

A 56

Bericht Nr. 518

Prüfung von Schmierstoffen durch Verschleißmessung

9237



I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUDWIGSHAFEN AM RHEIN

Geheim

Bericht des Technischen Prüfstandes Oppau **Nr. 518**

Prüfung von Schmierstoffen durch Verschleissmessung

Übersicht: Es wird ein Gerät beschrieben, das bei hin- und hergehender Bewegung Verschleissmessungen gestattet. Eine Reihe von Schmierstoffen wurde untersucht, wobei der Einfluss der Versuchsdauer, der Belastung, der Temperatur, des Werkstoffes und der Rauigkeit der Reibflächen in Betracht gezogen wurde. Eine Veränderung dieser Versuchsbedingungen ergibt in vielen Fällen gleichzeitig eine Veränderung in der Gütereihenfolge der Schmierstoffe, sodass eine einheitliche Beurteilung sehr schwierig erscheint.

Abgeschlossen am: 5. Januar 1943 Gr.

Bearbeiter: Dipl. Ing. R. Halder

Die vorliegende Ausfertigung 12 enthält

13 Textblätter

11 Bildblätter

Verteiler

Nr.	am	Empfänger	Nr.	am	Empfänger
1	16.1.43	R. H. M., I. G. F. - III F. Zölichshofen	13.	18.1.43	K. B. Halder
2	"	OKH - I. G. F. - III F. Zölichshofen	14	"	C. F. Pletzig
3	"	OKH - I. G. F. - III F. Zölichshofen	15	10.3.43	Prof. H. G. B. - I. G. F. - III F. Zölichshofen
4	"	OKH - I. G. F. - III F. Zölichshofen	16	17.1.43	Prof. H. G. B. - I. G. F. - III F. Zölichshofen
5	"	OKH - I. G. F. - III F. Zölichshofen	17	2.8.43	mit Original nach H. G. B. - I. G. F. - III F. Zölichshofen
6	"	OKH - I. G. F. - III F. Zölichshofen			
7	"	OKH - I. G. F. - III F. Zölichshofen			
8	"	OKH - I. G. F. - III F. Zölichshofen			
9	"	OKH - I. G. F. - III F. Zölichshofen			
10	"	OKH - I. G. F. - III F. Zölichshofen			
11	"	OKH - I. G. F. - III F. Zölichshofen			
12	"	OKH - I. G. F. - III F. Zölichshofen			

9238

Prüfung von Schmierstoffen durch Verschleissmessung

Inhaltsübersicht:

A. Zweck der Versuche	Seite 3
B. Versuchseinrichtung	3
C. Versuchsdurchführung	4
D. Versuchsergebnisse	
1.) Verschleiss von Messung auf Stahl	
a) Verschleiss in Abhängigkeit von der Laufzeit	7
b) Einfluss verschiedener Belastung	8
c) Prüfung verschiedener Schmierstoffe	9
d) Wirkung verschiedener Zusätze	10
2.) Verschleiss verschiedener Werkstoffe	11
3.) Einfluss der Rauigkeit der Gleitflächen	12
4.) Zusammenfassung der Ergebnisse	13

Prüfung von Schmierstoffen durch Verschleissmessung

A. Zweck der Versuche:

Die neuesten Forschungen auf dem Gebiet der Schmierstoffprüfung haben gezeigt, dass die reibungsvermindernde Wirkung nicht identisch ist mit einer Verringerung des Verschleisses. Es ist daher erforderlich, die Schmierstoffe hinsichtlich ihres Verschleissverhaltens besonders zu prüfen. Da die Versuche nach Bericht Nr. 478 bewiesen haben, dass durch Verschleissmessungen eine gute Unterscheidung von Ölen möglich ist, sind diese Versuche an einem neuen, verbesserten Gerät fortgesetzt worden.

B. Versuchseinrichtung:

Der Aufbau des neuen Gerätes geht aus Bild 1, 2 und 3 hervor. Gegenüber der in Bericht Nr. 478 beschriebenen Maschine ist im Prinzip keine Änderung eingetreten. Das neue Gerät stellt jedoch eine Erweiterung und in gewissen Teilen eine Verbesserung der alten Maschine dar.

Anstelle einer Welle mit 2 Trommeln wurden 2 Wellen mit je 4 Trommeln angeordnet. Für diese 8 Trommeln sind ebensoviele Belastungshebel und Behälter zur Aufnahme des Prüföls vorhanden. Diese Behälter, von denen jeder 600 ccm Öl fasst, sind in einer gemeinsamen Wanne mit Heizflüssigkeit untergebracht.

Die Messung der Temperatur des Prüföls erfolgt zum Unterschied von der alten Ausführung in jedem Behälter mit je einem Thermoelement, die an einem gemeinsamen Millivoltmeter angeschlossen sind.

Verbessert wurde ferner die Vorrichtung zur Messung des Verschleisses. Während beim alten Gerät nur nach Abnahme der Trommeln die GröÙe des Abriebes am Stift festgestellt werden konnte, ist bei der neuen Maschine

eine Möglichkeit vorgesehen, ohne grössere Arbeit den Verschleiss zu messen. Unter den Belastungshebeln ist eine Gleitschiene angeordnet, auf der eine in einem Gehäuse untergebrachte Messuhr aufgesetzt werden kann. Auf diese Weise kann ohne Schwierigkeit während des Versuchs festgestellt werden, wie weit sich die Belastungshebel der Gleitschiene genähert haben. Die so gemessene Strecke ist mit grosser Annäherung gleich der Verkürzung des Verschleisstiftes.

Wie bereits in Bericht Nr. 478 erwähnt, werden die Trommeln mit gehärteten und polierten Stahlbändern bespannt und die Oberfläche dieser Bänder als Verschleissflächen verwendet^{*)}. Bei den im vorliegenden Bericht beschriebenen Versuchen wurden zweierlei Sorten von Bändern verwendet. Sorte I sind die normalen für diese Versuche in grösserer Menge jetzt auf Lager liegenden Bänder. Sorte II unterscheidet sich davon durch eine etwas grössere Rauhnigkeit; sie musste für einen Teil der Versuche zur Überbrückung von Lieferschwierigkeiten verwendet werden. Die Bänder der Sorte I und II kamen normalerweise unverändert in Anwendung. Für besondere Untersuchungen erfolgte eine Vergrösserung der Rauhnigkeit durch Behandlung in Sandstrahlgebläse.

Um möglichst die ganze Breite des Bandes ausnützen zu können, sind die Belastungshebel so angebracht, dass sie gegenüber den Trommeln achsial verschiebbar sind. Auf diese Weise bringt man auf der Breite des Bandes 3 Verschleissflächen nebeneinander unter, sodass der Übergang von einer Fläche zur anderen mühelos erfolgen kann. Ein Wechsel der Verschleissflächen in der Längsrichtung der Bänder kann wie bei der alten Maschine durch Verdrehen der Trommeln um 45° bewerkstelligt werden. Auf diese Weise können in der Längsrichtung 4 Flächen hintereinander angeordnet werden, sodass auf einem Band 12 Versuche möglich sind.

C. Versuchsdurchführung:

Für alle hier beschriebenen Versuche wurde eine Drehsahl von 81 U/min gewählt; sie liegt etwas niedriger als die nach Bericht Nr. 478. Dies geschah, um einerseits das Gerät zu schonen, andererseits um noch weiter in

^{*)} Diese Anordnung wurde zum Patent angemeldet

das Gebiet der Grenzreibung zu kommen und damit den Verschleiss pro Hub zu vergrössern. Bei der hier angewandten Drehzahl betrug die Zahl der Hübe in der Minute also 162; bei einer Länge des Gleitweges von 82,5 mm entspricht dies einer mittleren Gleitgeschwindigkeit von 22,3 cm/s und einer Höchstgeschwindigkeit von 34 cm/s.

Als Verschleisstifte wurden keine kegelförmigen wie in Bericht Nr. 478- sondern zylindrische Stifte mit einem Durchmesser von 3 mm verwendet. Sie besitzen den Vorteil, dass die spezifische Belastung während der Dauer des ganzen Versuches gleich bleibt, machen aber die Durchführung eines Einlaufes notwendig, um die Stirnfläche des Stiftes an die gekrümmte Fläche des Stahlbandes anzupassen. Von den 12 auf einem Stahlband zur Verfügung stehenden Verschleissflächen wurde eine für den Einlauf verwendet. Dieser dauerte solange, bis eine Verkürzung des Stiftes von $1/10$ bis $2/10$ mm eingetreten war. Darnach begann der eigentliche Versuch, wobei Belastungen von 1, 2 und 5 kg angewandt wurden. Bei einer Hebelübersetzung von 1:2 ergeben sich für einen Durchmesser des Verschleisstiftes von 3 mm spezifische Belastungen von 29,3, 56,6 und 141,5 kg/cm².

Soweit es die Art des Schmierstoffes erlaubte, erfolgte die Prüfung bei Temperaturen zwischen 50 und 130°C. Die Versuchsdauer wurde für eine grosse Zahl von Versuchen auf $4\frac{1}{2}$ bzw. 20 Stunden festgesetzt. Bei Verwendung abgestrahlter Bänder war der Verschleiss so gross, dass der Versuch schon nach wenigen Minuten abgebrochen werden musste.

