

# 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

85. Jahrgang

15. Juli 1930

Heft 14

## Beitrag zur Klärung der Ursache von Schienenbrüchen.

Von Dr. Ing. Hans Berchtenbreiter und Friedrich Doll, München.

Die Lebensdauer eingebauter Schienen ist im allgemeinen durch ihren Widerstand gegen Verschleiß gegeben. Die Querschnittsverminderung des Kopfes (verursacht durch die rollende und gleitende Reibungsabnutzung sowie durch Druck und Schlupf der Lauffläche und des Spurkranzes des Rades) macht nach mehr oder weniger langer Betriebszeit, die also ausschließlich durch ihre Abnutzungsfestigkeit gegeben ist, den Ausbau aus den Hauptstrecken notwendig, soweit nicht die Erhöhung der Achsdrücke einen Verstärkungsbau zu einem früheren Zeitpunkt erfordert.

Häufig jedoch wird der Ablauf dieser normalen Betriebsleistung unterbrochen durch Brüche und Formänderungen, die in Materialfehlern ihre Ursache haben. Es sei hier erinnert an die Folgen von Walzfehlern, Gasblasen und Lunkern, die zu Absplitterungen, Dallenbildung, Anrissen und Durchbrüchen der bekannten, charakteristischen Art führen. Der ursächliche Zusammenhang zwischen Materialfehler und Bruch ist in solchen Fällen mit den Hilfsmitteln der Materialforschung und -prüfung in der Regel einwandfrei festzustellen. Auch die Aufhellung des Materialfehlers nach seiner Entstehungsart, nach seiner technisch möglichen Vermeidbarkeit, nach seinem Zusammenhang und seiner Häufigkeit bei den Herstellungsbedingungen des Einzellieferwerkes ist möglich. Diese Erscheinungen sollen hier nicht weiter behandelt werden. Es soll in der folgenden Ausführung in der Hauptsache eine Art von Kältebruch beschrieben werden, bei dessen Untersuchung sich neue Gesichtspunkte für die Beurteilung der Ursache solcher Brüche ergeben haben. Es soll nachgewiesen werden, daß für diese Erscheinungen das Verhalten des Schienenfußes eine maßgebende Rolle spielt und daß bei weiterer Steigerung der Verkehrslast dessen Beanspruchungsart richtig in Rechnung gestellt werden muß.

Die ungewöhnlich lange und harte Kälte des Winters 1928/29 brachte vielfach eine bedeutende Steigerung der Schienenbrüche, die besondere Aufwendungen zu ihrer Beseitigung und Maßnahmen zur Sicherung des Betriebes notwendig machten. Sie bot auch für die Gruppenverwaltung Bayern der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft den Anlaß, eine eingehende Untersuchung der Ursache dieser Brüche anzustellen. Auffallend war die große Zahl der Brüche an den in Zuggleisen der Hauptbahnen vorwiegend verwendeten Schienen der bayerischen Form X (43 kg/m). Im ersten Vierteljahr 1929 hatte die Zahl der Brüche der Schienenform X sich gegenüber dem gleichen Zeitraum früherer Jahre etwa versechsfacht, während sich die Zahl der Brüche aller anderen Schienenformen nur etwa verdoppelt hatte. 186 Brüche der Schienenform X wurden besonders verfolgt und untersucht. Von ihnen lagen 140 Brüche auf elektrisch betriebenen, die übrigen auf verschiedenen dampfbetriebenen Strecken. An den Brüchen waren die verschiedensten Walzjahrgänge beteiligt, am stärksten der Walzjahrgang 1923. Das kommt allerdings daher, daß etwa 30% aller im Jahre 1923 für den Bereich der Gruppenverwaltung Bayern gewalzten Schienen auf elektrisch betriebenen Strecken verlegt sind. Es ist zu bemerken, daß von den übrigen 70% der Schienen des Walzjahrgangs 1923 nur vereinzelte gebrochen sind. Die Häufung der Brüche auf den elektrisch betriebenen Strecken war auffallend. Die große Kälte war nicht nur in den Gegenden vor-

handen, in welchen diese Strecken liegen, sondern überall in Bayern. Auf den elektrisch betriebenen Strecken wird der Oberbau von schwersten Verkehrslasten bei hohen Geschwindigkeiten beansprucht. Auf einer dieser Strecken hörten die Schienenbrüche in dem Augenblick auf, als die elektrische

Güterzuglokomotive der Gattung C + C  $\left( E 91 \frac{01}{20} \right)$  aus dem Dienst gezogen worden war und die Fahrgeschwindigkeit auf 60 km/Std. herabgesetzt wurde. Die genannte Lokomotive mußte auf anderen Strecken weiter benutzt werden. Hier brachen bei gleichbleibender Kälte trotz Abminderung der Fahrgeschwindigkeit noch zahlreiche Schienen. Die genannte Lokomotive hat keine Laufachsen. Sie hat zweimal drei Triebachsen mit je 21 t Achslast. Es ist bekannt, daß Lokomotiven ohne vorauslaufende leichtere Achse den Oberbau stärker beanspruchen, als Lokomotiven, die derartige Laufachsen besitzen. Die beobachtete Häufung von Schienenbrüchen auf den elektrisch betriebenen Strecken ist zweifellos auf das Fehlen von minderbelasteten Laufachsen bei der genannten Lokomotivgattung zurückzuführen.

Zur Zeit der Entdeckung der Brüche wurden folgende Lufttemperaturen abgelesen:

bei 51 Brüchen	— 32° bis	— 25° Celsius
„ 46 „	— 24° „	— 20° „
„ 33 „	— 19° „	— 15° „
„ 29 „	— 14° „	— 10° „
„ 12 „	— 9° „	— 5° „

Es geht daraus hervor, daß die Bruchneigung der Schienen bei den niedrigsten Temperaturen am größten war. Die Höhenabnutzung der Schienen war durchweg gering. Sie betrug nur wenige Millimeter und war daher ohne Einfluß auf die Bruchursache. Es wurden keine Schienen beobachtet, die durch zu hohe Biegebbeanspruchung, etwa auf Frosthügeln, gebrochen wären. Es konnte auch kein Fall festgestellt werden, bei dem der Bruch durch die bei großer Kälte im Schienenstrang auftretenden Längsspannungen verursacht worden wäre. Die Schienen brachen auch nicht in der freien Länge über den Schwellenfächern, sondern durchweg in unmittelbarer Nähe oder an den Unterlegplatten. Eine bevorzugte Lage der Brüche war nicht zu erkennen, weder nach der aufnehmenden oder abgebenden Plattenkante, noch nach geraden oder gekrümmten Schienen; ebensowenig war bei schräg durch den Steg verlaufenden Durchbrüchen eine Abhängigkeit der Bruchrichtung von der Fahrtrichtung wahrzunehmen.

Es ist gelungen, den zeitlichen Vorgang des Bruches zu verfolgen und in den beistehenden Abbildungen festzuhalten. Das erste Stadium, gewissermaßen die Einleitung dieser Brüche, ist in den Abb. 1 bis 4 wiedergegeben. Es sind Oberflächenfehler in der Mitte der Unterfläche des Schienenfußes, Schlackenzeilen oder die von diesen ausgehenden Anrisse. Das zweite Bruchstadium stellen die Bilder 5 und 6 dar. Sie entstammen Schienen, die trotz des von oben nur schwer zu erkennenden Anbruches aus dem Verkehr gezogen werden konnten, bevor der eigentliche Vollbruch erfolgte. Das dritte und letzte Stadium des Bruchvorganges ist in den Abb. 7, 8, 9 und 10 festgehalten. Sie zeigen den endgültigen Durchbruch, bei dem der Verlauf der Bruchkanten nun nicht mehr schwer zu er-

klären ist und zur Aufklärung der Bruchursache herangezogen werden kann.

Zunächst bedarf der allen drei Stadien gemeinsame Längsriß einer näheren Erklärung. Er muß naturgemäß die

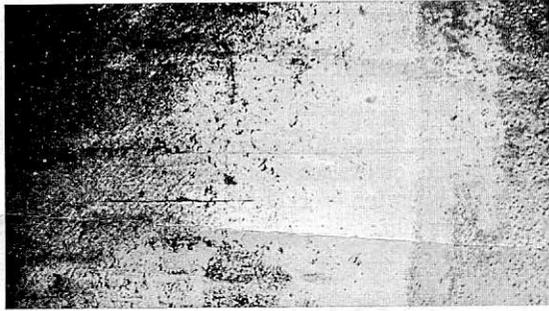


Abb. 1. Anrisse in der Mitte der Schienenfußfläche als Folge der Beanspruchung durch Zug.

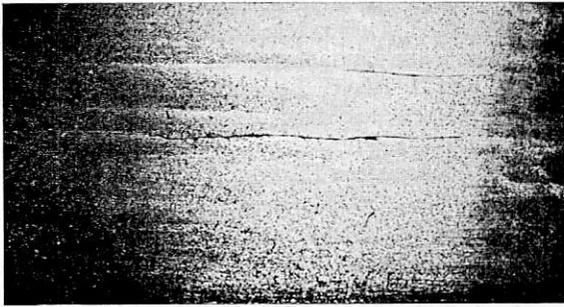


Abb. 2. Schlackenzeilen in der Mitte der Schienenfußfläche, die zu Anrissen führten.



Abb. 3. Walzfehler als Ursache von Anrissen.



Abb. 4. Schnitt senkrecht zur Längsachse der Schiene mit Schlackenzeilen und Anrissen.

Folge einer an der Schienenfußfläche wirksamen Zugspannung sein und zwar muß diese senkrecht und horizontal zur Längsachse der Schiene wirken. Sie wird dann auftreten, wenn die Schiene auf der Unterlegplatte nur an den beiden Längskanten

aufliegt, wie es die beiden Abb. 11 und 12 schematisch darstellen. Wie daraus ersichtlich ist, ist die an der Fußfläche wirkende Spannung eine Zugkraft, ob nun die Schienenfußfläche eben und die Unterlegplatte konkav durchgebogen oder

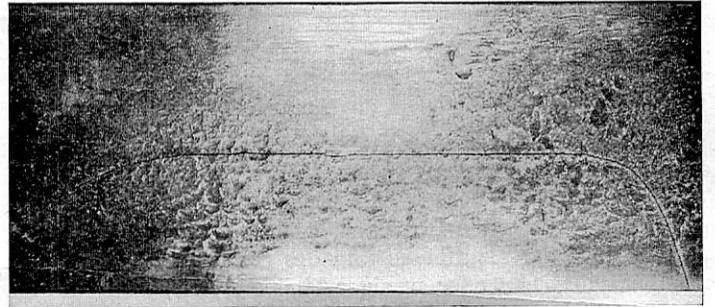


Abb. 5. Das zweite Stadium des Bruches; an den Längsriß hat sich der zur Kante führende Bruchbogen angeschlossen; die Kantenauflage der Schiene ist deutlich zu erkennen.

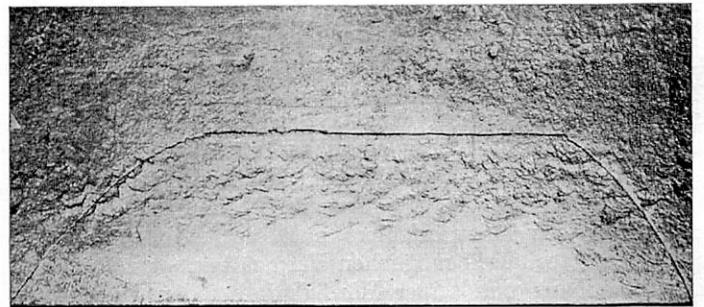


Abb. 6. Zweites Stadium des Bruches; wie Abb. 5.

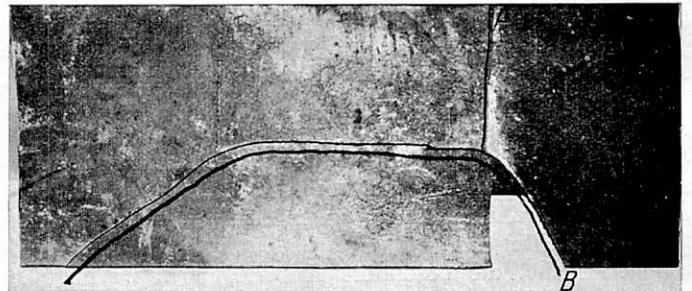


Abb. 7. Zusammengesetzte Bruchenden; A—B entgültiger Durchbruch der Schiene.

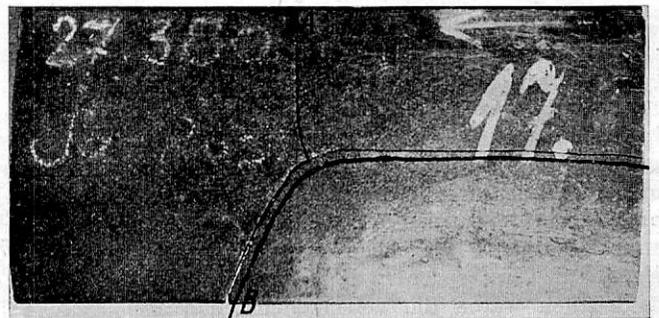


Abb. 8. Der Durchbruch der Schiene setzt senkrecht zur Tangente des ausgebogenen Längsrissses an. Vergl. auch Abb. 9.

die Schienenfußfläche durchgebogen und die Unterlegplatte eben ist. Bei den vorgenommenen Untersuchungen wurden beide Fälle festgestellt, konkav gewölbte Schienenfußflächen, eine nicht seltene Erscheinung, die auf die Abkühlungswirkung

(Schrumpfung) des Steges zurückzuführen ist, ebenso Unterlegplatten, deren Schienenauflegerflächen leicht gewölbt oder sonstwie uneben waren. Diese Mängel der Unterlegplatten wurden sowohl bei neuangelieferten Platten als auch bei solchen gefunden, die schon viele Jahre eingebaut waren. In der Hauptsache scheinen die Mängel bei der Herstellung der Platten, beim Lochen und Richten zu entstehen. Sie können aber auch als Folgen der Betriebsbeanspruchung auftreten. Bei Unterlegplatten, die in unmittelbarer Nähe eines Schienenbruches liegen, sind Durchbiegungen leicht erklärlich, da sie nach dem Bruch durch die vom freien Ende allein aufzunehmende Radlast höher beansprucht werden. Ungünstig und



Abb. 9.

beanspruchungserhöhend wirkt noch der Umstand, daß nach dem Durchbruch unter der rollenden Last ein Aufweiten des in der Mitte der Schienenfußfläche vorhandenen Längsrisses erfolgt, die Übertragung der wirkenden Lasten dann nicht mehr verteilt über die ganze Breite des Schienenfußes, sondern nur mehr längs der Kanten des Längsrisses vor sich geht, wo-

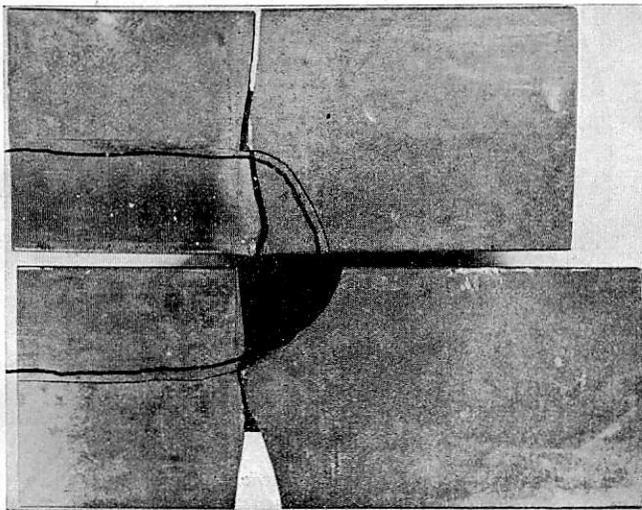


Abb. 10. Der immer wiederkehrende Bruchtypus.

durch natürlich das Widerstandsmoment der Platte erheblich geschwächt wird. Diese Druckanhäufung wirkt sich so ungünstig aus, daß Durchbiegungen der Platten bis zu 1,5 mm die Folge sein können.

