

# Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

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

82. Jahrgang

30. Januar 1927

Heft 2

## Experimentelle Grundlagen der Thermit-Schienenschweißung auf freier Strecke.

Von Reichsbahnoberrat A. Wöhrl, Nürnberg.

(Schluss.)

Hierzu Tafel 1 bis 3 im Heft 1.

### Längenausdehnung der Schienen und Kräftewirkung.

Die theoretischen Beziehungen zwischen Längenausdehnung der Schienen durch Temperaturwechsel und der Kräftewirkung (Elastizitätsziffer) sind bekannt.

Ein Schienen-Stahlstab von 60, 84 und 108 m Länge ändert nach den obigen Versuchsergebnissen seine Länge bei  $\pm 30^\circ \text{C}$  (hierbei werden  $+ 10^\circ \text{C}$  als Ausgangstemperatur oder als Nullpunkt angenommen, damit Ausdehnung und Zusammenziehung gleich groß werden) um  $\frac{1}{60000} \cdot 30^\circ = \frac{1}{2000} \cdot l$  also um  $\pm 3 \text{ cm}$  bzw.  $2,4 \text{ cm}$  bzw.  $5,4 \text{ cm}$ .

Wenn dieser Stab durch axialen Druck oder Zug wieder auf seine ursprüngliche Länge zurückgebracht werden soll, muß eine Kraft  $X \text{ (kg/cm}^2\text{)}$  wirken bzw. diese Kraft  $X \cdot \text{Elast. Modul} = \text{Längenänderung durch die Wärme oder } X \cdot 0,0000045 \cdot l = \frac{1}{2000} \cdot l$  oder  $X = \pm 1090 \text{ kg/cm}^2$ , das heißt, ein Stab von  $1 \text{ cm}^2$  Querschnitt bedarf einer axialen Zug- oder Druckkraft von  $1090 \text{ kg}$ , um bei Temperaturlängenänderung wieder auf seine ursprüngliche Länge zurückgebracht zu werden.

Da die Versuchsschienen ein Stahlbündel von  $44,71 \text{ cm}^2$  darstellen (bayer. Form IX), so ist die hierfür notwendige Druck- oder Zugkraft bei  $\pm 30^\circ \text{C} = 44,71 \cdot 1090 = \pm 48,73 \text{ t}$ , das heißt, die obige Schiene wirkt bei  $\pm 30^\circ \text{C}$  infolge ihrer Längenänderung auf jedes sich ihr entgegenstellende Hindernis (Schwellen) mit einer Kraft von  $\pm 48,73 \text{ t}$  und zwar von der Schienenmitte als dem Ausgangspunkt oder Nullpunkt der Ausdehnung nach beiden Seiten gleichmäßig.

Der Vorgang bei der Behinderung der Schienenausdehnung durch die Schwellen usw. (innerer Gleiswiderstand) ist nicht so einfach zu erfassen, als dies auf den ersten Blick erscheint. Es handelt sich eben nicht um die Wirkung eines starren Stabes (Schiene) auf eine Anzahl Schwellen, die alle ungefähr den gleichen Widerstand bieten, sondern um die Wirkung eines in allen seinen Teilen selbst die gleiche Kraft von  $\pm 48,73 \text{ t}$  erzeugenden Stabes (Schiene) auf die Schwellen, die — je weiter sie von der Schienenmitte entfernt liegen, — um so mehr durch die Schienenausdehnung verschoben werden. Der Widerstand der Schwellen wächst aber proportional (es ist eine parabolische Zunahme anzunehmen) zu ihrer Verschiebung in der Bettung.

Es ergibt sich demnach etwa das in Textabb. 2 wiedergegebene Bild für Kraftwirkung der Schiene und Widerstand der Schwelle.

Die Widerstandslinie der Schwellen ist für die verschiedenen Oberbauformen, dann für die verschiedenen Bettungstoffe, dann für Sommer und Winter sehr verschieden. Die Schienenkraft nimmt ab, wenn das Hindernis (Schwelle) ausweicht und die Schiene sich ausdehnen kann. Sie wird gleich Null, das heißt spannungslos, wenn sie die volle Ausdehnung oder Verkürzung erreicht.

Je länger eine Langschiene, desto größer muß bei ihrer Längenänderung die Verschiebung der Schwellen, desto größer muß also auch der Widerstand der äußersten Schwellen werden. Der Widerstand der Schwellen wird — wie anzunehmen ist — auch bei größter Verschiebung stets kleiner sein, als  $48,73 \text{ t}$ , das heißt die Schienenenden werden sich bei  $\pm 30^\circ \text{C}$

stets bewegen und die Schwellen verschieben. Hierdurch wird aber die Schienenkraft sofort kleiner als  $48,73 \text{ t}$  und allmählich wird Gleichgewicht eintreten, wenn der Widerstand der Schwellen gleich der Schienenkraft wird.

Eine z. B. infolge der Kälte im Gleis sich verkürzende Schiene kann am besten mit einem gespannten Gummiband verglichen werden, das in all seinen Teilen die gleiche Spannung aufweist und dessen mittlere Teile beim Nachlassen der Spannung und beim Verkürzen des Bandes den geringsten,

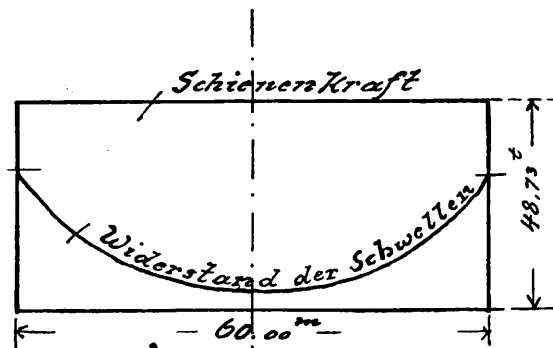


Abb. 2.

dessen Enden den weitesten Weg zurücklegen. Die Spannung im gesamten Band nimmt proportional (linear) zur Verkürzung ab.

Ein anderes Beispiel zum Vergleich: Eine Schiene von  $60 \text{ m}$  Länge sei auf einem starren Unterbau in Abständen von je  $1 \text{ m}$  in der Weise befestigt, daß der Widerstand an jedem Befestigungspunkt gleich  $60 \text{ t}$  ist.

Das Bild für Kraftwirkung der Schiene und Widerstand des Unterbaues würde dann folgendes (Textabb. 3):

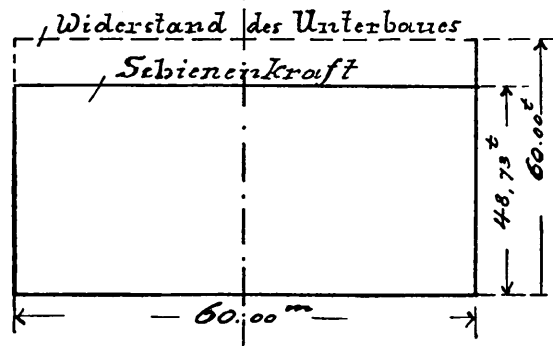


Abb. 3.

Die Schiene kann sich nicht bewegen, sie hat aber in all ihren Teilen bei  $\pm 30^\circ \text{C}$  eine Spannung von  $48,73 \text{ t}$ .

Solch hohe Spannungen ( $1090 \text{ kg/cm}^2$ ) übersteigen zwar noch nicht die zulässige Beanspruchung der Schienen, sie sind aber nur zulässig, wenn die Schienen gegen seitliches Ausknicken vollständig gesichert sind. Hierbei ist auch noch zu

berücksichtigen, dass neben dieser sehr hohen Axialkraft noch die Biegekräfte infolge der rollenden Lasten wirksam sind.

Die Möglichkeit der Schweißung der freien Strecke wird zunächst auf die Tatsache gestützt, dass die Schienen eines modernen Zuggleises nicht frei beweglich sind. Sie müssen den erheblichen inneren Widerstand der Befestigungsmittel und der Bettung überwinden und es wird vielfach — allerdings bisher ohne exakten Nachweis — behauptet, dass dieser Widerstand die Hälfte der auftretenden Ausdehnung der Schienen aufzehre, das heißt, dass an den geschlossenen Stößen bei

$$\pm 30^{\circ} \text{C höchstens } \pm \frac{48,73}{2} = \pm 24,37 \text{ t auftreten.}$$

Nach den obigen Untersuchungen, wonach der Widerstand der Schwellen mit ihrer Längenverschiebung vermutlich nach einer Parabel zunimmt, erscheint die Größe des Widerstandes der Schwellen als eine (nicht linear) Funktion der Schienenlängen, d. h. bei einer gewissen Schienenlänge wird z. B. durch den Schwellenwiderstand die halbe Schienenausdehnung aufgezehrt, bei einer größeren Schienenlänge noch mehr als die Hälfte. Doch findet dies eine Grenze in dem Widerstand der Bettung.

Bei den obigen Messungsergebnissen hat sich gezeigt, dass der innere Widerstand der Gleise gleich Null oder mindestens sehr gering war. Diese Versuche können aber, wie schon erläutert, hierfür keinesfalls als maßgebend gelten, da die Schienen auf alten Holzschwellen teils aufgenagelt, teils aufgeschraubt waren, also keine einwandfreie Schienenbefestigung wie sie in modernen Zuggleisen üblich ist, vorhanden war.

Hier erscheint es aber am Platze, die grundsätzliche Frage zu stellen:

Ist es nicht besser, auf den Widerstand der Schwellen und der Bettung ganz zu verzichten und den Langschienen durch eine lockere Verbindung zwischen Schienen und Schwellen sowie durch entsprechende Ausziehstöße, sowie durch Verankerung der Schienenmitten ihre volle symmetrische unbehinderte Ausdehnung zu sichern, statt sie durch zu feste Verbindung zwischen Schienen und Schwellen zu behindern und die Gefahr von Gleisverwerfungen zu schaffen?

Die Beantwortung dieser Frage muß der Zukunft und den weiteren Erfahrungen und Versuchen überlassen bleiben.

Weitere Versuche werden eine wesentliche Klärung des verschiedenen Verhaltens der einzelnen Oberbauarten und ihrer inneren Widerstände im Sommer und Winter bringen. Diese inneren Widerstände experimentell festzustellen, erscheint als eine der dringlichsten Aufgaben und es wäre wünschenswert, wenn von verschiedenen Dienststellen an allen möglichen Oberbauten solche Versuche ausgeführt würden, um den inneren Widerstand der verschiedenen Oberbauarten rechnerisch festzulegen.

Erst dann wird die Frage beantwortet werden können, welcher Weg bei der Schweißung der freien Strecke ohne Gefahr eingeschlagen werden und ob besser kürzere Schweißstrecken, (etwa bis 60 m) mit Normallaschen oder längere (mindestens 150—200 m oder noch wesentlich größere Längen (von 500—1000 m) mit Ausziehstößen vorzuziehen sind und ob im letzteren Fall eine lockere oder eine feste Verbindung zwischen Schienen und Schwellen die bessere Lösung bedeutet.

Da die Kosten guter Ausziehstöße sehr hoch sind (200—400 M für einen Schienenstoß), so muß mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit angestrebt werden, die Langschienenstrecken so groß als möglich zu wählen.

#### Wanderung der Langschienen.

Eine weitere wichtige Frage, durch die das Problem der Schienenschweißung der freien Strecke wesentlich beeinflusst

wird, bildet die Wanderung der Schienen oder der Gleise.

Es interessiert zunächst die Frage, ob die Wanderung der Schienen bzw. des Gleises bei geschweiften Strecken geringer wird. Es liegt der Gedanke nahe, dass infolge der Langschienen die Haftfestigkeit der Schienen an den Schwellen größer wird, dass infolge der vielzähligen Verbindungen von Langschienen mit den Schwellen das Gleis einen größeren Widerstand gegen das Wandern auszuüben vermag.

Demgegenüber ist zunächst zu bemerken, dass — insoweit die Wanderung auf die Wirkung der rollenden Räder einschließt — die Wanderung auf die Wirkung der rollenden Räder einschließt — die Wanderung im allgemeinen die gleiche bleiben wird, solange die Länge der geschweiften Strecken nur ein Bruchteil der Zuglänge ist — auf der Schweißstrecke also verhältnismäßig ebensoviel Achsen die Wanderung erzeugen, wie wenn nur 2 oder 3 Achsen auf einer Schienenlänge von 15 m rollen. Der Mehrlänge der geschweiften Schiene entspricht die gleiche Mehrzahl von Achsen — also muß auch die Wanderwirkung im allgemeinen die gleiche sein — soweit sie nicht auf die Stöße selbst zurückzuführen ist.

Günstiger werden die Verhältnisse bei sehr langen Strecken, vor allem wenn die Schweißstrecken ein Vielfaches der Zuglänge erreichen. Es ist klar, dass hier der Schubwirkung des Zuges ein wesentlich größerer Widerstand entgegengesetzt wird, da auf die Strecke verhältnismäßig viel weniger Achsen treffen und wirken.

Je länger die geschweiften Schienen über Zuglänge hinaus werden, desto geringer wird die Wanderung und es erscheint unter diesem Gesichtspunkt zweckmäßig, die Schienen in den größtmöglichen Längen zu verschweißen.

Die Ursachen der Wanderung (gleichviel ob reine Schienenwanderung, oder Schienen mit Schwellenwanderung) sind folgende:

1. Schläge der rollenden Lasten auf die aufnehmenden Stoßschienen und auf unebene sonstige Schienenstellen.
2. Wirkung der rollenden Reibung und Reibungswiderstände zwischen Rad und Schiene.
3. Bremswirkung der Fahrzeuge.
4. Ungleiches Abrollen der Räder auf fester Achse in Kurven, da das äußere Rad stets einen größeren Weg zurücklegen muß als das innere.
5. Wirkung der Triebäder der Lokomotiven, die die Schienen nach rückwärts zu verschieben trachten.
6. Längsschub infolge der Wellenbewegung der Schienen unter den rollenden Lasten.

Die vorstehenden Ursachen führen zu Schienen- bzw. Gleiswanderungen, die aber in ihrer Wirkung außerordentlich mannigfaltig und oft schwer zu ergründen sind. Die beiden Schienen eines Gleises verhalten sich oft ganz verschieden, besonders bei eingleisigem Betriebe. So schwierig die klare Erkenntnis der Ursache in einzelnen Fällen auch ist, eines steht fest, dass die Wanderung eine der größten Gefahren für ein seitliches Ausweichen der Gleise (Verwerfungen) bildet, wenn nämlich die Ausdehnungslücken über eine größere Strecke durch Wanderung sich schließen und hierzu dann noch eine starke — aber behinderte — Temperaturexpansion tritt. Hierüber soll weiter unten noch einiges ausgeführt sein.

Die Feststellung, ob die Wanderung der Schienen bzw. des Gleises bei geschweiften Langschienen verhindert oder wenigstens vermindert wird, ist von höchster Wichtigkeit, weil gerade die Wanderungen die größte Gefahr für Verwerfungen bilden und weil es von diesen Wanderungen zum guten Teil abhängt, ob Schweißungen der freien Strecke überhaupt ohne Betriebsgefahr zugelassen werden können.

Von den vorgenannten Ursachen der Wanderung scheidet bei geschweiften langen Strecken die Schläge auf die aufnehmenden Schienen aus, alle anderen Ursachen bleiben unverändert bestehen. Um das Maß der Wirkung der Stofs schläge wird daher allgemein die Wanderung in geschweiften Strecken geringer sein als in gewöhnlichen Gleisstrecken. Dieses Maß wird relativ erheblich sein in Strecken, in denen keine Bremsung stattfindet, wesentlich geringer aber in Bremsstrecken, da hier die Wirkung der Bremsung auf die Wanderung überwiegt.

Die einzelnen Anteile rechnermäÙig festzustellen, ist bei der Verwickeltheit der Wanderursachen nicht leicht möglich, ein Ziel der weiteren experimentellen Forschung, wird aber sein, festzustellen, wie groß eben in normalen Zuggleisen für verschiedene lange Strecken der Wanderschub bzw. die Wanderung tatsächlich innerhalb gewisser Zeiträume wird und zwar einerseits in Bremsstrecken, andererseits in nicht gebremsten Strecken.

Auf diese Weise läÙt sich wohl ein brauchbarer Maßstab finden für die Größe der Wanderung verschiedener Oberbauarten und Längen für Brems- und Nichtbremsstrecken. Damit ist den Beamten der Gleisunterhaltung ein Mittel an die Hand gegeben, doch einigermaßen sich darüber Aufschluß zu geben, welche Schienenbewegung auf Wanderung und welche auf Temperatur-Ausdehnung zurückzuführen und wann der Zeitpunkt gekommen ist, um schädliche Wirkungen der Wanderung durch Zurückziehen der Schienen zu verhindern.

#### Gleis-Verwerfungen.

Im nachfolgenden soll noch die Gefahr der Verwerfungen bei Schweißstrecken erörtert werden. Diese Gefahr erscheint den meisten Fachleuten als ausschlaggebend, um von vornherein Schienenschweißungen auf freier Strecke grundsätzlich abzulehnen.

Sie sagen, daß, wenn die freie Bewegung der Schienen, wie sie jetzt in den Laschenkammern bei normalem Anziehen der Laschenschrauben stets möglich ist, verhindert wird, die Schienen derart ungeheuren axialen Druck erleiden müÙten, daß sie explosiv sich nach der Seite Luft machen werden.

Um hier klar zu sehen, ist es notwendig, die Voraussetzungen für Verwerfungen, ihre Ursachen und die hierbei auftretenden Kräfte und Widerstände des näheren zu untersuchen.

Ich weiß freilich, daß ich mich dabei auf ein noch wenig durchforschtes Gebiet begeben und daß es außerordentliche Schwierigkeiten bietet, um zu exakten Ergebnissen zu kommen. Immerhin soll das erörtert werden, was über Verwerfungen bekannt ist und inwieweit durch experimentelle Versuche eine Grundlage für eine rechnerische Verfolgung der Vorgänge möglich erscheint.

Über Gleisverwerfungen ist im allgemeinen nur bekannt, daß sie meist nur bei Gleisen aufgetreten sind, die entweder in der Bettung aus Unterhaltungsgründen freigelegt (ausgekoffert) werden mußten oder die bei Neubauten noch nicht genügend eingebettet waren. Aber auch Gleisverwerfungen voll eingebetteter Gleise sind bisher schon — wenn auch selten — vorgekommen und mir bekannt geworden, wenn auch im technischen Schrifttum darüber nichts zu finden ist.

Es ist ferner wohl als feststehend und durch die Praxis als erhärtet zu betrachten, daß Verwerfungen nur dann aufgetreten sind, wenn der Unterhaltungszustand eines Gleises mangelhaft war, wenn also die Temperaturlücken eines Gleises infolge Wanderung auf längere Strecken geschlossen waren oder die Laschenschrauben infolge zu strammen Anziehens die Längenausdehnung der Schienen verhinderten, bei abnormen Wärmegraden also ganz unzulässig hoher Druck in den Schienen auftreten mußte.

Gleisverwerfungen haben also bisher in den meisten Fällen zur Voraussetzung gehabt, daß die Schwellen ganz oder teilweise

frei lagen und ferner gleichzeitig, daß die Temperaturlängenänderung behindert war.

