

### Neuartige Lokomotivstangenlagerbearbeitung.

Von Karl Martin, Abteilungsleiter im Reichsbahnausbesserungswerk Brandenburg West.

Die vielfachen Versuche der Werkstättenfachleute, die Eingüsse der Lokomotiv-Achs- und Stangenlager durch stofftechnische, gießtechnische oder bearbeitungstechnische Maßnahmen so auszubilden, daß sie auch bei höheren Anstrengungen der Lokomotiven von einer zur anderen Lokomotivuntersuchung halten, haben bisher nicht den gewünschten Erfolg gebracht.

In dieser Richtung bewegten sich: die genaue Vermessung und Bearbeitung der Lokomotivrahmen, die dadurch erzielte Parallelführung der Achsen zueinander und ihre rechtwinklige Lage zu den Zylinderachsen. Ferner die Genauvermessung und Bearbeitung der Radsätze auf besonderen Meßständen und die Feinstbearbeitung der Achsschenkel und Kurbelzapfen auf hochwertigen Sondermaschinen. Alle diese Maßnahmen haben den vorzeitigen Verschleiß des Lagermetalls der Stangen- und Achslager und das unliebsame Heißlaufen der Lager wohl herabgedrückt, es jedoch nicht beseitigt.

Beobachtungen ergaben, daß Gleitlager mit Weißmetalleingieß, welche nach dem sogenannten Einbrennverfahren gefertigt wurden, die besten und dauerhaftesten Lager ergaben. Während der Durchführung des Einbrennverfahrens an einem Lager erfolgt eine Erhitzung der Lagersoberfläche bis zum Schmelzen. Hervorgerufen wird diese Erhitzung durch die hohe Flächenpressung und Reibung zwischen Zapfen und Lager. Hierbei tritt eine Rekristallisation des Lagermetalls an der Oberfläche bis zu einer gewissen Tiefe ein. Bei dem vorher auf einen bestimmten Durchmesser ausgebohrten Lager wurde die wertvolle Gußhaut des Lagers verspannt. Das Lager erhält durch das Einbrennverfahren eine neue künstliche, unter hohem Druck hergestellte spiegelblanke Haut, gleich der Gießhaut mit feinen Kristallen als Lagersoberfläche. Dieses Verfahren ist jedoch bei Lokomotivlagern nicht durchführbar, weil das genaue Stichmaß von Lager zu Lager gehalten werden muß, das Einbrennverfahren aber eine Gewähr hierfür nicht bietet und zwar wegen des ungleichmäßigen Einbrennens der Lagerhälften. Ferner hat das Einbrennen noch den Nachteil der Kostspieligkeit in der Arbeitsweise und des Lagermetallverschleißes während des Einbrennens der Lager.

Um hier Abhilfe zu schaffen, liegt es nun nahe, die Beschaffenheit eines eingebrennten Lagers von vornherein nachzubilden. Bis jetzt ist es üblich, die genaue Bohrung des Lagers auf einem Bohrwerk durch Spanabnahme herzustellen, wozu das Lager mit einer Bearbeitungszugabe gegossen wurde. Dieses Verfahren hat den großen Nachteil, daß die Metallstruktur der Oberfläche zerstört und die in der Oberflächenghaut eingebetteten härteren Tragkristalle entfernt werden. In Forschungsarbeiten z. B. von Professor Dr. Thum, Darmstadt und von Professor Dr. Föppl, Braunschweig, ist wiederholt auf die hohe Bedeutung der Oberflächenghaut und der Oberflächendrücke für die Dauerhaltbarkeit der Metallflächen hingewiesen worden.

Zur Erzielung besserer Laufeigenschaften und größerer Verschleißfestigkeiten der Lager sind folgende Bedingungen zu erfüllen: Herstellung einer gleichmäßigen, tragfähigen Metallstruktur, Beibehaltung der widerstandsfähigen Gießhaut und Schaffung einer vollkommen glatten Oberfläche. Diese Forderungen bedingen die Anwendung eines Genaugießverfahrens, das jegliche Verspannung der Oberfläche erübrigt und das Verdichten und Glätten der Oberfläche vorsieht.

Das Genaugießen wurde schon seit längerer Zeit bei der Instandsetzung der Lokomotivlager versucht, aber nicht mit vollem Erfolg. Es findet stets noch eine Bearbeitung der Lagerflächen durch Ausdrehen statt. Der Vorteil des Genaugießens läßt sich aber erreichen durch ein Druckgußverfahren mit nachfolgender Vergütung der Lauffläche durch Glättwalzen.

Das Druckgußmetall zeigt eine bedeutend feinere Struktur, als das auf dem bisherigen Wege hergestellte Lagermetall. Die Schliffbilder von gewöhnlichem Lagerguß weisen ein grobes Gefüge mit spärlich verstreuten groben Kristalleinschlüssen im Bettungsstoff auf (Abb. 1). Die Gefügebilder vom Druckguß zeigen (gegossen bei richtiger Gießtemperatur, in der alle Bestandteile gleichmäßig gelöst sind) ein gleichmäßiges, feinkörniges Gefüge (Abb. 2). Die Tragkristalle sind kleiner, aber im Bettungsstoff enger und gleichmäßiger gelagert. Die von den Tragkristallen gebildete Fläche ist be-

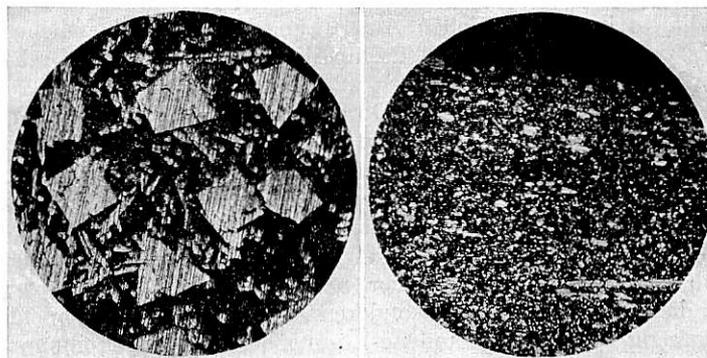


Abb. 1.

Gefüge des von der Hütte angelieferten Blockweißmetalls Wm 80.

V = 30

Abb. 2.

Gefüge desselben Metalls, vergossen mittels 7 atü Druck und anschließend gewalzt.

V = 30

deutend größer, hierdurch auch die Tragfähigkeit des Lagers, infolgedessen auch der Verschleiß des Lagermetalls ein bedeutend geringerer.

Für die werkstattmäßige Durchbildung des verbesserten Stangenlagereingusses ging man in der anfänglichen Aufgabenstellung noch weiter, indem man die Konstruktion einer Maschine anstrebte, die als Meß- und Bearbeitungsmaschine ausgebildet, die Vermessung und gleichzeitig die Bearbeitung der in den gekuppelten Stangensätzen eingebauten nur teilweise vorgearbeiteten Lagerkörpern, der seitlichen Flächen und das Vorbohren ausführte. Weiter wurde angestrebt, die Lager im nächsten Arbeitsgang auf der Maschine im Druckgußverfahren auszugießen und die genauen Bohrungen nicht durch Verspannung, sondern durch einen Walzprozeß herzustellen. Die Oberfläche des Metalleingusses erhält dabei gleichzeitig die für einen besseren Lauf des Lagers eingangs geforderte Spiegelglätte.

Alle diese Einzelarbeiten sollen in einem Gang ausgeführt werden, ohne daß die Lager aus den Stangen und die Stangen nach einmaligem Einspannen von der Bearbeitungsmaschine heruntergenommen zu werden brauchen, bevor die Gesamt-

arbeit erledigt ist. Nur so lassen sich genaues Stichmaß und spanlose Bearbeitung gleichzeitig erreichen.

Im Reichsbahnausbesserungswerk Brandenburg West wurde ein Verfahren der Stangenlagerbearbeitung nach vorstehenden Grundsätzen entwickelt und in Zusammenarbeit mit der Maschinenfabrik Vulkanhammer Berlin-Neukölln eine für das Verfahren geeignete Stangenlagerbearbeitungs- und Vermessungsmaschine gebaut.

Der vor Jahren aufgestellte erste Entwurf zu einem neuen Stangenlagerbohrwerk, sah die Bearbeitung der Lagerbohrungen unter Verwendung des in allen Lokomotivwerken vorhandenen Stangenmeßtisches durch Hinzufügen eines aufgebauten, fahrbaren Bohrwerkes vor. Durch die spätere Erweiterung des Aufgabenkreises der Maschine mußte dieser Entwurf verbessert werden, da er für das geänderte Bearbeitungsverfahren in der Anordnung ungeeignet und in der Ausführung für die dauernde Erhaltung einer großen Bearbeitungsgenauigkeit zu leicht war. Die hinzugenommene Bearbeitung der Lagerkörper (Vorbohren und Planen der Seitenflächen der Rotgußlagerschalen) bringt erhebliche Schläge in die Bohrspindel, die bei der geforderten Arbeitsgenauigkeit nur von kräftigen Bohrwerken mit soliden Lagerungen der Bohrspindel aufgenommen werden können. So entstand mit der praktischen Verwirklichung des neuen in sich geschlossenen Bearbeitungsverfahrens die zuvor genannte und nachstehend beschriebene Maschine, die gegenüber dem mehr vorrichtungssähnlichen ersten Entwurf zwar erheblich schwerer und damit teurer ist, die aber, da sie die Bearbeitung auf eine ganz neue Grundlage stellt, in ihrer finanziellen Auswirkung doch wirtschaftlicher ist, zu dem eine Karusselldrehbank oder eine andere Drehbank in Fortfall kommt.

Bei der konstruktiven Durchbildung der verschiedenen neuartigen Einrichtungen des Verfahrens waren manche Schwierigkeiten zu überwinden. Der Druckguß wurde anfänglich mit einer Kolbenpresse erzeugt. Versuche ergaben jedoch, daß das Gießen mittels hochgespannter Gase günstiger durchführbar ist. Gegenüber vorhandenen Druckgußmaschinen für hohen Gasdruck mußten hier neue Wege gesucht werden, da die Verwendung der besonderen Druckkammern hier nicht zugänglich war. Die gefundene Lösung befriedigt vollkommen, denn der Einguß sitzt fest in den unverzinnnten Rotgußlagerkörpern. Die neu durchgebildeten, leicht zentrierbaren Gießvorrichtungen sind mit Druckluft-Schnellspannvorrichtungen versehen. Beim Einbau ist der Kerndurchmesser unter Berücksichtigung des Schwindmaßes des Lagermetalls zu wählen. Dieses beträgt 0,1 bis 0,3 mm bei kleinen und 0,3 bis 0,5 mm bei größeren Lagern. Die Kerne werden in Durchmesserstufen von 0,5 mm vorrätig gehalten.

Erst nach vielen Versuchen gelang es, die bestgeeignete Ausbildung und Anordnung der Gießdüsen zur Erzielung eines blasenfreien, dichten und in der Oberfläche glatten Gusses zu finden.

Die gleichzeitige Ausbildung des Bohrwerkes als Meßmaschine hat neben der dadurch erzielten kürzeren Gesamtfertigungsdauer den großen Vorteil, das Aufkommen von Meßfehlern gänzlich auszuschalten.

Die Durchführung des neuen Verfahrens war nur durch die weitgehende Unterstützung der Werkstättenabteilung der Reichsbahndirektion Berlin möglich.

In nachfolgender Zusammenstellung sind die Arbeitsgänge des bisherigen und des neuen Verfahrens dargestellt.

#### Arbeitsübersicht für Stangenlager

nach dem alten Verfahren im RAW Brandenburg-West.

##### Arbeitsgang

1. Stangen auf Bohrwerk aufspannen und ausrichten.
2. Lager ausbohren und Rotgußleisten freidrehen.

3. Vordere Seitenflächen planen, Hohlkehle drehen und Kontrollkreis eindrehen.
4. Hintere Seitenflächen planen und Hohlkehle drehen.
5. Stangen ausspannen und von Maschine nehmen.
6. Lager aus den Stangenköpfen heraus schlagen.
7. Lager ausgießen.
8. Ausgegossene Lager in die Stangenköpfe einsetzen.
9. Stangen aufspannen und ausrichten.
10. Metalleinguß auf Schenkelmaß ausbohren.
11. Hohlkehlen drehen.
12. Hohlkehlen drehen.
13. Stangen ausspannen und von Maschine nehmen.
14. Lager aus den Stangenköpfen heraus schlagen.
15. Ölkeile, Ölmulden und Nuten für die Filzstreifen an- und einfräsen.
16. Lager in die Stangenköpfe einsetzen.
17. Stangensatz kuppeln und auf dem Meßtisch das Stichmaß nachmessen.

Nach dem neuen Verfahren im RAW Brandenburg-West.

##### Arbeitsgang

1. Gekuppelten Stangensatz auf Bohrwerk aufspannen und ausrichten.
2. Lager ausbohren und Rotgußleisten freidrehen.
3. Beiderseitige Seitenflächen planen, Hohlkehlen und Kontrollkreis eindrehen, Körnermarken anbringen.
4. Lager ausgießen.
5. Lager walzen.
6. Nuten für Filzstreifen einfräsen.
7. Stangen ausspannen und von Maschine nehmen.
8. Ölmulden einfräsen und evtl. Ölkeile herstellen.

Abb. 3 zeigt die neue Stangenlagervermessungs- und Bearbeitungsmaschine mit einem eingebauten Kuppelstangeneinsatz einer P 10 Lokomotive. Das Bett ist 10 m lang und 1 m breit. Die äußeren Linearführungen tragen den portalähnlich ausgebildeten Support. Zwei innere Gleitbahnen dienen zur Aufnahme der längs verschiebbaren Aufspannvorrichtungen, von denen drei verschiedene Arten vorhanden sind. Einspannzentrierböcke mit genau in Bohrspindelachshöhe liegenden Körnerspitzen zum Einspannen der Gelenkbolzen; zwei Endschraubstöcke mit senkrecht verstellbaren Reitstockpinolen und symmetrisch dazu liegenden, senkrecht verstellbaren Spannbacken und endlich Spannbocke mit waagrecht bewegten, gegenläufigen Backen zum Festspannen der Stangen selbst. Die Backen sind ballig gelagert, um ein Verspannen der Stangen zu vermeiden.

Nachdem die einzelnen Treib- und Kuppelstangen vermessen, bearbeitet und die vorgearbeiteten Lager in die Stangenköpfe eingepaßt sind, werden sie zusammengekuppelt und der ganze Kuppelstangensatz mittels Kran auf das Bohrwerk gebracht. Festpunktachse und Ausgangspunkt für das Einrichten des Stangensatzes ist stets die Körnerachse des ersten Gelenkbolzens. Um jede Erschütterung bei der Lagerbearbeitung und ein Ausweichen der Stangen zu vermeiden, werden die Kuppelstangen nahe den Köpfen noch durch die mit Klemmbacken versehenen Spannbocke festgelegt.

Die lotrechte Längsmittelachse des Stangensatzes liegt nach dem Einspannen in der lotrechten Längsmittellebene des Bohrwerkes. Die Übereinstimmung wird durch einen auf der Supportgleitbahn entlang geführten Parallelreißer vorgenommen. Der Kuppelstangensatz ist in verhältnismäßig sehr kurzer Zeit ausgerichtet und festgespannt.

Abb. 4 zeigt den Support mit seinen zwei Planscheiben und den direkt auf der Bohrwellen sitzenden 5 PS-Gleichstromantriebsmotor. Der große Regelbereich der Bohrwellen von 320 bis 1200 Umdr./Min. gestattet eine Änderung der Schnitt-

geschwindigkeiten von 40 bis 200 m/Min. ohne Zahnräder-übersetzung. Die beiden Planscheiben, welche einzeln und gleichzeitig einschaltbar sind, arbeiten gegenläufig, um die auftretenden Kräfte in der Maschine abzufangen. Der feste Vorschub für Planen und Bohren beträgt 0,02 mm. Für den Quertransport ist ein Eilvorschub von 30 mm eingebaut.

Bolzen zur beiderseitigen Verriegelung in die oben erwähnten gehärteten und geschliffenen Buchsen eingeführt werden können.

Zum Ausbohren der Lager wird die Bohrwelle, die in den beiden Körnerspitzen des Bohrwerkes gehalten wird, eingebaut. Die beiden Stähle, je einer zum Vorbohren und Schlichten,

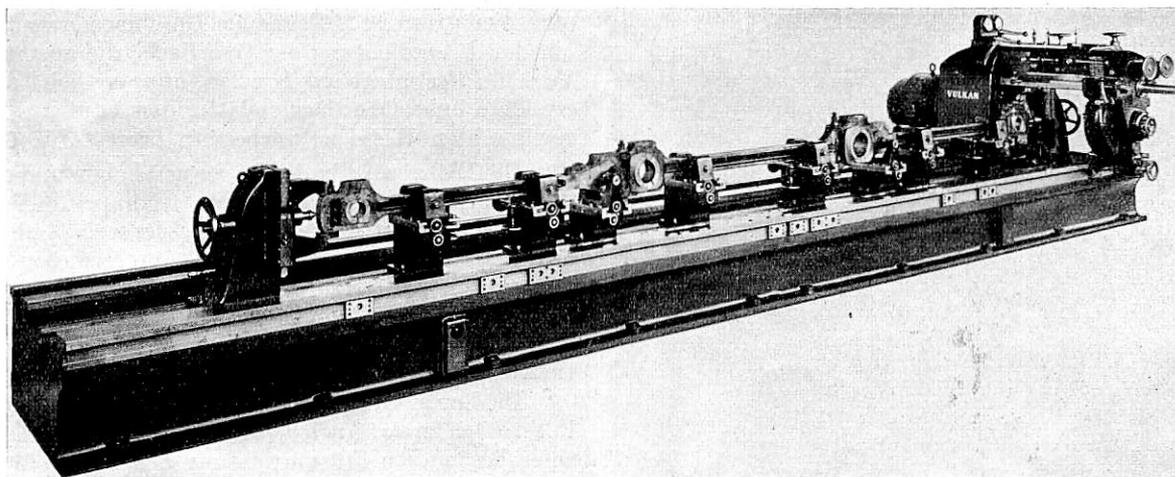


Abb. 3. Stangenlagervermessungs- und Bearbeitungsmaschine mit eingebautem Kuppelstangensatz einer P 10 Lokomotive.

