

Forschung und Werkstatt II

Ersatzstoffe
(„Kriegsnachklänge“)

1. Untersuchung von Ersatzriemen

Von

G. Schlesinger und M. Kurrein

2. Untersuchung von Bohrölen

Von

G. Schlesinger und E. Simon

3. Kupferarme Zinklegierungen für die Lagerungen der Werkzeugmaschinen, Einfluß der Gießart und der Schmierung

Von

G. Schlesinger und M. Kurrein



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

Berichte des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule Berlin.

- Erstes Heft: Vorbericht. **Das Versuchsfeld und seine Einrichtungen.** 1. Fachbericht: **Untersuchung einer Drehbank mit Riemenantrieb.** Von Prof. Dr.-Ing. **G. Schlesinger**, Berlin. Mit 46 Textfiguren. (26 S.) 1912. Vergriffen.
- Zweites Heft: **Der Azetylen-Sauerstoff-Schweißbrenner**, seine Wirkungsweise und seine Konstruktionsbedingungen. Von Dipl.-Ing. **Ludwig**. Mit 39 Textfiguren. (30 S.) 1912. 1.65 Goldmark / 0.40 Dollar
- Drittes Heft: **Untersuchungen an Preßluftwerkzeugen.** Von Dr.-Ing. **R. Harm**. Mit 38 Textfiguren. — **Der deutsche (metrische) Bohrkegel für Fräsdorne.** Von Prof. Dr.-Ing. **G. Schlesinger**. Mit 36 Textfiguren. (34 S.) 1913. 2 Goldmark / 0.50 Dollar
- Viertes Heft: **Forschung und Werkstatt.** 1. Untersuchung von Spreizringkupplungen. Von Prof. Dr.-Ing. **G. Schlesinger**, Berlin. Mit 115 Textfiguren. — 2. Schmierölprüfung für den Betrieb. Von Dr.-Ing. **G. Schlesinger** und Dr. techn. **M. Kurrein**. Mit 29 Textfiguren. Unveränderter Neudruck. (34 S.) 1922. 2 Goldmark / 0.50 Dollar
- Fünftes Heft: **Untersuchung einer Wagerecht-Stoßmaschine mit elektrischem Einzelantrieb und Riemenzwischengliedern.** Von Prof. Dr.-Ing. **G. Schlesinger** und Privatdozent Dr. techn. **M. Kurrein**. Mit 108 Textfiguren und 15 Zahlentafeln. (VI u. 34 S.) 1921. 2.50 Goldmark / 0.60 Dollar
- Siebentes Heft: Versuchsfeldbericht. **Der Ausbau der Einrichtung des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule zu Berlin seit 1912.** Von **G. Schlesinger** und **M. Kurrein**. In Vorbereitung.
-

Forschung und Werkstatt II

Ersatzstoffe
(„Kriegsnachklänge“)

1. Untersuchung von Ersatzriemen

Von

G. Schlesinger und M. Kurrein

2. Untersuchung von Bohrölen

Von

G. Schlesinger und E. Simon

3. Kupferarme Zinklegierungen für die Lagerungen der Werkzeugmaschinen, Einfluß der Gießart und der Schmierung

Von

G. Schlesinger und M. Kurrein



ISBN 978-3-662-32166-9
DOI 10.1007/978-3-662-32993-1

ISBN 978-3-662-32993-1 (eBook)

Forschung und Werkstatt.

1. Untersuchung von Ersatzriemen.

Von G. Schlesinger und M. Kurrein.

Die Versuche mit Ersatzriemen sind während des Krieges aus den Kriegsverhältnissen heraus entstanden, als die zunehmende Lederknappheit alle möglichen Ersatzstoffe für den Lederriemen auf den Markt warf. Um einer Vergeudung an Material und Arbeitskraft auf diesem Gebiete entgegenzuarbeiten, wurde durch Prof. Schlesinger auf Ansuchen der bezüglichen amtlichen Stellen (Riemenfreigabestelle, Riemenersatzprüfstelle) ein Versuchsstand zur gründlichen Durchprüfung aller auftauchenden Riemenkonstruktionen in möglichst enger Anlehnung an die praktischen

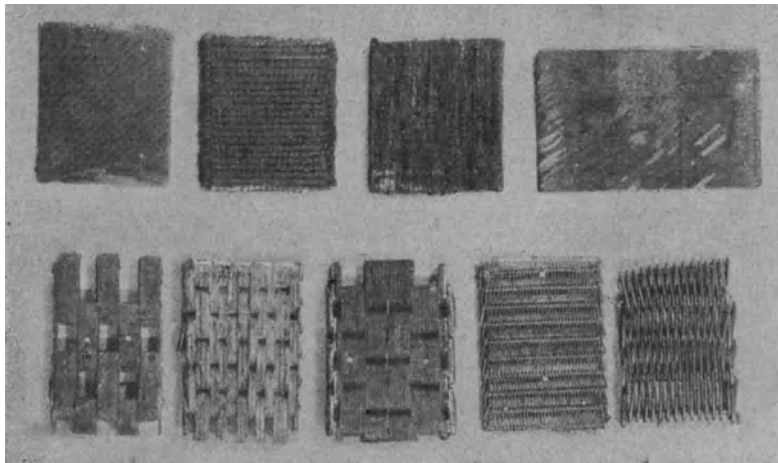


Fig. 1. Ausgeschiedene Ersatzriemen (nicht aus Faserstoffen hergestellt)

Arbeitsbedingungen im Charlottenburger Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen eingerichtet.

Der Beginn dieser Prüfung geht bis zum Jahre 1918 zurück, die Untersuchung läuft auch jetzt noch weiter, wenn auch der Zweck der Versuche geändert worden ist, da alles Riemenmaterial im freien Handel zu haben ist, und da vor allem gute Lederriemen in jeder Abmessung, wenn auch zu hohen Preisen, gekauft werden können. Für die erste Untersuchung lieferten 21 Hersteller dem Versuchsfeld eine große Anzahl Ersatzriemen, von denen ein großer Teil

- A. von vornherein den Stempel des Ungeeigneten trugen. Solche Riemen bestanden aus Handschuhlederabfällen, aus Drahtgliedern, Pappe, Holz u. dgl. Fig. 1.
- B. Die Hauptgruppe verwendbarer Riemen bestand aus Faserstoffen, Baumwolle, Segeltuch, Papiertuch und Zellstoff, die in verschiedenen Verbindungen, geleimt und genäht, hergestellt wurden.
- C. Mit dem Gedanken einer vergrößerten Kraftübertragung wurden Riemen aus gemischtem Material gebaut, wie aus Draht und Faserstoff, wobei der Draht sowohl in Kette wie im Schuß vorkam, Drahtseilen mit Papierkordelschuß und Stoffgewebe

mit Drahteinlagen in mehr oder weniger glücklicher Verbindung.

Verbinderfrage.

Bevor man an die systematische und einheitliche Untersuchung gehen konnte, war die Frage eines brauchbaren Riemenverbinders zu lösen. Auch hier waren von den Lederriemen her alle möglichen Formen in Versuch (Fig. 2), und neue besonders für Zellstoffriemen kamen immer wieder auf. Schließlich entschied man sich im Versuchsfeld für den Zet-Verbinder (Fig. 24 u. 25), der sich leicht und schnell an den verschiedensten Ersatzriemen anbringen ließ, keine besonders vorstehenden Teile hat und verhältnismäßig wenig Brüche an den Verbinderstellen verursacht.





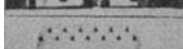





Riemenschmiere

Eine weitere Frage, die die Untersuchung sehr erschwerte, war der große Einfluß der Riemenschmiere, die bei den meisten Ersatzriemen ein gänzlich verschiedenes Verhalten bewirkte. Es mußten somit auch die verschiedenen Schmieren in den Kreis der Untersuchung gezogen werden, da keineswegs alle gleichwertig bei denselben Riemen waren, wie Fig. 3 zeigt.

I. Untersuchung.

Man tappte also bei den ersten Untersuchungen vollständig im Dunkeln und hatte vor Eintritt in eine wirkliche systematische Behandlung der Frage, wie sie für die Herstellung eines brauch-

Fig. 2. Verbindungen für Zellstoffriemen

Verbindung		Brauchbarkeit
Art	Namen	
	verleimt	Gut für leimgetränkte Riemen. Umständlich.
	mit Nähriemen genäht	Für genügend feste, dichte Gewebe.
	übergenähte Laschen	
	Scharnier-Verbinder von Claviez	Ungeeignet für Kanten- und Gabellauf.
	Harris-Verbinder	Nur für sehr feste, harte Gewebe.
	Schienen-Verbinder	Gut, wenn keine Spann- oder Leitrolle und genügend Durchgang vorhanden
	Jacksonplatten-Verbinder	Nur für sehr feste, harte Gewebe, wenn keine Spann- oder Leitrolle vorhanden
	Lasche mit Jackson-Schrauben	Nur für sehr feste, dichte Gewebe, wenn keine Spann- oder Leitrolle vorhanden.
	Hoi-Verbinder	Nur für sehr feste, harte Gewebe
	Zickzack-Verbinder	

baren Ersatzriemens unbedingt notwendig ist, erst folgende Punkte zu klären:

1. Verwendungsgebiete der Ersatzriemen.
Dazu gehört — außer den Verwendungsgebieten in trockenen, staubigen oder feuchten, wasserdampfhaltigen Räumen, im Freien bei landwirtschaftlichen Maschinen usw. — im Maschinenbau also, die Frage des offenen, gekreuzten und Gabellaufriemens.
2. Entwicklung einer ausreichenden Untersuchungsmethode.
Wenn auch an verschiedenen Stellen auf ganz verschiedenen Wegen Prüfverfahren angewendet wurden, so glaubte man im Versuchsfeld die Versuche möglichst



Fig. 3. Einfluß verschiedener Riemenbeschmiere auf die Umfangskraft. Die aufstreichbare Riemenbeschmiere (obere Linie) gibt eine bessere gleichzeitige Kraftübertragung, während das feste Riemenwachs (untere Linie) in kurzer Zeit nach jedem Nachspannen des Riemens versagt.

an die Erfordernisse der Praxis anlehnen zu sollen, dabei aber ein Kriterium für die Beurteilung zu suchen, das mehr zeigt als das äußere Bild des Riemens bei einem einfachen Laufversuch. Es sollte möglich sein, aus den Versuchen fortlaufende Schaubilder über das

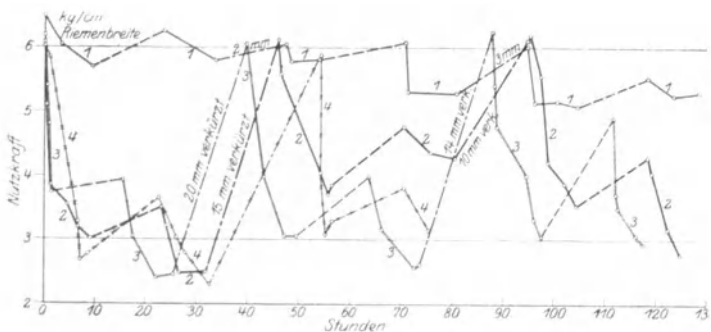
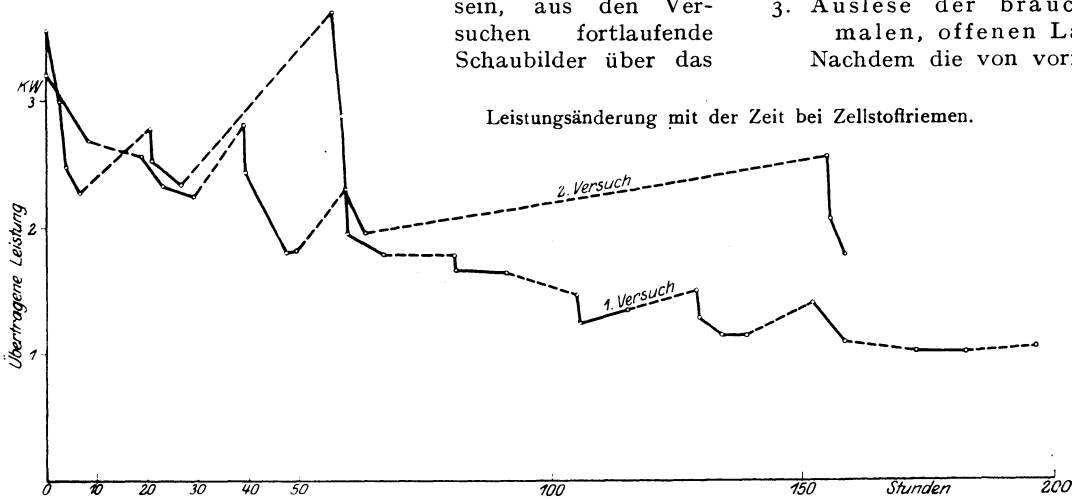


Fig 5 u. 6. Verhalten der Ersatzriemen im Dauerbetrieb. Die übertragene Leistung sinkt ohne Nachspannen dauernd, ebenso fällt die Nutzkraft schnell nach jedesmaligem Nachspannen.

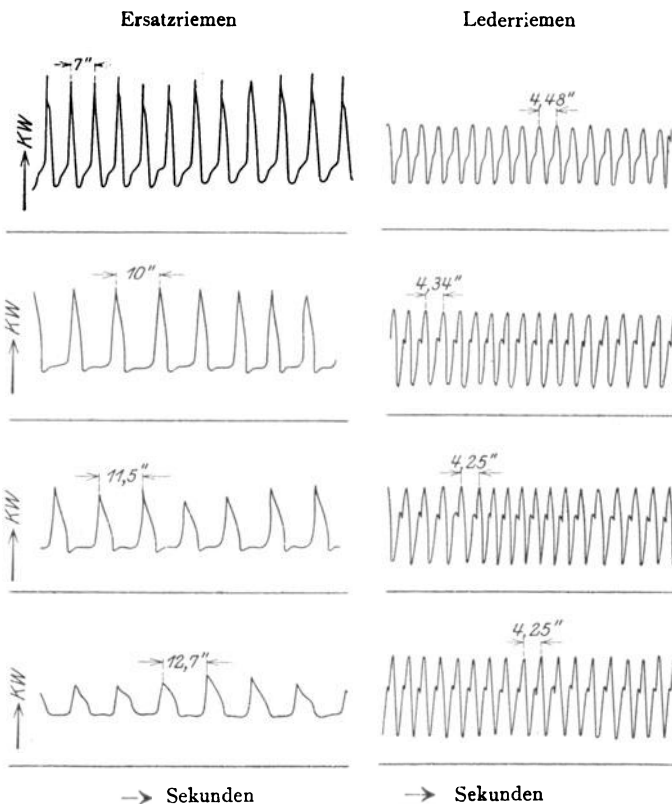


Fig. 4. Leistungsschaubilder einer Tischhobelmaschine bei Betrieb mit Ersatzriemen und Lederriemen.

Bei Ersatzriemenbetrieb lassen die Hubzahl und die Schnelligkeit der Umsteuerung innerhalb eines 8-stündigen Betriebes um 45 vH. nach.

Verhalten eines jeden Riemens herzustellen, aus denen sich anhand eines oder mehrerer Kennzeichen ein Vergleich der einzelnen Riemen ermöglicht.

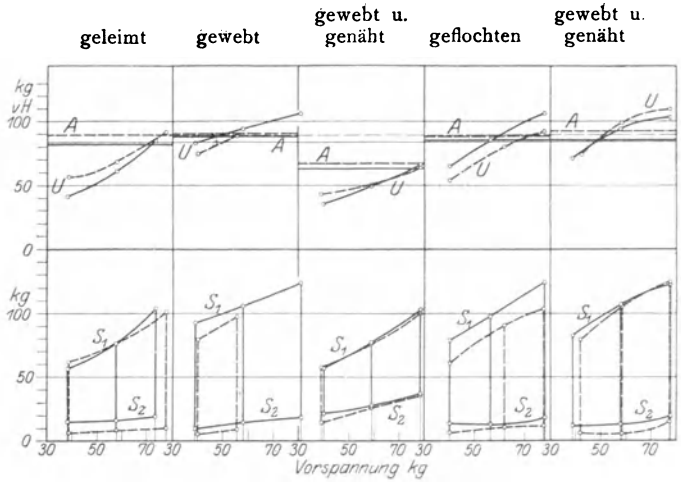
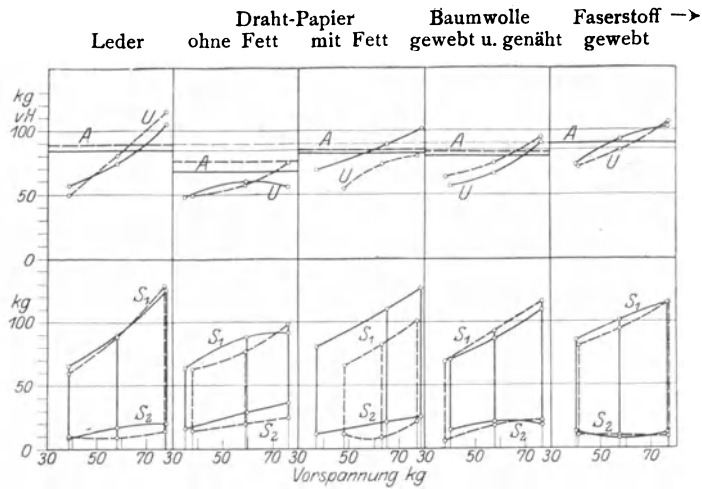
3. Auslese der brauchbaren Riemen im normalen, offenen Lauf.

Nachdem die von vornherein, wie oben gesagt, ungeeignet erscheinenden Riemen in Vorversuchen ausgeschieden waren, wurden die verbleibenden Riemen in Versuchen von je einer Arbeitswoche für jeden Riemen nach den gleichen Grundsätzen gefahren.

Zu 1. Die Untersuchung des offenen und gekreuzten Riemens in Verbindung mit dem Gabellauf erfolgte auf einer Tischhobelmaschine guter Konstruktion, deren Antriebsverhältnisse auch genügend hohe Riemen- geschwindigkeiten gewährleisteten.

Zuerst wurde das Verhalten der Ersatzriemen im Vergleich zum Lederriemen für den ganzen Antrieb (Fig. 4) untersucht, dann im Dauerbetrieb verschiedene Riemen an den drei Riemenstellen der Hobelmaschine, die auch ganz verschiedenes Verhalten zeigten, außerdem das Verhalten als Verschieberriemen. Es ergab sich, daß

Morgens 8 h 40
Mittags 12 h 50
Nachmittags 3 h 25
Abends 5 h 55



— 10 m/sek. Riemengeschwindigkeit
 - - - 15 m/sek.

Fig. 7. Spannung und Leistung von Ersatzriemen.

S_1 Spannung im ziehenden Trum
 S_2 Spannung im losen Trum
 $U = S_1 - S_2$ Umfangskraft
 $A = \frac{U}{S_1}$ Ausbeute

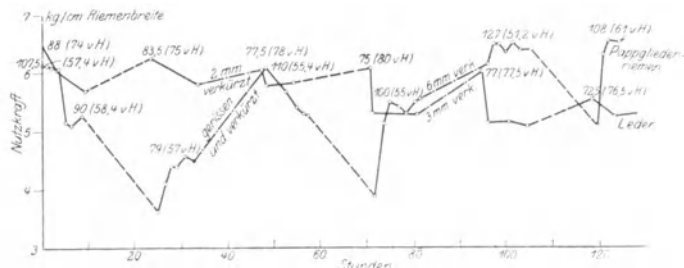


Fig. 8. Zahlen bedeuten Kraft im ziehenden Trum in kg. (Zahlen) bedeuten Ausbeute in vH. — Stillstand. — · — · Stillstand und Verkürzung. · gerissen.

die Ersatzriemen weder beim gekreuzten Lauf noch beim Gabellauf zufriedenstellend arbeiteten, wenn auch gewisse Typen wenigstens so weit ausreichten, daß man sie zur Not verwenden konnte. Beim offenen Lauf trat im allgemeinen bei nicht geschmierten Riemen bloß ein starkes Abfallen der übertragenen Leistung ein.

Zu 2. Der Versuchsstand (Fig. 10) wurde daher mit offenem Riemen und einer Spannrolle für gleichbleibende Riemen Spannung gebaut. Umdrehungszahl (= Riemen geschwindigkeit), kW an Motor und Dynamo wurden dauernd gemessen, wobei die gleiche Riemen Spannung durch die Einstellung der Spannrolle auf eine bestimmte Marke erhalten wurde.

1. Verfahren.¹⁾

Mit dieser Einrichtung wurden die Riemen mit Beobachtung der Leistung und Abnahme der Nutzkraft im Dauerbetrieb gefahren.

Es zeigte sich bei eingestelltem Riemen (Fig. 5 u. 6) mit der zunehmenden Längung eine entsprechende Abnahme der Leistung, die nach den Betriebsstillständen bei Nacht mit einer Zusammenziehung und entsprechender Leistungssteigerung verbunden war, die im Laufe des Tages schnell wieder abfiel. Doch ist das allgemeine Bild ein allmähliches, mehr oder weniger schnelles Abfallen der Leistung, bis durch ein Nachspannen (Verschieben der Dynamo entsprechend der Riemenkürzung im Betrieb) der ursprüngliche Zustand wieder eingestellt war.

Gleichzeitig nimmt die Nutzkraft (Fig. 6), d. i. die dem übertragenen Drehmomente entsprechende Umfangskraft im Riemen ab, während bei einem unter denselben Umständen gefahrenen Lederriemen beide Verhältnisse wohl zu merken sind, aber in derartig geringem Maße, daß man sie vernachlässigen kann.

Unter diesen Umständen wurde die Beziehung zwischen S_1 Spannung im ziehenden Trum, S_2 Spannung im losen Trum, $U = S_1 - S_2$ der Umfangskraft und A der Ausbeute $= \frac{U}{S_1}$ an verschiedenen Ersatzriemen und am Lederriemen festgestellt (Fig. 7).

Es zeigt sich, daß Größe und Verhältnis von Vorspannung, Arbeitsspannung und Umfangskraft für Leder- und geschmierte Zellstoffriemen fast gleich sind.

Nachdem auf diese Weise über die grundlegenden Fragen eine gewisse Aufklärung geschaffen worden war, wurden die eingesandten Ersatzriemen in der in Fig. 8 (oben) dargestellten Weise gefahren, wobei die Abnahme der

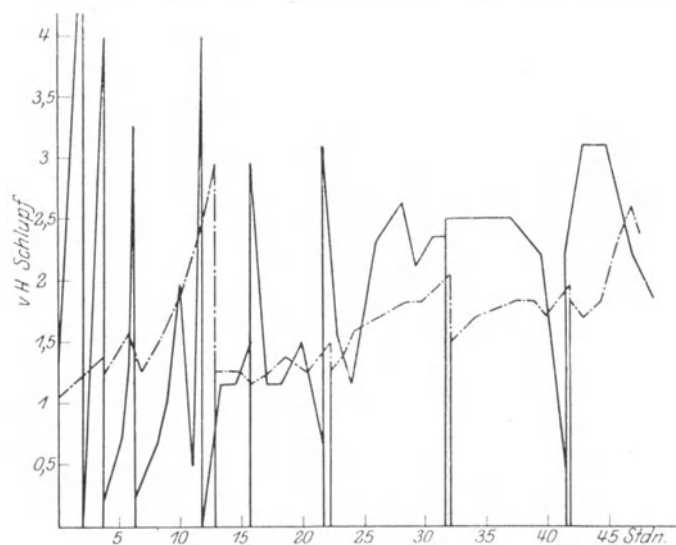
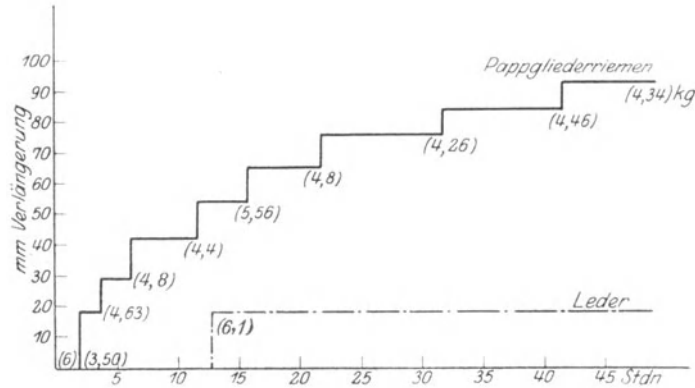


Fig. 8 u. 9. Untersuchung desselben Ersatzriemens (geschmiert) nach dem 1. und 2. Verfahren. (Zahlen) bedeuten Umfangskraft in kg für 1 cm Riemenbreite. Aus Fig. 9 ist die starke dauernde Dehnung und der starke Schlupf erkennbar.

¹⁾ Bezüglich Einzelheiten dieser Untersuchung und die theoretischen Unterlagen für den Prüfstand vgl. „Die Kräfte am Riementriebe“ Dr. Diss von Walter Zwick, Berlin 1918 und Werkstatttechnik 1919 S. 21 ff.

Nutzkraft im Dauerbetrieb als Hauptkriterium galt und daneben die Ausbeute und die Kraft im ziehenden Trum beobachtet wurden. Um bei dieser Untersuchung einen Vergleich zu ermöglichen, wurde in jedes Schaubild neben das Ersatzriemenbild das des Lederriemens eingetragen.

Solange es sich um die Untersuchung verschiedener Ersatzriemen handelte, ließen diese Schaubilder genügenden Vergleich zu. Für die Behandlung zweier ähnlicher Riemen hingegen war diese Unterscheidung zu grob. Es wurde deshalb vor Eintritt in die zweite Untersuchung ein verbessertes Untersuchungsverfahren entwickelt, das im Folgenden beschrieben wird; um ein Urteil über die Ergebnisse nach den beiden Verfahren zu ermöglichen, sind beide Schaubilder für den gleichen Riemen, aber von verschiedenen Versuchen, in Fig. 8 und 9 untereinander gezeichnet.

II. Untersuchung.

Auf Grund der an den verschiedenen Prüfstellen in der ersten Untersuchung erhaltenen Ergebnisse wurde auf Veranlassung der Riemenersatz-Prüfstelle und der Riemenfreigabestelle mit Beteiligung der betreffenden Industrie eine weitere Untersuchung beschlossen und dafür folgende Programmpunkte als wesentlich angenommen:

1. Einheitliches Rohmaterial.
2. Prüfung des Rohmaterials auf Dehnung, Festigkeit und Nachwirkungserscheinungen.

3. Gleichzeitige und gleichartige Prüfung an drei verschiedenen Stellen.
4. Fahren ohne Schmiere.

Diese Untersuchung wurde gleichzeitig an drei Stellen, dem Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde, dem Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen und dem Versuchsfeld für Maschinenelemente an der Technischen Hochschule zu Berlin ausgeführt.

Diese Versuche hatten den Zweck:

1. die Güte des Rohmaterials,
2. die Art der Herstellung,
3. die Eignung des fertigen Riemens zu untersuchen.

Von diesen Punkten wurden 1, 2 und 3 im Materialprüfungsamt, 2 und 3 in den obengenannten Versuchsfeldern geprüft.

Als Grundlage der Untersuchung für alle 3 Stellen galt, daß alle Riemen aus demselben Rohmaterial und in der normalen Webart der einzelnen Firmen hergestellt sein und sämtlich ohne Schmierung gefahren werden mußten. Infolgedessen wurden alle Riemen von einer einheitlichen Stelle, der Riemen-Ersatz-Prüfstelle, aus geliefert und von dem gleichen Stück den einzelnen Prüfstellen Abschnitte gesandt.

Im ganzen wurden folgende Riemen von den unten gekennzeichneten Firmen eingeliefert, für die das Rohmaterial unter Kontrolle des Materialprüfungsamtes von einer Rohstofffirma¹⁾ an die einzelnen Hersteller verteilt worden war.

