

A-9
Berichte des Technischen Prüfstandes Oppau

Bericht Nr. 451

**Temperatureinflüsse
beim Betrieb von Flugmotoren
nach dem Ringverfahren**

8428



**I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUDWIGSHAFEN AM RHEIN**

Leib

Bericht des Technischen Prüfstandes Oppau

Nr. 451

Temperatureinflüsse beim Betrieb von Flugmotoren nach

dem Ringverfahren.

Übersicht: Die Versuche ergaben, dass ein Betrieb mit verhältnismässig niedrigen Zylinder- und Ansauglufttemperaturen möglich ist. Mindestwerte: BMW 132 N: 120° Zylindertemperatur, 20° Ansaugluft, Jumo 211: 30° Kühlwassertemperatur, 20° Ansaugluft, bei Vollast allerdings ohne brauchbare Leistung.

Niedrige Ansauglufttemperaturen ergeben bis zur Halblast herab bessere Leistungen (Steigerung der Höchstlast um 10-15%). Auch niedrige Zylindertemperaturen ergeben im Vollastgebiet höhere Leistung, im Teillastgebiet jedoch früheren Leistungsabfall. Niedrige Temperaturen sind im Vollastgebiet von geringem Einfluss auf den Verbrauch, im mageren Bereich ergeben kalte Luft und kalte Zylinder hohe Verbräuche.

Bestwerte: BMW: 80° Ansaugluft, 210° Zylindertemperatur.
Jumo: 50° Ansaugluft, 50° Kühlwassertemperatur bis Halblast, von da bis Leerlauf 80° Ansauglufttemperatur.

Beste Schmieröltemperatur 90°C gegenüber den ebenfalls untersuchten Temperaturen von 60 und 80°.

Abgeschlossen am: 3. April 1941

Bearbeiter:

Dipl. Ing. Leib

Pig

Leib

Die vorliegende Ausfertigung 21 enthält

8 Textblätter

12 Bildblätter

Verteiler

Nr.	am	Empfänger	Nr.	am	Empfänger
1		Argus, Berlin, Dr. Christian,	11		Luftkriegsakademie Gadow,
2		BMW, München, Dr. Löhner,			Prof. Dr. Helfelder,
3		BMW, Spandau, Dr. Stieglitz,	12		RLM, GL 5/II, P. I. Keilpflug,
4		DB., Stuttgart, Dr. Schmidt,	13		RLM, Abt. LC 3, Dr. Stiebling,
5		DVL, Dipl. Ing. Caroselli,	14		RLM, Abt. LC 1, D. I. Gebhardt,
6		DVL, Dr. v. Philippovich,	15		TH. Berlin, Prof. Dr. Triebnigg,
7		E'stelle Reehling, D. I. Lange,	16		TH. Dresden, Prof. Dr. Pauer,
8		Birth, Stuttgart, Dr. Bentele,	17		Dir. Dr. Müller-Gunradi,
9		Junkers, Dessau, Dr. Gerlach,	18		Dipl. Ing. Penzig,
10		Junkers, Dessau, Dr. Lichte	19		Techn. Prüfstand,
			20		Dipl. Ing. Kufmann, Dr. Kufmann,
			21		Unterwiesheim

8429

Zweck der Versuche.

Es war am Zylinder-Prüfstand an einem luft-gekühlten und einem Flüssigkeitsgekühlten Baumuster der Einfluss der Temperaturen der Ansaugluft, Zylinder bezw. Kühlwasser und Schmieröl auf Leistung und Verbrauch zu untersuchen und deren günstigste Einstellung festzustellen.

Durchführung der Versuche.

Die Versuche wurden am I.G.-Versuchsotor, jeweils versehen mit einem BE-Zylinder 132 N und einem Jumo-Zylinder 211 A durchgeführt. In letzteren Fällen waren in früheren Versuchen als für den Ringbetrieb die günstigsten festgestellt worden. Die Lage der Dose und die Temperatur des Öls beim BE-Zylinder ist aus Blatt 1 zu ersehen. Die jeweilige Anordnung der R-Stoffeisen, sowie die Betriebsbedingungen sind in Tafel 1 angegeben. Auf Tafel 2 (Seite 3) sind 440 Versuche in der zeitlichen Reihenfolge aufgeführt. Es daraus zu ersehen ist, wurden die Versuche an beiden Zylindern mit verschiedenen R-Stoffverbräuch durchgeführt, doch spielt dies für das Gemisch selbst keine Rolle, da die jeweils zusammengehörigen Versuchsreihen bei gleichem R-Stoffverbrauch je Hub gemessen wurden.

Tafel

Seite 3

Tafel 11 Betriebsbedingungen für die verwendeten Motoren

		BMW-Zylinder I.G. Vers. Motor 1	Jumo-Zylinder I.G. Vers. Motor 3	Jumo-Zylinder + I.G. Vers. Motor
Borung	m/m	152 _m	150	
Hub	m/m	162	162	
Hubraum	l	5,08	2,86	
Ventilnuten		3.6.20° v.o.T. E.g. 77° n.u.T. A.g. 76° v.u.T. A.g. 21° n.o.T.	3.6.13° v.o.T. E.g. 48° n.u.T. A.g. 46° v.u.T. A.g. 32° n.o.T.	
Spezialstoffe		ST-1000, 10 Pb H _u -10500 kcal/kg	CV28+0, 125 Pb H _u -10000 kcal/kg	50% CV28+50% ST + 0,12% Pb H _u -10200 kcal/kg
Luftdruck			Bosch 10 1/100 V 635 A	
Lufttemperatur		Bosch DV 231/3	Bosch DV 231/3 Sapfin 45°	Bosch DV 231/3
Luftfeuchtigkeit			H 300 (H _u -5680)	
Luftgeschwindigkeit			Bosch DV 231 3,6 am Kolben	
Luftdruck		Bosch DV 231/3 25° Kapsen	Bosch DV 231 3,4 Bohrungsdurchmesser	
Einige A-winkel		30° K n.o.T. 30-70° K v.o.T.	35° K n.o.T. 30-35° K v.o.T.	35° K n.o.T. 35-85° K v.o.T.
Druck des Einspritz- pumpen für die drei Kylinder	atm			
Luftdruckmesser für die drei Kylinder		1,5	1,5	1,5
Luftdruckmesser für die drei Kylinder		Blatt 1 A	Blatt 1 E	Blatt 1 C
Druck des Einspritz- pumpen für die drei Kylinder	atm	760	760	800
Druck des Einspritz- pumpen für die drei Kylinder	atm	200	200	200

mit 100 V nach Olttemperatur verwendet (s. Seite 7)

Fresbels der Versuche.

1.) BMW-Zylinder.

Es wurden hier zunächst bei festgehaltener Zylinderkammer-temperatur von 210°C je eine Verdrahtungs-kurve bei 80° , 90° und 20° Ansaugluft geführt (Blatt 2). Wie aus den Kurven ersichtlich ist, ergibt der Betrieb mit 90° Ansaugluft über den ganzen Bereich etwa um 5-8% bessere Leistung als derjenige mit 80° Ansaugluft, während eine Lufttemperatur von 20°C im fetten Gebiet bis etwa $2/3$ Last noch ebenfalls etwas größere Leistung ergibt, dafür aber im mageren Gebiet ein steileres Abfallen der Leistung und somit ein schnelleres Ansteigen des Verbrauches zur Folge hat. Die Sprühdrucke nach der Einstellung liegt jedoch, besonders im mageren Gebiet, die Leistungskurve, die bei einem Betrieb mit 90° Ansaugluft erhalten wurde.

