

Nur für den Dienstgebrauch

G 1-3

F 11

Deutsche Luftfahrtforschung

Forschungsbericht Nr. 1559

Beeinflussung der Klopfgrenzkurve von Kraftstoffen
durch verschiedene Öle

Franke

Verfaßt bei

Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V.
Institut für Betriebsstoffforschung
Berlin-Adlershof

6411

Zentrale für wissenschaftliches Berichtswesen
der Luftfahrtforschung des Generalluftzeugmeisters (ZWB)
Berlin-Adlershof

Zur Beachtung!

Dieser Bericht ist bestimmt für die Arbeiten im Dienstbereich des Empfängers. Der Bericht darf innerhalb dieses Dienstbereichs nur an Persönlichkeiten ausgehändigt werden, die aus dem Inhalt Anregungen für Ihre Arbeiten zu schöpfen vermögen.

Verwendung zu Veröffentlichungen (ganz oder teilweise) sowie Weiterleitung an Persönlichkeiten außerhalb des Dienstbereichs des Empfängers ist ausgeschlossen.

Der Bericht ist unter Stahlblechverschluß mit Patentschloß zu halten.

Beeinflussung der Klopfgrenzkurve von Kraftstoffen

durch verschiedene Öle.

Übersicht: Der Einfluß von 6 verschiedenen Ölen auf die nach dem DVL-Überladeverfahren ermittelte Klopfgrenzkurve im BMW 132 N-Zylinder sollte untersucht werden. Die Gründe für die bei dieser Untersuchung verwendeten Öle und Kraftstoffe werden aufgezählt, die dem besonderen Zweck angepaßte Versuchsdurchführung eingehend beschrieben. Die Ergebnisse werden besprochen mit dem Hinweis, daß paraffinische Kraftstoffe mit Bleizusatz unbeeinflusst bleiben, hingegen aromatenhaltige Kraftstoffe geringe Verschiebungen der Klopfgrenzkurve ergeben.

- Gliederung:**
- I. Einleitung
 - II. Versuchsdurchführung
 - 1. Prüfstand
 - 2. Einzelheiten der Versuchsdurchführung
 - 3. Verwendete Schmier- und Kraftstoffe
 - 4. Vergleichsversuche
 - III. Versuchsergebnisse
 - IV. Zusammenfassung

Der Bericht umfasst:

18 Seiten mit
7 Abbildungen und
3 Zahlentafeln

Institut für Betriebstofforschung
der
Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E.V.

Der Bearbeiter:

K. Franke
K. Franke

I. Einleitung.

Die heute gebräuchliche Prüfung und Bewertung von Kraftstoffen für Flugmotoren erfolgt nach dem DVL-Überladeverfahren im BMW 132 H-Flugmotorenzylinder. In den Prüfvorschriften für Flugmotorenkraftstoffe (BVM 1940) sind die bei der Untersuchung des Betriebsstoffes einzuhaltenden Bedingungen genau festgelegt, unter anderem auch die Verwendung einer bestimmten Schmierölsorte vorgeschrieben. Im Hinblick auf den letztgenannten Punkt sollten Untersuchungen darüber angestellt werden, inwieweit durch Abgehen von der vorgeschriebenen Ölsorte und Verwendung eines anderen Schmieröls eine Beeinflussung der nach dem DVL-Überladeverfahren erhaltenen Klopfgrenzkurven stattfindet.

Diese Versuche sollten darüber hinausgehend Aufschluß bringen für den praktischen Vollmotorenbetrieb, ob bei sonstiger Übertragbarkeit der Klopfgrenzkurve durch Verwendung einer anderen Ölsorte als der in den BVM vorgeschriebenen Sorte Intava Grünring eine Gefährdung des Motors entstehen kann. Durch eine Verschiebung der Klopfgrenzkurve über ein gewisses Maß könnte der Motor, der in seiner Gemischzusammensetzung über den Ladedruck und Drehzahlbereich durch die Kegelkurve festgelegt ist, in unzulässige Nähe der Klopfgrenze oder ins Klopfgebiet selbst gebracht werden.

II. Versuchsdurchführung.

1. Prüfstand.

Als Versuchsmotor diente der sonst für die Kraftstoffprüfung nach dem DVL-Überladeverfahren benutzte BMW 132 H-Zylinder auf einem DVL-Gehäuse neuester verstärkter Ausführung. Daten, Aufbau und sonstige Einzelheiten des Prüfstandes, der Bremse, der Nebenapparate und der Prüfstandseinzelteile gehen aus dem beigelegten Motordatenblatt (Tafel 1) hervor. Die Bestimmung der Kraftstoff- und Luftmengen, Leistungen sowie sonstiger für die Versuchsdurchführung notwendiger Werte erfolgte in gewohnter Art, die Feststellung des Klopfensatzes akustisch. In diesem Zusammenhang soll darauf hingewiesen werden, daß das Erreichen der Klopfgrenze immer aus dem klopfreien Gebiet vorgenommen wurde, da es sich vor allem bei aromatenhaltigen Kraftstoffen gezeigt hat, daß ein wesentlicher Unterschied in der Lage der Punkte der Klopfgrenze besteht, je nachdem, ob der Motor aus dem klopfreien Gebiet an die Klopfgrenze ge-

bracht wird, oder ob er aus klopfendem Betrieb an die Klopfgrenze gelangt. Als Beispiel soll angeführt werden, daß im ersten Falle bei Verwendung eines aromatenhaltigen Kraftstoffes die Klopfgrenze bei einem Ladedruck von 1200 mm Hg und einer Luftüberschusszahl $\lambda = 1,20$ festgestellt wurde. Hingegen zog sich bei gleichem Ladedruck die Klopfgrenze bis $\lambda = 1,26$ hinaus, sobald der Motor aus stark klopfendem Gebiet durch Vermagerung des Gemisches an die Klopfgrenze gelangte.