Es kann nicht Wunder nehmen, wenn unter solchen Umständen der geringe seitliche Widerstand, den die Schwellen in der bloßgelegten Bettung finden, durch den außerordentlich hohen axialen Druck in den Schienen, deren Knickfestigkeit ja bei größerer Länge des Gleises der eines Stahldrahtes zu vergleichen ist, mühelos überwunden wird und plötzlich ein Gleis mit einem Ruck die bekannte Schlangenlinie zeigt, auf der jeder Zug entgleisen muß.

Es ist aber immerhin bemerkenswert und beruhigend, daß der seitliche Widerstand eines eingefüllten Gleises bei den bisherigen Schienenlängen und den hieraus sich ergebenden Druckspannungen, die bei schlechtem Unterhaltungszustand doch auch heute schon eine ungewöhnliche Höhe erreichen konnten, bisher im allgemeinen genügt hat, um Verwerfungen hintanzuhalten, daß also der nicht allzuhohe seitliche Gleiswiderstand genügt, um ein Ausknicken der Schienen nicht aufkommen zu lassen und mindestens den Gleichgewichtszustand zu erhalten.

Es wird daher für die Erforschung der Gleisverwerfungen in erster Linie notwendig, experimentell den Widerstand festzustellen, den die verschiedenen Oberbauarten in den verschiedenen Bettungen (mit und ohne Verfüllung) einer seitlichen Verschiebung (bei Doppelbahnen nach außen!) entgegenzusetzen, andererseits aber rechnerisch zu ergründen, welche seitlichen Kräfte bei Beginn der Knickung von Langschienen in Geraden und Kurven auftreten können.

So einfach sich die experimentelle Feststellung der seitlichen Widerstandskraft eines Gleises gestaltet, so schwierig ist die rechnerische Ermittlung des auftretenden Seitenschubs von Langschienen.

Zunächst soll dieser für Kurven untersucht werden.

Wenn  $A$  die axiale Spannung einer Schiene ist,

$R$  = Bogenhalbmesser,

$l$  = Bogenlänge,

$p$  = Widerstandskraft des lfd. m Schiene gegen

Ausknicken des Bogens und  $P = p \cdot l$ , so ergibt sich, wenn die halbe Bogenlänge gleich der halben Sehnenlänge gesetzt wird, aus Textabb. 4 die Beziehung:

$$\frac{l}{R} = \frac{P}{A} = \frac{p \cdot l}{A} \text{ oder } p = \frac{A}{R},$$

d. h. die auftretende seitliche Kraft  $p$  ist proportional dem axialen Schub in den Schienen und umgekehrt proportional dem Halbmesser.

Rein theoretisch würde also bei  $R = \infty$  (d. h. in der Geraden)  $p = 0$  werden, also kein seitlicher Schub auftreten. Daß dies der Wirklichkeit nicht entspricht, ist klar und gerade der seitliche Schub in der Geraden interessiert uns am meisten, weil er auch am gefährlichsten ist, da die Schienen in der Kurve viel ungefährlicher nach außen ausweichen können als ein gerades Gleis, das eine Schlangenlinie bildet — also unweigerlich zu Entgleisungen Anlaß geben muß.

Man versucht, der Antwort dadurch nahe zu kommen, daß man berechnet, wie groß die seitlichen Kräfte  $p$  werden bei verschiedenen Kurven und hieraus auf die Gerade schließt und annimmt, daß dort keinesfalls größere seitliche Kräfte auftreten können. Inwieweit dies richtig ist, soll weiter unten untersucht werden.

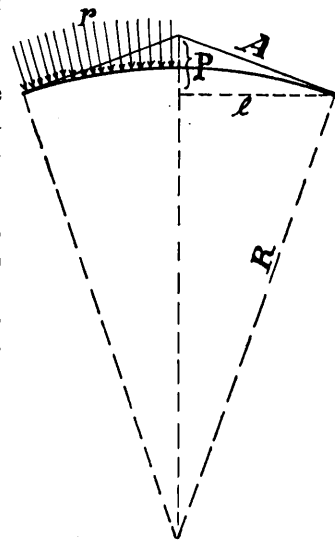


Abb. 4.

Zunächst soll die seitliche Kraft für verschiedene Halbmesser (1000 m und 500 m) und für den nach dem obigen im ungünstigsten Falle zu erwartenden axialen Schub von  $1090 \text{ kg/m}^2$  berechnet werden für eine Schiene von  $56 \text{ cm}^2$  (bayerische Form X) bei  $+30^\circ \text{ C}$ .

Wenn  $R = 1000 \text{ m}$  und  $A = 56 \cdot 1090 = 61000 \text{ kg}$ ,

$$\text{wird } p = \frac{A}{R} = \frac{61000}{1000} = 61 \text{ kg/m und für beide Schienen } 122 \text{ kg m,}$$

d. h. auf den lfd. m drückt das im Halbmesser von 1000 m liegende Gleis mit 122 kg nach auswärts.

Wenn  $R = 500 \text{ m}$  und  $A = 61000 \text{ kg}$ ,

$$\text{wird } p = \frac{61000}{500} = 122 \text{ kg/m und für beide Schienen } 244 \text{ kg/m.}$$

Das ist nun zweifellos keine erschreckend hohe Seitenkraft und es ist anzunehmen, daß ein eingefülltes Gleis dem Seitenschub von 244 kg/m leicht Stand hält. Versuche müssen dies bestätigen.

Es wäre aber ganz falsch, anzunehmen, daß mit dieser rein theoretischen Erörterung die bei Gleisverwerfungen auftretenden Seitenkräfte sämtlich berücksichtigt sind (Fliehkraft der Fahrzeuge usw.) oder gar anzunehmen, daß, wenn bei Kurven so geringe Seitenkräfte auftreten, dann bei Geraden noch geringere wirken, die Gefahr der Verwerfung also sehr gering sei.

Schon der Umstand, daß Gleisverwerfungen häufiger in Geraden und unter oder bzw. unmittelbar vor den Zügen auftreten, gibt einen Fingerzeig, daß die durch die dynamischen Wirkungen der Fahrzeuge entstehenden starken Seitenkräfte nicht unberücksichtigt bleiben dürfen, und daß diese vielleicht sogar als ausschlaggebend für die Verwerfungen angesehen werden müssen.

Schon Max Maria von Weber (1822 bis 1881, Sohn des Tondichters C. Maria von Weber), der ein hochbedeutender Eisenbahnfachmann war, hat ausgedehnte Versuche über den seitlichen Widerstand der Gleise angestellt und veröffentlicht (»Stabilität des Gefüges der Eisenbahngleise«), indem er hydraulische Pressen an die Schwellenköpfe ansetzte und den Widerstand maß, und zwar sowohl bei unbelastetem wie belastetem Gleis, sowie an Schwellen allein (ohne Schienen).

Er kam zu dem Ergebnis, daß unbelastete, an den Schwellenköpfen freie Gleise einen auffallend geringen seitlichen Widerstand leisten, viel kleiner als die seitliche Kraft, die die Lokomotiven damals ausübten.

Er stampfte nun die Schwellenköpfe mit gutem Bettungsstoff ein und fand dann, daß die Zunahme des Widerstandes sehr gering war und nicht im Verhältnis zu den Kosten stand.

Das gleiche Ergebnis hatte er mit Vorschlagpfählen an den Schwellenköpfen.

Bei belastetem Gleis ergab sich, daß die seitliche Widerstandsfähigkeit direkt proportional der Belastung zunahm.

Unter den neueren theoretischen Untersuchungen über die verwickelten Vorgänge bei der seitlichen Beanspruchung eines Gleises erwähnt Bräuning die Untersuchungen Bödeckers, nach denen das vordere äußere Vorderrad einer älteren dreiaxigen steifen Lokomotive mit der Radlast P in den stärksten Krümmungen bis zu  $0,6 P$ , dann die Versuche von Fuchs und Wöhler, nach denen dieses Rad bis zu  $0,67 P$  nach außen drückt.

Ferner erwähnt er die Versuche über die Standfestigkeit der Schienen in der Zeitschrift für Bauwesen, 1892, Seite 247.

Bräuning kommt zu dem Schluss, daß im freien Betriebsgleis bei ordnungsgemäßem Gleiszustand, sicherer Schienenlage

und angemessener Gleisunterhaltung die im Gleis wirkenden Querkräfte selbst in scharfen Bogen nicht ausreichen, die Standsicherheit der Breitfußschienen zu gefährden, daß sie dagegen in sehr scharfen Bogen unter besonders ungünstigen Bedingungen imstande sind, den Spurkranz auf die Außenschiene zu heben, weshalb man in neuerer Zeit zur Schutzeinrichtung der Leitschienen gegriffen hat.

Aus der starken seitlichen Beanspruchung dieser Leitschienen, durch die auch der Fahrwiderstand bedeutend erhöht wird, schließt Bräuning auf einen Seitenschub der Achsen von 4000 kg.

Dies entspricht etwa  $\frac{1}{4}$  unserer heutigen Achslasten oder 0,5 der Radlast. Diese seitlichen Kräfte sind also bedeutend größer als die durch die Temperaturendeckung der Schienen entstehenden Seitenkräfte und können für den lfd. m auf  $\frac{4000}{4}$  bis  $\frac{4000}{2} = 1000-2000 \text{ kg/m}$  angenommen werden.

Hierzu kommt ferner noch die Fliehkraft in gekrümmten Gleisen, die ebenfalls für sich einen wesentlich größeren Wert erreicht als die Seitenkraft durch Temperaturendeckung.

Unbekannt ist heute, welchen Widerstand ein modernes Gleis gegen diese äußeren seitlichen Kräfte leistet.

Fest steht, daß eingefüllte belastete Gleise bei der heutigen Gleisanordnung infolge der starken Reibung zwischen Schwellen und Schotter gegen Verwerfungen am besten gesichert sind, ferner, daß eingefüllte nicht belastete Gleise im allgemeinen noch, wenn nicht ganz außergewöhnliche Unbeweglichkeit der Stöße infolge mangelhafter Unterhaltung vorliegt, den auftretenden Querkräften einen genügenden Widerstand entgegensetzen, daß aber nicht eingefüllte unbelastete Gleise — wie dies mit Rücksicht auf die oben berechneten Axial- und Querkräfte nicht anders zu erwarten ist — bei hohen Wärmegraden und unbeweglichen Stößen seitlich ausweichen und, wenn sie befahren werden, infolge der dynamischen Querkräfte vor den Radlasten verschoben und verworfen werden können.

Die experimentelle Untersuchung müßte daher als Grundlage für die Beurteilung der Ungefährlichkeit der Schienenschweifung auf der freien Strecke hauptsächlich zu ergründen suchen, wie groß der Widerstand ist, den eingefüllte normale Gleise der freien Strecke einer seitlichen Verschiebung entgegensetzen und zwar vor allem in unbelastetem Zustande, da stets die vor der Lokomotive liegende unbelastete Strecke zuerst ausknicken wird. Diesen Widerstand auch bei belasteten Gleisen festzustellen, halte ich — abgesehen von der Schwierigkeit der Ausführung — nicht für nötig, da ein Ausknicken eines Gleises unter der Lokomotivlast als ausgeschlossen gelten kann. Entgleisungen werden stets dadurch entstehen, daß die Lokomotive in das bereits verworfene oder bzw. das sich eben verwerfende Gleis hineinfährt.

Es ist mir kein Fall bekannt geworden, daß eine Gleisverwerfung unter einem Zug entstanden ist, daß also die belasteten Schwellen sich seitlich verschoben hätten, dagegen sind mir genug Fälle bekannt, daß unmittelbar vor dem Zug und durch dessen dynamischen Wirkungen veranlaßt, ein Gleis sich verworfen hat.

Zur Erforschung der Verwerfungen wäre es von höchster Wichtigkeit, wenn durch eine amtliche Erhebung alle bisher bekannten und vor allem alle künftigen Verwerfungen in ihrem Verlauf und ihren mutmaßlichen Ursachen, so weit möglich, geklärt würden. Bisher hat man sich im allgemeinen mit der Kenntnis der Tatsache einer Verwerfung begnügt und die meist nicht einwandfreien Unterhaltungsverhältnisse raschestens verschwinden lassen. Zu einer Erforschung aller Einzelheiten bestand kaum ein Anlaß.

Aber auch wenn der Nachweis erbracht wird, daß Gleisverwerfungen nicht ohne weiteres und nicht mehr wie bisher zu fürchten sein werden, wird eine besonders sorgfältige Unterhaltung und Beobachtung der Langschienenstöße notwendig bleiben, um den Gefahren, die aus Wanderung und Temperaturausdehnung und Zusammenziehung (Abscheeren der Laschenbolzen im Winter) entstehen, rechtzeitig zu begegnen. Geschweißte Langschienen, vor allem der freien Strecke, werden die Gleiswirte vor ganz neue Aufgaben stellen und die Beobachtung und Unterhaltung der Schweisstöße und der Stößlücken wird wesentlich höhere Anforderungen an die Unterhaltungsbeamten stellen als dies bisher der Fall war.

Schließlich soll hier noch ein weiterer Einwand Erwähnung finden, der gegen die Schweisung von Langschienen vielfach geltend gemacht wird. Er liegt allerdings auf einem anderen Gebiete als die vorbehandelten Kräftewirkungen.

Es ist der angeblich erschwerte Ausbau der Schienen, die schwierige Auswechslung beschädigter Schienen, der Transport bei Wiederverwendung ausgebaute Langschienen.

Diese Bemängelungen sind nicht von der Hand zu weisen, aber sie dürfen gegenüber den wirtschaftlichen Vorteilen der Schienenschweisung im Hinblick auf die leichte Trennung durch autogenes Zerschneiden nicht überschätzt werden. (Siehe auch Organ 1925, Heft 22). Meines Erachtens kann sogar ein Verladen und ein Transport von Langschienen ins Auge gefasst werden, wenn hierfür entsprechend eingerichtete Spezialwagen und Hebezeuge zur Verfügung stehen. Jedenfalls spielt diese Frage der Wiederverwendung der Langschienen nur eine untergeordnete Rolle in dem ganzen Fragenbereich.

#### Kosten und Wirtschaftlichkeit der Schweisung.

Schließlich sollen noch die Kosten der Schweisung und die wirtschaftlichen Erfolge näher erörtert werden.

Eisenbahnmann Kranz hat für die besonders schwierige ausführende Schweisung im Schlüchtern Tunnel einen Mehraufwand gegenüber dem Laschenstofs von 47,10  $\mathcal{M}$  auf einen Schienenstofs errechnet.

Bei den Schweisungen im Rangierbahnhof Nürnberg betragen die Kosten auf einen Schienenstofs abzüglich der Ersparnisse für Schwellen und Kleineisen 8 bis 12,50  $\mathcal{M}$  je nach der Schienenform. Eine weitere Verbilligung ist möglich.

Diesem Mehraufwand steht als Ersparnis im Betriebe gegenüber:

1. Der Wegfall der Unterhaltung der vielen Stöße, die bekanntlich die meiste Arbeit in der Bahnunterhaltung erfordern, infolge gleichmäßiger Belastung der Bettung und des Untergrundes;
2. die größere Schonung des Gleises und der Fahrzeuge. Die Unterhaltungskosten der letzteren dürften wesentlich geringer werden;
3. Verminderung der Zugwiderstände.

Wenn auch diese wirtschaftlichen Vorteile in ihrer rechtmäßigen Größe heute noch schwierig zu erfassen sind, so dürfte doch ohne weiteres anzunehmen sein, daß sie so groß sind, daß die Mehrausgaben für die Schweisung (auf ein km Gleis bei 15 m langen Schienen und 60 m Langschienen rund 1000 bis 1200  $\mathcal{M}$ ) in kürzester Frist (meines Erachtens schon in wenigen Jahren) wieder eingespart werden.

#### Schlussfolgerung.

Es ist nach dem Ergebnis meiner vorstehenden Untersuchungen und Erörterungen durchaus zu verstehen, wenn

die Hauptverwaltung den Schienenschweisungen auf der freien Strecke noch sehr zurückhaltend gegenübersteht. Ich halte es auch für den größten Schaden, wenn in dieser für die Zukunft unserer Eisenbahngleise so überaus wichtigen, ja umwälzenden Frage etwa übereilt vorgegangen würde und durch einen hieraus sich ergebenden Fehlschlag — ganz abgesehen von der Verantwortung bei einem Unfall — die an sich höchst beachtenswerte Sache mit einem Schlage gefährdet würde.

Aber eines steht fest, daß die bisherigen Bedenken gegen die Schienenschweisung besonders gegen die Haltbarkeit der Stöße auf Grund von Ätzproben und mikroskopischen Untersuchungen heute schon großenteils überwunden sind und durch die stetige Vervollkommnung des Schweisverfahrens sicher ganz beseitigt werden dürften.

Die im Rangierbahnhof Nürnberg nunmehr fast  $1\frac{1}{2}$  Jahre liegenden 186 Stück Schweisstöße, die bisher nicht die geringsten Beschädigungen aufweisen, sprechen hierfür.

Wenn nun auch die Schienenschweisung bei dem heutigen Stande der Erkenntnis und Forschung für die freie Strecke noch als verfrüht bezeichnet werden muß, so ist sie doch heute schon in ausgedehntestem Maße zu empfehlen für die schon eingangs erwähnten Fälle (Schienen in Tunneln und auf Eisenbahnbrücken, Übergangsstöße, Anschluß von Herzstücken an die Anschlußschienen, Ablaufgleise in Rangierbahnhöfen, Laufkränze von Drehscheiben, Schiebepöhlengleise usw.) und es werden sich hieraus wesentliche technische wirtschaftliche Vorteile mit Sicherheit ergeben.

Dieses Feld der Tätigkeit ist zunächst auch so groß, daß eine geraume Zeit darüber vergehen wird, bis man an neue größere Aufgaben, vor allem an die Schienenschweisung der freien Strecke herangehen kann.

Möge es inzwischen gelingen, die noch fehlenden Versuche bezüglich des inneren Widerstandes der Gleise gegen Verschiebung in der Längs- und Seitenrichtung und die Kräftewirkung bei Gleisverwerfungen mit Erfolg durchzuführen und durch weitere Forschungsarbeit aller für den Fortschritt unserer Eisenbahngleise interessierten Gleiswirte volle Klarheit in all diese Vorgänge zu bringen und so eine sichere Grundlage für die Beurteilung von Wirkung und Gegenwirkung der geschweißten Gleise der freien Strecke zu schaffen — vor allem aber endgültig die Frage zu klären, ob eine Schweisung langer Strecken von 500 und 1000 m mit Ausziehstößen möglich ist oder ob kurze Strecken etwa bis 60 m unter Beibehaltung der bisherigen Laschenverbindung (also unter Zulassung von Druck- und Zugspannungen, je zur Hälfte) vorzuziehen sind.

Ebenso müßte geklärt werden ob bei der Schweisung sehr langer Strecken von 500 und 1000 m nicht eine möglichst lockere Verbindung zwischen Schienen und Schwellen, die der Ausdehnung der Schienen keinen allzugroßen Widerstand entgegengesetzt und bei der von vornherein auf den Haftwiderstand der Schwellen teilweise verzichtet wird, die Lösung bedeutet.

