



MILITARY INTELLIGENCE SERVICE

TMC LIQUID FUELS & LUBRICANTS SUBCOMMITTEE

# ENEMY DOCUMENTS

CAPTURED BY OIL MISSION

# CONTINUATION SHEET

Bag-No.-3966

Target 30/12.04

Tech. Hochschule  
Stuttgart

DOCUMENTS ON AUTOMOTIVE RESEARCH & ENGINEERING

GROUP I

Several Ungsteins not included in the regular Ungstein Series.

Report No.

L. 4	11C15	High strength aircraft steels.	15. 5. 40.
L. 5	111B17	Instructions for the testing of component parts and equipment of power plant housings of airplanes.	13. 5. 40.
L. 7	11C21	Synthetic materials and their use in aircraft construction.	31. 1. 41.
L. 8	111A21	Piston rings.	Oct. 1939.
L. 9	111A22	The basic form and working principles of injection pumps and jets for diesel and Otto aero-Engines.	16. 2. 40.
L.10	111A24	Aero-dynamic jet cooling of liquid-cooled aero-motor with radiators.	1. 4. 40.
L.11	111A26	The design of combustion chambers in Aero-Engines.	12. 4. 40.
L.12	111A27	Supplement to the construction of exhaust-monifold and exhaust pipes on aero-engines.	31.10. 40.
L.14	111A29	Aero-carburetor.	
L.15	111A30	The principles of design and construction of in line aero engines.	15. 5. 40.
L.17	111A32	Fuel supply pumps.	15. 5. 40.
U. 6		Research work on Pistons by Dr.Ing Erich Koch VDI Stuttgart.	1942.
U.22		German research installation for aviation. Description and installation of an automatic coolant temperature control shutter for aero-engines.	

DOCUMENTS COLLECTED FROM F.K.F.S. INSTITUTE OF AUTOMOTIVE TRANSPORT AND VEHICLE ENGINES.

GROUP 2

DOCUMENTS COLLECTED FROM F.K.F.S. INSTITUTE OF AUTOMOTIVE TRANSPORT AND VEHICLE ENGINES.

CICS NO.	REF. NO.	TITLE	UTHCAS(S)	L.T.D.
		German Aviation Research by the Research Institute for Automotive Transport and Vehicle Engines at the Technical College, Stuttgart.		
SA1	1697	The Effect of Peroxides in the engine and their determination	Widmaier	16.12.42
SA2	1742	The Effect of aldehydes in the Engine and their quantitative determination	Widmaier	5. 2.43
SA3	1905	Evaluation of Fuels for their tendency to form Vapour Bubbles (Vapour lock)	Widmaier	10. 2.44
SA4	1815	F.K.F.S. Method of estimating the Bromine Content of Aviation Fuels	Widmaier	19. 6.43
SA5	5011	Load and Lubrication Ratios of Modern German and Foreign 12-Cylinder in-line Aero Engines.	Rieckert, Hampf & Dorflinger	10. 1.44
SA6	5013	Principle tests on the Sliding Bearing Test Rig of an Aero Engine Main Big End Bearing (Interim Report)	Kamm et al Hellinger, et al.	10. 5.44 10. 3.44
SA7	5018	Testing of Lubricant Additives in a single-cylinder Engine	Rieckert Rossenbeck & Handschuh	24. 5.44
SA8	5019	Measuring the Temperature Distribution of a Main Big End Bearing on the Sliding Bearing Principle Test Rig	Hampf et al	19. 5.44
SA9	5025	Tests on the running-in behaviour of Piston Rings with protective coatings in Pearlite Cast (Iron) Cylinders	Rossenbeck	20. 6.44

ZWB-REPORTS  
by F.K.F. Technical School, Stuttgart

SB1	-	Flying Mechanics of Jet Motors II Interim Report. Method of working of a Jet Motor consisting of a Compressor and a Turbine	Weinig	15. 5.43
SB2	-	Widening (the scope) of the F.J.P.S. Quick method of estimating the TEL content of Fuels.	Widmaier	15. 8.43
SB3	-	Test on the running behaviour of Electro Plated Silver Bearings in an Engine	Rossenbeck and Stark	16. 8.43

CLOS NO	REF. NO.	TYPE	AUTHOR(S)	DATE
SE4	-	Controlling an Aero Engine Blocker by a Tap	Weinig	15.10.43
SE5	-	Axial Flow Compressor	Eckert and Weinig	3. 4.44
SE6	-	The Economic Limit of High Load of the 2-stroke engine without utilizing Exhaust Gas	Feyer and Schmitz	11. 4.44
SE7	-	Power Increase of Combustion engines by Swept Volume Sub-Division	v.Dorfer	4. 9.44

F.K.F. Technical School, Stuttgart

SC1	274	The 2-stroke - ball Valve Engine with Uni-Flow Scavenging, Power and Characteristics	Kuhn	6. 9.38
SC2	382	Position of the Performance of the Rieseler-method.	Rieseler and	16.12.40
SC3	383	Tests on a 1.09 L - high load single Cylinder Engine (1st report)	Berndorfer and Gussmann	14.12.40.
SC4	392	Investigation of the Performance of self ignition operation in a mixture Compression Engine	Ernst and Weinig	29. 5.41
SC5	395	Calculation of a Seven-Stage Axial Compressor	Eckert and Weinig	3. 4.41.
SC6	405	Rapid Starting Tests on a Piston with various protective coatings on the Running Surfaces	Rossenbeck and Platz	12.11.41.
SC7	412	Testing protective coatings on Piston running surface in the quick starting test	Rossenteck and Platz.	3. 3.42
SC8	423	Engine investigation on the thermal relation of Aero Engine Piston Crowns with various running surface protective coatings.	Rossenteck and Speer.	18. 5.42
SC9	424	Tests on a 1.09L - high load single-cylinder Engine (2nd report)	Berndorfer and Gussman	10. 6.42
SC10	427	Clarification of the Rieseler working method in a single-cylinder test engine	Kamm	14. 7.42
SC11	429	Quick starting tests with a BMW 132 Piston with various running face protective coatings.	Rossenbeck and Speer.	28. 8.42

CICS No.	Rept. No.	TITLE	AUTHOR(S)	DATE
SCI2	444	Pressure and Temperature measurement in the lubrication system and in the Main Bearings of a DB 605 engine.	Happ	22. 6. 45
SCI3	-	Improvement of the Lubricating behaviour of Oil by Chemical additives.	Clocke	20. 1. 45

F.K.F. Technical School, Stuttgart

SD1	-	Operating Instructions for the Fuel Test Engine	Gross	?
SD2	-	Apparatus for measuring Ignition Delay	Staiger	30. 3. 43
SD3	-	Institute Progress Report	(various)	20. 6. 40
SD4	-	10th Annual Report		1939/40
SD5	-	11th Annual Report		1940/41

Diploma Theses.

SE1	-	The starting behaviour of Fuels with the use of various Chemical Ignition Accelerators is to be investigated and evaluated on the FKFS Test Engine	Demmer	
SE2	-	The influence of the operating conditions on the knock intensity of Fuels is to be investigated by use of various measuring apparatus.	Kessler	1945?
SE3	-	The ignition behaviour of Hydrocarbon Air mixtures in the Diesel Engine and the influence of Ethyl Nitrate	Schutze	
SE4	-	Investigation on the influence of the Chemical pre-reaction on the starting behaviour in Diesel Operation	Gerschler	20. 10. 43
SE5	-	Investigation of the Precipitated Deposits in the Lubricating oil formed by running-in an Engine		

Engineering Laboratory for Heat Engines and Compressors.

SEG6	-	Investigation of Cylindrical Sliding Bearings for High Rotational Speeds	Weverke, Dollhopf and Stephan	15. 8. 39
------	---	--	--	-----------

C105 NO	REPT. NO	TITLE	AUTHOR(S)	DATE
SE7	-	<u>Public Material Testing Installation.</u> Wear behaviour of Crossed running surfaces (on Al base) by running against Aluminium Alloy with Oil lubrication containing added wear material.	Brockstedt and Sietel	10. 6. 41
SE8	-	The influence of the grain size of the Quartz Dust as wearing material in engine oil on the wear behaviour of different pairs of bearing material.	Wollinger and Brockstedt	7. 6. 44
SE9	-	The influence of the surface pressure and the sliding velocity, as well as the hardness of bearing material, on the wear behaviour with Quartz Dust as wearing material in Engine Oil.	Wollinger and Brockstedt	20. 2. 45

German Automotive Research.

By the Laboratory for Lubrication Research  
of the Technical College, Dresden.

SF1	71	Interim report on comparative test on Bearing Shell materials.	Doring	May 1939
SF2	76	Interim report on the running test of a Truck Engine with Synthetic Resin Bonded Crankshaft	Doring	
SF3	83	Interim Report on new Methods of Evaluating the lubricating ability of Oils and Fats	Pietsch	Apr 1940
SF4	104/1941	Interim report. Methods of determining the Technical Lubricating ability of Lubricants.	Heidebroek	Oct. 1941
SF5		Hydrogen as Motor Fuel.	Oehmichen	1942.

By the Institute for Brown Coal - and Mineral Oil Research of the Technical College,  
BERLIN

SF6	109	Interim report on the production of lubricating Oils from Brown Coal Tar.	Marder and Feichtinger	1942
SF7	120	-ditto-	ditto-	Heinze 1944
SF8	92	"	"	Marder and Hertz 1941
SF9	93	Usability of Ignition Accelerators for Diesel Fuels.	Heinze Marder & Veidt.	1941

CICs	No.	Date	Subject	Author(s)	Date
<u>Research and Official Test Installation for Road Transport</u>					
SF10	85		Interim Report on Investigations on Dust Filters for Combustion Engines	Schmidt	June '40
SF11	78		<u>Public Material Testing Station</u> Interim report. Testing the effect of Fuel additives and their Combustion products on the Metals used in Engine construction.	Schikorr Alex	-
<u>Department for Industrial Construction, BERLIN.</u>					
Four Year's Plan Institute for Road Transport at the Technical College, Berlin.					
SF12			Interim Report on the Testing of a Fibrous material Oil Cleaner.	Schwarz	Mar '44
<u>German Automotive Research By F.K.F. of the Technical College, Stuttgart.</u>					
SG1	74		Interim Report. Test on the Engine behaviour of Synthetic Otto Fuels.	Auber and Liedmaier	12.6.39
SG2	99		Interim Report. Tests on a Carburetter Engine with Self-Ignition. By Working Group for questions of Engine Combustion for the Trade Ministry.		
SG3	91		Interim Report. Mixture formation and Burning. The position of the research on the sphere of Diesel Engine type working methods.	Various	1.10.40
SG4	111		Interim Report. 2nd Meeting of the working group for questions of engine combustion.	Various	1942
SG5	118		Interim Report. 3rd Meeting of the working group for questions of engine combustion.	Various	1943
SG6	-		Research Plan 1939/40.		
<u>D.V.L. BERLIN</u>					
S H1	-		Instructions for use of the D.V.L. Exhaust Gas tester for combustion engines	Broicher	Aug. '42
SH2	-		Investigation of the running properties of Radial Loaded Segment Bearings with lead bronze and light metal surfaces.	Siegentburg	4.11.42.

CIOCS NO.	REF. NO.	TITLE	AUTHOR(S)	DATE
SH3	-	1941 Year Book of German Aviation Research.	-	-
SH4	-	1942 Year Book of German Aviation Research.	-	-
SH5	Vol. 54.	Publication of the German Academy of Aviation Research.	-	-
*A* SH6	1639	Behavior of rubber at low temperatures. <u>Miscellaneous Reports by Stuttgart Personnel.</u>	Küch and Telschow	5. 4. 41.
SJ1	53	Deposits in cleaners of the circulatory process. (F.K.F. Stuttgart)	Widmaier	5. 6. 42
SJ2	-	Ring Movement and Ring Breaking (from 1940 Year Book of the German Aviation Research).	Kuhn	-
SJ3	-	The Construction of Observation Windows in Engines (FKF Stuttgart)	Graff	-
SJ4	-	Tests with GML in the DB601F Engine. (F.K.F. Stuttgart)	Held	22. 5. 41
SJ5	-	Investigation on the boiling and aging behaviour of lubricating oils. (From 1941 Year Book of German Aviation Research.)	Widmaier & Nenninger	-
SJ6	-	Artificial and Engine Aging of Lubricating Oils. (From 1940 Year Book of the German Aviation Research)	Widmaier	-
SJ7	-	(Draft) Report of the activities of the F.K.F. Stuttgart	Kamm	-
SJ8	-	Test apparatus for Diesel Fuels (FKF Stuttgart)	-	-
SJ9	-	Draft of paper on additives for lubricating oils.	-	-
<u>Miscellaneous Reports.</u>				
SK1	-	Technical Reports Z.W.E (Collection of papers)	-	1. 9. 42
SK2	-	Influence of Residual Gas Scavenging and mixture stratification on the power and consumption of a 4-stroke-Otto-Engine.	Siegel	24.10.42
SK3	-	German Air Ministry, General Director of Aircraft GLSV. Outline of Constructional directions for Aero Engines (BVM) Test directions for Aero Engine Fuels for use in Diesel engines.	-	May. 39.

REF.	NO.	TITLE	SEARCHED	FILED
SK4	-	Institute for Chemical Technology of the Technical College Test Laboratory for Mineral Oils Research Report. Experiences with the Electro-Acoustic Knock Investigation of Aero Engines.	Junck	May. 47
SK5	12	<u>High Command of the German Air Force</u> . Results of evaluation of body. The Bearing of the British Aero Engine Bristol "Hercules XI".	Terret and Andres.	30.9.44
SK6	-	Preparation of improved Lubricating oils from indigenous crude oils	Stabelohse	1.3.37
SK7	-	<u>Naval Physical-Chemical Test Laboratory</u> . On the influence of Air Pressure on Fuel investigation in the Ignition Value Tester.		
SK8	-	The Principles of temperature measurement and their shortcomings.		
SK9	-	Improving the cold startability and winter capabilities of Road Transport		31.7.42
SK10	-	Cold starting tests with Road Transport Diesel Engines.		20.2.40
SK11	-	On the relation between Lubrication and Wear with Lubricated Sliding Friction	Heidebrock	May 1944.
SK12	-	Spherical Piston KWP 0501 - 0505		
SK13	-	List of Reports of the Army Test Establishment Peenemuende		16.3.41
SK14	-	Wear Measurement in the BMW OIL Test Engine (Intava)	Wenzel	27.10.44
SK15	-	Aviation Research Vol.20 No.6 Strength properties of high strength light arc-welded joints of steel.	Cornelius and Belienrath	30.6.45
		<u>Classification of reports for special purposes (file)</u>		
		<u>I.G.FARBEN A.G. TECHN. PRUFSTAND OP.200.</u>		
SL1	426	Ignition Delay Measurement with the F.K.F.S. - Ignition Delay Measuring Apparatus.	Schuch(?)	30.7.40
SL2	440	The Reference Fuel Z as secondary reference Fuel for knock value estimation.	Singer	22.11.40
SL3	439	Comparative Tests on Knock engines (VV82)	Singer	21.11.40

CODE NO.	REF. NO.	TITLE	RECEIVED (D)
SL4	462	Half-yearly comparative tests on knock engines (VW25)	Staiger 10.6.41
SL5	476	Comparative tests on the 4.0 Test Diesel.	Staiger 17.6.41
SL6	480	Half-yearly comparative tests on knock engines (VW25)	Staiger 17.6.41
SL7	530	Half-yearly comparative test on knock engines. 10th Test Series October 1941	Staiger 1.11.41
SL8	-	The meeting of the working group for knock measurement on 16th and 17th November 1941 at Oppau.	Staiger 1.11.41
SL9	-	The Fifth Meeting of the working group for knock measurement on 16th and 17th February 1942 at Oppau.	Staiger
"B" SL10	420	Comparison tests on knock testing engines (V.V.75)	Staiger 27.4.40
SL11	458	Effect of intake temperature and compression ratio on the shape of the knock-limit curves in the supercharge test.	Staiger 22.5.41
SL12	470	Fuel rating in small single cylinder motor (Oppau process)	Staiger 7.8.41
SL13	478	Apparatus for testing the lubricating power of oils by determining the wear and tear.	Staiger 10.10.41
SM1	-	Officer in Charge of the Institute The Chief of the Technical Equipment	Staiger
SM2	-	The starting of Aero engines in winter (Apparatus - handbook)	Staiger 14.10.44
SM3	-	Technical Knowledge, Test and Consulting Departments, Technical College, Stuttgart.	Staiger Feb '38
SM4	-	On the Scope of Z.E.B.	Staiger 1941
SM5	-	Construction Group of the 'A' Engines (FKRS 540) (Photographs)	Staiger 1942
SM6	-	Miscellaneous manuscripts.	Staiger 15.4.44
SN1	-	Type Sheet	Staiger 25.5.45
SN2	-	Power Measuring Apparatus	Staiger
SN3-8	-	Immediate Indicator Electric Speed Swinging Recorder on the basis of a Contra-Inductive Measuring method.	Staiger 4.12.40
		File of Electric Indicator Drawings	Staiger

SG 12

000001



FORSCHUNGsinSTITUT  
FÜR KRAFTFAHREWESEN UND  
FAHRZEUGMOTOREN  
TECHNISCHE HOCHSCHULE STUTTGART

Druck- und Temperaturme-  
sungen im Schmierstoffstrom und  
an der Grundlager eines  
Db 105-Motors.

FhF Nr. 744

O/104



FEINSTEINERHÄNGER  
FÜR SCHMIERANLAGE  
+ FÜHRUNGSLEITUNG  
TECHNIK, MESSGERÄTEN  
S. K. REINHOLD

Druck- und Temperaturmessungen am  
Schmiersystem und an den Grundla-  
gern eines DB 605-Motors.

000002

I. Teilbericht über  
Druck- und Temperaturmessungen am Schmiersystem und an den  
Grundlagern eines DB 605-Motors.

FKFS-Zwischenbericht Nr. 444

Hampf	Tag: 22.6.43	Erstellt für	Erstellt durch	A.-Nr. 90978
-------	--------------	--------------	----------------	--------------



Druck- und Temperaturmessungen am  
Schmiersystem und an den Grundla-  
gern eines DB 605-Motors.

000003

I. Teilbericht über

Druck- und Temperaturmessungen am Schmiersystem und an den  
Grundlagern eines DB 605-Motors.

Übersicht:

Im Rahmen der Gesamtaufgabe, die Betriebssicherheit der Gleitlagerung raschlaufender Plugmotoren zu steigern, wurden Untersuchungen zu der Frage nach den Ursachen von bis jetzt ungeklärten Lagerschäden, die bei überwiegend einwandfreiem Verhalten und Aussehen der übrigen Pleuellager in immer wiederkehrenden Einzelausfällen von Pleuellagern und einem unbefriedigenden Laufbild bei den Grundlagern bestehen, in Angriff genommen. Hierbei sollte zuerst geklärt werden, ob sich von der Seite der Ölversorgung, d.h. auf dem Wege des Schmiermittels von der Pumpe bis zu den einzelnen Schmierstellen Anhaltspunkte für die Ursachen der genannten Schwierigkeiten erkennen lassen. Es wurde dabei vor allem an Unregelmässigkeiten im Schmiersystem, wie ungleiche mengenmässige Verteilung oder grössere Druckunterschiede an einzelnen, dem Bedarf nach gleichartigen Schmierstellen sowie grössere Druckschwankungen, zeitweiligen Druckabfall oder vollständige Unterbrechung des Zuflusses zu einzelnen Schmierstellen gedacht. So könnte der Ölstrom beispielsweise durch Luft- oder Dampfblasen unterbrochen sein. Die ausreichende Schmierung der Lager ist außerdem in Frage gestellt, wenn Ölschaum statt reinem Öl zugeführt wird.

Die geplanten Versuche haben den Zweck, Klarheit über diese Vermutungen zu schaffen. Die bis jetzt durchgeföhrten Versuche sollten vor allem die meßtechnischen Möglichkeiten zur Erfassung der wichtigsten Vorgänge im Schmierkreislauf und ihrer Auswirkung auf den Betriebszustand der Lager prüfen sowie die Unterlagen für die Entwicklung weiterer geeigneter Meßverfahren vermitteln.

Verfasser: Reiter:	Hampf	Tag: Telj:	22.6.43	Ersatz für	Ersatz durch	A.Nr. 90978
-----------------------	-------	---------------	---------	------------	--------------	-------------



000004

Gliederung:

1. Einleitung.
2. Umfang der Versuche.
3. Ausbildung der Meßstellen und Durchführung der Messungen.
4. Versuchsergebnisse
  - a) Entwicklung des Öldrucks beim Anfahren.
  - b) Verlauf der Öltemperatur beim Anfahren und Warmfahren.
  - c) Verlauf der Lagertemperatur beim Anfahren und Warmfahren.
  - d) Druck- und Temperaturverteilung im Schmiersystem.
  - e) Vergleich der einzelnen Grundlager bezüglich der Lagertemperatur.
  - f) Einfluß des Betriebszustands (Belastung und Drehzahl) auf Öldruck, Öltemperatur und Lager-temperatur.
  - g) Lagerzustand nach den Versuchen und Zusammenhänge mit den gemessenen Lagertemperaturen.
  - h) Beobachtungen über die Stetigkeit der Druck- und Temperaturverhältnisse im Schmiersystem.
5. Zusammenfassung.

Verarbeitet: Vorarbeiter: Referent:	Hampf	Tag: 22.6.43	Ersatz für	Ersetzt durch	A.Nr. 90978
---	-------	--------------	------------	---------------	-------------



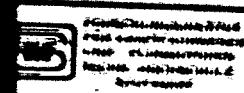
000005

1. Einleitung.

Abgesehen von vermeidbaren Maß-, Einbau- und Werkstofffehlern sowie von teilweise sogar völligen Versagen der Schmierölförderung können für Gleitlagerausfälle oder schlechtes Laufbild folgende Ursachen in Betracht:

- 1.) Ermüdung des Lagerwerkstoffes oder der Bindung zwischen Ausguß und Schale.
- 2.) Fremdkörper (Schmutz, schmiegende Bestandteile).
- 3.) Ungenügende Schmierung
  - a) durch eine Ursache ausserhalb des Lagers, z.B. zu klein bemessene Ölmenge, hohe Öleintrittstemperatur, Unterbrechung oder Behinderung der Ölzufluhr, ungeeignete Beschaffenheit oder Zustand des Schmiermittels (Zähigkeit, Haftfähigkeit, Schaumbildung).
  - b) Ursache im Lager, beispielsweise bei Ölzuführung an ungeeigneter Stelle, falsche Anordnung von Schmiernutten, konstruktiv, herstellungsmässig oder einbaubedingte Verengungen des Schmierspalts oder vorstehende Kanten, an denen der Ölfilm abgestreift wird. Auch Verformungen im Betrieb durch Kräfte oder Wärmedehnungen können Spielveränderungen und Schmierspaltverengungen hervorrufen.
- 4.) Kantenbelastung.  
Hohe örtliche Pressungen können, am ausgeprägtesten bei Kantenbelastung, zu so geringen Schmierfilmdicken führen, dass entweder wegen der Oberflächenrauhigkeiten eine unmittelbare Berührung eintritt oder aber die metallischen Gleitflächen sich soweit nähern, dass Oberflächenkräfte wirksam werden.
- 5.) Hohe Lagertemperatur.  
Die meisten der oben angeführten Erscheinungen haben entweder durch vermindernde Kühlwirkung des Schmiermittels, z.B. infolge der kleineren Durchflussmenge bei Spielverminderung und hoher Ölzuflusstemperatur oder durch die höheren Reibungsziffern bei Grenzschrägierung eine Erhöhung der Lagertemperatur zur Folge, die umgekehrt infolge der starken Temperaturabhängigkeit der Schmiermittelzähigkeit die Schmierfilmdicke sowie die Haftfestigkeit des Schmiermittels am Metall vermindert und die Störungen verstärkt. Auf örtliche Temperaturerhöhun-

Arbeiter: Mitarbeiter:	Hampp	Tag: 22.6.43	Ersatz für:	Ersetzt durch:	A.Nr. 90978
---------------------------	-------	--------------	-------------	----------------	-------------



Druck- und Temperaturnessungen am  
Schmierstoffsystem und am den Grundla-  
gern eines DB 605-Motors.

Bl.4

000006

Am ist besonders zu achten, weil diese in den Gleitflästenspe-  
raturen und der an einer anderen Stelle gemessenen Lagertempe-  
ratur nur wenig in Erscheinung treten.

Die Lagertemperatur steigt aber vor allen bei Erhöhung  
der Drehzahl an. Sie muss u.U. auf die zulässige Höhe durch  
Vergrösserung der Ölmenge, stärkere Rückführung des Öls oder  
durch Kühlung von aussen gesenkt werden.

Hohe Temperaturen können zu einem Nachlassen der Pe-  
stigkeit des Lagerzettallo, zum Ausschmelzen von Lagerungs-  
bestandteilen und zur Entfernung der adsorbierten Schichten  
führen.

Bei den Entwicklungsarbeiten an Kurbelwellenlagerungen  
wird vor allem als Mangel empfunden, dass der Erfolg der zur  
Verbesserung der Schmierung und des Lagerbetriebs getroffenen  
Maßnahmen nicht unmittelbar, d.h. durch ein kurzes Prüfverfah-  
ren festgestellt werden kann. Bis jetzt können, da es sich  
wie eingangs erwähnt um Einzelausfälle handelt, nur durch eine  
grosse Zahl von Dauerläufen annähernd zuverlässige Schlüsse  
gezogen werden. Eine wesentliche Aufgabe der begonnenen Ar-  
beiten besteht daher auch darin, Meßverfahren zu entwickeln,  
die eine objektive und möglichst rasche Beurteilung des Be-  
triebszustandes ermöglichen, in dem sich das Lager befindet.  
Auf dieser Grundlage sollen dann verschiedene Motorbaumuster  
– auch ausländische Bauteile – sowie verschiedene Lage-  
rungen, Schmiersysteme und Änderungen an diesen miteinander  
vergleichen werden.

## 2. Umfang der Versuche.

Die Versuche wurden an einem DB 605-Motor<sup>1)</sup> durchgeführt  
und umfassen die Messungen folgender Größen:

- 1.) Öldrücke im Hauptschmierkanal, vgl. Bild 1, und zwar je-  
weils gegenüber dem Abzweigkanal zum Grundlager (Meßstelle a),  
ferner unmittelbar vor dem Eintritt ins Grundlager (Meßstel-  
le b) und schliesslich am Ende der über 140° unter der unteren  
Lagerschalenhälfte sich erstreckenden Verteilungsnut im  
Gehäuse (Meßstelle c). Im einzelnen ist die Anbringung der  
Meßstellen Bild 2 und 3 zu entnehmen.

<sup>1)</sup> Motor Nr. 78200

Hampp	Tag: Tag:	22.6.43	Ersatz für: Tag:	Ersatz durch: A.M. 90978
-------	--------------	---------	---------------------	-----------------------------

Druck- und Temperaturmessungen am  
Schmiersystem und an den Verbindungs-  
stücken des D 603-Motors.

80000?

2.) Oldruckstellen, und zwar vor dem Eintritt des aus dem  
Kühler kommenden Oil in die Hauptdruckpumpe sowie an Sammel-  
punkten Stellen wie unter 1.) für die Oldrücke angegeben, unmittel-  
bar neben den Druckmittstellen (Relstellen x, y und z).

3.) Lagerst. Lüfturen, und zwar in der unteren Lagerschalenhälfte  
147 mm seitlich der Mittellebene, vgl. Bild 4, und an zwei Stel-  
len der oberen Lagerschalenhälfte, beide Relstellen in der  
Mittellebene, bei den Lagern 2 bis 7 15° vor bzw. 30° (auf die  
Drehrichtung der Kurbelwelle bezogen) nach dem Scheitel, bei  
Lager 7 30° vor und 15° nach dem Scheitel der oberen Lager-  
schalenhälfte.

4.) Probeweise nur außerdem in jeder der oberen Lagerschalen-  
hälften eine elektrische Kontaktstelle angebracht. Bild 4, die  
Grauwärmemessanordnungen, anzeigen sollte.

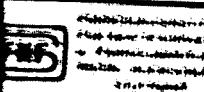
Messungen und Beobachtungen der genannten Größen wurden  
beim Anfahren aus dem kalten und warmen Zustand des Motors,  
sowohl mit Akkumulatormotor als auch mit Schwungkraftanlasser,  
zunächst während des Warmfahrverlaufs sowie beim raschen Hochfahren  
durchgeführt. Ausserdem wurde im Betriebszustand bei fol-  
genden Betriebszuständen gemessen:

Drehzahl U/min	Ladedruck ata			
2100	1,1	1,2	1,3	1,4
2300		-	-	1,4
2600		-	1,3	1,4
2800		-	1,3	1,4

### 3. Ausbildung der Messstellen und Durchführung der Messungen.

Die konstruktive Ausbildung der Messstellen ist Bild 2,  
3 und 4 zu entnehmen. Da die Messung der Oldrücke mit Rücksicht  
auf den rasch verlaufenden Anfahrvorgang und etwaige  
kurzzeitige Druckschwankungen im Betrieb möglichst ergebnis-  
tisch vorgenommen werden sollte, wurde ein Druckmittler verwen-  
det, der es gestattete, die Leitungen zu den Manometern mit  
einer weniger dichten Flüssigkeit zu füllen. Gegenüber dem  
Schmiersystem des Motors war die Übertragungsfähigkeit im  
Druckmittler durch einen als Membran wirkenden Stahl-Pederung

Hinweis	22.6.43	Zeichner	Prüfung	A. H. 90976
---------	---------	----------	---------	-------------



Druck- und Temperaturmessungen an  
Schaltersystem und an den Gravila-  
fern eines NS Ufz-Motors.

Sl. 6

000008

Körper abgeschlossen. Die einzelnen Druckmesser wurden vor Inbetriebnahme gecheckt. Umstellbar am Manometer war ein verstellbarer Verspannungsgeber ebenfalls unter Verwendung eines Federungskörpers angebracht, mit dem alle Manometer auf dieselbe Verspannung eingestellt wurden. während des Anfahrvorganges wurden die Manometer gefilzt. Nach dem Anfahren wurden in 1/2 bis 3minütigen Abständen Einzelaufnahmen gemacht.

Die Öltemperatur wurde jeweils in unmittelbarer Nähe der Druckregistelle mit Cu-Konstantan-Thermoelementen gemessen. Wegen Schwierigkeiten der Anbringung lag dabei die Meßstelle nicht im Ölstrom, worauf bei der Wertung der Versuchsergebnisse zu achten ist.

Die Lagertemperaturen wurden ebenfalls mit Cu-Konstantan-Thermoelementen gemessen, die bis auf 1 mm unter die Lauffläche in der Lagerschale herangeführt waren.

Zur elektrischen Kontaktmessung wurde ein Bronzezustift von 1 mm Durchmesser durch eine Bernsteinfassung isoliert, in die Lagerschale eingesetzt und der Lauffläche durch Feinbearbeitung von Hand so gut wie möglich angepasst. Man liess dabei den Kontaktzustift eher etwas über die Lauffläche vorstehen, damit im Betrieb ein Rutschen bis zur völligen Anpassung an die Lauffläche stattfinden konnte.

#### 4. Versuchsergebnisse.

##### a) Entwicklung des Oldrucks beim Anfahren.

Beim Anfahren aus dem kalten Zustand (+ 20°C) entwickelte sich der Oldruck (> 0,1 at) an der Meßstelle a nach etwa 1 1/2 s, während die Meßstellen b und c nach 2 bzw. 2 1/4 s folgten, Bild 5. Von hier ab steigt der Druck sehr rasch an, stark beeinflusst vom Verlauf der Motordrehzahl. Bei rascher Drehzahlsteigerung erreicht der Oldruck seine volle Höhe einige Sekunden nach der Drehzahlspitze, bei nicht allzu rascher oder stufenweiser Drehzahlsteigerung verläuft der Druckanstieg ziemlich gleichzeitig mit der Drehzahl. An der Meßstelle c, also am Ende der Verteilungsnut, bleibt der Druck beim Anfahren aus dem kalten Zustand anfangs, in dem Beispiel Bild 5 um etwa 1,7 bis 1,8 at, gegenüber a zurück, während der Druckabfall von a nach b kleiner ist. Beim Anfahren aus dem

Haupt

22.5.43

Ersatz

Ersatz

A-Nr. 90978

000009

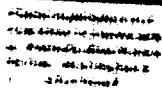
warmen Zustand, vgl. Bild 6, ist der Drucksabfall von  $a$  nach  $c$  wesentlich geringer als beim Anfahren aus dem kalten Zustand. Die Druckentwicklung ist hier bei allen Meßstellen etwa gleichzeitig nach 143 s zu beobachten. Bei dem Bild 6 zugrundeliegenden Versuch war die volle Drehzahl nach 3,3 s erreicht, der volle Öldruck stellte sich nach etwa 7 s ein und betrug 8 atü gegenüber 10,5 bis 11 atü beim Anfahren aus dem kalten Zustand. Der volle Öldruck wurde dabei beim Anfahren aus dem kalten Zustand fast ebenso rasch erreicht, wie beim Anfahren aus dem warmen Zustand, obwohl die Drehzahl weniger rasch gesteigert worden war. Nach 3 s betrug der Öldruck etwa 1,5 atü.

Nach Beendigung des Anfahrvorgangs sinkt der Öldruck bei steigender Öltemperatur allmählich ab, Bild 7. Eine Abnahme der Öltemperatur, z.B. beim Einschalten des Ölkühlers, hat unmittelbar eine Zunahme des Öldrucks zur Folge. Auch auf Drehzahlschwankungen spricht der Öldruck unmittelbar an.

Die an den Meßstellen  $a$  und  $b$  gemessenen Drücke überschneiden sich mehrfach und zeigen mitunter ohne sichtbaren Anlass Unstetigkeiten. Diesen Unterschieden ist keine besondere Bedeutung beizumessen, da sie wahrscheinlich darauf beruhen, dass auf dem Film beliebige Phasen der von den Manometern ausgeführten Zeigerschwankungen festgehalten wurden. Außerdem machte sich bei der Übertragung durch die Druckmittler eine gewisse Temperaturabhängigkeit bemerkbar. Immerhin lag aber die Meßstelle  $c$  auch nach dem eigentlichen Anfahrvorgang 0,1 bis 0,3 at niedriger, was auf einen Drucksabfall durch die Ölentnahmen aus der Verteilungsmutter hinweist.

b) Verlauf der Öltemperatur beim Anfahren und Warmfahren.

Die vor der Hauptölspülung gemessene Öltemperatur begann bei dem Versuchslauf, der Bild 8 zugrunde liegt, etwa 42 min nach dem Anfahren anzusteigen. Bei konstanter Drehzahl und Leistung, wie bis zum Punkt A in Bild 8, verläuft der Anstieg etwa geradlinig, bei höherer Drehzahl wird der Anstieg steiler wie beispielsweise nach dem Punkt A. Die Erhöhung der Motordrehzahl wirkt sich hierbei etwa 1/2 min später auf die Öltemperatur vor der Pumpe aus. Im Punkt B, dem nach 21 min eine Öltemperatur von  $71,5^{\circ}\text{C}$  entsprach, wurde der Ölkühler eingeschaltet, worauf die Meßstellen  $x$ ,  $y$ ,  $z$  in der umgekehrten



000009

warmen Zustand, vgl. Bild 6, ist der Druckabfall von a nach c wesentlich geringer als beim Anfahren aus dem kalten Zustand. Die Druckentwicklung ist hier bei allen Meßstellen etwa gleichzeitig nach 1½ s zu beobachten. Bei dem Bild 6 zugrundeliegenden Versuch war die volle Drehzahl nach 3½ s erreicht, der volle Öldruck stellte sich nach etwa 7 s ein und betrug 8 atm gegenüber 10,5 bis 11 atm beim Anfahren aus dem kalten Zustand. Der volle Öldruck wurde dabei beim Anfahren aus dem kalten Zustand fast ebenso rasch erreicht, wie beim Anfahren aus dem warmen Zustand, obwohl die Drehzahl weniger rasch gesteigert worden war. Nach 3 s betrug der Öldruck etwa 1,5 atm.

Nach Beendigung des Anfahrvorganges sinkt der Öldruck bei steigender Öltemperatur allmählich ab, Bild 7. Eine Abnahme der Öltemperatur, z.B. beim Einschalten des Ölkühlers, hat unmittelbar eine Zunahme des Öldrucks zur Folge. Auch auf Drehzahlschwankungen spricht der Öldruck unmittelbar an.

Die an den Meßstellen a und b gemessenen Drücke überschneiden sich mehrfach und zeigen mitunter ohne sichtbaren Anlass Unstetigkeiten. Diesen Unterschieden ist keine besondere Bedeutung beizumessen, da sie wahrscheinlich darauf beruhen, dass auf dem Film beliebige Phasen der von den Manometern ausgeführten Zeigerschwankungen festgehalten wurden. Außerdem machte sich bei der Übertragung durch die Druckmittler eine gewisse Temperaturabhängigkeit bemerkbar. Immerhin lag über die Meßstelle c auch nach dem eigentlichen Anfahrvorgang 0,1 bis 0,3 atm niedriger, was auf einen Druckabfall durch die Olentnahme aus der Verteilungsnut hinweist.

b) Verlauf der Öltemperatur beim Anfahren und Warmfahren.

Die vor der Hauptölspalte gemessene Öltemperatur begann bei dem Versuchslauf, der Bild 8 zugrunde liegt, etwa 42 min nach dem Anfahren anzusteigen. Bei konstanter Drehzahl und Leistung, wie bis zum Punkt A in Bild 8, verläuft der Anstieg etwa geradlinig, bei höherer Drehzahl wird der Anstieg steiler, wie beispielsweise nach dem Punkt A. Die Erhöhung der Motordrehzahl wirkt sich hierbei etwa 1½ min später auf die Öltemperatur vor der Pumpe aus. Im Punkt B, dem nach 21 min eine Öltemperatur von 71,5°C entsprach, wurde der Ölkühler eingeschaltet, worauf die Meßstellen x, y, z in der umgekehr-

Hampp	Tag: 22.6.43	Ersatz für	Ersatz durch	A.Nr. 90978
-------	--------------	------------	--------------	-------------

000010

ten Reihenfolge wie in Punkt a, d.h. entsprechend ihrer Ent-  
fernung von der Meßstelle z, ansprachen.

An den im Innern des Motors gelegenen Meßstellen x, y  
und z steigt die Öltemperatur anfangs rascher an als die Tempe-  
ratur vor der Pumpe, weil die Motormasse hier unmittelbar mit-  
wirkt. Am stärksten ist deshalb der Anstieg bei x, da sich diese  
Meßstelle am Ende der Verteilungsleitung in einem Sackloch be-  
fand, also ausserhalb der Strömung und dadurch mehr den Umge-  
bungseinflüssen, d.h. der Gehäusetemperatur ausgesetzt. Die  
Temperatur x im Hauptschmierkanal, jeweils an der Abzweigung  
zu den Grundlagern ist etwa 20° höher als vor der Pumpe. Bei  
y am Ende des Abzweigkanals und kurz vor dem Eintritt ins Lager  
ist die Öltemperatur um weitere 6° angestiegen. Bei z, am  
Ende der Verteilungsleitung unter der unteren Lagerschale, ist die  
Temperatur nach Einschalten des Ölkühlers weitere 23 - 24° hö-  
her als bei y. Eine Senkung der Öleintrittstemperatur um 15°,  
wie in Bild 8, liess x um 18°, y um 17 - 18°, dagegen z um nur  
12° fallen. Hieran wird wieder der grössere Anteil der Umge-  
bungseinflüsse bei der Meßstelle z deutlich. Trotzdem folgt  
die Temperatur bei z allen Änderungen der Öleintrittstempera-  
tur. Je weiter die Meßstelle vom Öleintritt entfernt liegt,  
umso später wirkt sich naturgemäß die Änderung aus. Bei x  
ist die zeitliche Verschiebung unmerklich, bei y betrug sie  
etwa 1/2 min, bei z 1 min. Anders ist es bei einer Änderung  
des Betriebszustandes, z.B. der Drehzahl, wo die Meßstelle z  
durch die kürzere Verbindung mit den Quellen der Wärmeentwick-  
lung am raschesten reagiert.

c) Verlauf der Lagertemperatur beim Anfahren und Warmfahren.  
Bild 9. Die Lagertemperatur steigt in der ersten Minute nach dem  
Anfahren sehr stark an, insbesondere an den Meßstellen v und  
w in der belasteten Zone. Bei w beispielsweise betrug der  
Temperaturanstieg in der 2. Hälfte der ersten Minute 30°C. Die  
Leistung war auf 300 PS angestiegen. Wie bei der Öltemperatur  
äussert sich auch bei der Lagertemperatur eine Drehzahlsteige-  
rung während des Warmfahrens in einer grösseren Steilheit des  
Temperaturanstiegs. In der belasteten Lagerhälfte steigt die  
Temperatur im ersten Augenblick sprungartig an. An der Meß-  
stelle u in der unteren Lagerschale steigt die Temperatur da-  
gegen allmälig an und bleibt durchweg niedriger, weil die

Hampp.

Tag: 22.6.43

Tag:

Ersatz für:

Ersatz durch:

A.Nr. 90978

Druck- und Temperaturmessungen am  
Schnellrohr mit 480 ml Öl im Motor.  
Zeit 0,005 bis 5,0 Sekunden.

bl.9

000011

Belastungen gefüllt sind und das dort eingesetzte Öl eine  
Schleißbildung auslöst.

Die Lagertemperatur folgt in überzeugenden Massen der Öl-  
temperatur, deren Abfall sich bei u schon nach 12 min., bei  
v um 2 min. etwa 1 °C beobachtet macht. Einer Abnahme der  
Öltemperatur um 14° folgte eine Abnahme der Lagertemperatur  
bei u um 13°, bei v um 13,5° und bei w um 14°, also etwa in  
voller Höhe des Getragen, um den die Öltemperatur gesenkt wurde.

Bei u, in der weniger belasteten und auf der Seite des  
Öleintritts liegenden Lagerhalften war die Lagertemperatur  
z.B. beim mittleren Grundlager 4 und bei einer Motorleistung  
von 900 PS um 18° niedriger als an der Stelle v. Die Meßstelle  
w lag um weitere 2 bis 3° höher.

#### d) Druck- und Temperaturverteilung im Schmiersystem.

Die Druckunterschiede im Schmiersystem sind klein. Bei  
einer Drehzahl von 2100 U/min. und Ladedrückchen zwischen 1,1  
und 1,4 ata lag der Druck im Hauptschmierkanal an der Abzwei-  
gung zum Lager 1 durchschnittlich 0,05 at höher als an der  
Abzweigung zum Lager 7. Da das Öl bei Lager 7 zufließt und  
bei Lager 1 der Hauptschmierkanal endigt, macht sich darin bei  
der rein statischen Druckmessung die Stauwirkung bemerkbar.  
Der niedrige Druck wurde vielfach an den Abzweigungen zu La-  
gern 4 und 5 gemessen und war etwa 0,1 at niedriger als bei  
Lager 1. Mit zunehmender Motordrehzahl scheint sich der nied-  
rigste Druck mehr nach der Öleintrittsseite, d.h. nach den  
Lagern 5, 6 und 7 (bei 2800 U/min.) zu verlagern, so dass  
schliesslich der Druck bei Lager 7 0,1 at niedriger als bei  
Lager 1 ist. Der höchste Druck zeigt sich dann auch häufig  
an der Abzweigung zu Lager 3 und liegt 0,15 bis 0,2 at über  
dem niedrigen Wert.

Der Öldruck hängt hauptsächlich von der Öltemperatur ab.  
Ein Einfluss der Motorbelastung ist nicht zu erkennen. Der  
Einfluss der Drehzahl, der bei verhältnismässig kaltem Öl wäh-  
rend des Anfahrens noch deutlich hervortritt, tritt im Behar-  
rungszustand zurück.

Feinere Unterschiede im Öldruck zwischen den einzelnen  
Lagern, vor allem an den Meßstellen kurz vor Eintritt des Öls  
ins Lager (Meßstelle b) und am Ende der Verteilungsnut (Meß-  
stelle c) sind nicht festgestellt worden.

Hampp	Tag: 22.6.43	Ersatz für	Ersatz durch	A.Nr. 90978
-------	--------------	------------	--------------	-------------

Stellung und Temperaturverteilung am  
Schwungradsystem und am den Grundla-  
gern eines DB 603-Motors.

Bl. 39

060012

stelle e) konnten mit dem seitheriges, auf die Erfassung des  
Auffahrvorgangs abgestimmten Verfahrens nicht genau genug fest-  
gestellt werden und sollen bei den nächsten Versuchen ermit-  
telt werden, da sich z.B. Schlußreihen auf den Betriebszustand  
des Lagers, d.h. die mit dem Spiel und der Lage der Schmier-  
stoffe und -führungen zusammenhängende Gleitreibungszahl er-  
möglichten.

Die Olttemperatur nimmt im Haupttechnischen Kanal in Richtung  
der vom Motorstrom weitesten entfernten Lager, d.h. nur wenig  
Bild 10, in der Meßstelle 2, beträgt der grösste Unter-  
schied etwa 5°. Bei 4 scheint die Temperatur noch etwas mehr  
zu zunehmen, während beim Lager 2 schon 5° höher als beim La-  
ger 1. Der zu Lager 3 gemessene Wert von  $\nu$  wurde nicht einge-  
tragen, da die Meßstelle aus Herstellungsgründen eine andere  
Lage zu der Ölverteilung und -führung hatte als die übrigen Meßstellen.  
Die Werte sind daher nicht ohne weiteres vergleichbar.

e) Vergleich der einzelnen Grundlager bezüglich der Lager-  
temperatur.

Zum Vergleich werden die Lager 1, 4, 6 und 7 herange-  
zogen. Bei allen Lagern ist  $\nu$  grösser als  $\nu$ , mit Ausnahme  
von Lager 6, wo  $\nu = \nu$  ist. Dies stimmt gut mit dem nach den  
Versuchen für gestillten Lagerzustand überein, wonach der  
Schwerpunkt des Gleitreibungs auf der Seite vom  $\nu$  liegt, vgl.  
Bild 10. Die Veränderung nach dieser Seite ist am stärksten  
bei Lager 7 und 4, so auch die grössten Temperaturunterschie-  
de zwischen  $\nu$  und  $\nu$  auftreten. In Bild 11 sind die Lager tem-  
peraturen um die Olttemperatur  $\nu$  vor Einfürt in das Lager auf  
die Kleinst-Lagertemperatur  $\nu$  bezogen worden. Dann tritt die  
höchste Temperatur am Lager 1 in der Meßstelle  $\nu$  auf.

Die Lagertemperaturen nehmen dann nach dem Lager 7 hin  
ab, vgl. Bild 11. Die grösste Unterschied zur Olttemperatur  $\nu$  unmittel-  
bar vor dem Lager, der einen Diesel auf die Erwärmung des  
Lagers durch Reibungswärme oder schlechte Kühlung geben kann,  
ist wieder bei Lager 4, vgl. Bild 12. Bei Lager 7 hängt die  
Verhältnisse die höchste Lagertemperatur auch mit der höchsten  
Olttemperatur vor dem Lager zusammen. Die Temperatur bei  $\nu$  in  
der unteren Lagerhälfte ist beim Lager 1 am niedrigsten, beim  
Lager 4 am höchsten. Die durch das Lagergehäuse stark beein-

flusste Temperatur  $\nu$  in der Mitte des Lagers ist bei Lager 1 am niedrigsten, bei Lager 4 am höchsten.

000013

flusste Öltemperatur an der Stelle z ist bei Lager 1 infolge der Lage der Messstelle näher am Gleitrohr am niedrigsten, in Übereinstimmung mit Lager 7 etwas ab. Hintererwähnt ist, dass z beim Lager 6 wesentlich höher als v und w ist. Die Motorbelastung wirkt sich insbesondere auf z bei den einzelnen Lagern verschieden aus. Bei Lager 4 ist ein geringer stetiger Temperaturanstieg mit höherem Ladedruck zu verzeichnen. Lager 1 und Lager 7 zeigen ein Absinken der auf die Öltemperatur bei y bezogenen Temperaturen, beim Ladedruck 1,3 ata, das auf geringere Lagerbelastungsverhältnisse selbst gegenüber dem kleineren Ladedruck 1,2 ata schliessen lässt. Insgesamt betrachtet nimmt die auf die Öltemperatur vor Eintritt ins Lager bezogene Lagertemperatur in der belasteten Lagerschale zwischen dem Ladedruck 1,1 ata und 1,4 ata um 3 bis 4° zu, vgl. Bild 12, Lager 1 und 6.

In Abhängigkeit von der Drehzahl steigen die Lagertemperaturen beim Lager 4 mit höherer Drehzahl bei gleichem Ladedruck am meisten an, beim Lager 1 am wenigsten bzw. fast gar nicht, Bild 13 und 14. Bezogen auf die Öltemperatur vor Pumpe nehmen beim Lager 1 die Lager temperaturen u und v mit höherer Drehzahl sogar ab, weil die Öltemperatur y vor Eintritt ins Lager wahrscheinlich infolge grösserer Durchflussmenge abnimmt. Grundsätzliche Unterschiede in den gegenseitigen Temperaturverhältnissen der einzelnen Lager treten bei Änderung der Motorbelastung (1,3 ata Ladedruck in Bild 13, 1,4 ata in Bild 14) nicht auf. Dass die Lager temperaturen v und w bei dem Versuch mit Ladedruck 1,4 ata durchschnittlich 3 bis 4° niedriger liegen als mit dem Ladedruck 1,3 ata, hängt zunächst damit zusammen, dass die Öltemperaturen y vor Eintritt ins Lager bei dem Versuch mit 1,4 ata ebenfalls um etwa 4° niedriger sind. Der Grund dafür ist, dass die Messung mit 1,3 ata durchgeführt wurde, als der Motor schon 2 1/2 h (bei anderen Betriebszuständen) ununterbrochen in Betrieb war, während vor dem Versuch mit 1,4 ata eine Pause von 25 min hatte eingeschaltet werden müssen, in der sich der Motor abkühlte. Dadurch erwärmt sich das Öl in den Zuführungskanälen weniger.

5) Öl- und Temperaturregelung am  
Schaltersystem auf der Grunda-  
bahn eines 55 Kugelfischer,

Bl. 12

000014

c) Einfluss des Betriebszustandes (Belastung und Drehzahl) auf Oldruck, Öltemperatur und Lagertemperatur während bei konstanter Drehzahl und verschiedenem Ladedruck der Oldruck wie gewöhnlich umgekehrt wie die Lagertemperatur verläuft, vgl. Bild 15a, ist in Bild 15b der Einfluss der von der Motordrehzahl abhängigen Drehzahl und Fördermenge der Ölwanne zu erkennen, wodurch trotz steigender Öltemperatur der Oldruck zunimmt oder bei stärkerer Zunahme der Öltemperatur wie in Bild 15c etwa gleich bleibt. Außerdem nehmen bei höherer Motordrehzahl die Lagertemperaturen in der belasteten Lagerhälfte stärker als die Öltemperatur zu, während sie bei konstanter Drehzahl und Erhöhung des Ladedrucks in erster Linie der Eintrittstemperatur folgen. Der Unterschied zwischen der Öltemperatur kurz vor dem Eintritt ins Lager (y) und der Öltemperatur vor Pumpe (x) nimmt mit höherem Ladedruck etwas zu, das Öl erwärmt sich also in den Schmierkanälen infolge der zunehmenden Motorwärme mehr. Dementsprechend nehmen auch die Lagertemperaturen zu. Die auf die Öltemperatur y bezogene Lagertemperaturen nehmen mit dem Ladedruck verhältnismässig wenig und nicht bei allen Lagern gleich zu, Bild 12. Dass y in Bild 15 beim Ladedruck 1,4 ata kleiner ist als bei 1,3 ata, führt wiederum daher, dass vor dem Versuch mit 1,4 ata infolge Schwierigkeiten beim Einschalten des Höhenladers der Motor vorübergehend gedrosselt werden musste und sich dabei abkühlte.

Bei der Darstellung der Lagertemperaturen als auf die Öltemperatur vor Eintritt ins Lager bezogen und in Abhängigkeit von der Motordrehzahl, Bild 16 und 17, zeigt sich ein bedeutend stärkerer Anstieg der Lagertemperatur mit zunehmender Drehzahl gegenüber der Zunahme bei höherem Ladedruck, insbesondere bei Lager 4. Bei den absoluten Lagertemperaturen ist die Zunahme dadurch etwas verringert, dass die Öltemperatur vor Lager, bezogen auf die Temperatur vor Pumpe, mit wachsender Motordrehzahl etwas abnimmt, Bild 14. Der Grund hierfür dürfte in der bei höherer Drehzahl grösseren Fördermenge und Strömungsgeschwindigkeit in den Zuführungskanälen zu suchen sein, wodurch sich das Öl auf seinem Weg zu den Lagern weniger erwärmt.

Hampp	Tag: Tag:	22.6.43	Ersatz für	Ersetzt durch	A.Nr. 90973
-------	--------------	---------	------------	---------------	-------------

000015

a) Lagerzustand nach den Versuchen und Zusammenhänge zwischen Lagerzustand und gemessenen Lagertemperaturen.

Nach den Versuchen wurde der Motor geöffnet und der Motor vor dem Versuchen schon längere Zeit in Betrieb gewesen und auch nicht neu gelagert worden war. Die frühere Laufzeit und die Betriebsbedingungen sind nicht bekannt. Der Lagerzustand wird also zum Überwiegender Teil durch den vorangegangenen Betrieb bestimmt worden sein.

#### Grundlager.

Ausgeprägter Verschleiss, Anzeichen von Grenzreibung und teilweise starke Riebenbildung zeigt sich zum Überwiegen den Teil an den oberen Lagerschalen. Bei den unteren Schalenhälften ist dagegen im wesentlichen noch die Zinnschicht erhalten und nur durch einzelne Rieben unterbrochen. An den Lagen 1, 2, 4 und 7 greift der Verschleiss in Drehrichtung über die Trennfuge hinaus, sei es infolge Verlagerung der höchsten Lagerdrücke im Drehsinn oder infolge Abtretfens des Ölfilms durch verformungsbedingte Verengungen oder durch Vorstehen der unteren Lagerschalenkante. Die Verlagerung des Hauptverschleisses im Drehsinn beträgt bei Lager 1 etwa  $45^\circ$  aus der Scheitel-ebene, bei Lager 2 und 4 etwa  $30^\circ$  und bei Lager 7 etwa  $60^\circ$ . Den geringsten Verschleiss zeigt Lager 5. Lager 3 hat grösseren, aber sehr gleichmässigen, ausserdem symmetrisch zum Scheitel liegenden Verschleiss.