¹⁾ Claviez A.-G. Adorf i. Vogtland.

T a b e l l e

Bezeichnung der Riemen durch das Amt	Gegenstand der Lieferung	Liefernde Riemenfabrik	Bezeichnung der Riemen durch das Amt	Gegenstand der Lieferung	Liefernde Riemenfabrik
1 2 3	Schlauchgewebe. vierfach (2 Schläuche) sechsfach (3 ") N. N.-Riemen (gewebt)	A	31 32	Schlauchgewebe, vierfach (2 Schläuche) A-Gespinst „ Edelgarngespinst	
4 5 6 7 8 9	Schlauchgewebe. vierfach (2 Schläuche) genäht geleimt und genäht geleimt sechsfach (3 Schläuche) genäht geleimt und genäht geleimt	(B)	33 34 35 36	sechsfach, 3 Schläuche A-Gespinst „ Edelgarngespinst N. N.-Riemen (gewebt) A-Gespinst, deutsches Papier „ „ „ schwedische Natronzellulose	C
10 12 13 14 15 16	Tuchgewebe. (leicht) vierfach geleimt und genäht sechsfach geleimt und genäht geleimt Tuchgewebe. (schwer) vierfach genäht geleimt und genäht geleimt	B	37 27 28 29 30	Tuchgewebe fünffach, geleimt Einfaches Köpergewebe aus Kordel von 2,5 mm Ø Einfaches Köpergewebe aus mehrfach gezwirntem Garn von 2,5 mm Ø Doppeltes Köpergewebe aus dreifachem Garn von 1,5 mm Ø Einfaches Köpergewebe aus Kordel von 1,8—2 mm Ø	D E
17 18	Tuchgewebe. mit Drahteinlage leicht, vierfach, geleimt und genäht schwer, vierfach, geleimt und genäht		25 26	geflochten ohne Drahteinlage „ mit „	F

Um eine Übersicht über die Art der Riemenherstellung zu gewinnen, ist noch die Liste der Riemen nach Gruppen geteilt angeführt (Tafel II), aus der sich ergibt, daß drei Riemen mit Drahteinlage geliefert wurden, und zwar

Der Riemen lief durchweg mit einer Geschwindigkeit von 10,5 m/sek. Alle Riemen waren mit dem gleichen Verbinder (Zet-Verbinder, Fig. 24 u. 25) zusammengesetzt.

Tafel II.

ERSATZRIEMEN.				Einheitsmaterial.	
		geflochten	gewebt		
			geleimt	genäht	geleimt u. genäht
Tuchgewebe	4 fach		16 B	14 B	10 B 15 B 17 B 18 B
	5 fach		3 A 37 D		
	6 fach		13 B		12 B
Schlauchgewebe	4 fach . . 2 Schläuche		6 (B)	1 A 4 (B) 31 C 32 C	5 (B)
	6 fach . . 3 Schläuche		9 (B)	2 A 7 (B) 33 C 34 C	8 (B)
Köpergewebe					27 E 28 E 29 E 30 E
Flechtwerk		25 F 26 F			

Riemen nach der Herstellungsart geordnet. — Zahlen 1—37 bedeuten die Bezeichnung der Riemen durch das Amt (vgl. Tafel I). — mit Drahteinlage.

gewebt und geflochten, während die übrigen teils als Schlauchgewebe gewebt, teils als Tuchgewebe gewebt und zusammengefaltet waren. In beiden Gruppen finden sich genähte und geleimte Riemen bzw. genähte oder geleimte Riemen.

Versuchsanordnung.

Um ein möglichst gleichmäßiges Verhalten der Riemen auf dem Prüfstand zu sichern, sollten alle Riemen gleichmäßig durch Gewichtbelastung vorgestreckt werden. Nachdem bei den früheren Versuchen mit einer Vorspannung von 6 kg/cm Riemenbreite beim Vorstrecken gearbeitet wurde, wurde endgültig bei diesen Versuchen das Vorstrecken

Der Prüfstand (Fig. 10 u. 11) besteht aus einem antreibenden Motor und einer von dem geprüften Riemen angetriebenen Dynamo, die auf einem Schlitten B verschiebbar ist. Zwischen beiden befindet sich die Riemenwaage, eine Vorrichtung, die aus einem Wagehebel C mit Laufgewicht Q besteht, deren Gewicht durch Vermittlung einer Laufrolle E das ziehende Trum m n des geprüften Riemens belastet. Je nach der Stellung des Gewichtes Q auf dem Wagehebel ist die Belastung der Rolle bzw. des Riemens größer oder kleiner und kann im Lauf nach Belieben eingestellt werden. Solange nun bei einmal aufgelegtem Riemen

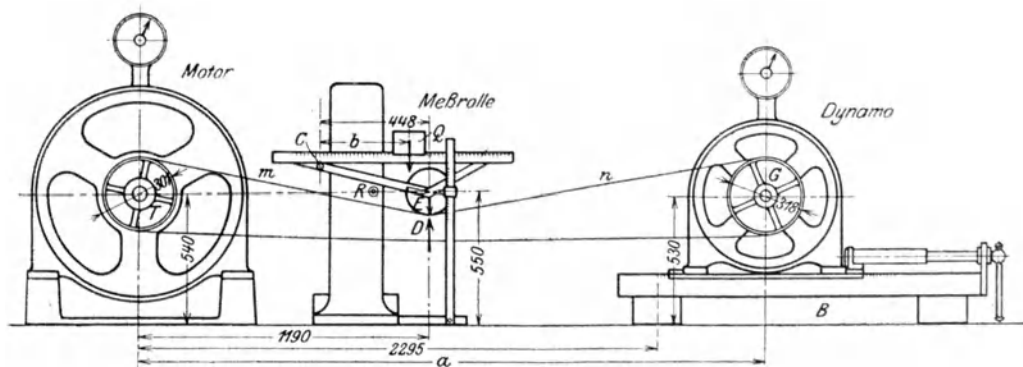


Fig. 10. Riemenprüfstand des Versuchsfeldes (Schema).

mit 12 kg/cm Riemenbreite festgesetzt. Auf dem Prüfstand des Versuchsfeldes läuft der Riemen unter möglichst gleichbleibender Spannung im ziehenden Trum, wobei eine konstante Leistung an der Abgabestelle eingestellt ist. Die Vorspannung, mit der der Riemen im Ruhezustand aufgelegt wird, beträgt 6 kg/cm Riemenbreite. Die jeweilige Arbeitsspannung, die der übertragenen Leistung entspricht, ergibt sich aus den Protokollen, in denen die Stellung des Belastungsgewichtes eingetragen ist, bzw. aus den Schaubildern (Fig. 16, 18 u. 20).

der Mittelpunkt der Rolle in gleicher Höhe gehalten wird, ist die Neigung der beiden Trumteile m n des ziehenden Trums S_1 bei allen Versuchen die gleiche, so daß bei derselben Stellung des Laufgewichtes die Spannung im ziehenden Trum immer die gleiche bleibt. Sobald der Riemen Kraft überträgt, wird die Spannung im ziehenden Trum größer und das lose Trum verliert an Spannung, sodaß man, um dieselbe Höhenstellung des Rollenmittelpunktes zu erhalten, das Laufgewicht Q verschieben muß. Aus dem Kräftepolygon ergibt sich die Größe von S_1

bei einer bestimmten Stellung des Gewichtes Q, also bei bestimmter Belastung D. Aus dem Bilde des Versuches ist außerdem die Anordnung des Tachometers zur Kontrolle der Riemengeschwindigkeit, dann des Regelwiderstandes zur genauen Einstellung der verlangten Riemengeschwindigkeit und das Brett mit dem Lampenwiderstand zur Regelung der an das Netz abgegebenen Leistung ersichtlich. Ein oberhalb des Tachometers befindliches Amperemeter dient zur Messung der

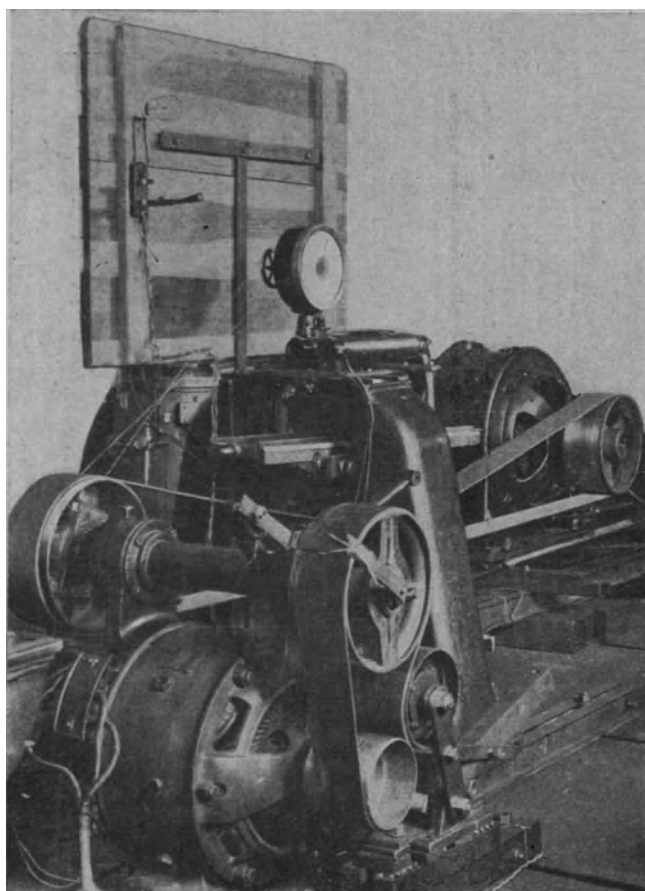


Fig. 11. Riemenprüfstand des Versuchsfeldes.

in den Motor hineingeschickten elektrischen Leistung, während die ans Netz abgegebene Leistung an einem im Hintergrund befindlichen Schaltbrettinstrument abgelesen wird.

Schlupfmessung.

Die Bestimmung des Riemenschlupfes, die für diese Untersuchungen von grundlegender Wichtigkeit ist, geschah durch ein elektrisches Kontaktverfahren*), da sämtliche



Fig. 13. Schematische Abwicklung der Kontakte bei der Schlupfmessung.

anderen Messungen versagten, bzw. für die große Anzahl der anzustellenden Versuche viel zu verwickelt gewesen wären, ohne eine größere Genauigkeit zu gewährleisten. Die Einrichtung (vgl. schematische Zeichnung Fig. 12) besteht aus zwei Kontakten, von denen je einer auf der

*) Vgl. Mitt. d. Riemen-Ersatz-Prüfstelle vom 15. 3. 1919 — Angabe von Duffing.

Motor- und der Dynamowelle aufgesetzt ist und von zwei Schleiffedern bedient wird. Durch beide Kontakte geht ein Stromkreis, in den eine Lampe eingeschaltet ist. Außerdem kann durch einen besonderen Schalter der Stromkreis vollständig geöffnet werden. Wenn beide Kontakte gleichzeitig an den Schleiffedern stehen, ist der Strom geschlossen und die Lampe leuchtet auf. Sobald aber durch den im Riemen vorhandenen Schlupf die Scheibe der Dynamo langsamer läuft als die Scheibe am Motor, wird erst ein Wiederaufleuchten stattfinden, wenn die schneller laufende Scheibe eine Umdrehung mehr gemacht hat. Um zu verhindern, daß ein Überholen ohne Kontaktschluß eintritt, was bei Punktkontakten möglich ist, ist der eine der beiden Kontakte segmentförmig ausgestaltet worden, sodaß das Aufleuchten periodenweise immer während mehrerer aufeinanderfolgender Umdrehungen stattfindet.

Die Genauigkeit der Beobachtung wird durch die Anwendung eines segmentförmigen Kontaktes nicht beeinträchtigt wie die schematische Abwicklung (Fig. 13) erkennen läßt. Bei beiderseits punktförmigen Kontakten wird natürlich nur genau bei der betreffenden Umdrehung, die dem Schlupf entspricht, ein Aufleuchten der Lampe augenblicklich erfolgen. Dadurch, daß der eine Kontakt segmentförmig ausgebildet ist, erfolgt das Schließen der Kontakte bzw. das Aufleuchten der Lampe bereits ein oder zwei Umdrehungen vor und nach der eigentlichen Überdeckungs-umdrehung, so daß das Aufleuchten scheinbar eine längere

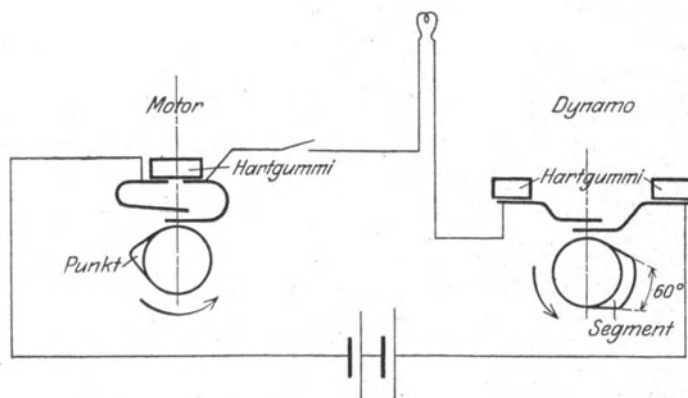


Fig. 12. Schema der Schlupfmessung.

Zeit dauert oder aus mehreren kurzen Lichtblitzen besteht. Solange nicht diese Perioden einander so nahe rücken, daß die Leuchtperiode und die Dunkelperiode ungefähr gleich lange dauern, ist ein Fehler in der Ablesung nicht möglich, und da überdies immer die Gesamtzeit von 10 bzw. 20 Aufleuchtungen zur Beobachtung des Schlupfes abgestoppt wird, verteilt sich der Beobachtungsfehler, der durch das längere Aufleuchten infolge des segmentförmigen Kontaktes verursacht wird, auf 10 bzw. 20 Perioden.

Sobald beide Riemenscheiben aber verschiedene Durchmesser haben, ergibt sich für die Berechnung des Schlupfes eine Formel nach folgender Ableitung:

Treibende Scheibe: d_1 und ω ,

Schlupf: s ,

Getriebene Scheibe: d_2 u. Winkelgeschwindigkeit =

$$\omega \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot (1 - s).$$

Die getriebene Scheibe legt in der Zeit t den Winkel zurück: $\alpha = \omega \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot (1-s) \cdot t$, von einer bis zur nächsten Deckung; in der gleichen Zeit legt die treibende Scheibe zurück $\alpha + 2\pi = \omega \cdot t$.

$$\omega \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot (1-s) \cdot t + 2\pi = \omega \cdot t$$

$$\omega \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot t - \omega \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot s \cdot t + 2\pi = \omega \cdot t$$

$$\omega \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot s \cdot t = \omega \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot t + 2\pi - \omega \cdot t$$

$$s = \frac{\omega \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot t}{\omega \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot t} + \frac{2\pi}{\omega \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot t} - \frac{\omega \cdot t}{\omega \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot t}$$

$$= 1 - \frac{d_2}{d_1} + \frac{2\pi}{\omega \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot t} = \frac{d_1 - d_2}{d_1} + \frac{2\pi}{\omega \cdot t} \cdot \frac{d_2}{d_1}$$

Versuchsausführung.

Die eingelieferten Riemen werden auf Länge abgeschnitten, das Gewicht von 1 lfd. m, Breite und Dicke der Riemen bestimmt, mit dem Zet-Verbinder verbunden, und dann der Riemen auf den Stand aufgelegt. Nach Einstellung des Laufgewichtes auf die festgelegte Marke, die der gewählten Vorspannung entspricht, wird die Dynamo so weit verschoben, bis der Laufgewichtshebel in der Wage rechten einspielt. Damit ist dann die verlangte Spannung im ziehenden Trum erzeugt worden. Sobald durch Einstellen des Vorschaltwiderstandes die richtige Drehzahl für die verlangte Riemengeschwindigkeit am Tachometer abgelesen wird, wird durch Regelung des Lampenwiderstandes und durch Verschieben des Gewichtes, bis die Laufgewichtswage wieder einspielt, gleichzeitig die normale Umdrehungszahl (10,5 m/sek. Riemengeschwindigkeit), 3 kW abgegebene Leistung und die Nulllage des Wagenhebels beobachtet. Als nächstes folgt die Schlupfmessung, die in der Weise durchgeführt wird, daß die Kontakte zur Berührung gebracht

werden und eine Anzahl Aufleuchtungen der Lampe, die in den Stromkreis der Kontakte eingeschlossen ist, beobachtet und deren Zeitdauer abgestoppt wird. Aus dieser beobachteten Zeit wird mit Hilfe der oben angegebenen Formel die Größe des Schlupfes bestimmt. Sobald dieser 3 vH überschreitet, wird der Riemen nachgespannt, bis wieder die 3 Bestimmungsgrößen erreicht worden sind.

Da bei dieser Versuchsausführung der Riemen dauernd geometrisch dasselbe Bild zeigt, ist man von der Bestimmung und Messung des Durchhanges unabhängig und vermeidet die bei dieser Messung auftretenden großen Beobachtungsfehler. Andererseits wäre wohl einzuwenden, daß die doppelte Abbiegung des ziehenden Riemens durch die Belastungsrolle der Laufgewichtswage eine ungünstige Beeinflussung des Riemenmaterials bewirkt. Tatsache ist ja, daß bei Verwendung der stark vorragenden Riemenschlösser mit Schrauben oder Überlagstücken u. dergl. eine Prüfung mit Hilfe der Riemenwage nicht zugänglich ist, da sowohl die Rolle der Wage durch das Schloß in die Höhe geschleudert wird, wodurch der Riemen unzulässige Stöße bekommt, als auch die Rolle der Riemenwage in einiger Zeit zerstört wird. Wenn der Riemen auch mehr belastet erscheint als bei einem einfachen offenen Triebe, so ist doch im allgemeinen die Verwendung der Riemen auf Stufenscheiben, als Verschieberiemen und mit Riemenspannrollen, eine derartig ungünstigere Beanspruchung als die des Prüfstandes, daß man wohl von einer derartigen Laufzeit, wie sie der Vergleich der einzelnen am Prüfstande untersuchten Riemen ergibt, auf die praktische Verwendbarkeit schließen kann. Übrigens aber wäre die Frage auch gleichgültig, da sämtliche Prüfungen Vergleichszahlen ergeben, die unter ganz gleichen Bedingungen erhalten worden sind.

Versuchsergebnisse.

Um ein deutliches Bild der mit den Ersatzriemen erhaltenen Zahlen zu bekommen, wurde ein Lederriemen als Eichgerät ausgewählt und dieser Riemen auf dem Prüfstande unter denselben Bedingungen gefahren und an diesem Riemen die gleichen Beobachtungen wie bei den Ersatzriemen gemacht.

Die Beobachtungen wurden in Zahlentafeln aufgetragen (vgl. das Schema: Tafel III) und enthielten die Laufzeit, Stellung der Dynamo, Stellung des Gewichtes, abge-

Tafel III.

RIEMENVERSUCHSSTAND.								Blatt Nr.		
Riemen:				Firma:						
Bezeichnung:			Gew. von 1 m:		Breite:		Dicke:			
Verbinder:		Kraft im ruhenden Trum:			Riemengeschwindigkeit:					
Tag	Zeit	Stellung der Dynamo mm	Stellung des Gewichtes mm	Kraft im ziehenden Trum kg	KW	$\frac{KW}{\eta}$	Ausbeute vH	Schlupf		Bemerkungen
								t sek.	vH	

lesene Kilowattzahl und die für den Schlupf beobachtete Zeit; alles sind Beobachtungswerte. Aus diesen Werten wurden die notwendigen Zahlen errechnet und in Form eines Schaubildes, bei dem die Laufzeit des Riemens Abszisse ist und die Ordinaten den Schlupf, die Dehnung und gegebenenfalls die Kraft im ziehenden Trum darstellen, aufgetragen.

Fig. 14 zeigt das Bild des Lederriemens bei der ersten Untersuchung, und zwar die Dehnung und die übertragene

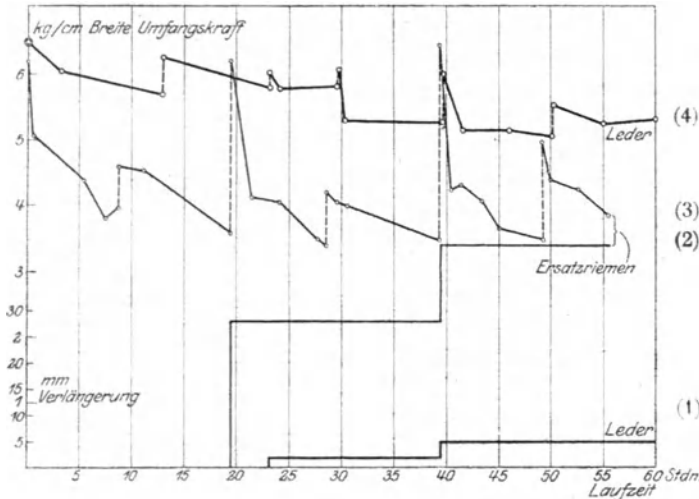


Fig. 14. Kraft und Dehnung bei Leder- und Ersatzriemen. (I. Untersuchung).

- (1) Dehnung des Lederriemens (3) Umfangskraft des Ersatzriemens
 (2) „ „ Ersatzriemens (4) „ „ Lederriemens

nung des Ersatzriemens und andererseits der Spannungsabfall während jeder einzelnen Fahrtperiode gegenüber denselben Größen beim Lederriemen auffällt. Dieser Riemen galt nun als „Talon“ für die gesamte Messung und wurde in der jetzt besprochenen zweiten Untersuchung¹⁾ wiederum einer Prüfung unterzogen (Fig. 15). Das Ergebnis ist noch charakteristischer als das erste, da keine merkbare bleibende Dehnung auftrat und bei der dauernd gleichen übertragenen Umfangskraft ohne Nachstellung innerhalb einer Laufzeit von 41 1/4 Stunden kein Schlupf über 0,5 vH beobachtet wurde. Wenn man bedenkt, daß zwischen Fig. 14 u. 15 beinahe 2 Jahre Abstand liegen, ist die Verwendung des Lederriemens als Normalvergleichsobjekt wohl gerechtfertigt, jedenfalls ist der Unterschied im Verhalten der Ersatzriemen gegenüber den Lederriemen derartig groß, daß die geringe Veränderung durch das Lagern im Lederriemen auf die Vergleichsergebnisse keinen Einfluß hat. Es darf aber nicht übersehen werden, daß die Ersatzriemen durch

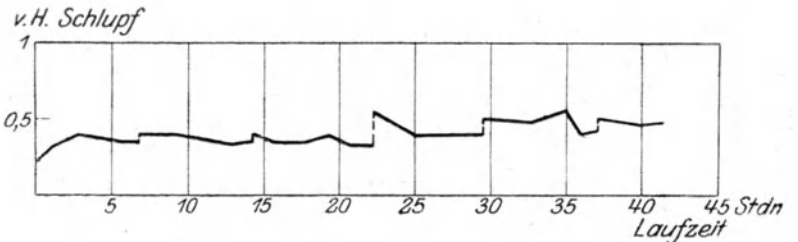


Fig. 15. Charakteristik des Lederriemens. (II. Untersuchung.) Keine merkbare Verlängerung. Leistung konstant. Übertragene Umfangskraft 4,25 kg/cm Breite.

Nutzkraft im Gegensatz zu einem in gleicher Weise gefahrenen Ersatzriemen, wobei erstens die besonders starke Deh-

das absichtliche Fernhalten der Schmierung dem alten Leder gegenüber benachteiligt sind.

Für die Beurteilung der Ersatzriemen mußten mehrere Punkte herangezogen werden, da jede dieser Größen für sich nicht ausreichend den Laufverhältnissen Genüge tat.

Diese sind:

1. das Reißen des Riemens im Verbinder,
2. die Nachstellung der Dynamo bzw. das Kürzen im Betriebe, das beim Versuch gleichwertig mit dem Erreichen eines bestimmten Schlupfes ist,
3. die Dehnung des Riemens, die im Betriebe einem Nachlassen der übertragenen Leistung (bei den Versuchen ausgeglichen durch Nachstellung der Meßdynamo) entspricht.

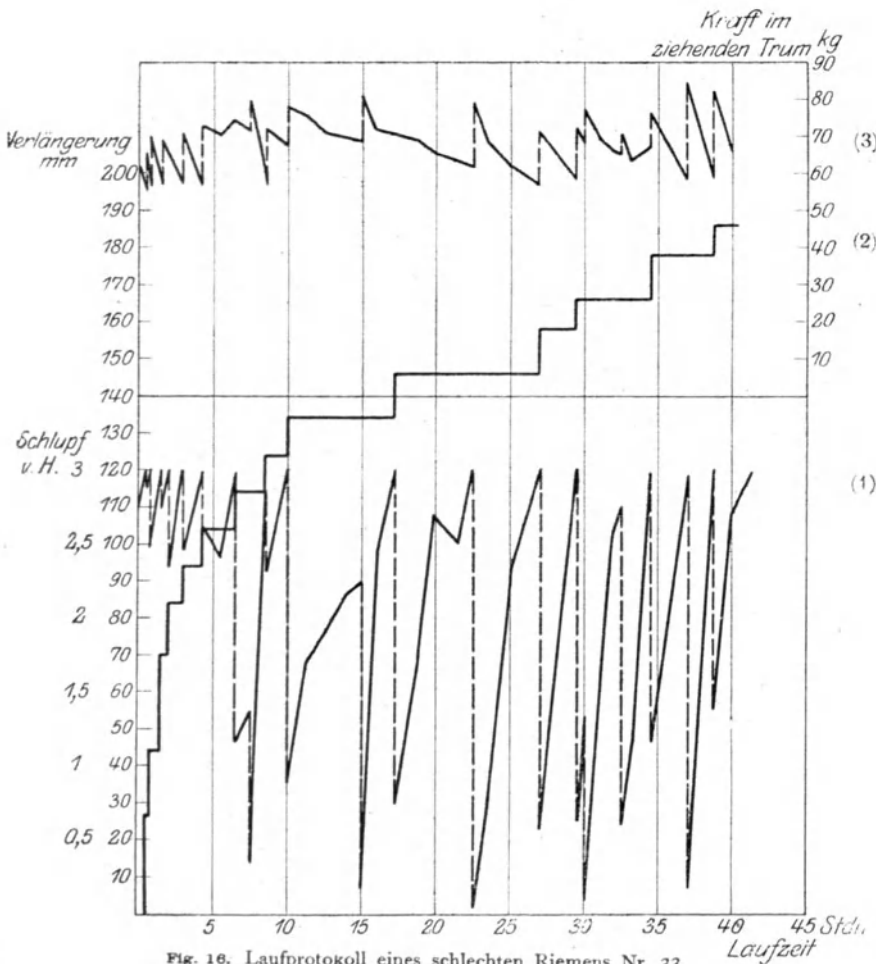


Fig. 16. Laufprotokoll eines schlechten Riemens Nr. 33.

- (1) Schaulinie des Schlupfes (2) Schaulinie der Dehnung (3) Schaulinie der Kraft

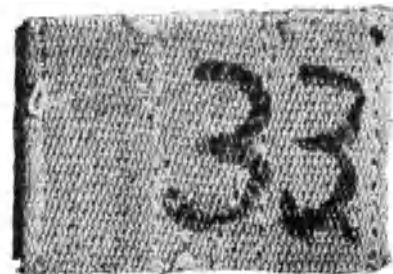


Fig. 17. Riemen Nr. 33.