In einer zweiten Versuchsreihe wurde nun der Staudruck der Kühlluft fest ein gestellt (200 mm Hg), sodass mit steigendem Luftüberdruck der Zylinder-Kühler wurde. Die Ergebnisse, die mit den 3 Basal-Luft-temperaturen jetzt erreicht wurden, sind auf Blatt 3 dargestellt. Im fetten Gebiet erhöht die Luftdrucksteigerung durch höhere Ansaugluft aus-spricht. Die Ursache hierfür liegt in der etwas niedrigeren Zylinder-temperatur von 175° (gegenüber 210° vorher) zu danken sein, wodurch die mittlere Aufteilung des Gemisches etc. sichergestellt wurde. Der Leistungs-gewinn beträgt bei Vollast mit 90° Ansauglufttemperatur 5% und bei 20° Ansaugluft 8% gegenüber 80° . Dafür sinkt aber die Leistung schon bei $1/3$ Last unter die 80° Kurve und bei einem Luftdruckverhältnis von 1,6 ist für 20° so wohl wie für 90° Ansauglufttemperatur kein Durchlaufen mehr möglich, wobei die Zylinderkammer-temperatur auf 120°C gesunken ist. Die Verbräuche liegen im fetten Gebiet auf etwa gleicher Höhe wie bei den Versuchen mit fest ein- gestellter Zylinderkammer-temperatur. Sie erreichen aber nicht die Höchstwerte der Versuche mit geregelter Kühlung.

In Tafel 2 sind für alle Versuche bei gleichem Luftdruckverhältnis die Leistungen mit den verschiedenen Verbräuchsleistungen aufgeführt. (Blatt

werte sind nicht bei Vollast, sondern bei einem $\lambda = 1,1$ genommen, um Unregelmäßigkeiten des Kurvenverlaufes durch Maximumverschiebung möglichst auszuscheiden. Daneben sind in weiteren Spalten die Zunahmen von Leistung und Ladeluftmenge in Vergleich zu den jeweilig niedrigsten Wert bei 20°C aufgestellt. Vergleicht man Blatt 2 und die Werte in der Tafel (vgl. 1, 2 und 3), so findet man bei Höchstlast fast keine Unterschiede in der Leistung, und ebenso auch bei $\lambda = 1,1$ keine mit dem Anstieg der verbrauchten Luftmenge vergleichbare Leistungssteigerung, während bei den nachfolgenden Versuchen (14, 15 und 12) die Leistungs- und Verbrennungsleistungen sich fast in derselben Größenordnung bewegen, sodass man schließen kann, daß die Verbrennung des Gemisches hier bei allen drei Lufttemperaturen gleich gut ist, während vorher die Zylinderkammer Temperatur zu hoch lag, sodass im kalten Gebiet die Verbrennung unregelmäßig verlief. Die Leistungssteigerung bei niedrigen Lufttemperaturen erklärt sich aus der besseren gleichmäßigen Aufladung des Zylinders.

Auf Blatt 4 sind für beide Versuchsreihen die Leistungen über dem Venturischlauch aufgezichnet. Man sieht hier noch einmal, dass der Einfluss der Lufttemperatur bei dem höheren Zylinder noch stärkere Wirkung als die Ansauglufttemperatur hat, wodurch eine besondere Leistungssteigerung mit kaltem Ansaugluft eintritt.

Lufttemperatur und Venturipritzwinkel für K-Stoff hatten bei beiden Versuchsreihen etwa denselben Verlauf und zeigten keinen einseitigen Gang mit der Venturitemperatur.

1.) Zweiter Zylinder.

Die entsprechenden Versuche hatten ersten am 31. Zylinder mit 1. und 2. Zylinderkammer, auch hier bei 20°C Zylinderkammer Temperatur je ein Versuch mit 20° , 50° und 20° Ansauglufttemperatur durchgeführt. Wie aus Blatt 5 zu ersehen ist, ergibt auch Ansaugluft von 50° eine Steigerung der Leistung, auch bei 1. und 2. Zylinderkammer. Eine Leistungssteigerung bleibt an

nähernd bis zu einem Luftüberschuß von 1,75 erhalten. Auch die Herabsetzung der Lufttemperatur auf 20° ergibt Mehrleistung im fetten Gebiet (s. Fig. 1, ebenfalls um etwa 16% bei $\lambda = 1$), dafür aber infolge schlechterer Fortbreitung früheres Abfallen der Leistung (bei $\lambda = 1,5$) unter der mit 30° Lufttemperatur erhaltenen Leistungskurve. Vergleicht man auch hier wieder die durchgesetzten Luftmengen auf Tafel 2 mit der Leistungsnahme, so findet man, daß die Mehrleistung ebenso wie beim Hülzylinder durch bessere Füllung des Zylinders erreicht wurde.

Für beide Motormuster gilt also:

„Höchste Leistung“ im fetten Gebiet bei niedrigen Ansauglufttemperaturen. Darin der Verbrench und längeres abfallende Leistung im mageren Gebiet (von $\lambda = 1,5$ an) bei hoher Lufttemperatur.

In einer letzten Versuchreihe wurde nun die Kühlwassertemperatur auf 55°C gesetzt und mit den gleichen Ansauglufttemperaturen (80° , 50° und 20°) gefahren. Die erhaltenen Kurven (s. Blatt 6) zeigen den gleichen Verlauf wie bei 30° Kühlwassertemperatur (Blatt 5), jedoch werden nicht mehr die betrübte niedere Verdichtungsleistung erreicht.

Die Ergebnisse der beschriebenen Versuch mit 30° Kühlwassertemperatur zeigt Blatt 7. Es wurden hier nur im unvollkommenen Bereich bei 30° und 20° Ansaugluft die eine Vergleichungskurve gefahren. Die Höchstleistungszunahme ist bei kalter Ansaugluft betrüblich (10,5%) infolge unvollkommener Verbrennung im Zylinder, die aus der Auspufftemperatur ersichtlich, tritt auch Verbrennung im Ansaugrohr ein. Der Verbrauch erreicht hier einen Höchstwert von 2100 kcal/PS h gegenüber 2000 kcal/PS h bei 30° Luft- und 20° Kühlwassertemperatur. Interessant ist nun bei den letzten 5 Versuchen der Vergleich zwischen Leistung und verbrauchte Verbrennungskraft (s. Tafel 12). Stets bei der Kühlwassertemperatur von 30° der Leistungszuwachs mit dem Mehrverbrauch der Luft fast genau überein, es nimmt infolge bei 55° Kühlwassertemperatur in Leistung bei

kalter Ansaugluft nur um 7,2%, die Ansaugluftmenge dagegen wie vorhin um 17% zu, d.h., die Verbrennung ist hier schon etwas schlechter geworden. Noch krasser tritt dies bei den zuletzt behandelten Versuchen hervor, bei denen die Leistung trotz Zunahme der zugeführten Verbrennungsluft um 5,3% nicht nur nicht ansteigt, sondern um ~ 6,5% abnimmt.

Auf den Blättern 8, 9 und 10 sind die Versuche mit gleicher Ansauglufttemperatur noch einmal zusammengestellt. Aus dem Vergleich der Darstellungarten lässt sich erkennen, dass bei hoher Lufttemperatur eine Veränderung der Kühlwassertemperatur von geringem Einfluss ist, während eine Änderung der Gaseklufttemperatur stärkere Leistungsunterschiede zur Folge hat (Blatt 5). Sind jedoch die Verbrennungsbedingungen durch niedrige Wasser- bzw. Lufttemperatur an sich schon beeinträchtigt, so macht sich jede Veränderung, sei es vom Kühlwasser oder der Luft hergehend, besonders stark bemerkbar (Blatt 7 und 10).

Die Voreinspritzwinkel liegen bei einem etwas höheren als beim BMW-Zylinder. Doch ist auch hier kein eindeutiger Zusammenhang mit der Temperatur festzustellen. Bei hohen Temperaturen trat zwischen $\lambda = 1,0$ und 1,5 mit grossem Voreinspritzwinkel leichtes Klopfen auf, sodass in diesem Gebiet ein Zurückstellen der Voreinspritzung notwendig war (vgl. Blatt 5 und 6). Für sämtliche Versuche sind auf Blatt 11 die Leistungen über dem Verdichtungsdruck aufgetragen.

Einfluss der Schmierölteperatur.

Die Versuche wurden an einem anderen Prüfstand unter anderen Umständen durchgeführt und sind deshalb mit den vorigen Versuchen nicht unmittelbar vergleichbar (s. Zahlenstafel 1 und 2). Die Laugeft wurde hier unter einem Druck von 80 mm Hg. zugeführt, sodass höhere Belastungen erzielt wurden, es wurden bei gleichem Kühlwasser und Laugefttemperatur je ein Versuch bei 60°, 80° und 90° Schmierölteperatur durchgeführt. Die Ergebnisse sind auf Blatt 12 aufgeschrieben. Es ist zu

ersehen, dass mit höherer Öltemperatur etwas bessere Leistungen erzielt wurden. Der Verbrauch ist dadurch im mageren Gebiet geringer. Bei einem Luftüberschuss von 2,0 beträgt die Verringerung des Verbrauchs bei 80° Öltemperatur etwa 10, gegenüber 60°, bei 90° Öltemperatur 14,5%, die Voreinspritzwinkel liegen für die drei Versuche gleich.