#### Haupt-Pleuellager.

Lager 1 hat nur schwache Rieben (auf Schaftseite etwas mehr), während Lager 2 insbesondere am einen Rand der Lauffläche und auf der Schaftseite stark riefig ist. Pleuel 3 hat ebenfalls an den Rändern schwachs Rieben, während Pleuel 4 besonders an einem Rand mittelstarke Riebenbildung aufweist. Pleuel 5 zeigt nur auf einer Seite der schaftseitigen Lagerhälften eine grössere Zahl von Rieben und eine auffallend hellere Farbtönung auf der anderen Seite. Pleuel 6 ist im wesentlichen, insbesondere auf der Deckelhälfte, glatt und zeigt lediglich einige verformte Stellen an den Kanten der Deckelhälfte die auf Kantenpressungen schliessen lassen. Allgemein sind die

Druck- und Temperaturnessungen am  
Schmierayaten und an den Grundla-  
gern eines D 605-Motors.

Bl. 14

000016

Riefen auf der Schaufelseite zahlreicher und stärker. An den Deckelhalften sind einzelne Riefen meist nur an einem Rand festzustellen, ein Zeichen für einseitige Belastung.

Nebenpleuellager.

Nebenpleuellager 1 hat eine sehr gute glatte Lauffläche. Nebenpleuellager 2 zeigt auf einem größeren Teil der Lauffläche Spuren hoher Temperaturen, hauptsächlich gekennzeichnet durch eine Art poröser Stellen, die den Eindruck machen, als ob Lagermetall ausgeschmolzen sei. Bei den Pleuellagern 3, 4 und 5 bahnt sich dieselbe Erscheinung an, und zwar an derselben Stelle am Auflauf der Verteilungsnut. Sämtliche schaufelseitigen Laufflächen unterscheiden sich durch einen bronzefarbenen Teil und einen zusammenhängenden bläulich schwarzen Teil etwa von der Hälfte der Verteilungsnut ab bis zu der weiter von der Teilstufe entfernten Schmierbohrung. Die deckelseitigen Laufflächen sind ebenfalls in Flächen verschiedener Farbtönung unterteilt. Die dunkleren Stellen liegen hauptsächlich um die Schmierbohrungen.

Aus den an der unteren Lagerschale gemessenen Temperaturen u kann kein Zusammenhang mit dem Zustand der unteren Schalen festgestellt werden. Den schlechtesten Zustand wies die untere Lagerschale des Lagers 7 auf, dann folgte 4 und 1. Am besten war 5 und 3. Die höchste Temperatur u zeigte aber gerade Lager 3, die niedrigste Lager 1, vgl. Bild 18. Dagegen herrscht bei den oberen Lagerschalen gute Übereinstimmung. Am schlechtesten war Lager 4 und 5, die auch die höchsten Temperaturen v und w ergaben. Den besten Zustand zeigten die Lager 7 und 1, von denen 7 die niedrigsten Temperaturen und niedrigere Temperaturen als die meisten anderen Lager hatten. Auch die Verteilung der Lauf- und Verschleißspuren am Lagerumfang stimmen mit dem Verhältnis der Temperaturen v und w weitgehend überein. Bei den Lagern 1, 2, 4 und 7 ist das Tragbild in Drehrichtung gegenüber dem Lagerscheitel verlagert. Entsprechend wurden bei w höhere Temperaturen gemessen als bei v. Bei den Lagern 5 und 6 liegt das Tragbild ziemlich symmetrisch zum Lagerscheitel und v und w sind annähernd gleich.

Mitarbeiter: Hampp

Tag: 22.6.43

Ersatz für

Ersatz durch

A.Nr. 90978

Druck und Temperaturverteilungen am  
Schmiersystem bei der Anfahrt  
des DB 605 Motor.

Bl. 16

000017

1) Beobachtungen über die Stetigkeit des Druck- und Temperaturverlaufes im Schmiersystem.  
Außer Regelmässig, mit raschen Schwankungen des Drucks, die von der Ölqualität beeinflusst, zeigten die druckmessenden Querwellen nach längster Betriebszeit keine Unstetigkeiten, z.B. keinen Drucksfall an, der nicht durch Änderungen der Öltemperatur oder der Motordrehzahl bedingt gewesen wäre. Auch der Temperaturverlauf waren keine Unstetigkeiten zu erkennen. Vorübergehende Unterbrechungen in der Ölverteilung eines Lagers müssen sich durch eine Temperatursteigerung bemerkbar machen. Die vorkommenden Temperaturschwankungen waren immer auf die Betriebsbedingungen, vor allem auf die Öltemperatur zurückzuführen.

#### Se Zusammenfassung.

Measurements an einem DB 605-Motor haben gezeigt, dass sich der Öldruck beim Anfahren aus dem kalten Zustand bei einer Außentemperatur von + 20°C im ganzen Schmiersystem sehr rasch entwickelt. Etwa zwei Sekunden nach dem Anfahren beginnt bei dem üblichen Verlauf des Anlaufvorgangs auch unmittelbar vor dem Lager der Öldruck anzusteigen. Lediglich am Ende der Ölverteilungsnut verzögert sich die Entwicklung des vollen Öldrucks etwas. Eine Gefahr für die Lager ist während dieser kurzen Zeit kaum gegeben, zumal die Lager noch niedere Temperaturen besitzen. Außerdem wurden keine nennenswerten Unstetigkeiten im zeitlichen Druckverlauf und in der Druckverteilung auf die einzelnen Lagerstellen festgestellt, die auf Unterbrechungen der Ölförderung oder ungleiche Belieferung der einzelnen Lager schliessen lassen. Die Öldrücke sind im ganzen Schmiersystem ziemlich gleich. Sogar am Ende der Verteilungsnut unter der unteren Lagerschalenhälfte ist im stationären Betriebszustand der Drucksfall sehr gering. Bei gleicher Drehzahl wird die Lagertemperatur von den Öleintrittstemperaturen am meisten beeinflusst. Diese hängt einerseits vom Betriebszustand, andererseits von der Rückkühlung ab. Der unmittelbare Einfluss der Motorbelastung, ausgedrückt im Ladendruck, auf die Lagertemperatur ist gering. Eine parallel laufende rechnerische Untersuchung der Lagerdrücke zeigt

Ver: Hampp	Tag: Tag:	22.6.43	Ersatz für	Ersatz durch	A.Nr. 90978
------------	--------------	---------	------------	--------------	-------------

Werte und Temperaturverteilungen im  
Schmierölstrom und an den einzelnen  
Teilen eines Drehzahlmotors.

Bl. 16

000018

mein, dass bei verschiedener Motorbelastung die Lage der be-  
lasteten Zunge sich sehr ändert als der höchste oder mittlere  
Lagerdruck. Daraus verursacht eine Drehzahlsteigerung eine  
wesentliche Temperaturerhöhung.

In Übereinstimmung mit der Lagerdruckverteilung, wonach  
die obere Lagerhälfte am meisten beansprucht ist, sind die in  
der oberen Lagerhülse gemessenen Lagertemperaturen durch-  
schnittlich 20° höher als in der unteren Lagerschale, wo zu-  
dem das Öl zugeführt wird. Auch zwischen der Lage der höch-  
sten Temperatur und Temperaturverteilung auf die einzelnen  
Grundlägen und dem Lagersubstand lassen sich Beziehungen her-  
stellen, so dass die Messung der Lagertemperatur als brauch-  
bares Mittel zur Erfassung der Vorgänge im Lager angesprochen  
werden kann. Meßtechnisch bietet die Lagertemperatur bei  
größter Genauigkeit der Messungen die geringsten Schwierig-  
keiten.

Zur Frage der Steigerung der Betriebssicherheit der  
Kurbelwellenlagerung lässt sich aus den Versuchen besonders  
deutlich entnehmen, wie wirksam die Lagerkühlung durch das  
Schmieröl ist. Mittel zur Verstärkung der Kühlwirkung sind  
die Vergrößerung der Ölmenge und die Senkung der Olteintritts-  
temperatur. Trotz der Erwärmung in den Schmierkanälen bleiben  
Temperatursenkungen vor der Pumpe erhalten und kommen in an-  
nehmbare Höhe den Lagern zugute. Irgend ein Hinweis,  
dass Unregelmäßigkeiten im Schmiersystem auftreten, hat sich  
bei den Versuchen bis jetzt nicht gezeigt.

Forschungsinstitut für Kraftfah-  
rzeugwesen und Fahrzeugmotoren an der  
Technischen Hochschule Stuttgart  
*J. V. Necker*

Sachbearbeiter:  
Dr.-Ing. Hampf.

Hampf

22.6.43

Praktikum

A-M-90978

Temperatur und Temperaturreihenfolgen im  
Schmierstoffsystem und an den einzelnen  
Lagern eines 120 PS Motorrads.

Bl. 16

000018

Wird, dass bei verschiedener Motorbelastung die Lage der be-  
lasteten Zahn sich sehr anders als der höchste oder mittlere  
Lagerdruck. Daraus verursacht eine Drehzahlsteigerung eine  
wesentliche Temperaturerhöhung.

In Übereinstimmung mit der Lagerdruckermittlung, wonach  
die obere Lagerhälfte am meisten beansprucht ist, sind die in  
der oberen Lagerhälfte gemessenen Lagertemperaturen durch-  
schnittlich 20° höher als in der unteren Lagerschale, wo zu-  
dem das Öl aufgeführt wird. Auch zwischen der Lage der höch-  
sten Temperatur und Temperaturreihenfolge auf die einzelnen  
Grundzähne und dem Lagerzustand lassen sich Beziehungen her-  
stellen, so dass die Messung der Lagertemperatur als brauch-  
bares Mittel zur Erfassung der Vorgänge im Lager angesprochen  
werden kann. Messtechnisch bietet die Lagertemperatur bei  
größter Genauigkeit der Messungen die geringsten Schwierig-  
keiten.

Zur Frage der Steigerung der Betriebssicherheit der  
Kurbelwellenlagerung lässt sich aus den Versuchen besonders  
deutlich entnehmen, wie wirksam die Lagerdählung durch das  
Schmieröl ist. Mittel zur Verstärkung der Kühlwirkung sind  
die Vergrößerung der Ölmenge und die Senkung der Ölseintritts-  
temperatur. Trotz der Erwärmung in den Schmierkanälen bleiben  
Temperatursenkungen vor der Pumpe erhalten und kommen in an-  
nähernd voller Höhe den Lagern zugute. Irgend ein Hinweis,  
dass Unregelmäßigkeiten im Schmiersystem auftreten, hat sich  
bei den Versuchen bis jetzt nicht gezeigt.

Forschungsinstitut für Kraftfah-  
rzeug- und Fahrzeugmotoren an der  
Technischen Hochschule Stuttgart

J. V. Nickel

Sachbearbeiter:  
Dr.-Ing. Hanapp

Hanapp

22.5.43

Original

Original

A-Nr. 90075

Druck- und Temperaturverhältnisse gegen ein  
Schaltersystem bei einem Motor mit  
darauf stehender Baugruppe.

31.17

000019

Merkt: Betriebszeiten des Motors D9 TGS Nr. 70200 bei  
Viergangarbeite der Getriebekupplung.  
Der Motor war nicht von gelagert.

Laufzeit h	Drehzahl U/min	Belastung L
145 +)	1500	270 - 430
235	2100	300 - 1000
205	2300	1050 - 1370
145	2600	1260 - 1390
105	2800	1225 - 1443

+): Die angegebenen Zeiten setzen sich aus mehreren Versuchs-  
läufen zusammen, zwischen denen andere Betriebszustände  
gefahren wurden und z.Tl. auch Betriebspausen lagen.

Mamor

Tag: 22.6.43  
Jahr:

Erstellt für

Erstellt durch

90-978

000020

Bild 1

Querschnitt durch ein Kurbelwellenlager mit  
schematischer Darstellung der Temperaturmeßstellen  
 $x, y, z$  im Ölkreislauf,  $u, v, w$  ( $v'$ ,  $w'$  für Lage<sup>1</sup>)  
in der Lagerschale sowie der Öldruck-Meßstellen  $a, b, c$ .

Bild 2

Schnitt durch die Öldruck- und -temperaturnahmestellen,  
Schnitt A-A'-B-B' in Bild 1.

Bild 3

Schnitt durch die Druckmeßstelle  $c$  und die Öltempera-  
turmeßstelle  $z'$  am Lager 1, Schnitt A-A' in Bild 1.

Bild 4

Schnitt durch die Temperaturmeßstelle in der unteren  
Lagerschale und durch die Kontaktmeßstelle, Schnitt  
C-D in Bild 1.

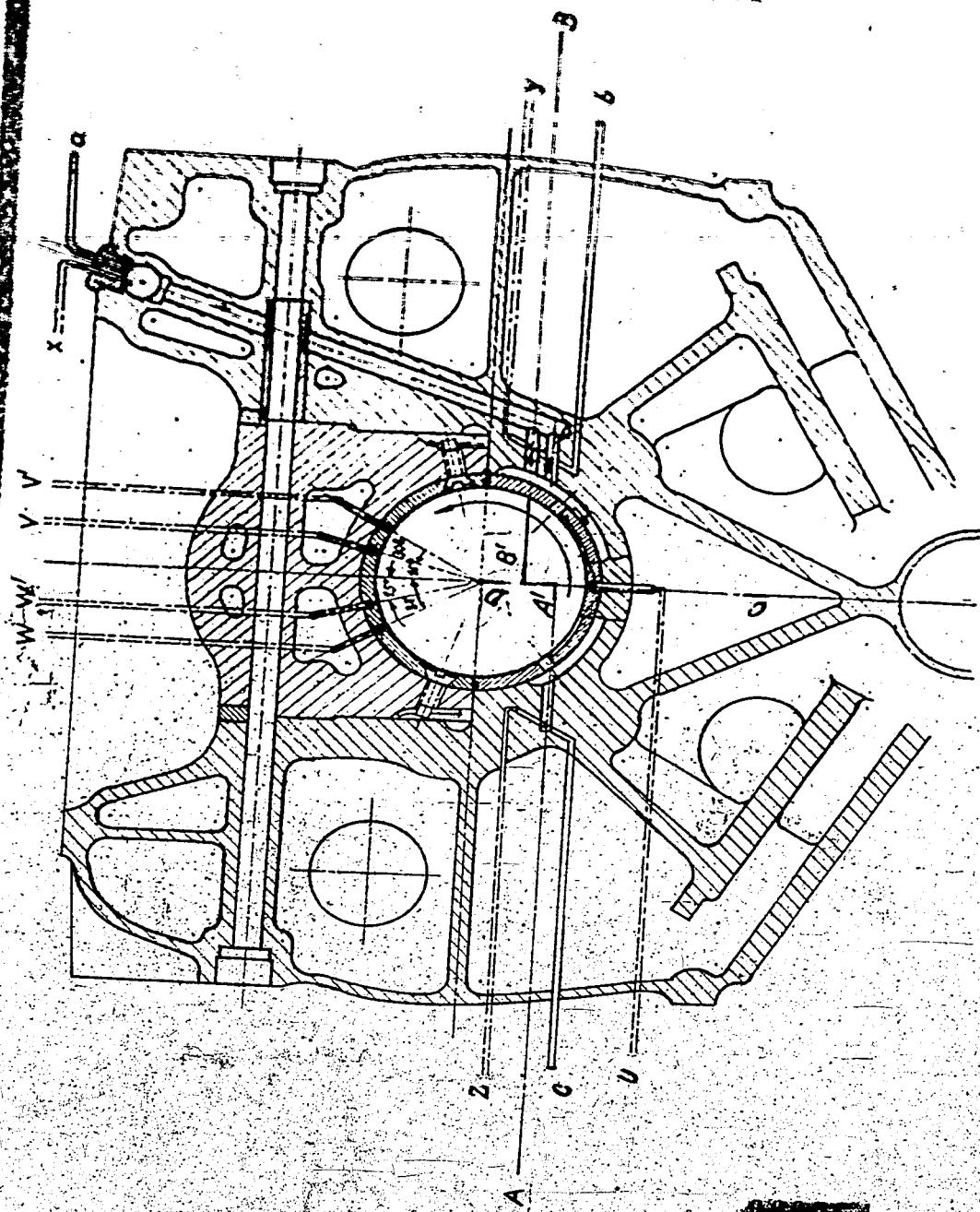
Bild 7

Öldruck- und Öltemperatur beim Warmfahren auf eine  
Öltemperatur von 80 °C. Im Ursprung des Zeitmaßstabs  
war der Anfahrvorgang bereits beendet.

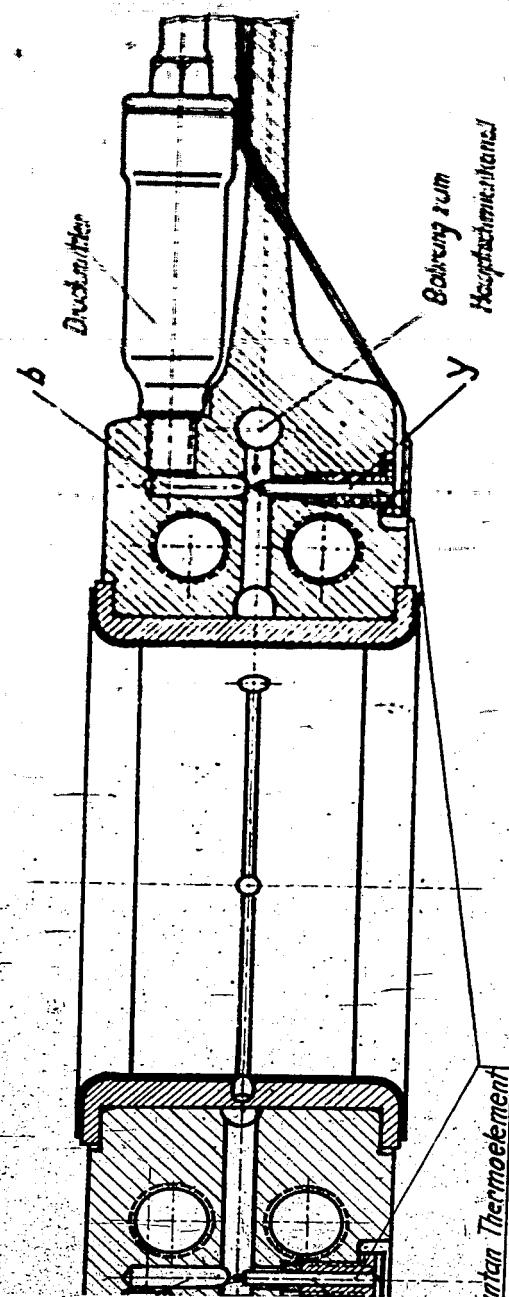
Bild 18

Öl- und Lagertemperaturen verglichen mit der Lage des  
Verschleisses am Lagerumfang.  
Beharrungszustand bei  $n = 2300$  U/min und einem Lade-  
druck von 1,15 ata,  $N = 1000$  PS Leistung.

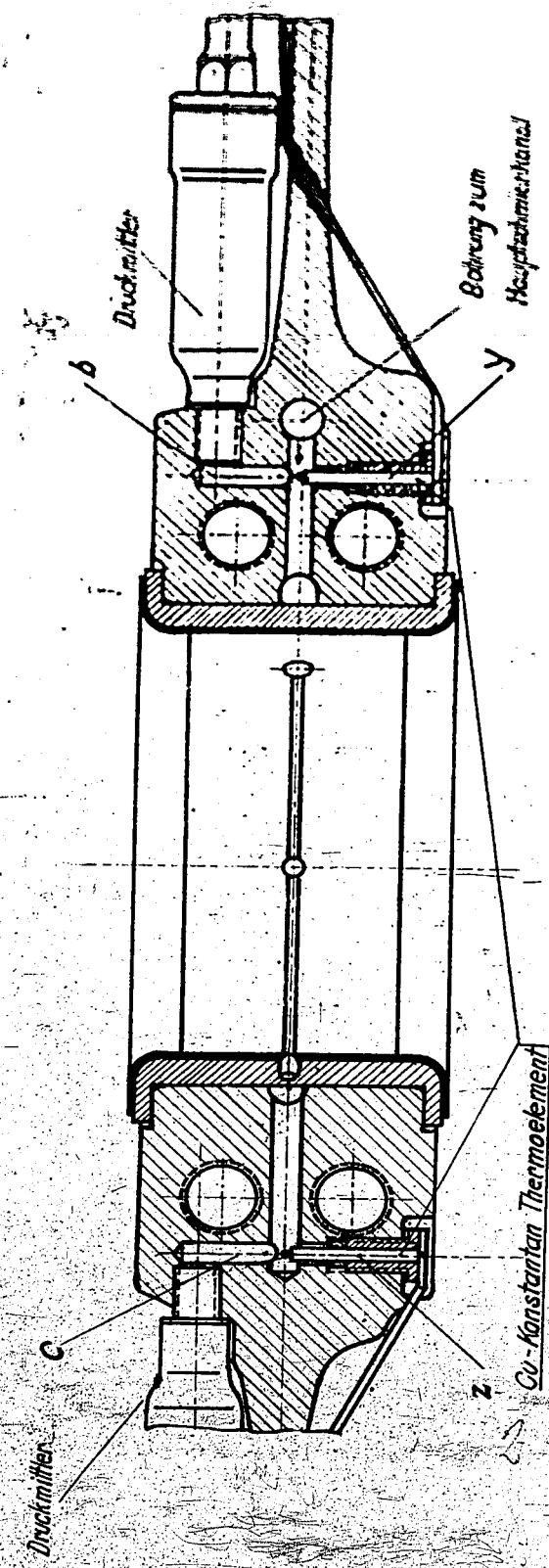
000021



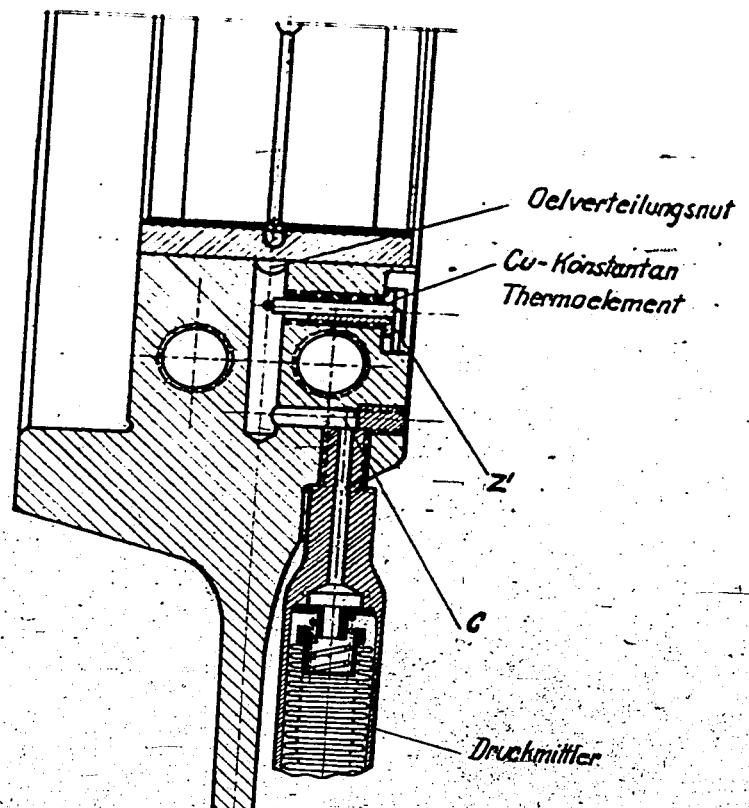
000022



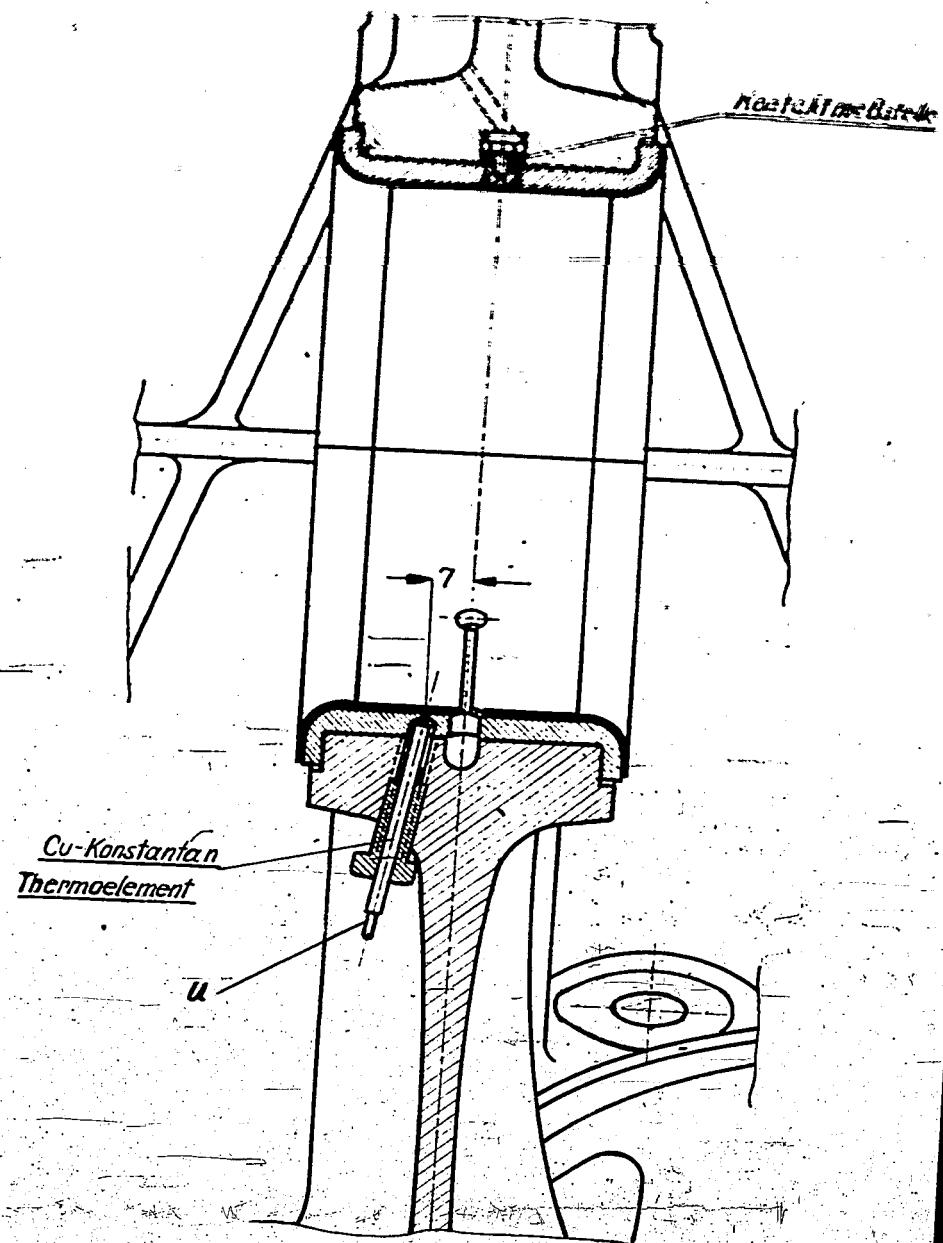
000022



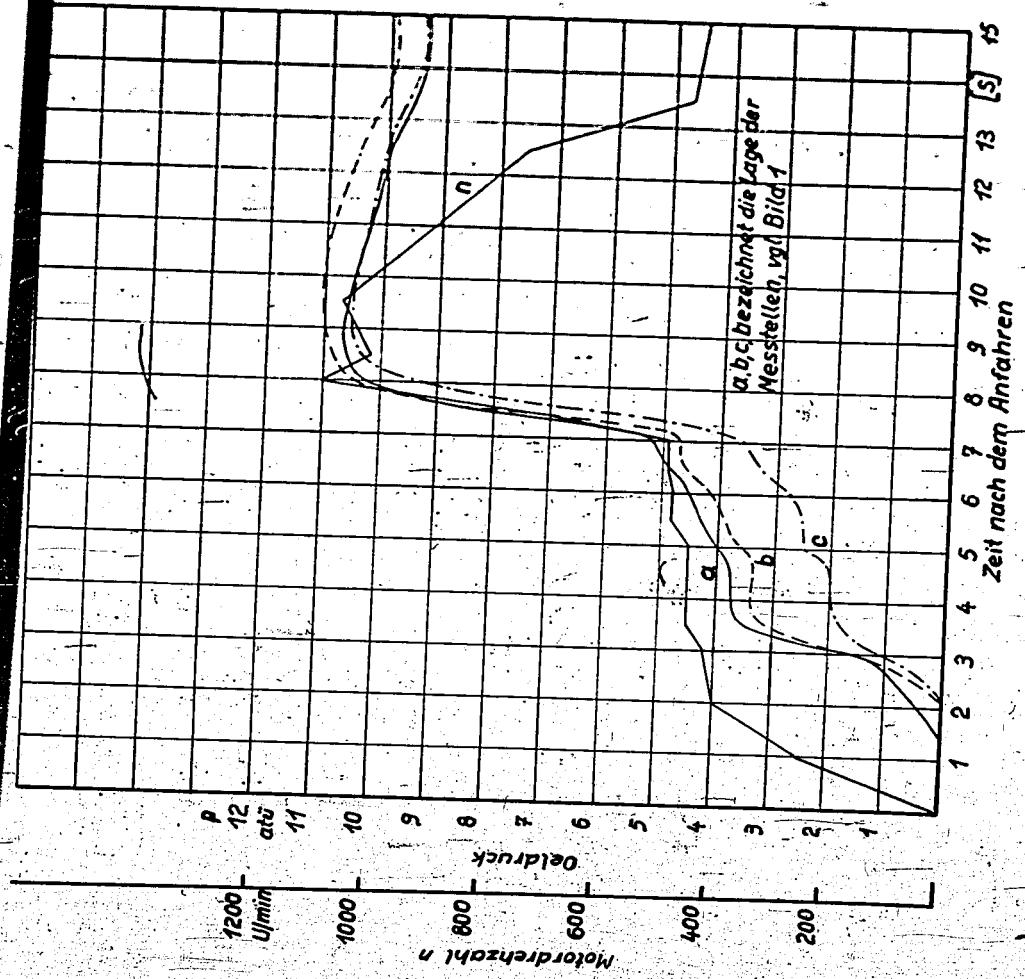
000023



000024



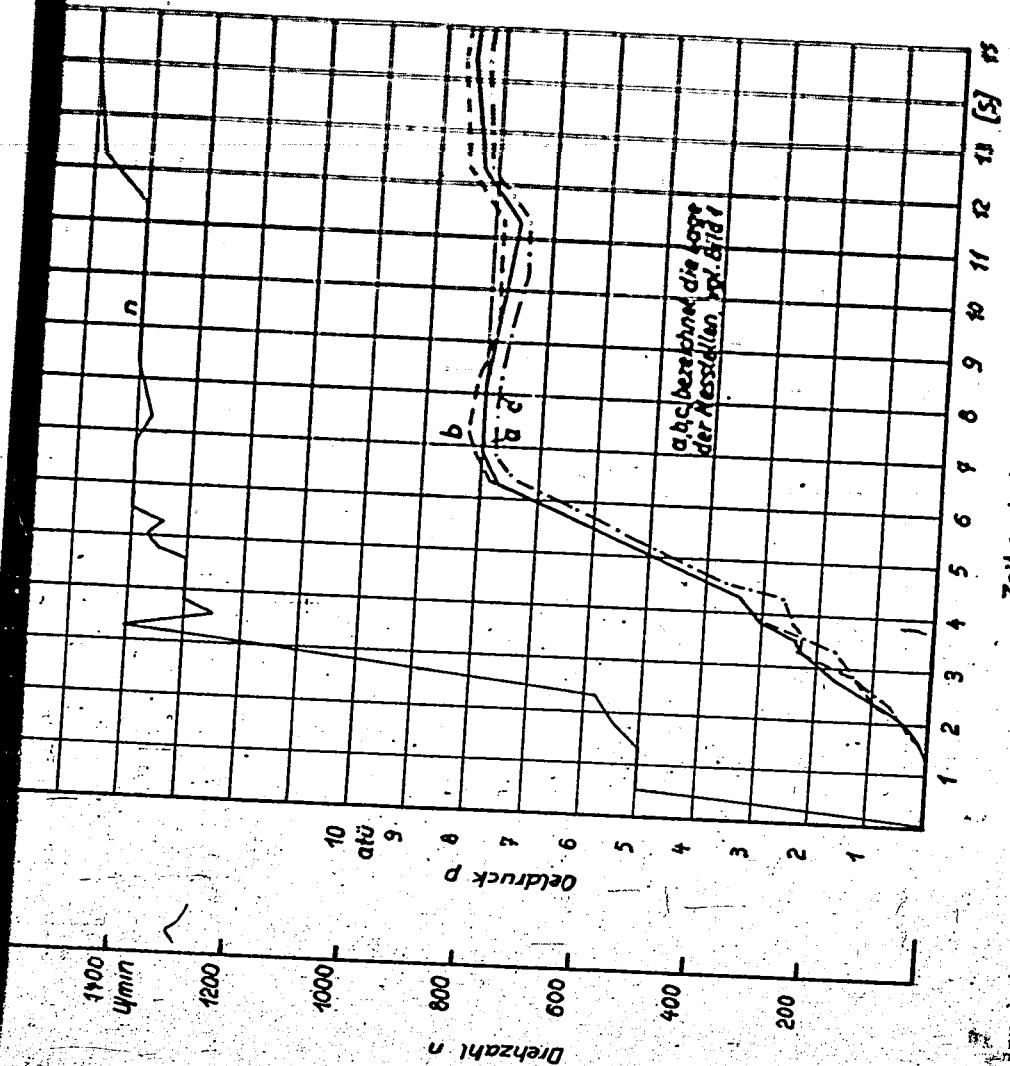
000025



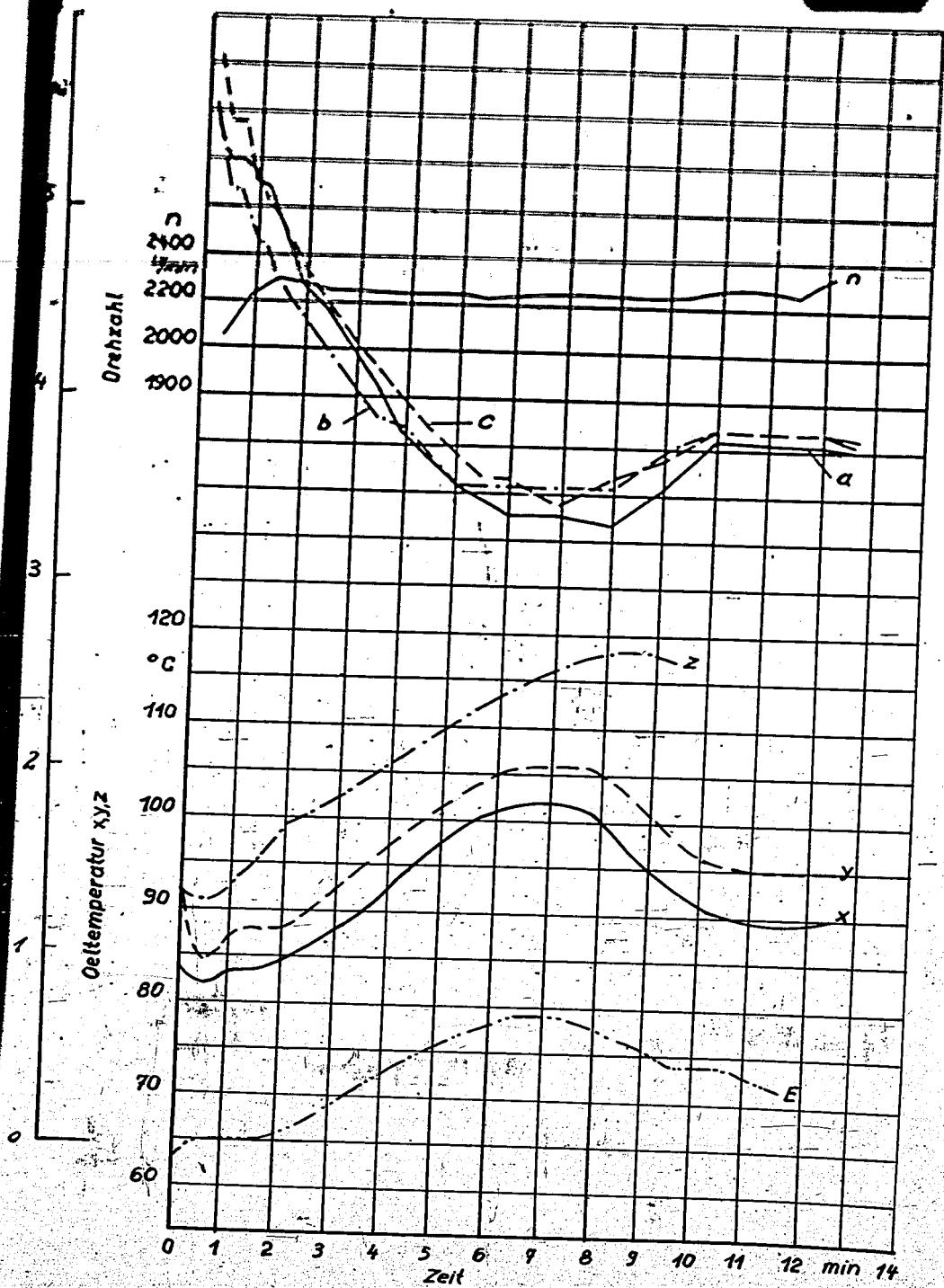
000626

Stahl  
Metall

Bild 6 Zeit nach dem Anfahren  
(Lagertemperatur vor dem Anfahren 75 bis 85°C)



000027



geprüft:  
HHLK

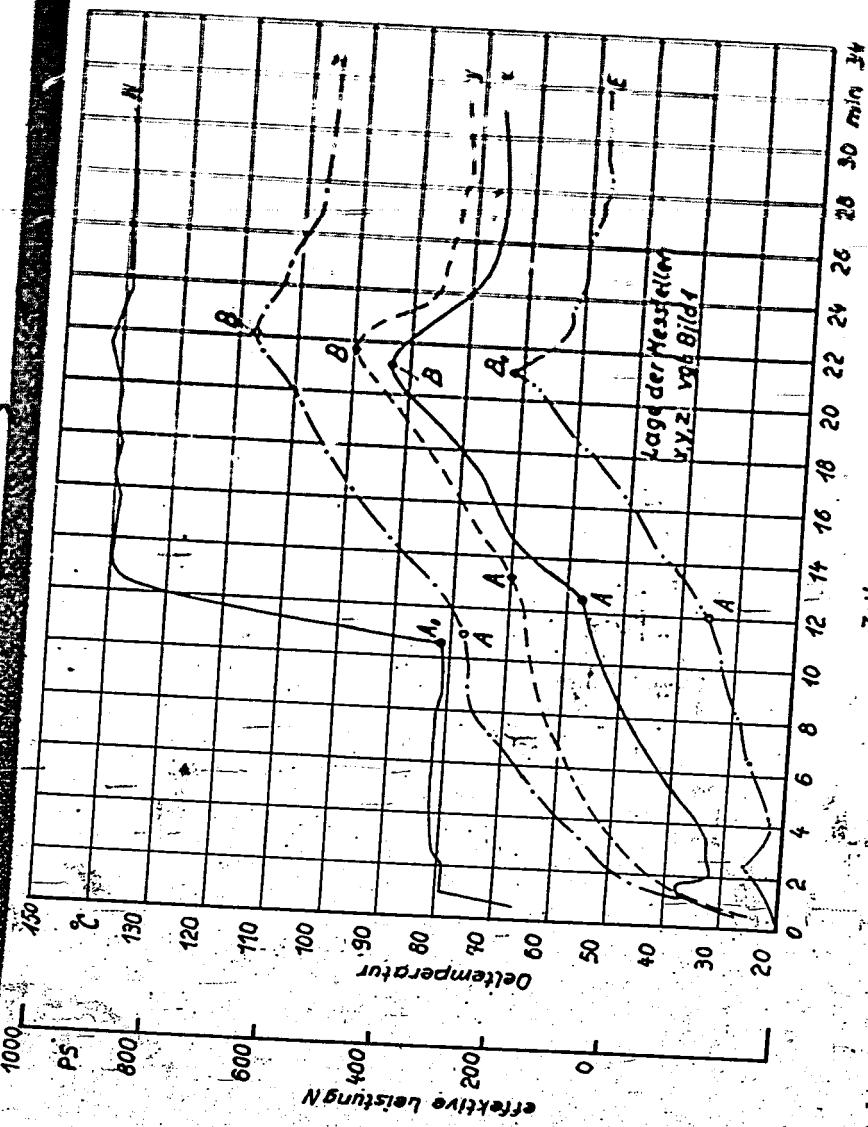


Bild 8 Lauzeit nach dem Anfahren aus den kalten Zustand.  $\dot{V}_{\text{Luft}}$  bei 400 Nm/min. Die effektive Motorleistung ist als Linie „A“ dargestellt. Der Öltemperaturen sind die Drehzahl ermittelt wurde, A die Punkte, an denen sie die Auswirkung der Auswirkung an. In B wurde der Oelkühler eingeschaltet. 2 Zeitachse dienten der

1972  
1972

000029

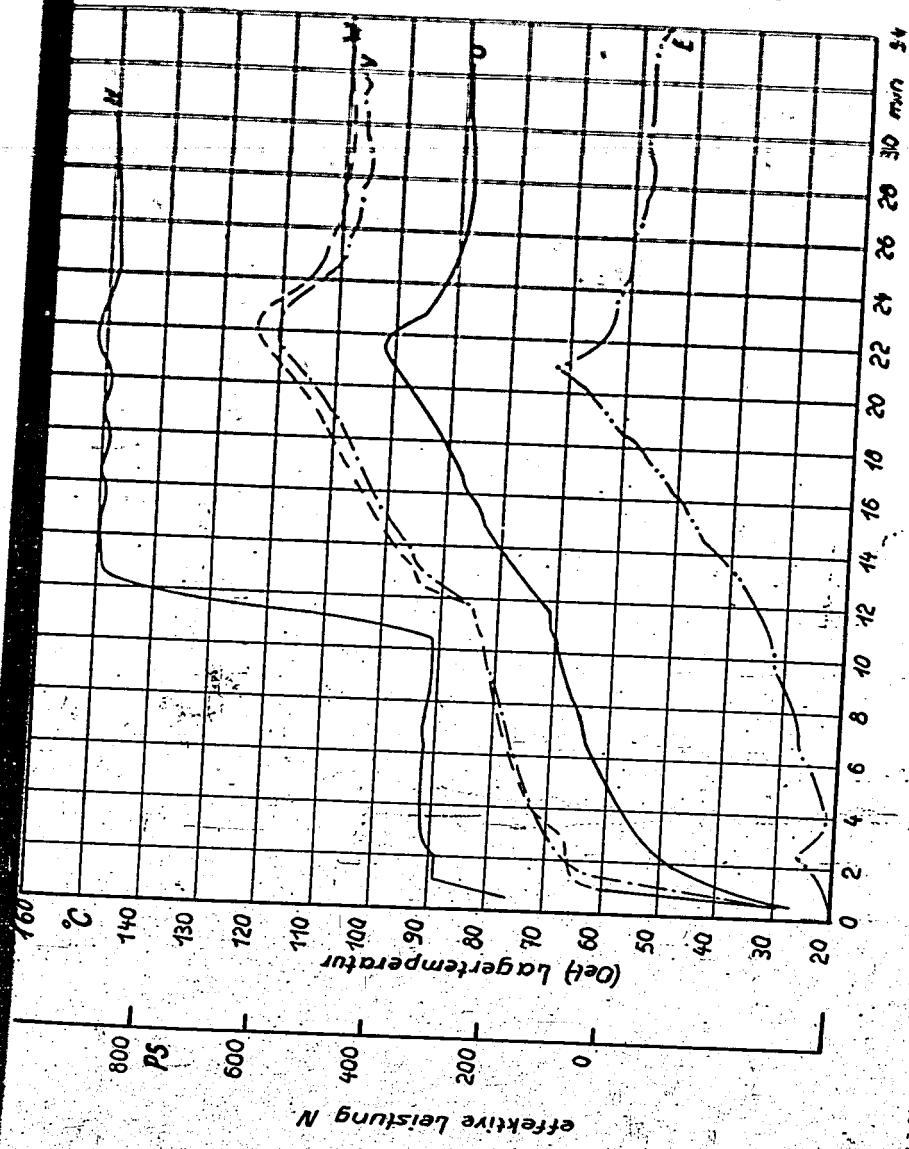
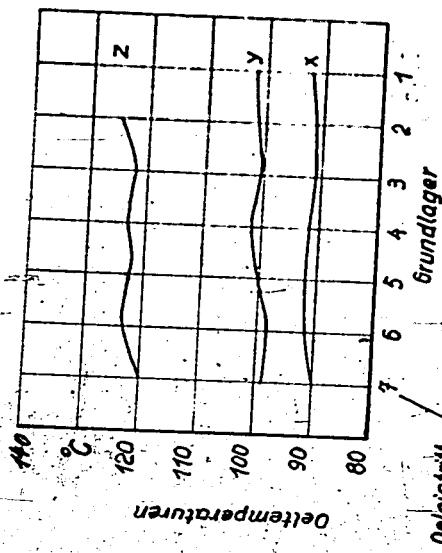


Bild 9 Lagertemperaturen an mittleren Grundlagern in Abhängigkeit von der Anfangslage aus dem kalten Zustand ( $20^{\circ}\text{C}$ ) mit elektrischer Leistungsaufnahme der Meßstellen u, v und w, vgl. Bild 1.  
Effektive Motorleistung und Oeleintrittstemperatur  $\varepsilon$  sind mit eingezeichnet.

00030

Wittig  
Schäfer

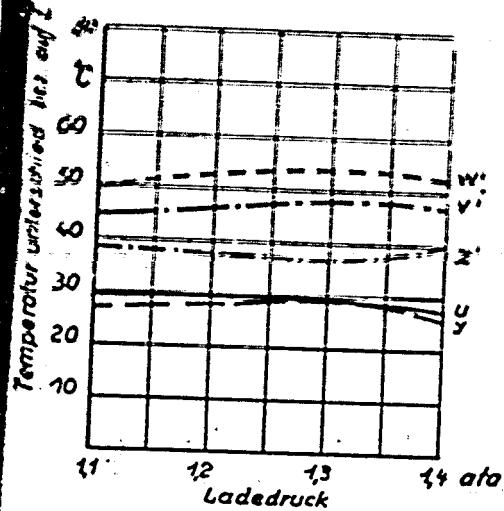


Strömung im Haupschmierkanal

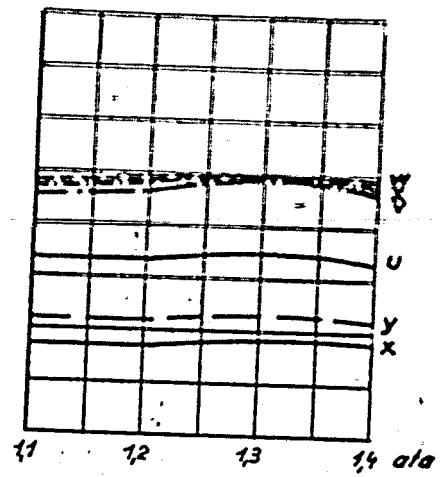
Bild 10

Deltatemperaturen an den einzelnen Grunllagern im Beharrungszustand bei einer Umdrehungszahl von 2200 U/min., einem Ladedruck von 1,15 ata und einer Öltemperatur von 76 °C.  
Lage der Meßstellen x, y und z, siehe Bild 1!

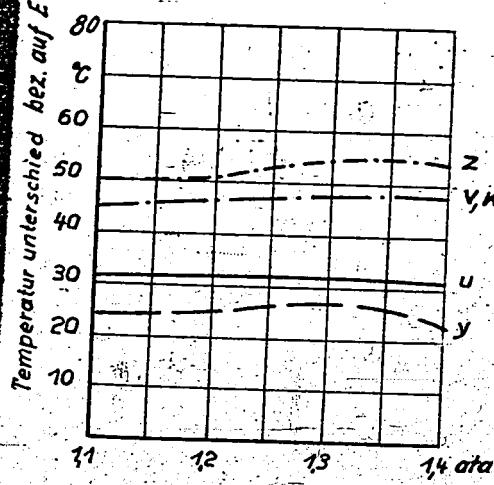
000031



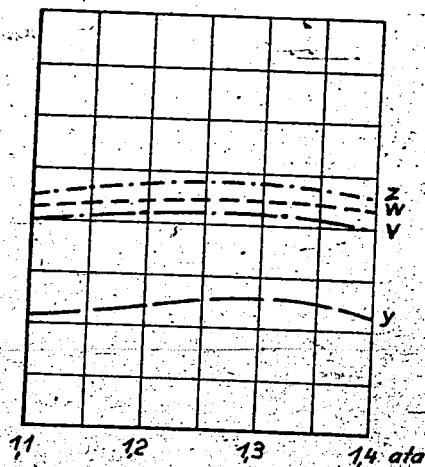
Grundlager 1



Grundlager 4



Grundlager 6

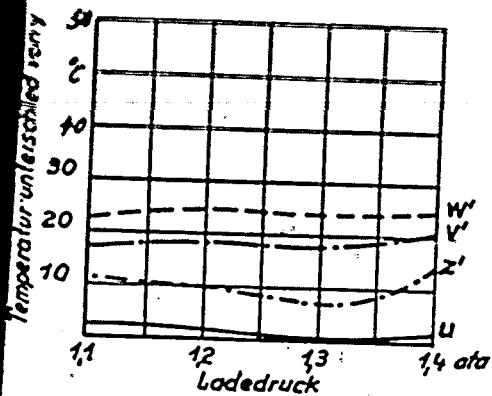


Grundlager 7

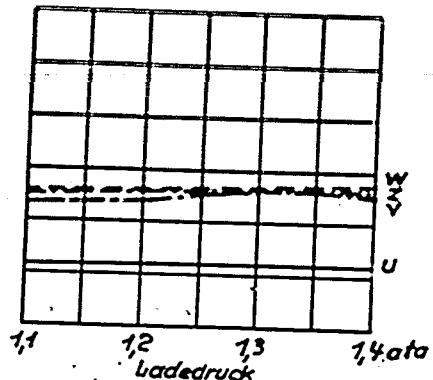
Bild 11 Auf die Oeleintrittstemperatur E vor Pumpe bezogene  
Oel- und Lagertemperaturen in Abhangigkeit vom  
Ladedruck bei einer Motordrehzahl von n = 2100 U/min.

Gepruft: H.H.K.

