

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

Herausgegeben von Dr. Ing. Heinrich Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

92. Jahrgang

1. Oktober 1937

Heft 19

Lager- und Schmierungsfragen bei Reichsbahnlokomotiven.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. Holtmeyer, Göttingen.

Nach einem Rückblick auf die Entwicklung der Ausgußmetalle in den Lagern von Reichsbahnlokomotiven werden die durch die erhöhten Beanspruchungen der Eisenbahnfahrzeuglager einerseits und die Lage der Rohstoffversorgung andererseits bedingten Versuche der Reichsbahn beschrieben, die bisher verwendeten Lagermetalle durch neuartige Werkstoffe zu ersetzen. Insbesondere wird über den Stand der Versuche mit Bleibronzen in Lokomotivlagern und die sich daraus ergebenden Notwendigkeiten konstruktiver, werkstattechnischer und betrieblicher Art berichtet. Am Schluß des ersten Teils des Aufsatzes wird die Herstellung von Mehrstofflagern und die Ausrüstung von Lokomotiven mit Rollenlagern gestreift.

Im zweiten Teil werden Schmierungsfragen behandelt und einige bemerkenswerte Lagerkonstruktionen, die eine Verbesserung der Schmierung erstreben, besprochen.

Durch die Steigerung der Geschwindigkeiten und die Erhöhung der Zuglasten, die sich bei der Reichsbahn in den letzten Jahren als notwendig erwiesen haben, sind auch die Beanspruchungen der Reichsbahnfahrzeuge nicht unwesentlich gewachsen. Von diesen Beanspruchungssteigerungen werden in erster Linie die Fahrzeugteile betroffen, deren Bewegung sich unmittelbar im Verhältnis mit der Fahrgeschwindigkeit ändert, nämlich die Achsen und Triebwerkteile. Daneben erleiden auch die Konstruktionsteile eine erhebliche Mehrbeanspruchung, die die Verbindung der sich bewegenden Teile unter sich und mit dem ruhenden Teil des Fahrzeugs herstellen, nämlich die Lager.

Zu den stärkstbeanspruchten Lagern gehören die Lokomotivlager, da sie nicht nur die Kräfte aufzunehmen haben, die durch den reinen Lauf des Fahrzeugs ausgelöst werden, sondern auch allen Einwirkungen statischer und dynamischer Art standhalten müssen, die ihre Ursache im Antrieb der Lokomotive haben. Die bisher bei Reichsbahnlokomotiven bewährten Lager genügen den erhöhten Beanspruchungen z. T. nicht mehr; neue Konstruktionen müssen an ihre Stelle treten.

Die Lösung dieser Frage erscheint allerdings nicht einfach; denn zur selben Zeit, in der eine Verbesserung der Lokomotivlager notwendig wird, gebietet die Rohstofflage Deutschlands auch im Lagerbau eine Umstellung auf Werkstoffe, die nach den bisherigen Ansichten in der Regel zunächst keine Verbesserung der Lagereigenschaften zu bringen versprechen. Gerade die Metalle, aus deren Legierungen bisher hochwertige Lagermetalle für Eisenbahnfahrzeuglager hergestellt wurden, können in Deutschland nur in geringen Mengen gewonnen werden. Um so mehr wird es Aufgabe der Forschung sein müssen, trotz der vorhandenen Schwierigkeiten durch eingehende Untersuchungen im Laboratorium und großzügige Versuche im Betrieb das Problem zu lösen. Die nachfolgenden Ausführungen sollen zeigen, welche Erfolge die Reichsbahn bei der Verbesserung ihrer Lokomotivlager unter gleichzeitiger Umstellung auf einheimische Rohstoffe bereits erzielt hat und welche Fragen noch ihrer Lösung harren. Da die Schmierungsfrage eng mit der Lagerfrage zusammenhängt, soll auch hierüber einiges gebracht werden.

I. Lagerfragen.

Unter den Lagern einer Lokomotive stehen hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Betriebssicherheit, ihrer Ansprüche an Pflege und Unterhaltung und ihres Verbrauchs an Lagermetallen und Schmiermitteln, abgesehen von den Tenderlagern, die nach ihrem Aufbau und ihrer Wirkungsweise mehr als Wagenlager angesehen werden können, die Achs- und

Stangenlager an erster Stelle. Diese Lager sind bei Reichsbahnlokomotiven bis heute durchweg als Gleitlager ausgebildet.

Die Forderungen, die ein Lokomotivachs- oder Stangenlager erfüllen muß, sind in der Hauptsache

1. gute Einlauf- und Gleiteigenschaften,
2. Notlaufeigenschaften,
3. eine genügende mechanische Festigkeit und eine ausreichende Verschleißfestigkeit (und zwar sowohl in den Laufflächen wie auch in den Paßflächen).

Das wichtigste und schwierigste Konstruktionsteil bei einem Eisenbahnfahrzeuglager bildet zweifellos die Lagerschale. Als zweckmäßigste Form hat sich entsprechend den Eigenschaften der zur Verfügung stehenden Metalle seit langem die Zweistofflagerschale erwiesen. Bei dieser ist in einen Tragkörper aus festerem Metall, das die vorstehend unter 2. und 3. aufgeführten Eigenschaften aufweisen muß, ein weiches Lagermetall mit guten Lauf- und Verschleiß-eigenschaften eingegossen. Einen Schnitt durch eine z. Z. bei Reichsbahnlokomotiven übliche Lagerschale (Treibstangenlager) zeigt Abb. 1a; die Tragschale besteht aus Rotguß (Rg 9), der Einguß aus Weißmetall (WM 80).

Die Wahl des Eingußmetalles war von jeher nicht nur abhängig von den technischen Eigenschaften der jeweils entwickelten Lagermetalle, sondern auch in nicht geringem Maße von Notwendigkeiten finanzieller und volkswirtschaftlicher Art. Bei den hohen Beanspruchungen, denen Lokomotivlager ausgesetzt sind, lag es von jeher nahe, für den Ausguß der Lokomotivlagerschalen hochzinnhaltige Lagermetalle, deren gute Betriebseigenschaften außer Zweifel stehen, zu verwenden. So war bei den Lokomotiven der Preußischen Staatsbahnen bis zum Ausbruch des Weltkrieges seit langem das hochzinnhaltige „Regelmetall“ (83,3% Sn, 5,6% Cu, 11,1% Sb) eingeführt. Während des Weltkrieges mußte wegen Mangel an Zinn zu Ersatzlagermetallen gegriffen werden, die im wesentlichen auf der Bleigrundlage aufgebaut waren. Die größte Verbreitung hat damals das „Einheitsmetall“ gefunden, das die Zusammensetzung 79,2% Pb, 14% Sb, 5,3% Sn, 1,5% Cu aufwies. Nach dem Weltkrieg wurde die Entwicklung der während des Krieges eingeführten Lagermetalle auf Bleigrundlage weitergeführt und es entstanden mehr oder weniger betriebsbrauchbare Lagermetalle, die überhaupt kein Zinn mehr enthielten. So wurden bei den preußischen Bahnen in den ersten Jahren nach dem Weltkrieg vorzugsweise das „Lurgimetall“ (96,5% Pb, 2,8% Ba, 0,4% Ca, 0,3% Na) und das „Calciumlagermetall“ (94,9% Pb, 1,75% Ca, 1,35% Cu, 1% Sr, 1% Ba) verwendet.

Im Jahre 1924 wurde ein neues Lagermetall auf Bleigrundlage entwickelt, das sogenannte Bahnmetall (Bn-Metall). Es zeigt folgende Zusammensetzung: 98,6% Pb, 0,04% Li, 0,72% Ca, 0,57% Na mit 0,2% Al-Zusatz. Die dem Blei zugesetzten geringen Mengen von Alkalimetallen haben den Zweck, dem Bleimetall die notwendige Härte zu geben. Das Bahnmetall wurde seitdem in großem Umfang bei den Fahrzeugen der Reichsbahn eingeführt. Es fand nicht nur in Lokomotivlagern, sondern auch in Wagenlagern Verwendung. Noch heute werden, von einigen hochbeanspruchten Fahrzeuggattungen abgesehen, die Achslager aller Reichsbahn-Personen- und Güterwagen mit Bahnmetall ausgegossen. Das Bahnmetall besitzt gute Laufeigenschaften, außerdem weist es gegenüber den hochzinnhaltigen Lagermetallen den Vorteil auf, daß

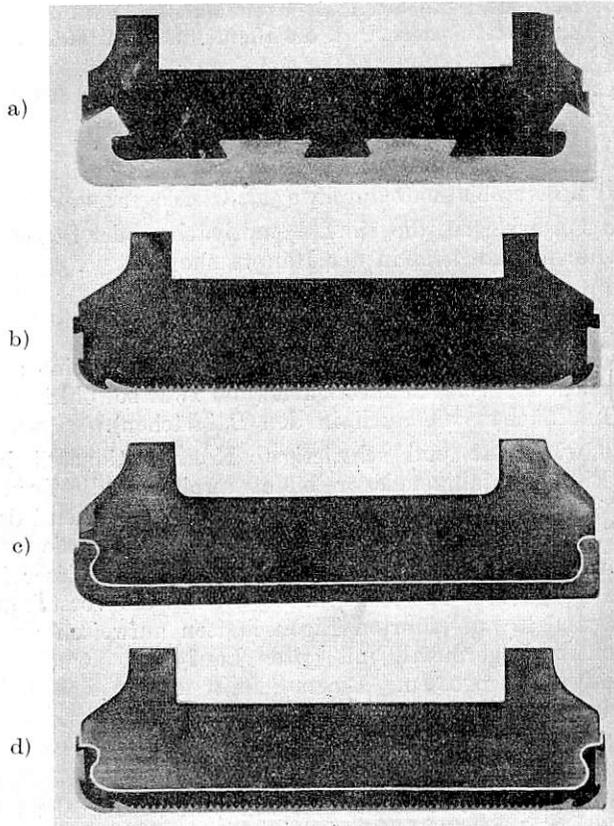


Abb. 1 a bis d. Schnitte durch Treibstangenlagerschalen.

- a) Rg 9-Schale mit dickem WM 80-Ausguß.
- b) Rg 9-Schale mit dünnem WM 80-Ausguß.
- c) Stahlschale mit Bleibronze-Ausguß.
- d) Dreistoffschale (Stahl-Rotguß-Weißmetall).

sein unterer Schmelzpunkt verhältnismäßig hoch liegt; während z. B. bei WM 80 der untere Schmelzpunkt 185° C beträgt, beginnt das Bahnmetall erst bei 320° C zu schmelzen. Dieser Vorteil tritt insbesondere bei dem Heißlauf von Lagern in Erscheinung, bei dem Bahnmetall wesentlich später ausläuft als ein hochzinnhaltiges Lagermetall. Als Nachteil des Bahnmetalls muß neben seiner Neigung zur Korrosion und Enthärtung angeführt werden, daß es in stark beanspruchten Lagern die Lebensdauer von hochzinnhaltigen Lagermetallen bei weitem nicht erreicht. Es wurden deshalb schon bald wieder in einigen Reichsbahndirektionsbezirken, in denen Züge mit hohen Geschwindigkeiten verkehrten, hochbeanspruchte Lokomotiven mit „Regelmetall“ (siehe oben) ausgerüstet.

Durch die Steigerung der Fahrgeschwindigkeiten und die Erhöhung der Zuglasten erhielt die Frage eines Ersatzes des Bahnmetalls durch ein leistungsfähigeres Lagermetall bei Lokomotiven vermehrte Bedeutung. Im Jahre 1932 ordnete die

Reichsbahnhauptverwaltung die Einführung von WM 80 als Lagerausgußmetall für alle Reichsbahnlokomotiven an. Wenn auch das Bahnmetall für weniger beanspruchte Lokomotiven noch genügt hätte, so wurde doch diese Anordnung auf alle Lokomotiven einschließlich Tender ausgedehnt, um jede Verunreinigung des Weißmetalls durch Bleimetall anlässlich der Ausbesserungen der Lokomotivlager in den Ausbesserungs- und Betriebswerken zu vermeiden. Zur Zeit sind fast sämtliche Lokomotiven der Reichsbahn mit WM 80 ausgerüstet.

Die gegenwärtige Rohstofflage Deutschlands zwingt dazu, den Bedarf an zinnhaltigen Lagermetallen möglichst einzuschränken. Die Reichsbahn sucht bezüglich ihrer Lokomotivlager dieser Forderung dadurch nachzukommen, daß sie einerseits unter vorläufiger Beibehaltung des Wm 80 durch werkstattechnische und konstruktive Maßnahmen und durch eine planmäßige Bewirtschaftung des vorhandenen Weißmetallstocks den Verbrauch weitgehend vermindert, andererseits großzügige Versuche durchführt, das derzeitige hochzinnhaltige Lagermetall durch zinnarme und zinnfreie Lagermetalle zu ersetzen.

Zu den werkstattechnischen und konstruktiven Maßnahmen zur Einschränkung des WM 80-Verbrauchs gehört die Entwicklung des Lokomotivlagers mit dünnem Ausguß. Während bisher die Stärke des Lagermetalls in der Lagerschale je nach der Größe der Lager zwischen 7 und 14 mm schwankte (siehe Abb. 1a), ist es heute durch besondere Verfahren möglich, Lagerschalen herzustellen, bei denen die Stärke des Lagermetalls nur noch 1,5 mm beträgt (siehe Abb. 1b). Die Herstellung solcher dünnen Ausgüsse nach dem Schleuder- oder Druckgußverfahren ist schon an verschiedenen Stellen der Literatur eingehend beschrieben worden*).

Die Einführung des Dünngußlagers bringt nicht nur durch die geringere Metallmenge eine wesentliche Einschränkung des WM 80-Verbrauchs, sondern auch dadurch, daß sich die Lebensdauer der Ausgüsse dank ihrer geringeren Verformung, ihrer besseren Verbindung mit der Lagerschale und der mit den genannten Gießverfahren erreichten Verdichtung ihres Gefüges auf das Doppelte und Mehrfache gegenüber dem derzeitigen Zustand erhöht. Abb. 2 zeigt das Aussehen zweier Treibstangenlagerschalen mit dünnem, im Schleuderverfahren hergestellten Ausguß nach einer Laufleistung von 170000 km; zum Vergleich sind in Abb. 3 zwei Treibstangenlagerschalen mit dickem Ausguß nach 54000 km Laufleistung dargestellt, deren Laufflächen die Abnutzung erkennen lassen, wie sie nach einer verhältnismäßig so kurzen Laufleistung bei dicken Ausgüssen in der Regel auftritt und zum Neuausgießen der Lagerschalen führt. Zur Zeit sind trotz des Vorhandenseins nur einiger weniger Gießvorrichtungen bereits etwa 1000 Reichsbahnlokomotiven (einschließlich neu gelieferter) mit Dünngußlagern ausgerüstet.

Die Versuche der Reichsbahn, als Ersatz für WM 80 gleichwertige oder annähernd gleichwertige zinnarme oder zinnfreie Lagermetalle zum Ausgießen der Lokomotivlager zu finden, wurden schon vor einigen Jahren aufgenommen. Von den Ersatzmetallen für WM 80 muß in Anbetracht der gesteigerten Beanspruchungen der Lokomotivlager gefordert werden, daß ihre betrieblichen Eigenschaften zumindest über denen des Bahnmetalls in seiner derzeitigen Zusammensetzung liegen, da sonst einfach auf dies Metall, über das ausreichende Erfahrungen in Werkstatt und Betrieb seit langem vorliegen, zurückgegriffen werden könnte. Zur Zeit werden Versuche unternommen, die eine Verbesserung der Eigenschaften des

*) Beilfuß, Z. VDI Bd. 80 (1936) S. 1475. — Garbers, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1936, Heft 14, S. 293. — Martin, ebenda 1935, Heft 2, S. 23. — Wagner und Muethen, Glas. Ann. 1936, Heft 4 und 6, S. 31 ff.

Bahnmetalls durch Änderung der Zusammensetzung sowie durch gießtechnische Maßnahmen (Dünnguß von Hand oder nach dem Schleuder- oder Druckgußverfahren) erstreben. Da diese Versuche erst an ihrem Anfang stehen, kann über ihre Aussichten noch nichts gesagt werden. Auf die zahlreichen Versuche, die mit anderen bleireichen Lagermetallen in Lagern von Reichsbahnlokomotiven bereits durchgeführt sind oder noch laufen, im einzelnen einzugehen, ist an dieser Stelle nicht möglich.

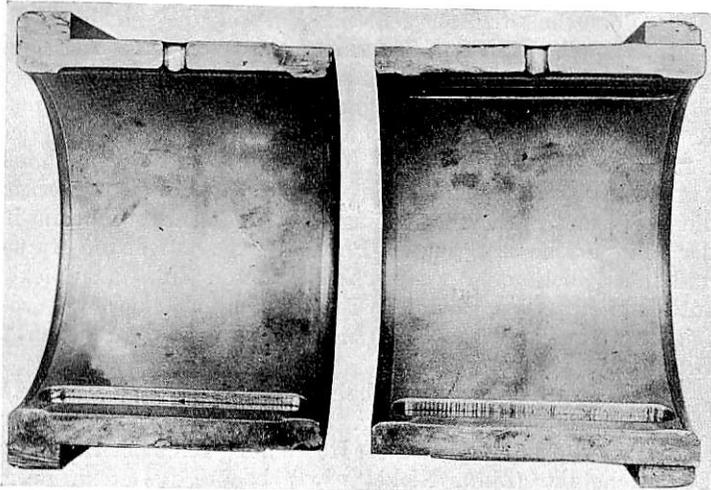


Abb. 2. Treibstangenlagerschalen mit dünnem WM 80-Ausguß nach 170 000 km Laufleistung.

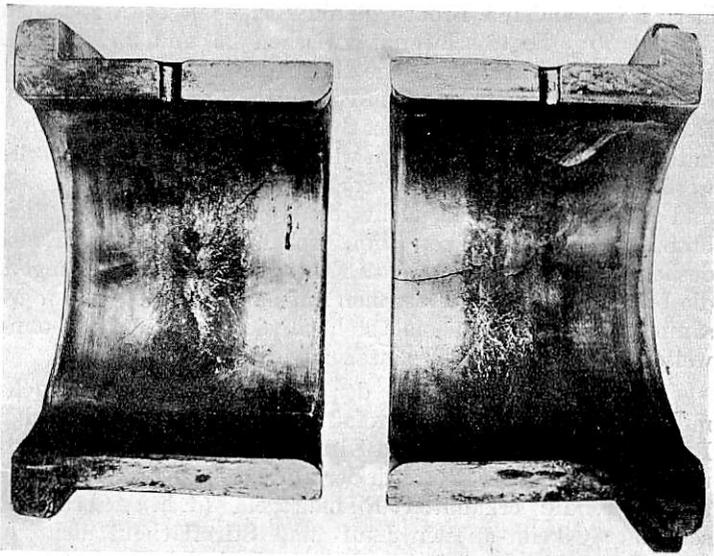


Abb. 3. Treibstangenlagerschalen mit dickem WM 80-Ausguß nach 54 000 km Laufleistung.

