

Rechlin E3c
Expr. Nr. 2525

Einfluß des Motorenschmieröles auf den
Kaltstart von Flugmotoren.

Teilbericht 22
(29) 78
Blatt

45059:1/42 31. JULI 1942

Rechlin, den 29. Juni 1942

Zusammenfassung

Nach Vorversuchen, die noch durch weitere praktische Motorerprobungen zu bestätigen sind, können Flugmotorenöle so kältebeständig gestaltet werden, dass sie ohne Beimischung von Benzin bis etwa - 20°C verwendbar sind.

Bearbeiter:

gez. Dr. Baier
.....
.....
.....
.....

Gesehen: 24/77

W. Jansel
Hptm. und stellv.
E'Leiter

Verteiler :

- 1 x GL/A-M II B
- 1 x GL/A-M II C
- 1x GL/C-E 3 (Kellpflug)
- 1x DVL, Institut für Betriebsstoff-Forschung
- 1 x E'Stelle Travemünde, E3L
- 1 x Ammoniakwerk Merseburg (Dr. Zorn)
- 1 x I.G. Farbenindustrie, Ludwigshafen (Prof. Wilke)
- 1 x Intava, Hamburg
- 1 x Ruhrchemie, Oberhausen-Holten (DR. Schaub)
- 1 x E 3
- 1 x E 3 a I (Schmachtenberg)
- 1 x E 3 c
- 2 x Reserve
- 1 x E 3 e

Dieser Bericht enthält 24 Blätter

Bearbeitet :	Geprüft :	Gelesen :	Gelesen :
E3c4: Dr. Baier/Sachs E3c6: Hesse	E3c: <i>Dr. Jansel</i>	E3al: <i>Schmachtenberg</i>	<i>[Signature]</i>
E3e2: Stange	E3e: <i>Schmachtenberg</i>	E3: <i>Wier</i>	J: <i>Ma...</i>
Gruppe	Bearbeiter	Tag	

A u f g a b e

Es sind die versuchstechnischen Beurteilungsgrundlagen für die Weiterentwicklung von Flugmotorenölen mit besseren Kälteeigenschaften aufzustellen.

E r g e b n i s

Es wurden eine Reihe kältebeständiger Schmieröle bei Temperaturen von 0° bis -40°C hinsichtlich

- 1.) Widerstand beim Anwerfen
- 2.) Förderfähigkeit durch die Ölpumpe

geprüft und mit dem derzeitigen Beschaffungsöl Rotring bzw. der beim "Kaltstartverfahren" verwendeten Benzin-Öl-Mischung verglichen. Als wichtigstes allgemeines Versuchsergebnis wurde festgestellt, dass die Startfähigkeit eines Motorenöles in der Kälte wenigstens roh von seiner (extrapolierten) Zähigkeit abhängt, dass der Stockpunkt (nach Richtlinien) aber ganz irreführend sein kann. Die höchstzulässige Viskosität liegt bei etwa 500 - 1200 Englergrad; d.h. unterhalb von Temperaturen, bei denen die Zähflüssigkeit des verwendeten Öles größer ist, dürfen Flugmotoren ohne Gefährdung nicht angelassen werden.

Mit den bisher entwickelten kältebeständigeren Flugmotorenölen, die z.T. noch in anderer Hinsicht verbesserungsbedürftig sind, lassen sich nach den durchgeführten Vorversuchen, die selbstverständlich noch durch praktische Flugmotorenversuche bestätigt werden müssen, vergleichsweise folgende Start-Temperaturen ohne Benzinausatz erreichen:

Rotring	etwa	0 bis -5°C
SS 2009 (Ruhchemie)	"	-14°C
L 15092 (Intava)	"	-17°C
SS 902-F 25 s (J.G.)	"	-19°C
SS 2010 (Ruhchemie)	"	-21°C

20/80 % B4/Rotring (Kaltstartmischung) etwa -40°C

L 15 092 ist wahrscheinlich bei höherer Temperatur zu dünnflüssig, SS 902 F 25 s dichte durch den Gebrauch noch zu stark ein, wird aber verbessert werden können.

D u r c h f ü h r u n g

In die Untersuchungen wurden folgende Schmierstoffe einbezogen:

Nr.	Schmieröl	Hersteller	Viskosität Englergrad		Visk. Index	Stockpunkt °C
			50 °C	100 °C		
1	Rotring M 45	Intava	18.1	3.06	108	- 25
2	SS 2009	Ruhrchemie	16.1	3.14	122	- 43
3	L 15092	Intava	6.77	1.80	91	-18
4	SS 902 F 25	J.G. Farben	9.22	2.25	125	-38
5	SS 902 F 25 (gebraucht aus 323 P)	"	14.8	3.02	125	-
6	SS 902 F 25	"	8.38	2.08	116	-42
7	SS 2010	Ruhrchemie	9.11	2.18	116	-44
8	50 Vol% Rotring M 45 + 50 Vol% Spindelöl grün	-	4.89	1.65	-	-47
9	ca. 81 Vol% Rotring M 45 + 19 Vol% Kraftstoff B 4	-	3.24	-	-	-52

Rotring M 45 (SS 970 r) ist das heute hauptsächlich verwendete halbsynthetische Beschaffungsöl. SS 2009 ist ein rein synthetisches Entwicklungsöl von etwa derselben Viskositätslage. Die Öle Nr. 3 - 7 sind wesentlich dünnflüssigere Entwicklungs-Schmierstoffe. Öl Nr. 8 ist eine in Rechlin hergestellte Versuchsmischung aus 2 Beschaffungstoffen. Öl Nr. 9 entspricht der in der Luftwaffe üblichen Kaltstartmischung, bei der man dem normalen Flugmotorenöl 15 - 20 % Otto-Kraftstoff B 4 zusetzt. Tafel 1 und 2 enthalten die bei der üblichen logarithmischen Darstellung als Gradon erscheinenden Viskositätskurven, in Abhängigkeit von der Temperatur. Die Extrapolation dieser Gradon ins tiefere Temperaturgebiet hinein bis zum Stockpunkt (vergl. gestrichelte Linien in Tafel 1) ergibt zwar nicht

ganz richtige Viskositätswerte; in Wirklichkeit liegen diese vom Trübungspunkt (Paraffinausfall) eines Öles ab höher, als der Graden entspricht. Da exakte Viskositätsbestimmungen bei tiefen Temperaturen aber sehr schwierig durchzuführen sind und hier nur ein einigermaßen richtiger technischer Vergleichsmaßstab gesucht wird, erscheint die Extrapolation statthaft. Außerdem ist, wie die nachfolgenden Untersuchungen zeigen werden, die Viskosität sowieso nur ein roher Maßstab für das praktische Kälteverhalten der Öle im Motor.

Die Schwierigkeiten, die hinsichtlich des Motorenöles beim Kaltstart von Flugmotoren auftreten, sind im wesentlichen durch die folgenden 2 Punkte gekennzeichnet:

- 1.) Die Widerstände, die das in der Kälte zäher gewordene Schmieröl an den geschmierten Flächen verursacht, dürfen nicht so groß sein, dass beim Anlassen nicht mehr die zum Anspringen notwendige Mindestdrehzahl erreicht wird oder der Motor sich an der Schraube sogar nicht mehr durchdrehen lässt.
- 2.) Das Schmieröl muss noch so dünnflüssig sein, dass die Ölpumpe kurze Zeit nach dem Anspringen alle Schmierstellen ausreichend mit neuem Öl versorgen kann. Sind die Ölleitungen dagegen mit festgewordenem Schmieröl verstopft, so können nach kurzer Betriebszeit Kolbenfresser usw. infolge Ölmangels auftreten.

1.) Anlasswiderstände.

Zur Messung der durch das kalte Öl verursachten Anlasswiderstände wurde ein vom Techn. Prüfstand der I.G. Farbenindustrie, Oppau, entwickelter Kältekasten verwendet (siehe Tafel 3), in dem die Kälte durch Verdampfen fester Kohlenäure erzeugt wird. In der Kältekammer befindet sich ein Gleitlager, das mit dem zu prüfenden Öl eingesetzt wird. Ist die Mess-temperatur erreicht, und eine Zeit lang konstant gehalten worden, so wird der Lagerzapfen ruckartig mit einem Elektromotor gekuppelt. Der lose auf dem Zapfen sitzende Lagerring wird nun durch die Haftfestigkeit des Öles mitgenommen. Das dadurch entstehende Drehmoment am Lagerring wird auf einen Indikator übertragen, dessen Ausschlag auf einer sich drehenden Schreibtrommel aufgezeichnet wird. Der Indikatorausschlag ergibt darunter Berücksichtigung des Federzugstabes des Indikators die Haftfestigkeit des Öles in kg, bezogen auf 1 cm^2 der Lagerfläche. Als Beispiel sind in Tafel 4

die Diagramme einer Versuchsreihe mit Rotring M 45 wiedergegeben. Unter Haftfestigkeit im besonderen wird bei den nachfolgenden Untersuchungen der bei einer bestimmten Temperatur erreichte Maximalwert verstanden.

Um die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der Messwerte zu gewährleisten, wurden mit Rotring M 45 erst einige Vorversuche durchgeführt (siehe Tafel 5). Wenn man das Lager nur einmal einölt und damit Versuche bei verschiedenen Temperaturen durchführt (Versuchsreihe A), ergeben sich für die Haftfestigkeit niedrigere Werte, als wenn man das Lager vor jedem einzelnen Versuch frisch einölt (Versuchsreihe B). Um die ungünstigsten Werte zu erhalten, wurde bei den Vergleichsversuchen mit den verschiedenen Schmierölen das Lager stets frisch eingölt. Ferner wurde nach Erreichen der Messtemperatur immer noch eine Stunde bis zur Durchführung des Versuches gewartet, weil erst dann ein Beharrungszustand erreicht ist.