2. Einzelheiten der Versuchsdurchführung.

Einige besondere Maßnahmen trugen dazu bei, die sonst bei der Bestimmung der Klopfgrenze nach dem DVL-Überladeverfahren sich ergebende Streugrenze möglichst klein zu halten.

Für die Durchführung des Laufes stand ein Zylinder und Kolben mit einer Laufzeit von über 50 Stunden zur Verfügung, der daher als gut eingelaufen bezeichnet werden konnte. Es hatte sich herausgestellt, daß vor allem Zylinder mit ganz kurzen Laufzeiten Verschiebungen der Klopfgrenzkurve unter sonst gleichen Bedingungen ergaben, die abhängig von der Länge der Laufzeit waren. Bei Verwendung des oben genannten Zylinders mit einer Laufzeit von über 50 Stunden waren Einflüsse auf die Lage der Klopfgrenze wohl nicht mehr zu befürchten.

In der DVL durchgeführte Versuche über die Größe des Verschleisses von Kolbenringen in Abhängigkeit der verwendeten Ölsorte und der Laufzeit ergaben die Notwendigkeit, diesem Umstand Rechnung zu tragen. Es bestand die Möglichkeit, daß bei der größeren Zeitdauer der Versuche durch den Verschleiss der Kolbenringe eine Beeinträchtigung der Resultate der zum Schluß untersuchten Öle eintreten könnte. Für jeden Lauf, d.h. jedes Öl, wurde daher ein neuer Satz Kolbenringe verwendet. Ausserdem wurden sämtliche Ringe gleicher Zugehörigkeit vor dem Einbau auf genau gleiches Stoßspiel zugefeilt, sowie auf Gleichmäßigkeit der Spannung untersucht. Damit war die Gewähr für gleiches betriebsmäßiges Verhalten der Ringe gegeben.

Die einzelnen Läufe selbst mit der jeweiligen Ölsorte wurden erst nach einer Einlaufzeit der Ringe von 2 Stunden begonnen. Durch zweckmäßiges Unterteilen der Klopfgrenzkurve in eine Anzahl gleich weit entfernter Messpunkte betrug die Gesamtdauer der Versuche mit den einzelnen Ölen fast dieselbe innerhalb einer Toleranz von $\pm 1/2$ Stunden.

Vor dem Beginn der Versuche wurden Steuerzeiten, Ventilspiel, sowie Zündzeitpunkt kontrolliert, nach dem Lauf nachgemessen. Nach dem Wechsel der Kolbenringe und dem Einfüllen einer neuen Ölart wurde abermals das Ventilspiel und der Zündzeitpunkt festgestellt. Trotzdem vor allem eine Veränderung des Ventilspieles und damit eine Änderung der Steuerzeiten von großem Einfluß auf die Klopfgrenze bei Motoren ist, konnte durch die angegebenen Maßnahmen eine Beeinflussung in diesem Sinne ausgeschaltet werden, da keine meßbaren Veränderungen eintraten.

Der Leistungszustand des Motors wurde durch öfteres Fahren eines Kontrollpunktes überwacht, ein Leistungsabfall des Motors konnte nicht beobachtet werden. Der Kontrollpunkt von 70 PSe wurde mit einer Toleranz von ± 1 PSe jedesmal erreicht.

Der Ölwechsel erfolgte in der Weise, daß aus dem noch betriebswarmen Motor unmittelbar nach Beendigung jedes Versuches das Öl abgelassen, mit einer größeren Menge der nächstfolgenden Ölart der ganze Motor und der sonstige Ölkreislauf einige Zeit durchgespült und dieses Öl abermals abgelassen wurde. Nach Demontage des Zylinders wurde der Kolben von eventuellen Rückständen gereinigt, mit neuen Ringen, die in der bereits geschilderten Art vorbehandelt waren, versehen. Nach Zusammenbau des Prüfstandes wurde das nächste zur Verwendung gelangende Öl eingefüllt. Mit Einhaltung dieser Maßnahmen wurde eine Vermischung der einzelnen Ölarten untereinander durch Ölreste im Gehäuse oder im sonstigen Ölkreislauf nach Tunlichkeit vermieden.

Während der Versuche selbst wurden folgende Punkte besonders beachtet. Der Kühlluftdruck des Motors wurde in Abhängigkeit von der Eintrittstemperatur der Kühlluft in geringen Grenzen verändert gemäß Abb. 16 der BVM, wiedergegeben in Abb. 1 dieses Berichtes. Bei geringen Schwankungen der Eintrittstemperatur der Kühlluft von $+ 19^{\circ}$ bis 23°C , betrug dementsprechend die Veränderung des Kühlluftdruckes nur ungefähr 10 mm. Die Öleintrittstemperatur wurde auf $+ 70^{\circ}$ konstant gehalten, ebenso der Öldruck mit 5,0 atü. Mit diesen Maßnahmen gelang es, die Zylinderkopftemperatur, gemessen an der serienmäßigen Meßstelle unterhalb des Auspuffstutzens, auf fast gleicher Höhe unter sonst gleichen Betriebsverhältnissen zu halten. Die Abb. 2, 3 und 4 zeigen die Werte der Kopftemperatur über den gefahrenen Bereich der Luftüberschusszahl für zwei Kraftstoffe und verschiedene Ladelufttemperatur während der Untersuchung sämtlicher vorgesehener Ölarten.

Unter Beobachtung aller oben angeführten Punkte war das Möglichste getan worden, einen gleichbleibenden betriebsmäßigen und thermischen Zustand des Motors zu erreichen und somit eine Beeinflussung der Klopffrenze durch unvorhergesehene Umstände tunlichst zu vermeiden.