Für die Beurteilung dieser Frage ist zuletzt auch noch erwähnenswert, daß durch Schutz der Schienen gegen unmittelbare volle Sonnenbestrahlung, wie dies auf den Linien der schon oben erwähnten Rheinischen Bahngesellschaft in Düsseldorf mit bestem Erfolg durch Einbetten der Schienen in Kesselasche durchgeführt wurde (Schienen beiderseits auf 20 cm Breite in Asche bis zum Kopf eingebettet), eine wesentlich günstigere Grundlage für die Verschweisung langer Strecken geschaffen werden kann, wenn auch die erschwerte Zugänglichkeit der Bestimmungsmittel nicht gerade wünschenswert erscheint.

## Zur Geschichte der Steilweichen.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. Bäseler, München.

Hierzu Tafel 4.

Über die Steilweichen liegen neuerdings zwei Aufsätze von dritter Seite vor, nämlich von Niemann »Verbesserung von Weichenfahrwegen« \*) und von Marek »Verkürzte Kreuzungsweichen« \*\*).

(Vergleiche auch Miller: »Der Ausstellungsbahnhof auf der deutschen Verkehrsausstellung München 1925«. Zt. d. V. d. E. v. 1925, Nr. 36.)

Die Aufsätze geben mir in einigen Punkten Veranlassung zu Bemerkungen, zu denen ich mich um so mehr gedrängt fühle, als ich wohl weiß, daß in ihnen die Meinung vieler Fachgenossen zum Ausdruck kommt. Meine Ansichten werden für manche vielleicht etwas Überraschendes haben; ich bitte die Verfasser überzeugt zu sein, daß ich ihre Meinung auch da verstehe, wo sie Kritik enthält, da ich früher von den gleichen Voraussetzungen ausgegangen bin, und sie durchaus begrüße, da der ganze Fortschritt davon abhängt, daß diese Dinge in möglichster Öffentlichkeit erörtert werden.

Niemanns Ergebnisse sind sehr bemerkenswert. Endlich greift ein Mann der Praxis die Frage frisch an, macht eine Reihe von Versuchen und — über den Erfolg brauche ich wohl nichts hinzuzufügen.

Es ist ja leider so, daß bei unserer großen Verwaltung ein neuer Gedanke — selbst bei gutem Willen auf allen Seiten — ein kleines Menschenalter braucht, um sich durchzusetzen. (Das liegt an der Größe und ist schwer zu ändern: bei Industriekonzernen ist es oft noch viel schlimmer.) Wo tatkräftige Männer sind, geht es trotzdem schneller; Beispiele sind Magdeburg und München, wo der von Miller geschaffene Lebensmittelbahnhof seit einigen Monaten mit bestem Erfolg in Betrieb ist; Textabb. 1 zeigt die große verkürzte Weichenstrafse mit 8 hintereinanderliegenden steilen Kreuzungsweichen; Textabb. 2 zeigt eine steile Kreuzungsweiche in Verbindung mit einer einfachen Steilweiche.

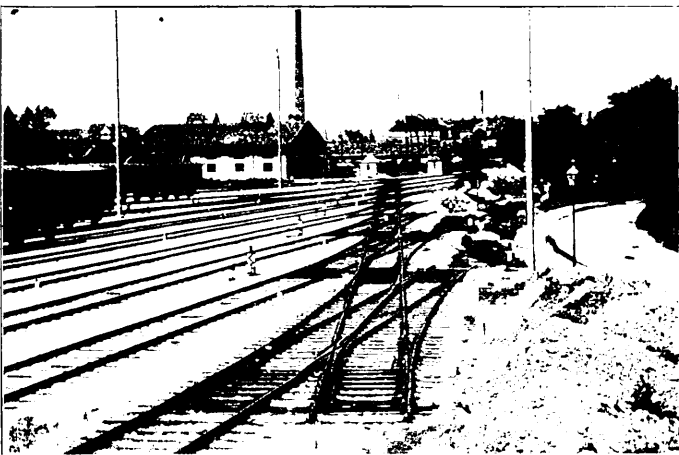


Abb. 1.

Steile Kreuzungsweiche im Lebensmittelbahnhof München.

Wenn ein einzelner einen weittragenden Plan hat, aber nicht die Mittel zur Durchführung, so bleibt ihm nichts anderes übrig, als zunächst eine Teillösung zu schaffen, die seinen Kräften eben erreichbar ist. Man muß dann später die klar vorausgesehene Wirkung erleben, daß an dieser Erstlingslösung allerhand ausgesetzt wird. Der Kritiker unterscheidet nicht zwischen dem, was innerlich ungekonnt, und dem, was aus äußerer Beschränkung unerreichbar war. Es ist das ja auch für ihn sehr schwer und erfordert eingehende

\*) Verkehrstechn. Woche 1926, Heft 23 und 24.

\*\*) Organ für die Fortschr. d. Eis.-Wes. 1926, Heft 12.

persönliche Unterrichtung; trotzdem sollten wir uns mehr daran gewöhnen; in Kunst und Literatur ist solche Betrachtungsweise viel häufiger.

Ich will nachstehend den Entwicklungsgang der Steilweichen schildern und dabei den Schleier von manchen Zusammenhängen ziehen, die bisher verborgen waren, zum Teil absichtlich, um keine Verwirrung anzurichten. Dabei möchte ich zugleich einer tieferen und weiteren Auffassung der Weichenfrage den Weg ebnen.

Ich selbst kam auf das Problem im Jahre 1911 durch den zwangsläufigen Ablauf, denn ich brauchte dazu eine steile Randweichenstrafse. Mir schoß der Gedanke auf, eine Art fort-

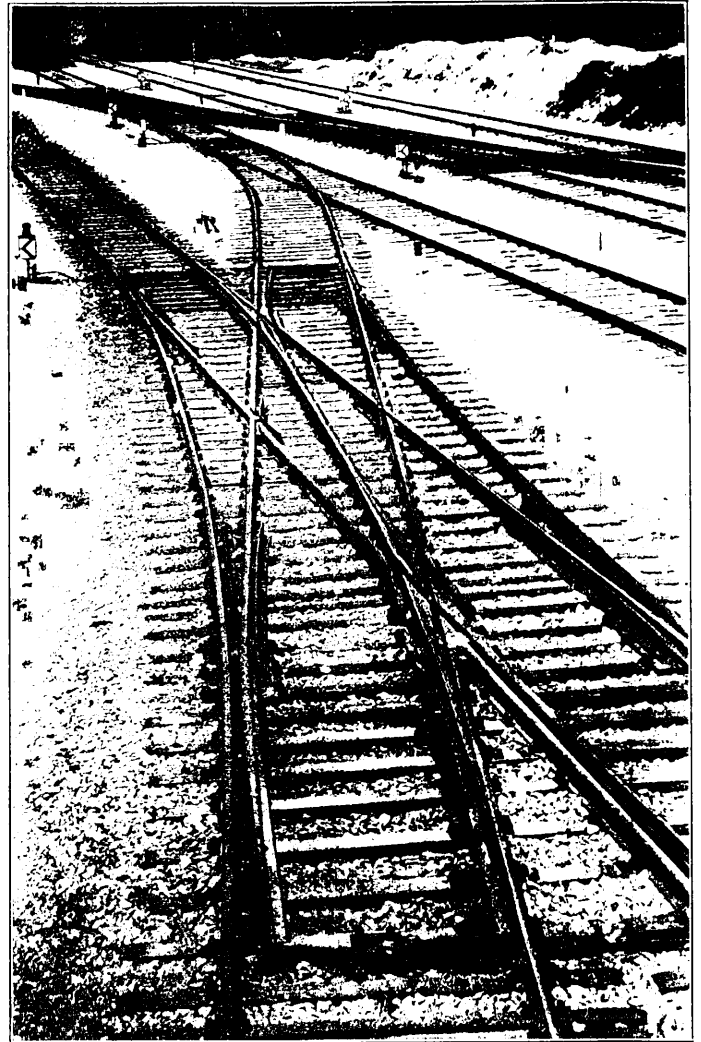


Abb. 2. Steile Kreuzungsweiche in Verbindung mit einfacher Steilweiche im Lebensmittelbahnhof München.

gesetzte Doppelweiche zu bilden, wie es ja auch geworden ist. Ich merkte sehr bald, daß nur etwas dabei herauskam, wenn man die Gleise gekrümmt durch das Herzstück führte: sonst trennen sie sich nicht schnell genug. Die ersten derartigen Zeichnungen machte ich 1912 und 1913.

Durch den Krieg wurden die Arbeiten unterbrochen und konnten erst 1917 wieder aufgenommen werden. Es entwickelten sich die drei Grundformen der Weichenreihen: Die zweiseitige gerade, die einseitige gekrümmte und einseitige gerade. Es sind die 1917\*) im »Organ« veröffentlichten Zeichnungen.

\*) »Verkürzte Weichenstrafsen«. 21. Heft.

1918\*) erschienen die ersten zusammenhängenden Gleispläne mit Steilweichen.

Dafs hierbei am Herzstück Schwierigkeiten auftreten, war mir wohl bewußt. Aber ich wußte aus Beispielen, vor allem der preussischen einseitigen Doppelweiche 1:10, die mit einem langen 180er Bogen durch das Herzstück geht, dafs gekrümmte Herzstücke grundsätzlich möglich waren. Von Gefahren hatte ich nie etwas gehört. In der Tat treten ja auch, wie Vogel dann feststellte, Entgleisungen nicht auf, wohl aber Verletzungen des Herzstücks. Einstweilen störte mich das nicht. Ich sah mehr auf die dahinter liegenden Ziele. Später machte Vogel die nötigen Verbesserungen.

Von dem durchgehenden Bogen bei den Weichenreihen war es ein kleiner Sprung, gewissermaßen rückwärts, zur einfachen Weiche mit durchgehender Krümmung. Dafs auch damit praktisch viel zu machen war, lag auf der Hand. Die Frage schien mir aber so einfach, dafs sie keinen Reiz hatte. Ich habe sie immer nur kurz gestreift; hier lag der Schwerpunkt bei den Praktikern. Was dabei herauskommt, zeigt Niemanns Aufsatz, der sich vor allem mit dieser Seite der Steilweichen beschäftigt. Übrigens hat mancher von uns im Felde, und auch schon früher manche Verwaltung und mancher Bahnmeister, sich, so gut es ging, »Steilweichen« geformt; nur genehmigt waren sie nicht, namentlich nicht in Preußen. Schwarz\*\*) und Vogel\*\*\*) haben später die Frage ausführlich behandelt, und die einfache Steilweiche ist dann auch viel schneller von der Fachwelt aufgenommen worden, als die anderen Formen, weil sie dem allgemeinen Bewußtsein, das vom Vorhandenen ausgeht, ungleich näher liegt. Die Anfänge liegen bei Vogel auch schon weiter zurück, ebenso vermutlich bei Schwarz. Sehr wesentliches baute und plante in dieser Hinsicht schon früh die württembergische Verwaltung, wovon aber leider wenig in die Öffentlichkeit gedrungen ist.

Was sich mir hingegen sofort als Aufgabe darstellte, war die Kreuzungsweiche. Wenn wir mit den steilen Weichen im großen etwas anfangen wollten, brauchten wir unbedingt die zugehörige Kreuzungsweiche. Vermutlich war das überhaupt der Grund, warum frühere Ansätze zu steilen Weichen niemals dauernde Form gewonnen hatten.

Schwarz hat sich diese Frage auch vorgelegt und kam zu der Form der Abb. 1, Taf. 4. Man legt in dem einen Strang beiderseits eine durchgehende Krümmung an das Kreuzungsviereck. Die Weiche ist einzeln für manche Fälle sehr nützlich, ja sogar unentbehrlich und ist auch in Vogels Weichenprogramm aufgenommen. Aber in durchgehenden Strafen? Schwarz hat allen Ernstes vorgeschlagen, mehrere solche Weichen hintereinander zu legen, wobei eine Schlängelinie herauskommt (Abb. 2, Taf. 4). Wer würde das wirklich ausführen? Und dabei ist die durchschnittliche Neigung der Weichenstrasse gar nicht einmal merklich größer als die der gewöhnlichen, weil immer wieder in die flache Neigung zurückgebogen wird. — Auf diese Lösung kam ich natürlich auch sofort, habe mich aber nicht dabei aufgehalten. Ich suchte nach der steilen Kreuzungsweiche.

Das Gerippe war sofort da, es war die zweischienige Weiche, wie sie später Vögele ausgebildet hat (siehe z. B. Niemanns Abb. Nr. 18). Aber sie entsprach den Anforderungen nicht, die ich stellte. Die Weiche hatte übergroße, kaum anwendbare Anfallwinkel an den Zungen oder wurde so flach (1:7), dafs sie keinen Vorteil mehr bot.

Alles paßte: es war gerade noch möglich, in dem beschränkten Raum, der zur Verfügung stand, auch bei genügend steilen Neigungen (1:5,5 bis 1:6,5) den Bogen unterzubringen, wenn

man von ihm die übliche Überschneidungslänge abschnitt und Zungenspitze an Zungenspitze legte; es war, als ob der — hier schlechthin entscheidende — Gleisabstand von 4,5 m gerade darauf bemessen sei, es noch eben möglich zu machen; nur in der Mitte, wo jetzt die eine Schiene liegt, wollten sich die Linien nicht fügen; die beiden Schienen waren nicht aneinander vorbei zu bringen.

Endlich kam ich auf die Lösung der einen Schiene; sie gab gerade so viel Raum, als nötig war, und war auch genügend einfach herstellbar. An den Enden, wo sie in zwei Schienen auseinanderläuft, gab es eine Überschneidung, aber was lag daran? Es war nichts anderes als an jeder Zunge, und ich gewann noch etwas Raum dadurch.

Freilich, die Lösung war sehr ungewöhnlich. Ich verhehlte mir nicht, dafs sie schweren Widerständen begegnen würde, hatte ich doch in mir selbst damit zu kämpfen. Es war ein Widerstreit zwischen Vernunft und überlieferter Form; zuletzt mußte jene siegen. Diese Auseinandersetzung muß jeder einmal vollziehen, der sich mit der Frage ernstlich beschäftigt. Die Allgemeinheit, die dazu keine Zeit hat, wird sich einfach daran gewöhnen, wie sie sich bei den bestehenden Weichen an viel schlimmere Dinge gewöhnt hat, an das Herzstück, an die Zunge — einen sehr heiklen Bauteil — und an die Überschneidung, an diese so sehr, dafs die meisten gar nicht wissen, dafs an der Zungenspitze ein Knick ist.

Niemann, der so warm für die Steilweichen eintritt, läßt gegen die Kreuzungsweiche noch eine deutliche Zurückhaltung erkennen, und Marek findet, bei grundsätzlicher Anerkennung ihrer Vorzüge, mancherlei an ihr auszusetzen, vor allem die Knicke und die gemeinsame Mittelschiene, bei der er Stufenbildung bei einseitigem Fahren befürchtet. Er wendet sich daher lieber der zweischienigen Form zu, versieht sie mit flachen Zungenanfallwinkeln, wobei notwendig die Neigung sehr flach wird (1:7), und findet dann, dafs die Weiche der mit gleichen Elementen möglichen gewöhnlichen Weiche 1:8,5 gegenüber keine rechten Vorteile mehr bietet.

Ganz recht! Das ist ein Schluß, den ich bei dem Entwurf der Kreuzungsweiche unzählige Male gezogen habe, um ebenso oft wieder umzukehren. Denn es ist ein verhängnisvoller »circulus vitiosus«. Weil man mit so flachen Winkeln nichts gewinnt, und weil die zwei Schienen notwendig dazu führen, deshalb muß man die eine Schiene und bis zu einem gewissen Grade auch die Knicke nehmen, es sei denn, dafs sie wirklich solche Nachteile hätten, dafs sie die Weiche gefährlich oder doch gegenüber unserer jetzigen sehr unterlegen machten.

Dafs das nicht der Fall ist, möchte ich jetzt im einzelnen zeigen. Zunächst die eine Schiene. Zugegeben: Die Stufenbildung kann eintreten. Aber das würde doch zunächst nur beweisen, dafs man die Weiche nicht da verwenden sollte, wo auf dem einen Gleis sehr viel mehr gefahren wird, als auf dem anderen. Aber noch mehr: An jeder Zungenvorrichtung und jedem Herzstück tritt bei einseitigem Fahren die Stufenbildung auf. Also sind alle Weichen schlecht? Oder soll der Fehler der steilen Kreuzungsweiche darin liegen, dafs sie von solchen Stellen mehr enthält, etwa so viel wie zwei andere? Wir scheuen doch auch zwei hintereinanderliegende, gewöhnliche, einseitig befahrene Weichen nicht; in den Hauptgleisen liegen sie zu Hunderten. Man darf nicht vergessen, dafs bei Gleisentwicklungen die einfachen Weichen und einfachen Kreuzungsweichen bei weitem überwiegen. Wie wenig zahlreich sind vergleichsweise die doppelten Kreuzungsweichen? Und nur bei ihnen kann eine vermehrte Stufenbildung eintreten, und auch nur dann, wenn sie einseitig befahren werden. Überdies, macht es uns heute wohl Schwierigkeiten, für die Mittelschiene verschleißfesteren Stahl zu nehmen? Dann ist doch alles beseitigt.

Ist denn das nicht eine Unterfrage, die höchstens auf den Preis — in der Anschaffung oder Unterhaltung — etwas aus-

\*) „Die Anpassungsfähigkeit von Weichenreihen“. Z. d. V. D. E. V. 1918, Nr. 32.

\*\*) Z. d. B. 1920, Nr. 19.

\*\*\*) Z. d. B. 1921, Nr. 71/72.

macht? Ich habe nie behauptet, daß man eine steile Weiche nehmen solle, wo es mit einer flachen auch geht. Aber wo es nicht geht, und wo wir mit steilen Strafsen sonst unmögliche Fahrwege schaffen, den Betrieb flüssig machen, das Rangieren abkürzen, die Übersicht verbessern, einen Bahnhof auf einem gegebenen Raum überhaupt erst möglich machen können? — Die Steilweichen sind in erster Linie Sache des Bahnhofbildners, und erst in zweiter des Oberbaumannes. Von Betrieb und Bahnhofgestaltung aus müssen sie gewertet werden, und es würde an sich nicht das mindeste beweisen, wenn sie oberbautechnisch bis zu einem gewissen Grade schlechter wären, solange sie nicht gefährlich sind. Der Einwand der Stufenbildung ist also nicht falsch, aber er ist nicht ausschlaggebend.

Nun die Knicke. Mein Kritiker denkt frei genug, nur ihre Häufung zu beanstanden, nicht die Knicke an sich. (Sehr viele stoßen sich auch daran. Sie wissen nicht — oder bedenken nicht — daß jeden Augenblick Tausende von Zügen über solche Knicke fahren, nämlich an den Zungenspitzen, wo es doch viel gefährlicher ist, als an dem festverschraubten Knick der Mittelschiene.) Grundsätzlich stimme ich natürlich zu. Man darf Knicke nicht beliebig häufen; sonst kommt schließlich jeder beliebige Halbmesser heraus. Die Sache liegt nur so, daß wir in unseren jetzigen Weichenverbindungen ungleich gefährlichere Häufungen zulassen, ohne es zu wissen, während die Knicke bei der steilen Kreuzungsweiche wohlweislich ausgeglichen sind.