Bevor auf die Versuche mit Lagerbronzen eingegangen wird, sollen noch kurz die Versuche der Reichsbahn, die üblichen Lagermetalle auf Blei- oder Zinngrundlage durch Aluminium oder Kunstharzpreßstoffe zu ersetzen, gestreift werden. Daß Aluminiumlegierungen in Lagern gute Laufeigenschaften besitzen, ist bekannt. Ferner weisen Aluminiumlagerschalen den Vorteil einer guten Wärmeleitfähigkeit und eines geringen Gewichtes auf. Die Reichsbahn hat deshalb schon vor einigen Jahren Versuche mit verschiedenen Aluminiumlegierungen durchgeführt. Die Legierungen waren in der Hauptsache auf der Al-Si-Grundlage und der Al-Cu-Ni-Mg-Grundlage aufgebaut. Ihre Härte lag verhältnismäßig sehr hoch, nämlich zwischen 80 und 120 kg/mm². Auch ihre mecha-

nische Festigkeit war ausreichend, so daß die Lagerschalen als Vollschalen hergestellt werden konnten. Die Versuche, die mit diesen Legierungen zunächst auf dem Prüfstand vorgenommen wurden, haben die guten Laufeigenschaften von Aluminiumlagerschalen bestätigt. Ebenso wurde bei diesen Versuchen festgestellt, daß Aluminiumlagerschalen günstige Reibungswerte besitzen. Als Hauptnachteil des Aluminiums, der seine Einführung als Lagermetall bei Eisenbahnfahrzeugen erheblich erschwert, muß seine geringe Warmfestigkeit und sein im Verhältnis zu Rotguß und Bronze niedriger Schmelzpunkt angeführt werden. Dadurch, daß Aluminiumlegierungen je nach ihrer Zusammensetzung schon bei 600 bis 650° schmelzen, sind ihre Notlaufeigenschaften ungenügend. Bei Heißläufern können schwere Beschädigungen der Lagerschale und des Schenkels auftreten, die die Betriebssicherheit des Fahrzeuges gefährden. Abb. 4 zeigt das Aussehen einer Aluminiumlagerschale nach einem Heißlaufversuch auf dem Versuchsstand. Betriebsversuche mit Aluminiumlagerschalen wurden seinerzeit nur

in Wagenlagern vorgenommen. Diese Versuche haben wenig befriedigt, so daß sie abgebrochen werden mußten. Nachdem in der Zwischenzeit die Aluminiumlegierungen für Lager weiter verbessert worden sind, hat die Reichsbahn jetzt wieder neue Versuche mit Aluminiumlagerschalen eingeleitet. Da die neu entwickelten Aluminiumlegierungen im Vergleich zu den früher erprobten im allgemeinen eine wesentlich geringere Härte und Festigkeit aufweisen, wird es bei den

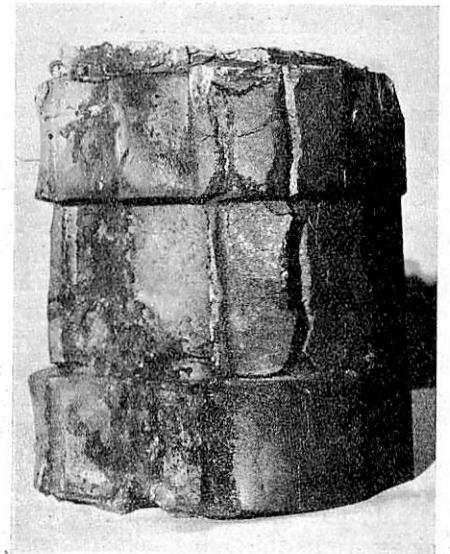


Abb. 4. Aluminiumlagerschale nach einem Heißlaufversuch.

neuen Versuchen vor allem Aufgabe sein müssen, eine Zweistofflagerschale auszubilden, bei der das Aluminium in eine Tragschale aus festerem Metall unter Anwendung metallischer oder mechanischer Bindung eingebracht wird. Durch Entwicklung einer geeigneten Zweistofflagerschale könnte auch die bei Aluminiumlegierungen schwierige Notlauffrage leichter gelöst werden.

Die guten Ergebnisse, die bei ortsfesten Maschinen mit Lagerschalen aus Kunstharzpreßstoffen erzielt worden sind, haben die Reichsbahn veranlaßt, diese Stoffe auch auf ihre Brauchbarkeit für Eisenbahnfahrzeuglager zu erproben. Die ersten Versuche wurden mit Vollagerschalen durchgeführt. Bei den Probelaufen auf dem Prüfstand zeigte sich sehr bald, daß Preßstoffvollagerschalen für Eisenbahnfahrzeuglager überhaupt nicht in Frage kommen, da sie, abgesehen von ihrer geringen mechanischen Festigkeit, nicht die geringsten Notlaufeigenschaften besitzen. Bei einem mit einer Vollagerschale durchgeführten Heißlaufversuch zerfiel die Lagerschale schon bei 300° vollkommen (Abb. 5). Daraufhin wurden Prüfstandsversuche mit Zweistofflagerschalen angestellt, bei denen die Preßstoffmasse in eine Tragschale aus Rotguß eingepreßt war. Auch diese Versuche verliefen erfolglos. Schon bei verhältnismäßig geringen Belastungen und Geschwindigkeiten erreichten die Lagerschalen Temperaturen, die die für die Betriebssicherheit notwendigen Grenzen bei weitem überschritten. Abb. 6

zeigt das Aussehen einer Zweistofflagerschale nach einem Probe-
lauf von 4 Std. bei nur 1 t Belastung und 60 km/h Fahr-
geschwindigkeit. Wegen der ungünstigen Prüfstandsergebnisse



Abb. 5. Preßstoffvollagerschale
nach einem Heißlaufversuch.

wurde von Betriebsversuchen
mit Lagerschalen aus Kunst-
harz abgesehen. Es wäre
selbstverständlich verkehrt,
aus den erfolglos verlaufenen
Versuchen, die lediglich auf
die Verhältnisse im Eisen-
bahnbetrieb abgestellt waren,
Schlüsse auf die allgemeine
Brauchbarkeit von Preßstoff-
lagerschalen ziehen zu wollen,
da bei Eisenbahnfahrzeug-
lagern die Beanspruchungen
sowie die Schmierungs- und
Kühlungsverhältnisse beson-
ders ungünstig sind.

Besondere Bedeutung als
Lagermetall haben in den

letzten Jahren gewisse Bronzen erhalten. Die Einführung
der Bronzen in den Lagerbau entspringt dem aus der all-
gemeinen Leistungssteigerung der Maschinen geborenen Be-
dürfnis, ein Lagermetall zu finden, das auch den höchsten
Beanspruchungen gewachsen ist. Daneben können in der
Regel Bronzen bis zu einem gewissen Grade auch als devisen-
sparende Ersatzmetalle für hochzinnhaltige Lagermetalle an-
gesehen werden. Auch die Reichsbahn hat die Bronzen
schon früh in ihre Lagermetallversuche einbezogen. Zunächst
wurden die genormten Bronzen (Bl Bz 8, Bl Bz 10, Gbz 14
usw.) eingehenden Untersuchungen auf Lauffähigkeit, Not-
laufeigenschaften, Verschleißfestigkeit usw. unterzogen. Die
Ergebnisse dieser Untersuchungen sollten in der Hauptsache
als Vergleichsgrundlage für die folgenden Untersuchungen
mit Lagerspezialbronzen dienen. Die Versuche auf dem Prüf-
stand und im Betriebe ließen erkennen, daß Bronzen mit
einem verhältnismäßig hohen Zinngehalt wegen ihrer großen

Härte für Eisenbahn-
fahrzeuglager wenig
geeignet sind. Die Auf-
merksamkeit wurde
deshalb mehr auf die
Bleibronzen gelenkt.
Es ist bekannt, daß
das Vergießen von
Bleibronzen, wenig-
stens von solchen mit
einem verhältnismäßig
hohen Bleigehalt, we-
gen der Ausseigerung
des Bleis Schwierig-
keiten bereitet. Ver-
schiedene Hersteller
von Lagerbronzen
suchen diese Schwier-
igkeiten dadurch zu
beheben, daß sie den
Bronzen geringe Zu-
sätze von Zinn und
Nickel geben, die die

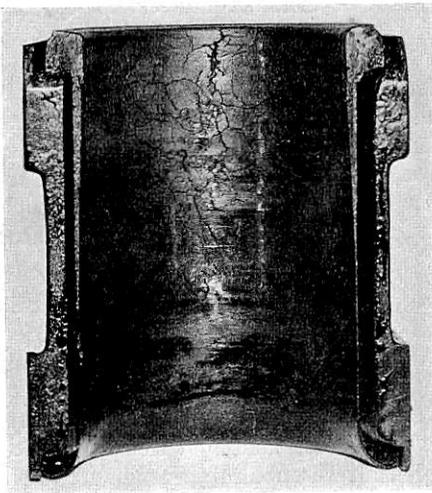


Abb. 6. Rotgußlagerschale mit einge-
setztem Preßstofffutter nach einem
Probelauf.

Entmischung bis zu einem gewissen Grade verhindern. Außer-
dem geben solche Zusätze der Bronze eine höhere mechanische
Festigkeit und in der Regel auch eine größere Verschleiß-
festigkeit. Neben gegossenen Legierungen wurden auch
gezogene und geschmiedete Legierungen untersucht. Diese
Legierungen sollen gegenüber gegossenen Legierungen dank

der durch das Herstellungsverfahren erreichten Verdichtung
des Gefüges eine größere Verschleißfestigkeit aufweisen, eine
Ansicht, die durch die vorgenommenen Verschleißversuche
nicht immer bestätigt wurde.

Neben eingehenden Prüfstandsversuchen hat die Reichs-
bahn mit Bronzelagern auch umfangreiche Betriebsversuche
durchgeführt. Bereits in den Jahren 1928/29 wurden bei
einigen Güterzuglokomotiven versuchsweise zunächst die
Stangenlager und dann auch die Achslager mit Vollagerschalen
aus genormten Bronzen (Bl Bz 8 und Bl Bz 10) ausgerüstet.
Diese Versuche mußten fehlschlagen, da die genormten
Bronzen wegen ihrer großen Härte — sie schwankt zwischen
60 und 70 kg/mm² — insbesondere für so empfindliche Lager
wie die Stangenlager nicht geeignet sind. Bei den anschließenden
Betriebsversuchen, die mit einer Reihe Lokomotiven der
Gattungen 01, 03, P 8, P 10, G 8² und G 12 vorgenommen
worden sind, wurden Vollagerschalen aus Spezialbronzen in
die Achs- und Stangenlager eingebaut. Diese Bronzen, die in
der Hauptsache auf der Cu-Pb-Grundlage aufgebaut waren
und meist mehr oder weniger Zusätze von Zinn und Nickel
enthielten, besaßen Härten zwischen 45 und 60 kg/mm². Sie
zeigten wesentlich bessere Laufeigenschaften als die genormten
Bronzen.

Die Versuche der Reichsbahn mit binären Bleibronzen
stehen erst an ihrem Anfang. Binäre Bleibronzen besitzen
einmal den Vorteil, daß zu ihrer Herstellung keine hochwertigen
Devisenmetalle (Zinn, Nickel usw.) benötigt werden, dann
liegen sie bezüglich ihrer Härte den Lagerweißmetallen am
nächsten. Zur Zeit werden erstmalig Lagerschalen, die mit
binärer Bleibronze ausgegossen sind, in Achs- und Stangenlager
einiger G 12- und 01-Lokomotiven eingebaut. Die Härte der
hierbei verwendeten Bronze, deren Bleigehalt etwa zwischen
20 und 30% liegt, schwankt zwischen 25 und 35 kg/mm².
Diese verhältnismäßig geringe Härte der Bronze wird wahr-
scheinlich dazu beitragen, die Einlaufschwierigkeiten, die bei
härteren Bleibronzen zu beobachten waren und auf die weiter
unten noch näher eingegangen wird, zu verringern. Andererseits
werden binäre Bleibronzen bezüglich mechanischer Festigkeit
und Verschleißfestigkeit nicht die Werte von härteren Blei-
bronzen mit Zusätzen von Zinn, Nickel usw. erreichen. Es ist
deshalb auch nicht angängig, die Erkenntnisse und Erfahrungen,
die bei den bisherigen Versuchen mit härteren Bleibronzen ge-
sammelt wurden und die nachstehend wiedergegeben sind, ohne
weiteres auf binäre Bleibronzen zu übertragen.

Werden die Ergebnisse der bisherigen Betriebsversuche
mit Bronzelagern zusammengefaßt, so läßt sich feststellen, daß
Bronzelager keine besonderen Einlaufschwierigkeiten ver-
ursachen, wenn die anlässlich der Durchführung der Versuche
als notwendig erkannten Einbauregeln (d. h. Anbringung
schlanker Ölkeile an den Lauf- und Stirnflächen, nicht zu
enges Lagerspiel, Freischaben der Laufflächen in der Nähe der
Hohlkehlen) sorgfältig beachtet wurden. Lediglich in Lauf-
achslagern von schnellfahrenden Lokomotiven und in geteilten
Stangenlagern hat Bronze bisher mehr oder weniger versagt.
Im Betrieb war das Verhalten von Bronzelagern — ab-
gesehen von den eben genannten Lagerarten — ebensogut
wie das von WM 80-Lagern. Heißläufer sind bis jetzt fast
ausschließlich an Treibachsen mit Obergethmannlagern auf-
getreten, und zwar dadurch, daß die Lagerunterteile durch
Wahl falscher Zwischenlagen zu eng an die obere Lagerschale
angezogen wurden. Der Verschleiß bei Bronzelagern war
niedriger als bei Weißmetallagern. Damit lag auch die
Lebensdauer von Bronzelagern im allgemeinen höher als die
von Weißmetallagern, soweit nicht andere mit der Eigenart
von Bronzelagern im Zusammenhang stehende Betriebschäden
einen vorzeitigen Ausbau der Bronzelager notwendig machten.
Bronzebuchsenlager in Kuppelstangen haben bis jetzt Lauf-

leistungen von rund 350000 km erreicht. Den verhältnismäßig größten Verschleiß zeigten in der Regel die seitlichen Anlaufflächen (Bundseiten) der Bronzelager, ein Mangel, der jedoch bei Weißmetallagern noch stärker in Erscheinung tritt.

Zur Beseitigung oder Verminderung der bei Bronzelagern auftretenden Schwierigkeiten wurden verschiedene Maßnahmen ergriffen. Zunächst wurde versucht, den Einlauf der Bronzelager durch Einschleudern eines mehr oder weniger zinnreichen Lagermetalls in ganz dünner Schicht in die mit Gewindegängen versehenen Lagerschalen zu verbessern. Dieser Versuch brachte zwar Erfolg, er kann jedoch nur als ein Notbehelf betrachtet werden. Bei einer allgemeinen Einführung von Bronzelagern würde dieses Verfahren zu umständlich und unwirtschaftlich sein. Eine fühlbare Verbesserung des Einlaufs bei Laufachsenlagern ergibt sich durch eine Verminderung der Gleitgeschwindigkeit zwischen Lagerschale und Schenkel. So wurden durch Erhöhung des Raddurchmessers der vorderen Laufachsen bei den Lokomotiven der Baureihen 01 und 03 von 850 mm Durchmesser auf 1000 mm Durchmesser die Einlaufschwierigkeiten bei Bronzelagern schon merklich verringert.

Weitere Einlaufschwierigkeiten können aus dem Umstand entstehen, daß die Achsen und damit auch die Schenkel sich unter der Last durchbiegen; bei den Schenkeln erreicht die Durchbiegung in der Mitte einige Zehntel Millimeter. Da Bronzelager gegen Kantenpressungen sehr empfindlich sind, besteht die Gefahr, daß die Verbiegungen der Schenkel sich ungünstig auf den Einlauf auswirken. Bei einigen Lokomotiven der Baureihe 01 sind deshalb versuchsweise die Schenkeldurchmesser der vorderen Laufradsätze von 180 mm Durchmesser auf 190 mm Durchmesser vergrößert worden, ohne daß damit allerdings ein voller Erfolg erzielt worden ist.

Erhebliche Schwierigkeiten ergaben sich für den Einlauf von Bronzelagern auf Laufachsen auch aus der Tatsache, daß die Bronzelagerschalen mit ihren seitlichen Flächen an die Naben der Laufräder anlaufen. Da die Naben der Laufräder aus Stahlguß bestehen und da Stahlguß bekanntlich schlechte Laufeigenschaften besitzt, liegen die Lagerverhältnisse vor allem in Anbetracht der hohen Gleitgeschwindigkeiten, der starken Seitendrucke und der im allgemeinen mangelhaften Schmierung hier besonders ungünstig. Zur Verbesserung dieser Verhältnisse wurden versuchsweise an die Innenseiten der Radnaben gehärtete und geschliffene Scheiben aus Stahl angeschraubt (Abb. 7). Betriebsversuche haben ergeben, daß die Einlaufschwierigkeiten durch diese Maßnahme erheblich verringert wurden.

Bei den Stangenlagern aus Bronze traten Einlaufschwierigkeiten vor allem bei geteilten Lagern auf, während bei Buchsenlagern im allgemeinen keine Einlaufschwierigkeiten festzustellen waren. Diese Erscheinung mag darin begründet sein, daß bei geteilten Stangenlagern einerseits leichter Kantenpressungen auftreten können, andererseits die Gefahr besteht, daß die Lagerschalen durch Wahl ungeeigneter Beilagen zu eng an die Zapfen angezogen werden, wogegen Bronzelager sehr empfindlich sind. Für Buchsenlager kommen allerdings nur hochverschleißfeste Bronzen in Frage. Während bei geteilten Stangenlagern der Verschleiß durch Beilagenwechsel und leichtere Beschädigungen der Laufflächen durch Ausdrehen ausgeglichen werden können, ist dies bei Buchsenlagern nicht möglich. Eine verschlissene oder in ihren Laufflächen beschädigte Bronzebuchse muß voraussichtlich stets durch eine neue ersetzt werden, was besonders kostspielig wird, wenn es sich um schwierig herzustellende Mehrstofflager handelt.

Ein Einbau von festen Buchsen an Stelle von geteilten Lagern bei der Verwendung von Bronzen kommt vor allem für die Kuppelstangenlager in Betracht. Bei den Treibstangenlagern wird die Einführung von festen Buchsen allein voraussichtlich nicht ausreichen. (Wenn hier von Treibstangen-

lagern die Rede ist, sind, wenn nicht ausdrücklich vermerkt, stets die hinteren Stangenlager gemeint.) Abgesehen davon, daß bei Treibstangenlagern die spezifischen Flächendrücke und der Verschleiß erheblich größer sind als bei Kuppelstangenlagern, treten auch wegen der stärkeren Verbiegungen der Treibzapfen und infolge von Ungenauigkeiten in der Kreuzkopfführung und von Durchbiegungen der langen Treibstangen größere Kantenpressungen auf. Es müssen deshalb für Treibstangenlager aus härterer Bronze noch besondere Lagerkonstruktionen gewählt werden.