Die eben beschriebene, an der Schienenfußfläche auftretende Zugspannung wirkt sich naturgemäß auch deshalb besonders ungünstig aus, weil sie senkrecht zur Faserrichtung des Schienenbaustoffes auftritt und daher die in dieser Richtung wesentlich größere Gefügeverschiedenheit aller Walzzeugnisse vorfindet. Jede Gefügestörung muß daher ausgesprochene Kerbwirkung auslösen. Die an solchen Punkten auftretende Spannungsanhäufung führt zur Ausbildung des Trennungsbruches. Die Stelle der größten Spannung liegt in der Mitte des Bogens, den der Schienenfuß auf die Länge seiner Kanten-

aufgabe auf der Unterlegplatte bildet. Daher entsteht auch dort der Längsriß, wie ihn Abb. 1 in seinem ersten Entwicklungszustand darstellt. Sind dort Schlackenzeilen oder Walzfehler (Abb. 2 und 3) vorhanden, so wird er sich natürlich mit Leichtigkeit aus diesen entwickeln. Während die genannten Abbildungen Ansichten auf die Unterfläche des Schienenfußes darstellen, gibt Abb. 4 einen Schliff durch den Schienenfuß senkrecht zur Längsachse der Schiene wieder. Die Tiefe der Anrisse, die Wirkung von Schlackenzeilen, selbst der unter der Oberfläche liegenden, ist deutlich zu erkennen. Wie gestaltet sich aber nun der Zusammenhang dieses Längsrisses mit dem Querdurchbruch der Schiene? Die aufschlußreichen Ab-

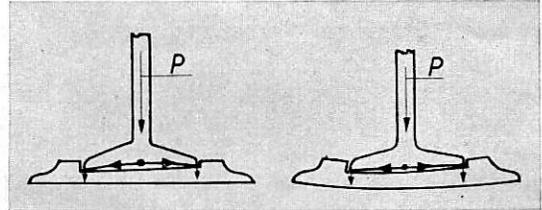


Abb. 11 und 12. Bildliche Darstellung der Entstehung von Zugspannungen bei Kantenaufgabe der Schienen.

bildungen 5 und 6 zeigen den Übergang, das zweite Bruchstadium. Diese Abbildungen entstammen solchen Schienen, die, wie bereits erwähnt, aus dem Verkehr gezogen werden konnten, bevor der eigentliche Durchbruch erfolgte. Der Längsriß verläuft hier so lange in der Mitte der Schienenfußfläche, als die oben beschriebene Zugspannung wirksam bleibt, solange also die Schiene auf der Unterlegplatte mit ihren Kanten aufliegt. Außerhalb der Platte wechselt die Richtung der Zugspannung. An die Stelle der durch die Kantenaufgabe



Abb. 13. Der Bruch beginnt vom Fuße aus; die Lauffläche ist noch unbeschädigt.

verursachten, senkrecht zur Längsachse der Schiene wirkenden tritt die durch die Längsdurchbiegung der Schiene hervorgerufene Längszugspannung. Entsprechend diesem Wechsel der Beanspruchungsrichtung wechselt auch die Richtung des Längsrisses. Er biegt nach der Fußkante zu aus und zwar durchweg in der Richtung des Spurkranzdruckes, also nach der äußeren Gleisseite hin. Dieser Vorgang ist leicht verständlich und kann bei der entsprechenden Belastung jedes T-Profiles nachgeprüft werden. Besonders deutlich ist auf den beiden Abbildungen die tatsächlich vorhandene Kantenaufgabe daran zu erkennen, daß an diesen Stellen durch die Wirkung des Betriebes die Unebenheiten der Walzfläche weggedrückt und abgeschuert sind, während sie an den Stellen mangelnder Auflage im ur-

sprünglichen Zustande erhalten geblieben sind. Es ist klar, daß die beiden Bögen eines solchen Längsrisses eine erhebliche Schwächung des Schienenquerschnittes darstellen und dadurch die Lage des Querbruches maßgebend bestimmen. In der Tat setzt dann auch der endgültige Durchbruch der Schiene immer an dieser Stelle an. Er wird durch den weiteren Umstand gefördert, daß die scharfe Bruchkante des Bogens eine besondere, jedem Materialprüfer bekannte bruchbegünstigende Wirkung ausübt, die gewissermaßen als eine umgekehrte Kerbwirkung bezeichnet werden kann. Sie ist bedingt durch die spezifisch hohe Spannungsanhäufung, die auch hier an den Kristalliten solcher scharfer Kanten auftritt.

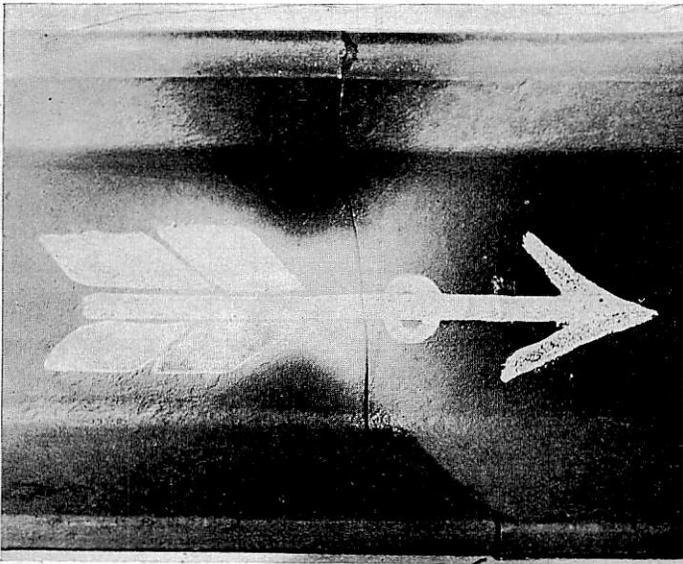


Abb. 14. Bei a ist die Verschiebung der Kanten infolge Aufweitung des Längsrisses erkennbar.

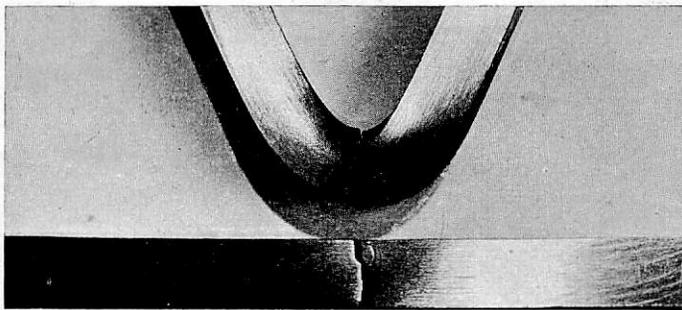


Abb. 15. Die beiden Brucharten: Verformungs- und Trennungsbruch am Material desselben Schienenkopfes.

Diese Erscheinungen geben die Abb. 7, 8 und 9 wieder, in denen die beiden Bruchenden zusammengesetzt von der Schienenfußfläche her sichtbar sind. Der bereits von den Abb. 5 und 6 her bekannte Charakter des Längsrisses ist hier unverändert wieder zu finden. Er ist besonders bezeichnet durch eine parallel zu ihm verlaufende Linie. Außerhalb der Unterlegplatte setzt dann der mit 1 bezeichnete Durchriß an, der in seinem Beginn immer senkrecht zur Tangente der Bogenbruchkante steht, eine Tatsache, die dem Wesen der Kerbwirkung entspricht. Deutlich ist dies in den Abb. 8 und 9 zu erkennen.

Einen weiteren Beweis dafür, daß diese Art von Brüchen tatsächlich vom Schienenfuß ausgehen, liefert Abb. 13, in der das Fortschreiten des Bruches bis zur Hälfte des Kopfes zu verfolgen ist. Die Lauffläche selbst ist noch vollkommen unversehrt.

Abb. 14 zeigt eine beinahe ganz durchgebrochene Schiene, die nur am Kopf noch schwach zusammenhält. Die bei a sichtbare Verschiebung der Schienenkanten gibt ein Bild davon, welche ganz erhebliche Durchbiegung von Platten und Schienenfuß mit der Aufweitung des Längsrisses verbunden sein kann.

Wenn nun auch der Beweis erbracht ist, daß die geschilderte Art von Schienenbrüchen vom Fuß ausgeht und auch ihre zeitliche Entwicklung festgelegt ist, so müssen doch noch die Fragen erörtert werden, die sich durch die Abhängigkeit dieser Brüche von der Jahreszeit ergeben. Die Wirkung der tiefen Wintertemperaturen muß von zwei Gesichtspunkten aus be-

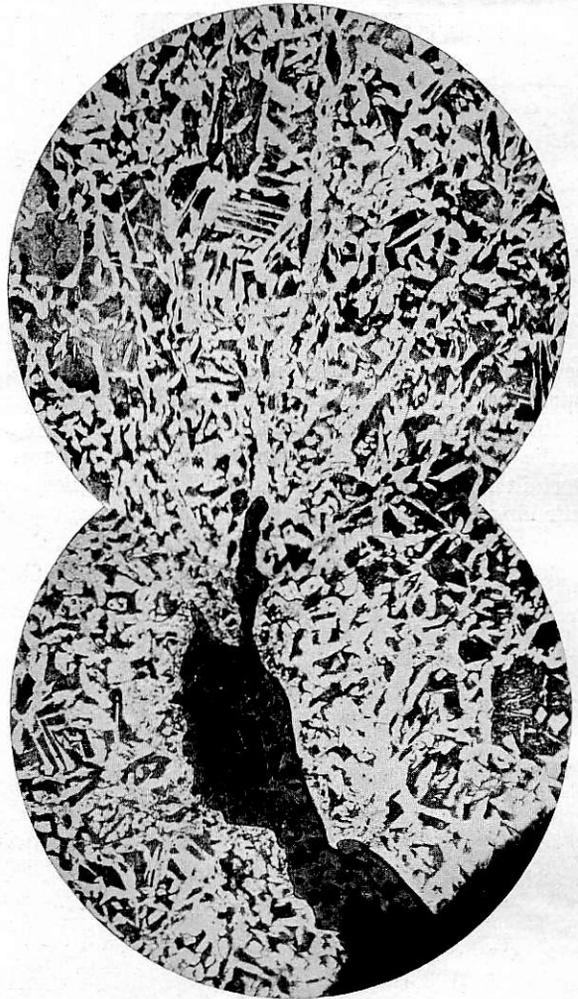


Abb. 16.  $V = 100$ fach. Schliff senkrecht zur Längsachse der Schiene. Schlackenzeile und die von ihr ausgehenden Ferritadern sind die Träger des Trennungsbruches.

urteilt werden. Es kommt sowohl ihr direkter Einfluß auf die Materialeigenschaften der Schiene, als auch der auf das Gesamtverhalten der Gleisanlage in Frage. Leider summieren sich beide in ihrer ungünstigen Auswirkung, denn sowohl die Elastizität des Schienenbaustoffes, wie die der Bettung ist durch die tiefe Temperatur ganz erheblich herabgemindert. Der festgefrorene Unterbau und die gleichfalls gefrorene Bettung sind nicht mehr in der Lage, die schlagartig wirkenden Kräfte der Verkehrslasten elastisch aufzunehmen. Der Oberbau allein wird gezwungen, diese Kräfte zu verarbeiten. Die Beanspruchungsweise wird zu der eines Schlages auf eine unelastische Unterlage. Daher bedarf diese Beanspruchungsart einer besonderen Untersuchung. Es ist bereits der Begriff „Trennungsbruch“ erwähnt worden. Dieser, auch „Spalt- oder Kaltbruch“ genannt, ist dadurch gekennzeichnet, daß

er wenig Arbeitsaufwand verbraucht, die Formänderung an den Bruchflächen äußerst gering ist und daß der Bruch selbst immer ein körniges Aussehen zeigt. Die andere Art, in der untereutektisches Eisen brechen kann, ist der Verformungs- oder Verfestigungsbruch, der verbunden ist mit großem Arbeitsverbrauch, großer Formänderung, die der Größe des Arbeitsverbrauches entspricht und dem bekannten sehnigen Bruch aussehn. Wir besitzen noch nicht die Hilfsmittel, um die eine oder die andere Art nach Belieben hervorrufen zu können. Bekannt ist nur, daß das Eintreten des Trennungsbruches begünstigt wird durch die Zunahme des Querschnittes des beanspruchten Konstruktionsteiles, durch das Vorhandensein von Kerbwirkungen, durch hohe Geschwindigkeit

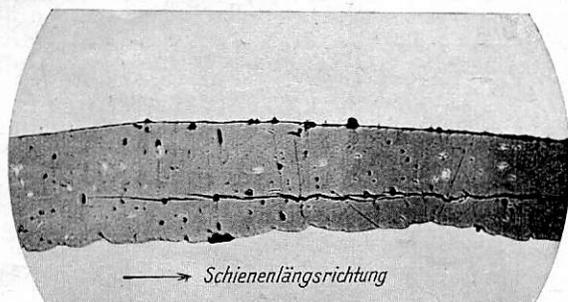


Abb. 17.  $V=100$  fach. Die Kerbwirkung einer Schlackenzeile, die bereits Spannungsrisse aufweist. Ansicht auf die Mitte der Schienenfußfläche.

der beanspruchenden Kräfte und vor allem auch durch tiefe Temperatur. Oberhalb einer gewissen Temperatur kann der Trennungsbruch durch kein Mittel mehr erzwungen werden. An Stelle der zu weit führenden theoretischen Erörterungen sei hier Abb. 15 erklärt, das beide Brucharten an einem Material zeigt. Die beiden Probestäbe sind nebeneinander liegend dem Kopf einer Schiene entnommen. Die eine wurde statisch (unter langsam steigendem Druck) bis zum Bruch durchgebogen. Eine weitgehende Verformung kennzeichnet den Verformungsbruch, zu dem auch ein entsprechender Arbeitsaufwand nötig war. Die in der Abbildung unten dargestellte Probe wurde schlagartig mit einer Geschwindigkeit von 2 m/sec beansprucht, nachdem ein leichter Feilenstrich als Kerb angebracht worden war. Diese Probe zeigt ebensowenig eine Spur von Verformung wie die gebrochenen Schienen, bei denen wir daher den Trennungsbruch als Folge der schlagartigen un-

elastischen Beanspruchung, der Kerbwirkung der geschilderten Oberflächenfehler und der tiefen Temperatur annehmen dürfen. Es kann im Rahmen dieses Aufsatzes nicht auf die Einzelergebnisse der umfangreichen Untersuchungen des Schienenbaustoffes eingegangen werden. Es sei nur erwähnt, daß die größte Festigkeitszunahme zwischen  $+20^{\circ}$  und  $-30^{\circ}$  C nur rund 5%, die größte Dehnungsminderung zwischen denselben Temperaturen rund 30%, im Mittel nur 10 bis 20% beträgt.

Diese Änderung der im statischen Prüfverfahren erhaltenen Werte steht in keinem Verhältnis zu der ungleich stärker gestiegenen Bruchneigung bei tieferer Temperatur. Dynamische Prüfverfahren, wie die Kerbschlagprobe, führen dagegen für denselben Temperaturbereich zu Abweichungen um 100% und mehr, ein Hinweis darauf, daß die geschilderte Art des Trennungsbruches tatsächlich auf das herabgeminderte dynamische Arbeitsaufnahmevermögen des Baustoffes zurückzuführen ist. Es ist eine in der Literatur festgelegte Tatsache, daß harte Schienenstähle bei niedriger Temperatur sehr kerbspröde werden und daß diese Kerbsprödigkeit mit der Härte der Schienen und dem Phosphorgehalt steigt. Diese Kerbsprödigkeit darf jedoch nicht gleichbedeutend mit allgemeiner Sprödigkeit gesetzt werden, denn bei Kaltschlagversuchen wurde an unverletzten Schienen bei zwar etwas verminderter Durchbiegung immer eine ausreichende Zähigkeit gefunden. Die vorgeschriebene Schlagprobe an unverletzten Schienen erfaßt also diese Verhältnisse nicht. Erst bei Vorliegen von Kerbwirkung treten ähnliche Beanspruchungen auf, wie sie als Ursache für den vorliegenden Bruchtypus gelten müssen. Schließlich versuchten wir, die Einflüsse der Liegedauer festzustellen: brachen doch auch Schienen, die bei sehr kleiner Abnutzung 28 Jahre in der Strecke gelegen hatten. Endlich soll noch Alterungsvorgängen und der Auswirkung von Eigenspannungen auf die durchwegs am Schienenbaustoff vorhandene „Tiefenlage der Kerbzähigkeit“ nachgegangen werden, doch sind alle diese Versuche noch nicht abgeschlossen.

Zusammenfassend ergibt sich also aus unseren Ausführungen, daß ein ganz bestimmter Bruchtypus, der sich nach seiner Ursache und seinem Verlauf erklären läßt, als Folge des Raddruckes, nicht aber durch Längszugspannungen auftritt. Dieser Bruch wird ferner begünstigt durch kerbartig wirkende Oberflächenfehler am Schienenfuß, denen in Zukunft größere Aufmerksamkeit zu widmen wäre. Weiter ist der Zusammenhang dieses Bruches mit der Tiefe der Temperatur und der Schwere der Verkehrslast durch umfangreiche Feststellungen erhärtet.

## Werkstoffprüfung mit Hilfe des elektrischen Stromes ohne Zerstörung des zu prüfenden Werkstoffes.

Von Dr. Max Fink.

In Amerika ist in den letzten Jahren von Sperry ein Verfahren ausgearbeitet worden, das Fehler, wie Querrisse, Einschlüsse, Schlacken im Innern von Werkstoffen, insbesondere bei Schienen mit Hilfe des elektrischen Stromes nachweisen läßt, ohne daß die Schienen aus ihrer Lage entfernt oder zerstört werden müssen. In einem Bericht vor der 11. Jahresversammlung der American Society for Steel Treating, September 1929 (Transactions of the American Society for Steel Treating Bd. XVI, No. 6, Nov. 1929) geht Sperry näher auf die Untersuchungen ein, die in der Hauptsache an Schienen ausgeführt wurden, jedoch auch dazu dienen sollen, an Maschinenteilen oder geschweißten Konstruktionen Fehlstellen zu ermitteln.

Schon früher war versucht worden Fehler in Werkstoffen durch gleichgerichtete oder wechselnde magnetische Felder und deren Veränderung durch die Fehler nachzuweisen. Die Permeabilität des Stahles ändert sich jedoch weitgehend mit der Härte, chemischen Zusammensetzung, Wärmebehandlung

und Kaltverformung, so daß deren Einfluß größer sein kann, als der eines etwa vorhandenen Fehlers. Hierzu kommt bei Anwendung eines in seiner Richtung wechselnden magnetischen Feldes der störende Einfluß des „Skin“effektes, der eine Erfassung der im Innern liegenden Fehler schwierig, wenn nicht unmöglich macht. Auch ist die Anwendbarkeit durch das verschiedene Verhalten der metallischen Werkstoffe in magnetischer Hinsicht nicht allgemein anwendbar.