Ein Beispiel. Unsere Bestimmungen erlauben, zwei Weichen gleicher Krümmung mit der Spitze aneinanderzulegen (Abb. 3, Taf. 4). Der Verlauf der Fahrkurve ist ein gotisches Spitzgewölbe, wenn auch mit etwas abgeflachter Spitze. Man braucht sich das nur einmal zu überlegen, um ein Gefühl dafür zu bekommen, was man einer großen Lokomotive an einer solchen Stelle zumutet. Diese Weichenverbindung ist — und von vielen anderen Stellen gilt das auch — für gewisse »unfähige« Lokomotiven bei gewissen Geschwindigkeiten eine »absolut sichere Entgleisungsvorrichtung.« Merkwürdigerweise verlangen unsere Bestimmungen eine 6 m lange Zwischengerade, wenn die Weichenkrümmung wechselt (Abb. 4, Taf. 4). Dabei könnte man sie hier, soweit das Fahren in Betracht kommt, allenfalls sparen; das wäre sogar von Vorteil, falls man, wie es z. B. in Frankreich üblich ist, die Weichen kürzt und die Zungenspitzen so nahe wie möglich zusammenschiebt, weil dann für die S-Fahrt die Knicke fast verschwinden. Zwei steile Kreuzungsweichen stoßen so aneinander (Abb. 5, Taf. 4). Diese Überlegung erleidet eine gewisse Einschränkung durch die Rücksicht auf hinreichende Pufferüberdeckung, wie Vogel eingehend dargetan hat; dessenungeachtet könnte man noch Weichen 1:9, bei denen die Backenschienen vor der Zungenspitze auf halbe Laschenlänge gekürzt sind, ohne Gefahr direkt zusammenstoßen, und flachere Weichen auch ohne diese Hilfsmittel.

Unsere Bestimmungen geben also in diesem Punkte fast das Gegenteil von dem, was richtig ist. Bei gleichem Krümmungssinn braucht man die Zwischengerade, bei ungleichem nicht immer. So etwas kommt heraus, wenn man bei den Weichen die Überschneidung vergißt. Geheimrat Cauer, der Mitglied des über diese Frage beratenden Ausschusses war, hat mir einmal erzählt, wie es zugeht, als diese Bestimmungen das letztmal festgesetzt wurden. Er wußte — wie es scheint als einziger —, daß hier etwas nicht stimmte, konnte aber das Zustandekommen nicht verhindern. In den T.V. wird eine Zwischengerade bei gleichem Krümmungssinn empfohlen, was unbedingt notwendig ist; aber in den preussischen Anweisungen für das Entwerfen von Eisenbahnhöfen fehlt das.

Die Sache hängt eng damit zusammen, daß wir über den Bogenlauf überhaupt nur gänzlich unklare Vorstellungen haben,

was man im einzelnen niemanden übelnehmen kann, da das — von einigen wenigen schon seit langem erkannte — Richtige fast nirgends gelehrt wird\*). Aber der Erfolg ist, daß von unseren Bestimmungen über Bogenlauf, festen Radstand, Spurerweiterung usw. gut die Hälfte auf falschen Voraussetzungen beruhen.

Alle diese Dinge waren mir schon damals im wesentlichen bekannt: man darf also wohl glauben, daß ich die steile Kreuzungsweiche nicht ohne ihre Berücksichtigung entwarf.

Marek versucht, um den Knicken beizukommen, einen Ersatzradius zu konstruieren. In der Tat ein naheliegender Weg, den ich auch oft versucht habe. Ich weiß heute, daß man den Einfluß eines Knickes auf den Lauf des Fahrzeugs durch einen Ersatzradius überhaupt nicht ausreichend wiedergeben kann: aber das führt hier zu weit. Immerhin ist der Ersatzradius eine erste Annäherung, man muß ihn nur richtig legen. Das hängt von der Beantwortung der Frage ab, wie weit der Einfluß des Knickes sich erstreckt. Daß die Unstetigkeiten und Härten, die er für das Fahrzeug mit sich bringt, sich in einiger Entfernung verlieren, ist klar. Es nützt nichts, einen sehr starken Knick durch eine noch so lange darauf folgende Gerade ausgleichen zu wollen.

Passender Weise gleicht man wohl auf eine Länge aus, die etwa dem größten festen Radstand = 4,5 m entspricht. Das tut im allgemeinen auch Marek. Damit kommen z. B. folgende Ersatzhalbmesser heraus.

	Halbmesser	Zungenwinkel	Ersatzhalbmesser
Einfache preussische Weiche 1:9 6d .	190	40'	169
Einfache preussische Weiche 1:8 8a .	180	60'	150
Einfache preussische Weiche 1:7 6d .	140	90'	112

Man muß bei jeder gewöhnlichen Weiche ein Stück des an die Zunge anschließenden geraden Gleises für den gedachten Ausrundungsbogen in Anspruch nehmen, wenn man zu einer halbwegs brauchbaren Vorstellung gelangen will. Es ist also nichts Ungewöhnliches, wenn das bei der steilen Kreuzungsweiche auch nötig wird. Der wirkliche Weichenbogen ist bei ihr beiderseits noch nicht zu Ende, sondern greift in die geraden Gleise über.

Bei den »gotischen Spitzgewölben« wird es natürlich sehr schlimm. Man erhält

bei 1:9 . . . . .	127 m
bei 1:8 . . . . .	93 »
bei 1:7 . . . . .	72 »

Man sieht, daß die Ersatzradien von 163 und 134 m, die Marek für meine Weiche 1:3,5 ausrechnet, noch ziemlich harmlos sind. Die Knicke liegen eben so weit auseinander, daß sie sich nicht mehr beeinflussen. Ungünstiger wird es schon bei der ursprünglichen Vogeleschen Weiche 1:6 wegen des großen Anfallwinkels.

Noch ein Beispiel. Wenn man zwei gewöhnliche Kreuzungsweichen nach Abb. 6, Taf. 4 zusammenlegt und beide in krummem Strang befährt, hat man auch vier Knicke; es ist — mindestens für den einzelnen Fall — genau dasselbe. Wer würde daran Anstoß nehmen? — Aber an solche naheliegenden Vergleiche wird nicht gedacht. Und selbst wenn solche Fälle mehr vorkommen: Die steile Kreuzungsweiche erzielt doch auch den so viel größeren Winkel, wenn auch nicht ganz den doppelten wie zwei einfache Kreuzungsweichen. Wir könnten bei sehr großem Gleisabstand aus gewöhnlichen Kreuzungsweichen steile Strafsen von doppeltem Winkel bilden; würde jemand einwenden, darin seien zu viel Knicke?

\*) Siehe »Spurerweiterung oder nicht?« Z. d. V. D. E. V. 1926, Nr. 8, 9, 10, 12, 13.



Marek bemängelt den großen Zungenanfallwinkel von 72'. Aber solange wir solche Winkel überall an den Rangierweichen haben, wo nicht einmal ein nennenswerter geometrischer Gewinn dadurch entsteht, wird es nicht verboten sein, ihn auch bei der steilen Kreuzungsweiche zu verwenden, wo sehr viel dadurch gewonnen wird. Die preussische Weiche 1:8 hat 60', die bayerische 67', andere haben ähnliche Werte.

Mit dem Anfallwinkel ist es überhaupt eine eigene Sache. Niemand hat eigentlich eine Vorstellung, wie weit er zulässig ist, und das ist auch schwer zu sagen. Die Überschneidung unterschlägt ein Stück des Bogens. Da offenbar die Querschleunigung des führenden Rades das Entscheidende ist (bei tangentialem Bogenansatz ist sie  $\frac{v^2}{r}$ , nämlich gleich der gewöhnlichen Zentripetalbeschleunigung), so muß wohl das vom Querweg unterschlagene Stück a das Kriterium bilden (Abb. 7, Taf. 4). Es wächst mit dem Quadrat des Anfallwinkels; infolgedessen scheint mir, daß man die Gefahr des Anfallwinkels nach seinem Quadrat einschätzen muß. Dann sind aber Werte von 90', wie sie die Weiche 1:7 und die Vögelesche steile Kreuzungsweiche 1:6 enthalten, ungleich gefährlicher, als Werte von 60 bis 72', nämlich um 55% bis 125%.

Gute Weichenbauer haben deshalb immer gesucht, den Anfallwinkel klein zu machen, oder ihn durch Einlegen eines flachen Halbmessers in die Zunge auszugleichen, was auf dasselbe herauskommt. Bei fast allen Verwaltungen finden sich solche Formen; die von Marek angeführte sächsische Form mit 180 m Halbmesser und nur 47/2' Anfallwinkel ist ein gutes Beispiel. Nur kann man nicht, solange große Anfallwinkel nebenher ganz üblich sind, sie einer Konstruktion besonders anlasten.

Damit wären wohl Mareks Einwendungen im wesentlichen erschöpft. (Mit seinen Ausführungen über die Worte «verkürzt» und «verkürzend» gehe ich einig; ich hatte das Wort verkürzt gewählt, weil es sprachlich einfacher ist; aber es ist nicht ganz richtig.) Aber nun sei eine Frage gestattet: Marek spricht so viel über mögliche Nachteile der steilen Kreuzungsweichen, warum hat er nicht die seit Jahren liegenden besucht? Es wäre von seinen Befürchtungen wohl nicht viel übrig geblieben; denn die, die solche Weichen haben, sind sehr zufrieden damit.

Das ist auch nicht allzu verwunderlich. Nach obigem ist klar, daß die Weiche 1:5,5, als Rangierweiche, vielen bestehenden Formen durchaus ebenbürtig ist und mit der schlechten Weiche 1:7 auch nicht entfernt verglichen werden kann. Dabei erweist sich ihre Massigkeit, die ich erst gefürchtet hatte, als ein großer Vorzug; sie hält die Gleislage gut. In Bebra liegt eine Weiche vor dem Lokomotivschuppen, wo sie ständig von großen Lokomotiven befahren wird. Ich habe Versuche gemacht, ob man — namentlich bei Lokomotiven mit großem Überhang — die «Knicke» spürt; es merkt sie nur der, der davon weiß. Den Lokomotivbeamten waren sie noch nicht aufgefallen.

Niemann spricht von der «stolzen» Neigung 1:5,5. Es scheint kein Druckfehler zu sein; denn der Ausdruck kehrt mehrfach wieder. Nun, ich brauche von diesem Stolze nichts zurückzunehmen; die Weiche hat genau das geleistet, was sie sollte, ja eigentlich noch mehr.

Als ich die Lösung der einen Schiene hatte, war der Plan schnell gefaßt. Nun galt es, sie durchzukonstruieren, namentlich das schwierige Herzstück. Ich hatte dazu weder die Zeit noch die Einzelkenntnisse. Stierl fand sich bereit. Er ist der erste gewesen, der eine steile Kreuzungsweiche im einzelnen entworfen hat; er tat es aus reiner Freude an der Wissenschaft in seinen Mußestunden. Das war Ende 1917.

Die Zeichnung ist in dem Aufsatz Z. d. V. D. E. V. 1918 Nr. 85/86 veröffentlicht.

Ich hatte später die Weichenmaße genauer berechnet und an Stierl drei geometrische Entwürfe geschickt; eine Weiche 1:5,5 und zwei 1:6. Stierl konnte aus Zeitmangel nur eine ausarbeiten und ging zuerst an die mit der Neigung 1:5,5. So ist das Maß entstanden. Ich war froh, eine Weiche zu haben und konnte in absehbarer Zeit keine Vergleichsweiche zeichnen lassen. Dadurch ist es gekommen, daß ich auf diese Weiche festgelegt worden bin, als ob ich weiter nichts erstrebt hätte. Aus den grundlegenden Aufsätzen «Kreuzungsweichen 1:5»\*) und «Verkürzte Kreuzungsweichen»\*\*) dürfte dies indes zur Genüge hervorgehen. Auch andere naheliegende Folgerungen, die sich aus dem gekrümmten Herzstück ergaben und heute in Vogels Normalplan aufgenommen sind — viele von ihm unabhängig gefunden — wurden bald veröffentlicht: »Bogenweichen mit veränderlicher Krümmung«\*\*\*), »Zwangläufiger Ablaufbetrieb«†), »Die Anpassungsfähigkeit von Weichenreihen«††), »Halbseitig gekrümmte Kreuzungen 1:10 zur Verbindung mit Weichen 1:14«†††), »Über Grenzmaße einseitiger Doppelweichen«§).

Gegen die veröffentlichte Kreuzungsweiche machte Vögele Einwände und brachte die von Marek auch behandelte zweiseitige Weiche 1:6 heraus. Sie war geometrisch unmöglich. Aber da sie mit ihren zwei Schienen den bestehenden Anschauungen viel mehr entgegenkam als meine, ihr übergroßer Anfallwinkel nicht immer gleich bemerkt wurde und sie auch gewisse zweifellose Verbesserungen brachte, z. B. die Verlaschung mit der nächsten Weiche, während bei mir die Backenschiene durch zwei Weichen durchging, bereitete sie doch ernste Störungen. Ich hielt die zwei Schienen nur für eine notgedrungene Umgehung des Patentbesitzes, überzeugte mich aber später, daß der Konstrukteur sie tatsächlich selbst für besser hielt, was mir noch unbegreiflicher war. Die Weiche rührte namentlich eine, nach außen wegen ihrer Verwickeltheit nicht in Erscheinung getretene Frage auf, nämlich die der Spurerweiterung an der Übergangsstelle zwischen zwei steilen Kreuzungsweichen. Sie hat hier einen wertvollen Anstoß gegeben, obwohl ich mir bei meiner 1:5,5-Weiche auch schon Lösungen überlegt hatte, und ist deshalb aus der inneren Entwicklung nicht wegzudenken; aber daß sie im Entscheidenden, der geometrischen Gesamtform, nicht stimmte, darüber konnte ich nicht im Zweifel sein.

Vögele wies vor allem darauf hin, daß er schon früher eine ähnliche Weiche gebaut habe, nämlich in den achtziger Jahren auf dem Rangierbahnhof Mannheim. Sie lag aber nur einzeln, nicht in Reihe, und bei großem Gleisabstand also war die Raumfrage gar nicht vorhanden. Solche Weichen hat es, wie ich später erfuhr, auch in Österreich und den Niederlanden gegeben. Aber niemand hatte daran gedacht, die Weiche so zusammenzudrängen, daß sie bei den normalen, kleinen Gleisabständen in Reihe liegen, d. h. eine steile Weichenstrafse ergeben könne. Darauf kam auch Vögele erst durch meine Arbeiten. Daß die Firma später die Bedeutung der Frage rechtzeitig erkannte und sich durch Gründung der Gesellschaft für Oberbauforschung ein bleibendes Verdienst erwarb, sei schon hier hervorgehoben.

Die Ausführung der Kreuzungsweiche hatte die Dortmunder Union übernommen. Ich glaubte dort Hilfe für meine weiteren Pläne, vor allem die Ausarbeitung eines ganzen steilen Weichensystems zu finden, sah mich aber darin getäuscht. Die Firma

\*) Verk. Woche 1917 Nr. 44/52.

\*\*) Z. d. V. D. E. V. 1918 Nr. 85/86.

\*\*\*) Z. d. V. D. E. V. 1917 Nr. 93.

†) Z. d. V. D. E. V. 1918 Nr. 20/21.

††) Z. d. V. D. E. V. 1918 Nr. 32.

†††) Organ f. d. Fortschr. d. Eis.-Wes. 1918, 9. Heft.

§) Z. d. V. D. E. V. 1919 Nr. 43.

arbeitete die Weiche 1:5,5 technisch sehr gut durch, wie ihre Bewährung beweist, und gab sich große Mühe, sie einzuführen; aber zur Ausarbeitung eines Gesamtplanes fehlte in den damaligen unruhigen Zeitläuften die Mufse. Ich konnte nicht einmal erreichen, daß die Weiche 1:5,5 außer in der Schienenform 6<sup>d</sup> auch in 8<sup>a</sup> konstruiert wurde, was am meisten verlangt war. Es entstanden dabei einige kleine Schwierigkeiten, für die ich Lösungen angegeben hatte; sie erschienen offenbar zu merkwürdig. Z. B. sollte die breite 8<sup>a</sup>-Schiene an der Mittelstelle etwas schmaler gehobelt werden. Als ob nicht jede Zunge eine sehr schmal gehobelte Schiene ist? und man fährt doch darauf. So war es möglich, daß dem Zentralamt auf eine amtliche Anfrage geantwortet wurde, die Weiche ließe sich in 8<sup>a</sup> nicht herstellen. Daß man, wenn man schon Bedenken hatte, sich die geringe Mühe machte, für 8<sup>a</sup> auf die Neigung 1:6 überzugehen, wobei alle Schwierigkeiten verschwanden, daran dachte man nicht. In dem Bewußtsein, der Fachwelt wenigstens etwas Greifbares bieten zu müssen, ließ ich 1921 die kleine Werbeschrift »Verkürzte doppelte Kreuzungsweiche« erscheinen, die nur von der Form 1:5,5 sprach. Die Einengung der Vorstellungen auf diese eine Weiche wurde natürlich dadurch erst recht gefördert.

Eine merkwürdige Schwierigkeit, von der auch Marek nicht ganz frei ist, bereitete immer der Endanschluß der steilen Weichenstrasse im letzten Gleis, wo eine einfache Weiche zu liegen kommt. Aus jeder Kreuzungsweiche läßt sich aber doch durch Weglassen der nicht benötigten Stränge die zugehörige einfache Weiche gewinnen; die Aufgabe ist geometrisch überhaupt nur eine Frage des richtigen Weggradierens. Ob konstruktiv bei der engen Verbindung mit der folgenden Kreuzungsweiche Besonderheiten auftreten, ist zunächst unwesentlich. Der Schluß ist so zwingend, daß ich nie begriffen habe, wie man sich bei diesem Punkt länger als eine oder zwei Sekunden aufhalten kann, mußte aber erleben, daß man immer wieder darüber stolperte. Glücklicherweise paßte zu der Kreuzungsweiche 1:5,5 die einfache preussische Weiche 1:8; ich bezweifle, daß es mir andernfalls gelungen wäre, die Konstruktion einer besonderen einfachen Weiche durchzusetzen.

Marek stellt fest, daß bei der Verbindung der Kreuzungsweiche 1:5,5 mit der einfachen sächsischen Weiche 1:8,5 Schwierigkeiten auftreten. Was beweist das? Wer hat denn gesagt, daß man so verbinden soll? Man könnte ja auch versuchen, sie mit einer Weiche 1:9 oder 1:10 zu verbinden, was noch viel weniger geht. Oder ist der Sinn des Einspruchs, daß man dann eben noch eine besondere, sonst in Sachsen nicht vorkommende einfache Weiche brauche? Wenn man die steile Kreuzungsweiche als einen vereinzelt Fall betrachtet, trifft der Einwand wegen der notwendigen Ersatzteile usw. in gewissem Umfang zu. Aber da bin ich eben der Meinung, daß steile Kreuzungsweichen so wichtig sind, daß sie — samt allem Zubehör an einfachen Weichen usw. — sehr bald normal sein werden.