Für den Vergleich der verschiedenen Riemengüten sind diese 3 Punkte nicht gleichwertig, sodaß bei der Beurteilung der Versuche von der Gesamtdehnung des Riemens als

¹⁾ Die Versuche wurden vom Betriebsingenieur d. V. f. W. Dr. Kurrein und von Dipl.-Ing. Kurt Reinecker durchgeführt.

Hauptkriterium ausgegangen wurde, die Riemen danach geordnet und die beiden anderen Punkte gleichzeitig aufgetragen wurden. Aus dem Vergleich dieser drei Linien läßt sich dann ein Urteil über die einzelnen Riemen geben.

Wie verschieden sich die einzelnen Riemen bei dieser Prüfung verhalten, läßt sich aus Fig. 16—21 ersehen, die die Protokolle je eines guten, mittleren und schlechten Riemens darstellen. Der schlechte Riemen (Fig. 16 u. 17) zeigt während des ganzen, rd. 40-stündigen Laufens dauernde starke Verlängerung und macht auch ein oftmaliges Nachstellen notwendig, wie aus der Schlupfkurve ersichtlich ist. Daß gleichzeitig damit die übertragene Umfangskraft dauernd schnell und starkem Abfallen unterworfen ist, ist wohl selbstverständlich. Der mittlere Riemen (Fig. 18 u. 19) zeigt wohl zu Beginn der Verlängerung



Fig. 19. Riemen Nr. 2.

ebenfalls kurze, steile Stufen, doch bleibt nach einer rd. 2-stündigen Laufzeit die Verlängerung auf ein verhältnismäßig geringes Maß beschränkt. Gleichzeitig ist auch die Größe des Schlupfes bedeutend geringer; die Grenze von 3 vH wird nur fünfmal während des Versuches erreicht. Eine interessante Aufklärung über das Verhalten des Riemens gibt die Linie der Kräfte zwischen 9 und 37 Stunden Laufzeit.

Wenn auch die Kurve der Dehnungen infolge der durch die Versuchsmängel bedingten Verschleierung des wirklichen Verlaufs der Kurve in dieser Zeit keine Dehnung nachweist, so ist klar, daß die Dehnung, die nach rund 37 Laufstunden eingetragen ist, nicht plötzlich aufgetreten ist, sondern sich von 9 Stunden bis 37 Stunden allmählich gebildet hat. Der Beweis dafür ergibt sich aus der Kurve der Kräfte, die gleichmäßig allmählich von 9 bis 37 Stunden abnehmen und unbeschadet der augenblicklichen Spannungserhöhungen durch die während der Betriebsstillstände des Nachts

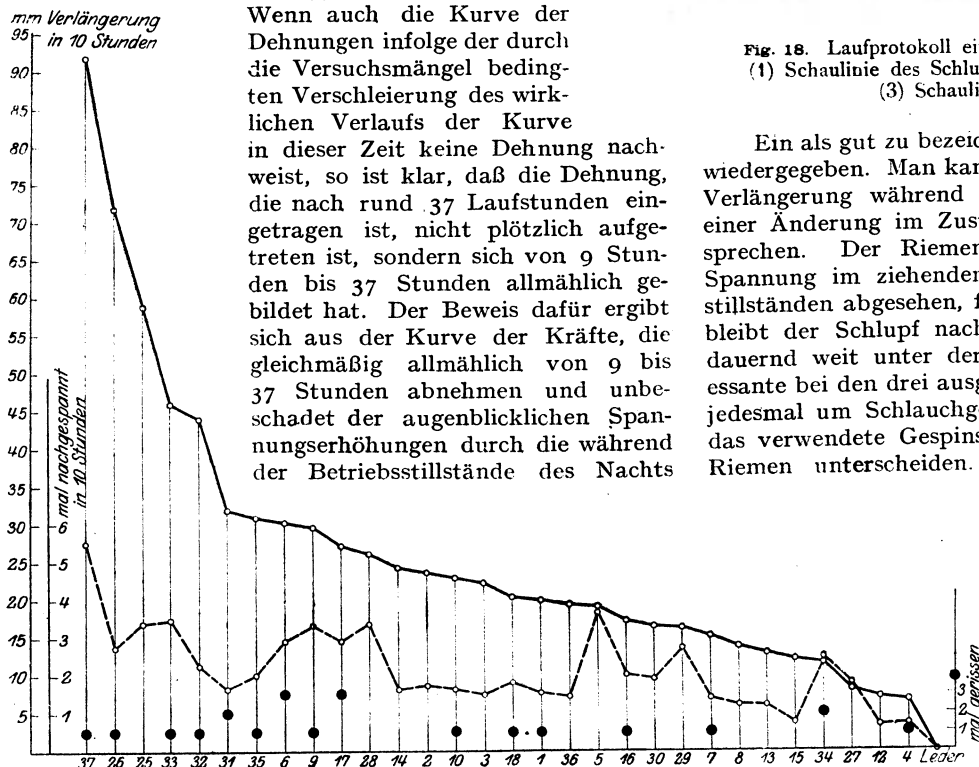


Fig. 22. Versuchsergebnisse der untersuchten Riemen.

hervorgerufenen Zusammenziehungen des Riemens bald wieder auf die vom Tage vorher eingetragenen Größen fallen. Immerhin aber bleiben die Gesamtverlängerung und der Schlupf in solchen Grenzen, daß der Riemen offenbar durch vier Tage anstandslos ohne Nachstellen laufen konnte.

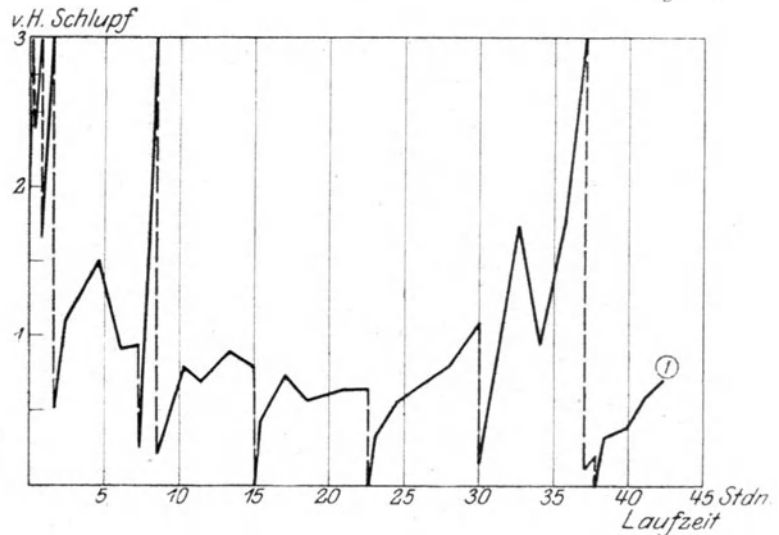
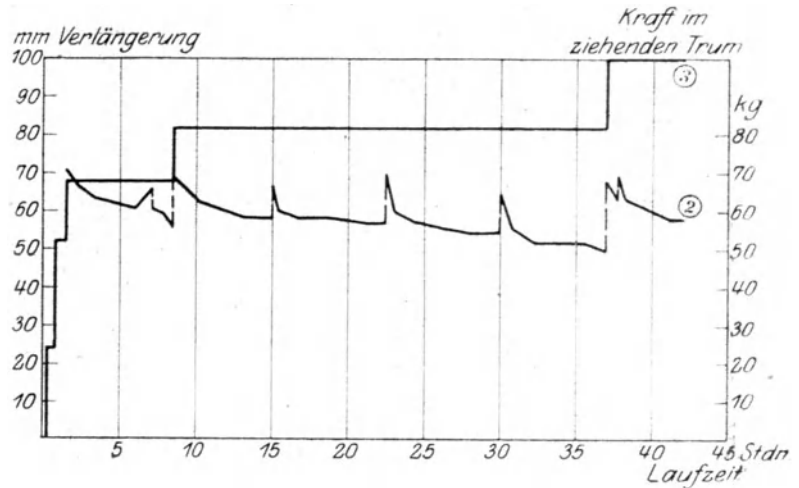


Fig. 18. Laufprotokoll eines mitteltguten Riemens Nr. 2.
(1) Schaulinie des Schlupfes (2) Schaulinie der Kraft
(3) Schaulinie der Dehnung

Ein als gut zu bezeichnender Riemen ist in Fig. 20 u. 21 wiedergegeben. Man kann hier, abgesehen von einer kurzen Verlängerung während der ersten zwei Laufstunden, von einer Änderung im Zustand des Riemens eigentlich nicht sprechen. Der Riemen zeigt keine Verlängerung, die Spannung im ziehenden Trum bleibt, von den Betriebsstillständen abgesehen, fast genau in gleicher Höhe, ebenso bleibt der Schlupf nach den ersten zwei Betriebsstunden dauernd weit unter der festgesetzten Grenze. Das Interessante bei den drei ausgewählten Beispielen ist, daß es sich jedesmal um Schlauchgewebe handelt, die sich teils durch das verwendete Gespinst, teils durch die Verarbeitung zu Riemen unterscheiden. Daß aber der beste Riemen am Ende der Laufzeit gerissen ist, mindert seine Überlegenheit bei dem sonstigen guten Verhalten nicht herab.

Nach dieser einleitenden Erklärung der Versuchsergebnisse soll an Hand von Fig. 22 u. 23 das Verhalten der einzelnen Riemen mit Bezug auf die drei zur Beurteilung herangezogenen Punkte besprochen werden.

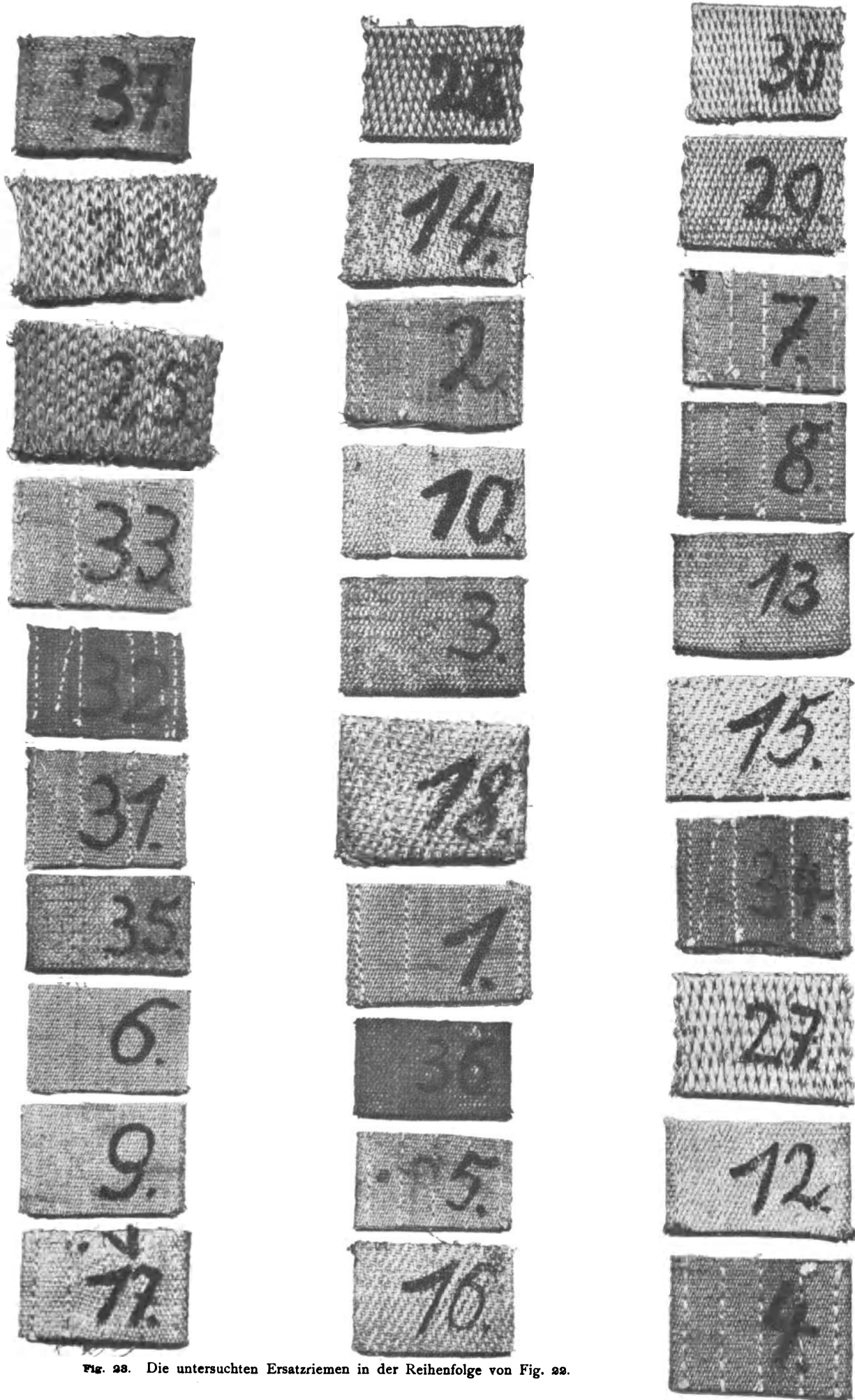


Fig. 28. Die untersuchten Ersatzriemen in der Reihenfolge von Fig. 22.

1. Die gefährlichste Schwäche der Ersatzriemen ist die Verbindung der beiden Enden, die meist einem schärferen Betriebe oder auftretenden Stößen nicht standhält, sodaß ein großer Teil der Riemen glatt am Verbinder reißt, ohne daß das Riemenmaterial aus dem Verbinder herausgezogen wird (Fig. 24). Andere Riemen sind so dick, daß sie eine Ver-

läßt sich aus den Versuchen nicht mit Sicherheit ermitteln. Die beiden dreimal gerissenen Riemen sind nicht gleichartig, während ein anderer, gleichartiger Riemen, Nr. 5, gar nicht gerissen ist. Es ist wohl anzunehmen, daß die Sprödigkeit des Riemens, die bei dem Riemen Nr. 6 durch das Leimen, bei Nr. 17 durch die Drahteinlage verursacht sein mag, die Ursache des Reißens in diesem Falle war. Andererseits fällt auf, daß in der Zusammenstellung sämtlicher gefahrener Riemen (Fig. 22 u. 23) die Riemen zu Beginn der Kurve, bei denen eine starke Verlängerung und ein oftmaliges Nachstellen zu finden ist, auch fast regelmäßig im Betriebe gerissen sind, während die Riemen zu Ende der Kurve verhältnismäßig weniger Reißstellen zeigen.

2. Der zweite Punkt, der als Kriterium für die Güte des Riemens verwendet wurde, ist die Anzahl der Nachstellungen. Da die Meßdynamo jedesmal nachgestellt wurde — entsprechend einer Kürzung des Riemens im

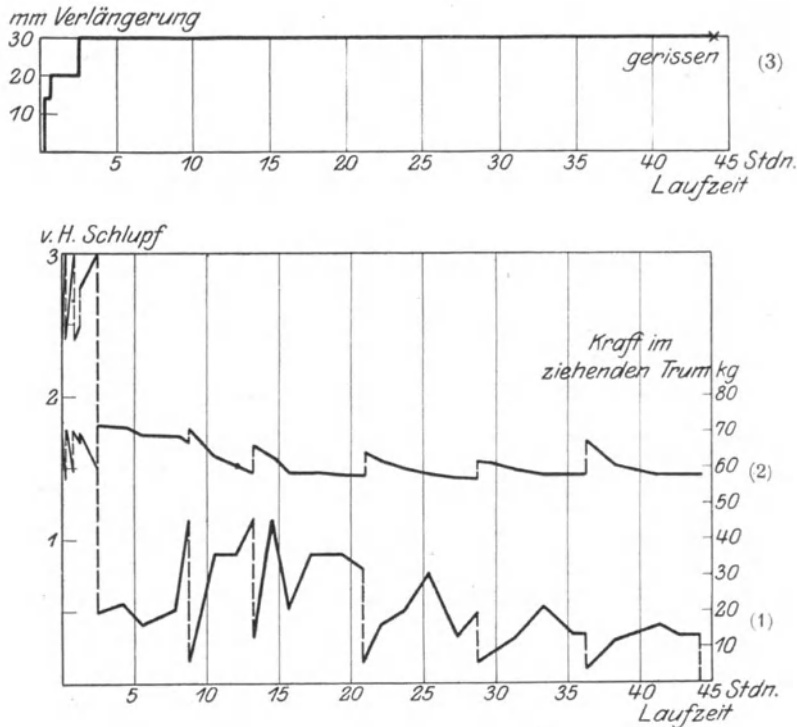


Fig. 20. Laufprotokoll eines guten Riemens Nr. 4.
(1) Schaulinie des Schlupfes (2) Schaulinie der Kraft (3) Schaulinie der Dehnung



Fig. 21. Riemen Nr. 4.

bindung ohne eine große den Verbinder in der Breitenrichtung überragende Riemenfläche nicht zulassen (Fig. 25) und infolgedessen im Betriebe gefährlich werden und beim Laufen über Scheiben von kleinen Durchmesser bald abreißen. Von jenen Riemen, die aus Draht oder Drahtseilen und Zellstoffgewebe bestehen, ist bekannt, daß die Verbindung der Enden schwierig herzustellen ist und nicht leicht über kleine Rollen läuft. Dieses Reißen

Betriebe —, sobald 3 vH Schlupf beobachtet wurden, läßt sich bei einem Riemen, der in der gleichen Laufzeit eine größere Anzahl Nachstellungen verlangte, schließen, daß die Haftfestigkeit der Riemenoberfläche auf der Scheibe geringer ist als die eines mit weniger Nachstellungen, wobei jedoch auch die Kurve der Dehnungen mit zu berücksichtigen ist.

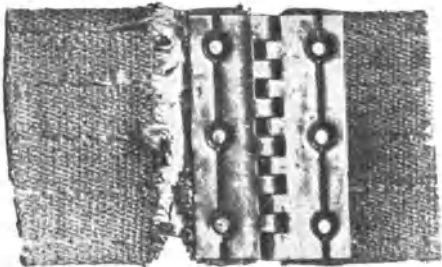


Fig. 24. Gewöhnliche Reißstelle der Ersatzriemen (Zet-Verbinder).

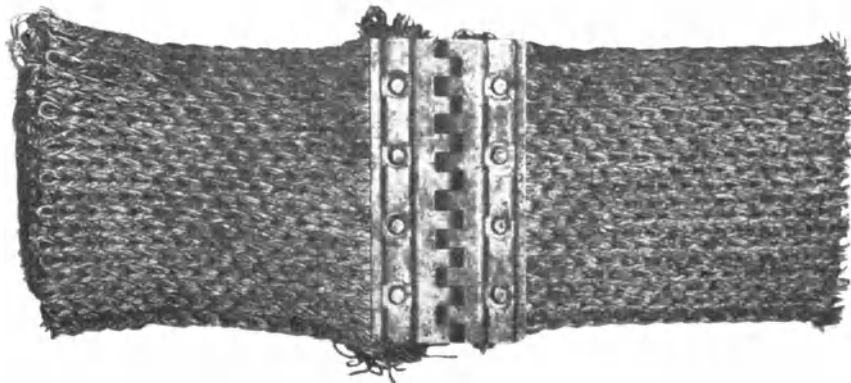


Fig. 25. Verbreiterung des Ersatzriemens im Verbinder (Zet-Verbinder).

der Riemen am Verbinder ist einer der größten Schäden im Betrieb, da jedesmal eine bestimmte Riemenlänge verloren geht und der gekürzte Riemen nicht in so einfacher Weise zu verlängern ist wie ein Lederriemen oder einer der durch Krallen zu verbindenden Ersatzriemen.

Bei den Versuchen zeigt sich, daß von 36* gefahrenen Riemen 18 gerissen sind, davon zwei zweimal und zwei dreimal, die aber alle das gleiche Bild (Fig. 24) zeigen. Ein bestimmtes Gesetz, welche Riemen reißen und welche nicht,

Für sich allein betrachtet, geben aber diese Zahlen auch kein abschließendes Urteil über die Güte des Riemens, da unter den besseren Riemen, die hierbei ein schlechtes Verhalten zeigen, alle Sorten gleichmäßig vertreten sind, und zwar Nr. 9, 28, 5, 29 u. 34. Von diesen Riemen ist ein Riemen aus Schläuchen, ein Riemen aus Schläuchen geleimt und genäht und je ein Riemen aus einfachem und doppeltem Köpergewebe.

Wohl aber werden zwei Riemen, die wie Nr. 36 u. Nr. 5 nebeneinander stehen, also die gleiche Gesamtdehnung in 10 Laufstunden aufweisen, von denen Nr. 36 rd. 1,5-mal, Nr. 5 aber rd. 3,75-mal nachgespannt werden mußte, nicht

1) Es sind mehr Riemen geprüft worden, als in Fig. 22 angegeben sind.

gleichwertig sein. Vergleicht man Fig. 26 u. 27, so sieht man aus der größeren Anzahl Nachstellungen sofort das unsichere Verhalten des Riemens Nr. 5, der infolge des oftmaligen Erreichens von 3 vH Schlupf, trotz der beinahe gleichen Dehnung, im Betriebe bei festem Achsenabstand viel schlechter die konstante Leistung übertragen wird.

3. Dehnung des Riemens. Dieser Punkt wurde als Hauptkriterium gewählt, da im Betrieb der Achsenabstand in den meisten Fällen gleichbleibt und eine Verlängerung des Riemens unmittelbar eine Spannungsverringern und Verminderung der übertragenen Leistung bewirken wird. Außerdem ist die Möglichkeit der Nachspannung im Betrieb bei Ersatzriemen — ähnlich, wie bei dem Reißen der Riemen besprochen wurde, — schwierig, da eine verhältnismäßig geringe Kürzung, die den Spannungsabfall ausgleichen würde, bei den meisten Ersatzriemen und ihren Verbindungen nicht leicht oder überhaupt nicht durchzuführen ist.

Daß dieser Punkt tatsächlich von großem Einfluß auf die Leistung und Beurteilung der Riemen sein muß, zeigen erstens der Vergleich mit Fig. 6, dem Lederriemen, und zweitens die sehr großen Unterschiede, die sich gerade bei diesem Punkt bei den verschiedenen Ersatzriemen gezeigt haben.

Wenn bei Erzeugnissen, die, wie die Versuchsriemen, alle aus dem gleichen Rohmaterial hergestellt wurden, Unterschiede von 6 bis 94 mm Dehnung vorkommen, also das 16-fache, dann müssen gewisse äußere Einflüsse, neben dem Material durch die Bauart der Riemen bedingt, auf den Lauf der Riemen von entscheidendem Einfluß sein. Nimmt man die Riemen 37 bis 32 heraus, die ausnehmend schlecht abschneiden, so wäre vielleicht die zur Versuchszeit herrschende größere Luftfeuchtigkeit bei Nr. 32, 33, vielleicht auch bei 37 als Ursache anzusetzen, keinesfalls aber bei den geflochtenen Riemen Nr. 25 u. 26, von denen der eine Drahteinlage hat. Es zeigt sich bereits beim Verbinden, daß man für den 80 mm breiten Riemen einen 100 mm breiten Riemenverbinder nehmen muß (Fig. 25), da sich der Riemen beim Einnieten des Verbinders stark verbreitert. Leider war diese Frage bei Riemen Nr. 37 nicht zu klären, da nur ein Riemen dieser Bauart eingeliefert worden war.

Erkennt man die Klassifizierung nach der bleibenden Dehnung im Laufen als Kriterium an, so läßt sich aus Fig. 22 einigermaßen ein Urteil über die zur Untersuchung gestellte Frage in der Weise fällen, daß man in Tafel II anstelle der Protokollnummern die Rangordnungsnummern der einzelnen Riemen aus Fig. 22 (Rangreihe mit 1 als bestem Riemen, in Fig. 22 Nr. 4) einträgt. Je niedriger die Riemennummer eines Riemens in Tafel IV ist, um so besser hat er sich bei der Prüfung im Ver-

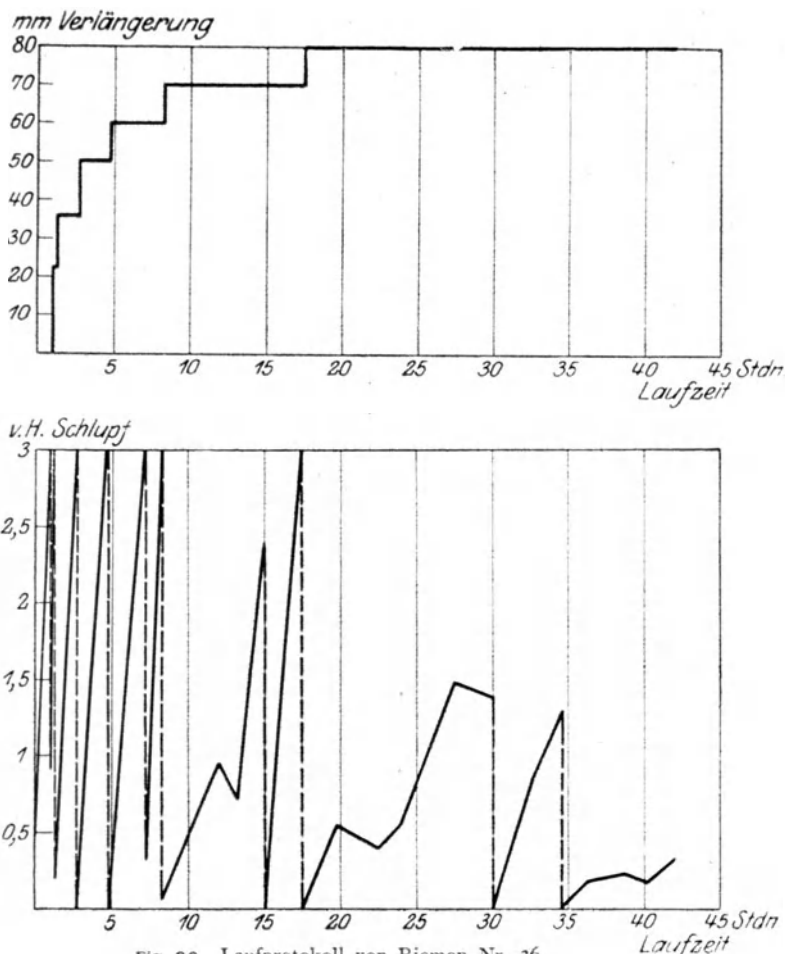


Fig. 26. Laufprotokoll von Riemen Nr. 36.

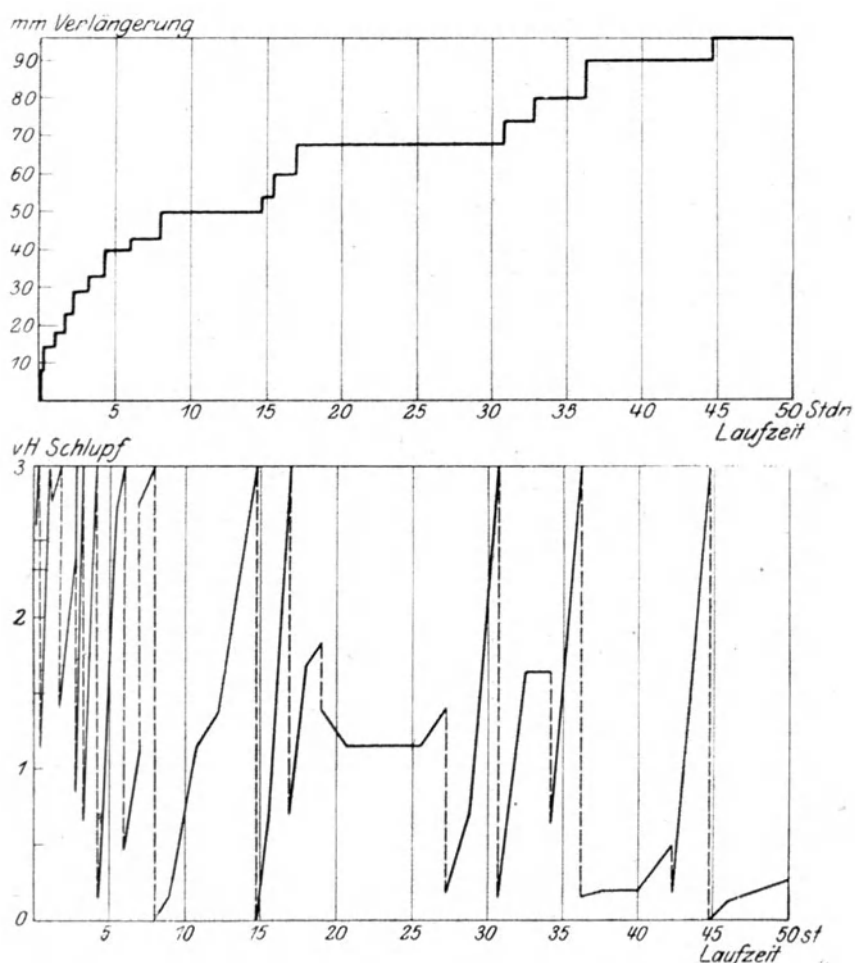


Fig. 27. Laufprotokoll von Riemen Nr. 5.