Während des Versuchs wurde in gewissen Zeitabständen der Verschleiss mit Hilfe der Messuhr festgestellt. Dabei wurde die Maschine zur Verhinderung von störenden Erschütterungen vorübergehend abgestellt. Nach Beendigung eines Versuches bei der ersten gewählten Temperatur wurde das Öl auf die nächsthöhere erwärmt, eine neue Verschleissfläche eingestellt und darnach mit dem nächsten Versuch begonnen. In der Regel wurden 5 nacheinander steigende Versuchstemperaturen eingestellt, wobei zwischen den einzelnen Versuchen kein Ölwechsel erfolgte. Eine gewisse Alterung des Öles tritt hier zweifellos ein; sie ist jedoch unvermeidlich und nicht von Bedeutung, da alle Öle gleichmässig thermisch beansprucht werden.

Folgende Öle wurden untersucht:

Öl - Bezeichnung	Bemerkung	Zähigkeit in cSt		Viskositäts- index
		38°	99°	
Rotring Nr. 723	Flugmotorenöl	272	21,5	100
" Richöl	"	257,7	19,04	89
Wehrmacht-Einheitsöl	Automotorenöl	101,9	10,4	81
TZ 900/5	synth. Schmierstoff	742	38,7	95
TZ 900/2	"	197	15,8	85
Aeroshell mittel	Flugmotorenöl	276	18,2	75
Aero W.	"	246,2	17,6	81
P 174	synth. "	207	21,7	120
SS 902 F 25	" "	121,8	15,5	125
Wifo Einheitsöl	Automotorenöl	120,0	11,5	81
Essolub Einfahröl	"	62,8	8,9	112
LK 2200	synth. Schmierstoff wasserlöslich	116,8	13,9	117
Rüböl raff.	-	44,8	10,0	156
Eismaschinenöl, rot	"	16,3	3,2	< 50
H 8	synth. Kohlenwasser- stofföl	60	8,55	110
H 426	synth. Esteröl	50,7	6,57	63
H 515	" "	15,5	3,48	20

D. Versuchsergebnisse:

1.) Verschleiss von Messing auf Stahl

a) Verschleiss in Abhängigkeit von der Laufzeit.

In Bild 4 bis 7 ist für vier Schmierstoffe bei vier verschiedenen Temperaturen der Verschleiss in Abhängigkeit von der Versuchsdauer dargestellt. Das Verhalten der vier Öle ist dabei sehr unterschiedlich. Bei der niedrigsten Temperatur von 53°C (Bild 4) zeigen TZ 900/2 und Rotring anfänglich sehr geringen Verschleiss, der aber nach einer Stunde sehr schnell ansteigt und besonders für TZ 900/2 hohe Werte erreicht. Man erhält Verschleisskurven mit hyperbelähnlichem Charakter. Es ist anzunehmen, dass dieser eigenartige Kurvenverlauf auf eine Veränderung der Oberfläche des Stahlbandes zurückzuführen ist. Wie die Untersuchung gezeigt hat, überzieht sich die Lauffläche allmählich mit Messingabrieb. Dieser Metallauftrag erreicht ein bestimmtes Mass und steigt dann nicht weiter an, was dazu führt, dass die Verschleisskurve allmählich annähernd in eine Gerade übergeht, wie es besonders deutlich bei TZ 900/2 zu beobachten ist. Bei Essolub-Einfahröl und Rotring liegt der Verschleiss zwar wesentlich niedriger, der Kurvencharakter ist jedoch derselbe. Dagegen ergeben sich mit LK 2200 ganz andere Verhältnisse. Bei diesem Öl ist der Verschleiss nach der ersten halben Stunde am höchsten von allen vier Ölen, jedoch hat bereits nach 1 1/2 Stunden die Verkürzung des Stiftes ihren Höchstwert erreicht. Während der weiteren Versuchsdauer ist der Verschleiss annähernd 0 und man erhält daher einen Kurvenverlauf parallel zur Grundlinie. An der Verschleissfläche wurde keinerlei Messingabrieb, sondern nur geringe Abnutzungsspuren am Band festgestellt. Man kann annehmen, dass durch den anfänglich grossen Verschleiss die Rauigkeit beseitigt wird, was zu einem gänzlichen Aufhören des Metallabriebes führt.

Verfolgt man den Verlauf der Verschleisskurven dieser vier Öle auch bei höheren Temperaturen (s. Bild 5, 6 und 7), so erkennt man, dass bei TZ 900/2 und Rotring eine Erhöhung der Temperatur von 53 auf 70°C eine Verringerung des Verschleisses bringt, wobei aber der Kurvencharakter erhalten bleibt. Eine weitere Temperaturerhöhung verursacht besonders für TZ 900/2 (Bild 6) nochmals eine Senkung des Verschleisses. Beide Öle ergeben hier annähernd geradlinigen Kurvenverlauf. Bei 130°C steigt für Rotring der Verschleiss wieder an. Sowohl bei diesem Öl als auch bei TZ 900/2 ist die Zeit-Verschleisskurve nach oben konvex (Bild 7). Essolub-Einfahröl fällt bei dieser Temperatur durch einen sehr rasch und geradlinig ansteigenden Verschleiss auf. Die Abnützungskurve des LK 2200 besitzt bei 70°C den gleichen Charakter wie bei 53°C; bei noch höheren Temperaturen lässt sich ein Kurvenverlauf nicht angeben, da der Verschleiss ausserordentlich gering und daher kaum messbar ist.

Diese Beispiele sollen zeigen, dass die zeitliche Veränderung des Verschleisses wertvolle Hinweise gibt auf das Verhalten eines Schmierstoffes. Wenn in den folgenden Ausführungen auf den zeitlichen Verlauf weniger Bezug genommen und nur das Endergebnis nach einer bestimmten Laufzeit zur Beurteilung herangezogen wird, so hat dies seinen Grund vor allem in der notwendigen Beschränkung der bildlichen Darstellungen.

b) Einfluss verschiedener Belastung.

Bei diesen Versuchen wurden ebenfalls Messingstifte verwendet. Die in Bild 8 und 9 dargestellten Kurven mit Rotring und Wehrmacht-Einheitsöl sind in ihrem Charakter sich weitgehend ähnlich, lediglich in einem Fall (Bild 9) tritt bei 142 kg/cm² eine Ausnahme auf. Die Ursache dieses eigenartigen Verlaufes ist vorerst noch ungeklärt; für die weitere Diskussion soll dieser Fall unberücksichtigt bleiben. Wie bereits in Bericht Nr.478 festgestellt wurde, ergibt sich zwischen 50 und 100°C ein Minimum. Die zu diesem Mindestwert gehörige Temperatur liegt umso höher, je geringer die spezifische Belastung des Stiftes ist. Diesseits des Minimums, also bei niedrigen Temperaturen, steigt der Verschleiss sehr rasch an, wobei die Flächenpressung ohne Einfluss ist. Jenseits des Minimum streben die Kurven

gleicher spezifischer Belastung bei ansteigendem Verschleiss stark auseinander. Das Auftreten dieses Minimums ist, wie später festgestellt wird, eine Materialeigenschaft des Messings. Trotzdem dieser eigenartige Verschleiss - Temperaturverlauf den praktischen Erfahrungen widerspricht, wurden die Messingstifte für diese Versuche zunächst beibehalten, da die Wiederholbarkeit mit diesem Werkstoff sehr befriedigend war.

c) Prüfung verschiedener Schmierstoffe

In Bild 10 und 11 sind die Ergebnisse von Ölen zusammengestellt, die ihrer Viskosität nach zu den Flugmotorenölen gehören. Von diesen Schmierstoffen verhält sich besonders auffallend TZ 900/5 mit einem sehr hohen Verschleiss bei niedriger Temperatur und mit geringem Verschleiss bei hoher Temperatur. Sehr flachen Verlauf zeigen Aeroshell mittel und P 174. Rotring ergibt sowohl bei niedriger, als auch bei hoher Temperatur ziemlich hohen Abrieb, wobei das dazwischen liegende Minimum bei diesem Öl besonders stark ausgeprägt ist. Das synthetische Schmieröl SS 902 F 25 fällt durch besonders niedrigen Verschleiss bei hoher Temperatur auf.

Weitere Versuchsergebnisse sind auf Bild 12 dargestellt; es handelt sich dabei um Schmierstoffe mit der Viskosität von Autoölen. TZ 900/2 verhält sich dabei ganz ähnlich wie das oben genannte zähflüssigere TZ 900/5. Die Verschleisskurven der vorhin bereits genannten Öle LK 2200 und Essolub - Einfahröl sind hier in Abhängigkeit von der Temperatur dargestellt. Bei LK 2200 konnte nur bei niedriger Temperatur ein messbarer Verschleiss festgestellt werden, bei hoher Temperatur war kaum ein Abrieb zu beobachten. Sehr auffallend verhält sich Essolub-Einfahröl, das mit steigender Temperatur eine starke Zunahme des Verschleisses erkennen lässt. Ähnliche Ergebnisse konnten mit den beiden Estern E 515 und H 426 erzielt werden (Bild 13). Am Beispiel des Eismaschinenöls lässt sich erkennen, dass auch ein dünnes Öl bei hoher Temperatur nur sehr wenig Verschleiss verursachen kann. Rüböl ergibt gegenüber den Kohlenwasserstoffölen H 8 und Eismaschinenöl einen wesentlich geringeren Verschleiss besonders im Gebiet der niederen und mittleren Temperaturen.