Ich kann nicht sagen, daß ich von amtlicher Seite keine Unterstützung gefunden hätte. Die Bedeutung der Frage wurde an maßgebender Stelle sofort erkannt, und das Zentralamt erhielt z. B. auf den Aufsatz: »Die Anpassungsfähigkeit von Weichenreihen« Auftrag, sie zu entwerfen, ohne daß ich mich darum bemüht hatte. Aber das Zentralamt war mit laufender Arbeit so überlastet, daß dazu wirklich keine Zeit war. Alle grundlegenden und schöpferischen Arbeiten sollen bei uns immer »nebenher« gemacht werden. Ich habe in den folgenden Jahren, außerhalb der Verwaltung stehend und ohne Aussicht auf Gewinn — ein Patent auf die Weichenreihen war abgelehnt worden — mit einem zur Verfügung gestellten Beamten der Reichsbahndirektion Erfurt für das Zentralamt wenigstens die Berechnungen durchgeführt. Von den zuständigen Dezernenten

des Zentralamtes hatte ich persönlich immer Unterstützung und Aufmunterung.

So schien die Sache im Sande verlaufen zu wollen, als mir Vogel im Jahre 1924 schrieb und ein Zusammengehen vorschlug. Vogel strebte ebenfalls den durchgehenden Bogen an, daneben aber auch zugleich die Verbesserung des Weichen-einlaufs durch Wegfall der Überschneidung. Das widersprach einigermaßen der Kreuzungsweiche, bei der diese — mindestens bei kleinem Gleisabstand — unentbehrlich ist. Freilich wollte auch Vogel ein System bilden und brauchte dazu notwendig die Kreuzungsweiche, während mir seine Untersuchungen über die gekrümmten Herzstücke eine wichtige Ergänzung waren. Die Gründe, die er gegen die Überschneidung anführte, schienen mir allein nicht recht durchschlagend, so sehr ich auch den Widersinn dieses unausgeglichenen Knickes empfand. Vogel bewies zwar, daß im Einlauf (Abb. 8, Taf. 4) bei Zungen mit Überschneidung der Anlaufwinkel mehr steigt, als bei Zungen ohne Überschneidung, aber im Auslauf ist der Anlaufwinkel ja noch viel größer, weil das Fahrzeug schon in der Kurve und meist im Spießgang ankommt; (Abb. 9, Taf. 4) daher das Auftreten des bekannten »Sackes« in der Backenschiene. Dagegen hilft die überschneidungslose Zunge zwar auch etwas; der Winkel bleibt aber immer noch erheblich größer als im Einlauf. Warum bei der Ausfahrt aus der Weiche Entgleisungen nicht viel häufiger auftreten als bei der Einfahrt, ist mir noch heute eine nicht völlig gelöste Frage. Vielleicht schützt die Nachgiebigkeit der Backenschiene an dieser Stelle, während sie bei Einfahrt, mit der Zunge zusammenwirkend und durch die Grundplatte versteift, nicht nachgeben kann; vielleicht liegt die Ursache auch darin, daß eine überschnelle Einfahrt in eine Weiche häufig, aus einer Weiche selten eintritt. Inzwischen habe ich freilich genug Gründe gefunden, um Vogels Bemühungen um Wegfall der Überschneidung gründlichst zu unterstützen. Sie im einzelnen zu nennen, würde hier zu weit führen. Kurz gesagt, handelt es sich darum, daß eine mehrachsige Lokomotive nur dann mit geringem Seitendruck durch eine Kurve läuft, wenn man durch Verschiebbarkeit der Achsen dafür sorgt, daß möglichst alle Räder anlaufen können (»kurvenfähig«). Die scharfen Weichenknicke würden aber dazu Verschieblichkeiten erfordern, die praktisch bei Dampflokomotiven nicht gegeben werden können. Der Zusammenhang ist heute auch den Lokomotivbauern noch nicht geläufig. Wenn man ihn aber einmal erkannt hat, ist man nicht im Zweifel, daß es geradezu ein Segen wäre, und den Lokomotivbauern ihre Arbeit in ungeahnter Weise erleichtern würde, wenn man so schnell als möglich alle Überschneidungen beseitigte.

Hier muß ich übrigens ein Versehen Niemanns berichtigen. Vogel hat nicht die Absicht, die Zunge ganz spitz auslaufen zu lassen, was nicht haltbar ist, sondern nur dadurch, daß ihr letztes Stück gerade ist, die Überschneidung wegzubringen. Praktisch wirkt sich das so aus, daß die Querschleunigung des führenden Rades erheblich herabgesetzt wird, wie er mehrfach dargetan hat (Abb. 10, Taf. 4).

Im Austausch der Meinungen zwischen Vogel und mir mußte jeder etwas aufgeben. Ich bekannte mich zu dem Fortschritt, der in der überschneidungslosen Zunge lag, Vogel fand sich bereit, die Überschneidung bei Kreuzungsweichen bestehen zu lassen, suchte jedoch gleichzeitig nach Lösungen, diese Fälle auf ein Minimum zu beschränken, vor allem dadurch, daß die Kreuzungsweiche wenigstens in den durchgehenden Gleisen lange Zungen bekam, und, wo man größere Gleisabstände hat, auch in der Weichenstrasse. Die Ergebnisse dieser Zusammenarbeit sind bekannt: es ist das allgemeine Weichensystem, welches gewöhnliche und steile Weichen mit möglichst gleichen Einzelteilen enthält und auf der Verkehrsausstellung 1925 in München zum erstenmal ausgestellt war\*).

\*) Verk. Woche 1925 Nr. 26 bis 29.

Ich möchte nicht verschweigen, daß fast alle Einzelarbeit von Vogel geleistet worden ist.

Zur planmäßigen Verfolgung der Arbeit gründete Vögele die Gesellschaft für Oberbauforschung, in der die Steilweichen in ihrer vollständigen Form entstanden und wo alle auf diesem Gebiete tätigen Kräfte von vornherein zusammengefaßt und ausgeglichen waren.

Es scheint, daß Marek die Veröffentlichungen Vogels unbekannt geblieben sind: er würde andernfalls manche Bedenken wohl gar nicht geäußert haben.

Die Kreuzungsweiche wurde noch oft umgeschaffen. Zunächst gingen wir mit der Neigung schrittweise herab. Wir wollten jetzt nicht nur Rangierweichen, sondern auch Zugweichen. Daß ich ursprünglich mehr auf jene gezielt hatte, lag auch daran, daß ich glaubte, man würde die mir verwickelt erscheinende Weiche für Züge doch nicht verwenden. Die Erfahrung zeigte, daß keine Bedenken bestanden. Für Züge mußte vor allem der Anfallwinkel gesenkt werden. Was die »Knicke« angeht, so entdeckte Vogel, daß sie zwar nicht an sich nachteilig seien, aber doch in Verbindung mit dem benachbarten Herzstück Zwängungen ergeben könnten. Aus diesem Grunde suchte er sie zu mildern. Sehr schwierig war, wie schon erwähnt, die Frage der Spurerweiterung am Übergang zweier Weichen; an einer Überschneidungszunge ist ja eine »scheinbare Spurerweiterung« unentbehrlich. Diese Frage war bei der Weiche 1:5,5 nur schwer befriedigend zu lösen. Die wirklichen Schwierigkeiten liegen also, wie man sieht, ganz wesentlich hinter denen, die Marek betrachtet. Ich könnte leicht noch ein Dutzend schwieriger Punkte anführen, die bei der Entstehung der steilen Kreuzungsweiche in wochen- und monatelanger Arbeit überlegt worden sind. Teils erwiesen sich die Befürchtungen als grundlos, teils fand man Abhilfe. Wer sich in diesen Dingen ein wirkliches Urteil bilden will,

muß sich wohl oder übel lange Zeit damit befassen, und zwar in enger Verbindung mit den Konstrukteuren.

Daß die Verschiebe weiche erst 1:5,5, jetzt 1:6, die Zugweiche erst 1:6,25, dann 1:6,5 wurde, stört auch manche Kritiker. »Da stimmt doch etwas nicht, sonst würde man nicht so oft ändern«. Die einen sind eben Rangierweichen, die anderen Zugweichen. Ich wundere mich nur, daß diese Leute sich trauen, über eine Weiche 1:9 zu fahren, wo es doch auch Weichen 1:8 und 1:7 gibt.

Die beste Neigung der sowohl als Zugweichen wie für Rangierbetrieb geeigneten Kreuzungsweichen (Reichsbahn) ist 1:6,5. Für Nebenanlagen (Anschlußgleise) ist ferner die Neigung 1:6 sehr geeignet. Vogel beabsichtigt, ihre Bauart demnächst in einer Abhandlung zu begründen und dabei Anleitungen für das Entwerfen von Gleisplänen mit Straßen 1:6,5 und 1:6 bekanntzugeben.

Die einfachen Steilweichen sind heute geläufig geworden, die Kreuzungsweiche fängt an, sich durchzusetzen, die Weichenreihe — für mich der Ausgangspunkt — geht den meisten noch nicht recht ein. Und doch gibt sie nicht nur eine treffliche Anleitung, um zu guten Bahnhofformen zu gelangen\*), sondern kann im einzelnen auch tatsächlich vorzügliche Dienste leisten; man betrachte Abb. 11, Taf. 4, die einen Entwurf zur Vermehrung der Ladesteige an der Münchner Eilguthalle darstellt. Hier spielen schon die 5 m Länge, die man je Gleis gegenüber einfachen Steilweichen gewinnt, eine Rolle; zudem gewinnt man nur so die richtige »Form«.

Es ist wohl nicht unbescheiden, wenn ich hier der Hoffnung Ausdruck gebe, daß die nächsten Schritte in der Steilweichenfrage schneller fördern möchten, als die mühseligen der Vergangenheit.

\*) »Verkürzte Weichenstraßen«, Sonderheft V. D. Ing. Seddiner Tagung Seite 229 und »Die Verwendung von Steilweichen in Gleisplänen«, Z. d. V. D. E. V. 1925 Nr. 38.

## Die Seilschwebbahn auf die Zugspitze.

Von Ing. Robert Findeis, o. ö. Professor der Technischen Hochschule zu Wien.

Noch selten hat ein neuartiges Verkehrsmittel in der breiteren Allgemeinheit eine derartige Beachtung gefunden, wie die im Juli 1926 eröffnete Zugspitzbahn. Wenn diese Seilbahn als neuartiges Verkehrsmittel angesprochen wird, so ist dies damit begründet, daß die früheren Bahnen ähnlicher Bauart — genannt seien die Kohlernbahn bei Bozen, die Lana—Vigiljochbahn bei Meran und der Wetterhornaufzug in der Schweiz — eine den heutigen Fortschritten der Seilbahntechnik nicht mehr entsprechende Anordnung besitzen, so daß z. B. bei der zweitgenannten Bahn auch bereits ein Umbau erwogen wird. Weiter stellt die Zugspitzbahn sowohl in der Kühnheit ihrer Anlage wie auch in der Örtlichkeit ihres Endpunktes (2805 m ü. d. M.) ein Beförderungsmittel dar, mit dem die älteren Seilschwebbahnen wohl kaum verglichen werden können.

Wie es seinerzeit bei der Eisenbahn, später beim Kraftwagen war und heute noch beim Luftschiff ist, bringt die Bevölkerung jedem neuen Verkehrsmittel ein gewisses Mißtrauen entgegen, besonders aber, wenn dies, wie es bei Luftschiff und Seilschwebbahn der Fall ist, den stützenden Erdboden verläßt. Die Seilschwebbahn nun dürfte aber gerade das Vertrauen der Fahrgäste sehr bald gewonnen haben, wie die Besuchsziffern der neu ausgeführten Anlagen beweisen. Der vergangene Sommer bescherte uns eine Witterung, die wohl zu allem eher als zu Vergnügungsreisen geeignet war; erst der Herbst brachte darin Besserung; dennoch hat die Zugspitzbahn in den ersten vier Monaten ihres Bestandes bereits bei 40000 Fahrgäste aufzuweisen und die einige Wochen früher eröffnete Seilschwebbahn auf die Raxalpe bei Wien konnte schon im September 1926 ihren 100000 Besucher verzeichnen. Diese kaum erwarteten Betriebsergebnisse beweisen, daß das

neue Verkehrsmittel der Bergbahn bereits allgemeine Beliebtheit erlangt hat.

Daß die Schwebbahn technisch als vorbildliche Bauart der Bergbahn zu bezeichnen ist, liegt an der verhältnismäßigen Einfachheit ihrer Durchbildung und in ihrem Vermögen, auch größte Steigungen ohne besondere Schwierigkeiten zu überwinden. Die letzte Eigenart verschafft die Möglichkeit, die kürzeste Linie, die in der Regel die steilste sein wird, zu wählen, und da mit der Bahnlänge die Baukosten in innigstem Zusammenhang stehen, solcherart auch den billigsten Beförderungsweg zu schaffen. Gerade diesem Umstande verdankt die neue Zugspitzbahn ihre Entstehung. Die Zugspitze, die mit ihrem 2964 m hohen Gipfel die höchste Erhebung Deutschlands bildet, stellt zugleich den höchsten Gipfel des Wettersteingebirges dar, das sich längs der tirolisch-bayerischen Grenze hinzieht, mit seinen Hängen beiden Ländern angehörend. Während frühere Zugspitzbahnpläne — und solche tauchten bereits in den neunziger Jahren des verfloßenen Jahrhunderts auf — dem damaligen Stande der Bergbahntechnik gemäß die Zahnstangenbauart vorsahen und deswegen die flachere nach bayerischem Gebiet hin abfallende Gebirgsseite mit Garmisch-Partenkirchen als Talstation wählten, gestattete es die genannte Eigenschaft der Seilschwebbahn, den jäh abfallenden, auf österreichischem Boden liegenden westlichen Steilhang des Wettersteins als Baugrund zu benützen. Auf diese Weise stellt sich die Bahn als schnurgerade, in ihrer schiefen Länge 3380 m lange Linie dar (siehe Abb. 1), die bei einer wagrechten Entfernung ihrer Endpunkte von nur 2975 m einen Höhenunterschied von 1581 m überwindet, wobei Steigungen bis 90 v. H. (vor Stütze II) vorkommen.

Es war allerdings keine leichte Aufgabe, in dem selbst dem Bergbewohner nur schwer gangbaren Gelände jene Linie zu finden, die nicht bloß den technisch günstigsten Längenschnitt ergab, sondern auch vollkommene Sicherheit gegen Steinschlag und Lawinengefahr gewährte. Diese Aufgabe stellte sowohl an die Kenntnisse des Ingenieurs wie auch an die Gewandtheit des Alpinisten gewaltige Anforderungen: sie wurde von dem Innsbrucker Bauunternehmer Ferdinand Kleiner in bester Weise durchgeführt. Im März 1925 erhielt ein vorbereitender Ausschuss, bestehend aus Kleiner, weiter dem derzeitigen Präsidenten der Zugspitzbahn A. G., Rechtsanwalt Dr. Hermann Stern in Reutte und dem Verfasser die Genehmigung zum Bau und Betrieb einer Seilschwebbahn von einem geeigneten Punkte bei Ehrwald in Tirol auf den Wettersteinkamm (die Bergstation liegt in wettergeschützter Lage etwas unterhalb des Zugspitzgipfels). Vorher waren unter Leitung des Verfassers an der Technischen Hochschule in Wien eingehende Untersuchungen über rechnerische Grundlagen von Seilbahnen vorgenommen worden\*).

Da die Erfahrungen über den Bau von Seilschwebbahnen für Personenverkehr damals noch recht gering waren und vor

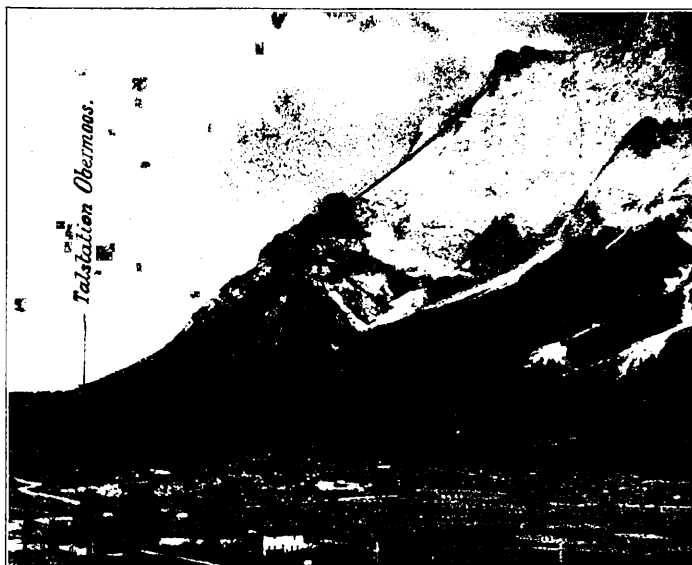


Abb. 1. Zugspitze mit eingezeichneter Seilbahnstrafse; von Ehrwald aus gesehen.

allem auch die Zugspitzbahn mit ihren unwirtlichen Hochgebirgseigenheiten gleichsam ein Erstlingswerk dieser Art darstellte, mußte auf die Wahl der Unternehmerfirma, der die schwierige Ausführung der Lieferung und Aufstellung zu übertragen war, besonderes Augenmerk gerichtet werden. Die Firma A. Bleichert in Leipzig, deren Förderanlagen in allen Weltteilen verbreitet sind, wurde mit den Herstellungsarbeiten beauftragt und führte sie in der Folge mustergültig durch.

Die Zugspitzbahn führt von der Talstation Obermoos, die von der Station Ehrwald der Mittenwaldbahn (Linie Innsbruck—Garmisch-Partenkirchen—Reutte) kaum 3 km entfernt ist, in 16 Minuten bis zur Bergstation, wobei eine Geschwindigkeit von 3,5 m/sek. entwickelt wird. Rechnet man die Aufenthalte beim Ein- und Aussteigen u. dgl. hinzu, so kann eine Reisezeit von 20 Minuten angenommen werden. Die Bahn kann somit drei Fahrten in der Stunde leisten. Wie derzeit noch bei allen Seilschwebbahnen für Personenverkehr ist auch hier der sogenannte Pendelbetrieb angewendet, d. h. der zu Berg

\*) Findeis: Rechnerische Grundlagen des Baues von Drahtseilbahnen, 1223, Verlag F. Deuticke, Leipzig und Wien.

fahrende Wagen ist durch das Zugseil über die Umlenkscheibe der Bergstation hinweg mit dem zu Tal fahrenden fest verbunden, so daß stets die Auffahrt des einen die Abwärtsfahrt des anderen bedingt, wobei das Gewicht des sinkenden Fahrzeuges einen entsprechenden Beitrag zur Antriebskraft beisteuert.

