein Beispiel bei $l < z_0$ und gegebenem Wert von ρf und t ist für ein bestimmtes x , ($k_x + k_z$) gleich $k_x = 1$ oder $k_z = 1$. Es ist auch formelmäßig $k_{x=1} = k_{z=1}$.

Das Produkt ρf ist im theoretischen Falle von Stahlschienen mit bekanntem Gewicht auf Stahlunterlage, befestigungslos beweglich, leicht bestimmbar, z. B. zu $0,786 \cdot 0,25 = 0,1965$. Sein Wert ist aber auf der Strecke in weiten Grenzen veränderlich, von 1 bis 15 und noch darüber, entsprechend den verschiedenen Schienenbefestigungen, der Querschwellenart, der Bettungsart usw. Daß die Reibung bei der Schiene im Gleise nicht räumlich durchgeht, sondern in den Stützpunkten auftritt, ist bei der Länge der Schienen und bei der üblichen Schwellenentfernung, solange diese unter 1,0 m bleibt, praktisch belanglos, ebenso die Nebenspannungen, die dadurch entstehen, daß die Ausdehnungskraft und die hemmende Reibungskraft in verschiedenen Höhen wirken.

Die theoretische und noch mehr die praktische Feststellung des Wertes ρf für einen Oberbau ist vor geplanten Schweißarbeiten von großer Wichtigkeit. Es lassen sich dadurch die Größe und die Verteilung der zusätzlichen Spannungen, die infolge der gehemmten Ausdehnung auftreten, berechnen, ebenso auch die atmenden Längen bei verschiedenen Temperaturen und die Langschienenlücken. Bei Versuchen kann man direkt vorgehen, indem man die Reibungskräfte mißt, und man kann auch vom Verhalten eingebauter Langschienen auf die Größe des Wertes ρf schließen.

Sind die Querschwellen vollkommen an den Schienen festgeklemmt, so muß man das Gewicht der Verbindungsmittel, der halben Schwellen (auf den lfd. Meter umgerechnet) und das Schienengewicht des lfd. Meters (insgesamt = G_1) mit dem Beiwert der Reibung Holz auf Stein ($f_1 = 0,5$ bis $0,8$) multiplizieren und das Gewicht des durch die halben Querschwellen (auf den lfd. Meter) bewegten Steinschlags (= G_2) mit einem Beiwert der Reibung Steinschlag auf Steinschlag (f_2) multiplizieren und endlich die Summe beider Produkte durch die Querschnittsfläche der Schiene dividieren, um die bezeichnende Ziffer ρf des Oberbaues zu bekommen, und um Formel 4) und 1) anwenden zu können. Formelmäßig ist also

$$\rho f = \frac{G_1 f_1 + G_2 f_2}{F} \quad \text{und}$$

$$k_x = \alpha t x - \frac{1 x}{E F} [G_1 f_1 + G_2 f_2] + \frac{x^2}{2 E F} [G_1 f_1 + G_2 f_2].$$

Das Produkt $G_2 f_2$ hat Verwandtschaft mit dem negativen Erddruck, und erschwerend wirkt noch die Keilwirkung des Steinschlags; Versuche müssen hier die Entscheidung bringen.

Schlüpft die Schiene auch z. T. über den Schwellen, so muß dies auch entsprechend in Betracht gezogen werden.

Die zusätzliche Verminderung der Ausdehnung, die durch die Haftkraft der Laschenverbindungen entsteht, kann mit $\frac{P'' x}{E F}$ in Formel 1) angesetzt werden, wenn P'' die gleichmäßig gedachte Widerstandskraft des Stoßes ist gegen das Einschieben der Schiene zwischen die Laschen. Die Änderung einer Lücke zwischen den heutigen Kurzschienen der Länge l ist $\alpha t l - \frac{P'' l}{E F}$. Allerdings läßt sich vermuten, daß P nicht gleichmäßig wirkt, sondern vielmehr sprungweise.

Man wird reichlich Fälle finden, wo ρf nicht gleichmäßig ist; es kann Fälle geben, wo der spezifische Widerstand mit der Verschiebungsgröße wächst, und auch umgekehrte Fälle sind nicht ausgeschlossen. Wenn ein mittlerer Wert ρf nicht entspricht, dann muß der Veränderlichkeit des Widerstandes entsprechend Rechnung getragen werden.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. Neue Folge. LXV. Band. 16. Heft 1928.

Zum Schluß seien zwei einfache Beispiele für die Anwendung der abgeleiteten Formel angeführt.

a) Welchen inneren Widerstand muß ein Oberbau besitzen, wenn bei $+40^\circ$ und -20° (Verlegungstemperatur $+10^\circ$) und bei spannungslosen Schienenenden die Lücke ihren kleinsten Wert 0 bzw. ihren größten Wert von 20 mm erreichen soll? Wie groß ist die sich bewegende Länge in diesen Fällen? (Knickungsfrage sei außer acht gelassen)

$$\rho f = 4 \frac{0,000012^2 \cdot 30^2 \cdot 2 \cdot 200 \cdot 000}{2 \cdot 0,02} = 28 \text{ kg}$$

$$z_0 = \frac{0,000012 \cdot 2 \cdot 200 \cdot 000 \cdot 30}{28} = 28,3 \text{ m.}$$

b) Es werden 60,0 m lange Schienen verlegt, wobei $\rho f = 15$ ist. Bei gewöhnlicher Laschenverbindung wird gewünscht, daß die Schienenenden bei $+40^\circ$ und -20° spannungslos seien. Wie groß müßte die größte Lücke sein in diesem Grenzfall?

Es ist $30 < \frac{\alpha E t}{\rho f}$ daher

$$\text{Lücke} = 4k_z = 4 \cdot 0,000012 \cdot 30 \cdot 30 - \frac{4 \cdot 15 \cdot 30^2}{2 \cdot 2 \cdot 000 \cdot 000} = 0,0432 - 0,0123 = 31 \text{ mm.}$$

Die zusätzliche Spannung durch gehemmte Ausdehnung ist in Schienenmitte 450 kg/cm^2 .

Verlangt man spannungslosen Stoß nur bei $+32^\circ$ und -12° , so bekommt man eine annehmbare minimale Lücke von 19 mm.

Theorie und Praxis unterstützen sich ergänzend wechselseitig, und oft auch abwechselnd auf dem Pfade des Fortschrittes: es sei daher die Hoffnung ausgesprochen, daß neue Versuche im Rahmen der vorstehenden Ableitungen zu einer weiteren Entwicklung führen mögen, als Gewinn für die Ausübung.

Nachtrag,

Der Verfasser bekam die lehrreiche Abhandlung *Wattmanns* über die Wärmewirkungen im Langschienenbau (Organ 1928, Heft 10) erst in die Hände, als der vorstehende Aufsatz bereits eingesandt war. Gegenstand und Ziel beider Abhandlungen sind gleich. Nur hat *Wattmann* einen rechnerisch-graphischen Weg eingeschlagen, während der vorstehende Beitrag rein rechnerisch vorgeht. Daß beide Wege zum selben Ziele führen, sei an folgendem rechnerisch behandelten Beispiel gezeigt, das auch *Wattmann* behandelt.

Eine 60,0 m lange Langschiene erfährt eine Temperaturveränderung von $+40^\circ\text{C}$ über der Verlegetemperatur. Wie groß ist die sich tatsächlich ausdehnende Länge an den beiden Enden der Schiene, wie groß ist im Grenzfall die entstehende Lücke und wie groß ist die Spannung im unbeweglichen Teil?

Im erwähnten Aufsatz ist $R = 10000 \text{ kg}$ und $r = 3600 \text{ kg}$. Es ist leicht einzusehen, daß mit den im vorstehenden Aufsatz gewählten Bezeichnungen $P'' = R$ und $\rho f = \frac{r}{F}$ ist. Somit ist für den neuen Reichsbahnoberbau (S 49) die bezeichnende Ziffer $\rho f = \frac{3600}{62,3} = 57,785$, also sehr hoch, so daß der Reichsbahnoberbau wirklich als Qualitätsoberbau bezeichnet werden kann.

$$z_0' = \frac{\alpha E t}{\rho f} = \frac{24,40}{57,785} = 16,62 \text{ m.}$$

Die Wirkung der Laschenverbindung ist

$$-\frac{P''}{E \rho f} = -\frac{10000}{3600} = -2,78 \text{ m.}$$

$z_0 = 16,62 - 2,78 = 13,89$ m. Wattmann errechnete 13,80 m.

Die Spannung im unbeweglichen Teil ergibt sich nach der behandelten Rechnungsweise auch aus der Ausdehnung. Man erhält $\sigma_t = 13,89 \cdot 57,785 + \frac{10000}{62,3} = 961$ kg/cm². Natürlich ist das eine Probe der Rechnung, da $\sigma_t = E\beta t$ sein muß.

Die Ausdehnung eines Schienenendes ist

$$k_{z_0} = \alpha t z_0 - \frac{\rho z f_0^2}{2 E} - \frac{P'' z_0}{E F} = 0,000011 \cdot 40 \cdot 13,84 - \frac{57,785 \cdot 13,84^2}{2 \cdot 2200000} - \frac{10000 \cdot 13,84}{2200000 \cdot 62,3} = 0,00256$$

während Wattmann 0,0025 m bekommt. Die größte Lücke ist also 10,24 mm gegen 10 mm. Die Ergebnisse müssen sich ja decken, da in beiden Fällen mit linear anwachsenden Reibungswiderständen gerechnet wurde.

Versuche über die Wirkung von Längskräften im Gleis.

Von Prof. Dr. Ing. Otto Ammann und Priv.-Dozent Dr. Ing. C. v. Gruenewaldt, Karlsruhe.

Die ständig zunehmende Verbreitung der Schienenschweißung, sowie die Bestrebung, auch im verlaschten Strang immer größere Schienenlängen zu verwenden, läßt es in hohem Maße wünschenswert erscheinen, Klarheit zu gewinnen über die im Gleis auftretenden Längskräfte und über die Fähigkeit des Gleises, diese Kräfte zu verarbeiten.

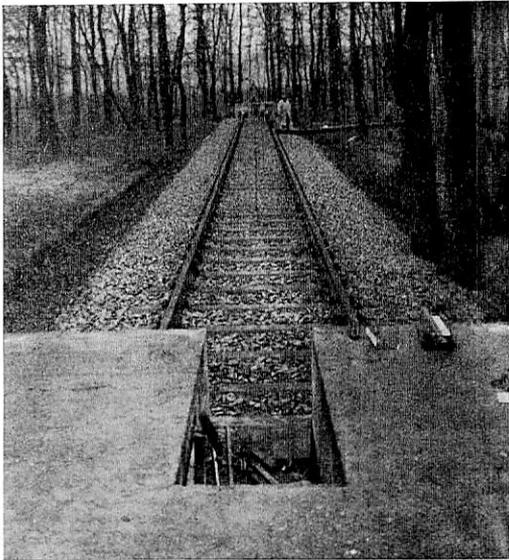


Abb. 1. Gleisprüfstand vom westlichen Widerlager.



Abb. 2. Östlicher Block (Pressen in Schutzkästen).

Es sei hier bemerkt, daß bei der Schiene S 49 eine Temperaturänderung von 1° C eine Längskraft von rund 1600 kg in der Schiene hervorruft, falls diese an der Dehnung oder Zusammenziehung verhindert wird.

Um einen möglichst großen Teil dieses Fragenkomplexes experimentell zu erforschen, wurde im Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen an der Technischen Hochschule Karlsruhe ein besonderer Gleisprüfstand entworfen und auf dem Gelände

der Technischen Hochschule errichtet. Der Gleisprüfstand besteht aus einem 45 m langen Gleis (3 Joche des Oberbaues B auf normaler Schotterbettung von 0,40 m Stärke und 3,50 m Kronenbreite). Das Gleis (Abb. 1) stützt sich an beiden Enden gegen eisenbewehrte Betonblöcke (Abb. 2) von 2,50 m Breite (der Längsschnitt ist aus Abb. 3 ersichtlich). Am östlichen Block sind zwischen die Schienenenden und die Stirnwand des Blocks horizontalwirkende hydraulische Pressen eingebaut (Abb. 4), mit denen ein Druck bis zu 60(70) t je Schiene ausgeübt werden kann. Die zu den Pressen gehörige Pumpe ist oben auf dem Block aufgestellt und ebenso wie die Pressen mit ihm durch Ankerschrauben verbunden.

Die Pressen lassen sich sowohl einzeln, als auch gemeinsam betätigen.

Zwischen dem westlichen Block und den Schienen sind kleine Betonklötze (Abb. 5) aufgesetzt, die entfernt und durch Meßdosen ersetzt werden können.

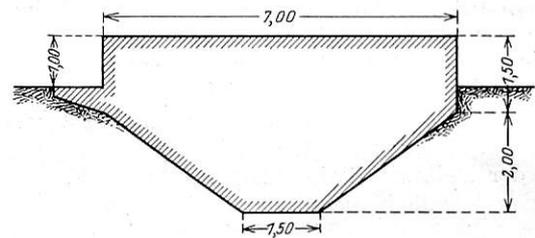


Abb. 3. Widerlager.

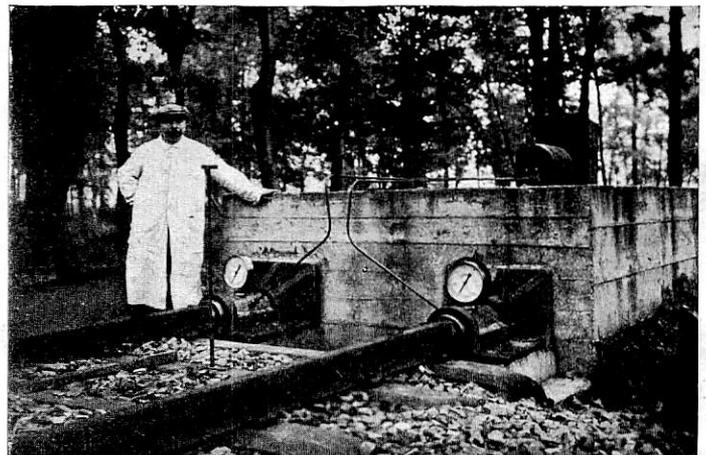


Abb. 4. Pressen mit Pumpe.