Tafel IV.

ERSATZRIEMEN.				Einheitsmaterial.	
		geflochten	gewebt		
			geleimt	genäht	geleimt u. genäht
Tuchgewebe	4 fach		11 B	19 B	5 B 15 B 17 B 21 B
	5 fach		16 A 30 D		
	6 fach		6 B		2 B
Schlauchgewebe	4 fach . . 2 Schläuche		23 (B)	1 B) 14 A 25 C 26 C	12 (B)
	6 fach . . 3 Schläuche		22 (B)	8(B) 18 A 4 C 27 C	7 (B) 24 C 13 C
Köpergewebe					3 E 20 E 9 E 10 E
Flechtwerk		28 F 29 F			

Zahlen 1—30 bedeuten die Stellung des Riemens in der Reihe der Dehnung (Fig. 22). — □ Drahteinlage.

Tafel V.

	Bauart	Webart
Geflochten		28,5
Geleimt	18	
Schlauchgewebe		16
Genäht	15,8	
Tuchgewebe		14,2
Gewebt	13,2	
Geleimt u. genäht	11,3	
Köpergewebe		10,5

suchsfeld für Werkzeugmaschinen bewährt. Bildet man die Mittelwerte der Zahlen in Tafel IV aus den Gruppen für die senkrechten und wagerechten Spalten und ordnet diese nach der Höhe der Ziffern, so erhält man Tafel V, die eine neue Rangreihe der Gruppen und damit einen Aufschluß über die Verwendungsmöglichkeit der Bauart und Webart ergibt.

Die geflochtenen Riemen bewähren sich am schlechtesten, während die Köpergewebe am besten abschneiden. Am engsten schließen sich die geleimten und genähten Riemen an, die auch mit Nr. 12, 15 u. 8 am öftesten am Ende der Reihe erscheinen.

Im Folgenden sind die Versuche weiter fortgesetzt worden und bereits gefahrene Riemen noch einmal gefahren, um die aus den verschiedenen Versuchen gefundenen Unstimmigkeiten zu prüfen, den Einfluß der ruhenden Vorspannung und Betriebsspannung aufzuklären usw.

Kontrolle verschiedener Einflüsse.

1. Der Einfluß der ruhenden Vorspannung vor Inbetriebnahme ist vorhanden, doch gegenüber einem Lauf von einer Arbeitswoche so gering, daß es eigentlich keinen Zweck hat, eine Vorreckung in der Fabrik zu verlangen. Auch die Steigerung der Vorspannung von 6 auf 12 kg/cm

Breite ist von verhältnismäßig wenig Einfluß. Dagegen zeigt Fig. 28 den besonders starken Abfall der Dehnung und bei einigen Riemen auch des Schlupfes bei einer nochmaligen Fahrt.

Im Gegensatz hierzu bleibt bei einem nochmals gefahrenen Riemen, der zwischen den beiden Fahrten ruhend gestreckt worden ist, die Dehnung gering, aber der Schlupf bedeutend höher als im Bild.

Der Einfluß einer Imprägnierung (Fig. 29) ist gleich dem einer Schmierung und äußert sich, wie schon anfangs gesagt, in einer erheblichen Verminderung des Schlupfes

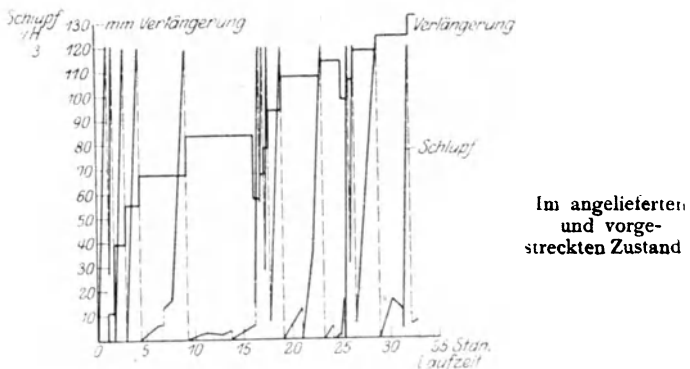
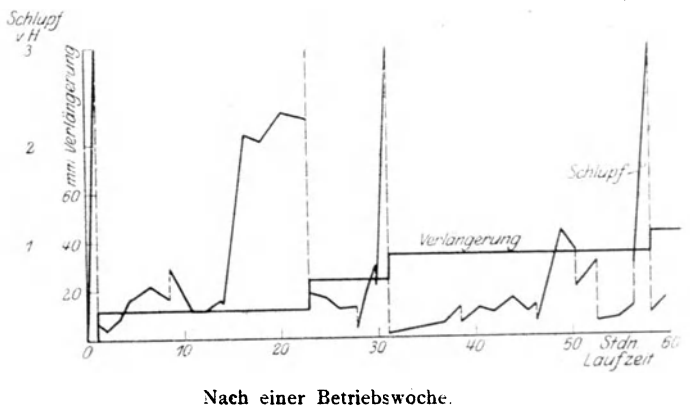


Fig. 28. Laufprotokoll eines Ersatzriemens (Nr. 35) im angelieferten u. vorgestreckten Zustand und nach einer Betriebswoche.

Durch den 7-tägigen Betrieb sind die große anfängliche Dehnung auf rd. 1/3 und der starke Schlupf von 3 vH. auf rd. 0,5 vH. verringert

und der Dehnung, dergestalt, daß ein Fahren desselben Riemens auf der imprägnierten und nichtimprägnierten Seite denselben Unterschied, wie ein geschmierter und trockener Ersatzriemen zeigt.

Wie groß der Einfluß einer zeitlich auseinandergezogenen Prüfung mit Betriebsstillständen und demzufolge auch großen Verschiedenheiten der atmosphärischen Ein-

Der Verbindfrage ist bei Ersatzriemen, besonders wenn es sich um einen kurzen Spannrolltrieb handelt, erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken.

Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Riemen und die Zusammenziehung der Riemen während der Betriebsstillstände ist von erheblichem Einfluß auf die übertragene Leistung und muß beim Auflegen der Riemen berücksichtigt

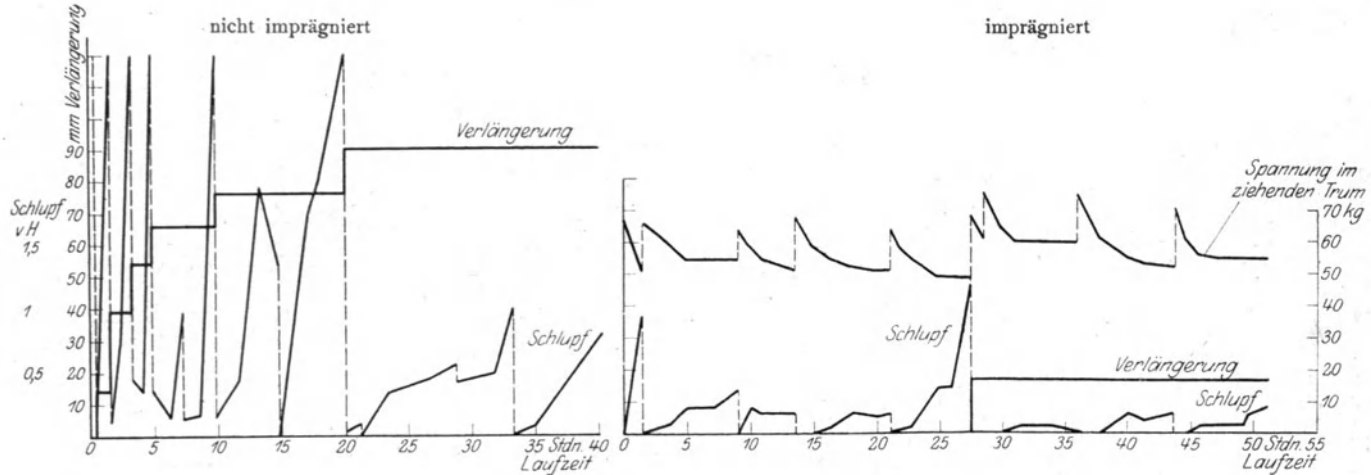


Fig. 29. Einfluß der Imprägnierung des Ersatzriemens auf der Lauffläche
Die Dehnung fällt von 90 mm auf 16 mm, der Schlupf von 3 vH auf max. 1,25 vH, und die Spannung im ziehenden Trum bleibt angenähert gleich.

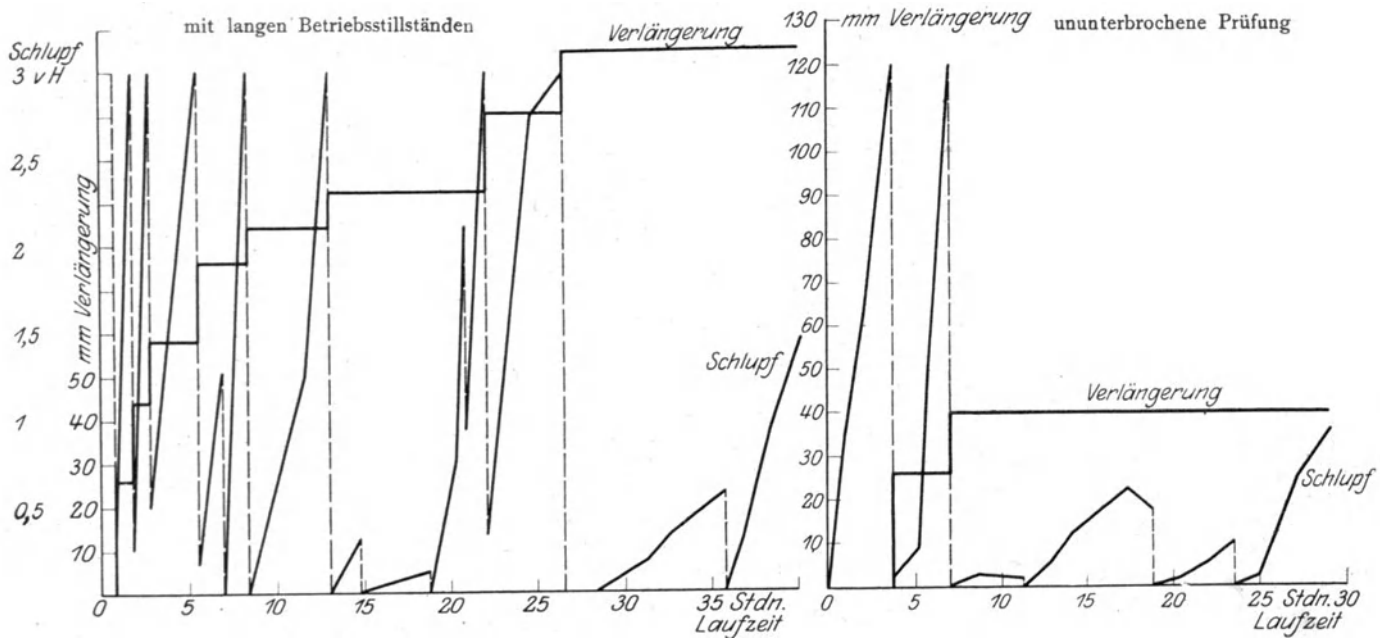


Fig. 30. Unterschied im Verhalten eines Ersatzriemens (Nr. 11) bei ununterbrochener Prüfung und bei Prüfung mit langen Betriebsstillständen.

flüsse ist, wurde an Riemen Nr. 11 und 4 untersucht (Fig. 30).

Die Ergebnisse der Prüfung lassen sich demnach zusammenfassen:

Wenn eine Nachstellung der Scheiben im Betrieb leicht auszuführen ist, können imprägnierte oder mit auftragbarer Schmiere¹⁾ geschmierte Ersatzriemen eines guten Fabrikates mit Erfolg verwendet werden; es müssen aber reine Faserstoffriemen sein, keine zusammengesetzten Bauarten.

Ersatzriemen ohne Schmiere zu fahren ist nach jeder Richtung hin unwirtschaftlich.

¹⁾ im Gegensatz zu festem Riemenwachs.

werden, da dadurch gegebenenfalls beim Anlaufen eine zu große Lagerbelastung erzeugt werden kann.

Ersatzriemen sind aber im allgemeinen mit wirtschaftlichem Erfolg nur bei einfachen offenen Trieben verwendbar, bei gekreuzten Trieben im Gabellauf und als Verschieberriemen sind sie wegen der starken Abnutzung an den Kanten nicht zu empfehlen.

Die Riemenuntersuchungen nach Fig. 20—22 und 28—30 beweisen jedenfalls, daß die Bemühungen der Ersatzriemen-Fabrikanten in Gemeinschaft mit dem Versuchsfeld und den übrigen Prüfstellen so erfolgreich gewesen sind, daß man für die oben genannten Fälle mit gutem Gewissen die wesentlich billigeren Ersatzriemen anstelle der Lederriemen verwenden kann.

2. Untersuchung von Bohrölen.

Von G. Schlesinger und E. Simon.

1. Natur und Bedeutung der Bohröle.

Bald nach Beginn des Krieges trat in Deutschland ein Mangel an Bohrölen der bis dahin üblichen Zusammensetzung ein. Dafür tauchten Ersatzbohröle in großen Mengen auf, die jedoch durchaus nicht immer den Anforderungen genügten, vielmehr zum Teil völlig ungeeignet waren, zum Teil Eigenschaften hatten, die ihre Verwendung in der Werkstatt erschwerten.

Aus der Praxis der Werkstattbetriebe lagen wohl allerlei Urteile über dieses oder jenes Bohröl vor, doch ließ sich aus ihnen eine zuverlässige Beurteilung nicht gewinnen. Deshalb trat Anfang 1917 die Wissenschaftlich-Technische Abteilung der Kriegsschmierölgesellschaft an das Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen der Technischen Hochschule Berlin (Leitung Prof. Dr.-Ing. Schlesinger) heran mit dem Ersuchen, den Wert und die Bedeutung der wichtigsten Ersatzbohröle festzustellen.

Unter Bohröl versteht man wasserlösliches Öl, besser Öl, das mit Wasser leicht eine Emulsion bildet. Es wird dadurch erhalten, daß man dem allein nicht emulgierbaren Mineralöl oder der gleichfalls nicht emulgierbaren Mischung von Mineralöl und Ölsäure (die aus fetten Ölen gewonnen wird), einen Zusatz von Ammoniak oder Kalilauge gibt. Bohröl wird in wässriger „Lösung“ von gewöhnlich 1 : 20 bis 1 : 10 in der Werkstatt sehr viel benutzt, ähnlich wie das eigentliche Schneidöl, d. h. es wird auf das arbeitende Schneidwerkzeug, insbesondere Bohrer und Fräser, gebracht. Dabei wird es meist nicht tropfenweise verwendet, sondern in ununterbrochenem, je nach den Umständen stärkerem oder schwächerem Strom. Der Zweck ist, die Lebensdauer der Schneide zu erhöhen und dadurch entweder eine längere Schneiddauer des Werkzeuges zu erreichen oder die Möglichkeit zu haben, höhere Arbeitsgeschwindigkeiten und größere Spanquerschnitte zu verwenden, als sie ohne Bohröl möglich wären. Bis zu einem gewissen Maße können auch beide Vorteile vereinigt werden, und auch die Sauberkeit der Arbeitsfläche soll durch das Bohröl erhöht werden.

2. Anlage der Versuche.

a) Kennzeichen für die Güte des Bohröles. Nach drei Richtungen hin sind die Eigenschaften des Bohröles für die Werkstatt von Bedeutung, und nach diesen drei Richtungen hin hat für die Gewinnung des Werturteils die Prüfung zu erfolgen. Diese Richtungen sind:

1. chemische und physiologische Wirkungen,
2. Wirtschaftlichkeit,
3. Förderung des Schneidvorganges.

Zu 1. In Bezug auf die chemischen Wirkungen ist zu fordern: Das Bohröl darf ein Rosten weder des Arbeitstückes noch der Maschine hervorrufen, es darf auch sonst keinen Niederschlag bilden, der schwer zu entfernen ist, und es darf sich nicht zersetzen. In Bezug auf die physiologischen Wirkungen ist zu fordern: Das Bohröl darf die Haut nicht angreifen und darf nicht schlecht riechen, nicht zu Anfang und nicht nach längerem Gebrauch.

Diese Forderungen erfüllten die Vorkriegsbohröle durchaus und erfüllen wohl auch die heute wieder angebotenen Bohröle, so daß auf diesen Punkt nicht näher eingegangen zu werden braucht, um so weniger, als es im einzelnen Fall der Werkstatt leicht möglich ist, festzustellen, ob diese Forderungen erfüllt sind. Erwähnt sei jedoch, daß viele der Ersatzbohröle eine oder auch mehrere dieser Forderungen nicht erfüllten. Sie wurden dann meist von der weiteren Prüfung ausgeschlossen.

Zu 2. Die Wirtschaftlichkeit der Bohröle hängt in hohem Maße von Punkt 3 ab, da die unmittelbaren Kosten

des Bohröles gegenüber der Erhaltung der Schneide sehr zurücktreten. Eine Untersuchung der Kosten lag nicht im Versuchsplan des Versuchsfeldes; sie scheidet hier daher aus.

Zu 3. Die Förderung des Schneidvorganges ist die positive Aufgabe des Bohröles. So leicht nun einerseits die Wirkung eines guten Bohröles beim Schneiden gegenüber dem trockenen Arbeiten festzustellen ist, so schwer ist es, genaue zahlenmäßige Angaben zu bekommen, um verschiedene Bohröle miteinander vergleichen zu können. Daher sind auch die Bewertungen der Werkstatt so sehr verschieden und unsicher; denn sie sind im wesentlichen gefühlsmäßig getroffen. Auch eine chemische Untersuchung sagt über den Wert eines Bohröles ohne weiteres nichts aus, obgleich vielfach das Bohröl am höchsten geschätzt wird, das am meisten verseiftes Öl enthält.

Im „Versuchsfeld“ wurde wohl zum ersten Male versucht, den Einfluß verschiedener Bohröle auf das Arbeiten der Schneide streng wissenschaftlich und zahlenmäßig, dabei aber in werkstattmäßiger Form festzulegen.

Für die Untersuchung wurden Bohrversuche gewählt, aus folgenden Gründen:

1. Es ist bei Bohrversuchen verhältnismäßig am leichtesten, alle Umstände gleich zu halten, so daß das Bohröl die einzige Veränderliche ist;
2. es wird in der Werkstatt gerade beim Bohren am häufigsten Bohröl verwendet;
3. die Einrichtungen des Versuchsfeldes erlaubten Bohrversuche in der oben gekennzeichneten Weise durchzuführen.

Als Maßstab für die Güte des Bohröles wurde die Zeit gewählt, die unter sonst gleichen Umständen der Bohrer bis zum Stumpfwerden arbeiten kann bzw. die Länge des Bohrloches oder die Zahl der gleich tiefen Bohrlocher, die der Bohrer bis zum Stumpfwerden bohren kann. Auch die Werkstatt beurteilt ja die Güte eines Bohröles nach diesem Maßstab; ihre Versuche unterscheiden sich von denen des Versuchsfeldes aber in zweifacher Hinsicht:

1. kann die Werkstatt bei ihrer laufenden Arbeit nicht die Sorgfalt aufwenden, die nötig ist, um alle Umstände so gleichmäßig wie möglich zu halten;
2. ist die Werkstatt nicht in der Lage, den Augenblick scharf zu erfassen, in dem die Schneide stumpf wird; sie wird also unrichtige Schneiddauer erhalten, weil sie den einen Bohrer mehr, den anderen weniger stumpf fährt.

Das „Versuchsfeld“ dagegen vermochte durch besondere Maßnahmen, alle Umstände in hohem Maße gleich zu halten, und war in der Lage, ein Kennzeichen für das Stumpfwerden zu benutzen, das den höchsten Anforderungen genügt (siehe weiter unten).

b) Versuchseinrichtungen. Es sind zu besprechen:

1. Werkzeug,
2. Maschine,
3. Kühleinrichtung.

Zu 1. Es wurden normale Spiralbohrer benutzt, und zwar, da zu der Versuchszeit Schnellstahlbohrer nicht zu haben waren, solche aus Kohlenstoffstahl. Um möglichste Gleichartigkeit zu sichern, wurde ein größerer Posten von derselben Firma bestellt.

Zu 2. Die Maschine war eine gewöhnliche Senkrechtbohrmaschine von Ludw. Loewe & Co. (Fig. 1), jedoch ausgerüstet mit dem Meßtisch des Versuchsfeldes. Dieser Tisch gestattet es, den senkrechten Druck des Bohrers, d. i. der Vorschubdruck, und das Drehmoment, das die Schnittkräfte an den beiden Schneiden des Bohrers bilden,

genau zu messen. Beide Größen werden ihrem absoluten Wert nach in kg bzw. cmkg an 2 Manometern unmittelbar abgelesen. Fig. 2 u. 3 zeigen schematisch die grundsätzliche Anordnung des Meßtisches. Man erkennt, daß der senkrechte Druck (Vorschubdruck) nicht starr, sondern durch einen genau zentrisch liegenden Kolben in mit Öl

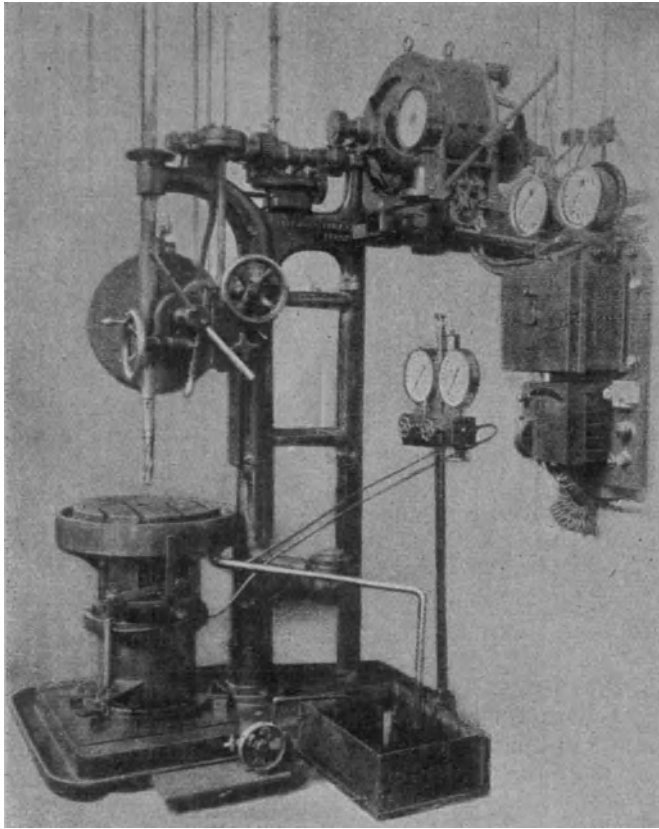


Fig 1. Senkrechtbohrmaschine mit Meßtisch.

gefülltem Zylinder aufgenommen wird. Der Tisch drückt durch eine Stelze auf den Kolben, der Zylinder steht durch ein mit Öl gefülltes Rohr mit einem Manometer in Verbindung, an dem unmittelbar der Vorschubdruck abgelesen werden kann. Ebenso wird das Drehmoment (Schnittdruck) durch einen oder vielmehr zwei seitlich liegende Kolben in mit Öl gefüllten Zylindern aufgenommen, die zusammen auf ein zweites Manometer arbeiten, das unmittelbar das Drehmoment abzulesen gestattet. Damit bei der, wenn auch geringen, senkrechten und drehenden Bewegung des Tisches die Reibung die Anzeige möglichst wenig beeinflußt, sind ausreichend Kugellager angeordnet.

Ein näheres Eingehen auf den Meßtisch bleibe einem besonderen Bericht des Versuchsfeldes vorbehalten, doch sei hier erwähnt, daß der Meßtisch mit größter Genauigkeit und Verlässlichkeit arbeitete und dadurch überhaupt erst die Durchführung der Versuche ermöglichte. Als Kennzeichen für das Stumpfwerden der Schneide diente das plötzliche Ansteigen der Manometer, insbesondere des Manometers für den Vorschubdruck.

Zu 3. Die Kühleinrichtung bestand aus einem zweikammerigen eisernen Gefäß zur Aufnahme einer größeren Menge der Flüssigkeit. Eine Räderpumpe pumpte aus der vorderen Kammer die Kühlflüssigkeit an die Schnittstelle, während eine Rückleitung sie in die hintere Kammer des Gefäßes zurückführte, aus der sie über die Zwischenwand wieder in die vordere Kammer hineinfloß.

3. Ausführung der Versuche.

Zur Gewinnung eines verlässlichen Werturteils wurde mit verschiedenen Bohrölen und anderen Kühlflüssigkeiten gebohrt, ferner auch ohne Kühlflüssigkeit, d. h. trocken.

1. Versuchsmaterial. Das Versuchsmaterial spielt insofern eine erhebliche Rolle, als es sehr wichtig, aber auch sehr schwierig ist, Material von großer Gleichmäßigkeit zu erhalten. Zunächst wurden vorhandene geschmiedete Klötze aus Chromnickelstahl benutzt, dann ähnliche Klötze aus weichem Flußeisen. In beiden Fällen war die Härte des Materials ungleichmäßig, wie die Verschiedenheit der aufeinanderfolgenden Versuchsreihen ergab und wie vielfache Brinell-Kugeldruckproben bestätigten. Beide Materialien hatten außerdem die sehr störende Neigung zu schmieren, d. h. von ihrem Material an die Bohrerschneide anzusetzen. Schließlich gelang es, in gewalzten Stangen von mäßigem Querschnitt (45×55 bis 45×60 mm) aus Siemens-Martin-Stahl von etwa 60 bis 65 kg Festigkeit ein Material von ausreichender Gleichmäßigkeit zu bekommen, das auch nicht schmierte. Die Brinell-Härte, die an jedem Versuchstück an 3 Stellen gemessen wurde, schwankte bei 40 Stücken nur zwischen 166 und 182. Für diese Kugeldruckproben erwies sich übrigens der Meßtisch auch als recht zweckmäßig, da er unmittelbar zur Messung des Meßdruckes benutzt werden konnte, indem man das Versuchsmaterial auf den Tisch legte und mit der Maschinenspindel, in die die Druckkugel mit einem einfachen Halter eingesetzt war, drückte. Die Größe des Druckes konnte unmittelbar am Manometer für den Vorschubdruck abgelesen werden. Leider war es nicht möglich, für die Versuche genügend Walzmaterial von einer Firma zu bekommen; es mußte von verschiedenen Firmen bezogen werden. Jedoch wurden nur solche Versuchsreihen, die mit dem Stahl von derselben Firma ausgeführt wurden, miteinander verglichen, d. h. zu einer Gruppe zusammen gefaßt. Das erschwerte das Arbeiten zwar bedeutend, sicherte aber die nötige Zuverlässigkeit.