Sperry verwendet nun bei seinen Untersuchungen elektrischen Gleichstrom mit niedriger Spannung und hoher Stromstärke, den er durch das zu untersuchende Werkstück fließen läßt. Wechselstrom scheidet wegen des Skineffektes aus. Bei einer Schiene beispielsweise fließt bei gesundem Werkstoff der Strom gleichmäßig in achsialer Richtung. Ist nun eine Fehlstelle vorhanden, so wird der Strom gezwungen, um diese Fehlstelle herumzuzießen, es tritt also eine Ablenkung aus der achsialen Richtung ein, was beispielsweise durch induktive Übertragung abgenommen und durch geeignete Verstärker

meß- und aufzeichnenbar gemacht werden kann. Der Vorteil dieses Verfahrens ist das Fehlen jeglichen Schleifkontaktes an dem zu untersuchenden Werkstück.

Ein anderes Verfahren, das verwendet wurde, beruht auf der Tatsache, daß bei gesundem Werkstoff, z. B. einer Schiene, ein gleichmäßiger Spannungsabfall zwischen zwei an die Schiene angeschlossenen Klemmen mit Gleichstrom herrscht. Tritt zwischen diesen Klemmen ein Fehler auf, so wird dieser gleichmäßige Spannungsabfall gestört und kann durch geeignete Verstärkung beobachtbar gemacht werden. Bei der Durchbildung des Fehlersuchverfahrens mußte besonders auf die Beseitigung etwaiger Fehlanzeigen Wert gelegt werden, die durch Schwankungen des in die Schiene geschickten Stromes entstehen können.

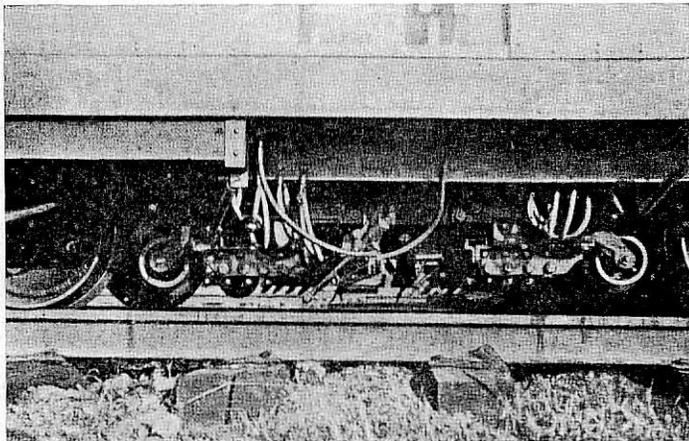


Abb. 1. Allgemeine Anordnung der Suchvorrichtung an einem Meßwagen.

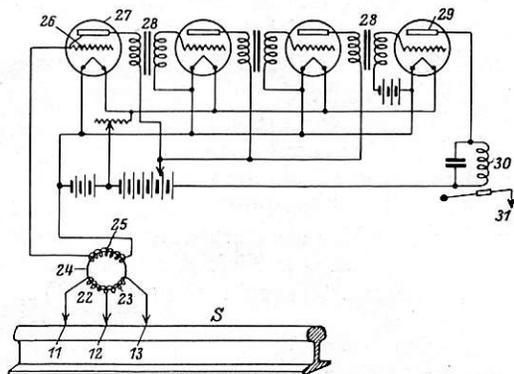


Abb. 2. Elektrische Schaltung der Suchkontakte und der Verstärkeranlage.

Abb. 1 zeigt die allgemeine Anordnung der Suchvorrichtung an einem Meßwagen. Der Strom wird der Schiene durch vier Bürsten zugeleitet und in einer Entfernung von ungefähr 80cm wieder von vier Bürsten abgenommen. Zwischen diesen Bürsten befinden sich nun drei Gleitkontakte (Abb. 2) 11, 12, 13, die zu entgegengesetzt gewickelten Spulen 22 und 23 eines Transformators 24 führen. Durch den entgegengesetzten Wickelungssinn von 22 und 23 werden Schwankungen des durch die Schiene geschickten Stromes in ihrer Einwirkung auf die Spule 25 unwirksam gemacht. Gelangt jedoch bei der Fahrt des Meßwagens eine Fehlstelle zwischen 12 und 13, so wird hier eine Spannungsveränderung im Stromkreis 23 eintreten, die sich auf die Spule 25 als Stromstoß überträgt. Gelangt dann der Fehler zwischen 11 und 12, so wird eine Spannungsveränderung in entgegengesetzter Richtung übertragen. Beim Durchgang des Fehlers zwischen 13 und 11 wird also eine sinusförmige Spannungsschwankung in der Spule 25

erzeugt, die durch eine aus der Radiotechnik bekannte Schaltung mittels Gitterröhren so weit verstärkt wird, daß durch eine Hilfsquelle ein Schreibstift 31 betätigt werden kann. Die Verstärkung konnte im vorliegenden Falle auf das 300000 fache getrieben werden.

Im Oktober 1911 schon war die Aufmerksamkeit der amerikanischen Eisenbahngesellschaften auf ein durch einen Querriß hervorgerufenen Schienenbruch gelenkt worden, der sich bei der Lehigh Valley Bahn ereignet hatte. Bei der hierdurch veranlaßten genauen Überprüfung der Strecken zeigten sich diese Querrisse auch bei anderen Bahnen. Durch Dudley und das Bureau of Standards wurden mit dem magnetischen Verfahren Untersuchungen ausgeführt, die jedoch zu keinem befriedigenden Ergebnis führten. Im Jahre



Abb. 3. Erstmalsiger mit Hilfe des elektrischen Verfahrens entdeckter Fehler, der sich beim Aufbrechen der Schiene in obiger Form zeigte.

1923 bezifferten sich die Schienenbrüche, die auf Querrisse zurückzuführen waren auf 3300 Stück. Die Railway Engineer Association beauftragte damals Sperry, die elektrische Methode zur Fehlerauffindung in Schienen zu vervollkommen, was zu der bereits geschilderten Versuchsanordnung führte. Der erste Fehler, der mit der neuen Methode entdeckt wurde ist in Abb. 3 zu sehen. Das Verfahren, das zuerst im Laboratorium an eingeschickten im Betrieb gebrochenen Schienen ausgeführt wurde, ergab bei einer der ersten untersuchten Schienen nicht weniger als elf Fehlstellen, die in Abb. 4 und 5 aufgenommen sind. Sie wurden durch das elektrische Verfahren festgestellt und beim Aufbrechen der Schienen an diesen Stellen vorgefunden.

Mit ein Grund des Versagens des magnetischen Verfahrens beruht darin, daß die Spalten oder Fehlstellen, die eine Störung der magnetischen Kraftlinien hervorbringen sollen, oft äußerst gering in ihrer Spaltbreite sind, so daß gar keine großen Spaltwirkungen eintreten und der Fehler nur unvollkommen oder gar nicht aufgezeichnet wird. Daß tatsächlich die Fehlstellen keinen Zwischenraum haben, bzw. gar nicht als Spalt in magnetischer Hinsicht wirken können, wurde durch Anbohren einer durch das elektrische Verfahren gekennzeichneten Fehlstelle nachgewiesen. In die Bohrung wurden wiederholt Lösungen von Halogensalzen, teilweise unter Druck, eingeführt, um zu sehen, wie tief diese Lösungen in den Spalt, bzw. die Fehlstelle eindringen würden. Nach der Zerstörung der

betreffenden Schienenstelle stellte es sich heraus, daß die Lösungen überhaupt nicht in die Fehlstellen eingedrungen waren (Abb. 6).

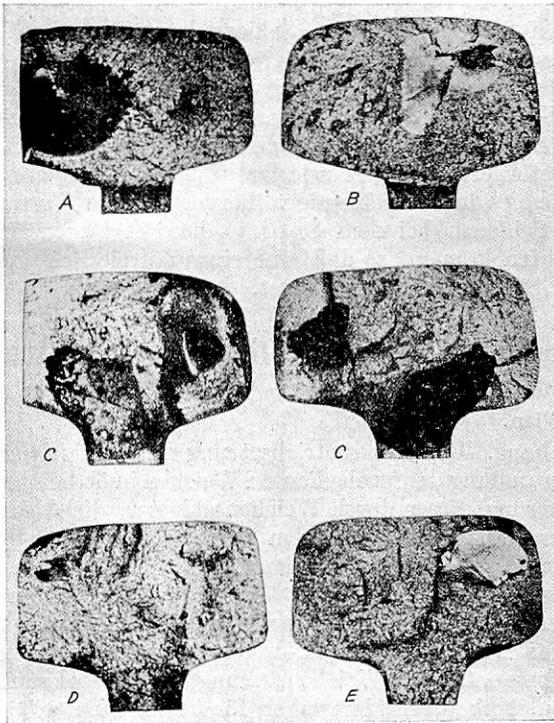


Abb. 4. Durch das elektrische Verfahren festgestellte und durch nachheriges Aufbrechen bestätigte Schienenfehler.

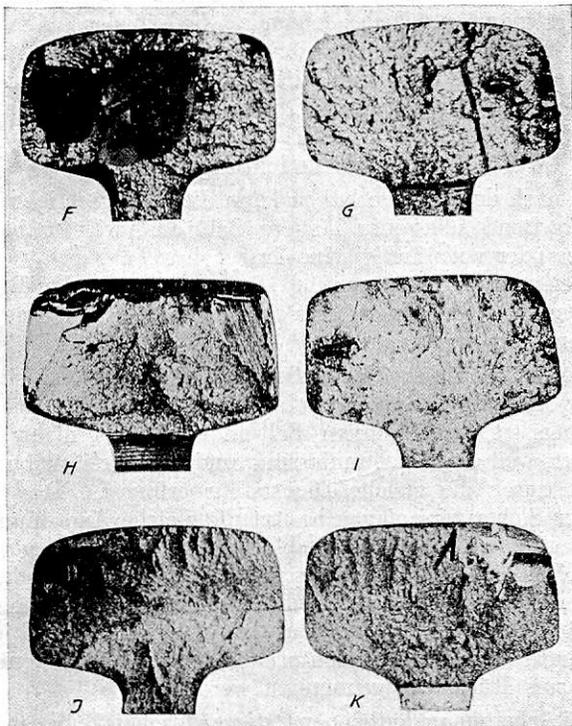


Abb. 5. Durch das elektrische Verfahren festgestellte und durch Aufbrechen der Schienen bestätigte Schienenfehler.

Während bei den ersten Laboratoriumsversuchen 2000 Amp. verwendet worden waren, liefert das für die Amerikanische Railway Engineer Association gelieferte und in einen Meß-

wagen eingebaute Aggregat, das durch einen 25 PS Benzinmotor mit 900 Umdrehungen in der Minute angetrieben wird, 4000 Amp. bei zwei Volt.

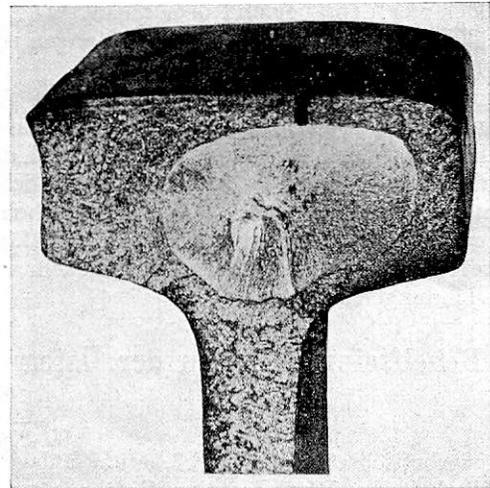


Abb. 6. Fehlstelle, durch das elektrische Verfahren festgestellt, bei noch unzerstörter Schiene mit Bohrung versehen, in die Halogensalzlösung unter Druck eingeführt wurde. Nach Zerstörung der Schiene kein Eindringen der Salzlösung feststellbar, daher beim magnetischen Verfahren durch das Fehlen eines Spaltes keine Anzeige eines Fehlers.

Die Aufzeichnung der Fehlstellen (Abb. 7) geschieht in der Weise, daß auf einem durch die Fahrt des Wagens in Bewegung gesetzten Papierstreifen durch sieben Schreibstifte Linien gezogen werden, von denen die mittelste die Schienenstöße aufzeichnet (die andern sechs Schreibstifte werden hierbei selbsttätig ausgeschaltet) während die drei links von der Mitte liegenden Schreibstifte die Fehler der linken, die drei rechts der Mitte liegenden Schreibstifte die Fehler der rechten Schiene aufzeichnen. Die Einrichtung ist nun so getroffen, daß bei kleinen Fehlern nur ein Schreibstift einen Strich senkrecht zur Papierbewegung macht, bei mittleren Fehlern zwei und bei großen Fehlern drei Schreibstifte Merkstriche machen.

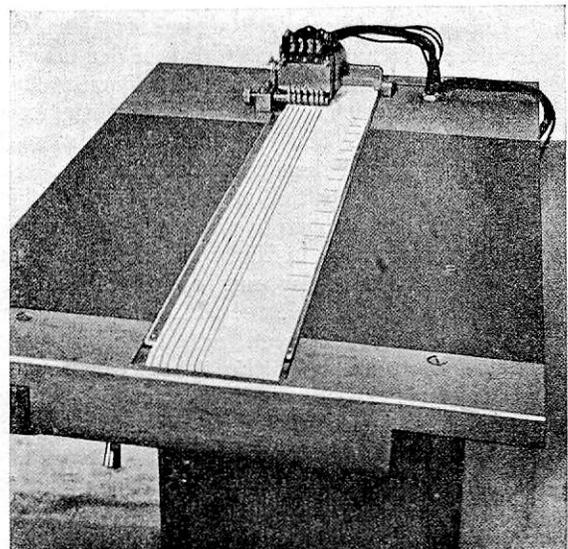


Abb. 7. Aufzeichnung der Schienenfehler auf laufendem Papierband, das entsprechend der Fahrt des Meßwagens fortbewegt wird.

Nach einer großen Reihe von Streckenuntersuchungen hatten sich auf 1,6 km Schienenlänge im Minimum 0,02, im Maximum bis 3,1 Fehlstellen ergeben.

Bei der Untersuchung von Nichteisenmetallen sollen sich ebenfalls befriedigende Wirkungen ergeben haben.

Auch wurde durch Aufstellen einer solchen Untersuchungsanlage in einem Schienenwalzwerk ein Ausscheiden fehlerhafter Schienen noch vor dem Versand ermöglicht.

In gleicher Weise sind auch Röhren, Stangen und Drähte und auch Kesselbleche untersucht worden.

Ebenso konnten bei der Untersuchung von Eisenbahnachsen Anrisse, die später zu den bekannten Dauerbrüchen führen und die noch so klein waren, daß sie durch das übliche Schwarzfärbe- und Stauchverfahren nicht kenntlich gemacht werden konnten, aufgedeckt und durch Abdrehen beseitigt werden, wodurch die Achsen weiter verwendungsfähig waren. Als weiteres Feld der elektrischen Untersuchung werden Schweißverbindungen angegeben.

## Die Behelfseinrichtungen der Österreichischen Bundesbahnen bei Außerbetriebsetzung von Sicherungsanlagen.

Von Ing. F. Zuleger, Wien.

Die Außerbetriebsetzung einer Sicherungsanlage bedeutet für die Sicherheit des Betriebes eine Gefahr, zu deren Vermeidung entsprechende Maßnahmen ergriffen werden müssen. Über diese Maßnahmen bestehen bei allen Bahnverwaltungen bestimmte, auf den Vorschriften für den Betriebs-, Stellwerks- und Signaldienst und auf der Verwendung bestimmter Behelfseinrichtungen fußende Verfügungen, auf denen die Sicherheit des Betriebes während der Außerbetriebsetzung einer Sicherungsanlage ruht. Die gebräuchlichsten dieser Maßnahmen und Behelfseinrichtungen werden im folgenden beschrieben.

### Die Dauer der Außerbetriebsetzung.

Die allfällige Auswirkung einer Gefahr wächst mit ihrer Dauer. Eine der Hauptforderungen der genannten Verfügungen lautet deshalb, die Dauer einer Außerbetriebsetzung auf das äußerste zu beschränken. (Diese Forderung ist auch wirtschaftlich, weil jede Außerbetriebsetzung mit laufenden Ausgaben verbunden ist.) Für eine bestimmte Bauarbeit ist, das Vorhandensein der notwendigen Baustoffe und Mannschaften vorausgesetzt, eine bestimmte Mindestzeit (Arbeitszeit) erforderlich, die in der Regel nicht weiter eingeschränkt werden kann. Hingegen kann die für die Vorbereitung des Baues notwendige Zeit (Vorbereitungszeit) eingeschränkt werden. In diese fällt neben dem Verfassen der notwendigen Entwürfe und Dienstanweisungen auch die Bereitstellung der notwendigen Behelfseinrichtungen. Die Wichtigkeit dieser Arbeit erfordert, daß die Vorbereitungszeit nicht zu knapp bemessen sei. In vielen Fällen tritt dies aber ein. So muß beispielsweise oft die Inangriffnahme eines Baues zeitlich vorverlegt und die Vorbereitungszeit wesentlich gekürzt werden oder sie fällt überhaupt schon in die Bauzeit. Deshalb kann der eingangs erwähnten Forderung nur dann voll entsprochen werden, wenn bei den Signalstreckenleitungen (Stellwerkwerkstätten) Behelfseinrichtungen mit tunlichst umfangreicher Verwendungsmöglichkeit verwendungsbereit stets greifbar sind. Die Beschaffung solcher Einrichtungen erfordert einen einmaligen Aufwand, der vorerst beträchtlich erscheint. Er ist jedoch im Hinblick auf die hierdurch erzielte größere Sicherheit und Zeiteinsparung, sowie auf die wiederholte Verwendbarkeit der Einrichtungen gerechtfertigt. Er wird überdies durch die anderenfalls notwendigen, häufig als selbstverständlich angesehenen und deshalb nicht immer voll erfaßten Kosten — Betriebsmehrkosten, Kosten für die Fertigung der jedem einzelnen Fall angepaßten Einrichtungen oder für den erhöhten Mannschaftsbedarf bei etwaigem Verzicht auf Behelfseinrichtungen — zumeist aufgewogen.