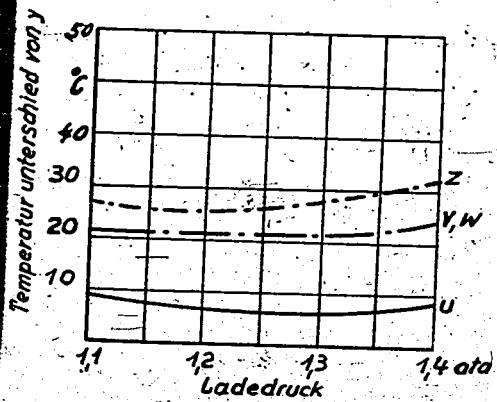
000032



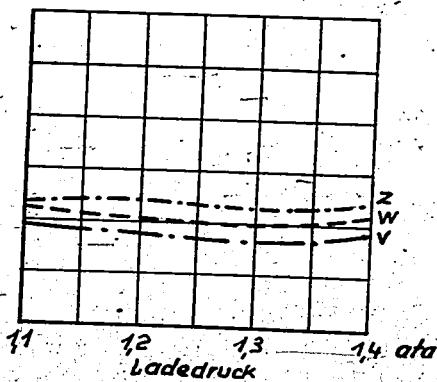
Grundlager 1



Grundlager 4



Grundlager 6



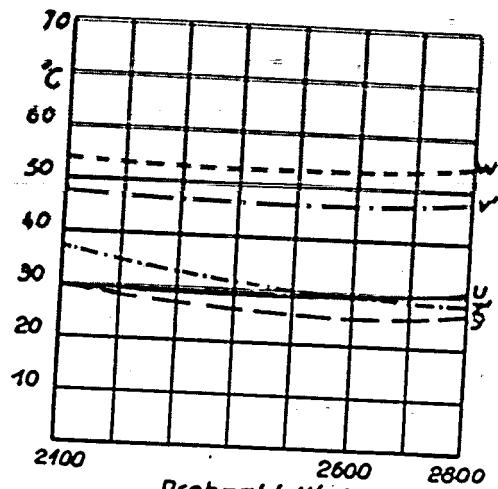
Grundlager 7

Bild 12 Auf die Oeltemperatur y. kurz vor Eintritt ins Lager  
bezogene Oel- und Lagertemperaturen in Abhangigkeit  
vom Ladedruck bei einer Motordrehzahl von  $n = 2100 \text{ U/min.}$

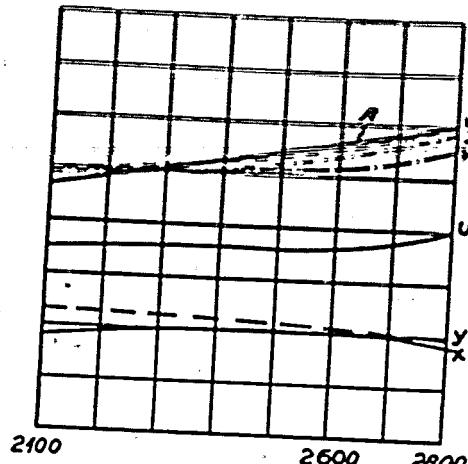
gepruft:

Pilz

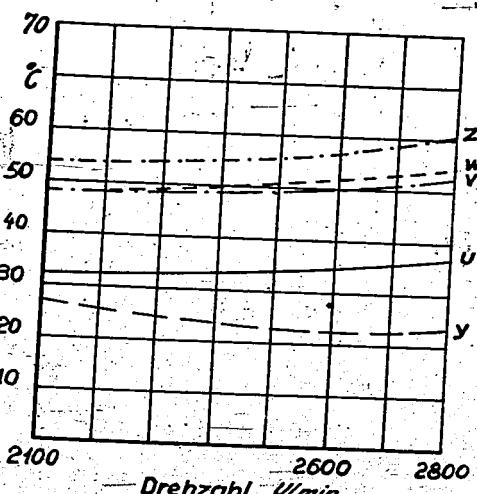
000033



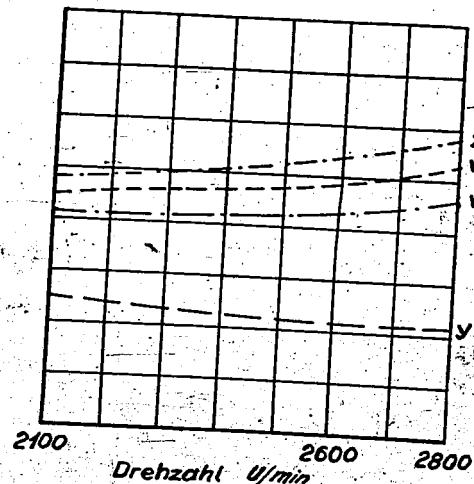
Grundlager 1



Grundlager 4



\*Grundlager 6

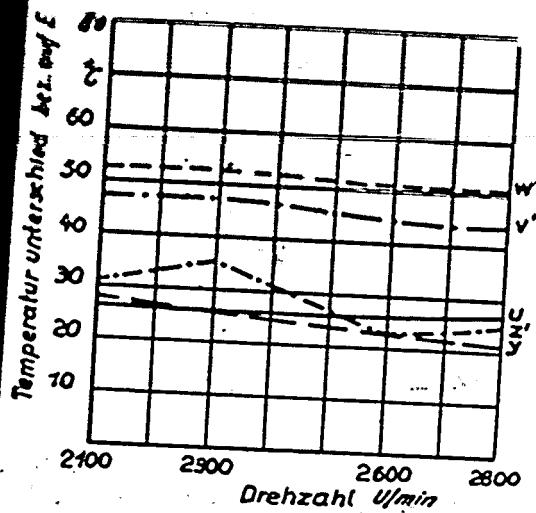


Grundlager 7

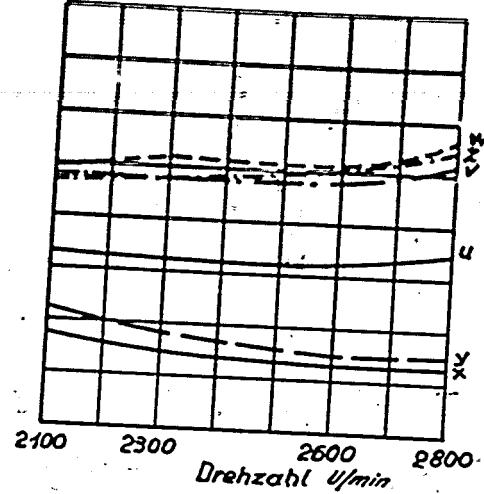
Bild 13 Auf die Oeleintrittstemperatur  $E$  bezogene Oel- und Lager-temperaturen in Abhangigkeit von der Drehzahl bei einem Ladedruck von 1,3 ata.

geprüft:  
S. Hiltz

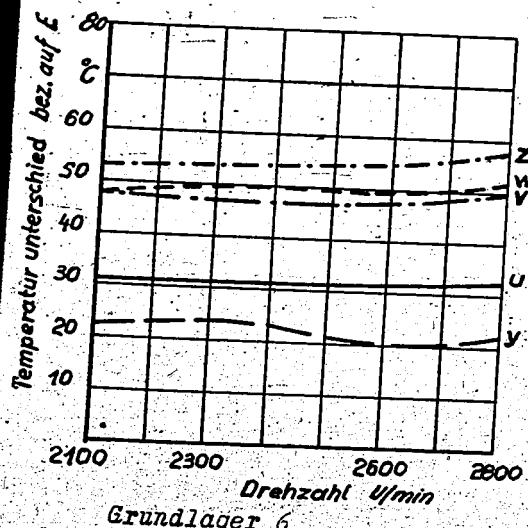
00063+



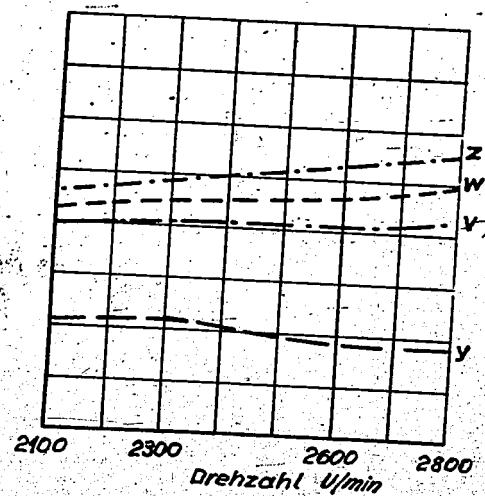
Grundlager 1



Grundlager 4



Grundlager 6

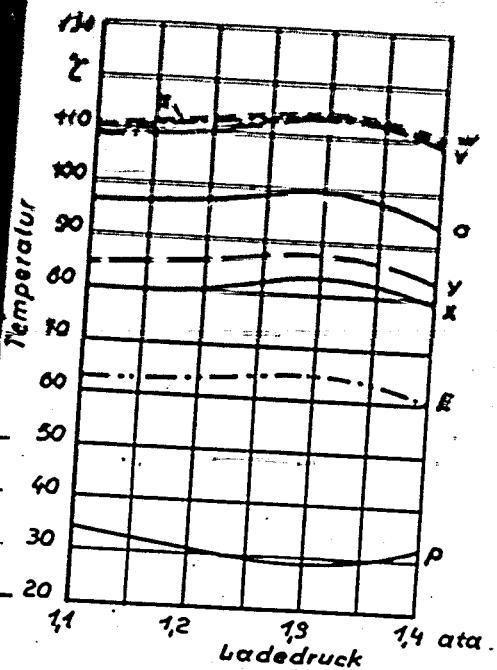


Grundlager 7

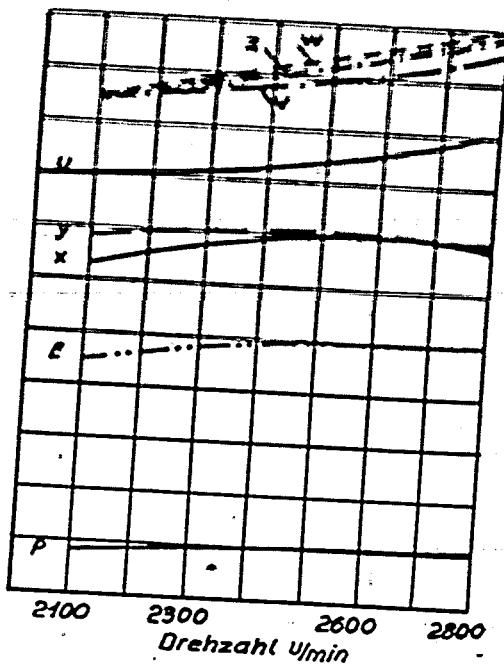
Bild 14 Auf die Oeleintrittstemperatur  $E$  bezogene Öl- und Lagertemperaturen in Abhängigkeit von der Drehzahl bei einem Ladedruck von 1,4 ata.

geprüft:

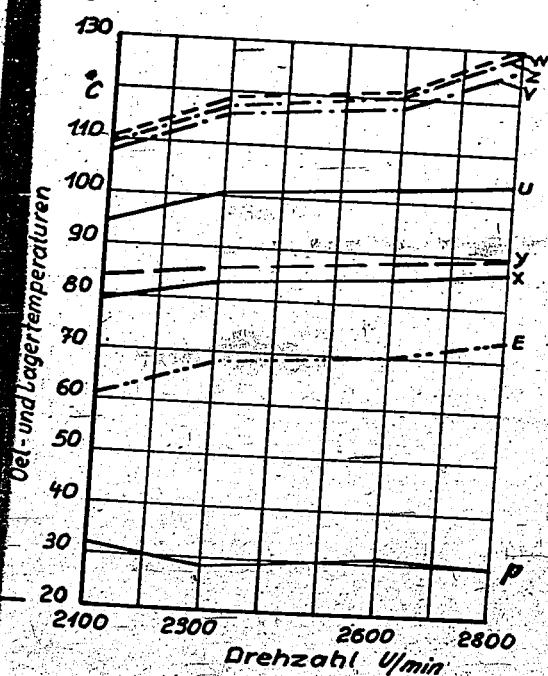
Habek



a)



b)



c)

Bild 15 Öl- und Lagertemperaturen am mittleren Grundlager 4

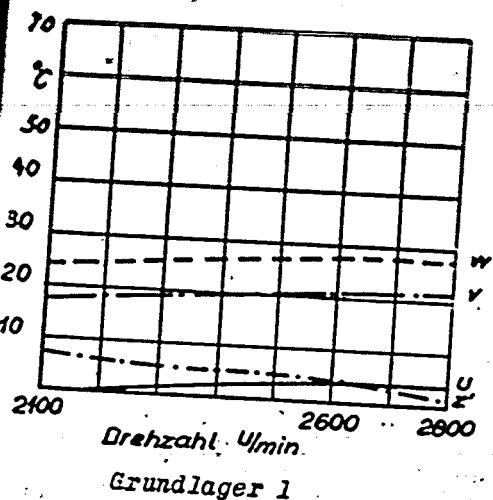
a) in Abhängigkeit vom Ladedruck von der Drehzahl bei einem Ladedruck von 1,3 ata

b) " " von der Drehzahl bei einem Ladedruck von 1,4 ata.

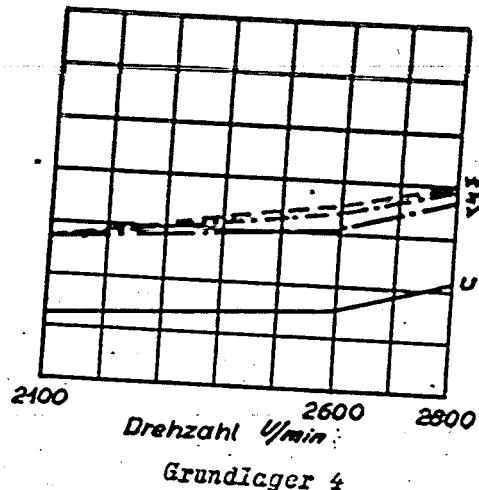
000035

geprüft:  
H.H.

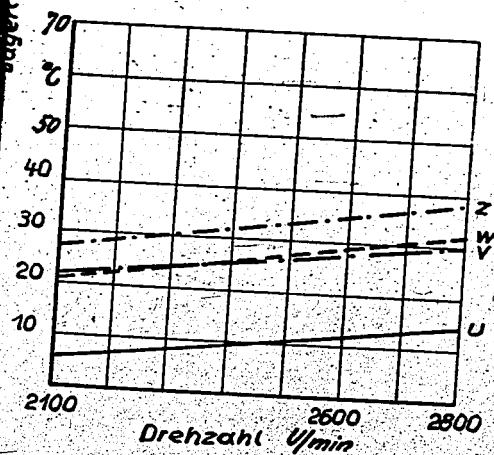
000036



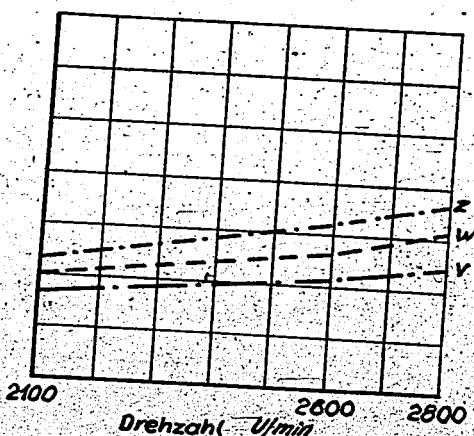
Grundlager 1



Grundlager 4



Grundlager 6



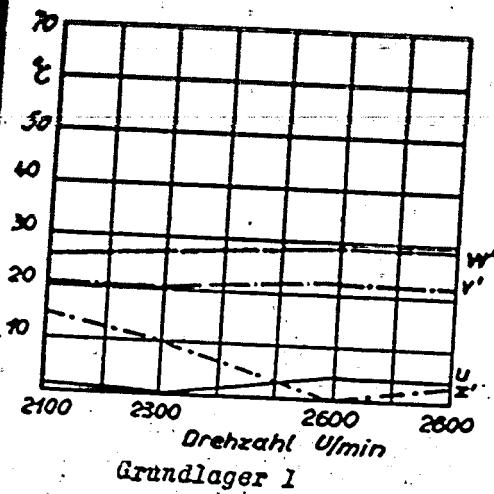
Grundlager 7

Bild 16 Auf die Oeltemperatur  $u$  vor Lager bezogene Oel- und  
Lagertemperaturen in Abhangigkeit von der Drehzahl  
bei einem Ladedruck von 1,3 atu.

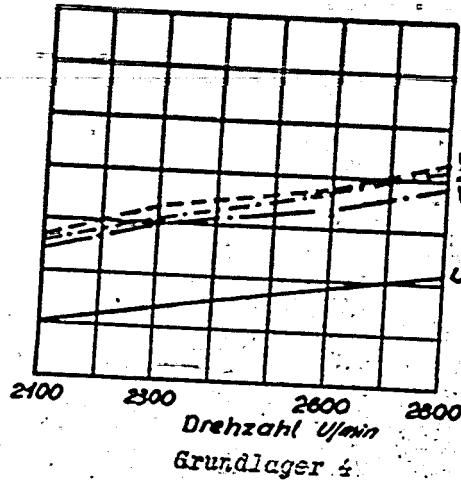
gepruft:

H. Winkler

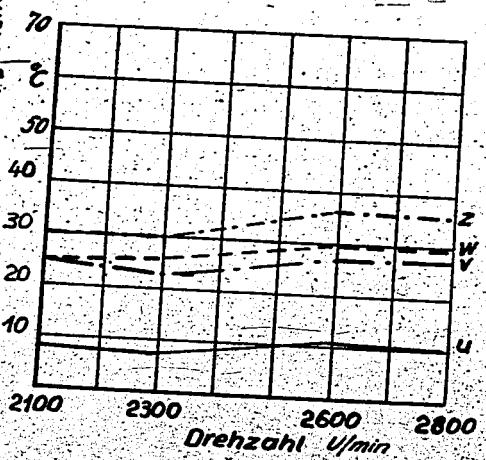
000037



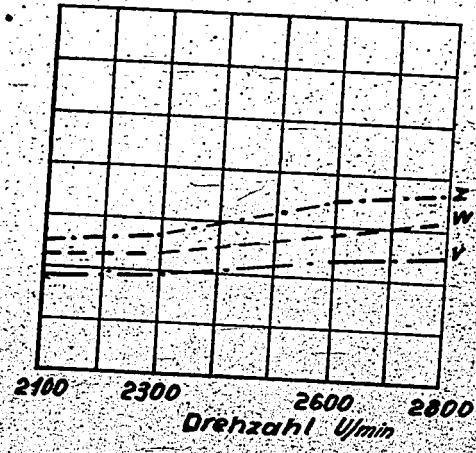
Grundlager 1



Grundlager 4



Grundlager 6

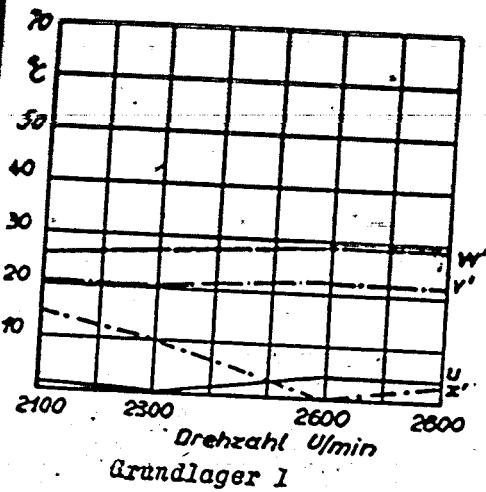


Grundlager 7

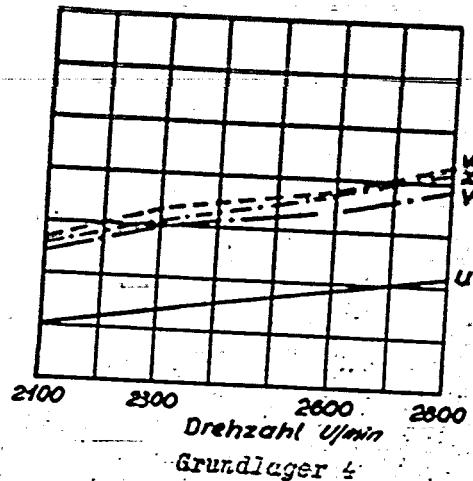
Bild 17 Auf die Oeltemperatur  $y$  vor Lager bezogene Oel- und Lagertemperaturen in Abhangigkeit von der Drehzahl bei einem Ladesdruck von 1,4 atu.

gepruft:  
Hilke

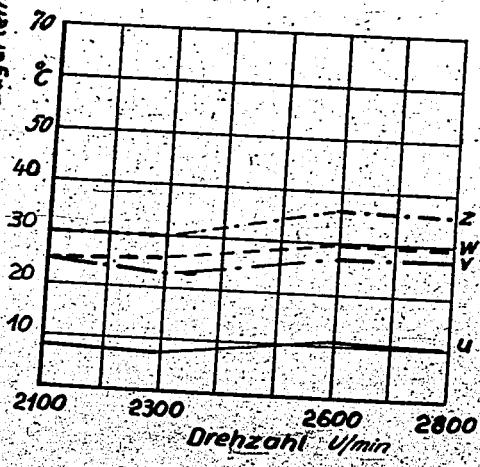
000037



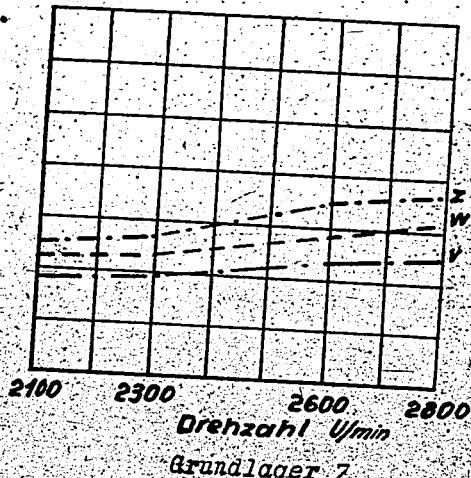
Grundlager 1



Grundlager 4



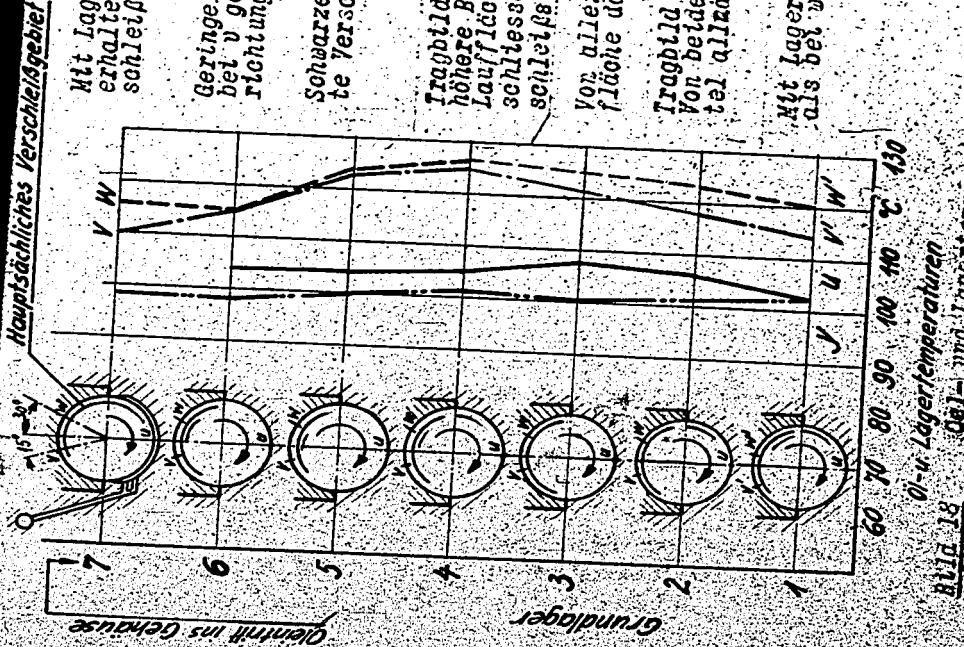
Grundlager 6



Grundlager 7

Bild 17 Auf die Oeltemperatur  $u$  vor Lager bezogene Oel- und Lagertemperaturen in Abhangigkeit von der Drehzahl bei einem Ladedruck von 1,4 ata.

gepruft:  
Hilke



Mit Lager 1 geringster Verschleiß, großer Teil der verschleißenden Fläche bei Lager 7 größer als bei 1. Gesamte Verschleißfläche ist in Drehrichtung verlagert.

Geringere Beanspruchung als bei Lager 5 erkennbar. Verschleißfläche ist in Drehrichtung verlagert.

Schwarze Streifen an den Rändern der tragenden Laufflächenstelle ist ebenfalls in Drehrichtung verlagert.

Tragbild bedeckt kleinere Fläche als bei Lager 5, lässt aber höhere Beanspruchung erkennen. An den Rändern der Laufflächen schwärzliche Streifen, die auf hohe Temperatur des Schleifstellen ist in Drehrichtung verlagert.

Von allen Lagen ist hier auf der gesamten Fläche das Tragbild sichtbar.

Tragbild symmetrisch zur Sohle, gleichmäßiger Verlauf. Von beiden Stahlringen schrauben aufwärts und gegen Oberflächen allmählich verlaufend, Zahnsohle erstallt.

Mit Lager 7 geringster Verschleiß, verschleißende Fläche ist frei von Verschleiß. 000638

Beharrungszustand bei  $n = 2300 \text{ U/min}$  und einer Ladedrück von 15 atm,  $F = 1000 \text{ N}$

88/15  
A/14



Drehz- und Temperaturremessungen an  
Schmierwegen und an den Grundlä-  
gern eines DB 605-Motors.

000039

A n h a n g:

Die Bilder A 1 bis A 13 stellen weitere aus der Vielzahl  
der Messungen hervorgegangene Diagramme dar, die im Text nicht  
im einzelnen besprochen wurden.

Bild A 1: Öltemperaturen in den Ölkästen zum mittleren Grund-  
lager 4, Ölteintrittstemperatur E vor der Hauptdruck-  
pumpe und effektive Motorleistung N in Abhängigkeit  
von der Laufzeit nach dem Anfahren aus dem halbwär-  
men Zustand mit Schwingkraftanlasser.

Bild A 2: Lagertemperaturen am mittleren Grundlager 4 in Ab-  
hängigkeit von der Laufzeit.

Effektive Motorleistung N und Ölteintrittstemperatur  
E sind mit eingetragen.

(Gehört zur selben Messung wie Bild A 1).

Bild A 3: Öldruck an drei Stellen der Schmierkanäle zum mitt-  
leren Grundlager 4 in Abhängigkeit von der Lauf-  
zeit.

Der Drehzahlverlauf ist mit eingezeichnet (Linie n).  
(Gehört zu selben Messung wie Bild A 1 und A 2)

Bild A 4: Öldruck an den Meßstellen a, b und c der Schmierka-  
näle zum Grundlager 3 in Abhängigkeit von der Zeit  
beim Anfahren aus dem kalten Zustand ( $20^{\circ}\text{C}$ ). Anlas-  
sen mit elektrischem Anwurfmotor.

Bild A 5 bis A 9: Öldruck an Meßstellen a, b und c der  
Schmierkanäle:

bei A 5: Zum Grundlager 1

A 6: " " 2

A 7: " " 3

A 8: " " 4

A 9: " " 6

(Drehzahlverlauf mit ein-  
gezeichnet)

in Abhängigkeit von der Zeit beim Anfahren aus dem  
halbwarmen Zustand (Lagertemp. vor dem Anfahren  
 $75$  bis  $85^{\circ}\text{C}$ ).

Bild A 10: Öltemperaturen, Lagertemperaturen und Öldruck an  
den Meßstellen des mittleren Grundlagers 4 in Ab-  
hängigkeit von der Laufzeit nach dem Anfahren mit

Bearbeiter:  
Projek:

Hampf

Tag: 22.6.43  
Jahr:

Ersatz für:

Ersatz durch:

A.Nr. 96978

Bild A 11 zeigt die Lagertemperaturen des kalten Zustand ( $20^{\circ}\text{C}$ ).

Gleichstromtemperatur  $\theta$ , Drehzahl  $n$  und effektive Leistung  $P$  ist mit eingetragen.

Bild A 11

Olverlust in Abhängigkeit von der Zeit beim Anfahren aus dem kalten Zustand ( $20^{\circ}\text{C}$ ) mit Schwingkraftanlasser. (Der Motor war vor der Messung kurz angesprungen).

Bild A 12

Lagertemperaturen an den einzelnen Grundlagern im Beharrungszustand bei einer Drehzahl  $n = 2500$  U/min., einem Ladedruck von 1,15 ata und einer Öltemperatur vor Pumpe von  $70^{\circ}\text{C}$ .

Bild A 13

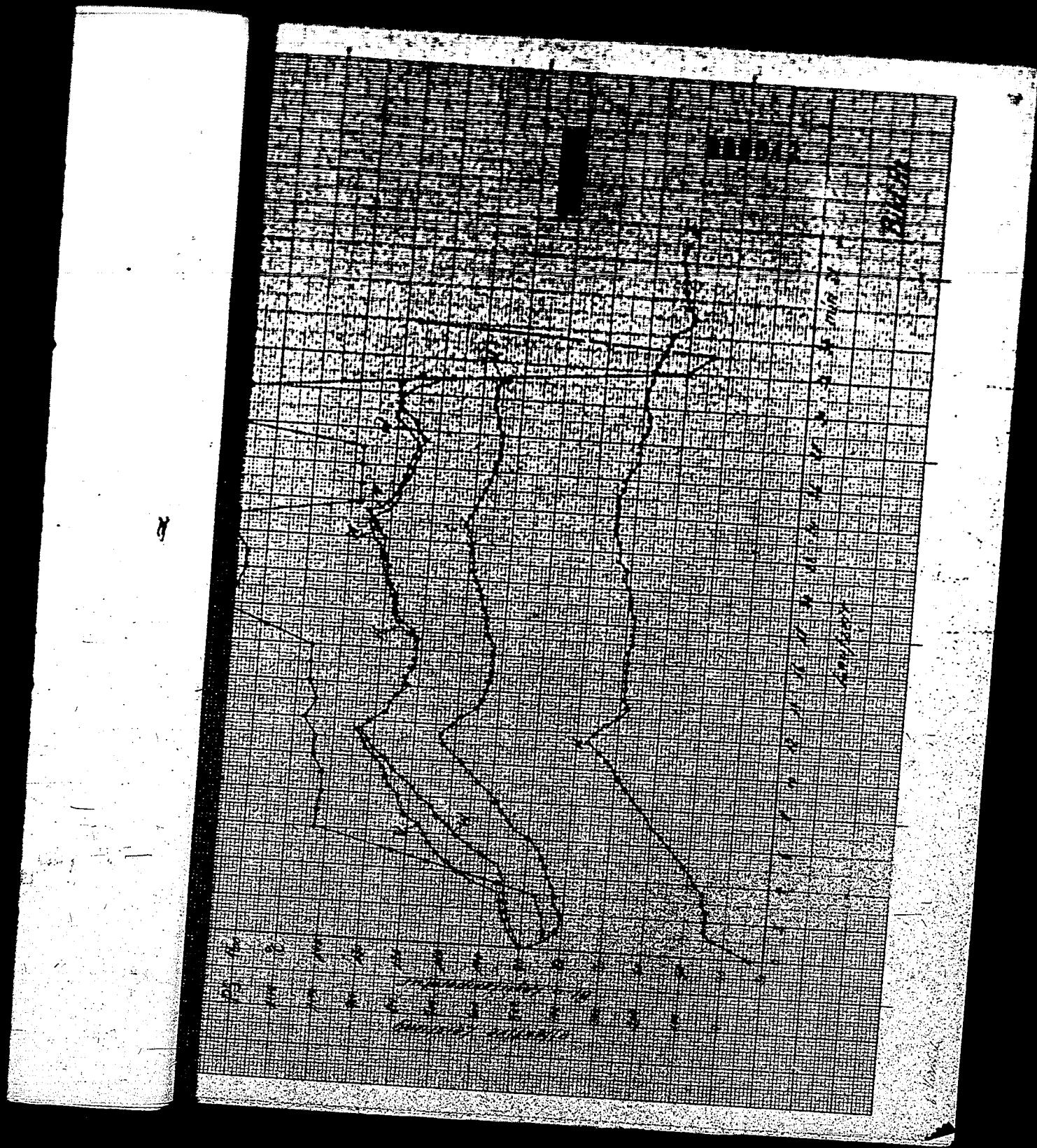
Zeigt dasselbe wie Bild A 12, jedoch bei einer Drehzahl  $n = 2100$  U/min., einem Ladedruck von 1,05 ata und einer Öltemperatur vor Pumpe von  $70^{\circ}\text{C}$ .

000040

Projekt	Flamm P	700- 700- 22.6.43	Ereignis Nr.	Erstellt durch	A-Nr. 90978
---------	---------	-------------------------	--------------	----------------	-------------