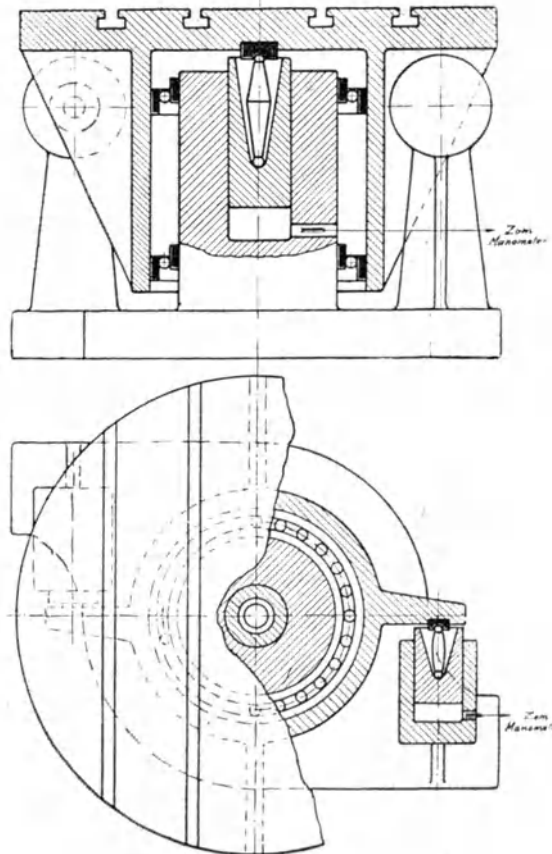


Fig. 2 u. 3. Schema der Konstruktion des Meßtisches.

2. Behandlung des Bohrers. Die Bohrer, mit einem Durchmesser von 20,5 mm, wurden nach jedem Stumpfwerden auf der Spiralbohrerschleifmaschine des Versuchsfeldes sorgfältig geschliffen, und die Schneiden mit dem Stein abgezogen. Versuche, nach jedem Schleifen die Härte der Schneiden durch Skleroskopproben festzustellen, hatten wegen der Unsicherheit der Prüfung keinen Erfolg. Man begnügte sich daher, durch die Feilprobe die ausreichende Härte zu kontrollieren.

Bei den Vorversuchen wurde die Seele des Bohrers stets nach Lehre eingeschliffen, um die Querschneide immer gleich breit zu halten. Bei den Hauptversuchen wurde von dieser Maßnahme abgesehen, da sie leicht Veranlassung zu kleinen Beschädigungen der Schneidkante gibt und außerdem ein ganz allmählich geringes Anwachsen des senkrechten Druckes die Versuche in keiner Weise beeinflusst.

3. Stumpfwerden des Bohrers. Der Bohrer wird meist in der Weise stumpf, daß die Ecken an der Stelle a (Fig. 4), wo das Ende der Schneidkante (Lippe) mit der zylindrischen Fase zusammenkommt, weggedrückt werden. Fig. 5a und b zeigen zwei so zerstörte Scheiden. Es kommen jedoch auch andere Arten der Zerstörung vor: es können die Schneidkanten an irgendeiner Stelle ausbrechen, oder es kann die Querschneide an der Seele zerdrückt sein, oder es kann die zylindrische Fase auf eine erhebliche Länge zerstört sein, oder es können schließlich mehrere dieser Beschädigungen zugleich auftreten (Fig. 6).

In allen Fällen wurde die richtige Zerstörung der Schneide, da sie erheblich größeren Vorschubdruck und Schnittdruck bedingt, unverzüglich vom Meßtisch durch plötzliches Empor-



Fig. 4. Stumpfwerden des Bohrers an den Ecken.

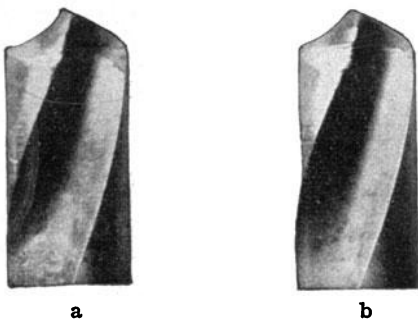


Fig. 5. An den Ecken beschädigte Spiralbohrer.

schnellen der Manometer angezeigt. Da das Vorschubdruckmanometer dabei den stärksten Ausschlag machte, so wurde es als Kennzeichen für das Stumpfwerden vornehmlich benutzt.



Fig. 6. An Ecke und Kante beschädigter Spiralbohrer.

Das bei den Vorversuchen benutzte weiche und zähe Material schmierte, wie oben bereits erwähnt. Es wirkte das auf die Anzeige am Meßtisch in der Weise ein, daß das Manometer langsam anstieg und auch wohl mal wieder etwas absank, weil durch dieses Ansetzen die Schneide trotz stärkerer Zerstörung befähigt wurde weiterzuarbeiten. Es war dann sehr oft nicht möglich, mit Sicherheit den Augenblick herauszufinden, an dem der Versuch als beendet anzusehen war. Auch aus diesem Grunde wurde bei den Hauptversuchen ausschließlich mit dem Maschinenstahl von etwa 60 kg, der nicht schmierte, gearbeitet.

4. Zuführung des Bohröles. Das Bohröl wurde in einem kräftigen Strome der Schnittstelle zugeführt, der in der Minute 3,8 l lieferte. Es war Sorge getragen, daß der Strom die Schnittstelle stets in der gleichen Weise traf. Da es sich als wünschenswert erwies (siehe weiter unten), mit dem Bohröl umschichtig zu arbeiten, so wurden Pumpe und Kasten so aufgestellt, daß ein Wechsel mit dem Öl leicht möglich war.

5. Art des Bohrens. Zuerst wurde durch das Material ganz durchgebohrt. Da aber beim Durchkommen die Schneide

aus bekannten Gründen leicht zerstört wird, so wurden bei den Hauptversuchen nur Sacklöcher von immer genau der gleichen Tiefe gebohrt. Schnittgeschwindigkeit und Vorschub wurden so gewählt, daß die Zerstörung nicht allzu langsam eintrat, einmal, um die Versuchszeit nicht ins Ungemessene zu dehnen, und dann auch, um den Materialverbrauch in den damals gebotenen Grenzen zu halten. Andererseits sollten aber die Geschwindigkeiten auch nicht so hoch sein, daß der Bohrer sich anders verhielt als bei den üblichen Werkstattarbeiten. Es wurden nach längeren Vorversuchen zunächst gewählt: Schnittgeschwindigkeit 26 m/min., Vorschub 0,16 mm/Umdr., später Schnittgeschwindigkeit 19 m/min., Vorschub 0,16 mm/Umdr. Die Schnittgeschwindigkeit wurde durch Regeln am Schalter des Stufenmotors und Ablesen an einem Tachometer immer genau gleich gehalten; der Vorschub erfolgte zwangsläufig von der Maschine aus.

Um die Wirkung unvermeidlicher Ungleichheiten von Werkzeug und Material aufzuheben, geschah zweierlei:

1. es wurden sehr viele Versuchsreihen gefahren;
2. es wurde mit den verschiedenen Kühlflüssigkeiten umschichtig gearbeitet, d. h. es wurden einige wenige Versuchsreihen mit dem einen Öl gefahren, dann einige mit dem zweiten und dritten, dann wieder mit dem ersten usw.

4. Versuchsergebnisse.

A. Unmittelbare Ergebnisse.

Die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen unter den gleichen Umständen waren recht verschieden, d. h. die Lochzahl bis zum Stumpfwerden des Bohrers schwankte stark. Deshalb wurde stets eine große Zahl von Versuchsreihen gefahren, um zuverlässige Mittelwerte zu bekommen.

1. Versuche ohne Kühlflüssigkeit. Die Schneide wurde bei den gewählten Arbeitsgeschwindigkeiten so warm, daß sie bald ausglühte; so daß nach jeder beendeten Versuchsreihe ein erhebliches Stück des Bohrers abgeschliffen werden mußte. Die Versuche wurden daher bald abgebrochen.

2. Versuche mit reinem Wasser. Die Bohrleistung war so gut, daß im Rahmen dieser Versuche nicht genügend Versuchsreihen gefahren werden konnten, da bei der Geschwindigkeit von 26 bzw. 19 m/min. zu viel Material hätte zerspannt werden müssen. Eine höhere Schnittgeschwindigkeit andererseits hätte einen unmittelbaren Vergleich unmöglich gemacht. Die Versuche wurden daher nach einiger Zeit abgebrochen. Es konnte das um so eher geschehen, als sich bald starke Rostbildung zeigte.

3. Versuche mit Pottaschelösung. Da Soda zur Zeit der Versuche besonders schwer zu haben war, wurden dem Wasser zunächst 10 vH. Pottasche zugesetzt. Die Bohrleistung ging herunter, blieb aber immerhin noch gut. Die Versuche wurden nicht zu Ende geführt, da die Rostbildung, die bald auftrat, stärker war als beim reinen Wasser.

4. Versuche mit Sodawasser. Es wurden zunächst 5 vH. Soda dem Wasser zugesetzt, dann, als sich noch geringe Rostbildung zeigte, 10 vH. Dabei wurde Rostbildung nicht mehr beobachtet. Die Bohrleistung war geringer als bei reinem Wasser, aber noch gut. Näheres siehe in der unten stehenden Zahlentafel.

5. Versuche mit Bohröl. Es wurden Friedens- und Ersatzbohröl benutzt in den von den Lieferanten vorgeschriebenen Verdünnungen von 1 : 50, 1 : 20 und 1 : 10. Um darüber hinaus durch Versuche den Einfluß anderer Mengen von Bohröl zu bestimmen, reichten weder Versuchsmaterial noch Zeit. Die Bohrleistung sank erheblich unter die des reinen Wassers sowie des Sodawassers. Außerdem zeigte sich, daß die Beschädigung der Bohrer-schneide im Augenblick des Hochgehens des Manometers fast immer stärker war als bei Sodawasser (vgl. Fig. 5, in der b die beim Bohren mit Sodawasser, a die beim Bohren mit Bohröl zerstörte Schneide zeigt).

Die Zahlentafel enthält die Werte von 2 Versuchsgruppen. Die Zahlen sind Mittelwerte aus je etwa 15 bis 16 Versuchsreihen.

Zahlentafel.

Versuchsgruppe 1: Schnittgeschwindigkeit 26 m/min., Vorschub 0,16 mm/Umdr. Versuchsmaterial 1.	
Kühlflüssigkeit	mittlere Lochzahl
5 vH. haltiges Sodawasser	8
Friedensbohröl des Versuchsfeldes	1,5
Ersatzbohröl der Firma A	4

Versuchsgruppe 2: Schnittgeschwindigkeit 19 m/min., Vorschub 0,16 mm/Umdr. Versuchsmaterial 2.	
Kühlflüssigkeit	mittlere Lochzahl
10 vH. haltiges Sodawasser	7,4
Friedensbohröl der Firma B	4,7
Ersatzbohröl der Firma B	2,3

B. Folgerungen.

Beim Bohren von Maschinenstahl ist die Kühlung mit reinem Wasser für die Erhaltung der Schneide am günstigsten, aber unzweckmäßig, weil Arbeitstück, Späne und Maschine Rost ansetzen. Von den Mitteln, die das Rosten verhüten, war Soda geeigneter als die verfügbaren Bohröle, da es die Schneide länger schützte und auch die Beschädigung der Schneide weniger stark war.

Diese Folgerungen gelten streng genommen nur für die ganz bestimmten Bedingungen der Versuche, dürfen aber wohl auf ähnliches Material, d. h. auf jeden gewöhnlichen Maschinenstahl übertragen werden.

Der Grund für die günstige Wirkung des reinen Wassers darf wohl in seiner vorzüglichen Kühlwirkung gesehen werden, die eine Folge seiner hohen spezifischen Wärme, seiner guten Wärmeleitung und seiner hohen Verdampfungswärme ist. Durch Zusatz eines jeden Stoffes werden diese Eigenschaften des reinen Wassers herabgesetzt, so daß zur Erhaltung guter Kühlwirkung stets nur so viel Soda bzw. Bohröl zugesetzt werden sollte, als nötig ist, um ein Rosten zu verhindern.

Daß die Aufgabe und Wirkung des Schneidöles beim Schlichten, Gewindeschneiden, Formdrehen usw. wenigstens zum Teil eine andere ist als die der Kühlflüssigkeit beim Bohren, und daß die vorliegenden Versuche daher über jene Schneidöle nichts aussagen, sei noch besonders hervorgehoben.

3. Kupferarme Zinklegierungen für die Lagerungen der Werkzeugmaschinen, Einfluß des Gießens und der Schmierung.

Bericht des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule Charlottenburg im Auftrage des Ausschusses für Lagerversuche¹⁾.

Von G. Schlesinger und M. Kurrein.

Die Versuche, Bronzelager durch Lager aus Zinklegierungen mit wenig oder gar keinem Cu-Gehalt zu ersetzen, entstanden aus den Schwierigkeiten der Rohstoffversorgung und wurden in der Drucksache 1916 Nr. 6c des VDMA: „Ersatz der Sparstoffe im Maschinenbau“ und „Sparmetallersatz bei Werkzeugmaschinen“, Bericht M 229 vom 2. Juni 1917, zuerst veröffentlicht. Aus dieser allgemeinen Versuchsreihe entwickelte sich eine systematische Untersuchung der für diese Zwecke von verschiedenen Firmen hergestellten Zinklegierungen, von denen im Ausschuß für Lagerversuche die in Tafel 1 aufgeführten Sorten ausgewählt wurden, denen zwei Cu-Legierungen gegenübergestellt wurden.

Tafel 1.
Bezeichnung der Büchse.

Bezeichnung des Materials	Zusammensetzung	Zeichen	Eisenkern	Sandkern	Bemerkung
D 1	8Cu; 3Al	C	D 1 e	D 1 s	Zinklegierungen 1918/19
D 2	5Cu; 3Al	D	D 2 e	D 2 s	
D 3	2Cu; 3Al	E	D 3 e	D 3 s	
D 4	2Cu; 3Al	F	D 4 e	D 4 s	
D 5	2Cu; 3Al	S	D 5 e	D 5 s	
D 6	ohne Cu	G	D 6 e	D 6 s	
101	8,75Cu; 7,5Sn 5 Pb und Zn	A			Cu-Legierungen aus 1920
102	90Cu; 10Sn	B			

¹⁾ Der Ausschuß ist jetzt der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde angegliedert.

Die genaue chemische Analyse dieser Legierungen aus dem Handelslaboratorium der Firma Ludw. Loewe & Co. ergab:

	D 1 s	D 2 s	D 3 s	D 4 s	D 5 s	D 6 s
Zink	88,99	91,03	93,83	93,54	92,90	97,24
Kupfer	7,02	4,66	1,80	2,26	1,94	—
Aluminium	2,86	3,06	3,07	2,31	3,86	1,30
Blei	1,02	1,19	1,16	1,78	1,19	1,30
Eisen	0,11	0,06	0,14	0,11	0,11	0,16

Von diesen Legierungen wurden von der Firma Borsig die Rohgüsse für die Versuchsbüchsen der verschiedenen Versuchsstände nacheinander in diesem Fall Fig. 1, hergestellt und durch den Ausschuß dem Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen fertig bearbeitet überwiesen.

Die Versuchsanordnung des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen war in eine Wagrechtfräsmaschine der Fa. Ludw. Loewe & Co. eingebaut (Fig. 2), um durch entsprechende Belastung der Fräsmaschinenspindel den tatsächlichen Betriebsverhältnissen ähnliche Belastungs- und Reibungszustände (Fig. 3) zu schaffen, die gleichzeitig zahlenmäßig gemessen werden konnten. Die ursprüngliche Einrichtung, die in den oben angegebenen Veröffentlichungen verwendet worden war, zeigt Fig. 4.

Bei der neuen Versuchsreihe wurde nach Fig. 5 ein Pendeldynamometer von Amsler mit Einrichtung für dauernde Schaubildaufzeichnung eingebaut.

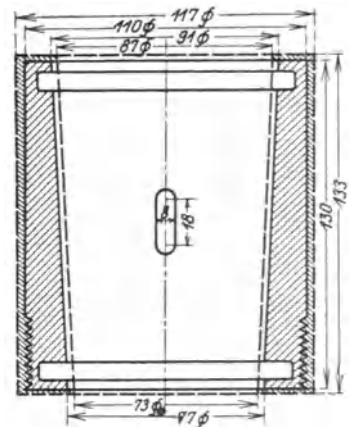


Fig. 1. Abmessungen des Gußstückes und der bearbeiteten Versuchslagerbüchse.

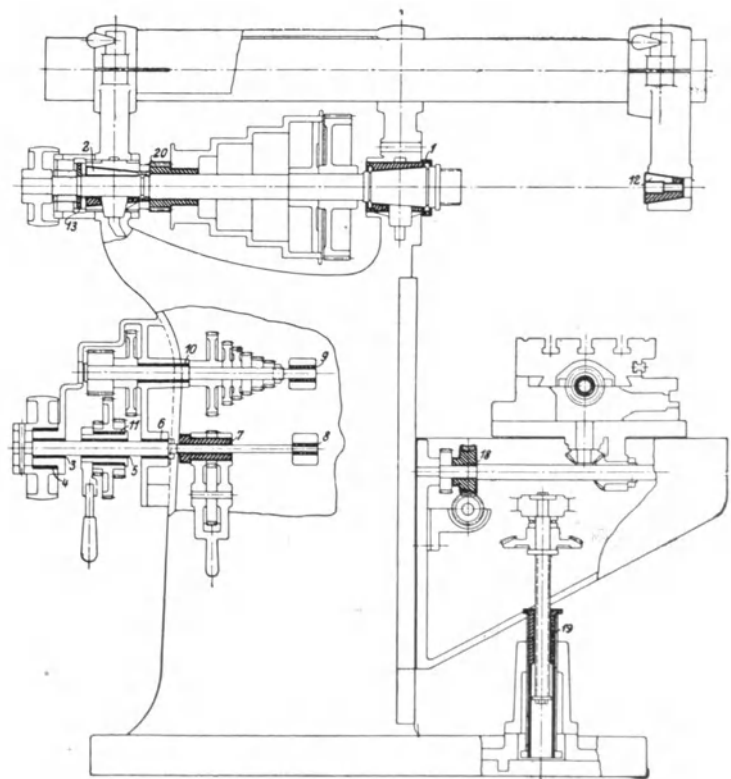
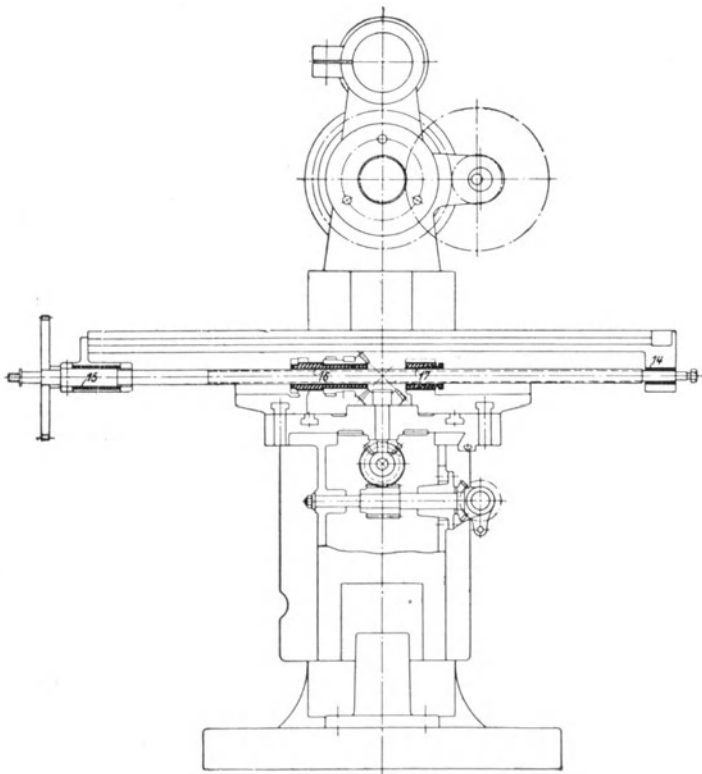
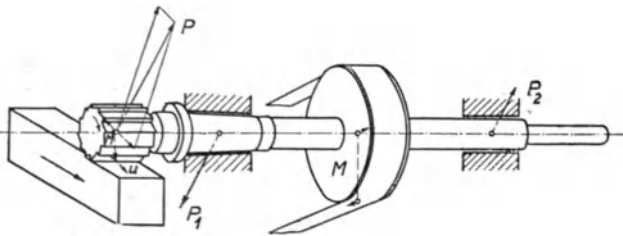
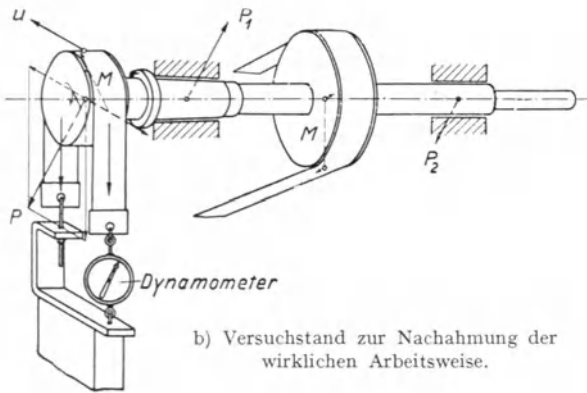


Fig. 2. Wagrechtfräsmaschine von Ludw. Loewe & Co., Berlin.

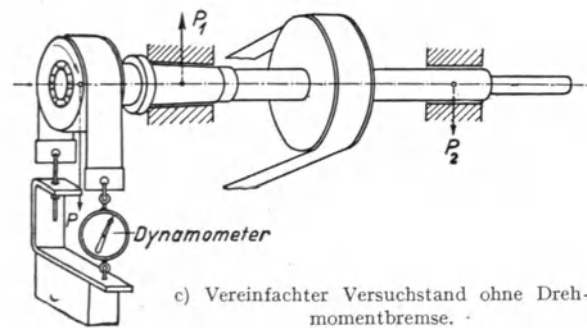
Während in der ersten Versuchsreihe die Ablesung am Amperemesser allein für die Beurteilung des Laufes der Büchse maßgebend war und nur den Endzustand nach vollständigem Versagen der Büchse zu beobachten gestattete, kann man



a) Arbeitsweise des freitragenden Fräasers.



b) Versuchstand zur Nachahmung der wirklichen Arbeitsweise.



c) Vereinfachter Versuchstand ohne Drehmomentbremse.

Fig. 3.

mittels der dauernd aufgenommenen Schaubilder der Antriebsleistung das gleichmäßige oder ungleichmäßige Verhalten der untersuchten Büchse während des Versuches feststellen. Die Gleitgeschwindigkeit des Versuchszapfens betrug bei 100 Umdr./min. im Mittel rd. 0,44 m/sek.

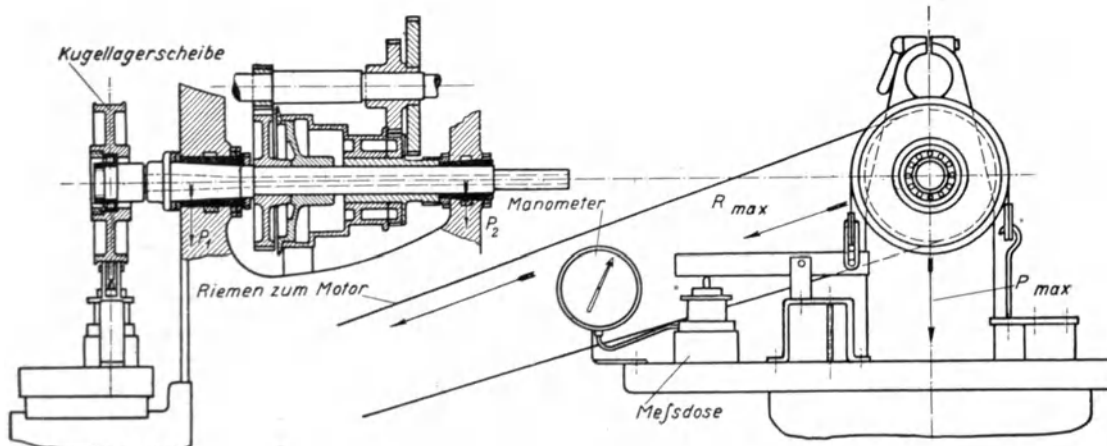


Fig. 4. Versuchseinrichtung für die Främaschine Fig. 2.

Arbeitsweise des Versuchstandes.

Das vordere Spindellager 1 (Fig. 2) der Främaschine mit konischen Spindelzapfen ist das Versuchslager, das zeitweise hohe Umfangsgeschwindigkeit und gleichzeitig geringes Lagerpiel und großen einseitig verteilten, stark stoßweise wirkenden Druck aufzunehmen hat.

Aus diesem Grunde wurde jede Büchse auf die gehärtete und geschliffene Spindel, die nach den Normalen der Fa. Ludw. Loewe & Co. ausgeführt war, aufgeschliffert.

Hierauf wurde die Spindel in das Lager fest eingebaut und ihr nachher durch Zurückschrauben der Stellringe 0,2—0,25 mm Luft in axialer Richtung gegeben.

Der Antrieb der Spindel erfolgte, im Gegensatz zur Aufstellung als Arbeitsmaschine mit Antrieb durch Vorgelege von der Decke, durch seitwärts nach unten gerichteten Riemenzug, so daß der Kräfteplan der Belastung nach Fig. 6 erscheint.

Nach Einsetzen der Büchse und Spindel und Einbau der Meßdosen-Belastungsbremse wurde die ganze Versuchseinrichtung im Leerlauf durch mehrere Stunden beobachtet, bis die Lager eine gleichbleibende Temperatur zeigten und aus dem Amperemesser bzw. Dynamometer ein gutes Passen bzw. Einlaufen der Lagerschale festzustellen war.

Dann wurde die Belastung stufenweise um 1 at an der Meßdose, entsprechend den Lagerbelastungen der Tafel 2, gesteigert und in passenden Zeitabständen folgende Ablesungen gemacht: Spannung, Stromstärke, Lagertemperatur, Raumtemperatur, Druck an der Meßdose. Die Messung der Lagertemperatur erfolgte mit einem Quecksilberthermometer, das in eine seitliche Bohrung des Ständers bis in die Ölkammer des Spindellagers reichte.

Schmieröl.

Nach der Vereinbarung wurde zur Schmierung das sogenannte „Einheitsöl“ verwandt, dessen Charakteristik nach Angabe vom 29. März 1920 (D 70/55) ist:

Bei 20° C	30,5 Englergrade
„ 35° C	10,3 „
„ 50° C	4,63 „
„ 65° C	2,64 „
„ 80° C	1,93 „

Die Viskositätsziffern des Einheitsöls liegen zwischen denen eines amerikanischen und eines russischen Maschinenöles, Fig. 7. Daß jedoch diese fast übereinstimmende Lage der Viskositätszahlen bei den Laufversuchen wenig Einfluß hatte, zeigen die Versuche mit Bronzebüchsen, die mit beiden Ölen gefahren wurden; im Gegensatz hierzu zeigten die Zinklegierungen, die mit dem Einheitsöl gefahren wurden, durchweg mangelhafte Ergebnisse. Wenn sich dann bei den Bronzebüchsen der Unterschied zwischen Schmierung mit Maschinenöl und Einheitsöl verwischt, so bleibt der Schluß, daß die Verwendung des Einheitsöles bei den Zinklegierungen falsch war und diese Legierungen bei Verwendung eines guten Öles wahrscheinlich bessere Ergebnisse zeigen werden. So ist ja auch die hintere Lagerbüchse 2 der Främaschinenspindel aus Ersatzmetall drei Jahre hindurch anstandslos gelaufen, wenn auch die Flächendrücke hier nur rd. 1/3 jener der vorderen Versuchsbüchse waren.