d) Wirkung verschiedener Zusätze

Da Ölsäure in gewissen Konzentrationen im Gebiet der Grenz -
schmierung stark reibungsvermindernd wirkt, sollte dieser Zusatz auch hin-
sichtlich des Verschleisses geprüft werden. Wie Bild 14 zeigt, führt Ölsäure
sowohl in einer Menge von 2% als auch von 10% als Zusatz zu TZ 900/5 bei
niedrigen Temperaturen zu einer beträchtlichen Verschleissverringerung.
Ähnlich liegen die Verhältnisse auch bei Rotring (Bild 15). Interessant
sind auch die Versuche mit anoxydiertem Öl. Diese Behandlungsweise führte
gegenüber dem Ausgangsöl bei niedriger Temperatur zu einer Verringerung und
bei höherer Temperatur zu einer Erhöhung des Abriebs (Bild 16). Eine weitere
Erniedrigung des Verschleisses wurde durch einen Zusatz von 0,01% Schwefel
zum anoxydierten Öl erzielt. Die Wirkung verschiedener Zusatzmengen von
Schwefel zeigen besonders deutlich Bild 17 und 18. Bemerkenswert ist vor
allem die Tatsache, dass schon Mengen von 0,01% durch Verschleissmessungen
nachweisbar sind. Während bei tieferen Temperaturen eine Verringerung, wird
bei höheren Temperaturen eine Erhöhung des Verschleisses beobachtet. Mit
steigender Temperatur scheint es sich weniger um mechanische als vielmehr
um chemische Vorgänge zu handeln, die einen raschen Metallabtrag hervorrufen.
Im Gebiet der niedrigen Temperaturen lässt sich eine Zusatzmenge an Schwefel
angeben, bei der der Verschleiss ein Minimum erreicht.

Die bisher behandelten Versuche wurden alle mit Messingstiften
durchgeführt. Die Ergebnisse damit zeichnen sich durch gute Wiederholbarkeit
aus und sind durch das häufig auftretende Minimum bemerkenswert. Wie schon
in Bericht Nr.478 festgestellt wurde, ist die Lage dieses Minimums unter
anderem besonders von der Temperatur und im Zusammenhang damit von der Zähig-
keit abhängig. Je zähflüssiger der Schmierstoff, desto weiter rückt das
Minimum in den Bereich höherer Temperaturen. Es scheint, dass man hier zwei
Arten von Verschleissvorgängen unterscheiden muss. Das Minimum dürfte ein
Übergangsgebiet von der einen Verschleissform in die andere darstellen. Bei
niedriger Temperatur, wo der Verschleiss besonders hohe Werte annimmt, konnte
wiederholt an den Reibflächen festhaftender Messingabrieb beobachtet werden.
Es erfolgt also ein Metallauftrag, der zur Folge hat, dass nach verhältnis -

mässig kurzer Versuchsdauer gleiche Metalle aufeinander gleiten. Verschleiss unter solchen Verhältnissen dürfte aber mit der Erscheinung des Fressens in gewisser Beziehung stehen. Dadurch lässt sich der grosse Abrieb erklären. In diesem Zustand ergeben die Schmierstoffe z.T. beträchtliche Unterschiede. Zum Beispiel liegt Aeroshell mittel besser als Rotring (Bild 10). Ausserdem zeigt Ölsäure und besonders Schwefel eine verschleissverringende Wirkung (Bild 14-18). Es lassen sich hier also gewisse Beziehungen zu der Praxis aufstellen.

Bei höheren Temperaturen, wo die zweite Art des Verschleisses zur Geltung kommt, ist der Verschleiss beiderseitig; es erfolgt sowohl am Messingstift als auch am Stahlband ein Metallabtrag, wobei jedoch der Abrieb am Stahlband verschwindend gering ist. Man sollte nun annehmen, dass besonders der Verschleiss bei hohen Temperaturen dem praktischen Fall, z.B. dem Kolbenringverschleiss, am nächsten kommt. Leider konnte gerade unter diesen Verhältnissen keine Beziehung zur Praxis gefunden werden. Ein Vergleichsversuch zwischen Aeroshell mittel und Rotring bei 190°C ergibt z.B. eine Überlegenheit des Rotring, was jedoch der Erfahrung widerspricht.

Obwohl durch diese Verschleissversuche eine gute Unterscheidungsmöglichkeit der Schmierstoffe gegeben ist, ist die Beurteilung eines Öles hinsichtlich seines praktischen Verhaltens kaum möglich. Es wurde nun versucht, durch Verwendung anderer Werkstoffe hierin eine Verbesserung zu schaffen.

2.) Verschleiss verschiedener Werkstoffe

Bild 19 und 20 zeigen die Verschleissergebnisse mit Stiften aus Aluminium, Nidabronze und Weicheisen (aus Eisenkarbonyl gewonnen) im Vergleich mit Messingstiften. Während Karbonyleisen und Nidabronze sich annähernd gleich verhalten, gibt Aluminium einen mit der Temperatur ansteigenden Verschleiss, wobei aber Aeroshell ungünstiger liegt als Rotring, Eichöl. Ein ähnliches Ergebnis wurde mit Kolbenmaterial erzielt, das aus einem eingesmolzenen Flugmotorenkolben stammt, aber nicht vergütet wurde (Bild 21).

Bei Verwendung von Weicheisenstiften, die aus Schweissdraht hergestellt wurden, wurde Aeroshell besser bewertet als Rotring Eichöl (Bild 22). Nachteilig ist dabei der geringe Verschleiss, der eine lange Versuchsdauer notwendig macht, ferner die grössere Streuung. Ausserdem scheint auch hier ein Minimum aufzutreten. Versuche mit Stiften aus Gusseisen führten bisher zu keinem Erfolg, da der auftretende Verschleiss viel zu gering ist. Für die weiteren Versuche wurden Weicheisenstifte verwendet, die aus 6 mm starken Schweissdrähten hergestellt wurden.

3.) Einfluss der Rauigkeit der Gleitflächen

Von besonderem Interesse war der Einfluss der Rauigkeit. Da raue Flächen den Vorteil besitzen, in verhältnismässig kurzer Zeit einen messbaren Verschleiss zu erzeugen, wurden die Stahlbänder mit feinem Sand abgestrahlt. Zur Erzielung der notwendigen Gleichmässigkeit wurden 8 Bänder auf einer Trommel nebeneinander gespannt und dann unter beständigem Drehen abgestrahlt. Die so erhaltenen 8 Bänder besaßen praktisch gleiche Rauigkeit. Damit wurden die Versuche in derselben Weise wie bisher durchgeführt, lediglich die Versuchsdauer wurde auf 5 Minuten abgekürzt. Die Ergebnisse (Bild 23) sind sehr bemerkenswert. Aeroshell mittel und SS 902 FM 25 lassen einen höheren Verschleiss erkennen als Wehrmacht-Einheitsöl und Rotring Eichöl, obwohl man nach der praktischen Erfahrung das Gegenteil erwarten müsste. Zum Vergleich dazu wurden dieselben Öle mit dem gleichen Werkstoff, aber auf glatten Bändern bei einer Versuchsdauer von 20 Stunden geprüft. Wie man aus Bild 24 entnehmen kann, wurden auf diese Weise Ergebnisse erzielt, die den vorhergehenden widersprechen, die aber den Verhältnissen der Praxis näher kommen dürften. Man könnte vielleicht der Meinung sein, dass diese stark unterschiedliche Beurteilung der vier Schmierstoffe auf die Alterung der Öle zurückzuführen ist, da die Einwirkung höherer Temperatur in einen Fall entsprechend den 5 Versuchen 5 x 5 Minuten und im anderen 5 x 20 Stunden dauert. Wenn dies zuträfe, müsste das 5 x 20 Stunden lang im Betrieb befindliche Öl auch bei Verwendung abgestrahlter Bänder eine Reihenfolge nach Bild 24 ergeben. Tatsächlich stellen sich aber wieder die Verhältnisse nach

Bild 23 ein. Die zeitliche Veränderung des Öles ist also auf die hier beobachtete unterschiedliche Beurteilung ohne Einfluss. Man kann also annehmen, dass die verschiedene Rauigkeit und die verschieden lange Versuchsdauer die Ursache dieser Erscheinung sind.

4.) Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei der gewählten Versuchsanordnung ergeben Messingstifte auf gehärtetem und poliertem Stahl gut wiederholbare Verschleisswerte und lassen eine Unterscheidung der Schmierstoffe zu. Beziehungen dieser Versuchsergebnisse auf die Verhältnisse der Praxis sind jedoch kaum feststellbar. Messing, Weicheisen, Aluminium, Nidabronze, Kolbenmaterial sind in ihrem Verschleissverhalten merklich verschieden; durch Veränderung des Werkstoffes kann eine Verschiebung der Gütebeurteilung der Schmierstoffe eintreten. Sowohl die absolute Höhe des Abriebes als auch der Einfluss der Schmierstofftemperatur ist bei den geprüften Werkstoffen sehr unterschiedlich. Eine Erhöhung der Rauigkeit der Reibfläche bringt nicht nur eine Erhöhung des Abriebes, sondern führt auch zu einer anderen Bewertung der Schmierstoffe. Die starke Abhängigkeit des Verschleisses vom Werkstoff, von der Temperatur und von der Rauigkeit machen eine Beurteilung des Verschleissverhaltens von Schmierstoffen sehr schwierig. Wünschenswert wäre eine Untersuchungsmethode, die einen Schluss auf die Praxis, besonders auf den Verschleiss von Kolbenringen im Motor zulässt. Weicheisenstifte auf glattem Stahlband bei langer Versuchsdauer scheinen dem praktischen Fall am nächsten zu kommen. Wieweit dies zutrifft, muss jedoch noch näher untersucht werden. In vielen Fällen kann eine nähere Erklärung und Begründung der verschiedenen, hier aufgetretenen Erscheinungen nicht gegeben werden. Die Kenntnis der physikalischen und chemischen Eigenschaften, wie sie durch die üblichen Messmethoden zugänglich gemacht werden, genügt hierzu nicht. Es ist vielmehr erforderlich, das Verhalten von Schmierstoffen zu den Metallen näher zu erforschen, etwa durch Messung der Reibung bei Grenzschmierung, der Grenzflächenspannung, der Benetzungswärme, der Korrosion usw. Es fehlen ferner Angaben über die Festigkeit des Materials in den verschiedenen Abarten wie z.B. der Gleit- und Trennfestigkeit. Erst die Kenntnis dieser Schmierstoff- und Werkstoffeigenschaften kann in das Problem des Verschleisses weitere Aufklärung bringen.

