

In bezug auf den Rekristallisationsvorgang konnte übereinstimmend mit Chappel¹⁾ festgestellt werden, daß die Rekristallisation in der Regel an den Kornrändern als den hinsichtlich der Festigkeit ausgezeichneten Stellen einsetzt und sich

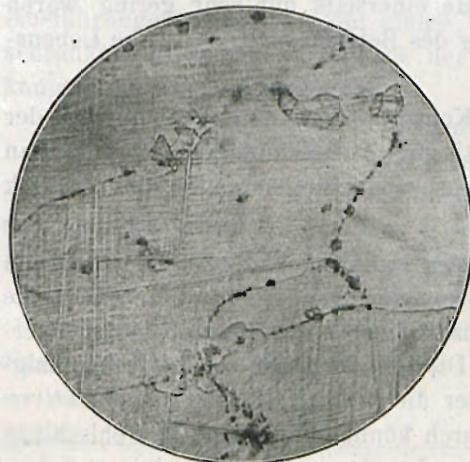


Abb. 2. Lineare Vergr. = 350.
Winzige Rekristallisationszentren an den
Kristallgrenzen.

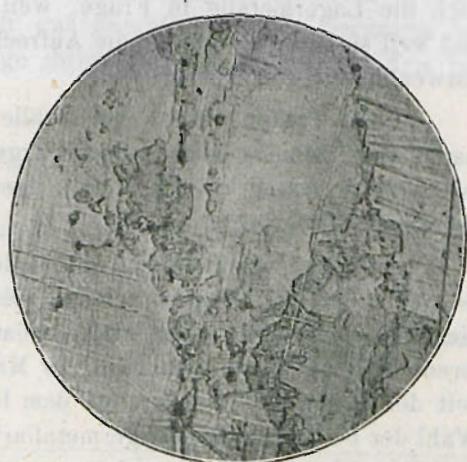


Abb. 3. Lineare Vergr. = 350.
Vorgeschrittenes
Rekristallisationsstadium.

dann nach dem Inneren gleichmäßig ausbreitet. In Abb. 2 sind winzige Rekristallisationszentren an den Kristallgrenzen sichtbar, während in Abb. 3 die Rekristallisation weiter ins Innere der Kristalle fortgeschritten ist.

Deutsche Gesellschaft für Metallkunde

Vortragsabend am 26. Mai 1920 im Ingenieurhaus Berlin

2. Vortragsabend

Der Vorsitzende Herr Geh. Regierungsrat Professor E. Heyn eröffnet die Sitzung und begrüßt die Mitglieder und Gäste, insbesondere die zahlreichen Vertreter der Reichs- und Staatsbehörden und der technischen und wissenschaftlichen Vereine.

Die Gesellschaft beklagt den Tod ihres Mitglieds, des Herrn Dipl.-Ing. Renich von der Materialprüfungsanstalt der Siemens-Schuckert-Werke, der seit Bestehen der Gesellschaft tatkräftig mitgearbeitet hat. Die Versammlung erhebt sich zu Ehren des Verstorbenen, dem sie ein bleibendes Andenken bewahren wird.

Der Vorsitzende erteilt dann das Wort Herrn Obering. Czochralski zu seinem Vortrag über

„LAGERMETALLE UND IHRE TECHNOLOGISCHE BEWERTUNG“²⁾

Von Oberingenieur J. Czochralski, Frankfurt a. M.

386

Die Kriegsjahre brachten so große Veränderungen auf dem Gebiete der Metalle und Legierungen, daß auch künftighin mit gänzlich anderen Bedingungen in allen

¹⁾ Ferrum (1915) Heft 1 und 2.

²⁾ Vgl. auch das gleichnamige, bei J. Springer, Berlin erschienene Buch von Czochralski-Welter, dem auch ein großer Teil der hier wiedergegebenen Abbildungen entnommen ist.

Zweigen der Industrie und Technik zu rechnen sein wird. Insbesondere werden aber diejenigen Industriezweige stark betroffen, die unter der Rohstoffknappheit schon ohnehin zu leiden hatten. Von den erschöpften Baustoffen kommen in erster Linie auch die Lagermetalle in Frage, weil die Vorräte einerseits nur sehr gering waren und weil sie andererseits für die Aufrechterhaltung des Betriebes geradezu eine Lebensnotwendigkeit sind.

Die Prüfung der Lagermetalle und die Kontrolle der Arbeitsbedingungen der Lager liegt zumeist noch sehr im argen. Statistischen Aufzeichnungen begegnet man nur äußerst selten. Viele nutzbringende Betriebsbeobachtungen gehen der Technik auf diese Weise verloren.

Ökonomisch läßt sich die Bedeutung dieser Faktoren kaum übersehen, denn es sind nicht nur Materialverluste, die in Frage kommen, sondern in allererster Linie die Verluste an Umbauten und Ausbauten der Lager, vor allen Dingen aber die verlorene Zeit an Betriebsstunden der Maschinen. Die Überwachung der Leistungsfähigkeit der Lager bietet aber auch dem Betriebsleiter die beste Handhabe zur objektiven Wahl der bestgeeigneten Lagermetallarten. Dadurch können viele unnütze Fehlschläge und Versuche in den Betrieben erspart werden. In dieser Hinsicht einiges beizutragen, soll die Aufgabe der folgenden Ausführungen sein.

Bereits vor dem Kriege ging man dazu über, die Verwendung des Zinns für Lagermetalle einzuschränken und zwar in dem Maße, wie die Verbesserungen konstruktiver Art eine Preissteigerung der Lagerkörper zur Folge hatten. Es wurde versucht, das Zinn in gewissen Grenzen durch Blei zu ersetzen. Bei hochbeanspruchten Wellen war man aber bis in die letzte Zeit um einen der Zinn-Antimon-Legierung gleichwertigen Baustoff verlegen.

Kurz nach Beginn des Krieges wurden aber die Industrien, die Zinn für Lagerzwecke verwandten, von diesem Metalle so gut wie abgeschnitten. Die Mitte 1915 mit Spannung erwarteten Bestandsaufnahmen ergaben einen Bestand von 4500 Tonnen. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß dieser kleine Vorrat gleichbedeutend war einem Tropfen auf einen heißen Stein. Allein für Lagerzwecke dürften in Deutschland mehr als 10000 Tonnen Zinnweißmetall jährlich verbraucht worden sein. Um ein Lahmlegen der deutschen Industrie zu verhindern, mußte also hier nach neuen Wegen gesucht werden und diese Aufgabe wurde von verschiedenen Seiten in Angriff genommen und man kann wohl behaupten, mit sehr befriedigendem Erfolg. Tausende von Tonnen der verschiedensten Legierungen wurden auf den Markt geworfen, unter denen einige als sehr marktbeständig sich erwiesen haben. Es steht zu erwarten, daß einzelne dieser Legierungen auch künftighin ihren Platz unter den Lagermetallen behaupten werden.

Die Ansichten über diese Neumetalle sind zumeist noch sehr schwankend. Die Legierungen waren auch bis jetzt noch viel zu wenig durchforscht, um zu einer Stabilisierung der Ansichten führen zu können. Außerachtlassung der Behandlungsmaßnahmen führte auch an vielen Stellen zu Mißerfolgen, man konnte daher vielfach beobachten, daß die Verbraucher den Ersatzmetallen untreu wurden. Wenn man die besonderen Eigenschaften der neuen Metalle berücksichtigt, so leuchtet es ohne weiteres ein, daß besonders aufänglich Mißerfolge mit diesen Metallen nicht ausbleiben konnten.

Bei der Verwendung der neuen Lagermetalle kommt es besonders darauf an, die für die Benutzung ausschlaggebenden Gieß- und Betriebsbedingungen genau zu kennen. Mit diesen Fragen wollen wir uns im einzelnen auch beschäftigen. Unsere Ausführungen sollen nur auf einige, dafür aber gut durchforschte, Legierungen beschränkt werden und zwar nach der Reihenfolge ihrer Entwicklung auf die drei bekanntesten Friedenslegierungen:

Rotguß,
Zinnweißmetall und
Einheitsmetall

und auf zwei neue während des Krieges entstandene Metalle, nämlich
Lurgilagermetall und
Kalziumlagermetall.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, wollen wir zunächst die Bezeichnungen dieser Legierungen genau festlegen.

Tabelle 1

| Bezeichnungen | Zusammensetzung |
|--|---|
| Kupfer-Lagermetall (Rotguß) | Kupferlegierung |
| Zinn-Lagermetall | Zinnlegierung |
| Regelmetal, Antifrikionsmetall, Weißmetall, Weißgußmetall | mit 15 % Sb + 5 % Cu (Pb u. a.) |
| Blei-Lagermetall | Bleilegierung |
| (Einheitsmetall, Hartbleilagermetall) | mit 15 % Sb + 5 % Sn (Cu n. a.) |
| Barium-Lagermetall | Bariumlegierung |
| (Lurgilagermetall) | Pb mit ca. 3 % Ba (Ca, Na) |
| Kalzium-Lagermetall | Kalziumlegierung |
| (Kalziummetall) | Pb mit ca. 2,5 % Ca (Na, Cd, Cu, Sn) |

In der Tabelle 1 sind die gebräuchlichsten Synonyma wiedergegeben. Die sachlichsten und zweckmäßigsten Bezeichnungen sind in der ersten Spalte durch Fettdruck hervorgehoben, während die abgekürzten Bezeichnungen, deren wir uns während des Vortrages bedienen wollen, in der zweiten Spalte vermerkt sind. In der letzten Spalte ist die übliche Zusammensetzung der Legierungen angegeben, die in Klammer angegebenen Komponenten können mehr als gelegentliche Bestandteile angesehen werden.