Tafel 6 enthält die Versuchsergebnisse für die Kaltstartmischung Motorenöl + Benzin. Die Versuchspunkte streuten ziemlich stark, was wahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, dass trotz der tiefen Temperaturen stets mehr oder weniger Benzin aus dem Ölfilm verdampfte, dieser also in unkontrollierbarer Weise in seiner Zusammensetzung etwas schwankte. Bei den übrigen Versuchsölen, die keine leichter verdampfenden Bestandteile enthalten, ergaben sich für die einzelnen Versuchspunkte nur sehr geringe Abweichungen von den durchgelegten Kurven (vergl. Tafel 5 und 7).

In Tafel 8 sind sämtliche Versuchsergebnisse zusammengestellt. Am schlechtesten verhält sich, wie zu erwarten war, das Rotring. Wesentlich besser ist schon das SS 2009, obwohl es bei höheren Temperaturen, also im betriebswarmen Motor sogar noch zähflüssiger ist als Rotring. SS 2009 entspricht fast dem L 15 092, obwohl letzteres wesentlich dünnflüssiger ist. Die Kaltstartmischung verhält sich zwar besser als Rotring, wird aber überraschender Weise von den Ölen SS 902 F 25, SS 2010 und der Rotring - Spindelölmischung noch übertroffen.

Es wurde nun weiter untersucht, ob zwischen der (extrapolierten) Viskosität ohne Rücksicht auf die Ölart und der Haftfestigkeit ein Zusammenhang besteht (siehe Tafel 9). Das ist, wenn auch nur ganz roh der Fall. Wenn man z.B. die Viskositäten, die zu einer Haftfestigkeit = 4 kg/cm^2 gehören, vergleicht, so darf diese bei L 15 092 nur ca. 12.000 Englergrad bei SS 2010 aber 23.500 Englergrad betragen. D.h. das letztere Öl kann

Rechlin B 3 c
Erpr.Nr. 2525

Einfluß des Motorenschmieröles auf den
Kaltstart von Flugmotoren.

Teilbericht 22

Blatt 6

zur Erzielung derselben Haftfestigkeit in der Kälte wesentlich zähflüssiger sein, was der Viskosität bei höherer Temperatur zugute kommt. Aber immerhin lassen sich alle untersuchten Öle hinsichtlich ihres Haftfestigkeits-Viskositäts-Verhaltens annähernd zusammenfassen. D.h. die Lage der (extrapolierten) Viskositäts-Temperatur-Graden bei tiefen Temperaturen ist wenigstens ungefähr ein Maßstab für die zu erwartende Haftfestigkeit. Dabei spielt der Stockpunkt (nach Richtlinien) gar keine Rolle, wie das Beispiel von L 15092 zeigt, das einen Stockpunkt von nur -18°C besitzt. Dieses Öl wurde bis zu -35°C geprüft und die Viskositätskurve bis zu -35°C extrapoliert, ohne dass sich in der Gegend des Stockpunktes eine Unstetigkeit zeigte.

Ganz aus der Beziehung zwischen Haftfestigkeit und Viskosität heraus aber fällt die Kaltstarteinrichtung. Von dieser hätte man nach ihrer niedrigen Viskositätslage die weitaus geringste Haftfestigkeit erwarten müssen (etwa $0,2 \text{ kg/cm}^2$ bei -37°C). Die gemessene viel höhere Haftfestigkeit läßt sich nur dadurch erklären, dass der größte Teil des Benzins bei Durchführung der Versuche aus dem Ölfilm heraus verdampft war. Zu bemerken ist dazu, dass zwischen dem Aufbringen des Öles auf die Lagerfläche (bei $+3^{\circ}\text{C}$) und der Durchführung des Versuches etwa $2\frac{1}{2} - 3$ Stunden lagen. Es können sich also, je nach dem wieviel Benzin aus dem Ölfilm bereits verdampft ist, die verschiedensten Durchdrehwiderstände einstellen. Beim praktischen Kaltstartverfahren liegen die Verhältnisse vielleicht deshalb etwas günstiger als bei den vorstehenden Versuchen im J.G.-Kältekasten, weil nach den ersten Motorumdrehungen sofort verdünntes Schmieröl zu den Schmierstellen nachgeführt wird.

2.) Förderung des Schmieröles.

Messungen über die Förderungsfähigkeit von Schmierölen in der Kälte wurden mit der in Tafel 10 schematisch dargestellten Versuchseinrichtung, die in einer großen Kältekammer mit guter Temperaturkonstanz aufgebaut war, durchgeführt. Die Druckölpumpe eines Juno 211-Motors wurde durch einen 20 PS-Gleichstrommotor angetrieben. Die Pumpe war an ein Schmierstoff-Filter-Gehäuse angebaut und saugte das Öl durch das Spaltfilter hindurch an.

Der Widerstand in der Druckleitung wurde künstlich durch ^{das} Druckeinstellventil hergestellt. Dieses wurde soweit geschlossen, dass sich bei einer

Reclin E 3 c
Erpr.Nr. 2525

Einfluss des Motorenschmieröles auf den Kaltstart von Flugmotoren.

Teilbericht 22

Blatt 7

Pumpendrehzahl von 2300 Upm ein Druck von 4 atü und eine Fördermenge von rd. 1000 kg/Std. bei einer Temperatur des Schmierstoffes Rotring von 70°C einstellten. Eine Nachprüfung am Schluß der Versuche ergab, dass sich an dieser willkürlich gewählten Grundeinstellung praktisch nichts geändert hatte.

Die verschiedenen Meßwerte und Meßstellen ergeben sich ohne weitere Erläuterungen aus Tafel 10. Die Versuche wurden bei niedriger Leerlaufdrehzahl des Motors = rd. 460 Upm (Drehzahl der Pumpe = 690 Upm) durchgeführt. Es wurde besonders darauf geachtet, dass bei Versuchsbeginn ein möglichst weitgehender Temperaturengleich stattgefunden hatte, d.h. dass Raumtemperatur, Öltemperatur im Vorratsbehälter, in der Saugleitung und Druckleitung praktisch gleich waren.

Die Menge des geförderten Öles wurde zuerst mit einer Waage bestimmt. Dies arbeitete bei tiefen Temperaturen aber so unzuverlässig, dass auf eine zwar primitive, aber unbedingt zuverlässige Methode übergegangen wurde. Und zwar ließ man das Öl über je 1 Minute in ein anderes, vorher abgewogenes Gefäß laufen.

Jeder Versuch dauerte 5 Minuten; Ablesungen wurden nach jeder halben Minute gemacht. Ein Beispiel zeigt Tafel 11. Als Hauptmesswert wurde die stündliche Fördermenge, die sich nach der 5. Minute einstellte, ermittelt. Dann war stets mit Sicherheit ausreichende Konstanz der Öl-erwärmung in der Pumpe, der Drücke und Antriebsleistung vorhanden, so dass man vergleichbare Werte erhielt.

Nach dem Einschalten des Elektromotors vergingen immer einige Sekunden, ehe das erste Öl aus der Druckleitung austrat. Dieser Verzug im Ölförderungsbeginn war im allgemeinen um so länger, je zäher das Öl war.

Ebenso stieg die Temperaturerhöhung in der Pumpe mit der Ölviskosität.

In Tafel 12 sind die Versuchsergebnisse zusammengestellt, aus denen hervorgeht, wie die relative Förderfähigkeit der untersuchten Öle mit der Temperatur abnimmt. Hierbei ist die Kaltstartmischung allen anderen Ölen weit überlegen.

Wenn man die Fördermenge als Funktion der Viskosität aufträgt (vergl. Tafel 13), so erkennt man dieses Mal einen wenn auch wieder nur losen, so doch zweifellos allgemein gültigen Zusammenhang zwischen diesen beiden Größen, dem sich auch das Kaltstartgemisch einordnet. D.h. hin-

Gruppe	Bearbeiter	Tag		
--------	------------	-----	--	--

Rechlin E 3 c
Erpr.Nr. 2525

Einfluß des Motorschmieröles auf den
Kaltstart von Flugmotoren.

Teilbericht 22

Blatt 8

sichtlich der Förderfähigkeit wirkt sich die Verdünnung des Öles durch Benzin und die dadurch erzielte Zähigkeitsverminderung annähernd voll aus, weil bei tiefen Temperaturen der größte Teil des Benzins längere Zeit im Öl verbleibt, solange dieses sich noch im Tank und in den Leitungen befindet.

Zur praktischen Auswertung der in Tafel 12 und 13 wiedergegebenen Versuchsergebnisse wurden nun folgende Überlegungen angestellt:

Nach den von Rechlin E 3 a durchgeführten Flugmotoren-Versuchen reicht ein Benzinzusatz zum Öl von etwa 20 % für Kaltstart bis zu -40°C aus.

Andererseits muß man erfahrungsgemäß bei Rotring-Öl mit dem Benzinzusatz ab etwa $+5^{\circ}\text{C}$ beginnen. Es entsprechen also 20 % Benzinzusatz einer Temperaturspanne von 45°C , oder 1 % Benzinzusatz ergibt eine Herabsetzung der niedrigsten Starttemperatur um $2,2^{\circ}\text{C}$.

Mit der hier verwendeten Benzinbeimischung von knapp 19 % erreicht man demnach eine Starttemperatur von ca. -37°C . Dabei beträgt nach Tafel 12 die geförderte Ölmenge rd. 200 kg/Std. (Dieser Wert besitzt natürlich keine absolute Bedeutung, sondern wird hier nur als Vergleichszahl benutzt).

Eine Fördermenge von 200 kg/Std. muß also mindestens vorhanden sein, um eine ausreichende Belieferung der Schmierstellen mit Öl zu gewährleisten.