### Die Auswirkung der Außerbetriebsetzung.

Ein großer Teil der Eisenbahnunfälle steht mit der Außerbetriebsetzung von Sicherungsanlagen ursächlich im Zu-

sammenhang. In der sich an den Vortrag anschließenden Aussprache wurde nochmals auf das magnetische Verfahren eingegangen, das bei Gefügeuntersuchungen doch eine gewisse Rolle spielen kann. Weiter werden die durch Querrisse hervorgerufenen Brüche als Dauerbrüche gekennzeichnet, die meist von kleinen, oft nur 0,8 mm großen, im Schienenkopf liegenden Fehlern ausgehen. Der Dauerbruch breitet sich von der Fehlstelle je nach Beanspruchung der Schiene nach außen hin aus, bis es zum Bruch der Schiene kommt. Ein Ausbau des Sperryschen Verfahrens zur Erfassung auch solcher winziger Störstellen wurde gefordert. Weiter wurde darauf hingewiesen, daß Schlaglöcher oder durch Schleudern hervorgerufene Vertiefungen in den Schienen bei dem Sperryschen Verfahren Anzeigen hervorrufen können, so daß eine einwandfreie Prüfung unter solchen Stellen nicht stattfindet.

Die Außerbetriebsetzung erfordert in der Regel die Umwandlung der fernbedienten Weichen in örtlich bediente, die Sicherung dieser durch Weichenschlösser, die Abänderung einzelner Signalbegriffe und den Verzicht auf Abhängigkeiten zwischen Weichen und Signalen. Diese Maßnahmen stellen den tiefsten Eingriff in die Zwangsläufigkeiten einer Sicherungsanlage und in die gewohnheitsmäßige Abwicklung des Dienstes dar. Die folgenschwere Bedeutung der zwei Worte „falsche Weichenstellung“ ist allbekannt. Die Betriebssicherheit erfordert daher, für die außer Betrieb gesetzte Sicherungsanlage oder für Teile derselben einen vollständigen Ersatz zu schaffen. Grundsätzlich ist aber ein Ersatz nur dann vollständig, wenn die zwangsläufigen Abhängigkeiten und die Signalbefehle für die Zugmannschaften im gleichen Umfange wieder hergestellt werden. Jedes fehlende Glied in der Reihe dieser Abhängigkeiten unterbricht die Zwangsläufigkeit und ist in der gleichen Güte auch durch das Einsetzen von Bediensteten oder durch schriftliche Befehle nicht zu ersetzen.

### Behelfseinrichtungen.

Je nach dem Bauvorhaben kann die Außerbetriebsetzung vorübergehend sein oder längere Zeit andauern, dabei nur teilweise oder vollständig sein. Darnach richten sich auch die zu ergreifenden Maßnahmen und die zu verwendenden Behelfseinrichtungen. Im allgemeinen sind folgende Maßnahmen einzuhalten oder anzustreben.

Werden Blockwerke außer Betrieb gesetzt, so sind sie durch vorbereitete Behelfsblockwerke zu ersetzen. Die Vorbereitungszeit ist in diesem Fall in der Regel nicht eingeschränkt, weil die Bauveranlassung und die Bereitstellung der Behelfe durch die gleiche Dienststelle erfolgen. Die größte Zahl der Sicherungsanlagen besitzt die gleiche Anordnung der Blockwerke, so daß Behelfsblockwerke vorrätig gehalten werden können. Für außer dieser Reihe fallende Anlagen, z. B. solche für Abzweigbahnhöfe, kann oftmals ein Ersatz nur beschränkt bereitgestellt werden. In solchen Fällen soll jedoch unbedingt auf die Aufrechterhaltung des Streckenblockanschlusses Rücksicht genommen werden.

Bei Arbeiten an der bei den Österreichischen Bundesbahnen gebräuchlichen, vom Fahrdienstleiter bedienten Fahrstraßeneinschalte- und Sperrvorrichtung ist ebenfalls ein Ersatz nur bereitzuhalten, zumindest für die Fahrstraßeneinschalung (Stöpselschalter). Der Ausschluß gegenseitig sich gefährdender Fahrten ist in diesem Falle nicht gewahrt, so daß solche Fahrten grundsätzlich zu verbieten sind.

Für Arbeiten an Blockkabeln ist ein Behelfskabel von ausreichender Länge und in solcher Bauart bereitzuhalten,

daß sie das wiederholte Aufrollen, das Aufhängen oder das ungeschützte Auslegen des Kabels zuläßt.

Werden Signale außer Betrieb gesetzt, so sind Ersatzsignale aufzustellen. Ist jedoch die Außerbetriebsetzung nur von kurzer Dauer, so ist auch die Abgabe von Handsignalen zulässig.

Kommt die Außerbetriebsetzung nur einzelner fernbedienter oder verriegelter Weichen in Frage, so wird mit dem Einbau von Hebelsatzschlössern an Stelle der Hebel ein vollständiger Ersatz erzielt, ohne daß deshalb das Stellwerk außer Betrieb gesetzt werden muß. Bei vorübergehender Einbeziehung einzelner Weichen (Hilfsweichen) können ebenfalls die genannten Schlösser verwendet werden; es kann sich in solchen Fällen aber auch der Einbau von Stell- oder Verriegelungshebeln als wirtschaftlich erweisen. Zu diesem Zwecke sind in der Regel neue Abhängigkeiten herzustellen und es wird die Außerbetriebsetzung des Stellwerks erforderlich.

Die Aneinanderreihung mehrerer Hebelsatzschlösser auf einer Hebelbank ergibt ein Behelfsstellwerk. Wird dieses auch mit Signalstellhebeln, den erforderlichen Abhängigkeiten und nötigenfalls mit einem aufgesetzten Blockwerk versehen, so ist ein vollständiger Ersatz gegeben. Die Änderung der Abhängigkeiten in solchen Behelfsstellwerken — vor oder während des Einbaues — erfordert einen entsprechenden Zeitaufwand. Das Behelfsstellwerk beansprucht auch den gleichen Raum, wie das außer Betrieb gesetzte Stellwerk und es ergeben sich häufig Schwierigkeiten bei seiner Bereitstellung und Aufstellung.

#### Die fernmündliche Meldung als Ersatzmaßnahme.

Muß eine größere Anzahl fernbedienter oder verriegelter Weichen in ein Stellwerk einbezogen und dabei das ganze Stellwerk oder dessen Schiebereinrichtung außer Betrieb gesetzt werden, so wird häufig noch zu Maßnahmen gegriffen, die u. U. nicht als vollständiger, sondern nur schlechtweg als Ersatz bezeichnet werden können. Hierzu gehört die fernmündliche Meldung (Abgabe und Empfang) über die zu benutzende Fahrstraße und über die Sperrung aller in Betracht kommenden Weichen in der richtigen Stellung.

Die fernmündliche Übermittlung einer Meldung bietet die Vorteile der Raschheit, Rückfragemöglichkeit und Wirtschaftlichkeit. Der Eisenbahnbetrieb ist ohne Fernsprecher nicht denkbar. Dennoch kann, wie die Erfahrung zeigt, im vorliegenden Fall die fernmündliche Meldung unter Umständen nicht als verlässlich und sicher bezeichnet werden. Die im Eisenbahnbetrieb überwiegend übliche sichtbare Befehlsübermittlung ist einfach im Aufbau, eindeutig, von genügender Dauer und unterliegt mit Ausnahme der Sichtverhältnisse keinen äußeren Einflüssen; das Sehvermögen der Bediensteten ist gut ausgebildet und wird fallweise überprüft. Die fernmündliche Übermittlung von Meldungen oder Befehlen hingegen besteht aus einer Anzahl Teilvorgängen und ist Beeinflussungen leicht zugänglich. Selbst wenn man die stets einwandfreie technische Vollkommenheit der Fernsprecheinrichtung voraussetzt, ist die Meldung hinsichtlich Güte und Sicherheit von der Deutlichkeit der Sprache und der Lautstärke abhängig, die zusammen die Verständlichkeit ergeben, ferner von dem Hörvermögen, also bis zu einem gewissen Grad von der Begabung der in Betracht kommenden Bediensteten. Die Deutlichkeit der Sprache, das Erzielen einer entsprechenden Lautstärke sowie das Hörvermögen ist aber bei vielen Bediensteten zufolge mangelnder Schulung und Pflege weitaus nicht so gut ausgebildet als das Sehvermögen. Auch die folgenden Umstände sind noch zu beachten: Eine fernmündliche Meldung gleichen Umfangs und Inhalts wirkt bei der Notwendigkeit, sie für jede einzelne Fahrt zu wiederholen, bei dichtem Verkehr durch ihre Eintönigkeit und Häufigkeit auf manche Bedienstete ermüdend und wird von diesen als ein

entbehrlicher Zwang empfunden. Wird eine solche Meldung überdies ohne Behelfe erstattet, so sinkt sie zur Gedächtnismeldung herab, die leicht Irrtümer verursachen kann.

Die fernmündliche Meldung muß deshalb durch weitere Mittel unterstützt werden. Solche sind: Die Heranziehung bestimmter Behelfe, das Niederschreiben und Ausfertigen jeder einzelnen Meldung, ihre Wiederholung durch den Empfänger und als Überwachung die Mitwirkung eines zweiten Bediensteten. Das Niederschreiben der Meldung zum Ablesen muß der Abgabe der Meldung vorausgehen, sonst ist es für die Sicherheit wertlos. Ein Zwang zur Einhaltung dieser Folge, die bei dichtem Verkehr oft schwer einzuhalten ist, besteht nicht; ihre Überwachung ist nur fallweise möglich. Für die Haftung der Bediensteten ist die gefertigte Niederschrift notwendig. Die Art der Behelfe für die Meldung ist für die Betriebssicherheit wichtig. Ortsbewegliche Verzeichnisse über die Fahrstraßen und Weichen sind als Behelfe ungeeignet, da bei ihnen die Gefahr besteht, daß sie nicht benützt werden. Ortsfeste Tafeln, sogenannte Schlüssel tafeln sind als Behelfe geeigneter.

#### Die Schlüssel tafe l.

An Hand der Schlüssel tafe l kann die Stellung der Weichen, die Handhabung der Schlüssel und die hierüber erstattete Meldung jederzeit überprüft werden. Zu diesem Zweck sind auf der Schlüssel tafe l die in Frage kommenden Fahrstraßen und die für jede Fahrstraße notwendigen Stellungen und Sperrungen der Weichen aufgezeichnet. Für jede Weichenstellung ist ein Haken vorhanden, auf den der zugehörige Schlüssel aufgehängt wird. Bei Benützung der Schlüssel tafe l muß verglichen werden, ob die Schlüssel für die einzustellende Fahrstraße hinsichtlich ihrer Vollzähligkeit, ihrer Nummer und Form\*) der Vorzeichnung entsprechen. Diese muß deshalb deutlich lesbar sein (weiß auf schwarz).

In der Regel sind bei Benützung der Schlüssel tafe l zwei Bedienstete eingesetzt. Die Art, wie die Verrichtungen auf beide aufgeteilt sind, ist wichtig; ist einer von ihnen nur Helfer (Schlüsselträger) und der zweite nur Melder (Kontrollleur), so ist nur der zweite verantwortlich. Die Heranziehung des Helfers zur Mithaftung für die Richtigkeit der Verrichtung und Meldung ist jedoch vorteilhaft. Auf Bahnhöfen mit vielen Fahrstraßen und gleichzeitigen Fahrten wird die Schlüssel tafe l groß, büßt an Übersichtlichkeit ein und wird umständlich in ihrer Bedienung (Abb. 1). Änderungen in der Beschriftung während des Betriebes können nur behelfsmäßig durchgeführt werden. Die Benützung der Schlüssel tafe l zeigt noch folgende Mängel: Die Fahrstraßen, wie auch die Schlüssel können verwechselt werden, die Vollzähligkeit der Schlüssel ist nicht bedingt, sie sind nicht festgelegt und die Fahrtenausschlüsse sind nicht gewahrt. Die Schlüssel tafe l kann eben nur als Behelf für die Meldung betrachtet werden; ihre Benützung setzt deshalb unbedingte Gewissenhaftigkeit voraus.

#### Das Zentralschloß.

In dieses werden alle einer Fahrstraße zugehörigen Weichenschlüssel eingeführt, umgesperrt und in dieser Lage durch Fahrstraßenschlüssel festgelegt. Dadurch ist die Richtigkeit und Vollzähligkeit der Weichenschlüssel erzwungen und ein wesentlich besserer Behelf geschaffen. Es können noch weitere Abhängigkeiten dadurch hergestellt werden, daß im Zentralschloß nebst den Fahrstraßenschlüsseln auch noch Signalschlüssel angeordnet werden (Abb. 2) oder daß die Fahrstraßenschlüssel in Block- oder Stellwerken festgelegt werden. Dies erfordert die Verwendung besonderer Behelfsblockwerke

\*) Die Weichenschlösser der Österreichischen Bundesbahnen besitzen Tosische Zuhaltungen. Die Griffe der zugehörigen Schlüssel sind, der Sperrung der Weiche in die Gerade oder Ablenkung entsprechend, viereckig oder dreieckig ausgebildet.

mit je einem Blockfeld für jede Fahrstraße oder den Einbau einer entsprechenden Anzahl von Fahrstraßenschlössern in ein Behelfsstellwerk. Auf diese Weise kann unter Umständen ein vollständiger Ersatz der außer Betrieb gesetzten Anlage hergestellt werden. Die Herstellung von Zentralschlössern mit derartigen Abhängigkeiten ist für größere Anlagen umständlich und kostspielig; die Abmessungen des Zentralschlusses wachsen mit der Anzahl der einbezogenen Weichen und Fahrstraßen auf Kosten der Übersichtlichkeit. Die Verwendungsmöglichkeit des Zentralschlusses und sein Verwendungsbereich ist daher beschränkt. Sie haben tatsächlich auch nur wenig Verbreitung gefunden.

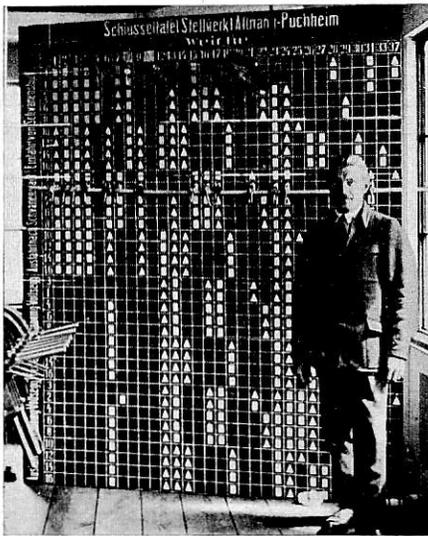


Abb. 1. Schlüsseltafel für 29 Weichenschlüssel und 36 Fahrstraßen. Die Fahrstraße Zeile 11 von oben wird benützt.

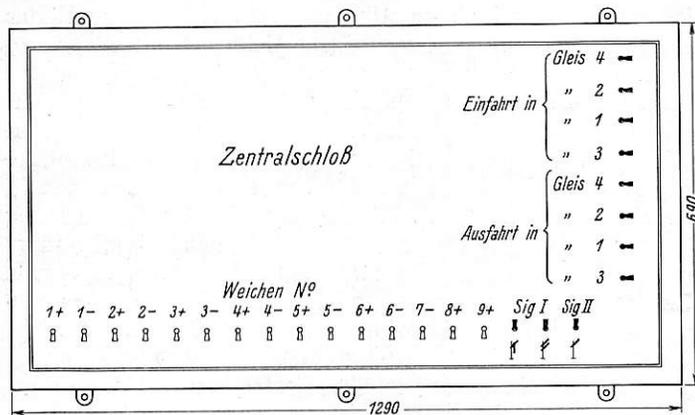


Abb. 2. Zentralschloß für 15 Weichen-, 8 Fahrstraßen- und 3 Signalschlüssel.

Die vorstehenden Beschreibungen berechtigen zu der Annahme, daß die Entwicklung der Behelfseinrichtungen für Außerbetriebsetzungen mit den infolge Steigerung des Verkehrs auch gestiegenen Anforderungen nicht gleichen Schritt gehalten hat und daß die, durch die bestehenden Behelfseinrichtungen nicht mehr gedeckten Ansprüche durch den Fernsprecher und den Einsatz von Bediensteten ausgeglichen wurde. Im Einzelfalle kann — unter der Voraussetzung der vollen Eignung der Bediensteten — zu diesem Vorgang gegriffen werden, da hierbei auch wirtschaftliche Gründe abzuwägen sind. Bei wiederholt vorzunehmenden und länger dauernden Außerbetriebsetzungen von Sicherungsanlagen sollten jedoch diese Gründe außer Betracht bleiben.