Der Schlitten ist durch einen besonderen elektrischen Antrieb mit Druckknopfsteuerung über die ganze Bettlänge verfahrbar. Um ihn ohne Verwendung besonderer Meßstäbe schnell und genau um die Stangenstichmaßlängen verschieben zu können, sind auf beiden Seiten des Bettes die Urstichmaße der Stangen der zu unterhaltenden, verschiedenen Lokomotiven durch eingebaute Buchsen mit einer Genauigkeit von 0,02 mm festgelegt. Ist der Stangensatz eingelegt und festgespannt, werden die Rotgußlagerkörper nacheinander vorgebohrt und plangedreht.

werden mittels Reiterlehre vorher auf das im Meßblatt angegebene Maß genau eingestellt. Ist ein Lager ausgebohrt, wird die Bohrwelle entfernt und die Seitenflächen der Lager werden durch die Plan- und Hohlkehlstähle der Planscheiben auf beiden Seiten gleichzeitig auf die genauen Breitenmaße abgedreht. Die Lagerbreite wird von Lagermitte aus auf einer seitlich am Bohrkopf angebrachten Meßskala während des Planens abgelesen. Ist das Rotgußlager fertig bearbeitet, werden die vorgeschriebenen Kontrollkörner mit einer an der Planscheibe angebrachten Körnervorrichtung auf den Stangenkopfsseitenflächen eingeschlagen. Hierdurch ist die Gewähr gegeben, daß die Kontrollkörner nun tatsächlich genau zentrisch zur Lagerbohrung liegen.

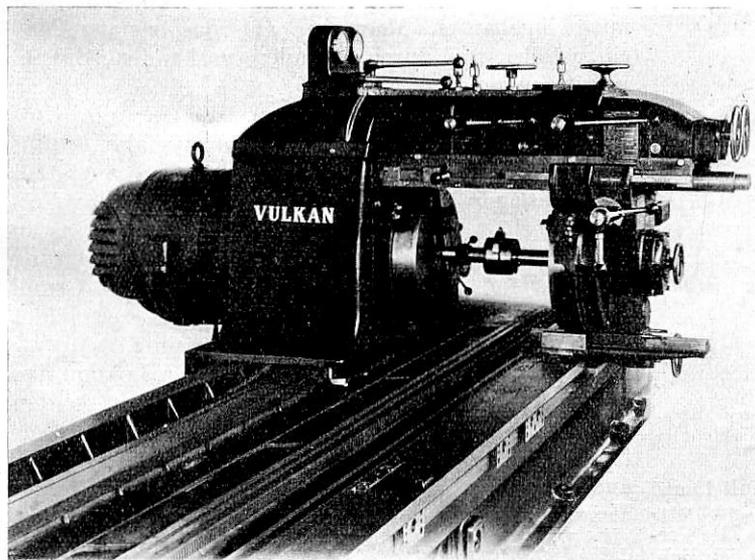


Abb. 4. Schlitten mit den zwei gegenläufigen Planscheiben, der auswechselbaren Bohrwelle und dem 5 PS Antriebsmotor.

Der vor dem Einbringen des Stangensatzes an das Ende des Bettes verfahrenene Schlitten fährt, von seinem Fahrmotor angetrieben, zur ersten Lagerstelle. Eine rote Signallampe leuchtet auf, wenn er in Lagermitte steht. In dieser Stellung wird die weitere Stromzuführung durch Betätigung des Druckknopfes unterbrochen und der Schlitten durch eine Feinst-einstellung von Hand so eingerichtet, bis die genau geschliffenen

Das Lager wird nunmehr, bevor der Schlitten zum nächsten Lager weiterfährt, zum Ausgießen vorbereitet. Die Zentrierwelle mit dem vorgewärmten Kern und der Druckluftspannvorrichtung wird in das Lager eingebracht und zwischen die Körnerspitzen des Bohrwerkes gespannt. Der Kern sitzt somit genau zentrisch zur Lagerachse. Hierdurch und mittels des Druckgusses ist es möglich, die Lagerschale mit einer nur 1 mm starken Weißmetallschicht ohne Schwierigkeiten und ohne jegliche Verspannung unter Erhaltung des gewachsenen Gefüges und der Gußhaut des Lagermetalls, herzustellen. Die über die Zentrierwelle geschobene Luftspannvorrichtung drückt die Flansche des Kernes so fest gegen die beiden bearbeiteten Seitenflächen des Lagers, daß sie gegen den hohen Druck des einschließenden Lagermetalls vollkommen abdichten.

Ist der Kern festgespannt, so wird der Zentrierdorn aus den Körnerspitzen gelöst, der Schlitten entkuppelt und zur nächsten Lagerstelle gefahren, wo sich die beschriebene Arbeit in gleicher Weise wiederholt. Inzwischen wird die in Abb. 5 dargestellte, für die Stangenlagerbearbeitungsmaschine besonders entwickelte Gieß-einrichtung mit dem gas- oder elektrisch beheizten Gießofen an das erste Lager herangebracht. Das Mündungsrohr des Ofens wird mittels Gießdüse mit dem Kern verbunden. Nunmehr wird das auf die erforderliche Temperatur erhitzte, flüssige Lagermetall mit einem Druck von mindestens 15 atü in wenigen Augenblicken in das Lager gedrückt. Als Druckmittel dient Stickstoff oder Preßluft. Nach beendetem Guß

führt die Gießeinrichtung zur nächsten, inzwischen vorgearbeiteten Lagerstelle. Aus dem ausgegossenen Lager wird der Kern mittels einer einfachen Ziehvorrichtung von Hand herausgezogen.

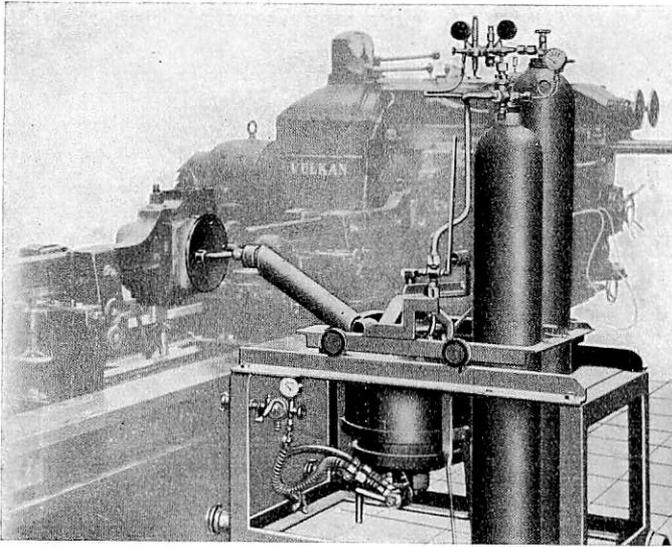


Abb. 5. Gießmaschine für Druckguß mit gasbeheiztem Schmelztiegel und den Druckbehältern für Stickstoff.

Die Druckgießeinrichtung besteht aus einem parallel zum Bett verfahrbaren Gestell, auf dem quer zum Bett ein zweiter Wagen fahrbar angeordnet ist. Letzterer trägt den gas- oder elektrisch beheizten Schmelzofen mit Tiegel und Spritzrohr, dazu einen Luftbehälter für 15 bis 30 atü und einen für 180 bis 200 atü. Der erstere wird von dem letzteren durch ein Druckminderventil gespeist und dauernd auf gleichem Druck

Lauffläche

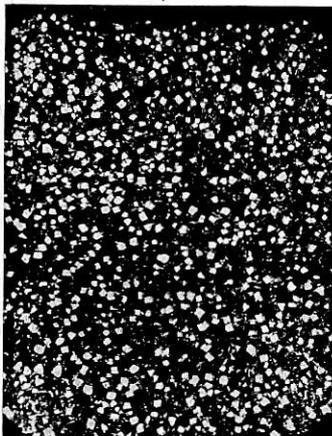


Abb. 6.

Gefüge von Wm 80 Weißmetall wie bisher ohne Druck gegossen. Oberfläche durch Verspannen hergestellt.

Lauffläche

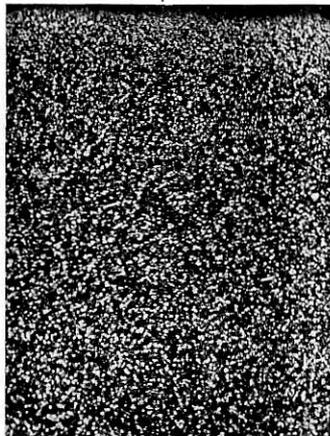


Abb. 7.

Gefüge von Wm 80 Weißmetall mit 15 atü Druck gegossen. Oberfläche ohne vorhergehende Verspannung gewalzt. Die Verdichtung durch das Walzen gut ersichtlich.

(Gießdruck) gehalten. Der Gießdruckbehälter ist mit dem Gießofen durch eine Rohrleitung verbunden. Der Gießdruckbehälter dient nur als Luftpuffer, da beim Öffnen des Druckgußhahnes die Luft aus dem Hochdruckbehälter über das Ventil nicht so schnell nachströmt, um den Druck während des ganzen Gießverfahrens auf gleicher Höhe zu halten. Um Unfälle durch versehentliches Öffnen des Druckgußhahnes zu verhüten, ist in der Rohrleitung vom Gießdruckbehälter zum Gießofen noch ein von Hand zu betätigendes Ventil eingebaut. Der Schmelzofen ist mit einem Pyrometer aus-

gerüstet. Die Luftbehälter sind mit Druckmessern versehen. — Von einer Beschreibung der Konstruktionen des gas- oder elektrisch beheizten Schmelzofens mag hier abgesehen werden.

Nachdem sämtliche Lager des Stangensatzes ausgegossen sind, wird die Oberflächenhaut des eingegossenen Lagers mit einer Walzvorrichtung gedrückt. Das Walzen hat einen dreifachen Zweck: Zunächst geschieht es um die Lagerbohrung ohne Verspannung auf genauen Durchmesser zu bringen, dann, um durch Verdichtung der Oberfläche die angestrebte größere Verschleißfestigkeit zu erzielen und endlich, um durch die erreichte hohe Oberflächenglätte, den Lauf des Lagers in der gewünschten Weise zu verbessern (siehe Abb. 6 und 7).

Die Walze wird in das Lager geschoben und mit den Bohrwellen des Supports beiderseits gekuppelt. Der Walzdruck und der Lagerdurchmesser sind ablesbar. Zudem kann man den Walzdruck am eingebauten Amperemeter stets indirekt überwachen und dadurch verhüten, daß Motor und Maschine durch zu hohe Stromaufnahme Schaden erleiden und die Stangenschlösser sich durch übermäßigen Walzdruck aufweiten. Die Walzen werden radial durch Keilflächen verstell.

Die Lager sind nun bis auf die noch fehlenden Nuten für die Filzstreifen fertig. Auch diese Arbeit führt die Maschine mit Hilfe einer besonderen Fräsvorrichtung aus, die in ähnlicher Weise wie die Lagerbohrwelle in den Bohrsupport eingespannt wird.

Sind sämtliche Lager eines Stangensatzes ausgegossen, gewalzt und gefräst, wird der Stangensatz von der Maschine genommen.

Die seitlichen Ölkeile werden anschließend von einem von Hand geführten Fräser bzw. einer Säge hergestellt, die von einem Motor mittels einer biegsamen Welle angetrieben werden. Nach Abschluß der Ölkammern durch Deckel mit den Ventilstiften sind die Stangen einbaufertig.

Weicht das herzustellende Stangenstichmaß (namentlich bei Treibstangen) vom Urmaß ab, so kann es auf der Maschine mit ebensolcher Genauigkeit hergestellt werden. Der Bohrkopf ist in diesem Fall in Urmaßstellung zu bringen und mittels einer Meßuhr mit eingebauten Magneten auf das genaue Maß einzustellen und durch besondere vorhandene Spannvorrichtungen festzulegen.

Die gleichen Überlegungen, die für die Entwicklung des neuen Bearbeitungsverfahrens für Stangenlager bestimmend waren, treffen auch für die Achslager zu. Ja, man kann sagen, das Verfahren erhält erst seinen vollen Wert, wenn es in gleicher Weise auch auf die Achslagerbearbeitung entsprechend ausgedehnt wird. Aus diesem Grund ist das Verfahren auch für Achslager ausgebildet worden und kommt bald zur Einführung.

Die nach jeder Untersuchung der Lokomotive wieder hergestellten Urstichmaße der Achsen werden um so länger erhalten bleiben, je besser die Oberflächenbeschaffenheit der Achslager eine Formänderung des Stichmaßes durch Erwärmung oder Verschleiß verhindert.

Versuche haben ergeben, daß mit dem beschriebenen neuen Lagerherstellungsverfahren, Lageringüsse von jeder beliebigen Stärke ohne jegliche Verspannung und Metallverluste unter Erhaltung der Gießhaut und der gewachsenen Struktur, mit der größten Genauigkeit und der größten nur erreichbaren Lauffähigkeit ohne Schwierigkeiten hergestellt werden können.

Das Verfahren kann nicht nur in den Reichsbahnausbesserungswerken, sondern auch in sämtlichen Betriebswerkstätten mit verhältnismäßig geringen Kosten eingeführt werden und ist nicht nur für Weißmetall, sondern auch für alle anderen Lagermetalle und Lagerbronzen verwendbar.

Bei Verwendung des Verfahrens wird der jetzige Lagermetallverbrauch um mindestens 90% vermindert. Hierzu kommt die weitgehende Verbesserung des Metalls infolge des Druckgießens und Walzens und hierdurch die Erhöhung der Laufleistungen auf das Doppelte und mehr.

Die Verwendung dünnwandiger Metalleingüsse schließt die bei den bisherigen starkwandigen Eingüssen bisweilen auftretenden gewaltsamen Zerstörungen der Zylinderdeckel beim Heißlaufen der Treibstangenlager vollkommen aus und beseitigt somit eine wesentliche Betriebsgefahr.

### Die Gleitlagerreibung bei Fettschmierung.

Von Dr. Ing. Ludw. Schneider, München.

Es ist bekannt, daß die Reibungsverluste eines Gleitlagers mit der Viskosität oder Zähigkeit des Schmiermittels zunehmen. Weniger bekannt ist, daß zwei Schmiermittel gleicher Zähigkeit verschiedene Schmierfähigkeit besitzen können, eine Folge der verschiedenen „Schlüpfrigkeit“ der Schmierstoffe. Die Reibungsarbeit erscheint in Form von Wärme. Wegen der festeren Konsistenz der Schmierfette, was allerdings noch nicht mit größerer Zähigkeit wesensgleich ist, und wegen der höheren Erwärmung der fettgeschmierten Lager werden der Fettschmierung allgemein hohe Reibungsverluste zugeschrieben, ohne daß genauere Zahlen hierüber bekannt sind. Eine kurze Untersuchung der tatsächlichen Verhältnisse und die Angabe von bestimmten Größen soll der bisher mehr gefühlsmäßigen Wertung der Fettschmierung eine bessere Grundlage geben.

Die Reibungsarbeit in mkg an einem Zapfen vom Durchmesser  $2r$  in  $m$  ist je Zapfenumdrehung

$$L = 2 \pi r F \cos \varphi \operatorname{tg} \varphi,$$

wenn  $\operatorname{tg} \varphi$  den mittleren Reibungswert und  $F$  die mittlere gegen die Lageroberfläche gerichtete Normalkraft in  $kg$  darstellt. Da  $\varphi$  bei regelrechter Schmierung von der Größenordnung eines Grades ist, so wird  $L$  sehr angenähert.

$$L = 2 \pi r F f, \text{ worin } f = \operatorname{tg} \varphi \dots \dots \dots 1)$$

Der Reibungswert  $f$  kann nach der hydrodynamischen Theorie der Reibung von Osborne Reynold ausgedrückt werden\*) als:

$$f = \lambda \sqrt{\frac{n \cdot \eta}{p}} \dots \dots \dots 2)$$

Darin ist  $n$  die Umdrehungszahl des Zapfens je Minute,  $\eta$  die Viskosität des Schmiermittels in Zentipoisen bei der tatsächlichen Lagertemperatur,  $p$  die spezifische Lagerbelastung in  $kg/cm^2$ , d. h.  $p = \frac{F}{2rl}$ , wenn  $l$  die Zapfenlänge ist.

Für  $\lambda$  hat H. Brillié\*\*) den Mindestwert 0,000456 angegeben. Nach Versuchen von R. O. Boswall\*\*\*) beträgt  $\lambda$  für Schalen mit Weißmetallausguß wegen der Rauheit der Schalenoberfläche und für Belastungsverhältnisse, wie sie bei Kurbelzapfen vorliegen, 0,00073. Die Reibungsarbeit je Zapfenumdrehung beträgt somit:

$$L = 2 \pi r F 0,00073 \sqrt{\frac{n \cdot \eta}{p}} = 0,00458 r F \sqrt{\frac{n \cdot \eta}{p}}$$

Als einzige Einflußgröße des Schmiermittels enthält diese Gleichung dessen Viskosität. Bemerkenswert ist, daß  $\eta$  unter der Quadratwurzel steht, sein Einfluß also nicht erheblich ist. In der Gleichung für  $L$  ist unsichtbar allerdings auch die Lagertemperatur enthalten, da  $\eta$  eine Funktion davon ist. Im Beharrungszustand nimmt die Zapfen- und Schalenoberfläche eine gewisse Temperatur  $T$  an, kurz als Lagertemperatur bezeichnet, die höher liegt als die Temperatur  $t$  der umgebenden Luft.

\*) Eine ähnliche Form hat die Gleichung von E. Schneider (Versuche über die Reibung in Gleit- und Rollenlagern, Petroleum 1930, S. 221)  $f = 2,4 \sqrt{\omega \cdot \eta \cdot p}$ , worin  $\omega$  die Winkelgeschwindigkeit der Drehgleitbewegung ist.

\*\*) H. Brillié, Die Erscheinungen der Viskosität und die Schmierung. Les Chemins de fer et les Tramways, Mai 1932.

\*\*\*) Engineering, 15./29. April 1932.

Fettschmierer sind keine Fette im chemischen Sinn, sondern Aufquellungen von Seifen in Mineralölen. Die Lagertemperatur darf, wenigstens für längere Zeit, bei der Fettschmierung keinen höheren Wert annehmen, als dem Tropfpunkt des Fettes entspricht, weil sonst alles Öl in kurzer Zeit aus dem Seifengerüst auslaufen und die Fettschmiere vorzeitig verbraucht sein würde; sie liegt in der Regel etwas darunter. Der Tropfpunkt erreicht bei kalkverseiften Fetten höchstens  $110^\circ C$ , bei natronverseiften höchstens  $200^\circ C$ . Letzterer Wert trifft nur für Wälzlagerfette und sonstige Spezialfette zu, während Gleitlagerfette niedrigere Tropfpunkte von  $150$  bis  $160^\circ C$  aufweisen sollen.