Verschleißmaschine

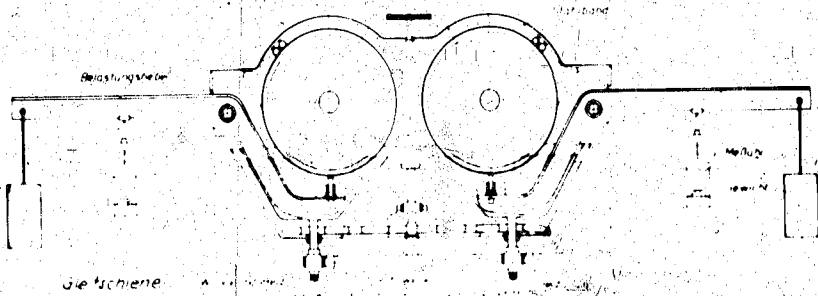


Bild 1 Schnitt durch das Gerät

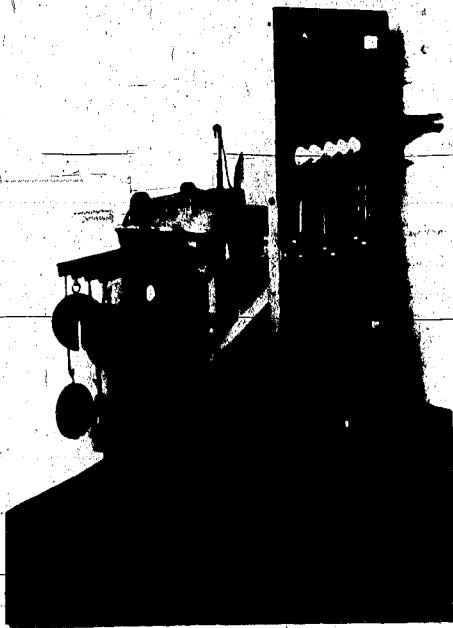


Bild 2 Vorderansicht

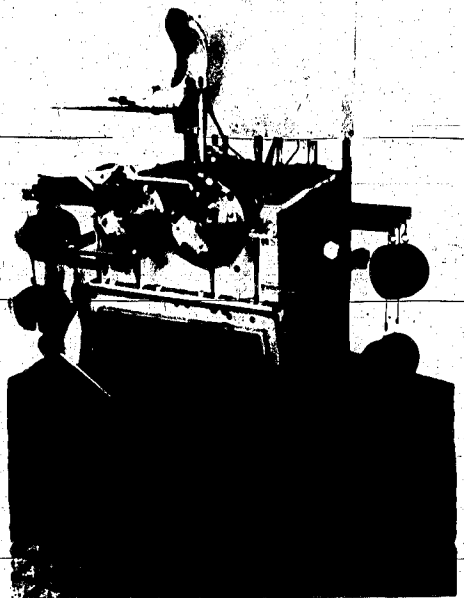


Bild 3 Rückansicht
mit abgenommenen Deckel

9254

Verschleiß in Abhängigkeit von der Zeit bei verschiedenen Temperaturen

spez. Flächendruck 57 kg/cm^2

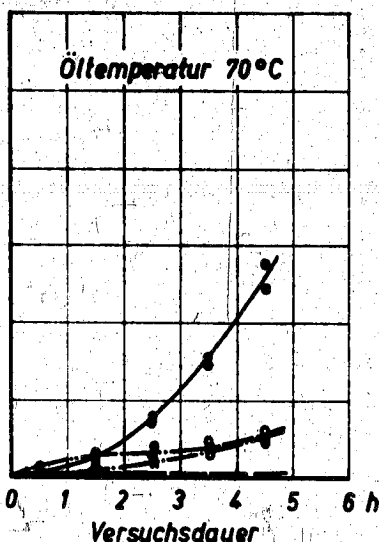
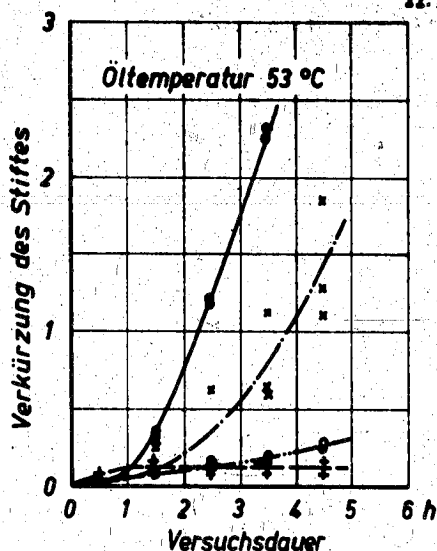
Material des Stiftes Messing

- — TZ 900/2 x — Rotring
- + — LK 2 200 o — Essolub-Einfahröl

mm Bild 4

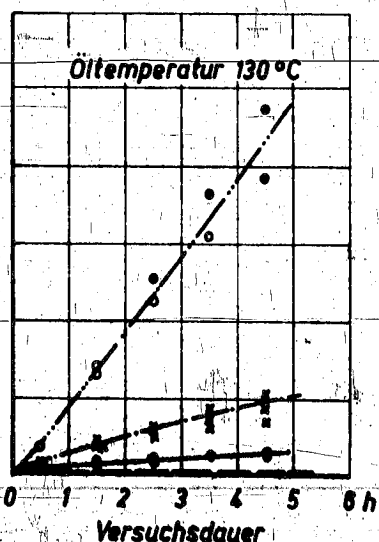
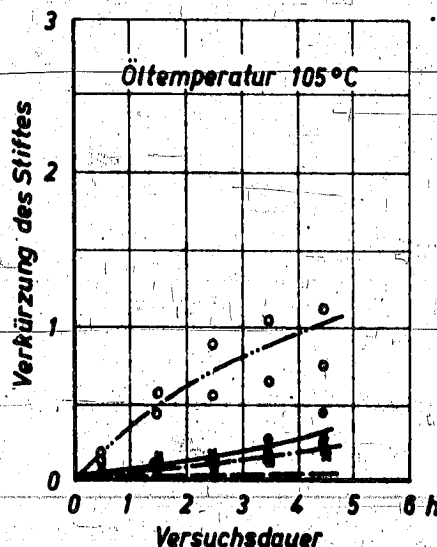
St. Bänder
II. Sorte

Bild 5



mm Bild 6

Bild 7



9252

Versuche in der Verschleißmaschine

Versuchsdauer..... 4 1/2 h

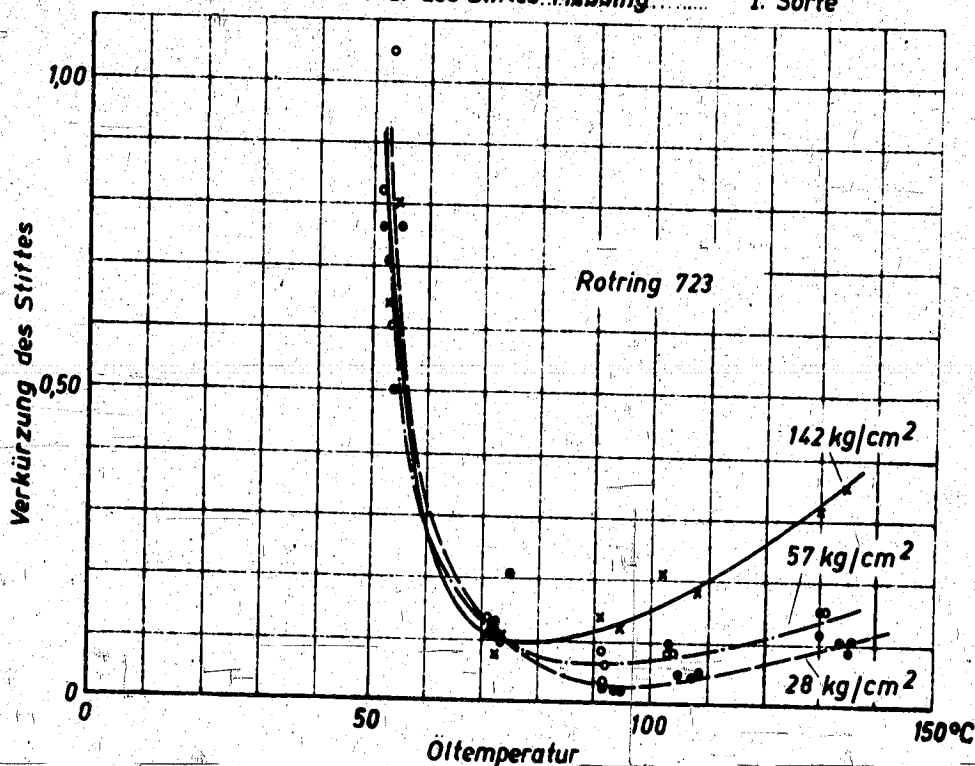
spez. Flächendruck versch. kg/cm^2

Material des Stiftes..Messing.....