### Das Schlüsselwerk als vollständiger Ersatz.

Bei den Österreichischen Bundesbahnen wurden die bei Außerbetriebsetzung von Sicherungsanlagen zu ergreifenden Maßnahmen neu festgelegt; als Behelfseinrichtung wurde unter anderem auch das Schlüsselwerk vorgesehen. Nach Prüfung der vorgeschlagenen Bauarten wurde eine von ihnen erprobt und zur Anwendung zugelassen; für jede Signalstreckenleitung wurde eine Anzahl dieser Schlüsselwerke beschafft. Unter Aufrechterhaltung aller Abhängigkeiten und der Zwangläufigkeit ist dieses Schlüsselwerk ein vollständiger Ersatz des außer Betrieb gesetzten Stellwerks. Wird gegebenenfalls das zum Stellwerk gehörige Blockwerk

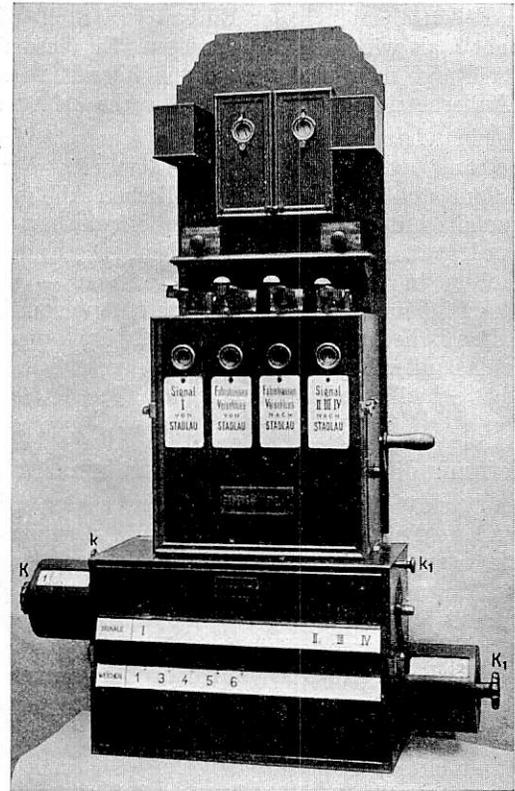


Abb. 3. Schlüsselwerk mit aufgesetztem Blockwerk. Vorderansicht.

abgehoben und auf das Schlüsselwerk aufgesetzt, wobei auch die Fahrstraßenanzeigevorrichtung in Betrieb bleibt, so ist eine vollständige Ersatzanlage geschaffen. Die Signalstellhebel werden in solchen Fällen in der Regel auf einem eigenen Stellbock (Hebelgestell) untergebracht, um die Führung der Drahtzüge den örtlichen Verhältnissen anpassen zu können.

Der Verwendungsmöglichkeit des Schlüsselwerks auf breiter Basis wurde besonderes Augenmerk zugewendet. Es ist vorübergehend als Behelf, bei einfachen Verhältnissen dauernd verwendbar und kann auch als Behelf an Stelle der Fahrstraßeneinschalte- und Sperrvorrichtung (als Befehlsblockwerk) in der Fahrdienstleitung herangezogen werden.

Der Verwendungsbereich ist trotz der geringen Abmessungen groß. Er erstreckt sich für eine Bahnlinie auf die Sicherung von 2 x 8 Fahrstraßen (8 Ein- und 8 Ausfahrten) bei Festlegung von 20 Weichenschlüsseln und Freigabe von 10 Signalschlüsseln. Sind mehr als 2 x 8 Fahrstraßen zu sichern, so muß ein zweites Schlüsselwerk herangezogen werden.

Die Bereitstellung erfordert nur geringfügigen Zeitaufwand. Änderungen der Abhängigkeiten können auch während der Benützung durch Einschrauben oder Entfernen von Verschlußstiften in kürzester Zeit vorgenommen werden.

Die Bedienung ist einfach und erfordert keine besondere Schulung der Bediensteten. Der Bedienungsvorgang, beispielsweise bei Verwendung als Ersatz eines Endstellwerks, ist folgender: Der Fahrdienstleiter gibt dem Stellwerkswärter das Ein- oder Ausfahrtsblockfeld frei und die zu benützte Fahrstraße durch den Fahrstraßenanzeiger, fernmündlich oder durch Weckerzeichen bekannt. Der Stellwerkswärter dreht am

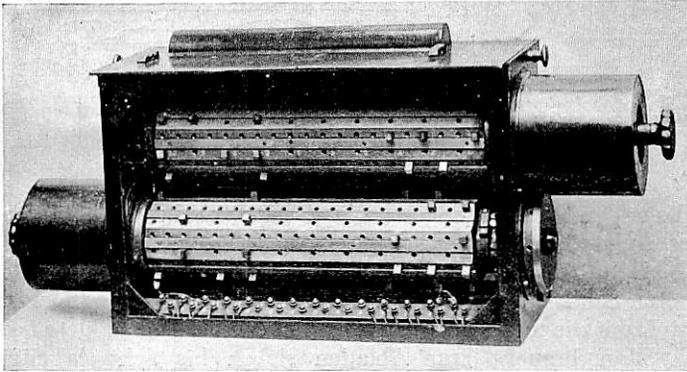


Abb. 4. Schlüsselwerk ohne Blockwerk; Rückwand abgenommen.

Schlüsselwerk den Knopf K oder  $K_1$  für die Ein- oder Ausfahrt (Abb. 3), bis in einem neben dem Knopf befindlichen Fenster die Nummer der bekanntgegebenen Fahrstraße und gleichzeitig die Nummern der für diese Fahrstraße zu sperrenden Weichen ersichtlich werden. Die Schlüssel der abgesperrten Weichen werden an den vorgezeichneten Stellen in das Schlüsselwerk eingeführt, umgesperrt und durch Einschieben des Knopfes dadurch mechanisch festgelegt, daß sich im Innern des Werkes eine mit Verschlussstiften versehene Walze verschiebt (Abb. 4). Gleichzeitig wird auch ein der ge-

wählten Fahrstraße zugehöriger Kontakt geschlossen. Durch Blocken des Fahrstraßenblockfeldes wird die Walze samt den Weichenschlüsseln auch elektrisch festgelegt und der zweite, am oberen Ende des Kastens befindliche kleine Knopf  $k$  oder  $k_1$  freigegeben. Wird dieser herausgezogen, so kann der in Betracht kommende Signalschlüssel umgesperrt und abgezogen, mit diesem der Signalhebel aufgesperrt und schließlich das Signal auf „frei“ gezogen werden. Der Stromweg beim Blocken führt über je einen Kontakt der im Schlüsselwerk gewählten, wie auch der in der Fahrdienstleitung eingestellten Fahrstraße; dadurch sind Verwechslungen hinsichtlich der zu benützten Fahrstraße ausgeschlossen. Die unterhalb der Walzen befindliche Klemmleiste dient zur Herstellung der notwendigen Leitungsanschlüsse. Jeder der Weichenschlüssel wirkt durch ein Stangenpaar auf beide Walzen, diese wirken gegenseitig und auf vier Schieber derart ein, daß alle geforderten Abhängigkeiten und auch Fahrtenausschlüsse erzielt werden.

Die Form des Tosischen Schlüssels ist durch den Längsschnitt seines Bartes gekennzeichnet. Er erfordert im Schlüsselwerk für jede Bartform eine Schloßeinrichtung, während die Fahrstraßenwalzen nur mit einfachen Verschlussstiften ausgerüstet zu sein brauchen. Ist der Bart des (nicht Tosischen) Schlüssels durch die Form seines Querschnittes gekennzeichnet, so besteht die Möglichkeit, das Schlüsselwerk mit nur so viel Schloßeinrichtungen auszurüsten, als die Höchstzahl der für eine Fahrstraße festzulegenden Schlüssel beträgt; die Einrichtungen zur Erzwingung einer bestimmten Bartform (Schlüsselplättchen) sind in diesem Falle auf den Fahrstraßenwalzen an Stelle der obengenannten Verschlussstifte anzuordnen.

Weichen, die in das Schlüsselwerk einbezogen sind, dürfen bei den Österreichischen Bundesbahnen mit einer Geschwindigkeit von 60 km/Std. befahren werden. Das Schlüsselwerk hilft dadurch in hohem Maße mit, an Betriebskosten zu sparen.

## Eine einfache Schienenabladevorrichtung.

Von Ch. H. J. Driessen, Vorstand der Oberbauabteilung der Niederl. Eisenbahnen in Utrecht.

Bevor die hier zu beschreibende Vorrichtung bei den Niederländischen Eisenbahnen allgemein verwendet wurde, war vorgeschrieben, daß Schienen länger als 12 m so abgeladen werden sollten, daß man sie mit Seile an schräg gegen den Wagen zu stellenden Schienen oder Brettern hinunter gleiten ließ. Wenn aber die zur Verfügung stehende Zeit oder die sonstigen Verhältnisse diese Arbeitsweise nicht gestatten, war es erlaubt, die Schienen neben den Wagen hinunter fallen zu lassen, wenn nur dafür gesorgt wurde, daß sie auf ihrer ganzen Länge zugleich den Boden berührten und nicht auf andere Schienen oder harte Gegenstände fielen.

Nun hatte sich in der Praxis erwiesen, daß die zugelassene Ausnahme in Wirklichkeit zur Regel geworden war und daß man — besonders wenn ausnahmsweise das Abladen durch einen Unternehmer geschah — ziemlich viele Schienen mit gebogenem Ende in den Gleisen beobachten konnte, die offenbar nicht sachgemäß entladen waren.

Dieser Umstand war der Grund, weshalb nach einem besseren Verfahren zum Abladen von Schienen gesucht wurde und daß ein Versuch gemacht wurde mit einer Abladevorrichtung, bestehend aus zwei Auslegern, die an den Boden des Schienenwagens befestigt wurden, wobei jede Schiene mit zwei an kleinen Laufkatzen hängenden Zangen angefaßt wurde und, nachdem sie gehoben war, nach der Seitenkante des Wagens verrollt und hinunter gelassen wurde. Diese Vorrichtung hat sich nicht bewährt, vornehmlich, weil sehr viel Zeit und Arbeitskraft nötig war, um die Auslegerkräne von einem Wagen zum andern zu schaffen und weiter, weil

es nötig war, die Schienen umzustapeln, um die Ausleger am Wagenboden befestigen zu können. Das Umstapeln war besonders erschwert, wenn die Schienen in zwei Schichten so verladen waren, daß die obere mit nach unten gestellten Schienenköpfen in den Rillen der unteren Schicht eingreifen.

Eine Umfrage bei den verschiedenen Betriebsämtern lenkte die Aufmerksamkeit auf eine einfache Vorrichtung zum Abladen der Schienen, die im Betriebsamt Breda schon seit 1921 gehandhabt wurde und die, obwohl mit einfachen Mitteln ausgeführt, durchaus zufriedenstellende Ergebnisse gab, sowohl hinsichtlich der anstandslosen Abladung, als hinsichtlich der Kosten. Dieses Verfahren — vom Rottenführer den Engelsman aus Breda erdacht — wurde nun weiter ausgebildet und 1927 allgemein für das Abladen der Schienen auf den Strecken der Niederländischen Eisenbahnen vorgeschrieben.

Wie aus den Abb. 1 a, b und c, hervorgeht, werden die Schienen in ihrer Längsrichtung an der Hinterseite des Wagens abgeladen, indem der Wagen unter den abzuladenden Schienen fortgerollt wird. Es werden immer gleichzeitig zwei Schienen, die eine an der linken, die andere an der rechten Seite des Wagens abgeladen.

Das hierzu benötigte Gerät besteht aus:

- zwei Ankern a, in Abb. 2 einzeln gezeichnet;
- zwei Seilen b mit Haken c und Ring d;
- vier losen Haken e, in Abb. 3 einzeln abgebildet, und
- eine bis drei Gleitplatten f.

Zuerst werden die Anker a unter den Schienen des Gleises hinter einer Schwelle eingehakt, die Haken c in die

Öse der Anker gebracht, während die Ringe d, die am andern Ende der 12 m langen Seile befestigt sind, in die Haken e geschlagen werden, deren Pflock in ein Laschenschraubenloch der abzuladenden Schienen gesteckt wird. Wenn nun der Wagen in Bewegung gesetzt wird, werden

Abb. 4 zeigt den Augenblick, in dem das hintere Ende der abzuladenden Schienen gerade den Boden berührt, während auf Abb. 5 das vordere Ende der 18 m langen Schienen im Begriff ist, von dem Wagen herunter zu fallen. Aus diesem Bild ersieht man, wie der größte Teil der Schienen sich

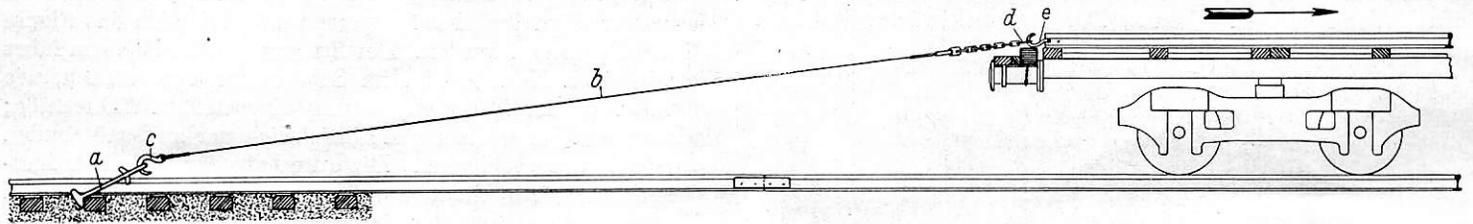


Abb. 1a.

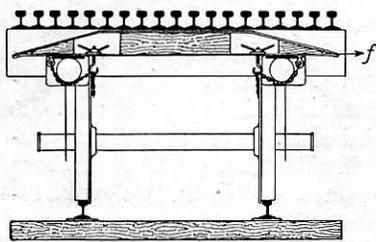


Abb. 1b.

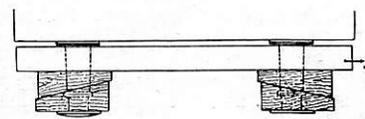


Abb. 1c.

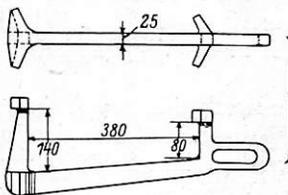


Abb. 2.



Abb. 3.

die beiden Seile gespannt, an jeder Seite von einem Arbeiter in der Mitte angefaßt und nach außen gezogen, damit das freie Ende der abzuladenden Schienen außerhalb dem Gleis den Boden berührt. Wenn der Wagen nun weiter bewegt wird, werden die Schienen sich auf den Boden niederlegen. Das sich noch auf dem Wagen befindende Ende der Schiene wird allmählich nach den Seitenkanten des Wagens gezogen und wird, wenn es an der auf den Puffern befestigten Gleitplatte f angekommen ist, über deren schiefe Ebene abgleiten. In diesem Augenblick hat schon mehr als die halbe Schienen-

schon dem Boden angeschmiegt hat. Abb. 6 zeigt, wie der Anker hinter der Gleisschiene gehakt wird.

Beim Abladen beginnt man mit den Außenschienen der oberen Schicht, welche Schicht, wenn nötig, etwas zu lockern ist, damit die zuerst abzuladenden Schienen sich nicht klemmen.

Man braucht zum Abladen sieben bis acht Arbeiter. Hiervon befinden sich zwei auf dem Wagen zum Einhaken der Haken e in die Schienen und zum Verschieben der Schienen, wenn dies erfordert wird. An den Seilen sind vier Arbeiter beschäftigt, zwei an jeder Seite; nachdem die Schienen zum Teil auf dem Boden liegen, versetzen zwei

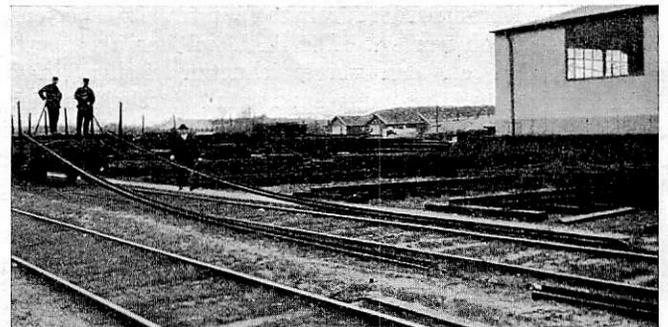


Abb. 5. Das vordere Ende der abzuladenden Schienen ist im Begriff, von der Gleitplatte abzugleiten.

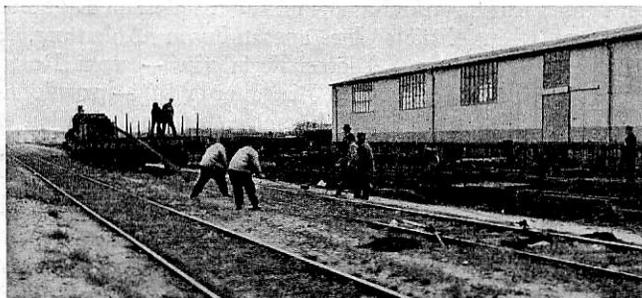


Abb. 4. Das hintere Ende der abzuladenden Schienen berührt den Boden.

länge den Boden berührt; der noch schwebende Teil der Schiene fällt zuletzt mit einem sanften Schlag auf das Schotterbett oder auf die Schwellenenden. Sogar unter ungünstigen Verhältnissen ist nicht zu befürchten, daß die Schienen verbogen werden.

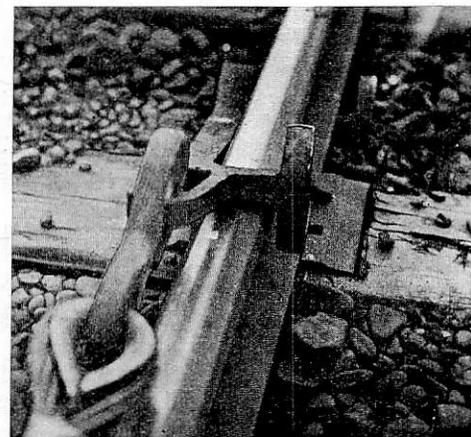


Abb. 6. Anker zur Befestigung der Zugseile.

Arbeiter die Anker a, während die beiden andern die Haken e von den Schienen abnehmen und sie mit den Seilen zum abzuladenden Wagen bringen. Auf der Lokomotive befindet sich ein Arbeiter zur Übertragung der Aufträge des Rottenführers an den Lokomotivführer; bei geschickten Lokomotivführern kann dieser Mann entbehrt werden. Der siebte

oder achte Mann ist der Rottenführer, der die Leitung des Ganzen übernimmt.