Das Gleis ist von der Reichsbahndirektion Karlsruhe zur Verfügung gestellt und von ihr auch eingebaut worden. Die Betonblöcke hat die Firma Wayss & Freytag unentgeltlich erstellt, die Pressen und die Pumpe sind nach Angaben des Instituts vom Losenhausenwerk in Düsseldorf geliefert, die verschiedenen Meßinstrumente sind in eigener Werkstatt des Instituts hergestellt.

Den eigentlichen Versuchen ist eine Reihe von Vor-

versuchen vorausgegangen, die in erster Linie der Bestimmung des durch die Laschen- und Hakenschrauben ausgeübten Druckes und der dadurch hervorgerufenen Reibungskräfte dienen.

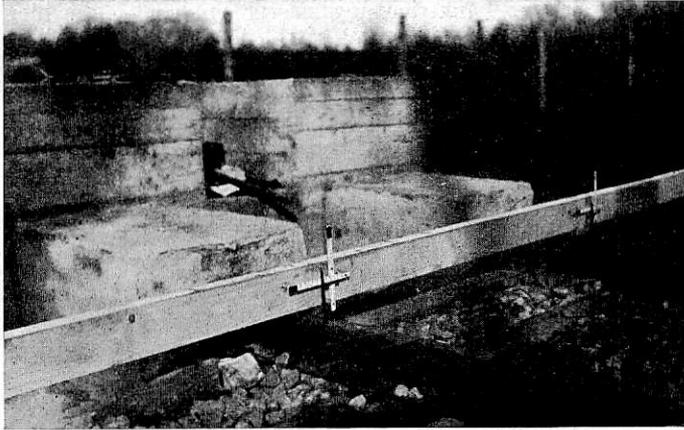


Abb. 5. Westliches Widerlager (im Vordergrund Vorrichtung zum Messen der Verschiebung am 24. II. 1928).

Vor allem wurde ein Schraubenschlüssel konstruiert, der unmittelbar das Drehmoment anzeigt, mit dem eine Schraube angezogen wird (Abb. 6). Dieser Schlüssel wird jetzt im Großen vom Losenhausenwerk in Düsseldorf hergestellt. Mit ihm zusammen wird ein kleiner Apparat verwendet, der es gestattet, die Druckkraft der Schraube als Funktion des Drehmoments zu messen, mit dem die Schraube angezogen wird (Abb. 7).

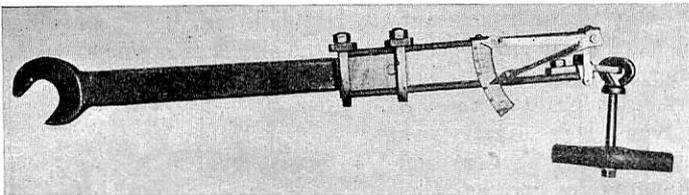


Abb. 6. Meßschlüssel.

Der Schraubenschlüssel mit Meßvorrichtung ermöglicht bei einer Länge von 600 mm und einem Kraftangriff bis zu 50 kg Drehmomente bis zu 3000 kgm genau zu messen.

Die Bewegung des Zeigers am Meßapparat erfolgt durch die Verbiegung einer stählernen Plattenfeder.

Der zweite Apparat besteht aus einem Dynamometer, das einerseits am Boden des Rahmens befestigt ist und andererseits an der zu untersuchenden Schraube aufgehängt wird. Um Schraubenbolzen von verschiedener Länge prüfen zu können, ist eine Schraube mit Rechts- und Linksgewinde zwischen das Dynamometer und den zu prüfenden Bolzen eingeschaltet.

Dieser Apparat ergibt unmittelbar die Anzugskraft des Bolzens als Funktion des Drehmoments, mit dem dieser festgezogen ist; das Drehmoment wird hierbei am Meßschlüssel, die Anzugskraft der Bolzen am Dynamometer abgelesen.

Ist M cmkg das Drehmoment, mit dem die Schraube angezogen ist, so ist die Anzugskraft der Schraube

$$Q = \frac{M}{r [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + 1,4 \mu_1]} \text{ kg,}$$

wo r der halbe Durchmesser der Schraube, α ihr Steigungswinkel, φ der Reibungswinkel zwischen Schraube und Mutter und μ_1 die Reibungsziffer zwischen Mutter und Lasche sind.

Da sich die Werte φ und μ_1 einzeln nicht bestimmen lassen, so kann in der vorstehenden Formel

$$\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + 1,4 \mu_1 = \mu_2$$

gesetzt werden. Es ist dann

$$Q = \frac{M}{r \cdot \mu_2}.$$

Die beim Auseinanderziehen bzw. Zusammendrücken der Stöße zu überwindende Reibungskraft ist verschieden, je nachdem ob sich nur die Schiene gegen die Lasche bewegt, oder ob sich noch der Bolzen gegen die Lasche verschiebt.

Im ersten Fall ist die Reibungskraft:

$$K = n \cdot 4 \cdot \frac{Q}{2 \cdot \sin \alpha} \mu$$

wo n die Zahl der Bolzen an einem Schienenende, α der Neigungswinkel zwischen Schienenkopf oder Schienenfuß und der Horizontalen ist, μ der Reibungskoeffizient zwischen Schiene und Lasche (s. Abb. 8).

Bei einer Bewegung zwischen Bolzen und Lasche kommt noch die Kraft K' hinzu

$$K' = n \cdot 2 \cdot Q \cdot \mu'$$

wo μ' der Reibungsbeiwert zwischen Lasche und Schraubemutter ist ($\mu' < \mu$).

Im zweiten Stadium ist also die gesamte zu überwindende Kraft

$$K + K' = n \cdot 4 \cdot \frac{Q}{2 \cdot \sin \alpha} \mu + n \cdot 2 \cdot Q \cdot \mu'.$$

Gleichzeitig mit den genannten Versuchen wurden an den Stößen im Betrieb befindlicher Gleise mit dem Meßschlüssel die Drehmomente, mit dem die Laschenbolzen angezogen waren, gemessen. Es zeigte sich, daß dieses Drehmoment vielfach etwa 3000 cmkg, nicht selten noch mehr beträgt. Die Versuche im Laboratorium hatten ergeben, daß einem Drehmoment von 3000 kgm im Mittel eine Anzugskraft von rund 5000 kg entspricht.

Beim neuen Reichsoberbau ist $\operatorname{tg} \alpha = 1/3$; die Koeffizienten μ und μ' wurden durch Versuche zu rund 0,30 ermittelt, es ist also zum Bewegen eines mit einem Drehmoment von 3000 kgcm verlaschten Schienenstoßes mit vier Laschenbolzen eine Kraft erforderlich:

$$K + K' = n \cdot Q \cdot \mu \left(\frac{4}{2 \sin \alpha} + 2 \right) = 2 \times 5000 \times 0,3 (6,30 + 2) = 25000 \text{ kg.}$$

Die Erschütterungen durch fahrende Züge werden allerdings bewirken, daß sich im Betriebsgleis befindliche Schienen schon bei geringerer Längskraft in den Laschen bewegen.

Die Kraft Q kg, mit der eine Klemmplatte angedrückt wird, beträgt nach den Messungen rund 1,6 M kgcm (oder rund 100 P, wo P die am 60 cm langen Schlüssel angreifende Kraft

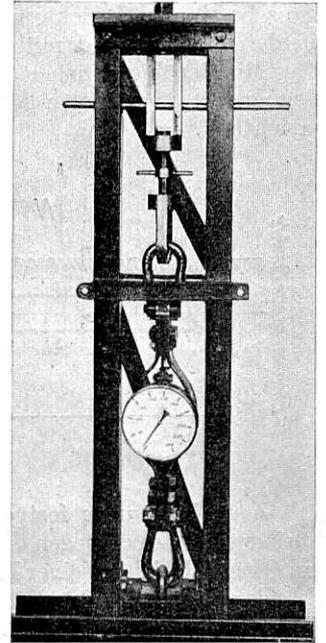


Abb. 7. Dynamometer.

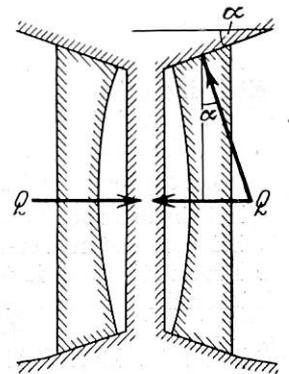


Abb. 8.

ist). Die Kraft, mit der eine 15 m lange Schiene auf die Schwellen angeedrückt wird, ist:

$$2.24. Q$$

(also bei einem Drehmoment von nur $M=1500$ kgcm rund 120 t).

Nachdem die Haken- und Laschenschrauben mit den vorstehend dargestellten Apparaten geeicht und die Beziehungen zwischen ausgeübtem Drehmoment und Anzugskraft der Schrauben festgestellt waren, war es möglich, je nach Wunsch ganz bestimmte Druckkräfte bei der Verbindung der Schienen in den Laschen und mit den Schwellen anzuwenden.

Mit den eigentlichen Versuchen wurde im Oktober 1927 begonnen. Das Schema der Versuchsanordnung ist aus Abb. 9 ersichtlich.

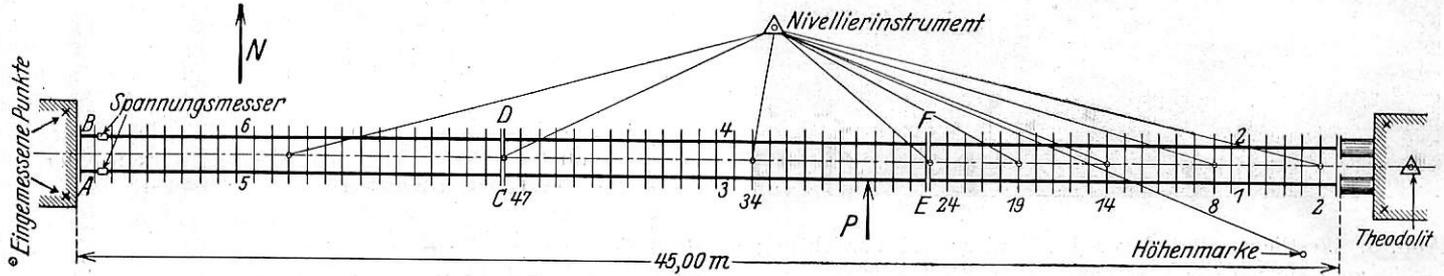


Abb. 9. Grundriß der Versuchsanordnung am 4. II. 1928.

Zunächst wurde festgestellt, bei welcher Längskraft (als horizontaler Druck gegen die Schienenenden einseitig ausgeübt) ein Gleisjoch sich in seiner Längsrichtung verschiebt. Zu diesem Zweck wurden die Laschen zwischen dem ersten und zweiten Gleisjoch entfernt. Die Hakenschauben waren bei dem mehrfach wiederholten Versuch mit $M=300$ kgcm und $M=600$ kgcm angezogen. Die Verschiebung des Jochs begann bei einem Druck von rund 6 t je Schiene, der bis auf 10 t je Schiene stieg; bei der Verschiebung des Gleises mit den Schwellen war ein knirschendes Geräusch deutlich zu vernehmen (ebenso auch bei allen anderen Versuchen). Diese geringen Drehmomente $M=300$ kgcm und $M=600$ kgcm waren gewählt worden, um eine leichtere Beweglichkeit zwischen Schiene und Schwelle zu ermöglichen, also ungünstigere Verhältnisse zu schaffen, als sie bei frisch angezogenen Schrauben auftreten. Eine Verschiebung der Schiene auf den Schwellen fand trotzdem nicht statt, was auch nicht anders zu erwarten war.

Auf die gleiche Weise wurde die zum Verschieben des zweiten und dritten Joches erforderliche Längskraft bestimmt; hierbei waren die Hakenschauben mit $M=300$ kgcm angezogen und die Schienen waren miteinander verlascht ($M=600$ kgcm).

Die Verschiebung des zweiten Joches ergab sich wie folgt:

Bei einem Druck von etwa 6 t je Schiene begann das Gleis wie bei den ersten Versuchen unter Rauschen zu wandern. Der Druck stieg auf 12 t und blieb auf dieser Höhe bis zum Schließen der Stöße E, F. Der gegenüber den ersten Versuchen erhöhte Druck dürfte auf den Widerstand der Laschen zurückzuführen sein. Nach Schließen der Stoßlücken stieg der Druck auf 20 t je Schiene, bei welchem Druck sich auch das zweite Gleisjoch ebenso wie das erste bewegte.

Bei einer Wiederholung des Versuches waren die zum Verschieben des Gleises erforderlichen Kräfte um etwa 20% geringer, was durch die Lockerung der Bettung zu erklären ist.

Die Verschiebung der drei Joche ging wie folgt vor sich:

Bei annähernd 6 t je Schiene begannen die Schienen 1, 2 mit den Schwellen zu wandern. Bei 12 t je Schiene hatten sich Schiene 3, 4 verschoben. Der Druck stieg auf 19 t je Schiene und jetzt begann die Verschiebung von Schiene 5 und 6; zunächst blieb der Druck konstant, um dann nach Schließen der Lücken auf 26 t anzusteigen.

Aus diesen Versuchen ist zu ersehen, daß zur Längsverschiebung eines 15 m langen Joches des Reichsoberbaues B eine Kraft von rund 10 t je Schiene erforderlich ist.

Es wurde auch mehrfach versucht, eine Schiene allein bei gelösten Hakenschauben und lose anliegenden Klemmplättchen in der Längsrichtung zu verschieben — die hierzu erforderliche Kraft betrug rund 800 kg (was einem scheinbaren Reibungskoeffizienten von $\mu > 1$ entsprechen würde).

