

Die im Laboratorium ermittelten Kennzahlen lassen im Kältegebiet bis -20° ein weniger unterschiedliches Kälteverhalten erwarten. Deshalb werden Durchdrehversuche mit unserem Dieselmotor OM 67/4 noch bei -20° nachgeholt.

Über Verbrauchsziffern, die in Dauerläufen auf dem Prüfstand mit den neuen Winterölen ermittelt sind, werden Ergebnisse im zweiten Bericht zu obiger V-Nummer mitgeteilt.

Zusammenfassung:

In einem als Viskosimeter benutzten Dieselmotor OM 67/4 wurde das Durchdrehverhalten von 10 Schmierölen bei -30° untersucht.

Beide Lieferungen der Deutschen Vacuum bieten bei dieser Tieftemperatur dem Motor etwa den gleichen Durchdrehwiderstand wie das bisherige Wehrmächteinheitsöl und verhalten sich ungünstiger als das Pz-Öl und die übrigen neuen Winteröle. Mit den Ölen der Deutschen Gasolin, Nerag und Rhenania-Ossag wurden erheblich gesteigerte Anlass-Drehzahlen bei -30° erreicht.

Wenn auch in den Wintervorschriften der Wehrmacht für Temperaturen ab -20° Kraftstoffbeimischung zu Motorenöl vorgesehen ist, so ist bei Nachlässigkeiten, die bei der Ölverdünnung stets vorkommen werden, mit wesentlich größeren Kaltstartschwierigkeiten beim Vacuum-Öl zu rechnen als bei den anderen Ölen; von den übrigen drei Sorten steht das Motorenöl der Deutschen Gasolin an der Spitze.

Die Angleichung der Sorten im Tiefkältegebiet ist bei der Ölindustrie verlangt.

Gaggenau, den 21.9.1942

Abteilung Entwicklung :

Hoh
Hohensee
(Sachbearbeiter)

Anlage:

Schaubild V 1505
Tabelle E 1101

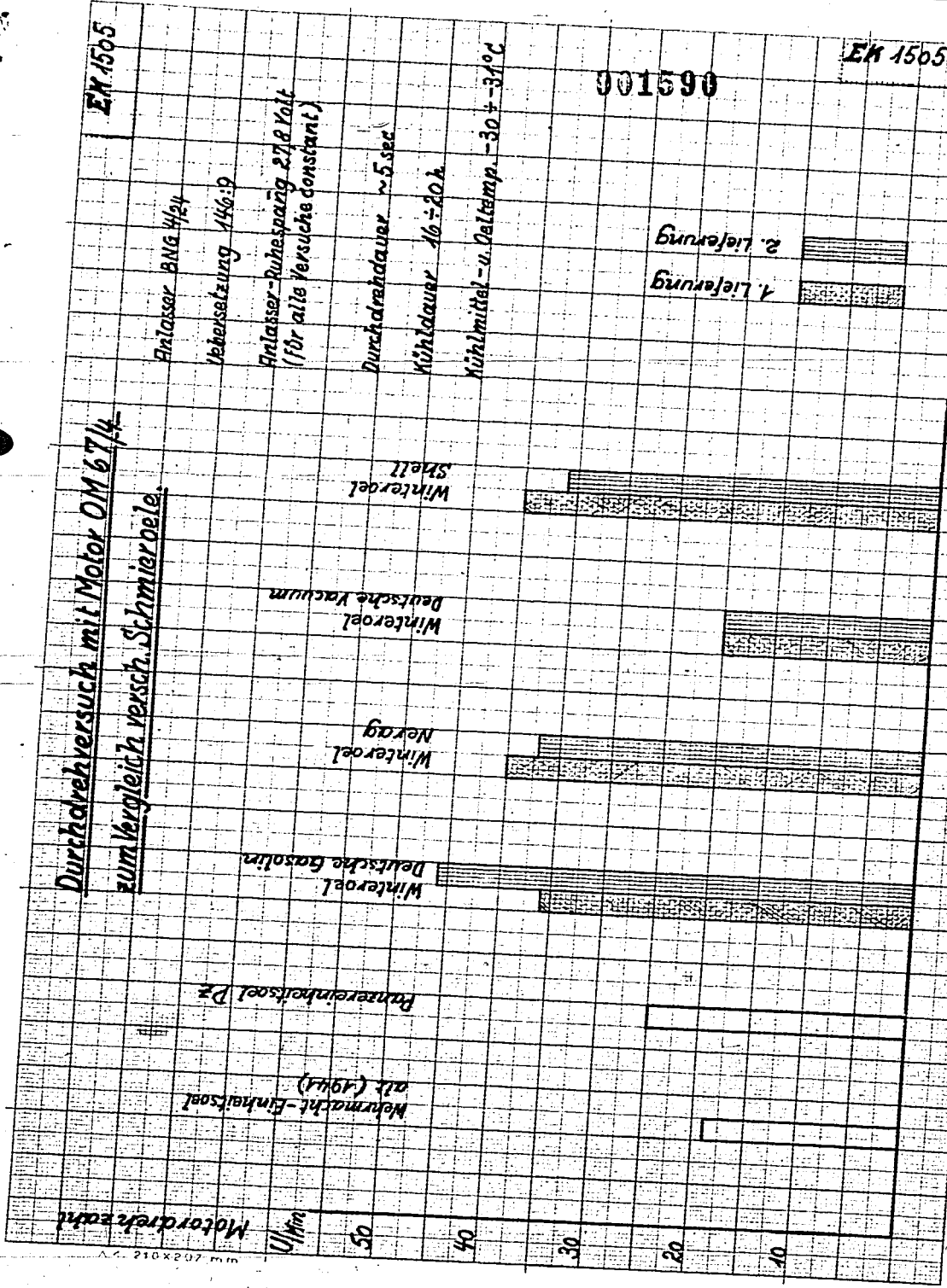
**Durchdrehversuch mit Motor OM 67/4
zum Vergleich versch. Schmieröle.**