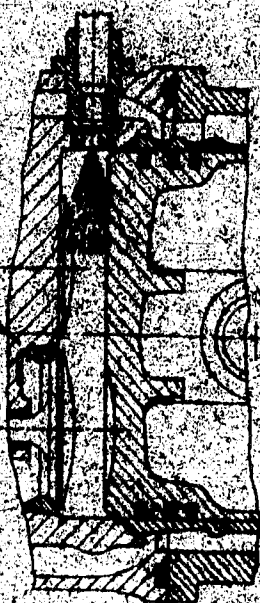
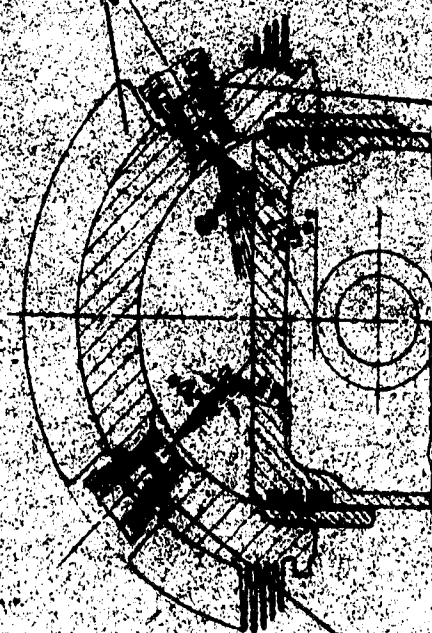
Tafel 2. Versuchsplan

Versuchs- nr.	Motor	Temperaturen			Luft		R-Stoff Menge m ³ /Hub	Leistung		Ergebnis darüber steht Blatt
		Zylin- der °C	Kühl- wasser °C	Ansaug- luft °C	Schmieröl °C	Kühlluft Staudruck m/m WS		Luft - verbrauch kg/h	Zunahme bei 800 An- satz Luft- temp. %	
11	BMW 132 N	210	-	80	85	regelt	32	171,5	ø	2 und 4
12	Versuchs- motor 1	210	-	50	85	"	32	184,1	7,35	4
13	210	-	-	20	85	"	32	195,8	14,2	6
14	mit dem Luftüber- schuss abnehmend	-	-	20	85	200	38	173,8	ø	ø
15	-	-	-	50	85	200	38	184	5,6	8,8
16	-	-	-	80	85	200	38	192,8	11	9,1
17	Jumo 211A	-	80	80	85	-	20	182	ø	5
18	Versuchs- motor 3	-	80	50	85	-	20	205	12,6	14,7
19	-	-	80	20	85	-	20	214	17,5	18,8
20	-	-	55	80	85	-	20	183,5	ø	0
21	-	-	55	50	85	-	20	199	9,45	4,5
22	-	-	55	20	85	-	20	214,5	17	7,2
23	-	-	30	50	85	-	20	204,5	0	ø
24	-	-	30	20	85	-	20	215,5	5,3	-6,5
25	Jumo 211A	-	80	80	60	-	22	-	-	12
26	Versuchs- motor 2	-	80	80	80	-	22	-	-	-
27	-	-	80	80	90	-	22	-	-	-

Düsenanordnung

A: am BMW 132N

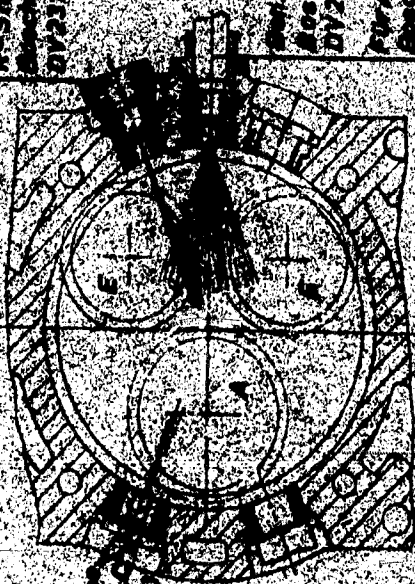
B: am Jumo 211A



Benzin:
Stech-Düse
DV 40 N 80 M 5

R-Stoff:
Stech-Düse
DV 3312/2 (20°)

R-Stoff:
Stech-Düse
DV 3311 (0,45)



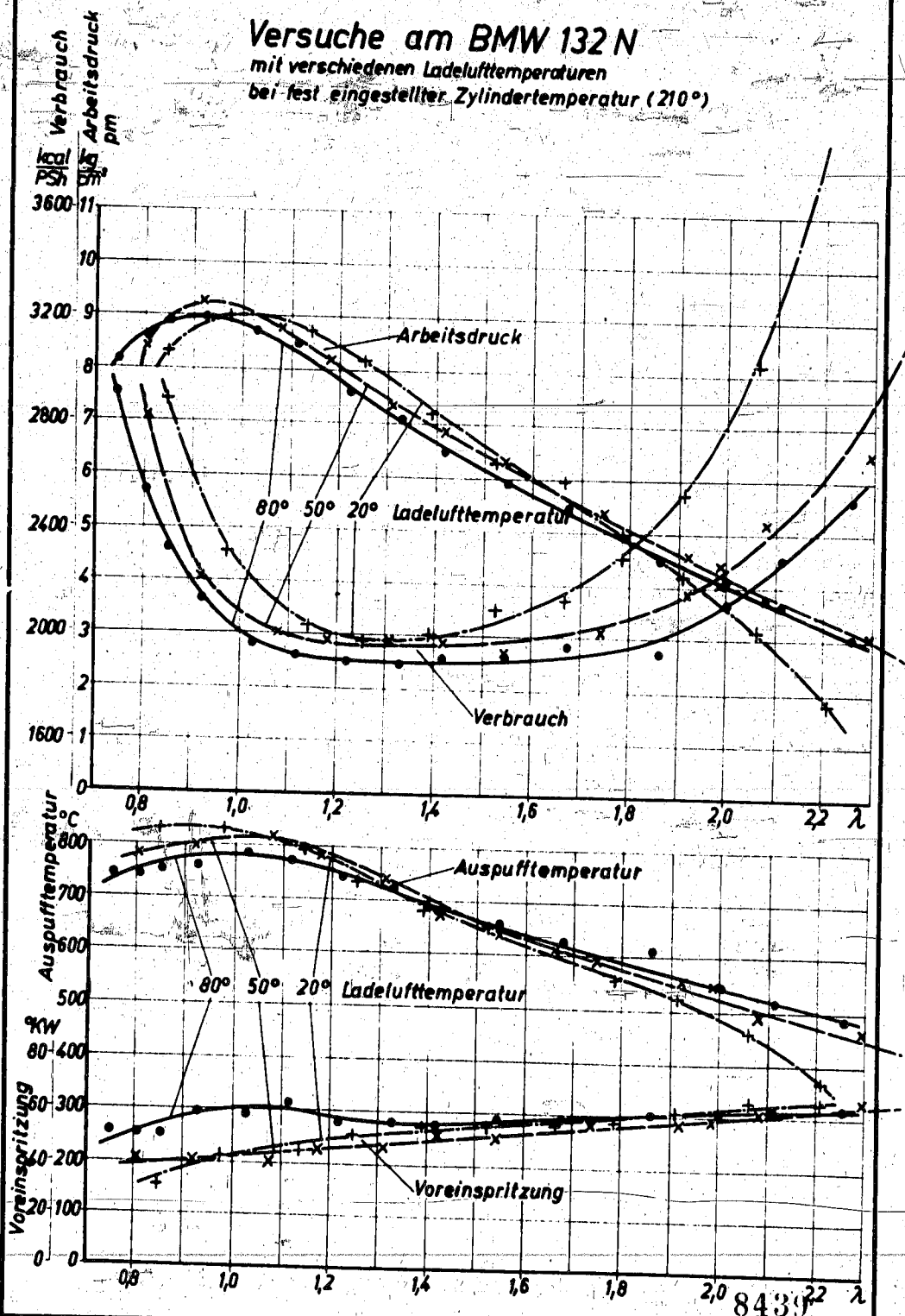
Stech-Düse
DV 2312/1 (45°)
Für Anordnung C
Stech-Düse
DE 40 N 80 M 5