Bei den Zinkbüchsen bewegen sich die erreichten Lagertemperaturen in der Gegend von 40° C und liegen oft bei 50° C, während bei den Bronzebüchsen, einerlei ob Einheitsöl oder Maschinenöl zur Schmierung verwendet wurde, meistens rd. 30° C innegehalten wurden.

Bei den Zinkbüchsen bewegen sich die erreichten Lagertemperaturen in der Gegend von 40° C und liegen oft bei 50° C, während bei den Bronzebüchsen, einerlei ob Einheitsöl oder Maschinenöl zur Schmierung verwendet wurde, meistens rd. 30° C innegehalten wurden.

Versuchsausführung.

Sehr bald zu Beginn der Versuche mit den Zinklegierungen zeigte sich ein scheinbar unerklärliches Steigen von Temperatur und Ampereleistung mit einem starken Ausschlagen des Dynamometers bei ganz geringen Flächendrücken, z. B. D6e, D6s usw., worauf an Büchse D6s durch mehrmaliges Nachdrehen der inneren Stirnfläche, sorgfältiges Ausrichten auf dem Dorn zur Feststellung, daß diese Fläche mit der Bohrung läuft, schließlich durch Nachmessen der eingestellten Luft zwischen Büchse und Anzugmutter festgestellt wurde, daß die Ursache in einer besonders starken Dehnung dieses Lagermetalles lag. Erst nachdem von Beginn an rd. 0,2—0,25 mm Luft zwischen Lagerbüchse und Ring gegeben wurde, wurde dieser Fehler abgestellt. In allen diesen Fällen war die Lauffläche der Büchse unversehrt, dagegen die innere Stirnfläche angefressen. In den graphischen Versuchsprotokollen ist dies in Fig. 9, Büchse D6s, Versuch 0—2 zu ersehen, wo der Riemen plötzlich abfiel, und Versuch 3, mit plötzlich steigender Ampereleistung.

Die Versuchsprotokolle, Fig. 8—10, enthalten in der Reihenfolge der Tafel 1 die Versuchsfahrten der einzelnen Büchsen, in denen Manometeranzeige¹⁾ in at, Lagertemperaturen in °C und Anzeige des Amperemessers als Ordinaten erscheinen. Die gesamte Laufzeit einer jeden Büchse ist fortlaufend als Abszisse geführt, während die Unterbrechung durch Betriebspausen als „1., 2., 3. usw. Fahrt“ eingetragen sind.

Demnach entsprechen gegebenenfalls eine oder mehrere aufeinander folgende Fahrten bis zur Erreichung der Höchstbelastung bzw. bis zum Versagen der Büchse einem Versuch. Es setzt sich z. B. der Versuch mit Büchse D4e aus drei aufeinanderfolgenden Fahrten zusammen, ebenso der Versuch mit Büchse D2e (a). Hierbei wurde der Versuch mit der eingeschabten Büchse z. B. in der Früh begonnen und war bei Be-

¹⁾ Lagerbelastung in kg/cm² aus Tafel 2 zu entnehmen.

triebseinstellung um 4 Uhr nachmittags bis zu 4 at vorge-schritten, worauf am nächsten Tag nach vielleicht ein- bis zwei-stündigem Leerlauf unmittelbar auf 4 at eingestellt und von dieser Belastung ab weiter gefahren wurde.

Aus diesen Angaben ist bereits zu ersehen, daß im all-gemeinen die Beobachtung der Ampereleistung in einer

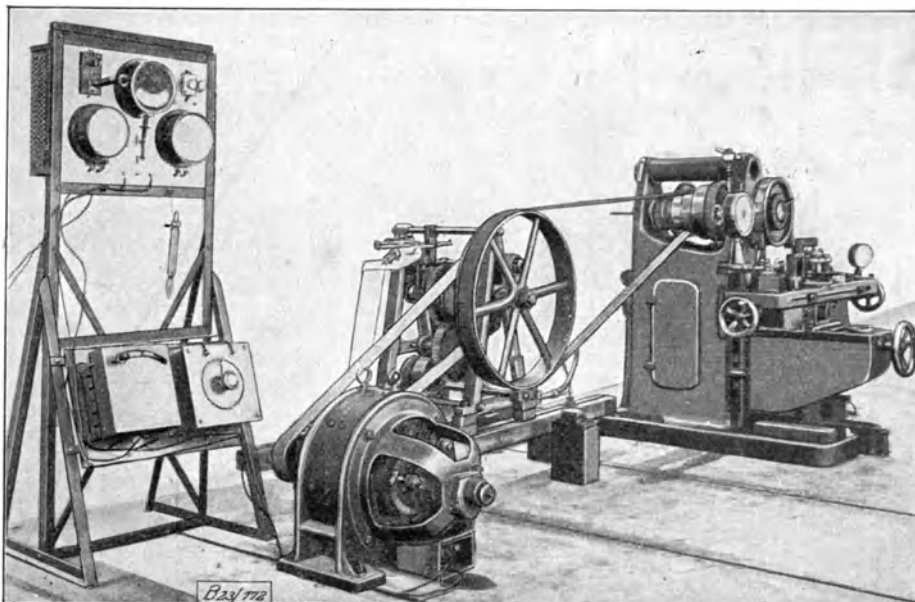


Fig. 5. Prüfstand mit Daueraufzeichnung am Amslerschen Pendeldynamometer.

im normalen Werkstättenbetrieb möglichen Form keinerlei Aufschluß über das Arbeiten der Lagerbüchse gibt, also — wie manchmal versucht wird — eine daraus berechnete Reibungsziffer keinen Anspruch auf Richtigkeit machen kann. Gegenüber den Getriebeverlusten und -ungenauigkeiten ist die Reibungsarbeit im untersuchten Lager selbst zu gering. Erst wenn ein tatsächliches Fressen oder Ansetzen stattfindet, zeigt der Amperemesser dies unzweideutig an, wie sich aus Reibungswerten der Dynamometerkurven erkennen läßt.

Viel kennzeichnender ist das Verhalten der Lagertempe-ratur; diese gestattet ziemlich genaue Rückschlüsse auf das Arbeiten des Lagers. Während die Amperezahl sich kaum

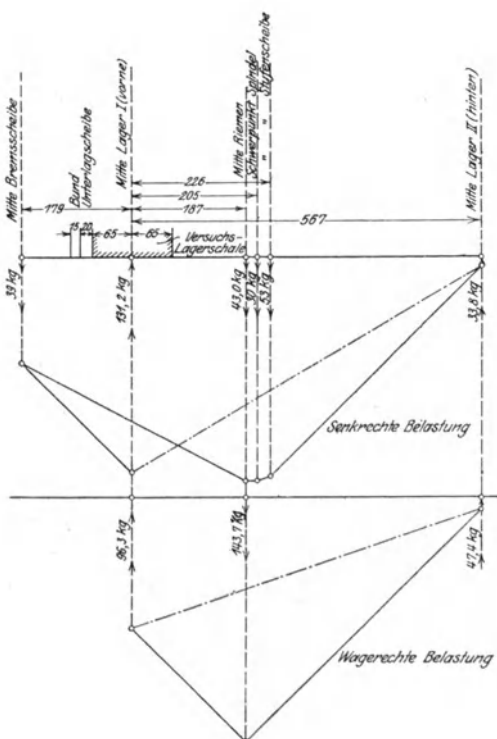


Fig. 6. Kräfteplan der Belastung der Frässpindel.

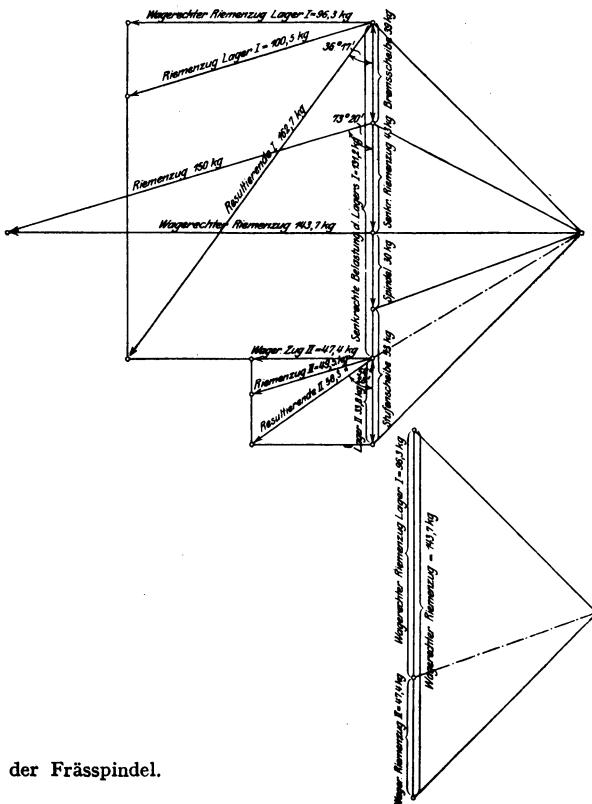


Fig. 7. Viskositätskurve des Einheits-öles im Vergleich zu anderen Schmier-ölen.

Tafel 2.
Rechnerische Belastung der Fräsmaschinenlager von Versuch 11 an.

Manometerablesung an der Bremse in at	Versuchslager 1 (vorn)							Lager 2 (hinten)						
	Senkrechte Belastung des Versuchslagers 1 (vorn)			Resultierende Be- lastung d. Lagers		Spezifische Lagerbe- lastung in kg/cm ² auf		Senkrechte Belastung des Lagers 2 (hinten)			Resultierende Be- lastung d. Lagers		Spezifische Lagerbe- lastung in kg/cm ² auf	
	durch Ge- wicht und Riemen- zug	durch Bremse	durch beides	Größe	Neigung gegen Lotrechte	nominelle Fläche	tragende Fläche ohne Schmier- nuten	durch Ge- wicht und Riemen- zug	durch Bremse	durch beides	Größe	Neigung gegen Lotrechte	nominelle Fläche	tragende Fläche ohne Schmier- nuten
	kg	kg	kg	kg		f = 90,7 cm ²	f = 80 cm ²	kg	kg	kg	kg		f = 65 cm ²	f = 57 cm ²
0	0	131,2	162,7	36° 17'	1,79	2,03	0	+ 33,9	58,3	54° 28'	0,90	1,02		
1	264,4	395,6	407,2	13° 41'	4,49	5,09	- 63,5	- 29,6	55,9	58° 1'	0,86	0,98		
2	528,9	660,1	667,1	8° 18'	7,47	8,34	- 126,9	- 93,1	109,4	26° 59'	1,56	1,92		
3	793,3	924,5	929,6	5° 57'	9,76	11,62	- 190,4	- 156,5	163,5	16° 51'	2,52	2,87		
4	1057,8	1189,0	1192,9	4° 38'	13,15	14,91	- 253,8	- 220,0	225,0	12° 10'	3,46	3,95		
5	1322,3	1453,5	1456,7	3° 47'	16,06	18,21	- 317,3	- 283,4	287,4	9° 30'	4,42	5,04		
6	1586,7	1717,9	1720,6	3° 13'	18,98	21,51	- 380,7	- 346,9	350,1	7° 47'	5,39	6,14		
7	1851,2	1982,4	1984,7	2° 47'	21,88	24,81	- 444,2	- 410,3	413,1	6° 35'	6,36	7,25		
8	2115,6	2246,8	2248,8	2° 27'	24,79	28,11	- 507,6	- 473,8	476,2	5° 42'	7,33	8,35		
9	2380,1	2511,3	2513,2	2° 12'	27,71	31,42	- 571,1	- 537,2	539,3	5° 3'	8,30	9,46		
10	2644,5	2775,7	2777,3	1° 59'	30,63	34,72	- 634,6	- 600,7	602,6	4° 31'	9,31	10,57		
11	2909,0	3040,2	3041,7	1° 49'	33,54	38,02	- 698,0	- 664,2	665,9	4° 5'	10,25	11,68		
12	3173,4	3304,6	3306,1	1° 40'	36,44	41,33	- 761,5	- 727,6	729,2	3° 44'	11,22	12,79		

ändert, folgt die Temperatur jeder Belastungsänderung und kehrt nach dem Einlaufen wieder um, ohne weiter zu steigen. Dieser bei normalen Lagern nach dem Einlaufen regelmäßig eintretende Zustand kommt hier unter der vorwiegenden Kantenpressung nur selten vor, vgl. D4e (2. Fahrt), D6s (7. Fahrt)

Ein typischer Versuch ist D1s (c) (3. Fahrt)¹⁾, bei dem in der 12. und 13. Laufstunde die Temperatur bis auf 65° stieg und durch einmaliges Schmieren mit einem guten Öl an weiterem Steigen verhindert und so weit heruntergedrückt wurde, daß bei Fortsetzung des Versuches nach neuerlichem Schmieren mit Einheitsöl mit gleichzeitigem geringen Lösen des Stellringes der Spindel eine Erhöhung des Lagerdruckes auf 10 at möglich war. Die Welle zeigte danach einen 10 mm breiten angesetzten Streifen, die Lager hatten etwas gerieben und waren blank. Da nun gleichzeitig Belastungssteigerung und Reibungsänderung die Temperatur steigern, ist aus der Temperaturkurve nur das Gesamtverhalten der Lager und Schmierung und nicht jedes von ihnen zu erkennen.

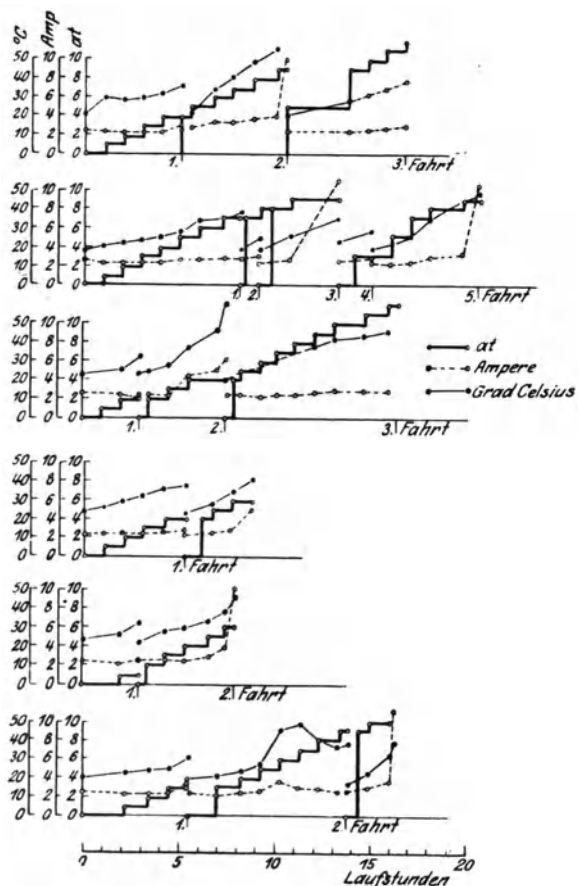


Fig. 8. Laufprotokoll der Büchsen De.

und D5s (2. Fahrt). Diese Erscheinung darf nicht mit augenblicklichen Störungen verwechselt werden, bei denen die Temperatur schnell ansteigt — wenn z. B. an einer ganz kleinen Stelle metallische Berührung auftritt, usw. — und durch starke Schmierung oder selbsttätiges Einlaufen wieder heruntergedrückt wird, vgl. D2s (d) (1. Fahrt); D1s (c) (3. Fahrt).

Im allgemeinen ist die Lagertemperatur mit der Drucksteigerung gleichmäßig gestiegen, zwar nicht ganz geradlinig, aber jedenfalls so, daß eine auch geringe Laufstörung deutlich erkennbar wird. Dies ist aber erst zu ersehen, wenn die ganze Temperaturkurve des Versuches im Bilde vorliegt, aber nur sehr schwer während eines Versuches zu verfolgen, der stundenlang mit vielleicht halb- oder viertelstündigen Ablesungen läuft. Zur Aufklärung wurden von einzelnen Büchsen, besonders von jenen, die beim Laufen Anstände zeigten, mehrere Einzelversuche gemacht, bzw. die zweite Büchse gleicher Art — in dem Fall dann mit „x“ oder a, b, c, d bezeichnet — zum Versuch herangezogen. Dies geschah bei den Büchsen D1e, D1s, D2e, D2s, Bronze 101 usw. Es sollte ein Urteil darüber gewonnen werden, ob Wiederholungen der Versuche mit derselben oder einer Büchse gleichen Materiales bedenkliche Unterschiede ergeben. Jene Fälle, wo ein Fressen an der Stirnseite eintrat, sind nicht mehr berücksichtigt worden, da dieser Punkt aufgeklärt worden ist. Bei je zwei Laufversuchen mit Büchsenmaterial D2 und D1 ergibt sich, wenn man noch die im folgenden besprochenen Dynamometerkurven zum Vergleich heranzieht, aus dem sinngemäßen Vergleich eine genügend gute Übereinstimmung.

Bei der Bronzebüchse Nr. 101, Fig. 10, wurde durch Wechsel zwischen Einheitsöl, Maschinenöl und nochmaligem Lauf bei Einheitsöl festgestellt, daß bei Maschinenöl ungestörter Lauf bei niedriger Lagertemperatur bis zu 12 at Manometerdruck leicht, dagegen bei Einheitsöl nur bedingt einmal von drei Versuchen 10 at, sonst nur 6 at erreicht wurde.

Nach diesen Erkenntnissen wurde für den Vergleich der einzelnen Büchsen die gleichzeitige Beurteilung von Lagerdruck, Laufzeit bis zur Erreichung des Höchstdruckes und Temperatur an Stelle der in der ersten Versuchsreihe im Jahre 1918 als Kriterium verwendeten Leistungsbeobachtung herangezogen, jedoch kein einwandfreies Urteil erhalten. Die

1) Betrieb 1923 S. B. 141, Bild 3.

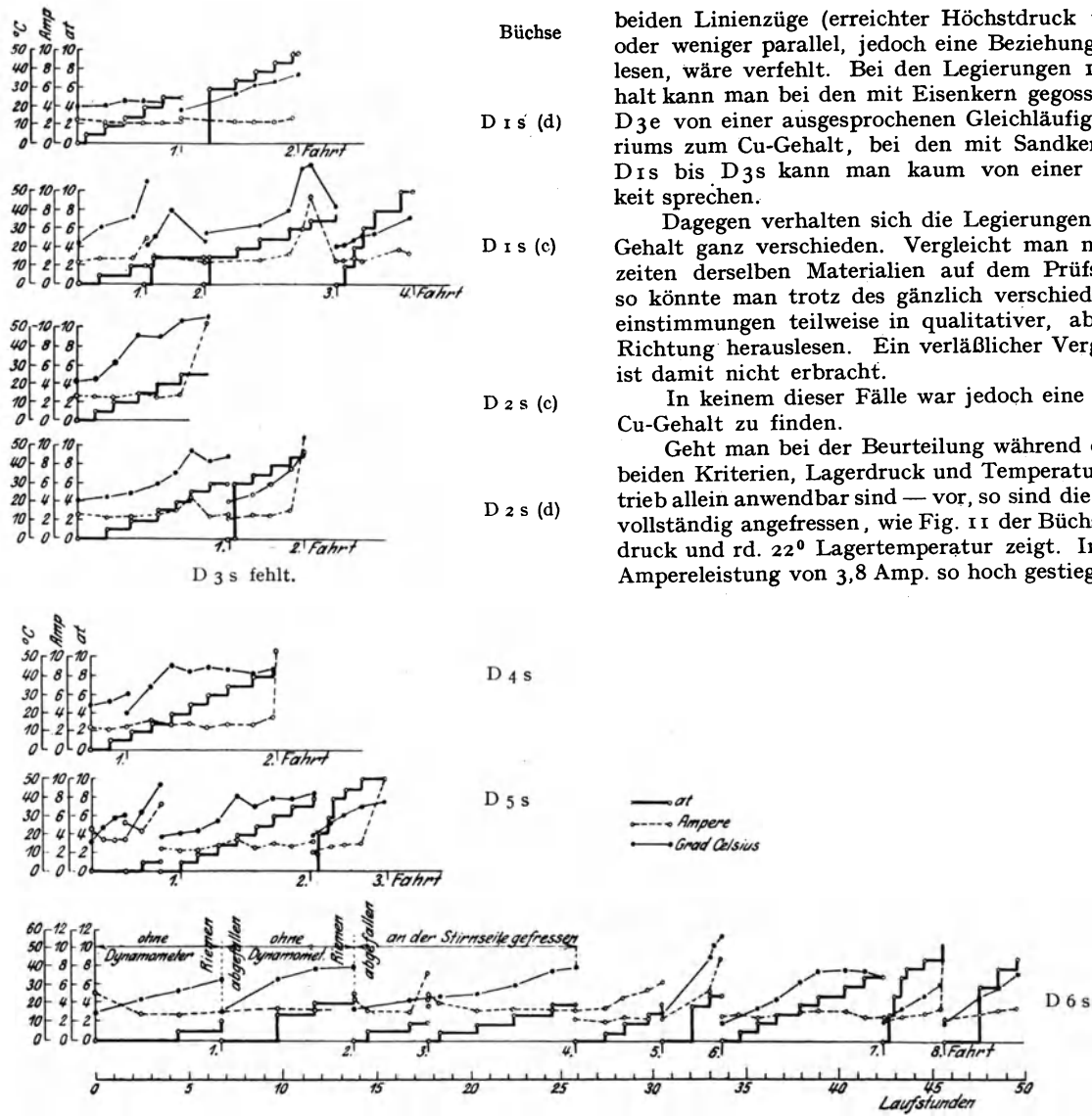


Fig. 9. Laufprotokoll der Büchsen D s.

beiden Linienzüge (erreichter Höchstdruck und Laufzeit) laufen mehr oder weniger parallel, jedoch eine Beziehung zum Cu-Gehalt herauszulesen, wäre verfehlt. Bei den Legierungen 1, 2, 3 mit fallendem Cu-Gehalt kann man bei den mit Eisenkern gegossenen Legierungen D 1 e bis D 3 e von einer ausgesprochenen Gleichläufigkeit der Punkte des Kriteriums zum Cu-Gehalt, bei den mit Sandkern gegossenen Legierungen D 1 s bis D 3 s kann man kaum von einer angenäherten Gleichläufigkeit sprechen.

Dagegen verhalten sich die Legierungen 3, 4, 5 mit demselben Cu-Gehalt ganz verschieden. Vergleicht man mit diesen Linien die Laufzeiten derselben Materialien auf dem Prüfstand nach Hanffstengel¹⁾, so könnte man trotz des gänzlich verschiedenen Prüfverfahrens Übereinstimmungen teilweise in qualitativer, aber nicht in quantitativer Richtung herauslesen. Ein verlässlicher Vergleich beider Prüfverfahren ist damit nicht erbracht.

In keinem dieser Fälle war jedoch eine Übereinstimmung mit dem Cu-Gehalt zu finden.

Geht man bei der Beurteilung während des Laufes nur nach diesen beiden Kriterien, Lagerdruck und Temperatur — die im praktischen Betrieb allein anwendbar sind — vor, so sind die Büchsen nach dem Ausbau vollständig angefressen, wie Fig. 11 der Büchse D 6 e bei nur 3 at Bremsdruck und rd. 22° Lagertemperatur zeigt. Innerhalb 1/4 Stunde war die Amperleistung von 3,8 Amp. so hoch gestiegen, daß der Riemen abfiel.

Es ist aber für den Vergleich der einzelnen Büchsen notwendig, das allmähliche Eintreten dieses Zustandes beobachten zu können. Bei der Einrichtung des Prüfstandes nach Fig. 5, mit dem in den Antrieb eingeschalteten Pendeldynamometer zeigte sich bald, abgesehen von den durch die Längung der Zinkbüchsen beobachteten Störungen, daß nicht immer das mehr oder weniger starke Ausschlagen des Dynamometers mit dem Ansteigen der

¹⁾ Einzelbericht Nr. 506 und Sitzungsbericht vom 24. 6. 1920.

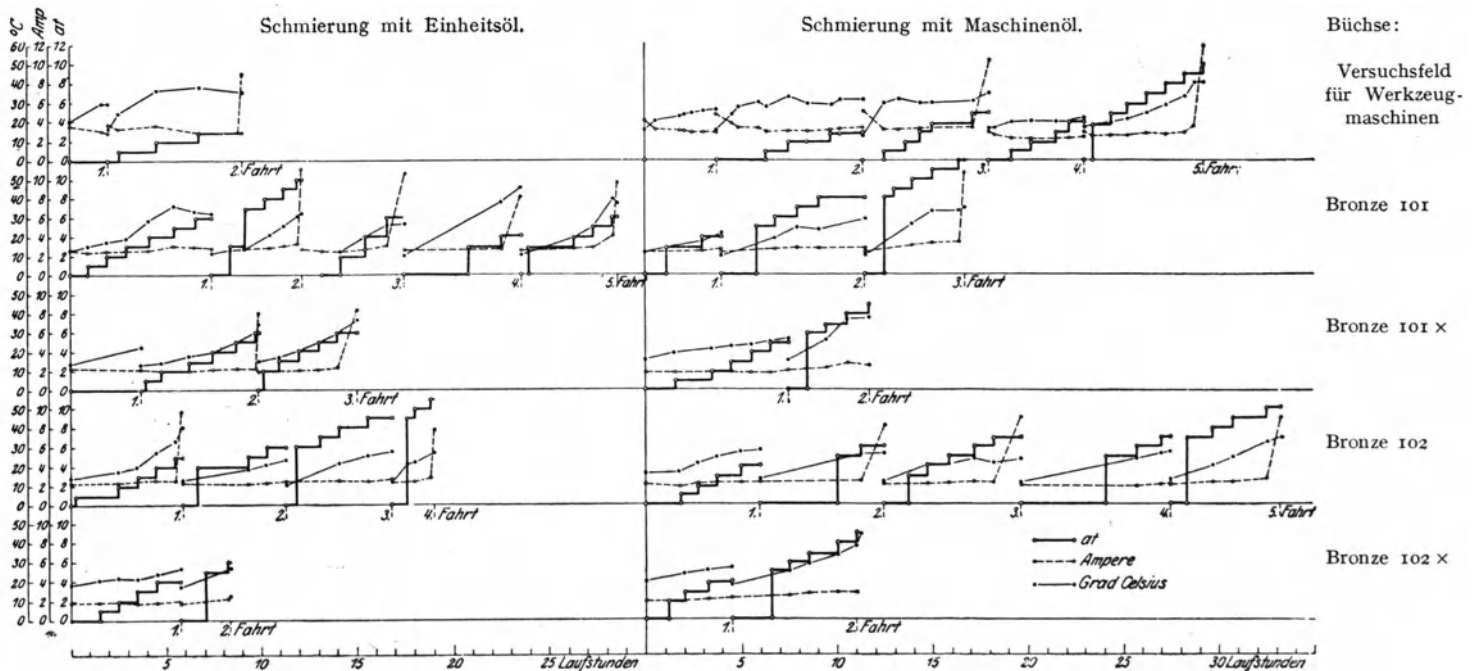


Fig. 10. Laufprotokoll der Bronzebüchsen.

beiden andern Kriterien, Temperaturerhöhung und Steigerung des elektrischen Kraftbedarfes und umgekehrt, zusammenfiel. Da sowohl Lagermaterial, wie Schmiermaterial unberechenbare Einflüsse zeigen konnten, wurden Kontrollversuche mit der normalen Bronzebüchse der Fräsmaschine (bezeichnet als „Bronzebüchse des Versuchsfeldes“) aus der normalen Lagerbronze der Firma Ludw. Loewe & Co. eingeschaltet, bei denen die Schmierung mit Einheitsöl und gutem Maschinenöl erfolgte. Das Laufprotokoll dieser Versuche ist in Fig. 10, obere Reihe, wiedergegeben und zeigt, wie die späteren Versuche bestätigen, daß sich der Einfluß des Einheitsöles und des Maschinenöles bei gutem Lagermetall verwischen. Bei beiden Ölen zeigt die erste und zweite Fahrt trotz geringer Drucksteigerung ein verhältnismäßig hohes Ansteigen der Temperatur, wenn man die anderen Bilder in Fig. 10 vergleicht, ohne daß die Amperezahl damit steigt. Wohl liegt sie im Vergleich zur 4. u. 5. Fahrt derselben Büchse absolut hoch. Die inneren Vorgänge lassen sich nun aus der Dynamometerkurve, Fig. 12 dieser Versuche, erkennen. Selbst im Leerlauf der 3. Fahrt liegt das Reibungsmoment hoch, die Schwankungen sind häufig; erst nach rd. 2 1/2 Stunden kann von einem Einlaufen gesprochen werden. Vergleicht man dagegen die 4. u. 5. Fahrt, so läuft die Büchse ruhig ein, die Temperaturen steigen allmählich, und erst bei 9 at Manometeranzeige beginnt

meterkurve rückwärts dieselbe Erkenntnis aus der Temperaturkurve gewonnen werden.