EM 1505

001590

EM 1505

29. 5. 62 Hf



Anlasser BNG 4/24

Ubersetzung 140:9

Anlasser-Ruhezeit 27,8 Volt
(für alle Versuche constant)

Durchdrehdauer ~5 sec

Kühldauer 10 ÷ 20 h

Mitteltemperatur -30 ÷ -37°C

1. Lieferung
2. Lieferung

Motor drehzahl
U/min

50

40

30

20

10

210 x 207 mm

EMMOT

W i n t e r ö l e - O s t , 2. Lieferung
 Vergleiche der Untersuchungen der Chemisch Technischen Reichsanstalt, Berlin (I), des Chemischen
 Laboratorium Dr. R. Koetschau und Dr. Schmitt, Hamburg (II), und des Laboratoriums der Abt. Entwicklung (III).

Herstellerefirme	Shell			Gasolin			D. Vacuum			Merug 2b		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Bearbeiter												
Spez. Gew. b/20°	0,8841	0,8918	0,8990	0,8775	0,8783	0,878	0,8846	0,8837	0,883	0,8936	0,8938	0,893
Koks (Conradson)	0,13%	0,19%	0,12%	0,19%	0,21%	0,17%	0,12%	0,12%	0,14%	0,14%	0,17%	0,13%
Flammpunkt i. b. T.	199°	185°	172°	208	196°	198°	218°	215°	222°	224°	217°	225°
Trüfungspunkt		-14°	-11°		-16°	-21°		-14°	-10°		-18°	-15°
Stockpunkt		-38°	-36°		-38°	-39°		-34°	-31°		-32°	-30°
Neutralisationszahl	0,04	0,07	0,07	0,06	0,04	0,04	0,01	0,02	0,02	0,05	0,01	0,03
Verseifungszahl	2,8	1,59	2,7	0,17	0,52	0,2	0,21	0,21	0,4	0,16	0,22	0,17
Viskosität b. 50°	470	520	440	430	490	420	560	535	580	530	590	600
" b. 100°	1,69	1,68	1,65	1,62	1,62	1,62	1,72	1,67	1,57	1,62	1,62	1,65
Viskositätspolhöhe	1,77	1,84	1,86	1,86	1,96	1,85	1,83	1,89	1,94	2,00	2,03	2,00
Verdampfbarkheit nach Noack	17,7%	22,2%	22,2%	16,1%	18,5%	18,1%	14,9%	15,4%	15,4%	13,4%	14,3%	13,9%

Gaßeneau, den 17.8.1942

EMMOT

001591

? DB

Verteiler: Wirtschaftsgruppe-Fahrzeugindustrie, Berlin
OKH Wa Prüf 6, mit Ic und IVb (3 x)
OKH Oberst Rothardt
Oberst von Mühlentfels, Wünsdorf
Major (Ing.) Liebel
Mineralöl-Industrie d. Herrn Roessig (4 x)
Fa. Adam Opel AG., Rüsselsheim

140

001592

Nachtrag zum 1. Bericht zu V.Nr. 90 02 371/5731 a

Betr.: Durchdrehversuche mit neuen Winterölen der Wehrmacht bei -20°C

Im 1. Bericht zu obiger Versuchsnummer wurden Durchdrehversuche eingehend beschrieben, die wir zur Untersuchung unverdünnter Motorenöle der Wehrmacht (Winter) bei -30°C anstellten.