Ist  $Q$  die stündlich aus der Reibungsarbeit entstehende Wärmemenge in  $keal$ , so kann man mit

$$c = \frac{Q}{T - t},$$

die je Grad Temperaturdifferenz und Stunde von der Lagerstelle abzuleitende Wärme bezeichnen und es gilt dann:

$$T = t + \frac{L_{st}}{427 c} = t + \frac{2 \pi r 60 n F}{427 c} f \dots \dots \dots 3)$$

Diese Gleichung kann auch geschrieben werden:

$$T = t + 0,129 \frac{r^2 l}{c} \sqrt{n^3 p} \sqrt{f}.$$

Auch diese Gleichung für  $T$  enthält die Viskosität unter der Quadratwurzel. Sie gibt  $T$  als bloße Funktion von  $\eta$ , wenn die Zapfenabmessungen,  $n$ ,  $p$  und  $c$  bekannt sind. Der Wert von  $c$  läßt sich experimentell bestimmen. Die Italienischen Staatsbahnen haben\*)  $c$  für die Kurbelzapfen einer Vierlingslokomotive ermittelt und gefunden:

	c in kcal/°C	
	Innenkurbel	Außenkurbel
bei $V = 80$ km/h	92	63,5
100 „	102	69,6
120 „	107,5	72

Der Wert von  $c$ , nämlich die von Zapfen und Lager stündlich je Grad Temperaturdifferenz abgeführte Wärmemenge, ist bei einer bestimmten Lokomotive von der Formgebung für Zapfen und Lager und von der Fahrgeschwindigkeit abhängig. Die folgenden Zahlen gelten also absolut nur für die von den Italienischen Staatsbahnen untersuchte Schnellzuglokomotive Gruppe 691, haben aber vergleichsweise auch allgemeinere Geltung. Die inneren Treibzapfen dieser Maschine haben  $245$  mm Durchmesser und  $140$  mm Länge, die äußeren  $155$  mm Durchmesser und  $160$  mm Länge; der Treibraddurchmesser beträgt  $2000$  mm.

Aus Gl. 3) kann bei Annahme von  $T - t$  der Reibungswert  $f$  ermittelt werden und zwar wächst  $f$  linear mit  $T - t$ . Die Reibungsarbeit  $L$  steigt nach Gl. 1) linear mit  $f$ , also ebenfalls linear mit  $T - t$  an. Da bei den Versuchen der Italienischen Staatsbahnen die an jeder Kurbel geleistete indizierte Arbeit mit dem Indikator bestimmt wurde, kann die Reibungsarbeit direkt in v. H. der indizierten Arbeit ausgedrückt werden. Auch dieser Betrag wächst linear mit  $T - t$ . Die indizierte Leistung eines Zylinders betrug bei

\*) M. Diegoli, Die Stangenlager von Schnellzuglokomotiven. Riv. tecn. Ferr. Ital. 1933. Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1934, S. 155.

V = 80 km/h . . . . .	150 PS
100 „ . . . . .	225 „
120 „ . . . . .	580 „

Die Reibungsarbeit in v. H. der indizierten Arbeit ist über der Temperaturdifferenz  $T - t$  für den inneren Kurbelzapfen in Abb. 1, für den äußeren Kurbelzapfen in Abb. 2 dargestellt. Nimmt man in Übereinstimmung mit den italienischen Versuchen  $t = 30^\circ \text{C}$  an und  $T_{\text{max}} = 110^\circ$  für kalkverseifte und  $160^\circ$  für natronverseifte Fette, so geben die Ordinaten für 80 bzw. 130° die höchsten, also ungünstigsten Werte an, welche der Anteil der Reibungsarbeit bei den verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten überhaupt erreichen kann. In die Abb. 1 und 2 sind als Kurve a auch die v. H.-Werte der

Reibungsarbeit eingetragen, welche bei den italienischen Versuchen mit Ölschmierung festgestellt wurden. \* Die im

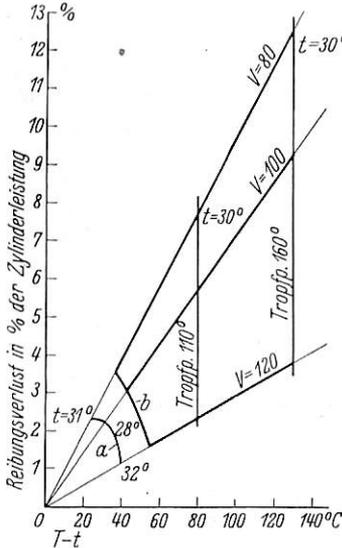


Abb. 1.

Innerer Kurbelzapfen.

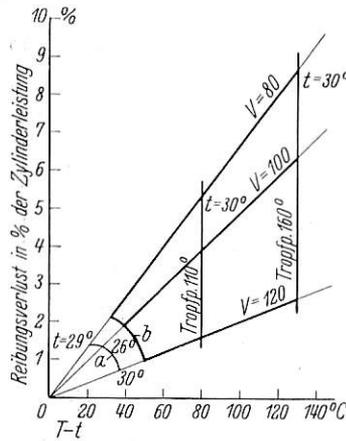


Abb. 2.

Äußerer Kurbelzapfen.

Reibungsverluste bei verschiedenen Arbeitslagen in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz  $T - t$ .

Dauerzustand überhaupt mögliche Verschlechterung des Wirkungsgrades kann für jeden Kurbelzapfen je nach dem Tropfpunkt des verwendeten Schmierfettes aus Abb. 1 und 2

unmittelbar entnommen werden. Überschritten können diese Werte nur vorübergehend werden, weil das Fett bei Temperaturen über dem Tropfpunkt zu weich würde, d. h. das Mineralöl würde aus der Aufquellung auslaufen, während die zurückbleibende Seife fast keinen Schmierwert besitzt.

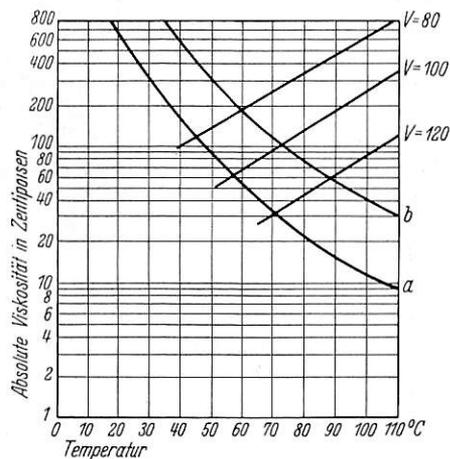


Abb. 3. Ermittlung der Viskosität aus zwei geometrischen Örtern.

Reibung“ (Vollschmierung) zutreffen, also die hydrodynamische Theorie der Reibung gilt. Bei  $f = 0,02$  bis  $0,1$  — je nach der Schlüpfrigkeit des Schmiermittels — liegt „halbflüssige Reibung“ (Mischreibung) vor. Man kann sich zwei geometrische Örter für  $\eta$  verschaffen, nämlich Gl. 2) und die für eine gewisse Mineralölsorte experimentell mit dem Vogel-Ossag-Viskosimeter bestimmbare Abhängigkeit der absoluten

Viskosität in Zentipoisen von der Temperatur. Für die Innenkurbelzapfen und  $V = 80, 100$  und  $120 \text{ km/h}$  ist die Viskosität nach Gl. 2) (nach links geneigte Linien) und für das bei den italienischen Versuchen verwandte Schmieröl (Kurve a) sowie für ein zäheres Mineralöl einer Seifenaufquellung (Kurve b) in Abb. 3 beispielsweise dargestellt. Die Höchstwerte der Lagertemperatur, die bei Vollschmierung mit Ölsorte a auftreten würden, liegen, wie folgende Zusammenstellung zeigt, unter den wirklichen Temperaturen  $T$ , die an Lokomotive Gr. 691 gemessen wurden:

	V km/h	Innenzapfen	Außenzapfen
lim T nach der hydrodynamischen Theorie	80	48°	40°
	100	56°	49°
	120	66°	64°
T bei den italienischen Versuchen gemessen	80	54°	49°
	100	60°	54°
	120	72°	67°

Damit ist erwiesen — welche Feststellung übrigens Diegoli nicht macht —, daß die „flüssige Reibung“ nicht völlig erreicht wird, sondern „halbflüssige Reibung“ stattfindet. Dies ist allerdings schon deshalb zu erwarten, weil sich die reibenden Flächen abnutzen, was im ersteren Fall nicht eintreten könnte. Die „flüssige Reibung“ gibt also den unteren Grenzwert des Reibungswertes  $f$  und der Reibungsarbeit  $L$ . Für ein Mineralöl mit der Viskositätskurve b nach Abb. 3 ergeben sich untere Grenzwerte von  $T$ ,  $f$  und  $L$ :

	V km/h	Innenzapfen	Außenzapfen
lim T nach der hydrodynamischen Theorie	80	58°	54°
	100	72°	64°
	120	87°	82°
dazugehöriges f . . . . .	80	0,0438	0,0420
	100	0,0306	0,0310
	120	0,0184	0,0178
Reibungsverlust . . . . .	80	3,6 v. H.	2,14 v. H.
	100	3,1 „	1,95 „
	120	1,6 „	1,01 „

Diese unteren Grenzwerte der Reibungsverluste, in Abb. 1 und 2 durch Kurve b dargestellt, sind jedoch unerreichbar, weil erstens, wie bei der reinen Ölschmierung, die Vollschmierung ohne Abnutzung nicht vollständig verwirklicht werden kann; zweitens beruht die Fettschmierung, sofern das Fett nicht unter hohem Druck mittels Schmierpressen zugeführt wird, gerade darauf, daß die Emulsion das Öl bei Temperaturen in der Nähe des Tropfpunktes ausschwitzt. Dazu kommt drittens, daß bei Fettschmierung von Treibstangenlagern in der Regel gelochte Drehbüchsen, die amerikanischen „floating bushings“ verwendet werden. Wegen der Lochung derselben kann sich der Druckberg, der den Zapfen von der Lagerschale abhebt, nicht voll wirksam einstellen. Die Voraussetzungen der hydrodynamischen Reibungstheorie treffen also nur unvollkommen zu und die „halbflüssige Reibung“ (Mischreibung) ist die Folge davon. Wie stark Unterbrechungen des Druckberges wirken, beweisen Versuche Kammerers von der TH Charlottenburg, der zeigte, daß sich Lager mit unzureichenden Schmiernuten im Druckberg bis zu 50 v. H. mehr erwärmen als Lager ohne solche Nuten. Wie schon angedeutet, sind die Verhältnisse bei der Fettschmierung nicht immer so ungünstig, vor allem nicht da, wo die Emulsion das schmierende Mineralöl nicht allein durch Temperaturerhöhung, sondern unter Druck abgibt und wo durch Lagerschalen, in denen sich der Druckberg ausbilden kann, die Theorie besser erfüllt wird. Bei Achslagern lassen sich diese Bedingungen eher erreichen als bei Stangenlagern. Die letzteren können bei natronverseiften Schmierfetten bzw. bei Ölschmierung folgende Wirkungsgrade aufweisen:

V=km/h	Fettschmierung		Ölschmierung	
	Mech. Lagerwirkungsgrade für Tropfpunkt 160°		Mech. Lagerwirkungsgrade bei den ital. Versuchen	
	Innenkurbel	Außenkurbel	Innenkurbel	Außenkurbel
80	87,5 %	91,3 %	97,8 %	98,7 %
100	90,7 „	93,6 „	97,7 „	98,6 „
120	96,3 „	97,3 „	98,8 „	99,3 „

Man rechnet kaum zu ungünstig, wenn man die Wirkungsgrade für den Tropfpunkt ungefähr den wirklichen Verhältnissen zugrunde legt; wird das Fett nicht unter Druck zugeführt, wie bei den üblichen Stangen-Schmierungen, so liegt die Lagertemperatur bestenfalls 10 bis 20° C unter dem Tropfpunkt. Man erkennt aus Abb. 1 und 2, daß bei niedrigeren Lufttemperaturen als  $t = 30^{\circ} \text{C}$  die Ordinaten „Tropfpunkt 110°“ bzw. „Tropfpunkt 160°“ immer weiter nach rechts rücken, d. h. die Reibungsverluste zunehmen. Dasselbe geht aus Gl. 3) hervor, da T zur Erzielung einer ausreichenden Schmierwirkung gleichbleibt und mit sinkendem t der Wert von f anwachsen muß. Dies ist bei unserem verhältnismäßig kühlen Klima wohl zu beachten.

Für die hoch belasteten Lager der Lokomotivtrieb­stangen kommen die natronverseiften Fettschmierer in erster Linie in Betracht. Die Verschlechterung der Lagerwirkungsgrade gegenüber Ölschmierung ist bei großer Fahrgeschwindigkeit und hoher Maschinenleistung nicht so bedeutend als bei geringer Geschwindigkeit und Leistung, im Durchschnitt aber ziemlich beträchtlich. Dazu kommt eine erhöhte Abnutzung von Zapfen und Lagerschalen durch die halbtrockene Reibung. In der Regel sind die fettgeschmierten Stangenköpfe so heiß, daß man sie im Betrieb nicht anfühlen kann, ja man trifft blau angelaufene Köpfe an, ein Zeichen, daß die Lagertemperatur vorübergehend 250 bis 300° C erreichen kann.

## Bearbeitung von Lokomotiv-Zubehörteilen.

Von Prof. M. Coenen, VDI, Chemnitz.

Manche Zubehörteile der Lokomotive sind großem Verschleiß unterworfen und bedürfen daher häufiger Erneuerung. Diese Teile wechseln in Art und Größe, so daß Sondermaschinen zu ihrer Bearbeitung kaum in Frage kommen. Andererseits sind die Werkstücke aber in ihrer Form ziemlich verwickelt, weshalb man bei den üblichen Arbeitsmethoden, besonders hinsichtlich des Auf- und Umspannens viel Zeit braucht, wodurch natürlich die Schlagkraft der Ersatzbeschaffung stark beeinträchtigt wird. Daraus ergibt sich die Verwendung normaler Werkzeugmaschinen, die mit zweckentsprechenden Vorrichtungen ausgestattet werden. Weiterhin ist es vorteilhaft, die Werkstücke zu fräsen, da sich dann bei Benutzung von Widiawerkzeugen oder solcher aus Kobaltstahl, die mit hohen Schnittgeschwindigkeiten arbeiten, genau maßhaltige Flächen erreichen lassen, die der Nacharbeit durch Feilen, Schaben oder Schleifen nicht bedürfen.

Abb. 1 bis 3 zeigen eine Vorrichtung zum Fräsen von Treib- und Kuppelstangenlagern auf einer Kongsolfräsmaschine. Das zu fräsende Lager wird so auf die radial verschiebbaren Steine a des Oberteiles k gelegt, daß die Kanten einer Lagerhälfte den Teilstrich b decken. Ist das Lager ausgerichtet, so wird es mit dem Steckschlüssel c durch die Schraube d und die Brücke e festgespannt. Die Spannung erfolgt an vier übereinander liegenden Punkten. Gewährleistet wird die Vierpunktaufgabe durch Kugelschraube und pendelnde Brücke. Zum Schalten wird durch Anheben des Hebels g das Ober­teil k freigegeben und durch Linksschwenken des Hebels i seine Festspannung gelöst. Das Oberteil kann nun leicht von

Diese Tatsachen lassen die Fettschmierung nur für solche Fälle empfehlen, wo sich ihre Vorteile besonders auswirken können, also für Länder mit hoher Lufttemperatur (z. B. Indien), mit sandhaltiger Bodenluft (z. B. Südafrika) oder mit langen Fahrstrecken ohne Abschmierung (z. B. Nordamerika).

Die Erscheinung, daß die Fettschmierung tiefer ins Gebiet der „halbflüssigen Reibung“ führt als die Ölschmierung, legt die Verwendung kalkverseifter Fette mit niedrigen Tropfpunkten, soweit möglich, nahe. Da im Gebiet der Mischreibung die „Schlupfrigkeit“ (Fettigkeit, oiliness, onctuosité, untuosità\*) der Schmieröle die Reibung günstig beeinflusst, so ist damit für die Hersteller von Fettschmierer die Anregung zur Verwendung gefetteter Öle oder kolloidalen Graphit­zusatzes als Füllmittel des Seifengerüsts gegeben.

Es wäre wünschenswert, daß die Versuche, welche die Italienischen Staatsbahnen für Treibstangenlager durchführten, auf Achslager ausgedehnt werden. Gerade hierfür sind mehrere Fettschmiervverfahren bekannt und in Anwendung. Fettblöcke (hard grease cakes) werden in Blechkästen gelegt und an die Achsschenkelunterseite durch Federkraft angepreßt, wobei zwischen Fettblock und Achse ein feststehendes, mit zahlreichen 5 bis 10 mm-Löchern versehenes Zwischenblech eingebracht wird, oder es werden Fettkerzen (high melting point hard grease cartridges), etwa vier Stück am Achsumfang, in zylindrische Bohrungen des Lagergehäuses gesteckt, wo sie allmählich abschmelzen und die Löcher einer Drehbüchse mit Schmierstoff versorgen. Auch kann bei Achslagern die vorteilhaftere Schmierung mittels Fettpressen erfolgen.

\* H. Havre, Theoretische und praktische Untersuchungen über die Schmierung. Le Génie Civil 1927, Nr. 2. — Trillat, Moderne Anschauungen über die Reibung. Metallwirtschaft 1928, S. 101.

Hand in jede gewünschte Stellung geschwenkt und durch entsprechendes Betätigen der erwähnten Hebel wieder festgespannt werden. Abb. 4 zeigt die Aufspannvorrichtung mit einem Stangenlager auf dem Tisch einer Fräsmaschine. Dieses Bild läßt auch die Meßeinrichtungen erkennen. Das Einstellen zum Fräsen erfolgt nach Meßplänen. Die Einrichtung für die senkrechte Einstellung hat zwei Schieber. Der Anfang ihres Maßstabes liegt in gleicher Höhe mit der Auflage des Werkstücks und die Einstellung erfolgt nach den Umfangszähnen des Fräasers. Die Meßeinrichtung für die waagerechte Einstellung ist gleich an der Aufspannvorrichtung angebracht. Hier geschieht die Einstellung nach den Stirnzähnen des Fräasers und der Anfang des Maßstabes liegt im Mittelpunkt des Werkstücks bzw. der Aufspannvorrichtung. Die Schieber beider Meßeinrichtungen sind mit Lupen versehen, und die Feineinstellung erfolgt durch Mikrometerschrauben mit einer Teilung von 0,01 mm. Fräsversuche an einem Stangenlager G. 8<sup>2</sup> ergaben eine Gesamtzeit also einschließlich der für das Spannen und Messen von 30 Minuten.