Aus diesen Gründen wurde zur endgültigen Beurteilung der einzelnen Büchsen von dem Verlauf der Dynamometerkurve bei gleichzeitiger Beobachtung des erreichten Höchstdruckes und der Temperaturkurve des Versuches ausgegangen.

Aus diesen Linien ergab sich, daß die mit Eisenkern gegossenen Zinkbüchsen dauernd Störungen während des Laufes aufwiesen, da von den 7 gefahrenen Büchsen (D 1 e und D 2 e wurde mit zwei Büchsen gefahren) nur D 1 e, die zuerst einen auffallend schlechten Lauf zeigte,

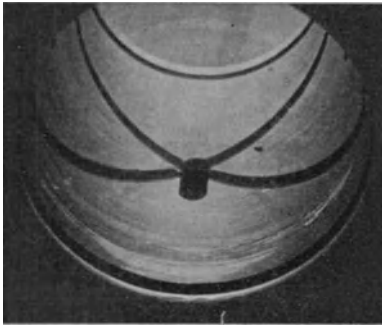


Fig. 11 Büchse D 6 e nach dem Versuch ohne Dynamometer.

ein Pendeln des Dynamometers, dem aber immer ein längerer ruhiger Lauf folgt.

Da an Büchse und Spindel nichts nachgearbeitet, aber infolge eines weiteren Versuches vor der 4. und 5. Fahrt die Spindel hier neu eingestellt wurde, bleibt nur der Schluß übrig, daß bis zu diesen Versuchen die Ölluft etwas zu gering eingestellt war, was bei den folgenden Versuchen mit den eigentlichen Versuchslagern berücksichtigt wurde. Es zeigt sich nun, daß bei Beobachtung der Dynamometerkurve, lange bevor das sonst empfindlichste Beobachtungsinstrument, das Thermometer, eine Störung anzeigt, die Schwankungen des Pendeldynamometers den Beginn der Störung des Ölfilms, auch an einer ganz kleinen Stelle überraschend sicher anzeigen, daß kurze Schwankungen von großem Ausschlag weniger gefährlich als länger dauernde von bedeutend kleinerem Ausschlag sind und daß die Einlaufzeit nach jeder Drucksteigerung, die das Thermometer nicht mehr anzeigt, deutlich zu erkennen und aus der Betrachtung auszuschalten ist. Erst wenn der gesamte Temperaturverlauf eines Versuches vorliegt, kann aus dem Vergleich mit der Dynamo-

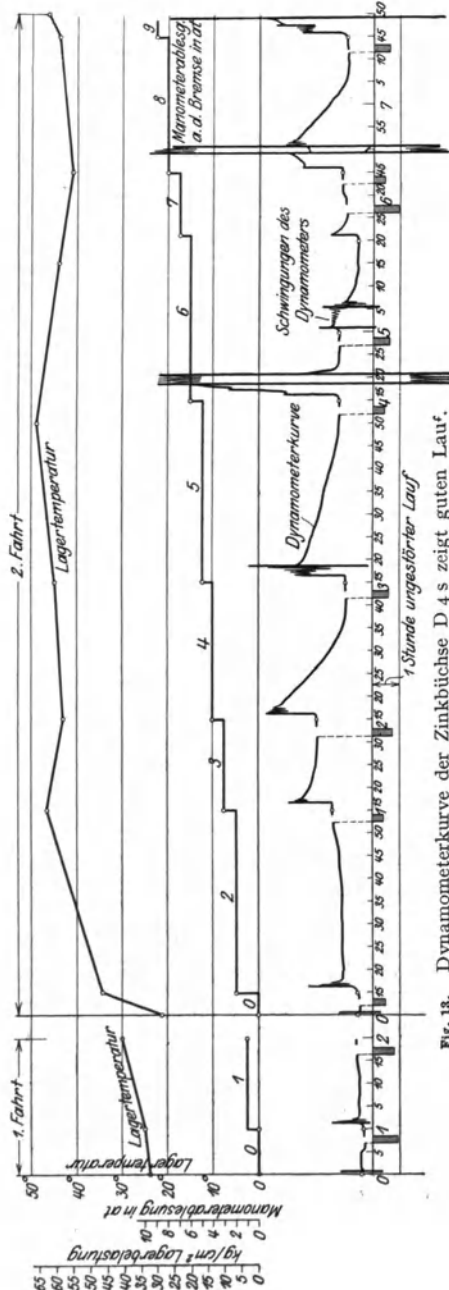


Fig. 13. Dynamometerkurve der Zinkbüchse D 4 s zeigt guten Lauf.

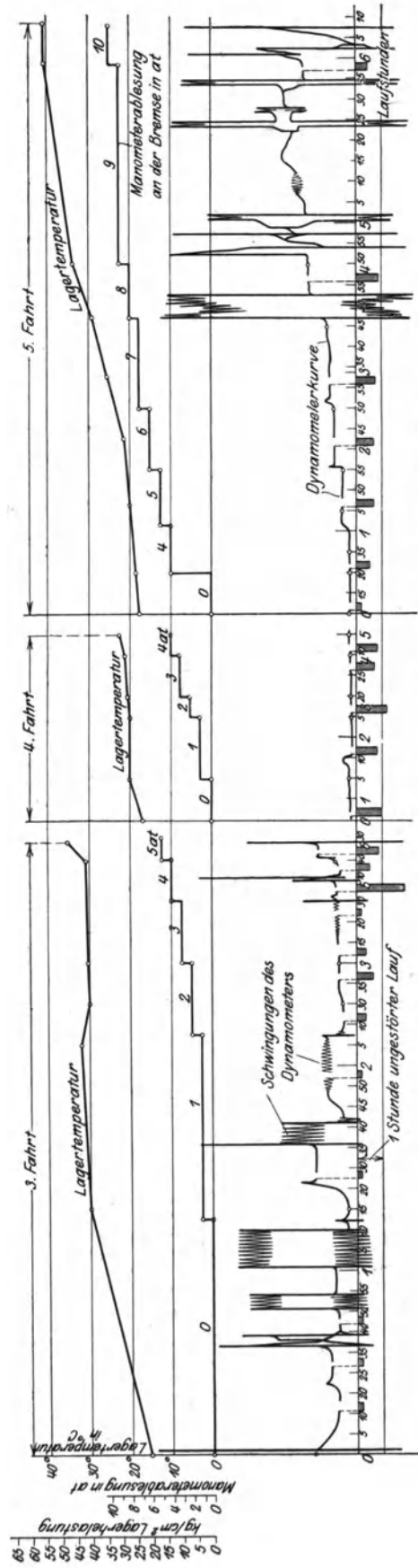


Fig. 12. Dynamometerkurve der Bronzebüchse des Versuchsfeldes bei Schmierung mit Maschinenöl.

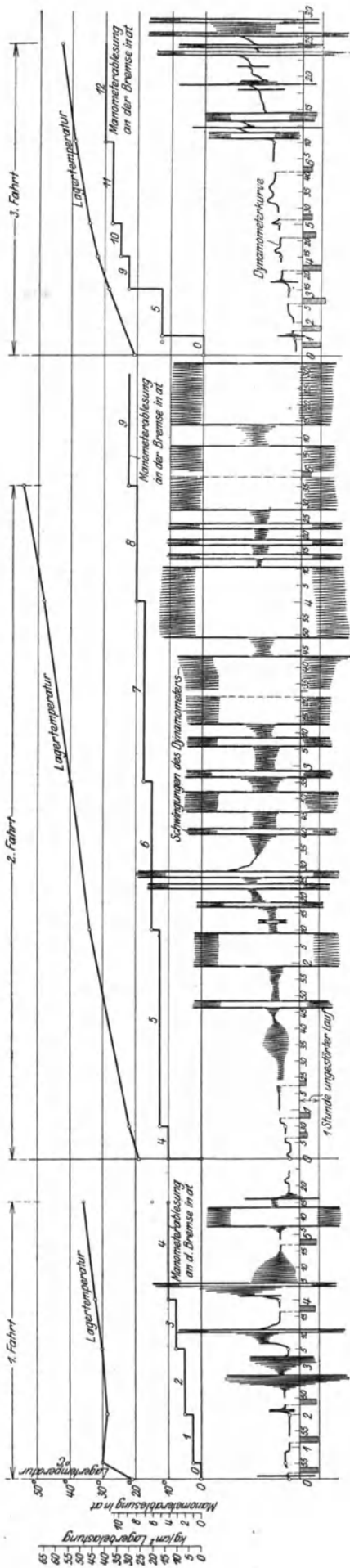


Fig. 14. Dynamometerkurve der Zinkbüchse D 1 e (a) vor und nach Beseitigung des Reibens an der Stirnfläche.

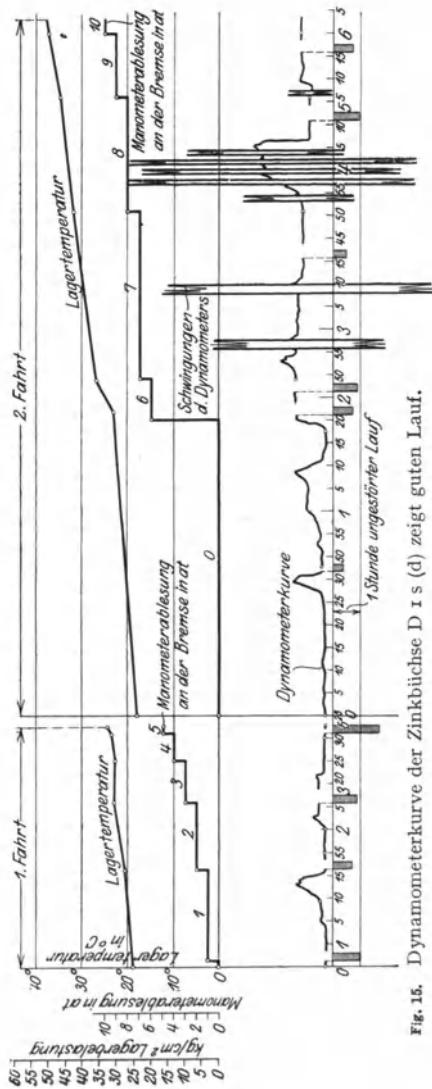


Fig. 15. Dynamometerkurve der Zinkbüchse D 1 s (d) zeigt guten Lauf.

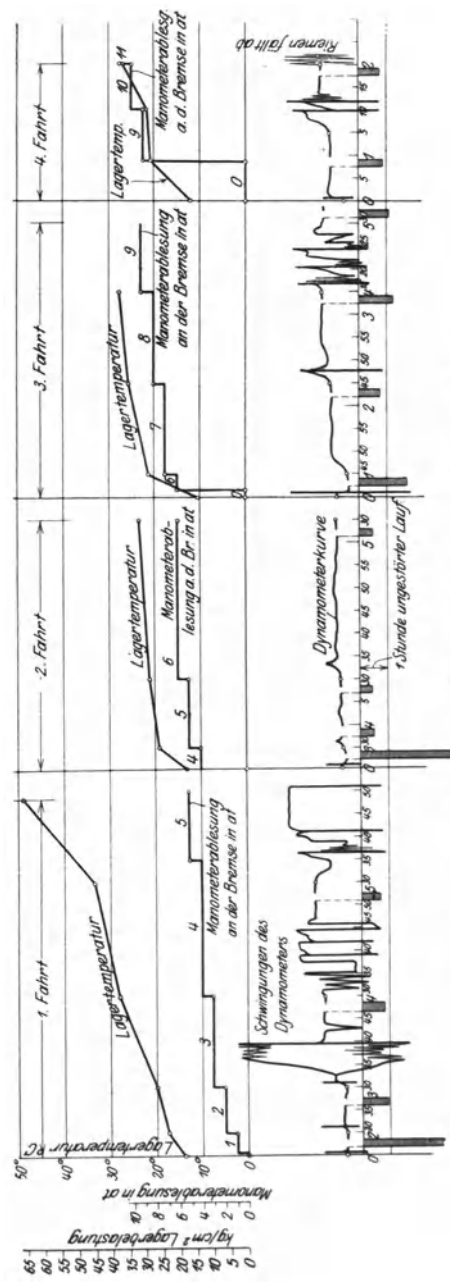


Fig. 16. Dynamometerkurve der Bronzebüchse 102, Schmierung mit Einheitsöl.

Fig. 14, und D 3 e einigermaßen ruhig standen, während die 6 gefahrenen Büchsen, die mit Sandkern gegossen waren, erst bei Erreichung des Höchstdruckes oder knapp vorher unruhig zu laufen begannen. Im übrigen war die schlechte 1. u. 2. Fahrt der Büchse D 1 e (a) auf ein Reiben an der Stirnfläche zurückzuführen, da nach Einstellung von der 3. Fahrt diese, wie Fig. 14 zeigt, anstandslos bis auf 12 at Manometeranzeige gefahren werden konnte. Das Bild einer guten Fahrt zeigt Fig. 13 und 15, in der Büchse D 4 s und D 1 s (d) in zwei Fahrten bis

auf 9 bzw. 10 at belastet werden konnte. Zwischen diesen guten Laufbildern und jenen der zum Vergleich herangezogenen Bronzen 101 u. 102 ist im großen und ganzen nur wenig Unterschied zu finden, vgl. Fig. 16, nur die Lagertemperaturen liegen im Mittel bei den Bronzelagern um rd. 10° niedriger. Bei den Bronzelagern treten zwischen der Einheitsöl- und Maschinenölschmierung nur geringe Unterschiede auf, jedenfalls sind die Störungserscheinungen, die bei den Zinkbüchsen an der Tagesordnung waren, entweder ganz verschwunden oder auf ein sehr geringes Maß zurückgegangen, selbst bei hoher Lagerbelastung, vgl. den Lauf derselben Büchse bei Schmierung mit Maschinenöl, Fig. 17.

Hält man sich dabei noch vor Augen, daß die Laufbilder aller Bronzebüchsen durchweg ruhig und gleichmäßig erscheinen, im Gegensatz zu den immer, jedenfalls bei Erreichung der hohen Lagerdrücke von rd. 8 at Manometeranzeige, stark wechselnden Laufbildern der Zinklager, so ist eigentlich das Urteil über die Verwendungsmöglichkeit gefällt.

Die gesamten auf diese Weise erhaltenen Beobachtungen wurden in Fig. 18—20 zahlenmäßig erfaßt und mit den in den Laufprotokollen, Fig. 8—10, erhaltenen Werten zusammen zur Beurteilung herangezogen.

In Fig. 18—20 sind die Werte der einzelnen Legierungen, geordnet nach der Höhe des Cu-Gehaltes, aufgetragen, um gleichzeitig einen etwaigen Einfluß dieses wichtigsten

Bestandteiles festzustellen.

In Teilbild A der drei Figuren ist enthalten:

- Temperatur des Lagers bei erreichtem Höchstdruck C_{max}
- Höchster erreichter spezifischer Lagerdruck, .. at_{max}
- Mittlerer spezifischer Lagerdruck während des Versuches at_{mittel}

In Teilbild B:

- Gesamte Laufzeit des Lagers bis zur Erreichung des Höchstdruckes Gesamtlaufzeit
- Summe der Produkte: Lagerdruck \times Laufzeit
- Gesamt at Std.
- Mittelwert der Produkte: Lagerdruck \times Laufzeit
- at Std.mittel

In Teilbild C:

- aus den Dynamometerschaubildern;
- das Verhältnis der ungestörten Laufzeit zur Gesamtlaufzeit jeder Büchse.

Aus den Teilbildern A und B ist ersichtlich, daß die Beobachtungen: Höchstdruck, Lagertemperatur und Gesamtlaufzeit für sich allein kein Urteil über das Verhalten des Lagers erlauben. Im Zusammenhang dagegen läßt sich in der Weise ein Urteil fällen, daß hoher Lagerdruck bei geringer Temperatur und kurzer Laufzeit ein gutes Lager darstellt, vgl. die Rangordnung von D 3 s, D 4 s und D 2 s, zahlenmäßig läßt sich jedoch eine Einordnung der Gütegrade nicht durchführen. Auch ist ein Zusammenhang dieser Linienzüge mit dem Cu-Gehalt nicht zu finden.

Aus den Beobachtungswerten sind nun die in Teilbild B dargestellten Werte errechnet worden: Summe der Produkte aus Lagerdruck und Laufzeit bei diesem Druck, ein Wert, der unmittelbar proportional zur geleisteten Reibungsarbeit bis zur Erzielung des Höchstdruckes ist, und der Mittelwert aus diesen Produkten auf die gesamte Laufzeit bezogen. Für diese Linienzüge gilt fast dasselbe, das auf S. 24/25 für die beiden Hauptkriterien, größter Lagerdruck (at_{max}) und höchste er-

reichte Lagertemperatur ($^{\circ}C$) bereits gesagt wurde, aber auch aus den übrigen herangezogenen Mittelwerten ergibt sich neben scheinbarer Übereinstimmung mit dem Cu-Gehalt soviel Unstimmigkeit, daß eine Beurteilung der Laufverhältnisse der Büchsen danach nicht eintreten konnte.

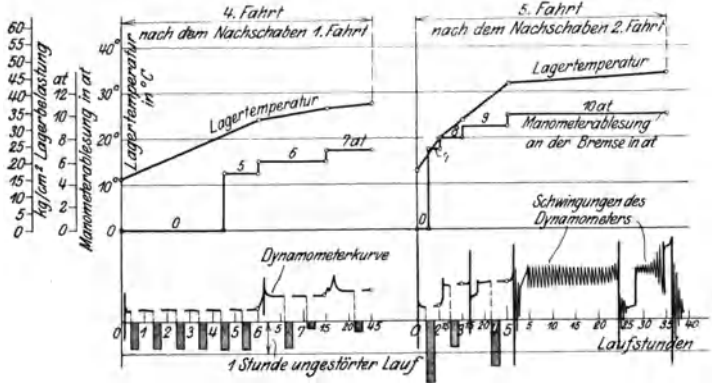


Fig. 17. Dynamometerkurve der Bronzebüchse 102, Schmierung mit Maschinenöl.

Dagegen ergeben die in Teilbild C eingetragenen Werte des Verhältnisses zwischen der ungestörten Laufzeit und der Gesamtlaufzeit deutlich einen Unterschied zwischen den mit Sandkern und den mit Eisenkern gegossenen Büchsen; die ersten zeigen durchweg einen besseren Wert, den nur eine mit Eisenkern gegossene Büchse erreicht.

Bei den Bronzebüchsen sind die Werte der Büchse 102 und der Büchse des V. f. W. fast gleich, jene der Büchse 101 bedeutend niedriger, was wohl auf den Blei- und den geringen Zinngehalt zurückzuführen wäre.

Die Zusammenstellung aller Büchsen nach dem Kennzeichen der ungestörten Laufzeit ergibt Fig. 21, in der auch die bezüglichen Cu-Gehalte und die erreichten Höchstdrücke aufgetragen sind. Hier stellt die Bronzebüchse 101 eine scharfe Grenze dar, da bis zu dieser Rangstelle alle Büchsen mit Sandkern und die beiden andern Bronzebüchsen, aber nur eine Büchse mit Eisenkern erscheinen, während sich von da ab die mit Eisenkern gegossenen Büchsen, aber nur eine mit Sandkern einreihen. Die beiden Büchsen D 1e und D 6s, die vor bzw. nach Bronze 101 stehen, sind so verschieden, daß sie an dem Urteil nichts ändern, um so mehr, als die mit Sandkern gegossene Büchse kein Kupfer enthält, und die Büchse D 1e den höchsten Cu-Gehalt hat.

Weiter spricht für die Richtigkeit der Schlußfolgerung, daß diese beiden aus der Reihe stehenden Büchsenmaterialien D 1 und D 6 in der Rangordnung so folgen, daß sich jeweils die mit Sandkern gegossene

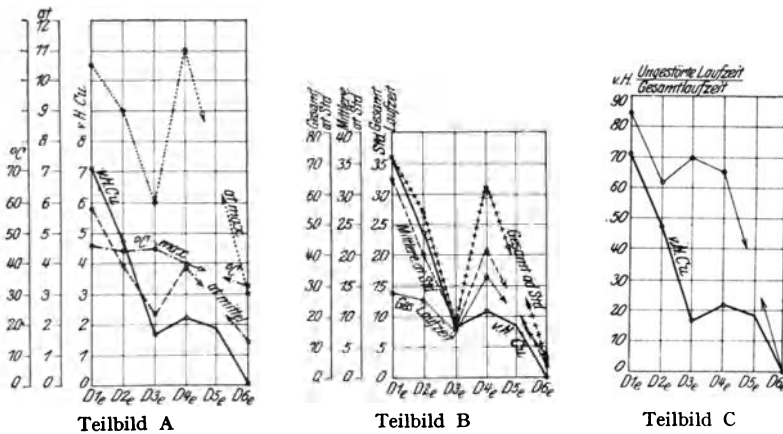


Fig. 18. Versuchsergebnisse der Zinkbüchsen D e, mit Eisenkern gegossen.

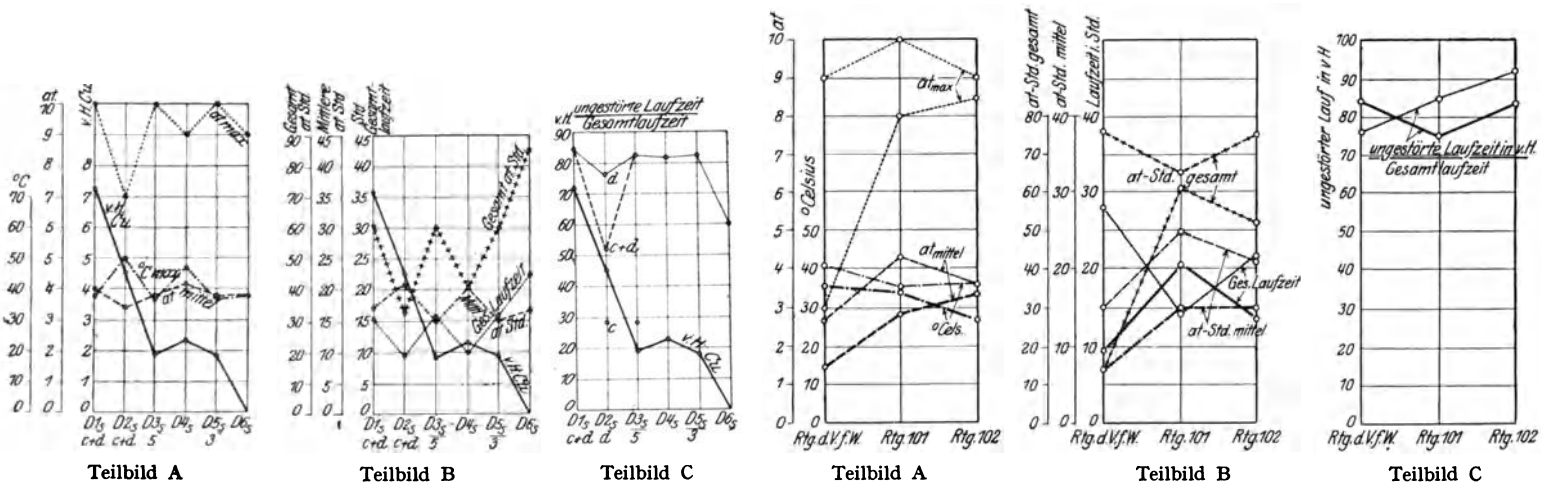


Fig. 19. Versuchsergebnisse der Zinkbüchsen D s, mit Sandkern gegossen.

Fig. 20. Versuchsergebnisse der Bronzebüchsen
dünne Linien: Schmierung mit Maschinenöl
dicke Linien: Schmierung mit Einheitsöl

Büchse vor der mit Eisenkern gegossenen einreihet. Dagegen ist in den Büchsen mit dazwischen liegendem Cu-Gehalt kein Einfluß des Cu-Gehaltes auf die Rangordnung der Büchse nach dem Laufkriterium festzustellen.

Vor dieser Erkenntnis wurde aus den Laufprotokollen, Fig. 8 und 9, nur aus dem Verlauf der Temperaturkurve eine Einreihung der Büchsen¹⁾ vorgenommen, gänzlich unbeeinflußt von den bisher erwähnten Ergebnissen. Die Reihenfolge der besten Büchsen erschien dann folgendermaßen:

Bezeichnung der Büchse	Rangordnung in Fig. 21
D 1 s (d)	1
D 1 e (a)	9
D 2 s	3
D 2 e (b)	11
D 4 s	5

Bei dieser Beurteilung erscheinen die Büchsen 1 bis 6 an erster Stelle, wenn auch nicht in der richtigen Reihenfolge. Diese Übereinstimmung beider Kriterien erscheint mit Rücksicht auf die Schwierigkeit des Urteils genügend genau, zeigt aber die weiten Grenzen der Beurteilung nach der Temperatur und noch deutlicher daß nur aus dem Temperaturverlauf im Vergleich zu dem einer einwandfrei guten Büchse beurteilt werden darf.

Reibungswerte.

Ohne hier in die Frage der Bedeutung des sogenannten Reibungskoeffizienten $\mu = \frac{M_d}{P \cdot r}$ für die Flüssigkeitsreibung einzugehen, sei nur die Größe dieses Wertes, der allgemein für die Beurteilung herangezogen wird, aus den vorliegenden Beobachtungen betrachtet. Hier ist

M_d ... das am Pendeldynamometer angezeigte Reibungsmoment, für beide Spindellager,

$A_1 \dots A_k =$ die Gesamtbelastung jedes Lagers,
 $d_1 \dots d_k =$ der Zapfendurchmesser jedes Lagers.

Unter der Annahme, daß bei ungestörtem Lauf nur flüssige Reibung vorhanden ist, läßt sich annäherungsweise

¹⁾ 2, 4 und 8 sind Bronzebüchsen.

Tafel 3. Reibungswerte μ (Ausgewählte Werte: Vollständig ungestörter Lauf.)