Da das im Prüfmotor erhaltene Ergebnis nicht nur wesentlich anders ausfiel, als aufgrund der im Laboratorium ermittelten Kennzahlen erwartet werden konnte, sondern auch in der grundsätzlichen Richtung schlechte Übereinstimmung aufwies mit den vom Werk Untertürkheim bei -30° und von Firma Opel bei -18° festgelegten Ziffern, wurden hier Durchdrehversuche bei einer Temperatur von -20° nachgeholt.

Bei diesen Meßreihen wurde keine Ölverdünnung durch Kraftstoffbeimischung vorgenommen, weil auch laut Wintervorschrift die neuen Öle bis zu dieser Temperatur unverdünnt verwendet werden sollen. Auch die übrigen Versuchs-Bedingungen (Motor, Anlaßaggregat, Kühldauer) wurden beibehalten.

Das Ergebnis zeigt folgende Zahlentafel:

Durchdrehzahlen bei -20°C

1. Wehrmachts-Einheitsöl Pz	75 U/min = 1,00 x Pz
2. Gasolin 2. Lieferung	95 " = 1,27 x Pz
3. Nerag 2b Lieferung	85 " = 1,13 x Pz
4. Vacuum 2. Lieferung	83 " = 1,11 x Pz
5. Shell 2. Lieferung	90 " = 1,20 x Pz

Man erkennt aus dieser Übersicht, daß die neuen Winteröle der Wehrmacht sich bei -20° in ihrem Kälteverhalten erheblich genähert haben und sämtlich günstiger liegen als das Wehrmacht-Einheitsöl Pz. Die Drehzahlwerte der Öle der Deutschen Gasolin und der Rhenania-Ossag liegen aber immer noch über denjenigen der Sorten der Nerag und der Deutschen Vacuum. Die beiden letzten Öle zeigen bei -20° die größte Ähnlichkeit.

Werden die bei -30° ermittelten Ziffern in derselben Weise auf das Pz-Öl bezogen, so zeigt die nächste Zahlentafel nochmals besonders deutlich, in welchem Maße sich das Kälteverhalten bei dem Temperatur-sprung von -20° bis -30° ändert.

001593

Durchdrehzahlen bei -30°C

1. Wehrmachts-Einheitsöl Pz	25 U/min	= 1,00 x Pz
2. Gasolin 2. Lieferung	46 "	= 1,84 x Pz
3. Merag 2b. "	37 "	= 1,48 x Pz
4. Vacuum 2. "	20 "	= 0,80 x Pz
5. Shell 2. "	36 "	= 1,44 x Pz

Anstelle des Anlaßaggregates wurde bei den letzten Durchdrehversuchen auch ein normaler, zum Motor gehöriger Sammlersatz von 2 x 105 Ah bei + 20°C benutzt, um festzustellen, ob mit dieser üblichen Ausrüstung wenigstens in der Größenordnung die gleichen Anlaßdrehzahlen wie mit dem Umformersatz des Anlaßaggregates erreicht werden. Es zeigte sich, daß die Drehzahlen der neuen Winteröle ebenfalls zwischen 80 und 90 U/min lagen.

Gaggenau, den 15.10.1942

Abt. Entwicklung

H.L.
 (Hohensee)
 Sachbearbeiter.

M.

Daimler-Benz A.-G.
Werk Gaggenau

Richtlinien für Durchdrehversuche
zur Beurteilung der Kaltstartfähigkeit
von Motorenölen.

141

A) Vorbemerkung:

Die Größe des Durchdrehwiderstandes der Brennkraftmaschinen bei tiefer Kälte wird überwiegend von dem bei niedrigen Temperaturen herrschenden Fließverhalten (Stockpunkt und Zähigkeit) des Schmierstoffes bestimmt. Von Gesamtwiderstand, den der "Anlasser" -im allgemeinsten Sinne- zu überwinden hat, entfällt der Hauptanteil auf die "Ölreibung" der Kolbenlaufbahnen (nach bisherigen noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen 60-70%).

Mit Laborgeräten kann die wahre Größe des Durchdrehwiderstandes nur angenähert vorausbestimmt werden, weil im Tiefkältegebiet, vor allem unterhalb des Stockpunktes, die ermittelte Zähflüssigkeit, die häufig nur durch Extrapolation gefunden ist, anscheinend nicht mehr in einfacher gesetzmässiger Beziehung zum Fließverhalten und zur Pumpfähigkeit der Schmierstoffe steht.