Nach Tafel 12 ergeben sich damit für die verschiedenen untersuchten Öle etwa folgende kritischen Temperaturen, bis zu denen sie ohne Benzinzusatz verwendbar sind:

Für Rotring M 45	$-0,5^{\circ}\text{C}$
" SS 902 F 25 (gebraucht)	$-12,5^{\circ}\text{C}$
" SS 2009	-14°C
" L 15092	-17°C
" SS 902 F 25	$-17,5^{\circ}\text{C}$
" SS 902 F 25 a	$-19,5^{\circ}\text{C}$
" SS 2010	-21°C
" 50/50 % Rotring/Spindelöl grün	-24°C
" 81/19 % Rotring/B 4	-37°C

Die kritische Temperatur für Rotring M 45 liegt um etwa 5°C niedriger als oben angegeben wurde, eine Übereinstimmung, die praktisch durchaus befriedigend ist. Außerdem ist dabei noch zu berücksichtigen, dass sich is

Rechlin E 3 &
Erpr.Nr. 2525

Einfluß des Motorschmieröles auf den
Kaltstart von Flugmotoren.

Teilbericht 22

Blatt 9

oben angegebene Temperaturgrenze von $+5^{\circ}\text{C}$ für den Einsatz der Kaltstartmaßnahmen auf das früher verwendete Rotring D, also ein Öl natürlicher Herkunft mit etwas niedrigerem Viskositätsindex und etwas schlechterem Kälteverhalten bezieht, so dass Rotring M 45 tatsächlich um einige $^{\circ}\text{C}$ günstiger liegen muß.

Sehr gut verhält sich wieder SS 2009, das trotz seiner dem Rotring M 45 entsprechenden hohen Viskositätslage letzterem um etwa 14°C im Kälteverhalten überlegen ist.

Ein nicht viel besseres Kälteverhalten besitzt das Öl L 15092, obwohl es bei höheren Temperaturen für Flugmotoren wahrscheinlich schon zu dünnflüssig ist. Außerdem nimmt die Fördermenge mit der Temperatur rascher ab als bei den übrigen Ölen, eine Erscheinung, die sich mit dem niedrigen Viskositätsindex und der steiler verlaufenden Viskositätsgeraden (siehe Tafel 1) deckt.

Es folgen die Öle SS 902 F 25 und SS 902 F 25 s, zwei Schmierstoffe praktisch gleichen Aufbaus mit einem kleinen Viskositätsunterschied. Ihre Viskosität von über 2 Englergrad/ 100°C dürfte auch noch für höhere Motortemperaturen genügen. Nur haben diese Öle noch die unangenehme Eigenschaft, durch den Gebrauch im Motor stark einzudicken (vergl. Tafel 2). Damit wird ihr Wert als Kaltstartöl stark beeinträchtigt. Bei den neueren Entwicklungsstufen dieser Ölart scheint es aber gelungen zu sein, die Eindickung wirksam zu behindern.

Koch etwas besser ist kältemäßig das Öl SS 2010. Es befriedigt nach den bisherigen, allerdings nur wenigen Versuchen in Vollmotoren auch hinsichtlich Eindickung und Viskosität bei hohen Temperaturen.

Die Mischung 50/50 % Rotring/Spindelöl grün kommt trotz ihres guten Kälteverhaltens nicht infrage, da sie bei höheren Temperaturen zu dünnflüssig ist.

Als wichtigste allgemeine Erkenntnis ist aus den vorstehenden Versuchen zu folgern, dass je nach der Art des Motoröles eine (extrapolierte) Viskosität von etwa 500 - 1200 Englergrad die Grenze ist, bis zu der eine ausreichende Schmierölmachförderung gewährleistet ist. D.h. ein Schmieröl ist kälteseitig ohne Benzinzusatz bis zu der Temperatur herab verwendungsfähig, bei der es vorstehende Zähflüssigkeit erreicht. Dieser Viskositätsgeradenwert ist schärfer, als er nach der Literatur für auto-

Gruppe

Bearbeiter

Tag

Reclin B 3 o
 Expr.Nr. 2525

Einfluß des Motorschmieröles auf den
 Kaltstart von Flugmotoren.

Teilbericht 22

Blatt 10

toren angegeben wird (1500 - 2000 Englergrad), und dürfte deshalb eine genügende Sicherheit enthalten.

Es soll auch noch einmal auf den praktischen Wert des Stockpunktes (nach Richtlinien) eingegangen werden. Er ist bekanntlich als diejenige Temperatur definiert, ab welcher das Öl unter der Einwirkung der Schwerkraft nicht mehr fließt. Wie man aus Tafel 12 erkennt, deckt sich der Stockpunkt bei den meisten Ölen zwar ungefähr mit der Temperatur, bei der von der Pumpe kein Schmierstoff mehr gefördert wird. Völlig irreführend wäre aber, wenn man den Stockpunkt z.B. zur Beurteilung des Öles L 15092, (das wahrscheinlich einen besonderen Zusatzstoff enthält) zugrunde legt. Denn dieses Öl läßt sich noch weit unterhalb des Stockpunktes recht gut fördern.

Der Stockpunkt ist also, wie schon von vielen Stellen betont worden ist, ein sehr unzulässiges ^{ver} Charakteristikum, entspricht bei verschiedenen Stoffen einer ganz verschiedenen Konsistenz und zeigt meist gar keine Unstetigkeit an. Außerdem interessiert ja praktisch niemals, wogegen das Öl "fest" (in dem angegebenen unklaren Sinne) wird, sondern z.B. ab welcher Temperatur es so sähflüssig wird, dass es nicht mehr in genügender Menge gefördert wird.

Nach Baader (Öl und Kohle, Heft 16, 22.4.1942) sollte 1.) der "Trübungspunkt" nach einer noch zu normenden Methode bestimmt werden, weil bis zum Trübungspunkt alle Viskositätswerte in logarithmischen Temperatur-Viskositäts-Blatt genau auf einer Geraden liegen; 2.) sollte unterhalb des Trübungspunktes die "Betriebsfähigkeit" als niedrigster Endwert (nach Zerstörung des Paraffingerüstes) in einem abgeänderten Vogel-Ossag-Apparat bestimmt werden. Die Betriebsfähigkeit schließt sich ohne Sprung an die Zähigkeitskurve oberhalb des Trübungspunktes an und liegt stets etwas höher als diese. 3.) spielte noch die "höchste Startfähigkeit" eine Rolle, die nach Baader mit dem Schweizer-Viskosimeter bestimmt werden soll, ein Vorachlag, der nach hiesiger Ansicht nicht richtig ist. Geeigneter erscheint der hier verwendete I.G.-Kältekasten.

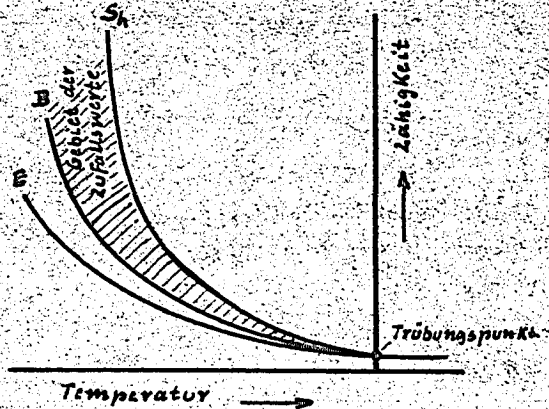
Rechnl. E 3 o
Erpr. Nr. 2525

Einfluß des Motorenachmieröles auf den
Kaltstart von Flugmotoren.

Teilbericht 22

Blatt 11

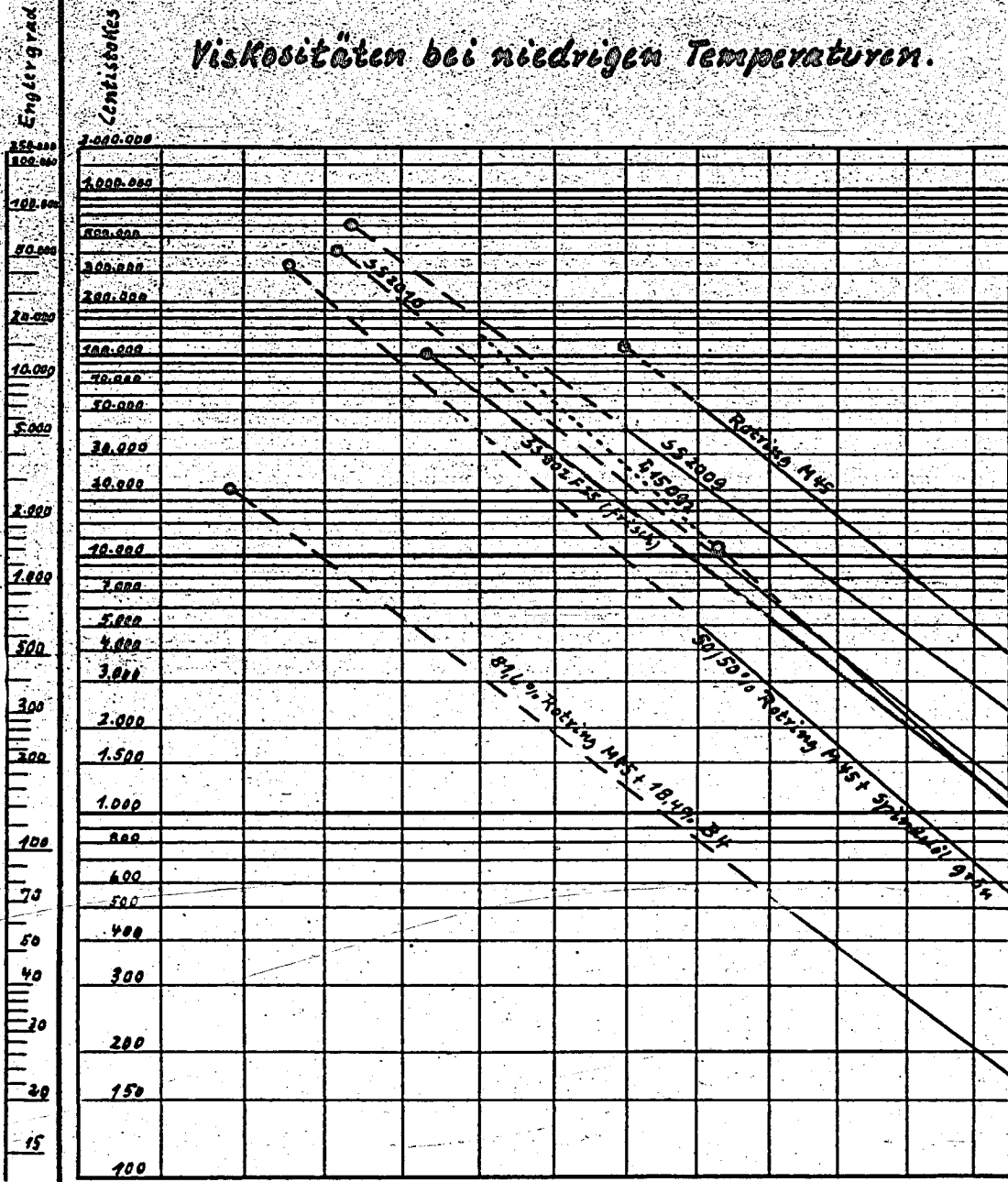
- E = Extrapolierte Zähigkeit
B = Betriebszähigkeit (nach Zerstörung des Paraffingerüstes)
 S_h = höchste Startzähigkeit (=Haftfestigkeit)