688743





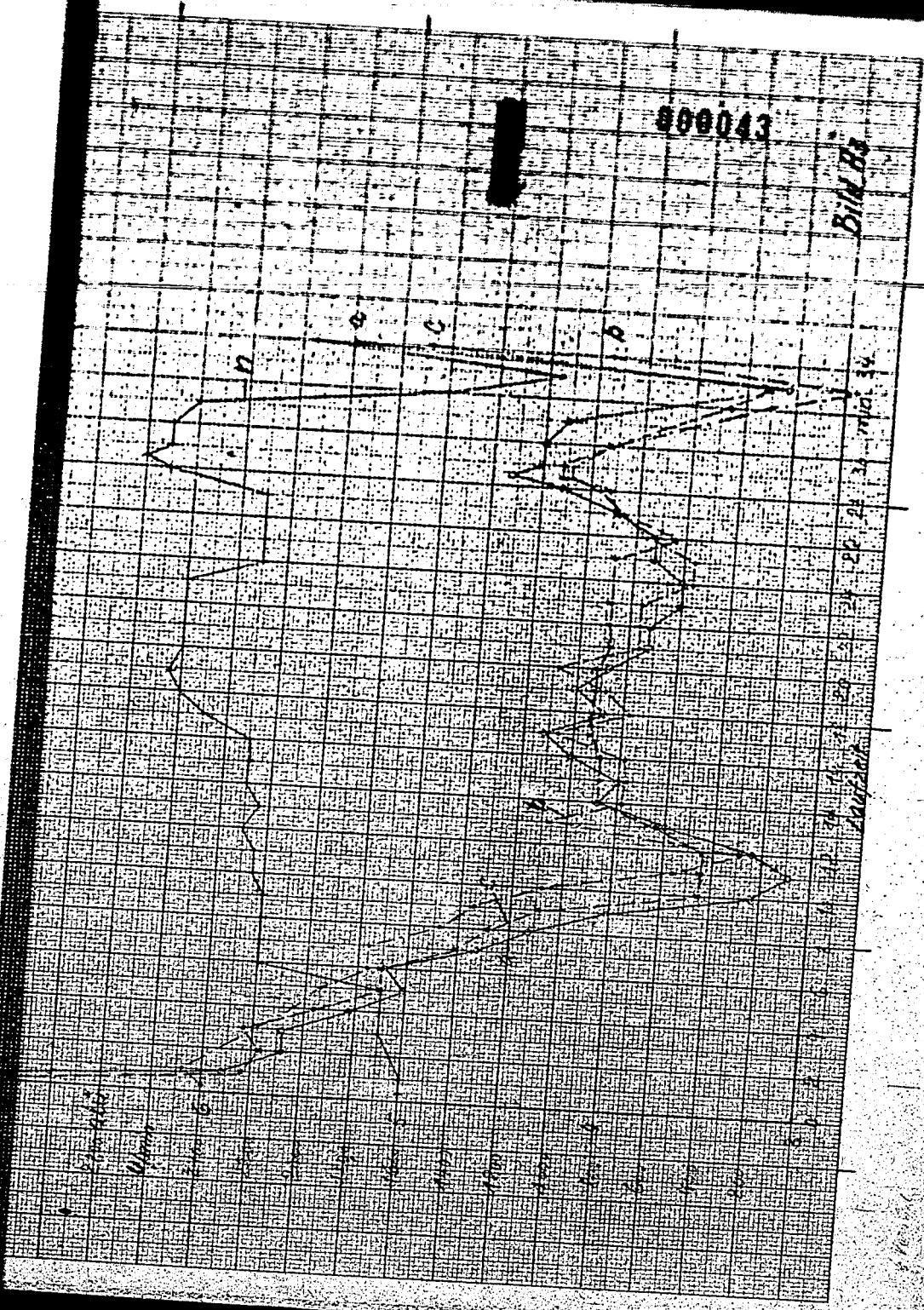
1000



888043

B/C

22 23 24 25 min. 34



009844

10/14/21

20 21 22 23 24 25 26

27 28

29 30

31 32

33 34

35 36

37 38

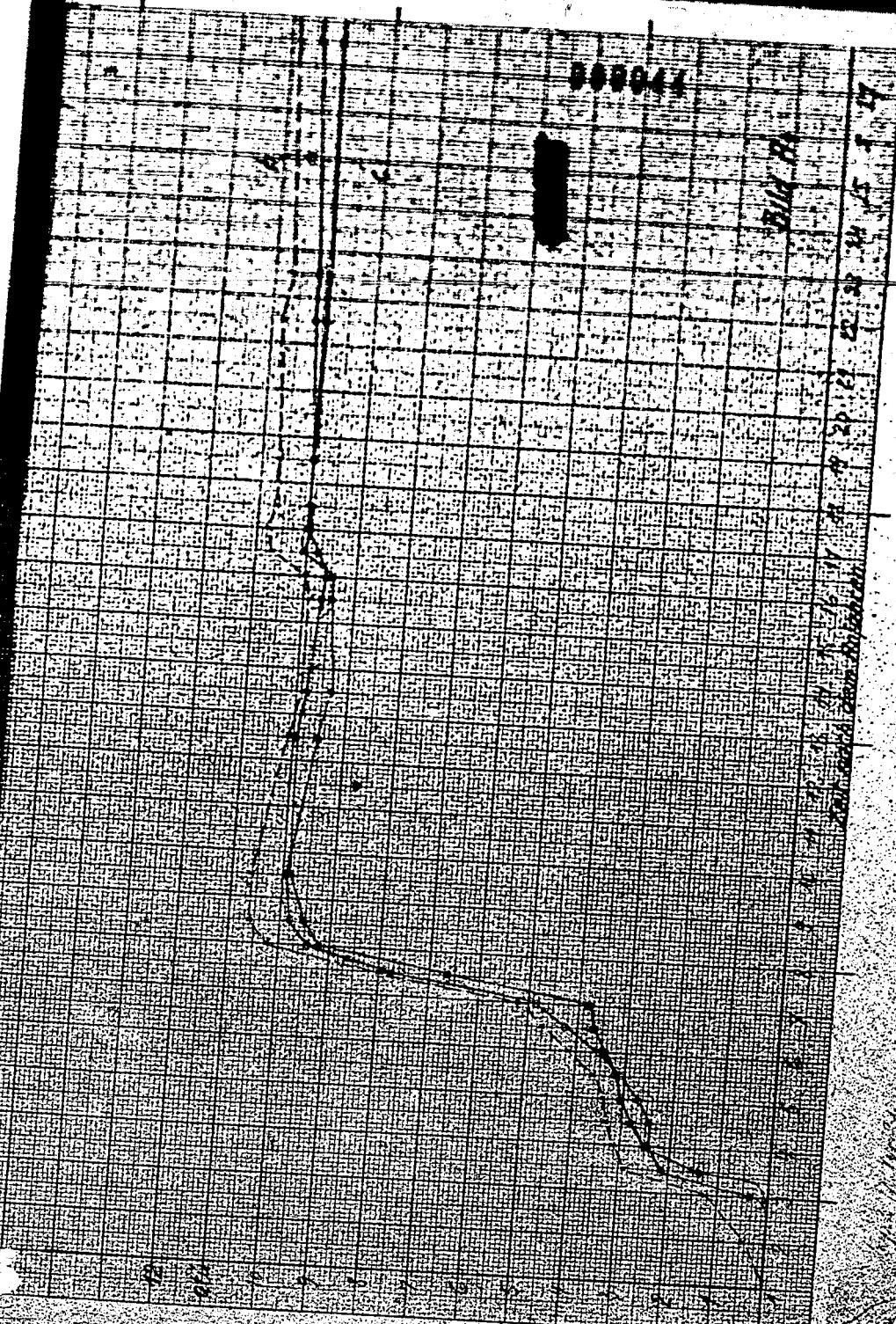
39 40

41 42

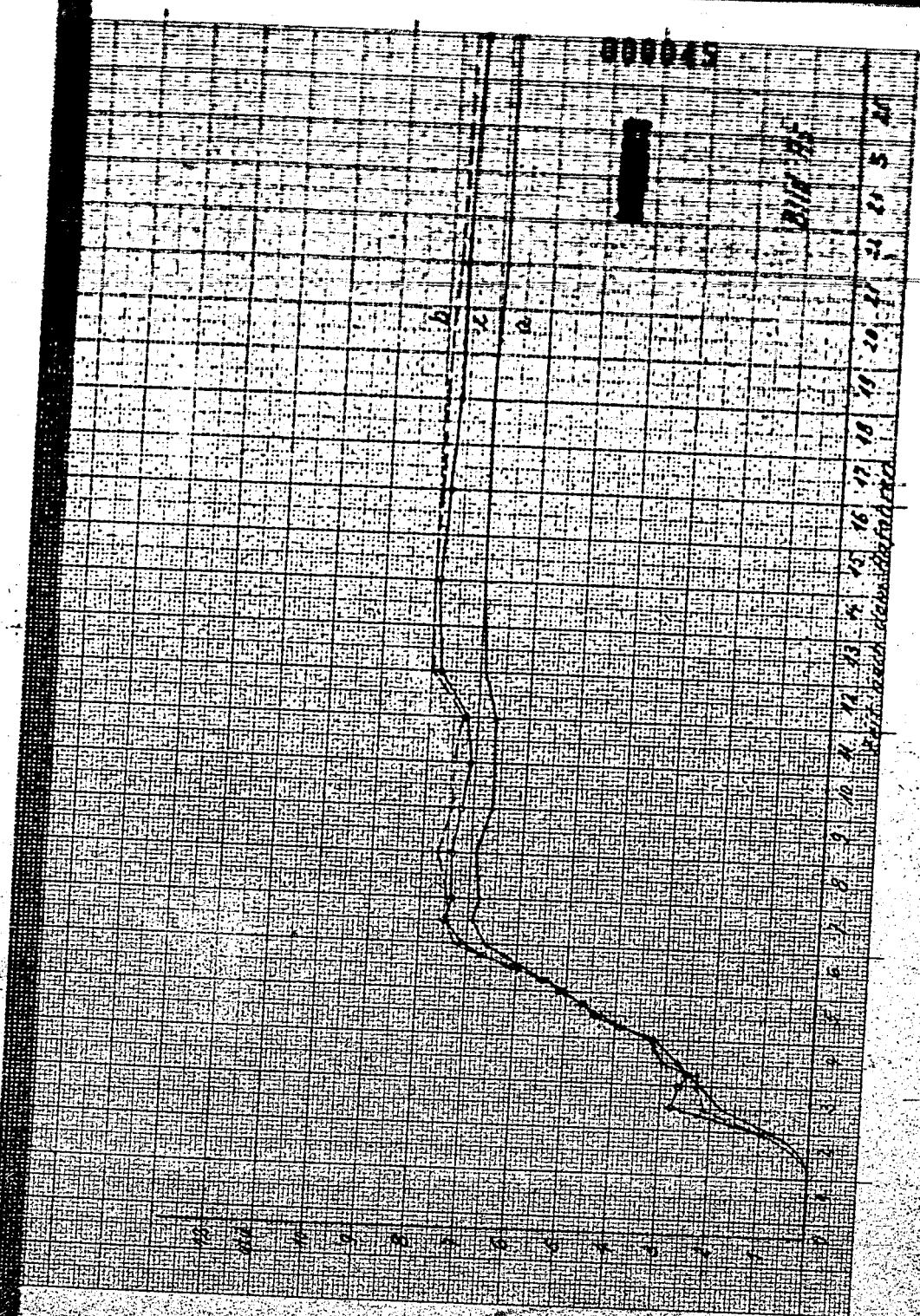
43 44

000044

4



00075



000046

B14 P2

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

17

000047

三

800047

312 PZ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

000048

212

5

12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

5

800040

43

21/1

17 5

24 1

12 42

16 7

15 16

14 2

13 1

12 0

11 9

10 8

9 7

8 6

7 5

6 4

5 3

4 2

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

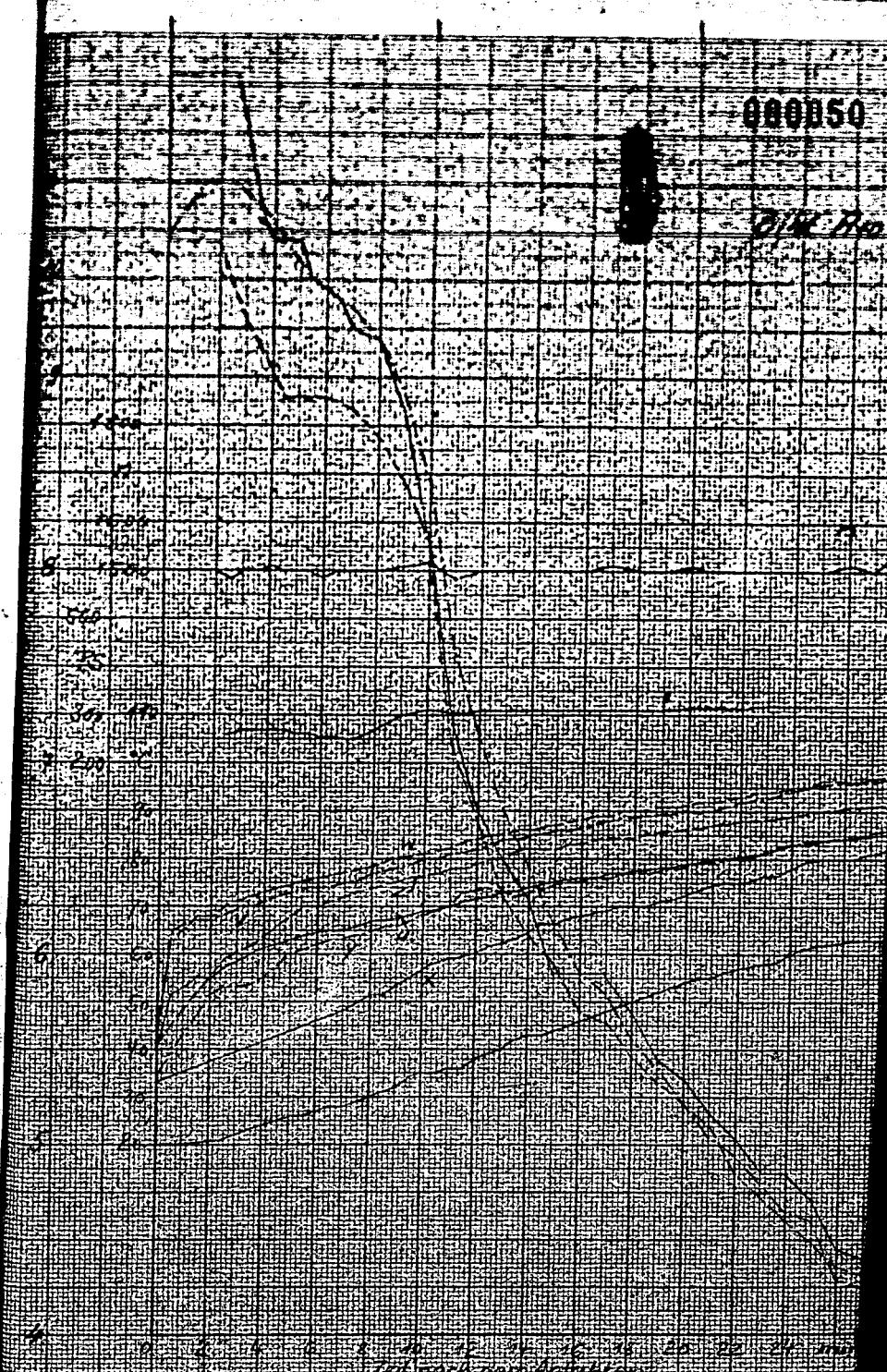
1

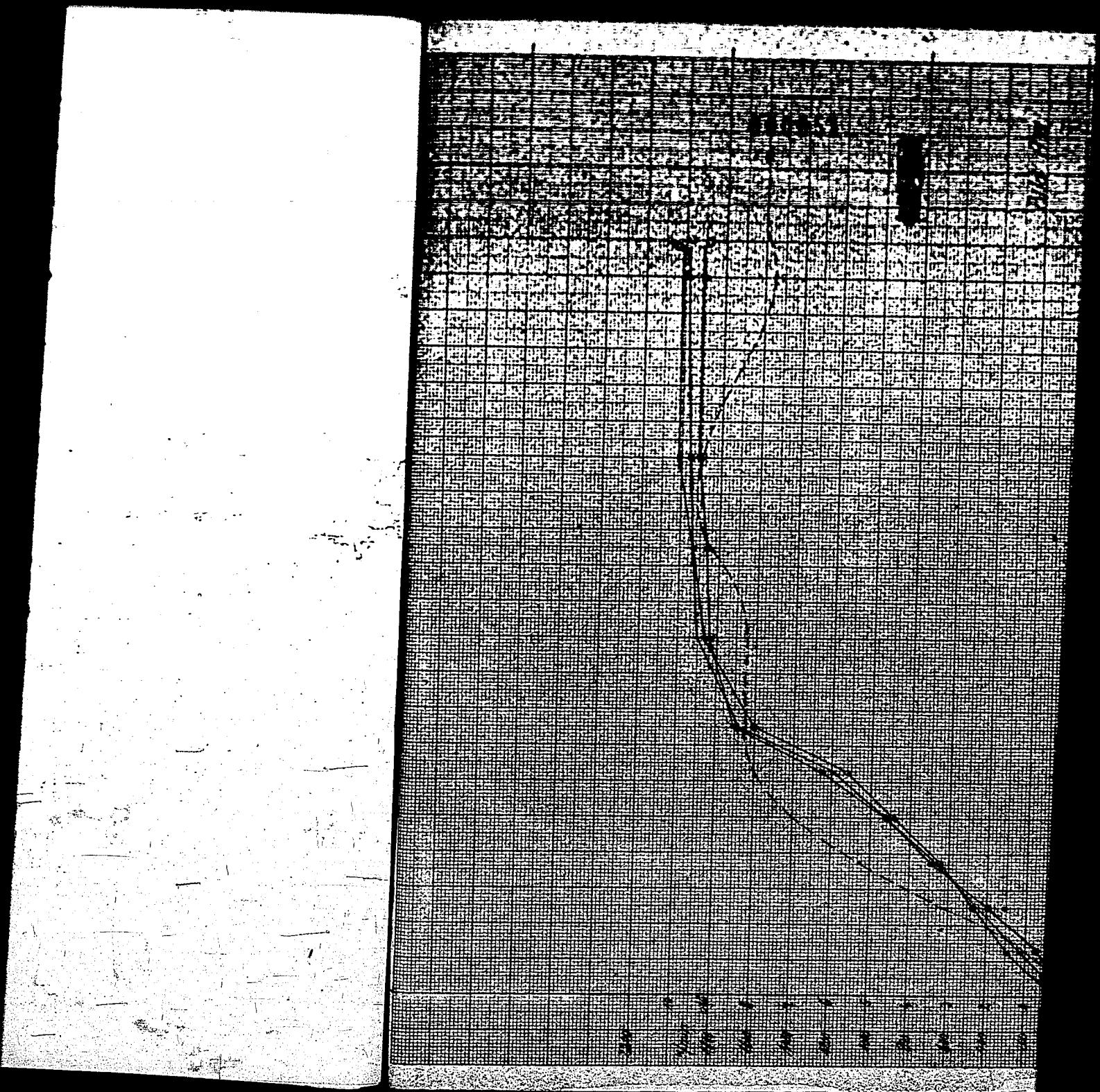
2

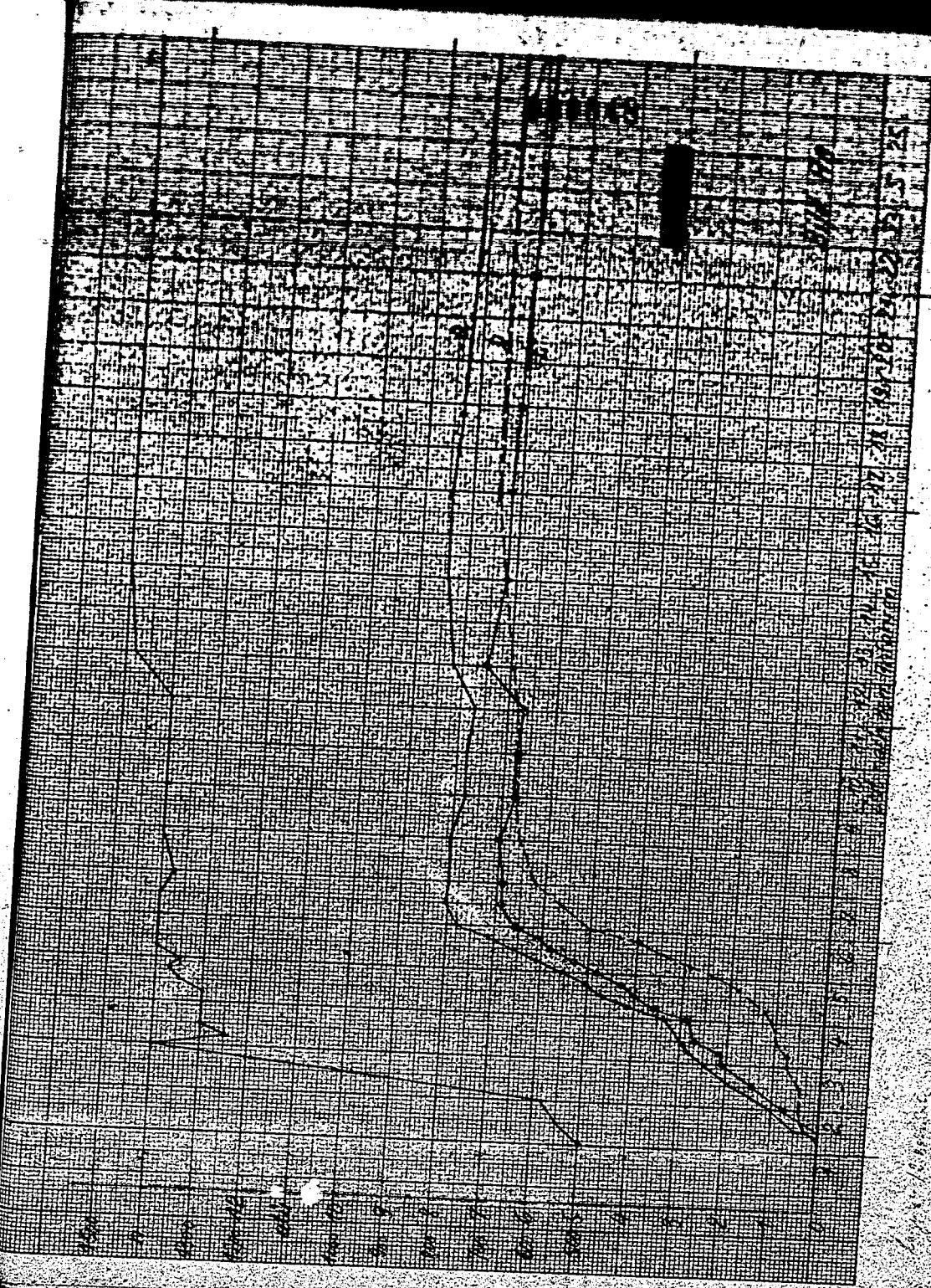
3

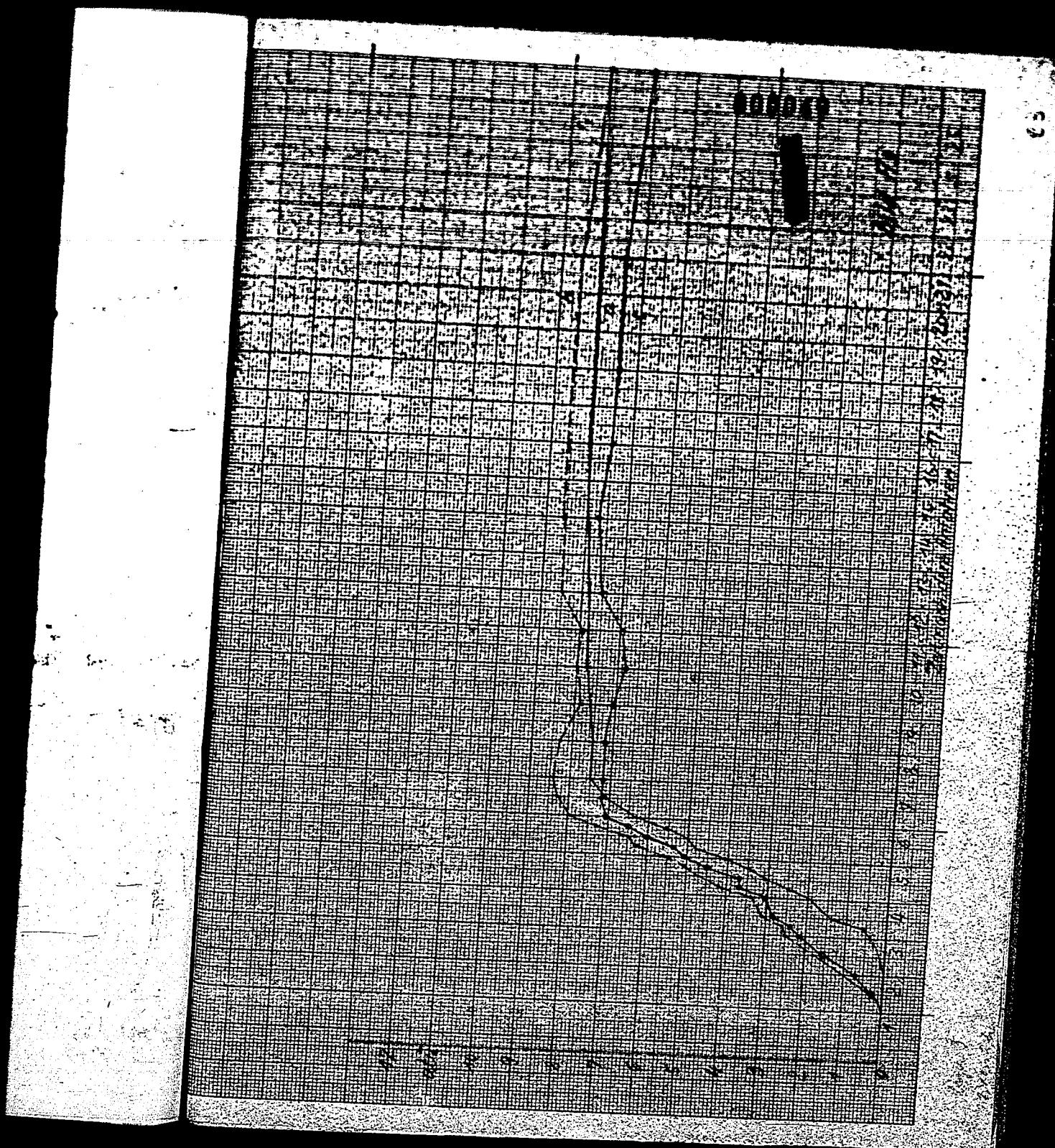
000050

DIC 1960





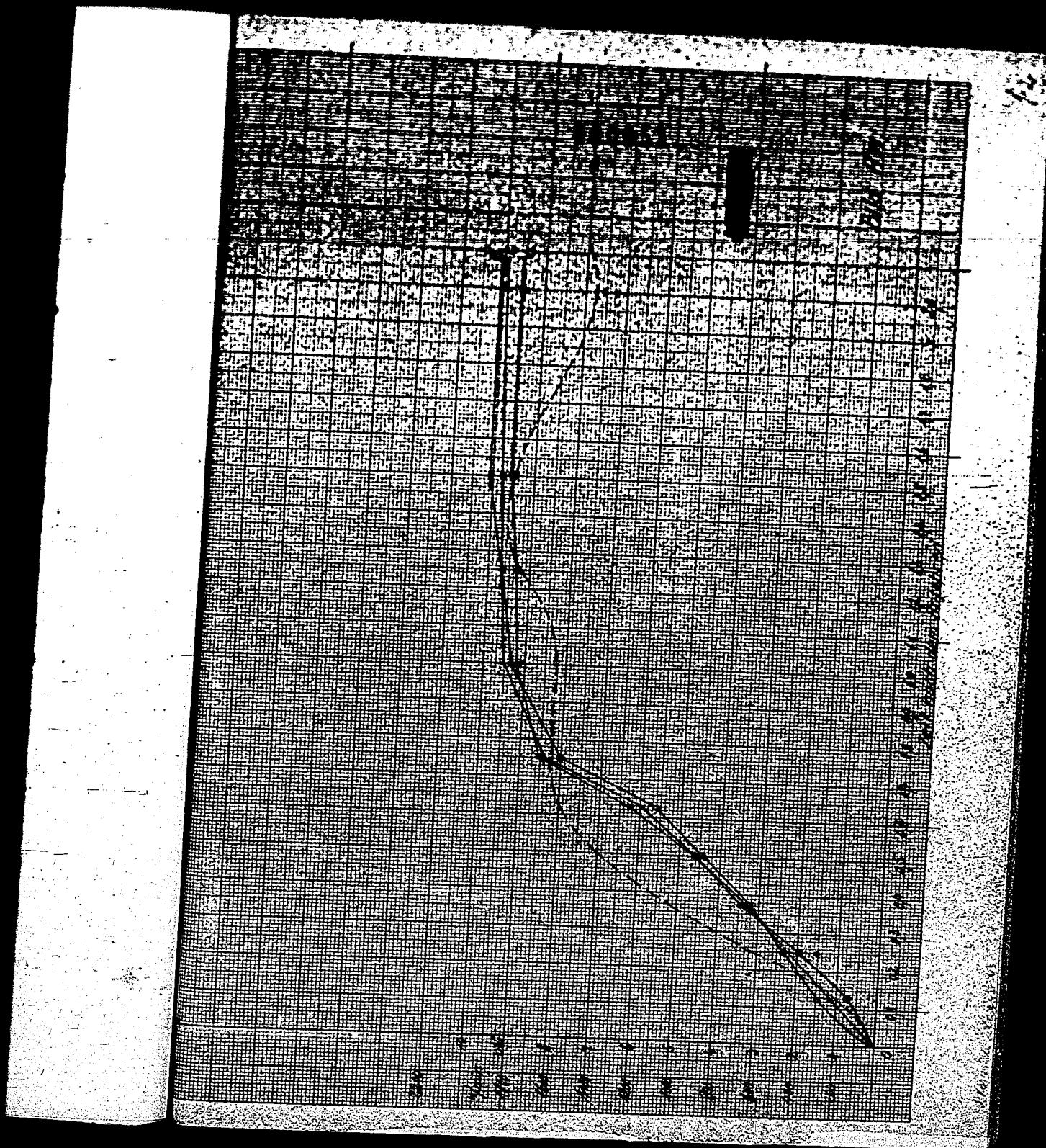




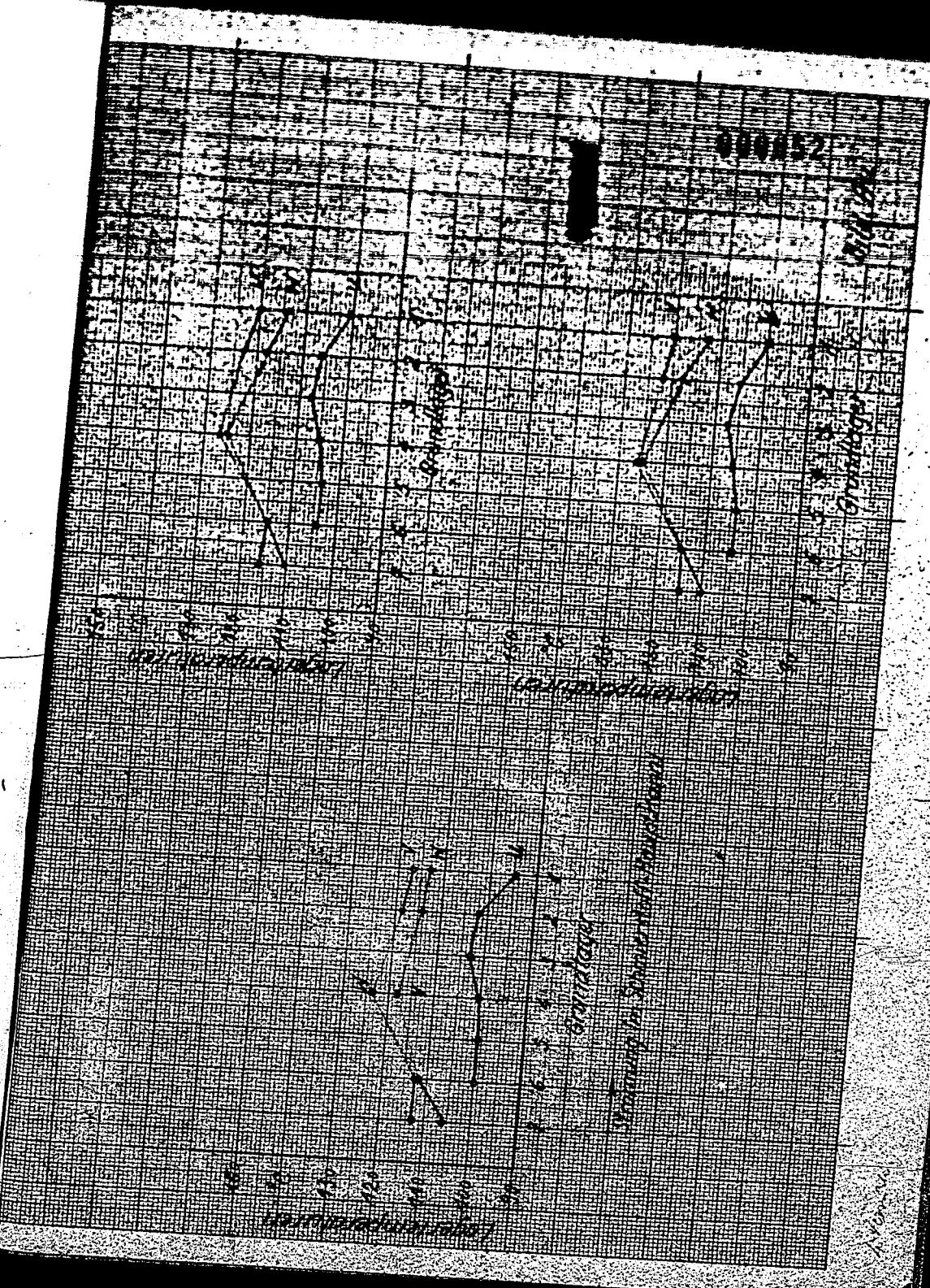
000050

014220

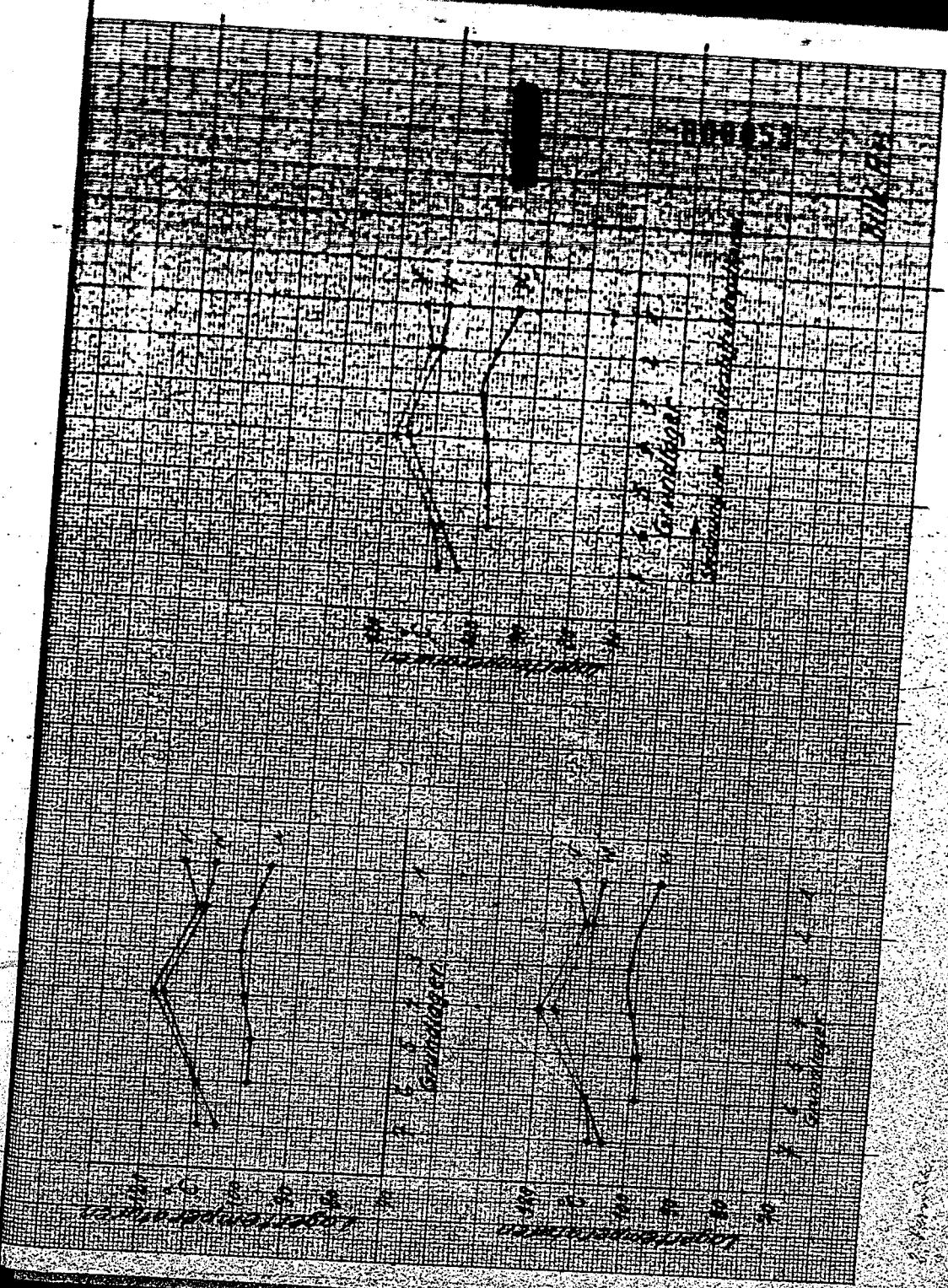
000050  
014220



00012



RECORDED



SC 13

Verbesserung des Schmierverhaltens von Ölen durch chemische Zusatzstoffe  
von Z. Glocker

In Fortführung der in der Akademiesitzung<sup>1)</sup> von 7. Mai 1942 berichteten Arbeiten über die amorphe Struktur von metallischen Oberflächen-schichten beim Gleitvorgang wurde, angeregt durch die Mitteilung von Beeck, Givens und Smith<sup>2)</sup> über die verschleissvermindernde Wirkung von phosphorhaltigen Ölsatzmitteln, die Veränderung der Gleitflächen beim Hinzufügen von organischen Phosphorverbindungen zum Schmieröl näher untersucht. Dabei ergab sich schon bei den Vorversuchen, dass die technisch wesentliche Bedeutung dieser Zusätze nicht in der angegebenen Verschleissminderung, sondern in einer beträchtlichen Erhöhung der zulässigen Flächenpressung, die mit einem Sinken des Reibungsbeiwertes verbunden ist, besteht. Durch die Bildung eines Arbeitskreises war es möglich, die vorliegende Aufgabe nicht nur nach ihrer wissenschaftlichen Seite hin zu untersuchen, sondern auch die hieraus sich ergebenden Schlussfolgerungen für den Flugmotorenbau technisch nutzbar zu machen. An dieser Gemeinschaftsarbeit<sup>3)</sup> sind außer meinem Institut beteiligt

Dr. Ing. Brockstedt von der Staatl. Materialprüfungsanstalt Stuttgart  
Dipl. Chem. G. Müller vom Organ.-Chem. Institut der T.H. Stuttgart  
Prof. Dr. Ing. Wawerka und Dipl. Ing. Dollhopf vom Forschungsinstitut  
für Wärmekraftmaschinen der T.H. Stuttgart

Dr. Wahl von I.G. Farbenindustrie Leverkusen

Dipl. Ing. Anders von Daimler-Benz Stuttgart-Untertürkheim

Dr. Wiedmaier vom Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen Stuttgart

Dr. Seemann von Daimler-Benz Gaggenau

1) Heft 52 (1942) der Schriften der Deutschen Akademie der Luftfahrtforschung

000054

2) Proc. Roy. Soc. A. 177 (1941) 90.

3) Einzelberichte der beteiligten Stellen sind im Erscheinen begrif-  
fen.

Prüfverfahren und Prüfergebnisse.

Motorversuche sind zeitraubend und kostspielig und können auch aus Gründen der Treibstoffersparnis nur für entscheidende Erprobungsversuche eingesetzt werden. Die Vorauswahl muss mit Hilfe eines rasch arbeitenden Laboratoriumsverfahrens vorgenommen werden. Die Zahl der Ölprüfmaschinen ist recht beträchtlich; für bestimmte Anwendungsbereiche geben einzelne Maschinentypen, wie z.B. der Vierkugelapparat von Boerlage<sup>1)</sup>, für Getriebeöle, praktisch brauchbare Ergebnisse. Für die Beurteilung des Verhaltens eines Schmieröles im Flugmotor haben sich aber bisher eindeutige Beziehungen zwischen den Ergebnissen einer mechanischen Prüfeinrichtung und der Wirkung auf die Reibungsvorgänge in den Motorenlagern und Cylindergleitbahnen nicht gewinnen lassen.

Es war ein günstiger Zufall, dass die in den früheren Untersuchungen über amorphe Metallschichten benutzte Verschleissprüfmaschine von Siebel-Kehl zunächst versuchsweise zur Erprobung der verschiedenen Öle mit phosphorhaltigen Zusätzen herangezogen wurde. Wie nicht vorauszusehen war und erst durch die späteren Motorversuche erwiesen wurde, können aus den gemessenen Flächenpressungen und Reibungsbeiwerten qualitative Aussagen über das Schmierverhalten des Öles im Motor gewonnen werden, wobei die verschiedenen Zusatzstoffe in ihrer die Schmierung verbessern Wirkung stark differenziert werden. Die für einen Versuch erforderliche Ölmenge ist klein, etwa 100 cm<sup>3</sup>.

Auf einem mit 1,0 m/s rotierenden Ring mit 28 mm Außen- und 20 mm Innendurchmesser aus Bleibronze oder aus der Kolbenlegierung EC 124 gleiten drei sektorförmige Ausschnitte, mit je etwa 10 mm<sup>2</sup> tragender Fläche, eines Gegenkörpers<sup>2)</sup> aus Stahl St.60. Die Temperatur des zur

1) Engineering 136 (1933) 46.

2) Vergl. Abb. 5 auf S. 4 des Heft 52 der Schriften der Deutschen Akademie der Luftfahrtforschung

000055

Temperatur dieses Öles wird durch eine Regelvorrichtung auf 120°C konstant gehalten. Vor jedem Versuch werden die Berührungsflächen mit Zellulosepulver von höchstens 10 Korngröße sorgfältig geläppt. Bei stufenweise gesteigerter Belastung, je eine halbe Stunde 120, 180, 250, 350, 450... kg/cm<sup>2</sup>, wird der Anpressdruck und der Reibungsbeiwert gemessen.

Für einen Ring aus der Aluminiumlegierung EC 124 ist eine Kurve in Abb. 1 enthalten; dem Motoröl war 0,1 % Phosphorylchlorid zugesetzt worden. Dadurch erniedrigt sich der Reibungsbeiwert von 0,07 auf 0,01. Ein messbarer Verschleiss ist nicht vorhanden, solange der Reibungsbeiwert so klein ist. Bei einer bestimmten Belastung, dem "höchstzulässigen Anpressdruck", im vorliegenden Falle bei 750 kg/cm<sup>2</sup>, zeigt der Reibungsbeiwert einen plötzlichen Anstieg, der mit merklichem Verschleiss verbunden ist. Bei Bleibronze liegen die Verhältnisse ähnlich (Abb. 2). Die ertragenen Flächendrücke sind durchweg größer; der Zusatz bewirkt eine Erhöhung im Verhältnis 1: 6. Die Übertragung des Zahlenfaktors auf die Verhältnisse technischer Lager ist nicht statthaft, da die Kleinheit der tragenden Flächen die Ausbildung eines Schmierfilms begünstigt. Die Unterschiede werden von der Siebelmaschine gewissermaßen "übertrieben". Zur Beurteilung des Schmierverhaltens von in gleicher Weise auf der Siebelmaschine geprüften Ölen ist die höchstzulässige Flächenpressung ein wichtiges Kennzeichen für die praktische Bewährung im Motor.

In prüftechnischer Hinsicht bietet die Legierung EC 124 gewisse Vorteile gegenüber der Bleibronze. Diese erfordert wegen der ertragbaren hohen Belastungen lange Prüfzeiten und differenziert wegen ihrer günstigen Notlaufeigenschaften weniger gut. Bei besonders wirksamen Zusätzen wird die Quetschgrenze erreicht, sodass eine Ermittlung der für den Zusatz kennzeichnenden höchstzulässigen Flächenpressung nicht möglich ist. Andererseits ist zu beachten, dass manche Zusätze auf bestimmte Lagerwerkstoffe spezifisch ansprechen

000056

(vgl. Tab.2). Beim allent entscheidenden Versuchen wurde daher auch die Bestimmung an Bleibronze durchgeführt.

Der in Abb.3 wiedergegebene Rillenlaufversuch mit 0,1 % Phosphenylchloridzusatz liefert einen ersten Aufschluss über den Wirkungsmechanismus der Phosphenerverbindungen. Die Flächenpressung wurde stufenweise auf 550 kg/cm<sup>2</sup> gesteigert und dann auf 450 kg/cm<sup>2</sup> gesenkt. Nachdem bei laufender Maschine das zusatzhaltige Öl durch zusatzfrees ersetzt worden war, wurde ein Anpreßdruck von 450 kg/cm<sup>2</sup>, also drei Mal so viel wie sonst bei Rotringöl, über eine Laufzeit von 70 Stunden, entsprechend einem Laufweg von 280 km aufrecht erhalten. Die Flächenpressung konnte sogar noch weiter gesteigert werden; erst bei 850 kg/cm<sup>2</sup> trat Pressen ein. Demnach erleiden die Gleitflächen durch den Ölzusatz eine Veränderung, die beim Weiterlaufen in reinem Öl über längere Zeit hin bestehen bleibt. Auf diesen Punkt wird später noch zurückgekommen werden.

Aus der grossen Zahl von Versuchen an verschiedenen Präparaten mit Rotringöl<sup>1)</sup> sind in Tab.1 einige Zahlenangaben zusammengestellt. Je nach der Aktivität des Zusatzstoffes liegen die Konzentrationen zwischen 0,05 und 1,5 %. Meist tritt ein Optimum bei einer bestimmten Konzentration auf; ein Beispiel hierfür ist die phosphenylige Säure. Der höchste Flächenpressdruck wurde mit dem Präparat M.100 (Diparachlorphenylphosphat) erreicht.

1) Auch bei sehr dünnflüssigen Ölen z.B. für hydraulische Getriebe waren die Zusätze wirksam.

000057

Tab. I Hochschmelzende Belastung und Reibungswertes von  
Ringöl mit Zusätzen auf der Siebel-Kohl-Maschine (Kugelmaschine)

Sp. = Siedetemperatur      Sp. = Zersetzungstemperatur  
Angabe "fest" oder "flüssig" bezieht sich auf 20° C.

Art des Zusatzes	Konzentration	kg/cm <sup>2</sup>	μ
Phosphegylchlorid Sp. 220, flüssig	0,05 0,10 0,20 0,30	750 850 800 700	0,01 0,01 0,005 0,005
Phosphegylige Säure Zp. 200, fest	0,2 0,3 0,4 0,5	600 750 700 500	0,01 0,01 0,01 0,01
Diphenylphosphat Zp. 245, fest	1,0	900	0,02
Phenylphosphinsäure- diphenylester M. 1 Sp. 360, fest	1,2	800	0,02
Phenylphosphinsäure- dikresylester M. 507 Sp. 390, flüssig	1,5	850	0,02
Diparachlorphenyl- phosphat M. 100 Sp. 250, fest	1,0	> 1400	0,02
I.G. 891 Zp. 310, fest	0,8	> 1600	0,02
I.G. 1586/80 BS (J.7) Zp. 310, flüssig	2,0	1000	0,02
Schwefel (Junkersverfahren)	(0,008)	450	0,02
		0000150	

Die Reibungsbeiwerte liegen im allgemeinen bei o,61 und lassen erkennen, dass gewünschte Reibung mit starker Annäherung an Vollschmierung vorliegt. Bewertenswertweise ergeben Prüfergebnisse von Kießelbrock und von Kluge, die im Gebiet der reinen Grenzschmierung arbeiten, keine deutlichen Unterschiede zwischen Zusatzfreiem und phosphorthaltigen Öl. Unter Vorwegnahme der später zu besprechenden Motorversuche erscheint der Hinweis berechtigt, dass offenbar das Verhalten eines Öles im Zustand der Grenzschmierung für die Beurteilung der Bewährung im Motor nicht die ihm bisher beigelegte Bedeutung besitzt.

In der Abb. 4 sind die Ergebnisse der Siebel-Maschine für das in den Motorversuchen vorwiegend benutzte phosphorthaltige I.G. Prüfgerät 891 einem nach dem Junkersverfahren geschwefelten Rotringöl gegenübergestellt. Bei niederen Drücken ist der Reibungsbeiwert des geschwefelten Öles grösser als bei reinem Öl; die ertragene Flächenpressung bis zum Steilanstieg des Reibungsbeiwertes und der starken Verschleisszunahme ist aber wesentlich höher. Steigerung der Schwefelkonzentration auf etwa das 10fache bringt nur eine Verschlechterung. Bei 891 liegen die Reibungsbeiwerte viel niedriger; die höchstzulässige Flächenpressung ist schon bei 0,4 % grösser als beim geschwefelten Öl und erreicht bei der üblichen Konzentration von 0,6 bis 0,8 % Werte von  $1000 \text{ kg/cm}^2$ . Nach dem Verlauf der Kurven zu schliessen, ist die Wirkungsweise des Zusatzes von elementarem Schwefel und von phosphorthaltigen organischen Verbindungen etwas verschieden.

Einen unmittelbaren Aufschluss über die Wirkung der phosphorthaltigen Zusätze auf die Tragfähigkeit von Lagern liefern Versuche auf einer grossen Lagerprüfmaschine, Bauart Wewerke, mit einem Ölumlauf von 30 l. Eine nitrierte Stahlwelle von 45 mm Durchmesser läuft mit einer Gleitgeschwindigkeit von 7 m/s in Lagern mit 20 mm

000059

Breite und einen Spiel von 0,09 mm. Die Erhöhung der Tragfähigkeit durch die Zusätze ist teilweise recht erheblich, z.B. bei Bleibronze 50 bis 210 % (Tab.3). Der Einfluss des Lagerwerkstoffes ist unverkennbar; die Präparate 891 und M.I. verhalten sich in ihrer Wirksamkeit umgekehrt, je nachdem Bleibronze oder Silber zum Vergleich herangezogen wird. Die geringen Verbesserungen bei der Kolbenlegierung EG 124 sind wohl darauf zurückzuführen, dass die harten, siliciumreichen Gefügebestandteile bei der Abnutzung der Oberfläche stehen bleiben und zu Durchbrechungen des Schmierfilms Anlass geben. Für hochzinnhaltige Lager sind phosphorhaltige Zusätze nicht verwendbar wegen Zersetzung; für Blei-Antimon-Austauschlager mit etwa 10 % Zinn können sie dagegen unbedenklich Verwendung finden.

Zur Nachprüfung der auf der Siebel-Maschine beobachteten Nachwirkung wurden Stahlwelle und Bleibronzelager zunächst in Öl mit 0,6 % 891 zwei Stunden bei 120 kg/cm<sup>2</sup> zum Einlaufen gebracht. Dann wurde nach Auswechseln des Öles gegen zusatzfreies die Belastung alle 20 Minuten um je 40 kg/cm<sup>2</sup> erhöht, bis bei 680 kg/cm<sup>2</sup> Fressen eintrat; diese erreichte Grenzbelastung ist 242 Mal so gross als beim Einlaufen in reinem Öl. Verbesserungen der Tragfähigkeit wurden auch beobachtet, wenn nur die Welle oder nur das Lager in zusatzhaltigem Öl eingelaufen sind. Es genügt also im praktischen Motorbetrieb das Zusatzmittel nur für die Einlaufzeit anzuwenden, wenn durch ausreichende Ölfilterung dafür gesorgt wird, dass der gebildete Laufspiegel später nicht durch Fremdkörper zerstört wird.

000060

Tab. 2 Erhöhung der Tragfähigkeit von Stahlzellen mit  
Lagern aus verschiedenen Werkstoffen durch Zusätze zum  
Öl (Neuwerks und Dollhopf).

Wellendurchmesser 45,0 mm, Zapfenlaufgeschwindigkeit 7 m/s,  
mittelschweres Dampfturbinenöl (4,5 S bei 50° C).

Art des Zusatzes	konz. Bleibronze		Silber	Sonder- messing	Leichtmetall SC 124
	%	%	%	%	%
Phosphorylchlorid	0,05	-	-	50	-
Phosphorylige Säure	0,3	65	90	20	20
Diphenylphosphat	1,0	100	-	-	-
Phenylphosphinsäure-1,2 diphenylester N.l.		180	20	230	30
I.G. 891	0,6	50-75	210	50	30
I.G. 1586 / 80 BS	2,0	-	-	30	20

Gesichtspunkte für die chemische Entwicklung.

Organisch-chemische Stoffe, die als Schmierölzusatz für Flugmotoren verwendet werden sollen, müssen einer Reihe von Bedingungen genügen, die in ihrer Gesamtheit schwierig zu erfüllen sind. An der Spitze steht hohe Temperaturbeständigkeit, möglichst über 300° C. und Unzersetlichkeit gegen Wasserdampf. Grosse Wirksamkeit ist meistens mit leichter Zersetlichkeit und geringer Temperaturbeständigkeit verknüpft (vgl. Tab. 1). Aus diesem Grunde ist z.B. das hochaktive

000061

Phosphenylchlorid für den Motorbetrieb ungeeignet. Die Präparate dürfen ferner nicht mit Bleitetraethyl chemisch reagieren und Alterung und Verhärtung des Öles beschleunigen, weil sonst Kolbenringstecken auftreten. An dieser Schwierigkeit ist die Einführung mancher in der Literatur angegebener Zusatzstoffe z.B. Trikresylphosphat + Ölsäure, gescheitert. Dazu kommt noch die praktische Forderung einer guten Ölöslichkeit, damit die Zugabe möglichst ohne Erwärmung des Öles erfolgen kann. Am günstigsten sind in dieser Hinsicht die Stoffe in flüssiger Form wie Phenylphosphinsäuredikresylester. Bei den festen Präparaten kann durch Verwendung von Lösungsmitteln, z.B. Laurylalkohol bei Diphenylphosphat, Abhilfe geschaffen werden. Das für die Motorversuche vorwiegend benötigte I.G. Präparat 891 erfordert eine Anwärmung des Öles auf 160° C. Durch Hinzufügung einer löslichmachenden Komponente, Präparat 1586/80 wurde erreicht, dass das Präparat in einer Mischung von Benzol und Aethylalkohol flüssig angeliefert werden kann (Bezeichnung 1586/80 BS). Diese Lösung ist mit der 5ofachen Menge Rotorringöl kalt zu vermischen.

Insgesamt wurden etwa 50, meist phosphorhaltige organische Stoffe hergestellt; hiervon wurden 18 Phenylderivate erstmals von Dipl.Chem. G.Müller dargestellt. Dabei haben sich folgende Gesichtspunkte ergeben: Die Moleküle müssen außer dem Phosphor eine weitere aktive Gruppe z.B. Cl oder OH enthalten. Hierzu muss noch eine Aryl- oder Alkylgruppe hinzukommen. Die Phosphorsäure selbst ist z.B. nicht wirksam. Beim Phosphenylchlorid hängt am Benzolkern ein Phosphoratom an, das zwei Chloratome gebunden sind. Bei der phosphenyligen Säure ist das Phosphoratom mit zwei OH-Gruppen und einem Sauerstoffatom verknüpft. Beim Phenylphosphinsäurediphenylester ist die OH-Gruppe mit Phenol veräthert (Abb.5). Durch Einführung von Halogenen in den Kern von Arylestern der Phosphorsäure wird die Wirksamkeit wesentlich erhöht, z.B. Diparachlorphenylphosphat.

000062

Einführung von Alkylresten in den Kern verbessert die Löslichkeit im Öl. Die Acidität der Präparate spielt keine entscheidende Rolle für die Wirksamkeit. Für den Grosseinsatz ist auch die Rohstoffbasis zu berücksichtigen. In dieser Hinsicht ist es empfehlenswert für die praktische Anwendung mehrere Präparate mit möglichst verschiedener Rohstoffbasis vorzusehen.

Der Frage der Rückwirkung des Zusatzmittels auf das Öl wurde besondere Beachtung geschenkt. Vom technischen Prüfstand Oppau der I.G. Farbenindustrie durchgeführte Ringsteckversuche ergaben für das flüssige I.G.Präparat 1586/80 BS mit 2,0 % Konzentration keine Verkürzung der Laufzeit gegenüber zusatzfreiem Rotringöl, während für 1,2 % des Präparates M.I. die Laufzeit nur 80 % des Wertes für reines Öl betrug. Es ist bemerkenswert, dass die Laboratoriumsversuche mit den verschiedenen Testmethoden für die Alterungswirkung der beiden Präparate gerade das Umgekehrte liefern; der Zusatz M.I. verhielt sich besser als 1586/80 BS. Diese Beobachtung ist ein neues Kapitel für die Nichtübereinstimmung von Testversuch und Motorringsteckversuch.

#### Versuche über den Wirkungsmechanismus der Ölzusätze.

Die festgestellte Erhöhung der Belastbarkeit bei Verwendung von Öl mit phosphorhaltigen Zusätzen kann grundsätzlich auf zwei verschiedenen Ursachen beruhen, auf einer Erhöhung der Druckfestigkeit des Ölfilmes durch Verbesserung der Adsorption oder auf einem Abtragen der Spitzen der Gleitoberflächen durch mechanische und chemische Vorgänge. Der zweite Standpunkt wird von Beeck, Givens und Smith eingenommen; die Unebenheiten werden an den Stellen stärkster Belastung und damit höchster Erwärmung und Reaktionsgeschwindigkeit zuerst entfernt; die Wirkung besteht in einem "chemischen Polieren". 000063

Versuche zu einer unmittelbaren Bestimmung des Haftvermögens des

1) Ganz auffallend war der geringe Kolbenringverschleiss

Ölfilme mit Hilfe einer rotierenden Metallplatte und Zugung des Ölbelades führten nicht zu einwandfreien Ergebnissen. Dagegen lieferte ein chemisches Verfahren zur Ermittlung des Metzvermögens deutliche Unterschiede. Eisenpulver wird mit Öl und Benzol vermisch; die unter einer bestimmten Einwirkung von Schwefelsäure gelöste Eisenmenge ist ein Maß für das Metzvermögen ( $\pi$ ). Für Rotring allein ist  $\pi = 2$ , für  $1 \times M.1 \pi = 26$  und für  $1 \times 891 \pi = 29$ . Demnach wird das Metzvermögen durch die Zunahme deutlich erhöht.

Die Beobachtungen auf der Siebel- und Wewerka-Maschine über die Beständigkeit der durch das Zusatzmittel bewirkten Veränderungen der Gleitflächen, wenn das Weiterlaufen in zusatzfreiem Öl erfolgt, sprechen für die Anschauung, dass die Unebenheiten der Oberfläche ausgeglätzt werden. Dies lässt sich durch optische Verfahren unmittelbar nachweisen. Auf der Siebel-Maschine liefern drei Ringe aus EC 124 und drei Gegenkörper aus Stahl St 60 je 8 km bei  $120 \text{ kg/cm}^2$ , das erste Paar in zusatzfreiem Rotringöl, das zweite in Rotringöl mit 1 % des I.G. Präparates 891 und das dritte in einem nach dem Junkersverfahren geschwefelten Rotringöl (Schwefelgehalt etwa 0,008 %). Die nach Schmalz hergestellten Lichtschnittaufnahmen sind in Abb. 6 für die Ringe und in Abb. 7 für die Stahlkörper enthalten. Die Unterschiede in der Wirkung sind überraschend gross. Die mit geschwefeltem Öl gefahrenen Flächen sind weniger rauh als die entsprechende Flächen, bei Verwendung reinen Öles. Ausserordentlich stark ist die Ausglättung durch den Zusatz 891. Die Unebenheiten betragen bei zusatzfreiem Öl für Leichtmetall und Stahl etwa  $14\mu$ , bei geschwefeltem Öl  $10\mu$  beim Leichtmetall und  $6\mu$  beim Stahl, bei 891 nur  $2\mu$  für beide Metalle. Im geläppten Ausgangszustand liegen die Werte etwa bei 4 bis  $6\mu$ . Diese Befunde sind in gutem Einklang mit den früheren Messungen des

1) nach Kadmer Schmierstoffe (1940) S. 286.

000064

### Reibungsbewertes.

Für die optische Verfolgung des Einlaufvorganges von Lägern hat sich uns die interferometrische Methode besser bewährt als mikroskopische oder elektronenmikroskopische Aufnahmen, die vorhandene Unterschiede nicht so ausgeprägt erkennen lassen. Zwei Aufnahmen mit dem Zeissinterferometer von der Oberfläche einer gehärteten Stahlwelle in gelöpptem Zustand und nach dem Einlaufen in reinem Rotringöl (Plättchenpressung alle 20 Minuten um je  $40 \text{ kg/cm}^2$  allmählich bis  $120 \text{ kg/cm}^2$  gesteigert) sind in Abb. 8 dargestellt. An den tragenden Stellen der Welle beginnen sich die Interferenzkurven auszuglättten. Die Aufnahmen von zwei bis zu  $200 \text{ kg/cm}^2$  aufbelasteten Wellen, deren Interferenzbilder im gelöppten Zustand gleich waren, sind in Abb. 9 gegenübergestellt. Die Interferenzkurven der mit 0,6 % 891 gelaufenen Welle sind wesentlich glatter. Der Einlaufvorgang wird somit durch den Zusatz beschleunigt und verbessert, wahrscheinlich dadurch, dass die Oberflächenspitzen, welche die Stellen höchsten Druckes und höchster Temperatur sind, durch chemische Reaktion mit dem Phosphor abgetragen werden. Hierfür spricht auch das Auftreten eines fest haftenden, nicht löslichen bräunlichen Oberflächenbelages der mit Zusatz gelaufenen Lager. Dieser Belag macht die interferometrische Untersuchung der Lagergleitflächen unmöglich.

### Ölzusatzmittel für Getriebeöle.

Der durch die Rohstofflage erzwungene Verzicht auf die Aufzettung der Getriebeöle gab Anlass zu einer Untersuchung der Wirkung der phosphorhaltigen Zusätze bei Beanspruchungen, wie sie in Getrieben auftreten. Nach den vorliegenden Erfahrungen konnte hierfür das Verhalten auf dem Vierkugelapparat von Boerlage als Prüfmaßstab unbedenklich verwendet werden. Gemessen wird die Belastung, bei der ein

000065

Verschweißen der Stahlkugeln eintritt. Aus einer grösseren Versuchsreihe sind einige Ergebnisse in Tab. 3 zusammengestellt. Motoröl der Wehrmacht (Sommer) mit den verschiedenen Zusätzen erreicht bei normalen gehärteten Stahlkugeln nicht die Sorte von Getriebeöl. Dagegen wird das Getriebeöl übertroffen, wenn nach dem Vorschlag von Eckardt gebonderte Kugeln benutzt werden. In diesem Fall ist die Druckfestigkeit etwa so gross wie die von bestem Hypoidöl bei normalen Kugeln.

Tab. 3 Schweißpunktbelastung verschiedener Öle auf dem Vierkugelapparat (W. Seemann).

MÖWS = Motorenöl der Wehrmacht Sommer

Art des Öles	Art und Konzentration des Zusatzes	Stahlkugeln	
		normal	gebondert
Getriebeöl	-	260	600
MÖWS	-	140	300
I.G.891	0,5	180	950
" "	0,2	-	850
M 100	0,5	190	850
M 100	0,2	180	800
M 401	0,5	180	1000
M 401	0,2	180	1000
" "	0,1	160	950
" "	0,05	160	800
Hypoidöl	Schwefel	?	1000

Besonders wirksam für die Beanspruchung im Getriebe ist der Zusatz M.401; schon Konzentrationen von 0,05 % genügen, um bei gebonderten Kugeln einen Schweißpunkt von 800 kg zu erreichen. Eine unangenehme Eigenschaft der derzeitigen fettfreien Getriebeöle ist das Nachlassen ihrer Druckfestigkeit bei höheren Temperaturen. Bei eingeschalteter

000066

Bei Erhitzung auf  $200^{\circ}\text{C}$  unter ständigen Luftdurchlässen sinkt die Druckfestigkeit auf etwa  $3/4$  des Betrages, während sie bei Motorenöl mit den in Tab. 3 aufgeführten phosphorhaltigen Zusätzen voll bestehen bleibt. Besonders deutlich tritt die Überlegenheit hervor bei Verschleissmessungen an Zahnradgetrieben, die bei  $150^{\circ}\text{C}$  bis zu 112 Stunden ausgedehnt wurden (Glaubitz, KPA Stuttgart). Bei Motorenöl mit 0,5 % Zusatz M.100 hält sich der Verschleiss in möglichen Grenzen, bei Getriebeöl zeigt er schon nach etwa 50 Stunden einen steilen Anstieg.

Für die Anwendung in Hinterachsgetrieben ist die Frage wichtig, ob die Zusatzstoffe das übliche Dichtungsmaterial angreifen. Nach Quellversuchen der Firma Carl Freudenberg in Weinheim kann bei 0,2 % M.100 oder M.401 das normale Dichtungsmaterial benutzt werden. Höhere Konzentrationen erfordern Simritdichtungen. Schwierigkeiten bestehen also in dieser Hinsicht nicht.

#### Versuche mit Kraftwagenmotoren.

Zur Gewinnung von Unterlagen über die Beständigkeit des zusatzhaltigen Öles im motorischen Betrieb wurden Fahrversuche mit einem 2 l-BMW-Wagen des Instituts durchgeführt. Nach gewissen Fahrstrecken wurden Ölproben entnommen und auf der Siebelmaschine geprüft. Von einer Ergänzung des Ölverrates in der Kurbelwanne wurde abgesehen. Die Präparate verhalten sich sehr unterschiedlich. Zum Vergleich sind einige Werte für 200 Kilometer Fahrstrecke aufgeführt; die ursprüngliche Wirksamkeit war abgesunken auf 40% bei der phosphenyligen Säure, auf 60% beim Diphenylphosphat, auf 70% beim Präparat M.1 und auf 80% beim Präparat M.507. Dieses liess sogar nach 1300 Kilometer Fahrt noch eine kleine Wirkung erkennen.

Qualitative Beobachtungen über Treibstoffverbrauch und Motor-

000067

leistung führten zu der Frage, in wieweit eine Verminderung der inneren Reibungswiderstände des Motors sich praktisch auswirkt. Dass eine solche Verminderung infolge der Wirkung der Zusätze auftreten muss, ist nach den Ergebnissen der Siebelmaschine mit Sicherheit zu erwarten. Für solche Versuche besonders geeignet sind noch nicht eingelaufene Motoren. In einem Volkswagen des FKFS wurde ein fabrikneuer Motor eingebaut. Auf der Autobahn wurde bei festgehaltener Stellung der Gasdrosselklappe eine Messstrecke von etwa 5 km in beiden Richtungen durchfahren und die mittlere Geschwindigkeit als Verhältnis aus Weg durch Zeit, sowie der Treibstoffverbrauch gemessen. Durch Ausmittlung der Werte für Hin- und Rückfahrt lassen sich Störungen durch Wind weitgehend ausschalten. Zunächst wurde mit Essolub 40 gefahren, dann an Ort und Stelle angewärmtes Essolub 40 mit 0,6 % 891 eingefüllt. Die erzielte Genauigkeit ist aus den Kurven der Abbildung 10 zu erssehen. Abgesehen von der ersten Hin- und Rückfahrt ist die Geschwindigkeit höher und der spezifische Treibstoffverbrauch<sup>1)</sup> niedriger als bei zusatzfreiem Öl. Die Ausnahmestellung der ersten Fahrt mit zusatzhaltigem Öl zeigt, dass es einer gewissen Zeit bedarf, bis die Wirkung voll zur Geltung kommt.

Mit dem Volkswagen wurden insgesamt drei solche Messreihen durchgeführt. Beim erstmaligen Einfüllen von zusatzhaltigem Öl nach 380 km Fahrstrecke seit Verlassen der Fabrik wurde eine Zunahme der Geschwindigkeit um 8% und eine Abnahme des spezifischen Treibstoffverbrauches um 14% festgestellt. Vom Kilometerstand 600 bis 1800 wurde mit reinem Essolub 40 gefahren. Dann wurde frisches Essolub 40 mit 0,6 % 891 eingefüllt und eine Verbesserung von je 4% der Geschwindigkeit und des spezifischen Treibstoffverbrauchs erreicht. (Abb.10). Bei erneuter Anwendung des Zusatzes nach 15800 km Fahrstrecke war eine Wirkung des

1) Verbrauch pro Einheitsstrecke, geteilt durch Geschwindigkeit.  
Der Verbrauch nimmt mit der Geschwindigkeit zu.

Zusatzes nicht mehr nachweisbar. Versuche mit einem 70 000 km gefahrenen 2 l BMW-Wagen bestätigen den Befund, dass bei einem gut eingefahrenen Kraftwagenmotor durch den Zusatz praktisch merkliche Leistungsgewinne nicht zu erzielen sind. Dagegen wurde beim Beschleunigen aus kleinen Geschwindigkeiten mit dem direkten Gang eine Verbesserung festgestellt. Dies ist im Einklang mit der im Rahmen der Versuchsfahrten gemachten Beobachtung, dass bei einem dünneren Öl-Essolub 20 statt 40 mit einem Viskositätsverhältnis 1:2 – beim Beschleunigen aus 20 kg/h Geschwindigkeit über eine Wegstrecke von 100 m mit 2% Steigung die Verbesserung 5% beträgt.

Die Zusatzmittel ermöglichen die Verwendung dünnerer Öle, ohne die Gefahr des Pressens befürchten zu müssen. Diese haben außer dem leichteren Start bei Kälte den Vorteil, dass der Schmierstoff rascher zu den einzelnen Schmierstellen gelangt; ferner bleiben die Lagertemperaturen, die sich proportional zu der Viskosität verhalten, niedriger. Aus diesen Gründen werden im Ausland dünnflüssige Öle für den Kraftwagenmotor empfohlen. 1).

#### Erprobung im Flugmotor.

Im Vordergrund des Interesses stand zunächst die Frage, ob bei den hohen Cylindertemperaturen die Beständigkeit der Zusätze ausreichen wird. Während eines 10 Stundenlaufes eines Einzylinderaggregates vom Motortyp DB 605 wurden laufend Ölproben entnommen. Das Ergebnis der Prüfung auf der Siebelmaschine zeigt die Abb. 11 für das Präparat 891. Zunächst tritt ein merklicher Verbrauch des Zusatzes ein, bis sich dann im Zuge der normalen Ölergänzungen ein konstanter Wert einstellt, der auf der Siebelmaschine einer Flächenpressung von 500 kg/cm<sup>2</sup> entspricht. Der zweite Gefahrenpunkt ist die Rückstands-

1) C.G. Williams (Forsch. Inst. der engl. Atom. Ing.) 1941.

bildung und das Kolbenringdetecken. Aus diesem Grunde musste Diphenylphosphat 1) ausgeschieden werden.

Aus der umfangreichen Erprobung der Daimler-Benz A.G. ist besonders erwähnenswert ein 100 Stundenlauf eines neuen Motors DB 605 mit 2% Zusatz 1586/80 BS (flüssigen Präparat). Nach 30 Stunden wurde die Konzentration auf die Hälfte herabgesetzt. Die Grundlager zeigten gute Laufspiegel; ihre Oberfläche war leicht mattiert, mikroskopisch waren feinste, gleichmäßige Aufrauhungen erkennbar. Die Laufspiegel hatten eine Rostabförmung, die an der Luft allmählich in dunkelbraune Farbe überging. Die nichttragenden Stellen waren dunkelbraun bis schwarz. Der Belag konnte durch Abwischen nicht beseitigt werden. Die Befunde der dunkel verfärbten Hublager war ebenfalls sehr gut.

Bei den Kolbenbolzen fehlten die sonst beobachteten Anlauffarben. Die Kolbenringe zeigten ein gutes Tragbild. Irgendwelche Korrosionserscheinungen traten an keinem Teil des Motors auf. Die Rückstandsbildung war normal. An einigen Kolbenringen wurde Kleben beobachtet, ohne dass sich jedoch während des Laufes irgendwelche Anstände ergeben hätten. Bei Verwendung des Präparates in der üblichen Konzentration sind demnach während der Einlaufdauer irgendwelche unangenehme Nebenerscheinungen sicher ausgeschlossen.

Die Ergebnisse von Serienversuchen an 126 Flugmotoren DB 605, von denen die eine Hälfte mit reinem Rotringöl, die andere Hälfte mit dem Zusatz 891 bzw. 1586/80 BS eingelaufen ist, sind in Abb. 12 graphisch dargestellt. Die Bewertung der Lagerbefunde erfolgte nach einem Punktsystem; die beste Oberflächengüte ist mit 11 bezeichnet.

- 1) Nach einer mündlichen Mitteilung von Dr. Zorn (J.G. Farbenindustrie Lemnawerk) soll die amerikanische Luftwaffe im Jahre 1938 Diphenylphosphat verwandt, aber nach einiger Zeit wieder aufgegeben haben.

Institut  
für Metallphysik  
am  
Kaiser-Wilhelms-Institut  
für Metallforschung

- 3 -

Gut:

000071

Lager mit 6 Punkten werden von der Kontrolle noch eben durchgelassen. Die Verbesserung des Einlaufvorganges durch den Zusatz ist unverkennbar. Das Häufigkeitsmaximum wird in Richtung der hohen Punktzahlen verlagert unter Zugfall der zahlreichen Lager an der unteren Zu-laufschwellegrenze. Dazu kommt noch, dass bei dem Betrieb mit zusatzhaltigem Öl kein einziges Ausschusslager infolge Pressens auftritt, während in der Vergleichsserie mit reinem Öl 14 Lager aus diesem Grund ausgeschieden werden mussten. Dabei ist für die Beurteilung der praktischen Bedeutung zu beachten, dass sich diese Zahl auf nahezu ebensoviele Motoren verteilt, da meist nur ein Lager pro Motor auffüllt.

Eine Grossserie von 462 Flugmotoren DB. 605 D, die mit dem Zusatz 1586/80 eingelaufen sind, ergibt einen ganz klaren Befund: Die Zahl der Ausschusslager ist auf den fünften Teil des normalen Betrages zurückgegangen; an Lagern mit Schutzwirkung ist die Riefenbildung auffallend geringer als bei zusatzfreiem Öl.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es möglich ist, chemische Zusatzstoffe zum Schmieröl herzustellen, welche bedeutende Verbesserungen des Einlaufvorganges von Flugmotoren bringen, ohne dass nachteilige Nebenerscheinungen auftreten. Ob grundsätzlich den phosphorhaltigen Stoffen eine Überlegenheit gegenüber den Schwefel- und Chlor-haltigen zukommt, muss der weiteren Forschung vorbehalten bleiben. Wichtig ist bei der gegenwärtigen Rohstofflage, dass die praktische Anwendung im Flugmotorenbetrieb auf mehrere Präparate mit möglichst verschiedenen Ausgangsstoffen abgestellt wird.

Institut für Metallphysik  
am KWI für Metallforschung

Stuttgart, den 20. 1. 1945.

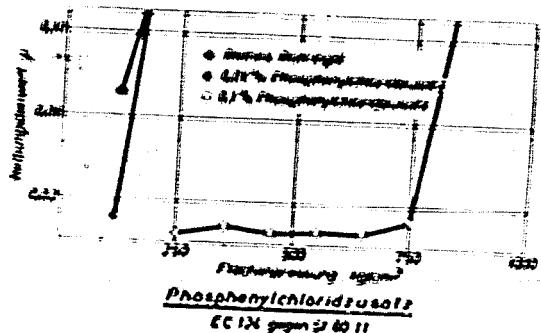


Abb.1 Flächenpressung und Reibungsbeiwerte für Leichtmetall EC 124 bei Phosphorylchloridzusatz (Brockstedt).

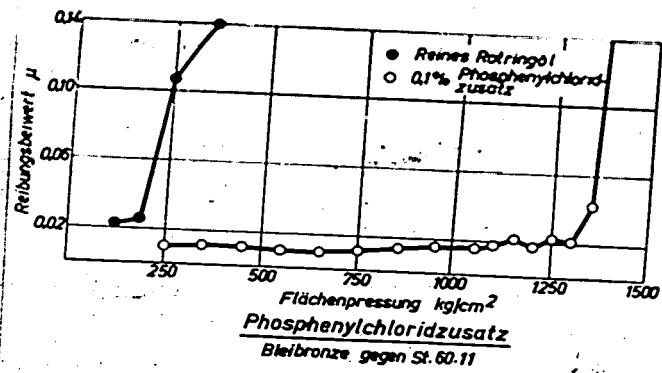
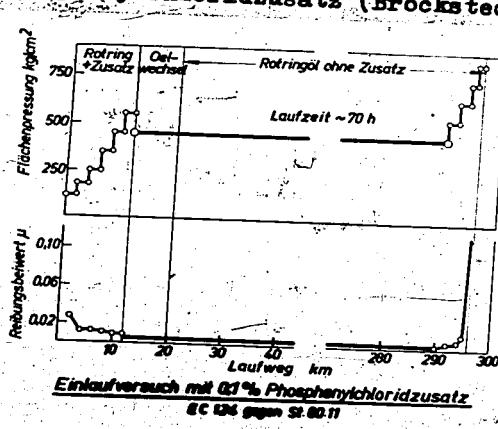


Abb.2 Flächenpressung und Reibungsbeiwerte für Bleibronze bei Phosphorylchloridzusatz (Brockstedt).



000072

Abb.3 Einlaufversuch auf der Siebel-Kehl-Maschine mit Phosphorylchloridzusatz (Brockstedt).