In Abb. 5 ist eine Aufspannvorrichtung für das Fräsen der Stirnseiten von Achslagerschalen dargestellt. Das Werkstück wird hier auf eine auswechselbare Leiste b gelegt, die vom Hauptkörper a getragen wird. Die Zentrierung erfolgt hierauf durch zwei Schieber c, die durch Gewindebolzen mit Innensechskant von beiden Seiten der Vorrichtung aus ver­stellt werden können. Beim Lösen der Gewindebolzen werden die Zentrierschieber durch die Federn e wieder nach der Mitte zurückgezogen. Der Längseinstellung dienen Teilstriche,

die auf den Leisten f vorgesehen sind. Die Lagerschale wird in der Längsrichtung so verschoben, daß sie von zwei gleichbenannten Teilstrichen begrenzt wird. Die Festspannung

hier stehend an die auswechselbaren Leisten a angelegt, die an dem Hauptkörper b angeschraubt sind. In der richtigen Lage zum Lagermittelpunkt wird die Schale durch zwei

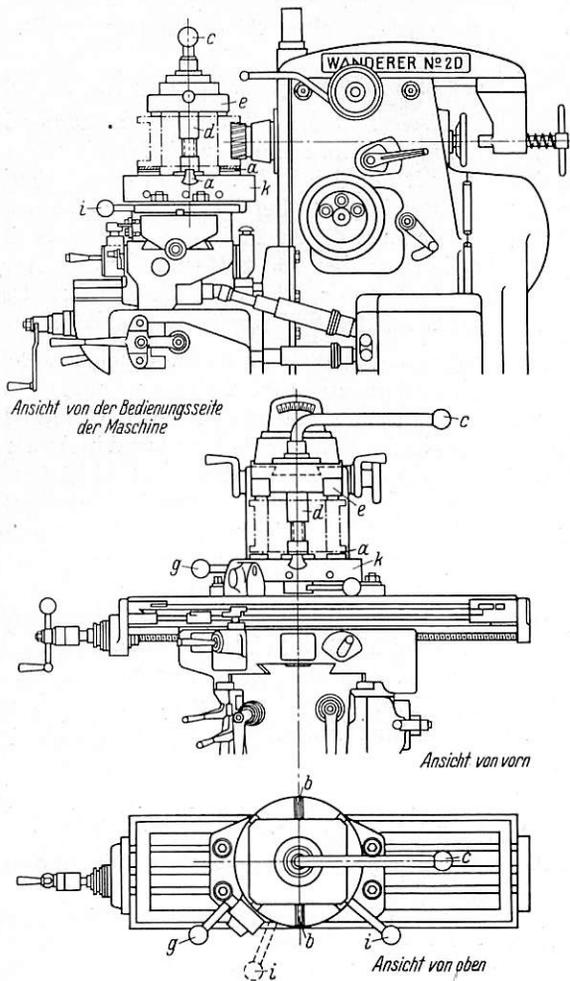


Abb. 1 bis 3. Stangenlager-Fräsen.

wird durch Anziehen der Muttern i bewirkt, die den Balken h auf das Werkstück pressen. Die ganze Vorrichtung wird auf einem Rundtisch auf dem Tisch der Maschine aufgebaut, so

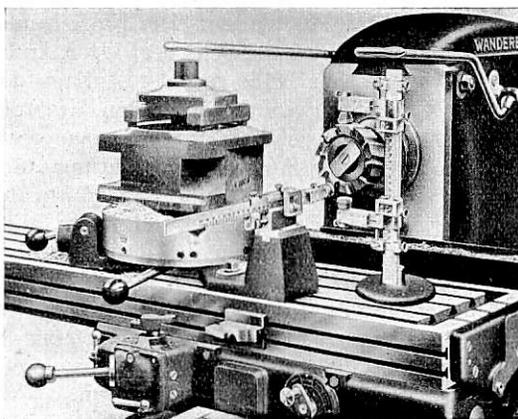


Abb. 4. Aufspannvorrichtung und Maßeinrichtung zum Stangenlager-Fräsen.

daß sie nach Bearbeitung der einen Stirnseite um 180° geschwenkt werden kann, worauf die andere Seite gefräst wird.

Auf einem Rundtisch wird auch die Vorrichtung nach Abb. 6 und 7 verwendet, die für das Fräsen der Umfangsflächen der Lagerschalen bestimmt ist. Die Lagerschale wird

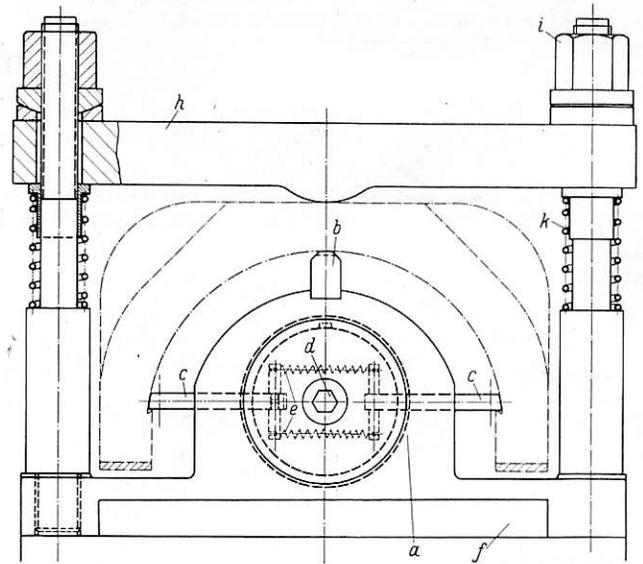


Abb. 5. Aufspannvorrichtung für das Fräsen der Achslager-Stirnseiten.

Pratzen c gehalten, die in der Leiste d durch Bolzen geführt und durch Muttern angezogen werden. Der eigentliche Spanndruck wird durch das Spanneisen e und die Mutter f ausgeübt. Die ebenen Flächen der Schale werden teils im Waagrecht- und teils im Senkrechgang der Maschine gefräst, wobei die Einstellung der Winkel durch den Rundtisch erfolgt. Von den runden Flächen wird die obere nach Anriß bearbeitet. Hierbei wird der Tisch von Hand gesteuert. Wenn dieser Teil gefräst ist, wird eine am Gegenhalter der Maschine angebrachte Kopierleiste an diese Flächen angelegt, damit der untere Teil in derselben Form und mit denselben Abmessungen gefräst werden kann.

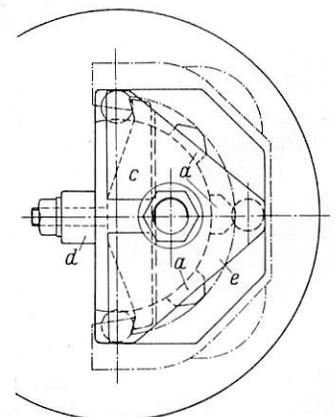
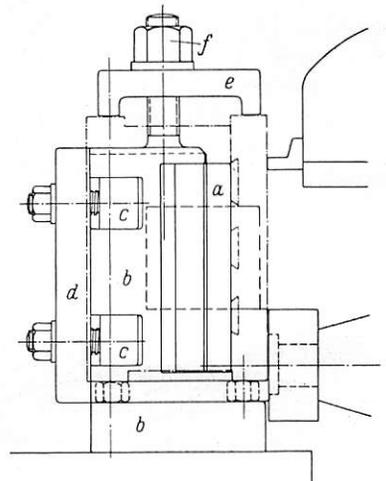


Abb. 6 und 7. Fräsen der Umfangsflächen der Achslagerschalen.

Die Abb. 8 zeigt eine Einrichtung zum Fräsen von Filznuten in Stangenlagern. Zu diesem Zweck wird ein Winkelfräsapparat a auf dem Spindellager der Maschine aufmontiert. Einbau und Ausbau des Apparates sind ohne große Umstände leicht zu bewerkstelligen. Auf dem Rundtisch b ist die Spannvorrichtung für geteilte Stangenlager aufgebaut, die aus dem Grundkörper c besteht, in dem der Aufswinkel d schwenkbar angeordnet ist. Durch ein Spanneisen, das sich gegen den Flansch des Lagers legt, wird dieses festgehalten. Der Winkel e gewährleistet eine immer gleich,

mäßige Stellung des Lagers gegenüber dem Fräser. Mit Hilfe der Vorrichtung ist es möglich, sowohl die parallel als auch die schräg zur Lagerachse verlaufenden Filznuten zu fräsen. Auch in geschlossene Stangenlager bis zu einem Kleinstdurchmesser von 100 mm können die Filznuten eingefräst werden. Die Spannvorrichtung ist dann der zylindrischen Außenform dieser Lager entsprechend ausgebildet.

Die in den Abb. 9 und 10 dargestellte Vorrichtung dient dem Fräsen von Kolbenringen. Der Kolbenring wird gegen ein Anlagestück d gelegt, das nach den verschiedenen Innendurchmessern der Ringe auswechselbar ist und seinerseits an einer Auflagebacke c liegt. Getragen wird der Ring von zwei Auflageleisten b, die ebenso wie c auf dem Hauptkörper a angeschraubt sind. Der Kolbenring wird nun durch das Spanneisen e mit Hilfe des Exzenters f festgeklemmt. Dann wird er geschlitzt und die eine Überlappung gefräst. Zum Fräsen der zweiten Überlappung wird der Kolbenring nach der

ersten bereits gefrästen mit Hilfe einer Zunge ausgerichtet, die nach den verschiedenen Überlappungsbreiten auswechselbar ist. Die Halternute kann gleichzeitig mit der Überlappung hergestellt werden oder im gegebenen Falle in einem besonderen Arbeitsgang auf der gleichen Vorrichtung.

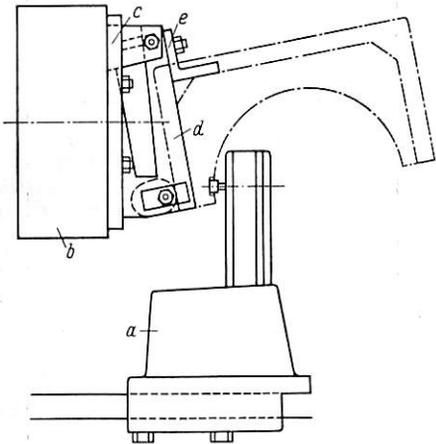


Abb. 8. Filznuten-Fräsen.

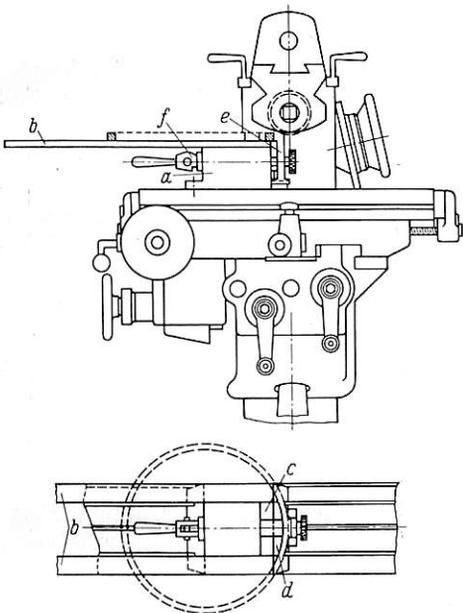


Abb. 9 und 10. Kolbenring-Fräsen.

er geschlitzt und die eine Überlappung gefräst. Zum Fräsen der zweiten Überlappung wird der Kolbenring nach der

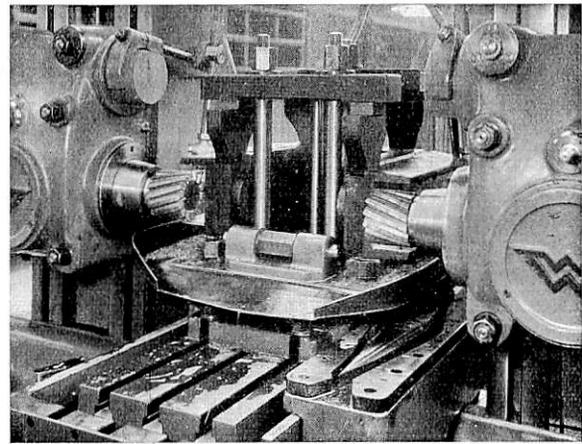


Abb. 11. Achslager-Gleitflächen-Fräsen.

Zum Schluß sei noch auf eine Vorrichtung zum Fräsen von Achslagergleitflächen hingewiesen, die auf einer Planfräsmaschine aufgebaut wird (Abb. 11). Die Schwierigkeit bei dieser Aufgabe besteht darin, daß die zu fräsenden Führungsflächen verschiedene Neigung haben. Es wird nun während der Tisch der Maschine seinen waagerechten Vorschub ausführt, das eingespannte Werkstück in der Vorrichtung gehoben bzw. gesenkt, wodurch die gewünschte Neigung entsteht. Beim Fräsen der waagerechten Flächen ist die Senkrechtbewegung ausgerückt\*). Zum Einstellen der Fräser werden Meßeinrichtungen verwendet, wie sie aus Abb. 4 zu erkennen sind. Es ist noch zu bemerken, daß die vorliegende Aufgabe auch mit Hilfe verstellbarer Messerköpfe gelöst wurde. Beim Beginn des FräSENS haben die Messerköpfe ihren größten Durchmesser, der der Neigung der Führungsflächen entsprechend selbsttätig abnimmt, um nach Fertigstellung der parallelen waagerechten Flächen wieder größer zu werden.

\*) Werkstatts-Technik 1933, Heft 22.

## Einschweißen von Stehbolzen in kupferne Lokomotiv-Feuerbuchsen.

Von Reichsbahnoberrat Silbereisen, Reichsbahndirektion Altona.

Der Stehbolzen ist noch immer ein schwaches Element des Lokomotivkessels. Zwar hat man durch Genauarbeit erreicht, daß er gegen ruhenden Druck unbedingt dicht hält, doch ist er nicht dauernd, motorisch, dichtzuhalten. Durch die Bewegungen in den Feuerbuchswänden beim Erwärmen und Wiedererkalten wird das Kesselwasser gewissermaßen in die Gewindegänge zwischen Kopf und Wand hineingepumpt. Dadurch gelangt auch Kesselstein zwischen Wand und Stehbolzenkopf. Ist dieser Kesselstein bis an die Feuerseite der Wand vorgedrungen, dann läßt sich der Stehbolzen, und zwar besonders in der Feuerzone, durch Aufdornen und Verstemmen des Kopfes nicht mehr dichten, und muß dann ausgewechselt werden. Nach wiederholtem Erneuern der Stehbolzen sind die Löcher so groß geworden, daß die Seitenwände angeschuht oder erneuert werden müssen. Das sind aber Arbeiten, die tief in den Bestand des Kessels eingreifen und erhebliche Kosten verursachen. Die Lebensdauer der Seitenwände wird noch dadurch verkürzt, daß bei dem Bilden des Stehbolzenkopfes und dem Verstemmen es sich nicht vermeiden läßt,

daß der Druck der scharfen Kanten des Döppers in der Wand rund um den Kopf des Stehbolzens Gefügeänderungen verursacht. Die Feuergase im Verein mit dem durchtretenden Wasser bei Undichtwerden des Stehbolzens zehren das wundgewordene Material um den Stehbolzenkopf schnell ab und es entstehen die gefürchteten rinnenförmigen Abzehrungen rund um den Kopf, die nach verhältnismäßig kurzer Zeit die Erneuerung der Seitenwände mindestens in der Feuerzone nötig machen.

Es ist versucht worden, durch Verbesserung des Einbauverfahrens, durch Verwendung warm- und verschleißfesten Kupfers und dadurch, daß die Stehbolzen in der Feuerbüchse nicht geköpft wurden, den genannten Schwierigkeiten zu begegnen. Es sind dadurch zweifellos Verbesserungen erzielt worden. Der Ablauf der Vorgänge, die zum Undichtwerden der Bolzen und zu der lokalen Abzehrung der Wände führen, wurde dadurch verlangsamt, aber sie wurden nicht beseitigt.

Ein dauerndes Dichthalten konnte von dem Einschweißen der Stehbolzen erwartet werden. Der Verfasser schlug daher

Mitte 1933 dieses Verfahren vor. Der mit Gewinde wie bisher eingeschraubte Stehbolzen sollte auf der Feuerseite mit der Wand verschweißt werden. Das Gewinde ist wenigstens vorläufig beibehalten worden, um die Schweißnaht zu entlasten und ihr nur die Aufgabe des Abdichtens zuzuweisen.

Im Verfolg der Anregung wurden verschiedene Ausführungsformen erprobt: Verschweißen des Randes des Stehbolzenkopfes mit der Wand, Kehlnaht um den vorstehenden, nicht gedöpperten Stehbolzen und schließlich Ziehen einer V-Naht um das mit der Wand abschneidende Stehbolzenende. Die V-Nut wurde dabei durch Abfasen des Stehbolzenendes und durch Aussenken des Stehbolzenloches gebildet.

Nach langwierigen Versuchen und zahlreichen Rückschlägen hat die an dritter Stelle genannte Ausführung (V-Naht) so gute Ergebnisse gezeitigt, daß das Verfahren auf breiterer Grundlage erprobt werden soll. Das Verschweißen kann autogen und elektrisch erfolgen, doch ist das autogene Verfahren vorzuziehen. Die Ausführungsform mit der V-Naht

hat den großen Vorteil, daß die Wand vollkommen glatt wird, so daß die Flammen keine Angriffspunkte finden und daß alle flammenberührten Wandteile von der Wasserseite her gleichmäßig gut gekühlt werden. Es werden nur die Stehbolzen in der Feuerzone geschweißt, da die über der Feuerzone liegenden Stehbolzen auch bisher bei sachgemäßer Ausführung dichthielten.

Sollte sich das Verfahren bewähren und allgemein eingeführt werden können, so würde dies die Unterhaltung der Lokomotivkessel im Betrieb und in den Ausbesserungswerken ganz erheblich vereinfachen und verbilligen. Es würde aber auch einen wesentlichen Minderverbrauch an Kupfer herbeiführen, was gerade heute von besonderer Bedeutung wäre.

Es braucht kaum gesagt zu werden, daß das Verschweißen von stählernen Stehbolzen in stählerner Feuerbüchse wesentlich leichter ist als in Kupfer. Das ist wichtig, da dieses Verfahren die Verwendung flußeiserner Feuerbüchsen vielleicht zu erleichtern und zu ermöglichen geeignet ist.

## Leichtmetalle und ihre Verwendung im Eisenbahnwesen.

Von Dipl.-Ing. F. Reidemeister.

### 1. Bedeutung der Leichtmetalle.

Nachdem der Luftfahrzeugbau — und an seiner Spitze der deutsche Luftschiffbau in Friedrichshafen — gezeigt hat, mit wie niedrigem Eigengewicht man größte Konstruktionen in Leichtmetallen ausführen kann, und nachdem auch die Kraftfahrzeuge der Landstraße mehr und mehr Teile aus diesem Baustoff verwenden, dringt von vielen Seiten das Leichtmetall auch in das Eisenbahngebiet. Besonders französische und amerikanische Bahngesellschaften verwenden schon in bemerkenswertem Umfang Leichtmetalle im Triebwagen- und Waggonbau, auf der Berliner S-Bahn läuft ein Leichtmetallprobezug der Deutschen Reichsbahn, bahneigene Behälter werden z. B. in England und Frankreich in Leichtlegierungen gefertigt, und auch um die Dampflokomotive mit ihren mannigfachen Vorteilen bei den heute geforderten Geschwindigkeiten wettbewerbsfähig zu erhalten, wird bei vielen Bahngesellschaften untersucht, ob die Verwendung von Leichtmetallen dabei zum Ziele führt. Hinzu kommt für die Deutsche Reichsbahn die Beschaffung und Unterhaltung von mehr als 2000 Kraftwagen mit Motorgehäusen aus Leichtmetall und das Bestreben, sich von der Kupferverwendung möglichst freizumachen, zwei weitere Umstände, die eine Kenntnis der Leichtmetalle verlangen.