St-Bänder

I. Sorte

mm Bild 8



Versuchsdauer..... 4 1/2 h

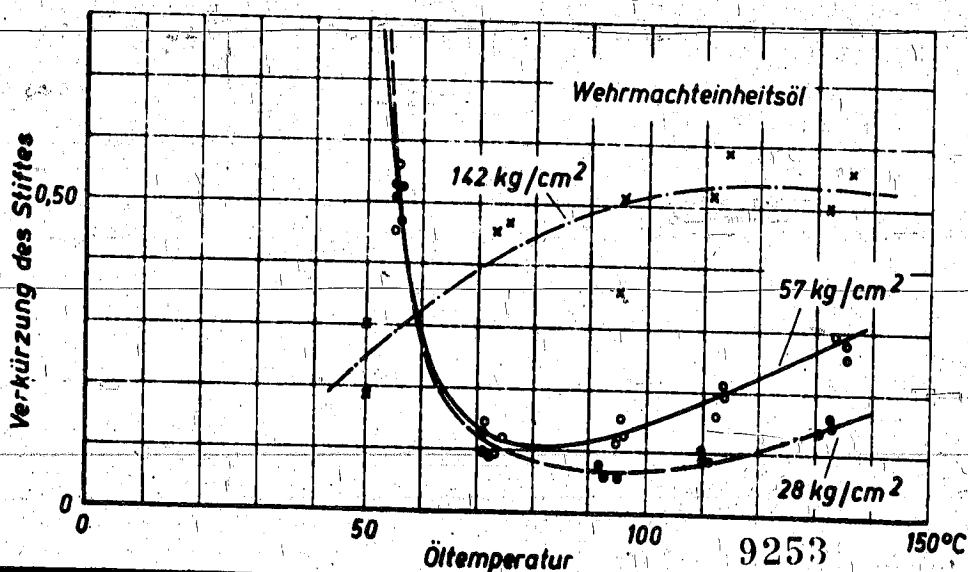
spez. Flächendruck versch. kg/cm^2

Material des Stiftes..Messing.....

St-Bänder

I. Sorte

mm Bild 9



Versuche in der Verschleißmaschine

Versuchsdauer..... 4 1/2 h

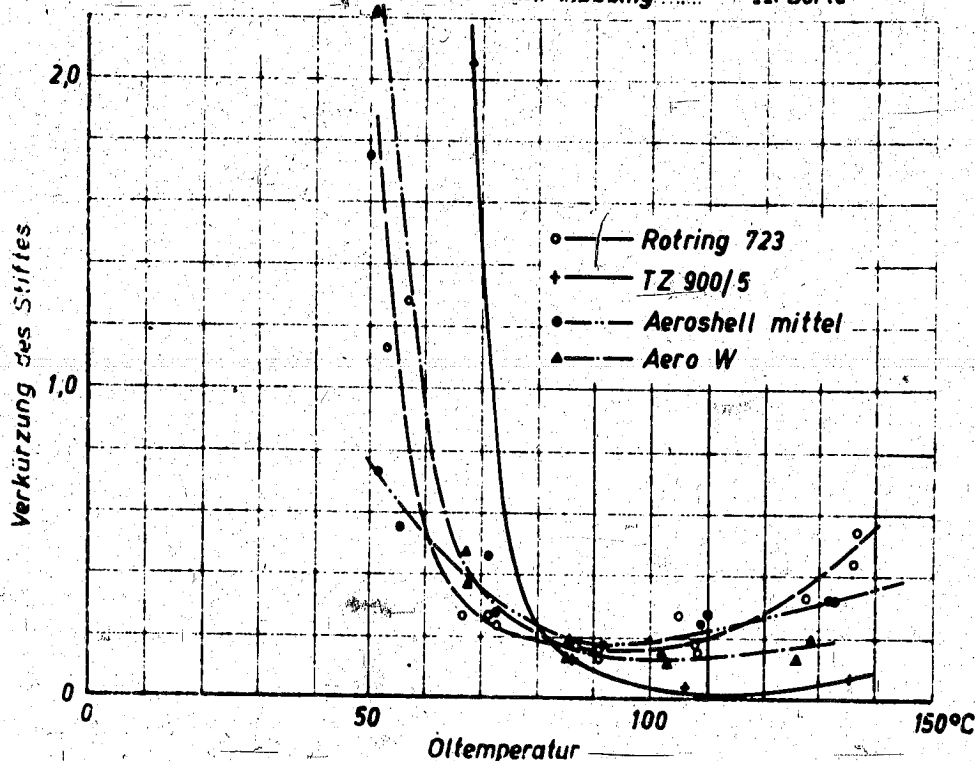
spez. Flächendruck..... 57. kg/cm²

Material des Stiftes..... Messing

St-Bänder

II. Sorte

mm Bild 10



Versuchsdauer..... 4 1/2 h

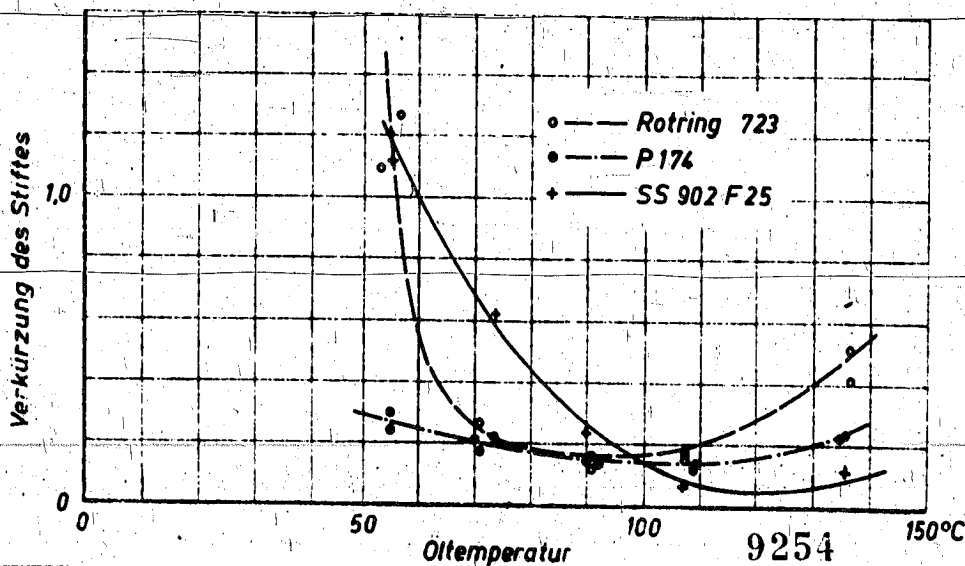
spez. Flächendruck..... 57. kg/cm²

Material des Stiftes..... Messing

St-Bänder

II. Sorte

mm Bild 11

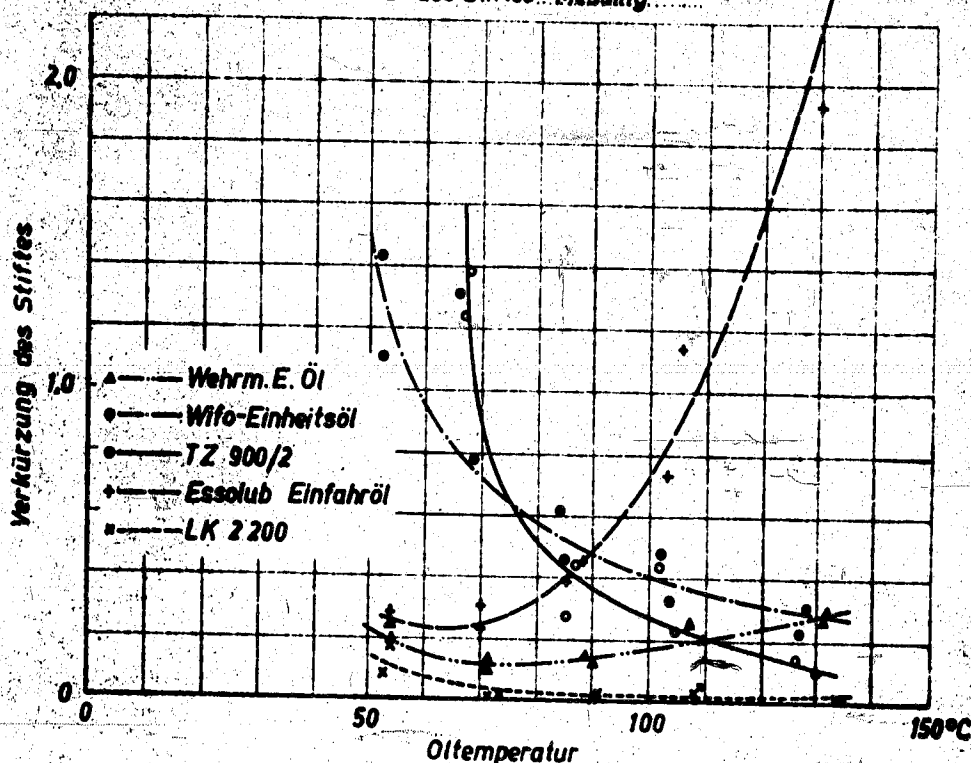


Versuche in der Verschleißmaschine

mm Bild 12

Versuchsdauer..... 4 1/2 h
spez. Flächendruck..... 57 kg/cm²
Material des Stiftes... Messing.....