Wenn zwei Schienen abgeladen sind, setzt der Zug soweit zurück als für das Abladen zweier weiteren Schienen nötig ist. Es ist aber möglich, das Zurücksetzen des Zuges zu vermeiden und somit das Abladen zu beschleunigen, wenn man den Zug halten läßt, wenn die vorderen Enden der abzuladenden Schienen noch nicht von den Wagen gefallen sind. Es werden dann erst Anker a, Seile b und Haken e versetzt und an den zwei folgenden abzuladenden Schienen befestigt. Beim weiteren Fortbewegen des Wagens wird dann das erste Paar Schienen weiter abgeladen, da der Widerstand des auf dem Boden liegenden Teils dieser Schienen groß genug ist, um eine Längsbewegung zu verhindern.

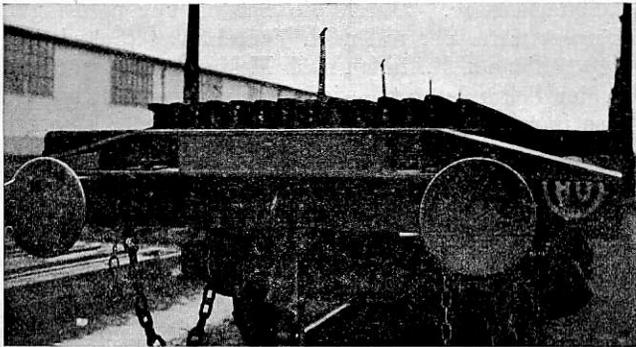


Abb. 7. Auf den Pufferhülsen befestigte Gleitplatte.

Je nachdem viel oder wenig Wagen abzuladen sind werden ein bis drei Gleitplatten f mitgenommen. Diese werden vorher auf dem Bahnhof, wo die abzuladenden Wagen bereit stehen, zwischen den Kopfschwellen und den Puffertellern auf die Pufferhülsen gelegt und mit einer Kette befestigt, die mit Hilfe einer Schraubenspindel angezogen wird (Abb. 1b und 7). Man sorgt dafür, daß die Oberkante der Gleitplatte so dicht wie möglich unter den Füßen der Schienen der unteren Schicht kommt, wozu Holzklötze beigegeben werden. Eine Bewegung der Gleitplatte in der Längsrichtung des Wagens wird ebenfalls durch Holzklötze verhindert.

Wenn mehr Wagen abzuladen sind als Gleitplatten vorhanden sind, müssen diese auf der Strecke versetzt werden, wozu ein Paar Arbeiter vorzusehen sind.

An Bremswagen muß das Bremserhäuschen der Lokomotive zugewendet sein. Es kann also nötig sein, einen Wagen vor Abgang des Werkzeuges zu drehen. Wagen mit

festen Stirnkanten können nicht in der beschriebenen Weise abgeladen werden; sie kommen aber sehr wenig vor.

Sinngemäß soll immer der letzte Wagen des Zuges abgeladen werden. Nach der Abladung bleibt er zurück, wobei die Bremsen festzuziehen sind oder der Wagen auf sonstige Weise gegen Bewegung zu sichern ist. Sind alle Wagen abgeladen oder muß das Gleis wieder frei gegeben werden, so setzt der Zug zurück, um die abgestellten Wagen zu holen.

Wenn aber der Arbeitszug nicht zum Ausgangsbahnhof zurückzukehren braucht, sondern von einem Bahnhof zum folgenden fahren kann, ist es vorteilhaft nicht den letzten Wagen des Zuges zuerst abzuladen, sondern mit dem hinter der Lokomotive laufenden Wagen zu beginnen und die übrigen beladenen Wagen vorläufig stehen zu lassen. Ist der erste Wagen abgeladen, werden die übrigen Wagen geholt und der zweite Wagen abgeladen. Man hat bei diesem Verfahren den Vorteil, daß der zum Abladen gebrauchte Zugteil leichter ist als wenn zuerst der letzte Wagen abgeladen wird; auch bleiben die Wagen des Zuges näher beieinander, während alles zusammen in beiden Fällen der Zug den gleichen Abstand zurückzulegen hat.

Es hat sich gezeigt, daß der Gebrauch eines schräg gestellten Brettes oder einer Pritsche, auf der die Schienen am Ende des Wagens abgleiten, nicht nötig ist. Auch ohne diese Pritsche fallen die Schienenenden so sanft auf den Boden, daß keine Beschädigung der Schienen zu befürchten ist.

In sehr vielen Fällen wurde mit der beschriebenen Vorrichtung auch nachts abgeladen. Wenn die zur Beleuchtung dienenden Lampen auf den abzuladenden Wagen gestellt werden, ist das Arbeitsgelände sehr gut beleuchtet.

Zum Abladen eines Wagens, der mit ungefähr 50 Schienen von 18 m Länge und 46 kg Metergewicht beladen ist, braucht man mit sieben bis acht Arbeiter 30 bis 40 Minuten. Der Arbeitsaufwand ist sogar geringer, als wenn man die Schienen vom Wagen fallen läßt; verbogene Schienenenden kommen nicht mehr vor.

Die Kosten der zu diesem Verfahren benötigten Geräte sind sehr gering. Für eine Direktion können die Geräte sehr wohl von einer Zentralstelle jedesmal zur Verfügung gestellt werden. Bei den Niederländischen Eisenbahnen, die etwa 5400 km Hauptgleis (die Doppelgleise zweimal gerechnet) betreiben, sind 15 Sätze an Anker, Seilen und losen Haken sowie 30 Gleitplatten vorhanden; außerdem als Reserve 15 Seile und 15 lose Haken, da jedesmal, wenn Geräte zur Verfügung gestellt werden, ein Seil und ein loser Haken als Reserve mitgegeben werden. Die Zentralstelle (in unserm Falle die Verwaltung der Oberbauwerkstätte) besorgt selbstverständlich auch die Wiederherstellung beschädigter Unter-  
teile.

## Ist die Bettung elastisch?

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. Faatz, Regensburg.

Die Elastizität der Bettung wird durch die sogenannte Bettungsziffer C gekennzeichnet, das ist jene Ziffer, die den Bettungsdruck p auf die Flächeneinheit für die Einsenkung  $y = 1$  angibt; daher  $p = C \cdot y$ . So wurde z. B. für Kies auf leichtem Leimboden durch Versuche  $C = 3$  gefunden; für Schotter auf festem Erdkörper  $C = 8$  und für Schotter auf Grundbau  $C = 15$ . In der neuen Oberbauvorschrift für die Deutsche Reichsbahn ist der Ausdruck Bettungsziffer nicht mehr aufgenommen, sondern es wird nur die Aufgabe der Bettung als solche gekennzeichnet, den Druck der Verkehrslasten auf den Unterbau elastisch, d. h. federnd zu übertragen.

Ist nun tatsächlich die Bettung elastisch? Wenn wir einen vorbeifahrenden Zug beobachten, so sehen wir, wie sich die gedrückten Schwellen jedesmal einsenken und dann wieder

hochfedern. Ein Zweifel an der Elastizität der Bettung ist daher nicht möglich; aber es erhebt sich sofort die Frage, in welchen Umständen die Federung begründet liege, um so mehr als das tatsächliche Maß der Federung die Elastizität des Bettungstoffes bei weitem übertrifft.

Wenn wir ein nach oben offenes, jedoch sonst allseits umschlossenes Gefäß mit irgend einem Bettungstoffe füllen — sei es Sand, Kies oder Schotter — und wir stampfen die Masse so ein, daß weder ein weiteres Zusammenpressen bei Belastungen, die ungefähr den höchsten Verkehrsbelastungen entsprechen, noch ein Ausweichen des Schotters nach der Seite hin durch die Form des Gefäßes möglich ist, (das ist also der Endzustand der Bettung nach entsprechend langer Dauerbelastung des Gleises oder nach entsprechender Vor-

verdichtung der Bettung durch Stampfen oder Walzen), so kann einerseits eine elastische Wirkung nur dadurch erklärt werden, daß infolge der noch vorhandenen Hohlräume durch Keil- und Hebelwirkungen und durch Bieungsbeanspruchung einzelner Bettungsteile geringe Senkungen auftreten, die nach Aufheben des Druckes wieder rückgängig werden, und daß andererseits nur die reine Druckelastizität des Bettungsstoffes selbst in Erscheinung tritt.

Diese Druckelastizität der Gesteine ist aber nach Versuchen äußerst gering. Sie beträgt im Durchschnitt (s. Zeitschrift „Der Straßenbau“ 1929, H. 4, S. 53)

$$\begin{aligned} E &= 1103000 \text{ kg/cm}^2 \text{ bei Basalt} \\ &= 235000 \text{ „ „ Granit} \\ &= 776000 \text{ bis } 712000 \text{ bei Muschelkalk} \\ &= 81100 \text{ „ } 748000 \text{ „ Quarzit} \end{aligned}$$

bei einer Spannungsstufe von 0 bis 120 kg/qcm.

Bei einer Bettungsstärke  $h$  von 40 cm unter Schwellenunterkante und bei einer durch Verkehrslasten bewirkten Höchstbeanspruchung von äußerstenfalls  $4 \text{ kg/cm}^2$  ergäbe sich hiernach das Maß der Federung infolge der Druckelastizität

$$\Delta h = \frac{h \cdot \sigma}{E} \quad (\sigma \text{ Spannung}) \text{ für Basalt von rund } \Delta h = \frac{4 \cdot 40}{1100000} = \frac{160}{1100000} \sim 0,00015 \text{ cm, abgerundet } 0,0002 \text{ cm oder } 1/5000 \text{ cm.}$$

Das ist überhaupt nicht nennenswert.

Es dürfen daher, nachdem die Elastizität des Bettungsstoffes auf die Elastizität der Bettung praktisch von keinem Einfluß ist, beide Größen nicht miteinander verwechselt werden.

Die federnde Nachgiebigkeit eines guten Gleises soll mindestens 1,6 bis 2,4 mm (s. a. Dr.-Ing. Bloss „Das Eisenbahngleis auf starrem Unterbau“), also rund 2 mm im Durchschnitt betragen.

Diese Senkung setzt sich zusammen aus dem elastischen Zusammenpressen des Untergrundes, des Gleisbettungsstoffes und der Schwelle und aus der Verkleinerung vorhandener Hohlräume zwischen Schiene, Schwelle und Bettung sowie in dieser selbst. So beträgt z. B. die Pressung des Untergrundes bei festgelagertem Keuperletten mit Bitumendecke als Druckverteiler rund  $1/10 \text{ mm}$  (bei Reichsoberbau mit Bitumenunterlage gemessen). Die Schotterzusammenpressung rund 1 mm bei ungefähr 25 cm Bettungshöhe unter Schwellenunterkante.

Die Bettung kann aus naheliegenden Gründen keine Zugspannungen aufnehmen, die Druckspannungen nur unter Zuhilfenahme der inneren Reibungen. Wenn diese überwunden sind, ist die Grenze der Tragfähigkeit erreicht, da der Bettungsstoff dann seitlich ausweicht. Vorhin haben wir bereits gesehen, daß die Elastizität des Bettungsstoffes wegen ihrer Geringfügigkeit keine Rolle bei der elastischen Senkung des Gleises spielen kann. Das gleiche gilt wie oben angeführt für guten Untergrund. Es fragt sich nun, woher die Federung der Bettung in der ungefähren Größe eines Millimeters stammt.

Nach Beobachtungen vollführt der Bettungsstoff unter den Lastdrücken eine kreisende Bewegung (s. auch Bräuning 1920, S. 46). Diese kreisende Bewegung kann aber nur zustande kommen, wenn

- eine genügende Zahl von Hohlräumen vorhanden ist und
- wenn diese Hohlräume, wenn auch in veränderlicher Form, dauernd gewährleistet sind.

Nur unter diesen Voraussetzungen kann eine befriedigende Erklärung der elastischen Eigenschaft der Bettung gefunden werden.

Bei diesen Verhältnissen dürfte es wissenschaftlich sein, wie sich ungefähr die Hohlräume in mittlerem Schotter, mittlerem Kies, mittlerem Splitt und feinkörnigem Sand verhalten.

Ein Versuch nach dieser Richtung hin ergab folgende Maße:

auf 10 dm <sup>3</sup> festgestampften Schotters wurden 4 1/2 cdm	
Hohlraum gefunden . . . . .	= 45 %
auf 10 dm <sup>3</sup> festgestampften Splitts wurden 4 cdm	
Hohlraum gefunden . . . . .	= 40 %
auf 10 dm <sup>3</sup> festgestampften Kieses wurden 3 1/3 cdm	
Hohlraum gefunden . . . . .	= 33 %
auf 10 dm <sup>3</sup> festgelagerten Sandes wurden 3 1/4 cdm	
Hohlraum gefunden . . . . .	= 32,5 %

Die Hohlraumgröße steigt also mit der Korngröße und mit der Rauigkeit des Stoffes.

Die fest verdichtete Bettung mit den vorgenannten Hohlräumen wirkt unter einer Drucklast als fester Körper innerhalb der Reibungsgrenze. Durch die Schwingungen des ganzen Gleiskörpers unter der rollenden Verkehrslast (Schwingungen der S 49-Schiene z. B. finden nach Messungen bis zu ungefähr 150 in der Sekunde statt) wird der Bettungsstoff ganz oder teilweise immer wieder in neue Lagen gebracht, also immer wieder, wenn auch in ganz geringfügigem Maß, durcheinandergerüttelt, so daß bei der nächsten Druckkraft wieder andere Hohlräume gegeben sind, die wieder in ähnlichem Maße das elastische Zusammenpressen der Bettung zulassen, wie bei der vorhergehenden Belastung. Ein sehr geringer Schotterverschleiß mag mit diesen Bewegungen verbunden sein.

Werden die Hohlräume geringer durch Eindringen von Bettungsmehl oder sonstigem Schmutz, so verringert sich die Elastizität: die Bettung verkrustet. Verschmutzte Bettung wirkt daher nicht mehr elastisch. Die Verarbeitung der Stöße muß daher in verstärktem Maße die Schiene und Schwelle übernehmen.

Man erkennt daher die Wichtigkeit einer guten Bettung. Für diese ist einerseits die Korngröße und damit im Zusammenhange die Größe der Hohlräume von ausschlaggebender Bedeutung. Es ist also die Bettung die beste, die bei entsprechender Korngröße nach der Verdichtung noch die meisten Hohlräume besitzt und deren Bettungsstoff im Einklang steht mit den sonstigen Ansprüchen (wie Festigkeit, Witterungsbeständigkeit, Reibungsgröße usw.), die an eine einwandfreie Bettung gestellt werden müssen.

Aus diesen Erwägungen heraus fragt es sich daher, ob unsere Schotterbettung mit 35/60 mm Korngröße bei dem tieferen Schotterbett, das im Gegensatz zu früher in der neueren Zeit schon der höheren Verkehrslasten wegen angewandt werden muß, in den Kornausmaßen nicht etwas zu klein ist.

Es wäre weiterhin wissenschaftlich zu erfahren, in welcher Weise die kreisende Bewegung des Bettungsstoffes und damit die Veränderlichkeit der Einzel Hohlräume vor sich geht, und ob man nicht die für die besten elastischen Eigenschaften des Schotterbettes maßgebende Korngröße durch Versuche finden könnte, um endlich einmal Licht in die Elastizität der Bettung zu bringen.

Die eingangs gestellte Frage, welche Umstände die Elastizität der Bettung bedingen, ist also dahin zu beantworten, daß wohl der Bettungsstoff in äußerst geringem Maße federnd wirkt, daß aber die Bettung selbst nur infolge der Hohlräume elastisch wirken kann. Es ist also letzten Endes die Elastizität der Bettung nur eine Funktion zwischen Korngröße und Hohlraumausmaß.

Versuche nach dieser Richtung hin wären sehr zu begrüßen, um die elastischen Anteile der einzelnen Größen (Korngröße, Hohlraum- und Reibungsgröße) zu finden.

## Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über das fünfte Geschäftsjahr 1929.

Der Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft für das Geschäftsjahr 1929 ist nunmehr erschienen. In einem Vorwort sind die Gründe für die letzte und die geplante Tarifierhöhung dargelegt, die immer noch gleich schwierigen Finanzverhältnisse geschildert und ein allgemeiner Überblick über die Geschäftsgestaltung im vergangenen Jahr gegeben. An diese Schilderung schließt sich die Bilanz und eine Reihe von statistischen Angaben, denen folgende Zahlen entnommen sind.

Das Schienennetz wurde im abgelaufenen Jahr um rund 153 km erweitert und umfaßt z. Z. 53820 km. An Fahrzeugen waren am Jahresende vorhanden: Lokomotiven 24089 (hiervon 98,4% Dampflokomotiven und 1,6% elektrische Lokomotiven), Triebwagen 1151 (hiervon 77,2% mit Stromzuführung), Wagen 745379 (hiervon 8,5% Personen- und 2,8% Gepäckwagen). Geleistet wurden rund 1116 (690) Millionen Lokomotivkilometer, von denen 94,88% (92,19%) auf Dampflokomotiven entfallen, 4,17% (6,30%) auf elektrische Lokomotiven und Triebwagen, und 0,95% (1,51%) auf sonstige Triebwagen. (Die eingeklammerten Zahlen geben die Nutzkilometer an). Die gefahrenen Achskilometer sind mit 20085 Millionen im Güterverkehr und 10774 Millionen im Personenverkehr ständig im Steigen begriffen.

Aus den anschließenden acht Abhandlungen über Einzelgebiete ist vom technischen Standpunkt aus folgendes bemerkenswert.