Obwohl das Aluminium nächst dem Silizium mit 15% Anteil an der Erdrinde das meist verbreitete Metall darstellt, liegen die Arbeiten Wöhlers erst 100 Jahre zurück, des deutschen Forschers, der in Göttingen 1827 der Menschheit zum erstenmal dieses neue Metall zeigte. Daß auch das Ausland die hohe Bedeutung dieser deutschen Entdeckung voll anerkannte, zeigt eine von Napoleon III. herausgegebene Gedenkmünze, die auf einer Seite das Bild des französischen Kaisers und auf der Rückseite den Namen des deutschen Forschers trägt. Dreißig Jahre später gelang einem Franzosen eine Verbilligung des Wöhlerschen Verfahrens, doch hatte auch jetzt zunächst das Aluminium noch fast den Preis des Goldes, und erst dem Erfinder der Dynamomaschine blieb es vorbehalten, durch diese billige Stromquelle zugleich auch die Grundlage für Herstellung technisch verwertbaren Aluminiums zu schaffen.

Das verwickelte Verfahren der Aluminiumherstellung mit seinen vielen Arbeitsgängen hat seine Ursache in der Schwierigkeit der Aluminiumreduktion wegen dessen außerordentlich großer Affinität zum Sauerstoff; es hat aber andererseits den für den heutigen Arbeitsmarkt entscheidenden Vorteil, daß der Wert des importierten Rohstoffs gegenüber dem großen

Wertanteil inländischer Arbeit beim Aluminium als geringfügig in den Hintergrund tritt. Zur Gewinnung einer Tonne Aluminium sind — außer den Gehältern — allein 420 inländische Arbeitsstunden erforderlich; das bedeutet für Deutschland, daß, da Fracht und Kosten des aus dem befreundeten Ungarn eingeführten Bauxits nur 7% ausmachen, das Aluminium zu 93% deutsches Erzeugnis ist.

In einer Verfügung der Reichsbahnauptverwaltung vom Januar 1934 heißt es daher, die Frage der Leichtmetallverwendung gewänne für Deutschland deshalb erhöhte Bedeutung, weil die Leichtmetallversorgung aus deutschen Rohstoffen möglich sei. Es würde deshalb großer Wert darauf gelegt, daß weiter geprüft wird, in welchem Umfang Teile an Fahrzeugen aus Leichtmetall gefertigt werden können.

Während die meisten anderen Metalle in reiner Form technisch so gut wie unbrauchbar sind, ist das Anwendungsgebiet reinen Aluminiums recht groß. 15% werden in Form von Folien verbraucht zu Verpackungszwecken, weitere Mengen zu Geschirren, Beschlagblechen, zu Anstrichfarbe und im chemischen Apparatebau. Infolge seiner recht guten elektrischen Leitfähigkeit in Verbindung mit sehr viel leichterem Gewicht tritt das Aluminium in der Elektrotechnik mehr und mehr an die Stelle des Kupfers (z. B. für Aluminiumleitungsschienen). Besonders im Freileitungsbau hat das Aluminium das Kupfer verdrängt; das Netz der Vereinigten Staaten und Kanadas besteht zu 87% aus Aluminium, und das andere Hauptproduktionsland für Kupfer, Großbritannien, ist seit 1927 sogar 100%ig zur Verwendung von Aluminiumfreileitungen übergegangen. Die Festigkeit solcher Seile, die meist eine Seele von Stahl erhalten, und die Ersparnismöglichkeit beim Bau von Masten beweist die Ausführung einer Spannweite von über 1½ km bei einem Aluminiumseil in Kalifornien.

### 2. Allgemeine Eigenschaften der Leichtmetallegerierungen.

Während das fast reine Aluminium bezüglich Korngröße, Ausdehnungskoeffizient, Leitfähigkeit, Dehnung, Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Verformbarkeit usw. ganz bestimmte, festliegende Eigenschaften aufweist, hat man gerade bei diesem Werkstoff besonders reichhaltig die Möglichkeit, durch Zusätze weniger Prozente entsprechend gewählter anderer Metalle Legierungen herzustellen, die die technologischen Werte des Ausgangsmaterials teils in positivem, teils in negativem Sinn beeinflussen oder auch vollkommen neue Eigenschaften hervorrufen. Hier öffnet das äußerst interessante

Gebiet der Materialkunde dem Fachmann die dankbare Möglichkeit, den Erfordernissen der Wirtschaft weitgehend Rechnung zu tragen.

Er schafft sowohl Leichtmetalllegierungen für Eisenbahn-Kesselwagen, in denen Salpetersäure zweckmäßiger transportiert wird als seither in Tonkübeln, er schafft im Aldrey das Material für elektrische Leitungen, im Alfol den Stoff für die Isolation von Rohrleitungen, Personen- und Kühlwagen, er schafft dünnflüssige Gußlegierungen für Kunstguß und für Spritzguß, und ebensogut walzbare Gußlegierungen wie das Silumin, er schafft veredeltbare Legierungen und vergütbare Legierungen. Es schafft Lautal und Pantal, die durch künstliche Alterung (bei 150° C) eine erhöhte Festigkeit annehmen, und andererseits das Duralumin und Bondur, die diese Festigkeitserhöhung durch selbsttätiges Altern erfahren. Dabei gibt er uns in den zuletzt genannten Legierungen Werkstoffe, die bei fast einem Drittel des Gewichts von Flußstahl dessen Festigkeits- und Dehnungswerte mit 45 kg/mm<sup>2</sup> und 20% voll erreichen, und die — vergütet und kalt nachgereckt — bei geringerer Dehnung Festigkeitswerte von 50 bis 60 kg/mm<sup>2</sup> erreichen. Erfreulich ist es, auch auf dem Gebiet der Aluminiumlegierungen den überragenden Erfolgsanteil deutscher Werke und deutscher Erfinder festzustellen.

Wie schon Titan in Bruchteilen von Prozenten eine umwälzende Kornverfeinerung des Aluminiums und damit Erhöhung von Festigkeit und Härte bewirkt, so erhöhen geringe Mengen von Mangan die Korrosionsbeständigkeit, Antimon im besonderen die gegen Seewasser; Eisen, Kobalt und Nickel verbessern die Bearbeitbarkeit und Festigkeit. Natriumzusätze bilden die Grundlage der Veredelung insbesondere beim Silumin. Vor jedem Guß wird der einzelnen Gießpfanne Natrium zugesetzt, dessen Wirkung eine starke Kornverfeinerung ist, — eine Erfahrungstatsache, deren Ursache noch unbekannt ist. Weiterhin ist Silumin deshalb von besonderer Bedeutung, weil es die einzige eutektische Gußlegierung darstellt. Bekanntlich ist die eutektische Zusammensetzung eines Stoffes im Zustandsdiagramm gekennzeichnet durch den Punkt, in dem Solidus- und Liquiduslinie zusammenstoßen, d. h. das Silumin erstarrt nach dem Guß plötzlich, ohne erst teigig zu werden. Hierdurch werden Gußspannungen und Lunker vermieden und die Form gleichmäßig gefüllt.

Bekannt sind außer Aluminium-Silizium und Aluminium-Zink-Legierungen seit langem Legierungen des Aluminiums mit Kupfer. Als im Jahre 1909 der deutsche Forscher Wilm in Neubabelsberg zu einer Kupfer-Aluminium-Legierung mit 1/2% Mangan noch 1/2% Magnesium fügte, hatte er zunächst keine überraschenden Festigkeitswerte. Erst als nach fünf Tagen versehentlich liegende Stäbe zerrissen wurden, stellte Wilm eine über 20%ige Festigkeitszunahme fest. Er hatte die selbsttätige Alterung des Duralumins entdeckt. Beim Duralumin steigt die Festigkeit innerhalb von fünf Tagen nach vorausgegangener Glühung bei 500 bis 520° und nachfolgendem Abschrecken von 38 auf 48 kg/mm<sup>2</sup>. Bei anderen Legierungen, wie z. B. Lautal, das statt des Magnesiums einen bis zu 2% gehenden Si-Zusatz enthält, wird nach vorausgegangener Glühung und Abschreckung eine künstliche Alterung vorgenommen durch Anlassen bei 120 bis 150° während 24 Stunden.

Durch die geschilderten Verfahren der natürlichen oder künstlichen Alterung (Vergütung, Ausscheidungshärtung) erreichen alle Eigenschaften: Streckgrenze, Zugfestigkeit, Dehnung und Härte gleichmäßig ihren Höchstwert. Die metallographische Erklärung für diese Steigerung der Festigkeitseigenschaften bei der Vergütung besagt, daß wegen der Schnelligkeit der Abkühlung die Kupferauscheidung verhindert wird. Man spricht von „eingefrorenem Gleichgewicht“ und nimmt an, daß die ganze Masse durch diesen Zwangszustand in

mechanische Spannung versetzt wird, welche die Härte und Festigkeit in der geschilderten Weise erhöht. Für den Konstrukteur wichtig ist die Tatsache, daß dieser Zwangszustand bei gewöhnlicher Temperatur dauerhaft ist, daß er aber bei tagelanger Erhitzung auf 100° C oder auch bei kürzerer bis 200° C aufgehoben wird und eine Neuvergütung notwendig macht.

Eine Übersicht der für den Konstrukteur wichtigen Festigkeitszahlen im Vergleich zu Stahl gibt die folgende Zusammenstellung:

Material	Art		Zugfestigkeit kg/mm <sup>2</sup>	Dehnung %	Bemerkungen
	Walz	Guß			
Aldrey . . . .	W		32	7	Für Freileitungen
Silumin . . .		G	25	5	
„ Gamma		G	26—32	1—1,5	Kokille, vergütet
„ . . . .	W		12—15	15—25	
Elektron . . .		G	22	10	} Kokille, Mg-Leg. mit 10% Al
„ . . . .	W		34—40	10—12	
Hydronalium	W		38	20	Unvergütet
„	W		42	10	„
„		G	23—26	5—10	„
Duralumin <sup>1)</sup>	W		50—52	10—12	Vergütet, kalt nachgereckt
„ . . . .	W		44—47	10—14	Vergütet
„ . . . .	W		35—36	25	
„ . . . .	W		45	17	
Lautal . . . .	W		42—50 (60)	2—10	Vergütet, nachverdichtet
Gußeisen . . .		G	12—35	0	
Stahlguß . . .		G	36—65	14	
Stahl 37 . . .	W		39	30	
Si-Stahl . . .	W		50	22	

<sup>1)</sup> Ähnlich: Bondur, Ulminium, K S Seewasser; in Amerika 17 St.

Der Weiterverarbeitung der Legierungen können nur einige Sätze gewidmet sein: Für spanlose und spanabhebende Bearbeitung sind Leichtmetalle sämtlichen Metallen überlegen. Ein Beispiel für spanlose Verformung: Gießkostenvergleich eines Gehäuses in Silumin und Grauguß zeigt dessen Preis in Grauguß (Sandguß) mit 102,— *R.M.*, in Siluminsandguß mit 81,— *R.M.* Überragend ist ferner die Bedeutung von Leichtmetallen für Spritzguß und Preßguß, wobei besonders hohe Festigkeitszahlen erreicht werden. Präzision ± 0,1 bis 0,05 mm, Größenordnung bis 70 . 50 . 20 cm. In der spanabhebenden Formgebung arbeitet man ohne Schwierigkeiten mit den Schnittgeschwindigkeiten der Holzbearbeitungsmaschinen, wodurch die Bearbeitungszeit gegenüber Grauguß auf 1/5 herabgesetzt wird. Beim Schruppfräsen z. B. geht man nach Zeerleder bis 1200, beim Schlichtfräsen bis 1700 m/Min. und selbst beim Gewindeschneiden auf 10 bis 40 m/Min. Geschwindigkeit. Die so durch Aluminiumlegierungen erzielte Ersparnis erstreckt sich auf Gewichtspreis, Zahl der benötigten Maschinen mit Kapitaldienst und Lohn.

Die Verbindung von Leichtmetall-Bauteilen erfolgt in der Regel durch Nietung. Kalte Nieten bis zum Durchmesser von 16,8 mm werden anstandslos verarbeitet. Auch sämtliche Arten der Schweißung und des Lötens sind in letzter Zeit trotz der größeren Wärmeleitfähigkeit des Aluminiums durchgeführt. Autogenschweißung, Hammerschweißung, elektrische Lichtbogen- und Widerstandsschweißung werden für Aluminiumlegierungen angewendet. Doch wird man bei vergüteten Legierungen Schweißverbindungen vermeiden, da in der Schweißnaht und den ihr benachbarten Zonen die zusätzliche Vergütungsfestigkeit verschwindet und nur die ursprünglichen Festigkeitswerte erhalten bleiben.

### 3. Nachteilige Eigenschaften der Leichtmetalle.

Dieser Rückgang der Festigkeitseigenschaften infolge Erwärmung ist von den verschiedenen Nachteilen der Leichtmetalle der größte, da er dem Konstrukteur bei Verwendung vergüteter Legierungen die Möglichkeiten von Schweißverbindungen nimmt und auch bei Beschädigungen an Fahrzeugen kein Warmrichten und keine Schweißung zuläßt. Auch die übrigen Nachteile der Leichtmetalle müssen klar erkannt sein, damit mit ihnen gerechnet werden und ihnen womöglich entgegengetreten werden kann.

1. Da der Elastizitätsmodul des Aluminiums  $0,7 \cdot 10^6$ , der des Stahls  $2,2 \cdot 10^6$  ist, sind in allen Fällen, wo die Durchbiegung eine entscheidende Rolle spielt, Querschnittverstärkungen oder Verstrebungen erforderlich.

2. Bei Beanspruchung auf Knickung ist die freie Knicklänge einer Leichtmetallkonstruktion durch häufigere Querverbindungen zu versteifen, wodurch — wie auch unter 1. — ein Teil der Gewichtersparnis aufgehoben wird.

3. Da tragende Aluminiumkonstruktionen noch nicht wie solche aus Stahl jahrzehntlang erprobt sind, befürchten manche eine vorzeitige Ermüdung des Materials.

4. Die Korrosionsbeständigkeit stößt manchenorts auf Zweifel. Gerade die Erfahrungen der Deutschen Reichsbahn sind hier z. T. nicht befriedigend. Nicht bewährt hat sich die Alfolisolierung der Kühlwagen bei Feuchtigkeit, auch Griffe und Beschläge an Außenteilen von Personenwagen wiesen Verwitterungserscheinungen auf. Während auf Grund guter Korrosionserfahrungen anderer Firmen seit Jahren etwa 200 Aluminium-Kesselwagen chemischer Werke bei der Reichsbahn laufen, wiesen in Viehwagen eingebaute Aluminiumböden bald große Löcher infolge Korrosionen auf. Doch dürften Korrosionserscheinungen seltener werden nach weiterer Verbreitung eines neuen einfachen Verfahrens zur Erzeugung eines korrosionsfesten Schutzüberzuges.

5. Bei Mischkonstruktionen von Stahl und Leichtmetallen ist, wenn sie der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, zwischen beiden Metallen eine isolierende Schutzschicht vorzusehen, um z. B. an Nietköpfen Korrosionen durch Elementbildung zu vermeiden; auch ist bei Mischkonstruktionen der Abweichung der Ausdehnungskoeffizienten z. B. durch Ausgleichrechnung zu tragen.

Allgemein ist hiernach festzustellen, daß je nach Verwendungszweck bei der Wahl des Werkstoffs nach obigen Gesichtspunkten zu prüfen ist, ob Leichtmetallverwendung in Frage kommt, d. h. ob einzelne der obigen Nachteile in Kauf genommen, andere wirksam ausgeglichen werden können, und ob dann doch noch unter Berücksichtigung des höheren Beschaffungspreises die Vorteile der Leichtmetalle — vor allem der des dreifach geringeren spezifischen Gewichtes — überwiegen. Daß bei diesen Abwägungen die einzelnen Punkte für oder gegen die Leichtmetalle verschieden eingeschätzt werden, ist verständlich je nach Art des Betriebs, und so erklärt es sich, daß die Einstellungen der verschiedenen Firmen, Behörden und Länder zur Frage der Leichtmetallverwendung voneinander abweichen. Im Rahmen dieses Aufsatzes interessieren nur Verkehrsunternehmungen und insbesondere die Stellungnahme der verschiedenen größeren Eisenbahngesellschaften zur Frage der Leichtmetallverwendung.

### 4. Vorteile des Leichtbaus im Bahnbetrieb.

Die Eisenbahnen haben im Kampfe gegen den Wettbewerb in der Luft und auf der Landstraße verwandte Ziele, die durch zweierlei gekennzeichnet sind:

1. durch Bemühungen zur Erhöhung der Geschwindigkeit, soweit wirtschaftlich und sicherungstechnisch irgend vertretbar, und 2. durch das Bestreben, jeder Verkehrsnach-

frage möglichst an jedem Ort ein Verkehrsangebot gegenüberzustellen.

Beide Forderungen gemeinsam können durch den schweren D-Zug in seiner heutigen Form nicht gelöst werden. Man muß sich nur einmal vor Augen halten, welch ungeheure Massen bei einem D-Zug als tote Last über die Gleise geschleppt werden, welch riesige Energien man zur Beschleunigung dieser Massen aufwendet, um sie dann beim nächsten Anhalten mittels Bremsen in künstlich erzeugten Materialverschleiß und ungewollte und unverwertbare Wärme zu verwandeln, zudem welch großer Zeitverlust mit Beschleunigen und Bremsen dieser Massen verbunden ist. Überdies erreicht die Beschleunigung schwerer Züge auf Geschwindigkeiten über 100 km bald eine wirtschaftliche Grenze, während noch dazu in den Kurven die Überhöhung als Abwehrmaßnahme gegen die Fliehkraft verkehrstechnisch begrenzt ist. Die z. Z. beste Lösung stellt der Triebwagen dar, der schnell hohe Geschwindigkeiten erreicht und leicht bremst. Da Triebwagen dem Reisenden jedoch z. B. durch Wegfall der Schlaf- und Speisewagen nicht die gewohnten Annehmlichkeiten bieten können, ferner für Post- und Expreßgutbeförderung bedeutend vergrößert werden müßten, für Spitzenverkehr nicht verstärkt werden können und, da nur im Inland verwendbar, den Vorteil über die Landesgrenzen gehender Kurswagen vermissen lassen, ist z. B. bei der Deutschen Reichsbahn geplant, die großen Reisezüge mit Dampflokomotive und erhöhter Geschwindigkeit beizubehalten.

Eine an einem solchen Fernzug erzielte Gewichtersparnis bewirkt nun, daß man entweder bei gleicher Kraftmaschine diesen Zug mit höherer Geschwindigkeit fahren (auch in den Kurven ist er wegen geringerer Fliehkraft überlegen!), oder einem unterwegs vorliegenden Verkehrsbedürfnis entsprechend, häufiger halten lassen kann. Ferner wirkt sich die Möglichkeit der größeren Anfahrbeschleunigung und kürzeren Bremsung dahin aus, daß selbst bei geringeren Stationsabständen die zulässige Höchstgeschwindigkeit genügend lange gefahren werden kann.