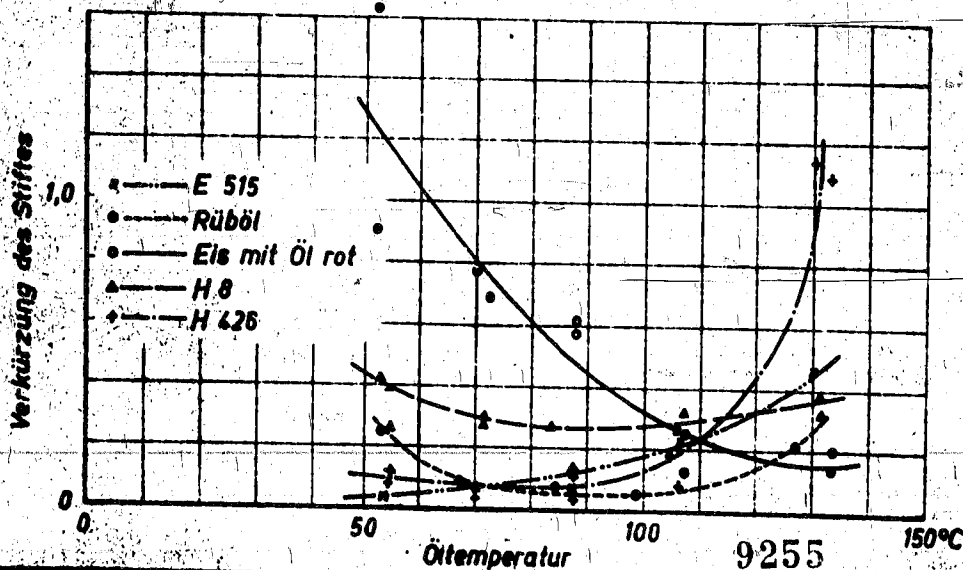
St-Bänder
II. Sorte



mm Bild 13

Versuchsdauer..... 4 1/2 h
spez. Flächendruck..... 57 kg/cm²
Material des Stiftes... Messing.....

St-Bänder
II. Sorte

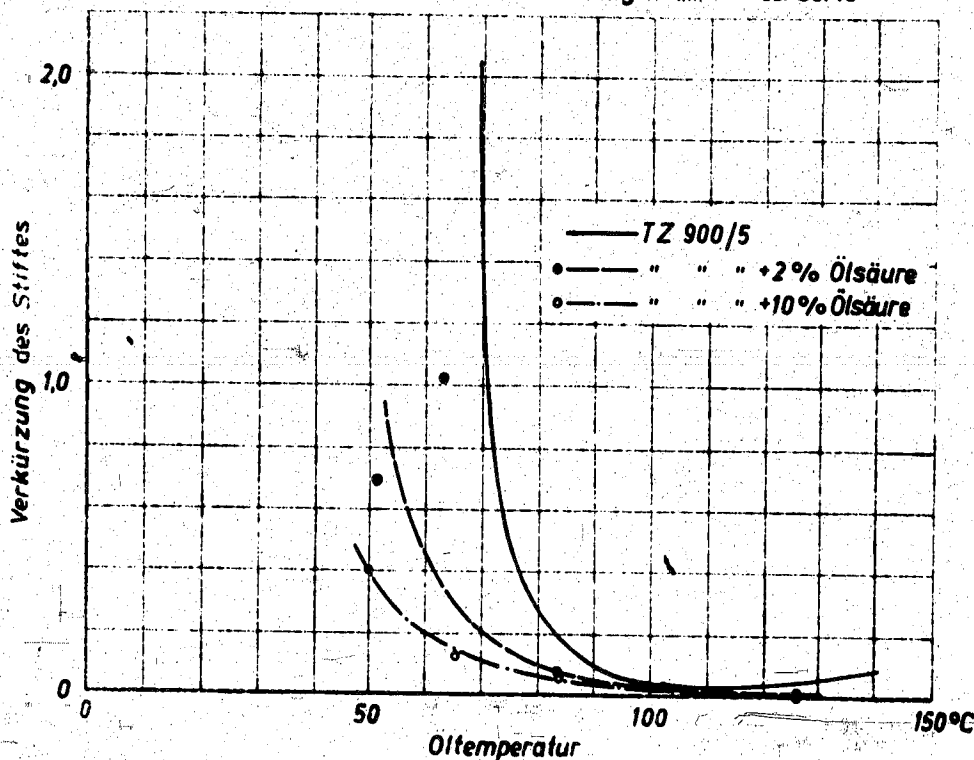


Versuche in der Verschleißmaschine

Versuchsdauer..... 4 1/2 h
spez. Flächendruck..... 57 kg/cm²
Material des Stiftes Messing

St-Bänder
II. Sorte

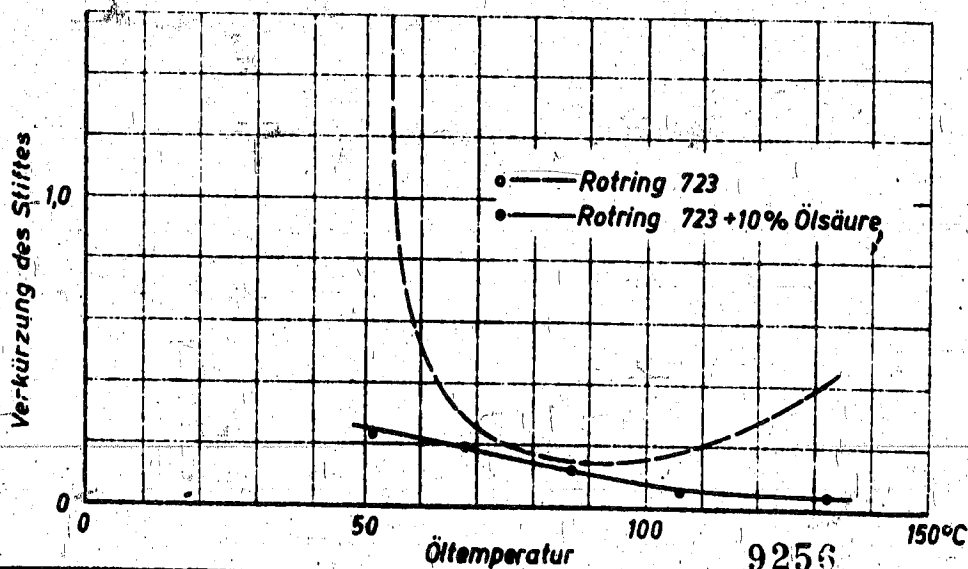
mm Bild 14



Versuchsdauer..... 4 1/2 h
spez. Flächendruck..... 57 kg/cm²
Material des Stiftes Messing

St-Bänder
II. Sorte

mm Bild 15



Versuche in der Verschleißmaschine

Versuchsdauer..... 4 1/2 h

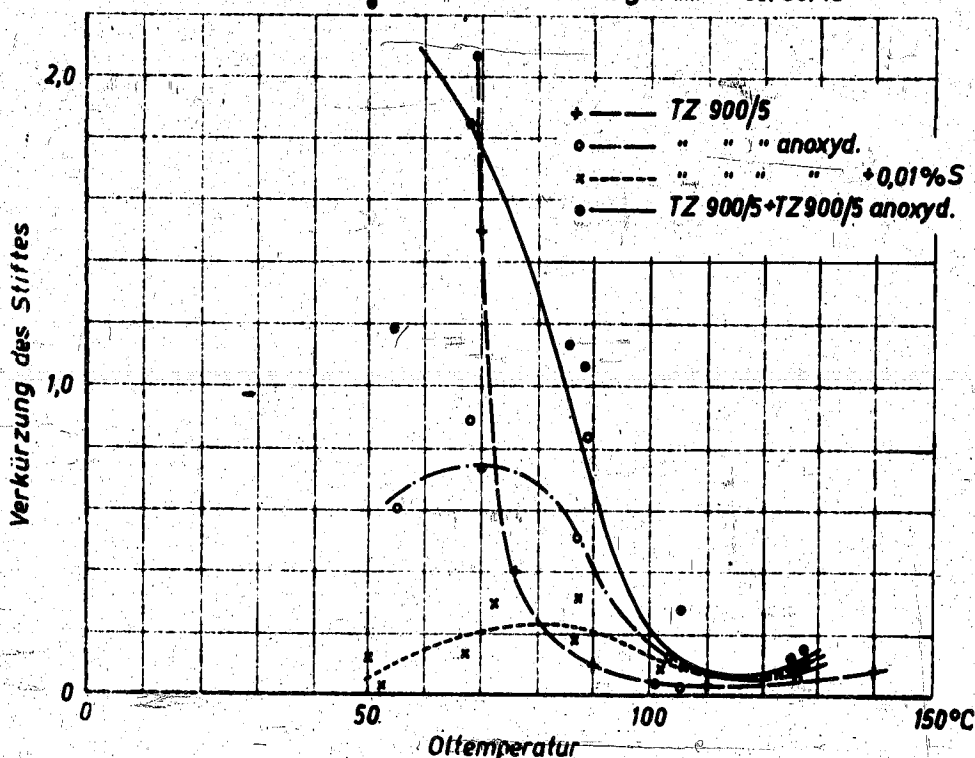
spez. Flächendruck..... 57 kg/cm²

St-Bänder

Material des Stiftes Messing.....