Auf die Konstitution dieser Legierungen wollen wir nicht näher eingehen, da die Verhältnisse dieser Mehrstoffsysteme noch nicht so weit durchforscht sind, um schon heute genaue Unterlagen über die Zustandsverhältnisse aller dieser Legierungen geben zu können. Man ist vielmehr noch immer darauf angewiesen, sich für den Aufbau der Legierungen der binären Diagramme zu bedienen. Es bleibt noch zu erwähnen, daß die Kupferlegierung aus einer einheitlichen Kristallart, den Alpha-Kristallen (CuSn) besteht und daß diese Kristallart auch die meisten anderen Komponenten in fester Lösung aufzunehmen pflegt. Über die Zinn- und Bleilegierung

liegen eingehende Untersuchungen von Heyn und Bauer vor, so daß die Verhältnisse hinsichtlich der Konstitution bei diesen beiden Legierungen als grundsätzlich gelöst angesehen werden können. Für unsere Zwecke genügt es zu wissen, daß die harten Einschlüsse in den beiden Legierungen aus Zinn-Antimon bestehen und daß die Grund-

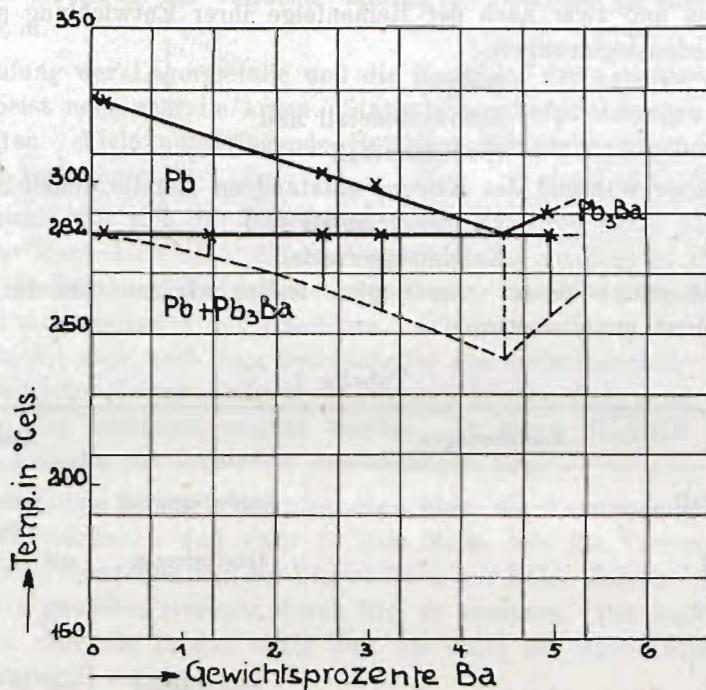


Fig. 1.

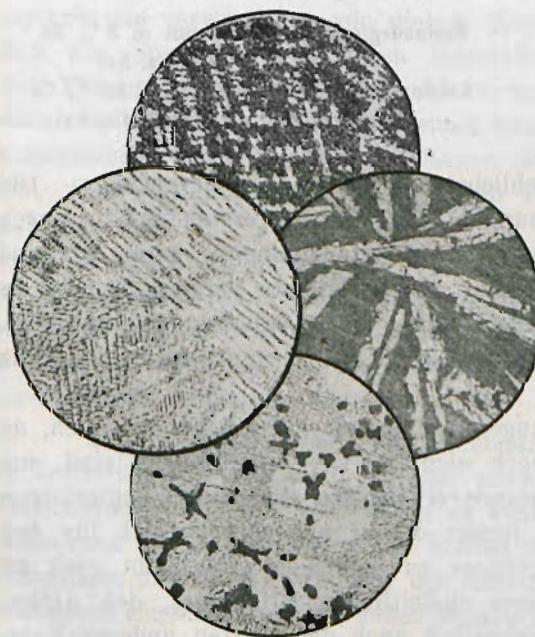


Fig. 2.

masse bei der Zinnlegierung aus der festen Lösung Alpha ($\text{Sn} + 7\frac{1}{2}\% \text{ Sb}$) und bei der Bleilegierung aus einem Doppelentektikum $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pb} + \text{Delta SbSn} (10\% \text{ Sn}) \\ \text{Pb} + \text{Beta SbSn} (50\% \text{ Sn}) \end{array} \right.$ besteht.

Ebensowenig wie bei der Kupferlegierung sind die Verhältnisse hinsichtlich der Konstitution der Kalziumlegierung durchforscht. Das Gefüge der Zweistofflegierung besteht neben Blei aus einer Kalzium-Bleiverbindung.

Völlig unbekannt ist bis jetzt die Konstitution der Bariumlegierung geblieben. Erst neuerdings sind die Verhältnisse durch eine gemeinsame Untersuchung von Czochralski und Rassow¹⁾ näher aufgeklärt worden.

¹⁾ Zeitschrift für Metallkunde Bd. XII, S. 337—340.

In Figur 1 sind die Gefügeverhältnisse der Blei-Bariumlegierung bis zu einer Konzentration von etwa 5% Barium wiedergegeben. Die beiden Metalle bilden ein Eutektikum mit einer eutektischen Horizontale bei 280° und einem eutektischen Punkt bei 4,5% Barium. Das Eutektikum besteht aus Blei und einer Blei-Bariumverbindung. Das in der Kalzium- und Bariumlegierung enthaltene Natrium bildet in der Hauptmenge eine feste Lösung mit dem Blei.

In Figur 2 ist das Gefüge der Blei-Bariumlegierung wiedergegeben. Das linke Bild gibt das Gefüge einer untereutektischen Legierung mit etwa 1,4% Barium, das obere Bild eine fast eutektische Legierung mit etwa 3,5% Barium, während in dem rechten Bild eine übereutektische Legierung mit einem Bariumgehalt von etwa 8% wiedergegeben ist. Es ist bemerkenswert, daß das Eutektikum der Blei-Bariumlegierung sich erst nach wochenlangem Glühen völlig aufspaltet. Durch einen geringen Natriumzusatz zu der Legierung kann eine sofortige Aufspaltung des Eutektikums

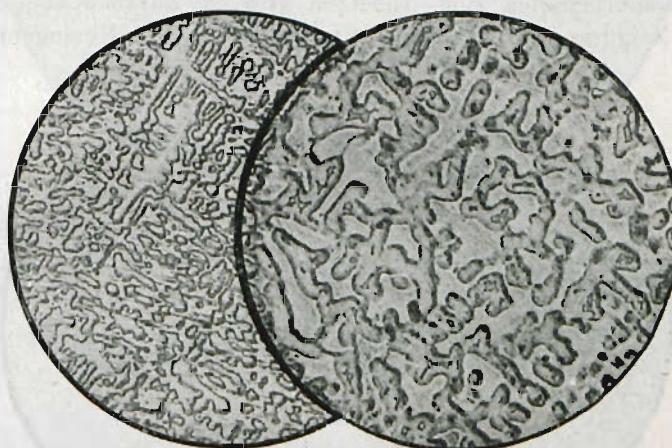


Fig. 3.

bewirkt werden, wie dies durch das untere Bild gezeigt wird. Die schwarzen Einschlüsse, die in dieser Abbildung beobachtet werden können, röhren von Spuren Kalzium her.

In Figur 3 ist das Gefüge der Kupferlegierung wiedergegeben, der Konstitution nach wären homogene Mischkristalle zu erwarten. Die Kristalle sind jedoch nicht gleichmäßig zusammengesetzt. Man erkennt dies an dem Auftreten zweier unscharf voneinander abgegrenzter Bestandteile; die Erscheinung erklärt sich durch die Vorgänge beim Erstarren. Der zunächst ausgeschiedene dunkle Kernbestandteil ist gemäß einer bekannten empirischen Erstarrungsregel stets reicher an dem höher schmelzenden Bestandteil, in unserem Falle also an Kupfer, als seine Umgebung, in der er gleichsam eingebettet ist. Nur wenn bei der Erstarrung oder beim späteren Glühen kräftige Diffusionsenergien gewaltet haben, wird die Verteilung der kleinsten Teilchen im Kristall eine gleichmäßige sein. Die Anordnung des dunklen Bestandteiles ist tannenbaumartig gesetzmäßig. Daneben sind Anteile einer in Spuren vorhandenen, sehr zinnreichen Kristallart zu erkennen, die nur in der stärkeren Vergrößerung (rechts) sichtbar sind.

Hinsichtlich der Mechanik des Gleitvorganges bei der Kupferlegierung ist etwa folgendes zu sagen:

Die Welle lastet vornehmlich auf den harten Einschlüssen. Das System bildet also gewissermaßen eine Art Spitzenauflagerung. Beim Einlaufen entsteht infolge der mechanischen Widerstandsunterschiede der verschiedenen Gefügebestandteile auf der Lauffläche ein mikroskopisch feines Flachrelief. Das Öl verteilt sich zwischen den einzelnen Inseln netzartig über die ganze Lauffläche und die Reibung wird bei vollkommener Schmierung auf ein Minimum herabgesetzt. Das Einlaufen dieser Lager geschieht mehr durch Fortschleifen der Unebenheiten und der Gleithemmisse, als durch Nachgeben der Grundmasse. Daher kann beim Versagen der Schmierung ein Ansetzen des Lagermetalles leichter erfolgen als bei dem in dieser Hinsicht nachgiebigeren Zinn- oder Bleilagermetall.

Von besonderer Bedeutung ist noch, daß zwischen Gefüeaufbau und der Neigung eines Lagermetalles zum Ansetzen gewisse Zusammenhänge bestehen und zwar steigt die Neigung zum Ansetzen mit dem Grade der Homogenität des Gefüges.