### 5. Wirtschaftlichkeit der Leichtmetallverwendung.

Zahlenmäßig können all diese Vorteile nur schwer und z. T. gar nicht erfaßt werden, daher taucht zumeist als erstes die Frage auf: rechtfertigt die Gewichtsverringerung die Verwendung eines teuren Baustoffs, d. h. werden die höheren Anschaffungskosten allein aus den Ersparnissen an Betriebsstoff gedeckt? Um diese Frage zu untersuchen und um die Bewährung der Leichtmetalle im Betrieb zu erproben, ging die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft im Jahre 1928 daran, einen aus acht Wagen bestehenden Zug der Berliner Stadtbahn unter Verwendung von Leichtlegierungen zu bauen. Sie setzte also ihre Versuche dort ein, wo einerseits Leichtmetalle energiewirtschaftlich gesehen wegen der häufigen Halte im Stadtverkehr die meisten Aussichten auf Verwendung hatten, gleichzeitig aber preiswirtschaftlich gesehen bei den geringen Zugförderkosten des Berliner elektrischen Betriebes von  $0,15 \text{ Rpfl. je tkm}$  die Wettbewerbsmöglichkeit mit den bisher dort verwendeten Stahlwagen leichter Bauart ungemein erschwert war. Auch beschränkte man aus Sicherheitsgründen ihre Anwendung auf untergeordnete Querträger und den Wagenkasten und baute unter Abänderung der ursprünglichen Pläne das bereits angefertigte Leichtmetall-Drehgestell nicht ein; ein Ganz-Aluminiumzug würde 37% statt 11,5% Gewicht gespart haben. Ende 1930 wurden diese Wagen fertig und laufen seitdem ohne irgendwelche Beanstandungen; auch bei einer gründlichen Untersuchung nach 100 000 km im Reichsbahn-Ausbesserungswerk Schöneweide zeigten sich keinerlei Mängel.

Die Angaben über die im Stadtbahnbetrieb erzielbaren Ersparnisse für die folgende Rentabilitätsrechnung stammen

aus den Veröffentlichungen von Reichsbahnoberrat Wagner (Glaser's Ann. 11, 1931).

Berliner Preis je tkm . . . . . 0,15 *R.M.*  
Jahresleistung eines S-Bahnzuges 110000 km/Jahr  
11,5% Gewichtsersparnis . . . . . = 29,88 t/Ganzzug  
Ersparnis in

$$\begin{aligned} R.M./Ganzzug &= \text{Gewichtsersparnis} \cdot \text{Preis des tkm} \\ &= 29,88 \cdot 110000 \cdot 0,0015 \frac{R.M.}{tkm} \cdot \frac{t}{Gzzg} \cdot \frac{km}{Jahr} \\ &= 5000 R.M./Jahr \cdot Gzzg. \end{aligned}$$

Zahl der Ganzzüge/Jahr = 168.

Gesamtersparnis = 168 · 5000 = 840000 *R.M.*/Jahr,

das entspricht 10% der gesamten Stromkosten der S-Bahn!

Der häufig den Rentabilitätsersparungen zugrundegelegte Mehrpreis je kg (durch Leichtmetalle erzielte) Gewichtsersparnis gibt meines Erachtens bei Verkehrsleistungen kein vollständiges Bild der Verhältnisse, da auf der Ersparnisseite die jährlich zurückgelegten km und auf der Ausgabenseite der jährliche Kapitaldienst nicht berücksichtigt sind. Bei gleichen Mehrkosten je kg Ersparnis kann z. B. bei einer Verkehrsgesellschaft mit geringem Kredit und daher hohen Zinskosten — noch dazu bei dem Wunsch einer schnellen Abschreibung — Leichtmetallverwendung unrentabel sein, während eine andere Gesellschaft mit billigem Geld und langsamer Amortisation erfolgreich zur Leichtmetallverwendung übergeht. Es seien daher Ersparnisse und Mehrausgaben in *R.M.* je kg Ersparnis und Jahr ausgedrückt:

Bei 168 Stadtbahnzügen Gewichtsersparnis 168 · 29880 kg

$$\text{Also Preisersparnis} = \frac{840000}{168 \cdot 29880} = 0,168 R.M./kg \cdot \text{Jahr.}$$

Diesen Ersparnissen stehen Mehrausgaben gegenüber, die in einem zehn- bis zwanzigfachen Mehrpreis der Leichtmetalllegierungen gegenüber Stahl ihren Grund haben, einem Preisverhältnis, das übrigens für europäische wie amerikanische Verhältnisse in gleicher Höhe gilt. Als Angaben für den Mehrpreis je kg Gewichtsersparnis finden sich in der neueren Zeitschriftenliteratur verschiedene Werte:

Die Cleveland Railway Compagny gibt an: Mehrpreis je t 180 \$ = 0,75 *R.M.*/kg (*R.M.* = 1/4,2 Dollar). Dr. Sutter von der Aluminium-Limited Genf ergänzt diesen Wert durch Amortisation und Zinsen und kommt bei ungünstigen Annahmen von 10%iger Verzinsung und fünfzehnjähriger Abschreibung auf 2,30 *R.M.*/kg. Electric Railway Journal 1930, Bd. 74, 4 kommt auf 1,90 *R.M.*/kg und Amortisation des Mehrpreises in vier bis fünf Jahren. Haenni, Genf, errechnet als Tilgungszeit drei bis vier Jahre und als Mehrpreis je kg 1,65 *R.M.* allgemein und für Drehgestelle bis 2,10 *R.M.*/kg. Reichsbahnrat Witte\*) berichtet von einer Studienreise durch Amerika über rentable Mehrkosten je kg Gewichtsersparnis durch Leichtmetallverwendung folgende Werte der einzelnen Bahnen:

Central Railroad of New Jersey . . . . .	<i>R.M.</i> 1,—	je kg Ersp.
Reading Company . . . . .	„ 1,45	„ „ „
Fonda, Johnstown & Globersville Railway Co. . . . .	„ 1,70	„ „ „
Indiana Railroad . . . . .	„ 1,74	„ „ „
Philadelphia & Western R R . . . . .	„ 1,86	„ „ „
Clark Triebwagen (amortisiert in 2,5 Jahren) . . . . .	„ 2,—	„ „ „
Pullmann-Wagen aus Leichtmetall	„ 2,42	„ „ „

Gentzcke, der Leichtmetallfachmann einer deutschen Waggonfabrik, kommt bei einem Duralumin kg-Preis von 4,70 *R.M.* zu einem Mehrpreis je kg Gewichtsersparnis von 2,28 *R.M.* In den vier Jahren seit dieser Veröffentlichung (Hauszeitschrift 6/7, 1930) sind die Leichtmetallpreise erheblich

gesunken: als Preise werden einem Abnehmer größerer Mengen — laut Auskunft der Werke an den Verfasser — 3200 bis 3600 *R.M.* je t Leichtmetall berechnet, so daß sich folgende Mehrkosten bei Leichtmetallverwendung ergeben:

Erleichterung durch eine t Leichtmetall . . . . .	1,8 t
Preis je t Leichtmetall . . . . .	3200 bis 3600 <i>R.M.</i>
Durch Leichtmetall ersetzter Stahl . . . . .	2,8 t
Durchschnittspreis von 1 t Stahl (200 bis 300 <i>R.M.</i> ) . . . . .	200 <i>R.M.</i>
Wert des durch Leichtmetall ersetzten Stahls . . . . .	560 <i>R.M.</i>
Altmittelwert für 1 t Leichtmetall 20 bis 25% . . . . .	20%
Mehrkosten für 1 t Leichtmetall 3600 — 560 <i>R.M.</i> . . . . .	3040 <i>R.M.</i>
Mehrkosten für 1 kg Gewichtsersparnis 3040	
1,8 · 1000 . . . . .	1,69 <i>R.M.</i>

Verzinsungsbetrag je kg bei 5,28% . . 0,0895 *R.M.*/kg Jahr

Amortisiert zu werden brauchen nach

Abzug von 20% als Altwert nur

80% des Mehrpreises = 0,8 · 1,69

mit 6% . . . . . 0,081 *R.M.*/kg Jahr

Jährlicher Kapitaldienst der Mehrkosten von 1 kg Leichtmetall . . 0,1705 *R.M.*/kg Jahr.

Wird mit einem Preis von 3200 *R.M.*/t Leichtmetall gerechnet, so ergibt sich der Endwert zu 0,165 *R.M.*/kg Jahr.

Da diese Mehrkosten durch die erzielbaren Ersparnisse von 0,168 *R.M.*/kg Jahr (s. oben) gedeckt werden, erscheint somit eine Wettbewerbsmöglichkeit der Leichtmetalle selbst bei 16 bis 18fachem Mehrpreis denkbar. (Nicht berücksichtigt sind Ersparnisse an Bremsklötzen, Radreifen, Oberbau und Ausrüstung der Motoren.)

Da die Kosten und Ersparnisse auf die Einheit von 1 kg und einem Jahr bezogen wurden, hängen sie in erster Annäherung nur vom Betrage der ersparten kg ab, sind aber unabhängig von der Zahl der ersparten Gewichtsprozent; d. h. die Rentabilität der Leichtmetalle wird kaum dadurch beeinflusst, ob der ganze Wagen aus diesen Legierungen gebaut ist oder nur Einzelteile.

Zu dem speziellen Beispiel der Versuche auf der Berliner Stadtbahn soll ergänzend bemerkt werden, daß die von Dr. Wagner veranschlagten Werte nicht für das ganze Streckenbild der Stadtbahn Gültigkeit haben. Zwar wurden gerade in den Außenbezirken 10 bis 12%ige Stromersparniswerte und mehr erzielt und damit für übliche Betriebsarten angenäherte Proportionalität von Gewichts- und Stromersparnis erwiesen, doch gilt das nicht auf der Strecke durch die Stadt, da hier die fast ununterbrochen sich folgenden Kurven den Wagenwiderstand stärker zu beeinflussen scheinen, als das Gewicht es tut. Hinzu kommt, daß z. T. infolge der Kosten für die jahrelange Entwicklung dieser Bauart der Mehrpreis je erspartes kg hier noch über 40% über dem Preis liegt, der üblich und zu erwarten ist.

Da im Fernverkehr Kurven im Vergleich zur Streckenlänge keine Rolle spielen, da ferner die jährlichen Laufleistungen von Reisezügen das Doppelte der Vorortbahnen erreichen\*), und da nach Literaturangaben über andere Bahnen die niedrigen Zugförderkosten des Berliner elektrischen Betriebs Ausnahmen zu sein scheinen, dürfte im übrigen Reichsbahngebiet eine Rentabilität der Leichtmetalle auch in Deutschland zu erwarten sein.

\*) Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft:  
tägliche Laufleistung eines D-Zug-Wagens 630 km  
„ „ „ S-Bahn- „ 300 „

\*) Vergl. auch Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1934, H. 1/2.

## 6. Leichtmetallverwendung im Wagenbau.

### a) Bei ausländischen Personenwagen.

So wie die Deutsche Reichsbahn acht Wagen der Berliner Stadtbahn als Versuchsausführung in Leichtmetall bauen ließ, hat auch ein großer Teil der ausländischen Bahn-Gesellschaften Versuche mit Leichtmetall im Eisenbahnwesen angestellt und z. T. schon abgeschlossen. So führen z. B. die italienischen Bahnen bei den neueren Wagen ebenso wie die belgischen und französischen Bahnen Dächer und Doppelwände, außerdem die Inneneinrichtung, in Aluminium aus. Die Paris-Orléans-Bahn spart allein an Dach- und Innenverkleidung durch Aluminiumverwendung eine Tonne je Wagen. Den ersten Versuch der Verwendung von Leichtmetall an Eisenbahnwagen für nicht hochbeanspruchte Teile machte schon 1905 eine englische Eisenbahn-Gesellschaft. Die Wagen stehen noch heute im Dienst. Im Jahre vorher, 1904, hatte die New Yorker U-Bahn bereits an 300 Wagen eine Reihe von Innenteilen in Aluminium ausgeführt. Verschiedene Schweizer Bergbahnen verwenden seit mehr als 25 Jahren Leichtmetalle für Verkleidungsbleche und Inneneinrichtung der Wagen.

Den Schritt zur Verwendung von Leichtmetallen für tragende Konstruktionsteile gingen vor Jahren als erste die Straßenbahnen. Sie bauten, wie z. B. in Bordeaux, Neapel und Birmingham Längs- und Querträger sowie Kastengerippe aus vergütbaren Legierungen und brachen auch als erste die bislang unbestrittene Herrschaft des Stahls im Drehgestellbau. Die Ergebnisse waren so gut, daß eine Gesellschaft 150 Wagen mit Leichtmetall Drehgestellen ausrüstete; dabei kam sie nach ihren Angaben auf 50% Gewichtsverminderung. Die amerikanischen Eisenbahngesellschaften — ihre Wagen heißen die „Noiseless“, was die Geräuschlosigkeit hervorhebt — sind dem Beispiel gefolgt; sie erzielten nach ihren Angaben Ersparnisse an Gewicht von 6 bis 62%. Unter ihnen befindet sich die Illinois Central Railroad, die u. a. die Chicagoer U-Bahn mit 87 km/Std. betreibt. Von 260 Wagen sind 240 mit Leichtmetall ausgerüstet; die ältesten Wagen waren 1930 4,5 Jahre im Betrieb, mehrere davon ohne jeden Anstrich korrosionsbeständig. Die Cleveland Railway Co. hat die entstandenen Mehrkosten durch 22% Stromersparnis in 18 Monaten decken können. Die Pennsylvania-Railroad verwendet zwischen New York und Washington neun Wagen mit je 9 t Leichtmetall. Bei den neuen Pullmannwagen wurde außer Radsätzen, Federn, Achsbüchsen und Bremsklötzen kein Stück Stahl mehr verwendet, selbst nicht für Bremshebel und Bremsgestänge. Ein Wagen wiegt 33,5 t.

Ein weiteres Anwendungsbeispiel von Duralumin im Waggonbau ist der Bau der Vorortbahnwagen der französischen Staatsbahnen 1933. Begrenzt durch enge Zugfolge und bestehende Bahnsteiglängen war man gezwungen, zweigeschossige Wagen zu bauen, was durch hochwertigen Stahl und Leichtmetalle gemeinsam ermöglicht wurde. Allein die Verwendung von 3 t Aluminiumblech entspricht einer 62,5%igen Gewichtsersparnis, welche dem ganzen Fahrzeug eine solche von 24% ermöglicht. Die Wagen haben u. a. Aluminiumbleche als Außenwand und Dach und Aluminiumwellbleche als tragende Unterlage für die Fußböden. Die Wärmeisolation erfolgt durch Alfol im Dach und in den Wänden, auch besteht die ganze Inneneinrichtung aus Leichtmetall. Der Zug mit acht Wagen wurde im Juni 1933 in Betrieb genommen. Weiter laufen auf den französischen Staatsbahnen 300 Wagen mit je 1,5 t Leichtmetall aus dem Jahre 1930 und 80 noch leichtere mit 2,84 t Leichtmetall.

Von anderen Bahnen berichtet Dr. Haenni von der Aluminium Limited, Genf, über eine Fahrzeitverkürzung durch Leichtmetallverwendung von 7,5% bei gleicher Zugkraft, auch weist er zur Frage der Bahnunterhaltung darauf hin, daß

50% ihrer Kosten — die er zu 4 bis 13 cts/Wagenkilometer angibt — dem Gewicht des Wagens proportional sind.

### b) Bei deutschen Personenwagen.

In Deutschland erscheinen seit dem Jahre 1926 einzelne Leichtmetallkonstruktionen im Waggonbau und zwar als erstes Fahrzeug ein Dieseltriebwagen der Halberstadt-Blankenburger-Eisenbahn, der 50% Gewichtsersparnis brachte, welche auf der steigungsreichen Strecke besonders von Nutzen war. Auch läuft seit 1931 auf der Nord-Süd-Bahn der Berliner Verkehrsgesellschaft ein Leichtmetall-Halbzug mit Stahl in den Trägern und Drehgestellen und einer Gewichtsersparnis von trotzdem 40%.

Im Kampf um die Geschwindigkeitserhöhung auf der Schiene erschien im Jahre 1930 der Propeller-Triebwagen von Kruckenberg. Die Bekleidung der Spitze und der Seitenwände unterhalb der Fenster wurde in Leichtmetall ausgeführt; die Tragkonstruktion besteht zum größten Teil aus Stahlrohren. Bei einem Gewicht von 18,5 t fuhr er 230 km in der Stunde.

Will man trotz erwünschter Gewichtsverleicherung noch nicht direkt zur Leichtmetallausführung höher beanspruchter Teile übergehen, so besteht doch bei einer Reihe von schweren und z. T. aus Einfuhrmetallen hergestellten Einzelteilen im und am Wagen die Möglichkeit einer Gewichtsersparnis. Es werden beispielsweise bei einzelnen Gesellschaften in Leichtmetall ausgeführt: Türgriffe, Beschlüge, Gepäcknetzstützen, Fensterrahmen, Beleuchtungskörper, Notbremsgehäuse, Aschenbecher, Klappstische, Schiebetüren, Heizkörper, Heizkupplungen, Federböcke, Achslagergehäuse und Pufferhülsen.

### c) Bei Güterwagen.

Auch Güterwagen sind in mehr oder weniger großen Teilen in Leichtmetall ausgeführt. So verfügt die Chikago & Northwestern Railroad neben 100 Leichtmetall-Personenwagen mit je 2 t Leichtmetall auch über 20 Güterwagen, die unter Verwendung von Aluminiumlegierungen gebaut sind. Ferner laufen in Amerika Trichter-Güterwagen aus Leichtmetall für Erztransporte. Man wählte diesen Werkstoff, um beim Transport von Kohle und schwefelhaltigen Erzen die Korrosion zu verringern. Bei gedeckten Güterwagen machen die Schweizer Bundesbahnen Versuche mit Schiebetüren, Dachverkleidung, Puffern, Kupplungslaschen und Achsbüchsen aus Leichtmetallen. Bei den Achsbüchsen erzielte man hier, wie auch bei der französischen Nordbahn an D-Zugwagen gegenüber Stahlguß eine Gewichtsersparnis von 50%.