Die beiden Wagen, je 19 Fahrgäste und einen Begleitmann fassend, sind vorwiegend aus Leichtmetall hergestellt, wodurch das Leergewicht eines Wagens bis auf 880 kg herabgedrückt werden konnte, während er vollbesetzt 2860 kg wiegt. Außer vier in den Ecken angebrachten Klappstühlen fehlen die Sitzgelegenheiten, da man bei allen Aussichtsbahnen die Erfahrung machte, daß die Reisenden, um die Rundschau nach allen Seiten zu genießen, die vorhandenen Bänke ohnehin kaum benützen. Bei der Zugspitzbahn kommt noch hinzu, daß die kurze Fahrdauer, wenn auch stehend verbracht, sicherlich nicht ermüden kann. Da das Fehlen der Sitzgelegenheiten bis jetzt von keiner Seite bemängelt wurde und diese Einrichtung ein verhältnismäßig geringes Raummaß des Wagens bei ziemlicher Fassungsvermögen gestattet, so dürfte sich diese Wagenausgestaltung für alle künftigen Personenschwebbahnen empfehlen.

Der Wagenkasten hängt an einem achträdigen Laufwerk, das auf dem die Fahrbahn bildenden Tragseil rollt. Dieses, ein Litzenspiralseil mit 48 mm Durchmesser, aus 133 Drähten von 3,2 mm Stärke geflochten, besitzt eine Festigkeit von 165 kg/qmm, somit eine Gesamtbruchlast von 176 000 kg und wiegt 9,31 kg m. Das Seil wird in seiner Höhenlage durch nur sechs Zwischenstützen gehalten, die mitunter in beträchtlicher Entfernung voneinander stehen. So beträgt z. B. die Spannweite zwischen Stütze I und II 1006 m. Die Stützen selbst sind als Eisenfachwerk ausgeführt und erreichen Höhen bis über 30 m. Die nötige Spannung im Tragseil wird dadurch erreicht, daß in der Talstation an beiden Tragseilen ein Spannungsgewicht von 24 000 kg Gewicht aufgehängt ist.

Die Bewegung der Wagen wird durch das Zugseil vermittelt, das in der Bergstation über eine Umlenkscheibe von 3 m Durchmesser läuft. Ebenfalls als Zugseil ist hier auch die sonst Gegenseil genannte Verbindung der beiden Wagen über die Talstation hin zu bezeichnen (siehe Abb. 2). Bei der Zugspitzbahn ist nämlich ausnahmsweise die Antriebsvorrichtung am unteren Bahnende angelegt. Diese Anordnung wurde getroffen, weil die etwaige Auswechslung beschädigter Maschinenteile in der leicht zugänglichen Talstation viel eher möglich ist. Ferner hätte ja die Unterbringung der ständig erforderlichen Maschinenbedienungsmannschaft in der klimatisch ungünstigen Höhenlage der Bergstation mancherlei Nachteile sowohl für die Leute selbst, als auch für die Unternehmung zeitigt. So wirkt eigentlich der Antrieb auf das, die Treibscheibe in der Talstation umschlingende Gegenseil. Als Antriebskraft wirkt elektrischer Strom, der dem Planseelkraftwerke der Gemeinde Reutte entnommen wird. Im Falle eines Gebrechens in der Stromzuleitung dient dem Motor eine Speicherbatterie als Kraftquelle. Sollte die Störung jedoch bis zu deren Erschöpfung andauern, so ist eine jederzeit dienstbereite Verbrennungsmaschine in der Lage, den Betrieb aufrecht zu erhalten. Dem Hauptmotor von 65 PS Dauerleistung ist übrigens zur Aushilfe noch ein kleinerer Motor mit 23 PS beigesellt, der im Bedarfsfalle ebenfalls zur Wagenbewegung, allerdings mit geringerer Fahrgeschwindigkeit, herangezogen werden kann.

Besondere Sorgfalt wurde den Sicherheitsvorkehrungen zugewendet. Es sind nicht nur die beiden Stationen untereinander in Fernsprechverbindung, sondern auch die beiden Wagen mit den Stationen. Alle diese Stellen können also jederzeit untereinander in Fühlungnahme treten. Nicht nur der Maschinenwärter der Talstation, dem ein Teufenzüger den jeweiligen Standort der Wagen ständig vor Augen hält, sondern auch jeder der beiden Wagenbegleiter ist in der Lage, die Bahn im Bedarfsfalle zum Stillstand zu bringen. Um ein ruhiges

Einfahren in die Stationen zu gewährleisten, verlangsamt sich vor der Einfahrt in die Wagenhalle, unabhängig von der Aufmerksamkeit des Maschinisten, der Wagenlauf. Für den übrigens ganz unwahrscheinlichen, noch bei keiner Personenseilbahn eingetretenen Fall eines Zugseilrisses ist eine selbsttätige Fangbremse vorgesehen, die das Trageil umklammernd den Wagen an diesem festhält. Eine Fortbewegung des Wagens ist dann mit dem sogenannten Hilfsseile möglich.

Da bei stärkerem Andrang ein längeres Warten der Reisenden vorauszusehen war, wurde auf die Ausstattung der Bahnhofsgebäude insofern Bedacht genommen, als sie weit mehr Räume erhielten, als zur bloßen Betriebsführung notwendig war. Die Talstation wurde besonders reich bedacht. Die voll-



Abb. 2. Ausfahrt aus der Talstation.

zu verführende Baugesamt so bemessen oder zerlegt werden, daß Gewichte erzielt wurden, die zur Beförderung noch geeignet waren. Das war besonders bei den Eisenfachwerken der Stützen und den Maschinenteilen der Bergstation zu beachten. Auch die Heranbringung der beiden Trageile war keine leichte Angelegenheit. Da beide in einem Stück hergestellt werden mußten, so wog das auf einer Trommel aufgewickelte Seil beinahe 40 000 kg und wurde vom Herstellungsorte St. Egid in Niederösterreich bis Ehrwald in Tirol auf einem Spezialwagen der österreichischen Bundesbahnen von 40 Tonnen Tragkraft herangeführt. Nun war die schwere Seilhaspel von dort auf der Zufahrtstraße zur Talstation zu bringen. Sie wurden dazu auf einem Balkenrost aus starken Lärchenhölzern gelagert, die auf Walzen ruhten und auf Holzbohlen rollten, die gleich Langschwelen auf die Straßensfahrbahn gelegt wurden. Die Zugkraft lieferten im Vereine ein starker Lastkraftwagen und eine Dampfwalze, die abwechselnd an einem Flaschenzuge arbeiteten, so daß die schwere Last schrittweise fortbewegt wurde. In der Talstation angelangt, wurde die Trommel wagrecht auf eine Drehachse gelagert. Das Seil wurde dann mit Winden abgewickelt, die auf dem Berghang in größerer Zahl aufgestellt

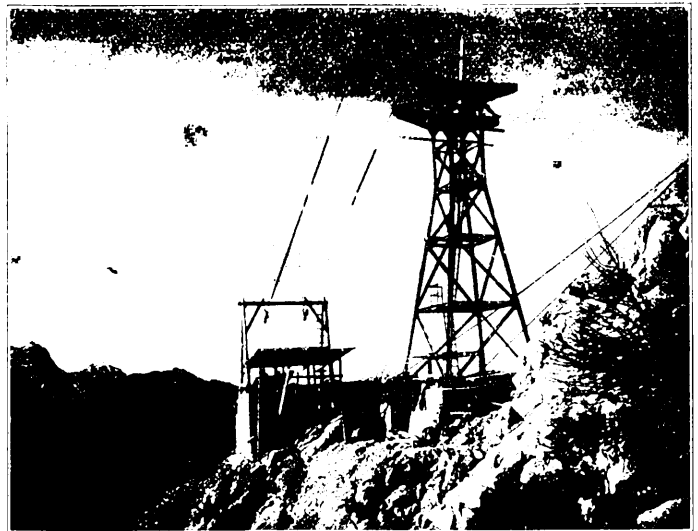


Abb. 3. Stütze III im Bau. Hilfsbahnbock 9.

ständige Ausgestaltung der Bergstation konnte leider bis zur Betriebseröffnung nicht mehr ganz durchgeführt werden. Das darf aber wohl bei einem Hochbau in 2805 m Seehöhe, wohin jeder Baustoff vom Tale zugeschafft werden muß und wo eine erspriefliche Bautätigkeit stark von der Wetterlage abhängt, gewifs nicht Wunder nehmen. Der Ausbau wurde jedoch in den ersten Betriebsmonaten fortgesetzt und vollendet.

Wie vorauszusehen war, ergaben sich beim Bau mancherlei Schwierigkeiten, deren Bewältigung an die Ausführenden die höchsten Anforderungen stellte. So mußte zunächst längs der künftigen Linie eine Hilfsseilbahn zur Herbeischaffung der nötigen Baustoffe und Bedarfsgegenstände errichtet werden (siehe Abb. 3). Da solche Hilfsseilbahnen wegen ihrer nur vorübergehenden Verwendung stets von leichter Bauart sind, mußte jeder

waren und es bergwärts zogen. Das Auslegen des Seiles sowie sein Aufbringen auf die Stützen ging übrigens, ungeachtet der Schwierigkeiten der Arbeit, vollkommen glatt und klaglos von statten. Im übrigen waren für den Baufortschritt je nach der Jahreszeit die Witterungsverhältnisse von einschneidender Bedeutung. Über dem Bauplatz der Bergstation, eine Stelle auf dem sogenannten »Wetterschroffen«, die vorher wohl nur von wenigen, überaus geübten Bergsteigern betreten werden konnte, wurde 1925 ein Holzschuppen errichtet und mit Koksöfen geheizt, um die Arbeiten im Spätherbst fortsetzen zu können. Und dennoch kam man auch hier wegen Schneesturm und Tieftemperatur über so manche Baubehinderung nicht hinweg. Eine Zugspitzbereisung wird übrigens jeden Techniker die Schwierigkeiten erkennen lassen, die sich dem Bau entgegenstellten.

## Berichte.

### Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Schutzarbeiten gegen Wasser und Frost am Bahnkörper der schwedischen Bahn Forsmo—Hoting.

Hierzu Tafel 5.

Der Jahresbericht der schwedischen Staatsbahnen über die Eisenbahnbauten des Jahres 1925 enthält über die Schutzarbeiten

gegen Wasser und Frost, die am Bahnkörper der Querbahn Forsmo—Hoting zwischen der Inlandbahn und der nördlichen Stammbahn nötig waren, bemerkenswerte und eingehende Angaben. Diese können teilweise für die Beurteilung der Frage der Isolierschichten am Eisenbahnoberbau, die auch im Organ in letzter Zeit verschiedentlich

angeschnitten wurde (vergl. 1925, Heft 20), nützliche Fingerzeige geben, teilweise beschreiben sie bemerkenswerte Verfahren der Herstellung von Bahnböschungen, die vereinzelt auch auf unsere Verhältnisse übertragbar sein mögen. Es soll aus dem Bericht ein kurzer Auszug des Wichtigsten hier wiedergegeben werden.

In der ersten Teilstrecke bestand der Boden hauptsächlich aus sehr lehmhaltigem, dichtem Tonsand. Die wasserführenden Schichten lagen ziemlich nahe der Oberfläche und bildeten vielfach Quellen. Das austretende Wasser breitete sich über die Einschnittböschungen aus und löste den umgebenden lehmhaltigen Tonsand in großem Umfange. Man hat da viel mit Sickerdohlen gearbeitet. Auffällig und bei uns ungewohnt erscheint es, daß man zur Verhütung des nachträglichen Eindringens des Lehmes und Tones und der Verschlamung der Dohle diese auf allen Seiten mit Torf- oder Moorschichten umgibt, wie überhaupt diesen Stoffen dort eine ausgedehnte Verwendung zukommt, die uns bisher ziemlich fernliegt. Da zur Bewerfung der Böschungen der nötige Mutterboden mangelte, hat man vielfach mit Vorteil Moorverkleidung angewendet. Durch die Kapillarität des Moorbodens wird die Feuchtigkeit der wasserführenden Schichten aufgesaugt und abgeleitet, so daß sie sich nicht ausbreitet und den umgebenden Lehm nicht auflöst. Auch bei langandauerndem Regen verhindert der Moorboden, daß schädliche Mengen Wasser zur Tonsandfläche dringen. Im Frühjahr, wo der Tonsand immer große Mengen gefrorenen Wassers enthält, verhindert der Moorboden durch sein Isolierungsvermögen ein zu schnelles Schmelzen und im Herbst schiebt er das Gefrieren des Tonsandes hinaus. Nachteile des Moorbodens sind seine große Neigung, nach langer Trockenheit Feuer zu fangen, und daß er keinen für Wachstum geeigneten Boden bildet. Vor dem Auflegen des Moorbodens wurden die Böschungen zum Festhalten der Moorverkleidung mit festgepfähltem sogenanntem Profilholz belegt, das ist teilweise entästetem Jungholz von 2 bis 5 Zoll Durchmesser, in 45° Winkel gegen die Wagrechte und in Rauten von etwa 3 m Seitenlänge. Der Moorboden wurde 0,25 bis 0,5 m stark aufgetragen, je nach Wasserführung der Böschung. Um die Feuergefahr in der trockenen Sommerzeit zu vermindern, ist auf die Moorschichte dann noch eine 3 bis 5 cm starke Humusschichte aufgebracht worden, die mit Gras besamt wurde.

Da die Bekleidung der Böschungen sonach sehr stark wurde und eine Verbreiterung der Einschnitte ausgeschlossen war, mußte man der Moorbodenverkleidung einen entsprechenden Vorfuß geben. Man verwendete zu diesem Zwecke Torfwälle nach Abb. 1, Taf. 5 überall da, wo die Bodenart so beschaffen war, daß man annehmen konnte, die Torfmauer werde nur die Stütze für die Moorschichte bilden und keinem nennenswerten Erddruck ausgesetzt sein. Wo auch mit Erddruck zu rechnen war, wendete man dafür Trockenmauern an. Wichtig war hierbei, daß diese Torfwälle und Stützmauern nach rückwärts mit grobem Kiessand oder Steinen gut entwässert wurden und daß diese Entwässerungen bei Torfwällen alle 10 bis 20 m Ausstiche zur Ablassung des Wassers erhielten. Auch die Torfwälle mußten gut mit Pföcken gefestigt werden. Dadurch erhielten sie den erforderlichen Zusammenhalt, bis die im Torf enthaltenen Graswurzeln diese Aufgabe übernahmen. Als Stoff für solche Torfwälle zeigte sich Waldtorf oder sogenannter Bärenmoostorf am zweckmäßigsten. In ganz bedenklichen, wasserkranken Bodenverhältnissen wurden ganze Längsgräben nach Abb. 2, Taf. 5 unter Zuhilfenahme von Torf und Moorboden hergestellt.

Außer in lehmhaltigem Ton kamen auch Einschnitte in trockenem, geschichtetem Bändertone und solche in feinem Sand vor. Der Ton machte weniger Schwierigkeiten, aber die Böschungen in Flugsand mußten alle verkleidet werden, besonders wo es sich um Flugsand handelte. Da es an Mutterboden fehlte, suchte man die Flugsandböschungen unmittelbar durch Besäen mit Strandhafer und mit Epilobium (Weidenröschen) zu schützen. Der Strandhafer kam anfangs gut, verbrannte aber in der Sommerhitze und versagte sonach. Auch Epilobium wirkte nicht entsprechend. Man sammelte daher allen erreichbaren Torfkompost von Ortschaften und Baracken und belegte damit dünn die Sandböschungen. Grassamen wuchs dann gut an. Steinverkleidungen bekamen nach Abb. 3, Taf. 5 ein etwa 5 cm starkes Moorschichtenlager, das das eindringende Wasser filtrieren und den aufgeweichten Untergrund vom Aufsteigen in die Steinpackung abhalten soll.

In wassergetränktem Feinsand müssen Drainagen gut mit Moor umbettet werden, um Verschlamung zu verhüten.

Die Eigenschaften der anstehenden Erdarten bewirken, daß

die Bahn in strengen Wintern auf große Strecken aufgefriert. Von 121 km frieren 90 auf. Unter ungünstigen Verhältnissen haben die Auffrierungen in gewissen Strecken eine Höhe von 35 cm erreicht. Gewöhnlich gehen sie aber nur auf durchschnittlich 15 bis 20 cm. Durch Vorkommen von wasserführenden Schichten und Wasseradern und infolge wechselnder Dichte der Erdarten und des Auftretens von erdfesten Steinen erfolgt das Auffrieren recht ungleich und die Lage des Gleises wird holperig und schief. Schon eine Frostbeule, die winkelrecht zum Gleis verläuft und beide Stränge zugleich hebt, kann für schnellfahrende Züge recht unangenehm werden. Wenn aber ein Frosthügel schief zum Gleis verläuft oder nur auf den einen Schienenstrang sich erstreckt, so ist die Störung der Fahrt und die Beanspruchung von Gleis und Fahrzeug besonders groß. Dabei entsteht die Gefahr der Entgleisung; das Schütteln und Schlingern der Wagen wird sehr bedenklich, selbst wenn die Frostbeule nur 2 bis 3 cm Höhe hat. Man hat große Kosten beim Bau aufgewendet, um diese Auffrierungen zu verhüten. Auf 20 km hat man Isolierschichten ausgegraben und auf 3,5 km die Bettung vertieft. Auf lange Strecken hat man gesucht, durch Längsabzuggräben die wasserführenden Schichten und Adern zu entwässern, bevor sie den Bahnkörper erreichen, um auf diese Art den Untergrund des Gleises trocken zu legen. Als Isolierungsmittel bei den Ausgrabungen diente zuerst Kiessand. Man gab der Isolierung den Querschnitt, der in Abb. 1, Taf. 5 dargestellt ist. Später wurde statt Kiessand Moorboden angewendet und die Ausgrabung erhielt den Querschnitt nach Abb. 4, Taf. 5. Die Breite der Ausgrabungen war in beiden Fällen 4 m, nachdem die zuerst angewendete Breite von 3,5 m nicht genügt hatte. Die Tiefe der Isolierschichte war bei Kiessand 1,4 m und bei Moor 1,1 m unter Schienenunterkante. Ob dieses Maß ganz ausreicht, ist zweifelhaft. Jedenfalls ist die Moorisolierung schon des geringeren Ausmaßes wegen vom Kostenpunkte aus günstiger. Auch fällt hier die sorgfältige und zeitraubende Einlage einer Moor- oder Torfzwischen-schichte, um die Verunreinigung des Kiessandes durch eindringenden Lehm zu verhüten, weg. Sonst aber haben beide Isolierungen entsprochen. Ein unerwarteter Mangel, der sich bei der Moorisolierung ergab, war, daß unter dem Drucke der Zuglasten das Wasser aus der Moorisolierung herausgepresst wurde und dadurch die kleinen Tonsandwalle zwischen Isolierung und Einschnittgraben aufgeweicht und hinausgedrückt wurden. Man mußte daher diese kleinen Tonsandkörper nachträglich auf lange Strecken durch Moor oder Torf ersetzen.