3. Verwendete Schmier- und Kraftstoffe.

Für die Auswahl der in das Versuchsprogramm aufgenommenen Öle waren folgende Gesichtspunkte maßgebend. Zunächst kam in Betracht das derzeit für die Überladeprüfungen von Kraftstoffen in den 37H vorgeschriebene Öl Intava Grünring. Ferner mußte das z.Zt. hauptsächlich in Flugmotoren verwendete Rotring mit einbezogen werden. Ebenfalls hinzugenommen wurde ein synthetisches Öl der I.G., P 16, weniger wegen seiner Verbreitung, sondern aus der Erwägung heraus, daß fast sämtliche Vergleichsversuche einzelner Kraftstoffe an verschiedenen Motorenzylindern in der DVL mit diesem Öl gefahren werden. Unter dem Gedanken der Verwendung von Beuteölen im Fronteinatz stand die Hinzunahme von Aero Shell 100 (englisch!). Schliesslich wurde als gelegentlich noch in Verwendung stehendes Öl Stanavo 100, sowie als Vertreter eines fetten Öles Kompressol weiß in die Untersuchungen einbezogen. Hiermit ergab sich der Umfang des Versuchsprogrammes, das folgende Öle umfaßte; deren Daten in Zahlentafel 2 enthalten sind:

Rotring D	Stanavo 100
Grünring D	Aero Shell 100
P 16	Kompressol weiß

Um das durchzuführende Versuchsprogramm nicht zu stark auszuweiten, andererseits Kraftstoffe von ziemlich gegensätzlichem Verhalten zu erfassen, wurde ein paraffinischer verbleiteter Kraftstoff VT 702 + 0,12% Pb sowie ein unverbleitetes aromatenhaltiges Gemisch ungefähr gleicher Oktanzahl B1-B0 25/75% verwendet. Beim ersten Kraftstoff sollte ein eventueller Einfluß der verschiedenen Öle auf den Bleizusatz, beim zweiten das Verhalten eines stark temperaturempfindlichen Stoffes bei Verwendung verschiedener Schmiermittel untersucht werden. Die Daten der verwendeten Kraftstoffe sind in Zahlentafel 3 dieses Berichtes zu finden.

4. Vergleichsversuche.

Die von King & Moss⁺⁾ durchgeführten Versuche und die dabei erhalte-

⁺⁾ s. Schrifttum (2)

nen Resultate sollen kurz erwähnt werden.

Die Versuche wurde an einem wassergekühlten Ricardo E 35-Motor bei $n = 900$ U/min, Zündung 30° v.o.T. durchgeführt. Unter anderen Stoffen wurde auch verbleites Fliegerbenzin, sowie Benzin/Benzol-Gemisch verwendet; die einzelnen Öle wurden dem Kraftstoff in einer Menge von 8% zugesetzt. Als Ergebnis wurde erhalten, daß bei verbleitem Kraftstoff die Einflüsse verschiedener Öle mit steigender Temperatur innerhalb der Meßgenauigkeit dieselben sind, bei Benzolge-misch ein gleicher Einfluß im nachteiligen Sinne auf das höchstzulässige Kompressionsverhältnis festzustellen war. Die Versuchsbedingungen der in der DVL durchgeführten Läufe waren grundsätzlich andere. Hier stand ja nicht die Beimischung eines immerhin beträchtlichen Öl-anteiles zur Diskussion, sondern der minimale Anteil des Öles im Zylinder, der als Ölfilm an der Laufbüchse sowie durch die Kolbenringe Zutritt zum Verbrennungsraum besitzt. Der Anteil dieses im Verbrennungsraum befindlichen Öles an der Verbrennung ist daher als sehr gering zu bezeichnen, auf jeden Fall wesentlich kleiner als der an früherer Stelle erwähnte Zusatz von 8% Öl zum Kraftstoff. Dementsprechend war daher auch zu erwarten, dass die Einflüsse verschiedener Ölsorten wesentlich geringer sein würden als bei den obenerwähnten Versuchen.

III. Versuchsergebnisse.

Der paraffinische Kraftstoff mit Bleizusatz, VT 702, wurde bei einer Drehzahl von 1900 U/min bei 80° und 130° Ladelufttemperatur längs der Klopfgrenze untersucht. Die Ergebnisse dieser Läufe sind in Abb. 5 und 6 als Klopfgrenzkurve im mm Ladedruck über der Luftüberschusszahl aufgetragen.

Der aromatenhaltige Kraftstoff, Bi/Bo-Gemisch, und seine Klopf-grenzkurven bei den verschiedenen Ölen sind in Abb. 7 bei einer Lade-lufttemperatur von 130°C zu sehen. Bei 80°C Ladelufttemperatur konnte dieses Gemisch bis zu einer Aufladung von 1200 mm Hg unter den sonst angegebenen Betriebsbedingungen nicht zum Klopfen gebracht werden.

Bei beiden Kraftstoffen wurde ein möglichst großer Bereich des Luftkraftstoffverhältnisses erfasst, da sich erfahrungsgemäß im extre-men Arm- oder Reichgebiet der Motor ziemlich empfindlich auf geänderte Betriebsbedingung verhält. Unter normalen, im praktischen Betrieb vor-

kommenden Verhältnissen sind diese Bereiche der Luftüberschußzahl jedenfalls nicht denkbar. In diesem Bereich konnte ein nennenswerter Einfluß verschiedener Öle nicht festgestellt werden.

Auch in dem zweiten Bereich, in dem sich geänderte Betriebsbedingungen besonders auswirken, an der tiefsten Stelle der Klopfgrenzkurve, ist, wie die beiden Abbildungen zeigen, ein größerer Einfluß der verschiedenen Öle auf einen Kraftstoff mit Bleisatz nicht festzustellen.