Es verdient bei dieser Gelegenheit hervorgehoben zu werden, daß die Reibungskoeffizienten zwischen den Oberbauteilen sehr hoch sind; es liegt dies an der groben Bearbeitung der Flächen, die tatsächlich nicht aneinander gleiten, sondern gewissermaßen ineinander verzahnt sind, so daß bei einer

Bewegung gegeneinander stets Materialzerstörung stattfindet. Man sieht dies auch daran, daß z. B. eine Bewegung der Schiene in einigermaßen fest verschraubten Laschen nie gleichmäßig, sondern immer ruckweise erfolgt.

Um einen gekrümmten Stab nach Abb. 10 durch eine Längskraft zu verbiegen, muß diese sein

$$S = p \cdot R.$$

Es ist also interessant im Hinblick auf die Verbiegungssicherheit von im Bogen verlegten Gleisen wenigstens annähernd die Größe der einer Verschiebung nach außen entgegenwirkenden Kraft p kg/m zu kennen. Diese Kraft wirkt natürlich auch der Verschiebung im geraden Gleis entgegen, nur gibt es hierfür nicht eine so einfache mathematische Beziehung.

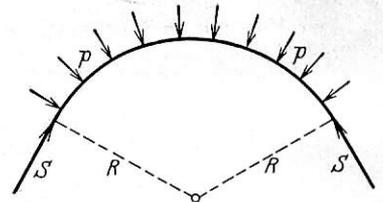


Abb. 10.

Zu diesem Zweck wurden mehrere Schwellen einzeln nach Entfernen der Hakenschauben unter dem Gleis hervorgezogen; der Zug wurde durch eine Winde in horizontaler Richtung ausgeübt und die jeweils erforderliche Kraft an einem zwischengeschalteten Federdynamometer abgelesen.

Der Versuch an der ersten Schwelle ergab bei etwa 1000 kg und darüber bis zu 1500 kg ein ruckweises Verschieben der beanspruchten Schwelle. Nach einer Verschiebung von etwa 1 cm wurde der Versuch eingestellt.

Die Wiederholung des Versuches mit einer besseren Winde zeigte folgendes Ergebnis:

Bei einer ausgeübten Zugkraft von 1400 bis 1500 kg bewegte sich die Schwelle in der Richtung des Zuges. Der Versuch wurde bis zu einer Verschiebung von 1 cm fortgesetzt. Der Zug wurde bei dieser Versuchsanordnung nicht ganz horizontal, sondern um etwa 8° nach oben geneigt ausgeübt.

Das Ergebnis an einer dritten Schwelle war:

Beginn der Wanderung bei einem ausgeübten Zug von 900 kg. Der erforderliche Zug stieg bis zu etwa 2000 kg und darüber, wobei bei letzterer Kraft eine Verschiebung von im Ganzen 23 mm eingetreten war.

Durch eine weitere Steigerung des Zuges von 2000 kg bis auf 2400 kg konnte die Schwelle um 140 mm herausgezogen werden.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß man mit einem Widerstand der Bettung gegen Querverschiebung bei einem gut unterstopften Gleis auf Eisenschwellen von mindestens $\frac{900}{0,625} = 1400 \text{ kg/m}$ zu rechnen hat. (900 kg ist der Kleinstwert, bei dem eine Bewegung der Schwelle zu merken war.)



Abb. 11. Rrammbalken.

Während all dieser Versuche mußte das Gleis natürlich mehrfach ausgerichtet und neu unterstopft werden.

Nach Beendigung dieser Versuche wurde das Gleis vollkommen neu ausgerichtet und unterstopft, worauf am 4. Februar 1928 in Gegenwart von Vertretern der Reichsbahndirektion Karlsruhe der erste Hauptversuch vorgenommen wurde.

Die allgemeine Anordnung des Versuches ist aus Abb. 9 ersichtlich.

Die Haken- und Laschenschrauben waren mit $M = 1800 \text{ kgcm}$ angezogen.

Der Versuch sollte das Verhalten des 45 m langen Gleises (3 Joche) unter Einwirkung einer Längskraft bis zu 120 t (60 t auf eine Schiene) feststellen. Beobachtet wurden Längs-, Höhen- und Seitenverschiebungen, sowie die Spannungen in den Schienen an dem den Pressen abgekehrten Gleisstück.

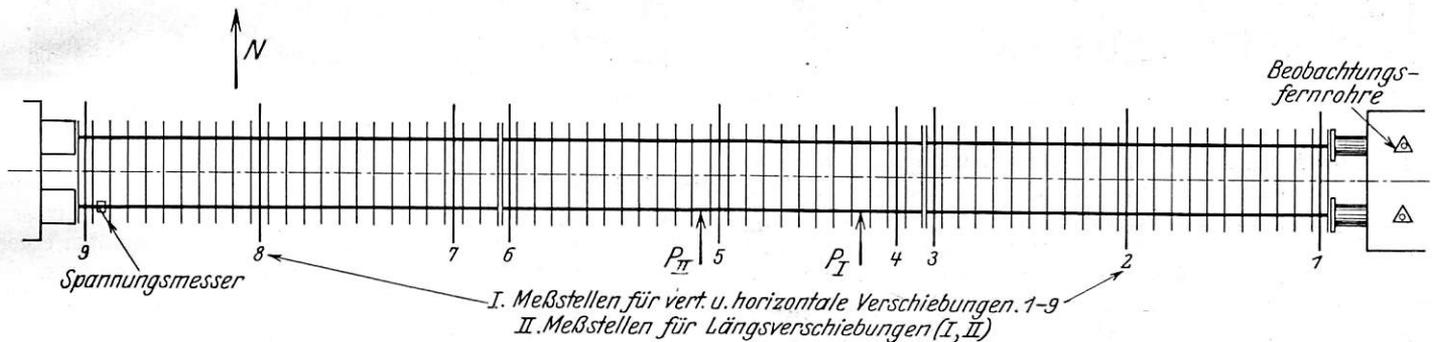


Abb. 12. Grundriß der Versuchsanordnung am 24. II. 1928.

Die Längen wurden folgendermaßen gemessen: Zunächst die Weite der Stoßlücken, dann wurden die Preßkolben zum Anliegen gebracht und ihr Stand durch einen Papierstreifen fixiert. Bei 58 t wurde die Vorrückung des Stempels und ebenso das unter Einwirkung der Elastizität erfolgende Zurückweichen nach Lösung des Druckes gemessen. Ebenso wurde in der Mitte des Gleises die Verschiebung optisch gemessen*).

*) Wegen der großen auf das Gleis einwirkenden Kräfte und der immerhin bestehenden Möglichkeit eines plötzlichen Ausknickens des Gleises wurde es vermieden, an das Gleis heranzutreten und dort unmittelbar Messungen vorzunehmen.

Je zwei Eckpunkte der Widerlager wurden gegen Festpunkte festgelegt, um ein etwaiges Ausweichen der Widerlager feststellen zu können. An 8 Schwellen waren Skalen und Visiermarken angebracht, an denen optisch die Höhen- und Seitenlage bestimmt wurde (s. Abb. 4 auf der zweiten Schwelle vom Widerlager). Die Stoßlücken wurden mit Meßkeil gemessen. Bei Beginn des Versuchs waren die Stöße A um 3 mm, B um 6,5 mm, C um 1 mm geöffnet, alle anderen geschlossen.

Das Ansteigen des Druckes wurde fortlaufend abgelesen und die dabei eintretenden Änderungen der Gleislage notiert.

Ungefähr bei 45 t trat eine geringe Veränderung der Seitenlage ein, die sich mit Anwachsen des Druckes etwas verstärkte; sie lag gerade an der Grenze der Sichtbarkeit für einen Beobachter in Scheinenachse.

Bei einem Druck von 60 t auf jede Schiene zeigte sich eine leichte Emporwölbung des Gleises, deren Scheitel ungefähr bei Stoß E F lag. Schon bei ungefähr 27 t war ein Heben des gesamten Gleises zu bemerken, etwa 4 bis 5 mm, was wahrscheinlich auf ein Aufstauen des Schotters bei der Verschiebung des Gleises zurückzuführen sein wird.

Die gemessenen Änderungen der Höhen- und Seitenlage des Gleises waren so gering, daß bei einer Längsbeanspruchung des Gleises in den Grenzen von 30 bis 60 t eine Gefahr des Knickens oder seitlichen Ausbiegens wohl kaum besteht. Dies wird augenfällig durch das Verhalten des Gleises bei künstlich hervorgerufener Ausbiegung bestätigt.

Diese wurde in der Weise hervorgerufen, daß nach Erreichung des 60 t-Druckes das mittlere Joch zwischen Schwelle 27 und 28 durch Stöße mit einem freihängenden Balken seitlich gerammt wurde (s. Abb. 11). Es wurden zunächst acht Stöße ausgeübt. Während dieser Zeit sank der Druck in den Pressen auf etwa je 45 t. Es zeigte sich eine leichte Ausbiegung unter der Wucht der Schläge, von der aber nur etwa fünf Schwellen nach jeder Seite hin erfaßt wurden. Nach dieser Verbiegung wurde der Druck wieder auf 60 t gebracht, wobei sich jedoch keine Änderung (kein weiteres Ausbiegen) ergab. Sodann wurden nochmals zehn Schläge ausgeführt, die eine weitere erhebliche Verschiebung herbeiführten. Trotz des großen Druckes trat auch bei der Ausbiegung des Gleises um rund 30 mm, die sich auch wieder auf eine verhältnismäßig kleine Schwellenanzahl bemerkbar machte (je sechs bis acht), keine Veränderung auf.

Unter dem Einfluß eines Druckes von 60 t erlitt der Strang I aus den Schienen 1, 3, 5 eine Zusammenpressung von 32 mm, gemessen bei dem durch die seitlichen Stöße veränderten Gleis. Nach Lösen des Druckes dehnte sich das Gleis sofort (schlagartig) wieder unter dem Einfluß der Elastizität von Schienen und Bettung um ca. 20 mm aus.

Eine Verschiebung der Widerlager konnte nicht festgestellt werden.

Der Versuch hat deutlich gezeigt, daß der Reichsoberbau auf eisernen Schwellen gegen Längskräfte eine sehr große Widerstandsfähigkeit hat.

Da aber verschiedene Messungen nicht genügend genau waren, sollte der Versuch mit vervollkommenen Meßmethoden wiederholt werden.

Vorher wurde das Gleis vollkommen ausgerichtet und neu unterstopft; unterdessen wurden die nunmehr anzuwendenden Meßgeräte in der Werkstatt des Instituts hergestellt.

Der zweite Hauptversuch fand am 24. Februar 1928 unter Teilnahme von Vertretern der Reichsbahndirektion Karlsruhe statt. Auch eine größere Zahl von Studierenden hatte sich hierzu eingefunden und war z. T. bei den sehr zahlreichen Ablesungen behilflich.

Wie beim vorhergehenden, waren auch bei diesem Versuch die Haken- und Laschenschrauben mit $M=1800$ kgm angezogen.

Untersucht wurde wieder das Verhalten des 45 m langen Gleises (3 Joche) unter Einwirkung einer Längskraft von 120 t (60/Strang), sowie bei Ausbiegen des unter Druck stehenden Gleises durch äußere Kräfte (Rammen). Beobachtet wurden

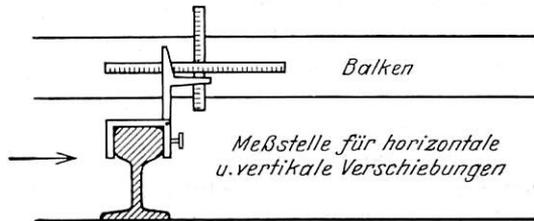


Abb. 12a.

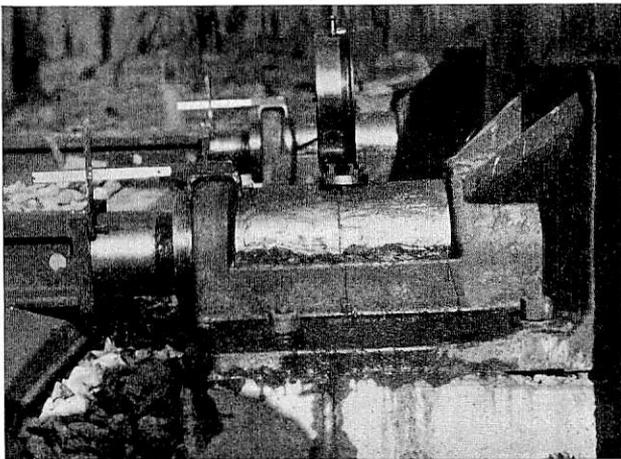


Abb. 13. Pressen mit Vorrichtung zum Messen des Vorschubs.

die Längs-, Höhen- und Seitenverschiebungen, sowie die Spannungen am Ende einer Schiene. Die Versuchsanordnung ist in Abb. 12 und 12a dargestellt.

Zur Bestimmung der Längenänderungen wurden zunächst die Stoßlücken mittels Meßkeils gemessen, die alle geschlossen oder weniger als 1 mm offen waren. An den Preßkolben waren Zeiger, an den Zylindern feste Maßstäbe angebracht, die den Vorschub des Kolbens und damit die Zusammendrückung des Gleises abzulesen erlaubten (s. Abb. 13). Am Ende der ersten und zweiten südlichen Schiene waren ebenfalls Zeiger angebracht, die die Verschiebung dieser Punkte gegenüber einer an einem festen Balken angebrachten Skala zeigten. Zur Messung der Höhen- und Seitenverschiebungen war an neun Stellen (je in der Mitte und am Ende eines Joches) feste Querbalken über das Gleis gelegt, an denen über jeder Schiene zwei Skalen, eine vertikal, die andere horizontal, befestigt waren (s. Abb. 14). Ein an der Schiene angebrachter Zeiger mit vertikalem und horizontalem Arm ermöglichte die Ablesung von Verschiebungen der Schiene. Die beiden Skalen wurden durch Federn gegen den Zeiger gedrückt und er-

möglichten dadurch gleichzeitig eine Längsverschiebung der Schiene bei stetem Anliegen des Zeigers an die Meßstäbe (s. Abb. 5). Zur Erzielung der Ausbiegung des Gleises dienten zwei in etwa 4 m Entfernung pendelnd aufgehängte schwere Balken, die es ermöglichten, das mittlere Joch aus seiner Lage zu rammen. Alle Skalen wurden mittels zweier Theodoliten vom westlichen Widerlager aus beobachtet.