Wie schon oben erwähnt, machten Auffrierungen im reinem blauen Lehm gewöhnlich unbedeutende Schwierigkeiten, dafür aber bestand bei diesem Lehm große Neigung in die Bettung aufzusteigen. Um dies zu verhindern, wurde auf gewissen Strecken Isolierung nach Abb. 5, Taf. 5 ausgeführt. Die schon angeführten Bettungsverstärkungen innerhalb 3,5 km Bahnstrecke fanden da statt, wo die Gräben ohne größere Kosten vom Bahnkörper etwas wegerrückt werden konnten. Dabei wurden dann in den Strecken, in denen Auffrieren zu erwarten war, die Bermbreiten vergrößert, um die Bettungsstärke vergrößern und damit die Auffrierungen beseitigen oder vermindern zu können. Auf obige 3,5 km wurde die Stärke der Kiessandbettung von normal 40 auf 90 cm erhöht. Das Ergebnis war im allgemeinen gut, genügte aber nicht überall und man mußte teilweise noch um 50 cm weiter erhöhen. Die Kosten einer solchen Bettungserhöhung sind etwa nur ein Drittel derer der Isolierschichte, weshalb sich dieses Verfahren überall da empfiehlt, wo die Erdarbeiten kein Hindernis in den Weg legen. Wie aus Abb. 1 hervorgeht, liegt am Boden der Isolierung eine Längsdrainage mit drei Tonrohrsträngen. Alle 10 bis 20 m wird diese Längsdrainage durch einen Quergraben in den unter dem Einschnittgraben gelegenen Hauptablauf abgeleitet, der dann irgendwo an einem Übergang vom Einschnitt zu einer Dammstrecke ausmündet. Da dieser Hauptablauf natürlich auch sonst wasseraufnehmend und trockenlegend wirkt, so hat man ihn auf die Bergseite verlegt, von der die Grundwasserströmungen kommen. Man hat solche Hauptablaufentwässerungen daher auf bedeutend größere Streckenlängen angelegt, als die Isolierungen reichen. Freilich darf man sich von diesen Entwässerungen durch Hauptablaufdrainagen auch nicht allzuviel erwarten. Je nach den Verhältnissen kann aber ihre Wirkung recht gut sein. Man muß da mit weiter Sicht rechnen.

Man hat auch versucht, wie dies ja auf den ersten Blick recht naheläge, die Isolierungen wegzulassen und lediglich alle 5 bis 8 m eine Querdrainage winkelrecht zum Gleis zu führen und in die zur Bahn gleichlaufende Ablaufdrainage einmünden zu lassen (Abb. 6

Taf. 5). Man hat aber dabei nicht ganz erwarteter Weise einen großen Mißerfolg erlebt. Im Winter friert nämlich zuerst die Bettung zu einer zusammenhängenden Kruste zusammen und diese Kruste verstärkt sich im Lauf des Winters. Da wo die Querdrainagen liegen und vielleicht noch je einen halben Meter beiderseits greift der Frost nicht auf den Untergrund über, weil hier die Feuchtigkeit abgeleitet ist. Dagegen ist dies zwischen den Querdrainagen unbehindert der Fall. Bei Beginn des Winters wird das Gleis nach Abb. 6, Taf. 5 etwas holperig. Wenn aber das Auffrieren weiter fortschreitet, so löst sich die Verbindung zwischen Bettungskruste und Untergrund über den Querdrainagen auf Grund der Tragfähigkeit der Schienen und es entstehen über den Querdrainagen Hohlräume unter dem Gleis. Die gefrorene Kruste wirkt auf die Dauer des Winters als Tragkörper, der den Druck der Zuglasten aushält. Das Gleis liegt, obwohl vielleicht um 20 cm und mehr gehoben, verhältnismäßig eben und gut. Im Frühjahr aber taut zuerst die Bettung auf, die Bettungskruste verliert ihr Tragvermögen, die Schiene schwebt auf 1,6 bis 2 m Länge frei und unter den Drücken der Verkehrslasten kann ein Unfall eintreten. Wie man sieht, handelt es sich um äußerste Verhältnisse, von denen bei uns im allgemeinen nur bescheidene Andeutungen vorkommen. Immerhin sind aus diesen nordischen Verhältnissen, Beobachtungen und Erfahrungen auch für uns manche Lehren zu entnehmen.

Auch bei Hausbauten genügt es nicht immer, auf frostfreie Tiefe zu gehen, sondern man muß die Grundmauern auch mit isolierenden Stoffen in hinreichender Stärke umhüllen. Im allgemeinen war eine 1,4 m breite Kiessandschicht oder eine 1,2 m starke Moorschicht erforderlich. Doch verunreinigt sich der Kiessand mit der Zeit, der Moorboden drückt sich zusammen, so daß er schließlich nicht mehr den Frost abhält. Daher mag es auch kommen, daß in manchen Kellern nordländischer Häuser die Temperatur im Winter unter den Gefrierpunkt fallen kann. Man ist daher zu der Ansicht gekommen, daß sich für solche Grundmauern weder Kiessand noch Moorboden als Isolierung eignet und daß man, wo irgend zugänglich, Kohlenasche verwenden sollte. Dr. Saller.

#### Verstärkung der Brücke über den Columbiafluß in Nordamerika.

In den letzten Jahren hat die Große Nordbahn in Nordamerika eine Anzahl ihrer größten Brücken aus Stahl verstärkt. Vor kurzem wurden die Arbeiten an der Brücke über den Columbiafluß beendet, die durch die ungewöhnliche Art, mit der die Aufgabe gelöst wurde, bemerkenswert sind. Die Hauptlinie der Nordbahn kreuzt den

den Verkehr nicht zu behindern. Die Verstärkung wurde daher durch eine Zusatzkonstruktion hergestellt. Zu diesem Zweck wurde 1,50 m außerhalb der vorhandenen Brücke auf jeder Seite ein neuer Träger vorgesehen. Die beiden neuen Träger bilden zusammen ein völlig neues und selbständiges Tragwerk (siehe Abb. 2). Sie erhielten die gleiche Gestalt wie die bereits vorhandenen Träger, wogegen die Knotenpunkte der neuen Konstruktion um 2,40 m tiefer liegen als die entsprechenden der alten Konstruktion. Durch diesen Höhenunterschied wurde es ermöglicht, zwischen den beiden Konstruktionen neue Querträger, die wesentlich verstärkt sind, für die Aufnahme der Gleise einzuschieben. Das alte A-förmige Joch, auf dem je ein Ende der 125 und 75 m weiten Öffnungen ruht, wurde zur Verstärkung mit Beton ummantelt. Die Träger für die Hauptöffnung wurden freitragend vorgebaut, weil wegen der Wassertiefe die Verwendung eines Lehrgerüsts ausgeschlossen war und auch weil die alte Brücke nicht genügend stark war, um neben der Verkehrslast auch noch die Belastung durch die neue Brücke, die sich noch nicht selbst trug, aufzunehmen. Um den Aufwand für die Beschaffung von Behelfskonstruktionen auf ein Mindest-

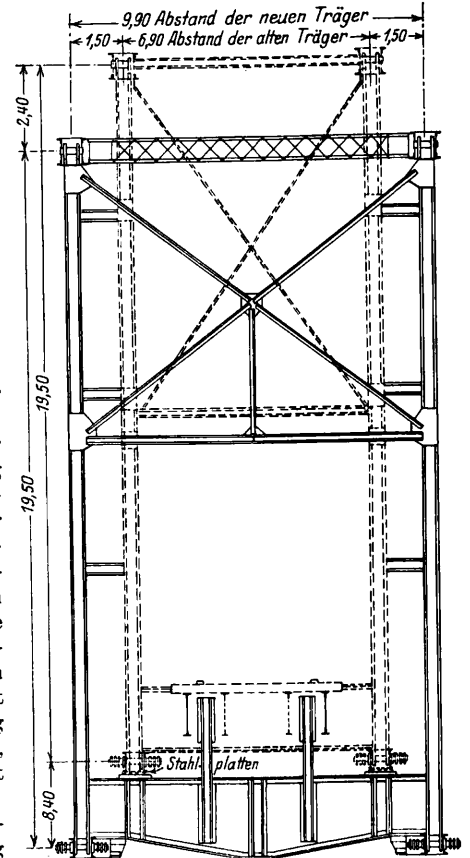


Abb. 2.

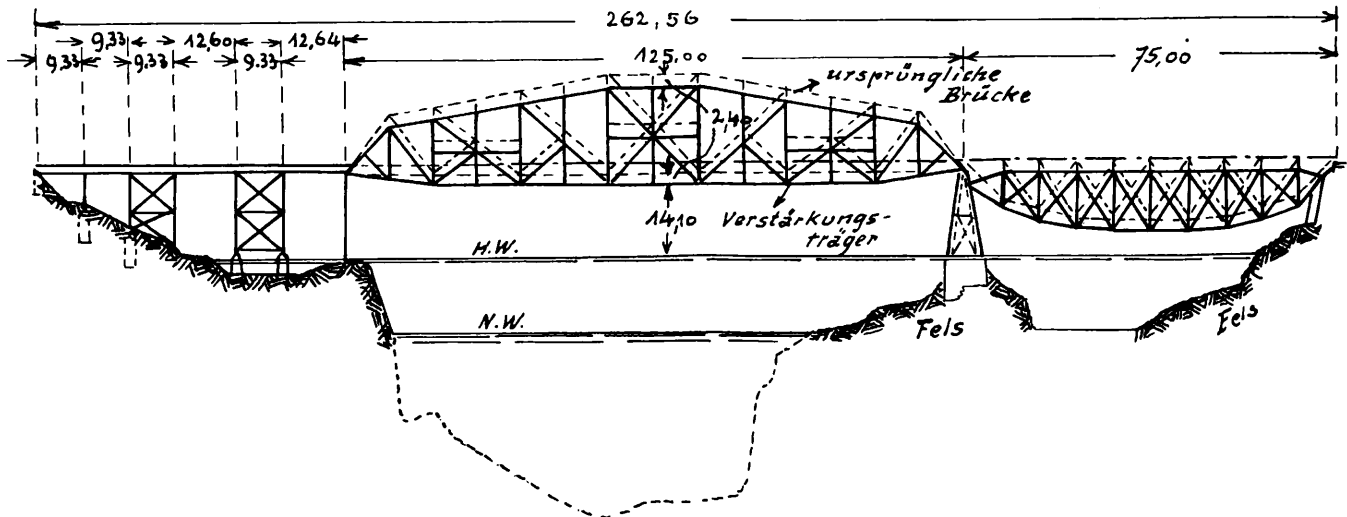


Abb. 1.

Columbiafluß 10 Meilen östlich von Wenatchee, wo er in felsigem Gelände in einer Breite von etwa 180 m bei einer größten Wassertiefe von etwa 45 m fließt. Hier wurde der Fluß im Winter 1922/23 mit einer Stahlbrücke mit zwei Öffnungen von 125 und 75 m Lichtweite überbrückt, denen bald eine dritte Öffnung angefügt wurde (siehe Abb. 1). Der einzige Pfeiler der ursprünglichen Brücke, ein A-förmiges Joch in Eisenkonstruktion, ruht auf einem Betonsockel, der auf gutem Fels gegründet ist. Die vorhandene Konstruktion der Brücke war in sehr gutem baulichen Zustand und wurde belassen, um

maß herabzudrücken, wurden hierfür Teile der durch den Umbau der Seitenöffnungen gewonnenen alten Träger benutzt, die später bei anderen Brücken Verwendung fanden. Diese Teile wurden während des Vorbaues der Hauptöffnung als Gegengewichte, sowie als Verstreben und Verankerungen wegen der einseitigen Belastung der Pfeiler benutzt. Da jedoch das Gewicht dieser Träger nicht genügte, um der vorkragenden Konstruktion das Gleichgewicht zu halten, wurden noch weitere Gegengewichte in der Form von großen Kästen vorgesehen, die mit Steinen gefüllt wurden. Auf diese Weise

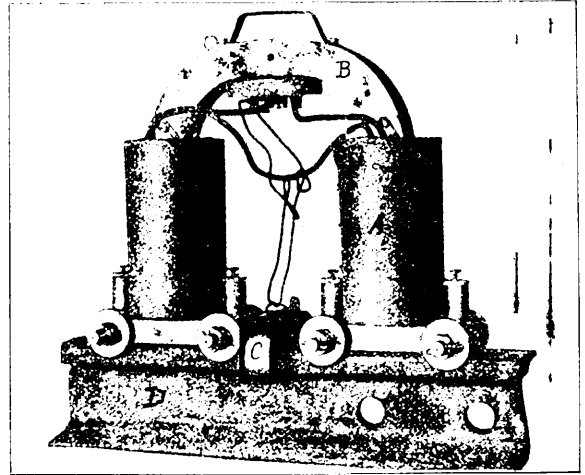
erhielten die Gegengewichte an jedem Ende der Öffnung ein Gewicht von ungefähr 112000 englische Pfund (rund 51000 kg). Die Seitenöffnungen, für die hölzerne Lehrgerüste benützt wurden, sowie die beiden ersten Felder der Hauptöffnung wurden mit Dampfkranen von 30 und 60 t Tragkraft in größeren, zusammengesetzten Stücken verlegt. Die übrigen Teile der Hauptöffnung wurden durch fahrbare Krane, die sich auf der bestehenden Brücke bewegten, an Ort und Stelle gebracht. Zur endgültigen Verbindung der von beiden Seiten vorgebauten Kragarme wurden hydraulische Pressen von 300 t Zugkraft an den Enden der Gegengewichtsträger aufgestellt, welche die vorkragenden Träger in die richtige Lage ziehen mußten. Als die Hauptträger zusammengeschlossen waren und sich selbst trugen, wurden nach Einbringen der neuen Querträger zwischen die Unterkante der alten Knotenpunkte und Oberkante der neuen Querträger Stahlplatten eingeschoben, die den Höhenunterschied genau ausfüllten, ferner wurden auch jeweils der alte und neue Träger seitlich verbunden und so das Zusammenwirken der alten und neuen Konstruktion herbeigeführt.

(Railway Age 1926, April, Seite 1133 ff.)

### Eine neue Vorrichtung zum Aufsuchen innerer Fehler in Schienen.

Ein japanischer Ingenieur Susuki hat einen von ihm „Defektoskop“ genannten Apparat zum Aufsuchen von inneren Fehlern in Schienen erfunden, der es gestattet, in 1 bis 2 Minuten an einer Schiene eine ganze Reihe von Proben vorzunehmen, ohne deren Stoff irgendwie anzugreifen. Wenn man eine Eisen- oder Stahlstange in ein starkes magnetisches Feld bringt, so hängt deren Permeabilität von ihren Eigenschaften und insbesondere von ihrer mechanischen und thermischen Bearbeitung ab. Zum Beispiel nimmt die Permeabilität von Kohlenstoffstahl ab mit dem Anwachsen seines Kohlenstoffgehaltes. Die Permeabilität hängt auch in weiten Grenzen von der Art des Schmiedens und überhaupt der Herstellung des Metalles ab, desgleichen von dem Vorhandensein von Rissen und Metallbeimischungen, welche letztere gewöhnlich die Permeabilität vermindern. Wenn sich im magnetischen Kreis ein kleiner Luftzwischenraum befindet, so wird der in diesem Kreis bei gleicher magnetomotorischer Kraft sich entwickelnde magnetische Kraftfluß nur ein Teil desjenigen, der sich bei ununterbrochenem magnetischem Kreis bilden würde. Wenn die magnetische Eigenschaft einer Schiene auf ganze Länge gleich ist, so wird auch der magnetische Kraftlinienfluß auf ihre ganze Länge gleich. Hat aber die Schiene an irgend einem Punkte eine schadhafte Stelle, so ist ihre Permeabilität an diesem Punkte größer und infolgedessen erzeugt die magnetomotorische Kraft hier einen geringeren magnetischen Kraftlinienfluß. Die Verminderungen der Kraftlinienzahl eines magnetischen Feldes wird durch eine das Feld umschließende Spule mit angeschlossenem Galvanometer gemessen. Wenn man also die Eisenstange mit Hilfe

einer solchen Versuchsspule prüft, indem man die Spule zusammen mit dem magnetisierenden Elektromagneten über die Stange hin bewegt, so gibt das Galvanometer bei unveränderlicher Permeabilität der Stange keine Ablenkungen. Wenn sich aber eine Stelle mit einem Schaden oder mit stark sich änderndem Gefüge findet, so schlägt der Zeiger des Galvanometers mehr oder weniger aus. Dabei muß natürlich Elektromagnet und Versuchsspule mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bewegt werden und der Abstand zwischen Schienenoberfläche und beiden Polen darf sich nicht im geringsten ändern. Jeder der beiden Pole des Hufeisenmagnets (siehe Abb.) läuft auf vier Röllchen, die zur Bewegung über die Schiene hin dienen. Bei eingebauten Schienen ist es nicht möglich, daß die Meßspule die Schiene umgreift. Sie ist daher über dem Kopf angebracht und wird nur durch den Streufluß der Kraftlinien durchsetzt. Die Messung setzt also voraus, daß sich bei Änderungen im eigentlichen Magnetkreis auch der Streufluß ändert. Diese Meßspule besteht aus sehr dünnem Kupferdraht, seidenumsponnen und mit Glimmer



Defektoskop.

isoliert. Drähte, die von der Spule abgehen, verbinden diese mit dem Galvanometer.

In Rußland sind mit dem Defektoskop Versuche gemacht worden, die zeigten, daß mit seiner Hilfe innere Fehler verschiedener Art an Schienen gefunden werden können und zwar innere, an der Oberfläche nicht sichtbare Sprünge, das Vorhandensein eines bedeutenden Schwefelgehalts im Metall, nestartige Anhäufungen von Beimengungen aller Art, unregelmäßige innere Spannungen, die sich in den Schienen beim Walzen und Ausrichten ergeben. Dr. S.

## Lokomotiven und Wagen.

### Pullman-Wagen der Internationalen Schlafwagen-Gesellschaft.

Die neuen Wagen sind für die Luxuszüge zwischen Paris und Calais und für den Süd-Express bestimmt. Die Lieferung wurde auf verschiedene englische und französische Firmen verteilt. Im allgemeinen Aufbau sind die Wagen den auf englischen Bahnen laufenden Pullman-Wagen ähnlich, ihre Abmessungen sind jedoch wesentlich größer.

Die Internationale Schlafwagen-Gesellschaft ist schon vor einigen Jahren zum Bau eiserner Wagen übergegangen. Dementsprechend sind auch die neuen Wagen ganz aus Eisen hergestellt; die Bauart ist dieselbe wie bei den ersten Wagen; sie lehnt sich eng an die amerikanische Ausführung an und weicht demgemäß von derjenigen der Deutschen Reichsbahn stark ab. Zwischen den Drehgestell-Mitten erstrecken sich vier Längsträger, von denen die beiden äußeren in Z-Form sehr leicht gehalten sind, während die beiden mittleren mit 610 mm Abstand voneinander aus Blechen und Winkeln zu kräftigen Fischbauchträgern zusammengesetzt sind. In Höhe der Drehgestellmitten ist beiderseits ein Stahlgußkopfstück angesetzt, das die Drehzapfen und die gesamten Zug- und Stoßvorrichtungen der Bauart Chevalier und Rey aufnimmt. Gegenüber dem Vorteil des einfacheren Zusammenbaus und der leichteren Unterhaltung hat diese Bauart den Nachteil, daß bei größeren Beschädigungen jedesmal das ganze Guß-

stück ausgewechselt werden muß. Der Wagenkasten ist aus Formeisenpreßteilen und Blechen zusammengebaut; an Stelle des bisher bei der Schlafwagen-Gesellschaft üblichen ziemlich flachen Daches mit Aufbau haben die eisernen Wagen ein stark gewölbtes Tonnendach erhalten. Die Fenster sind fest; nur das obere Drittel kann zur Lüftung geöffnet werden. Der Fußboden besteht aus Blechplatten mit einem Belag von Induroleum und darüber Gummi. Die Drehgestelle haben die schon früher beschriebene\*) amerikanische Schwannenhals-Bauart mit einem in einem Stück gegossenen Stahlgußrahmen.