II. Sorte

mm Bild 16



Versuchsdauer..... 4 1/2 h

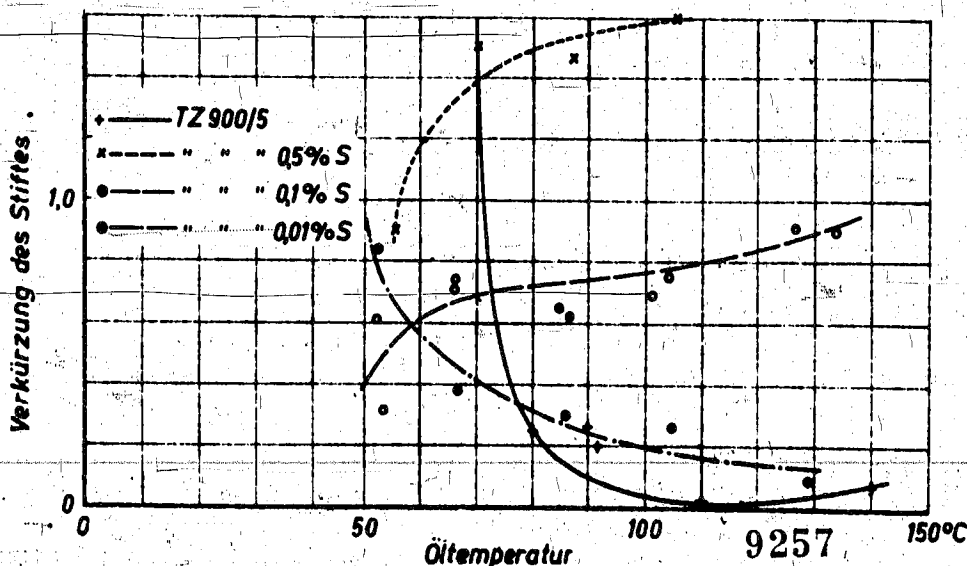
spez. Flächendruck..... 57 kg/cm²

St-Bänder

Material des Stiftes Messing.....

II. Sorte

mm Bild 17

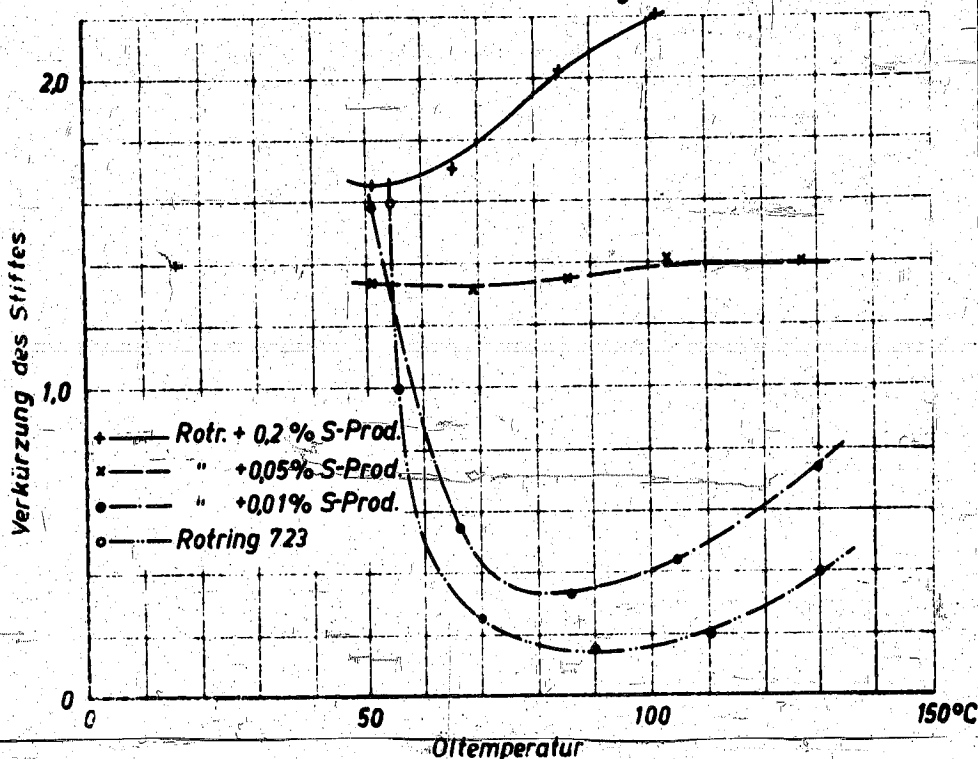


Versuche in der Verschleißmaschine

Versuchsdauer.....4 1/2 h
spez. Flächendruck 57 kg/cm²
Material des Stiftes Messing

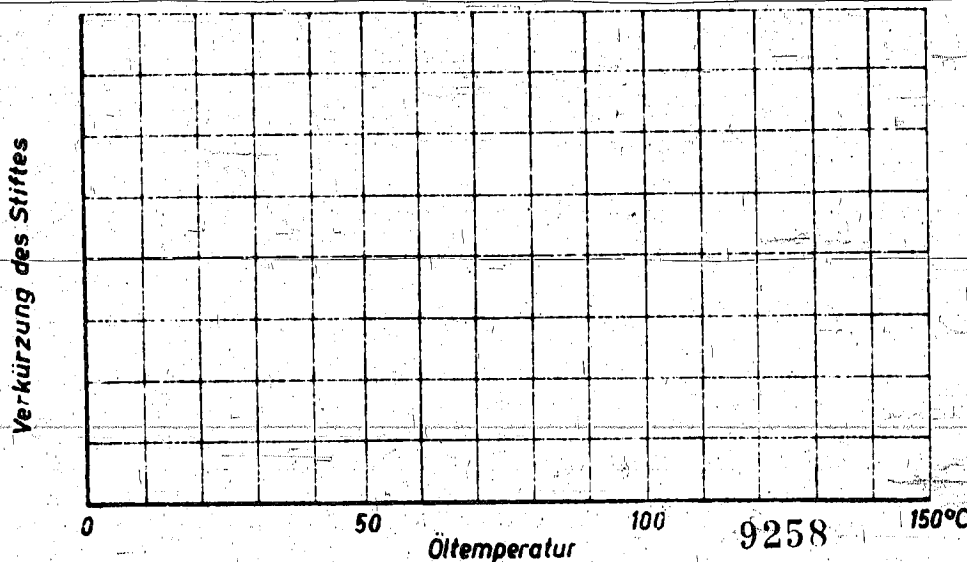
St-Bänder
II. Sorte

mm Bild 18



Versuchsdauer.....h
spez. Flächendruck.....kg/cm²
Material des Stiftes.....

mm Bild



Versuche in der Verschleißmaschine

Versuchsdauer.....4 1/2 h

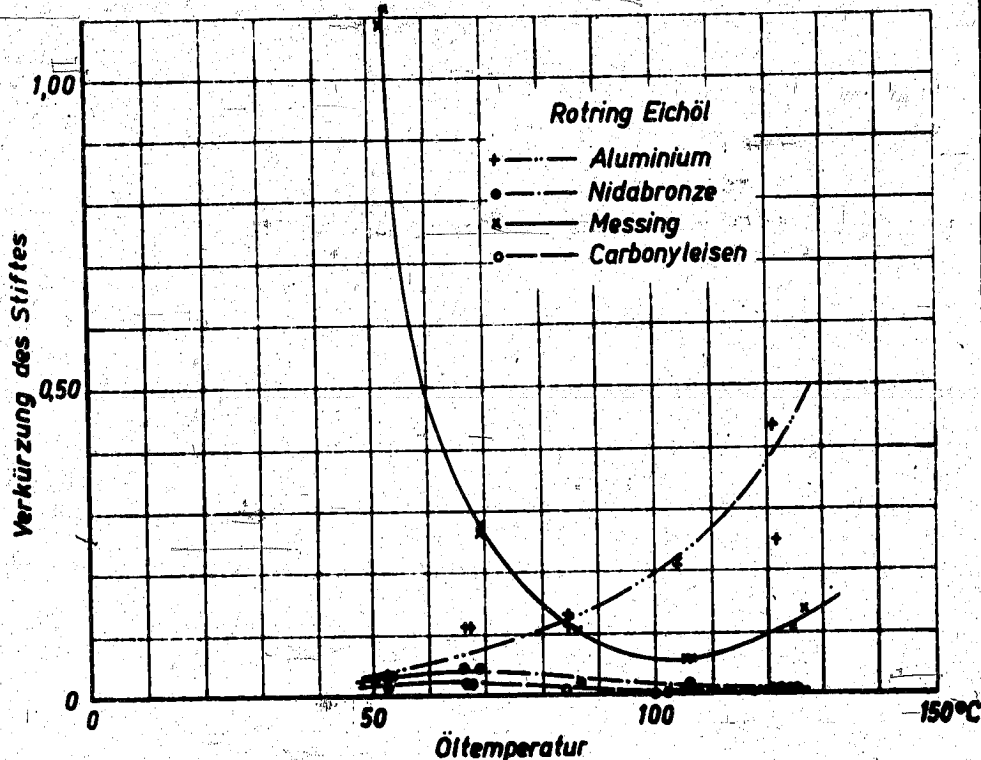
spez. Flächendruck.....57...kg/cm²

Material des Stiftes...verschieden...