Für die technische Praxis wird es wahrscheinlich zur Beurteilung der Kälteeigenschaften eines Flugmotorenöles genügen, die bei höheren Temperaturen leicht bestimmbareren Viskositätswerte zu ermitteln und ins tiefe Temperaturgebiet linear zu extrapolieren, da sich B und E ~~meist~~ meist wenig unterscheiden, wenn man vom Trübungspunkt noch nicht allzu weit entfernt ist. Jedenfalls wäre es richtiger, anstelle des Stockpunktes Höchstwerte für den Trübungspunkt und die Viskosität bei tiefen Temperaturen vorschreiben.

Ob sich die von Baader für die Bestimmung des Trübungspunktes und der Betriebszähigkeit vorgeschlagenen Methoden auch auf Flugmotorenöle anwenden lassen, wird noch nachgeprüft werden.

Viskositäten bei niedrigen Temperaturen.



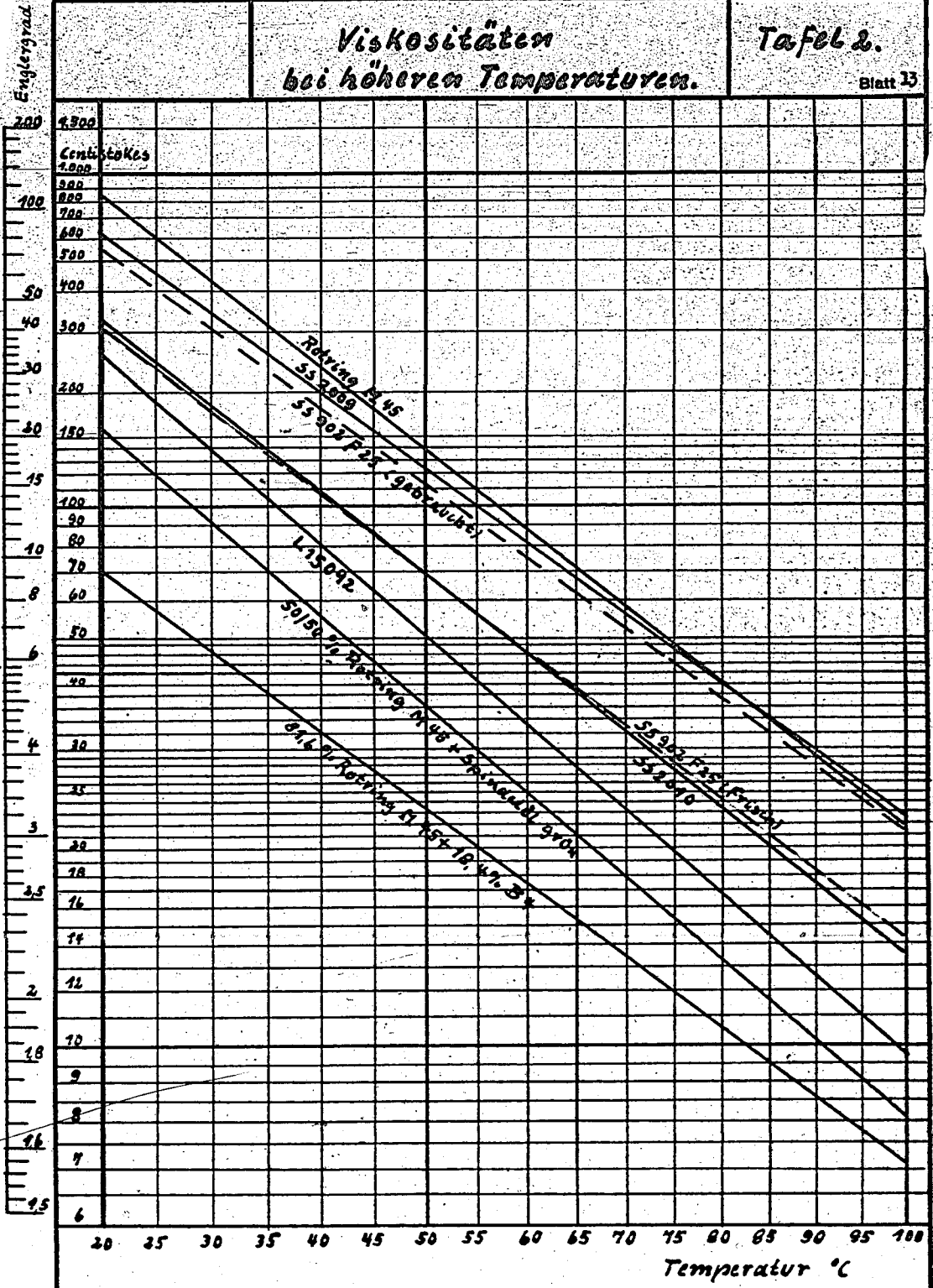
Gemessen
 Extrapoliert
 Stockpunkte
 Temperatur °C

Gruppe E3C4	Sachs Bearbeiter	Tag	
--------------------	---------------------	-----	--

Viskositäten bei höheren Temperaturen.

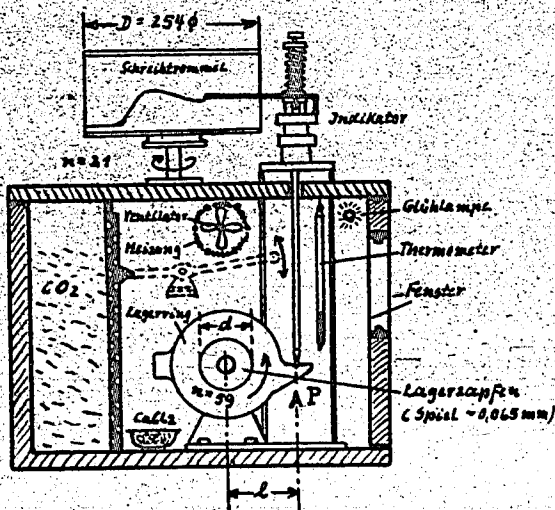
Tafel 2.

Blatt 13



Gruppe E3C4	Sachs Boarbeter	Tag	
--------------------	--------------------	-----	--

IG-Kältekasten.



Berechnung der Haftfestigkeit aus dem Indikator-Ausschlag:

Indikatorfeder: 1 at = 5 mm Ausschlag für Indikator-Kolben 20,27 mm ϕ , also 1 mm Diagrammhöhe = 0,644 Kg = P [Kg pro mm]

Hebelarm $l = 6$ cm

H = Haftfestigkeit des Ölfilms [Kg/cm²]

F = Lagerfläche, = Lagerbreite $b \times$ Lagerdurchmesser $d = \pi$

$$P \cdot l = H \cdot F \cdot \frac{d}{2} = H \cdot b \cdot d \cdot \pi \cdot \frac{d}{2}$$

$$H = \frac{P \cdot l \cdot 2}{b \cdot d^2 \cdot \pi} = \frac{0,644 \cdot 6 \cdot 2}{b \cdot d^2 \cdot \pi} = \frac{2,461}{b \cdot d^2} \text{ Kg/cm}^2 \text{ (pro 1 mm Diagrammhöhe)}$$