Zunächst wurde der Druck um je 10 t die Schiene gesteigert und die dabei eingetretenen Verschiebungen und Veränderungen festgestellt. Eine merkliche Seitenverschiebung wurde hierbei nicht wahrgenommen. Dagegen trat von 30 bis 60 t etwa eine geringe Veränderung der Höhenlage ein. Das ganze Gleis wurde etwas gehoben, wobei jedoch das Maß von 4 bis 5 mm nicht überschritten wurde. Auch bei einem Druck



Abb. 14. Vorrichtung zum Messen der Verschiebungen am 24. II. 1928.

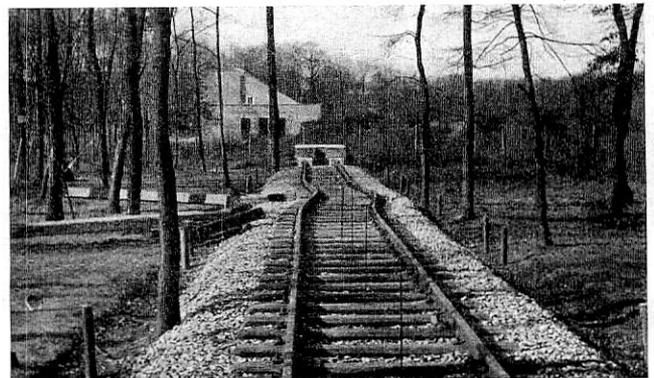


Abb. 15. Gleis nach dem Versuch vom 24. II. 1928 (gesehen vom östlichen Widerlager.)

von 70 t (am Manometer, dessen Skala nur bis 60 t geteilt ist, abgeschätzt), ergab sich keine Änderung. Die Zusammendrückung des Gleises ergab 22,8 und 24,8 mm gegenüber einem errechneten Wert von rund 22 mm. Beim Aufhören des Druckes dehnten sich die Schienen wieder aus, jedoch nicht ganz in die alte Lage. Es blieb eine Verkürzung von 6 bzw. 4 mm bestehen. Diese Differenzen dürften teilweise auf die nicht vollkommen geschlossenen Gleislücken, teilweise auf die elastischen Kräfte der Bettung zurückzuführen sein.

Dann wurde der Druck nochmals auf 60 bzw. 70 t gesteigert und versucht, zunächst durch seitliche Stöße mit den zwei Ramm-bäumen ein Ausknicken auszulösen. Die Schienen bogen sich an beiden Rammen aus, ein Ausknicken erfolgte jedoch nicht. Nunmehr wurde bei gleichbleibendem Druck das Gleis durch eine große Anzahl von Stößen mit der Ramme II langsam nach Norden ausgebogen. Wie beim vorstehenden Versuch erstreckte sich die durch das Rammen hervorgerufene Ausbiegung auch hier nur auf einen verhältnismäßig kurzen Bereich, wobei die durch die Ramme I hervor-

gerufene Verbiegung wieder ausgeglichen wurde (s. Abb. 15). Als die Ausbiegung bei Ramme II den Betrag von etwa 20 bis 25 cm erreicht hatte, begann sich das ganze Gleis infolge des großen Momentes unter dem Einfluß des Druckes von selbst zu verbiegen und gleichzeitig auch aus der Bettung herauszuheben. Dabei sank mit fortschreitendem Ausbiegen der Druck bis auf 45 t.

In Abb. 16 ist die Ausbiegung eines Schienenstranges verzerrt aufgetragen. Hiernach ist die Pfeilhöhe des Ausbiegungsbogens rund $44 - 16 = 28$ cm zwischen den Wendepunkten A und B, die entsprechende Sehnenlänge rund 750 cm, das Verhältnis von Sehnenlänge zu Pfeilhöhe also 26,8:1, entsprechend einem Krümmungshalbmesser von rund 25 m. Da der Druck hierbei rund $45 - 10^*) = 35$ t betrug, so ergibt sich $p = 2800$ kg/m, was mit den durch das Herausziehen der Schwellen ermittelten Werten gut übereinstimmt.

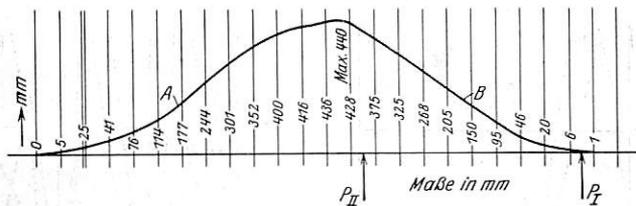


Abb. 16. Verbiegung eines Schienenstranges am 24. II. 1928.

Bei diesem Versuch waren an einer Schiene des südlichen Stranges zwei Huggenberger-Spannungsmesser eingebaut und zwar einer am Kopf und einer am Fuß der Schiene. Die Instrumente wurden sorgfältig gegen direkte Sonnenbestrahlung geschützt, doch scheinen immerhin noch Temperatureinflüsse, wenn auch in geringem Maße, mitgewirkt zu haben.

Die Ergebnisse der Messung sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Pressen- druck t	Oben Sp. M. 160			Unten Sp. M. 113			Dem Druck an der Presse ent- sprechende mittlere Spannung kg/cm ²	Mittlere Spannung an der Meßstelle kg/cm ²	Bemerkung
	Ables.	Diff.	Spann. kg/cm ²	Ables.	Diff.	Spann. kg/cm ²			
0	44	—	—	33,0	—	—	0	—	E = 2100 000 = kg/cm ²
10	43,2	0,8	25	32,0	1,0	31	161	28	Spann. M. 160
20	41,4	2,6	81	31,0	2,0	61	321	71	1 Teilstrich = 0,89 μ
30	35,8	8,2	255	28,0	5,0	154	482	205	σ oben kg/cm ² = 31,2 mal Zahl der Teilstrich
40	29,0	15,0	467	25,0	8,0	247	642	357	Spann. M. 113
50	21,0	23,0	716	21,5	11,5	352	803	534	1 Teilstrich = 0,88 μ
60	13,0	31,0	966	18,0	15,0	462	963	714	σ unten kg/cm ² = 30,8 mal Zahl der Teilstriche

Augenscheinlich sind die Werte zu hoch: der mittleren Spannung von 714 kg/cm² bei 60 t Pressendruck entspricht ein mittlerer Druck von rund 44 t, während nach den vorhergehenden Versuchen ein Druck von 30 bis 35 t zu erwarten ist. (Daß der Druck groß war, ist daraus zu ersehen, daß der A-flageblock am östlichen Widerlager (s. Abb. 5) obgleich mit einer eisernen Platte gegen die Schiene verstärkt, einen Sprung bekommen hat.) Um die bei Arbeiten mit dem Dehnungs-Spannungsmesser kaum zu umgehende Ungenauigkeit zu vermeiden, und die Fortpflanzung des Druckes in der Schiene genau zu messen, ist geplant, in den Stoßlücken Meßvorrichtungen einzubauen.

Bemerkenswert ist aus der Tabelle, daß die Druckspannung sich nicht gleichmäßig über den ganzen Schienen-

*) 10 t Kraftverbrauch im ersten Joch infolge Widerstands des Schotterbetts gegen die Verschiebung des Gleises.

querschnitt verteilt. Die Erklärung hierfür liegt darin, daß die Schienen nicht genau senkrecht abgeschnitten sind und die Stoßlücken sich daher nicht auf dem ganzen Querschnitt schließen.

Alle vorstehend beschriebenen Versuche haben gezeigt, daß der Reichsoberbau B auf eisernen Schwellen bei guter Verlegung eine große Widerstandsfähigkeit gegenüber der Beanspruchung durch Längskräfte hat. Immerhin wird geplant, die Versuche mit wesentlich erhöhten Drücken zu wiederholen, um vollkommene Sicherheit über diese Frage zu erlangen, da die jetzt angewandten Drücke die im Betriebe denkbaren nicht übersteigen.

Mit der schon vorhandenen Apparatur sollen noch an dem Reichsoberbau auf eisernen Schwellen folgende Versuche vorgenommen werden: 1. Pressen nur einer Schiene und Beobachtung des Verhaltens des Gleises. 2. Versuch mit einem im Bogen von 300 m Radius verlegten Gleis (Pfeilhöhe rund 0,90 m). 3. Untersuchung der Fortpflanzung des Druckes im Gleis.

Nach Beendigung dieser Versuche sollen ähnliche Versuche wie die beschriebenen an einem Oberbau mit Holzschwellen vorgenommen werden.

Weiter wird geplant, Versuche in einem Betriebsgleis vorzunehmen, um die Auswirkung des Längsdrucks in einem beliebig langen Gleis zu untersuchen, und auch die Möglichkeit zu haben, das Gleis während der Versuche durch stillstehende oder bewegte Fahrzeuge zu belasten.

Zu diesem Zweck sind besondere Pressen konstruiert worden, die in das Gleis eingebaut und mit diesem verlascht werden können. Da es sich bei den vorstehend geschilderten Versuchen gezeigt hat, daß bei einem von einer Stelle aus wirkenden Längsdruck von 60 t ein Knicken oder auch nur Ausbiegen des Gleises (wenigstens beim Reichsoberbau B auf eisernen Schwellen) nicht zu erwarten ist, wurde bei diesen Pressen eine Druckkraft bis zu je 120 t vorgesehen.

Am Gleisprüfstand sind in der Zeit vom 27. August 1927 bis zum 24. Januar 1928 vergleichende Temperaturmessungen an den Schienen, den Schwellen, der Schotterbettung und der Luft vorgenommen worden. Diese Messungen wurden mehrfach dadurch unterbrochen, daß die Thermometer gestohlen wurden, obgleich der Gleisprüfstand durch einen 2 m hohen Stacheldrahtzaun eingefriedigt ist.

Die Lufttemperatur wurde an zwei Stellen gemessen — einer mehr im Schatten, die andere z. T. der Sonnenbestrahlung ausgesetzt; der Gleisprüfstand liegt, wie aus den verschiedenen Abbildungen ersichtlich, z. T. unter Bäumen, die aber nicht dicht stehen. Der westliche Teil des Gleises ist den größten Teil des Tages der vollen Sonnenbestrahlung ausgesetzt, während der östliche meist im Schatten liegt.

Im Schotter waren zwei Thermometer angebracht und zwar Stockthermometer, von denen eines die Schottertemperatur

in 20 cm Tiefe maß, das andere war dicht an der Schwelle eingebracht und maß deren Temperatur an der Unterkante (10 cm unter Schienenunterkante, s. Abb. 17).

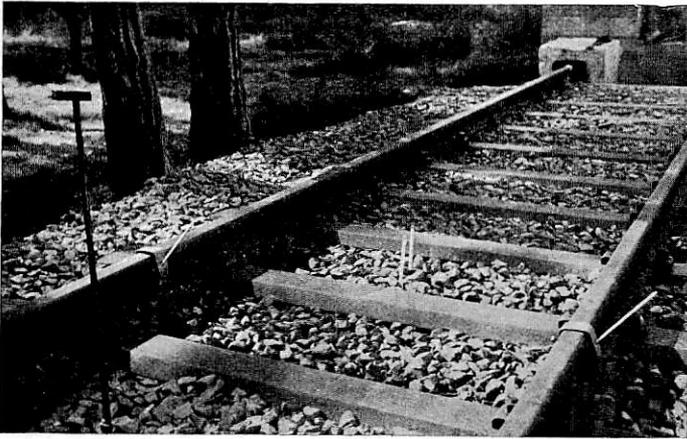


Abb. 17. Anordnung der Thermometer.

An den Schienen waren drei Thermometer angebracht und zwar an den Schienen 1, 5 und 6. Um die Schienen nicht durch Anbohren zu schwächen, wurden Laschenstücke ausgebohrt und mit Quecksilber gefüllt, in das die Thermometer gesteckt wurden; diese Laschenstücke wurden fest an die Nordseite der Schiene gepreßt und der Zwischenraum zwischen Schiene und Lasche mit Blei vergossen (s. Abb. 18).

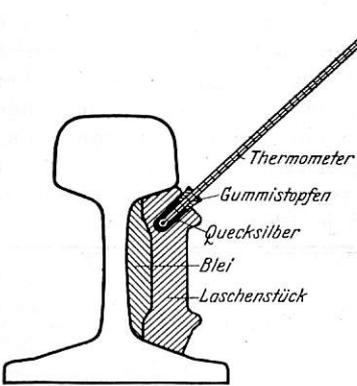


Abb. 18. Anbringen der Thermometer an der Schiene.

In Abb. 19 sind die Temperaturbewegungen an den drei heißesten und an den drei kältesten Tagen dargestellt, weil sie die charakteristischen Merkmale der Temperaturänderungen besonders deutlich zeigen. (Den drei heißesten Tagen gingen eine Reihe weiterer heißer Tage voraus, den kältesten mehrere kalte.)

An den warmen Tagen liegt bei kühlen Nächten die Temperatur der Bettung merklich unter der Lufttemperatur, da der Boden seine Temperatur naturgemäß nur langsam ändert und die Temperatur des Schotter (in 20 cm Tiefe) auch nur verhältnismäßig geringe Schwankungen mitmacht; entsprechend liegt auch im Winter an den besonders kalten Tagen die Temperatur der Bettung durchweg wesentlich über der Lufttemperatur.

Wie man aus längeren Beobachtungsreihen entnehmen kann, folgt die mittlere Temperatur der Bettung der mittleren Lufttemperatur im Abstand von einigen Tagen.