Unterschiede, die bereits über die Meßgenauigkeit hinausgehen, zeigt die Abb. 7, in der das Verhalten des aromatenhaltigen Stoffes an der Klopfgrenze zu sehen ist. Es zeigt sich hierbei im Tiefstpunkt ein Unterschied in der Höhenlage der Kurve von rund 90 mm oder 10% Ladedruck. Gleichzeitig ist auch in der Abbildung erkennbar, daß, je tiefer die Kurven heruntergehen, desto mehr ihre Steilheit zunimmt. Die Zunahme der Steilheit einer Klopfgrenzkurve bei aromatenhaltigen Stoffen bedeutet jedoch ziemlich sicher eine erhöhte thermische Belastung des Motors, die in diesem Falle konform geht mit der niedrigeren Lage der Klopfgrenzkurve. Am ungünstigsten unter den verwendeten Ölen schneidet Stanavo 100 ab.

Zum Beweis, dass die Verschiebung der einzelnen Kurven im Tiefstpunkt, sowie die Änderung der Neigung nicht von der Laufzeit des Motors abhängig war, wurde nach Vollendung des vorgesehenen Laufprogrammes mit dem zuerst gefahrenen Öl Rotring D, die Klopfgrenzkurve mit Bi/Bo-Gemisch bei 130°C Ladelufttemperatur unter sonst gleichen Bedingungen nachgefahren. Die zum Schluß gefahrene Kurve deckt sich mit der zu Beginn der Versuche gefahrenen innerhalb der Meßgenauigkeit.

IV. Zusammenfassung.

Die Versuche erfolgten unter dem Gesichtspunkte, eine Beeinflussung der Klopfgrenzkurve von Kraftstoffen im allgemeinen zu untersuchen. Speziell war es von Interesse, ob bei einem verbleiten Kraftstoff eine schädigende oder klopfmindernde Wirkung verschiedener Öle festzustellen ist.

Unter den verschiedenen Ölen, die untersucht wurden, war bei einem verbleiten paraffinischen Kraftstoff bei verschiedenen Ladelufttemperaturen eine unzulässige Beeinträchtigung der Klopfbarkeit und da-

mit eine schädigende Wirkung verschiedener Schmiermittel auf das Klopfverhalten nicht festzustellen.

Die Untersuchung eines von den Betriebsbedingungen an der Klopfgrenze stark beeinflussten Kraftstoffes, eines Bi/Bo-Gemisches, ergab immerhin im Tiefpunkt eine ausserhalb der Messgenauigkeit liegende Abweichung der Klopfgrenzkurve. Es ist daher beim Übergang von einer Ölsorte auf eine andere bei Motoren, für die aromatenhaltige Kraftstoffe vorgesehen sind und deren Reglerkurve irgendwo im Betriebsbereich näher an die Klopfgrenzkurve herankommt, einige Vorsicht angebracht.

Ein verbleiter, aromatenhaltiger Kraftstoff, der im Interesse einer Kürzung des Versuchsprogrammes nicht gesondert geprüft wurde, dürfte eine ähnliche Beeinflussung durch verschiedene Öle erfahren wie ein ungebleiter aromatenhaltiger Kraftstoff.

Schrifttum:

1. C.Krienke: Die Beurteilung der Schmierfähigkeit durch motorische Versuche. DVL-Bericht FB 1250
2. King & Moss: Detonation, Mineral Lubricating Oils and Blended Fuels Air Ministry Report and Memoranda Nr. 1362
3. F.Seeber: Prüfung hochklopfester Kraftstoffe in Flug-Motoren-Einzylinder; Luftfahrtforschung Januar 1939
4. Bauvorschriften für Flugmotoren BVM Oktober 1940
Prüfvorschriften für Flugmotoren-Kraftstoffe.

Tafel 1

Motordatenblatt

Motor-Type: BMW 132 N

Daten: Hub = 162 mm
Bohrung = 155,5 mm
Verdichtung ϵ = 6,5 : 1
Hubraum = 3,074 l
Kompressionsraum = 0,559 l

Steuerzeiten: E 0 E s A 0 A s
°v.o.T. °n.u.T. °v.u.T. °n.o.T.
20 77 76 21

Gemischaubereitung:

Pumpe: Bosch PZ 2/120 V 1024 23 (Exsenterpumpe)
Düse: Bosch DE 40 N 60 M 6

Zündvorrichtung:

Kerzen: Bosch W 225 T 1
Magnet: Bosch FI 1 R 36
" FI 1 L 36

Ladeluft:

Gebläse: Klein, Schanzlin & Becker 1,5 stü 450 m³/h
Lufterhitzer: DVL, 24 KW

Kühlstoff:

Luft
Gebläse: Hermül 22 KW 2900 U/min

Auspuffanlage:

DVL; über Ausgleichbehälter - Absauggebläse

Bremsmittel:

AEG - Generator Typ AW PT 99

Tafel 3
Kennzeichen der Kraftstoffe.

Gemisch		VT 702	B1/80
Spezifisches Gewicht 20/4°C		0.721	0,8285
Berechnungsexponent bei 20°C		1.4030	1.4714
Bleitetraethyl	cm ³ /l	1.15	0
Oktanzahl A.S.T.M.		92	88.5
Elementaranalyse:			
	C	Gew.-%	
	H	"	
	S	"	
		85.1	90.2
		14.8	9.7
		0.01	0.02
C/H Verhältnis		5.75	9.30
Theoretisches Mischungsverhältnis		14.82	13.7
Aromatengehalt	Gew.-%	10	80.5
Jodzehl	g/100 g	0.5	0.5
Bromzahl	"	1	0.5
Anilinpunkt	°C	49.4	-22
Unterer Heizwert	kcal/kg	10328	9792
A.S.T.M. Siedekurve:			
Siedebeginn	°C	44	63
10 Vol.-% aufgefangen bis	°C	64	77
20 " " "	°C	70	80
30 " " "	°C	76	82
40 " " "	°C	82	85
50 " " "	°C	89	88
60 " " "	°C	96	90
70 " " "	°C	103	93
80 " " "	°C	111	100
90 " " "	°C	122	116
Siedeendpunkt	°C	143	146
Verlust	Vol.-%	1	1
Rückstand	"	1	1
Kristallisationspunkt	°C	-60	-18
Erstarrungspunkt	°C	-65	-65
Dampfdruck nach Reid bei 37.8°C	mmHg	309	208
Verdampfungswärme (Flüssigkeit 25°C bis Dampf bei Taupunkt)	kcal/kg	115	119
Taupunkt	°C	98	96
"Harzartige" Bestandteile ("Gum")	mg/100cm ³	6	7
(Bemerkung) Die "harzartige" Bestandteile waren lösbar in 60/80 Benzin).			