Thermoelement

8438

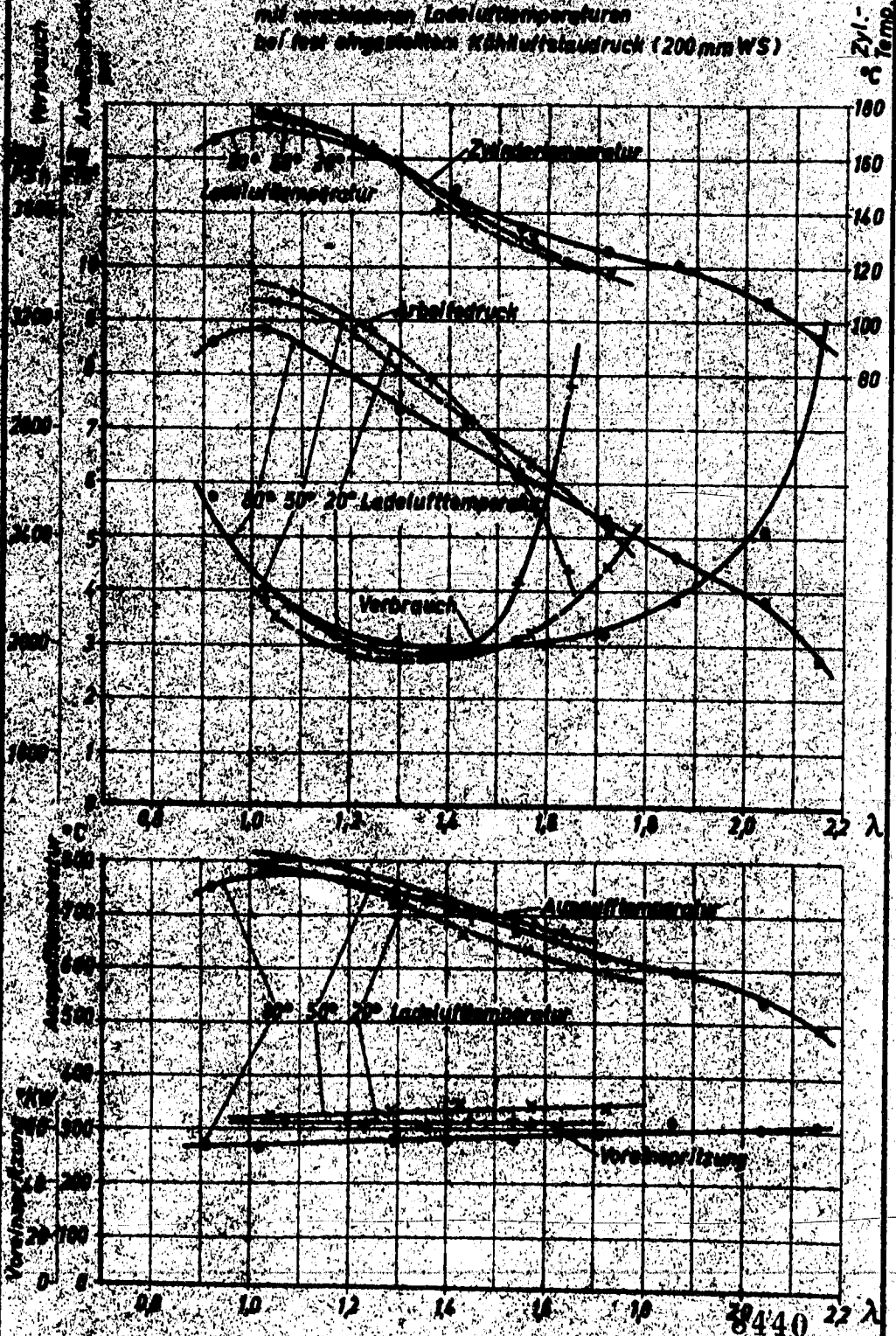
Versuche am BMW 132 N

mit verschiedenen Ladelufttemperaturen
bei fest eingestellter Zylindertemperatur (210°)



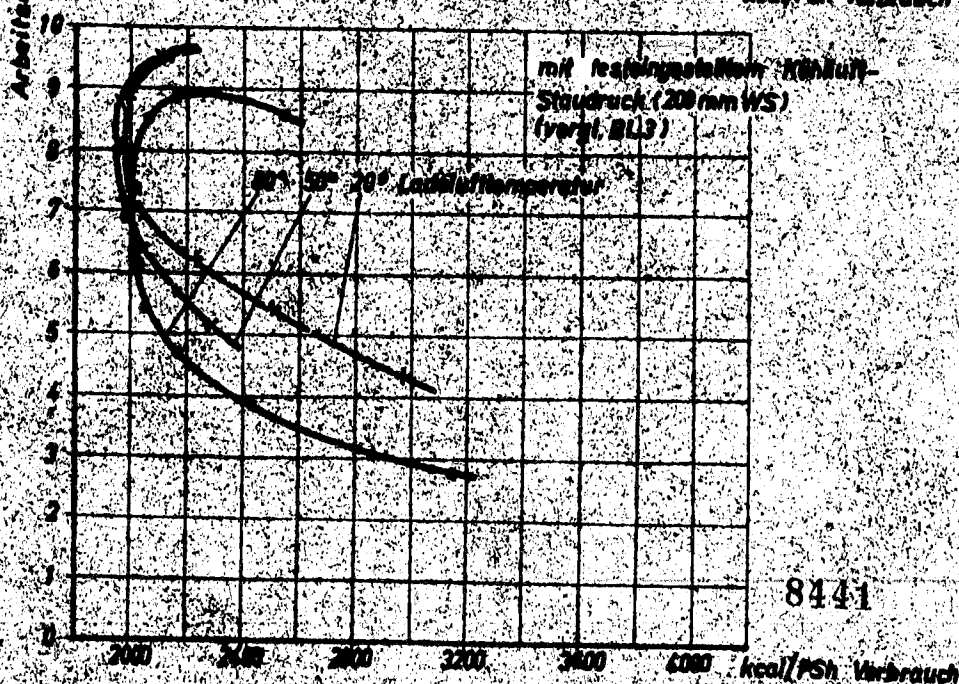
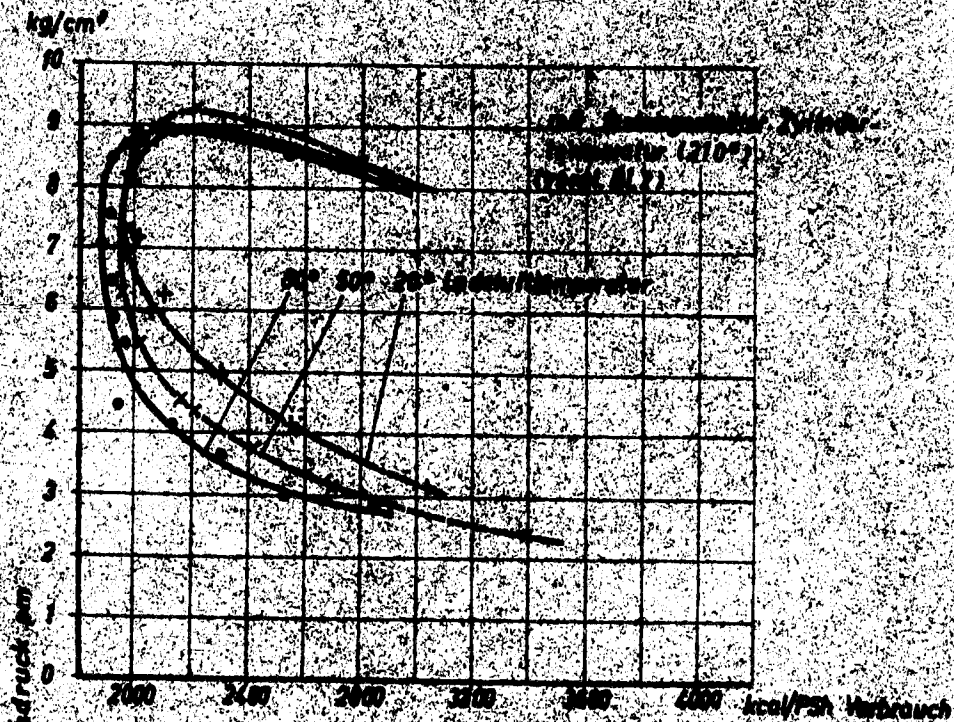
Versuche am BMW 132 N

mit verschiedenen Ladelufttemperaturen
bei fest eingestelltem Kühlluftdruck (200 mm WS)