Besonderer Wert ist auf die Inneneinrichtung gelegt worden. Von der gesamten Lieferung haben jeweils drei Wagen die gleiche Ausstattung. Die Unterschiede bestehen in der Hauptsache in der Wahl der Hölzer und der Bezugstoffe. Ein Teil der Wagen hat Küchen- und Anrichteräume in der bei Speisewagen üblichen Weise erhalten. Die Textabbildung zeigt das Innere eines in England gebauten Wagens.

Die Beleuchtung ist elektrisch nach Bauart Stone; außer einer großen Anzahl von Deckenlampen sind noch Tischlampen vorgesehen. Bemerkenswert ist, daß auch über jeder der vier Türen in den Vorbauten eine Lampe angebracht ist; diese Anordnung wird das bei allen D-Zugwagen schwierige Ein- und Aussteigen bei

\*) Organ 1922, S. 55.



Nacht wesentlich erleichtern. Die Heizkörper der Niederdruckdampfheizung liegen an den Seitenwänden. Die Druckluftbremse wirkt selbsttätig und nichtselbsttätig.

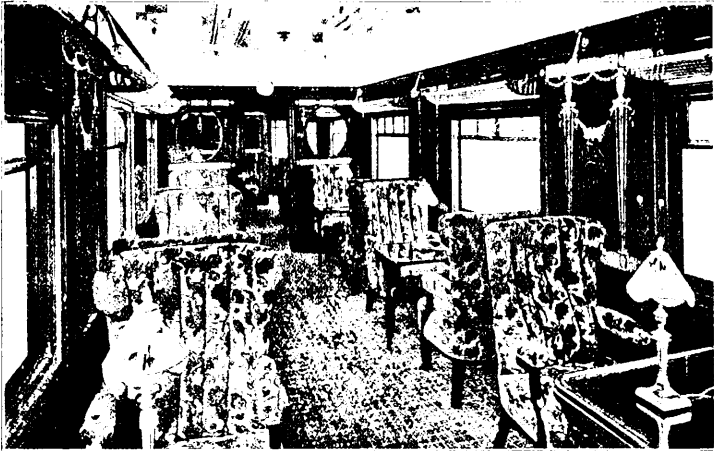
Der äußere Anstrich ist unten braun, oben cremefarbig gehalten; die Anschriften bestehen auf dem hellen Grund aus brünierten

anlange, Bauart Dick: sie liefert zugleich den Strom für einige elektrisch betriebene Ventilatoren.

Ein Teil der Wagen läuft schon seit einiger Zeit in den französischen Riviera-Expresszügen; soweit ein Übergang auf außerfranzösische Bahnen in Frage kommt, sind die Wagen mit den erforderlichen Übergangseinrichtungen, Bremsen usw. ausgerüstet. (Engineering 1926, Nr. 3179.) R. D.

**Dichtung der Einströmröhre an der Rauchkammer.**

Es ist schwierig, die Stelle, an der die Dampfrohre die Bleche der Rauchkammer durchdringen, dauernd dicht zu halten; das Eindringen von Außenluft in die Rauchkammer verschlechtert aber den Zug und ist der Anlaß erhöhten Kohlenverbrauches. Die American Lokomotive Company hat daher eine ihr gesetzlich geschützte Anordnung getroffen, bei der ein Blechgehäuse einerseits an der



Innenansicht eines Pullman-Wagens.

Messingbuchstaben, auf dem dunkeln Grund aus Goldschrift. Der Luxuszug Paris—Calais hat von der Gesellschaft den Namen „Goldener Pfeil“ erhalten; in wenig geschmackvoller Weise sollen verschiedene derartige auf den Wagen aufgemalte Pfeile dies andeuten.

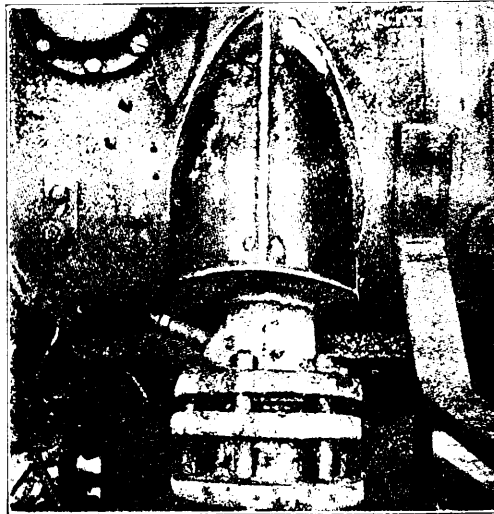
(The Railw. Eng. 1926, Oktob.)

R. D.

**Eiserne Schlafwagen der Internationalen Schlafwagen-Gesellschaft.**

Für ihre Luxuszüge hat die Internationale Schlafwagen-Gesellschaft neuerdings eine größere Anzahl vierachsiger eiserner Schlafwagen in Dienst gestellt, die zum großen Teil von englischen Firmen gebaut worden sind. Die Einrichtung sowie der allgemeine Aufbau dieser Wagen stimmt vollständig mit den oben beschriebenen Pullman-Wagen überein. Sie besitzen auch dieselben Drehgestelle wie diese. Die Wagen enthalten zwölf Schlafabteile, davon acht mit einem Bett, der Rest mit zwei Betten. Ein Teil der Abteile läßt sich durch Drehtüren in Doppelabteile verwandeln. Bei den Abteilen mit einem Bett sind die Waschbecken im Abteil selbst, bei denjenigen mit zwei Betten für je zwei Abteile gemeinsam in einem zwischen denselben liegenden besonderen Waschraum untergebracht. An jedem Wagenende befindet sich ein Abort.

Die Innenausstattung ist in einfachen geschmackvollen Formen gehalten. Die Wandbekleidung besteht aus Mahagoniholz mit Einlegearbeiten, die Decke ohne Lüftungsaufbau ist weiß gestrichen, der Boden ist mit Induroleum belegt. Die Polsterbezüge sind aus blauem, gemustertem Plüsch. Der Außenanstrich der Wagen ist blau mit



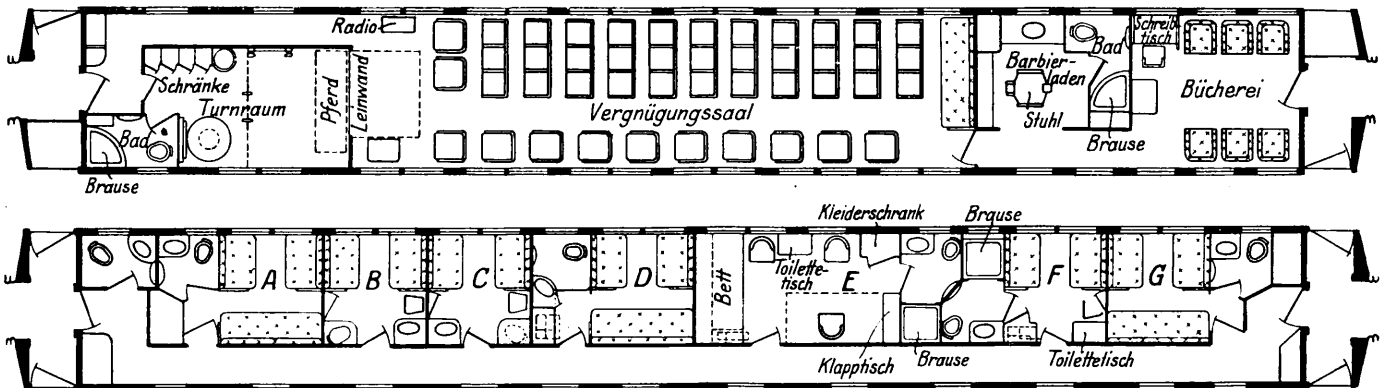
Das bewegliche Dampfrohrgehäuse nach dem Zusammenschweißen.

Außenseite der Rauchkammer und andererseits an den Dampfrohren angeschweißt ist. Das zweiteilige Gehäuse wird um die Rohre gelegt und am Saum zusammenschweißt, worauf das Anschweißen an die Rauchkammer und an das Rohr folgt (siehe Abbildung). So ergibt sich eine genügende Beweglichkeit, um den Ausdehnungen der Rohre folgen zu können. Bei guter Herstellung bleibt das Gehäuse unbegrenzt dicht. Bttgr.

(Railway Age, 1. H., 1926, Nr. 22.)

**Neue Pullmanwagen mit Turnraum und Vergnügungssaal.**

In den Vereinigten Staaten sind die „Landkreuzerfahrten“ üblich geworden, das sind Sonderzüge, welche die Ausflügler zu den historisch



Grundriss des Vergnügungswagens und des Luxusschlafwagens.

Goldleisten und goldener Beschriftung. Der Heizkessel für die Warmwasser-Heizung kann in der bei Schlafwagen üblichen Weise entweder mit Dampf von der Heizleitung oder aber unmittelbar beheizt werden. Zur Beleuchtung dient eine elektrische Maschinen-

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. interessante und an Naturschönheiten reichsten Punkten des Landes führen und dabei alle erdenklichen Reiseerleichterungen bieten. Ein solcher Zug besteht aus einem „Vergnügungswagen“ mit Turnsaal, Erholungsraum, Barbierladen und Bücherei, einem Luxusschlafwagen,

mehreren Wohnwagen und einem Aussichtswagen, außerdem wird natürlich ein Speise- und ein Gepäckwagen mitgeführt.

Kürzlich wurde von der Pullman-Gesellschaft ein neuartiger Vergnügungswagen erbaut; er ist 25 m lang und enthält einen 3,7 m langen Turnraum mit Brausebad; daran schließt sich ein 11,6 m langer Erholungsraum; der Barbierladen mißt 2,8 m und den restlichen nutzbaren Teil mit 3 m nimmt die Bücherei ein (siehe Abb.).

Im Turnraum befinden sich einige der auf Überseedampfern üblichen Turngeräte. Der Erholungsraum bietet Sitzgelegenheit für 49 Personen. Er dient als Lesesaal, Konzert- oder Lichtspielraum; eine neuzeitliche Rundfunkempfangsanlage vervollständigt die Ausrüstung. Durch Entfernung der Sitze kann ein Tanzraum für etwa 15 Paare geschaffen werden. Bttgr.

(Railw. Age, I. Hälfte 1926, Nr. 27.)

## Betrieb in technischer Beziehung. Signalwesen.

### Aufstellung von Ankündigungszeichen vor Vorsignalen.

Um dem Lokomotivführer ein auch bei Dunkelheit und unsichtigem Wetter wirksames Zeichen zu geben, daß er sich einem Vorsignal nähert, stellt die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft, zunächst auf allen Schnellzugstrecken, Ankündigungszeichen (Warnzeichen, mit einem seemännischen Ausdruck „Baken“ genannt) auf. Es sind dies Tafeln von 0,4 m Breite und 1,6 m Höhe ( $0,75 \times 0,75$  m, wenn ausnahmsweise zwischen den Gleisen aufgestellt), die auf weißem Grundanstrich dem Zuge entgegen ein bis drei (bzw. fünf) von links nach rechts ansteigende schwarze Querstreifen tragen. Die dem Vorsignal am nächsten stehende Tafel erhält einen Querstreifen, die vom Vorsignal am weitesten abstehende so viele Querstreifen als Baken verwendet sind. Die Baken sind in einfachster Weise aus Holz herzustellen und mit einem halt-

baren Ölfarbanstrich zu versehen. In der Regel werden drei Baken hintereinander aufgestellt, nur bei ungünstiger Sichtbarkeit des Vorsignals wird die Zahl auf fünf vermehrt. Die dem Vorsignal am nächsten stehende Bake ist 100 m von ihm entfernt, der Abstand der Baken untereinander ist auf je 75 m bemessen. In der geraden Strecke beträgt die Neigung der Tafelfläche zur Bahnachse etwa 60 Grad, in Kurven ist der für die Sichtbarkeit günstigste Neigungswinkel besonders zu ermitteln. Sie sind auch bei Nacht zu sehen, weil sie im Schein der Bahnbeleuchtungslaternen der Lokomotive sich vom Hintergrund abheben. Infolge der schräg angeordneten schwarzen Streifen entsteht beim Vorbeifahren für das Auge der Eindruck einer Bewegung der Streifen, wodurch die Aufmerksamkeit besonders erregt wird.

## Buchbesprechungen.

**Wagner, Verzeichnis der deutschen Literatur über Verschiebebahnhöfe.** Technisch-Wirtschaftliche Bücherei, Heft 35. Verlag Guido Hackebeil A.-G., Berlin S 14, 1926.

Das Heft bringt eine erschöpfende Zusammenstellung aller Veröffentlichungen über Verschiebebahnhöfe von den ersten Anfängen bis Juni 1926. Der umfangreiche Stoff ist handlich nach Stichworten gegliedert. Mit kurzen Inhaltsangaben wird auf die bisherige Behandlung in der Literatur verwiesen. Über besonders wichtige Merksätze und Zahlenwerte bringt das Verzeichnis unmittelbare Angaben.

Jedem, der mit Betrieb oder Bau von Verschiebebahnhöfen beschäftigt ist, wird das Heft ein wertvoller Berater sein; es bietet Hinweise auf alle Fragen der Verschiebetechnik und des Verschiebebetriebs und vermittelt einen raschen Überblick durch die übersichtliche, gedrängte Zusammenstellung des Stoffes. Dr. Bl.

**Eisenbahnkunde, Unterrichts- und Fortbildungszeitschrift für das gesamte Eisenbahnpersonal.** 25. Jahrgang. Zu beziehen durch alle Postanstalten des In- und Auslandes, Bezugspreis RM. 1,50 vierteljährlich. Herausgegeben von Reichsbahnrat Hafsfurter, Nürnberg.

Neben dem Buch, das ein Fachgebiet in wissenschaftlicher Weise abschließend behandelt, neben den Fachzeitschriften, die der Erörterung in der Schwebe befindlicher Fragen und damit dem Fortschritte dienen, nimmt einen nicht unbeachtlichen Platz in der Literatur die Unterrichtszeitschrift ein. Ihr kommt ganz besonders im großen Organismus der Eisenbahnverwaltung mit ihren ver-

schiedenartigen Zweigen und ihrem außerordentlich großen Personalstand eine besondere Existenzberechtigung zu.

Eine Jubilarin auf diesem Gebiete ist die „Eisenbahnkunde“, die mit dem neuen Jahr in den 25. Jahrgang ihres Erscheinens eingetreten ist. Ein Rückblick auf die zurückliegende lange Zeit ergibt, daß die Zeitschrift stets bestrebt war, guten, der Praxis entnommenen Stoff in verständlicher und leicht lesbarer Form zu bringen. Sie hat sich damit einen großen Kreis von Freunden erworben, nicht nur in Bayern, wo sie vor 25 Jahren von Cadau und Hafsfurter gegründet wurde, sondern auch weit über die Grenzen Bayerns hinaus. Dem zweiten Vierteljahrhundert geht die Zeitschrift, gestützt auf den bisherigen Erfolg, in neuer Form und größerem Umfang entgegen, so daß sie sicher ihren Leserkreis noch mehr vergrößern und ihr Verbreitungsgebiet erweitern wird.

**Unterrichtsblätter über Fernmeldetechnik, II. Teil,** herausgegeben von der Reichsbahndirektion Halle (Saale). Verlag Dr. Tetzlaff in Berlin-Schöneberg.

Der vorliegende II. Teil enthält 15 Unterrichtsblätter, in denen die Fernsprecheinrichtungen für Ortsbatterie- und Zentralbatterie-Betrieb, die Einrichtungen der Fernsprechzentrale und die Fernsprechleitungen ausführlich behandelt sind. Die Unterrichtsblätter enthalten auch zahlreiche bildliche Darstellungen der verschiedenen Einrichtungen und bieten jedem, der im Fernsprechwesen tätig ist, eine vorzügliche Gelegenheit, sich mit den Einzelheiten vertraut zu machen. Reichsbahnrat Sörger.

## Verschiedenes.

### 75 Jahre Lübeck-Büchener Eisenbahn.

Am 15. Oktober 1851 fuhr der erste Eisenbahnzug von Lübeck nach Büchen und stellte damit den Anschluß Lübecks an das damals bereits in kräftiger Entwicklung befindliche deutsche Eisenbahnnetz her. Schwer war dieses Ziel zu erreichen gewesen. Dänemark, das Herr in den Herzogtümern Holstein und Lauenburg war, suchte Lübeck alle Verkehrswege nach dem deutschen Binnenlande abzuschneiden und nur der Umweg über Mecklenburg stand offen. Schon im Jahre 1831 begannen die Bemühungen um den Bau einer Bahn, doch erst 1847 kam ein Staatsvertrag mit Dänemark zustande, der den Bau einer Eisenbahn von Lübeck nach Büchen ermöglichte. Mit einem Aktienkapital von 2 1/2 Millionen Talern wurde die Lübeck-Büchener Eisenbahn-Gesellschaft gegründet und mit 5 Lokomotiven, 13 Personen-, 2 Gepäck- und 71 Güterwagen der Betrieb eröffnet; zwischen Lübeck und Büchen verkehrten täglich drei Zugpaare. Die Entwicklung des Unternehmens hat aber alle darauf gesetz-

te Hoffnungen in reichem Maße erfüllt. 1865 wurde eine zweite Eisenbahnverbindung Lübeck—Hamburg gebaut, die heute die Hauptstrecke der Gesellschaft bildet, 1882 die Linie Lübeck—Travemünde. Im Laufe der Jahre wurde dann das Netz noch durch eine Anzahl Strecken von lokaler Bedeutung erweitert. Heute beträgt das Aktienkapital der Gesellschaft 45 Millionen Mark. Zur Verfügung stehen 80 Lokomotiven, 300 Personen-, 40 Gepäck- und 1200 Güterwagen. Im Sommer verkehren 64 Zugpaare, darunter 6 D-Zugpaare. Das Streckennetz hat zwar nur eine Länge von 161 km, doch ist es ein wichtiger und bedeutender Verkehr, der sich auf ihm abwickelt. Die Lübeck-Büchener Eisenbahn-Gesellschaft kann heute als die größte deutsche Privatbahn und als eine der wenigen Privatbahnen, die, aus der Gründungszeit des Eisenbahnwesens stammend, ihre Selbständigkeit bewahrt hat, mit Befriedigung auf die Arbeit der vergangenen 75 Jahre zurückblicken, in denen sie sich zu einem wichtigen Bestandteil des norddeutschen Eisenbahnnetzes entwickelt hat. A. P.

## Berichtigung.

Im Heft 23 des Jahrgangs 1926, Seite 485 linke Spalte Zeile 29/30 muß es heißen statt „System Reutener“ „System Borghaus“.