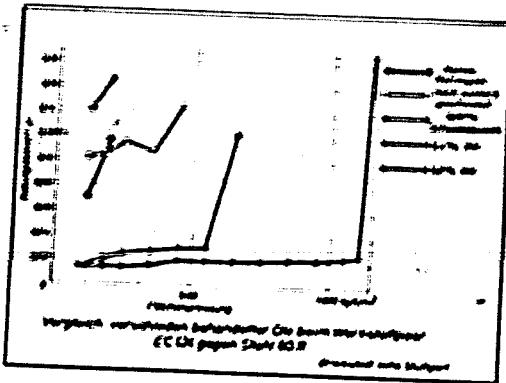
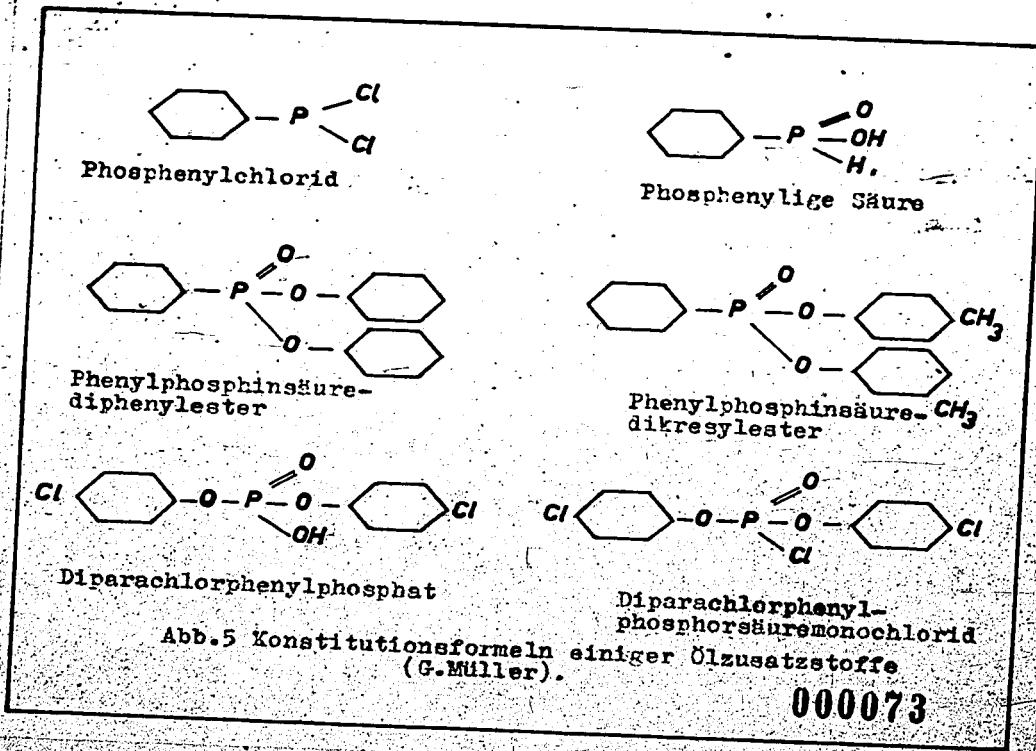


Abb.4 Flächenpressung und Reibungskoeffizienten für geschwefeltes Öl und für den Zusatz I.G. 891 bei Ringen aus EC 124 (Brockstedt).



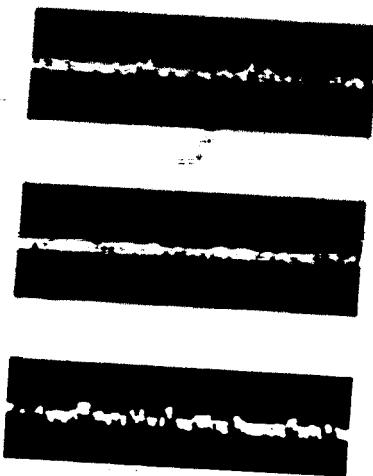


Abb.6 Lichtschnittaufnahmen v. Leicht-  
metalloberflächen EC 124

- a) geschwefeltes Rotringöl  
nach Junkersverfahren
- b) Rotringöl mit 0,6%  
Präparat I.G. 891
- c) Rotringöl ohne Zusatz

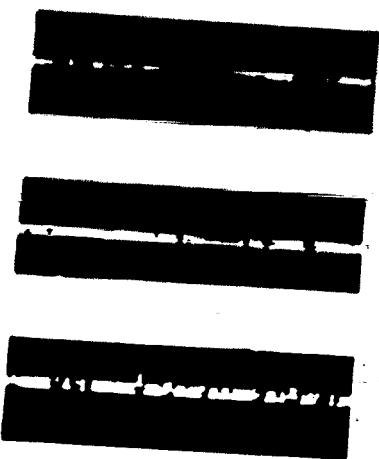


Abb.7 Lichtschnittaufnahmen von  
Stahloberflächen St.60

- a) geschwefeltes Rotringöl  
nach Junkersverfahren
- b) Rotringöl mit 0,6%  
Präparat I.G. 891
- c) Rotringöl ohne Zusatz

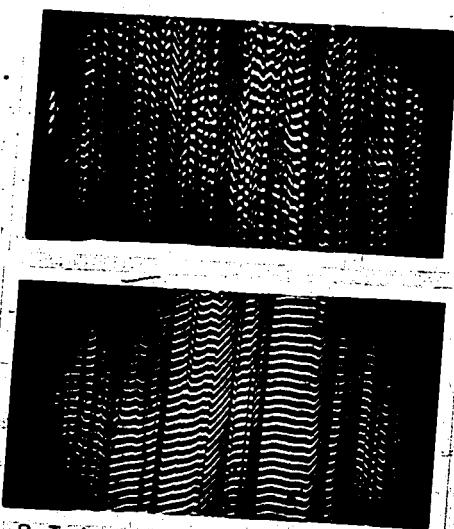


Abb.8 Interferenzaufnahmen einer  
gehärteten Stahlwelle

- a) im geläppten Zustand
- b) nach dem Einlaufen in  
Rotringöl ohne Zusatz  
bei 120 kg/cm<sup>2</sup>

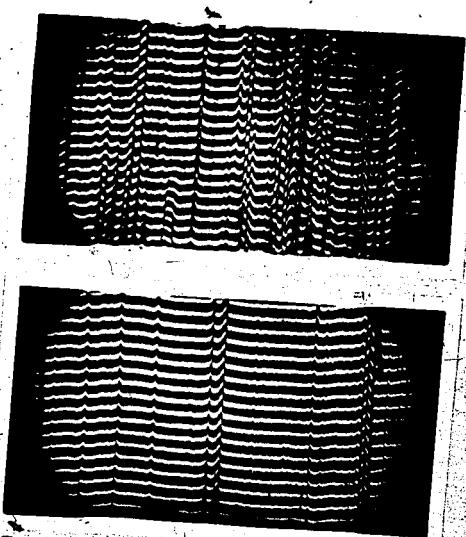


Abb.9 Interferenzaufnahmen von zwei  
bei 200 kg/cm<sup>2</sup> eingelaufenen  
gehärteten Stahlwellen

- a) zusatzfreies Rotringöl
- b) Rotringöl mit 0,6%  
Präparat I.G. 891

000074

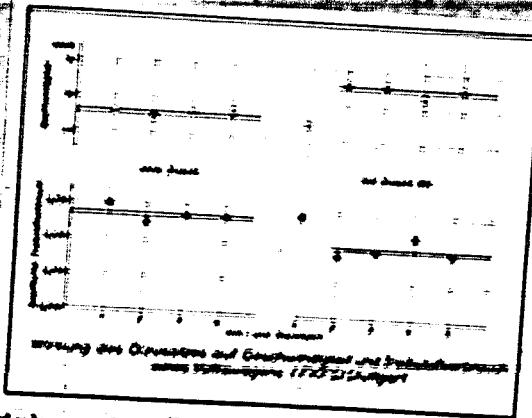


Abb. 10 Wirkung des Ölzusatzes I.G. 891 auf Leistung und Treibstoffverbrauch eines Volkswagen (Versuchsfahrten gemeinsam mit Wiedmeyer).

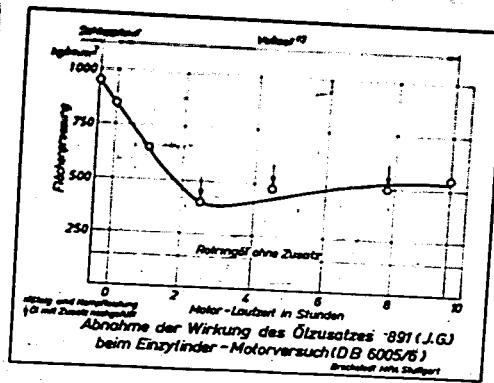


Abb. 11 Prüfung der Beständigkeit des zusatzhaltigen Öles (0,6% I.G. 891) beim Flugmotorbetrieb (Brockstedt).

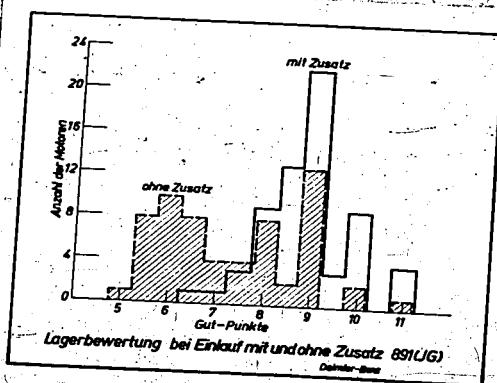


Abb. 12 Statistischer Vergleich der Lagerbefunde von Flugmotoren DB 6c5 nach dem Einlaufen in Rotringöl mit und ohne Zusatz (Anders und Halver).



Deutsche Gesellschaft für  
Ingenieurwissenschaften  
Verein Deutscher Ingenieure  
Abteilung Motorenforschung  
Neue Motorenprufmethoden

Betriebsanleitung für den  
Kraftstoffprüfmotor.

Betriebsanleitung für den Kraftstoffprüfmotor.

Inhaltsverzeichnis:

- 1) Aufbau des Prüfmotors
- 2) Einstellung der Betriebsbedingungen
- 3) Leistungsmessung
- 4) Bedienung der elektrischen Anlage
- 5) Allgemeine Betriebsanweisungen für den Motor
- 6) Bedingungen für die Kraftstoffprüfung
- 7) Lichtbilder und Zeichnungen.

Sachbearbeiter:

GROSS.

000077

Bearbeiter: **GROSS**

Tag:

Tag:

Ersatz für

Ersatz durch



Der im Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren an der Technischen Hochschule Stuttgart entwickelte Einzylinderprüfstand dient in der Hauptsache den Untersuchungen über die Wechselbeziehungen zwischen Kraftstoff und Motor. Zusammen mit einem im Institut entwickelten Zündverzugsmessgerät dient der Prüfstand zur Bewertung der Diesel- und Otto-Kraftstoffe auf der Grundlage der Messung des Zündverzugs.

Der Verbrennungsmotor und die elektrische Anlage sind auf einem gemeinsamen Sockel aufgebaut (Bild 1). Die Verkleidung der elektrischen Anlage ist als Schalttafel ausgebildet. Auf ihr sind die zur Überwachung nötigen Geräte und die Bedienungsvorrichtungen zusammengefasst.

1) Aufbau des Prüfmotors. (vgl. die drei beiliegenden Uebersichts- und Schnittzeichnungen)

Kurbelgehäuse (Bild 2)

Das Kurbelgehäuse ist aus Gusseisen. Ausser einem Oelablasshahn und Entlüftungsstutzen weist es einen grossen Reinigungsdeckel auf, so dass das Gehäuse gut zugänglich ist. In dem Reinigungsdeckel befindet sich ein Blindstopfen zur Oelnachfüllung.

Zylinderbüchse

Die Zylinderbüchse mit ihrem Kühlwassermantel ist aus Zylinder-gusseisen. Um den Einbau des Kolbens mit den Kolbenringen zu erleichtern, ist sie unten abgeschrägt.

Zylinderkopf (Bild 3)

An den Zylinderkopf, der ebenfalls aus Gusseisen ist, sind die Ein- und Auslasskrümmer angeflanscht. Mit vier Stehbolzen wird er auf den Zylinder gepresst. Außerdem hat der Zylinderkopf einen Zischhahn zum leichteren Durchdrehen des Motors beim Anfahren.

000078

Bearbeiter: Prüfart:	Gross	Tag: Tag:	Ersatz für	Ersatz durch

Steuerung

Die Steuerung ist als obenliegende Nockenwelle mit aufgesetzten Nocken, die leicht auswechselbar und mit einer Schieberverzahnung von 4 zu 4° verstellbar sind, ausgebildet. Das Steuergehäuse wird mit denselben verlängerten Stehbolzen, die den Zylinderkopf auf dem Zylinder halten, auf den Zylinderkopf gepresst. Der Steuerungsantrieb erfolgt über eine Königswelle mit zweifacher Kegelradverzahnung.

Ventile

Die hängenden Ventile sind für Ein- und Auslass gleich gross und besonders gekennzeichnet.

Kurbelwelle

Um einen möglichst ruhigen Lauf des Einzylindermotors zu gewährleisten, ist die Kurbelwelle mit Gegen gewichten und einem kräftigen Schwungrad ausgerüstet. Sie trägt vorn ein Kegelrad, in das das Kegelrad der Königswelle und das des Oelpumpenantriebs eingreift. Auf einer Verlängerung nach aussen sitzt ein Keilriemenrad und ein Unterbrechernocken. An dieser Stelle kann die wahre Be wegung der Kurbelwelle ohne Verzerrung durch Zahn- oder Kupplungsspiel beobachtet und abgegriffen werden. Der Ausbau der Kurbelwelle erfolgt nach der Abnahme des Schwungrades und des das vordere Hauptlager tragenden Deckels nach vorn.

Pleuel

Das Pleuel ist durch den Reinigungsdeckel im Kurbel gehäuse leicht zugänglich. Sein Ausbau geschieht nach Ab nahme des Zylinders nach oben.

Kolben

Da der Motor auch für Dieselbetrieb bemessen ist, wurde der Kolben aus Leichtmetall mit einem längeren Kol-

000079

Bearbeiter: Prüfer:	Gross	Tag: Tag:	Ersatz für	Ersatz durch	
------------------------	-------	--------------	------------	--------------	--



benannt ausgeführt.

#### Lager

Als Lagerwerkstoff wurde für das Pleuel- und die Hauptlager Bleibronze gewählt.

#### Schmierölumlauf (Bild 4)

Der Schmierölumlauf besteht aus zwei völlig getrennten Kreisläufen. Zur Kühlung wird das Öl aus dem Oelsumpf im Kurbelgehäuse von der unteren der beiden Oelpumpen abgesaugt und durch den von Wasser umspülten Kühler in den Sumpf zurückgedrückt. Die zweite Pumpe saugt das Öl durch ein Filter aus dem Kurbelgehäuse an und drückt es in die Schmierölleitungen, von denen eine durch die Kurbelwelle zu den Lagern, die andere zu den Schmierstellen im Steuergehäuse führt. Wie allgemein üblich, kann die Oelmenge im Sumpf mit einem Meßstab nachgeprüft werden.

Um das Öl rasch erwärmen und gegebenenfalls auf einer bestimmten Temperatur halten zu können, ist in den Oelsumpf eine elektrische Heizschlange eingebaut.

#### Oeldruck

Der Oeldruck, den die Pumpe schafft, kann an dem angebauten Druckmesser abgelesen werden. Mit einem Ueberlaufventil an der Pumpe wird der gewünschte Druck eingestellt.

#### Kühlwasserumlauf (Bild 4)

Das Kühlwasser strömt von dem über dem Schwungrad liegenden Behälter zum Kühler, über die mit Keilriemen angetriebene Wasserpumpe zum Zylinder, von dort durch den Zylinderkopf und zurück zum Behälter. Ueber dem Kühler kann das Kühlwasser abgelassen werden, ausserdem kann zum vollständigen Entleeren an der tiefsten Stelle ein Blindstopfen entfernt werden.

000080

Bearbeiter:	GROSS	Tag:	Ersatz für:	Ersatz durch:	
Prüfer:		Tag:			



### Kühler

Der Kühler für Öl- und Motor-Kühlwasser ist als ein Stück in dem Sockel des Prüfstandes untergebracht. Die Frischwasserzuführung geschieht für beide Kühlerteile getrennt regelbar unten. Der Ölkühler hat auf seiner Wasserveite oben einen Übertritt zum Wasserkühler, so dass der Frischwasseraustritt gemeinsam ist.

### Ansaugluft

Die Ansaugluft bei Dieselbetrieb-, oder das Gemisch bei Vergaserbetrieb-, kann durch eine im Ansaugstutzen eingegebauten Heizschlange vorgewärmt werden.

### 2) Einstellung der Betriebsbedingungen.

Durch das in weitem Bereich veränderliche Verdichtungsverhältnis ist sowohl Diesel-, als auch Otto-Betrieb möglich.

### Vergaserbetrieb

Für den Vergaserbetrieb wird zwischen das Luftfilter und den Ansaugstutzen der mit Nadeldüsen versehene Sum-Vergaser eingebaut. In die vorne am Zylinderkopf vorhandene Bohrung (40 mm Durchmesser) wird der zugehörige Einsatz mit der Kerze gebaut. Der Wärmewert der Kerze kann je nach den durchzuführenden Versuchen verschieden sein.

Der Unterbrecher wird am Steuergehäuse befestigt und der zugehörige Unterbrechernocken auf das obere Ende der Königswelle gesteckt und verschraubt. Den Zündstrom liefert eine übliche 6-Volt-Batterie. Der Zündzeitpunkt kann durch Drehen am Unterbrecher verändert werden.

### Dieselbetrieb

Für den Dieselbetrieb wurde der Zylinderkopf so ausgebildet, dass durch einfaches Umstecken von Einsätzen vier verschiedene Diesel-Arbeitsverfahren verwirklicht werden können:

000081

Bearbeiter: Prüfer:	GROSS	Tag: Tag:	Ersatz für	Ersatz durch	
------------------------	-------	--------------	------------	--------------	--



Unmittelbare Einspritzung  
Vorkammerbetrieb (D.D.)  
Luftspeicher-Betrieb (M.W.Z.)  
Schusskanal-Verfahren (M.A.Z.)

Die Anordnung der Einsätze für die einzelnen Verfahren ist aus den Schnittzeichnungen zu ersehen.

Die bei der gewählten Betriebsart nicht benötigten Bohrungen in dem Zylinder und Zylinderkopf werden mit den zugehörigen Blindstopfen verschlossen, soweit sie nicht für andere Meßgeräte, wie Quarzdruckgeber, Ionisationsstrecke, Quarzfenster mit Fotozelle usw., benötigt werden.

#### Verdichtungsverhältnis

Besonders hervorzuheben ist die Möglichkeit, das Verdichtungsverhältnis während des Betriebs des Motors von 4,5 bis 25 verändern zu können. Nach Lösen einer Klemmhülse mit dem angebauten Handgriff kann der Zylinder durch die Handkurbel mit einem Schnecken- und Schraubentrieb gegenüber dem Triebwerk gehoben oder gesenkt werden. Der Zylinderkopf und das Steuergehäuse mit dem ganzen Steuerungsantrieb heben oder senken sich mit, so dass an den eingestellten Steuerzeiten dadurch nichts verändert wird. Die zwei Teile der Königswelle greifen mit Längsnuten ineinander, womit beide Teile auch bei einer Längenänderung kraftschlüssig bleiben.

Die Drehbewegung der Handkurbel wird mit einem Zählwerk aufgenommen, so dass zu jedem Verdichtungsverhältnis eine bestimmte Zählwerkstellung gehört. Man kann also ein gewünschtes Verdichtungsverhältnis nach der Zählwerkstellung einstellen, wenn der Zusammenhang von Zählwerkstellung und Verdichtungsverhältnis bekannt ist.

Nach der Einstellung des Verdichtungsverhältnisses wird der Zylinder in seiner neuen Lage festgeklemmt, damit die auf ihn wirkenden Kräfte nicht dauernd von dem Schraubentrieb aufgenommen werden müssen.

000082

Gesetzter:	Gross	Typ:	Ersatz für:	Ersatz durch:	
Prüfer:		Typ:			

Einspritzzeitpunkt

Der Einspritzzeitpunkt kann durch Drehen des Abschlüsseckels oberhalb der Königswelle verändert werden. Diese ist mit einer Schraubennut versehen, in der der Hobel für die Kraftstoffpumpe mit einem Gleitstein läuft. Durch Heben oder Senken des Hobels dreht sich dieser so mit gegen die Königswelle.

Kennwerte.

Bohrung	100 mm
Hub	130 mm
Hubraum	etwa 1000 cm <sup>3</sup>
Brennraumform und Grösse	veränderlich
Schubstangenverhältnis	250/65
Betriebsdrehzahl	bis 2500 U/min
Höchstdrehzahl (kurzzeitig)	3000 U/min
dabei Kolbengeschwindigkeit	13 m/s
Kühlwassermenge	etwa 8 l
Kühlwassertemperatur	80°C
Oelmenge mindestens	3 l
" höchstens	6 l
Oeltemperatur	bis 100°C
Oeldruck	3 atü
Ventilspiel bei warmem Motor	Auslass 0,15 mm Einlass 0,15 mm
Steuerzeiten (veränderlich)	
Einlass öffnet	etwa 10° KW v.o.T.
Auslass schliesst	etwa 12° KW n.o.T.
Einspritzpumpenspiel:	0,2 mm
Zündzeitpunkt: veränderlich	
Einspritzzeitpunkt: veränderlich	

00083

Bearbeiter: Prüfer:	Gross	Tag: Tag:	Ersatz für	Ersatz durch
------------------------	-------	--------------	------------	--------------

Einspritzzeitpunkt

Der Einspritzzeitpunkt kann durch Drehen des Abschlusdeckels oberhalb der Königswelle verändert werden. Diese ist mit einer Schraubennut versehen, in der der Nocken für die Kraftstoffpumpe mit einem Gleitstein läuft. Durch Heben oder Senken des Nockens dreht sich dieser so mit gegen die Königswelle.

Kennwerte.

Bohrung	100 mm
Hub	130 mm
Hubraum	etwa 1000 cm <sup>3</sup>
Brennraumform und Grösse veränderlich	
Schubstangenverhältnis	250/65
Betriebsdrehzahl	bis 2500 U/min
Höchstdrehzahl (kurzzeitig)	3000 U/min
dabei Kolbengeschwindigkeit	13 m/s
Kühlwassermenge	etwa 8 l
Kühlwassertemperatur	80°C
Oelmenge mindestens	3 l
" höchstens	6 l
Oeltemperatur	bis 100°C
Oeldruck	3 atü
Ventilspiel bei warmem Motor	Auslass 0,15 mm Einlass 0,15 mm
Steuerzeiten (veränderlich)	
Einlass öffnet	etwa 10° KW v.o.T.
Auslass schliesst	etwa 12° KW n.o.T.
Einspritzpumpenspiel:	0,2 mm
Zündzeitpunkt: veränderlich	
Einspritzzeitpunkt: veränderlich	

090083

Bearbeiter:	Gross	Tag:	Ersatz für	Ersatz durch
Prüfer:		Tag:		



Betriebsanleitung für den  
Kraftstoffprüfmotor.

Bl. 6

Unmittelbare Einspritzung:

Düsenhalter KB 110  
Düse DL 50 SV 1884  
Abspritzdruck 180 atü  
Verdichtungsverhältnis (veränderlich) 14

Vorkammerbetrieb:

Vorkammereinsatz DB (OK 59)  
Düsenhalter KB 80  
Düse DN 8 S 1  
Abspritzdruck 90 atü  
Verdichtungsverhältnis (veränderlich) 18

Luftspeicherverfahren:

Luftspeichereinsatz MWM  
Düsenhalter KB 80  
Düse DN 8 S 1  
Abspritzdruck 90 atü  
Verdichtungsverhältnis (veränderlich) 17

Schusskanalverfahren:

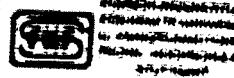
Schusskanaleinsatz mit Beikammer  
Düsenhalter KB 80  
Düse DN 8 S 1  
Abspritzdruck 110 atü  
Verdichtungsverhältnis (veränderlich) 17

Vergaser-Betrieb:

Sum-Vergaser Bosch W 225 T 1  
Zündzeitpunkt: veränderlich  
Verdichtungsverhältnis (veränderlich) 6  
Batterie 6 V

090084

Ersatzaufsteller:	Gross	Ersatz für Tag:	Ersatz durch Tag:
Projekt:			

Bereiche der veränderlichen Größen:

Minispritzzeitpunkt um etwa  $60^{\circ}$  kW veränderlich.  
Zündzeitpunkt um etwa  $40^{\circ}$  kW veränderlich  
Verdichtungsverhältnis für unmittelbare Einspritzung und Vergaserbetrieb von 4,5 bis 25.

Meßbereiche der Überwachungsgeräte:

Kühlmittel-Thermometer	0 bis $120^{\circ}\text{C}$
Ansaugluft-Thermometer	0 bis $120^{\circ}\text{C}$
Öl-Thermometer	0 bis $120^{\circ}\text{C}$
Öldruck-Messer	0 bis 6 atü
Drehzahlmesser	bis 3000 U/min
Stichdrehzähler 5-stellig.	

3) Leistungsmessung.

Zur Leistungsmessung ist an der Pendelbremse ein Hebelarm angebaut, der in 71,6 cm Achsabstand eine Schneide trägt. In die Schneide wird eine Aufhängevorrichtung zum Aufnehmen von Gewichten eingehängt. Dann ist die Nutzleistung ohne Berücksichtigung der Reibungs- und Lüfterleistung der Pendelbremse

$$N_e \text{ PS} = \frac{\text{Gewicht kg} \times \text{Drehzahl U/min}}{1000}$$

Zählt man die kleine Reibungs- und Lüfterleistung der Pendelbremse dazu, so hat man die an der Kupplung des Motors abgegebene Leistung. Um den Hebelarm mit der Gewichteinlegevorrichtung auf der Bedienungsseite des Prüfstandes zu haben, musste dem Motor ein Drehsinn entgegen dem bei Fahrzeugmotoren üblichen gegeben werden.

Bestimmung der Antriebsleistung

Soll die von der Pendelmaschine bei ihrem Betrieb als Elektromotor an den Verbrennungsmotor abgegebene An-

000085

Verkäufer: Referat:	GROSS	Tag: Tag:	Ersatz für	Ersatz durch	
------------------------	-------	--------------	------------	--------------	--

Bereiche der veränderlichen Größen:

Einspritzzeitpunkt um etwa  $60^\circ$  kW veränderlich  
Zündzeitpunkt um etwa  $40^\circ$  kW veränderlich  
Vergleichungsverhältnis für unmittelbare Ein-  
spritzung und Vergaserbetrieb von 4,5 bis 25.

Messbereiche der Überwachungsgeräte:

Kühlmittel-Thermometer	0 bis $120^\circ\text{C}$
Ansaugluft-Thermometer	0 bis $120^\circ\text{C}$
Öl-Thermometer	0 bis $120^\circ\text{C}$
Öldruck-Messer	0 bis 6 atü
Drehzahlmesser	bis 3000 U/min
Stichdrehzähler 5-stellig.	

3) Leistungsmessung.

Zur Leistungsmessung ist an der Pendelbremse ein Hebelarm angebaut, der in 71,6 cm Achsabstand eine Schneide trägt. In die Schneide wird eine Aufhängevorrichtung zum Aufnehmen von Gewichten eingehängt. Dann ist die Nutzleistung ohne Berücksichtigung der Reibungs- und Lüfterleistung der Pendelbremse

$$N_e \text{ PS} = \frac{\text{Gewicht kg} \times \text{Drehzahl U/min}}{1000}$$

Zählt man die kleine Reibungs- und Lüfterleistung der Pendelbremse dazu, so hat man die an der Kupplung des Motors abgegebene Leistung. Um den Hebelarm mit der Gewichteinlegevorrichtung auf der Bedienungsseite des Prüfstandes zu haben, musste dem Motor ein Drehsinn entgegen dem bei Fahrzeugmotoren üblichen gegeben werden.

Bestimmung der Antriebsleistung

Soll die von der Pendelmaschine bei ihrem Betrieb als Elektromotor an den Verbrennungsmotor abgegebene An-

000085

Verarbeitet: Vorher:	Gross	Tag: Tag:	Ersatz für	Ersatz durch



triebelistung bestimmt werden, so muss man den Hebelarm auf der Rückseite einbauen und die Gewichte dort auflegen.

4) Bedienung der elektrischen Anlage. (Bild 5 bis 6)  
Anlassen mit Gleichstrom (Bild 5)

Die Bremsung des Kraftstoffprüfmotors erfolgt durch eine fremderregte Gleichstrom-Pendelmaschine. Steht ein Gleichstromnetz zur Verfügung, so dient die Pendelmaschine auch zum Anwerfen des Motors, wobei der Belastungswiderstand als Anlasswiderstand benutzt wird.

Bevor die Netzzspannung an das Feld gelegt wird, muss darauf geachtet werden, dass der Feldregler auf "hoch" steht, und der Anlasswiderstand bei der Stellung "aus" voll eingeschaltet ist. Ist der Verdichtungsraum entlüftet, so dreht sich der Motor beim Einlegen des Schutzschalters. Der Anlasswiderstand soll nur so langsam abgeschaltet werden, dass die auftretenden Stromstöße 30 A nicht überschreiten.

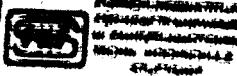
Die grösste Anwurfdrehzahl wird durch Feldschwächung erreicht, nachdem der Anker kurz geschlossen ist. Der Feldregler darf jedoch nur so weit nach "tief" verstellt werden, dass 30 A nicht überschritten werden. Läuft der Prüfmotor aus eigener Kraft, so wird der Schutzschalter ausgeschaltet.

Bremsen bei Gleichstrom

Zunächst wird von "Netz" auf "Widerstand" umgeschaltet und der Belastungswiderstand bei der Stellung "aus", d.h. der Belastung "tief", voll eingeschaltet; gleichzeitig wird der Feldregler auf "tief", d.h. kleinste Feldspannung gestellt. Wird der Schutzschalter eingeklemmt, so ist der Motor noch nicht belastet; dies geschieht durch Erhöhen der Feldspannung in Richtung "hoch" und, soweit das nicht ausreicht, durch Verringern des Belastungswiderstandes in Richtung "ein". Der Regler für den Belastungswiderstand muss jedoch in der Nähe der Stellung "aus" stehen.

000086

arbeitet:	Gross	Ang:	Ersetzt für	Ersetzt durch
objekt:		Tag:		



bleiben, etwa im ersten Drittel, da in der Nähe der Einstellung der Anker kurz geschlossen ist.

#### Anlassen mit Drehstrom (Bild 5)

Wenn nur Drehstrom zur Verfügung steht, wird der Prüfstand mit angebautem Drehstromanwurfmotor geliefert, der mit einem Stern-Dreieckschalter und einem Motorschutzschalter ausgerüstet ist. Bei der Stellung "0" des Stern-Dreieckschalters wird der Motorschutzschalter eingelegt, dann auf "Stern" und nach Erreichen von etwa 1000 U/min auf "Dreieck" geschaltet. Nach dem Anspringen des Motors wird der Stern-Dreieckschalter wieder auf "0" gedreht.

#### Bremsen bei Wechselstrom

Um auch bei Wechselstrom die Pendelmaschine fremd erregen zu können, wird ein Glühkathoden-Gleichrichter mitgeliefert, der in eine gewöhnliche mit 6 A gesicherte Wechselstromdose mit 220 V gesteckt wird. Nach 15 s kann der Drehschalter am Gleichrichter eingeschaltet werden, wobei der eingebaute Strommesser den Erregerstrom der Pendelmaschine anzeigt. Nun kann der Motor in der obengenannten Art gebremst werden.

Für Öl- und Luftvorwärmung sind Steckdosen in die Schalttafel eingebaut.

Die Luftvorwärmung geschieht über einen Regelwiderstand, der beim Einschalten auf "schwach" stehen muss.

Der FKFS-Stichdrehzähler enthält einen Wechselstrom-Synchron-Motor und kann mit an die Steckdose angeschlossen werden, die für die Oelvorwärmung vorgesehen ist.

Die eingebauten Strom- und Spannungsmesser dienen zur Überwachung der Pendelmaschine. Bei Berücksichtigung des Wirkungsgrades kann aus ihren Werten auch die aufgenommene oder abgegebene Leistung errechnet werden.

000387

Arbeitstag:	Gross	Tag:	Ersatz für	Ersatz durch
Arbeitszeit:		Tag:		



Betriebsanleitung für den  
Kraftstoffsprühmotor.

Bl. 12

Technische Werte bei Motorbetrieb.

Betriebs- dauer	Spann. V	Strom A	Drehzahl U/min	Leistung kW
dd	220	13,7	800 bis 1600	2,4
15 min	220	22,7	1450	3,7
15 min	220	30	1350	4,5
dd	440	20,5	1700 bis 2500	7,4

Der Drehstromanwurfmotor hat eine Leistung von 8 kW.

Technische Werte bei Stromerzeugerbetrieb.

Betriebs- dauer	Spann. V	Strom A	Drehzahl U/min	Leistung kW
dd	170	15,3	800	2,5 3,3
dd	260	20	1200	5,2 6,3
dd	460	20,5	2000 bis 3000	9,5 11,3

Die Maschine kann auch bei Stromerzeugerbetrieb 10 bis 15 min lang mit 30 A bei 460 V belastet werden, was einer Leistung von etwa 21 PS an der Kupplung entsprechen würde.

5) Allgemeine Betriebsanweisungen für den Motor.

Vor dem ersten Anfahren sowie nach einer längeren Betriebspause werden die leicht zugänglichen gleitenden Teile geschmiert. Dazu gehört besonders die Einspritzpumpe, der verschiebbare Nocken, der die Einspritzpumpe

000988

Verarbeiter: Referat:	Gross	Tag: Tag:	Ersatz für	Ersatz durch
--------------------------	-------	--------------	------------	--------------



befähigt; und die Ventilführung. Hat der Motor seine Anwurfdrehzahl erreicht, so sieht man am Oeldruckmesser, ob die Oelpumpe ordentlich arbeitet.

Das leichte Anspringen insbesondere des kalten Motors wird unterstützt durch:

Vorwärmen der Ansaugluft,  
großen Einspritzwinkel,  
hohes Verdichtungsvorhältnis.

Außerdem kann durch Vorwärmen des Schmieröls die Antriebsdrehzahl gesteigert werden.

Wenn der Motor unregelmässig läuft oder nicht anspringt, ist die Kraftstoffzufuhr durch Entlüften der Druckleitung durch kurzes Lösen der Anschlussmutter am Düsenhalter nachzuprüfen.

Die Entlüftung der Bosch-Einspritzpumpe geschieht durch Lösen des eingebauter Rückschlag-Ventils.

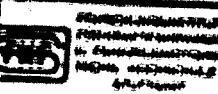
Bei unmittelbarer Einspritzung ist darauf zu achten, dass die Ebene der 5 Kraftstoffstrahlen, ohne den wassergekühlten Zylinderkopf zu treffen, richtig im Brennraum zwischen Zylinderkopf und Kolben liegt. Bei abgenommenem Zylinderkopf kann die Lage der Strahlebene festgestellt werden. Zu diesem Zweck wird am besten der Abspritzen druck herabgesetzt, da dann der Kraftstoffstrahl nicht zerreist, sondern auch nach dem Austritt aus der Düse geschlossen bleibt.

Die Einspritzpumpe muss auch bei Vergaserbetrieb des Motors an einen Dieselkraftstoffbehälter angeschlossen sein, damit sie durch Kraftstoff geschmiert wird. Bei langerem Vergaserbetrieb ist es besser, die Pumpe abzubauen.

Erfolgt die Einspritzung unregelmässig oder bleibt die Düsenadel hängen, so sieht man das an dem unterbrochenen oder dauernden Aufleuchten der Glimmlampe.

00089

Bearbeiter: Gross	Tag: _____	Ersatz für: _____	Ersatz durch: _____
Prüfer: _____	Tag: _____		



Zur Nachprüfung der Kolbenringe und des Kolbens muss der Zylinder abgenommen werden. Zu diesem Zweck wird zunächst das Steuergehäuse abgenommen. Die durch Muttern miteinander verbundenen Teile der Königswelle sind in ihrer Einstellung gezeichnet, damit beim Zusammenbau die früheren Steuerseiten wieder erhalten werden.

Vor der Abnahme des Zylinderkopfes, der mit zwei Zentrierungen in seiner Lage gehalten wird, muss das Kühlwasser abgelassen werden.

Die Schrauben des Klemmflansches, der den Zylinder hält, werden gelöst. Dient man dann den festgeklemmten Zylinder hoch, d.h. in Richtung der niedrigeren Verdichtungswertigkeiten, so hebt sich der Flansch mit dem Zylinder aus den Bolzen, worauf man den Zylinder aus dem Flachgewinde drehen kann, um ihn abzunehmen. Der Zusammenbau geschieht in umgekehrter Reihenfolge.

Die Zylinderkopfdichtung ist so einzulegen, dass der Kühlwasser-Ueberströmkanal am Auspuffstutzen offen ist.

Da besonders bei häufigem Wechsel des Kraftstoffes, wie es bei der Prüfung der Fall ist, und bei Verwendung rückstandsbildender Kraftstoffe mitunter beträchtliche Ablagerungen auf dem Kolben und an der Düse entstehen können, muss der Brennraum von Zeit zu Zeit gereinigt und die Düse auf einwandfreies Arbeiten geprüft werden.

Das Quarzfenster wird am besten mechanisch von der etwa anhaftenden Rußschicht gereinigt. Der Ruß kann jedoch auch mit einer sauerstoffreichen Flamme weggebrannt werden, wobei zu beachten ist, dass der Quarz in der Kupferhülse leicht eingeschrumpft ist. Der Einbau des Fensters muss nach Bild 7 so vorgenommen werden, dass das Licht aus dem Brennraum senkrecht auf die kleine ebene Fläche fällt, in den Quarz eindringt, und an der grösseren ebenen Fläche innen reflektiert wird.

00090

aussteller: refer:	GROSS	Tag: Tag:	Ersatz für	Ersatz durch	
-----------------------	-------	--------------	------------	--------------	--

Um für den ersten Betrieb einen Anhaltspunkt in der Einstellung des Verdichtungsverhältnisses bezüglich der Zählwerkstellung zu haben, ist in Bild 8 die Abhängigkeit des Verdichtungsverhältnisses der verschiedenen Verbrennungsverfahren von der Zählwerkstellung aufgetragen. Diese Werte sollen jedoch nur Anhaltspunkt für den ersten Betrieb sein, da der genaue Zusammenhang von Verdichtungsverhältnis und Zählwerkstellung für jeden Motor durch Auslitern bestimmt werden muss. Das Auslitern erfolgt am besten mit Diesalkraftstoff und muss für jedes Verbrennungsverfahren mit den entsprechenden Einsätzen im Zylinderkopf durchgeführt werden. Beim Auswechseln der Zylinderkopfdichtung ist darauf zu achten, dass die Stärke der Dichtung auf das Verdichtungsverhältnis einen Einfluss hat.

Bei Benutzung einer Zählwerkstellung unter 60 muss mit Durchdrehen des Motors von Hand bei entlüftetem Verdichtungsraum geprüft werden, ob der Kolbenabstand vom Kopf genügend gross ist. Der Motor muss sich ohne jeden Widerstand durchdrehen lassen.

#### 6) Bedingungen für die Kraftstoffprüfung.

Auf Grund der Vorversuche wurden die Betriebsverhältnisse des Motors für die Kraftstoff-Prüfung folgendermassen festgelegt:

- 1) Unmittelbare Einspritzung
- 2) Drehzahl 1800 U/min
- 3) Voreinspritzwinkel 20° KW v.o.T.
- 4) Verdichtungsverhältnis 13
- 5) Temperatur der Ansaugluft 45°C
- 6) Temperatur des Kühlmittels 70°C
- 7) Temperatur des Schmieröls 70°C
- 8) Eingespritzte Kraftstoffmenge je Arbeitshub 35 mm<sup>3</sup>
- 9) Einspritzdruck 180 atü.

000391

Seller: Gross	Tag: _____	Ersatz für: _____	Ersatz durch: _____	_____
Mr.:	Tag: _____	_____	_____	_____



Die unmittelbare Einspritzung wurde gewählt, weil sie das motorisch empfindlichste Verfahren darstellt. Nachdem sich die erforderlichen gleichmässigen Prüfbedingungen am Motor eingestellt haben, kann der Zündverzug für die Kraftstoffproben ermittelt werden. Auf Grund der Zündverzugsmessung, die je Kraftstoff etwa 5 Minuten in Anspruch nimmt, wird eine Eichkurve mit drei oder vier Bezug-Kraftstoff-Mischungen aufgestellt. Aus ihr kann dann der Cotenwert der einzelnen Proben durch graphische Interpolation entnommen werden.

000092

Von: Gross	Tag: Tag:	Ersatz für	Ersetzt durch	
				S. 166, A. 6, Albert Marz, Stuttgart

Technische  
Richtlinien  
für Motor- und  
Getriebeprüfstände  
für Motor- und  
Getriebeprüfstände  
42, 43, 44

Betriebsanleitung für den  
Kraftstoffprüfmotor.

Bild 1

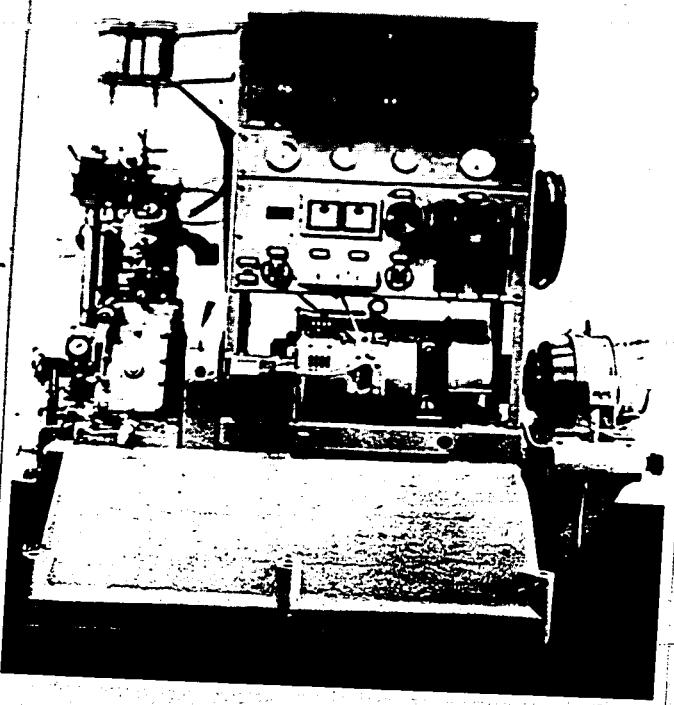


Bild 1

FKFS-Kraftstoffprüfstand.

040993

Büro:	Gross	Tag:	Ersatz für	Ersatz durch	
ver:					

DEUTSCHE  
FEDERATION  
FÜR  
DIE  
PRÜFUNG  
VON  
MOTORFAHRSATZEN  
DURCH  
SCHWEIZ

Betriebsanleitung für den  
Kraftstoffprüfmotor.

Bild 2

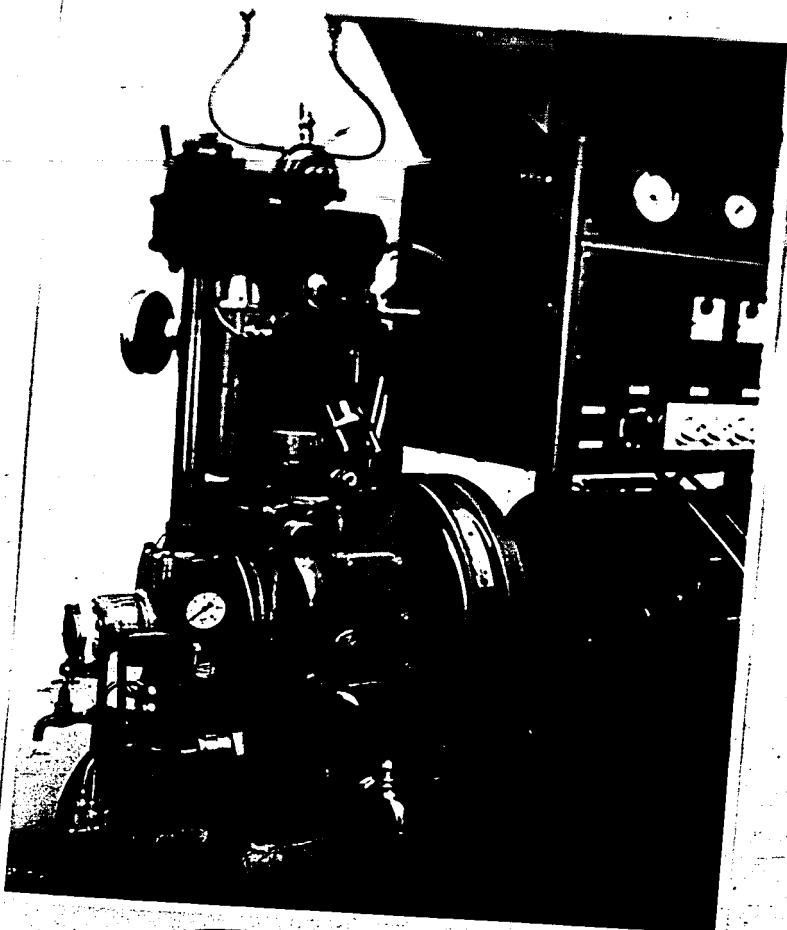


Bild 2

FKFS Kraftstoff-Prüfmotor.

000094

Ersteller:	Gross	Tag:	Ersatz für	Ersetzt durch	
urst:	Tag:				

Betriebsanleitung für den  
Kraftstoffprüfmotor.

Bild 3

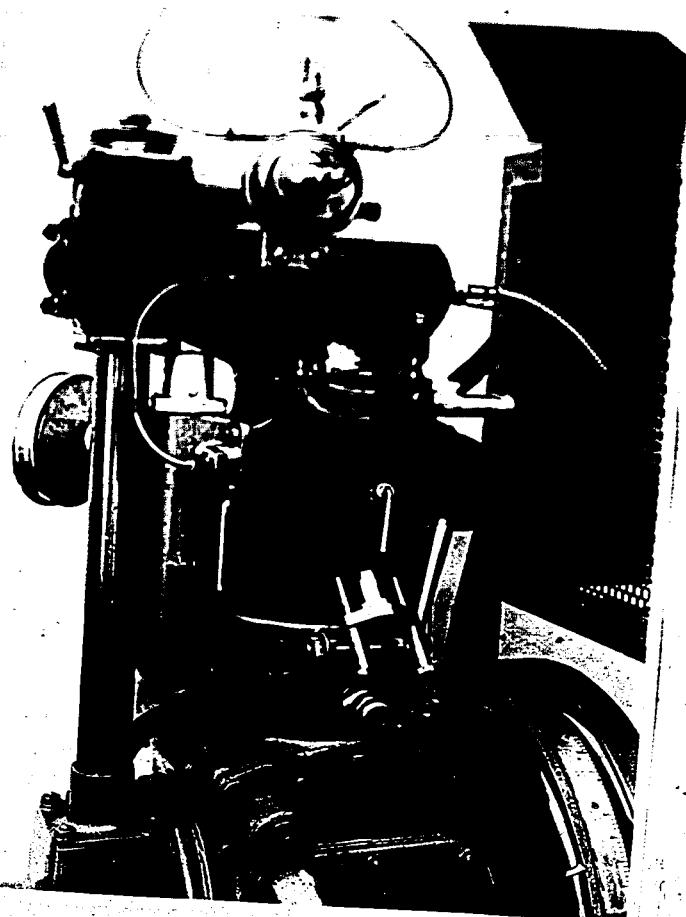


Bild 3  
Zylinderbau.

000095

heiter: GROSS

Tag:  
Tag:

Ersatz für

Ersatz durch

Betriebsanleitung für den  
Kraftstoffprüfmotor.

Bild 4

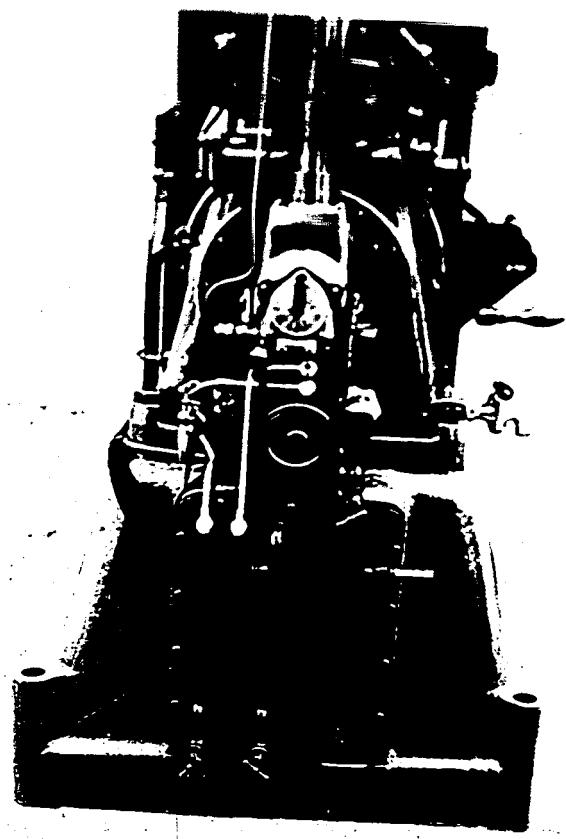


Bild 4  
Kühleranordnung.

000096

Hersteller:	GROSS	Tag:	Ersatz für	Ersatz durch
Art:		Tag:		

Betriebsanleitung für den Kraftstoffprüfmotor.

Bild 5

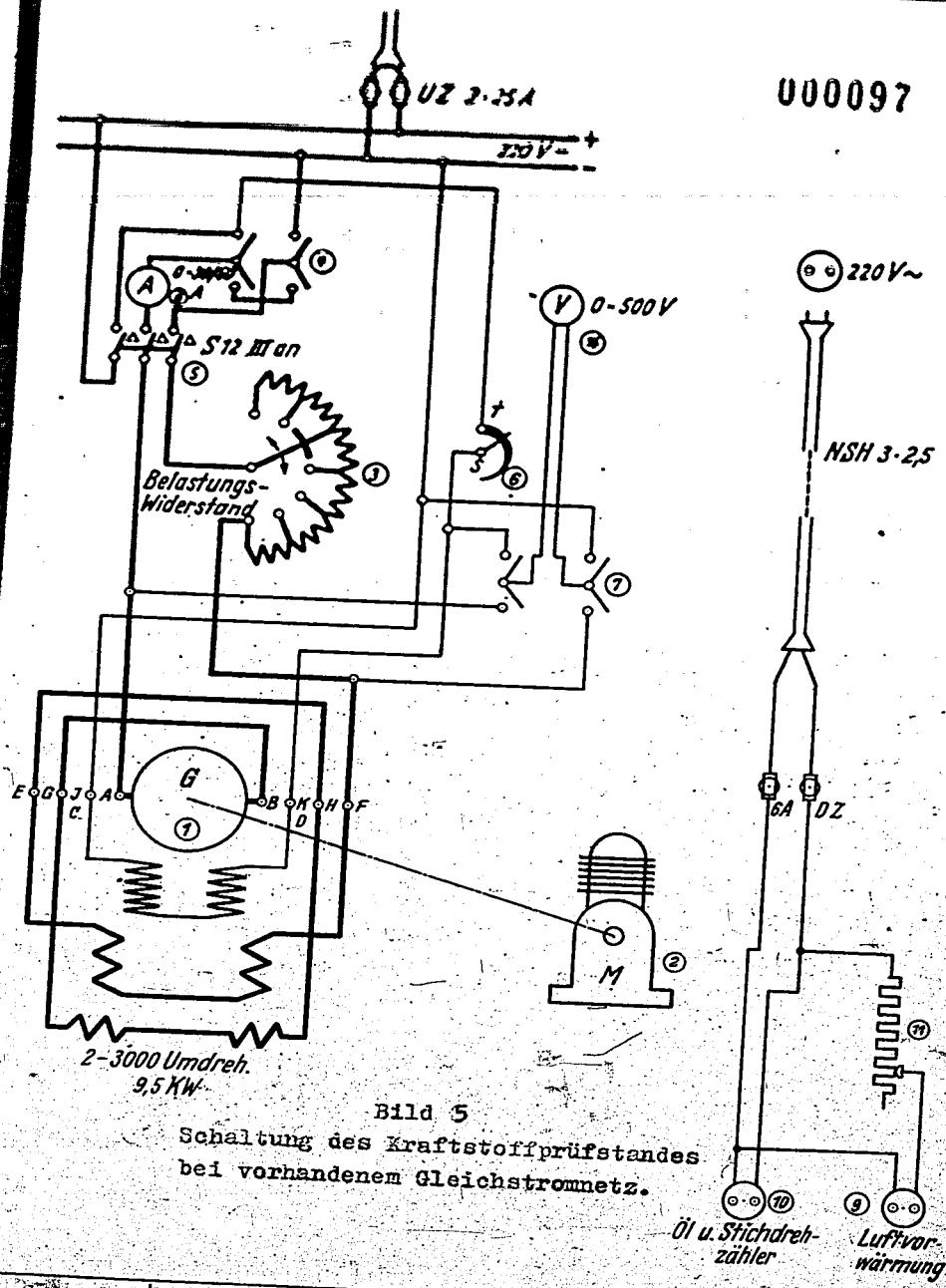
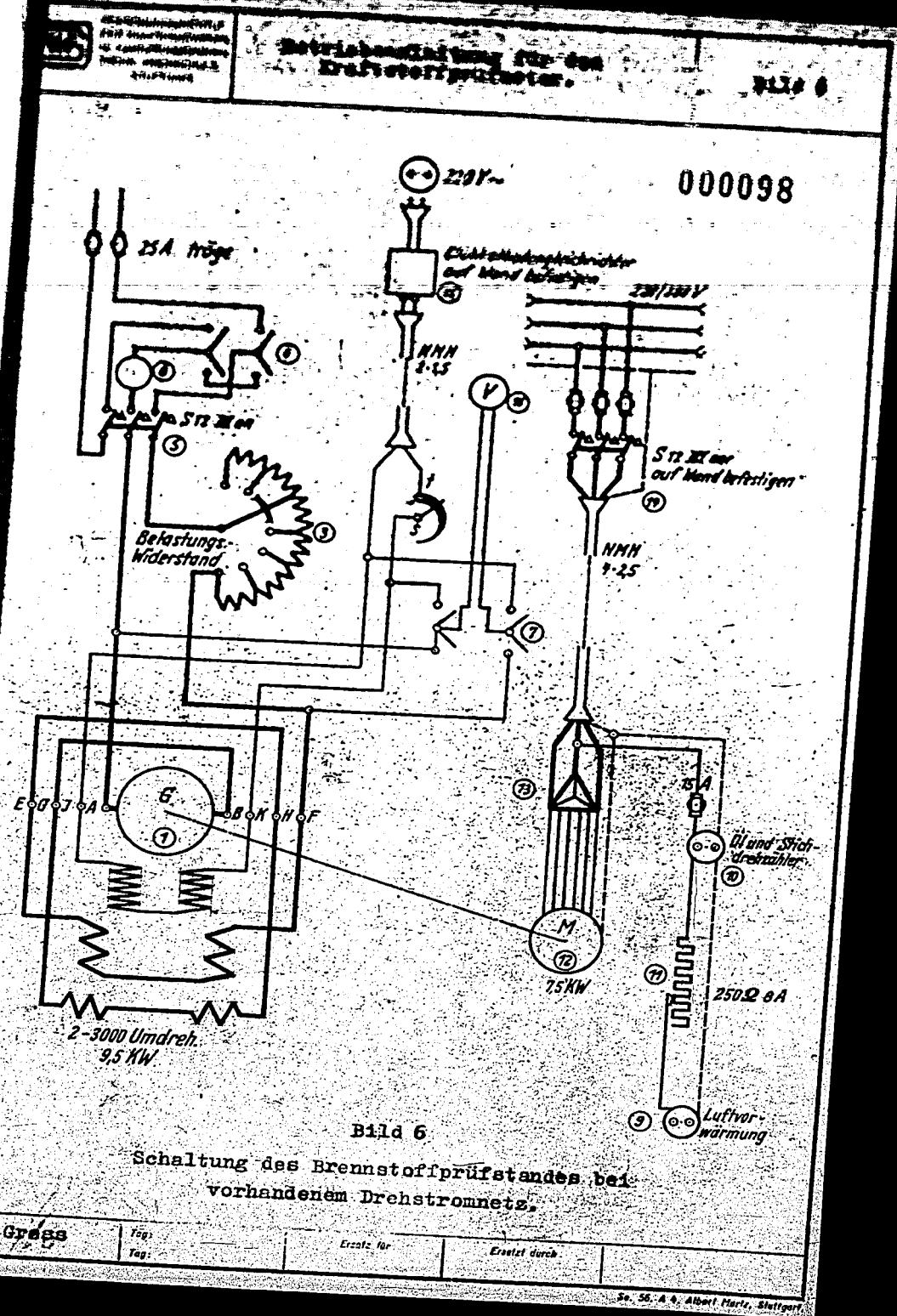


Bild 5  
Schaltung des Kraftstoffprüfstandes  
bei vorhandenem Gleichstromnetz.