### Abschnitt I. Betrieb und Verkehr.

Die Betriebsleistungen im Güterverkehr zeigen im Jahre 1929 das eigenartige Bild einer Leistungsspitze in den Wintermonaten, die eine Folge des strengen Frostes ist, der die gesamte Binnenschifffahrt zum Erliegen brachte und zugleich den Kohlenverkehr wesentlich verstärkte; dabei blieben allerdings die Verkehrsleistungen noch unter denjenigen des gleichen Monats im Vorjahr. Daß es trotz der ungünstigen Witterungsverhältnisse möglich war den Betrieb glatt abzuwickeln, darf als Beweis für die Zweckmäßigkeit der Betriebsorganisation bei der Reichsbahn angesehen werden.

Als Neuerung ist die Einführung der leichten Güterzüge (Leig) zu erwähnen, die der schnellen Stückgutbeförderung dienen sollen. Die Leig-Einheiten bestehen im allgemeinen aus einer mittelstarken Lokomotive und zwei Wagen, die kurzgekuppelt und mit einem Faltenbalg von der Größe der ganzen Stirnwand verbunden sind und so eine fahrbare Güterhalle bilden. Sie werden z. T. mit Behältern beladen. Diese kleinen Züge können mit Personenzugsgeschwindigkeit verkehren, sie können meist an die Güterhallen oder Ladebühne heranfahren und erzielen die doppelte Reisegeschwindigkeit der Nahgüterzüge. Mit ihnen ist es möglich das tagsüber aufgegebenen Stückgut nachts noch an die Umladestellen zu verbringen.

Die im Jahre 1928 in Dresden und Minden eingerichteten Zugüberwachungsstellen haben sich so gut bewährt, daß sie weiter ausgedehnt wurden und eine neue Zugüberwachungsstelle in Zwickau eingerichtet wurde. Weitere Überwachungsstellen sind in Vorbereitung.

Die durchschnittliche Leistung einer Lokomotive zwischen zwei Hauptausbesserungen konnte nochmals um etwa 2% auf rund 96000 km gesteigert werden. Der Ausbesserungsstand war mit rund 16,5% etwas geringer als im Vorjahre. Der Brennstoffverbrauch je Bruttotonnenkilometer ist um 0,2% höher als im Vorjahr, was auf die ungewöhnliche Kälte zurückzuführen ist.

Der elektrische Betrieb wurde mit Ausnahme von 42 km Stadt- und Vorortbahnen nicht weiter ausgedehnt. Dagegen wurden verschiedene neue Stromquellen erschlossen und außerdem die seit 25 Jahren bestehende elektrische Linie Potsdamer Bf.—Lichterfelde-Ost auf 8000 Volt Gleichstrom umgestellt um die Einheitlichkeit mit den übrigen Linien herzustellen.

Mit der Reichspost wurde ein Abkommen wegen der Kraftfahrlinien getroffen, das dem beiderseitigen Interesse gerecht wird.

Die Zahl der Unfälle ist von 3601 auf 3915 angestiegen, die Zahl der Verletzten oder Getöteten Reisenden dagegen von 1207 bzw. 171 auf 888 bzw. 151 gesunken. Die Steigerung der Unfälle liegt also beim Personal selbst und ist teils auf die große Kälte, teils aber auch auf die schärfere statistische Erfassung der kleinen Unfälle zurückzuführen.

Der Abschnitt II. Tarife kann hier unberücksichtigt bleiben, desgleichen die Abschnitte III. Finanzen, IV. Personal und VIII. Verwaltung.

### Abschnitt V. Bauwesen.

Die für die Erneuerung der baulichen Anlagen wünschenswerten Mittel konnten wegen der Geldknappheit nicht aufgebracht werden. Die Arbeiten blieben also im wesentlichen auf die zur Erhaltung der Betriebssicherheit notwendigen Maßnahmen beschränkt. Ebenso konnten rückständige Gleiserneuerungen auch im Jahre 1929 nicht in nennenswertem Umfang nachgeholt werden, während die laufenden Erneuerungs- und Unterhaltungsarbeiten im vorgesehenen Umfang durchgeführt werden konnten. Auf den FD-Zugstrecken wurden ausschließlich 30 m lange Schienen S 49 eingebaut. Der Wegfall der Hälfte der Stöße hat nicht nur die Annehmlichkeit des Befahrens erhöht, sondern auch den Unterhaltungsaufwand merklich herabgedrückt. Um nur einwandfreie Bettungstoffe zu beziehen wurde in Kassel eine eigene Gesteinsprüfstelle geschaffen. Mit dem Oberbaumeßwagen wurden etwa 23000 km durchgehende Hauptgleise befahren; der Meßwagen ist aber auch von den Eisenbahnverwaltungen in der Schweiz und in Österreich verwendet worden. Die im Vorjahre eingeführten fliegenden Baukolonnen haben sich gut bewährt und sollen beibehalten werden.

Bei den eisernen Brücken wurde wiederum besonderes Augenmerk auf die Entrostung und den Rostschutz gerichtet und eine große Zahl von Rostschutzfarben ausprobiert. Die Instandsetzung der Brücken wurde fortgeführt und besonders die Bauweise verbessert. Die langjährigen Versuche zur Erlangung einwandfreier Apparate zur Messung dynamischer Vorgänge haben einen befriedigenden Abschluß gefunden. Weiterhin wurde ein neues Verfahren zur Messung von Schwingungen an den Knotenblechen auf photographischem Wege ausgearbeitet. Auch mit Hilfe einer Schwingungsmaschine mit exzentrischen, elektrisch angetriebenen Schwungmassen wurden Versuche angestellt. Versuche über die Dauerfestigkeit von Nietverbindungen konnten noch nicht zu einem befriedigenden Ergebnis gebracht werden. Die Versuche über das Schweißen von Brücken wurden fortgesetzt und haben zu günstigen Ergebnissen geführt. Ebenso sind Versuche hinsichtlich des statischen Verhaltens der verstärkten Stadtbahngewölbe in Berlin befriedigend ausgefallen.

Der Fortbildung der Baustoffprüfung wurde große Aufmerksamkeit geschenkt.

Im Sicherungswesen beginnt allmählich der Ersatz veralteter Stellwerkanlagen. In einer Anzahl von Bahnhöfen wurden die noch nicht vorhandene Zentralisierungsanlagen geschaffen und in vielen Bahnhöfen die vorhandenen Sicherungsanlagen durch Hinzufügen neuer Sicherungsglieder verbessert.

Die elektrische Streckenblockung wurde weiter ausgedehnt, ebenso die Ausrüstung der Bahnen der vormals preussisch-hessischen Verwaltung mit Ausfahrsvorsignalen. Weitergebildet wurden die Lichttagessignale, die auf der Strecke Ruhbank—Dittersbach in dauernde betriebsmäßige Benützung genommen wurden. Die Anordnungen zur Zugbeeinflussung wurden weiterentwickelt und auf Geschwindigkeitsermäßigungen an Abzweig- und Langsamfahrstellen ausgedehnt.

Das Fernsprechwesen hat eine weitere Ausgestaltung erfahren durch Ausbau neuer Verbindungen, durch Errichtung von 14 Selbstanschlußämtern, das Telegraphenwesen durch Einbau zahlreicher Morseanrufschränke.

### Abschnitt VI. Rollendes Material.

Da immer noch Überbestände vorhanden sind, fanden nur geringe Neulieferungen statt. Eine neue Gattung Schnellzuglokomotiven mit 18 t Achsdruck wurde in Auftrag gegeben. Eine Diesel-Druckluftlokomotive mit 1000 PS und ein Abdampf-Triebtender wurden in Erprobung genommen.

Im Wagenbau wurden die Arbeiten für Normung und Austauschbau, der Einbau von Hülsenpuffern, verstärkten Kuppungen und Tragfedern fortgesetzt. Der Ersatz der Gasbeleuchtung in den D-Zugwagen durch die elektrische ist beendet. Mit Rücksicht auf die Erhöhung der Geschwindigkeiten sollen — zunächst in die mit Reibungspuffern ausgerüsteten D-Zugwagen — Kunze-Knorr-Schnellzugsbremsen eingebaut werden.

Auf dem Bodensee wurden fünf Schiffe verschiedener Größe in Dienst gestellt.

Im Werkstättendienst wurde durch Fortentwicklung, durch Zusammenfassung gleichartiger Arbeiten in besonderen Werken und durch die werktechnische Auswertung der Vollabrechnung weitere Einsparungen gemacht. Trotzdem brachte die ungewöhnliche Kälte durch die erheblichen Frostschäden an den Fahrzeugen eine Steigerung der Unterhaltungskosten mit sich. Insbesondere hat sich die betriebswirtschaftliche Vollabrechnung bewährt, die sowohl für die einzelnen Werkstätten zur Kontrolle der Vorgänge im eigenen Werk als auch zum Vergleich der einzelnen Werke untereinander eine wertvolle Grundlage bildet.

In den Fahrzeugausbesserungen Frankfurt (Oder) und Glogau des Reichsbahnausbesserungswerkes Berlin wurde der Betrieb eingestellt. Dagegen wurde das Werk Freimann erweitert und das in Dessau begonnene Ausbesserungswerk für elektrische Lokomotiven soweit gefördert, daß teilweise der Betrieb aufgenommen werden konnte.

Die Lagerbestände an Betriebsstoffen und Ersatzteilen konnten weiter eingeschränkt werden. Bei den Betriebsstoffen ist ihr Umfang auf die Hälfte der im Jahr 1926 vorhandenen Vorräte gesunken.

Die verschiedenen wissenschaftlichen Versuchsabteilungen

entfalteten eine rege Tätigkeit, die wertvolle Ergebnisse zeitigte. Besonders ausgedehnte Versuche wurden mit Brennstoffen angestellt.

#### VII. Beschaffungswesen.

Die gespannte Finanzlage hat das Beschaffungsprogramm erheblich eingeschränkt. Entgegen den Gepflogenheiten der Vorjahre konnten am Jahresanfang keine erhöhten Aufträge zur Milderung der Arbeitslosigkeit gegeben werden.

Der Einkauf der Kohle wickelte sich glatt ab; auch die übliche Herbstbevorratung in den Sommermonaten war möglich. Mit der Beschaffung der eisernen Oberbaustoffe für 1930 mußte wegen der noch nicht zu übersiehenden Lage gegen Ende des Jahres zurückgehalten werden. Dagegen ließ sich das wegen noch vorhandener Überbestände an sich geringere Beschaffungsprogramm für Holzschwellen durchführen; fast der ganze Bedarf wurde im Inland gedeckt. Um auch bei den Oberbaustoffen die Lagerbestände zu vermindern, soll die ganze Oberbaustoffwirtschaft neu geregelt werden.

An Fahrzeugen wurden beschafft: 26 Dampflokomotiven, 332 Triebwagen und Beiwagen, 3879 Personenzüge, 527 Gepäck-, 761 Güter- und 472 Bahndienstwagen. Die für 1930 zu liefernden Wagen wurden in Auftrag gegeben. Dabei lag das Schwergewicht auf den vierachsigen Personen- und Gepäckwagen. Sp.

## Berichte.

### Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

#### Die Lüftung des Moffat-Tunnels.

Der Moffat-Tunnel liegt in der 378 km langen Eisenbahnstrecke, die von Denver im Staate Colorado in nordwestlicher Richtung nach Craig führt. Er gilt mit 10 km Länge für den längsten heute noch mit Dampflokomotiven befahrenen Tunnel. Er ist eingeleisig. Sein Querschnitt ist auf dem größten Teil der Länge 7,3 m hoch und 4,9 m breit; nur im mittleren Teil hat er auf etwa 600 m eine Betonauskleidung, wodurch sein Querschnitt etwas eingeengt ist. Die Strecke steigt von Osten her unter 1:333, von Westen her unter 1:140, 1:125 und 1:110 bis 2800 m Seehöhe. Der Tunnel wird täglich regelmäßig von 3 Güterzügen, 3 leer zurückkehrenden Schiebelokomotiven und von 2 Personenzügen befahren. Der meiste Verkehr bewegt sich in der Richtung nach Osten und besteht aus Kohle. Es kommt vor, daß an einem Tag 5 Güterzüge verkehren und infolgedessen auch 5 Leerlokomotiven zurückfahren müssen. Die Züge wiegen bis 3800 t.

Bei einem so schmalen, aber dafür um so höheren Tunnelquerschnitt, wie ihn der Moffat-Tunnel hat, in dessen oberen Teil sich die Rauchgase ansammeln, mußte von vornherein Bedacht darauf genommen werden, Betriebsgefahren und Belästigung der Reisenden durch den Rauch zu vermeiden. Elektrische Zugförderung kam bei dem schwachen Verkehr nicht in Frage. Für die Beibehaltung des Dampfbetriebs sprach auch der Umstand, daß die Eisenbahn durch ein Kohlengebiet führt und die Kohle auf dem Tender nur 2 Dollar/t kostet. Man entschloß sich daher, den Dampfbetrieb beizubehalten, aber künstliche Lüftung des Tunnels einzuführen. Dem Entwurf gingen Ermittlungen über die Menge von Rauchgasen, die eine Lokomotive entwickelt, voraus. Bezüglich der notwendigen Verdünnung des Kohlenoxydgehaltes waren nach früheren Untersuchungen 0,04 % als unschädlich zu erachten. Wegen der großen Länge des Tunnels im Verhältnis zu seinem Querschnitt und wegen der sonstigen Widerstände gegen das Strömen der Luft im Tunnel hielt man es für unmöglich, ausreichende Lüftung mit Hilfe von Druckluft allein zustande zu bringen, sondern man hielt es für nötig, den östlichen Tunnelmund, wo die Lüftungseinrichtungen aufgestellt werden sollten, verschließbar zu machen, so daß man durch Einführen von Druckluft einen nach Westen gerichteten Luftstrom oder durch Saugen eine Strömung der Luft nach Osten erzeugen kann.

Zunächst wurden im Richtstollen des Tunnels während des Baues, aber ohne Störung der Arbeiten, Versuche zur Ermittlung des Beiwerts für die Reibung zwischen strömender Luft und Tunnelwandung angestellt. Ferner wurden zwei Jahre lang Aufzeichnungen über die Barometerstände an beiden Tunnelenden

gemacht. Die auf diesen Grundlagen zu lösende Aufgabe wurde so gestellt, daß der Luftstrom sich gegen den Zug bewegen sollte, damit nicht etwa vor dem Zuge eine Rauchwolke schwebte, die dem Lokomotivführer die Sicht versperrt. Der Kraftbedarf ist dabei kleiner, als wenn die Luft in der Zugrichtung ströme. Allerdings muß dabei noch die Wirkung des Zuges als Kolben in dem vom Tunnel gebildeten Zylinder überwunden werden.

Auf diesen Grundlagen kam der Entwurf der Lüftungs- vorrichtung zustande. In einem Eisenbetongebäude, das eine Grundfläche von 12,2 × 36,6 m bedeckt, wurden zwei selbständige Lüfter eingebaut, die unmittelbar mit den sie antreibenden Motoren gekuppelt sind; sie machen 360 Umdrehungen in der Minute. Zur Erzeugung des Kraftstroms dient ein Ölmotor von 585 PS (in einer Höhe von 2800 m). Je nach Einstellung einer großen Klappe können die Lüfter saugend oder drückend auf die Luft im Tunnel wirken. Der östliche Tunnelmund ist durch einen Segeltuchvorhang abgeschlossen, der von einem I-förmigen eisernen Rahmen getragen wird. Der Vorhang, der mit Rahmen 4,5 t wiegt, wird von einem Elektromotor in 8 Sekunden gehoben und gesenkt. Der Motor wird durch Gleisströme so gesteuert, daß er sich hebt, wenn der Zug sich ihm bis auf 550 m genähert hat; zugleich zeigt rotes oder grünes Licht an, ob sich der Vorhang in gesenkter oder gehobener Lage befindet. Beim Heben des Vorhangs wird der Antrieb der Lüftermotoren selbsttätig ausgeschaltet.

Der Zugverkehr wird von einer Zugleitungsstelle geregelt. Sie benachrichtigt den Tunnelwärter, daß ein Zug herannaht, worauf dieser die Lüftung in Tätigkeit setzt. Nachdem er zurückgemeldet hat, daß der Tunnel zur Aufnahme eines Zuges bereit ist, läßt die Zugleitungsstelle den Zug in die Tunnelstrecke einfahren. Diese Vorbereitungen nehmen etwa 2 bis 2½ Minuten in Anspruch.

Die Lüftungsanlage hat sich bis jetzt bewährt. Selbst bei einem Zug mit drei Mallet-Lokomotiven hat sich die Lüftung als ausreichend erwiesen. Ein Personenzug kam einmal im Tunnel zum Halten, und es dauerte 3 Stunden, ehe er seine Fahrt fortsetzen konnte: es ergab sich keine Belästigung seiner Insassen durch Rauchgase. Auch Viehtransporte sind ohne Schwierigkeiten durch den Tunnel gekommen. Wernecke.

#### Spritzbeton bei den Brücken der schwedischen Staatsbahnen.

Ein Bericht der schwedischen Staatsbahnverwaltung behandelt die in den Jahren 1925 bis 1928 ausgeführten Arbeiten an Eisenbahnbrücken, Tunnels usw. mittels Spritzbeton und enthält Angaben über Untersuchungen von Trägern und Säulen aus Beton und Eisenbeton, durch die festgestellt werden sollte, ob

ältere Betonkonstruktionen mit Hilfe von Spritzbeton und Zementinjektion verstärkt werden können. Die meisten der ausgeführten Instandsetzungen wurden in Eigenbetrieb mit zwei vollständigen Anlagen vorgenommen, welche aus Druckluftheizer, Zementinjektor und Zementkanone mit zugehöriger Ausrüstung wie Schläuchen, Bohrwerkzeugen, Meißeln usw. bestehen.