Eine solche Lagerkonstruktion, bei der Kantenpressungen weitgehend vermieden werden, ist in Abb. 8 dargestellt. Bei dieser Konstruktion können sich die Lagerschalen oder die Lagerbuchse zwischen zwei zylindrisch ausgedrehten Paßstücken entsprechend der Zapfenlage frei einstellen. Ein derartiges Gelenklager wird z. Z. versuchsweise bei einer Lokomotive der Gattung P 10 eingebaut.

Eine andere Lagerkonstruktion, die geeignet zu sein scheint, die Einlaufschwierigkeiten bei Bronzestangenlagern weitgehend zu beheben, stellen die Umlaufbuchsenlager dar. Bei diesen Lagern, die in angelsächsischen Ländern schon weit verbreitet sind*, liegt zwischen Zapfen und Stangenkopf

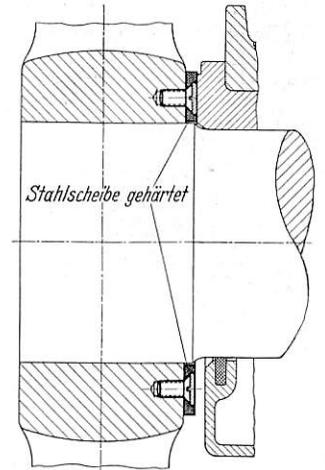


Abb. 7. Radnabe mit angeschraubter gehärteter Stahlscheibe.

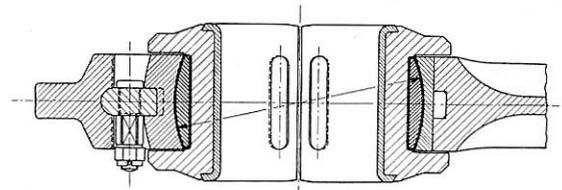


Abb. 8. Gelenktreibstangenlager.

eine frei bewegliche („schwimmende“) Bronzebuchse (Abb. 9 und 10). Der Vorteil dieser Konstruktion wird einmal darin gesehen, daß die Gleitgeschwindigkeiten zwischen Zapfen und Umlaufbuchse einerseits und Umlaufbuchse und Stangenkopf andererseits im Mittel nur die Hälfte der sonst üblichen Gleitgeschwindigkeiten betragen. Zum anderen wird durch die Verdoppelung des Lagerspiels eine größere Beweglichkeit des ganzen Lagers erreicht, was sich wiederum günstig auf die Druckverteilung (Verminderung der Kantenpressungen) auswirkt. Die Reichsbahn hat mit solchen Umlaufbuchsen versuchsweise die Treibstangenlager zweier Lokomotiven der Gattung 03, die kleinen Kuppelstangenlager einer Lokomotive der Gattung G 12 und die Treib- und großen Kuppelstangenlager einer Lokomotive der Gattung G 10 ausgerüstet. Bei der letzten Lokomotive, bei der die Treibachse seitenverschieblich ist, sitzen nach Patent R. P. Wagner die beiden Umlaufbuchsen auf einem Zapfen gleichen Durchmessers und sind durch einen Ring miteinander verbunden, damit sie sich bei seitlicher Verschiebung des Zapfens gegenseitig halten. Die bisherigen Betriebsversuche mit den eingebauten Umlaufbuchsenlagern haben günstige Ergebnisse gebracht, so daß demnächst noch bei einigen Lokomotiven der Gattung 01 und 03 sämtliche Treib- und Kuppelstangenlager mit Umlaufbuchsen ausgerüstet werden.

Neben den Maßnahmen zur Verbesserung des Einlaufs von Bronzelagern sind auch Maßnahmen zur Verminderung

* Metzeltin, Z. VDI Bd. 73 (1929) S. 1159.

des Verschleißes der Lagerschalen ergriffen worden. Es wurde bereits oben erwähnt, daß der Verschleiß nicht nur bei Bronze- lagern, sondern auch bei Weißmetallagern am stärksten an den Stirnseiten der Lagerschalen ist. Die Möglichkeiten zur Verminderung des Stirnverschleißes sind z. Z. allerdings noch gering. Von großer Bedeutung für eine Verlängerung der Lebensdauer der Lagerschalen ist vor allem eine gute Beölung

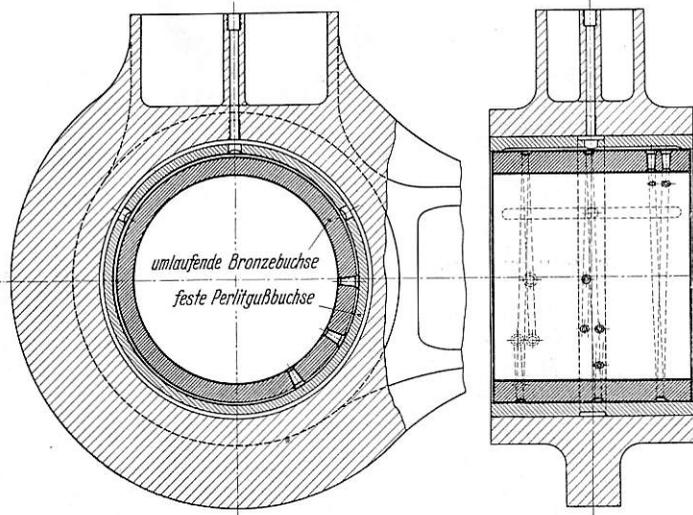


Abb. 9. Treibstangenlager mit Umlaufbuchse.

der Bunde; hier kann noch manches verbessert werden. Eine Verminderung des Stirnverschleißes kann auch von einer Verringerung der spezifischen Flächendrücke erwartet werden. Eine Verringerung der spezifischen Flächendrücke läßt sich durch Vergrößerung der Bundflächen erreichen. So werden z. Z. bei einigen hochbeanspruchten Lokomotiven die üblichen Bundscheiben versuchsweise gegen größere ausgetauscht.

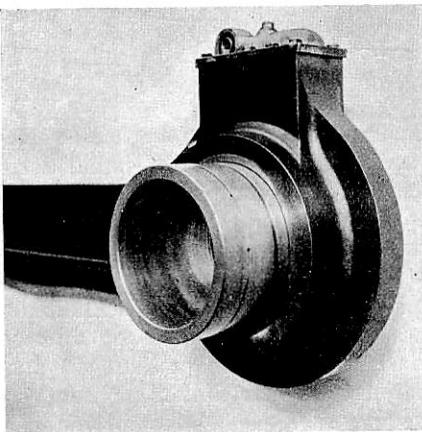


Abb. 10. Ansicht eines Treibstangenlagers mit Umlaufbuchse (Umlaufbuchse herausgezogen).

Auch die Wahl geeigneter Werkstoffe ist für die Verminderung des Verschleißes von großer Bedeutung. So kann von der oben bereits beschriebenen Anbringung von gehärteten und geschliffenen Scheiben aus Stahl an die Stahlgußnaben der Laufräder neben einer Verbesserung des Einlaufs auch eine Verringerung des Stirnverschleißes erhofft werden. Das Um- oder Aufgießen von Lagerweichmetallen auf die Stirnseiten von Bronze-

oder Rotgußlagerschalen bringt nur da eine wirkliche Verbesserung der Verschleißverhältnisse, wo es sich um weniger verschleißfeste Bronze- oder Rotgußlegierungen handelt. Bei Legierungen mit höherer Verschleißfestigkeit ist diese Verbesserung nur relativ. Trotzdem erhalten auch Lagerschalen aus Bronze- und Rotgußlegierungen mit größerer Verschleißfestigkeit an den Stirnseiten oft Auf- oder Umgüsse aus Lagerweichmetallen, da es einfacher ist, einen verschlissenen Weichmetallaufguß zu ersetzen als eine seitlich abgenutzte Bronze- oder Rotgußlagerschale durch Aufschweißen oder Aufgießen von Metall derselben oder einer ähnlichen Legierung wieder auf Urmaß zu bringen.

Um das nur als Notmaßnahme anzusehende Aufgießen von Weichmetall auf die Stirnseiten von Bronze- oder Rotgußlagerschalen höherer Verschleißfestigkeit zu vermeiden, ist geplant, demnächst Versuche mit Bronzeplatten geeigneter Legierungen durchzuführen, die unter Anwendung einer mechanischen Befestigung in die Stirnseiten der Lagerschalen eingesetzt und nach Verschleiß gegen neue ausgewechselt werden. Dies Verfahren dürfte vorzugsweise für Achslagerschalen in Frage kommen. Erwähnt sei in diesem Zusammenhange, daß bei einigen 03-Lokomotiven mit dünngeschleuderten Weißmetallagern versuchsweise die Treibstangenlagerschalen nicht aus Rg 9, wie üblich, sondern aus Rg 5 hergestellt wurden. Da Rg 5 zwar eine geringere mechanische Festigkeit, aber bessere Verschleißigenschaften als Rg 9 besitzt, erhofft man durch diese Maßnahme eine Verminderung des Stirnverschleißes der Lagerschalen. Ob diese Annahme zutrifft, konnte aus den bisherigen Betriebsversuchen noch nicht eindeutig festgestellt werden.

Es ist oben bereits erwähnt worden, daß die bisher üblichen Lokomotivlagerschalen — mit dickem oder dünnem Weißmetallaufguß — aus Rg 9 bestehen und die bisher zu Versuchen verwendeten Bronzelagerschalen als Vollagerschalen ausgebildet waren. Da es sich bei den Lokomotivlagerschalen z. T. um Stücke erheblichen Gewichts handelt, erscheint bei der derzeitigen Rohstofflage Deutschlands die Herstellung der Lagerschalenträgerkörper aus Heimstoffen geboten. Die Reichsbahn hat in dieser Hinsicht schon seit längerer Zeit Versuche unternommen, die jetzt zu einem gewissen Abschluß gekommen sind, nachdem ein einfaches Verfahren zur einwandfreien Herstellung von Lagerschalenträgerkörpern aus Heimstoffen in der Lagerversuchsabteilung der Reichsbahn entwickelt worden ist*).

Als Heimstoff für die übliche Rotgußlagerschale oder die bisher zu Versuchen verwendete Bronzevollagerschale kommt in der Hauptsache Stahl oder Stahlguß in Betracht. Bei der Lagerschale mit Bronzelauflage kann die Bronze unmittelbar in die Stahlschale eingebracht werden, da Bronze ausreichende Notlaufeigenschaften besitzt. Der Schmelzpunkt von Bronze liegt so hoch, daß ein Auslaufen des Metalls beim Heißlauf eines Lagers nicht zu befürchten ist. Hinzu kommt bei Bleibronze, daß beim Heißlauf flüssiges Blei aus dem Metall ausschwitzt, wodurch unter Ausbildung eines Bleifilmes eine gewisse Notschmierung des Lagers erreicht wird. Anders liegen die Verhältnisse bei der Lagerschale mit Weißmetallaufschicht. Hier kann das Weißmetall nicht unmittelbar in die Stahlschale eingegossen werden, da Weißmetall schon bei 230° ausläuft und somit keine Notlaufeigenschaften besitzt. Damit nicht beim Heißlauf eines Lagers durch unmittelbaren Lauf der Stahlschale auf dem Zapfen betriebsgefährliche Beschädigungen auftreten können, muß zwischen Stahlschale und Weißmetallaufschicht noch eine Notlaufschicht aus einer lauffähigen, bei hoher Temperatur schmelzenden Legierung zwischengeschaltet werden. Als Notlaufmetall eignet sich hierfür am besten Rotguß (Rg 5); Bleibronze, die hinsichtlich ihrer Notlaufeigenschaften auch in Betracht käme, muß ausscheiden, da für die Altstoffwirtschaft die Gefahr besteht, daß das hochzinnhaltige Laufmetall (WM 80) durch das Blei der Bronze verunreinigt wird.

Die Hauptschwierigkeit bei der Herstellung derartiger Zweistoff- und Dreistofflagerschalen besteht darin, eine einwandfreie metallische Bindung zwischen Stahlschale und Bronzelauflage bzw. Rotgußnotlaufschicht zu erreichen, die auch nach Verschleiß der Lagerschalen ohne Schwierigkeit und ohne Verlust wieder gelöst werden kann. Das oben erwähnte, in der Lagerversuchsabteilung der Reichsbahn ent-

*) Z. VDI Bd. 81 (1937) S. 337.

wickelte Gießverfahren erfüllt diese Forderungen in befriedigender Weise. Schnitte durch Zweistoff- und Dreistofflagerschalen, die nach diesem Verfahren hergestellt worden sind, zeigen die Abb. 1 c und 1 d. Bis jetzt sind versuchsweise neun Lokomotiven der Gattungen 03 und G 12 mit Dreistoff-Achs- und Stangenlagern und fünf Lokomotiven der Gattung G 12 mit Bronze-Zweistoff-Achs- und Stangenlagern ausgerüstet. Neben der weitgehenden Ersparung devisenzehrender Metalle wird durch die Einführung der Stahllagerschalen voraussichtlich auch eine Erhöhung der Lebensdauer der Schalenkörper erreicht; da Stahl eine wesentlich höhere mechanische Festigkeit als Rotguß oder Bronze besitzt, wird der Verschleiß zwischen Lagerschale und Lagergehäuse bzw. Stangenkopf bei Stahllagerschalen geringer sein als bei den bisher verwendeten Lagerschalen.

Es ist eingangs darauf hingewiesen worden, daß die Lager der Reichsbahnlokomotiven bis heute durchweg als Gleitlager ausgebildet worden sind. Nachdem ausländische Bahnverwaltungen (besonders in Nordamerika) bereits seit längerer Zeit Dampflokomotiven mit Rollenlagern laufen haben*), hat nunmehr auch die Reichsbahn versuchsweise einige Lokomotiven mit Rollenlagern ausgerüstet. Diese versuchsweise Ausrüstung beschränkt sich abgesehen von Tenderlagern, die mit Rücksicht auf die bei Tendergleitlagern bestehenden Schwierigkeiten teilweise schon früher als Rollenlager ausgebildet waren, entweder auf die Lokomotivlaufachslager oder die Stangenlager. Rollenlaufachslager wurden bei einer Lokomotive der Gattung 05 (Achsfolge 2 C 2), Rollenstangenlager bei einer Lokomotive der Gattung 01 (Achsfolge 2 C 1) eingebaut. Abb. 11 zeigt einen Schnitt durch die Rollenstangenlager. Die mit Rollenstangenlagern ausgerüstete Lokomotive hat seit Einbau der Rollenlager bereits 155 000 km geleistet, ohne daß irgendwelche Anstände aufgetreten sind.

Die Vorteile der Rollenlager können darin gesehen werden, daß der Verschleiß der Lager erheblich geringer und damit die Lebensdauer wesentlich größer sein wird als bei Gleitlagern, die Betriebssicherheit wächst und der Öl- oder Fettverbrauch sich bedeutend vermindert. Dazu kommt als weiterer nicht zu unterschätzender Vorteil, daß Lokomotiven mit Rollenlagern wesentlich leichter anfahren können als Lokomotiven mit Gleitlagern. Während z. B. die Vergleichslokomotive 05 002, die (einschließlich Tender) mit Gleitlagern ausgerüstet ist, zum Anfahren ohne angehängte Last mindestens 12 atü Kesseldruck (Höchstkesseldruck 20 atü) braucht, kann die Lokomotive 05 001, bei der sämtliche Laufachslager einschließlich Tenderlager als Rollenlager ausgebildet sind, sich bereits mit 3 atü Kesseldruck in Bewegung setzen. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der mit Rollenstangenlagern ausgerüsteten Lokomotive: bei dieser genügt zum Anfahren ohne Last bereits ein Kesseldruck von 2 atü, während normalerweise bei Lokomotiven derselben Gattung zum Anfahren ein Kesseldruck von 4 bis 5 atü erforderlich ist.

II. Schmierungsfragen.

Während im allgemeinen Maschinenbau, vor allem im Verbrennungsmotorenbau, in der Schmierungsfrage durch Einführung von Preßschmierung, Umlaufschmierung, selbsttätiger Öleinigung usw. in den letzten Jahren beachtliche Erfolge erzielt worden sind, ist die Entwicklung der Schmierung von Eisenbahnfahrzeuglagern, insbesondere von Lokomotivlagern, nur langsam fortgeschritten. Die Entwicklungsarbeit, die auf diesem Gebiet nötig ist, um mit der allgemeinen Entwicklung der Lokomotiven Schritt zu halten, wird sich vor allem darauf erstrecken müssen, die Lokomotivlager konstruktiv so durchzubilden, daß einerseits alle Laufflächen (und zwar auch die, die bisher z. T. mangelhaft geschmiert waren, z. B.

Bundflächen) so viel Schmierstoff erhalten, daß ein Warmlaufen verhindert und der Verschleiß gering gehalten wird, andererseits Schmierstoffverluste, die bisher durch unvollkommene Ausbildung der Schmiergefäße, durch ungeeignete Zuführung des Schmierstoffes zu den Laufflächen und durch mangelhafte Abdichtung der Lager entstanden, möglichst vermieden werden.

Daß besonders der Abdichtung der Lager große Bedeutung zukommt, beweist das Aussehen der Dampflokomotiven nach der Fahrt. Aber auch einer möglichst verlustfreien Zuführung des Schmierstoffes von den Schmiergefäßen zu den Laufflächen muß mehr als bisher Beachtung geschenkt werden. Als Beispiel einer besonders verbesserungsfähigen Schmierstelle sei die z. Z. bei Reichsbahnlokomotiven übliche Schmierung des vorderen Treibstangenlagers angeführt: Zur Schmierung des vorderen Treibstangenlagers ist am Kreuzkopf ein Ölgefäß angebracht, aus dem das Öl durch ein Rohr abfließt und tropfenweise in eine trichterartige Öffnung im vorderen Treib-

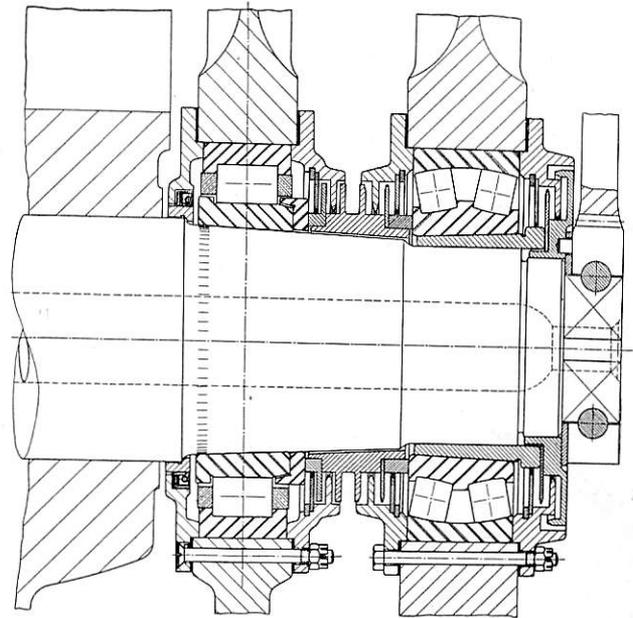


Abb. 11.