Arbeiter:	Gloss	Tag:	Ersatz für	Ersatz durch
Auftrag:				



## Bild 6

## Schaltung des Brennstoffprüfstandes bei vorhandenem Drehstromnetz.

better: **Grass**

Tag:

Ersatz für

*Ersetz durch*

Werkzeug  
Gesamtzeichnung für den  
Tastatorprojektor.

Bild 7

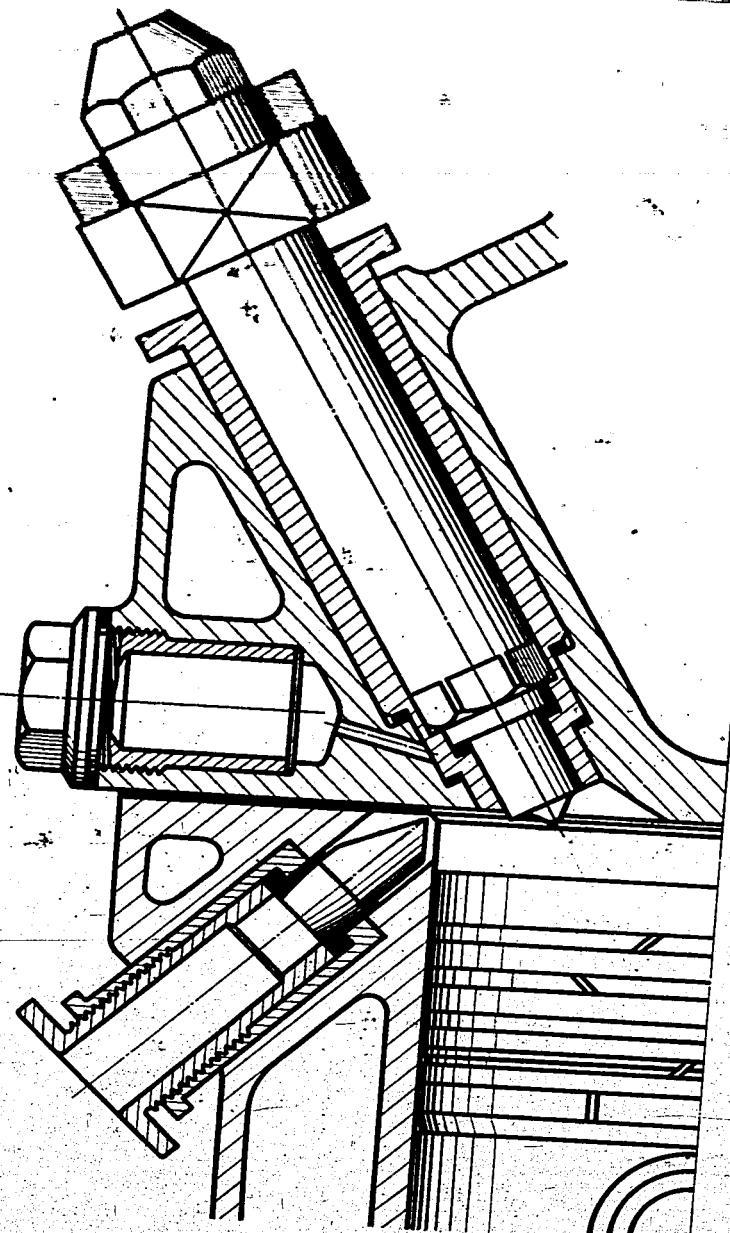


Bild 7  
Querufsteller-Findru.

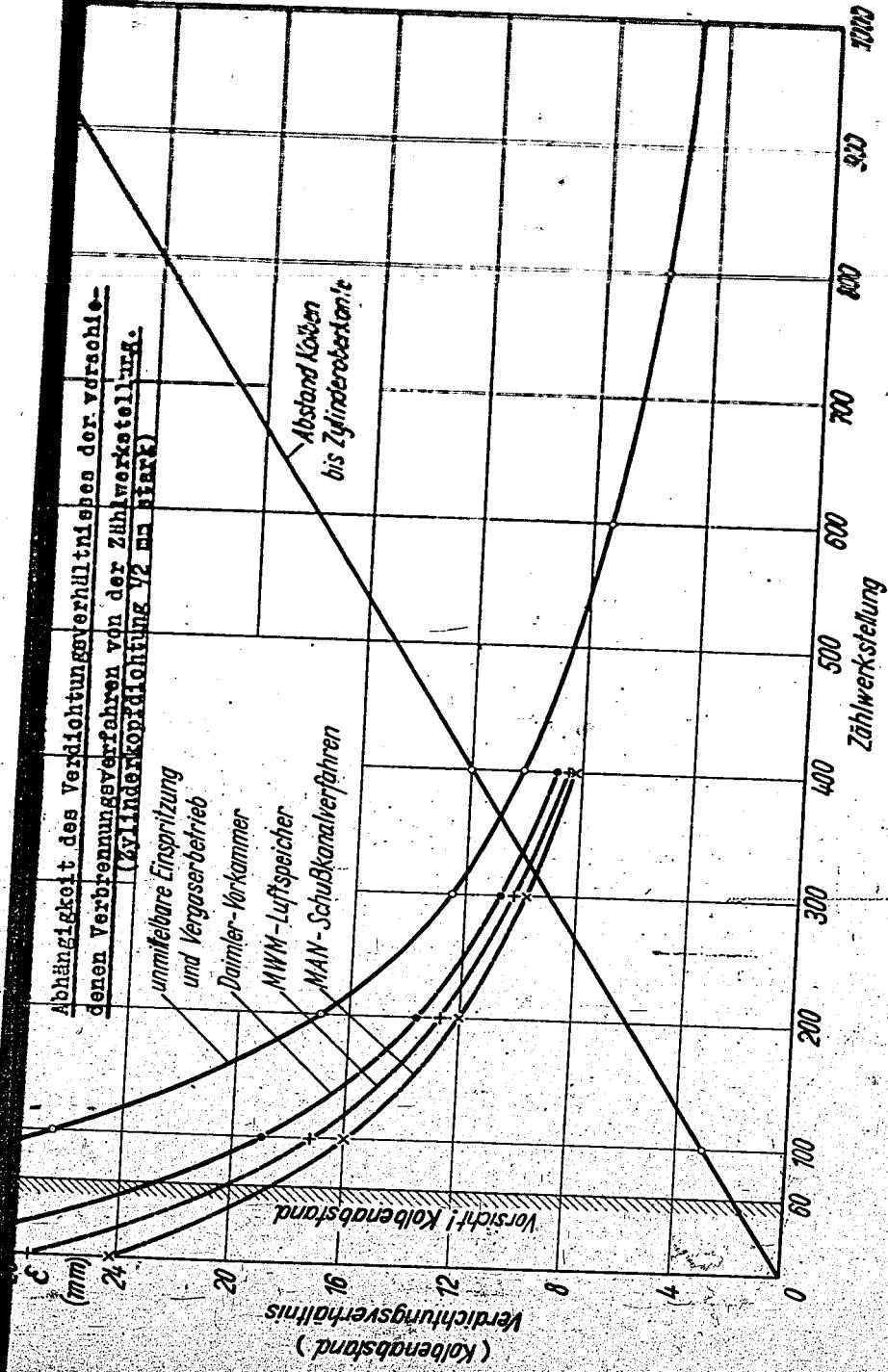
000099

GROSS	Tags: Tag:	Ersatz für	Ersatz durch	
-------	---------------	------------	--------------	--

M. u. N. Form

Bild 8.

000100



(November 1943)

000102

Inhalt:

- 1) Die Aufgabe.
- 2) Die Arbeitsweise des Gerätes.
- 3) Die Ausführung des Gerätes.
- 4) Die Handhabung in Verbindung mit dem Kraftstoffprüfmotor.
- 5) Anschluß am I.G.-Prüfdieselmotor und an andere Motoren.

Drausser:	Stalger	Tag Tag	30.3.43	Ersatz für	Ersatz durch	
-----------	---------	------------	---------	------------	--------------	--

1. Die Aufgabe.

000103

Das verliehenne Gerät dient zur Beurteilung des Zündverzugs und damit zur Getrennung von Kraftstoffen. Hierbei kann der Zündverzug lautend an einem in Grad ausgewinkel bezeichneten Zeiger, der abgelesen werden.

Unter dem Zündverzug versteht man die Zeit, die zwischen dem Beginn der Kraftstofffeinschwund und dem Beginn der Verbrennung verstreicht. Der Zeitpunkt des Zündbeginns ist leicht eindeutig festzulegen, da Zeitpunkt des Anhebens des Dosendeckels. Man kann ihn auch mit geringer Genauigkeit durch eine einfache Kontrollvorrichtung erläutern. Für die Festlegung des Verbrennungsbeginns dagegen gibt es verschiedene Möglichkeiten, die nicht unbedingt zum selben Ergebnis führen müssen, jedoch sind die auftretenden Unterschiede nicht beträchtlich. Man kann den Verbrennungsbeginn in vielen Fällen verhältnismäßig einfach aus dem Druckdiagramm entnehmen, da dieses im Augenblick des Verbrennungsbeginns meist einen mehr oder weniger ausgeprägten Knick zeigt. Für die Steuerung eines selbsttätig anzeigenenden Gerätes lohnt sich diese Tatsache verwerten, wenn durch geeignete, bei der Kraftstoffprüfung vorgeschriebene motorische Bedingungen ein zeitlich gut bestimmbarer Einsatz des steilen Druckanstieges erzwungen wird. Als Geber verwendet man eine als einstellbarer Beschleunigungsmesser ausgebildete Kontaktanordnung, wie sie von Neumann<sup>1)</sup> angegeben und betriebsreif entwickelt wurde.

Anstelle des Druckverlaufs kann auch das Auflammen des Kraftstoffes zur Anzeige des Zündbeginns benutzt werden, wozu man beispielsweise eine Photozelle verwenden kann, die durch ein im Verbrennungsraum eingesetztes Fenster aus Quarzglas von der Verbrennungsflamme belichtet wird. Hierbei hat man eine größere Freiheit in der

1) "Trägheitsindikator" nach Dr.-Ing. Neumann. Hersteller Rhensia-Motorenwerke A.G., Hamburg, Werk Harburg, Motorenprüfstand.

Bearbeiter: Prüfer:	Staiger	Tag: Tag:	Erstellt für	Ersatz durch
------------------------	---------	--------------	--------------	--------------



Wahl der meteorischen Bedingungen, was die Durchführung wissenschaftlicher Untersuchungen erleichtert. Damit an-  
gesehen wird wegen der Gefahr einer Verzerrung des Quarz-  
frequenz-Dauerkalibrier im allgemeinen nicht möglich sind,  
eignet sich diese Anordnung weniger für die reine Kraft-  
stoffprüfung.

Für Anzeige des Zündverzuges ist nun der seitliche  
Abstand der beiden Punkte zu bestimmen. Dabei ist es  
sinnvoll, die Zeit des Zündverzuges auf die Zeit einer  
Umdrehung zu beziehen und damit den Zündverzug in Teilen  
eines Umlaufes, d.h. in Grad Kurbelwinkel anzugeben.

## 2. Die Arbeitsweise des Gerätes.

Durch einen am Düsenhalter aufgesetzten Kontakt, der  
über einen verlängerten Düsenstift betätigt wird, wird  
ein Stromkreis geschlossen. Es fließt also bei Beginn  
der Kraftstoffeinspritzung im Zeitpunkt  $t_1$ , der Strom  $i_1$ .  
Bild 2. Eine elektrische Speichereinrichtung sorgt da-  
für, daß der Strom  $i_1$ , von den weiteren Bewegungen der  
Düsenadel unabhängig aufrecht erhalten bleibt, solange,  
bis der bei Verbrennungsbeginn von dem sich öffnenden  
Beschleunigungskontakt bzw. von der Photozelle infolge  
der rasch ansteigenden Lichtstärke gegebene Spannungs-  
stoß die Abschaltung des Stromes auslöst. Dies ge-  
schieht im Zeitpunkt  $t_2$  am Ende des Zündverzuges. Der  
ganze Vorgang wiederholt sich beim nächsten Arbeitsspiel-  
zyklus, man erhält einen rechteckigen Stromverlauf, wie ihn Bild 2  
über der Zeit bzw. dem Drehwinkel  $\varphi$  aufgetragen zeigt.

Dieser Strom wird einem Zeigergerät zugeführt, wel-  
ches den Mittelwert des Stromes, d.h. den Wert  $\frac{1}{T} \int i dt$   
anzeigt. Das bedeutet, daß das Instrument den Wert  
 $C_1 \cdot (t_2 - t_1) / 2 \cdot T = C_1 \cdot (t_2 - t_1) / T$  mißt, also gerade das  
gewünschte Zeitverhältnis. Es kann daher unmittelbar in  
Grad Kurbelwinkel Zündverzug geeicht werden. Hat das Ge-  
räte einen mit dem Strom linearen Skalenverlauf, so ist  
auch die Anzeige in Grad Kurbelwinkel linear, und es ga-

000104

Angaben	Stal gen	30.3.43	Gezeichnet	Erstellt durch
---------	----------	---------	------------	----------------



A-3, auf Wiedergabe einer Zeichnung zu entnehmen.

Die Arbeitsweise der Steuerzündung.

Bild 1 zeigt die grundsätzliche Schaltung zur Steuerung des Stromes  $i_1$ ,  $i_2$ . Sie besteht aus den drei benenneten Röhren  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$ , wobei die beiden Röhren  $R_1$  und  $R_2$  zur Einleitung der Steuerimpulse dienen, während die Röhre  $R_3$  den Strom für das Motorwerk  $M$  liefert.

Vor Beginn des Zündversuchs führt die Röhre  $R_3$  keinen Strom. Damit tritt an dem Widerstand  $R_K$  nur ein kleiner vom Strom der Röhre  $R_2$  herrschender Spannungsabfall auf. Es bildet in normaler Weise die Gittervorspannung dieser Röhre. Infolge des Stroms in  $R_2$  und ihrem Anodenwiderstand  $R_A$  wird die Spannung an Punkt A wesentlich kleiner als die Batteriespannung und damit das Gitter von  $R_3$  so stark negativ, daß in der Röhre, wie angegeben, kein Strom fließt.

Beim Betätigen des Kontaktes auf der Dusenrand (Binspritzbeginn) trifft nun auf das Gitter von  $R_2$  ein negativer Spannungsstoß, der so groß bemessen ist, daß der Strom in der Röhre ganz verschwindet.

Damit nimmt Punkt A eine Spannung gleich der Batteriespannung an und die Spannung am Gitter von  $R_3$  wird in positiver Richtung verschoben, soweit, daß der mit Regler E einstellbare Sollwert ( $i_1$ ) des Stromes in  $R_3$  fließt. Er ist wesentlich größer, als der Strom in  $R_2$  war, und führt an  $R_K$  zu einem Spannungsabfall, der die Röhre  $R_2$  dauernd sperrt. Der neue Betriebszustand bleibt daher auch nach dem Abklingen des Steuerstoßes erhalten.

Beim Verbrennungsbeginn trifft über den druckgesteuerten Kontaktgeber oder die Photozelle und den zwischengeschalteten Verstärker V ein positiver Spannungsstoß auf das

- 2) Ein aufdrückliches Schaltbild befindet sich am Ende dieser Beschreibung, Bild 11.

000105

Bearbeiter: Prüfer:	Staiger	Tag: Tag:	Ersetzt für	Ersetzt durch
------------------------	---------	--------------	-------------	---------------



Gitter der Röhre  $R_1$ . Während in dieser Röhre normalerweise kein Strom fließt, wird sie jetzt kurzzitig durchlässig und durch den daraus folgenden Spannungsabfall an  $R_2$  die Röhre  $R_3$  gesperrt. Damit entfällt die hohe Spannung an  $R_1$ . Röhre  $R_2$  wird stromführend und hält über  $R_3$  die Sperrung des Instrumentetriebes dauernd aufrecht.

Wir haben also mit dieser Anordnung die Möglichkeit, durch einen Spannungsstoß von der Düsenadel den Strom zum Instrument einzuschalten und durch einen zweiten Spannungsstoß bei Verbrennungsbeginn den Strom wieder zu unterbrechen.

Da mit das Instrument trotz der störischen Stromgabe ruhig anzeigt, ist ihm ein aus Widerstand und Kapazität bestehendes Glättungsglied vorgeschaltet.

#### Die Anzeigegenauigkeit.

Die Meßgenauigkeit ist abhängig von der Sicherheit, mit welcher Beginn und Ende des Zündverzuges ermittelt werden können, und außerdem von der Genauigkeit des Anzeigegeräts. Bei der Messung des Einspritzbeginns ist eine Verzögerung gegenüber dem wirklichen Zeitpunkt dadurch unvermeidlich, daß ein gewisses Kontaktspiel vorhanden sein muß und die Düsenadel daher schon eine bestimmte Öffnung freigegeben hat, wenn der Kontakt schließt. Diese Verzögerung bewegt sich unterhalb eines Wertes von  $0,5^\circ$  kW. Andererseits ist aber auch zur Auslösung des Sperrimpulses eine gewisse Mindesthöhe der Beschleunigung über den im Verdichtungsdiagramm erreichten Höchstwert bzw. eine bestimmte Mindesthelligkeit des auf die Photozelle fallenden Lichtes nötig, so daß auch hier mit einer kleinen Verzögerung zu rechnen ist. Beide Einflüsse haben sich gegenseitig weitgehend auf, so daß der zeitliche Wert des Zündverzuges in Grenzen ermittelt wird, die dem wahren Wert auf weniger als  $0,5^\circ$  kW nahe kommen.

Die Relativgenauigkeit ist abhängig von der Stromstärke.

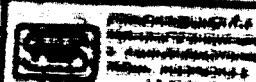
Bearbeiter:	Stiger	Am 30.3.43	Eingeckt für	Erweckt durch	000106
Amts-Nr.:					



mit welcher bei der Besteigung von Einspritzzeitpunkte und Verbrennungsbeginn zu rechnen ist, sowie von der Genauigkeit, mit der sich der Nullwert  $i_1$  des Instrumentenstromes einstellen lässt und die etwa  $\pm 1\%$  beträgt. Auf der Seite des Einspritzbeginns können Streuungen durch verschiedene eingestellten Kontaktabstand auftreten, jedoch bleiben sie hier bei sachgemäßer Bedienung genügend klein. Auf der Seite des Verbrennungsbeginns ist die Streuung im wesentlichen von dem unterschiedlichen Druckverlauf in den einzelnen Arbeitszyklen abhängig. Infolge der bewußt eingeführten Trügheit des Anzeigegerätes werden jedoch diese Unterschiede bei saubarem Motorlauf weitgehend ausgemittelt, so dass die Größe der verbleibenden Schwankungen nicht mehr vom Anzeigegerät, sondern von der mit dem zu prüfenden Kraftstoff erreichbaren Gleichmäßigkeit des Motorlaufs abhängt. In günstigen Fällen vermag man einen einmal eingestellten Zündverzug von beispielweise  $15^\circ \text{ KW}$  über etwa  $1/4 \text{ h}$  auf  $\pm 0,2^\circ$  gleich zu halten.

Bei Anwendung der Photozelle tritt eine zusätzliche Fehlerquelle durch die Trübung des Quarzfensters auf. Trübung des Fensters und langsameres Ansteigen der Flammstärke bewirken eine spätere Auslösung des Löschimpulses, da das Gerät eine bestimmte Mindeststärke des auf die Photozelle fallenden Lichtes zur Auslösung der Steuerung benötigt. Es wird also ein zu großer Zündverzug angezeigt. Durch eine Umschaltvorrichtung am Gerät (Schalter "Messen, Prüfen") kann man jedoch feststellen, ob der angezeigte Wert noch innerhalb der zulässigen Fehlergrenzen liegt. Es soll dann beim Einschalten die Differenz der beiden gemessenen Zündverzugswerte unterhalb  $\sim 1,5^\circ \text{ KW}$  bleiben. Eine Verbesserung des Meßergebnisses ist innerhalb dieser Grenzen dadurch möglich, daß man die Hälfte der gemessenen Differenz vom kleineren (in Stellung "Messen") erhaltenen Wert abzieht. Dies beruht darauf, daß bei der Umschaltung auf "Prüfen" die Verstärkung hinter der Photozelle um einen bestimmten Faktor herabgesetzt wird, woraus sich mit der Annahme eines näherungsweise linearen

Durchföhrer: Prof. Dr.	Staliger	Tag: 30.3.43	Ersatz für	Ersatz durch	000107
---------------------------	----------	--------------	------------	--------------	--------



Gerät zur Messung des Zündverzuges.  
(Zimmerer 1943)

Bl. 7

Welligkeitsanstieg des Lichtes bis zur Auslösung des Geräts die obige Vorschrift ableiten lässt.

2. Die Ausführung des Gerätes.

Bild 3 zeigt eine Ansicht des Gerätes. In der Klette ist das Anzeigegerät eingelassen, dessen Skala bis  $30^{\circ}$  Kurbelwinkel geht, was sich stets als ausreichend erwiesen hat. Rechts ist der Schalter mit den Stellungen "Aus, Eichen, Messen", links ein Knopf, mit dem die erwähnte Umschaltung vorgenommen werden kann (Stellungen "Messen, Prüfen"; nur beim Arbeiten mit Photozellen notwendig). Unten in der Mitte ist der Drehknopf, mit welchem zur Eichung des Gerätes der Strom  $i_1$  auf einen bestimmten, einmal festgelegten Wert eingestellt werden kann. Ferner sieht man noch rechts unten die Buchsen  $N_1$  und  $M_2$ , die zur Verbindung des Gerätes mit dem Düsenkontakt und dem von Druckanstieg gesteuerten Kontakt nach Neumann dienen.

Vor dem Gerät sieht man links die Photozelle in ihrem Halter mit Kabel, das an die entsprechend bezeichnete Buchse angeschlossen ist, ferner einen Quarzfenstereinsatz zum Kraftstoffprüfmotor und einen Düsenhalter mit aufgesetztem Kontaktkopf.

Bild 4 zeigt einen Schnitt durch das Quarzfenster, das in eine Metallfassung eingesetzt ist, Bild 5 einen Schnitt durch den Kontaktkopf für die Düsenadel.

Bild 6 zeigt den inneren Aufbau des druckgesteuerten Kontakts und zugleich seinen Einbau am Kraftstoffprüfmotor. Beim Beginn des Steilanstiegs im Druckverlauf wird der Körper H mit Kontakt K<sub>1</sub> von der Membran abgeschleudert. Die Masse M versucht infolge ihrer Trägheit in Ruhe zu bleiben, so daß der Kontakt öffnet, sobald ein bestimmter durch die Spannung der Feder F einstellbarer Höchstwert der Beschleunigung überschritten wird.

000108

Darsteller:	Staiger	Typ: 74	Ersatz für	Ersatz durch
Fabrikat:				



Gerät zur Messung des Zündverzuges.  
(Patentiert 1943)

Bl. 2

000109

4. Die Handhabung im Verbindung mit dem Kraftstofffördermotor.

a) Aufstellen des Gerätes.

Zunächst sind die Räder einzusetzen. Man nimmt dazu das Gerät aus dem Kasten und setzt die Röhren in die bezeichneten Fassungen ein. Darauf wird das Gerät wieder in den Knäten gesetzt; es ist nunmehr ausschlußfertig. Man stellt es am Motor möglichst ershitterungsfrei auf, eins nicht auf ein gemeinsames Fundament. Ist dies nicht möglich, so kann man es federnd aufhängen oder wenigstens auf einer Gurtschiene aufstellen. Hierauf wird das Gerät an ein 220 V-Neckselstromnetz angeschlossen. Die mit  $M_1$  bezeichnete Buchse wird mittels Lackkabel mit dem Kontaktkopf auf der Dose entweder unmittelbar verbunden oder, wenn am Motor schon Leitungen verlegt sind, mit der Klemme  $M_1$  am Klemmenkasten. Außerdem verbindet man die Klemmen  $M_1$  und  $M_2$  dieses Klemmenkastens. Nun kann der Düsenkontakt durch den Umschalter "Glühlampe, Gerät" am Motor entweder zur Anzeige des Einspritzbeginns an der Schwungrad-Glühlampe oder zur Zündverzugsmessung verwendet werden. Buchse  $M_2$  des Gerätes wird mit dem Anschluß des Neumann-Kontakts verbunden, sofern mit diesem Kontakt gefahren werden soll. Die auf der Rückseite des Gerätes befindliche Erdbuchse wird mit der Nasse der Maschine verbunden. Der daneben angebrachte Kippumschalter ist bei Verwendung des FKFS-Düsenkontaktkopfs in Stellung s zu bringen. Die Buchse unten rechts auf der Vorderseite des Gerätes bleibt normalerweise frei, sie ist für etwaigen Anschluß eines Kanodenstrahlzillogrammen vorgesehen (vgl. Abschnitt 4 e).

b) Einstellen des Düsenkontaktees.

Der Düsenhalter wird normalerweise mit aufgesetztem Kontaktkopf, Bild 5, und eingestelltem Abspritzdruck geliefert. Für den Fall, daß ein anderer Halter verwendet wird, ist zunächst der normale Stift über der Nadel zu entfernen und durch den verlängerten Stift zu ersetzen. Dann wird der Teil e des Kontaktkopfes auf den Halter geschraubt

Bearbeiter:			Ersatz für:	
Projekt:	Staiger	Tag: 30.3.43	Ersetzt durch:	



GEWALT DER MESSUNG 400 STUNDENVERMÄGLICH  
(Juli/August 1943)

Bl. 9

und der Abspritzdruck geprüft und durch Unterlegen von Plättchen auf den richtigen Wert gebracht.

Nachdem der Motor betriebsfertig eingebaut ist, wird der Kontaktkopf d aufgeschraubt (bei gelockertem Rändelring) und die vorgesehene Anschlußleitung an der Dache angeschlossen. Nun stellt man den an Instrumentenbrett des Motors befindlichen Kippenschalter in die Stellung "Glühlampe" und schraubt den Kontaktkopf so weit herein, bis die auf dem Schwungrad befindliche Anzeigeglühlampe dauernd aufleuchtet. Dann geht man langsam mit dem Kontaktkopf wieder zurück, bis die Daueranzeige eben in ein Leuchtbild übergeht, das die Einspritzdauer anzeigt. Von dieser Stellung geht man noch ein oder zwei Teilstufen zurück (780 bis 740 mm Kontaktabstand) und stellt dann den Kontaktkopf durch Anziehen des Rändelringen fest. Damit ist die Kontaktinstellung beendet. Bei neuen Kontakten, die noch nicht richtig eingelaufen sind, ist es möglich, daß sich der Kontaktabstand zu Anfang etwas verändert, und daß dann eine Nachinstellung nötig wird, die in derselben Weise vorgenommen wird.

c) Einsetzen des Quarzfensters und Aufhängung der Photozelle.

Das Quarzfenster wird am besten erst nach dem Warmfahren der Maschine eingesetzt bzw. vor der Messung ausgewechselt. Das Fenster kommt in eine der beiden Bohrungen im Zylinder unter  $45^{\circ}$  schräg nach unten, beim Fahren mit unmittelbarer Einspritzung, was bei Kraftstoffprüfung der Normalfall ist, gerade unter die Disc (also auf der Rückseite des Motore, siehe Bild 7). Zum Festhalten des Fensters benutzt man die mit dem Halter für die Photozelle verschene Brille bzw. bei neuerer Ausführung den Schnellverschluß. Die Photozelle einschließlich des Kabels ist vor Erstörungen zu schützen und wird daher federnd aufgehängt. Man achtet jedoch auch darauf, daß das Kabel möglichst ohne Motorberührung zum Gerät weggeführt wird, und unterstützt es, wenn überhaupt nötig, auch nur federnd.

Bearbeiter:	Staiger	Tag Tag	Ersatz für	Ersatz durch	000110
-------------	---------	------------	------------	--------------	--------



Gerät zur Messung des Zündverlaufs.  
(Patentmuster 1943)

Bl. 10

Die Zelle ist vor zentralen fremden Lichteinfall (z.B. Sonne...) zu schützen, gegebenenfalls abzudecken, da sonst eine unerwünschte Störspannung erzeugt wird, die zu Fehlmaßnahmen führen könnte.

d) Einstellen des Neumann-Kontaktes.

Arbeitet man mit Neumann-Kontakt, so wird u.u. das Gerät beim Umschalten auf "Messen" (siehe unten) über Volldurchschlag gehen. Das deutet darauf hin, daß die Vorspannung des Kontakts zu groß ist, so daß dieser nicht sitzt. Man verringert dann die Spannung der Feder F (Bild 6) so weit, bis das Gerät einwandfrei anzeigt, d.h. bis die Steuerung durch Öffnen des Kontakts eintritt.

e) Durchführung der Messung.

Man bringt nun den Hauptschalter des Gerätes in die Stellung "Eichen" und regelt mit dem Eichdruckknopf nach Abwarten der Anheizzeit von etwa einer Minute das Instrument auf Vollauschlag ein. Damit ist die Eichung beendet. Nun bringt man den Hauptschalter in die Stellung "Messen"; der Prüfschalter links muß sich ebenfalls in Stellung "Messen" befinden (nur bei Messung mit Photozelle). Damit ist das Gerät me fertig und zeigt, wenn man nun noch den Kippschalter am Motor in Stellung "Meßgerät" bringt, den Zündverzug an.

f) Verwendung des Geräts in Verbindung mit Oszillographen.

Schließt man an die Erdbuchse und an die auf der Frontplatte ganz unten rechts befindliche Buchse einen Kathodenstrahlzosillographen (mit eingebautem Vorverstärker) an, so erhält man auf diesem den Stromverlauf, wie er in Bild 2 dargestellt wurde. Hiermit ergibt sich eine einfache Möglichkeit, die Arbeitsweise des Gerätes und der ganzen Meßeinrichtung zu überprüfen und etwa auftretende Fehler zu erkennen. Man kann außerdem den hier abgenommenen Stromverlauf auch dem Eingang eines Indizierverstärkers

Bearbeiter: Prüfer:	Staiger	Typ.: Tog.: 30.3.43	Ersatz für	Ersatz durch	000111
------------------------	---------	---------------------------	------------	--------------	--------

 DEUTSCHE PATENT- UND MARKEN- AUSSTELLUNG IN BERLIN - 1943	<b>Gerät zur Messung des Rückverzuges.</b> (Baujahr 1943)	Nr. 11
---	--	--------

zu erhalten, etwa nach Bild 8, und erhält dann den Rückverzug im Druckdiagramm eingeschrieben, wie dies Bild 9 zeigt, in welchem das herabgezogene Stück des Diagramms dem Rückverzug entspricht.

### 2. Anschluß am I.G.-Prüfdieselmotor und an anderen Motoren.

Am I.G.-Prüfdieselmotor ist auf den Düsenhalter ein Kontakt aufgesetzt, der sich beim Arbeiten der Düse öffnet. Dieser Kontakt ist in Verbindung mit dem Gerät verwendbar, wenn eine Kontaktfeder normaler Spannung eingesetzt ist (Bosch-Magnetzylinder-Unterbrecher für Motorräder ZWB 9/3 2). Am Gerät ist dann der kleine Kippschalter auf der Rückseite aus Stellung  $\alpha$  in Stellung  $\circ$  zu bringen.

Einen Einbauvorschlag der I.G. für den Druckkontaktgeber sowie eine Einbaumöglichkeit für ein Quarzfenster sind in Bild 10 an einem Schnitt des Zylinderkopfes des Motors gezeigt.

Soll das Gerät an anderen Motoren Verwendung finden, so sind die Möglichkeiten für den Einbau des Neumann-Gebars bzw. eines Quarzfensters jeweils zu prüfen. Das Quarzfenster wird man zweckmäßig so anbringen, daß ein größerer Teil des Verbrennungsraumes überblickt werden kann - insbesondere der Teil vor der Düse -, und daß der Austrittsquerschnitt für das Licht nicht zu klein wird. Die Verzierung des Fensters wird um so geringer werden, je besser dafür gesorgt ist, daß das Fenster eine genügend hohe Temperatur annimmt. Man wird es also mit geringer Wärmeableitung einbauen und möglichst ein Stück freistehen lassen. Ferner ist darauf zu achten, daß nicht unnötig viel Öl auf die Lichtdurchtrittsfläche gespritzt wird. Die Fassung des Fensters geschieht am einfachsten nach Bild 10 in einem konischen Kupfer- oder Aluminiumring, in den das Fenster nur leicht eingedrückt wird.

000112

Bearbeiter: Projekt:	Stalzer	Tag: 30.3.43	Ersatz für:	Ersatz durch:
-------------------------	---------	--------------	-------------	---------------



Gerät zur Steuerung des Zündverzuges,  
(Baujahr 1943)

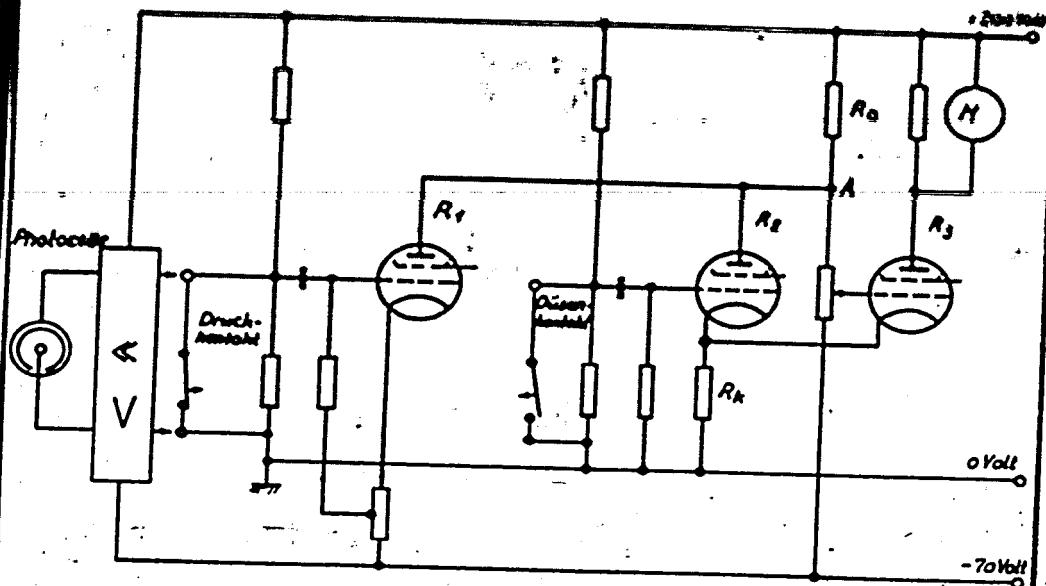


Bild 1 Grundsätzliche Anordnung der Steuerung  
R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> Röhren,

R<sub>a</sub> gemeinsamer Anodenwiderstand von R<sub>1</sub> und R<sub>2</sub>,  
Kathodenwiderstand von R<sub>2</sub> und R<sub>3</sub>,

M Meßgerät, V Verstärker, s. Text.

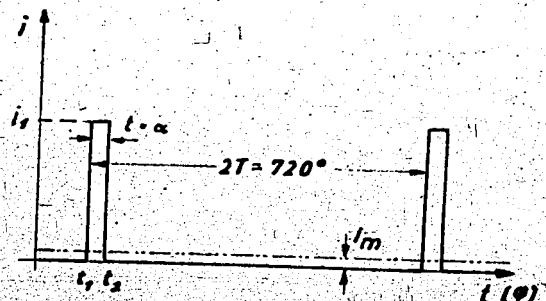


Bild 2 Grundsätzlicher Verlauf der Stromstärke für  
das Anodenreglergerät.

i<sub>s</sub> Ruhewert des Anodenstroms von R<sub>3</sub> (Bild 1)

i<sub>m</sub> mittleren Strom, verhältnig dem Zündverzug

Betriebser:	Staiger	Tag: Tag:	Ersetzt für:	Ersetzt durch:
-------------	---------	--------------	--------------	----------------



DEUTSCHE PATENT- UND MARKEN- AUSSTELLUNG  
IN DARMSTADT  
1943

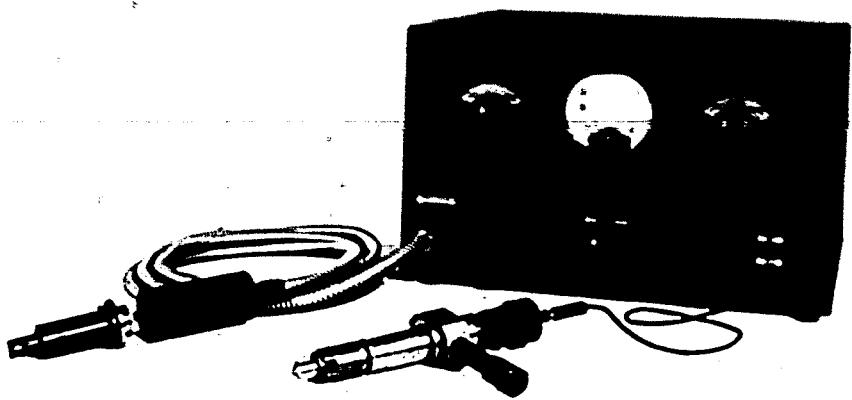


Bild 3 Ansicht des Gerätes.

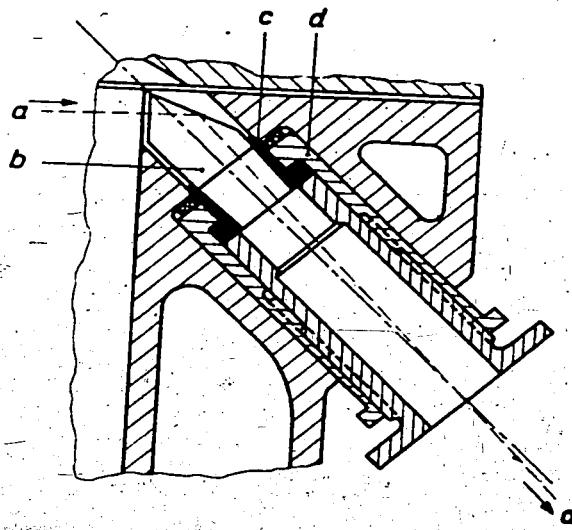


Bild 4 Schnitt durch den Quarzfenstereinsatz am FKFS-Kraftstoffprimotor.

- a Strahlengang b Quarzglas  
c Metallfassung d Außenhülse

000114

Ersteller: Projekt:	Staiger	Tag: Tag:	30.3.43	Ersatz für:	Ersatz durch:
------------------------	---------	--------------	---------	-------------	---------------

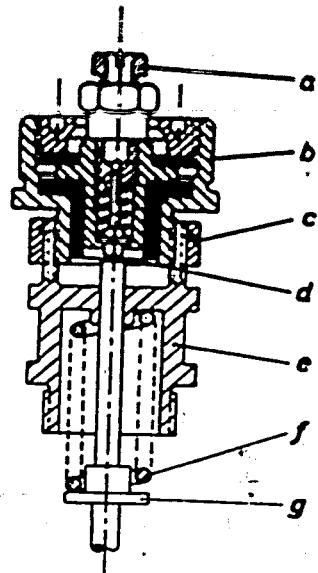


Abb. 5  
Durchstechung des Kontaktkopfes  
des neuen Kondensatorhalteres  
des 12V-Dieselzündmotors.

- |   |                     |   |                   |
|---|---------------------|---|-------------------|
| a | Amschlag            | f | Kontaktkopf       |
| b | Rundelring          | g | Kontakt           |
| c | Neuer Dieselzündtyp |   |                   |
| d | Feder               | e | Vorlängungsstift. |

000115

Stalzer	50-2-42	Prag	1942
---------	---------	------	------

(Dokumentnummer 1943)

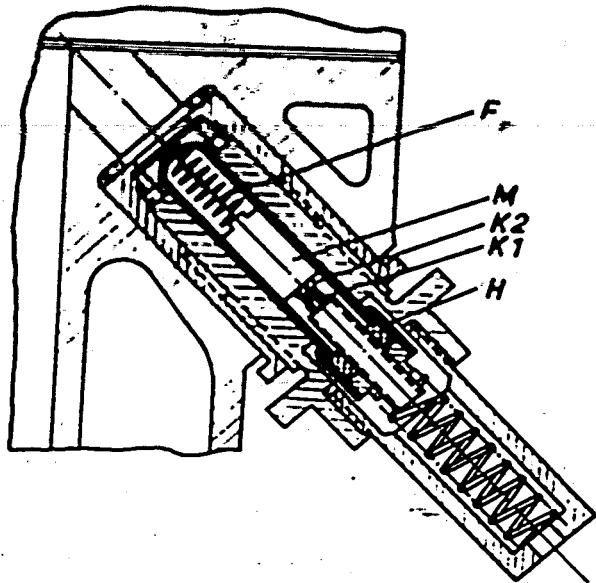


Bild 6

Schnitt durch die Kontakteinrichtung  
nach Dr.-Ing. Neumann, eingesetzt am  
FLW-Kraftstoffpumpeomotor.

H: Kontakthülse      K<sub>1</sub>: Isolierter Kontakt  
K<sub>2</sub>: mit Masse verbundener Kontakt  
M: Träger Masse      F: Vorspannfeder.

000116

Zeichner:	Steiger	Datum:	30.7.43	Credit No.:	Check date:
-----------	---------	--------	---------	-------------	-------------



Bild 7 Aufnahme der Photoleit an  
Zündverzugsmeßgerät.

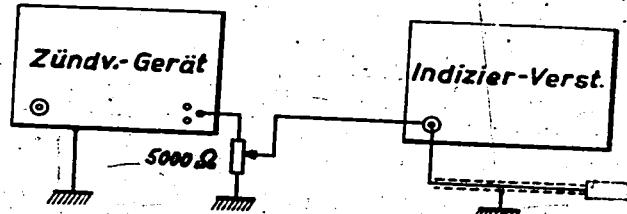


Bild 8 Zusammenschalten des Zündverzugsmeß-  
gerätes mit einem Indiziergerät zum Ein-  
drucken des Zündversuchs in das Druck-  
papier.

000117

DRUCKDIAGRAMM MIT EINGESCHRIEBENEN  
WUNDVERTEILEN  
(Zeichnung 1943)

Bild 9 Druckdiagramm mit eingeschriebenen  
Wundverteilern

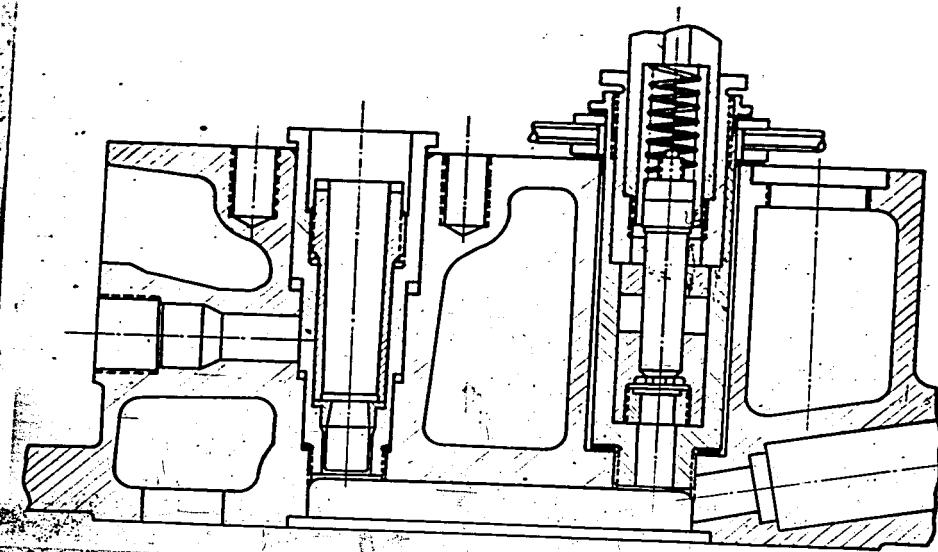


Bild 10 Einbauvorschlag für Quarzfenster (FKFS)  
und Druck-Kontaktgeber (nach I.G.) am  
P.G.-Präzisionselmer

000118

Zeichner:	Steiger	109 ref. 30-343	Zeichn. Nr.	Ersatz durch
-----------	---------	--------------------	-------------	--------------

Zeichnung der Schaltung des Drehverstärkers  
(Sommersemester 1943)

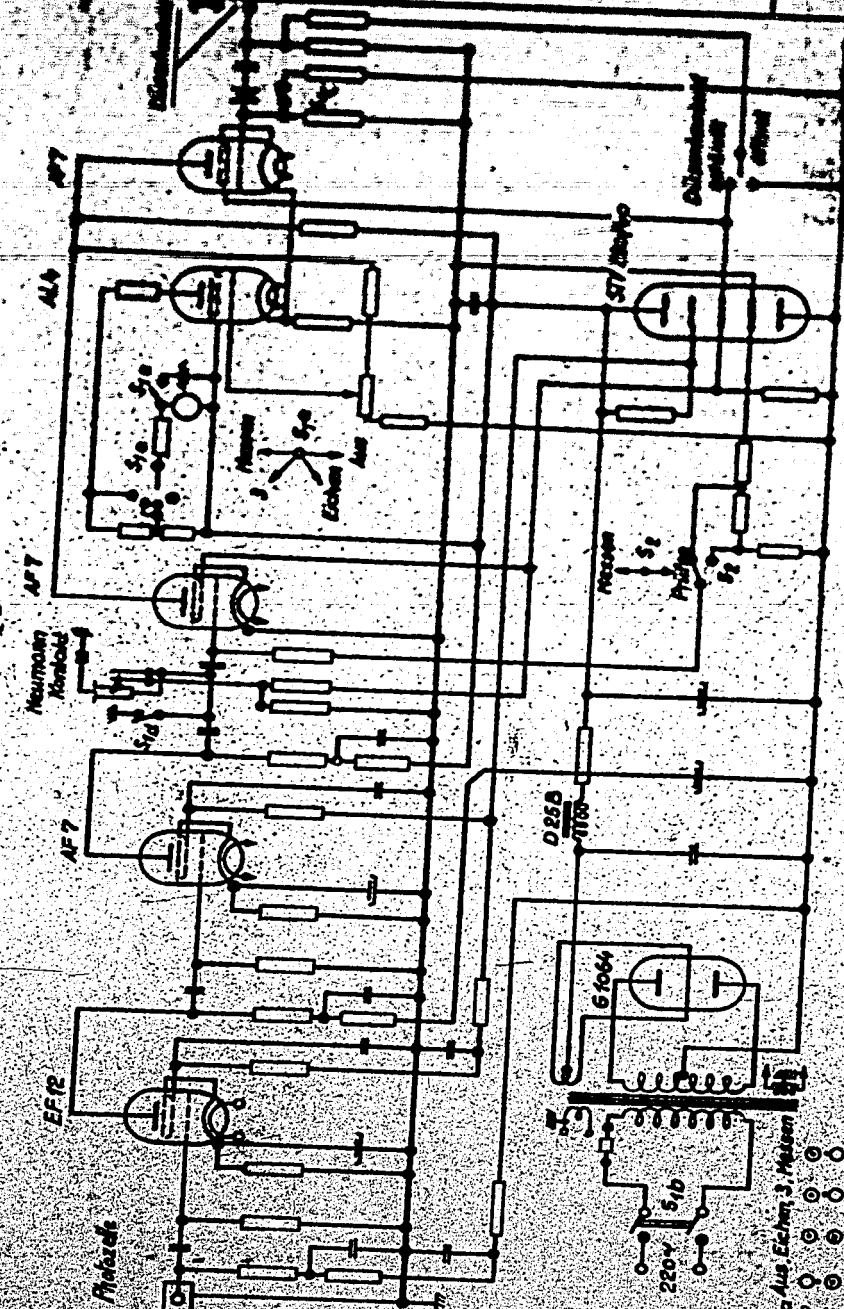


Bild 11 - Ausführliche Schaltung des Gerätes.

Durchzeichner: Staiger  
Datum: 20.3.43  
Zeichnung für: Dienststellen  
Dienststellen-Nr.: 000119

# Institutsergebnisbericht XXXIV

## Inhalts

- 1) Bestimmung des Bleitetraethylgehalts in Kraftstoffen nach zwei verschiedenen Verfahren Fidanzier-Kenninger
- 2) Einfluss von Bleibromid auf Leichtmetalllegierungen
- 3) Temperaturwechseln an luftgekühlten Motoren mit den Thermocolor-Katofarben der Guganum - Bern-I.G.-Parbonindustrie Guganum - Bern-dorfer
- 4) Ursachen von Ventilfederausbrüchen Stark
- 5) Sichtbarmachen eines Zylinderpulstromes am Schnittmodell im Wasserkanal Siegel
- 6) Ventil mit Steuerschirm Siegel

Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren an der Technischen Hochschule Stuttgart

Institutsleiter:

W. Kamm

000121

Bearbeiter:	Tag 20.6.48	Ersteller:	Erreicht durch:
W. Kamm			Dr. Ing. A.A. Albert Kamm, Stuttgart



Bei der quantitativen Bleibestimmung in Kraftstoffen nach Edgair und Calingert<sup>1)</sup> werden 100 cm<sup>3</sup> Kraftstoff mit einer 30%igen Lösung von Brom in Tetrachlorkohlenstoff bis zur bleibenden Braunfärbung versetzt. Der Niederschlag wird sofort auf einem Glasfiltertiegel abfiltriert, mit Petroläther ausgewaschen und dann durch Auskochen mit Salpetersäure zerstellt. Die Lösung wird auf 3 cm<sup>3</sup> eingedampft, mit Ammoniak neutralisiert und mit 5 cm<sup>3</sup> einer 50%igen Essigäure sowie mit 40 cm<sup>3</sup> einer 5%igen Kalium-Bichromatlösung versetzt. Man erhitzt die Lösung bis zum Sieden und hält sie etwa 5 min unter Röhren in der Wärme. Nachdem die Lösung einige Zeit stehen gelassen worden ist, wird der Bleichromatniederschlag abfiltriert, bei 105°C. getrocknet und nach dem Erkalten gewogen. Dabei entspricht 1 g Bleichromat genau 1 g Bleitetraethyl. Diese Bleibestimmung nimmt eine Zeit von etwa 4 h in Anspruch.

Da dieser Zeitaufwand sehr gross ist, wurden im Institut Schnellverfahren ausgearbeitet.

a) PKFS-Verfahren zur Bestimmung des Bleigehaltes in Kraftstoffen auf gewichtsanalytischem Wege.

Mit einer geeichten Messpipette werden 100 cm<sup>3</sup> Kraftstoff in einen 500 cm<sup>3</sup> fassenden Schütteltrichter gebracht. Der Kraftstoff wird mit einer 30%igen Lösung von Brom in Tetrachlorkohlenstoff bis zur bleibenden Braunfärbung versetzt, der anfallende Niederschlag mit 30 cm<sup>3</sup> heissem Wasser durch Schütteln herausgelöst und die wässrige Lösung in ein Becherglas (250 bis 300 cm<sup>3</sup>) abgelassen. Dieser Vorgang wird zweimal wiederholt. Die wässrige bleihaltige Lösung wird darauf mit 2 cm<sup>3</sup> konzentrierter Salpetersäure versetzt und 10 min unter Röhren gekocht. Nach der Neutralisation mit konzentriertem Ammoniakwasser werden der Lösung 2 cm<sup>3</sup> Eisessig zugegeben und das Blei mit 30 cm<sup>3</sup> einer 5%igen Kalium-Bichromatlösung als Bleichromat gefällt. Man

1)

Ind. Engng. Chem. (Anal.) Bd. 1 (1929) S. 221.

000122

Bearbeiter	Tag:	Erstellt für	Erstellt durch
Projekt	Tag:		

Bestimmung des Bleitetraäthylgehalts  
in Kraftstoffen nach zwei ver-  
schiedenen Verfahren.