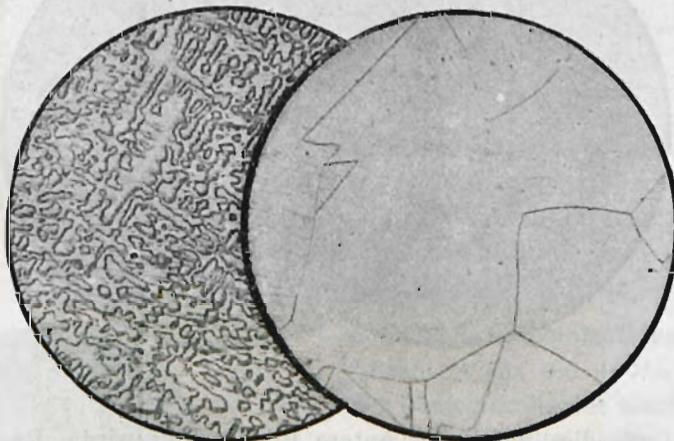


Fig. 4.

In Figur 4 (rechts) ist das Gefüge einer Kupferlegierung wiedergegeben, die durch Ausglühen in einen gleichmäßigen (homogenen) Gefügezustand übergeführt worden ist. Dadurch fand ein Ausgleich zwischen den zinn- und kupferreichen Zonen statt. Die einzelnen Kristalle weisen nun in allen Teilen gleichmäßige Zusammensetzung auf. Eine derart homogenisierte Kupferlegierung ist, wie die Erfahrung lehrt, für Lagerzwecke nicht mehr verwendbar, da sie ein sofortiges Ansetzen der Welle verursacht.

Insonderheit sei noch erwähnt, daß durch schnelle Abkühlung die Korngröße der Metalle verringert wird. Durch langsame Abkühlung hingegen kann das Korn derart vergrößert werden, daß die Legierungen in ihren Eigenschaften vielfach schädlich beeinflußt werden. In Figur 5 (rechts) ist das Gefüge einer übermäßig langsam erstarrten Kupferlegierung wiedergegeben. Infolge des groben Kernes ist die Heterogenität nur unvollkommen und das Metall daher für Lagerzwecke wenig geeignet.

Lagermetalle, die derart grobes Korn aufweisen, werden im allgemeinen im Gegensatz zu den „verbrannten Metallen“, auf die wir noch zurückkommen werden, als „überhitzt“ bezeichnet.

Wenn es auch als erwiesen gelten kann, daß die Verschiedenartigkeit (Heterogenität) des Gefüges als unbedingte Voraussetzung für die Brauchbarkeit von

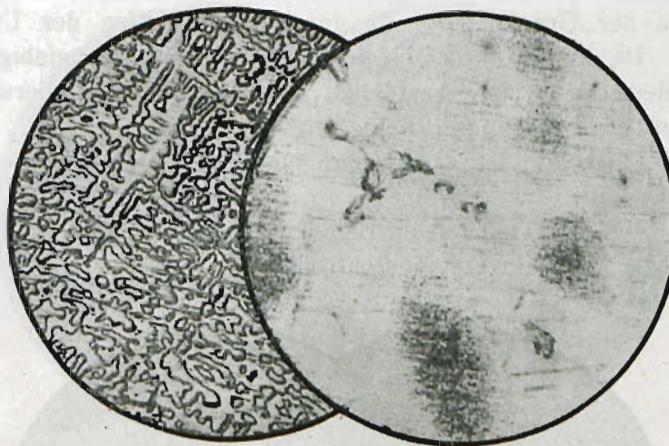


Fig. 5.

Lagermetallen anzusehen ist, so darf einerseits etwa nicht zurückgeschlossen werden, daß auch jede Legierung, die dieser Anforderung genügt, schon ein gutes Lagermetall sei. Nur eine umfassende Prüfung, die auf den ursächlichsten Zusammenhang der Eigenschaften gestützt ist, kann erst über die endgültige Brauchbarkeit eines



Fig. 6.

Lagermetalles entscheiden. Die metallographischen Versuchsergebnisse dürfen daher nicht überschätzt werden. Der uneingeschränkte Wert der metallographischen Prüfung liegt mehr auf der Seite der Material- und Betriebsüberwachung, als auf der Seite der zahlenmäßigen Qualitätsbezeichnung.

In Figur 6 ist das Gefüge der Zinnlegierung wiedergegeben. Die harten, viereckigen Einschlüsse liegen in einer bildsamen Grundmasse eingebettet, daneben sind Anteile (Nadeln) einer in Spuren vorhandenen Antimon-Kupfer-Kristallart im Gefüge sichtbar.

Die Mechanik des Gleitvorganges ist hier grundsätzlich von der der Kupferlegierung nicht verschieden. Nur geschieht das Einlaufen dieser Legierung mehr durch Nachgeben der Grundmasse, als durch Fortschleifen der Unebenheiten und Gleithemmisse. Da ferner die Zinnlegierung wesentlich nachgiebiger und die einzelnen Strukturelemente weniger hart sind, als die der Kupferlegierung, so tritt eine Beschädigung der Welle bei dieser Legierung selten ein.

In Figur 6 (rechts) ist das Gefüge eines überhitzten grobkörnigen Metalles wiedergegeben.

Figur 7 zeigt das Gefüge der Bleilegierung. Die weißen, vornehmlich viereckigen Einschlüsse liegen in einer eutektischen Grundmasse. Die dunklen Inseln C

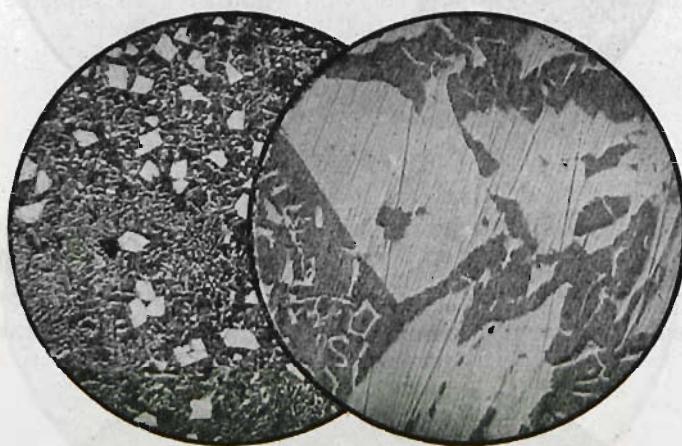


Fig. 7.

entsprechen keinem besonderen Gefügebestandteil, sondern röhren von Bleianreicherungen her. Die Neigung der Legierung, derartige Bleinester in sehr hohem Maße zu bilden, ist insofern von besonderem Nachteil, als die an sich niedrige Tragfähigkeit des Metalls dadurch noch weiter herabgesetzt wird. Diesen Übelstand zu beseitigen, bietet erhebliche Schwierigkeiten. Daher kann diese Legierung nur für sehr schwach beanspruchte Lager Verwendung finden. Hinsichtlich des Gleitvorganges und des Vorganges beim Einlaufen ergeben sich gegenüber der Zinnlegierung keine grundsätzlichen Unterschiede. Durch Überhitzen wird auch diese Legierung verdorben, wie aus der Figur 7 (rechts) hervorgeht.

Das Kleingeschütt der Bariumlegierung, wie es die Figur 8 wiedergibt, ähnelt in hohem Grade dem des zinnreichen Weißmetalls. Die hellen Zonen liegen in der etwas nachgiebigen eutektischen Grundmasse. Die grätenartigen Einschlüsse sind Anteile einer in Spuren vorhandenen dritten Kristallart, die mit dem Kalziumgehalt der Legierung im Zusammenhang steht. Die Größe der Gefügebestandteile ist ziemlich gleich und die Art der Anordnung regelmäßig. Der Gefüeaufbau bietet somit ein

recht günstiges Bild. Auch bei dieser Legierung ist die Mechanik des Gleitvorganges von der der anderen typischen Lagermetalle nicht verschieden. Figur 9 (rechts) gibt das Gefüge der Bariumlegierung in überhitztem grobkörnigen Zustand wieder.

Das Kleingefüge der Kalziumlegierung gemäß Figur 9 ähnelt im großen und ganzen demjenigen der Bariumlegierung. Infolge der stärkeren Vergrößerung erscheint

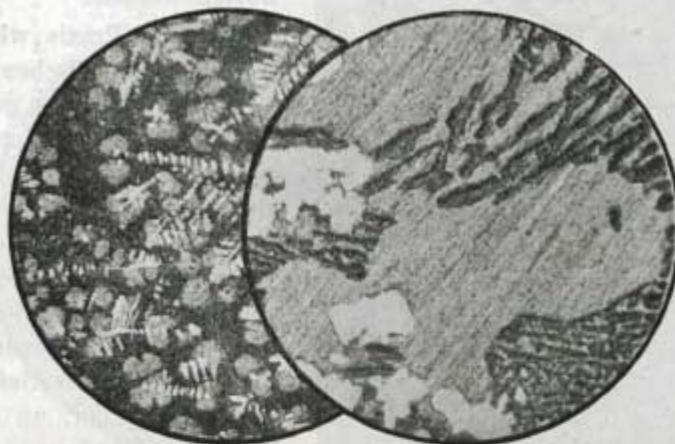


Fig. 8.

das Gefüge der Kalziumlegierung etwas größer. Die hellen Kristalle entsprechen der Blei-Kalziumverbindung und liegen in einer weichen Grundmasse eingebettet. C sind Anteile einer in Spuren vorhandenen dritten Kristallart. Das Gefüge der überhitzten grobkörnigen Legierung ist in Figur 9 (rechts) wiedergegeben.

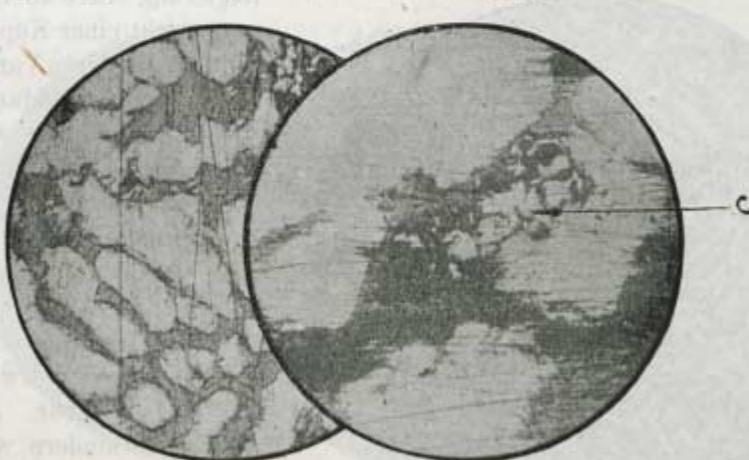


Fig. 9.