Treibzapfen mit Rollenlagern in den Treib- und Kuppelstangen.

stangenkopf fällt. Versuche mit einer auf dem Stangenkopf angebrachten Fangkappe, die den Zweck hatte, die fallenden Öltropfen aufzufangen, haben gezeigt, daß eine ausreichende Schmierung des vorderen Treibstangenlagers mit einem Bruchteil der bisher notwendigen Ölmenge zu erreichen ist.

Zur Lösung der Schmierungsfrage bei Lokomotivlagern bedarf es neben konstruktiven Maßnahmen auch einer eingehenden Beschäftigung mit den Schmierstoffen selbst. Die Lager der Reichsbahnlokomotiven werden, wie auch die Lager der meisten übrigen Reichsbahnfahrzeuge, z. Z. mit Ölen geschmiert, die zu einem erheblichen Teil ausländischen Ursprungs sind. Es dürfte zunächst Aufgabe sein, an ihrer Stelle Schmierstoffe einzuführen, die ganz oder wenigstens zu einem großen Teil in Deutschland selbst gewonnen und verarbeitet worden sind. Ferner erweist sich eine Nachprüfung der bisher verwendeten Schmierstoffarten als wünschenswert. Zur Zeit werden zur Schmierung der Lokomotivlager zwei Ölsorten verwendet, und zwar in der warmen Jahreszeit das sogenannte Sommeröl mit einer Viskosität von 8 bis 10° Engler und in der kalten Jahreszeit das sogenannte Winteröl mit einer Viskosität von 4,5 bis 8° Engler. Der zweimalige Ölwechsel während eines Jahres ist mit betrieblichen und wirtschaftlichen Nachteilen verbunden. Die Einführung eines Einheitsöles, das bei jeder Temperatur den Anforderungen

*) Z. VDI Bd. 76 (1932) S. 162 und Bd. 77 (1933) S. 24.

genügt, erscheint somit zweckmäßig. Betriebsversuche mit Einheitsölen sind bereits durchgeführt und haben z. T. günstige Ergebnisse gebracht.

Einer eingehenden Prüfung bedarf auch die Frage, wie weit Öle durch mehr oder weniger starre Fette ersetzt werden können. Im allgemeinen haben Fette in Gleitlagern infolge ihrer Steifigkeit nicht so gute Schmiereigenschaften wie Öle; hochbeanspruchte, mit Fett geschmierte Gleitlager zeigen meist dunkle, stumpfe Laufflächen, ein Zeichen dafür, daß die Schmierwirkung erst einsetzt, wenn das Lager eine gewisse Temperatur erreicht hat*). Dagegen ist der Verbrauch an Schmierstoff bei fettgeschmierten Gleitlagern im allgemeinen wesentlich geringer als bei ölgeschmierten. Fett kommt deshalb vorzugsweise für weniger beanspruchte Lokomotivlager in Frage. Insbesondere dürfte sich eine große Zahl der bisher mit Öl und Docht geschmierten Lokomotivlagerstellen untergeordneter Art für Fettschmierung eignen. Auch die z. Z. angewandten chemischen und physikalischen Methoden bei der Eignungsuntersuchung der zur Verwendung kommenden Schmierstoffe bedürfen noch der Verbesserung und des Ausbaus. Betriebsversuche mit Ölen und Fetten lassen den Schluß zu, daß Schmierstoffe, die nach den bisherigen Untersuchungsmethoden sich zunächst als völlig gleichartig erweisen, nach längerer Laufzeit beträchtliche Unterschiede in ihrem Verhalten zeigen können.

Der Schmierölverbrauch (ausschließlich Heißdampföl für Kolben und Schieber) einer mittelschweren Reichsbahnlokomotive mit Schlepptender schwankt zwischen 20 und 30 kg/1000 km. Hiervon entfallen je nach Zahl der Gesamtachsen, der gekuppelten Achsen und der Dampfzylinder, nach der Ausbildung des Triebwerks usw. etwa 45 bis 60% auf die Achslager, 30 bis 40% auf das Triebwerk und 10 bis 20% auf die Tenderlager. Die Achslager stehen somit hinsichtlich des Schmierölverbrauchs an erster Stelle. Zur Zeit sind die Achslager der Reichsbahnlokomotiven mit einer doppelten Schmiervorrichtung ausgerüstet, der Oberschmierung und der Unterschmierung. Die größere Bedeutung kommt der Unterschmierung zu: Betriebsversuche haben gezeigt, daß Lokomotivlager ohne Nachteile nur mit Unterschmierung laufen können, dagegen bei reiner Oberschmierung (unter Fortfall der Unterschmierung) leicht versagen. Zur Ölersparnis wurde deshalb versuchsweise bei einer Reihe von Lokomotivachs-lagern die Oberschmierung vollständig ausgeschaltet, eine Maßnahme, die insofern auch noch Vorteile bringt, als hierdurch die bei Oberschmierung notwendigen Schmiernuten fort-fallen können und somit die Gefahr der Bildung von Öl-abstreifkanten und daraus folgender Betriebsstörungen ver-mieden wird.

Voraussetzung für einen betriebssicheren Lauf von Achs-lagern mit reiner Unterschmierung ist selbstverständlich eine zweckentsprechende Ausbildung der Lagerunterkästen und ein einwandfreies Arbeiten der Schmiervorrichtungen. Als Beispiel für eine ungeeignete Form der Ölbehälter für Unterschmierung seien die bei einigen Lokomotivgattungen älterer Bauart an-zutreffenden Unterkästen von Laufachs-lagern angeführt, bei denen der Ölbehälterboden wulstartig nach oben gekröpft ist, um dem Tragbügel des Unterkastens Platz zu lassen. Bei dieser Konstruktion besteht die Gefahr, daß einerseits Wasser, das sich in der hinteren Hälfte des Ölbehälters sammelt, beim Reinigen des Unterkastens nicht abgesaugt wird, andererseits das in die Einfüllöffnung eingeschüttete Öl nur die vordere Hälfte des Ölbehälters auffüllt. Zur Ver-meidung dieser Nachteile wird jetzt durch Verwendung eines gekröpften Unterkastentragbügels der wulstartige Steg im Unterkastensboden teilweise unterbrochen und eine aus-

reichende Verbindung der beiden Ölbehälterhälften hergestellt. Neben dieser Maßnahme hat sich bei einigen Achslagerkon-struktionen (vor allem bei Treib- und Kuppelachs-lagern) eine Vergrößerung des Ölbehälters im Lagerunterkasten als wünschenswert erwiesen.

Zur Herstellung der Schmierpolster wurden bisher Fasern aus Wolle und Baumwolle verwandt. Versuche mit Schmierpolstern, die vollständig oder teilweise aus Zellwolle heimischen Ursprungs angefertigt waren, haben z. T. sehr günstige Ergebnisse gebracht. Versuche, das Schmieröl statt durch ein Schmierpolster durch mechanische Schmiervor-richtungen von unten an den Achsschenkel zu bringen, haben im allgemeinen weniger befriedigt*).

Eine der schwierigsten Aufgaben bei der konstruktiven Gestaltung von Dampflokotivlagern stellt die Abdichtung der Lager gegen Staub und Fremdkörper einerseits und Öl-verluste andererseits dar. Während eine ausreichende Lager-abdichtung bei elektrischen Lokomotiven verhältnismäßig einfach zu erreichen ist, weil bei ihnen die Achslager in der Regel außerhalb der Radsterne liegen und infolgedessen in ihrer Ausbildung mehr den Wagenachs-lagern angeglichen werden können, bereitet bei Dampflokotiven die Ausbildung von Achslagern mit vollständiger Abdichtung erheblich größere Schwierigkeiten. Da bei Dampflokotiven die Achslager innerhalb der Radsterne liegen, müssen die einzelnen Lager-elemente mehrteilig ausgebildet werden, wodurch die an sich schon nicht einfache Konstruktion von vollabdichtenden Loko-motivlagern besonders erschwert wird. Hieraus erklärt sich auch die Tatsache, daß noch verhältnismäßig wenig brauchbare Konstruktionen für Lokomotivachs-lager mit vollständiger Ab-dichtung entwickelt worden sind**). Die Reichsbahn hat u. a. Versuche mit Achslagern durchgeführt, bei denen eine Öl- und Staubabdichtung mittels Dichtringen, die durch membranartige Scheiben mit den Lagergehäusen in Verbindung standen und durch Schlauchfedern auf die Schenkel gepreßt wurden, er-reicht werden sollte (Neulager, siehe auch weiter unten). Da die Versuche erst an ihrem Anfang stehen, kann über die Be-währung dieser Konstruktion noch nichts gesagt werden.

Bei Lokomotivstangenlagern bereitet die Lösung der mit der Schmierung zusammenhängenden Fragen noch größere Schwierigkeiten als bei Lokomotivachs-lagern. Während bei Achslagern (abgesehen von Treibachs-lagern) die Belastung der Laufflächen nach Größe und Richtung annähernd unveränder-lich ist, werden bei Stangenlagern die Lagerflächen dauernd stoßartig be- und entlastet. Dazu kommt, daß bei Stangenlagern die Zentrifugalkräfte, die durch die Triebwerksbewegungen aus-gelöst werden, in besonders starkem Maße Ölverluste ermög-lichen. Um das Herausschleudern des Öles aus den Stangen-lagern zu vermeiden, müssen deshalb nicht nur die Laufflächen, sondern auch die Schmiergefäße gut abgedichtet werden.

Die bei älteren Reichsbahnlokomotiven üblichen Stangen-lagerschmiergefäße entsprechen bezüglich Abdichtung den mit der Steigerung der Geschwindigkeiten gewachsenen Anfor-de-rungen z. T. nicht mehr. Die Abdichtung des Schmiergefäß-deckels, der in der Regel mit Schrauben auf das aus dem Stangenkopf ausgearbeitete Schmiergefäß aufgesetzt ist, ist deshalb oft ungenügend, weil die Dichtflächen zu schmal sind. Bei einer Reihe von älteren Lokomotiven sind deshalb die Dichtflächen durch Anschweißen von Raupen an die oberen Kanten der Schmiergefäßinnenwände vergrößert worden. Bei den Stangenlagerschmiergefäßen neuer Ausführungsform für schnellfahrende Einheitslokomotiven wird eine Verbesserung der Abdichtung zwischen Deckel und Schmiergefäß durch eine

*) Garbers, a. a. O.

***) Lehner, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1936, Nr. 10/11, S. 203.

*) Metzeltin, a. a. O.

auf die Schmiergefäßwände aufgeschweißte ringförmige Scheibe erreicht (Abb. 12). Eine Radikallösung stellt die neuerdings versuchsweise ausgeführte vollkommene Verschweißung des Deckels mit dem Schmiergefäß dar; Voraussetzung für diese Konstruktion ist allerdings, daß sowohl der Ölfüllverschluß mit sämtlichen zugehörigen Teilen wie auch die Organe für die Zuführung des Öls aus dem Schmiergefäß zu den Laufflächen bei aufgeschweißtem Deckel in das Schmiergefäß eingesetzt werden können.

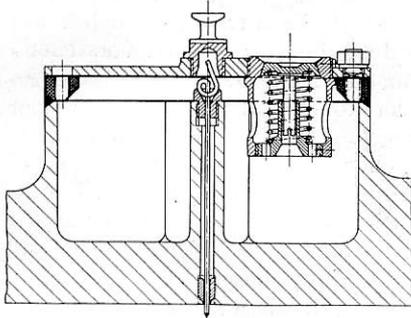


Abb. 12. Stangenlagerschmiergefäß für Einheitslokomotiven.

Die Füllverschlüsse der Stangenlagerschmiergefäße bestehen bei den älteren Reichsbahnlokomotiven in der Regel aus Ventilen mit senkrechter Bewegung, die nicht nur in ihrem kegelförmigen Sitz, sondern auch noch durch einen Stift in einer zylindrischen Bohrung geführt werden (sogenannte Schmierpilze). Neben dieser doppelten Führung, die leicht Anlaß zu Undichtigkeiten geben kann — bei den Stangenlagerschmiergefäßen der Einheitslokomotiven werden deshalb die Schmierpilze mit Spiel in die untere Führungsbohrung eingesetzt (Abb. 12) —, hat sich bei diesen Ventilen als Mangel herausgestellt, daß sie bei hohen Drehzahlen zu flattern beginnen. Es sind deshalb verschiedene Verschlußkonstruktionen entwickelt worden, die durch verbesserte Führung des Ventils, durch Verlegung seiner Bewegungsachse aus der senkrechten in die waagerechte Richtung, durch Anordnung stärkerer Ventildedern, die mit besonderen Geräten niedergedrückt werden, usw. die Mängel der bisher üblichen Ölfüllverschlüsse vermeiden sollen. Auf die einzelnen Konstruktionen, von denen eine Anzahl z. Z. in Betriebsversuchen auf ihre Brauchbarkeit erprobt wird, näher einzugehen, dürfte hier zu weit führen.

Unter den Bestrebungen, die auf eine verbesserte Ölzuführung zu den Gleitflächen abzielen, sei auf die vor einigen Jahren eingeführten Schmierfilze in den Stangenlagern der Reichsbahnlokomotiven hingewiesen, die sich sehr gut bewährt haben. Sie verhindern durch Aufnahme überschüssiger Öl-mengen bis zu einem gewissen Grade Ölverluste, gewährleisten durch Abgabe aufgespeicherten Öles auch bei mangelhafter oder aussetzender Schmierung noch für eine gewisse Zeit einen Weiterlauf der Lager und tragen durch Aufsaugen von Staub und kleinen Fremdkörpern zur Verbesserung der Lauf- und Verschleißverhältnisse bei. Da die Schmierfilze sich verhältnismäßig schnell abnutzen und dann nicht mehr an den Zapfen anliegen, sind versuchsweise auch Schmierfilze in Stangenlager eingebaut worden, die durch Federn an die Zapfen angedrückt werden und somit ihre Wirksamkeit auch bei eintretender Abnutzung behalten.

Zur Feststellung, wie weit eine Abdichtung von Lokomotivstangenlagern möglich ist, führt die Reichsbahn z. Z. Versuche mit verschiedenen öl- und staubdichten Lagerkonstruktionen durch. Eine verhältnismäßig einfache Konstruktion, die z. Z. in eine Lokomotive der Gattung G 12 eingebaut wird, ist in Abb. 13 dargestellt. Durch Filzringe, die mittels Schlauchfedern auf die zylinderförmigen Dichtflächen an den Zapfenbunden und Lagerschalen aufgepreßt werden, soll in erster Linie eine gute Abdichtung gegen Staub und Fremdkörper erreicht werden. Daneben wird von dieser Konstruktion zwar keine vollständige Ölabdichtung, wie sie zur Erzielung einer Dauerschmierung notwendig wäre, aber doch eine nennenswerte Verminderung der Ölverluste erhofft.

Eine andere öl- und staubdichte Stangenlagerkonstruktion, die eine Dauerschmierung gewährleisten soll, stellt das „Neulager“ dar. Da die Patentanmeldungen für dieses Lager noch laufen, kann auf Konstruktionseinzelheiten an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Erwähnt sei nur, daß die Abdichtung ebenfalls durch Filzscheiben erreicht wird und daß der Schmierstoff, der in besonderen Schmierkammern zu beiden Seiten des Lagers untergebracht ist, den Laufflächen unter Druck zugeführt wird. Bisher sind neben einer Anzahl elektrischer Lokomotiven vier Dampflokomotiven verschiedener Gattung versuchsweise mit Neulagern ausgerüstet. Die z. Z. vorgenommenen Betriebsversuche sollen in der Hauptsache dazu dienen, die Kinderkrankheiten, die bei einer solchen völlig neuartigen und schwierigen Konstruktion von vornherein zu erwarten sind, zu beseitigen.

Beim Treibstangenlager der Regelbauart erfolgt die Nachstellung des Lagers in bekannter Weise mittels Keil und Schraube unter Verwendung von Beilagen zwischen den Stoßstellen der Lagerschalen. Mit dieser Einrichtung ist eine stetige Nachstellung des Stangenlagers nicht möglich. Das Nachstellintervall ergibt sich aus dem Mindestlagerspiel von etwa 0,2 mm und aus der Beilagenabstufung von 0,5 mm

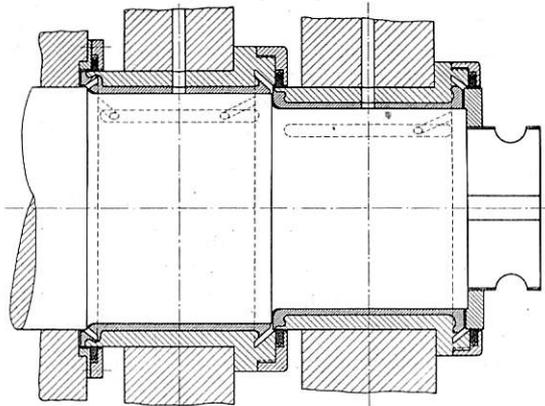


Abb. 13. Treibstangen- und großes Kuppelstangenlager mit Öl- und Staubabdichtung.

bei Dickgußlagern (0,25 mm bei Dünngußlagern) zu insgesamt 0,7 mm (bzw. 0,45 mm) vor dem Beilagenwechsel. Wie ersichtlich, bleibt also der Zustand des günstigsten kleinsten Lagerspiels nur während einer verhältnismäßig kurzen Betriebszeit erhalten. Der dünne Ölfilm unmittelbar nach erfolgtem Beilagenwechsel wird während der weiteren Betriebszeit mit zunehmendem Lagerspiel infolge des eingetretenen Verschleißes an den Lagerflächen nach und nach stärker, und zwar wird seine Stärke mehr und mehr abhängig von der zugeführten Schmiermittelmenge.

Auf Grund der Erkenntnisse über die Beziehungen zwischen Lagerspiel, Ölfilmstärke, Lagerbeanspruchung und Reibungswert ist eine Treibstangenlagerkonstruktion (Wehner-Lager, D.R.P.) entwickelt worden, bei der erreicht werden soll, daß ein tragfähiger Ölfilm gebildet und dauernd erhalten wird. Dabei soll die Tragfähigkeit des Ölfilms so hoch sein, daß die Stangenkräfte auf den Treibzapfen übertragen werden, ohne daß es zu einer Berührung von Metallteilen der Lagerschalengleitflächen einerseits und des Treibzapfens andererseits kommen kann.