DE 1000 - 1

Bl. 2

erhitzt die Lösung einige Minuten unter Zuhören bis zum Sieden. Nach kurzen Stehenlassen wird der Bleichromatniederschlag in einem  $\text{Ag}$ -Porzellantiegel abfiltriert, bei  $103^\circ\text{C}$  getrocknet und nach dem Erkalten gewogen. Hierbei entspricht  $1 \text{ g PbCrO}_4$  genau  $1 \text{ g Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ .

Gegenüber der Bleibestimmung von Edgar und Calingaert<sup>1)</sup>, die etwa 4 h in Anspruch nimmt, kann die quantitative Bleibestimmung nach dem oben geschilderten Verfahren in  $1\frac{1}{2}$  h durchgeführt werden. Die Vereinfachung besteht in folgendem:

- 1.) Das Abfiltrieren des Blei-Bromid-Niederschlags fällt weg.
- 2.) Das Auswaschen mit Petroläther erübrigts sich.
- 3.) Das Lösen des Bleibromid-Niederschlags fällt weg.
- 4.) Das langwierige Eindampfen der Salpetersäurelösung fällt weg.

Während das Verfahren von Edgar und Calingaert nicht bei allen verbleiten Kraftstoffen - z.B. Leuna-Benzin - anwendbar ist, kann der Bleigehalt nach dem oben genannten Verfahren bei sämtlichen verbleiten Kraftstoffen bestimmt werden, sofern sie nicht mehr als  $5 \text{ cm}^3$  Brom verbrauchen. Dabei braucht kein Niederschlag von Bleibromid aufzutreten; wichtig ist nur, dass eine Braunfärbung erhalten wird.

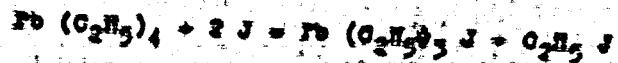
Sämtliche Geräte und Chemikalien, die zur gewichtsanalytischen Bleibestimmung in Kraftstoffen nach dem FKFS-Verfahren benötigt werden, sind in einem handlichen Kasten (Bild 1) zusammengefasst.

- b) FKFS-Schnellverfahren zur maßanalytischen Bestimmung des Bleigehaltes in bleihaltigen Kraftstoffen.

Edgar und Calingaert<sup>1)</sup> beschreiben ein weiteres Verfahren, nach dem der Bleitetraäthylgehalt auf maßanalytischem Wege in reinem und unverdünntem Ethylfluid bestimmt wird. Dieses Verfahren liess sich allerdings auf die bleitetraäthylhaltigen Kraftstoffe, die fast stets Olefingehalt aufweisen, seither nicht übertragen, da durch die im Kraftstoff enthaltenen Olefine mehr Jod verbraucht wird als folgender Gleichung entspricht:

000123

Bearbeiteter Proben-	Tag	Erstellt für	Ersatz durch
	Tag		



Diese Olefine können aber beispielsweise mit Oxalsäure, Essigsäure oder Trichloroessigsäure abgesättigt werden. Die besten Ergebnisse wurden mit Trichloroessigsäure erreicht. Die sonstigen in Bleibenzinen noch vorhandenen Bleiverbindungen verbrauchen kein Jod oder nur sehr wenig. Demzufolge wurde folgendes Arbeitsverfahren zur raschen Bestimmung des Bleigehaltes in Kraftstoffen ausgearbeitet:

In einem  $100 \text{ cm}^3$  fassenden Scheidetrichter werden  $25 \text{ cm}^3$  Kraftstoff mit  $25 \text{ cm}^3$  einer 3%igen trichloroessigsaurer Lösung 5 min lang geschüttelt. Nach zweimaligem Durchspülen mit Wasser und Nachwaschen mit  $10 \text{ cm}^3$  Normalbenzin wird der Kraftstoffanteil in einem  $100 \text{ cm}^3$  fassenden Jodzahlkolben mit 5 bis  $15 \text{ cm}^3$  n/20-Jodlösung und wenig Natriumacetat wiederum 8 bis 10 min im Dunkeln geschüttelt. Der Jodüberschuss wird sodann mit n/10 Natrium-Thiosulfatlösung unter Zusatz von etwa  $2 \text{ cm}^3$  Stärkelösung bei dauerndem Schütteln zurücktitriert.

Die Anzahl  $\text{cm}^3$  der von der Bleitetraäthyl verbrauchten n/20-Jodlösung mit 0,0323 multipliziert, ergibt das Gewicht des Bleitetraäthyls in  $100 \text{ cm}^3$  Kraftstoff.

Bei alkoholhaltigen Kraftstoffen braucht der Alkohol vor der Bleibestimmung nicht entfernt zu werden.

Die Vorteile des neuen Verfahrens sind:

- 1.) Die gesamte Bleibestimmung dauert nur 20 bis 30 min.
- 2.) Es werden sehr wenig Chemikalien und Geräte benötigt.
- 3.) Sämtliche Kraftstoffe - auch die stark olefinhaltigen - können rasch untersucht werden.

Das beschriebene Schnellverfahren zur Bestimmung des Bleigehaltes lässt sich auf sämtliche Kraftstoffe - auch auf diejenigen, die mehr als  $5 \text{ cm}^3$  Bromlösung verbrauchen -, ausdehnen. Beispielsweise war es bisher nicht möglich, bei verbleiten Fischer-Tropsch-Benzinen den Bleigehalt quantitativ auf gewichtsanalytischem Wege zu bestimmen.

Damit der Bleigehalt von Kraftstoffen jeweils an Ort und Stelle rasch festgestellt werden kann, wurde auch für

000124

Bearbeiter Prüfer:	Tag: Tag:	Ereilt für:	Ereilt durch:
-----------------------	--------------	-------------	---------------

<b>DRÖG</b>	<b>DEUTSCHE RECHTSANWALTS SOCIETÄT</b>	<b>Bestimmung des Bleitetrathykohälts im Kraftstoffsorren nach zwei ver- schiedenen Verfahren.</b>	<b>IE IXDV - 1</b>
			<b>Bl. 4</b>

dieses Verfahren ein Gerät bestanden entwickelt, der in Bild 2 dargestellt ist.

**Widmung-Zehniger**

**000125**

Bearbeiter:	Tag:	Ersatz für:	Gezahlt durch:
Profer	Tag		

	Bestimmung des Bleitetraethylgehaltes in Kraftstoffen nach zwei verschiedenen Verfahren.	ZB XOTV - 1
		Zahlentafel 1

In Zahlentafel 1 werden noch einige Ergebnisse der beiden FKFS-Verfahren zur quantitativen Bleibestimmung in Kraftstoffen im Vergleich zum seither gebräuchlichen Verfahren nach Edgar und Calingaert angegeben:

Zahlentafel 1. Gehalt an Pb ( $C_2H_5$ )<sub>4</sub> in mg je 100 cm<sup>3</sup> Kraftstoff.

Kraftstoffproben	Verfahren nach Edgar u. Calingaert (Untersuchungsdauer 4 h)	Gewichtsanalytisches FKFS-Verfahren (ohne FKFS- (Untersuchungs-Verfahren dauer 20 bis 30 min)	1. Bestim- 2. Be- mung stimmung.
Shell B 4	146	145	143 161
Standard B 4	161	159	162 161
Leuna Nr. 1	162	163	164 164
Standard A 3	50	52	53 53
Leuna Nr. 2	-	-	220 220
Fischer-Tropsch-Benzin, verbleit	nicht durchführbar	nicht durchführbar	160 162
Verbleites I.G.-Benzin Nr. 1	-	-	216 218
Verbleites I.G.-Benzin Nr. 2	-	-	109 109

Aus Zahlentafel 1 ist zu ersehen, dass die einzelnen Verfahren gut übereinstimmende Werte ergeben. Eine wesentliche Vereinfachung der Bleibestimmung in Kraftstoffen bedeutet insbesondere das maßanalytische FKFS-Verfahren.

000126

Bearbeiter: Prof. Dr. H. J. Klemm	Tag: Tag:	Ersatz für	Ersatz durch
--------------------------------------	--------------	------------	--------------

DEUTSCHE  
FEDERATION  
FÜR  
ANALYTISCHE  
CHEMIE  
E.V.

Bestimmung des Bleitetraäthylgehalts  
in Kraftstoffen nach zwei ver-  
schiedenen Verfahren.

DE ERLÄUT - 2

Bild 1.



Bild 1. Gerätetkasten zur gewichtsanalytischen Blei-  
tetraäthylbestimmung in Kraftstoffen nach dem  
FKFS - Verfahren.

000127

Bearbeiter Prüfer:	Tag: Tag:	Ersatz für	Ersatz durch	
-----------------------	--------------	------------	--------------	--

PERSONAL-  
SICHERHEIT  
AUSSTATTUNG  
FÜR  
LABORATORIEN  
UND  
INDUSTRIE

Determination des Bleitetraethylgehalts  
in Kraftstoffen nach zwei ver-  
schiedenen Verfahren.

IE DOXY - 1  
Bild 2.

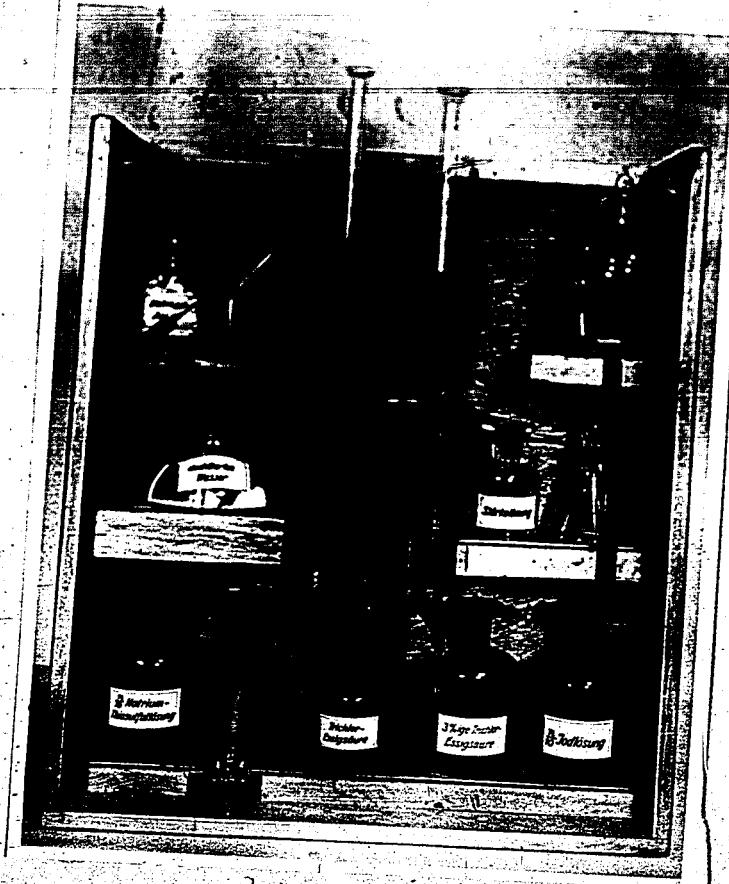


Bild 2. Gerätekasten zur massanalytischen Bleitetraethylbestimmung in Kraftstoffen nach dem MFMS-Verfahren.

000128

Bearbeiter: Prof.:	Tags: Tag:	Ersatz für:	Ersatz durch:
-----------------------	---------------	-------------	---------------

Einfluss von Bleibromid auf Leichtmetall-Lackierungen.

Bl. 1

Heckler in früheren Versuchen festgestellt, daß der auf dem Kulturboden bzw. in den Auslaugeknollen des Zylindervertreiblende Rückstand neben der in der Hauptsohle anfallenden Geltolle Bleibromid enthält, war es möglichst, festzustellen, ob dieses Salz irgendwelche korrodierenden Einflüsse auf den Kulturbodenstoff ausübt.

Zuerst wurden reine Metalle der Einwirkung des Bleibromids unter den verschiedenen Bedingungen ausgesetzt. Man ging so vor, dass die Metallstücke vor und nach dem Versuch gewogen wurden und der jeweilige Gewichtsverlust in Hundertteilen in Tabelle eingetragen wurde. Wie aus Tabelle I ersichtlich, ließ man das Bleibromid sowohl bei Anwesenheit von Morvalbenin, als auch von Wasser 24 Stunden auf die Metalle Kupfer, Zink und Aluminium einwirken, ferner wurde die Wirksamkeit des Salzes auf die erwähnten Metalle im Vakuum beobachtet.

Widmaier - Nenninger

000129

Gestellnr. Präf:	Tag: Tag:	Ersatz für:	Ersatz durch:	
---------------------	--------------	-------------	---------------	--

Zahlentafel 1

24-stündige Einwirkung von Bleibromid unter verschiedenen Bedingungen auf Metalle.

Abnahme in Gew.-%

	Kupfer	Zink	Aluminium
Bleibromid + Normalbenzin	0	4,3	2,1
Bleibromid + Wasser	0,1	8,7	4,5
Bleibromid im Vakuum	0	0	0

Zahlentafel 1 zeigt, dass Kupfer nicht beeinflusst wird, während beim Zink und Aluminium stärkere Korrosionsspuren auftreten, die beim Wasser am stärksten sind. Im Vakuum zeigen sich bei allen Metallen keinerlei Einflüsse.

Bekanntlich besteht der Kolbenwerkstoff nicht aus reinen Metallen, sondern aus Leichtmetall-Legierungen. Deshalb wurden weitere Versuche mit 6 EC-Legierungen angestellt und zwar wurden solche der Aluminium-Kupfer-Richtung, der Aluminium-Silizium-Richtung und Magnesium-Richtung ausgewählt. Man ging in der gleichen Weise vor, wie bei den Reinmetall-Versuchen, die Legierungen wurden vor und nach dem Versuch gewogen und die anteilmässig berechneten Verluste wiederum in Zahlentafeln eingetragen.

000130

Verbraucher:	Tag:	Erreicht für:	Erreicht durch:
Dolmetscher:	Tag:		

Einfluss von Bleibromid auf Leichtmetall-Legierungen.

EE 10007-2  
Bl. 3

Zahlentafel 2

Einwirkung von Bleibromid auf Legierungen unter verschiedenen Bedingungen.

Aenderung in Gew.-%

Bedeckung:	ECY	EC 101	EC 124	EC 138	EC 549
------------	-----	--------	--------	--------	--------

Bestandteile	Al Cu,Mg. Mg	Al Cu,Mg.	Al Si	Al Si	Al Cu,Mn,Ni, Fe Co.
--------------	--------------------	--------------	----------	----------	------------------------------

Bleibromid + Normalbenzin Dauer 48 h	+0,2	+0,2	+0,5 +0,4	+0,4	+0,3
--	------	------	-----------	------	------

Bleibromid im Vakuum Dauer 48 h	+0,2	+0,03	+0,3 +0,1	+0,35	+0,2
------------------------------------	------	-------	-----------	-------	------

Bleibromid + Normalbenzin im Vakuum Dauer 60 h	+0,05	+0,05	+0,55 +0,08	+0,2	+0,1
---	-------	-------	-------------	------	------

Wie aus Zahlentafel 2 ersichtlich ist, sind die Gewichte der Legierungen nach den Versuchen höher als zuvor, was daran liegt, dass zwar keine Korrosion, aber eine Oberflächenoxydation durch das Bleibromid stattgefunden hat, womit die höheren Gewichte erklärt sind.

Erheblich stärker ist die Korrosionseinswirkung, wenn man Wasser oder mit Wasser gesättigte Luft mit Bleibromid auf die Legierungen einwirken lässt, Zahlentafel 3.

000131

Überbeiter Prüfer:	Tag: Tag:	Erstellt für	Ersetzt durch
-----------------------	--------------	--------------	---------------

Einfluss von Bleibromid auf Leicht-  
stoff-Legierungen.

12.11.1952  
Bl. 4

Zahltafel 3

Einwirkung von Bleibromid auf Legierungen  
unter verschiedenen Bedingungen.

Aufnahme in Gew.-%

Bezeichnung	EC 9	EC 101	EC 124	EC 138	EC 549
Bestandteile	Al.	Al.	Al.	Al.	Mg.
	Cu, Ni, Mg	Cu, Mg	Si	Si	Mn, Co
					Po.
Bleibromid	6,6	1,7	2,7	3,0	4,2
+ Wasser					
Dauer 2 h					3,4
Bleibromid	3,5	0,9	2,0	0,7	1,9
+ feuchte Luft,					
Dauer 24 h					8,4

Mit reinem Wasser zeigt sich nach zwei Stunden bereits erhebliche Korrosion und auch mit feuchter Luft ist die Einwirkung stark. Diese Tatsache ist von grosser Wichtigkeit, da dasselbe auch bei alkoholhaltigen und wasserhaltigen Benzinen erfolgen kann.

Es wurde nun auch noch der Einfluss von Korrosions-schutzöl auf die Bleibromid-Korrosion der Legierungen erprobt. Man ging so vor, dass man die Legierungen mit Schutzöl behandelte und dann der Einwirkung durch Bleibromid aussetzte. Zahltafel 4 und 5 zeigen die Ergebnisse.

000132

Arbeitsblatt	Tag:	Erstellt für	Erstellt durch
Blatt 1	Tag:		

Einfluss von Bleibromid auf Leichtmetall-Legierungen

IR XIV - 2  
Bl. 5

Zahlentafel 4

Einwirkung von Bleibromid auf Legierungen,  
die mit Korrosionsschutzöl behandelt sind.

Bezeichnung	ECY	EC 101	EC 124	EC 138	EC 549
Bestandteile	Al. Cu,Mg	Al Cu,Mg.	Al Si	Al Si	Mg Mn,Ce Cu,Mg,Mn,Po
Bleibromid z.Normaltemper. Dauer 60 h	+0,04	+0,01	+0,09 +0,04	+0,05	+0,04
Bleibromid mit feuchter Luft, Dauer 48 h	+0,03	+0,04	+0,12 +0,14	+0,13	+0,15

Zahlentafel 5

Einwirkung einer Mischung von Korrosionsschutzöl-Wasser-Emulsion und Bleibromid.

Bezeichnung	ECY	EC 101	EC 124	EC 138	EC 549
Bestandteile	Al Cu,Mg,Mg	Al Cu,Mg	Al Si	Al Si	Mg Mn,Ce Cu,Mg,Mn,Fe
Dauer 48 h	+0,05	+0,01	+0,04 +0,03	+0,04	+0,1

Wie Zahlentafel 4 und 5 zeigen, verhindert das Korrosionsschutzöl praktisch jede Korrosion, was besonders im Hinblick auf die in Zahlentafel 3 angeführte starke Korrosion

000133

Arbeiter: Name:	Tag: Tag:	Ersatz für:	Ersatz durch:

**Wirkung von Bleibromid auf Leichtmetall-Lackierungen.**

**EDDREV - 2  
Bl. 6**

durch Wasser bemerkenswert ist. Wenn man berücksichtigt, dass bei allen Versuchen das Bleibromid in sehr konzentrierter Form angewandt wurde, so kann man sagen, dass eine Korrasion durch aus Bleitrimmen abtrennendes Bleibromid kaum zu befürchten ist, zumal dasselbe stets in nur geringer Menge vorliegt. Es könnte höchstens dann eine Einwirkung erfolgen, wenn abgelagertes Bleibromid mit wasserhaltigem Benzin längere Zeit in Berührung kommt; da aber bei den hohen Temperaturen des Verbrennungsrückums höchstens nach dem Abstellen einige wenige Bleibromidkristalle sich einstellen könnten, so bleibt eine Korrasion durch Bleibromid außerhalb des Bereiches der gegebenen Möglichkeiten.

**000134**

abholen:	Tag: Tag:	Ersatz für:	Ersatz durch:

### I. Zweck der Untersuchungen.

Die Ermittlung der Temperaturverteilung an luftgekühlten Motoren erfolgt in allgemeinen durch Thermoelemente, deren Zahl bei genauen Messungen an Vielzylindermotoren ziemlich gross werden kann und erheblichen Zeitaufwand zur Anbringen sowie zum Ablesen der Temperaturen erfordert.

Zur raschen Ermittlung von Wärmenestern bei luftgekühlten Flugmotoren werden neuerdings die Thermocolor-Messfarben der J.G.-Parbenindustrie mit Erfolg verwendet. Der Zweck der nachstehend geschilderten Untersuchungen bestand darin, die Genaugigkeit des Verfahrens zu untersuchen und festzustellen, inwieweit die Thermocolorfarben auch für die Motorenforschung geeignet sind.

### II. Beschreibung des Verfahrens.

Die Thermocolor-Farben zeigen bestimmte Temperaturen der Oberfläche, auf die sie aufgetragen sind, durch Farbumschlag an<sup>1)</sup>. Zahlentafel 1 gibt einen Überblick über die bisher zur Verfügung stehenden Messfarben.

Die Farben werden mit Spiritus angerührt und auf die zu untersuchende Fläche aufgetragen. Sie können mittels Sandstrahlgebläse wieder entfernt werden.

### III. Versuchseinrichtung und Durchführung.

Die Untersuchungen wurden an elektrisch geheizten Rippenzylindern mit gegebener Kühlluftführung in einem Schacht durchgeführt, durch den mittels eines Demag-Gebläses Luft angesaugt wurde. Zur Messung der Temperaturen am Zylinderumfang wurden in den Rippengrund in der Mitte der Zylinderlo Kupfer-Konstantan-Thermoelemente eingestemmt. Bild 1 zeigt die Versuchseinrichtung und die Lage der Thermoelemente.

Die Zylinder wurden nach Auftragen der zu unter-

1) Vgl. F. Penzig, Z. VDJ Bd. 83 (1939) Nr. 3 S. 69.

000135

Arbeitser. durch	Test tag	Erstellt für	Erstellt durch

Temperaturmessungen an luftgekühlten Motoren mit den Thermoelementen  
Messfarben der J.G.-Farbenindustrie, Bl. 2

IR KMW 13

suchenden Farben und Einschalten des KühlLuftstromes jeweils so stark erhitzt, dass die von der J.G. Farbenindustrie angegebenen Umschlagtemperaturen am Zylinderumfang nach der Angabe der Thermoelemente erreicht wurden. Nach kurzer, bei allen Versuchen jeweils gleichgehaltener Heizzeit wurde dann die Heizung abgestellt, während die Kühlung noch längere Zeit eingeschaltet blieb, um einen Temperaturausgleich am Zylinder zu verhindern. Der abgekühlte Zylinder wurde dann ausgebaut und die Umschlagszone festgelegt.

IV. Versuchsergebnisse.

a) Genaugigkeit der Messfarben.

In Bild 2 bis 6 sind auf der Abwicklung des Zylinderumfanges die Umschlaglinien der einzelnen Farben nebst den mittels der Thermoelemente bestimmten Temperaturen am Zylinderumfang wiedergegeben. In Zahlentafel 2 sind die bei diesen Versuchen ermittelten Umschlagtemperaturen für die verschiedenen Messfarben den von der J.G.-Farben-Industrie angegebenen Umschlagtemperaturen gegenübergestellt. Man sieht, dass die Übereinstimmung zwischen den Angaben der J.G.-Farben-Industrie und den mittels der Thermoelemente festgestellten Temperaturen sehr gut ist. Die Unterschiede liegen im allgemeinen im Rahmen der Messgenauigkeit der Thermoelemente.

Die Farben 1, 2 und 3 haben die Eigenart, dass sie nach ganz kurzer Zeit wieder die Ausgangsfarbe annehmen; dies ist wahrscheinlich auf den Einfluss der Luftfeuchtigkeit zurückzuführen, da bei Benetzen der umgeschlagenen Farben mit Wasser sofort wieder die Ursprungsfarbe auftritt.

Die Auftragung verschiedener Farben übereinander beeinflusste die Umschlagpunkte nicht, d.h. es war keine Beeinträchtigung des Wärmeüberganges durch frühere Farbanstriche festzustellen.

b) Anwendbarkeit der Messfarben am Motor.

Die Messfarben können an Vielzylindermotoren, z.B. an Doppelstern-Motoren, mit Erfolg dazu verwendet werden, um auf einfache Weise einen raschen Überblick über die Temperaturreteilung und die Stellen starker Erhitzung am Motor zu

Arbeiter: Fer.	Tag: Tag:	Eingeht für: -	Ersatz durch: -	000136
-------------------	--------------	-------------------	--------------------	--------

Gewinnen.

Sollten die genauen Höchsttemperaturen festgelegt werden, so macht sich die Eigenart der Farben, dass sie plötzlich und nicht allmählich umschlagen, störend bemerkbar, da die Zwischentemperaturen nicht geschätzt werden können. Außerdem ist es ein Nachteil, dass die Zahl der Farbarten und damit der möglichen Umschlagpunkte beschränkt ist.

Zahlentafel 3 zeigt die mit den vorhandenen Messfarben erzielbaren Umschlagtemperaturen, ferner den jeweiligen Temperaturunterschied von einem Umschlagpunkt zum andern. Wie man sieht, sind 13 Umschlagtemperaturen vorhanden und die Temperaturspannen schwanken zwischen 5 und 50°C. So ist es z.B. mit den bisher entwickelten Farben nur möglich, die Temperaturen 230°C und 275°C festzulegen; die bei Kühlversuchen an Motorenzylindern am meisten wissenswerten Zwischentemperaturen fehlen. Für feinere Messungen, z.B. bei der Entwicklung von Verrippungen oder von Luftführungen an luftgekühlten Zylindern, bei welcher dauernde Beobachtungen kleiner Temperaturveränderungen notwendig sind, ist demnach das Verfahren weniger geeignet.

#### V. Zusammenfassung.

Die Untersuchung der von der J.G.-Farben-Industrie hergestellten Thermocolor-Messfarben ergab hinsichtlich Genauigkeit und Verwendbarkeit in der Motorenforschung folgendes:

- 1.) Die Anzeigegenauigkeit der Farben ist sehr gut;
- 2.) die Messfarben sind zur Erzielung eines raschen Überblickes über die Höchsttemperaturen an luftgekühlten Vielzylindermotoren gut geeignet;
- 3.) für genauere Messungen ist das Verfahren weniger geeignet, solange verhältnismässig wenig Umschlagtemperaturen zur Verfügung stehen.

Güfmann / Berndorfer.

000137

Arbeiter:	Tag:	Ersatz für	Ersatz durch

Temperaturmessungen an luftgekühlten Motoren mit den Thermocolor-Messarten der J.C.-Farbenindustrie

IM KLINIK-3

Zahlentafel 1

Thermocolor  
Nr.

Farbumschlag

Temperatur  
°C

1	rosa - blau	30
2	hellgrün - blau	60
3	gelb - violett	110
4	purpur - blau	140
5	weiss - grünbraun	175
6	grün - dunkelbraun	220
7	Gelb - rotbraun	290
8	weiss - hellbraun	340
9	violett - weiss	440
20	hellrosa - hellblau	65
30	hellblau - hellbraun	145
	hellgrün - hellblau	65
	hellblau - olivgrün	145
31	braun - graubraun	155
	graubraun - grünbraun	230
	grünbraun - rostbraun	275

Zahlentafel 1.

Verfügbare Meßfarben mit den zugehörigen Temperaturen des Farbumschlages.

000138

Arbeiter:	Tag:	Erreicht je:	Erreicht durch:
Herr	Tag:		

Thermoelemente in Temperatur- messanordnungen von Farbenfarben System	Temperaturumsetzungen an luftgekühlten Motoren mit den Thermocolor- Masselfarben der J.G.-Farbenindustrie.	LB KLINI-3 Zahlentafel 2
---	--	-----------------------------

Thermocolor Nr.	angegebene Umschlag- temperatur °C	aus den Versuchen mit Thermoelementen ermittelte Umschlag- temperaturen °C
1	30	27,5
2	60	67,5
3	110	117,0
4	140	143,0
5	175	173,0
6	220	217,0
7	290	290,5
8	340	333,5
20	65 u. 145	67,5 u. 151,5

Zahlentafel 2.

Gegenüberstellung der von der J.G.-Farbenindustrie angegebenen und der gemessenen Umschlagtemperaturen.

000139

Arbeiter: Name:	Tag: Tag:	Ersatz für: Tag:	Erstellt durch: Name:	Ab:
--------------------	--------------	---------------------	--------------------------	-----

Thermocolor  
Nr.

Temperatur der  
Umschlagpunkte

°C

Temperaturunterschied  
bis zum nächsten  
Umschlagpunkt  
°C

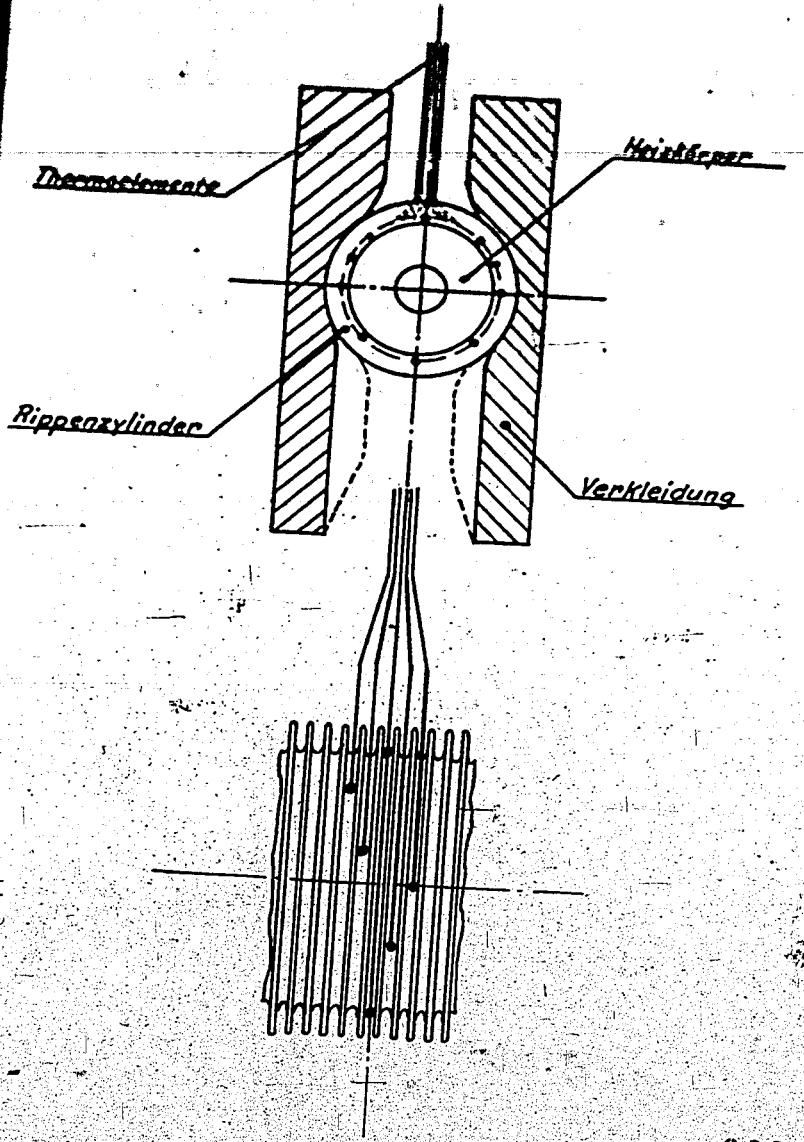
1	30	
2	60	30
20	65	5
3	110	45
4	140	30
20	145	5
31	155	10
5	175	20
6	220	45
31	230	10
31	275	45
7	290	15
8	340	50

Zahlentafel 3.

Erzielbare Umschlagtemperaturen und die sich daraus ergebenden Temperaturspannen zwischen den Umschlagpunkten.

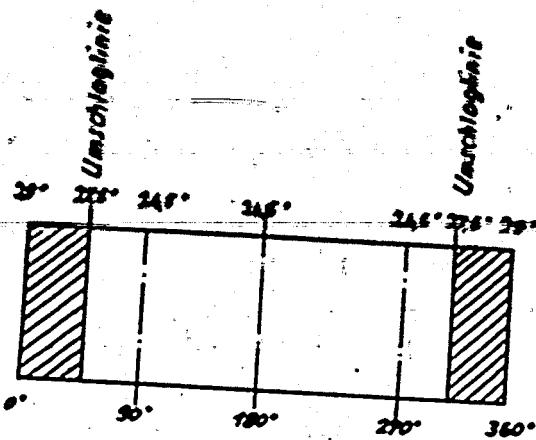
000140

Bearbeiter:	Tag:	Erstellt für:	Erstellt durch:
Projekt:	Tag:		

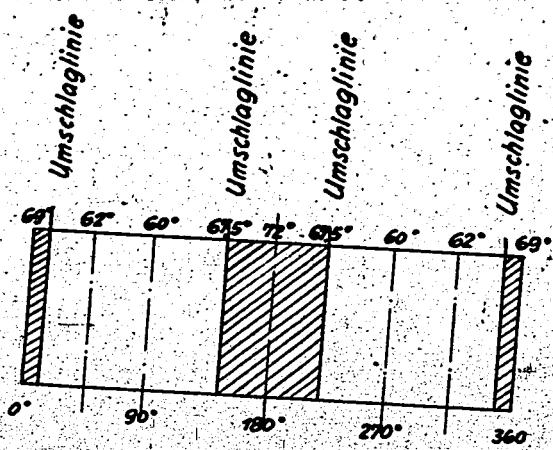
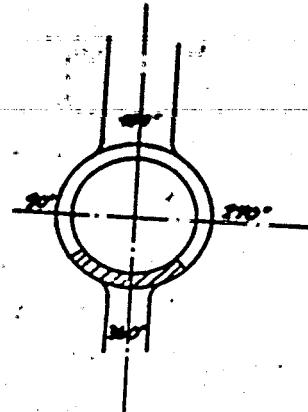


000141

Bild 1. Versuchsaufbau und Lage der Thermoelemente.



Zylinderumfang abgewickelt  
Thermocolor 1.



Thermocolor 2.

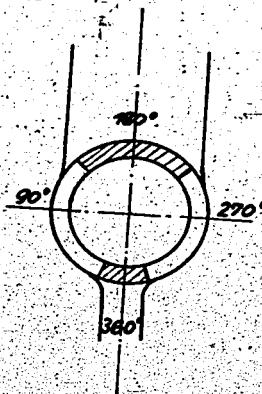
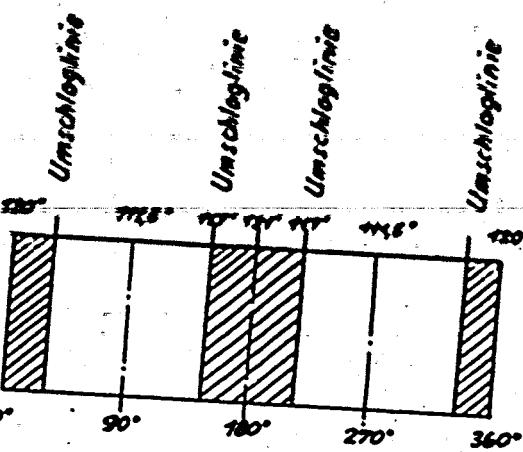
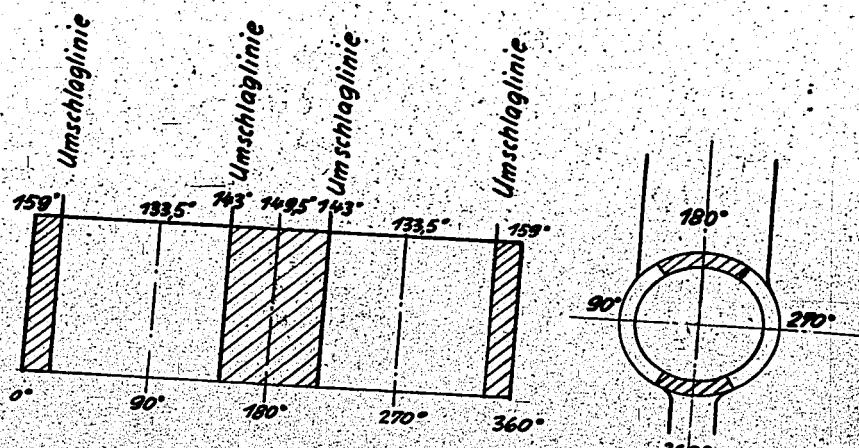


Bild 2. Umschlagspunkte von Thermocolor 1 und 2.

000142



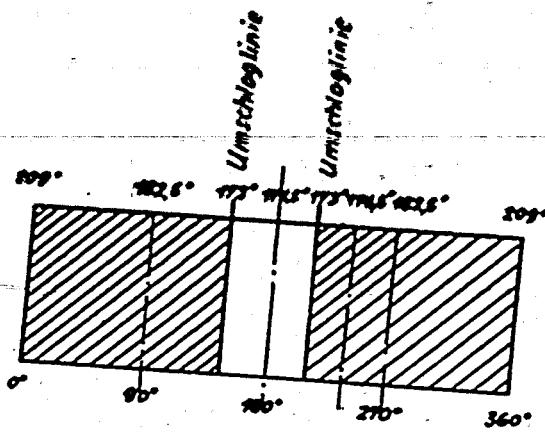
Thermocolor 3.



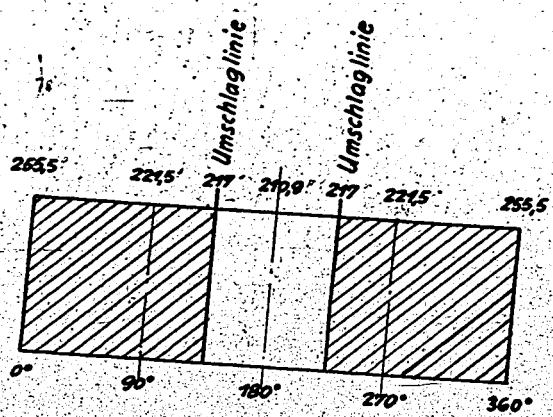
Thermocolor 4.

Bild 3. Umschlagpunkte von Thermocolor 3 und 4.

000143



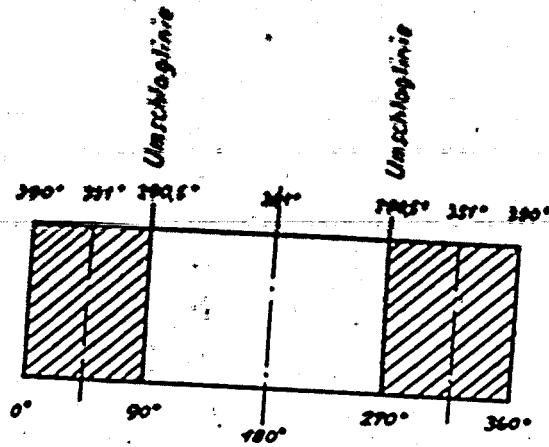
Thermocolor 5.



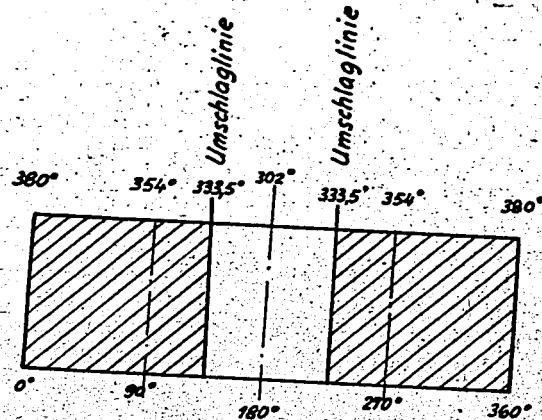
Thermocolor 6.

Bild 4. Umschlagpunkte von Thermocolor 5 und 6.

000144



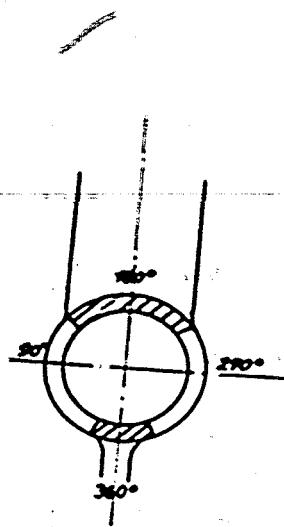
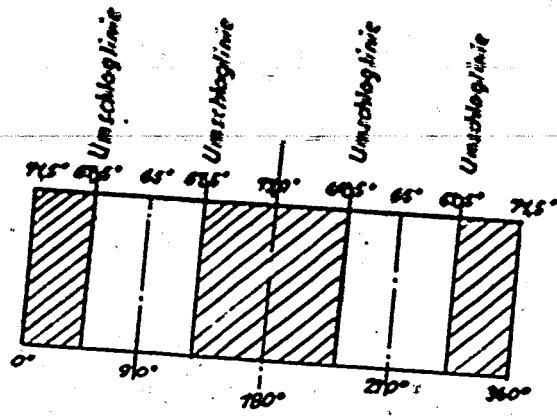
Thermocolor 7.



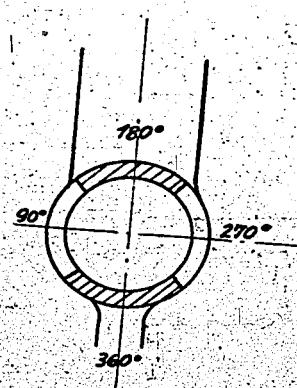
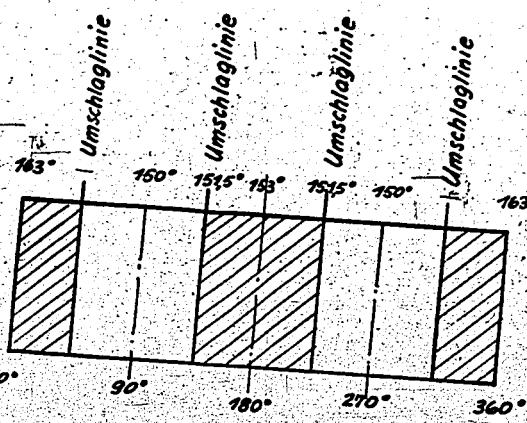
Thermocolor 8.

Bild 5. Umschlagpunkte von Thermocolor 7 und 8.

000145



Thermocolor 20 [1.Umschlag]



Thermocolor 20 [2.Umschlag]

Bild 6. Umschlagpunkte von Thermocolor 20.

000146

Das Institut hat einen Einzylinderteststand für Motoren mit hohen Drehzahlen und kleinen Hubraum entworfen; auf diesem Prüfstand können ohne grosse Umarbeiten Zylinder fest genügender zur Zeit erhaltlicher Kraftstoffmotoren untergebracht werden. Die Leistung ist mit einer unmittelbar gekoppelten Wasserkupplung für Drehzahlen bis zu 9000 U/min gewestet. Zum Anheften des Einzylinders mit Wasserkupplung dient ein Elektromotor, der am freien Ende der Wasserkupplung mit einer abschaltbaren Reibungskupplung angreift.

Zunächst wurden auf diesem Prüfstand nur Viertaktmotoren untersucht, deren Gaswechselvorgänge durch Ventile gesteuert wurden. Von den vielseitigen Betätigungs möglichkeiten der Ventile wurden bis jetzt zwei verschiedene Anordnungen angewandt: Bei der einen Anordnung (Bild 1) werden die unter  $70^\circ$  schräghängenden Ventile von einer oben-

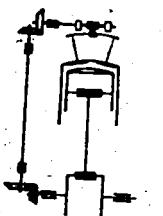


Bild 1.

Untersuchte Anordnung mit obenliegender Nockenwelle.

Bei der anderen Anordnung (Bild 2) wurden die schräghängenden Ventile über Kipphebel und Stoßstangen von einer seitwärts liegenden Nockenwelle betätigt.

liegenden Nockenwelle über Schwinghebel betätigt. Die Nockenwelle wird dabei von der Kurbelwelle über eine Königs welle mit Kegelradübersetzung angetrieben. Diese Art der Ventilbetätigung hatte sich schon bei den normalen FKFS-Prüfständen bewährt und hat auch in dieser Ausführung zu keinerlei Schwierigkeiten Anlass gegeben. Ventilfederbrüche kamen wohl vor, waren aber so regelmässig in ihrem Auftreten, dass die Schuld in den nicht maßhaltigen Ventilfedern selbst gesucht werden musste.

000147

Ersetzt	Tag:	Ersatz für	Ersetzt durch
für:	Top:		

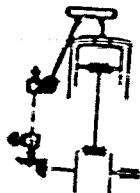


Bild 2.

Untersuchte Anordnung mit seitwärts liegender Nockenwelle.

gesucht werden. Hier war zunächst die Wahl der Werkstoffe für die schrägverzinkten Antriebsräder der Königs- und Nockenwelle schwierig. Die Räder müssen die ganze Kraft für die Ventilbewegung übertragen. Sie zeigten nach kurzer Zeit sehr starken unregelmäßigen Verschleiss der Zahnflanken. Dadurch war der zwangsläufige Ablauf der Ventilbewegung durch den Nocken nicht regelmäßig. Zusätzlich wies noch die Bearbeitung des Nockens einige Ungenauigkeiten auf, weil die Nockenflanken nicht geschliffen werden konnten.

Diese beiden Umstände zusammen bewirkten eine kleine Unebenheit in der Nockenerhebungskurve, die mittels eines Meßgerätes aufgenommen wurde (Bild 3). Mit Hilfe des graphischen Verfahrens wurde das entsprechende Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdiaagramm aufgezeichnet. Da es sich hier nur um einen Vergleich handelt, genügt die Genuigkeits des graphischen Verfahrens voll auf. Diese Diagramme zeigen sehr deutlich die Wirkung einer kleinen Unebenheit in der Nockenwölbung. Die Feder wird

Die Nockenwelle wird dabei von der Kurbelwelle über eine kurze schräg-verzinkte Königswelle mit Kegelradübersetzung angetrieben. Aus baulichen Gründen waren Haarmadelventilfedern eingebaut, deren Kräfte für die gewünschten Drehzahlen ausreichen mussten. Dennoch traten verschiedene Ventilfederbrüche auf und verursachten Zerstörungen des ganzen Zylinderkopfes.

Da die Federn selbst nicht die Ursachen der Federbrüche sein konnten, musste der Grund hierfür in einem Teil des Nockenantriebes

000148

Zeichner:	Tag:	Zeichner für:	Ersatz durch:
Stadt:	Tag:		

Wirkung von Ventilfederwellen

Blatt 3

XXXXX

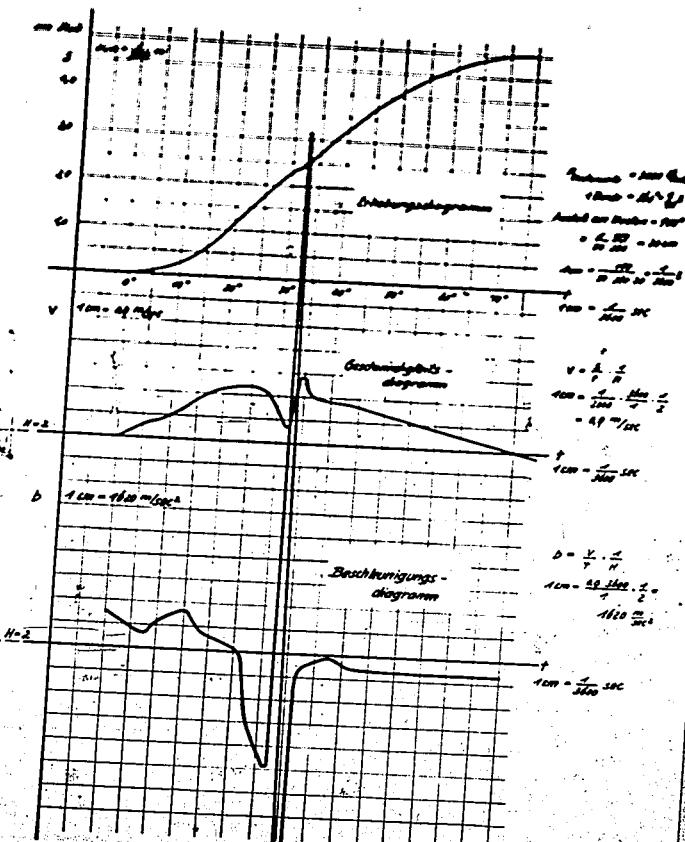


Bild 3.  
Wirkung einer kleinen Unebenheit am Nocken auf  
die Ventilbeschleunigung.

000149

in Schwingungen gebracht, deren Kräfte ein Vielfaches von dem zulässigen Betrag ausmachen. Es ist daher auch leicht erklärlich, dass die Federn nach kurzer Zeit getrochen sind.

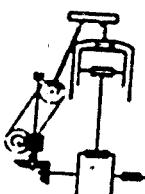


Bild 4.  
Nockenantrieb durch  
Kette.

Anstelle des sonst verwandten Nockenwellenantriebs wurde daraufhin die Nockenwelle durch eine Kette angetrieben (Bild 4). Zu diesem Zweck wurde die Stelle des Antriebes für den Zündapparat und die Nockenwelle verlängert, damit ein Kettenrad angebaut werden konnte. Diese Änderung hat sich sehr gut bewährt, es traten keine Ventilfederbrüche mehr auf.

Stark.

000150

Versteller	Tag:	Ende für	Ersatz dient
Versteller	Tag:	Ende für	Ersatz dient

Ein Zylinder, der in der Gegend des unteren Totpunktes Einlaß-Schlüsse besitzt, soll durch diese gespült werden und zwar derart, dass das Spülmittel unter möglichst geringer Vermischung mit den Abgas den Kolben scheibenförmig vorbelagert wird. Das Spülmittel wird dann beim Aufwärtszug durch den Kolben vorwärts geschoben und füllt - indem es die Abgase aus dem Verbrennungsraum durch ein Auslaßventil verdrängt - diesen im oberen Totpunkt völlig aus. Zu diesem Zweck muss die Vorlagerung des Spülmittels derart geschehen, dass einerseits kein Abgaskern bestehen bleibt, andererseits die Scheibenform erreicht wird.

Die erste Forderung sollte dadurch erreicht werden, dass der Anstellwinkel der einzelnen Schlüsse gegenüber der Tangente an den Zylinderumfang nach Bild 1 - von  $90^\circ$  ausgehend - von Schlitz zu Schlitz flacher gemacht wurde; man durfte erwarten, dass die Abgase von der Zylindermitte aus fischerförmig weggeschoben wurden und sich ein tangentialer Wirbel ausbildete, der ein Auflegen des Zylinders gewährleistete.

Um festzustellen, ob diese Schlitzanordnung die Wünsche erfüllte, wurde ein Schnittmodell im Maßstab 1:1 hergestellt (Bild 1) und in den Wasserkanal des Instituts eingesetzt.

Die Schwierigkeit bestand nun darin, eine Wasserströmung zu erzeugen, die der Spülströmung möglichst gleich war. Das Wasser musste durch den Einlaufstutzen zu den Schlitzen gelangen und nach Durchtritt durch dieselben senkrecht zur bisherigen Strömungsrichtung ablaufen; geschah dies nicht, so trat innerhalb des Modells Stau ein. Es war also eine dreidimensionale Strömung zu erzeugen, um ein zweidimensionales Bild derselben zu erhalten.

Die Ablauföffnung des Wasserkanals wurde deshalb mit Hilfe eines Rohrstückes so hoch geführt, dass sie in der Zylinderachse unterhalb des Modells lag, ohne dass sich ein Ablaufwirbel bilden konnte.

Dem Kanal wurde ständig ebensoviel Frischwasser zu-

000151

Arbeitsnr.	Tag	Erster Name	Ersatz durch

Ein Zylinder, der in der Gegend des unteren Totpunktes Einlauf-Schlitz besitzt, soll durch diese gespült werden und zwar derart, dass das Spülmittel unter möglichst geringer Vermischung mit den Abgas den Kolben scheibenförmig vorlagert wird. Das Spülmittel wird dann beim Aufwärtsgang durch den Kolben vorwärts geschoben und füllt - indem es die Abgase aus dem Vorbrennungsraum durch ein Auslaßventil verdrängt - diesen im oberen Totpunkt völlig aus. Zu diesem Zweck muss die Vorlagevorrichtung des Spülmittels derart geschehen, dass einerseits kein Abgaskern bontchen bleibt, andererseits die Scheibenform erreicht wird.

Die erste Forderung sollte dadurch erreicht werden, dass der Anstellwinkel der einzelnen Schlitzte gegenüber der Tangente an den Zylinderumfang nach Bild 1 - von  $90^\circ$  ausgehend - von Schlitz zu Schlitz flacher gemacht wurde; man durfte erwarten, dass die Abgase von der Zylindermitte aus fächerförmig weggeschoben wurden und sich ein tangentialer Wirbel ausbildete, der ein Ausfegen des Zylinders gewährleistete.

Um festzustellen, ob diese Schlitzanordnung die Wünsche erfüllte, wurde ein Schnittmodell im Maßstab 1:1 hergestellt (Bild 1) und in den Wasserkanal des Instituts eingesetzt.

Die Schwierigkeit bestand nun darin, eine Wasserströmung zu erzeugen, die der Spülströmung möglichst gleich war. Das Wasser musste durch den Einlaufstutzen zu den Schlitzten gelangen und nach Durchtritt durch dieselben senkrecht zur bisherigen Strömungsrichtung ablaufen; geschah dies nicht, so trat innerhalb des Modells Stau ein. Es war also eine dreidimensionale Strömung zu erzeugen, um ein zweidimensionales Bild derselben zu erhalten.

Die Ablauföffnung des Wasserkanals wurde deshalb mit Hilfe eines Rohrstückes so hoch geführt, dass sie in der Zylinderachse unterhalb des Modells lag, ohne dass sich ein Ablaufwirbel bilden konnte.

Dem Kanal wurde ständig ebensoviel Frischwasser zu-

000151

Arbeiten	Tag:	Erstellt am:	Erstellt durch:

Ein Zylinder, der in der Gegend des unteren Totpunktes Einlauf-Schlüsse besitzt, soll durch diese gespült werden und zwar derart, dass das Spülmittel unter möglichst geringer Vermischung mit der Abgas den Kolben scheibenförmig vorgezogen wird. Das Spülmittel wird dann beim Aufwärtsgang durch den Kolben vorwärts geschoben und füllt – indem es die Abgase aus dem Verbrennungsraum durch ein Auslaßventil verdrängt – diesen im oberen Totpunkt völlig aus. Zu diesem Zweck muss die Vorlagerung des Spülmittels derart geschehen, dass einerseits kein Abgaskern bestehen bleibt, andererseits die Scheibenform erreicht wird.