Unter allen diesen Lagermetallen neigt die Bleilegierung am meisten zur Seigerung und Lunkerbildung. In Figur 10 ist das Gefüge einer derartig entmischt Legierung veranschaulicht. Sie läßt deutlich eine Anreicherung der harten Einschlüsse in dem oberen Teil der Probe erkennen. Derart entmischt Zonen können leicht zu Störungen Anlaß geben, wenn sie im Bereich der Lauffläche auftreten.

Bei einigen Metallen werden diese Art Entmischungen noch von Hohlraumbildungen begleitet. In besonders hohem Maße ist dies, wie Figur 11 veranschaulicht, bei der Kupferlegierung der Fall. Vielfach müssen dann die Schalen aus diesem Metall bei der Prüfung verworfen werden.



Fig. 10.



Fig. 11.

Fe in Frage, doch ist der Einfluß der einzelnen Komponenten noch ungenügend durchforscht.

In der Praxis wird in der Regel keine Grenze zwischen verbrannten und überhitzten Metallen gezogen. Ein verbranntes Metall wird durch ganz andere Erscheinungen gekennzeichnet als ein überhitztes. Ein verbranntes Metall ist stets chemisch verändert, während ein überhitztes nur hinsichtlich der physikalischen Eigenschaften, insbesondere der Korngröße, Veränderungen aufweist. Figur 12 gibt das Gefüge der Kupferlegierung wieder, an der deutlich der Einfluß des Verbrennens erkennbar ist. Die rautenartigen Gebilde a sind Zinnsäureeinschlüsse, die durch die starke Oxydation beim Einschmelzen entstanden sind. Man kann diese Erscheinung als Zinnsäurekrankheit der Kupferlegierung bezeichnen. Fig. 12 (links) entspricht einer Kupferlegierung, die unter besonderen Vorsichtsmaßregeln, also unter Vermeidung jeglicher Oxydation, hergestellt wurde. Das Gefüge ist völlig frei von Zinnsäureeinschlüssen. Die zinnsäurehaltige Legierung neigt zur Brüchigkeit und schnellen Abnutzung. Ähnliche Störungen machen sich auch bei wiederholtem Umschmelzen, insbesondere bei der Wiederverwendung von Abfällen, bemerkbar. Um eine Oxydation zu verhindern, wird die Schmelze vielfach mit einer Schutzschicht von Holzkohlenpulver bedeckt. Das Einschmelzen geschieht meist in Tiegelöfen. Als schädliche Beimengungen kommen Bi, As, Sb, Cd, Al und

In ähnlicher Weise machen sich auch die Verbrennungserscheinungen bei der Zinngießerei bemerkbar. Figur 13 zeigt das Gefüge einer verbrannten Legierung, die von Zinnsäureeinschlüssen reichlich durchsetzt ist. Die gleichen Störungen verursacht auch wiederholtes Umschmelzen der Legierung. Links ist das Gefüge einer unter den üblichen Vorsichtsmaßregeln vergossenen zinnsäurefreien Zinngießerei



Fig. 12.

wiedergegeben. Als Schutzschicht ist trockene Holzkohle am besten geeignet. Zum Einschmelzen werden zumeist gußeiserne oder schmiedeeiserne Kessel verwendet. Als schädliche Fremdmetalle werden Zn sowie die Metalle der Aluminium-, Alkali- und der Erdalkaligruppe angesehen.



Fig. 13.

Die Blelegießerei wird dagegen in der Weise beeinträchtigt, daß ihr in erster Linie das Antimon entzogen wird. Im Gefüge kommt dies insofern zum Ausdruck, als der Mengenanteil des Bestandteiles, dem diese Legierung ihre Gleiteigenschaften verdankt, vermindert wird. In Figur 14 (rechts) ist dies veranschaulicht, während die Figur links einer Legierung entspricht, die vor Oxydation geschützt war. Die

verbrannte Legierung ist gekennzeichnet durch mangelnde Gleitfähigkeit und erhöhte Sprödigkeit. Das über Umschmelzen, Schutzschicht und Öfen sowie Schädigung durch Fremdmetalle bei der Zinnlegierung Gesagte gilt auch für dieses Metall.

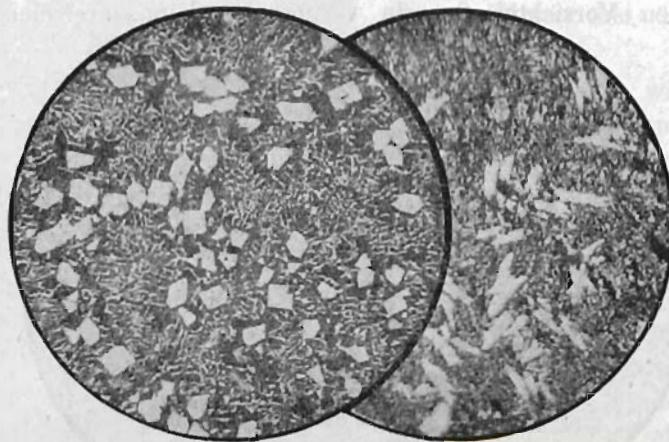


Fig. 14.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den beiden neuen Metallen. Sie zeigen beim Schmelzen noch eine besondere Eigenart, von deren genauer Kenntnis die Verwendungsmöglichkeit mehr oder weniger abhängig ist, ja unter Umständen sogar gänzlich in Frage gestellt werden kann. Die Überhitzung macht sich ähnlich wie bei der Bleilegierung auch hier im Gefüge bemerkbar und zwar insofern, als der



Fig. 15.

Mengenanteil der Gefügebestandteile, dem diese Legierungen ihre Gleiteigenschaften verdanken, vermindert wird. Man kann aus Figur 15 (rechts) leicht erschien, daß der Flächenanteil der dunklen Grundmasse beträchtlich abgenommen hat. Die Probe stammt von einem stark überhitzten Metall, während Figur 15 (links) einer Legierung entspricht, die beim Schmelzen vor Oxydation geschützt war.

Figur 16 gibt das Gefüge der Kalziumlegierung wieder. Auch hier ist der Flächenanteil der hellen Kristalle, denen die Legierung ihre Gleiteigenschaften verdankt, gegenüber dem Normalgefüge (links) in sehr erheblichem Maße zurückgegangen.

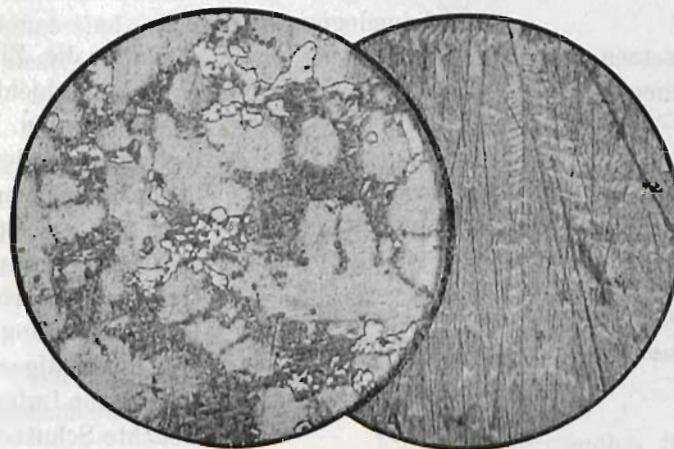


Fig. 16.

Gegenüber dem Verhalten der drei ersten Lagermetalle sind die neuen Metalle empfindlicher gegen andauerndes Überhitzen unter Luftpzutritt. Durch Verwendung einer Schutzdecke von Holzkohlenpulver kann die Einwirkung oxydierender Gase auf das Metall stark abgeschwächt werden. In Figur 17 ist der Einfluß der Überhitzungsdauer auf die Kugeldruckhärte der verschiedenen Legierungen graphisch

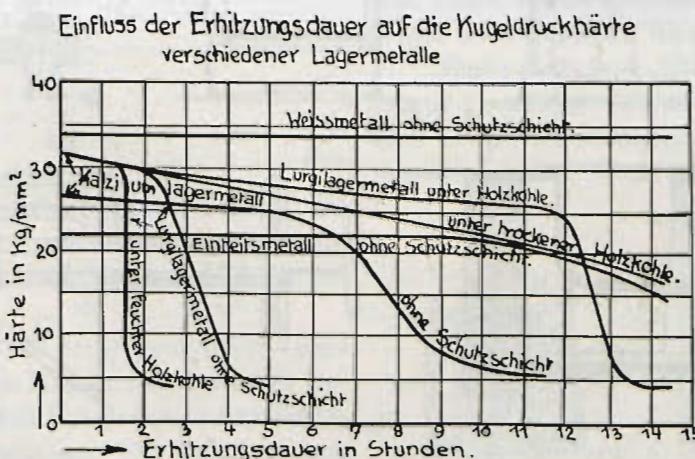


Fig. 17.

dargestellt und zwar mit und ohne Verwendung einer Holzkohlenenschutzschicht. Die Reihenfolge der Empfindlichkeit, mit dem am wenigsten empfindlichen Metall beginnend, ist die folgende:

Zinnlegierung,
Bleilegierung,

Kalziumlegierung.

Bariumlegierung;

bei Versuchen unter Verwendung einer Holzkohlenschutzschicht:

Bariumlegierung,

Kalziumlegierung.

Voranzusetzen wäre auch in diesem Falle offenbar die Zinn- und Blei-legierung, mit denen Versuche unter Verwendung einer Schutzschicht nicht durchgeführt wurden. Mit der Kupfer-legierung wurden infolge ihres hohen Schmelzpunktes keinerlei Versuche angestellt.