Die konstruktive Ausbildung des Wehner-Lagers ist in Abb. 14 dargestellt. Mittels eines im Stangenkopf untergebrachten Ringfedersystems wird erreicht, daß sowohl die jeweils belastete als auch die jeweils unbelastete Lagerschale stetig am Treibzapfen anliegt, so daß das Lagerspiel während des Betriebs fortwährend praktisch auf demselben Wert erhalten wird und ferner in diesem Lagerspiel infolge der Pressung des Federsystems ein Ölfilm ausreichender Tragfähigkeit sich

zwangsläufig bilden muß. Das Lagerspiel ist hierbei regelbar, die Nachstellung erfolgt selbsttätig. Es wird von dieser Lagerkonstruktion ein besonders ruhiger Lauf der Lokomotive infolge der Vermeidung jeglicher Druckwechselstöße auch bei hohen

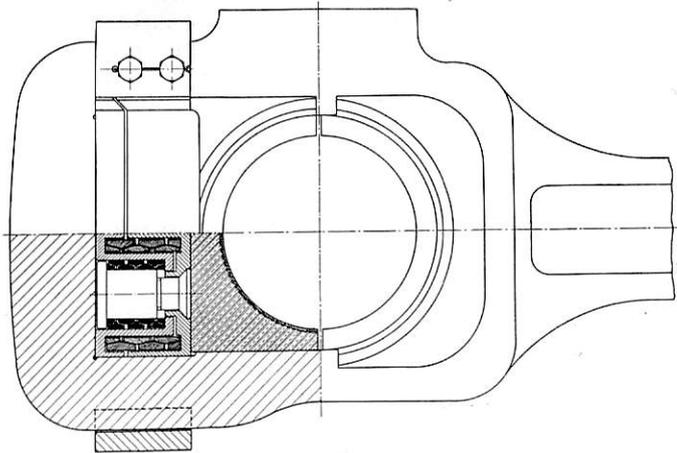


Abb. 14. Treibstangenlager mit selbsttätiger Nachstellung (Wehner-Lager).

Geschwindigkeiten erwartet. Ferner wird eine wesentlich höhere Lebensdauer der Stangenlager sowie eine Schonung der Achslager, eine längere Erhaltung des Stichmaßes und nicht zuletzt auch ein geringerer Ölverbrauch als bisher erhofft.

Zur Zeit werden je zehn Lokomotiven der Gattungen P 8 und G 12 mit Wehner-Treibstangenlagern ausgerüstet.

Es braucht nicht besonders erwähnt zu werden, daß neben den beschriebenen Konstruktionsverbesserungen und neuen Lagerbauarten zur Lösung der Schmierungsfrage, die gerade in letzter Zeit durch die gestiegenen Beanspruchungen der Lager einerseits und die Lage der Rohstoffversorgung andererseits eine erhöhte Bedeutung gewonnen hat, noch eine Reihe anderer Lokomotivlagerkonstruktionen entwickelt worden sind, die im einzelnen zu bringen hier zu weit führen würde. Ebenso soll an dieser Stelle auch nicht näher auf die Fragen eingegangen werden, die sich aus der vorstehend durch erhöhte Beanspruchungen und Rohstoffversorgung gekennzeichneten Lage bei der konstruktiven Gestaltung der zahlreichen übrigen Lokomotivlagerstellen, die nicht zu den Achs- und Stangenlagern gehören, ergeben. Wenn hierauf verzichtet wird, so geschieht es nicht deshalb, weil diese Lagerstellen etwa weniger wichtig sind — es sei nur an die Bedeutung einwandfrei arbeitender Kreuzkopfgleitplatten und Schwingensteine für einen betriebssicheren Lauf der Lokomotiven erinnert —, sondern weil die Probleme auch hier grundsätzlich die gleichen sind wie bei den Achs- und Stangenlagern, nämlich Auffindung geeigneter Werkstoffe heimischen Ursprungs und zweckentsprechende Ausbildung der Schmierung. So einfach die Zielsetzung der Probleme auch ist, so schwierig erscheint ihre Lösung. Daß sie jedoch nicht unmöglich ist, dürften die vorstehenden Ausführungen gezeigt haben.

Fahrgeschwindigkeit und Genauigkeit der Gleislage.

Von Bahningenieur bei den Dänischen Staatsbahnen Chr. Broen Christensen, Kopenhagen.

Die zulässige Geschwindigkeit auf einer Eisenbahnstrecke ist zu einem sehr wesentlichen Grad von dem gleichmäßigen Verlauf des Gleises in bezug auf Richtung und Höhe abhängig. Es genügt nicht, lediglich die Innehaltung bestimmter Grenzwerte für Überhöhung und Krümmung vorzuschreiben und zu überwachen, sondern man muß auch dafür sorgen, daß die Schwankungen innerhalb dieser Grenzen genügend gleichmäßig verlaufen.

Bei groben Abweichungen von den theoretischen Vorbedingungen für eine gute Gleislage kann die Betriebssicherheit gefährdet werden; bevor man jedoch diese Gefahrengrenze erreicht, wird man die für die Gleisunterhaltung festgesetzte Genauigkeitsgrenze, die durch die Forderung eines ruhigen und angenehmen Fahrens bedingt ist, überschritten haben.

Im nachfolgenden soll nun untersucht werden, welchen Genauigkeitsgrad man für den Unterhaltungszustand verlangen soll, wenn das Gleis mit einer größten Geschwindigkeit V (km/h) befahren werden soll.

Wie bekannt, tritt bei der Fahrt durch einen Bogen mit dem Halbmesser R (m) eine Seitenbeschleunigung $\frac{V^2}{12,96 R}$ (m/s^2) auf. Sofern der Bogen normale Spurweite und eine Überhöhung h (mm) hat, wird ein Teil der Seitenbeschleunigung, nämlich $\frac{h}{153}$ (m/s^2), durch die Komponente der Erdbeschleunigung, die parallel zur Schienenebene wirkt, aufgehoben.

Soll die Stellung der Reisenden im Eisenbahnwagen so bequem und natürlich wie möglich empfunden werden, so muß verlangt werden, daß die Fliehkraft vollständig durch die Komponente der Schwerkraft aufgehoben wird, d. h. $\frac{V^2}{12,96 R} = \frac{h}{153}$, oder $h = 11,8 \frac{V^2}{R}$. Besteht irgend eine andere Beziehung zwischen h , V und R , so werden die Reisenden un-

willkürlich eine „schiefe“ Stellung einnehmen, um der unausgeglichenen Seitenbeschleunigung, deren Größe

$$p = \frac{V^2}{12,96 R} - \frac{h}{153} \dots \dots \dots 1)$$

ist, entgegenzuwirken.

Beim Fahren mit gleichförmiger Geschwindigkeit durch einen fehlerfreien Kreisbogen bleibt p gleich und wird daher als eine gleichmäßige, waagerechte Zugkraft senkrecht zur Fahrriichtung empfunden. Ändert sich dagegen die Geschwindigkeit, Krümmung oder Überhöhung, so wird sich auch dementsprechend die Zugkraft verändern, und diese Veränderung wird von den Reisenden in der Form eines mehr oder weniger kräftigen Ruckes empfunden werden. Als Maßstab für die Größe des Ruckes benutzt man den Zuwachs der Zugkraft bezogen auf die Zeiteinheit, somit ist also der Ruck $\psi = \frac{dp}{dt}$ (m/s^3).

In Abb. 1 sind die theoretischen Überhöhungen und Krümmungsverhältnisse mit punktierten Linien angegeben, während die stark ausgezogenen Linien den wirklichen, mit Fehlern und Ungenauigkeiten behafteten Zustand der Kurve angeben.

Aus der Gl. 1) erhält man unter Bezug auf Abb. 1 und unter Voraussetzung einer gleichförmigen Geschwindigkeit:

$$\psi = \frac{V}{551} \left(11,8 \cdot V^2 \cdot \frac{dk}{dl} - \frac{dh}{dl} \right) \dots \dots \dots 2).$$

In der Regel wird die Forderung, die man an die Genauigkeit der Überhöhung zu stellen pflegt, so ausgedrückt, daß man sagt: ein Fehler in der Überhöhung soll auf eine ausreichend lange Strecke ausgeglichen werden, oder mit anderen Worten, die gegenseitige Neigung der Schienen darf einen bestimmten Wert $s_{max} \text{ ‰}$ nicht überschreiten. In Deutschland schreibt man in der Regel vor, daß die Neigung dieser „Fehlerrampe“ 1 ‰ nicht überschreiten darf. In Übereinstimmung

mit der allgemeinen Handhabung bei der Anlage von Überhöhungsrampen kann man $s_{max} = \frac{100}{V}$ setzen.

Die Frage, welchen Wert man für den Ruck ψ festsetzen soll, tritt u. a. bei der Festsetzung der kleinsten Übergangsbogenlänge auf. Die Dänischen Staatsbahnen haben bei dieser Gelegenheit $\psi = 0,71$ als Größtwert benutzt; dieser Wert tritt beim Einlauf eines Schnelltriebwagens unmittelbar aus der Geraden in einen Kreisbogen mit 3000 m Halbmesser und $h = 0$ auf (Achsabstand rund 17,4 m und $V = 120$).

Wenn man berücksichtigt, daß die Übergangsbogen in sich selbst schon Fehler aufweisen, wodurch das wirkliche ψ erheblich größer werden kann als das theoretische $\psi = 0,71$, so erscheint es zulässig, daß man den größtzulässigen Ruck, der bei der Fahrt durch Kreisbogen infolge von Ungenauigkeiten auftreten kann, zu $\psi_{max} = 1,0 \text{ m/s}^3$ festsetzt.

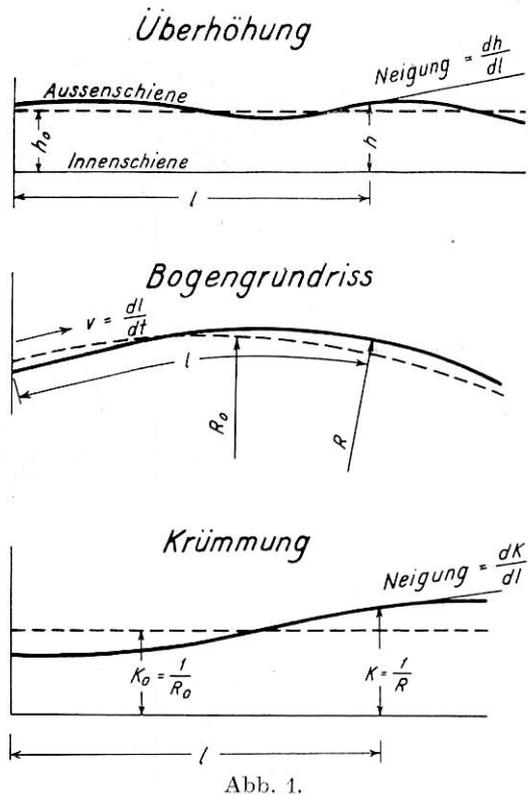


Abb. 1.

Dieses stimmt auch mit den Angaben von Dr.-Ing. Rudolf Vogel im „Org. Fortschr. Eisenbahnwes.“ 1936, Heft 20, überein, der $\psi = 1,0 \text{ m/s}^3$ als Grenzwert für den noch erträglichen Ruck angibt.

Setzt man in die Gleichung 2) $\frac{dh}{dl} = \div s_{max} = \div \frac{100}{V}$ und $\psi = \psi_{max} = 1,0$ ein, so findet man die größtzulässige Krümmungsabweichung zu:

$$\left(\frac{dK}{dl}\right)_{max} = \frac{38,2}{V^3} \dots \dots \dots 3).$$

Die Ungenauigkeiten des Gleisstranges in bezug auf Höhe und Seitenrichtung treten sehr oft gleichzeitig auf, z. B. infolge schlechter Untergrundsverhältnisse oder mangelnder Unterstopfung des Gleises, und es ist deshalb richtig, damit zu rechnen, daß s_{max} und der größte Richtungsfehler gleichzeitig auftreten.

Man kann sich nun vorstellen, daß die in einem Kreisbogen auftretenden Richtungsfehler dadurch entstehen, daß der Bogen aus einer ganzen Reihe von Übergangsbogen, die alle die mittlere Krümmung $K_0 = \frac{1}{R_0}$ haben, zusammengesetzt ist.

Aus dem Vorstehenden wird man ersehen können, daß der größtzulässige Richtungsfehler dann auftritt, wenn einer dieser Übergangsbogen eine konstante Krümmungsabweichung $\frac{dK}{dl} = \frac{38,2}{V^3}$ aufweist (siehe Abb. 2).

Die Größe des Richtungsfehlers wird am leichtesten durch Messung der Pfeilhöhen und Bestimmung der Pfeilhöhenunterschiede ermittelt. Denkt man sich, daß die Pfeilhöhe mit einer Sehne von der Länge

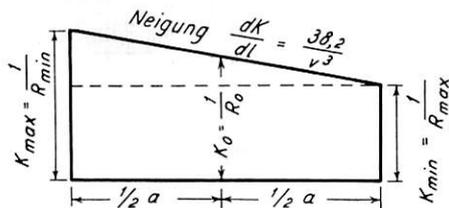


Abb. 2.

2 k und in Punkten, die voneinander den Abstand k haben, (die übliche Pfeilhöhenmessung bei Gleisbogenverbesserungen) gemessen wird, so wird — unter Voraussetzung der in Abb. 2 angegebenen Krümmungsabweichung — der Unterschied in der

Größe zweier aufeinander folgender Pfeilhöhen $\Delta = \frac{19,1 k^3}{V^3}$.

So findet man z. B. für eine Sehne von der Länge 10 m folgende Werte für Δ .

V	Δ
km/h	mm
120	2
110	2
100	3
90	3
80	4
70	6
60	9

Auf Bogenstrecken, die vermarktet und nach den Festpunkten ausgerichtet sind, kann man jedoch einen unvorschriftsmäßigen Verlauf der Krümmung über größere Längen nicht zulassen; hier wird man sich darauf beschränken müssen, die rein örtlichen Ungenauigkeiten zu betrachten. Selbst wenn die Gleisfestpunkte genau abgesteckt sind und der Abstand des Gleises von den Festpunkten den Sollwert hat, kann ein unregelmäßiger Verlauf der Krümmung von der in Abb. 2 gezeigten Art auftreten u. a. infolge von Fehlern in der Gleisrichtung zwischen den Festpunkten; jedoch wird die Länge a des Übergangsbogens theoretisch nicht den Abstand der Gleisfestpunkte überschreiten können.

Die zulässige Abweichung von der theoretischen Pfeilhöhe kann aus der folgenden Ableitung bestimmt werden:

Gemessen mit einer Sehne von der Länge 2 k wird die Pfeilhöhe für einen Kreisbogen $\frac{500 k^2}{R_0}$, während die größte Pfeilhöhe in dem unregelmäßigen Gleis (vergl. Abb. 2) $\frac{500 k^2}{R_{min}} \div \frac{6400 k^3}{V^3}$ wird,

also

$$\Delta_{2k} = \frac{500 k^2}{V^2} \cdot \left(\frac{V^2}{R_{min}} \div \frac{V^2}{R_0}\right) \div \frac{6400 k^3}{V^3}.$$

Die Größe $\frac{V^2}{R_{min}} \div \frac{V^2}{R_0} = \frac{19,1 a}{V}$ ist ein Maßstab sowohl für die größte Verminderung der Standsicherheit als auch für die größte Vermehrung der unausgeglichene Seitenbeschleunigung als Folge der Krümmungsabweichung, und es ist daher angebracht, hierfür einen bestimmten konstanten Größtwert (unabhängig von der Geschwindigkeit) festzusetzen.

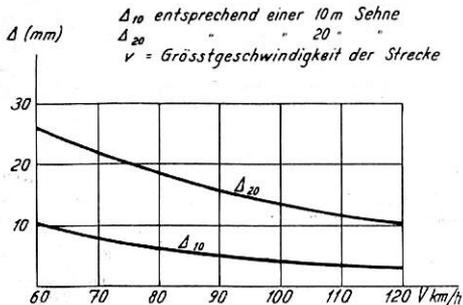
Die Länge a des Übergangsbogens wird also proportional der Geschwindigkeit. Der Abstand der Gleisfestpunkte ist in der Regel 20 m, und aus dem Vorstehenden geht hervor, daß a

diesen Wert nicht wesentlich überschreiten sollte. Wird $a = 25$ m gewählt, was der absolut größten Geschwindigkeit $V = 120$ km/h entspricht, so findet man

$$\frac{V^2}{R_{\min}} \div \frac{V^2}{R_0} = \frac{19,1 \cdot 2 V}{120} = 4,0$$

also

$$\Delta_{2k} = \frac{2000 k^2}{V^2} \left(1 \div \frac{3,2 k}{V} \right) \dots \dots \dots 4).$$



Δ_{10} entsprechend einer 10 m Sehne
 Δ_{20} " " 20 " "
 $v =$ Grösstgeschwindigkeit der Strecke

Abb. 3 zeigt dieses Verhältnis für Pfeilhöhen gemessen unter Verwendung von 10 m und 20 m Sehnen. Indem man Δ_{10} und Δ_{20} in Beziehung zur theoretischen Pfeilhöhe setzt, ist es eine stillschweigende Voraussetzung, daß die eigentliche Vermarkung (Reihe der Gleisfestpunkte) fehlerfrei ist, aber die Genauigkeitsforderung kann — selbst ohne eine derartige

Voraussetzung — sehr einfach so ausgedrückt werden: der Unterschied zwischen der größten und kleinsten Pfeilhöhe darf 2Δ nicht überschreiten. Bei einer derartigen Festsetzung wird man des weiteren erreichen, daß man dem örtlichen Leiter der Gleisunterhaltungsarbeiten ein Mittel in die Hand gibt, um selbständig nachprüfen zu können, ob die Seitenrichtung des Gleises den Ansprüchen genügt, indem man ihm die der Streckengeschwindigkeit entsprechenden Zahlenwerte für 2Δ angibt.

Form eines willkürlich gewählten Übergangsbogens eingeführt. Die Schwankungen in der Überhöhung sind bei der Berechnung nicht berücksichtigt worden.

Leisner hat seine Theorie auf eine recht fesselnde Art zeichnerisch dargestellt, u. a. dadurch, daß er die Kurven für die zulässige Schwankung der Pfeilhöhen als Funktion des Bogenhalbmessers darstellt. Nach der obenstehenden Gl. 4) sollte jedoch die Schwankung der Pfeilhöhe Δ_{2k} vom Bogenhalbmesser unabhängig sein, was auf den ersten Blick eine Unübereinstimmung mit der von Leisner aufgestellten Theorie bedeuten könnte. Diese Unübereinstimmung ist jedoch nur scheinbar, da Leisners Kurven nur für den den verschiedenen Geschwindigkeiten entsprechenden Kleinsthalbmesser gilt, so daß der Halbmesser — und damit die Pfeilhöhenchwankung — in Wirklichkeit eine Funktion der Geschwindigkeit ist.

Trotz der verschiedenen Voraussetzungen und der verschiedenen Berechnungsverfahren besteht — innerhalb der Grenzen, die noch einen Vergleich gestatten — auch in zahlenmäßiger Hinsicht eine gute Übereinstimmung zwischen den Kurvenwerten von Leisner und denen der Abb. 3.

In Abb. 4 sind einige Werte aufgezeichnet, die durch Messung der Pfeilhöhen unter Verwendung einer 20 m-Sehne auf einigen willkürlich gewählten dänischen Staatsbahnstrecken gefunden wurden. Die Höchstgeschwindigkeit ist im Diagramm I 120 km/h und in den Diagrammen II und III 100 km/h. In den Diagrammen sind mit waagerechten, strichpunktiierten Linien die Grenzen angegeben, innerhalb derer die Pfeilhöhen bei Innehaltung der in Gl. 4) angegebenen Genauigkeitsgrenzen liegen sollen. Aus den Abbildungen ist zu ersehen, daß diese Forderungen im wesentlichen erfüllt werden.