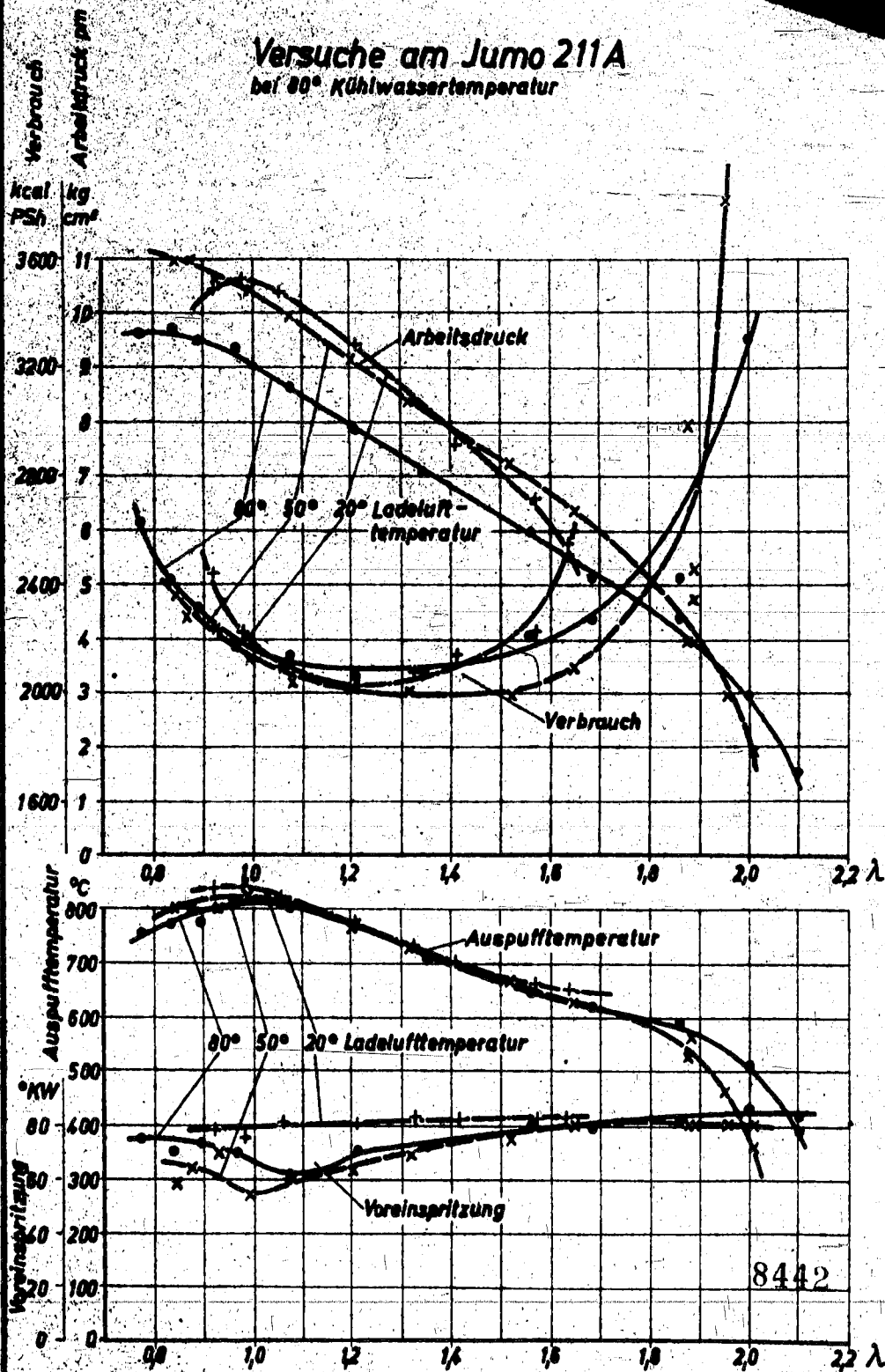
Versuche am BMW 132 N

Verbrauchsmessung



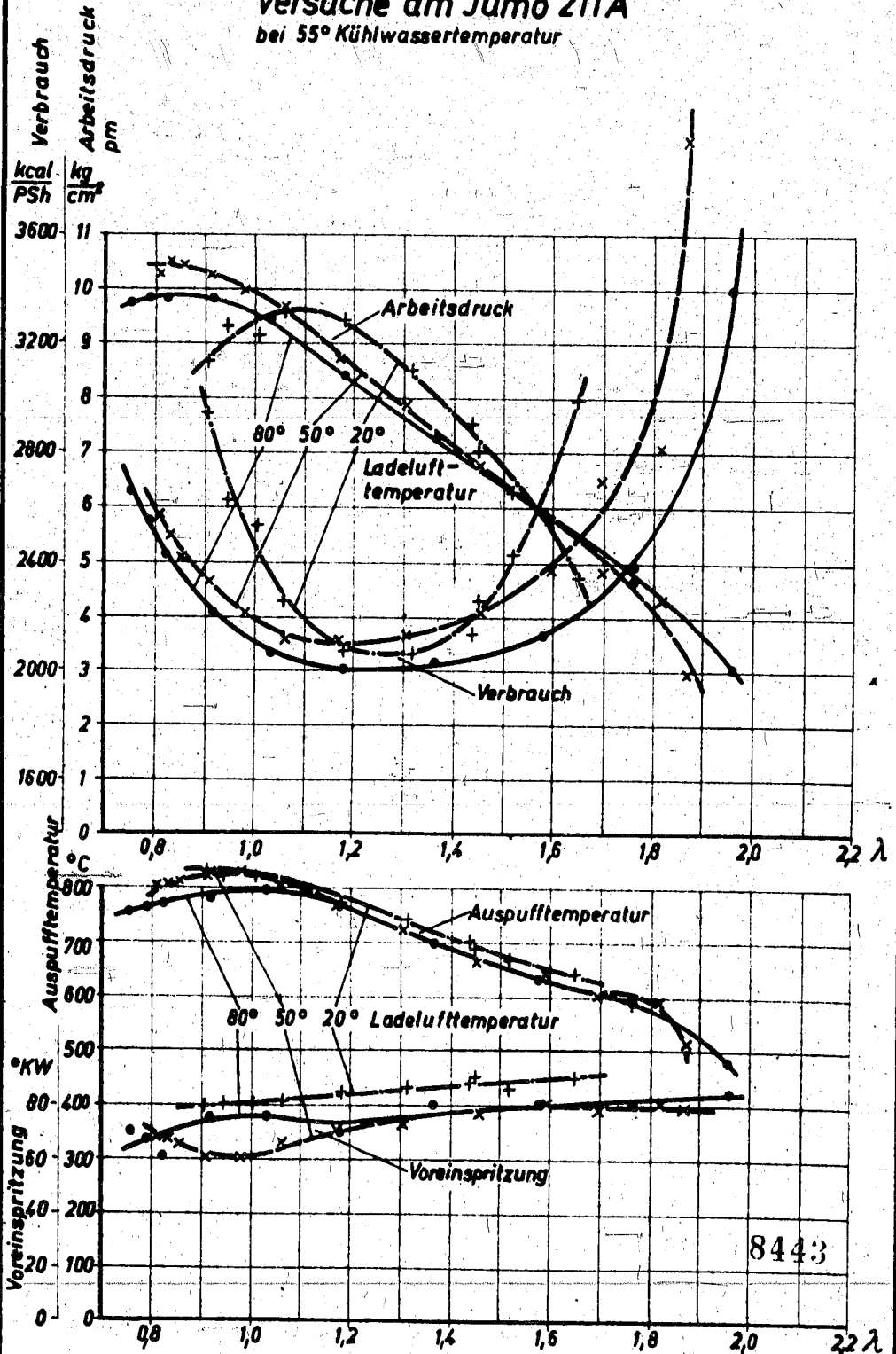
8441

Versuche am Jumo 211A bei 80° Kühlwassertemperatur



8442

Versuche am Jumo 211A bei 55° Kühlwassertemperatur