Zunächst sind die 1916 bis 1918 erbaute Straßenbrücke in Malmö und die um die gleiche Zeit erbaute Brücke über den Oere-Fluß in Malmö besprochen. Erstgenanntes Bauwerk besteht aus einer Reihe großer Eisenbetonbogen mit aufgehängter Brückenbahn, in denen sich im Beton Fehler wie Risse, Abschaltungen und große Porosität zeigten. Es wurden umfassende Dichtungsarbeiten mittels Injektion durchgeführt und die Oberflächen mit Spritzputz behandelt. Die Oere-Fluß-Brücke besteht aus einem Eisenbetonbogen von 90 m Spannweite mit darüberliegender Brückenbahn sowie einigen kleineren, massiven Bogen an beiden Enden. Auch hier traten die gleichen Erscheinungen auf und wurden auf dieselbe Weise behandelt.

Bei den Brückenbahnträgern mußte eine recht große Anzahl Injektionslöcher gebohrt werden, und man bekam beim Auswaschen derselben unter Druck den Beweis der großen Porosität des Betons, indem das Druckwasser in kräftigen Strahlen aus dem Beton trat. Die Oberflächen wurden vor der Injektion durch eine 2 bis 3 mm dicke Lage von Spritzbeton gedichtet.

Da man glaubte, die Ursachen der Risse in den Brückenbahnträgern suchen zu müssen, wurde eine Verstärkung der Armierung an deren Unterseite dadurch vorgenommen, daß auf jeder Seite der Träger zwei Stück 32 mm Rundeisen angebracht, mittels 10 mm Rundeisenbügeln befestigt und mit einer Wulst von Beton überspritzt wurden. Um eine bessere Verbindung zwischen dem alten Beton und dem Spritzbeton herbeizuführen, wurden mit 30 cm Abstand Vertiefungen ausgemeißelt. Im 90 m-Bogen zeigten sich nach starkem Regen an der Unterseite nasse Stellen, woraus geschlossen werden mußte, daß das Wasser durch den Beton drang. Da ein Bestreichen der Oberseite des Bogens mit Siderosten das Durchsickern des Wassers nur in beschränktem Maße verhinderte, wurde die Oberseite des Bogens nach sorgfältiger Reinigung mit Spritzbeton behandelt; und zwar wurde die westliche Bogenhälfte in zwei Lagen von zusammen 25 mm Stärke mit Drahtnetzeinlage, und die östliche Bogenhälfte in einer 12 mm dicken Lage ohne Drahtnetzeinlage mit Spritzbetonputz überzogen. Nach den bisherigen Erfahrungen hat die letztgenannte Behandlungsweise mit nur einer Lage Spritzbetonputz und ohne Drahtnetzeinlage sich als völlig genügend bewährt.

Als Injektionsmasse für Betonkonstruktionen wurde Zementbrei und zur Injektion bei Ziegelmauerwerk Zementmörtel in wechselndem Mischungsverhältnis unter 4 at Druck verwendet.

Außerdem wurden Instandsetzungsarbeiten mittels Zementmörtelinjektion bei Brückenpfeilern und Bogen aus Granitmauerwerk ausgeführt, bei denen sich im Laufe der Zeit Hohlräume gebildet hatten, weil der Mörtel zwischen den Steinen verschwunden war. Dabei wurde stets vor der Injektion das Mauerwerk durch Druckwasser von Erde und Ton gereinigt, worauf ein Ausblasen mit Preßluft erfolgte. Dann wurden die Fugen ausgemauert und mit der Injektion von unten herauf begonnen und fortgefahren, bis der Zementmörtel sich in den höher liegenden Injektionslöchern zeigte, worauf die Injektion durch diese fortgesetzt wurde. Das Mischungsverhältnis des Zementmörtels war ein Teil Zement auf drei bis vier Teile Sand unter 2 mm Korngröße.

Umfassende Injektionsarbeiten wurden an der Stützmauer des Södermalm-Tunnels in Stockholm ausgeführt, welche aus einer Granitsteinfassade mit Bruchsteinfüllung besteht. Vor der Injektion wurde das Innere der Stützmauer teils durch Löcher in der Vorderseite, teils von oben ausgespült, um den hintersten Teil der Mauer zu reinigen. Zur Injektion wurde Zementmörtel von 1:2,8 mit etwa 25% des Gesamtgewichtes an Wasser verwendet. In die Mauer wurden 620 m<sup>3</sup> Zementmörtel gedrückt, was einer Summe an Hohlräumen von ca. 31% entspricht. Das Ergebnis dieser Injektionsarbeiten muß als sehr gut bezeichnet werden. Bei vorgenommenen Untersuchungen zeigte sich u. a. bei einer Probegrabung unmittelbar hinter der Stützmauer, daß die Injektionsmasse gut durch die 4 m starke Mauer gedrungen war.

Die Versuche mit armierten Trägern, welche durch Spritzbeton und Eiseneinlage verstärkt waren, zeigten, daß im allgemeinen die mit Spritzbeton behandelten Träger geringere Formveränderung aufweisen, als die nicht so behandelten, und daß erstere die Fähigkeit des Betons Zugspannungen aufzunehmen, erhöhe. Man hat auch den an derartigen Versuchsträgern haftenden Spritzbeton wieder entfernt, wobei sich gezeigt hat, daß der Zusammenhang mit dem auf gewöhnliche Weise vergossenen Beton gut und vielfach besser war, als der Zusammenhang innerhalb des letzteren, was auch mit den 1924 von der Materialprüfungsanstalt Berlin-Dahlem angestellten Versuchen übereinstimmt. Eine zweite Versuchsreihe zeigte, daß nichtarmierte Betonträger von 1:5:7 durch Injektion verstärkt werden können.

Eine dritte Versuchsreihe bezweckte, armierte und nicht armierte Träger mit Hilfe von Spritzbeton und Injektion zusammenzufügen, um festzustellen, ob Beton, welcher im Gießlöfl mit Spritzbeton gemischt wird, besser bindet, als durch Bestreichen mit Zementbrei behandelter Beton. Die Ergebnisse zeigen, daß es auf zufriedenstellende Weise möglich ist, undichte armierte Betonträger 1:5:7 mit Spritzbeton, Eiseneinlage und Injektion zu schweißen und auch zwei undichte, nicht armierte Trägerhälften mit Spritzbeton und Injektion mit gleich gutem Erfolge zu schweißen. Dagegen scheint die Behandlung mit Spritzbeton im Gießlöfl keinen Vorteil zu bieten.

Eine weitere Versuchsreihe, um alte armierte Betonsäulen durch Bekleidung mit einer Spritzbetonschicht mit Eiseneinlage zu verstärken, wurde mit sechs Stück 3,75 m hohen Säulen ausgeführt, von welchen drei mit einer Spritzbetonschicht mit Eiseneinlage versehen waren. Von den verstärkten Säulen wurden zwei probebelastet; sie brachen an den Enden ab. Danach scheint bei armierten Betonsäulen der Nutzen einer Spritzbetonschicht fraglich zu sein.

Zum Schlusse wurden Versuche mit Spritzbetonputz gemacht, welcher als ausgezeichnetes Mittel zur Behandlung von Betonoberflächen bezeichnet wird. Dabei wurde zuerst eine rund 10 mm dicke Schicht Unterputz aufgespritzt und bevor diese abge bunden hatte, eine Schicht von 3 bis 4 mm Feinputz aufgespritzt. In einem Schema über die ausgeführten Proben sind die Mischungsverhältnisse mit Porphyrit-, Granit- und Feldspatgrus sowie die verschiedenartige Flächenbehandlung mit Gebläse, Bürsten, Waschen mit Wasser oder Salzsäure usw. zusammengestellt. In seinem Schlußwort sagt der Bericht, daß es nunmehr erwiesen sei, daß man ältere Betonkonstruktionen durch Injektion und Behandlung mit Spritzbeton ausbessern oder genügend verstärken könne. Man kann ferner mittels Spritzputz ansprechende und gegen äußere Einwirkungen widerstandsfähige Oberflächen erzielen, wobei noch der Vorteil erreicht wird, daß die Putzschicht mit dem darunter liegenden Beton einwandfrei abbindet.

Ingeniören. Nr. 15. April 30.

Zetzsche.

## Buchbesprechungen.

**Vorschriftenbuch des Verbandes Deutscher Elektrotechniker,** 17. Auflage, 1930. Preis 18.— *R.M.* Zu beziehen durch den Verband Deutscher Elektrotechniker, Abt. Verlag, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.

Gegenüber der 16. (vorjährigen) Auflage weist das neue Vorschriftenbuch eine Reihe von Änderungen auf, die sich im Laufe des Jahres 1929 als notwendig erwiesen haben. Unter den 27 Bestimmungen, die entweder erstmalig oder völlig neu bearbeitet erscheinen, ist besonders die Umgestaltung und Neubearbeitung der Errichtungs- und Betriebsvorschriften zu nennen. Diese, wie auch die ebenfalls neu bearbeiteten Maschinen- und

Transformatorvorschriften und Freileitungsvorschriften werden besonders das Interesse auf sich lenken. Den 27 neuen Vorschriften stehen 16 ungültig gewordene Bestimmungen und eine Anzahl von Änderungen an bereits bestehenden Bestimmungen gegenüber, auf die im neuen Vorschriftenbuch entsprechend hingewiesen ist. Th.

**Barth-vom Ende: Die Maschinenelemente.** Fünfte, vollständig neubearbeitete Auflage. Sammlung Göschen. Preis geb. 1,50 *R.M.* Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin.

Das Büchlein behandelt einleitend die Grundbegriffe der Festigkeitslehre und die Gesichtspunkte für Konstruktion, Be-

rechnung und die Wahl des Werkstoffs. Dabei sind Berechnungen von Maschinenteilen nach der zulässigen Spannung wie nach der elastischen Formänderung als Beispiele aufgeführt. Normung und Passungen sind ebenfalls berücksichtigt. In den Abschnitten: „Befestigungen, die Elemente der Wellenleitungen, die Elemente zur Übertragung der Energie von einer Welle auf die andere, die Elemente des Kurbeltriebs und die Elemente der Rohrleitungen“ sind die gesamten Maschinenelemente rechnerisch und beschreibend behandelt. Die verschiedenen Schweißverfahren werden gestreift. Eingehend sind die Kugellager berücksichtigt. Fl.

**Einfluß der Verunreinigungen im Sauerstoff und im Azetylen auf die Wirtschaftlichkeit und Güte des Schnittes und der Schweißnaht** von Dr. W. Rimarski, Dipl.-Ing. C. Kantner und Dr. E. Streb (Heft 317 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens). Din A 4, IV 44 Seiten mit 76 Abbildungen und 45 Zahlentafeln. Broschiert *R.M.* 6.— (für VDI-Mitglieder *R.M.* 5.40). VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7. 1929.

**Modellversuche über den Wasserumlauf in Steil- und Schrägrohrkesseln von Dr. Ing. Carl Cleve. Strömungsercheinungen in rotierenden Rohren von Dr. Ing. Franz Levy. Bestimmung von Wärmeübergangstrahlen durch Diffusionsversuche von Dr. Ing. Werner Lohrlich.** (Heft 322 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens). Berlin 1929, VDI-Verlag G. m. b. H. Din A 4, IV 68 S. mit 79 Abb. und 15 Zahlentafeln. Broschiert *R.M.* 10.— (für VDI-Mitglieder *R.M.* 9.—).

## Fünf Jahre V W L.

Der technische und verwaltungstechnische Ausbau und die schnell fortschreitende Entwicklung des deutschen Eisenbahnwesens machten für das damit stark anwachsende Unterrichtswesen der Deutschen Reichsbahn eine planmäßige und geistig einheitliche Bearbeitung des gesamten Unterrichtsstoffes erforderlich. Zu diesem Zwecke wurde im Jahre 1924 die Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn (Berlin W 8) gegründet, die jetzt auf über 5 Jahre ihrer Tätigkeit zurückblicken kann. Durch die im Einvernehmen mit der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft von maßgebenden Verfassern und z. T. im amtlichen Auftrage herausgegebenen Werke und Lehrbücher hat diese Gesellschaft viel zur Belebung des fachwissenschaftlichen Dienstunterrichts beigetragen; ihre Veröffentlichungen bilden den Grundstock für die Ausbildung und Fortbildung des Reichsbahnpersonals und werden auch überall da mit Freuden begrüßt, wo der Wunsch zu außerberuflicher Fortbildung besteht. In den fünf Jahren des Bestehens der Gesellschaft hat das Verlagsarchiv mit den Neuauflagen bereits die Zahl 150 erreicht. Die Erscheinungen des Verlages umfassen folgende Gebiete: Allgemeines über die Reichsbahn, Amtliche Veröffentlichungen, Wohlfahrt, Betrieb und Verkehr, Bau- und Maschinentechnik, Eisenbahnrecht, Finanzwesen, Unterrichtswesen, Psychotechnik, Allgemeinwissen, Einheitskurzschrift, Lehrstoffhefte, Unterhaltungsbücher. — Diese Gebiete werden ständig weiter ausgebaut und erweitert.

## Verschiedenes.

### Internationaler Wettbewerb für „Behälter“-Bauformen.

Der Welt-Kraftwagenkongreß hat im Herbst 1928 in Rom die Frage des Behältersystems für den durchgehenden Eisenbahn-, Kraftwagen- und Seeschiffsverkehr zum erstenmal unter internationalen Gesichtspunkten erörtert. Auf Vorschlag des Präsidenten der Internationalen Handelskammer wurde darauf von der Internationalen Handelskammer, vom Völkerbund, vom zwischenstaatlichen Eisenbahnverband und anderen zuständigen Fachverbänden ein internationaler Ausschuß gebildet für einen internationalen Behälterwettbewerb.

Für die besten Entwürfe sind hohe Preise ausgesetzt (vorerst zweimal 5000 und 2000 Dollar).

Es handelt sich darum die beste Lösung des Problems einer durchgehenden Warenbeförderung mittels Eisenbahn, Schiff und Kraftwagen zu finden, um Verpackungs-, Sortier- und Lagerkosten möglichst zu verringern und die Beförderung der Waren auf die schnellste und wirtschaftlichste Weise vom Herstellungsort an den Verbrauchsort zu ermöglichen.

In Betracht kommen offene und geschlossene Behälter. Für beide Arten sollen drei Größen geschaffen werden, für die kleinste Gattung sind die Maße vorgeschrieben, nämlich 3,95 m lang, 2,15 m breit und 2,20 m hoch (bei geschlossener Art), 1,00 m hoch bei der offenen Bauart. Die Abmessungen der anderen Größen sind dem Bewerber überlassen. Das Gewicht, das jeder Behälter aufnehmen soll, ist auf 5 t festgesetzt. Das Gewicht des Behälters muß möglichst gering sein, andererseits müssen die Behälter aber in allen Teilen genügend Widerstandskraft aufweisen. Die Behälter müssen mit Lastkraftwagen, auf Plattformgüterwagen

der Regel- und Schmalspur sowie mit Schiffen befördert werden können.

Die konstruktiven Einzelheiten für das Öffnen und Schließen und für die Verschlussvorrichtung sind anzugeben. Bei Türen mit senkrecht angeordnetem Gelenk muß die Türunterkante so hoch liegen, daß die Türflügel über den Seitenwänden der Plattform weg geöffnet werden können. Die unteren Teile der Tür müssen jedoch ganz herabgeklappt werden können.

Die offenen wie geschlossenen Behälter müssen neben- oder übereinander aufgeschichtet oder ineinander geschoben werden können. Der Vorschlag soll sich nicht auf zusammenlegbare Behälter beziehen, doch können außerdem auch Entwürfe für Behälter die beim Leertransport zusammengelegt werden können, vorgelegt werden. Die Zollübergangsbedingungen müssen berücksichtigt werden. Vorrichtungen zum Hochheben mittels Kran, Greifer, Hubkarren, ferner Vorrichtungen für Verladung durch Gleiten mittels Rampen sind vorzusehen. Die Art der Handhabung bei dem Verladen von der Erde auf den Güterwagen und Lastkraftwagen sowie für den Übergang vom Güterwagen auf den Lastkraftwagen und umgekehrt muß angegeben werden. Auch über die Art der Befestigung des Behälters auf dem Güterwagen und Lastkraftwagen müssen die Bewerbungen Angaben enthalten. Endlich ist noch anzugeben aus welchem Baustoff der Behälter bestehen soll.

Die Bewerbungen sind einzureichen beim Internationalen Ausschuß für den Behälterwettbewerb, Internationale Handelskammer, Paris, 38 Cours Albert.

Zum Wettbewerb zugelassen sind nur Firmen und Organisationen.

## Berichtigungen.

In dem Aufsatz „Über die Massewirkungen bei plötzlichen Richtungsänderungen im Lauf von Eisenbahnfahrzeugen“ in Heft 11 sind folgende Berichtigungen vorzunehmen:

Seite 273 linke Spalte, fünfte Zeile von oben lies „wenn“ statt „wann“.

Seite 277 linke Spalte: In der Gleichung 7 ist das rechte Ende: „= 0“ zu streichen, ferner sind die Punkte über P und  $\psi$  zurechtzurücken; die Gleichung muß also lauten:

$$\dot{P} = \delta v (\varphi_0 + \omega t - \psi) - \delta x \dot{\psi}.$$

Seite 279: Abb. 7. Die Abszisse bildet die Zeit  $t$ .

Seite 283 linke Spalte unten: Die Maßeinheiten für  $y_B$  und  $y_C$  sind nicht  $mm$  sondern  $m$ , also  $y_B = -0,003 m$   $y_C = +0,021 m$ .

Seite 284 rechte Spalte, sechste Zeile von oben muß es statt „Überhöhungsbogen“ . . . „Übergangsbogen“ heißen.