Das im vorstehenden angeführte kann in Kürze wie folgt zusammengefaßt werden: Um bei der Geschwindigkeit V ein zufriedenstellendes, ruhiges und bequemes Fahren zu erreichen, muß die Genauigkeit der Gleisunterhaltung in bezug auf Richtung und Höhe die in der nachstehenden Übersicht angegebenen Werte erfüllen.

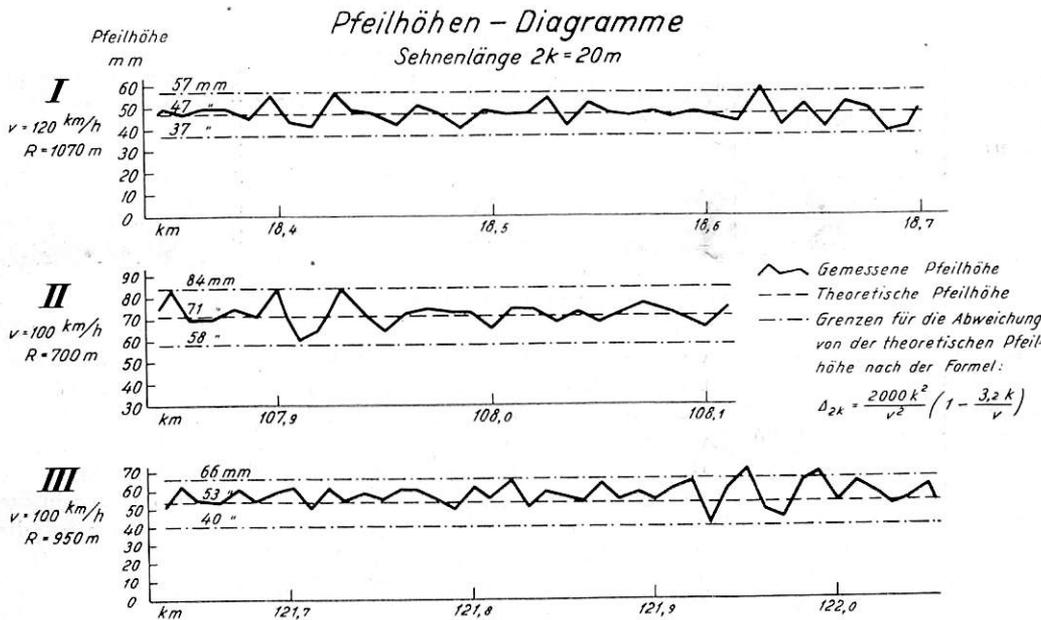


Abb. 4.

Das im vorstehenden angeführte kann in Kürze wie folgt zusammengefaßt werden:

Um bei der Geschwindigkeit V ein zufriedenstellendes, ruhiges und bequemes Fahren zu erreichen, muß die Genauigkeit der Gleisunterhaltung in bezug auf Richtung und Höhe die in der nachstehenden Übersicht angegebenen Werte erfüllen.

Streckengeschwindigkeit km/h	Zulässiger Unterschied zwischen größter und kleinster Pfeilhöhe		Größte relative Neigung der Schienen ‰
	20 m Sehne mm	10 m Sehne mm	
60	52	20	1,67
70	44	16	1,43
80	38	12	1,25
90	32	10	1,11
100	27	8	1,00
110	24	7	0,91
120	20	6	0,83

Eine weitere Untersuchung dieser Frage an Hand von Erfahrungen wird möglicherweise entweder zu einer Verschärfung oder zu einer Erleichterung der in der Übersicht angegebenen absoluten Fehlergrenzen führen, und die Zahlenwerte der Übersicht haben daher in erster Linie nur relative Gültigkeit.

*) Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1935, Heft 5.

Rundschau.

Brückenauswechslung auf einer irischen Eisenbahn.

Eine in ihrer Art ungewöhnliche Auswechslung der eisernen Überbauten eines Eisenbahn-Viadukts ist auf der Strecke Dublin—Belfast ausgeführt. Der im Jahre 1855 fertiggestellte alte Boyne-Viadukt genigte den jetzigen erhöhten Verkehrslasten nicht mehr; daher sind neue eiserne Überbauten von genügender Tragfähigkeit an Stelle der alten eingebaut. Die Arbeiten sind unter Aufrechterhaltung des Eisenbahnbetriebes ausgeführt. Das neue Bauwerk hat allerdings gegenüber dem früheren Zustand betrieblich insofern eine Verschlechterung mit sich gebracht, als der alte Viadukt zweigleisig war, der neue jedoch nur für eingleisigen Betrieb benutzbar ist, indem die beiden Gleise mittels Gleisverschlingung an die Bauwerksachse zusammengerückt sind. Hierdurch wurde es möglich, infolge der geringeren Breite des erforderlichen Lichtraumprofils die neuen Hauptträger so nahe zusammenzurücken, daß sie innerhalb der alten Hauptträger montiert werden konnten.

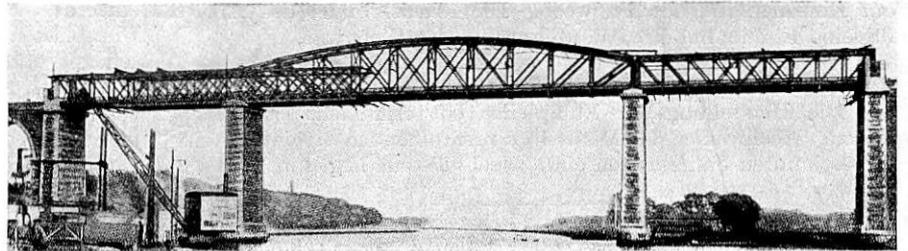
Der Bauvorgang vollzog sich in folgender Weise: Zunächst wurde nach Verlegung eines Gleises auf die Brückenmitte eingleisiger Betrieb eingeführt, wobei jedoch nicht durch Gleisverschlingung, sondern durch Einbau von Weichen die erforderlichen Verbindungen geschaffen wurden. Die Signalanlagen wurden entsprechend geändert und eine Dienstordnung aufgestellt.

Seitenöffnungen. Da die Herstellung des mittleren Überbaues in der Brückenwerkstätte sich stark verzögerte, wurden zunächst nur die beiden Seitenöffnungen in Angriff genommen. Durch Verlegung des Gleises nach der Brückenmitte wurden die alten Querträger, deren Widerstandsmoment in der Brückenmitte erheblich schwächer war, als an ihren Enden, so stark durch die Verkehrslast beansprucht, daß eine Geschwindigkeitsermäßigung bis auf 8 km/h erforderlich war. Infolge des beschränkten Raumes und der oberen Querversteifung der alten Brücke konnte der Bau durch auf dem Eisenbahngleise laufende Kräne nicht ausgeführt werden. Es wurde daher ein bewegliches Krangerüst auf Schienen angeordnet, die auf den Obergurten der alten Träger abgestützt waren und so hoch lagen, daß die Kräne über die neuen Obergurte der Mittelöffnung bewegt werden konnten. Die Baustoffe wurden auf Eisenbahnkleinwagen befördert.

Ursprünglich war beabsichtigt, die neuen Hauptträger der Mittel- und Seitenöffnungen durch Auskragung über die End- und Mittelpfeiler gleichzeitig einzubauen, ohne die alten Hauptträger mit einer höheren Mehrlast als 10 t zu beanspruchen. Die Verzögerung bei Herstellung der neuen mittleren Träger in der Brückenwerkstätte ließ es jedoch ratsam erscheinen, zunächst den Einbau der Eisenkonstruktion für die beiden Seitenöffnungen in Angriff zu nehmen und diese auf die alten Querträger abzustützen, wobei in jeder Öffnung immer nur einer der beiden neuen Hauptträger, und zwar möglichst nahe den alten Hauptträgern mit einer Höchstbelastung von 3 t für jeden alten Querträger eingebracht wurde. Die in den Seitenöffnungen auf die alten Hauptträger entfallende Belastung durch die neuen Hauptträger wurde dadurch ausgeglichen, daß infolge des eingleisigen Betriebes die Beanspruchung der alten Hauptträger durch die Verkehrslast verringert wurde. Eine Mehrbelastung fand daher nur durch das Krangerüst statt, so daß die Mehrlast von 10 t, die für die zulässige Beanspruchung die Höchstgrenze bildete, nicht überschritten wurde. Während des Einbaues der neuen Hauptträger der Seitenöffnungen mußten die Querversteifungen der alten Brücke vielfach entfernt und durch vorübergehende Versteifungen ersetzt werden. Während des Baues wurden die neuen Hauptträger mit den alten vorübergehend verbunden. Nach Herstellung ihrer mittleren Verbindung waren die neuen Hauptträger selbsttragend, und ihre Abstützung auf die alten Querträger konnte beseitigt werden. Im Anschluß hieran wurden die neuen Querträger, Längsträger, Fahrbahn, Querversteifungen und Windverband so vollständig angebracht, daß das planmäßige Eigengewicht der neuen Brücke vorhanden war. Bis zu diesem Zustand waren alle Verbindungen der einzelnen Teile untereinander

nicht durch Vernietung, sondern durch Bolzen und Dorne hergestellt. Erst jetzt wurde die Vernietung vorgenommen.

Mittelöffnung. Die Eisenkonstruktion für die Mittelöffnung wurde in der Brückenwerkstätte kurz nach Beendigung der vorgenannten Arbeiten fertiggestellt. Bei der Einbringung derselben konnte wegen des erheblich größeren Gewichtes der neuen Hauptträger nicht das vorgeschilderte Verfahren, sie auf die alten Hauptträger abzustützen, angewandt werden. Der Einbau erfolgte daher in der Weise, daß von den beiden Mittelpfeilern aus die Hauptträger gleichzeitig durch Auskragung nach der Mitte vorgebaut wurden, indem die neuen Überbauten der Seitenöffnungen zur Verankerung benutzt und durch Belastung mit alten Schienen die erforderlichen Gegengewichte geschaffen wurden. Die Anbringung der Quer- und Längsträger sowie der Fahrbahn und die daran anschließende Vernietung erfolgten in ähnlicher Weise wie in den Seitenöffnungen. Die Auswechslung des Oberbaues wurde beim Ruhen des Güterverkehrs während zweier aufeinanderfolgender Wochenenden ausgeführt. Die Anbringung der Querversteifungen der neuen Hauptträger wurde verschoben, bis die Hauptträger das volle Eigengewicht zu tragen hatten; hierbei war die Vernietung der Querversteifung an den Knotenblechen zunächst nur an einem Hauptträger ausgeführt,



Abbruch der alten Unterbauten.

während die Nietlöcher in den Knotenblechen des anderen Hauptträgers erst bei Fertigstellung der Arbeiten gebohrt wurden.

Abbrucharbeiten. Bei Beseitigung der alten Überbauten war zu berücksichtigen, daß es nicht angängig war, die neuen Hauptträger, welche die vergrößerte Verkehrslast bei voller Fahrgeschwindigkeit zu tragen hatten, mit dem Gewicht der alten Eisenkonstruktion zu belasten. Der Abbruch wurde daher so bewerkstelligt, daß nach Trennung der alten Überbauten in der Brückenmitte diese beiderseits der Mittelpfeiler als auskragende Teile gleichzeitig in Stücken von höchstens 2 t Gewicht mit dem Schneidbrenner abgeschnitten wurden, wobei die beiden überhängenden Teile sich ungefähr das Gleichgewicht hielten; das Übergewicht wurde von den neuen Hauptträgern aufgenommen. Die abgeschnittenen Teile wurden auf Eisenbahnkleinwagen verladen.

Die neue Fahrbahn besteht aus Buckelplatten mit gewölbter Betondecke, auf welche eine Schicht von Bitumen aufgebracht ist; über dieser liegt dann noch eine Schutzschicht von Beton. Neben den durch Gleisverschlingung zusammengeführten Schienen sind Leitschienen angebracht. Die Überleitung vom zweigleisigen Betrieb der Strecke zum eingleisigen Betrieb auf dem Viadukt ist natürlich durch entsprechende Signalanlagen geschützt.

Rly. Gazette.

Sr.

Eisenbahn- und Straßenbrücke über den Mississippi.

In der Nähe der Stadt New Orleans ist neuerdings eine Brücke über den Mississippi für Eisenbahn- und Straßenverkehr in Benutzung genommen, deren Ausführung mit außergewöhnlichen Schwierigkeiten verbunden war und sehr bemerkenswerte Besonderheiten mit sich brachte.

Da die Brücke nicht weit vom Mündungsdelta liegt, besteht das Flußbett bis zu großer Tiefe aus angeschwemmten Massen, die für die Gründung der hohen Brückenpfeiler völlig ungeeignet waren. Nach jahrzehntelangen Planungsarbeiten und Verhandlungen zwischen den beteiligten Verwaltungen, wobei auch der

Bau eines Tunnels statt einer Brücke erörtert wurde, wurde schließlich zur Überbrückung des eigentlichen Stromes eine Fachwerkbrücke nach der Auslegerbauweise zwischen den Pfeilern A I, II, III mit anschließenden einfachen Fachwerkträgern gewählt, wie sie auf Abb. 1 dargestellt ist. Für die Höhenlage der Brücke war bestimmend, daß die amerikanische Heeresverwaltung, die die Aufsicht über die schiffbaren Flüsse ausübt, eine lichte Höhe der Brücke von 46 m über Meeresspiegel auf eine Flußbreite von

Zunächst wurde die Baustelle des Pfeilers auf der Flußsohle gegen Abspülen durch die Strömung dadurch geschützt, daß eine aus Weidengeflecht hergestellte Senkfmaschine von 75 m Breite und 135 m Länge mit Steinen beschwert und von Lastkähnen unter Überwachung der Arbeiten von den Flußufern aus in richtiger Lage auf die Flußsohle abgesenkt wurde. Auf die Senkfmaschine wurde dann ein stählerner kreisrunder Mantel von 36,6 m Durchmesser von einem rings um die Baustelle laufenden Bau-

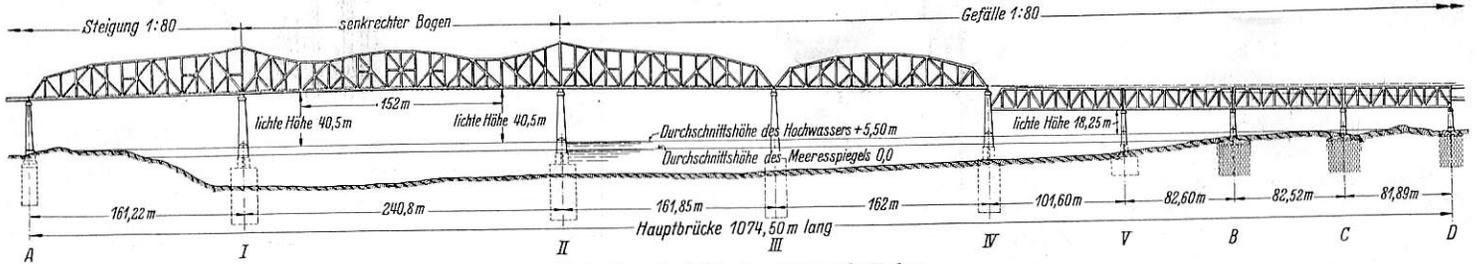


Abb. 1. Aufriß der Hauptbrücke.

150 m zwischen den Pfeilern I und II verlangte. Pfeiler II hat eine Höhe von 125 m von Fundamentsohle bis Brückenaufleger. Die Brücke hat einschließlich der Zuführungsrampen an den beiden Flußufern eine Gesamtlänge von über 7 km und hat einen Kostenaufwand von 13 Millionen Dollar erfordert. Sie trägt zwei Eisenbahngleise, eine Fahrstraße und zwei außerhalb der Hauptträger auf Konsolen ruhende Fußwege. Die Brücke bildet den Ersatz für eine Eisenbahnfähre, die die größte der Welt war.

Gründungsarbeiten.

Die Herstellung der Flußpfeiler bot erhebliche Schwierigkeiten. Hochwasser des Mississippi mit reißender Strömung tritt in bestimmten Jahreszeiten ein. Die Flußsohle liegt am Pfeiler I

gerüst abgesenkt, der aus einzelnen Ringen von 3 m Höhe zusammengesetzt war (Abb. 2 und 3). Die Höhe des stählernen Mantels betrug 24 bis 32 m, so daß seine Oberkante über Hochwasser hinausragte. Nach Fertigstellen des Stahlmantels wurde die Senkfmaschine am inneren Rande desselben durchschnitten und der innerhalb des Eisenmantels liegende Teil der Senkfmaschine entfernt. Nach Fertigstellen des Stahlmantels wurden die zum Herablassen desselben benutzten mit Windevorrichtung versehenen stählernen Böcke (Abb. 4) von dem Baugerüst entfernt und durch zwei Flaschenzugkräne mit Dampftrieb ersetzt, die zum Einfüllen von Flußsand in den Innenraum des Stahlmantels und zur Absenkung des Senkbrunnens dienten. Während des Einfüllens des Sandes senkte sich der Stahlmantel noch um etwa 90 cm in die Flußsohle.

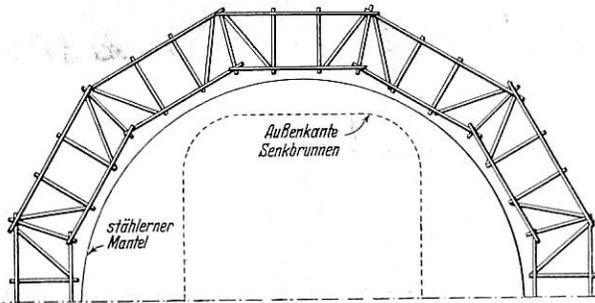


Abb. 2. Grundriß des Baugerüsts.

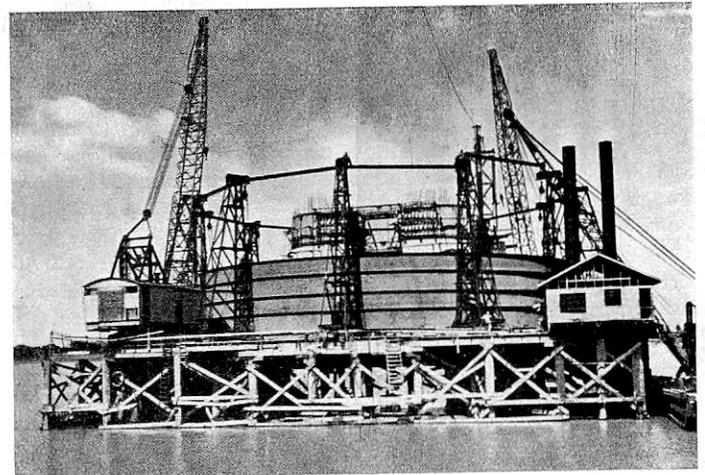


Abb. 4. Stahlmantel für die Sandinsel.