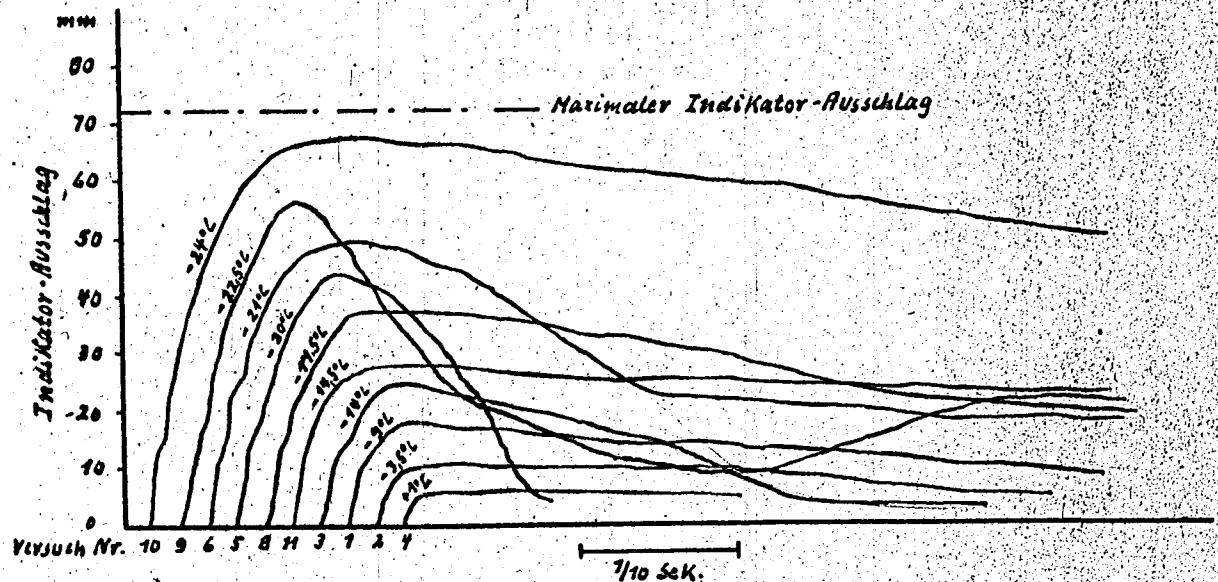
Lagerdurchmesser d mm	40	50	60
Haftfestigkeit Kg/cm ² pro 1 mm Diagrammhöhe bei Lagerbreite:			
$b = 10$ mm	0,1538	0,0985	0,0684
$b = 20$ mm	0,0769	0,0492	0,0342
$b = 40$ mm	0,0385	0,0246	0,0171

Verschiedene Lagerdurchmesser ergeben vergleichbare Werte. Ergebnisse mit verschiedenen Lagerbreiten sind nicht genau vergleichbar.

Indikatorgramme am IG-KälteKasten.

Versuchsreihe B mit Rotring M 45.

Lagerdurchmesser = 50 mm ϕ , Lagerbreite = 20 mm.

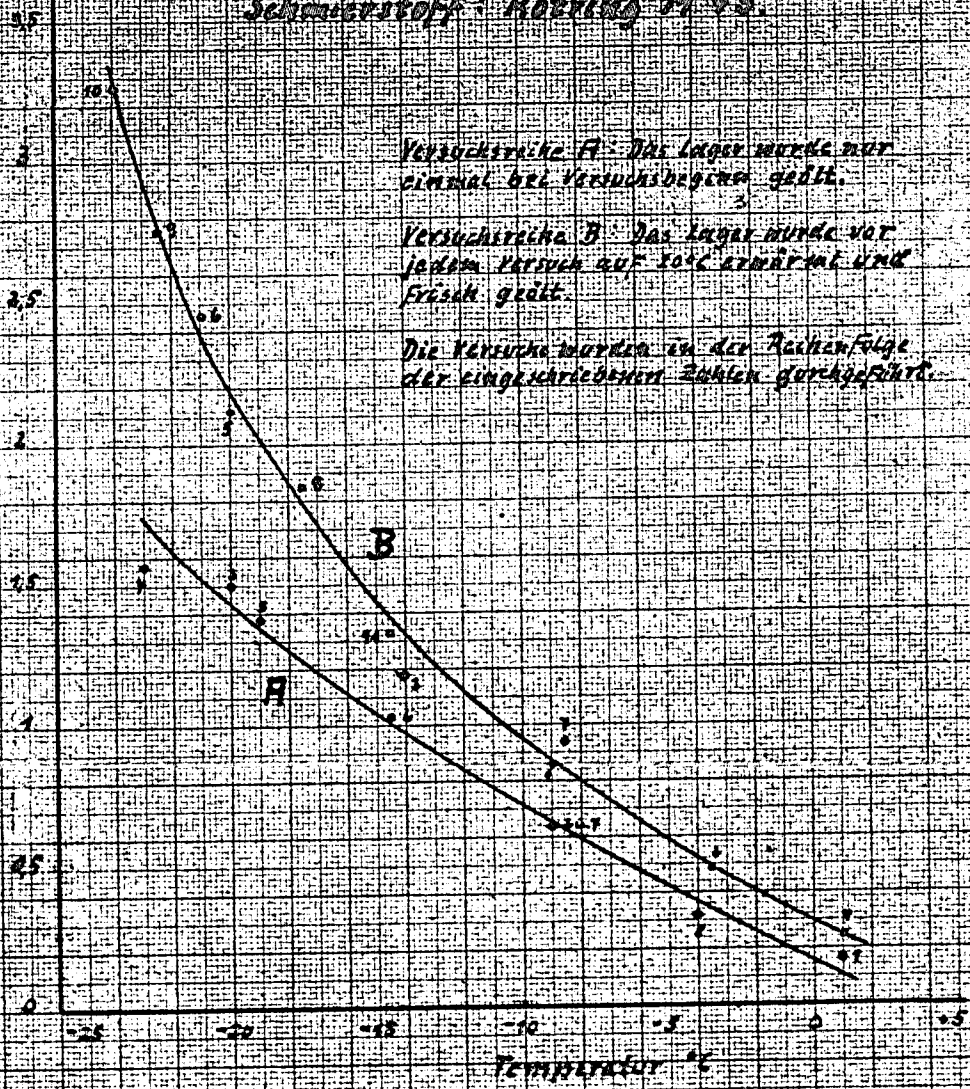


Einfluss der Versuchsbedingungen auf die Haftfestigkeit.

Schmierstoff: Rotring M 95.

Temperatur

Haftfestigkeit



Versuchsreihe A: Das Lager wurde nur einmal bei Versuchsbeginn geölt.

Versuchsreihe B: Das Lager wurde vor jedem Versuch auf 100°C erhitzt und frisch geölt.

Die Versuche wurden in der Reihenfolge der eingeschriebenen Zahlen durchgeführt.

Lagerdurchmesser = 50 mm, Lagerbreite = 20 mm

Nachdruck oder unbefugte Verwendung ist strafbar und schadenersatzpflichtig

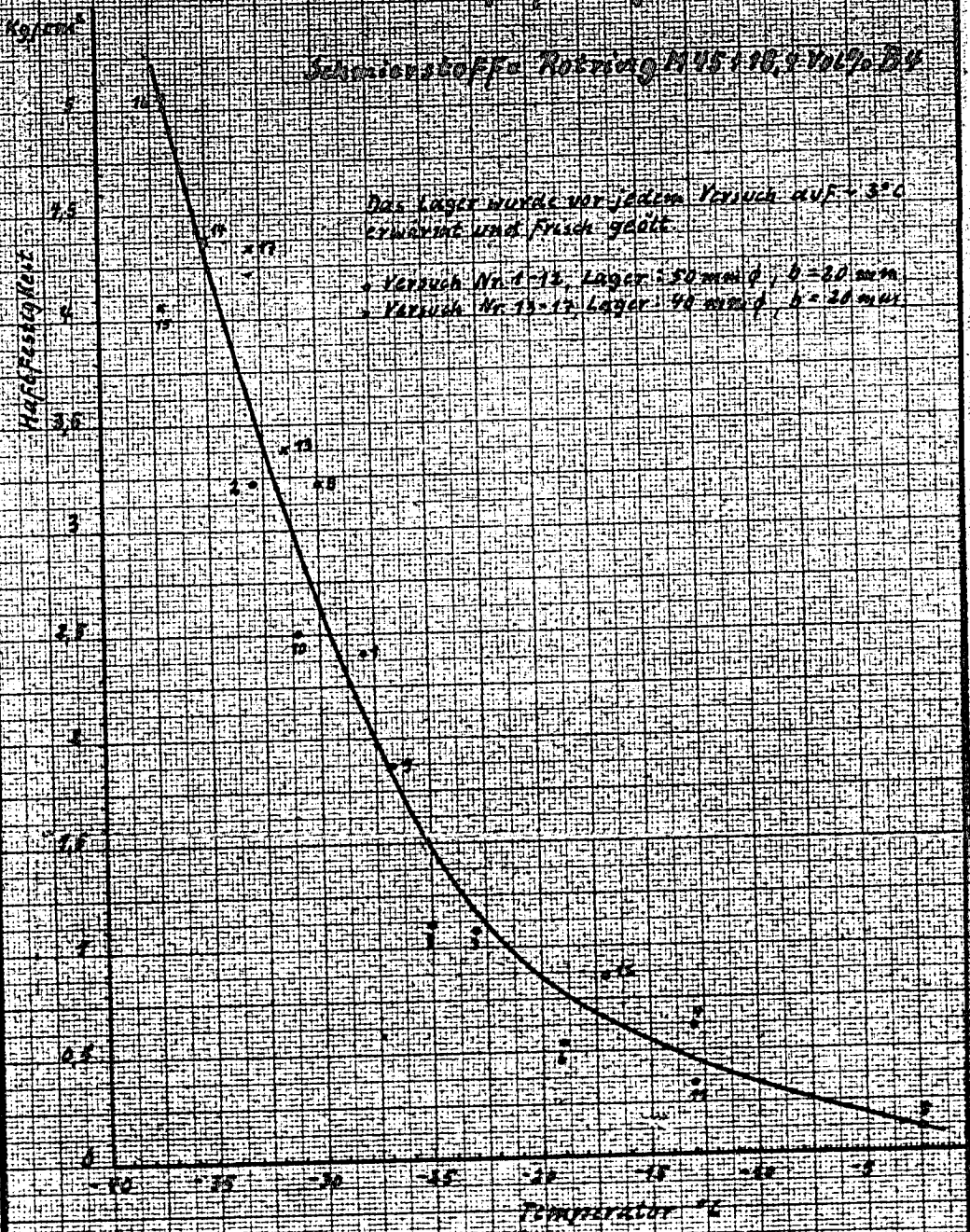
Gruppe	B3c1	Bearbeiter	Sachs	Tag	
--------	------	------------	-------	-----	--

Haftfestigkeit.