St.-Bänder

I. Sorte

mm Bild 19



Versuchsdauer.....4 1/2 h

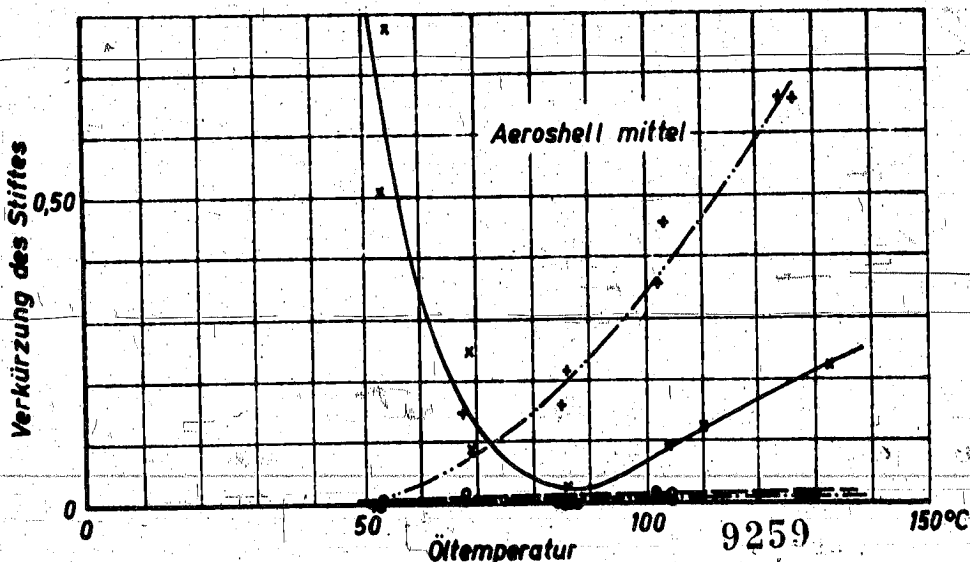
spez. Flächendruck.....57...kg/cm²

Material des Stiftes...verschieden...

St.-Bänder

I. Sorte

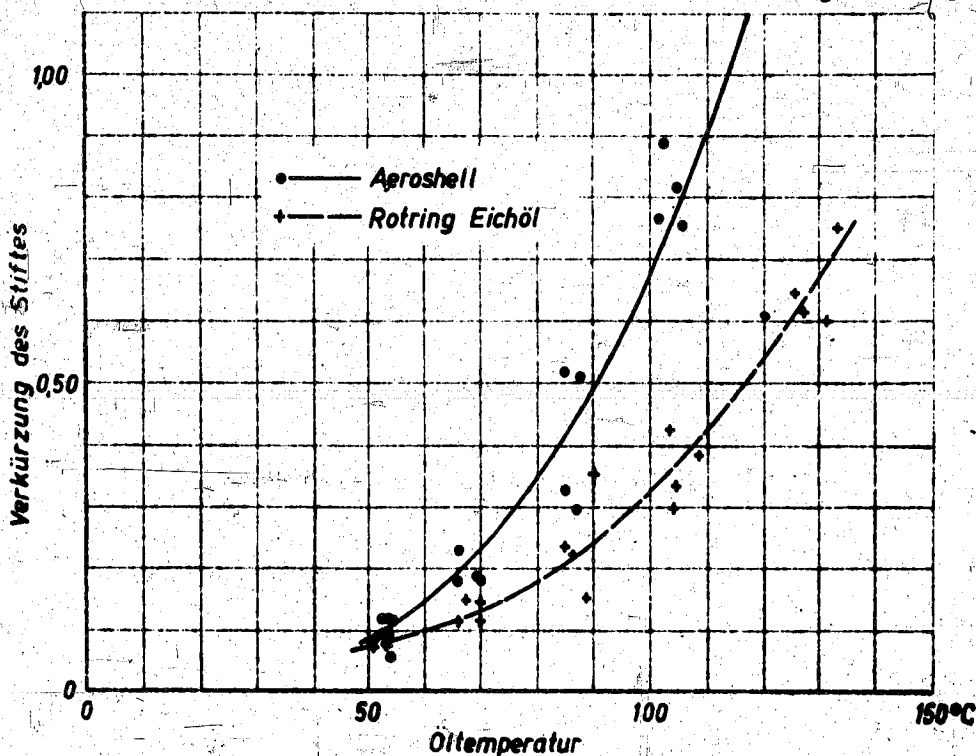
mm Bild 20



Versuche in der Verschleißmaschine

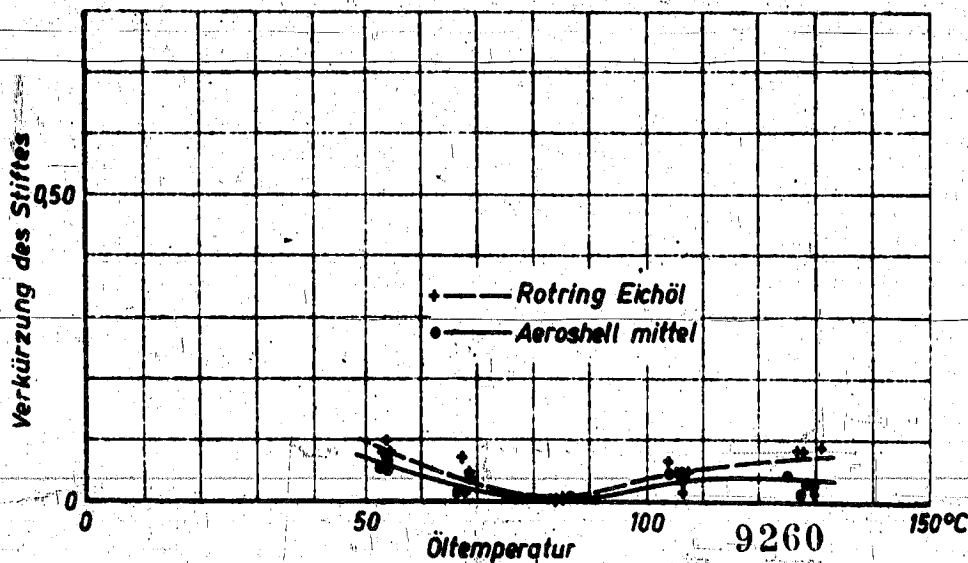
Versuchsdauer..... 4 1/2 h St-Bänder
spez. Flächendruck..... 142 kg/cm² I. Sorte
Material des Stiftes Kolbenmaterial nicht vergütet

mm Bild 21



Versuchsdauer..... 4 1/2 h St-Bänder
spez. Flächendruck..... 142 kg/cm² I. Sorte
Material des Stiftes. Weichisen. 3mm gezogen.

mm Bild 22



Versuche in der Verschleißmaschine

Versuchsdauer 5 min

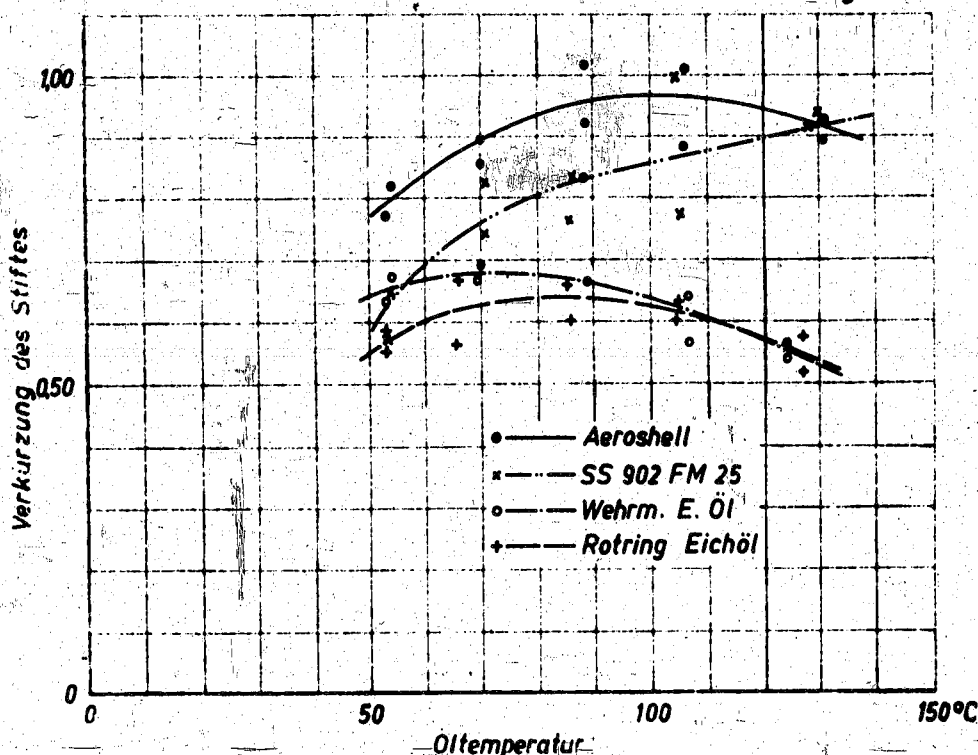
spez. Flächendruck 28 kg/cm²

St-Bänder

Material des Stiftes Weichisen

I. Sorte abgestrahlt

Bild 23



Versuchsdauer 20 h

spez. Flächendruck 57 kg/cm²

St-Bänder

Material des Stiftes Weichisen

I. Sorte glatt

Bild 24