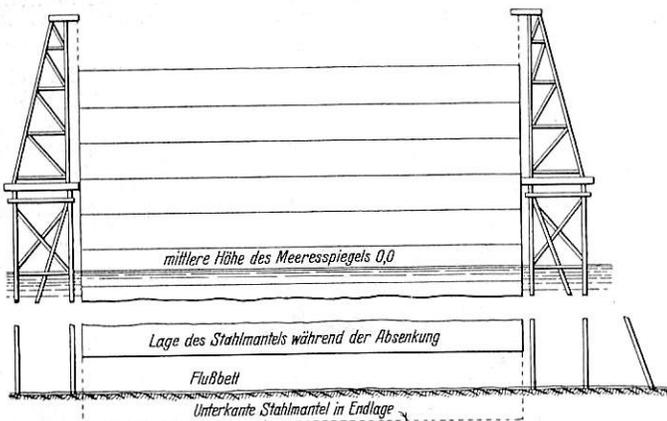


Abb. 3. Absenkung des Stahlmantels.

26 m, der tragfähige Baugrund (Sand) 51 m unter dem Meeresspiegel. Die Fundierung der Pfeiler I, II, III, IV, erfolgte durch Senkbrunnen bis auf den tragfähigen Sand und zwar in offener Baugrube ohne Anwendung von Druckluft. Es wurde für Absenkung der Brunnen das „Sand-Insel“-Verfahren mit gutem Erfolg angewandt, das bisher nur einmal bei einer Eisenbahnbrücke in Kalifornien gebraucht worden war. Diese sehr bemerkenswerte Art der Gründung geschah in folgender Weise:

Der Senkbrunnen aus bewehrtem Beton für Pfeiler II ist im Querschnitt 20 m lang und 30 m breit (Abb. 5) und durch Trennungswände in 15 Kammern eingeteilt; die Wandstärken betragen 1,20 m. Sämtliche Wände ruhen an ihrem unteren Ende auf stählernen Winkeln, um das Einschneiden in den Boden zu erleichtern.

In den Wänden der Senkbrunnen sind Röhren von 20 cm Durchmesser eingebaut, um durch sie Druckwasser einzuführen und durch Abspülen der Bodenmassen unter den Senkbrunnen die Senkung zu erleichtern. Die zu gleichem Zweck in den Außenseiten der Außenwände angebrachten Röhren, die durch Wasserspülung die Reibung zwischen Senkbrunnen und durchschnittenem Erdreich vermindern sollten, brauchten nicht benutzt zu werden.

Wie Abb. 6 darstellt, wurden die Senkbrunnen zunächst auf der Sandinsel aufgebaut in Lagen von 3 bis 4,5 m, wobei zur Erzielung möglichst glatter Außenflächen zwecks Verminderung der Reibung beim Absenken Schalung aus Stahlblechen verwendet wurde. Das Absenken erfolgte dann in offener Baugrube

durch Aushub des Sandes und der Bodenmassen der Flußsohle aus den Kammern. Nach Erreichung der planmäßig vorgesehenen Tiefe von 51 m unter Meeresspiegel wurde der Aushub noch etwa 2 m unterhalb der Zwischenwände ausgeführt, die Sohle des Bodens innerhalb des Senkbrunnens mittels der Aushubeimer nach Möglichkeit eingeebnet und der zuletzt ausgehobene Boden mit dem bei den Probebohrungen gefundenen gutem Baugrund verglichen. Bei zufriedenstellendem Ergebnis der Prüfung wurden die unteren Teile der Seitenwände der Kammern durch Abspülung mit Druckwasser gereinigt, das durch vorübergehend herabgelassene Röhren mit horizontalen Armen an ihrem unteren

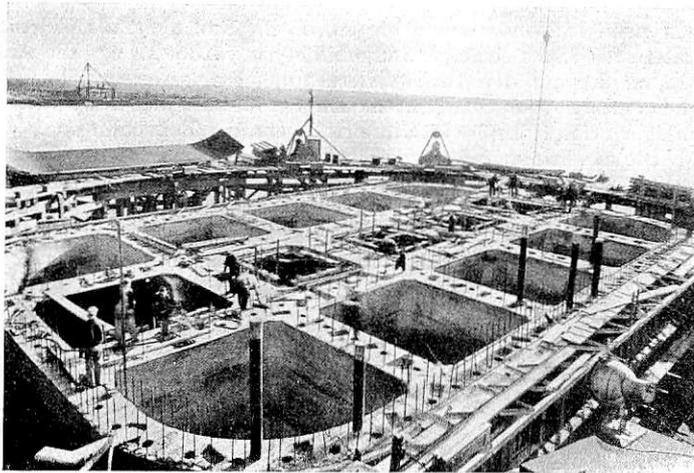


Abb. 5. Senkbrunnens für Pfeiler II.

Ende zugeführt wurde. Auf den so vorbereiteten Baugrund innerhalb und unterhalb des Senkbrunnens wurde dann eine Betonschüttung von 7,5 m Stärke aufgebracht, die den Druck des Pfeilers auf den Baugrund überträgt. Eine weitere Ausfüllung des Senkbrunnens mit Beton fand nicht statt, sondern er blieb mit Wasser gefüllt.

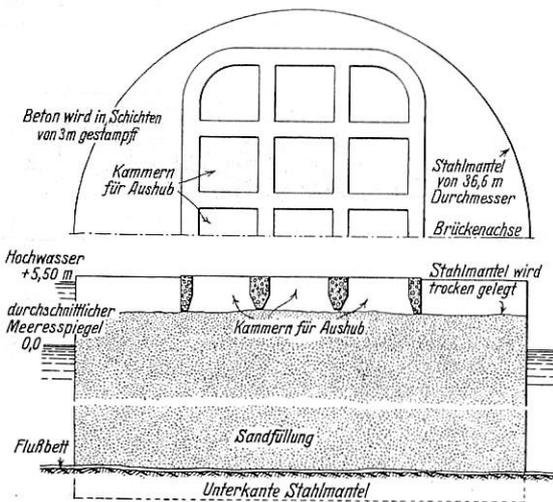


Abb. 6. Grundriß und Querschnitt des Senkbrunnens und der Sandinsel.

Die oberen Öffnungen der Kammern wurden dann mit Holz abgedeckt, dieses diente als Schalung für den Betonblock von 9 m Stärke, der den Druck des Pfeilers auf die Wände der Kammern verteilt. Nach Fertigstellung des Senkbrunnens wurde die Sandinsel entfernt und der Stahlmantel durch die bei der Montage benutzten, inzwischen entfernten und jetzt auf dem Baugerüst wieder aufgestellten stählernen Böcke mit Windevorrichtung herausgehoben, indem durch Taucher die Verbindungen zwischen den einzelnen Ringen, aus denen der Stahlmantel zusammengesetzt war, gelöst wurden. Abb. 4 zeigt diesen Vorgang in gleicher Weise wie bei dem vorgeschilderten Aufbau des Stahlmantels. Nach Entfernung des Stahlmantels wurde durch Steinschüttung

auf das Flußbett rings um die Pfeiler eine Sicherung derselben gegen die Strömung geschaffen.

Im Verlauf der Gründungsarbeiten sind mehrere Male Einbrüche der durchschnittenen Bodenmassen in die Senkbrunnens erfolgt. Da diese z. T. auf den Druck der geschütteten Sandinsel zurückgeführt wurden, so wurde ihre Höhe während des Absenkens der Senkbrunnens je nach Bedarf bei einzelnen Pfeilern auf 3 oder 6 m über der Flußsohle vermindert.

Montage der Eisenkonstruktion.

Wegen großer Tiefe des Flusses und jährlich wiederkehrenden Hochwassers mit reißender Strömung war die Aufstellung von Baugerüsten im üblichen Sinne nicht möglich. Die Eigenschaft des auf den Pfeilern A I, II, III ruhenden Bauwerks als Auslegerbrücke wies darauf hin, die Montage der Eisenkonstruktion nach der Auslegerbauweise auszuführen. Auch für den anschließenden auf den Pfeilern III und IV ruhenden Fachwerkträger wurde diese Bauweise dadurch ermöglicht, daß dieser mit dem benachbarten

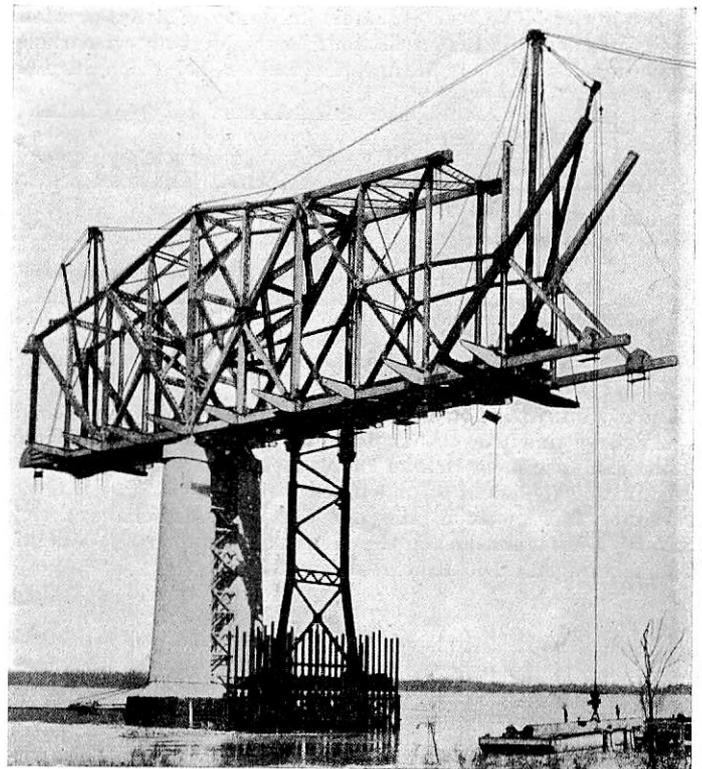


Abb. 7. Bock für die Montage der Eisenkonstruktion.

auf den Pfeilern II und III ruhenden Fachwerkträger vorübergehend durch Einfügung von Verbindungsstäben zu einem einheitlichen Fachwerk vereinigt wurde. Abb. 7 zeigt die Montage der Eisenkonstruktion beiderseits des Pfeilers I, von dem aus das Fachwerk nach beiden Seiten gleichzeitig vorgebaut wurde. Zur vorübergehenden Abstützung des auf den Pfeilern A I ruhenden Trägers ist unter den Vertikalen zwischen dem zweiten und dritten Feld ein stählerner Bock vorübergehend in das Flußbett eingebaut; daher konnte das Gewicht dieses Fachwerks beim Vorbau immer etwas größer sein als das Gewicht des gleichzeitig vorgebauten Kragträgers. Wenn der Vorbau der auf den Pfeilern A I ruhenden Seitenöffnung bis zum achten Feld des Fachwerks vorgetrieben war, wurde unter der Vertikalen dieses Feldes ein zweiter stählerner Bock zur Abstützung im Flußbett aufgestellt. Der erstgenannte Bock wurde dann entfernt, und die Montage der Seitenöffnung bis zum Pfeiler A fertiggestellt. Die Montage des auf den Pfeilern III und IV ruhenden Fachwerkträgers geschah, wie schon erwähnt, ebenfalls nach der Auslegerbauweise vom Pfeiler III aus bis zu einem unter der Fachwerksmitte angeordneten stählernen Bock und von dort weiter nach der Auslegerbauweise bis zum Pfeiler IV. Es liegt auf der Hand, daß die geschilderte Anwendung der Auslegerbauweise mit Böcken bei der Montage eine durchaus standsichere Herstellung der Böcke zur Voraussetzung

hatte, sie mußten frei von Sackungen und seitlichen Schwankungen sein. Es war hierzu erforderlich, in der starken Strömung Pfähle bis 52 m Länge in richtiger Lage in das Flußbett einzutreiben und sie seitlich abzusteuern. Zu diesem Zweck wurde ein käfigartiges Baugerüst (Abb. 7) zwischen zwei Lastkähen an die Baustelle des Bocks gebracht und hier durch Verankerung im Flußbett in unverrückbarer Lage festgehalten. In passenden Führungen des Käfigs wurden die Pfähle dann in richtiger Lage in das Flußbett eingetrieben. Nach dem Einrammen wurden die Pfähle mit dem Käfig seitlich versteift und auf die Versteifung ein Schwellenrost angebracht, der zur Montage des stählernen Bockes benutzt wurde.

Die einzige längere Unterbrechung der Montage von März bis Juni 1935 wurde durch Hochwasser des Mississippi verursacht, das durch starke Strömung die richtige Aufstellung eines Montagebocks mit Käfig verzögerte.

Engineering.

Sr.

Neue Eisenbahnbrücke über den Missouri.

Die in der Nähe von St. Louis im Jahre 1871 fertiggestellte Eisenbahnbrücke über den Missouri genügte trotz wiederholter Erneuerungen und Verstärkungen einzelner Teile den heutigen

versehen, in die Mannlöcher eingeschnitten sind. Der negative Auflagerdruck an den Pfeilern 5 und 2 wird durch Verankerung aufgenommen. Die aus Beton gebildeten Stropfpfeiler haben im unteren Teile Kalksteinverkleidung; im oberen Teile ist eine Bossierung des Betons ausgeführt.

Die zur Überbrückung des Vorgeländes dienenden Viadukte zeigen eine bemerkenswerte Abweichung von der sonst üblichen Form. Es sind nämlich zwischen den einzelnen eisernen Gerüstpfeilern schmale Pendelpfeiler eingebaut, auf denen je ein festes und bewegliches Auflager der aus vollwandigen Trägern bestehenden eisernen Überbauten der Viadukte ruhen. Die Bezeichnung Pendelpfeiler ist eigentlich nicht ganz zutreffend, da diese Pfeiler nicht pendeln, sondern sich biegen, da ihr Fuß nicht als Gelenk, sondern als festes Auflager ausgebildet ist. Abb. 2 zeigt die Anordnung der auf den Biegepfeilern ruhenden festen und beweglichen Auflager der Überbauten. Die Schmierung der beweglichen Auflager erfolgt durch ein Kupferrohr von der Fahrbahn aus.

Die Anordnung des Oberbaues über den Gerüstpfeilern ist in Abb. 3 dargestellt. Die Schwellen werden dadurch in ihrer Lage festgehalten, daß der Zwischenraum zwischen ihnen abwechselnd durch Holzklötze und C-Eisenstücke ausgefüllt ist; die ersteren haben abgeschrägte Oberfläche, um Tropfwasser abzu-

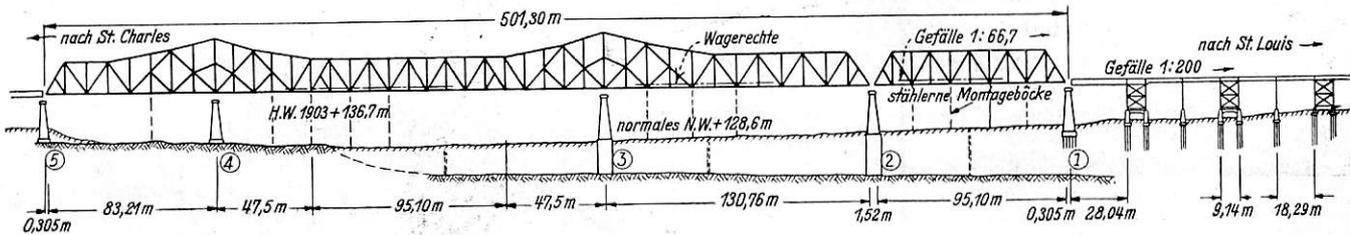


Abb. 1. Ansicht der Strombrücke mit westlich anschließendem Viaduktteil.

erhöhten Verkehrslasten nicht mehr. Daher wurde nördlich der alten Brücke eine neue erbaut und am 29. Oktober 1936 in Betrieb genommen. Die neue Brücke ist für Lokomotiven berechnet, die eine um 50% höhere Tonnenzahl befördern können, als die schwersten Lokomotiven, die auf der alten Brücke verkehren durften. Die Gesamtkosten der Neuanlagen haben 3¹/₄ Millionen Dollars betragen. Die Brücke ist eingleisig.

leiten. Die C-Eisen wurden nach richtiger Verlegung der Schwellen mit den Obergurten der Gerüstpfeiler verschweißt. Die Schienen sind mit den Schwellen verankert.

Die Gründungsarbeiten für die Pfeiler gestalteten sich je nach Lage des tragfähigen Baugrundes sehr verschieden. Die Gründung ist teils in offener Baugrube zwischen Fangedämmen, teils unter Anwendung von Druckluft, teils auf eisenbewehrten

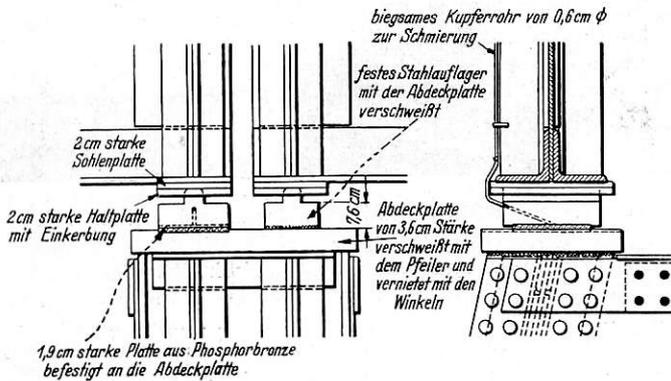


Abb. 2. Festes und bewegliches Auflager auf den Biegepfeilern.

Abb. 1 zeigt die Gesamtanordnung derselben mit ihren Hauptabmessungen. Die Spannweiten der Strombrücke sind größer als bei der alten Brücke. Die drei westlichen Öffnungen bilden eine Auslegerbrücke; bemerkenswert ist die sehr verschiedene Spannweite der beiden äußeren Öffnungen derselben zwischen den Pfeilern 5 und 4 bzw. 3 und 2. Die als einfacher Balken ausgebildete vierte Öffnung der Strombrücke zwischen den Pfeilern 2 und 1 hat dieselbe Länge (95,10 m) wie der mittlere aufgehängte Teil der Auslegerbrücke. Die lichte Höhe zwischen Hochwasser und Konstruktionsunterkante beträgt 13,8 m. Die Feldweiten bei den einzelnen Öffnungen der Strombrücke sind verschieden groß. Einige Teile des Obergurts der Hauptträger beiderseits der Strompfeiler und ein Teil der Vertikalen sind wie Kettenglieder mit Ösen (Augen) an den Enden ausgebildet. Die an den Enden vernieteten Glieder der Hauptträger haben Kastenquerschnitt und sind an Stelle von Gitterwerk mit Deckplatten

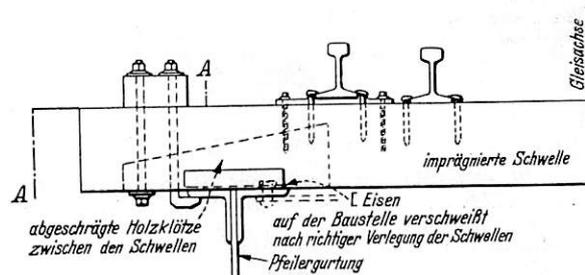
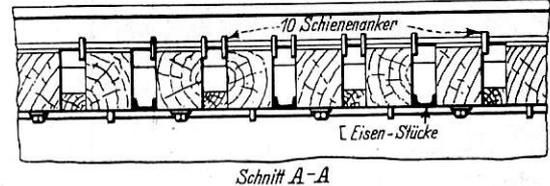


Abb. 3. Befestigung des Oberbaues auf den Gerüstpfeilern des Viadukts.