Bei Verwendung feuchter Holzkohle verhält sich die Bariumlegierung noch wesent-lich ungünstiger als das unter Zutritt von Luft erhitzte Metall. Feuchte Schutzschicht ist dem-

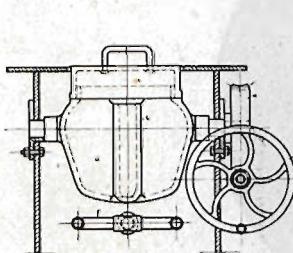
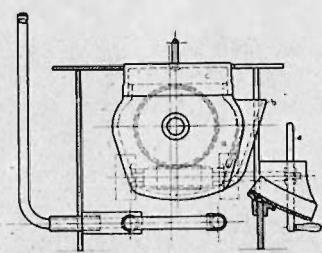


Fig. 18.



nach gefährlicher als gar keine. Wiederholtes Einschmelzen und Verwendung von Abfällen sind auf die neuen Metalle von gleich schädlichem Einfluß wie bei den

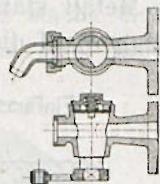
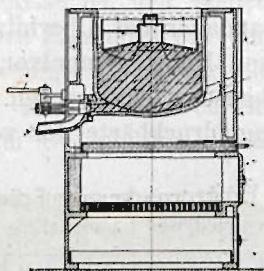
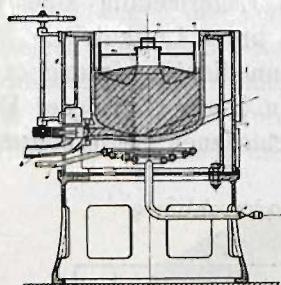


Fig. 19.

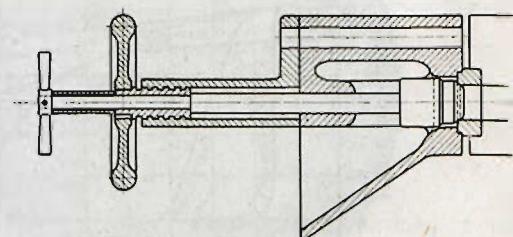
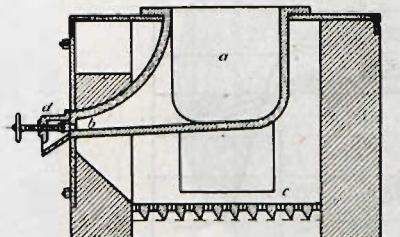


Fig. 20.

übrigen Lagermetallen. Kompakte Stücke können den Legierungen, ohne sie nennens-wert zu beeinflussen, bis zu etwa 30% zugesetzt werden, Drehspäne dagegen nur bis zu 10% und nur, wenn sie frisch gefallen sind.

Beim Einschmelzen der neuen Metalle müssen völlig reine Tiegel verwendet werden. Metallreste von Zink oder anderen Lagermetallen verderben die Legierungen fast ausnahmslos. Die meisten technischen Metalle, insbesondere Antimon, wirken stark entmischend (dekomponierend) auf die Legierungen ein.

Um einer Überhitzung dieser Legierungen zu begegnen, ist es empfehlenswert, für das Schmelzen Öfen mit Gasheizung zu verwenden, die wegen ihrer guten Regulierbarkeit und weniger heißen Flamme für diese Zwecke am besten geeignet sind. Ein einfacher Ofen dieser Art ist in der Figur 18 wiedergegeben. Der einfache Kessel mit Kippvorrichtung gestattet ein bequemes Entnehmen der Schmelze. Der Ofen hat sich in der Eisenbahnwerkstätte Fulda seit mehreren Jahren gut eingeführt.

Einen Ofen ähnlicher Bauart mit Bodenauslauf zeigt

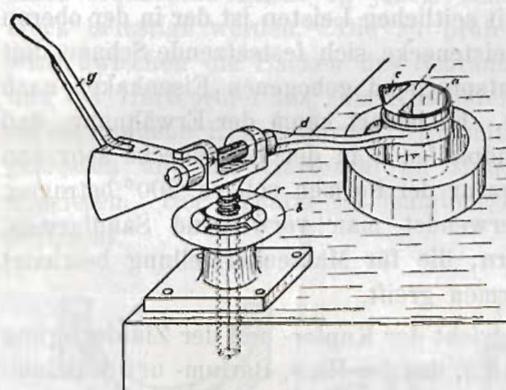


Fig. 22.

horizontal als auch vertikal beweglich, hat außerdem den Vorteil, daß die Ausgußschnauze somit beim Gießen eine konstante Höhe einhält.

Die Wahl eines geeigneten Ofens ist für die neuen Metalle von ziemlicher Bedeutung. Er muß handlich sein und flettes Arbeiten ermöglichen. Die Metallmengen, die zur Anwendung kommen, sollen nach Möglichkeit gering sein.

Einiger gießereitechnischen Einzelheiten sei hier noch Erwähnung getan. In Figur 23 ist eine gut bewährte Vorrichtung zum Ausgießen von Achslagern wiedergegeben. In Figur 24 eine ähnliche Vorrichtung für das Ausgießen von Stangenlagern. Einzelheiten sind aus den Figuren zu entnehmen.

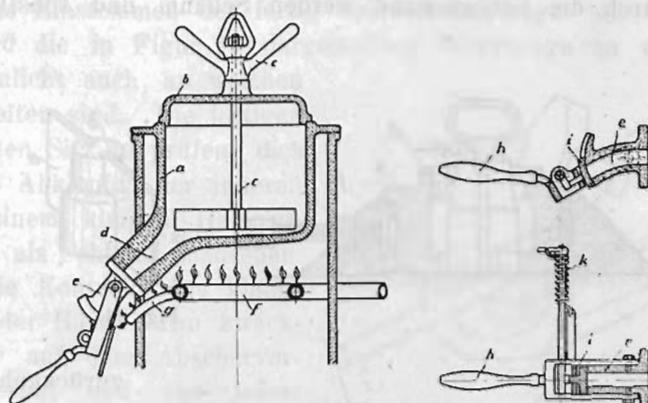


Fig. 21.

Figur 19, verwendbar für Gas- und Koksheizung. Rechts: Detail der Auslaufkonstruktion.

Einen Ofen Danziger Bauart veranschaulicht Figur 20. Der gut eingeführte Ofen ist mit Bodenauslauf versehen. Unten: Detail des Bodenauslaufes.

Einen Ofen ganz ähnlicher Bauart mit einem eigens konstruierten Verschlußventil gibt Figur 21 wieder.

Einen beliebten Ofentyp gibt noch Figur 22 wieder. Er bietet den Vorteil, daß er das Einschmelzen geringer Metallmassen bequem gestattet. Er ist sowohl

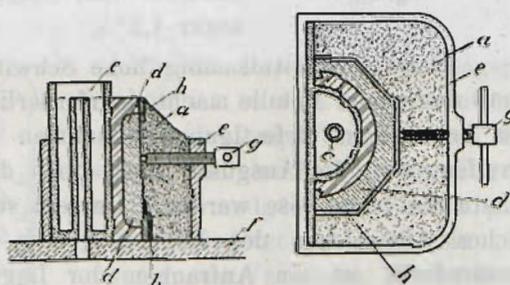


Fig. 23.

In Figur 23 ist eine gut bewährte Vorrichtung zum Ausgießen von Achslagern wiedergegeben. In Figur 24 eine ähnliche Vorrichtung für das Ausgießen von Stangenlagern. Einzelheiten sind aus den Figuren zu entnehmen.

Um ein Zurückhalten von Schlackeneinschlüssen, insbesondere bei Verwendung der neuen Metalle zu sichern, werden am besten Gießlöffel gemäß Figur 25 verwendet. Durch die Scheidewand werden Schaum und sonstige Unreinlichkeiten am besten

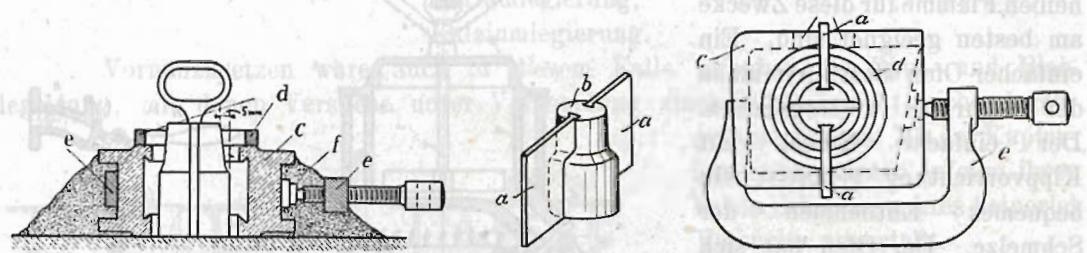


Fig. 24.

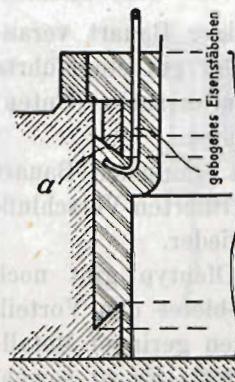
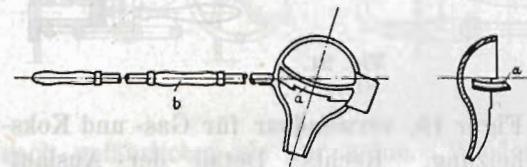


Fig. 25.

zurückgehalten. Der Gießlöffel hat noch außerdem den Zweck, daß der Strahl in richtiger Weise vom Gießtiegel in die Form geleitet wird. Bei Stangenlagern mit seitlichen Leisten ist der in der oberen Leistenecke sich festsetzende Schaum mit einem vorgewärmten, entsprechend gebogenen Eisenhaken nach Möglichkeit abzustreifen. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß das Anbringen von Windpfeifen *a* in der Leistenecke sehr von Nutzen ist. Die Temperatur der Formen soll ca. 200° betragen. Bei großen Lagern verwendet man vorwiegend Sandformen, während man bei Lagern, die für Massenherstellung bestimmt sind, besser zu Eisenformen greift.