Schmierstoff: Rotring M 45 + 10,9 Vol% D4

Das Lager wurde vor jedem Versuch auf $+3^{\circ}\text{C}$ erwärmt und frisch geölt.

→ Versuch Nr. 1-12, Lager: 50 mm ϕ , b = 20 mm.
→ Versuch Nr. 13-17, Lager: 40 mm ϕ , b = 20 mm.

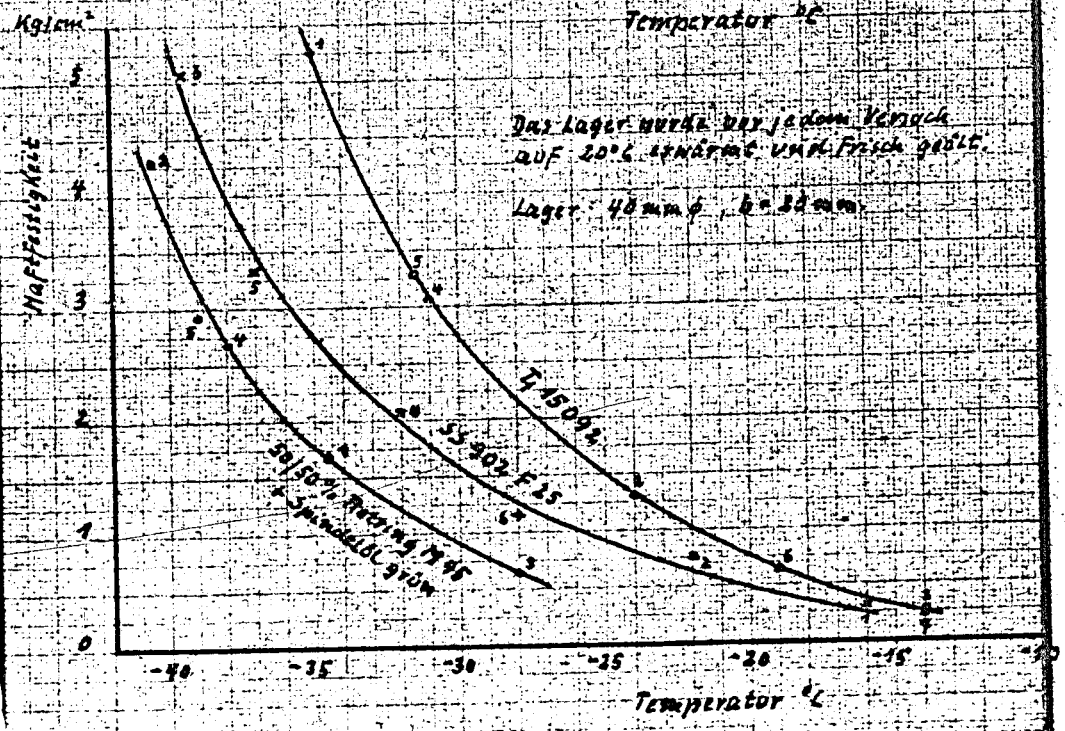
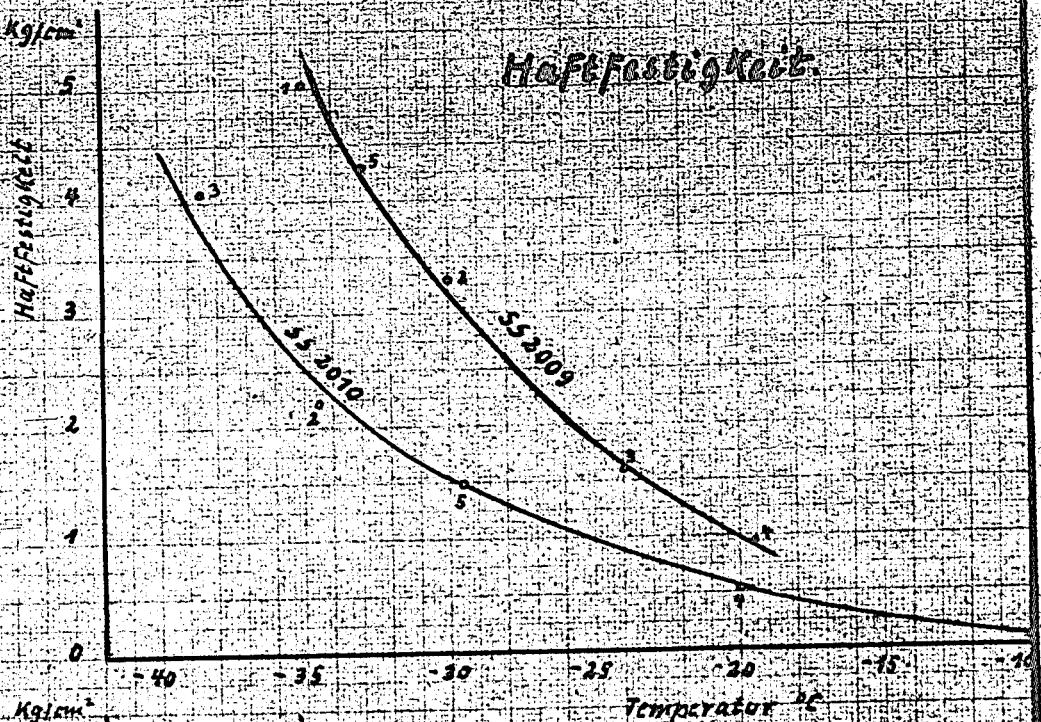


Nachdruck oder unbefugte Verwendung ist strafbar und schadenersatzpflichtig

Gruppe	E3C4	Bearbeiter	Sachs	Tag		
--------	------	------------	-------	-----	--	--

Manuskript oder unbeeftigte Verwendung ist strafbar und schadenstiftend!

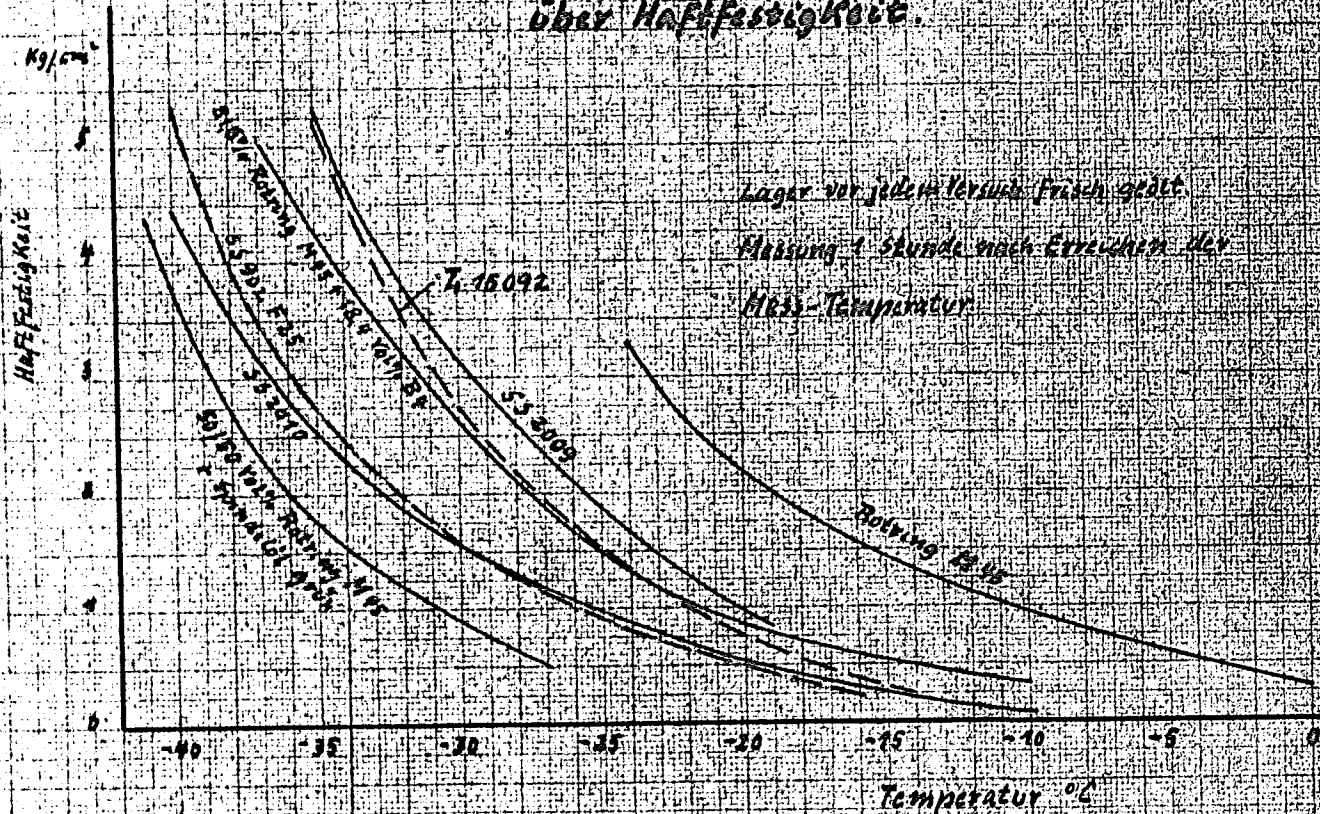
Haftfestigkeit



Das Lager wurde vor jedem Versuch auf 20°C erwärmt und frisch gedreht.