Betonpfählen mit Eisenummantelung, teils auf imprägnierten Holzpfählen erfolgt. Die Endwiderlager sind dadurch bemerkenswert, daß sie nach der sogenannten „Gerippeform“ gestaltet sind, wodurch eine erhebliche Materialersparnis erzielt wurde.

Der Aufbau der eisernen Überbauten erfolgte bei den Viadukten von einem Arbeitsgleis aus, das in Geländehöhe verlegt war. Auf diesem wurden die Eisenteile herangeschafft, und auf ihm bewegte sich auch ein Laufkran zur Errichtung der Gerüstpfeiler und Biegepfeiler. Letztere wurden in waagrecht Lage auf dem Gelände zusammengesetzt und dann aufgerichtet. Die

eisernen Überbauten wurden mit ihren Querverbindungen durch Krane emporgehoben, welche auf der Brückenfahrbahn liefen.

Die Auslegerbrücke wurde nach dem Auslegerverfahren montiert unter Zuhilfenahme von Rüstböcken, welche auf Abb. 1 als senkrechte punktierte Linien dargestellt sind. Zunächst wurde die als einfacher Balken ausgebildete westliche Brückenöffnung in üblicher Weise mittels Unterstüzung durch Rüstböcke hergestellt. Die gleichen Böcke dienten dann zur Unterstüzung bei der Auslegerbrücke, wie auf Abb. 1 dargestellt ist. Die stählernen Rüstböcke ruhten auf aus I-Trägern gebildeten Eisenpfählen; der Druck auf letztere wurde durch zwei Lagen waagerechter Träger übertragen, mittels derer eine Regelung der Höhen- und Seitenlage der Böcke bewerkstelligt werden konnte. Die Pfähle wurden unter Verwendung von käfigartigen Gerüsten mit Führungen eingerammt, die über den Wasserspiegel hinausragten, wenn sie mit ihrem unteren Ende auf dem Flußbett ruhten. Die Zusammensetzung der Hauptträger der Strombrücke geschah durch ein fahrbares Krangerüst, welches auf einem Arbeitsgleis lief, das auf die Untergurte und Längsträger der Fahrbahn abgestützt war.

Rly. Age.

Sr.

Elektrische Stellwerkanlage auf einem kleinen schwedischen Bahnhof.

Auf einem Bahnhof einfachster Anordnung bei der Ortschaft Tofta hat eine schwedische Privatbahn zur Beschleunigung des Betriebes Einfahrsignale (Lichtsignale) aufgestellt. Ursprünglich war beabsichtigt, Signale und Weichen dieses kleinen Bahnhofs in der sonst üblichen Weise mechanisch zu bedienen. Es wurde jedoch, da die elektrische Stromversorgung in Schweden weit verbreitet ist, ein kleines elektrisches Stellwerk eingerichtet, welches sich so gut bewährt hat, daß drei weitere kleine Bahnhöfe derselben Linie in gleicher Weise ausgestattet sind. Die Anlagekosten des elektrischen Stellwerks sind nur wenig höher als die eines mechanischen. Die örtlichen Arbeiten wurden durch eigene

Leute ausgeführt. Der Bahnhofplan von Tofta mit Signalen ist in ähnlicher Weise auf vielen kleinen Bahnhöfen eingleisiger Strecken in Schweden ausgeführt. Gleis I wird für beide Zugrichtungen benutzt, wenn keine Zugkreuzungen stattfinden. Gleis II ist Kreuzungsgleis und Gleis III Ladegleis. Die Weichen 1 und 2 im Hauptgleis werden elektrisch bedient, können jedoch auch von Hand gestellt werden, wenn ihre Verbindung mit dem Stellwerk gelöst ist. Verwendet wird Wechselstrom von 220 Volt. Die übrigen Weichen werden von Hand bedient, aber vom Stellwerk aus elektrisch verschlossen. Das Stellwerk liegt als Vorbau des Empfangsgebäudes in der Mitte des Bahnhofs. Die Weichen 1 und 2 liegen innerhalb kurzer Strecken mit Schienenstrom, um bei Befahren derselben ein Umstellen der Weichen zu verhindern.

Die Einfahrsignale (Ausfahrsignale sind nicht vorhanden) sind Tageslichtsignale und zeigen rot für Halt, ein grünes Licht für Einfahrt auf das gerade Gleis, zwei grüne Lichter für Einfahrt in die Abzweigung. Zwischen Signalen und Weichen besteht eine Schlüsselabhängigkeit derart, daß nach Fahrtstellung des Einfahrsignales die Stromzufuhr zu den Weichen unterbrochen ist, so daß keine Bewegung derselben aus ihrer für die betreffende Zugrichtung festgelegten Lage stattfinden kann. Für durchfahrende Züge ist die Schlüsselabhängigkeit derartig, daß die Weichen an beiden Bahnhofsenden festgelegt sind.

Für Bedienung der Signale und Weichen ist ein Schaltbrett vorhanden. Die Signale werden durch kleine Umlegehebel, die Weichen durch Druckknöpfe bedient. Die Signale werden elektrisch beleuchtet; für Versagen des Lichtstroms sind Akkumulatoren vorgesehen. Für die Weichenbedienung ist keine Reserve bei Versagen des elektrischen Stromes vorhanden; bei ihnen tritt in diesem Falle Handbedienung ein. Die Überwachungsströme werden durch Akkumulatoren gespeist. Nach Einfahren eines Zuges tritt die Haltstellung des Einfahrsignales selbsttätig ein. Ein Streckenblock verhindert die Ausfahrt eines Zuges in einen besetzten Streckenabschnitt.

Sr.

Rly Gaz.

Verschiedenes.

39. Mitgliederversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE).

Die Tagung fand vom 5. bis 8. August d. J. in Königsberg i. Pr. statt. Der Verbandsvorsitzende Reichspostminister Dr. Ing. e. h. Ohnesorge begrüßte die Hauptversammlung am 5., auf der der Leiter der Reichsgruppe Energiewirtschaft, Direktor Carl Krecke, den Festvortrag über „Neuere Entwicklungslinien der Elektrizitätsversorgung“ hielt. Der anhaltend wachsende Bedarf an elektrischer Energie — die diesjährige Stromerzeugung in den öffentlichen und betriebseigenen Anlagen Deutschlands dürfte auf 50 Milliarden Kilowattstunden kommen — fordert gebieterisch eine grundlegende Neugestaltung der deutschen Elektrizitätsversorgung. Die Werke sind technisch und weitgehend auch wirtschaftlich zu einem bezirklichen Verbundbetrieb zusammenzufassen, dem die Kupplung der einzelnen Bezirksnetze zu einem einheitlichen Reichsnetz d. h. der zwischenbezirkliche Verbundbetrieb folgt. Den Schlußstein dieser Entwicklung muß eine weitgehende Bereinigung auf dem Gebiete der Elektrizitätsverteilung bilden. Mit diesen und sonstigen technischen Maßnahmen im Kraftwerksbau und in der Ausnutzung aller Brennstoffenergien werde sich Deutschland zu einem elektrizitätsbilligen Lande durcharbeiten.

Im Hinblick auf die fortschreitende Entwicklung der Elektrotechnik mußten diesmal die Fachberichte bereits auf 15 Gruppen verteilt werden. In der Gruppe „Bahnen“ führte Reichsbahnoberrat A. Schieb, Berlin, aus, daß zur Zeit rund 2284 Streckenkilometer oder 4,2% des gesamten Netzes der Reichsbahn elektrisch betrieben werden. Der gesamte Energieverbrauch betrug dabei im Jahre 1936 rund 750 Mill. kWh, gemessen am Ausgang der Kraftwerke oder an den Stromübergabestellen. Von dieser Energiemenge entfielen auf die Berliner S-Bahn 328 Mill. kWh oder 44%. Der zunehmende Verkehr auf der Bahn dürfte zum größten Teil auf die Eröffnung des Nordabschnittes der Nordsüd-S-Bahn zurückzuführen sein, so daß diese Bahn nach ihrer im Beginn des Jahres 1939 zu erwartenden Fertigstellung die an sie geknüpften Erwartungen voll erfüllen wird. Weitere Ausführungen zu wichtigen Arbeiten für

den elektrischen Bahnbetrieb im letzten Jahre betrafen die Bauarbeiten auf der rund 350 km langen Strecke Nürnberg—Halle—Leipzig, den Beginn der beiden großzügigen Versuche zur Verwendung von Landesstrom für den Fernzugbetrieb auf der Wiesental- und Höllentalbahn, die Arbeiten zur Verwendung heimischer Rohstoffe bei den ortsfesten Anlagen und Fahrzeugen. Hierzu folgten die einschlägigen Berichte. Dipl.-Ing. Karl Schmer, Berlin, sprach zum „Vergleich von Umrichtern und Umformern“ auf Grund der bisherigen Betriebserfahrungen bei der Wiesentalbahn. Der im Reichsbahn-Umformerwerk Basel für diese Bahn aufgestellte Umrichter hat im Dezember 1936 nach dreimonatigem Probetrieb eine eingehende Abnahmeprüfung fehlerfrei überstanden und arbeitet seit dieser Zeit einwandfrei. Der Umrichter speist allein das Bahnnetz. Die Umrichtung erfolgt starr. Eine Spannungsregelung mittels Gittersteuerung ist während des Betriebes nicht vorgesehen. Nur beim jedesmaligen Anschalten des Umrichters ans Bahnnetz wird über die Gittersteuerung selbsttätig die Einphasenspannung stetig von Null zur vollen Betriebsspannung hochgeregelt. Eine 100%ige Reserve besteht in einem letzthin überholten Maschinenumformer. Demgemäß war eine Vergleichung beider Umformungseinheiten, deren Dauerleistung je 3600 kVA ist, möglich. Der Grundflächenbedarf für den Umrichter beträgt etwa die Hälfte desjenigen für den Maschinenumformer, die Längenausdehnung weniger als die Hälfte. Anlagekosten dürften beim Umrichter beachtlich kleiner ausfallen als beim Maschinensatz. In der Wirtschaftlichkeitsfrage ist der wichtigste Punkt der mittlere Betriebswirkungsgrad. Der des Umrichters ist um rund 15% größer als der des Maschinenumformers (81 gegen 66%) d. h. der Stromverbrauch beim Umrichterbetrieb ist rund 15% kleiner als beim Umformerbetrieb. Gezeigt wurde noch, daß sich an dem Ergebnis der Messungen und Betriebserfahrungen nichts ändert, wenn man auf elastischen, regelbaren Betrieb übergeht oder einen statischen Energiespeicher hinzunimmt. Auf Umrichteranlagen mit und ohne Energiespeicher ging in der Gruppe „Stromrichter“ G. Reinhardt in dem Vortrag „Die Belastung des Drehstromnetzes durch Umrichter verschiedener

19. Heft 1937.

Systeme“ ein. Der Vortragende kam zu dem Schluß, daß es bei dem günstigen drehstromseitigen Verschiebungsfaktor von 0,85 beim Trapezkurvenumrichter der Wiesentalbahn nicht gerechtfertigt ist, mit Rücksicht auf die Drehstrombelastung Energiespeicher aufzustellen. Es sei vielmehr wirtschaftlicher, Feld- und Verzerrungsblindleistung aus dem Drehstromnetz zu beziehen, als in eigens dazu erstellten Energiespeichern zu erzeugen. Energiespeicher haben eine Erhöhung sowohl der Anlagekosten als auch der Verluste zur Folge.

Ein zweiter Vortrag in der Gruppe „Bahnen“ „Der Wellenstrombahnmotor für Einphasenspeisung mit 50 Hertz über gittergesteuerten Gleichrichter“ von L. Monath, Berlin, behandelte die im Versuchsbetrieb auf der Höllentalbahn befindliche Bo Bo-Lokomotive, die einen Gleichrichter besitzt, der sowohl zur Umformung von Wechselstrom aus dem Landesnetz in Gleichstrom dient, als auch durch seine Gittersteuerung zur verlustfreien Regelung der Fahrgeschwindigkeit. Diese an sich einfache Spannungsregelung ist in der Regel mit einer großen Phasenverschiebung im speisenden Netz verbunden. Demgemäß wurde auf zusätzliche Mittel zur Verminderung des Scheinleistungsverbrauchs eingegangen. Die Welligkeit des Gleichstromes erfordert an den Hauptstrommotoren zur Sicherstellung guter Stromwendung und geringer Verluste besondere Maßnahmen wie Feldglättungswiderstand, weitgehende Lamellierung der Wendepole, eine Stromglättungsdrossel im Stromkreis usw. An Hand von Messungen auf dem Prüfstand und während Versuchsfahrten zeigte sich ein hoher Wirkungsgrad über den ganzen Fahrbereich, günstiger mittlerer Leistungsfaktor und gute Überlastungsfähigkeit. Maßnahmen am Glättungswiderstand, wie ein Schnellschalter im Gleichstromkreis, sichern die Motoren gegenüber Gleichrichter-Rückzündungen. Entsprechend den Vorschriften der Reichsbahn zur Abbremsung des Lokomotivgewichts wurde eine fremderregte Gleichstrom-Widerstandsbremse entwickelt, die infolge der Gittersteuerung eine stufenlose ist. Diese erlaubt bei jeder Fahrgeschwindigkeit die volle Widerstandsleistung in Anspruch zu nehmen. Ein Zusammenarbeiten mit der Druckluftbremse erfolgt einwandfrei.

„Widerstandsbremse mit Gleichstrom bei Vollbahnfahrzeugen“ erörterte Prof. Dr. Ing. Paul Müller, Berlin. Neuere Schaltungen, bei denen die auf der Lokomotive vorhandene Steuerbatterie bei Benutzung zur Erregung nur wenig beansprucht und zum Teil sogar durch den Bremsstrom geladen wird, wurden angegeben. Vorteil ist, daß die Batterie klein bleiben kann. Bei mehrmotorigen Fahrzeugen wird ein Motor als Zwischenerreger für die anderen benutzt. Die Steuerbatterie braucht dann nur eine schwache Erregung für diesen Motor zu liefern. Zu den Rohstofffragen bei der Reichsbahn war wichtig der Vortrag „Lokomotiv-Umspanner mit Aluminiumwicklung“ von Dipl.-Ing. Schulze, Berlin. Für den gewichtsgünstigsten Umspanner in Aluminium ist die Bauart bestimmend. Im Bau ist ein 3200 kVA-Umspanner in Kernbauart mit Röhrenwicklung. Die Unterspannungswicklung wird in Aluminium, die Oberspannungswicklung in Kupfer aus-

geführt und bringt eine Gewichtersparnis von 12% am Akriergewicht gegenüber bisheriger Ausführung.

Aus der Gruppe „Schaltgeräte“ sei noch auf den neuen „Freistrahl-Druckgasschalter in Trennschalterbauform“ (Brockhaus, Berlin) hingewiesen, bei dem der Lichtbogen im Freien und nicht mehr in einer geschlossenen Kammer gezogen wird. Der Schalter wird erheblich einfacher und kleiner als bisher. Ein vollkommen geprüfter und fertig zusammengebauter Schalter für 220 kV Betriebsspannung ist bahntransportfähig. Die Druckluftschalter mit doppeltwirkender Strömung wurden weiterentwickelt für höhere Betriebsspannungen (45 kV) und höhere Nennströme (2000 A) (Schwenk, Frankfurt a. M.). Eine neue zwangsläufig vom Antrieb betätigte Blasluftsteuerung verhindert wirksam ein Ausschalten des Schalters ohne Blasluft. Przygode VDI VDE.

„Metalltag 1937“ in Aachen.

Der „Metalltag 1937“ vereinigte in den Tagen vom 11. bis 13. Juni 1937 in Aachen die Vertreter der Wissenschaft und Wirtschaft auf dem Gebiete der Nichteisenmetalle, und zwar die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute, der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde im VDI und der Wirtschaftsgruppe Nichteisenmetall-Industrie. Während schon im vorigen Jahr die beiden erstgenannten wissenschaftlichen Gesellschaften, die jetzt mit den anderen technisch-wissenschaftlichen Vereinen im Nationalsozialistischen Bund Deutscher Technik zusammengeschlossen sind, bereits in Hamburg gemeinsam getagt haben, ergab sich in diesem Jahre durch das Hinzutreten der Wirtschaftsgruppe Nichteisenmetall-Industrie eine eindrucksvolle Kundgebung des Gesamtkreises der Fachleute, die sich in Deutschland mit der Gewinnung der Metallerze, ihrer Verhüttung und ihrer Weiterverarbeitung wissenschaftlich, praktisch und wirtschaftlich betätigen.

Von den auf der Tagung gehaltenen Vorträgen führen wir an: den Vortrag von Eisentraut, Breslau, über die schlesische Kupferprovinz, von Dr. Petersen, Freiburg, über die Bedeutung der Erzaufbereitung für den Vierjahresplan. Dr. Burgers, Eindhoven (Holland), führte ein Elektronenmikroskop vor, das es ermöglicht, die Kristallstruktur eines Metallstückes auch bei höherer Temperatur auf elektronenoptischem Weg sichtbar zu machen. Professor Piwowsky, Aachen, Dr. Hofmann, Berlin und Dr. Claus, Berlin, teilten Ergebnisse von Untersuchungen an verschiedenen Legierungen, darunter Röntgenuntersuchungen an Bleilegierungen mit. Eine Übersicht über neue Probleme der Leichtmetallegerungen gab Professor Schmidt, Frankfurt a. M. Das Schweißen von Leichtmetall behandelte Dr. Aucher und Dr. v. Rajakovics. Abgeschlossen wurde die sehr zahlreich besuchte Tagung durch eine Festsitzung, bei der der Rektor der Technischen Hochschule Aachen, Professor Dr. Gruber, den Festvortrag hielt mit dem Thema: Das technische Wissen im Kulturbild der Zeiten. Ue.

Berichtigung.

In dem Aufsatz „Schnellbestimmung der Betriebswiderstände“ in Heft 15 müssen die beiden Gleichungen auf Seite 281 Spalte 1 lauten:

$$\overline{D\mathcal{U}} = (a \hat{+} r \cdot \sin a \cdot \operatorname{tg} 60^\circ) \frac{R}{r} \cdot d\omega = \left(a \hat{+} r \cdot \frac{p}{R} \cdot \operatorname{tg} 60^\circ \right) \frac{R}{r} \cdot d\omega.$$

$$\overline{D\mathcal{U}} = \left(0,009 \hat{+} \frac{r}{R} \cdot p \cdot 1,73 \right) \frac{R}{r} = 0,009 \frac{R}{r} \hat{+} p \cdot 1,73 \text{ in cm.}$$

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Der Wiederabdruck der in dem „Organ“ enthaltenen Originalaufsätze oder des Berichtes, mit oder ohne Quellenangabe, ist ohne Genehmigung des Verfassers, des Verlages und Herausgebers nicht erlaubt und wird als Nachdruck verfolgt.