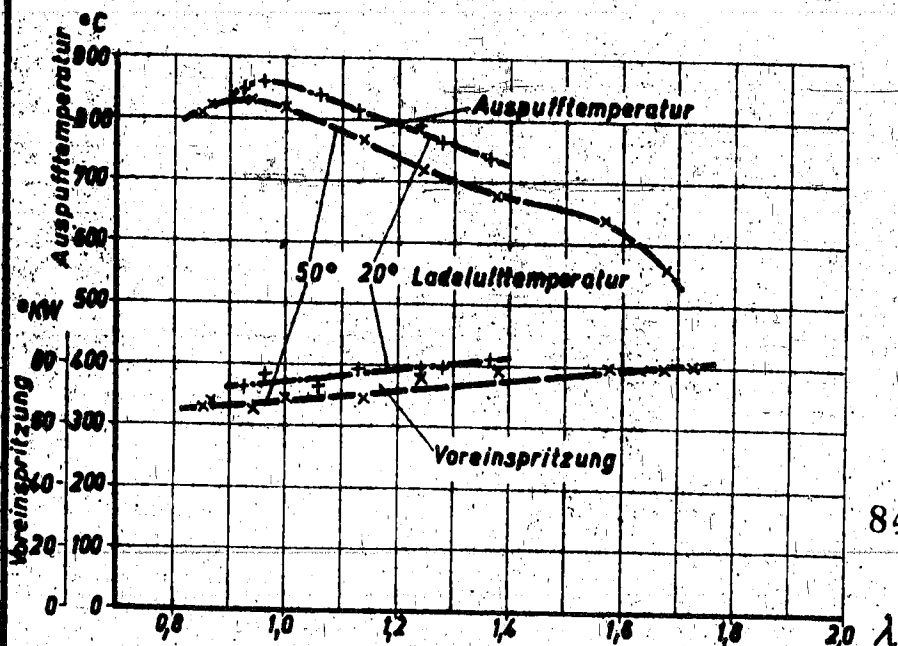
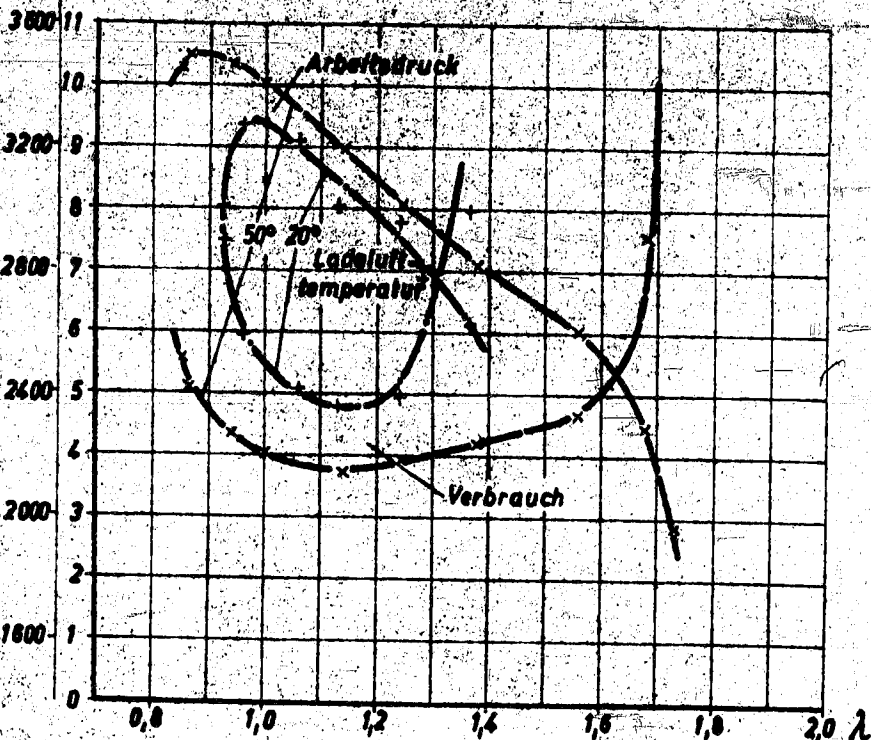


Oppau

Versuche am Jumo 211A

bei 30° Kühlwassertemperatur

Verbrauch
kcal
PSH cm³



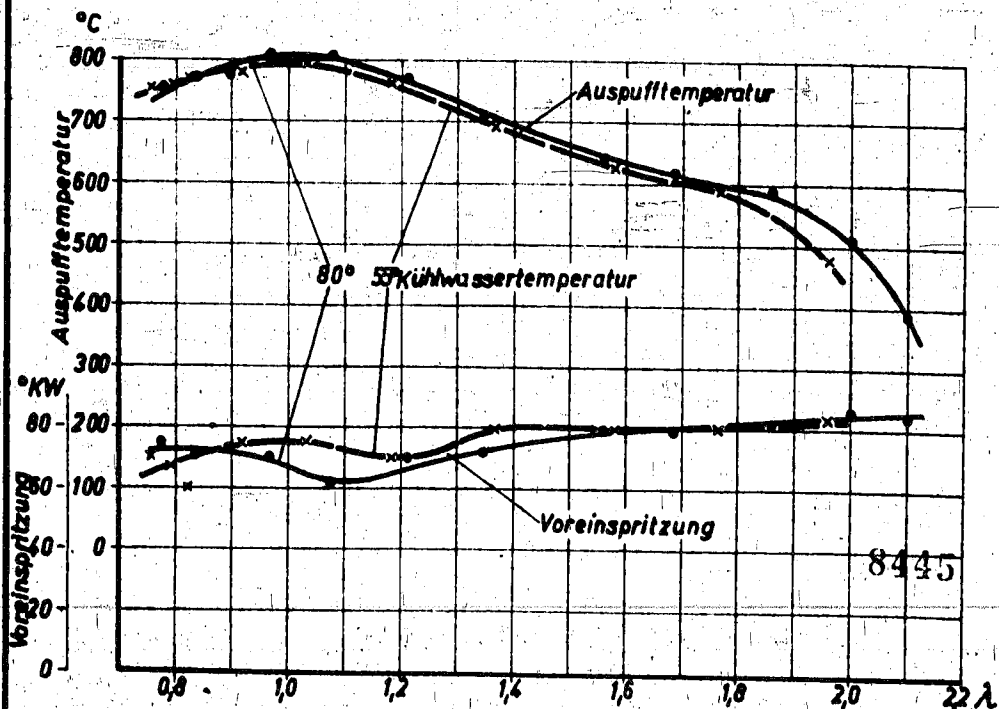
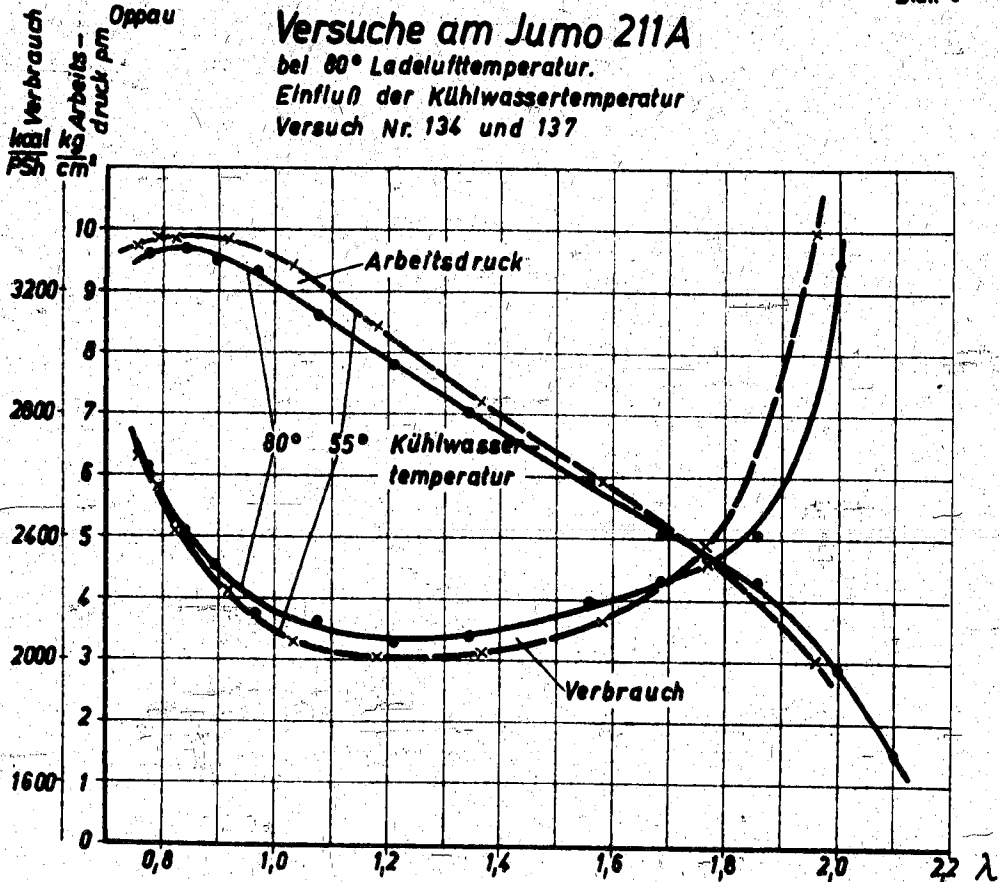
8444