Lager: 40 mm φ, b = 30 mm

Zusammenstellung der Versuche über Haftfestigkeit.



Lager vor jedem Versuch frisch geölt.
 Messung 1 Stunde nach Erreichen der
 Mess-Temperatur

Gruppe E 3 C 4
 Bearbeiter Sachs
 Tag

Plattform Berlin-Friedrich

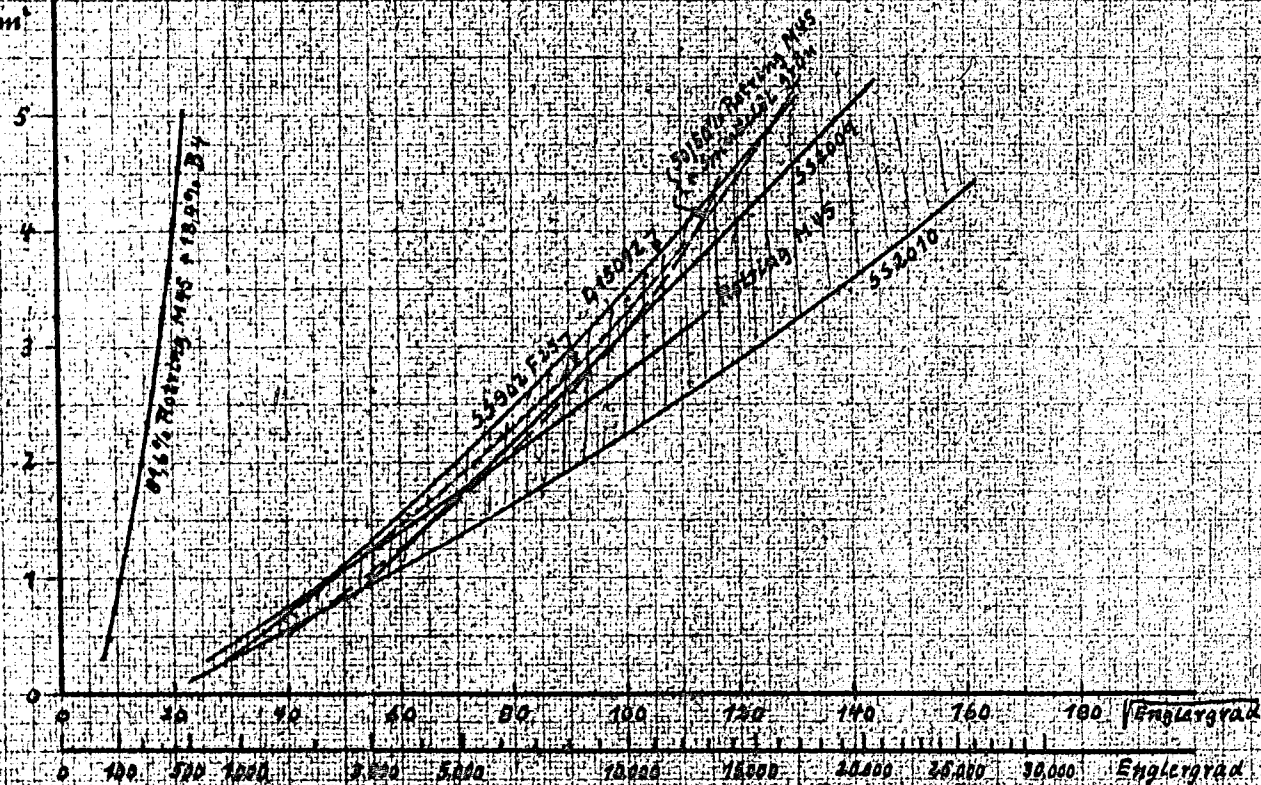
Tafel 8.
 Blatt 19

07210

Haftfestigkeit, abhängig von der Viskosität.

Kg/cm²

Haftfestigkeit

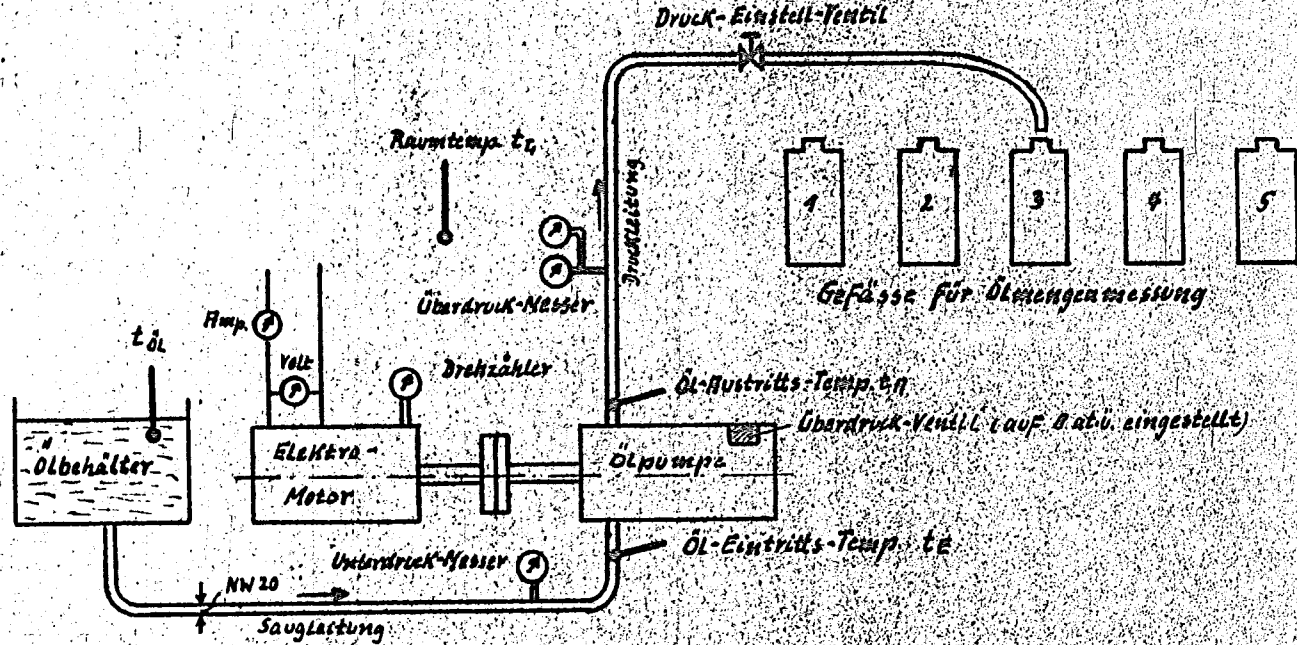


Viskosität

Tafel 9.
Blatt 20

07211

Gruppe
Bearbeiter
Tag
Faktorium Berlin-Friedrichshagen



Ölpumpe = Jumo 211 = Druckpumpe (Zahnradpumpe)

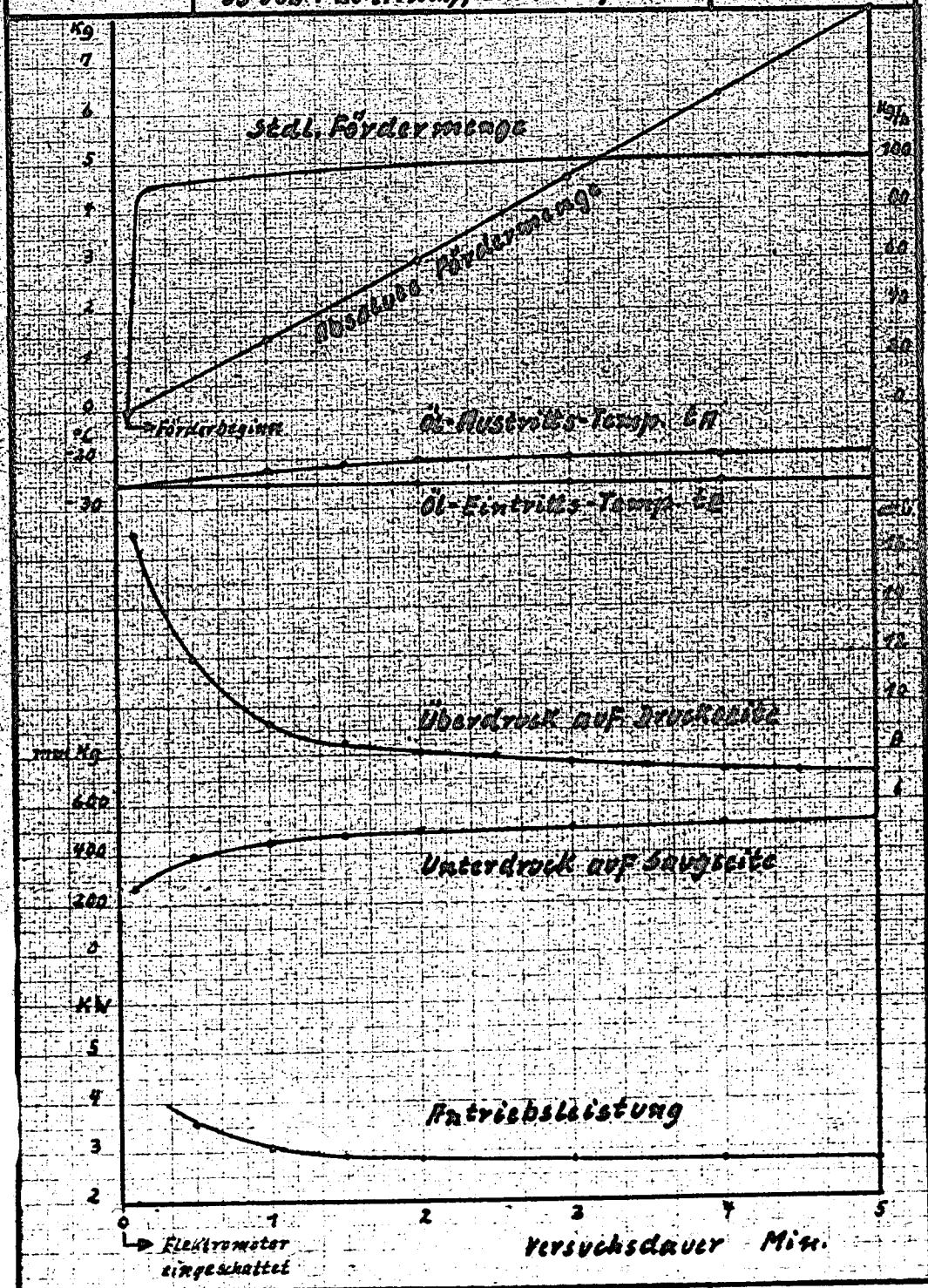
$$n_{Pumpe} = 690 \text{ UprM.} \quad n_{Jumo 211} = \frac{690}{1,54} = 450 \text{ UprM.}$$

Schema des Ölpumpen-Prüfstandes,
aufgebaut in einer Kältekammer.