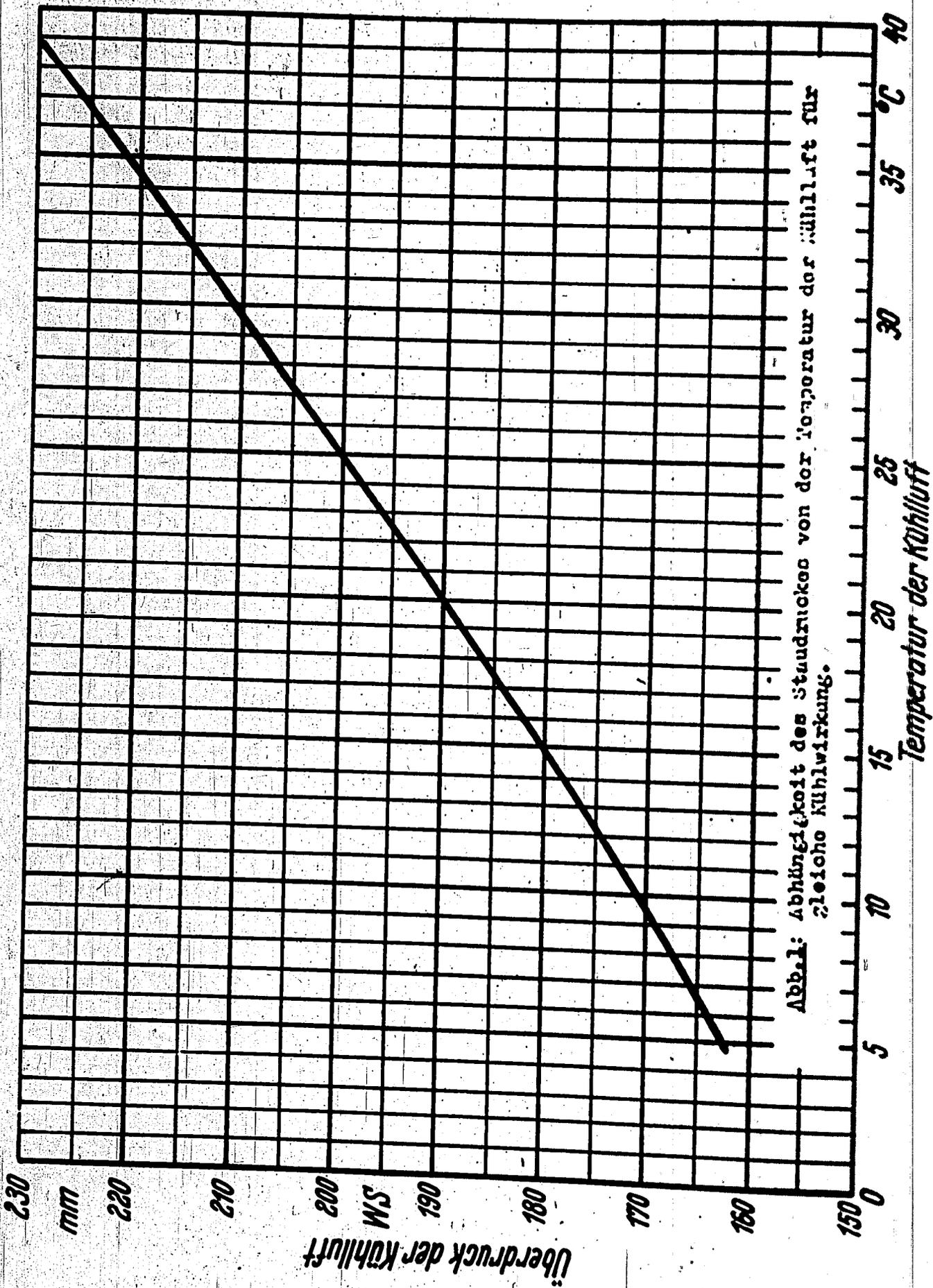


Abb. 1: Abhängigkeit des Staudruckes von der Temperatur der Kuhlluft für gleiche Kuhlwirkung.

BMW 132 N

Kraftstoff: VT702 Zündung: 30/31°KW

Ladelufttemp: 80° Drehzahl: 1900 U/min

Verdichtung: $\epsilon = 6,5:1$ Überschneidung: 41°KW

Schmierstoff:

Rotring D

● ——— ●

Grünring D

○ - - - ○

P16

● - - - ●

Stanavo 100

⊙ - - - ⊙

Aeroshell 100

+ - - - +

Kompressol

* - - - *

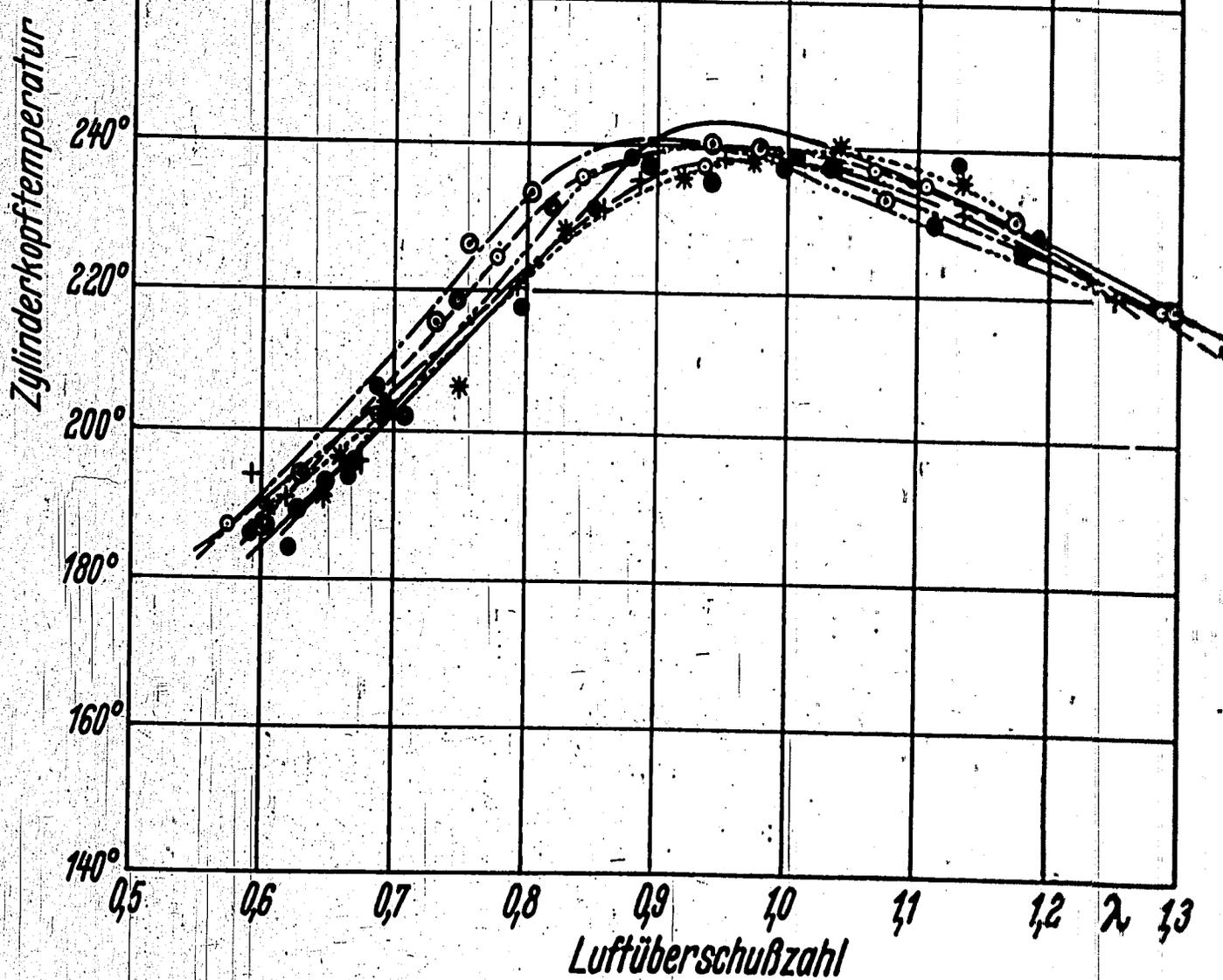


Abb.2: Zylinderkopftemperaturen bei verschiedenen Ölen an der Klopfgrenze bei Betrieb mit VT 702.

BMW 132 N

Kraftstoff: VT702

Zündung: 30/31°kW

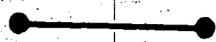
Ladelufttemp.: 130°C

Drehzahl: 1300 U/min

Verdichtung: $\epsilon = 6,5:1$ Überschneidung: 41°kW

Schmierstoff:

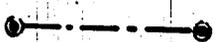
Rotring D



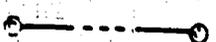
Grünring D



P16



Stanavo 100



Aeroshell 100



Kompressol



Zylinderkopftemperatur

300°

280°

260°

240°

220°

200°

180°

160°

140°

0,5

0,6

0,7

0,8

0,9

1,0

1,1

1,2

1,3

Luftüberschubzahl

Abb. 3: Zylinderkopftemperaturen bei verschiedenen Ölen an der Klopfgrenze bei Betrieb mit VT 702.