Die erste Forderung sollte dadurch erreicht werden, dass der Anstellwinkel der einzelnen Schlüsse gegenüber der Tangente an den Zylinderumfang nach Bild 1 – von  $90^\circ$  ausgehend – von Schlitz zu Schlitz flacher gemacht wurde; man durfte erwarten, dass die Abgase von der Zylindermitte aus fächerförmig weggeschoben wurden und sich ein tangentialer Wirbel ausbildete, der ein Ausfegen des Zylinders gewährleistete.

Um festzustellen, ob diese Schlitzanordnung die Wünsche erfüllte, wurde ein Schnittmodell im Maßstab 1:1 hergestellt (Bild 1) und in den Wasserkanal des Instituts eingesetzt.

Die Schwierigkeit bestand nun darin, eine Wasserströmung zu erzeugen, die der Spülströmung möglichst gleich war. Das Wasser musste durch den Einlaufstutzen zu den Schlüßen gelangen und nach Durchtritt durch dieselben senkrecht zur bisherigen Stromungsrichtung ablaufen; geschah dies nicht, so trat innerhalb des Modells Stau ein. Es war also eine dreidimensionale Strömung zu erzeugen, um ein zweidimensionales Bild derselben zu erhalten.

Die Ablauföffnung des Wasserkanals wurde deshalb mit Hilfe eines Rohrstückes so hoch geführt, dass sie in der Zylinderachse unterhalb des Modells lag, ohne dass sich ein Ablaufwirbel bilden konnte.

Dem Kanal wurde ständig ebensoviel Frischwasser zu-

000151

Zeit	Zeit	Zeit	Zeit

Sichtbarwerden eines Zylinderstrahles  
an Schnittmodell im Wasserkanal

Bl. 2

geführt, wie durch den Ablauf verfüllt, so dass sich eine gleichförmige Strömung durch den Zylinder ausbildete; diese wurde in bekannter Weise durch aufgestrautes Magnesiumpulver sichtbar gemacht.

Bild 2 a zeigt den beginnenden Einlauf durch die Schlitze in den Zylinder. Obgleich die Stromlinien die hinteren Slitze noch nicht erreicht haben, ist bereits ein "Andrehen" des Wirbels zu erkennen.

Bild 2 b zeigt einen etwas späteren Zustand; die Stromlinien haben fast den letzten Schlitz erreicht, der Wirbel hat auch kräftig ausgebildet und füllt kurz darnach (Bild 2 c) den gesamten Innenraum aus.

Auf Grund dieser Aufnahmen scheint die beabsichtigte Entstörung eines schichtförmigen Wirbels gewährleistet zu sein. Die Aufnahme der Ölkohlablagerung am Kolbenboden des ausgeführten Zylinders bestätigt dies (Bild 3).

Siegol

000152

Arbeiter:	Tag:	Erstellt für:	Erstellt durch:	

Sichtbar machen eines Zylinderström  
stroms an Schnittmodell im Wasser-  
kanal.

LB A 447 - 5

Bild 1

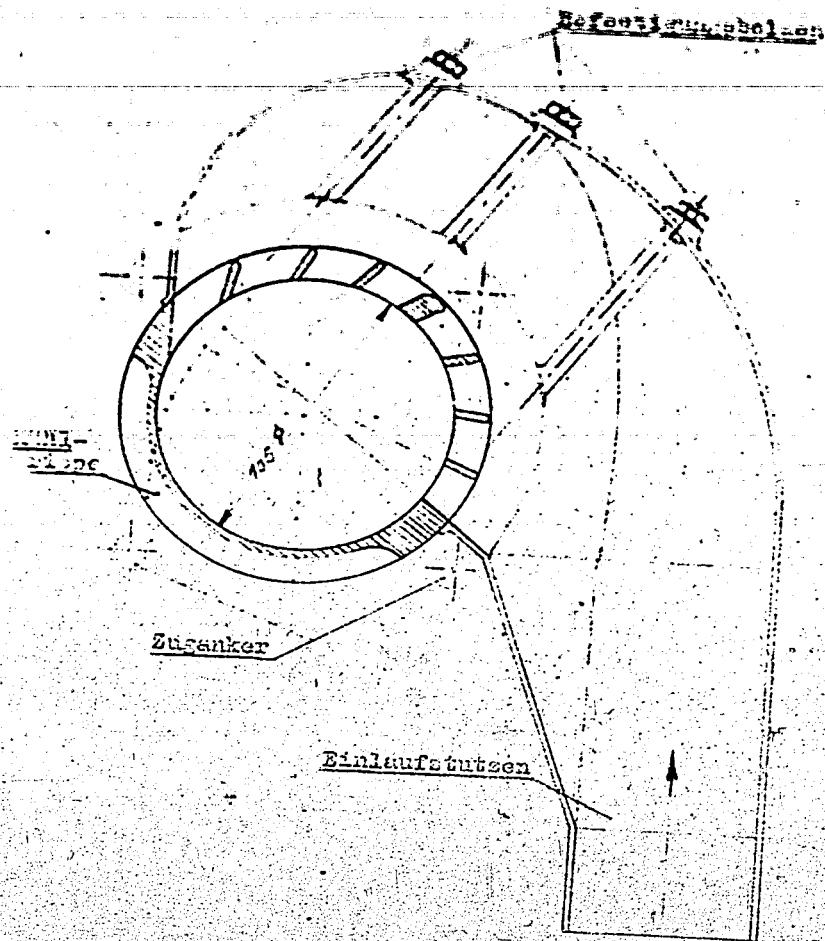


Bild 1. Schnittmodell.

000153

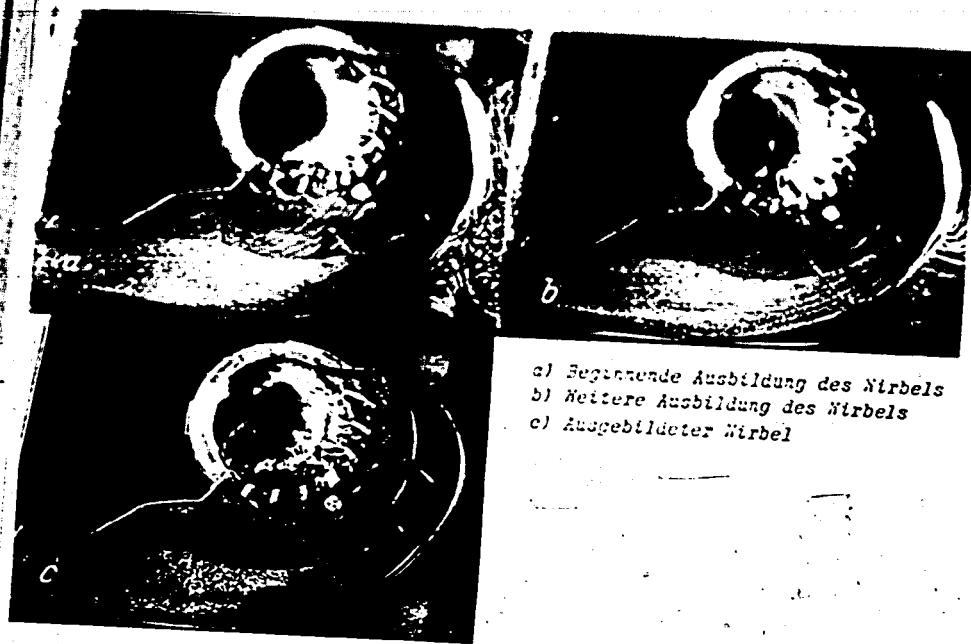
Darsteller:	Typ:	Ereignis für:	Ersteller durch:	5
Polymer	Tag:			



Wissenschaftliche Gesellschaft  
für Hydrodynamik und Wasserbau  
der Deutschen Hochschule für Wasserbau  
Hamburg

Stenostrophie der Strömungsgeschwindigkeit an den Einlaßschlitzen im Wasserkanal

14. AQUA 7-5  
Schrift 2



a) Beginnende Ausbildung des Wirbels  
b) Weiterer Ausbildung des Wirbels  
c) Ausgebildeter Wirbel

Bild 2. Aufnahmen des Anlaufens der Strömung an den Einlaßschlitzen im Wasserkanal.

000154

Bearbeiter:	Tag:	Ersatz für	Ersetzt durch
Prüfer:	Tag:		



Stellungnahme eines Systemprüfers  
die die Ergebnisse der Prüfung  
anzeigt.

IN KLAFF = 5

Blatt 3



Bild 3. Aufnahme der Ölkleablagerung am  
Kolbenboden.

000155

Bearbeiter:  
Profer:

Tag:  
Tag:

Ersatz für

Ersatz durch



DEUTSCHE REICHPATENTAMT  
FÜR AUSLÄNDISCHE  
PATENTANTRÄGE  
VON ERNEUTEN  
EINERSONNIGEN  
RECHTSVERHÄLTNISSEN

Ventil mit Steuerzirkel.

DE U.S.P. - 6  
Bl. 1

Bei einem Versuch wurde es notwendig, die Steuerzeiten der Ventile stark zu verkürzen. Bei Verwendung des durch den ursprünglichen Nocken vorgegebenen Grundkreisdurchmessers ergab sich eine sehr spitze Nockenform (Bild 1) mit hohen Beschleunigungen, die dann auch die entsprechenden Störungen mit sich brachten. Sie kunderten sich bei niedrigeren und mittleren Drehzahlen lediglich in Zusammenstößen des Gestänges (bis  $7/10$  mm bei 1/2 Stunden Versuchsdauer), durch Abplatten der Zugschrauben und des Stößels, Ausschlagen der Kipphebelreihenwelle usw.), während bei hohen Drehzahlen erwartungsgemäß der Stößelfuß oder das Ventil brachen.

Zu die kurzen Steuerzeiten verwirklichen zu können, wurde der ursprüngliche Nocken wieder eingebaut und auf den Ventilteller ein Schirm aufgeschweißt (Bild 2), dessen Höhe so bemessen wurde, dass – entsprechend der Hubbewegung des Nockens – die erforderliche Steuerzeit erreicht werden konnte (engl. Pat. 21 887 (1911), Adlerwerke).

Bei dieser Anordnung bestimmt nicht der Sitz des Ventiltellers die Öffnungsduer, sondern die obere Kante des Schirms, wobei der gleiche Zeitquerschnitt erreicht werden kann oder – bei entsprechender Verlängerung der Öffnungsduer des Nockens und Ausnutzung der höchstzulässigen Beschleunigung – sogar ein grösserer (Bild 3). Als erforderliches Spiel zwischen Kopf und Steuerschirm ergaben sich beim Hirth HM 8 – Kopf  $3/10$  mm.

Eine ähnliche Anordnung ist im franz. Pat. 499 138 (1917) (Ricardo) beschrieben, bei dem nicht der Schirm, sondern der Ventilteller innerhalb einer Eindrehung des Kopfes als Steuerkante arbeitet (Bild 4).

Nachteilig erwies sich bei der verwendeten Ausführung, dass bei zunehmendem Ausschlagen der Ventilführung der Schirm zum Aufsitzen kam, ferner dass bei öfterem Einschleifen des Ventils der Spalt zwischen Schirm und Kopf grösser wurde; letzteres verursacht aber bei Vergrösserung des Spiels von  $3/10$  auf  $5/10$  mm keine Änderung der Meßwerte.

000156

Bearbeiter:	Tag:	Erstellt für:	Erstellt durch:
Profer:	Tag:		



DEUTSCHE  
PATENT- UND  
MARKEN-  
AMMEN  
FÜR  
WIRTSCHAFTS-  
UND  
INDUSTRIE  
GEMEINDE

Ventil mit Steuerrohr.

DE 1000 - 6  
Bl. 2

Die Versuchsergebnisse bei Verwendung dieser Anordnung waren denen des Schieberrohrs bei gleichen Zeitquerschnitt praktisch gleich. Das Schirrventil bietet die Möglichkeit, den Schieber ähnliche Wirkungen zu erzielen. (vgl. DPPa D 70673 I/46 a 2 6.7.1935 Daimler-Benz).

Siegel.

Unterfeste Verwendung auf Antrag und schriftliche Genehmigung

000157

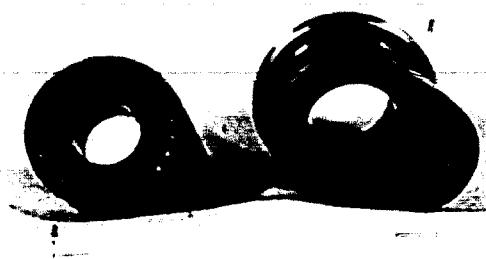
Bearbeiter: Profer:	Tag: Tag:	Erstellt für:	Erstellt durch:
------------------------	--------------	---------------	-----------------



DEUTSCHE PATENT- UND  
MARKEN- AUSSTELLUNG  
IN FRANKFURT AM MAIN  
1934. VERANTWORTLICHE  
REGISTRIERUNG  
DEUTSCHE

Ventil mit Steuerschirm.

Bild 1 u. 2  
XXXX - 6



Links: Nocken mit verkürzter Öffnungsduer.  
Rechts: Normalnocken.

Bild 1. Verwendete Nocken.

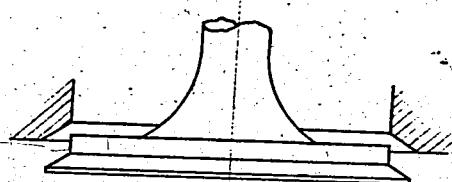


Bild 2. Ventil mit Steuerschirm.

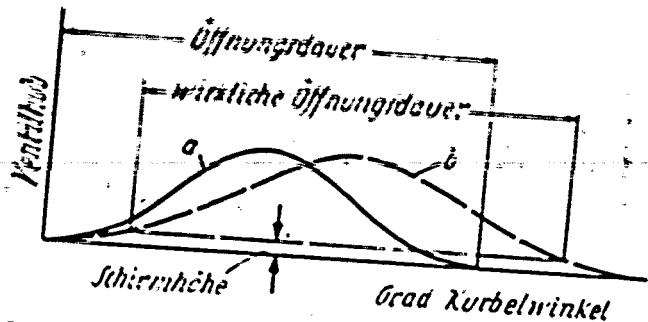
000158

Durchföhr.  
Projekt:

Tag:  
Tag:

Ereilt für:

Ersatz durch:



a: Erhebungskurve des Normalnockens.  
b: Erhebungskurve des Nockens mit vergrößertem Öffnungswinkel bei Verwendung eines Steuerschirms.

Bild 3. Darstellung der Erhebungskurven eines Normalnockens und eines solchen mit verlängerter Öffnungsduer und größerem Zeitquerschnitt. Die wirkliche Öffnungsduer des Nockens b ist gleich der des Nockens a.

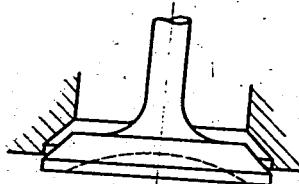


Bild 4. Ventil mit steuerndem Ventilteller.

000159

Bearbeiter: Prüfer:	Tag: Tag:	Ersatz für:	Ersetzt durch:	
------------------------	--------------	-------------	----------------	--

- 1 -  
Inhaltsverzeichnis.

Seite

A. Standbetrieb Kraftfahrwesen.

I. Die Deutsche Kraftfahrtforschung im Kriege	1
II. Konstruktions- und Entwicklungsarbeiten	2
III. Chemische Untersuchungen	5
IV. Grundsätzliche Forschungsarbeiten	6
1) Triebwerk	
a) Schaffung von Entwicklungsgesetzen für den Dieselmotor	7
b) Verbrennungsmotor nach dem Verfahren von Gottlieb Daimler	8
c) Schaffung von Grundlagen für Vereinfachung der Einspritzung	9
d) Luftkühlung an Motoren	10
e) Weiterentwicklung von Meßgeräten	11
2) Fahrwerk	
f) Kühlluftführung an Kraftfahrzeugen	12
g) Grundsätzliche Formfragen bodennaher Körper	12
h) Luftkraftmessungen an Motorräder	13
i) Druckmessungen an Fahrzeugen	14
k) Roll- und Walkwiderstandsuntersuchungen	14
l) Seitenführungskräfte und Fahrlageeigenschaften	15
m) Grundlagen zur Steuerung der Anhänger-Druckluftbremse durch die Deichselkraft	17
n) Fahrverhalten von Einachsaanhängern	18
o) Leichtbau eines Wagenkörpers	18
p) Geräuschuntersuchungen an geschlossenen Fahrzeugen	18
3) Kraft- und Schmierstoffe.	19
q) Abhängigkeit des Zündverzugs von der chemischen Zusammensetzung bei Dieselkraftstoffen	19
r) Motorische Abnutzung bei Verwendung synthetischer Kraftstoffe und deren Gemische	19
4) Bereifung	
s) Untersuchungen über die Einwirkungen vom spezifischen Bodendruck auf den Reifenverschleiß	19
t) Entwicklung eines Temperaturnachsgerätes für Reifeninnentemperaturen	20

000161

Seite.

V. Forschungsarbeiten für Sonderzwecke	21
VI. Berichtswesen, Vortragswesen und sonstige wissenschaftliche Tätigkeit	22
a) Forschungsberichte	22
b) Veröffentlichungen	23
c) Vorträge im Institut	25
d) Zusammenarbeit mit der Hochschule	25
e) Bücherei	25
VII. Ausbau	25
VIII. Stiftungen.	26

B. Abteilung Plugmotoren.

I. Allgemeines	29
II. Geleistete Arbeiten	29
1.) Arbeiten der Konstruktionsgruppe	29
2.) Forschungsarbeiten	29
a) Arbeiten der Schwingungsgruppe	29
b) Arbeiten der Motorengruppe	30
c) Arbeiten der Chemiegruppe	31
d) Arbeiten der Gruppe für Wälzlager	32
e) Arbeiten der Gruppe für elektrische Meßtechnik	33
f) Arbeiten der Gruppe Strömungsmaschinen	34
g) Arbeiten der Gruppe Höhenversuche	34
h) Arbeiten der Gruppe für Fahrwerkmechanik	34
3.) Sonstige wissenschaftliche Tätigkeit	

000162

10. Jahresbericht  
des Forschungsinstitutes für Kraftfahrwesen und  
Fahrzeugmotoren an der Technischen Hochschule  
Stuttgart  
(1939/40)

A. Stammbetrieb; Kraftfahrwesen.

I. Die deutsche Kraftfahrtforschung im Kriege.

Die heutige Kriegsform, wie sie durch den Begriff "totaler Krieg" gekennzeichnet wird und die in den beiden verbündeten Staaten Deutschland und Italien ihre reinste Ausprägung gefunden hat, erfordert die Ausrichtung aller Kräfte des Volkes auf das eine Ziel, den Gegner möglichst rasch und vernichtend zu schlagen. Auf die Forschung angewandt, bedeutet dies, dass die Grundlagenforschung gegenüber der Zweckforschung zurückzutreten hat. Bei der Zweckforschung treten wieder die Aufgaben in den Vordergrund, die unmittelbar der Stärkung der deutschen Wehrkraft dienen und bei denen schnelle Ergebnisse zu erwarten sind.

Wenn die Kriegsdauer beschränkt ist, hat die Zurückstellung der auf lange Sicht arbeitenden Forschung keine ins Gewicht fallenden nachteiligen Folgen. Die Anspannung aller Kräfte auf das eine Ziel trägt dazu bei, dass dieses Ziel schneller erreicht wird, womit sich anschliessend auch für die Grundlagenforschung neue und breitere Wege eröffnen. Ist dagegen mit einer längeren Kriegsdauer zu rechnen, so dürfen – neben den vordringlichen, kurzfristigen Forschungsarbeiten – die langfristigen keineswegs vernachlässigt werden. Denn die deutsche Wissenschaft soll nicht nur der Staatsführung helfen, einen kurzen Krieg zu gewinnen, sie soll auch die Fortschritte, die ein längerer Krieg erfordert, unterbauen und schliesslich das Rüstzeug schaffen, mit dem die gewaltigen Aufgaben des Friedens in Angriff genommen werden können. Der im Weltkrieg gemachte Fehler, den das deutsche Volk in der Nachkriegszeit durch Abgabe der technischen Führung im Automobilwesen an die

Vereinigten Staaten von Amerika 1 1/2 Jahrzehnte lang schwer büssen musste, darf nicht wiederholt werden.

Das deutsche Volk hat heute das Glück, eine Staatsführung zu besitzen, die weitgesteckte Ziele verfolgt. Entsprechend dieser Zielsetzung ist die langfristige Grundlagenforschung auf dem Gebiete der Kraftfahrt in den uns aufgewungenen Kriegen zwar eingeschränkt, aber nicht ausgesetzt worden. Verschiedene Arbeiten, die zu Beginn des Krieges zurückgestellt worden waren, konnten wieder aufgenommen werden. Dazu sind zahlreiche Sonderaufgaben im Auftrage von behördlichen Stellen und Industriewerken hinzugekommen. Die deutsche Kraftfahrtforschung ist damit in die Lage versetzt, Erkenntnisse zu erarbeiten, deren Ausnutzung nach Beendigung des Krieges dem deutschen Kraftfahrzeug einen wesentlichen Vorsprung vor dem Auslande sichern kann.

## II. Konstruktions- und Entwicklungsarbeiten.

Im 9. Jahresbericht wurde über zwei Versuchsfahrzeuge berichtet, an denen die Gedanken des Institutsleiters zur weitgehenden Herabsetzung der Fahrwiderstände und Verluste bei gleichzeitiger Erhöhung der Sicherheit und Bequemlichkeit ihre Verwirklichung gefunden haben. Während beim Bau des ersten Fahrzeugs keine Rücksicht auf das sich ergebende Gewicht genommen werden konnte, fand beim zweiten Fahrzeug die im Flugzeugbau erprobte selbsttragende Schalenbauweise Anwendung.

Die von der Senkung der Fahrwiderstände - insbesondere des Luftwiderstandes - erwartete Ersparnis im Kraftstoffverbrauch konnte in zahlreichen Versuchsfahrten nachgewiesen werden. Bei gleichmässiger Schnellfahrt in der Ebene betrug der Verbrauch nur etwa die Hälfte des Verbrauches üblicher Fahrzeuge der gleichen Leistungsklasse. Auch bei der heute zugelassenen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h sind die Ersparnisse noch gross. So verbrauchte das leichte viersitzige Fahrzeug mit 1.7 l-Motor bei Fahrt in der Ebene mit zwei Mann Besetzung bei 80 km/h nur 5,6 l. Gegenüber einem handelsüblichen Wagen mit gleichstarkem Motor bedeutet das eine Ersparnis von über 40%. Verbrauchssenkungen in etwa gleicher

Größenordnung ergaben sich bei Vergleichsfahrten über längere Strecken unter wechselnden Fahrbedingungen. Gegenüber dem schweren Wagen wirkten sich die Vorteile des Leichtbaues in der Hauptachse beim Beschleunigen und Bergsteigen aus.

Bei der Herstellung der beiden Versuchsfahrzeuge und bei den Versuchsfahrten ergaben sich neue Erkenntnisse, die in einem dritten Versuchsfahrzeug ihre praktische Verwirklichung finden sollen (vgl. IV o). Obwohl mit den beiden Fahrzeugen korrigiert werden konnte, dass technische Zweckmässigkeit und Formschönheit sich durchaus vereinigen lassen, und obwohl der Geschmack der Allgemeinheit einem steten Wandel unterliegt und sich durch Vorbilder im Sinne des Fortschritts beeinflussen lässt, soll bei diesem Fahrzeug der Versuch unternommen werden, die als richtig erkannte strömungsgünstige Grundform möglichst ohne wesentliche Erhöhung des Luftwiderstands dem heutigen Geschmack der Allgemeinheit näher zu bringen. Auf eine wirksame architektonische Gliederung des Fahrzeugkörpers wird dabei besonderer Wert gelegt.

Mit dem zweiten Fahrzeug wurde bereits der Beweis geliefert, dass das Wagengewicht durch Schalenbau gesenkt werden kann. Stahlblech als Werkstoff für den Aufbau muss jedoch aus Gründen der Verarbeitung in der Werkstatt stärker genommen werden als für die Festigkeit notwendig ist. Der weitere Wagenkörper soll daher in Leichtmetall mit Wandstärken zwischen 1,0 und 1,5 mm unter Anwendung neuer Konstruktionselemente hergestellt werden.

In Verbindung mit einer strömungstechnisch richtig eingebauten Motor-Kühlwanlage soll hierbei eine vervollkommenete Lüftung und Heizung des Fahrzeugs verwirklicht werden. Um den Leistungsaufwand für die Motorkühlung möglichst niedrig zu halten und die Wärmeabfuhr dem Wärmeanfall besser anpassen zu können, ist eine Regelung der Drehzahl des Kühlgebläses vorgesehen, wobei das Gebläse stillgesetzt wird, wenn der Fahrtwind für die Rückkühlung des Kühlwassers ausreicht. Dies wird in der Ebene bei Geschwindigkeiten über

50 km/h der Fall sein. Ist dagegen die Fahrgeschwindigkeit gering, die Belastung des Motors und damit die Wärmeerzeugung aber hoch, wie z.B. auf Steigungen, so wird das Gebläse mit einer so hohen Drehzahl betrieben, dass das Gleichgewicht zwischen anfallender und abzuführender Wärmenenge gewahrt bleibt. Die Verwirklichung des Gleichgewichts in allen Fahrzuständen ist mit Hilfe eines stufenlosen Getriebes, z.B. eines Reibradgetriebes, möglich und soll ebenfalls geprüft werden.

Die Drehzahlregelung des Kühlgebläses wurde gewählt, nachdem auch die anderen Möglichkeiten der Regelung - Drosselung des Luftstroms, z.B. durch Klappen und Verstellen der Gebläseschauflern - untersucht waren, sich aber als nicht so günstig erwiesen hatten.

Die Pläne sind im Laufe des Berichtsjahres konstruktiv ausgearbeitet worden.

Besondere Aufmerksamkeit wurde dabei auch der Verbesserung der Federungseigenschaften durch Verwendung von Gummi und Luftfedern geschenkt, ferner der richtigen Verteilung des Fahrzeuggewichtes auf die beiden Achsen, der Herabsetzung der Reifenbeanspruchungen und des Roll- und Walkwiderstandes mit dem Mittel der Reifendruckregelung, einer strömungsgünstigen Ausgestaltung und Verbesserung der Fahrzeugbeleuchtung, einem geräumigen Gepäckraum und der Anordnung von Flossen zur Verbesserung der Fahrstabilität.

Neben diesen Arbeiten, die der Weiterentwicklung des Personenkraftwagens für ein gegebenes Triebwerk gewidmet waren, wurde an den Problemen des luftgekühlten Triebwerks weiter gearbeitet (vgl. a IV d). Die an dem letzten luftgekühlten Motor - insbesondere an seinem Gebläse - auf dem Prüfstand und bei Fahrversuchen auf der Strasse erzielten Erkenntnisse wurden an einem weiteren Versuchsmotor verwertet. Ein in seiner Drehzahl regelbares Axialgebläse wurde konstruiert und in die Fertigung genommen. Obwohl der seitengesteuerte luftgekühlte Motor schon an sich viel einfacher ist als der wassergekühlte und sich deshalb in kürzerer Arbeitszeit herstellen lassen dürfte, sind weitere

konstruktive Untersuchungen angestellt werden, um die Herstellung der Rippenkörper zu vereinfachen. Entwürfe für Vier- und Achtzylinder-Motoren von 1,75 und 3,5 l Hubraum mit drehzahlregeltem Axialgebläse geringer Leistungsaufnahme sind ausgearbeitet. In Einzylinderversuchen sollen Erfahrungen für die Fertigung dieser Motoren gesammelt werden.

Konstruktive Verbesserungen an den in Institut entwickelten Prüfstandanlagen, dem kleinen und dem grossen Einzylinderprüfstand und dem Kraftstoffprüfmotor, haben es ermöglicht, die in Kleinfertigung gebauten Prüfstände an die Motoren- und Zubehörteileindustrie, die kraftstoffschiefernde Industrie und die wissenschaftlichen Institute in grosser Zahl zu liefern.

### III. Chemische Untersuchungen.

Das FKFS-Zündverzugverfahren zur Prüfung von Kraftstoffen, das bereits im 9. Jahresbericht erwähnt ist, wurde weiter ausgebaut. Ursprünglich war es nur für Diesalkraftstoffe bestimmt. Da aber zwischen Zündwilligkeit und Klopfestigkeit ein gesetzmässiger Zusammenhang besteht, ist es möglich, aus der Messung des Zündverzugs auf die Oktanzahl eines Ottokraftstoffes zu schliessen, sofern der Zusammenhang zwischen der Cetanzahl als Maß der Zündwilligkeit und der Oktanzahl als Maß der Klopfestigkeit bekannt ist. Noch genauere Ergebnisse erhält man, wenn man den Prüfkraftstoff unmittelbar mit Gemischen aus Iso-Oktan und Normalheptan vergleicht. Damit ist das Verfahren geeignet, als Grundlage für die einheitliche Prüfung sowohl von Diesel-, als auch von Ottokraftstoffen zu dienen.

Der Zusammenhang zwischen Cetan- und Oktanzahl wurde am FKFS-Kraftstoff-Prüfmotor mit Hilfe reiner Kohlenwasserstoffe geklärt. Die am FKFS-Prüfmotor ermittelten Oktanzahlen stimmen mit den am IG-Prüfmotor erhaltenen überein, sofern die zu untersuchenden Kraftstoffe in ihrer Klopfestigkeit im Bereich von 50 bis 100 Einheiten der Oktanzahl liegen. Ottokraftstoffe mit einer kleineren Oktanzahl als 50 werden am IG-Prüfmotor günstiger bewertet als am FKFS-Prüf-

000167

konstruktive Untersuchungen angestellt werden, um die Herstellung der Rippenkörper zu vereinfachen. Entwürfe für Vier- und Achtzylinder-Motoren von 1,75 und 3,5 l Hubraum mit drehzahlgeregelter Axialgebläse geringer Leistungsaufnahme sind ausgearbeitet. In Einzylinderversuchen sollen Erfahrungen für die Fertigung dieser Motoren gesammelt werden.

Konstruktive Verbesserungen an den im Institut entwickelten Prüfstandsanlagen, dem kleinen und dem grossen Einzylinderprüfstand und dem Kraftstoffprüfmotor, haben es ermöglicht, die in Reihenfertigung gebauten Prüfstände an die Motoren- und Zubehörteileindustrie, die kraftstoffschaffende Industrie und die wissenschaftlichen Institute in grosser Zahl zu liefern.

### III. Chemische Untersuchungen.

Das FKFS-Zündverzugverfahren zur Prüfung von Kraftstoffen, das bereits im 9. Jahresbericht erwähnt ist, wurde weiter ausgebaut. Ursprünglich war es nur für Diesalkraftstoffe bestimmt. Da aber zwischen Zündwilligkeit und Klopffestigkeit ein gesetzmässiger Zusammenhang besteht, ist es möglich, aus der Messung des Zündverzugs auf die Oktanzahl eines Ottokraftstoffes zu schliessen, sofern der Zusammenhang zwischen der Cetanzahl als Maß der Zündwilligkeit und der Oktanzahl als Maß der Klopffestigkeit bekannt ist. Noch genauere Ergebnisse erhält man, wenn man den Prüfkraftstoff unmittelbar mit Gemischen aus Iso-Oktan und Normalheptan vergleicht. Damit ist das Verfahren geeignet, als Grundlage für die einheitliche Prüfung sowohl von Diesel-, als auch von Ottokraftstoffen zu dienen.

Der Zusammenhang zwischen Cetan- und Oktanzahl wurde am FKFS-Kraftstoff-Prüfmotor mit Hilfe reiner Kohlenwasserstoffe geklärt. Die am FKFS-Prüfmotor ermittelten Oktanzahlen stimmen mit den am IG-Prüfmotor erhaltenen überein, sofern die zu untersuchenden Kraftstoffe in ihrer Klopffestigkeit im Bereich von 50 bis 100 Einheiten der Oktanzahl liegen. Ottokraftstoffe mit einer kleineren Oktanzahl als 50 werden am IG-Prüfmotor günstiger bewertet als am FKFS-Prüf-

motor. Der Grund dürfte in der Eigenart des Springstabindikators zu suchen sein, der bei den Messungen am J0-Motor als Klopfanzeiger dient.

Die an Quarzglasfenster des FKFD-Motors sich ablagernde Rußschicht, die bei größeren Versuchsserien die Meßgenauigkeit beeinträchtigt, bzw. eine häufige Neuaufnahme der Dichtkurve mit dem Vergleichsgemisch erfordert, lässt sich nach neueren Erkenntnissen durch kurze Zwischenläufe unter Zusatz von Sauerstoff weg trennen. Ein Bericht über diese Untersuchungen ist in Vorbereitung.

Heben diesen Arbeiten wurden laufend Prüfungen an Kraft- und Schmierstoffen für den Versuchsbetrieb und im Auftrage von Industriewerken durchgeführt.

#### IV. Grundsätzliche Forschungsarbeiten.

Die folgenden Aufgaben, über die zum Teil schon vorweg berichtet wurde, sind im Auftrag und mit Unterstützung des Herrn Reichsverkehrsministers bearbeitet worden.

Mit Beginn des Krieges wurde ein Teil davon eingestellt und nur die besonders gekennzeichneten Aufgaben weitergeführt.

##### 1.) Triebwerk.

- a) Schaffung von Entwicklungsgrundlagen für den Dieselmotor
- b) Verbrennungsmotor nach dem Verfahren von Gottlieb Daimler
- c) Schaffung von Grundlagen für Vereinfachung der Einspritzung
- d) Luftkühlung an Motoren
- e) Weiterentwicklung von Messgeräten

##### 2.) Fahrwerk.

- f) Kühlluftführung an Kraftfahrzeugen
- g) Grundsätzliche Formfragen bodennaher Körper
- h) Luftpaktfmessungen an Motorrädern
- i) Druckmessungen an Fahrzeugen

- k) Roll- und Walkwiderstandeuntersuchungen
- l) Seitenführungskräfte für Fahrzeug-eigenschaften
- m) Grundlagen zur Steuerung der Anhänger-Druckluftbremse durch Dieselmotor
- n) Fahrverhalten von Einachsanhängern
- o) Leichtbau eines Wagenkörpers
- p) Geräuschuntersuchungen an geschlossenen Fahrzeugen

3.) Kraft- und Schmierstoffe.

- q) Abhängigkeit des Zündverzugs von der chemischen Zusammensetzung bei Dieselmotoren
- r) Motorische Abnutzung bei Verwendung synthetischer Kraftstoffe und deren Gemische

4.) Bereifung.

- s) Untersuchungen über die Einwirkungen vom spezifischen Bodendruck auf den Reifenverschleiss
- t) Entwicklung eines Temperaturmessgerätes für Reifeninnentemperaturen.

1.) Triebwerk.

- a) Schaffung von Entwicklungsgrundlagen für den Dieselmotor.

Nachdem die Versuche am seitengesteuerten Dieselmotor erwiesen hatten, dass diese Bauart bei geeigneter Gestaltung einen Vergleich mit dem kopfgesteuerten Dieselmotor sowohl in Bezug auf Hubraumleistung, als auch in Bezug auf Kraftstoffverbrauch aushält, werden die Entwicklungsarbeiten vorerst als abgeschlossen angesehen.

Die weiteren Arbeiten am Dieselmotor galten in Fortführung der früheren Untersuchungen dem Zündverzug und der Möglichkeit seiner Beeinflussung von der motorischen Seite. Sie ergänzen damit die Arbeiten über die Abhängigkeit des Zündverzugs von der chemischen Zusammensetzung des Kraftstoffes, die an anderer Stelle behandelt werden (vgl. III und IV 9).

Die zur Erfassung des Zündbeginns in Frage kommenden Meßverfahren (Ionisationsstrecke, Photozelle, Druckmesser)

wurde hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit und Meßgenauigkeit geklärt. Die einzelnen Meßverfahren erbeiten unter gewissen Voraussetzungen praktisch mit der gleichen Genauigkeit, sie sind jedoch verschieden empfindlich auf die Lage der Meßstelle. Die Ionisationsstrecke, die punktförmig ist, muß unbedingt am Zündherd angesetzt werden. Bei der Photoszelle braucht nur der durch das Quarzfenster gegebene Aufnahmeko gel auf den Zündherd gerichtet zu sein. Die Druckmessung ist weitgehend unabhängig von der Meßstelle, sofern die Brennraumabmessungen nicht zu gross sind und keine Drosselstellen im Brennraum vorhanden sind.

Der Zündverzug wird im wesentlichen durch die Temperatur der Verbrennungsluft, in geringerem Maße durch ihren Druck bestimmt. Dernach beeinflusst die Verdichtung den Zündverzug am stärksten, weitere Einflüsse sind die Drehzahl und die Temperatur der Ansaugluft. Die einzelnen Verbrennungsverfahren zeigen unter sonst gleichen motorischen Bedingungen geringere Unterschiede im Zündverzug, als üblicherweise angenommen wird. Bei handelsüblichen Kraftstoffen liegen diese Unterschiede im allgemeinen innerhalb der Genauigkeit des Meßverfahrens, Kraftstoffe geringerer Zündwilligkeit weisen grössere Unterschiede auf, wobei dann die unmittelbare Einspritzung immer den grössten Zündverzug ergibt. Durch Zusätze schon verbrannter oder inerter Gase kann der Zündverzug beträchtlich vergrössert werden, während bei einem Zusatz von Sauerstoff bis zu einem Anteil von 50 % eine wesentliche Verkürzung des Zündverzugs eintritt. Ein zusammenfassender Bericht ist vorbereitet.

b) Verbrennungsmotor nach dem Verfahren von Gottlieb Daimler.

Der bereits von Gottlieb Daimler vorgeschlagene gemischverdichtende selbstzündende Motor würde, wie schon im letzten Jahresbericht erwähnt, infolge der Vermeidung von Zünd- bzw. Einspritz-Vorrichtungen eine wesentliche bauliche Vereinfachung und damit Verbilligung des Motors bedeuten. Die ersten Untersuchungen über die Möglichkeit eines Betriebes mit Selbstzündung zeigten, dass bestimmte

000170

Eigenschaften des Kraftstoffes - insbesondere hinsichtlich Zündneigung bzw. Klopfestigkeit und Siedeverhalten - für den Selbstzündungsbetrieb erforderlich sind.

Die weiteren Arbeiten erstreckten sich auf Untersuchung des Verbrennungsverlaufs, der Leistungen, der Verbrauchswerte und der Betriebsverhältnisse bei Selbstzündung für verschiedene Kraftstoffe und Mischungen, ferner auf den Einfluss des Verbrennungsraumes und der Verdichtung. Mägerer Betrieb mit Selbstzündung ist ohne weiteres möglich, ebenso ein Anfahren des kalten Motors ohne Kerzenzündung. Schwierigkeiten bereitet jedoch noch die Verhütung übermässiger Drucksteigerung. Über die bisherigen Erkenntnisse wird in Kürze berichtet.

Die weitere Betreuung der Versuche wurde im Laufe des Arbeitsjahres vom Reichsamt für Wirtschaftsausbau übernommen.

c) Schaffung von Grundlagen für Vereinfachung der Einspritzung.

Das in seinen Einzelteilen erprobte Speichereinspritzsystem des Instituts besteht aus einer Membranspeicherpumpe und einem mechanischen Verteiler, der den Kraftstoff zeitlich und mengenmaßig den einzelnen Zylindern des Motors zumeist. Die konstruktive Einfachheit von Membranpumpe und Verteiler ergibt in dieser Zusammenstellung eine billige Einspritzvorrichtung.

Mach weiterer Verbesserung von Pumpe und Verteiler wurden beide in geeigneter Weise zusammengebaut und die Gesamtwirkung erprobt. Das erste Ziel war, eine gleichmaßige Verteilung des Kraftstoffes auf sämtliche Mäsen zu erreichen. Die Zerstäubung, Strahlausbildung und Einspritzdauer wurden bei den ersten Versuchen ausser Betracht gelassen.

Durch verschiedene Ausgestaltungen der Speicher wurde versucht, die bei einem Förderstoss der Pumpe auftretenden Ungleichmaßigkeiten im Druck- und Mengenverhältnis so auszugleichen, dass die vom Verteiler gesteuerten Entnahmestellen jeweils die gleiche Kraftstoffmenge bekommen. Da aber Druckwelle und Förderwelle sich bei jeder Drehzahl und bei jeder Durchflussmenge in anderer Form überschneiden, erhält

man - wie die Versuche erwiesen haben - bei einem bestimmten Aufbau von Pumpe und Speicher eine gleichmässige Verteilung nur bei einer bestimmten Drehzahl und einer bestimmten Mengeneinstellung. Ein Speichersystem, bei dem auf vier und mehr Entnahmen nur ein Förderstoss der Pumpe zur Verfügung steht, bietet somit für die gleichmässige Einspritzung von Kraftstoffen in einen Kraftwagenmotor erhebliche Schwierigkeiten.

Es ist deshalb notwendig, die Zahl der Förderstöße, bezogen auf die Entnahme, zu erhöhen. Das ist auch möglich durch Vermehrung der Pumpeneinheiten und durch Erhöhen der Pumpendrehzahl. Diese Möglichkeiten werden untersucht.

d) Luftkühlung an Motoren.

Da der Wärmeübergang von der Motorwand an die Luft wesentlich schlechter ist als der an Wasser, muss auf die Durchbildung des Kühlgebläses und der Kühlluftführung besondere Sorgfalt verwendet werden.

Die Berechnung eines Kühlgebläses setzt die Kenntnis der erforderlichen Luftmenge und des von dem Gebläse zu erzeugenden Gesamtdruckes voraus. Die Kühlluftmenge lässt sich rechnerisch hinreichend genau vorausbestimmen, während die erforderliche Druckerhöhung weitgehend von der Gestaltung der Kühlluftführung, dem konstruktiven Aufbau des jeweiligen Motors und der Druckverteilung am Kühlfleistein- und -austritt abhängt. Hierdurch wird die Drosselung, das Verhältnis zwischen Liefermenge und Gesamtdruckerhöhung, bestimmt. Da bei einem Motor- oder Fahrzeug-Neuentwurf die erforderliche Druckerhöhung des Gebläses in der Regel nicht vorgegeben ist, wurden für einen luftgekühlten Motor drei Gebläse mit drei verschiedenen Blattausführungen berechnet, gebaut und untersucht. Die erreichten Druckzahlen - also die Verhältnisse des Gesamtdruckes zum Staudruck der Spitzenumfangsgeschwindigkeit - betragen 0,38 bis 0,45 bei Gebläsewirkungsgraden von 80 bis 85 %.

Nach Abschluss der Arbeiten am Gebläseprüfstand wurde ein Gebläse im Fahrzeug an einem Versuchsmotor eingebaut, der auf Grund der Erkenntnisse an den früheren Ver-

suchmotoren, einem Einzylinder- und einem Sechszylinder-Motor, gebaut war. Der Motor konnte bei seiner Erprobung auf dem Prüfstand für brauchbare Betriebswerte entwickelt werden.

Die Hubraumleistung beträgt an der Kupplung 21 PS/, sie liegt also trotz des Leistungsbedarfs für den Antrieb des Gebläses fast so hoch wie beim ersten Versuchsmotor mit fremdangetriebenem Gebläse (vgl. 2. Jahresbericht 8.9). Auch der Mindestverbrauch liegt mit 280 bis 300 g/PSh in der gleichen Höhe. Der Leistungsaufwand für die Kühlung ist im kühlungsmässig ungünstigsten Fall, bei Höchstleistung niedriger als bei den heutigen Fahrzeugmotoren, aber mit 8% der Motorleistung noch zu gross. Dies ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, dass das Triebwerk von einem wassergekühlten Motor übernommen werden musste und daher die Querschnitte der Luftführung nicht in ausreichender Grösse ausgebildet werden konnten. Das Gebläsegeräusch ist im Gebiet höchster Drehzahlen noch stark, weshalb ein Gebläse mit grösserer Druckzahl und damit langsamer laufendem Rad in Bau genommen wurde.

Bei der Fahrerprobung des Motors in einem 2,5l-Adler-Wagen ergaben sich bis jetzt nach rd. 6000 km Fahrt auch im Gebirge keinerlei Schwierigkeiten. Berichte über die bisher vorliegenden Ergebnisse sind in Vorbereitung.

#### e) Weiterentwicklung von Meßgeräten.

Die Messeinrichtungen wurden durch weitgehenden Einsatz kleiner Kathodenstrahl-Oszillographen - die bekanntlich eine trägeheitsfreie Wiedergabe schnell verlaufender Vorgänge ermöglichen - am Prüfstand verbessert. Die Messverstärker wurden dem gleichzeitigen Anschluss an Oszillograph und Kabel angepasst. Zum Betrieb von Oszillographenschleifen hoher Eigenschwingungszahl wurde eine Endstufe grosser Ausgangsleistung ( $\pm 80 \text{ mA}$ ) gebaut.

Die Indiziereinrichtungen zur Aufnahme des Druckverlaufes im Motor konnten durch den Bau von Sonderbauarten der Geber erweitert und insbesondere der Verwendung am Dieselmotor besser angepasst werden.

2. Fahrwerk.

f) Kühlluftführung an Kraftfahrzeugen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Heft 45 der Deutschen Kraftfahrtforschung unter dem Titel "Der Leistungsbedarf zur Kühlung des Fahrzeugmotors und seine Veränderung" wiedergegeben.

a) Grundätzliche Formfragen bodennaher Körper.

Die grundsätzlichen Untersuchungen, die mit einem Stromlinienkörper nach Art eines Tragflügels begonnen wurden waren, konnten wegen vordringlicher anderer Arbeiten nicht weitergeführt werden; ihre Fortsetzung im neuen Versuchsjahr ist vorgesehen.

Grundlegende Erkenntnisse brachten dagegen die Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen der Fahrzeugform und dem Verhalten des Fahrzeugs unter dem Einfluss eines schräg von der Seite kommenden Luftstroms, wie er als Folge des Zusammenwirkens von Fahrtwind und Seitenwind in der Wirklichkeit fast immer auftritt. Zerlegt man die gesamte Luftpakraft in eine in Fahrzeug-Längsachse und eine senkrecht dazu wirkende Teilkraft, so übt die seitliche Teilkraft ein Moment um den zwischen den Achsen liegenden Schwerpunkt des Fahrzeugs aus, falls nicht gerade ihr Angriffspunkt mit dem Schwerpunkt zusammenfällt.

Die Messungen an Fahrzeugmodellen verschiedener Formen haben nun gezeigt, dass die Lage des Angriffspunktes wesentlich von der Fahrzeugform abhängt. Bei allen heute gebrauchlichen Kraftwagen liegt der Angriffspunkt der seitlichen Luftkraftkomponente vor dem Schwerpunkt und zwar rückt er um so weiter nach vorn, je mehr der Fahrzeugkörper in seinem Längsriss der sog. "Stromlinienform" mit abfallendem Heck angenähert ist. Diese Fahrzeuge erfahren daher - wie schon im letzten Jahresbericht erwähnt - bei Schnellfahrt ein nicht zu vernachlässigendes Luftkraftmoment, dass sie aus der Fahrtrichtung abzudrehen versucht. Der Fahrer muss dieses Moment durch Gegenlenken ausgleichen, was bei plötzlich auftretenden Seitenwindböen und hoher Fahrgeschwindigkeit

nicht immer möglich sein wird. Manche bisher ungeklärten Unfälle finden damit - im Zusammenhang mit den unter 1) behandelten Forschungsergebnissen über die zwischen Rad und Fahrbahn wirkenden Kräfte - ihre Erklärung.

Strömungsuntersuchungen mittels einseitig angeklebter Wollfänden und Druckverteilungsmessungen zeigten, dass das an den verschiedenen Fahrzeugformen auftretende Kräftespiel, das die Größe des Luftkraftmomentes bestimmt, von der Art der Umströmung des Wagenkörpers abhängt. Strömungsgünstige Fahrzeuge mit abfallendem Heck werden von dem aus Fahrt- und Seitenwind zusammengesetzten Wind so umströmt, dass sich am Bug an der Abwindseite, am Heck dagegen an der den Wind zugekehrten Seite starke Unterdruckgebiete ausbilden. Die den Druckunterschieden entsprechenden Kräfte addieren sich also in ihrer abdrehenden Wirkung auf das Fahrzeug. Demgegenüber weisen strömungsgünstige Fahrzeuge mit dem vollen K-Heck und auch strömungsgünstige Fahrzeuge mit kastenartigem Heck wesentlich geringere Unterschiede in der Druckverteilung bei Schräganströmung auf.

Das abdrehende Luftkraftmoment kann bekanntlich durch Anbringen von Leitflächen am Heck vermindert werden. Nach den Untersuchungen ist aber eine derartige Verbesserung nur dann möglich, wenn Leitflächen und Fahrzeugform sorgfältig aufeinander abgestimmt sind. Durch Anwendung eines im Institut in umfangreichen Messungen entwickelten Spaltflossenpaars an einem strömungsgünstigen Versuchsfahrzeug mit K-Heck konnte das die Richtungshaltung erschwerende Luftkraftmoment ohne Erhöhung des Luftwiderstandes voll ausgeglichen werden, was durch Fahrversuche bestätigt wurde. Die Wirkungsweise der Spaltflosse ist hierbei ähnlich der des aus der Luftfahrt bekannten Spaltflügels nach Leichmann und Handley Page. Die durch den Spalt strömende Luft beschleunigt die Grenzschicht an der Innenseite der Spaltflossen und verhindert so deren Neigung zur Ablösung. Ein abschließender Bericht über die Untersuchungen ist in Vorbereitung.

#### b) Luftkraftmessungen an Motorrädern.

Untersuchungen an zwei im Maßstab 1:2,5 hergestellten Krafttradmodellen konnten wegen anderweitiger starker Inanspruchnahme nicht durchgeführt werden.

000175

1) Druckmessungen an Fahrzeugen.

In dem mit 120 Druckmessstellen versehenen 2,5 l-Adlerwagen, der von den Adlerwerken, Frankfurt a.M., zu Versuchszwecken zur Verfügung gestellt worden war, wurde ein Vielfachmanometer mit 30 Meßstellen zur Aufnahme der Druckverteilung am Wagenkörper eingebaut. Das Vielfachmanometer, das einen Meßbereich von  $\pm 150$  mm WG hat, wurde nach Angaben der Aerodynamischen Versuchsanstalt Göttingen besonders für Messungen am wirklichen Fahrzeug gebaut. Nach Be seitigung anfänglicher Schwierigkeiten, wie starker Schwankungen der Alkoholmenismen während der Fahrt, durch gummigedämpfte Aufhängung des Meßgerätes und nach Aenderung der Beleuchtungseinrichtung für die Lichtbildaufnahmen wurde mit den Druckverteilungsmessungen begonnen.

Die Versuche ergaben für die Längsmittellebene des Fahrzeugs eine Druckverteilung, die verhältnismässig gut mit den Druckverteilungsmessungen am Modell übereinstimmt.

Die weiter geplanten Untersuchungen am wirklichen Fahrzeug, wie Ermittlung der Druckverteilung unter der Motorhaube, Klärung des Strömungsverlaufs in seitlich offenen und abgedeckten Radkästen, des Einflusses starker Seitenwinds usw. mussten vorläufig zurückgestellt werden.

k) Roll- und Walkwiderstandsuntersuchungen.

Die Bedingungen beim Messen des Rollwiderstandes der Reifen auf dem Trommelprüfstand weichen von den Bedingungen beim Fahren auf der Strasse ab, weil die Trommelbahn gekrümmt ist und ihr Oberflächenzustand sich nicht genau der Straßenoberfläche angleichen lässt. Zum Vergleich der auf der Trommel gemessenen Rollwiderstandsbeiwerte mit den auf der Strasse sich einstellenden Werten wurde ein Schlepprad entwickelt, in ein Fahrzeug eingesetzt und damit Strassenversuche angestellt. Die Messung des Rollwiderstandes auf der Strasse bereitete - wie schon früher erwähnt - Schwierigkeiten, da bei der Aufnahme der Schleppkräfte Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte mit aufgezeichnet wurden, die sich nicht ganz ausscheiden liessen. Die von der

Strasse auf das Ressort übertragenen Stütze wirkten sich zudem auch bei sehr ebenen Straßen störend auf den Aufschrieb der verhältnismäig kleinen Schleppkräfte aus. Die Meßeinrichtung wirkte dabei wie ein Bodenunstabilitätschreiber. Die Ergebnisse lassen trotzdem erkennen, dass der auf ebener Autobahn sich einstellende Rollwiderstand rd. 10 bis 17 % niedriger ist als der auf einer Trümmer gesetzte Wert. Auch der Anstieg des Rollwiderstandes mit der Fahrgeschwindigkeit ist auf der Strasse etwas flacher.

Die Einrichtung zur Reifendruckregelung, mit deren Hilfe der Reifeninnendruck zur Verringerung des Rollwiderstandes und des Reifenverschleisses und zur Erhöhung der Fahrreichbarkeit während der Fahrt verändert und den Straßenvorhüllnissen angepasst werden kann, wurde weiter entwickelt und zu hoher Betriebssicherheit gebracht.

Der Reifenprüfstand mit ebener Laufbahn wurde weiterentwickelt und die Pressluftschmierung vervollkommen.

### 1) Seitenführungs Kräfte und Fahrleideneigenschaften.

Die Fahrtrichtungshaltung des schnellfahrenden Kraftwagens wird durch Bodenführungs- und Luftangriffskräfte, die Momente um den Schwerpunkt hervorrufen, sowie durch Massenkräfte bestimmt. Solange diese Kräfte und Momente sich das Gleichgewicht halten, behält das Fahrzeug seine Fahrtrichtung bei.

Die von der Berührung mit dem Boden herrührenden Kräfte können während der Fahrt durch Lenkung verändert und zum Ausgleich mit den bei einem gegebenen Kraftfahrzeug unbeeinflussbaren Luftkräften gebracht werden (vgl. g). Je weniger aber die Bodenkräfte durch Lenkung beeinflusst zu werden brauchen, desto sicherer wird die Fahrt des Kraftwagens. Das Ziel ist der Bau fahrtrichtungsstabiler Kraftfahrzeuge, die bei den auftretenden oft sich plötzlich ändernden Luftkräften auch ohne Lenkeingriff die Fahrbahn nicht verlassen.

Die bisherigen Untersuchungen der Bodenkräfte und -momente um die Schwerpunktshochachse haben ergeben, dass das vorderlastige Fahrzeug mit nicht eingeschlagenen Vorderrädern