Ölpumpen-Versuch (Nr. 32).
55 902 F25 (Frisch), Eintr.Temp. -25°C

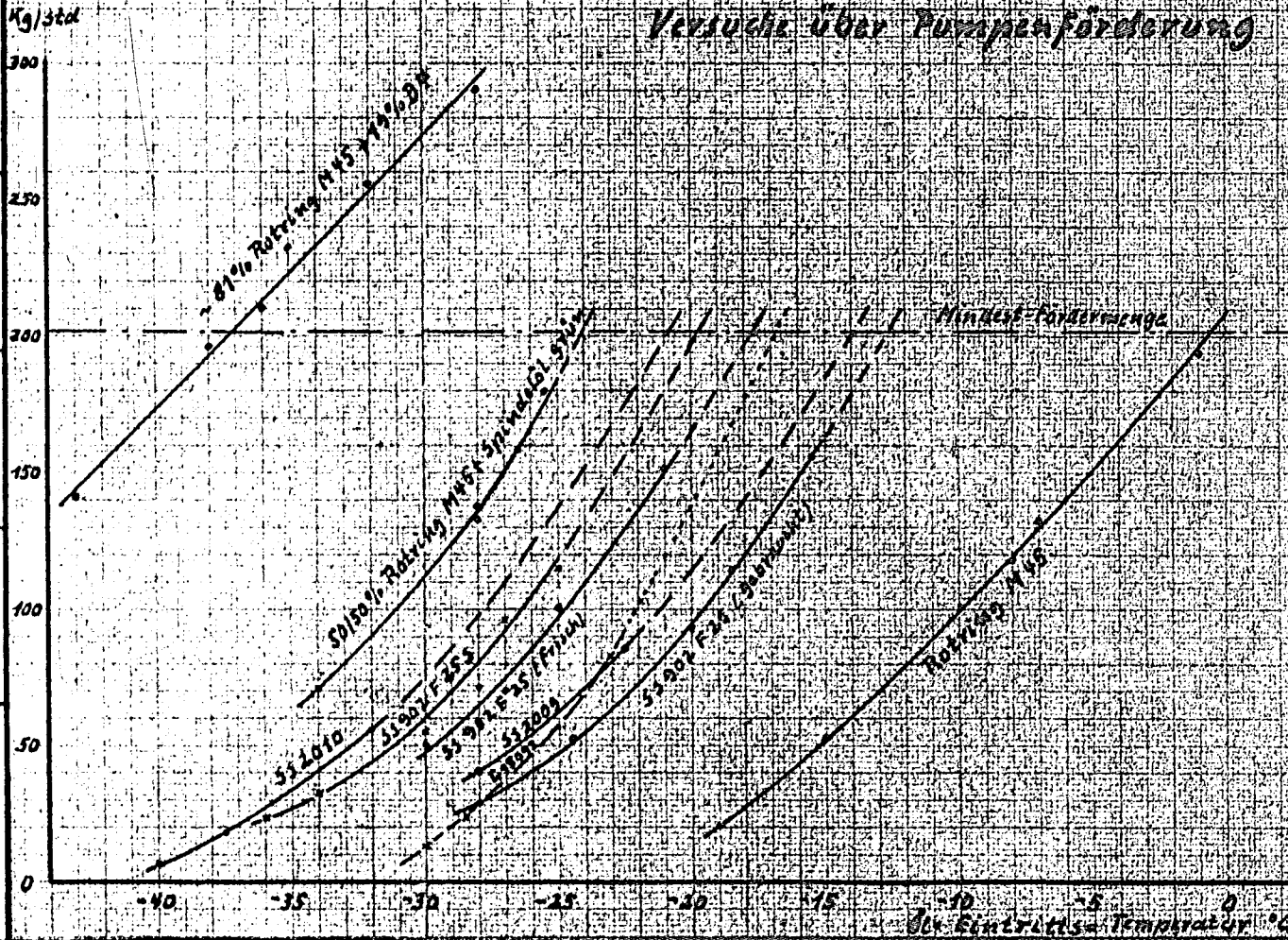
Tafel 44.
Blatt 22

Nennwert oder unbenutzte Verwendung ist strafbar und schadenverursachend



Gruppe E3E/C	Bearbeiter Stange/Hesse	Tag	
-----------------	----------------------------	-----	--

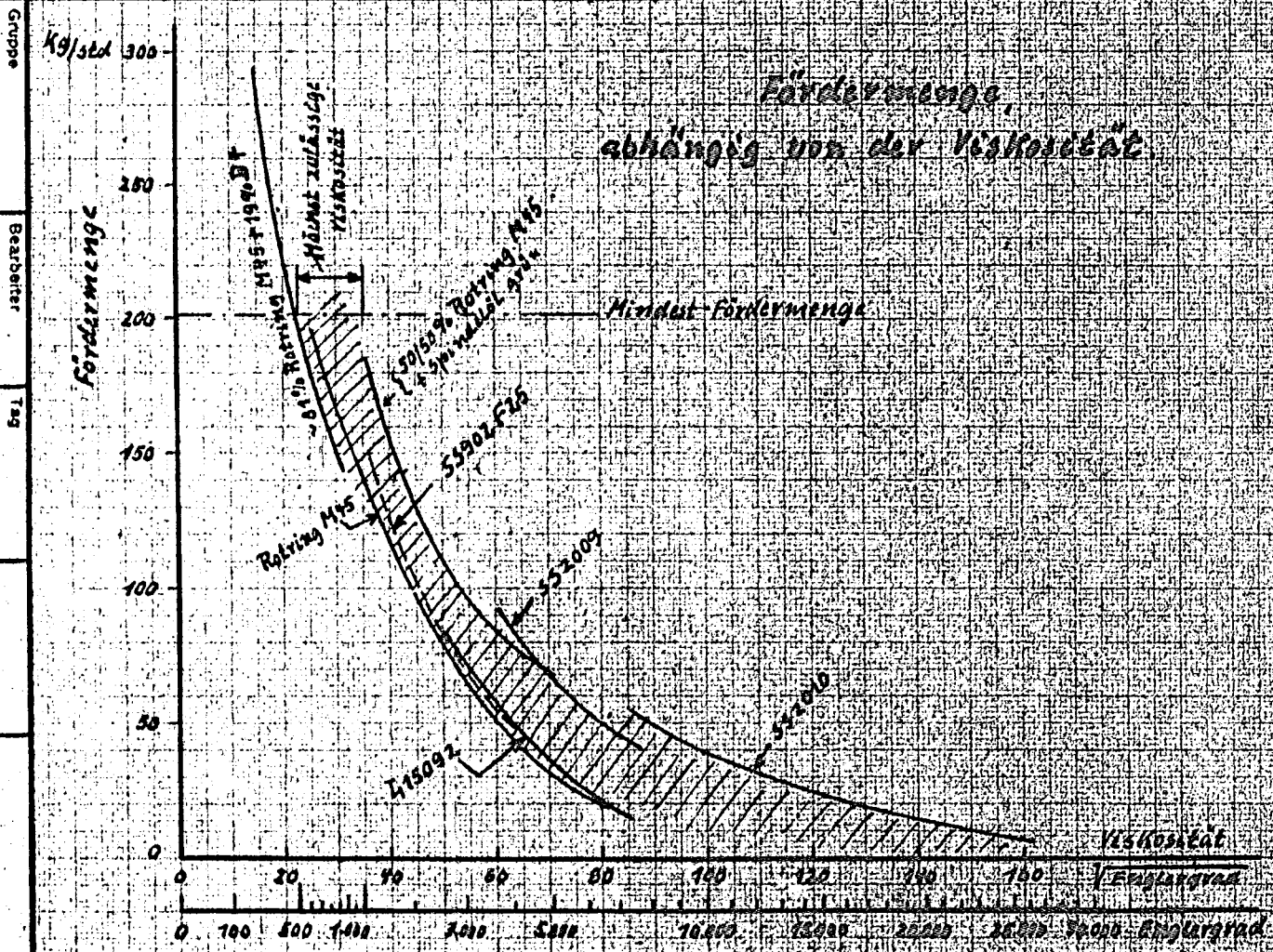
Versuche über Pumpenförderung



Gruppe **E3e/2** Bearbeiter **Stange, Hess** Tag **19**
 Doc 2.41 KINAKOR-Standart G-400 A 4
 Fachlehrer **Berth-Forstner**

Tafel 10.
 Blatt 23
 07214

Fördermenge abhängig von der Viskosität



Gruppe
 Bearbeiter
 Tag

Tafel 49.
 Blatt 21

07215