Die Temperatur der Schwelle folgt recht genau der Lufttemperatur, der Unterschied zwischen beiden ist selten größer als 1° , nur wenn die Bettungstemperatur sehr stark von der Lufttemperatur abweicht, macht sich dies in einer Erhöhung oder Ermäßigung der Schwellentemperatur gegenüber der Lufttemperatur bemerkbar. Diese Erscheinung ist aus den Temperaturkurven für die kalten Tage sehr schön zu ersehen, wo die Temperatur der Schwelle wesentlich über der Lufttemperatur liegt, um zum Schluß bei stark angestiegener Lufttemperatur mit dieser zusammenzufallen.

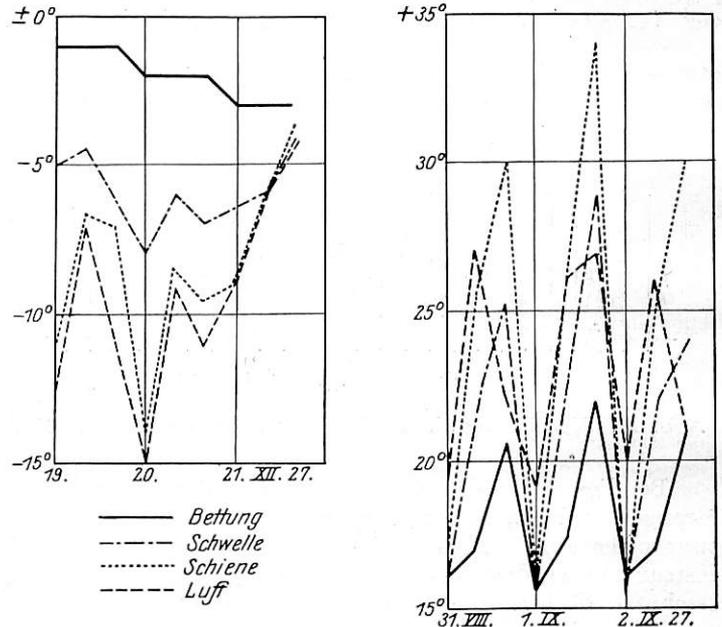


Abb. 19. Temperaturkurven.

Die Temperatur der Schiene liegt fast durchweg über der Lufttemperatur und auch über der Temperatur von Schwelle und Bettung, folgt aber der Lufttemperatur nicht sofort, sondern erst in einigen Stunden, so daß sie unter Umständen z. B. bei schnell ansteigender Lufttemperatur (an warmen Tagen nach kühlen Nächten) zeitweilig unter der Lufttemperatur liegt. Bei starker Sonnenbestrahlung nimmt die Schiene eine merklich höhere Temperatur an, als die gleichfalls in der Sonne gemessene Lufttemperatur, z. B. am 1. September 1927 um 18 Uhr Schiene 34° , Luft 27° . Da diese Erscheinung für die Frage der Wärmedehnung von großer Bedeutung ist, sollen die Temperaturmessungen bei Einsetzen von warmer Witterung wieder fortgesetzt werden.

Die Messung der Stoßlücken ergab, wie zu erwarten war, daß die tatsächliche Dehnung der Schienen um ein Bedeutendes hinter der rechnerisch ermittelten Temperaturdehnung zurückbleibt. Der größere Teil davon kommt nicht zur Auswirkung, sondern wird vom Gleis als Spannung aufgenommen (ein merklicher Teil selbst bei nur lose aufliegender Schiene).

Aus diesen Temperaturmessungen geht hervor, daß man bei der Berechnung der Wärmespannungen im Gleis mindestens die größten vorkommenden Temperaturschwankungen in Rechnung zu setzen hat. Bei der Bemessung der Stoßlücken ist es nicht erforderlich, mit der ganzen Ausdehnung zu rechnen, die der Temperaturspanne entspricht (40 bis 50% dürften ausreichen). Über die genauen Werte sollen weitere Messungen Aufklärung geben.

Der Einfluß der Zwischenzeiten auf die Leistungsfähigkeit von Ablaufanlagen.

Von Dr. Ing. Derikartz, Koblenz.

In einem Aufsatz über die Leistungsfähigkeit der Ablaufanlagen von Flachbahnhöfen und Gefällsbahnhöfen (Heft 13 und 14 des Organs für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1927) beschäftigt sich Dr. Ing. Frohne u. a. auch mit der Frage des Einflusses der sogenannten Zwischenzeiten auf die Leistungsfähigkeit der Ablaufanlagen. Unter Zwischenzeit versteht er hierbei den zeitlichen Abstand zwischen dem Ablauf zweier Züge und zwar nur die betrieblich unbedingt notwendige Zeit zwischen dem Ablauf des letzten Wagens eines Zuges und dem des ersten Wagens des folgenden. Unterbrechungen des Ablaufs durch Ursachen, die außerhalb dieses Betriebsvorgangs liegen, wie z. B. durch einfahrende Züge, den Zug verlassende Zugmaschinen, Unterbrechungen des Ablaufs durch Beidrücken in den Richtungsgleisen, mangelnder Zulauf und dergl. scheiden naturgemäß aus. Frohne bemerkt mit Recht, daß diese Zwischenzeiten wesentlich von der Grundrißgestaltung (hinzuzufügen wäre noch von den Höhen- und Neigungsverhältnissen) und von der betrieblichen Organisation abhängig sei. Die letztgenannte wird als vollkommen vorausgesetzt, so daß für die Zwischenzeiten nur das betrieblich unbedingt notwendige Maß übrig bleibt. Bei der Erörterung der Grundrißgestaltung kommt er auf die beiden Hauptformen solcher Ablaufanlagen in Flachbahnhöfen zu sprechen, die ich auch schon wiederholt behandelt habe, nämlich

- a) solche Anlagen, bei denen der Abroll-(Brech)punkt innerhalb der Ablaufgleise, oder aber
- b) in einem besonderen Verbindungsgleis zwischen Ablauf- und Richtungsgleisgruppe liegt.

Ich habe diese beiden Formen kurz als Auffahrrampe und Eselsrücken bezeichnet. Wenn man die Grundriß- und Höhen-gestaltung beider Formen betrachtet, so zeigt sich, daß der wesentliche Unterschied beider Lösungen, besonders in betrieblicher Hinsicht, tatsächlich in der Lage des Abroll- oder Brechpunktes liegt. Bei der Besprechung der Form a), also der Auffahrrampe wird die Ansicht geäußert, daß auf Flachbahnhöfen mit Ablaufbergen die Lösung, bei der der Abrollpunkt innerhalb der Ablaufgleise liegt — also die Auffahr-rampe — heute aufgegeben sei, und, daß nur durch mich in neuerer Zeit in Verbindung mit dem von mir entworfenen ortsfesten Antrieb diese Lösung wieder aufgegriffen worden sei.

Als Grund für die Aufgabe der Auffahrampenlösung wird angeführt, daß die „zunehmende steilere Gestaltung der Ablauframpe immer mehr dazu führen würde, die Verteilungsweichen in die Steilrampe und in die Ausrundungsbogen zu legen, was vom Standpunkt der Sicherheit und Unterhaltung Nachteile bringe, die eine Bevorzugung der Lösung b) (Eselsrücken) gerechtfertigt erscheinen ließen.“ Man könnte nach diesen Ausführungen zunächst annehmen, daß solche Anlagen früher gebaut worden seien, aber sich nicht bewährt hätten. Da ist vielleicht eine kurze Darlegung der Entwicklung und bisherigen Bewährung der vorhandenen Auffahrampen am Platze. Die Verhältnisse liegen tatsächlich so, daß der Gedanke die zusammenführenden Weichen der Einfahrgruppe und die verteilenden der Richtungsgruppe (also die gesamte Schaltzone) zusammenzuziehen und soweit wie möglich in die Ablauframpe zu verlegen, was wiederum die Lage des Brechpunktes innerhalb der Ablaufgleise bedingt, meines Wissens entstanden ist beim Ausbau des großen Verschiebebahnhofs Wedau südlich Duisburg. Wenigstens sind mir frühere Ausführungen dieser Art nicht bekannt geworden. Diese Wedauer Lösung ist zwar von mir häufiger in meinen Aufsätzen erwähnt worden, aber bisher nicht in das technische Lehr-

schrifttum übernommen worden und wohl aus diesem Grunde manchen Fachleuten unbekannt geblieben. Von der damals mit der Bauausführung beauftragten Eisenbahnbauabteilung wurde ein Abänderungsvorschlag des ursprünglich durchaus nach früheren Anschauungen aufgestellten Bahnhofsentwurfs gemacht, der die neuartige Lösung enthielt. So wurde der Nordberg des Bahnhofs Wedau zunächst als Auffahrrampe ausgebaut, und wenn ich mich recht entsinne im Jahre 1913 fertiggestellt; er stellt also auch wohl eine der letzten wirklich großen Verschiebeanlagen dar, die seit der Vorkriegszeit in Deutschland neu entstanden sind. Der Vorschlag wurde meiner Erinnerung nach damals damit begründet, daß Ersparnisse an Längenausdehnung eintreten und es dabei ermöglicht werde, die Züge bei der Einfahrt durch ihr Arbeitsvermögen auf die Abdrückhöhe und so nahe wie möglich an den Ablaufpunkt zu bringen. Das hat auch zur Folge — woran damals allerdings nicht gedacht worden ist — daß die „Zwischenzeiten“ soweit wie möglich eingeschränkt werden. Die Ablauframpe ist als Steilrampe ausgebildet und arbeitet mit Hemmschuhbremsen. Da nach eingehender Prüfung des Vorschlags sich keine wesentlichen Bedenken ergaben, entschied man sich für die Ausführung. Im Betriebe hat sich die Ablaufanlage als sehr leistungsfähig erwiesen, besondere Schwierigkeiten beim Einbau und bei der Unterhaltung der Weichen in der Steilrampe und der Ausrundung sind nicht bekannt geworden. Die Anlage ist heute noch im Betriebe. Die einzigen Schwierigkeiten, die sich nach meinen Erfahrungen aber auch nur in der ersten Zeit ergeben haben bestanden darin, daß für bestimmte Lokomotivbauarten der Krümmungshalbmesser des Brechpunktes in der senkrechten Ebene zu gering war, eine Schwierigkeit, die sich bei Eselsrückenanlagen nicht auswirkt, weil die den Zug verlassenden Zuglokomotiven hier nicht über den Brechpunkt zu fahren brauchen, was sich bei der Auffahrampenlösung nicht vermeiden läßt. Es muß allerdings erwähnt werden, daß auch bei Eselsrückenanlagen, wenn die Einfahrgruppe wie bei Frohne in Abb. 9 so hoch gelegt wird, daß nur noch ein geringer Höhenunterschied bis zum Brechpunkt übrigbleibt, die Zugmaschinen auch zweckmäßig über den Brechpunkt geleitet werden. Die erwähnten Schwierigkeiten ließen sich durch Vergrößerung des Krümmungshalbmessers ohne weiteres beseitigen. Später sind noch kleinere Bahnhöfe z. B. Sinsen und Scharnhorst bei Hamm und einige andere mit Auffahrampen und Ablaufanlagen der beschriebenen Art ausgerüstet worden, ohne daß Schwierigkeiten in bezug auf die Weichenunterhaltung oder die Betriebssicherheit bekannt geworden wären. Auch für den Umbau des Bahnhofs Duisburg wurden Auffahrampen mit Brechpunkt innerhalb der Einfahrgruppen vorgesehen und für die Umgestaltung eines weiteren großen westlichen Verschiebebahnhofs ist eine ähnliche Lösung beabsichtigt. Man kann also wohl nicht sagen, daß die Auffahrampenlösung heute aufgegeben sei. Es muß übrigens noch bemerkt werden, daß bei den neuesten Formen der Eselsrückenanlagen auch ein großer Teil der Weichenentwicklung in der Steilrampe oder in der Ausrundung liegt, weil das Bestreben, die ablaufenden Wagen sobald wie möglich auseinanderzuziehen und dadurch wieder den Ablauf zu beschleunigen, dazu geführt hat, die ersten Verteilungsweichen so nahe wie möglich an den Brechpunkt heranzubringen. Da sich hieraus weder für die Sicherheit noch für die Unterhaltung irgendwie besondere Schwierigkeiten ergeben haben, können diese Gründe auch nicht gegen die Auffahrrampe mit einbezogenem Brechpunkt geltend gemacht werden. Selbstverständlich ist bei allen derartigen Anlagen sorgfältigste Gleisunterhaltung erste Vorbedingung für die Sicherheit des Betriebes.

Die Frage, Auffahrrampe oder Eselsrücken oder schärfer gefaßt, Abrollpunkt innerhalb oder außerhalb der Abdrückgleise (denn je nach der Höhenanordnung von Einfahrgleisen, Abrollpunkt und Ablauframpe nehmen auch Eselsrücklösungen auffahrrampenähnliche Formen an) gewinnt nun noch ihre besondere Bedeutung in Verbindung mit dem Gedanken, die Abdrücklokomotive durch ortsfeste, vom Rangierleiter zu steuernde Abdrückeinrichtungen zu ersetzen. Bei der Beobachtung des Betriebes der erwähnten Anlage in Wedau ist der Gedanke entstanden, die sowohl in betrieblicher als auch in wirtschaftlicher Hinsicht außerordentlich ungünstige Lokomotive durch eine ortsfeste Einrichtung zu ersetzen, die die abzudrückenden Züge über den Abrollpunkt bewegt. Ich brauche an dieser Stelle auf diese betrieblichen und wirtschaftlichen Fragen wohl nicht näher einzugehen und kann auf meine verschiedenen Abhandlungen über dieses Gebiet verweisen*). Die Durcharbeitung dieses Gedankens hat ergeben, daß wohl alle überhaupt möglichen ortsfesten Abdrückeinrichtungen dadurch zum mindesten wesentlich vereinfacht werden können, daß das Abdrückgleis in der Abdrückzone von Weichen freigehalten wird. Das hängt damit zusammen, daß zur Übertragung der Arbeit vom ortsfesten Motor auf den zu bewegenden Zug Übertragungsteile (Seile, Zahnstangen oder dergl.) nicht entbehrt werden können, deren Durchführung durch Weichen und Zusammenführung in ein oder zwei Verbindungsgleise, wie es die Eselsrücklösung verlangt, naturgemäß Schwierigkeiten macht. So erklärt es sich auch, daß ich bei der Entwicklung des ortsfesten Antriebes darauf gedrängt worden bin, mich mit dem Für und Wider der verschiedenen Lösungen näher zu beschäftigen. Auch hierauf möchte ich an dieser Stelle nicht näher eingehen, ich verweise auf die genannten Aufsätze. Hinweisen möchte ich nur darauf, daß eine ganze Reihe führender Fachleute die Einführung der ortsfesten Abdrückanlage lebhaft befürwortet hat, obwohl sie sich dabei durchaus bewußt waren, daß damit auch Auffahrrampen mit über den Brechpunkt hinweggezogenen Einfahrgleisen und entsprechende Weichenanordnungen in der Ablauframpe und in den Ausrundungen verbunden waren.