### d) Bei Radsätzen.

Besonders wertvoll für die Schonung des Unterbaues sind Gewichtsersparnisse in Teilen, deren Stöße nicht durch Federn gedämpft sind. Daß im Automobilbau Leichtmetall-Scheibenräder (selbst bei Rennwagen) verwendet werden, ist bekannt, aber auch aus dem Bahnbetrieb liegen gute Erfahrungen bei den Straßenbahnen von Mailand, Turin, Neapel und Frankfurt a. M. vor. Die Frankfurter Straßenbahn hat 1930 einen Straßenbahnwagen mit Elektron-Radscheiben versehen und dabei im ganzen Radsatz 24% und im Radstern 77% Gewichtsersparnis erzielt. Die Probeausführung kostete 129 RM = 21% mehr als Stahlguß, doch besteht bei Anfertigung von 100 Radscheiben ab kein Mehrpreis gegenüber Stahlguß trotz dreifachen Preises je kg, da durch Verwendung von Elektron nur  $\frac{1}{3}$  des Stahlgußgewichtes vergossen wird. Die Radsätze sind heute schon über 100000 km gelaufen. Allerdings sei darauf hingewiesen, daß die Straßenbahnen elektrisch bremsen; soll der Radsatz durch Klotzbremsen abgebremst werden, so dürfte mit der Zeit eine Lockerung der Radreifen zu befürchten sein, zumal da die Wärme im Leichtmetall-Radkörper viel

schneller abgeleitet wird als im Stahlreifen. Bei Verwendung von Trommelbremsen jedoch sind diese Schwierigkeiten nicht zu erwarten.

### 7. Leichtmetallverwendung an Lokomotiven.

Störend wirkt der Einfluß der ungefederten Radlast auch bei der Lokomotive; seine Größe wird mit beeinflusst durch das Gewicht der hin- und hergehenden Massen, da von diesen ein Teil durch rotierende Gegengewichte ausgeglichen wird. Eine Verringerung dieser Massen wirkt sich also auf die ungefederte Radlast nahezu doppelt günstig aus. Bei den hin- und hergehenden Teilen scheiden für Leichtmetallverwendung alle Teile aus, die mit Heißdampf in Berührung kommen, also Schieber, Kolben, Kolbenstange. Versuche damit bei der französischen Ostbahn ergaben Undichtigkeiten und Deformationen. Im Niederdruckteil sind Leichtmetalle für Kolben verwendbar, wie Versuche der MAN für Schiffsmaschinen zeigten. Für eine 1 C-Lokomotive der Reihe 24 der Deutschen Reichsbahn wurden im Auftrag des Reichsbahn-Zentralamts Treib- und Kuppelstangen mit den vorgeschriebenen Sicherheiten entworfen. Die erzielten Gewichtsparsnisse betragen 40% und mehr; Heißläufer sind theoretisch nicht zu befürchten wegen der dreifachen Wärmeleitfähigkeit von Aluminium gegenüber Stahlguß. Als Querschnitt wurde die Form einer Doppelbirne gewählt. Die Schwierigkeiten lagen nur in der Preisfrage, da der von den Firmen verlangte Mehrpreis für 1 kg Gewichtsparsnis zu hoch war. Aus gleichem Grunde endeten die Versuche mit Kreuzköpfen bei den Berechnungen, ohne daß Probeausführungen bestellt wurden. Die französische Ostbahn führte Treibstangen von 2,8 m Länge in Leichtmetall aus. In Amerika verwendete die Alton- und Süd-Bahn für eine Lokomotive mit fünf gekuppelten Achsen Leichtmetalle für Kuppel- und Treibstangen, Kreuzkopf, Kessel- und Zylinderverkleidung, Laufbleche, Handgriffe und Tritte.

Auch die Deutsche Reichsbahn hat probeweise seit längerer Zeit Kreuzkopfschmiergefäße in Leichtmetall an zwei Lokomotiven eingebaut, die sich gut bewährten, und in letzter Zeit Angebote der Firmen über weitere Leichtmetallverwendung im Lokomotivbau eingeholt. Dabei ergaben sich als wichtigste Gewichtsparsnisse im Voranschlag:

Lokomotivbekleidung . . . . .	800 kg
Führerhaus . . . . .	550 „
Laufbleche, Windleitbleche, Kästen usw. .	1600 „
Rauchkammertür . . . . .	300 „
Schornstein . . . . .	100 „
Handräder usw. . . . .	100 „

Insgesamt wurde eine Einsparung von zunächst 4 t an der Lokomotive und 1 t am Tender vorgeschlagen, was einer gesamten Gewichtsparsnis von 5% entspricht. (In der Praxis ausgeführt wurden entsprechende Vorschläge bei den italienischen Staatsbahnen, wo es gelang durch Verwendung von 3 t Leichtmetall 6 t Gewichtsparsnis bei einer elektrischen Lokomotive der neuen Type 2 Co 2 zu erzielen.) Weiterhin wurde noch erwogen, die geplante Stromlinienverkleidung der 03-Lokomotive in Leichtmetallblechen auszuführen, und entsprechende Angebote eingeholt. An elektrischen Lokomotiven findet Leichtmetall Verwendung bei Lagerschildern und Stromabnehmern, im Ausland auch für Getriebegehäuse, Vorhauben und auch für ganze Kastenaufbauten.

### 8. Leichtmetallverwendung an Triebwagen.

Als schnellster Zug der Welt erschien im Jahre 1933 der Schnelltriebwagen der Deutschen Reichsbahn, vielen ausländischen Bahnen ein Vorbild und Ansporn zu höherer Geschwindigkeit. Während sich bei ihm die Leichtmetallverwendung auf den Motor beschränkt, ging das Ausland in dieser

Hinsicht erstaunlich weit. Zu nennen ist zunächst eine Reihe von französischen Triebwagen mit gemischter Stahl-Leichtmetallbauart, z. B. die Micheline-Typen mit Gummireifen, Renault-Triebwagen für Nebenbahnen u. a. mit Wellblechfußboden aus Duralumin, der Renault-Schnelltriebwagen der französischen Staatsbahnen mit zwölfzylinder-V-förmigem Dieselmotor, der Charentaise-Triebwagen, fast ganz aus Duralumin und der Bugatti-Schnelltriebwagen, der 173 Stundenkilometer fuhr.

Ermutigt durch Beispiele schwerster Chassis-Konstruktionen im Lastwagenbau, ging die französische Südbahn von dieser Gemischtbauart ab und verwendete ausschließlich Leichtlegierungen in ihren 20 Triebwagen vom Typ „Pauline“, die den Höhepunkt der Leichtmetallverwendung darstellen. Der ganze Wagenkasten wiegt leer 3,3 t. Auch der Clark-Triebwagen einer amerikanischen Gesellschaft ist fast ausschließlich aus Aluminiumlegierungen gebaut. Er hat einen Cadillac-Motor; 16-Zylinder-V-Form, wiegt 13 t und erreicht 137 Stundenkilometer mit 160 Pferdekraften. Tische und Sessel im Innern wurden ebenfalls in Duralumin hergestellt. Tilgung in 2,5 Jahren. An weiteren amerikanischen Triebwagen sind die 35 elektrischen Triebwagen zu nennen, die seit 1931 auf den Linien der Indiana Railroad mit 110 km/Std. verkehren. Ihr Wagenkasten wiegt nur 9,9 t. Bei einem Zusammenstoß zweier Wagen, wobei jeder eine Geschwindigkeit von 54 km/Std. hatte, wurde nach Angabe von Reichsbahnrat Witte zwar der Vorräum eingedrückt, doch drang die Zerstörung nicht zum Fahrgastraum vor. Nach Auswechslung der Vorräume gingen beide Wagen wieder in Betrieb. Die elektrischen Triebwagen der Philadelphia und Western Bahn fahren mit Stromschiene. Sie erreichen dank weitgehender Leichtmetallverwendung und Stromlinienform 130 km/Std. und wiegen nur 23,5 t. Auch diese Wagen erlitten einen Unfall aus 56 km/Std., der sich ebenfalls nicht auf den Fahrgastraum auswirkte. Ein besonders eindrucksvolles und grundlegendes Beispiel für Rentabilität von Leichtmetallbau geben die fünf Wagen der Fonda, Johnstown & Globersville Railway Co. Sie steigerten ihre Höchstgeschwindigkeit nur um 12%, erhöhten aber dank der kurzen Anfahr- und Bremswege die Reisegeschwindigkeit um 24%; trotzdem wurde der Stromverbrauch noch um 27,5% gesenkt. Die Reading Co. verwandte erstmalig bei 70 Wagen Leichtmetall weitgehend für die elektrische Ausrüstung, und zwar für Motorgehäuse, Lagerkappen, Schütze und Bürstenhalter. Berechtigtes Aufsehen erregte in der ganzen Welt der in diesem Jahre in Dienst gestellte Leichtmetallzug der Union-Pacific-Railroad, mit dem man bei günstigen Bedingungen 192 km/Std. erreichte. Er besteht aus drei Wagen, die zusammen ein einziges stromlinienförmiges Ganzes ergeben. Der Wagen ist 20 cm schmaler und 90 cm niedriger als deutsche D-Zugwagen; der Wagenquerschnitt hat die Form des Rohrprofils. 29 t Leichtmetall sind in diesem Zuge verwendet bei einem Gesamtgewicht von 83 t. Die Fahrzeit des Zuges von Kontinent zu Kontinent beträgt statt vier Tage nur 50 Stunden. Von den übrigen amerikanischen Triebwagenneubauten wurde kürzlich bei der gleichen Gesellschaft ein sechsteiliger Schnelltriebwagenzug fertiggestellt und in Betrieb genommen, der 124 Fahrgäste aufnimmt. Den Reisenden wird in besonderen — räumlich allerdings sehr beengten — Bettkabinen Schlafgelegenheit geboten. Die Ausführung des ganzen Zuges in Leichtmetall (mit Ausnahme der Drehgestelle, Zylinderblöcke, Wiegenträger und Kopfstücke) ermöglichte ein Gesamtgewicht der sechs Wagen mit allen Vorräten von nur 210 t trotz reichlicher Innenausstattung. Ein weiterer Triebwagenzug ging im Juli 1934 bei der französischen Nordbahn in Betrieb, bei dessen drei Wagen nur der mittlere Hauptlangträger aus Stahl und der gesamte Kastenaufbau aus Leichtmetallen besteht. Einer dieser Wagen wurde versuchsweise unter Verwendung

einer unvergüteten Leichtmetall-Legierung geschweißt, wobei ein besonderes Patent der Nordbahn (Umbiegung der Stoßstellen, Einschweißen eines T-Stücks) zur Anwendung kam. Die Unsicherheit einer Versuchsausführung wurde dadurch berücksichtigt, daß man bei der Berechnung des Wagens für alle Teile nur eine Festigkeit von  $20 \text{ kg/mm}^2$  zugrunde legte. Bei dem zur Zeit geplanten zweiten Gelenkzug sollen auch die Längsträger in Leichtmetall ausgeführt werden.

### 9. Sonstige Anwendungsgebiete für Leichtmetalle im Eisenbahnwesen.

Man kann dieses umfangreiche Gebiet der Leichtmetallverwendung nicht abschließen, ohne einige Anwendungsmöglichkeiten erwähnt zu haben, die nicht mit Schienenfahrzeugen direkt zusammenhängen. Auf die Verwendungsmöglichkeit von Aldrey für bahneigene Freileitungen wurde bereits hingewiesen. Bei den neuen Reichsbahn-Kraftwagen erstreckt sich die Leichtmetallverwendung hauptsächlich auf die Motoren, bei denen Silumin Verwendung findet für die Gehäuse. Als Kolbenmaterial ist Leichtmetall weitverbreitet: z. Z. fährt kein Personenwagen mehr mit Graugußkolben und von den Lastkraftwagen nur noch 5,4%.

Die Reichsbahn-Kraftwagen fahren mit den bekannten Nelson-Bohnalite-Kolben mit Invar-Stahl-Einlage gegen unzulässige Wärmeausdehnung. Als weitere Leichtmetallteile an den Kraftwagen sind außer den Propellerflügeln für die Kühler die Kardangehäuse der Hinterachsen bei den zweiachsigen 5 t-Lastwagen zu nennen. Das Armaturenbrett weist zahlreiche Spritzgußteile auf; auch das Lenkrad besteht aus Spritzguß. Zu einer Verwendung von Leichtmetallen für den Aufbau der Wagenkästen, beispielsweise nach Vorbild der Reichspost, hat man sich bei den Erstauführungen noch nicht entschlossen, doch sind Vorarbeiten dazu im Gange. Zur Zeit laufen Versuche mit Verwendung von Silumin-Gamma für Bremszylinder, andere sind geplant zur Herstellung der Räder aus Elektron.

Ein weiteres Gebiet zur Verwendung von Leichtlegierungen im Bahnbetrieb schafft ihre Verarbeitung in transportablen Werkzeugen und Maschinen von der Schaffnerzange bis zur Gleisstopfmaschine, beispielsweise auch für das im D-Zugwagen oder auf der Lokomotive mitzuführende Werkzeug. Auch ein Hemmschuh aus Leichtmetall dürfte dem Rangierarbeiter seine

Arbeit wesentlich erleichtern. Besonders günstig würden Leichtmetallgeräte sich im Hilfszug auswirken, beispielsweise als Ersatz der schweren Werkzeuge, der Stahlflaschen für die Schneidapparate, der Aufgleisgeräte oder des mitzuführenden Hilfsdrehgestells. Hier dürfte besonders die erheblich schnellere Auslademöglichkeit und Handhabung der Geräte am Unfallort ausschlaggebend sein. Daß auch eine stationäre Verwendung von Leichtmetallen rentabel ist, scheint wert, ausdrücklich erwähnt zu werden. Im Eisenbahnwesen kommt aus Gründen der Korrosionsbeständigkeit gegen die schwefelsauren Rauchgase und wegen der Fundamentvereinfachung Leichtmetall in Frage für den Bau von Bahnhofshallen und Brücken. Nach Berechnungen der Aluminium-Limited, Genf, ist die Leichtmetallbrücke der Stahlbrücke gleichwertig bzw. überlegen ab 200 m Spannweite, bei schwierigen Gründungen schon ab 160 m und für den Bau von Hubbrücken schon ab 60 m Spannweite. Beim Umbau der Smithfield-Street-Brücke in Pittsburg (U. S. A.) fanden zum erstenmal Profile aus hochwertigem Leichtmetall Verwendung.

Man sieht aus allen diesen Beispielen, von denen viele nur den Wert von Stichproben haben können, daß Leichtmetalle auch im Eisenbahnwesen vielerorts dort Verwendung finden, wo bisher spezifisch schwerere Stoffe, vor allem Stahl, üblich waren. Aber auch bei der Verwendung von Stahl sind in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht worden, dadurch, daß man zu hochlegierten Sonderstählen überging und die Vorteile der Schweißung auch auf diese anzuwenden lernte. So erniedrigte die Deutsche Reichsbahn das Gewicht ihrer neuen D-Zugwagen dank sorgfältiger Durcharbeitung der Bauart und durch Schweißung hochwertiger Baustähle von 47,0 auf 36,5 t, das ist um 22% und sogar bei Einzelwagen versuchsweise bis 32,5 t, also um 31,8%, ohne den umbauten Raum zu verkleinern. Ein Erfolg, der vom Ausland mit Stahl noch nicht erreicht worden ist, und aus dem heraus die zunächst noch abwartende Haltung der Reichsbahn den Leichtmetallen gegenüber erklärlich ist; daß nicht untätig abgewartet wird, beweisen der Stadtbahnversuchszug, die anderen angeführten Entwürfe und Probeausführungen und der eingangs erwähnte Erlaß der Reichsbahn-Hauptverwaltung, auf Grund dessen weiter geprüft wird, in welchem Umfange Teile an Fahrzeugen aus Leichtmetall gefertigt werden können.

## Rundschau.

### Lokomotiven und Wagen.

#### Die Schmierung von Gleitlagern mit Starrfetten.

In den letzten Jahren fanden die Starrfette für die Lager-  
schmierung steigende Verwendung. Die Gründe hierfür sind sowohl die bedeutende Gütesteigerung dieser Stoffe wie auch die Fortschritte im Bau geeigneter Schmierpressen. Für die Betriebssicherheit eines Lagers ist die Wahl des richtigen Schmiermittels ausschlaggebend. Diese zu erleichtern ist der Zweck mehrerer von H. v. Schroeter im Laboratorium der TH Karlsruhe durchgeführten Versuchsreihen mit fünf verschiedenen Fett-schmierern.

Für Öle sind die Erscheinungen bei der Vollschrüierung durch den Begriff der Zähigkeit geklärt und auch für ihr Verhalten bei der Mischreibung liegen Versuchserfahrungen vor; bei Fett-schrüierung wurden die Verhältnisse noch sehr wenig untersucht. Den letzteren kann keine Zähigkeit im physikalischen Sinn zugeordnet werden. Die Fette besitzen die meist mit „Konsistenz“ bezeichnete Fähigkeit sich unter bestimmten Bedingungen bald wie feste, bald wie flüssige Stoffe zu verhalten. Die Konsistenz der Schmierfette hängt im Gegensatz zur Zähigkeit der Öle nicht nur von Temperatur und Druck sondern auch von zeitlich zurückliegenden mechanischen Beanspruchungen ab. Solchen sind die Fette beim Durchgang durch eine Fett-  
presse und im Lager ausgesetzt. Die Beurteilung der Fette im Anlieferungszustand ist zwecklos. Zur Messung der Konsistenz entwirft v. Schroeter

einen neuen Eindringkörper aus Aluminium von 65 g Gewicht, dessen Spitzenwinkel  $30^\circ$  und dessen Höhe 75 mm beträgt. Die Mantelfläche ist sorgfältig zu polieren. In einer besonderen Vorrichtung können die Fette beliebig weitgehend durchknetet werden. Es zeigt sich, daß die Anlieferungskonsistenz in keinem bestimmten Verhältnis zu der Konsistenz nach starker mechanischer Beanspruchung steht. Auch die Tropf- und Fließpunkte sind im Anlieferungszustand und nach erfolgter Durchknetung verschieden. Die untersuchten Schmierfette weisen im Anlieferungszustand Tropfpunkte von  $85^\circ$  bis  $93^\circ \text{ C}$ , nach der Durchknetung solche von  $80^\circ$  bis  $85^\circ \text{ C}$  auf. Auf Grund seiner Versuche gibt v. Schroeter Anweisungen für die Bestimmung der Konsistenz von Fetten nach dem Eindringverfahren. Die Zunahme der Erweichung der einzelnen Fette mit der Temperatur verläuft bei jeder Sorte anders, jedoch stets zuerst langsam, dann von 50 bis  $60^\circ \text{ C}$  ab, je nach der geringeren oder stärkeren Durchknetung, rascher. Die Messungen wurden bei 20, 35, 50, 65 und 70 bis  $80^\circ \text{ C}$  vorgenommen. Mit steigender Erwärmung entmischen sich die Schmierfette und diese Entmischung bildet sich nach der Abkühlung je nach der Fettsorte überhaupt nicht oder nur teilweise zurück. Selbst ein längeres Durchkneten solcher durch Erwärmen in ihrer Struktur veränderten Fette kann den ursprünglichen Zustand nicht wieder herstellen. An die Konsistenzmessungen reihen sich Strömungsuntersuchungen. Es ist ein erheblicher Anfangsdruck nötig, um

eine merkliche Bewegung der Fette durch längere Rohre von 5 mm Weite hervorzurufen. Das Hagen-Poiseuillesche Gesetz gilt somit für Schmierfette nicht. Erst bei hohen Drücken besteht Proportionalität zwischen Förderdruck und Durchflußmenge. Die Ergebnisse der Fließversuche werden mit hinreichender Genauigkeit durch die Gleichung von Buckingham bzw. von Reiner wiedergegeben. Diese enthält als Materialgrößen die Fließspannung und den Gleitwiderstand, welche letzterer mit höher werdendem Druck einen immer größeren Einfluß gewinnt. Bei einem Vergleich der Ergebnisse der Konsistenzmessungen durch Eindringversuche mit den Strömungsuntersuchungen kann festgestellt werden, daß, wenn die Fette nach reziproken Werten der Eindringtiefen geordnet werden, sich für eine Versuchstemperatur von ungefähr 18,5° C dieselbe Reihenfolge wie für die Fließspannung und den Gleitwiderstand ergibt. Es muß an sich möglich sein, ähnlich wie bei der hydrodynamischen Theorie des ölgeschmierten Lagers, auch die Bewegungsvorgänge im Fettfilm mathematisch zu verfolgen, nur ist es viel schwieriger. Wie sehr die Konsistenz von der Temperatur und der mechanischen Beanspruchung der Fette abhängig ist, zeigt folgendes Beispiel des Ossagol 00 an Hand der Eindringtiefen des v. Schroeterschen Meßkegels nach 10 Sek.:

Versuchstemperatur ° C . . . . .	30	70
Eindringungstiefe mm . . . . .	13	25 vor der Knetung
„ „ . . . . .	25	48 nach „ „

Schließlich wurden mit einem Gleitlager von 70 mm Durchmesser und 80 mm Länge mit normaler Längsnut und für Ossagol 00 noch der Einfluß auf den Reibungswert a) verschiedener Schmiermittelmengen, b) verschiedener Lagerbelastungen und c) verschiedener Lagertemperaturen untersucht. Die Reibungszahl nimmt zunächst mit abnehmender Gleitgeschwindigkeit, d. h. kleiner werdender Drehzahl der Welle, ab und steigt dann von einem gewissen Drehzahlbereich aus wieder steil an. In den mit Fett geschmierten Gleitlagern bestehen also ähnliche Gesetzmäßigkeiten wie bei den ölgeschmierten. Der Einfluß der Schmiermenge in g/h für Ossagol 00 bei 62,5° C Lagertemperatur und 17,86 kg/cm<sup>2</sup> spez. Lagerdruck ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

Fettmenge in g/h . . . . .	20	35	75	150
10 <sup>3</sup> μ bei 300 Uml./Min. . . . .	7,0	6,15	5,65	5,2
10 <sup>3</sup> M <sub>min</sub> . . . . .	4,75	4,2	3,8	3,5

Die zu einer genügenden Schmierung des Lagers, d. h. zur Vermeidung der Mischreibung, unbedingt erforderliche Mindestfettmenge nimmt mit zunehmender Lagerbelastung zu, unter den vorerwähnten Verhältnissen z. B. von 20 g/h bei p = 8,93 — 35,71 kg/cm<sup>2</sup> bis auf 150 g/h bei p = 62,5 kg/cm<sup>2</sup>. Bei höheren Temperaturen wird die innere Reibung im Film immer kleiner; die Reibungszahlen nehmen in entsprechendem Maße ab. Der Minimumpunkt rückt jedoch mit zunehmender Temperatur immer mehr in das Gebiet größerer Gleitgeschwindigkeiten; mit anderen Worten der Schmierfilm verliert bei höherer Temperatur an Widerstandsfähigkeit, er reißt früher ab und Mischreibung tritt ein. Für diese gibt es noch keinerlei Gesetze. Bei Schmierung mit 75 g/h Ossagol 00, n = 300 Uml./Min. und p = 35,71 kg/cm<sup>2</sup> betragen die Reibungswerte:

bei Lagertemperatur ° C . . . . .	32,5	42,5	52,5	72,5
10 <sup>3</sup> μ . . . . .	6,4	5,5	4,8	4,15
10 <sup>3</sup> M <sub>min</sub> . . . . .	4,5	4,05	3,75	3,4
dazu gehöriges n <sub>min</sub> . . . . .	60	bis		110.

Die Reibungszahlen in Abhängigkeit von den Drehzahlen liegen im Gebiet der Vollschmierung für die untersuchten Fettschmierer um so näher beisammen, je höher die Lagerbelastungen sind. Auch die Lagerversuche zeigen, daß das nach dem Eindringverfahren gewonnene einfache Maß der Konsistenz die die Reibung im Gebiet der Vollschmierung bestimmenden Eigenschaften der Schmierfette gut erfaßt. v. Schroeter zieht aus seinen bemerkenswerten Versuchen folgende technische Folgerungen: Staufferbüchsen sind höchstens für geringe Belastungen brauchbar. Auf ein selbsttätiges Nachströmen des Fettes unter dem Einfluß der Lagererwärmung ist nicht zu rechnen. Zweckmäßig ist es, die Fettbehälter in die Lagerkörper zu verlegen, weil dann das Fett leichter nachfließen kann. Trotz der hohen Anschaffungskosten wird sich in vielen Fällen die Verwendung einer gut regelbaren Zentralfettpresse lohnen. Endlich weist v. Schroeter auf die

häufig ganz unzuweckmäßig angebrachten Schmiernuten hin. Durch eine geeignete Schmiernutenanordnung und -Form war es möglich, bei gleicher zugeführter Schmierstoffmenge die Belastbarkeit des Lagers um ungefähr 75% zu erhöhen. Die Untersuchungen geben auch für die Ausbildung der Fettschmier-Einrichtungen im Eisenbahnbetrieb wertvolle Hinweise. Schn.

Petroleum 1934, 11. April.

### Schnelltriebwagen der Dänischen Staatsbahnen.

Nach dem Vorgang des diesel-elektrischen Schnelltriebwagens der Deutschen Reichsbahn haben nunmehr auch die Dänischen Staatsbahnen vier Schnelltriebwagen-Einheiten bei der Firma Frichs in Aarhus in Auftrag gegeben.

Die Wagen erhalten fast dieselbe Stromlinienform wie der deutsche Schnelltriebwagen, jedoch besteht jede Einheit nicht wie bei diesem aus zwei, sondern aus drei kurzgekuppelten und durch breite Faltenbälge verbundenen Wagen, die zusammen auf vier Drehgestellen laufen. Die beiden äußeren Drehgestelle tragen je zwei Diesel-Maschinensätze, die beiden inneren Jakobs-Gestelle werden je von zwei selbstgelüfteten Tatzlagermotoren angetrieben. Sämtliche Achsen laufen in Rollenlagern.

Die einfach wirkenden, kompressorlosen Sechszylinder-Viertakt-Dieselmotoren entsprechen einer Regelausführung der Baufirma. Sie arbeiten mit 475, 850 und 1000 Umdr./Min. Zur Erzielung eines möglichst geringen Gewichts will man bei ihnen in großem Umfang hochwertige Baustoffe verwenden. Die zugehörige Kühlanlage besteht aus Rippenrohren und einer Kreiselpumpe, die am Dach untergebracht sind. Die vier Stromerzeuger sollen bei 720 V Spannung und 1000 Umdr./Min. je 200 kW Dauerleistung entwickeln.

Die Wageneinheit soll bei einer Gesamtlänge von annähernd 64 m ein Dienstgewicht von 118 t erhalten. Bei einer Gesamtzahl von 156 Sitzplätzen entfällt somit auf einen Sitzplatz ein totes Gewicht von 760 kg. Die Wageneinheit enthält an jedem Ende ein Führerabteil, hierauf folgt beiderseits das Maschinenabteil und daran anschließend ein weiterer Raum, der entweder als Erfrischungsraum mit etwa zwölf Sitzplätzen und einer Schenke oder ohne diese Einrichtung als Gepäckraum benützt werden kann. Die größere Hälfte der beiden Außenwagen und der Mittelwagen enthalten Sitzplätze erster und dritter Klasse in der üblichen Anordnung, teils mit Mittel- und teils mit Seitengang und drei Aborten.

Zum Anfahren ist eine elektrische Speicheranlage und als Bremse eine selbsttätige Druckluftbremse und eine handbediente Öldruckbremse vorgesehen, die beide beiderseitig auf sämtliche Räder wirken. Zur Verringerung des Bremswegs ist außerdem noch der Einbau einer Magnetbremse in Aussicht genommen.

R. D.

### Treibstangen aus Duralumin.

Die französische Ostbahn hat im Oktober 1930 an einer 1 C 1-Tenderlokomotive versuchsweise Treibstangen aus Duralumin eingebaut. Die Lokomotive hatte einen Zylinderdurchmesser von 533 mm, einen Kolbenhub von 660 mm und einen größten Kolbendruck von 29000 kg. Die Duraluminstangen dienten als Ersatz für Stahltrieb­stangen; die Lokomotive behielt daher beim Einbau auch ihre bisherigen Zapfen- und Kreuzkopf-abmessungen bei. Die Stangen selbst waren aber entsprechend der geringeren Festigkeit des Leichtmetalls in Kopf und Schaft wesentlich stärker gehalten als Stahlstangen; dazu kommt, daß sie nur die verhältnismäßig geringe Länge von 2,34 m aufwiesen. Trotzdem waren sie um 25 bis 30% leichter als Stahlstangen. Das verwendete Duralumin hatte eine Streckgrenze von 21 kg/mm<sup>2</sup>, eine Bruchfestigkeit von 35 bis 38,5 kg/mm<sup>2</sup> und eine Brinellhärte von 95.

Die Lokomotive hat mit diesen Treibstangen bis zum Oktober 1932 eine Laufstrecke von 62000 km zurückgelegt, ohne daß sich irgendein Anstand ergeben hätte. Nach dieser Laufzeit mußten die Stangen ausgebaut werden, weil sie bei einem Eisenbahnunfall beschädigt wurden.

R. D.

(Rly. Gaz., 6. April 1934.)

## Bücherschau.

**Deutscher Reichsbahn-Kalender 1935.** Herausgegeben vom Presse-  
dienst der Deutschen Reichsbahn, Konkordia-Verlag Leipzig.  
Preis 3,20 *R.M.*, Eisenbahner Vorzugspreis 2,20 *R.M.*

Im neunten Jahrgang ist mit der Jahreswende wieder der „Deutsche Reichsbahn-Kalender“ in die Öffentlichkeit getreten, lebhaft begrüßt von allen, die sich für die Eisenbahn interessieren, von denen, die freudig in der Urlaubszeit den Zug besteigen, der sie hinausführt in die schönen deutschen Lande und die Stätte der Erholung, von denen, die bei ihren geschäftlichen Reisen ein ihren Bedürfnissen stets sich anpassendes und mit den gesteigerten Anforderungen Schritt haltendes Verkehrsmittel finden, und nicht zuletzt von den Eisenbahnern selbst, die mit Stolz die Blätter betrachten können, die ihrem verantwortungsvollen Dienst gewidmet sind. Daß der heurige Jahrgang eine besondere Note erhält durch die Jahrhundertfeier der deutschen Eisenbahn, die das Jahr 1935 bringt, ist selbstverständlich. Er bildet mit seinem Erscheinen gewissermaßen den Auftakt zu dem Festjahr. Mit großem Fleiß und mit warmem Empfinden ist das, was unsere Väter in unermüdlichem Schaffen und in bescheidenstem Rahmen als Grund gelegt haben, dargestellt, ist der lange, in rastloser Arbeit zurückgelegte Weg in den einzelnen Phasen und Stufen gezeigt, der von dieser Urzelle zu dem heutigen gigantischen Gebilde führt, das sich auch der kühnste Träumer damals nicht als Wirklichkeit nach 100 Jahren hätte vorstellen können. Neben den geschichtlichen Darstellungen ist aber auch die Gegenwart, die uns ja den Anlaß gibt, mit Stolz auf unsere geordnete, den größten Anforderungen gerecht werdende Reichsbahn zu blicken, nicht vergessen. Eisenbahn und Wirtschaft spielen, wie in den früheren Jahrgängen, so auch im Jahre 1935 eine wichtige Rolle. In der Vorführung schöner Ziele für das Reisen hat der Kalender auch diesmal wieder eine erlesene Bilderfülle gebracht. Sie stammen diesmal aus dem Gebiet des deutschen Ostens, von der Gegend unseres deutschen Vaterlandes, die im vorigen Jahre im Blickpunkt aller Deutschen lag, als der greise Reichspräsident und Generalfeldmarschall dort zur ewigen Ruhe beigesetzt wurde.

Möge auch dem Jahrgang 1935 beschieden sein, daß er in recht viele Hände kommt und recht viel Freude und Anregungen bringt.  
Ue.

**Dampfkessel** von Heinrich Netz mit 68 Abbildungen, 108 Seiten,  
Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin 1934. Preis  
geb. 4,80 *R.M.*

Das Buch gibt in gedrängter aber klarer Form eine Gesamtdarstellung der heutigen Dampfkesseltechnik unter Berücksichtigung der großen Umwälzungen nach dem Kriege. (Einführung höherer Drücke und Temperaturen, stärkere Ausnützung der Strahlungswärme, Zonenwindrost.) Er gliedert sich in fünf Teile:

Der erste Teil behandelt die wärmetheoretischen Grundlagen über Verbrennungsvorgang, Leistung der Kesselanlagen und Wärmeverluste. Der zweite Teil gibt eine übersichtliche Darstellung der Feuerungsarten und der dritte Teil die Kesselbauarten unter Berücksichtigung der Sonderbauarten sowie eine Festigkeitsberechnung der Kessel. Der vierte Teil enthält die Zubehörteile: Überhitzer, Speisewasservorwärmer, Abdampfvorwärmer, Luftvorwärmer, Speisewasserreinigung. Zum Schluß

sind noch in Kürze die wichtigsten gesetzlichen Bestimmungen angeführt (polizeiliche-, Werkstoff- und Bau-Vorschriften).

Eine Anzahl schöner Abbildungen von Feuerungen und Kesseln mit reichlicher Beschriftung der Bilder sowie 19 in die einzelnen Abschnitte eingefügte Rechenbeispiele beleben das Buch und machen das Studium angenehm. Das Buch kann daher jedem, der sich auf dem Gebiet des Dampfkesselwesens über das Wesentliche unterrichten will, nur empfohlen werden.

Eine wertvolle Bereicherung würde das an sich sehr gute und billige Buch durch Aufnahme der Besprechung und Beurteilung einiger Verdampfungsversuche an typischen Kesseln erfahren.  
Feihl.

**Grün, Karl: Dampfkessel-Speisepumpen.** Mit 68 Textabbildungen, Wien: Julius Springer 1934. 136 S. 7,50 *R.M.*

Beim Betrieb von Kesselspeisepumpen liegen gegenüber dem gewöhnlichen Pumpenbetrieb besondere Verhältnisse vor, die in dem Buch gründlich erörtert werden, so daß allen Faktoren bei Auswahl, Aufstellung, Antrieb und Betriebsführung Rechnung getragen werden kann.

Zuerst werden die Grundlagen, nämlich die zur Verdampfungs-  
menge gehörige Liefermenge der Pumpe und die Förderhöhe berechnet. Bei der Bestimmung der letzteren ist auf die Änderung des spezifischen Gewichts mit der Temperatur und auf die Zusammendrückbarkeit des Wassers bei hohen Drücken Rücksicht genommen. Bei der Berechnung der Druckhöhenverluste findet man auch Angaben über Verluste in Formstücken und beim Durchströmen des Rauchgasvorwärmers. Damit sind alle Unterlagen gegeben, um die Antriebsleistung berechnen zu können.

Dann werden die Verdrängerpumpen und zwar die Kolbenpumpen, Dampfpumpen, ferner die Strahlpumpen und die Kreiselpumpen, sowie ihre Antriebsverhältnisse samt den notwendigsten Berechnungen gebracht. Die bei den Kreiselpumpen gemachten Ausführungen über den Spaltdruck und Achsialschub sind sehr beachtenswert und zeugen von reichen Erfahrungen des Verfassers.

Eine Beschreibung der Speisepumpen-Regler sowie Ausführungen über Anordnungen der Pumpen im Kesselhaus und über die Wirtschaftlichkeit von Speisepumpen bilden den Abschluß des mit guten Abbildungen ausgestatteten Buches. Es kann jedem Betriebsleiter bestens empfohlen werden.  
G. Birkmann.

Der Schriftleitung gingen zu:

**Eisenbahnverkehrstechnische Forschungen**, Büro Dr. Bäseler,

München. Verlag: Reichsbahn-Zentralamt, München 1934.

Heft 3: Die Verwertungsgefahr beim lückenlosen Vollbahngleis und ihre Beseitigung, von Dr. Ing. Hermann Meier.

Heft 5: Der Bau und die Wirtschaftlichkeit von Schienen- und Straßenfahrzeugen, von Reichsbahnrat Albert Ganzenmüller.

Heft 6: Beitrag zur Lehre von der Spurführung. Entnommen aus der Arbeit „Die Bogenreibung der Gleisfahrzeuge“, von Dr. Ing. Wolfgang Bäseler und Dr. Ing. Paul Becker.

**Die Forschungsanstalten der Firma Krupp**, herausgegeben von den Forschungsanstalten zum 25. Jahrestag der Einweihung ihres neuen Heimes.

## Verschiedenes.

### Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft.

In der Hauptversammlung der Gesellschaft in Berlin am 4. Dezember 1934 erfolgte die Bekanntgabe des Ergebnisses der ausgeschriebenen Beuth-Aufgabe betreffend einen Schnelltriebwagen. Beiden eingegangenen Bearbeitungen wurde vom Technischen Ausschuß der Deutschen Maschinentechnischen Gesellschaft die goldene Beuth-Medaille zugesprochen. Die Bearbeiter sind Reichsbahnbauführer Günther Engelhardt in Wuppertal und Günther Schröder in Krefeld-Bockum.

### Die III. Internationale Schientagung

findet nach einem Beschluß der im Jahre 1932 in Zürich abgehaltenen II. Schientagung im heurigen Jahre, und zwar vom 6. bis 12. September in Budapest statt.

Der Ungarische Verband für die Materialprüfungen der Technik, der die Vorbereitung und die Veranstaltung der Tagung übernommen hat, ladet hierzu mit Rundschreiben ein. Anmeldungen zur Teilnahme wie auch für Übernahme eines Vortrages, der in deutscher, französischer, englischer oder italienischer Sprache gehalten werden kann, wollen an diesen Verband, Budapest XI, Műgyetem, gerichtet werden. Das Arbeitsprogramm der Tagung gliedert sich in Anlehnung an die Programme der bisher abgehaltenen Schientagungen in folgende Hauptgruppen:

1. Fragen allgemeiner Bedeutung.
2. Abnutzung.
3. Brüchigkeit; innere Spannungen.
4. Betriebserfahrungen.
5. Konstruktionsfragen.
6. Schweißung.