Atmosphären		Bronze 102 m. gutem Maschinenöl Versuch Nr. 36. 100 Umdreh. Fig. 17						Bronze 102 mit Einheitsöl Versuch Nr. 34 a und b. 100 Umdrehungen Fig. 16						Bronze 101 mit Einheitsöl Versuch Nr. 31. 100 Umdrehungen					
Punkt	Mittelwert	4. Fahrt 23. 12.		5. Fahrt 24. 12. 20		2. Fahrt 26. 11. 20		3. Fahrt 27. 11. 20		4. Fahrt 1. 12. 20		1. Fahrt 29. 10. 20		2. Fahrt 30. 10. 20		Mittelwert	μ		
		Punkt	μ	Punkt	μ	Punkt	μ	Punkt	μ	Punkt	μ	Punkt	μ	Punkt	μ				
0	0,0608			1	0,0676							2	0,0692	3	0,0676	0,0681			
1	0,0156											6	0,0374	8	0,0421	0,0398			
2	0,0140											10	0,0308	12	0,0299	0,0304			
3	0,0120											16	0,0233			0,0237			
4	0,0113											0,0131	20	0,0159	25	0,0216	0,0188		
5												0,0140	32	0,0222	35	0,0192	0,0207		
6												0,144	42	0,0198	43	0,0265	0,0232		
7												0,0159				0,0220	0,0220		
8												0,0157				0,0224	0,0224		
9												0,0136				0,0214	0,0214		
10												0,0136							

Atmosphären		D 4 s mit Einheitsöl Versuch Nr. 21. 100 Umdreh. Fig. 13.						D 2 s mit Einheitsöl Versuch Nr. 22. 100 Umdrehungen						D 1 e (a) mit Einheitsöl V. Nr. 20 b. 100 Umdr. Fig. 14						D 1 s (d) mit Einheitsöl V. Nr. 17. 100 Umdr. Fig. 15					
Punkt	Mittelwert	1. Fahrt 22. 7. 20		2. Fahrt 23. 7. 20		3. Fahrt 27. 7. 20		4. Fahrt 28. 7. 20		3. Fahrt 21. 7. 20		2. Fahrt 12. 7. 20		1. Fahrt 29. 10. 20		2. Fahrt 30. 10. 20		Mittelwert	μ						
		Punkt	μ	Punkt	μ	Punkt	μ	Punkt	μ	Punkt	μ	Punkt	μ	Punkt	μ	Punkt	μ								
0	0,0608	2	0,0507	2	0,0676	1	0,0439	1	0,0405	1	0,0338	2	0,0270	1	0,0540	4	0,0608	0,0574							
1	0,0359	4a	0,0483	3	0,0523	6	0,0234	8	0,0218																
2				5	0,0757	13	0,0290	15	0,0299																
3				10	0,0732	17	0,0559	18	0,0512																
4				14	0,0324	15	0,0288	24	0,0190	4	0,0201	6	0,0231												
5				19	0,0293	20	0,0293	28	0,0293	33	0,0280	8	0,0180												
6				22	0,0162	23	0,0141	36	0,0198	38	0,0208	7	0,0194												
7				25	0,0180	27	0,0198	41	0,0204	42	0,0219	11	0,0174												
8				30	0,0174	31	0,0174					12	0,0185												
9												14	0,0180												
10												19	0,0231												
11												14	0,0185												
12												16	0,0185												

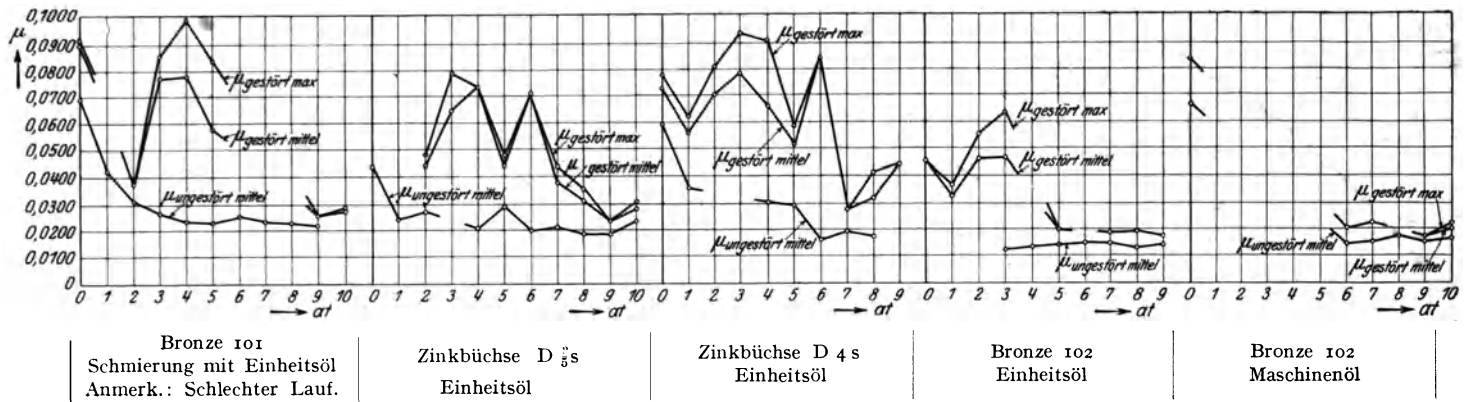


Fig. 22. Verlauf der Reibungswerte.

dasselbe μ für beide Lager einsetzen. Bei den Zinkbüchsen kommt noch dazu, daß auch das hintere Fräsmaschinenlager eine Zinklegierung ist.

Außerdem ist der Durchmesser beider Spindelzapfen nicht sehr verschieden.

In Tafel 3 sind für eine Anzahl kennzeichnender Büchsen

im ungestörten Lauf die μ -Werte gerechnet und in Fig. 22 die Mittelwerte aus den einzelnen Fahrten bei den stufenweise gesteigerten Drücken aufgetragen. Die beiden Büchsen $D \frac{3}{8} s$ und $D 4 s$, die in Fig. 21 neben Bronze 102 liegen, zeigen sowohl im ungestörten Lauf ziemlich dieselben μ -Werte,

Einlaufen am Zapfen und Lager entstandenen Ölfilm und der durch Lagerbelastung und Laufzeit eintretenden Lauftemperatur, die natürlich eine Änderung in der Viskosität des Öles bedingt. Die Größenordnung dieser Zahlen in Tafel 3 steht in richtigem Verhältnis zu an anderen Versuchen gemessenen und in gleicher Weise errechneten μ -Werten. Danach kann sicher ausgesprochen werden, daß an den Stellen des ungestörten Laufes der Versuche zwischen Zapfen und Lager reine Flüssigkeitsreibung vorgelegen hat.

Da nun die Reibungswerte sowohl nach dem Einlaufen, wie bei den verschiedenen Materialien, Bronze und Zinklegierung, bei ungestörtem Lauf wenig verschieden sind, dagegen die gesamten Laufbilder der verschiedenen Büchsenmaterialien auffallend durch längere und kürzere Störungen, die aus dem Ansteigen der Dynamometerwerte auf den Eintritt halbflüssiger, bzw. trockner Reibung schließen lassen, unterschieden sind, zeigt auch dieses Kriterium die Berechtigung der in Fig. 21 vorgenommenen Einreihung.

Untersuchung des Gefüges.

Eine Gefügeuntersuchung wäre im allgemeinen innerhalb dieser Untersuchungen unnötig gewesen, da sie im ursprünglichen allgemeinen Programm des Ausschusses von Seite des Metallographischen Laboratorium, Prof. Hanemann, vorgesehen war. Jetzt mußte sie im V. f. W. nach Beendigung der Versuche wiederholt werden, um den scheinbaren Widerspruch der Versuchsergebnisse, wonach die mit Sandkern gegossenen Büchsen vorzuziehen wären, mit den Angaben der Praxis, die mit Eisenkern gegossene Büchsen vorzieht, zu klären¹⁾.

Da die Büchsen in vollständig bearbeitetem Zustand, einbaufertig bis auf das Einschaben, dem V. f. W. eingeliefert worden waren, konnte erst nach vollständiger Durchrechnung aller hier mitgeteilter Zahlen an die Klärung gewisser aus den Laufversuchen damals noch nicht erklärlicher Unstimmigkeiten gegangen werden. Es wurde, wie in der obigen Quelle

1) Vgl. Werkstattstechnik 1923, S. 525 und S. 674.

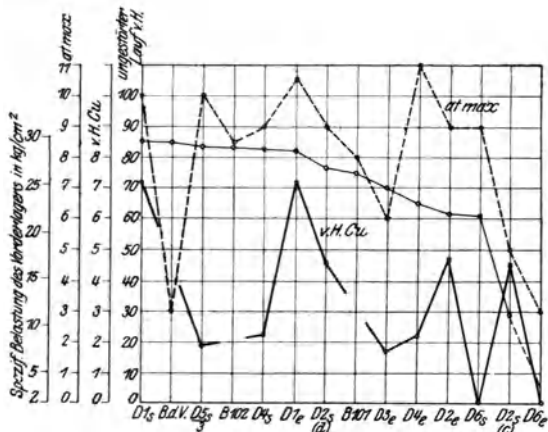


Fig. 21. Bewertung der Büchsen aus den Versuchsergebnissen.

wie Bronze 101 (mit Pb- und wenig Sn-Gehalt), während die Büchse Bronze 102, die fast an der Spitze der Reihe in Fig. 22 steht, sowohl mit Einheitsöl wie mit Maschinenöl niedrigere μ -Werte hat, auch in der Störungszone.

Aus der Zahlentafel ist weiter das Einlaufen des Öles in der neuen gereinigten Büchse verhältnismäßig deutlich in einem Abfallen des μ -Wertes in aufeinanderfolgenden Fahrten zu erkennen.

Aus diesen Werten ergibt sich nun, daß die Reibungsmomente in viel geringerem Maße von der Art der Lagermetalle abhängig zu sein scheinen — ungestörten Lauf, also reine Flüssigkeitsreibung vorausgesetzt — als von dem durch das

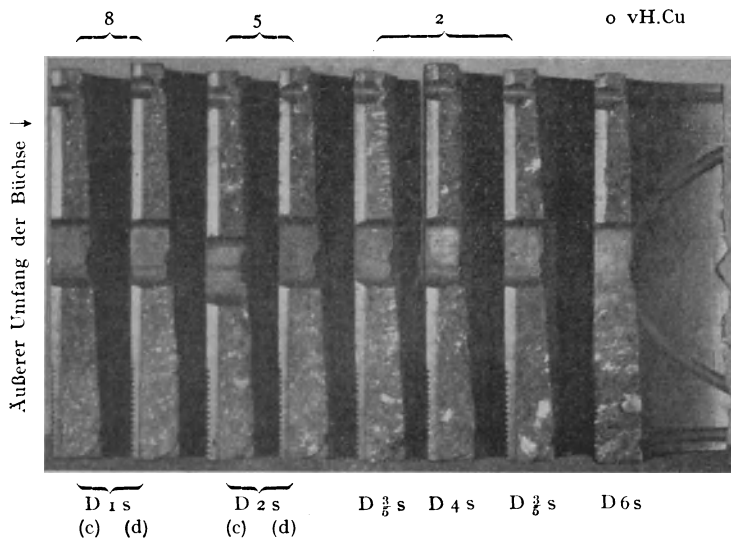


Fig. 23. Bruchflächen der mit Sandkern gegossenen Büchsen $D 1 s$ — $D 6 s$.

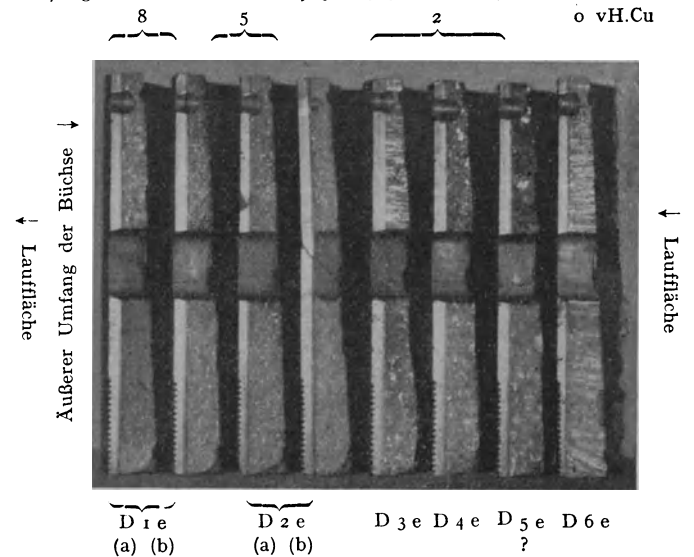
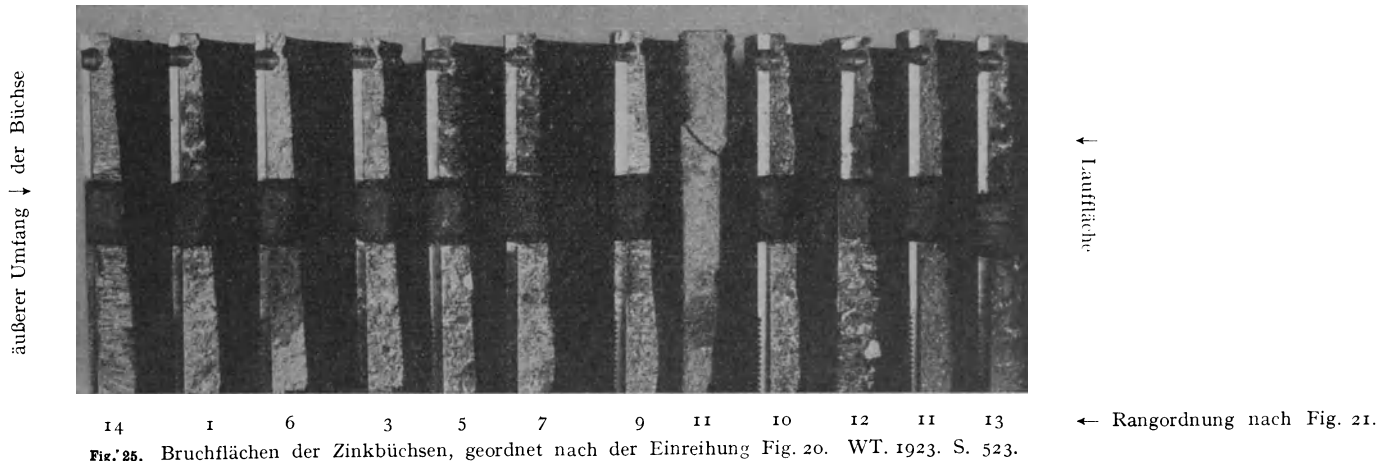


Fig. 24. Bruchflächen der mit Eisenkern gegossenen Büchsen $D 1 e$ — $D 6 e$.

gesagt, eine Vertauschung in der Bezeichnung der eingelieferten Büchsen befürchtet, und deshalb wurden die gefahrenen Büchsen an der untersten Auflagerstelle, der Länge nach durch einen kalten Schlag gebrochen und von diesen Stellen Schliffe und Ätzungen gemacht. In Fig. 23 sind diese Bruchflächen der Büchsen D 1 s—D 6 s nach den Cu-Gehalten geordnet, in Fig. 24 in gleicher Weise die Büchsen D 1 e—D 6 e dargestellt. Wider Erwarten ist in den beiden Reihen kein ausgesprochenes Kriterium durch alle Büchsen jeder Reihe zu erkennen.

Weise gegossen bezeichnet; ihr Kleingefüge erscheint aber nach Fig. 26—27 gänzlich verschieden, während das Gefüge der mit der richtigen Bezeichnung D 2 s versehenen Büchse in Fig. 28 erscheint. In dieser Weise wurden zur endgültigen Richtigstellung von allen Bruchproben metallographische Schliffe gemacht, ebenso neue chemische Analysen und auf Grund dieser dann die neue richtige Büchsenbezeichnung aufgestellt. Danach konnten erst die im vorhergehenden wiedergegebenen richtigen Schaubilder hergestellt werden. Durch diese Richtig-

D 6 e	D 1 s (d)	D 1 e	D $\frac{3}{8}$ s	D 4 s	D 2 s (d)	D $\frac{3}{8}$ e	D 2 e (b)	D 4 e	D 6 s	D 2 e (a)	D 2 s	← Richtige Bezeichnung
D 1 s	D 5 s	D 3 s	D 2 s	D 2 e	D 4 s	D 3 e	D 6 s	D 4 e	D 1 e	D 6 e	D 5 e	← Ursprüngliche „ der Büchsen



Es erscheinen:
 Strahlig: D 6 e, D $\frac{3}{8}$ s, D 6 s, D 3 e;
 Grobkristallinisch: D $\frac{3}{8}$ s, D 2 s, D 4 s, D 5 e, D 2 s (c);
 Mittelkörnig: D 1 s (d), D 4 e;
 Feinkörnig: D 1 e (a), D 1 e (b), D 2 e (a), D 2 e (b).
 Nach den Cu-Gehalten und der Gießart zusammengestellt, ergibt sich:

Büchse D: . . .	1	2	3	4	5	6
Mit Sandkern:		G	S	G	S	S
s.	M	G				
Mit Eisenkern:	F	F	S	M	G	S
e.	F	F				
vH. Cu.	8	5	2			0

stellung konnten eine Reihe Unsicherheiten, die der ersten Veröffentlichung anhafteten, geklärt werden.

Schlußfolgerungen:

Nach den Versuchen lassen sich folgende Schlüsse rechtfertigen:

1. Zinklegierungen mit geringem Kupfergehalt 2÷8 vH. Cu für niedere und mittlere Drucke sollen mit Sandkern gegossen werden
2. Vollständiger Mangel an Cu ist zu vermeiden.
3. Bedingt die Höhe des Cu-Gehaltes nicht das bessere Lagermetall.
4. Zinklegierungen können für mäßig beanspruchte Lager wohl verwendet werden, wenn ein gutes Öl als Schmiermittel, d. h. solange reine Flüssigkeitsreibung vorliegt. In diesen Fällen ist weder eine besondere Temperatur-

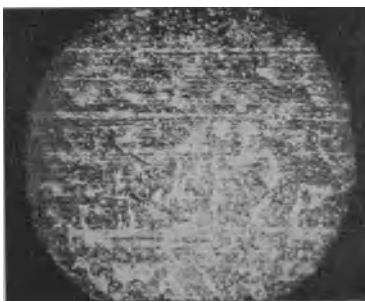


Fig. 26. Büchse D 2 s (ursprüngliche Bezeichnung).

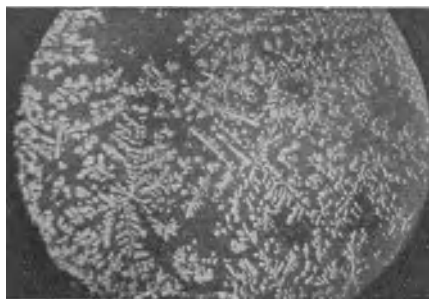


Fig. 27. Büchse D 2 s x (ursprüngliche Bezeichnung).

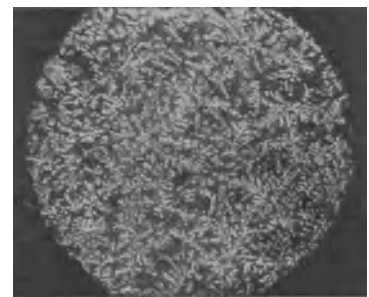


Fig. 28. Büchse D 2 s (c) (richtige Bezeichnung).

Wenn auch feinkörniges Gefüge auf mit Eisenkern gegossene Büchsen beschränkt bleibt und bei den mit Sandkern gegossenen mehr grobkristallinisches Gefüge vorherrscht, so läßt sich aus dem Bruchgefüge dieser 15 Büchsen allein kein Urteil bilden, noch weniger, wenn man die in Fig. 21 erhaltenen Ergebnisse der Laufversuche damit vergleicht. Das jetzt richtiggestellte Bild der Ergebnisse mußte seinerzeit um so mehr verblüffen, wenn man in Fig. 25 die Zusammenstellung der Bruchgefüge geordnet nach der ursprünglichen Einreihung und mit den angelieferten Bezeichnungen betrachtet und die gleichfalls angeschriebene, richtige Bezeichnung und Rangordnung der richtiggestellten Fig. 21 vergleicht. Es waren z. B. die beiden Büchsen D 2 s und D 2 s x als aus demselben Material und in gleicher

steigerung, noch eine übermäßige Lagerabnutzung zu bemerken.

5. Bei Verwendung minderwertigen Öles tritt leicht ein örtliches Fressen ein, das ohne weitere Anzeichen sehr schnell zu einem plötzlichen Versagen des Lagers führt.
6. Bei der Konstruktion derartiger Lager ist zu beachten, daß die Wärmeausdehnung der Zn-Legierungen bedeutend größer als die der Bronzelager ist, und dementsprechend für Spiel in dieser Richtung zu sorgen ist.
7. Annäherungsweise Rechnungen zeigen, daß die Reibungswertziffer für Zinklegierungen mit Einheitsölschmierung bei beginnendem Versagen bedeutend höher als die der üblichen Lager liegt.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Taschenbuch für den Fabrikbetrieb. Bearbeitet von zahlreichen Fachleuten. Herausgegeben von Prof. **H. Dubbel**, Ingenieur in Berlin. Mit 933 Textfiguren und 8 Tafeln. (VII u. 883 S.) 1923. Gebunden 12 Goldmark / Gebunden 3 Dollar

Industriebetriebslehre. Die wirtschaftlich-technische Organisation des Industriebetriebes mit besonderer Berücksichtigung der Maschinenindustrie. Von Prof. Dr.-Ing. **E. Heidebroek**, Darmstadt. Mit 91 Textabbildungen und 3 Tafeln. (VI u. 285 S.) 1923. Gebunden 17.50 Goldmark / Gebunden 4.20 Dollar

Fabrikorganisation, Fabrikbuchführung und Selbstkostenberechnung der Firma Ludwig Loewe & Co., A.-G., Berlin. Mit Genehmigung der Direktion zusammengestellt und erläutert von **J. Lilienthal**. Mit einem Vorwort von Dr.-Ing. **G. Schlesinger**, Professor an der Technischen Hochschule Berlin. Zweite, durchgesehene und vermehrte Auflage. Unveränderter Neudruck. (XI u. 245 S.) 1919. Gebunden 12 Goldmark / Gebunden 2.90 Dollar

Einführung in die Organisation von Maschinenfabriken unter besonderer Berücksichtigung der Selbstkostenberechnung. Von Dipl.-Ing. **Friedrich Meyenberg**, Berlin. Zweite, durchgesehene und erweiterte Auflage. (XIV u. 246 S.) 1919. Gebunden 5 Goldmark / Gebunden 1.20 Dollar

Grundlagen der Fabrikorganisation. Von Prof. Dr.-Ing. **Ewald Sachsenberg**, Dresden. Dritte, verbesserte und erweiterte Auflage. Mit 66 Textabbildungen. (VIII u. 162 S.) 1922. Gebunden 8 Goldmark / Gebunden 1.95 Dollar

Grundlagen der Betriebsrechnung in Maschinenbauanstalten. Von **Herbert Peiser**, Direktor der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft. Zweite, erheblich erweiterte Auflage. Mit 5 Textabbildungen. (VI u. 216 S.) 1923. 6.60 Goldmark; gebunden 8 Goldmark / 1.60 Dollar; gebunden 1.95 Dollar

Neuzeitliche Vorkalkulation im Maschinenbau. Von **Fr. Hellmuth**, Techn. Chefkalkulator, Zürich und **Fr. Wernli**, Betriebsingenieur, Baden. Mit 128 Textabbildungen und zahlreichen Tabellen. (V u. 219 S.) 1924. Gebunden 11 Goldmark / Gebunden 2.65 Dollar
Bezugsquelle für die Schweiz: Franz Hellmuth, Zürich, Rosengartenstr. 7.

Die Vorkalkulation im Maschinen- und Elektromotorenbau nach neuzeitlich-wissenschaftlichen Grundlagen. Ein Hilfsbuch für Praxis und Unterricht. Von Ingenieur **Friedrich Kresta**, technischer Kalkulator. Mit 56 Abbildungen, 78 Tabellen und 5 logarithmischen Tafeln. (X u. 174 S.) 1921. Gebunden 7 Goldmark / Gebunden 1.70 Dollar

Die Nachkalkulation nebst zugehöriger Betriebsbuchhaltung in der modernen Maschinenfabrik. Für die Praxis bearbeitet unter Zugrundelegung von Organisationsmethoden der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-A.-G., Berlin. Von **J. Mundstein**. Mit 30 Formularen und Beispielen. (VI u. 78 S.) 1920. 2.40 Goldmark / 0.60 Dollar

Die Rationalisierung im Deutschen Werkzeugmaschinenbau. Dargestellt an der Entwicklung der Ludwig Loewe & Co. A.-G., Berlin. Von Dr. **Fritz Wegeleben**. (VII u. 172 S.) 1924. 6 Goldmark / 1.45 Dollar

Aus der Praxis des Taylor-Systems mit eingehender Beschreibung seiner Anwendung bei der Tabor Manufacturing Company in Philadelphia. Von Dipl.-Ing. **Rudolf Seubert**. Mit 45 Abbildungen und Vordrucken. Vierter, berichtigter Neudruck. (9.—13. Tausend.) (VIII u. 158 S.) 1920. Gebunden 6 Goldmark / Gebunden 1.45 Dollar

Das ABC der wissenschaftlichen Betriebsführung. Primer of Scientific Management. Von **Frank B. Gilbreth**. Nach dem Amerikanischen frei bearbeitet von Dr. **Colin Roß**. Mit 12 Textfiguren. Dritter, unveränderter Neudruck. (VII u. 78 S.) 1920. 2.50 Goldmark / 0.60 Dollar

Bewegungsstudien. Vorschläge zur Steigerung der Leistungsfähigkeit des Arbeiters. Von **Frank B. Gilbreth**. Freie deutsche Bearbeitung von Dr. **Colin Roß**. Mit 20 Abbildungen auf 7 Tafeln. (VI u. 54 S.) 1921. 2.50 Goldmark / 0.60 Dollar

Industrielle Betriebsführung. Von **James Mapes Dodge**. — **Betriebsführung und Betriebswissenschaft.** Von Prof. Dr.-Ing. **G. Schlesinger**. Vorträge, gehalten auf der 54. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure in Leipzig. Unveränderter Neudruck. (70 S.) 1921. 2 Goldmark / 0.50 Dollar

Kritik des Taylor-Systems. Zentralisierung — Taylors Erfolge — Praktische Durchführung des Taylor-Systems — Ausbildung des Nachwuchses. Von **Gustav Frenz**, Oberingenieur und Betriebsleiter der Maschinenfabrik Thyssen & Co. in Mülheim-Ruhr. (VIII u. 113 S.) 1920. 4 Goldmark / 0.95 Dollar

H. L. Gantt, Organisation der Arbeit. Gedanken eines amerikanischen Ingenieurs über die wirtschaftlichen Folgen des Weltkrieges. Deutsch von Dipl.-Ing. **Friedrich Meyenberg**. Mit 9 Textabbildungen. (VIII u. 82 S.) 1922. 2.50 Goldmark / 0.60 Dollar

Die psychologischen Probleme der Industrie. Von **Frank Watts**, M.-A., Dozent der Psychologie an der Universität Manchester und an der Abteilung für industrielle Verwaltung der Gewerbeakademie von Manchester. Deutsch von **Herbert Frhr. Grote**. Mit 4 Textabbildungen. (VIII u. 221 S.) 1922. 5.50 Goldmark; gebunden 7 Goldmark / 1.35 Dollar; gebunden 1.70 Dollar

Warum arbeitet die Fabrik mit Verlust? Eine wissenschaftliche Untersuchung von Krebschäden in der Fabrikleitung. Von **William Kent**. Mit einer Einleitung von Henry L. Gantt. Übersetzt und bearbeitet von **Karl Italiener**. (IV u. 96 S.) 1921. 2.60 Goldmark / 0.65 Dollar