Nun noch einige Worte zum eigentlichen Thema, den Zwischenzeiten. Behandelt wird für beide Anordnungen der Ablaufanlagen nur der Betrieb mit Lokomotiven. Frohne nimmt dabei an, daß bei der Anordnung mit Ablaufpunkt innerhalb der Ablaufgleise die Spitze des Zuges vor dem Abdrücken 80 m vom Ablaufpunkt entfernt steht und kommt zu einer Gesamtzwischenzeit von 3 bis 4 Minuten, wenn zwei Druckmaschinen vorhanden sind. Für die eigentliche Fahrzeit nimmt er bei einer mittleren Geschwindigkeit von 0,6 m/Sek. mindestens 2 Minuten an und rechnet für das Umstellen der Weichen, Abgabe der Signale für das Abdrücken und ihre Aufnahme durch den Drucklokomotivführer 1,5 Min. Bei einer Maschine kommt die Umlaufzeit, der Zeitaufwand für das Umstellen der Weichen, Auftragsübermittlung usw. hinzu. Frohne nimmt eine Gesamtzeit zu 4 bis 8 Minuten an. Tatsächlich wird bei Anlagen mit einigermaßen ausreichend langen Einfahrgleisen wohl in der Regel mit der letzten Zahl zu rechnen sein.

Bei Verwendung ortsfester Antriebe nach meinem Vorschlag können diese Zwischenzeiten ganz wesentlich verkürzt werden und zwar bis auf die Zeit, die zum Umstellen der

*) Verfasser, Bewegungseinrichtungen auf Verschiebebahnhöfen in technischer und wirtschaftlicher Beleuchtung. V. W. 1924, Heft 24. — Über die Gestaltung der Auffahrrampe der Ablaufberge, Sonderausgabe V. W. „Verschiebebahnhöfe in Ausgestaltung und Betrieb“, 2. Band, 1925; Eselsrücken oder Auffahrrampe V. W. 1926, Heft 37. — Ziel und Wege der Verschiebetechnik, Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1926, Heft 21.

Weichen und zum Herandrücken des Zuges zum Ablaufpunkt erforderlich ist. Da der Druckwagen schon während des Abdrückens des vorhergehenden Zuges an den nächsten Zug herangebracht werden kann und jede Signalübermittlung und Aufnahme wegfällt, sinkt die Zwischenzeit praktisch auf die Zeit, die für das Heranfahren an den Brechpunkt und für die Beschleunigung auf die gewünschte Abdrückgeschwindigkeit erforderlich ist. Von dieser Beschleunigung ist auch die Wegstrecke abhängig, d. h. die Entfernung der Spitze des Zuges vom Ablaufpunkt bei Beginn des Anfahrens. Nach Ermittlungen der Gesellschaft für Oberbauforschung beträgt diese Anfahrstrecke bei einem ortsfesten Antrieb für einen Zug von 1200 t Gewicht und einer Abdrückgeschwindigkeit von 1,5 m/Sek. 37,7 m; die Beschleunigungszeit rund 41 Sek. Wählt man die Strecke 50 m lang, damit man eine ausreichende Länge hat, um die kurze steilere Neigung zum Entkuppeln der Fahrzeuge unterzubringen, so dürfte die kürzeste, tatsächlich überhaupt mögliche Anfahrstrecke erreicht sein. Die Zwischenzeit beträgt dann rund 1 Minute. Hiermit dürfte in bezug auf die Zwischenzeit das günstigste erreicht sein, was überhaupt möglich ist.

Bei der Lösung b) mit Ablaufpunkt außerhalb der Einfahrgleise und mit besonderem Verbindungsgleis zwischen Einfahrgruppe und Richtungsgruppe kommt Frohne bei Verwendung einer Druckmaschine je nach Anlage auf Zwischenzeiten von 8 bis 15 Minuten (auch hier dürfte die kürzeste Zeit nur für kleine Anlagen zutreffen) und bei zwei Maschinen auf 4 bis 7 Minuten. Die für den Betrieb mit einer Maschine ermittelte Zeit stimmt auch mit dem erfahrungsmäßigen Ergebnis von drei in der Stunde abzudrückende Züge überein, während die Leistung bei zwei Maschinen auf vier steigt. In betriebswirtschaftlicher Hinsicht muß darauf hingewiesen werden, daß die Verwendung von zwei Drucklokomotiven eine außerordentlich hohe Belastung darstellt. Man kann wohl sagen, daß das Ziel aller Verbesserungen der betrieblichen Verhältnisse der Einfahr- oder Ablaufgleise daraufhin gerichtet ist, mit nur einer Drucklokomotive auszukommen.

Welchen Einfluß auf die Zwischenzeiten üben nun fernverständigte oder ferngesteuerte Lokomotiven aus? Ich kann hier auf meine Ausführungen und Darlegungen in dem Aufsatz „Eselsrücken oder Auffahrrampe“ (Verkehrstechnische Woche 1926, Heft 37) verweisen und mich hier auf kurze Feststellungen beschränken. Bei der fernverständigten Lokomotive besteht der Unterschied gegenüber dem bisherigen Verfahren nur darin, daß der Rangierleiter besser wirkende und von Witterungseinflüssen unabhängige Signale zur Verfügung hat. Der Einfluß auf die Zwischenzeiten wird sich also wohl nur unter besonderen Umständen bemerkbar machen. Bei der ferngesteuerten Lokomotive fällt die Signalgebung bis zu einem gewissen Grade überhaupt weg, nämlich, soweit es möglich ist, die Bewegungsvorgänge vom Rangierleiter steuern zu lassen. Das wird bei den Bewegungen, die den größten Teil der Zwischenzeiten in Anspruch nehmen, nämlich beim Wechseln von Gleis zu Gleis und beim Umsetzen am Einfahrstellwerk in Wahrheit kaum möglich sein; es hat auch keinen Zweck, weil man zu diesen Bewegungen die Maschine nicht allein fahren lassen kann, sie also doch mit einem Mann besetzen muß. Die Fernsteuerung wird sich also tatsächlich wohl nur beim eigentlichen Abdrückvorgang auswirken können. Im ganzen kann also gesagt werden, daß sich die Zwischenzeiten auch bei Verwendung ferngesteuerter Lokomotiven nicht wesentlich verringern lassen.

Wenn nun auch Zwischenzeiten im Betriebe nicht ganz zu vermeiden sein werden, so drängen doch betriebliche und wirtschaftliche Erwägungen darauf hin, sie so kurz wie möglich zu machen, oder, wie ich das an anderer Stelle auch schon betont habe, den Betrieb der ganzen Anlage fließend zu

gestalten. Frohne kommt auf Grund seiner Ermittlungen zu dem gleichen Ergebnis, wobei noch besonders seine Feststellung hervorgehoben werden muß, daß sich die Zwischenzeiten bei zunehmender Zuführungsgeschwindigkeit, d. h. also bei gesteigerter Leistung der Anlage immer ungünstiger auswirken. Wenn man also durch Verbesserung der Ablaufverhältnisse unter Anpassung der Neigungen an die Erkenntnisse ablaufdynamischer Untersuchungen und durch Anwendung leistungsfähiger Bremsen und sonstiger mechanischer Einrichtungen die Ablaufgeschwindigkeit vergrößert und man dadurch höhere Zuführungsgeschwindigkeiten und im ganzen größere Leistungen erreicht, so muß, wenn die ganze Anlage betrieblich gleichartig und wirtschaftlich günstig sein soll, auch für die Zuführungszone alles ausgeschaltet werden, was die Zwischenzeiten, die vom Standpunkt der Gesamtausnutzung als verloren betrachtet werden müssen, anwachsen lassen kann. Es hat keinen Zweck, auf der Ablaufseite mit Bruchteilen von Sekunden zu rechnen, während auf der Zuführungsseite Minuten nutzlos verstreichen oder aber ein Aufwand an Lokomotiven in Kauf genommen werden muß, der die Wirtschaftlichkeit ungünstig beeinflusst. Derartige Erwägungen führen dazu, wenigstens für Flachbahnhöfe (für Gefällbahnhöfe, die aber aus anderen Gründen nicht überall möglich sein werden, kommt Frohne auf Grund seiner Untersuchungen zu außerordentlich günstigen Werten der Zwischenzeiten) auf die Ausbildung der Zuführungszone im Sinne einer Verkürzung der Zwischenzeiten den allergrößten Wert zu legen. Daß hierbei die Auffahrrampenlösung mit Brechpunkt innerhalb der Einfahrgleise günstigere Ergebnisse liefert, zeigen auch die Untersuchungen Frohnes. Das gilt schon für Lokomotivbetrieb. Eine Betriebsführung, die noch günstigere Ergebnisse zeitigen wird und der besten Lösung „der Fließarbeit“, soweit wie irgend möglich nahekommt, gestattet die Auffahrrampenlösung in Verbindung mit dem ortsfesten, vom Rangierleiter gesteuerten Antrieb. Bei diesen Überlegungen darf auch der Gedanke nicht stören, daß in Wahrheit die Aufeinanderfolge der Züge nicht immer so sein wird, daß die Anlage ständig ausgenützt wird, die „Umbildungsmaschine“ also ständig Arbeit hat. Die Erfahrung zeigt, daß es gerade das Zusammentreffen der ungünstigsten Verhältnisse ist, was den betrieblichen Druck erzeugt, und daß demgemäß auch die Umbildungsanlagen, die in das Eisenbahnnetz eingeschaltet sind, so bemessen und ausgestattet werden müssen, daß sie auch unter ungünstigeren Umständen die Vorflut der Betriebsabwicklung nicht stören. Erwähnt werden muß endlich noch der Einfluß der Zwischenzeiten auf den Gesamtumfang der Einfahrgruppen, die sich merkbar dahin auswirkt, daß vorhandene Anlagen bei Verbesserung der Betriebsverhältnisse leistungsfähiger werden, d. h. größeren Verkehr bewältigen können und daß Neuanlagen in ihren Abmessungen bei höherer Leistung geringeren Umfang aufweisen dürfen.

In Heft 21, Jahrgang 1927 dieser Zeitschrift beschäftigt sich auch Dr. Ing. A. Baumann mit der Weichenentwicklung der Einfahrgleise an den Ablaufbergen der Verschiebebahnhöfe. Auch hierzu mögen einige kurze Worte gestattet sein. Es wird zunächst zugegeben, daß die Wegelängen beim Beidrücken an den Ablaufpunkt (Anfahren) am stärksten verkürzt werden, wenn man die von mir vorgeschlagene Anordnung anwenden könnte, bei der alle Gleise unvereinigt über den Bergscheiden laufen und die Vereinigungsweichen erst in und unter der Steilrampe liegen. Als Nachteile, die der Verfasser als schwerwiegend empfindet, erwähnt er, daß die gesamte Entwicklung der Richtungsgleise wegen der noch unterhalb der Steilrampe liegenden Einfahrweichen vom Ablaufpunkt abdrückt, wodurch durchweg längere Laufwege der ablaufenden Wagen durch die