6426

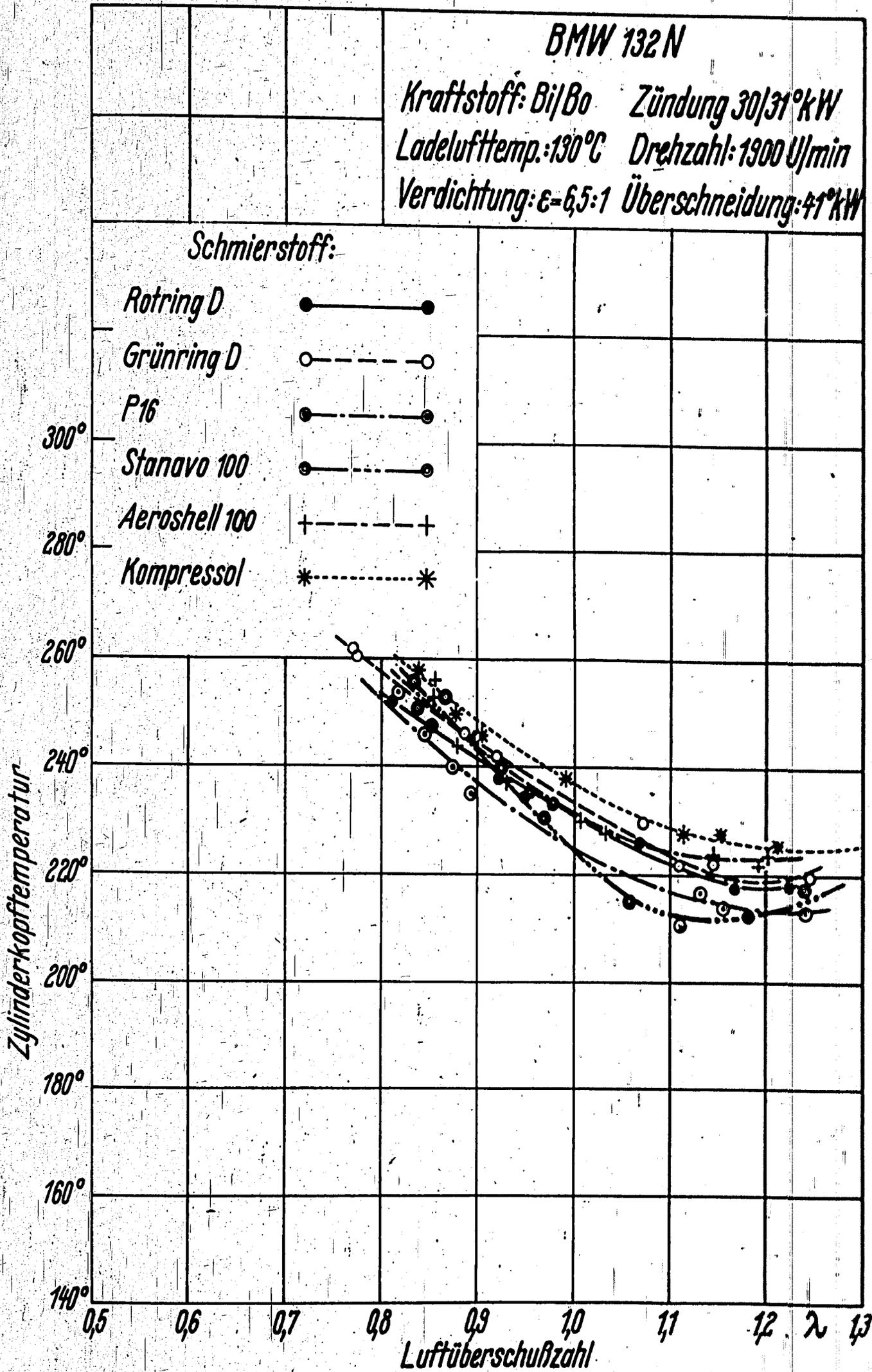


Abb. 4: Zylinderkopftemperaturen bei verschiedenen Ölen an der Klopfgränze bei Betrieb mit Bi/Bo-Gemisch.

BMW 132 N

Kraftstoff: VT702 Zündung 30/31° kW

Ladelufttemp.: 80° Drehzahl: 1900 U/min

Verdichtung: $\epsilon = 6,5:1$ Überschneidung: 41° kW

Schmierstoff:

- Rotring D ● —●—
- Grünring D ○ - - - ○
- P16 ● - - - ●
- Stanavo 100 ● - - - ●
- Aeroshell 100 + - - - +
- Kompressol * - - - *

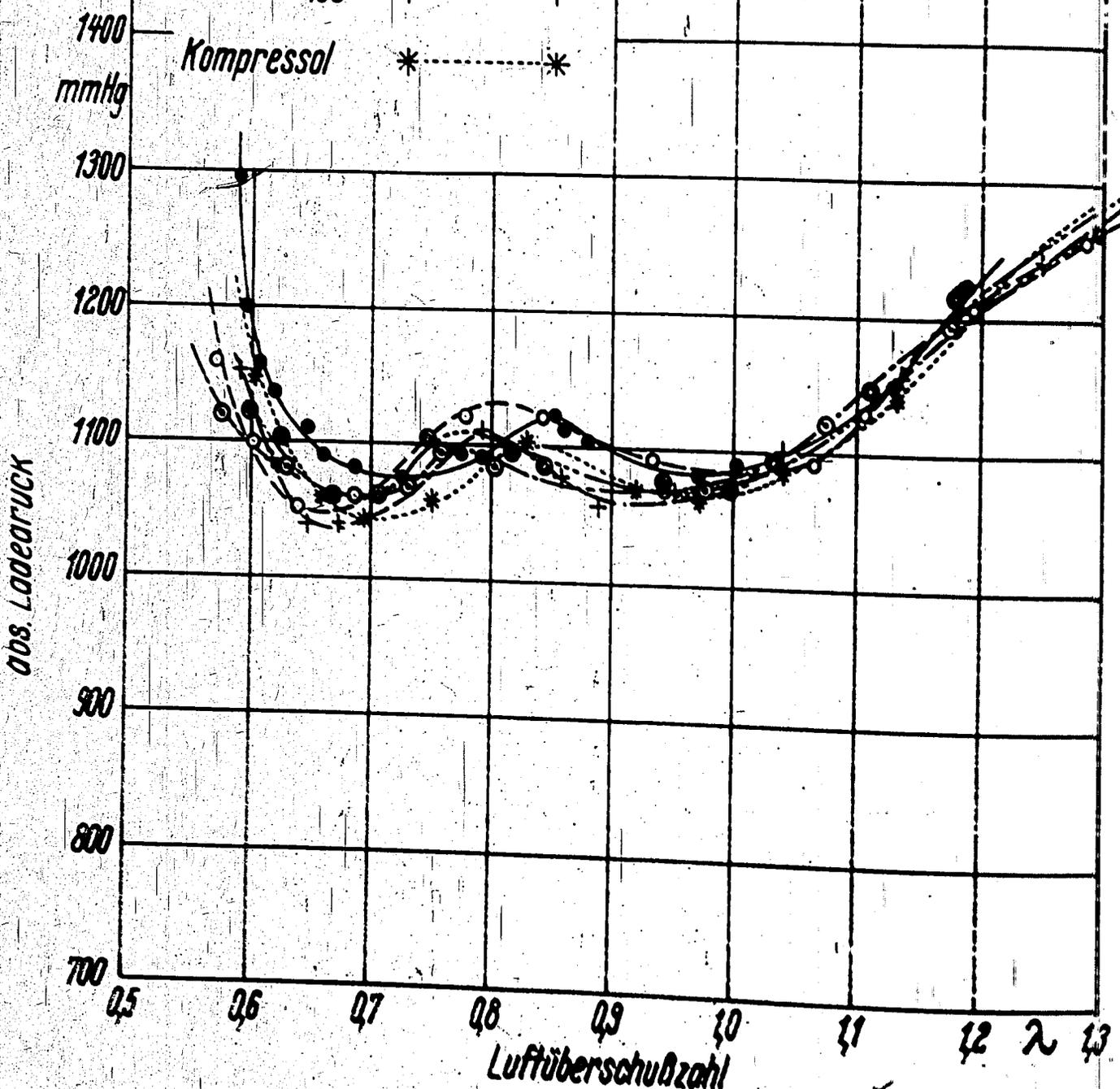


Abb. 5: Klopfkurven von VT 702 + 0,12 Blei bei 80° Ladelufttemperatur und verschiedenen Schmierölen.