Versuche am Jumo 211A

bei 80° Ladelufttemperatur.

Einfluß der Kühlwassertemperatur

Versuch Nr. 134 und 137

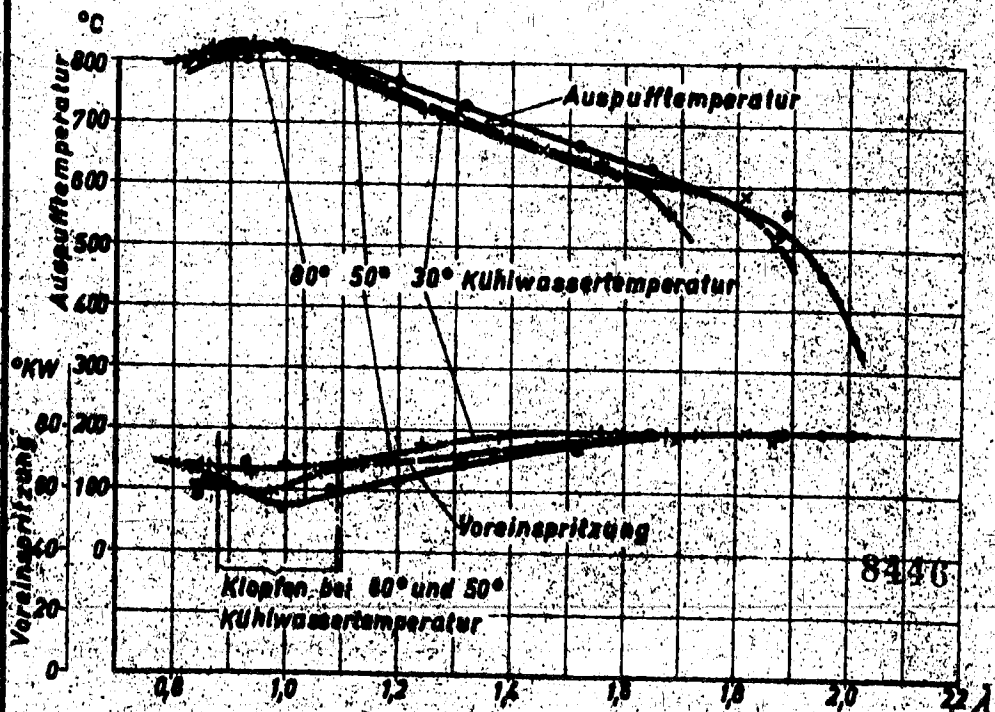
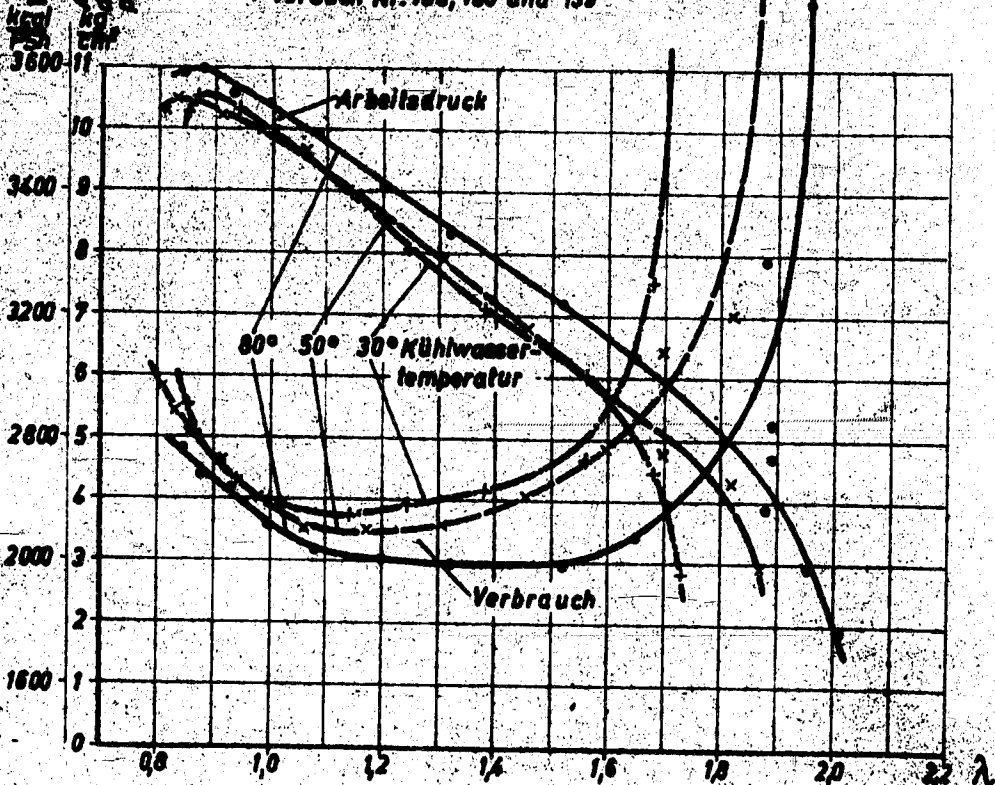