vom Bergscheiden sich länger hinziehende Weichenzone entstehen. Er ist der Ansicht, daß diese Verschlechterung des Ablaufbetriebes empfindlich sei und kommt dazu, eine Zwischenlösung vorzuschlagen, die eine Verbindung beider Anordnungen darstellt. Die zusammenfassenden Weichen der Einfahrgruppen werden soweit über den Ablaufpunkt hinweggezogen, daß die letzten Weichen der Einfahrgruppen mit den ersten Spaltungsweichen der Richtungsgruppen zusammenstoßen und zwar in Form von doppelten Kreuzungsweichen. Es muß zugegeben werden, daß sich mit diesem Vorschlag (vorausgesetzt, daß er gleistechnisch durchführbar ist, was wegen der Gefällwechsel zweifelhaft erscheint) ein Teil der Vorteile, die die von mir angegebene Lösung bietet, auch erreichen läßt und zwar um so mehr, je mehr von der Weichenentwicklung der Einfahrgruppe über den Ablaufpunkt hinübergezogen wird. Ich erwähne nur die Ausnützung des Arbeitsvermögens der einfahrenden Züge zur Gewinnung eines Teiles der Ablaufhöhe, ferner Gewinn an Länge, weil das Verbindungsgleis der Eselsrückenlösung wegfällt und endlich auch die Möglichkeit, die abzudrückenden Züge vor dem Abdrücken näher an den Ablaufpunkt heranzubringen. Zum Teil lassen sich ja diese Vorteile sogar bei der Eselsrückenlösung in ihren neueren Formen ermöglichen. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß diese vorgeschlagene Zwischenlösung dann nicht möglich ist, wenn die ersten Spaltungsweichen der Richtungsgleise soweit an den Ablaufpunkt herangezogen werden, wie es vielfach zur Erzielung eines beschleunigten Ablaufs und baldmöglichster Auseinanderziehung der ablaufenden Wagen für zweckmäßig gehalten wird. Wenn diese Spaltungsweichen nur 15 m vom Ablaufpunkt entfernt sind, ist es praktisch ziemlich unwirksam, wenn man sie als doppelte Kreuzungsweiche ausbildet und unmittelbar an die Einfahrgleise anstoßen läßt. Der Kernpunkt bleibt also immer der, ob dieses Verschieben der Spaltungsweichen erforderlich ist, oder genauer gesagt, ob die Vorteile, die hierdurch entstehen, so groß sind, daß die dabei unvermeidliche Verschlechterung der Zwischenzeiten in der Einfahrgruppe in Kauf genommen werden kann. Mit anderen Worten, ob mit der von mir empfohlenen Anordnung, bei der die Spaltungsweichen weiter vom Ablaufpunkt abrücken, tatsächlich in bezug auf den Ablaufvorgang der Wagen vom Bergscheiden an durch die Weichenzone und auf die Laufwege so schwerwiegende Nachteile verbunden sind, wie Dr. Baumann und andere annehmen. Ich habe auch hierüber eingehende Untersuchungen angestellt, die in dem bereits erwähnten Aufsatz „Eselsrücken oder Auffahrrampe“ wiedergegeben sind. Ich darf auf diese Ausführungen verweisen und mich hier auf die Wiedergabe einiger Zahlen beschränken. Verglichen wurde die neue Ablaufanlage in Hamm mit einer nach meinen Vorschlägen gestalteten, wobei gleiche Höhen- und Neigungsverhältnisse in der Ablauf- oder Schaltzone angenommen wurden. Es war möglich, die gesamte Weichenzone der Einfahrgleise in die Ablauframpe zu legen und zwar für acht Einfahrgleise unter Verwendung normaler Weichen 1:9 (bei Verwendung von Steilweichen entsprechend mehr). Ich darf auf die Abbildungen des vorerwähnten Aufsatzes Bezug nehmen. Es sind nur zwei Gleisbremsen erforderlich gegenüber der Lösung in Hamm mit vier, die in beiden Fällen am Fuß der Rampe liegen. Die Verzweigungsmöglichkeit der Richtungsgleise ergibt sich, wenn überhaupt, nur ganz wenig ungünstiger als in Hamm. Die Zone, in der eine weitere Verästelung der vier Hauptrichtungsstränge möglich ist, liegt 38 m weiter. Dieses Maß stellt wohl die Verlängerung der Laufwege dar, die die Anordnung bedingt. Die Hauptspaltungsweiche liegt allerdings 45 m weiter vom Abrollpunkt entfernt. Trotzdem hat die Untersuchung der dynamischen Eigenschaften des Ablaufs eine wesentliche Überlegenheit der An-

ordnung mit weiter vorgeschobener Spaltungsweiche nicht gebracht; die nähere Durchprüfung ergibt zudem, daß kleine Unterschiede, die beide Anordnungen aufweisen, durch geringfügige Änderungen der Ablaufhöhe und Abdrückgeschwindigkeit bei der Ablauframpe ausgeglichen werden können. Das Gesamtergebnis habe ich damals dahin zusammengefaßt, daß beide Anordnungen des Ablaufpunktes zweifellos ihre Vor- und Nachteile haben, daß sich aber die Nachteile der Verlegung des Ablaufpunktes innerhalb der Einfahrgleise bei näherer Betrachtung doch wesentlich anders darstellen, als vielfach angenommen wird. Jedenfalls fallen die Nachteile dieser Lösung gegenüber dem Vorteil, daß sie ermöglicht, die Zwischenzeiten auf einen kleinsten Wert herabzudrücken (angenähert sie ganz verschwinden zu lassen) nicht mehr ins Gewicht, wenn man die Gesamtleistung einer Umbildungs-

anlage im Auge hat. Das gilt zunächst ganz unabhängig davon, ob mit Lokomotiven oder mit ortsfesten Antrieben gearbeitet wird.

Die Bedeutung der Auffahrrampenlösung in Verbindung mit Abdrückeinrichtungen ist bereits erörtert worden. Da weiter bei Ablaufanlagen in Flachbahnhöfen die Zwischenzeiten in wirtschaftlicher Form wohl nur durch ortsfeste Antriebe ausgeschaltet werden können und das Fehlen von Weichen in der Abdrückzone Vorbedingung solcher Antriebe ist, ergeben sich weitere Gründe, die für die Auffahrrampenlösung sprechen. Die Verbindung von ortsfester Abdrückeinrichtung und Auffahrrampe ermöglicht Hochleistungsanlagen mit einer wirtschaftlichen Arbeitsabwicklung, die praktisch als fließend bezeichnet werden kann. Diese Gesichtspunkte sind für die Beurteilung der Verhältnisse ausschlaggebend.

Berichte.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Schweißung der Schienenstöße auf der Schoschabrücke der russischen Oktoberbahn.

In Heft 1, Jahrg. 1927 dieser Zeitschrift wurde hierüber schon kurz berichtet. Auf Grund einer eingehenden Abhandlung in Scheljeznodoroschnoje Djels. Put. 1928, Heft 2, soll hierüber noch einiges nachgetragen werden. Anregend zu diesem ersten Versuch der Schienenschweißung auf russischen Eisenbahnen waren die bekannten Schweißungen der Reichsbahndirektion Breslau an der Oderbrücke bei Steinau. Zur Wahl stand die kombinierte Schweißung und die Druckschweißung. Erstere ist die bei Straßenbahnen und auch auf deutschen Eisenbahnen verbreitetere. Zum Vergleich wurden nach beiden Verfahren Probenschweißungen angestellt und die Festigkeit der Schweißstelle im Vergleich zu der des Schienenbaustoffes in der Versuchsanstalt untersucht. Die Ergebnisse waren:

- a) Bruchlast und Biegezugfestigkeit:
- für den Schienenbaustoff 55 000 kg 72,7 kg/mm²
 - für den nach dem kombinierten Verfahren geschweißten Stoß 35 000 kg 43,5 kg/mm²
 - für den nach dem Druckschweißverfahren geschweißten Stoß 33 900 kg 42,2 kg/mm²
- b) Zugfestigkeit:
- nach dem kombinierten Verfahren geschweißter Stoß 27,8 kg/mm²
 - nach dem Druckschweißverfahren geschweißter Stoß 42,0 kg/mm²
- die Versuche nach a) und b) bezogen sich auf den Schienenkopf.
- c) Härte nach Brinell:
- in der Nähe der Schweißstelle 140 kg/mm²
 - entfernt von der Schweißstelle 220 kg/mm².

Wegen der größeren Sicherheit und wegen der Laschenanbringung entschloß sich die Oktoberbahn zur Druckschweißung.

Für die Sicherung des Betriebs im Falle von Brüchen geschweißter Schienen wie für die Beseitigung der Wanderung durch Wanderklammern der Form Schumilow und Tschistjakow (ein Anschlagwinkel, zwei konische Klammern und ein Bolzen mit Mutter) waren Vorschriften erlassen. Zum Anziehen der Schrauben waren nur 20 cm lange Schlüssel zugelassen. Hierbei ergab sich eine Beanspruchung der Klemmen von 1260 kg/cm².

Die dynamische Untersuchung vor und nach der Schweißung ergab den größten Stoßkoeffizienten bei geschweißten Stößen zu 1,04 gegenüber 1,11 bei nichtgeschweißten Stößen. Brüche der Schweißstellen sind bisher nicht eingetreten, aber an einigen Stößen zeigte sich etwas Schienenabnutzung, was auf jeden Fall auf ungenügende Härte des Stahles an den Schweißstellen hinweist. Unter dem Zugverkehr merkt man von Stößen gar nichts. Der Lauf der Züge ist sehr ruhig. Die Wanderung hat vollständig aufgehört. Die Aufmerksamkeit, die in Deutschland der Stoßschweißung auf Brücken zugewendet wird, findet auch in Rußland Nacheiferung.

Dr. S.

Die Stoßlücken beim Reichsoberbau.

Vor kurzem wurden in einer Verfügung der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft folgende neue Regeln für die Anordnung der Stoßlücken beim Reichsoberbau aufgestellt.

Schienenlänge m	Luftwärme in Grad Celsius				
	über + 20°	+ 20° bis + 5°	+ 5° bis - 5°	- 5° bis - 20°	unter - 20°
	Stoßlücke mm				
12, 15 und 18 .	0	3	5	7	10
30 und mehr .	0	5	7	10	15

In Tunnelgleisen mit Ausnahme der ersten 100 m vom Tunnelleingang aus und in Weichen sind keine Stoßlücken vorzusehen. Schienen von mehr als 30 m Länge dürfen nur dann verlegt werden, wenn die Luftwärme nicht mehr als + 15° C und nicht weniger als + 5° C beträgt, weil sonst bei Wärmeänderungen die Spannungen in den eingebauten Schienen zu groß werden.

Nach der Verfügung sind die Stoßlücken unter der Annahme ermittelt, daß die Schienen infolge der beim Reichsoberbau vorhandenen festen Verspannung mit den Schwellen in ihrem mittleren Teile bei Wärmewechsel keine Änderungen erleiden können, weil der Widerstand der Schwellen und der Bettung größer ist als die Spannungen, die im Gestänge auftreten, von der Schiene S 49 aber wegen ihres großen Querschnittes verarbeitet werden. Nur an den beiden Enden, wo dieser Widerstand kleiner ist, kann sich jede Schiene unbeschadet ihrer Länge um ein gewisses Maß ausdehnen. Daraus folgt, daß dieser auf fester Verspannung beruhende Widerstand gegen Längenänderungen auch bei der Ausführung von Unterhaltungsarbeiten aufrecht erhalten werden muß. Nach der Verfügung sollen Unterhaltungsarbeiten, bei welchen das Gleis zum Teil freigelegt werden muß, zur Verhütung von Gleisverwerfungen möglichst nur auf kurze Strecken und bei einer Luftwärme von + 5° C bis + 20° C ausgeführt werden. Bei mehr als + 15° C Luftwärme dürfen immer nur fünf Schwellenfelder nebeneinander vollständig freigelegt werden, während die dazwischen liegenden fünf Schwellenfelder möglichst und zwar namentlich an den Köpfen verfüllt bleiben müssen. Vor dem Freilegen der Schwellenfelder müssen die Schwellenbefestigungsschrauben gut nachgezogen werden, damit die in den Schienen etwa aufgespeicherte Spannung sich nicht auslösen kann. Die fertiggestellten Gleisstrecken müssen sofort wieder verfüllt werden. Eine Strecke, an der gearbeitet wird, darf nie länger als 60 m sein. In Bögen dürfen Ausrichtungsarbeiten, bei welchen das Gleis auch an den Köpfen auf größere Strecken freigelegt werden muß, nur bei einer Luftwärme von + 5° C bis + 15° C ausgeführt werden. Dabei soll größte Vorsicht angewendet und der in Frage kommende Gleisabschnitt langsam befahren werden. Er ist durch Langsamfahrsscheiben zu decken.

D.

Lüftung des Hauensteintunnels mit Hilfe eines Luftschachtes.

Die Lüftungseinrichtung dieses Tunnels ist besonders dadurch bemerkenswert, daß die Lüftungsmaschinen durch einen Schacht unterstützt werden, der einen Schornstein bildet. Hierdurch wurde es möglich, von Anfang an mit verhältnismäßig kleinen Maschinensätzen auszukommen, die noch dazu nur während der heißen Zeit im Betrieb zu stehen brauchen; weil im Winter der Schacht allein die Lüftung besorgt.

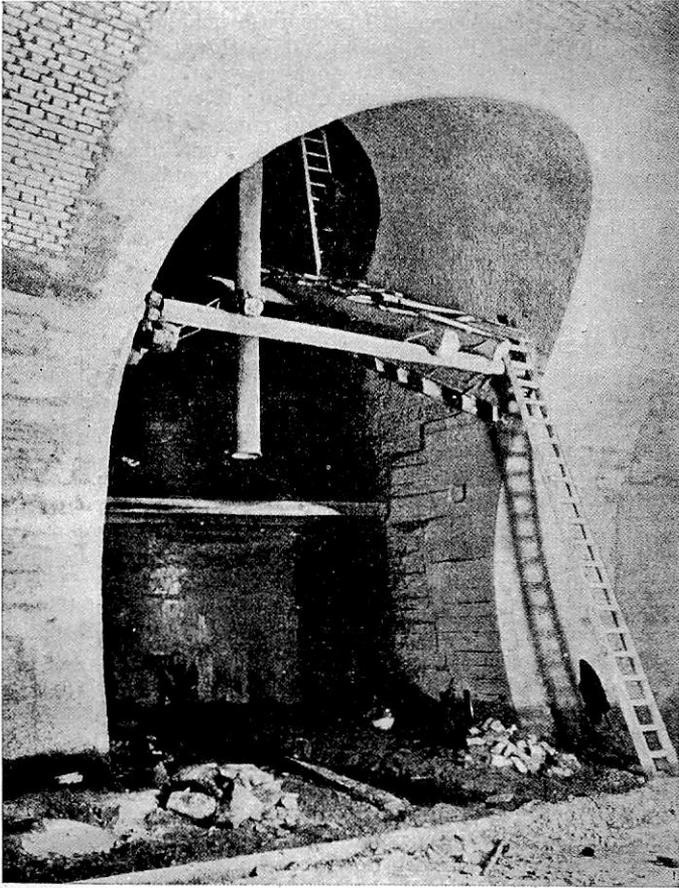


Abb. 1. Zugang zum Lüftungsschacht 4540 m vom südlichen Tunnelmund.

Im Tunnel von Hauenstein waren die Verhältnisse sehr günstig für die Herstellung eines Luftschachtes. Das Gebirge, das eine Höhe von 500 m über der Höhe des Südeingangs erreicht, hat über der Mitte des Tunnels nur eine geringere Überlagerung, der Schacht hat nur eine Tiefe von etwa 130 m.