BMW 132

Kraftstoff: VT702 Zündung 30/31°kW
Ladelufttemp.: 130°C Drehzahl: 1900 U/min
Verdichtung: $\epsilon = 6,5:1$ Überschneidung: 41°kW

Schmierstoff:

- Rotring D ● — ●
- Grünring D ○ - - ○
- P16 ● - - ●
- Stanavo 100 ● - - ●
- Aeroshell 100 + - - +
- Kompressol * - - *

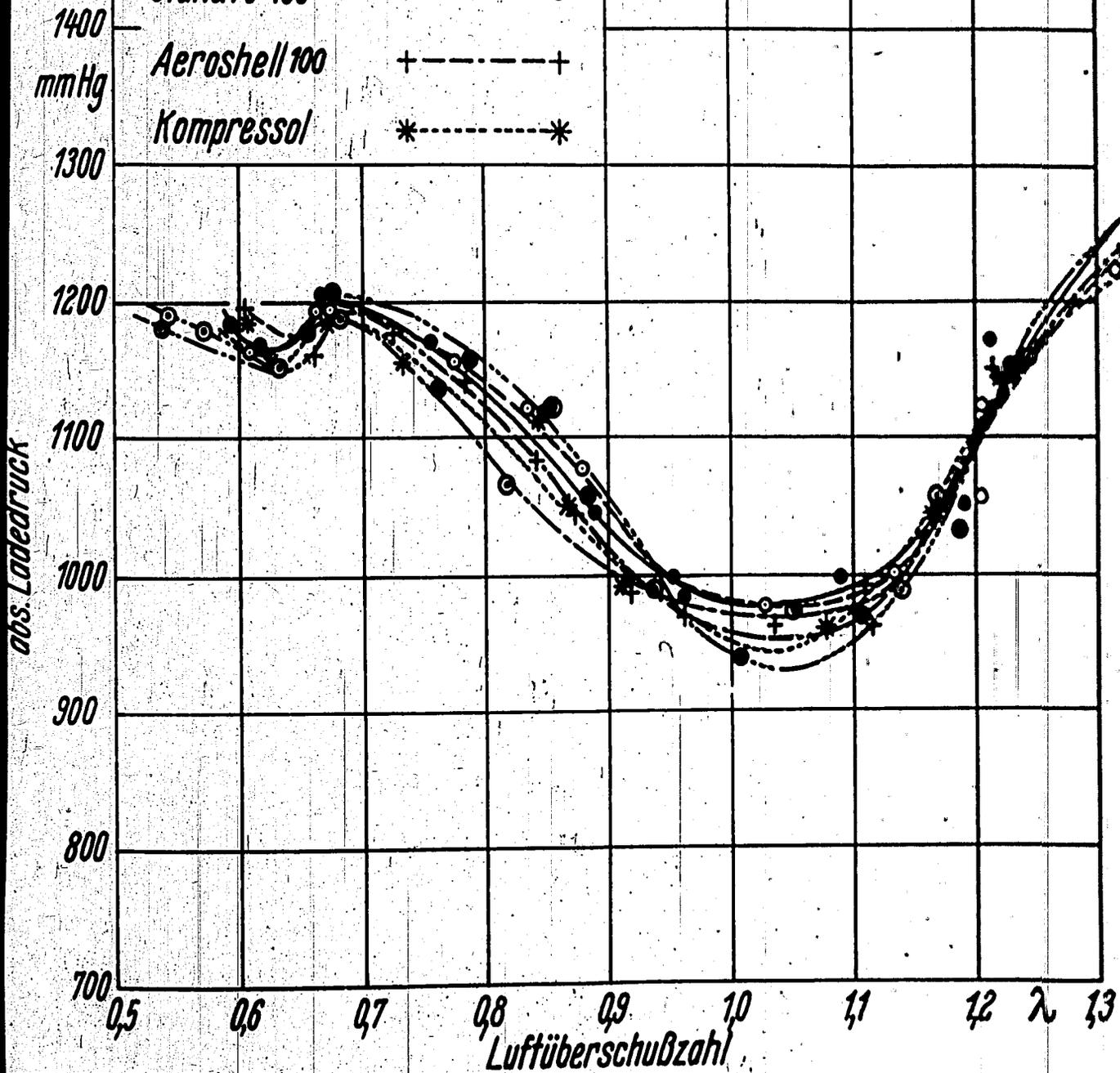


Abb. 6: Klopfgrenzkurven von VT 702 + 0,12 Blei bei 130° Ladelufttemperatur und verschiedenen Schmierölen.

BMW 132 N

Kraftstoff: Bi/Bo Zündung: 30/31°KW

Ladelufttemp: 130°C Drehzahl: 1900 U/min

Verdichtung: $\epsilon = 6,5:1$ Überschneidung: 41°KW

Schmierstoff:

zu Beginn der Versuche

am Ende der Versuche

Rotring D

Grünring D

P16

Stanavo 100

Aeroshell 100

Kompressol

1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
mmHg

abs. Ladedruck

0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 λ 1,3
6430
Luftüberschusszahl

Abb. 7: Klopfgrenzkurven von Bi/30-Gemisch bei 130° Ladelufttemperatur und verschiedenen Schmierölen.