Das spezifische Gewicht der Kupfer- und der Zinnlegierung liegt etwa zwischen 7 und 9, das der Blei-, Barium- und Kalziumlegierung zwischen 10 und 11, während das Schwindmaß der Zinn- und Bleilegierung etwa 0,6% beträgt, erreicht das der Kalzium- und Bariumlegierung etwa 0,9%, die Kupferlegierung sogar 1,5%.

Das verhältnismäßig hohe Schwindmaß der neuen Metalle macht es erforderlich, zu besonderen Befestigungsmaßnahmen zu greifen, weil die Ausgüsse sonst nach dem Erstarren leicht lose werden. Um ein seitliches Ausweichen des Lagerausgusses zu verhindern, ist ein Aufrauhen der Lagerschalen gemäß Figur 27 bei größeren Lagern notwendig. Bei Lokomotivlagern hat sich diese Maßnahme außerordentlich gut bewährt. Um ganz sicher zu gehen, ist es zweckmäßig, den Ausguß kurz nach dem Vergießen noch zusätzlich einzuhämmern. Der

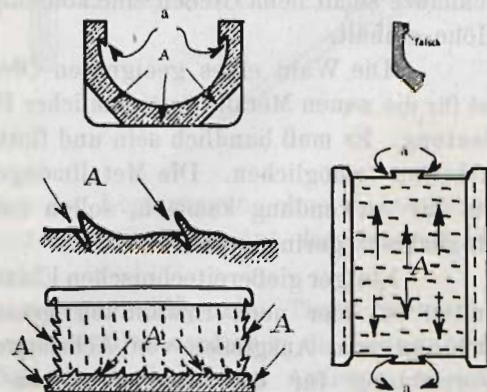


Fig. 26.

Hammer muß gemäß Figur 28 walzenförmig (zylindrisch) sein; ballige Hammerflächen dürfen auf keinen Fall benutzt werden.

Schließlich ist noch das Einstemmen der fertig bearbeiteten Lager sehr zu empfehlen. Zum Stemmen sind die in Figur 29 dargestellten Werkzeuge zu verwenden. Die Figur veranschaulicht auch, an welchen Stellen die Eingüsse zu bearbeiten sind. Die fertigen Lager sind stets auf klangfesten Sitz zu prüfen; dies geschieht am einfachsten durch Abklopfen der inneren Fläche des Ausgusses mit einem kleinen Hammer. Lager mit dumpfem Klang sind als Fehlguß anzusehen.

Wichtiger noch als die Kontrolle des klangfesten Sitzes ist die Prüfung der Härte. Ein zweckmäßiger Härteprüfapparat, der auf dem Abscherverfahren eines Eisendrahtes beruht und von jedem Schlosser bedient werden kann, ist in Figur 29 wiedergegeben. Der Apparat kann mittels einer Schelle oder einer besonderen Backe in jedem beliebigen Schraubstock befestigt werden. Die zu prüfende Lagerhälfte wird zwischen die Backen des Schraubstockes gestellt und der Härteprüfer bis zum Abscheren belastet. Der so entstandene Kugleindruck wird mittels einer Lehre gemessen und die Härtezahl an Hand einer Tabelle abgelesen. Der Apparat ist lediglich für den Betrieb bestimmt.

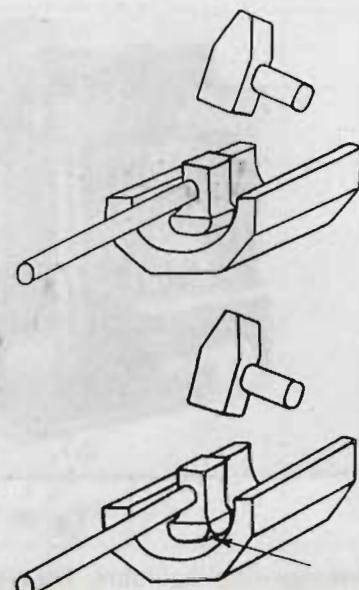


Fig. 27.

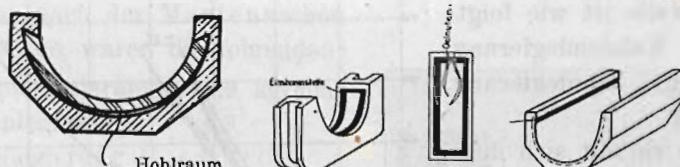


Fig. 28.

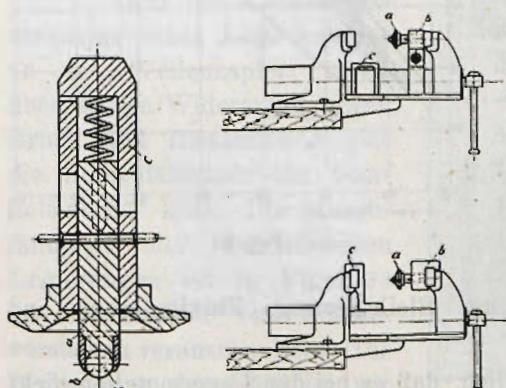


Fig. 29.

Für die Bewertung von Lagermetallen ist es von außerordentlich großer Bedeutung, Vorrichtungen zu besitzen, die eine Prüfung der Lager vor ihrem endgültigen Einbau gestatten. Bis jetzt bestand ein Mangel an geeigneten Verfahren. Wir müssen es uns hier versagen, auf die einzelnen bis jetzt angewandten Prüfvorrichtungen einzugehen, sondern wir wollen uns sofort mit einem Prüfungsverfahren befassen, das z. Zt. als das vollkommenste gilt. Eine

Vorrichtung dieser Art ist in Figur 30 wiedergegeben. Die Prüfung wird in der Weise durchgeführt, daß man die Lager zuerst bis zur konstanten Temperatur einlaufen läßt. Dadurch werden Unebenheiten ausgeglichen, so daß die Lager wirklich satt aufliegen. Bei der stufenweisen Erhöhung von Last und Geschwindigkeit wird in folgender Weise vorgegangen. Bei einer gegebenen Belastung wird die Geschwindigkeit von den niedrigsten bis zu den höchst zulässigen Werten gesteigert und jeweils die Beharrungstemperatur im Lager gemessen. Dann wird die Geschwindigkeit wieder auf den niedrigsten Wert eingestellt, die Belastung aber um eine Stufe erhöht. Diese Versuche werden dann in derselben Weise bis zu den höchsten Belastungen durchgeführt. Die Güteziffern gelangen in der Beharrungstemperatur zum Ausdruck.

Die Versuche bei mittleren Zapfendrucken sind in Figur 31 wiedergegeben. Die Reihenfolge der Güte der Metalle ist wie folgt:

Bleilegierung, Kalziumlegierung, Bariumlegierung, Zinnlegierung, Kupferlegierung.

Bei kleinen Drucken verhält sich demnach die Bleilegierung am günstigsten. Sie hat aber den Nachteil, daß sie nur geringe Drucke aufzunehmen vermag und daß die Gleiteigenschaft in dem Maße zurückgeht, wie der Druck zunimmt. Dies bringt die Figur 32 deutlich zum Ausdruck. Die Bleilegierung nimmt bereits bei einer Belastung von 100 kg/mm^2 die dritte Stelle ein. Die Versuche konnten nicht weiter fortgesetzt werden, da das Metall bei dieser Last bereits versagte. Für hohe Lasten ergibt sich gemäß der Figur etwa folgende Reihenfolge:

Bariumlegierung, Kalziumlegierung, Bleilegierung, Zinnlegierung und Kupferlegierung.

Diese Ergebnisse zeigen ziemlich deutlich, daß es bei den Lagermetallen nicht nur auf die Gleiteigenschaften, sondern auch auf die konstruktionstechnischen Eigen-

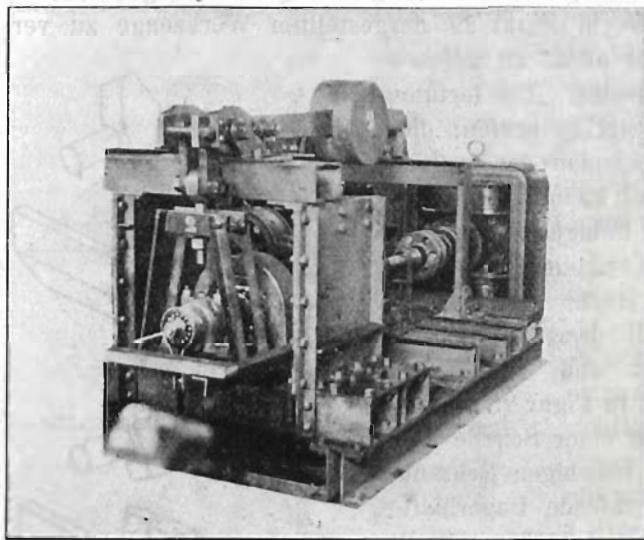


Fig. 30.

laufen läßt. Dadurch werden Unebenheiten ausgeglichen, so daß die Lager wirklich satt aufliegen. Bei der stufenweisen Erhöhung von Last und Geschwindigkeit wird in folgender Weise vorgegangen. Bei einer gegebenen Belastung wird die Geschwindigkeit von den niedrigsten bis zu den höchst zulässigen Werten gesteigert und jeweils die Beharrungstemperatur im Lager gemessen. Dann wird die Geschwindigkeit wieder auf den niedrigsten Wert eingestellt, die Belastung aber um eine Stufe erhöht. Diese Versuche werden dann in derselben Weise bis zu den höchsten Belastungen durchgeführt. Die Güteziffern gelangen in der Beharrungstemperatur zum Ausdruck.