Opau

bei 50° Ladelufttemperatur

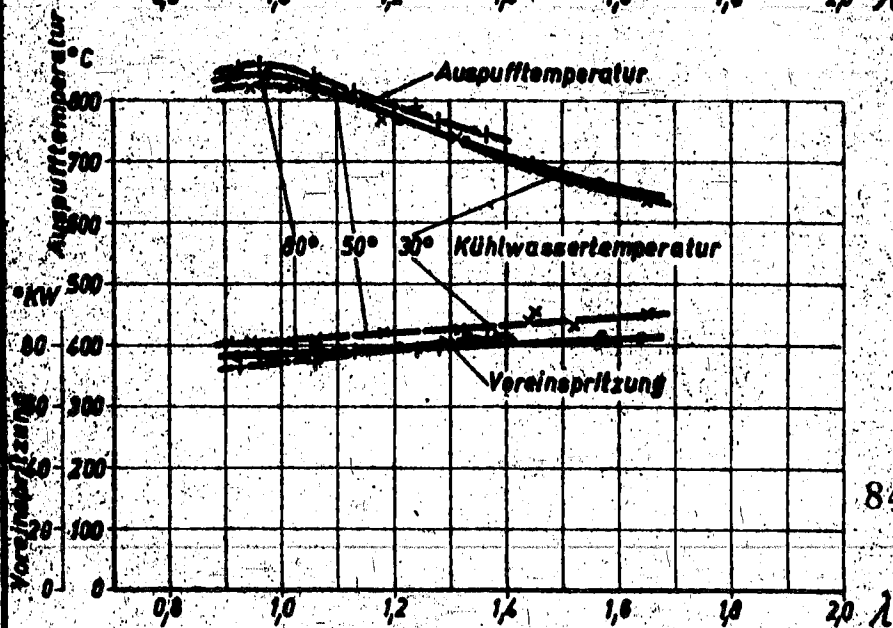
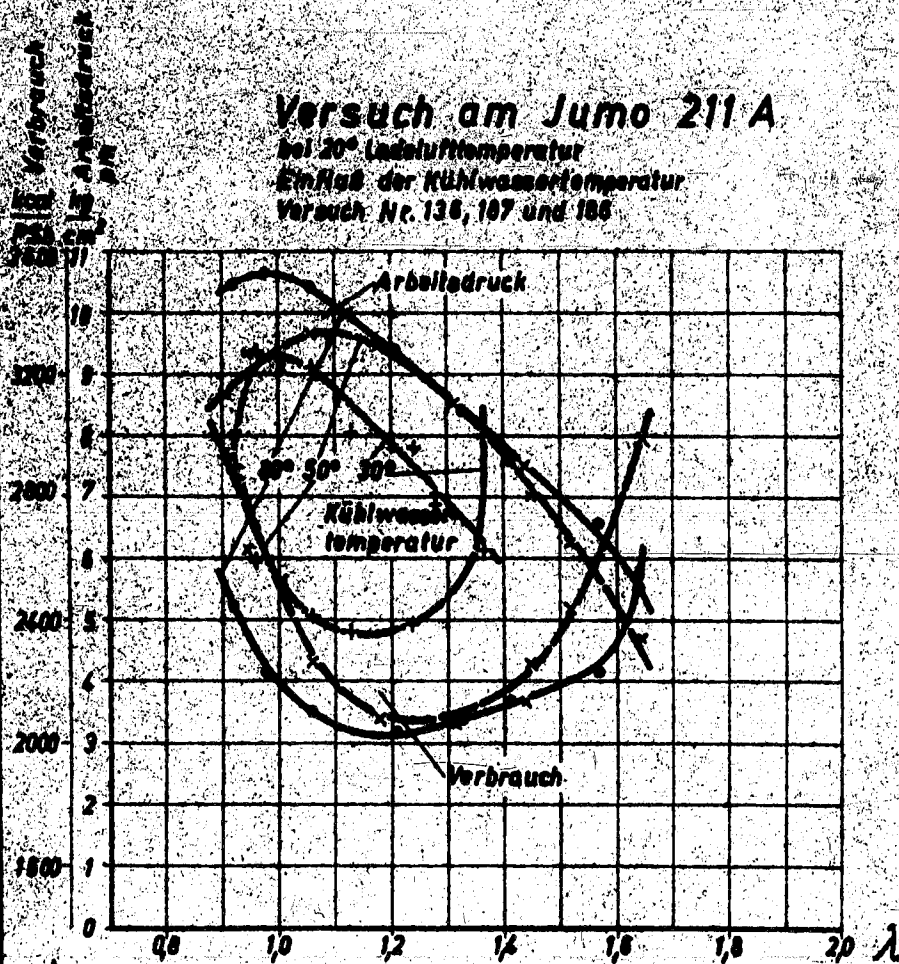
Einfluß der Kühlwassertemperatur

Versuch Nr. 135, 136 und 139



Versuch am Jumo 211 A

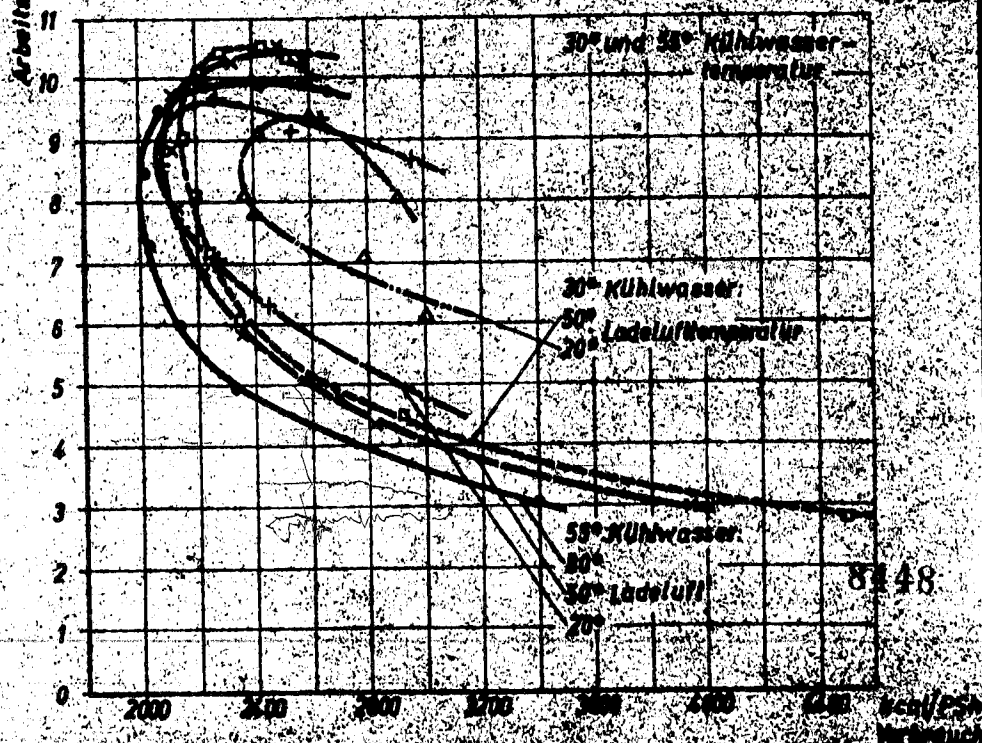
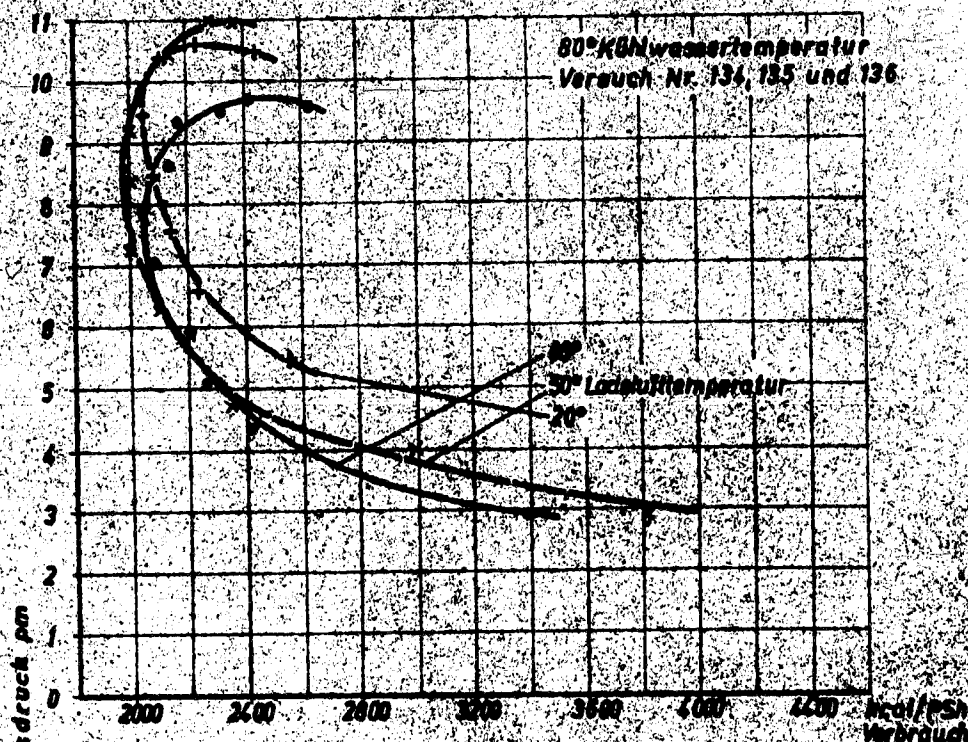
bei 20° Lufttemperatur
Einfluß der Kühlwassertemperatur
Versuch Nr. 136, 167 und 186



8447

Versuche am Jumo 211A

kg/cm²



bei 80° Kühlwassertemperatur Einfluß der Öltemperatur