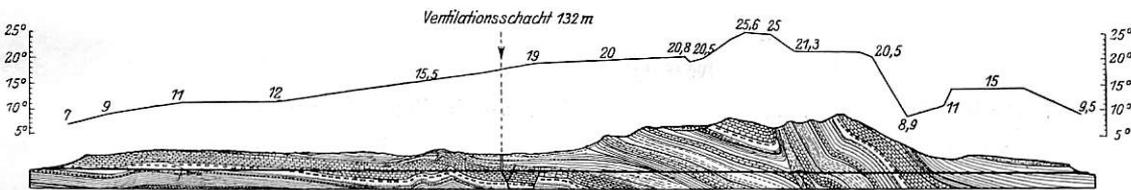


Abb. 2. Längenschnitt des Hauensteintunnels.

Die Wirkung der Lüftung ist naturgemäß am günstigsten, wenn der Temperaturunterschied zwischen der Luft, die in die Tunnelmündungen eintritt, und der, die im Schacht aufsteigt, seinen Größtwert erreicht, das ist hauptsächlich im Winter. Dann erwärmt sich die kalte Luft auf dem Wege nach der Mitte des Tunnels ganz erheblich durch Berührung mit den Wänden, sie dehnt sich dabei aus und zieht infolge ihres verringerten spezifischen Gewichts im Schacht schneller hoch als während der warmen Jahreszeit.

Um den Zug zu erhöhen ist im oberen Teil des Schachtes,

der 5,6 m Durchmesser hat, eine Lüftungsmaschine eingebaut, die 88 m³ in der Sekunde fördert und eine Saugleistung von 4 mm Wassersäule erzeugt.

Ein Beispiel wird die Wichtigkeit des Schachtes für die Lüftung des Tunnels zeigen: Angenommen, daß der Temperaturunterschied zwischen der äußeren Luft und der Luft im Schornstein 20° C beträgt, ein Unterschied, der für gewöhnlich nur in Wintermonaten erreicht wird, erreicht die Saugwirkung, die in diesem Falle durch den natürlichen Zug eintritt, 10 mm Wassersäule. Das genügt um eine Luftmenge von etwa 100 m³ in der Sekunde durch jeden Tunneleingang zu saugen. Der aufgestellte Maschinensatz mit seiner Förderleistung von 88 m³ in der Sekunde leistet also nur 25% der gesamten Leistungsarbeit. Die Kosten der Maschinenanlage und für die verbrauchte Arbeit sind also viel geringer als beispielsweise die einer Anlage mit Vorhängen an den Tunneleingängen, wobei die ganze Entlüftungsarbeit durch Ventilatoren verrichtet werden müßte, die die Luft von einem Tunnelende zum andern drücken. Während der in den Schacht eingebaute Maschinensatz nur etwa 10 bis 15 PS beansprucht, würde ein Ventilator, der 200 m³ Luft in der Sekunde von einem Tunnelende zum andern leitet, etwa 20 mal soviel Kraft verbrauchen. Daraus geht hervor, daß die Durchschlagskosten des Schachtes, die sich auf etwa 150 000 \mathcal{M} belaufen, jedes Jahr reichlich durch die erzielten Betriebsersparnisse ausgeglichen werden. Überdies werden die beträchtlichen Kosten für die Vorhänge an den Tunneleingängen, die Vorrichtungen zum selbsttätigen Öffnen und Schließen erhalten müßten, vollständig vermieden.

Abb. 1 zeigt die Übergangskammer von dem Tunnel zu dem Luftschacht, Abb. 2 den Längenschnitt durch das Gebirge mit der Lage des Schachtes. Die Temperaturen im Innern des Tunnels sind in den Längenschnitt eingetragen.

Beim Bau des Tunnels wurde die Lüftung durch eine einseitige Lüftungsanlage bewirkt. Eine Gruppe Sulzer-Ventilatoren im Maschinenhaus am Südeingang drückte die Luft in die im Tunnel angelegte Leitung und mündete in der Nähe der Arbeitsstätte. Die Anlage war so eingerichtet, daß zwei oder drei Ventilatoren in Reihe geschaltet werden konnten, je nachdem der Ausbruch des Tunnels fortschritt, d. h. in dem Maße, wie die Leitungsverluste größer wurden. Zur Zeit der vollständigen Ausnützung dieser Anlage waren alle Ventilatoren in Reihe geschaltet, der erhaltene Druck war 18 mm Wassersäule, die Leistung betrug 4 bis 5 m³ in der Sekunde und der Kraftverbrauch etwa 150 bis 180 PS.

R. W. M.

Holz- und Schwellenbearbeitungsanlage der Süd-Pacific-Gesellschaft.

Die Süd-Pacific-Gesellschaft unterhält außer drei kleinen Schwellenlagern ein großes Hauptlager für Brücken- und Bauhölzer in West Oakland, Californien, das für die Verfrachtung zu Schiff und mit der Bahn gleich günstig gelegen ist und für die Staplung von 950 000 qm (2 200 000) Brücken- und Bauholz, 85 000 m (134 000) Ramm-pfähle, 10 000 m (27 000) Telephonstangen und 800 000 Stück (1 400 000) Bahnschwellen eingerichtet ist. Der jährliche Umschlag ist vorstehend in Klammern beigefügt.

Im Lager sind Trockenöfen für das zu stapelnde Bau- und Schreinerholz sowie Holzbearbeitungsmaschinen vorhanden, mit denen alle Säge-, Fräse- und Hobelarbeiten für Bauteile, Türen, Fenster und dergl. ausgeführt werden. Ferner wird hier das Holz für die Tränkung zugerichtet und die Anfertigung von Schutzkästen und Leitungskanälen für die Signaleinrichtungen besorgt. Auch werden die sämtlichen kleinen Fahrzeuge der Gesellschaft, wie Hand- und Gepäckkarren, Fahrräder und dergl. instand gesetzt. Die Bahnunterhaltungsabteilung enthält eine neuzeitliche Holztränkanlage für die Telephonstangen, Ramm-pfähle und Bahnschwellen. Mit den vorhandenen Schwellenbohr- und

Eindrehmaschinen werden in einem Achtstundentag rund 3000 Schwellen bearbeitet.

Die ankommenden Hölzer werden mit Kranen, die Schwellen von Hand entladen. Die entladenen Hölzer werden entsprechend ihrer weiteren Bestimmung geschnitten. Die Schnittware wird dann getrocknet und bis zur weiteren Verwendung gelagert. Auf diese Weise und durch Verwendung aller Abfallteile können etwa 90% des Bedarfs an Brettern und Kantholz im eigenen Betrieb gewonnen werden, während diese bisher zu teureren Preisen gekauft werden mußten. Da das frisch geschnittene Holz für die Verwendung noch nicht brauchbar ist, muß es gelagert und durch besondere Maßnahmen gegen Fäulnis geschützt werden. Es wird auf Betonsockeln entsprechender Höhe gelagert, so daß es mit dem Boden nicht in Berührung kommen kann. Die Holzstapel werden von unten und seitlich von jedem Pflanzenwuchs freigehalten. Der Untergrund wird nach den örtlichen Bodenverhältnissen entwässert. Das viel verwendete rote Sandelholz bedarf dieser sorgfältigen Lagerung nicht, da es nicht so leicht der Zerstörung unterworfen ist.

Das Holz für Bau- und Schreinerzwecke wird in besonderen

Öfen getrocknet, deren zwei von je 16 m Länge vorhanden sind. Die Trocknung wird bei Schreinerholz bis zu 6%, für die übrigen Bauteile bis zu 10% Feuchtigkeitsgehalt durchgeführt. Die Öfen sind mit Kontrollvorrichtungen für Hitze und Feuchtigkeit versehen. Die fortschreitende Trocknung im Ofen wird nach Probestücken, nicht nach der Zeitdauer der Trocknung beurteilt. Bei Beschickung eines Ofens werden Probestücke beigelegt, welche den vollen Holzquerschnitt und eine Länge von rund 60 cm haben. Proben von etwa 10 cm Länge werden von Zeit zu Zeit abgeschnitten, gewogen, in einem elektrischen Ofen getrocknet und dann wieder gewogen. Aus dem Gewichtsunterschied wird der augenblickliche Feuchtigkeitsgrad bestimmt.

Auch das Abfallholz wird noch so weit als irgend möglich ausgenützt. Das unbrauchbare Abfallholz wird zu Brennholz für die Zwecke der Gesellschaft und zum Verkauf an die Angestellten zerkleinert. Der Überschuß wird in einem Pferch gelagert und von da aus durch eine Luftsaugeanlage dem Kesselhaus zugeführt, die durch einen 150 PS-Motor betrieben wird und Hölzer von 35 cm × 35 cm befördern kann. Wa.

(Railw. Age 1928, März, S. 743.)

Buchbesprechungen.

Dr. Ing. Heinrich Saller, Der Eisenbahnbau im Deutschen Reich, Berlin 1928. Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn, 325 Seiten mit 143 Abbildungen.

Das Buch ist im Untertitel als „Handbuch für Lernende und Lehrer des Eisenbahnwesens“ bezeichnet. Das ist ein deutlicher Hinweis darauf, daß es mit dem amtlichen Unterrichtswesen bei der Deutschen Reichsbahn im Zusammenhang steht. Aber wir haben ein Buch vor uns, das nicht nur für den Unterrichtsbeamten und seinen Zögling Bedeutung hat. Das hieß Zweck und Ziel, Wert und Bedeutung des Buches zu niedrig einschätzen. Vielmehr wird sich das Buch auch als wertvolles Hilfsmittel für den Dienst erweisen, und es gehört somit in die Hand aller Gleiswirte und Gleispfleger von der Reichsbahndirektion bis zur Bahnmeisterei. Ja, noch darüber hinaus kann und sollte seine Wirkung gehen. Manche Unzulänglichkeit in der Geschichte des Eisenbahngleises erklärt sich daraus, daß die fertige Industrie, die oftmals auch Neuentwürfe herausgestellt hat, abseits von der Gleisunterhaltung steht und stehen muß. Es fehlt ihr somit an den unmittelbaren Bewährungserfahrungen, die im Oberbau für Neuerungen und Weiterbildungen allein richtunggebend sein können. Bekannt ist, daß Haarman diese Kluft mit seinem Gleismuseum zu überbrücken versuchte. Bücher wie das vorliegende können gleichfalls dazu beitragen, Hersteller und Verbraucher einander näher zu bringen.

Saller hat sich bisher im Oberbau als Forscher auf Neuland betätigt. Bekannt, aber noch nicht voll verwertet sind seine Berechnungen über die Stoßwirkungen am Gleise und über die Wirkungen der Geschwindigkeit der Lasten. Neuerdings ist

Saller durch Berücksichtigung der elastischen Dämpfung zu den Ansätzen einer allgemeinen Dynamik des Gleises gelangt, eine Lehre, die hoffentlich bald Fortsetzung und Abschluß und damit die Möglichkeit der Verwertung findet. Den Übergang vom spürenden Forscher zum sichtenden, wertenden Verfasser eines Lehrbuches hat Saller mit Glück vollzogen. Rechnerische Ableitungen finden sich in dem vorliegenden Buche gemäß seiner Bestimmung nicht. Aber der kundige Leser wird durch die sichere Beherrschung des Stoffes, durch treffende, dabei maßvolle Werturteile erfreut. Die Darstellung ist klar und flüssig, stellenweise etwas eigenwillig. Auswahl und Einteilung des Stoffes stehen in wohlabgewogenem Gleichgewichte, die Abschnitte über Oberbaugeräte und -Maschinen sowie über Gleisarbeiten entsprechen dem neuesten Stande. Die Abbildungen und die ganze Ausstattung des Buches sind mustergültig.

Man braucht dem Buche die ihm zukommende Verbreitung nicht besonders zu wünschen, es wird seinen Weg von selbst machen. Aber einen Wunsch, der an mehreren Stellen des Buches durchklingt, muß jeder mitfühlende Beurteiler nachdrücklich unterstreichen: daß nämlich der wiederholten Mahnung Sallers, der wissenschaftlichen Beobachtung und dem planmäßigen Versuchswesen mehr Nachdruck zu geben, endlich Erfüllung werden möge. Nur so kann die Erfahrung durch die Wissenschaft befruchtet, der Fortschritt durch klare Erkenntnis beschleunigt, die Weiterbildung des Oberbaus vor Fehlschlägen und Enttäuschungen bewahrt werden. Auch die neuerdings mit so viel Eifer und Erfolg begonnene Mechanisierung der Gleisarbeit bedarf der planmäßigen Durchforschung, um auf die höhere Stufe einer wirklichen Rationalisierung gehoben zu werden!

Dr. Bl.

Berichtigung

zum Aufsatz: Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit des maschinellen Gleisumbaus.

Im zweiten Teil des bezeichneten Aufsatzes (Heft Nr. 11 dieses Jahrganges) haben sich durch nachträgliche Änderungen einige Zahlenfehler eingeschlichen, die nachfolgend berichtigt werden:

Seite 205 rechte Spalte Abschnitt III Absatz „1. Betriebserschwernisse“ muß es heißen:

statt Positionen 7a—c, Position 2a—b
 „ „ 9 und 20, „ 4 und 15

Seite 206 rechte Spalte im zweiten Absatz

statt Positionen 26, Position 18
 „ „ 27, „ 19

Seite 208 linke Spalte unter 9. „Besondere Bemerkungen zu einzelnen Positionen der Kostenanschläge“

statt „Zu Position 7 c“,	„Zu Position 2 c“
„ „ „ 10—16	„ „ 5—11
„ „ „ 18	„ „ 13
„ „ „ 22	„ „ 16
„ „ „ 23	„ „ 17
„ „ „ 28—30	„ „ 20—22.

„Zu Position 32—35“ fällt weg,

statt „Zu Position 36—40“, „Zu Position 23—25“.

Innerhalb dieses letzten Absatzes muß es heißen statt „Position 36 und 39“, „Position 23 und 25“, und statt „Fehlerposition 40“, „Fehlerposition 26“.