Versuchsergebnisse mit Lagermetallen an Prüfständen bei mittleren Zapfendrucken.

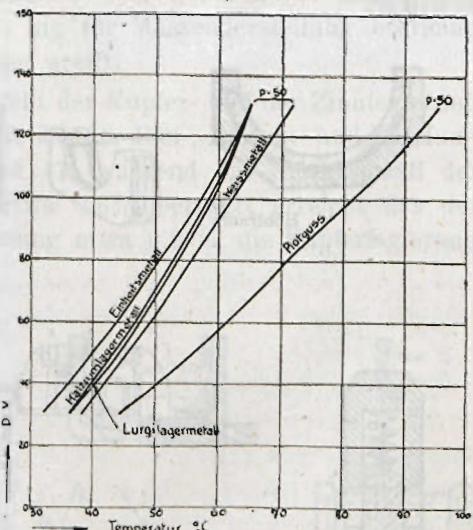


Fig. 31.

schaften ankommt. Es kann also vorausgesehen werden, daß am günstigsten sich die Metalle verhalten werden, die etwa die Mitte halten zwischen den konstruktions-technischen und den Gleiteigenschaften.

Eine besondere Bedeutung für den Konstrukteur besitzt die materialprüfungs-technische Untersuchung der Lagermetalle. Sie kann nicht als Ersatz für die maschinen-technische Prüfung angesehen werden, sondern verfolgt den Zweck, die Grund-eigenschaften der Metalle durch abgekürzte Prüfungsverfahren näher zu bestimmen. Ehe der Konstrukteur sich zur Verwendung der Konstruktionsstoffe entschließt, muß er bestimmte Bedingungen an deren Eigen-schaften stellen. Zu diesen gehören in erster Linie die Tragfähigkeit, Zähigkeit, sowie diejenigen Eigenschaften, die die Beschädigungsgefahr des Wellenzapfens auf ein Minimum herabsetzen. Sie kommen zum Ausdruck in der Elastizitätsgrenze, der Druckfestigkeit, der Stauchfähigkeit und der Härte.

Hinsichtlich der Elastizitätsgrenze herrscht noch große Unsicherheit. Die bei diesen Versuchen erhaltenen Zahlen, und zwar nach der Martensschen Methode, waren die folgenden:

| | | |
|------------------|-----|--------------------|
| Kupferlegierung | 9,9 | kg/mm ² |
| Zinnlegierung | 1,9 | " |
| Bleilegierung | 0,9 | " |
| Bariumlegierung | 3,3 | " |
| Kalziumlegierung | 2,6 | " |

Über das Anpassungs-vermögen eines Lagermetalles an den Wellenzapfen, sowie über dessen Widerstand gegen Bruch und Rissebildung gibt die Stauchfähigkeit ein technologisches Maß. Die Stauch-fähigkeit der verschiedenen Legierungen ist in Figur 33 an Ergebnissen von Stauch-versuchen veranschaulicht. Die Reihenfolge der Güte ist wie folgt:

Versuchsergebnisse mit Lagermetallen an Prüf-ständen bei sehr hohen Zapfendrücken.

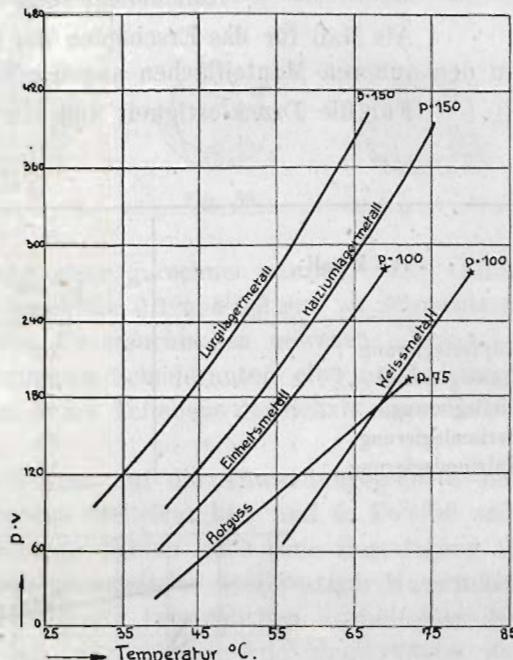


Fig. 32.

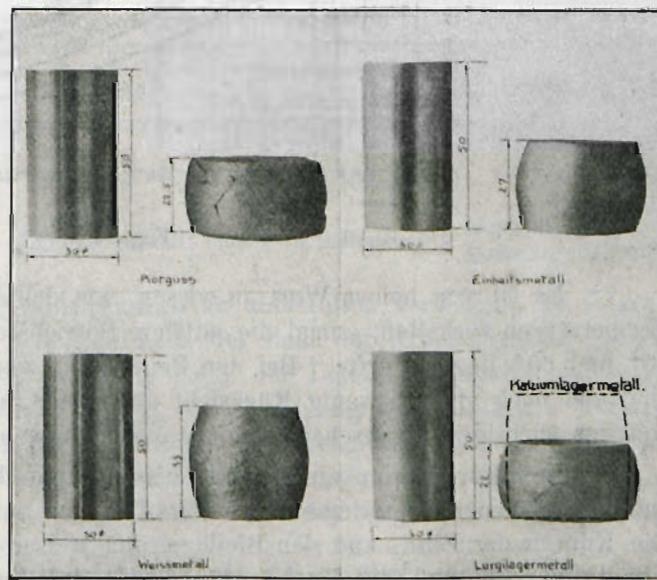


Fig. 33.

| | |
|------------------|------|
| Bariumlegierung | 56 % |
| Kupferlegierung | 55 " |
| Bleilegierung | 46 " |
| Zinnlegierung | 33 " |
| Kalziumlegierung | 25 " |

Als Maß für das Erschöpfen der Stauchfähigkeit ist das Auftreten von Rissen an den äußeren Mantelflächen angenommen.

Für die Druckfestigkeit und Härte wurden folgende Zahlen gefunden:

Tabelle 2

| Metall | Druckfestigkeit | | Härte kg/mm ² |
|------------------|--------------------|--|-----------------------------|
| | kg/mm ² | kg/mm ² auf den jeweiligen Querschnitt bezogen | |
| Kupferlegierung | 60 | 40 | 60 bis 80 |
| Zinnlegierung | 20 | 18 | 30, 34 |
| Bleilegierung | 17 | 10 | 20, 25 |
| Bariumlegierung | 25 | 18 | 23, 32 |
| Kalziumlegierung | 16 | 9 | 28, 32 |

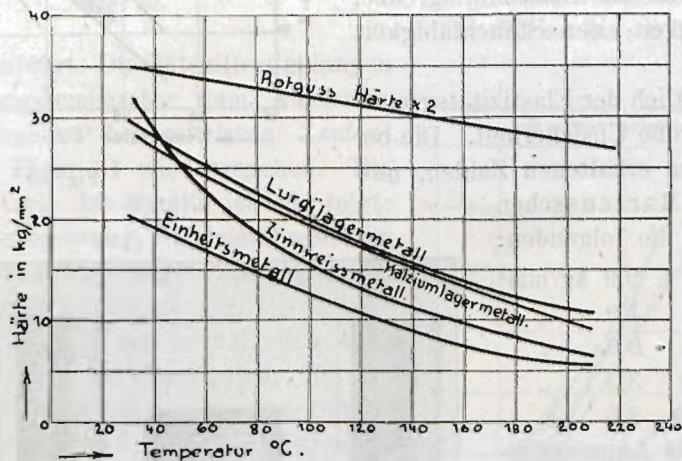


Fig. 34.

Es ist von hohem Wert zu wissen, wie sich die Lagermetalle auch bei höheren Temperaturen verhalten, zumal die mittlere Betriebstemperatur in der Regel zwischen 40° und 60° liegen dürfte. Bei der Beurteilung von Lagermetallen wird auf diesen Umstand noch viel zu wenig Rücksicht genommen, obwohl nicht selten die Prüfung weniger wichtiger Eigenschaften mit großem Aufwand erfolgt.

In Figur 34 sind einige Ergebnisse graphisch dargestellt. Der Wärmeeinfluß auf die Härte der Kupferlegierung ist im Hinblick auf die übrigen Metalle nur gering. Die Kurven der Zinn- und der Bleilegierung weisen dagegen einen ziemlich starken Abfall auf, während die Kurven für die Barium- und Kalziumlegierung wesentlich günstiger verlaufen. Durch Temperatursteigerung wird demnach die Härte der neuen

Metalle weniger beeinflußt, als die der Zinn- und Bleilegierung. Dieses Verhalten gibt vielleicht eine der wichtigsten Erklärungen dafür, warum nach den bisherigen Erfahrungen die neuen Metalle sich so vorzüglich bewährt haben.

Einige konstruktionstechnische Einzelheiten seien noch gestreift: Die richtige Bemessung der „Ölluft“ ist ein äußerst wichtiger Faktor für den rationellen Betrieb eines Lagers. Er ist bestimmd für

die Dicke des Ölpolsters, das während des Betriebes zwischen Welle und Lager verbleibt. In Figur 35 ist ein Lager mit normaler, ungenügender und übertrieben großer Ölluft dargestellt. In den beiden letzten Fällen

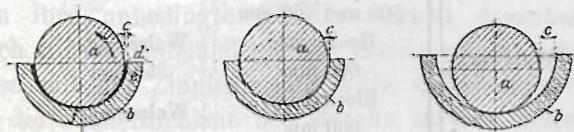


Fig. 35.

kann auf eine zweckmäßige Schmierung nicht mehr gerechnet werden. Die Ölluft pflegt, je nach dem Durchmesser des Lagers, zwischen 0,1 und 0,3 mm zu schwanken. Ölnuten sind bis jetzt kaum Gegenstand von Untersuchungen gewesen. Versuche haben ergeben, daß die bisher üblichen diagonalen Schmiernuten eine ungünstigere thermische Wirkung zur Folge haben als axial in der Teilebene der Schale angeordnete Schmiernuten.

Es sei gestattet, noch mit einigen Worten auf die Anwendungsbiete und Betriebserfahrungen zurückzukommen. Es werden vielleicht hier und da Zweifel aufgekommen sein, ob die an Prüfständen erhaltenen Zahlen auch eine Bestätigung in der Praxis gefunden haben. Unter dem Drucke mangelnder hochwertiger Materialien wurden in der Praxis durch planmäßige Versuche die tatsächlichen Verhältnisse der Lager genau studiert. Es hat sich gezeigt, daß beispielsweise Kupferlegierungen, die noch vor kurzem für viele Zwecke als unentbehrlich angesehen wurden, sehr wohl durch andere Legierungen ersetzt werden können, ja sogar, wie aus der Tabelle 3

Tabelle 3

| Maschinengattung | Art des Lagers | Lagermetall | Dauerbetrieb. Zeit in Arbeitsstunden | Bemerkung |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------|---|---|
| Schwere Brikett- pressen | Hauptdrucklager (Druckschale) | Bronze | 5040 = 7 Monate | — |
| Dgl. | Dgl. | Lurgilagermetall | 6480 = 9 Monate | Lager völlig intakt, Abnutzung minimal |

hervorgeht, vielfach noch die Kupferlegierungen zu übertreffen vermögen. Im Dauerbetriebe haben sich die Metalle verhalten nach der Zahl der Arbeitsstunden gemäß wie 7 : 9. Während die Kupferlegierung am Ende der Leistungsfähigkeit war, war die Bariumlegierung noch vollkommen intakt, die Abnutzung war minimal. Weitere Versuche sind unter noch ungünstigeren Bedingungen durchgeführt worden und zwar an schweren Walzenstraßen. Sie sind in den Betrieben zweier der größten deutschen Walzwerke durchgeführt worden. Gemäß Tabelle 4 erweist sich die Bariumlegierung bei Mittelstraßen der Kupferlegierung um rund $\frac{1}{7}$, bei Grobstraßen um etwa $\frac{1}{3}$ und bei Blockstraßen sogar um das Fünffache überlegen. Es sei noch bemerkt, daß das Lager mit 17000 Tonnen Arbeitsleistung nur eine Abnutzung von 6 mm aufwies und

Tabelle 4

| Maschinen-gattung | Art der Walzenstraße | Art des Lagers | Schmierung | Lagermetall | Leistungen an Arbeitsgut in Tonnen |
|-------------------|--------------------------------|-----------------------|------------|----------------------------|------------------------------------|
| Walzwerk | Mittelstraße 500 und 700 mm | — | Fett | Rotguß Lurgilagermetall | 1200 1400 |
| | Grobstraße 600 mm | Walzenlager 350 mm | Fett | Rotguß Lurgilagermetall | 18000 17000 ¹⁾ |
| | Blockstraße 900 mm | Walzenlager | Fett | Rotguß Lurgilagermetall | 10000 55000 |
| | | | | | |
| | | | | | |

daß demnach mindestens mit der doppelten Arbeitsleistung des Lagers noch zu rechnen war. Diese Versuche zeigen eindeutig die Reformbedürftigkeit unserer bisherigen Anschauungen über das Wesen der Lagermetalle und deren Betrieb.

Die Punkte, auf die bei der Überwachung besondere Rücksicht zu nehmen ist, können sehr mannigfacher Art sein. Sie müssen dem jeweiligen Betriebe auf das genaueste angepaßt werden. In erster Linie muß sich die Kontrolle erstrecken auf:

1. Bezeichnung der Lager und der Abmessungen,
2. Maschinenart und Betriebsbedingungen,
3. Chemische und mechanische Kontrolle des Lagermetalls,
4. Schmelz- und gießtechnische Angaben,
5. Prüfung des fertigen Ausgusses,
6. Betriebsergebnisse.

Während die Ergebnisse der beiden letzten Tabellen nur einzelne Daten wiedergeben, sind in Tabelle 5 noch Durchschnittsergebnisse veranschaulicht und zwar Zahlen, die bei Eisenbahnversuchen gewonnen wurden (in verschiedenen Eisenbahndirektionen

Tabelle 5

| Lagermetall | Versuchs-daten aus | Zahl der Lager-eingüsse | Mittlere Laufzeit pro Einguß | Mittlere Versuchs-zeit pro Lager | Aus-geschiedene Lager-eingüsse | Verteilung der Lagereingüsse auf die einzelnen Lokomotiv-Typen in % | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---|-----|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|------|
| | | | | | | Stück | % | T ₃ | T ₅ | T ₁₄ | T ₁₅ | T ₁₈ | G ₄ | G ₅ | G ₇ | G ₈ | G ₁₀ | G ₁₂ | S ₃ | S ₆ | S ₁₀ | P ₄ | P ₈ | |
| Regel-metall | B. W. Fulda | 515 | 29,7 | 88,3 | 116 | 22,52 | 2,5 | 8,5 | 2 | 8 | 2,8 | 3 | 5,7 | 8,2 | 17,8 | 19,7 | 0,8 | 2,7 | — | 0,4 | 2,5 | 15,4 | | |
| " | B. W. Hanau | 486 | 29 | 35,1 | 85 | 17,49 | 2,9 | 7 | — | — | 0,2 | — | 7,4 | 10,1 | 34,5 | 23,5 | 3,1 | 0,8 | 0,2 | — | 10,3 | — | | |
| Lurgilager-metall | B. W. Fulda | 211 | 39 | 40,1 | 6 | 2,84 | — | 26,5 | 0,4 | 1,9 | 2,8 | 6,65 | 3,3 | 10,5 | 6,65 | 21,4 | — | 8,5 | — | — | 4,75 | 6,65 | | |
| " | Dir.-Bez. Frankfurt a/Main | 618 | 30,7 | 31,9 | 21 | 3,40 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| " | Dir.-Bez. Cassel | 383 | 38 | 39,6 | 14 | 3,65 | — | — | 8 | 6 | — | — | — | — | — | 5 | 20 | 29 | — | 2,6 | — | 10,2 | 1,8 | 22,8 |

¹⁾ Abnutzung etwa 6 mm.

und Bezirken). An der Zusammenstellung ist besonders interessant, daß die Zahlen der Versager (Wärmläufer) bei der Bariumlegierung rund 3 % betragen, während sie bei der üblichen Zinnlegierung rund 20 % betragen. In der Tabelle sind die Zahlenergebnisse von vielen hunderten Versuchen zusammengetragen. An Lokomotivtypen sind die leichteren bis zu den schwersten vertreten. Diese Ergebnisse sollen nicht erwähnt werden, um die Überlegenheit der Bariumlegierung gegenüber Weißmetall besonders hervorzuheben, sondern um ihre unbedingte Gleichwertigkeit darzutun. Ähnliche Ergebnisse sollen übrigens auch mit der Kalziumlegierung erzielt worden sein.

Bei den schlechten Ergebnissen mit der Zinnlegierung wäre vielleicht noch der Umstand zu berücksichtigen, daß die Einheitlichkeit des Metalls in der letzten Zeit nachgelassen haben mag und daß nicht immer Legierungen von verbürgter Zusammensetzung zum Vergleich herangezogen werden konnten.

Zusammenfassend kann über die gesamten Prüfungsergebnisse gesagt werden:

Die Kupferlegierungen nehmen unter den Lagermetallen eine besondere Stellung ein. Kommen sehr hohe Lagerdrücke zur Anwendung, so ist Rotguß das rechte Metall. Häufig geschieht es aber, daß Rotguß an Stellen verwendet wird, an denen andere Metalle den gleichen Zweck erfüllen. Seine Gleiteigenschaften stehen mit den mechanischen Eigenschaften nicht immer auf gleicher Höhe. Dies liegt wohl zum großen Teil daran, daß das Metall sich nur schwer der Welle anpaßt.

Die zweite Gruppe bilden das Zinnlagermetall und das Bleilagermetall. Bei geringen Zapfendrucken genügt die Bleilegierung den meisten Anforderungen. Bei höheren Drucken bewährt sich die Legierung nicht mehr und zwar nicht nur hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften, sondern es kann auch eine wesentliche Verschlechterung der Gleiteigenschaften beobachtet werden.

Ein Metall, das etwa die Mittellinie unter den beiden Legierungen hält, ist das Zinnlagermetall. Wie wir gesehen haben, steht diese Legierung hinsichtlich der Gleiteigenschaften nicht an der Spitze, trotzdem hat sie als Lagermetall den besten Ruf. Dies ist wohl dem Umstand zuzuschreiben, daß sie sowohl hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften als auch der Gleiteigenschaften die Mittellinie hält.

Es kann also vorausgesehen werden, daß auch unter den neuen Metallen diejenigen sich am besten einführen werden, die in ihren Eigenschaften dem Zinnlagermetall ähneln. Das trifft bei den beiden neuen Legierungen durchaus zu. Man kann sogar sagen, daß sie das Zinnlagermetall sowohl hinsichtlich der mechanischen, insbesondere aber der Gleiteigenschaften noch um ein Wesentliches übertreffen. Die größere Empfindlichkeit dieser Metalle gegen Oxydation beim Schmelzen läßt sich durch sachgemäße Behandlung fast völlig beseitigen.

Das Bariumlagermetall ist hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften dem Kalziumlagermetall etwas überlegen, auf der anderen Seite besitzt aber das Kalziumlagermetall hinsichtlich der schmelztechnischen Eigenschaften einen etwa gleichwertigen Vorsprung. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes kann somit gesagt werden, daß sich die beiden neuen Metalle in technologischer Hinsicht nicht wesentlich unterscheiden. In welchen Fällen man das eine oder das andere dieser Metalle bevorzugt, dürfte lediglich von den technischen Anforderungen abhängen, die von dem Verbraucher gestellt werden.