Vorwiegend aus diesem Grunde wird für die Bewertung der neuen Winteröle der Motor selbst als "Kälteviskosimeter" benutzt.

B) Das Messverfahren.

a) Mechanische Vorbereitung des Motors.

Der für Durchdrehversuche ausgewählte Motor muss mechanisch in einwandfreiem Zustand sein. Er soll mindestens ein Streckenalter von 5000 - 10000 km haben. Werden Motoren mit wesentlich höheren Km-Leistungen benutzt, so sind vor Beginn der Durchdrehversuche die Lager und Kolbenspiele, die Kolbenringspannungen, die Ventilspiele sowie die Ventilsitze zu überprüfen; weisen einzelne Teile ungewöhnlich schlechten Zustand oder hohen Verschleiß auf, so sollte der Motor entweder überhaupt nicht oder erst nach Beseitigung der Mängel für die Versuche benutzt werden.

b) Ölwechsel:

Beim Ölwechsel kommt alles darauf an, das alte Öl weitestgehend aus allen Lagerstellen und von allen Laufbahnen zu entfernen und das frische Öl an die gleichen Stellen hinzubringen, und zwar so verteilt wie es dem betriebsechten Zustand entspricht. Um das zu erreichen, muss, nachdem der Kaltstart- bzw. Durchdrehversuch mit dem einen Öl beendet ist, der Motor warmlaufen werden, mindestens bis auf 50-60° Kühlmittel und Öltemperatur. Bei warmer Maschine ist das alte Öl abzulassen; und zwar solange, bis nur noch einzelne Tropfen aus der Ablassverschraubung fallen (ca. 20 Min.). Bei Motoren, deren Ölpumpen kein Fußventil haben, kann die gute Entleerung gefördert werden dadurch, dass man den Motor während des Ablassens des alten Öles rückwärts dreht. Man kommt auf diese Weise auch mit kleinerer Spülölmenge aus.

EINLAGE
56361

001594

- 2 -

Nach dem Ablassen des alten Öles ist bei noch warmem Motor eine mäßige Menge - gegeben durch die Eintauchtiefe der Ölpumpe bzw. Peilstabmarke - Spülöl (= neuer zu untersuchender Ölsorte) aufzufüllen und Motor hiermit wenigstens 3-5 Minuten auf Drehzahlen von 600 - 1000 U/min., d.h. $1/3 - 1/2$ der Volldrehzahl, laufen zu lassen.

Anschließend wird das Spülöl abgelassen wie vorher das Altöl und neues Öl in den Motor eingefüllt. Hiermit abermals kurzen Lauf von 1-2 Minuten bei derselben Drehzahl wie beim Spülen machen.

Anmerkung: Beim Ölwechsel genügt das Durchdrehen des Motors mit Hilfe des Anlassers, der dem Motor $n = 150 - 250$ U/min gibt, keinesfalls. Mit diesen Drehgeschwindigkeiten kommt das neue Öl mit Sicherheit nicht an sämtliche Stellen, wo es sich zur Ermittlung des Klebwiderstandes befinden soll; insbesondere nicht an die Kolbenlaufbahnen.

c) Antrieb des Motors.

Wie der Motor in Lagern, Kolben und Ventilen müssen Zahnkränze und Anlasser nebst Ritzel in ordentlichem Zustand sein. Zweckmäßig werden die Bosch-Anlasser nach je 10-20 Versuchen, die Schalter, Wicklung und Verzahnung hoch beansprucht, abgebremst werden. (Kennlinienblatt aufnehmen oder berichtigen.)

Dient ein Satz Bleisammler als Stromquelle, so sind zur Pufferung der Stromstöße bei der Hochstromentladung durchweg die 3fachen Sammler, die normal im Fahrzeug den Motoren zugeordnet sind, im warmen (+ 200) und vollgeladenen Zustand, parallel geschaltet, anzuschließen. Wird eine Außenstromquelle (Umformersatz) benutzt, muss ebenfalls durch Bemessung der Querschnitte, Schalter und Wicklungen der Umformmaschinen den hohen Strömen Rechnung getragen werden. (Bei Vergasermotoren Pkw bis 400, bei Dieselmotoren Lkw bis 800 Amp.)

d) Auskühlung.

Innerhalb 24 Stunden kann auch bei sorgfältiger Vorbereitung und eingespielter Bedienung erfahrungsgemäß mit einem Motor nur 1 Durchdrehversuch erledigt werden.

Der Prüfling wird unmittelbar nach dem Ölwechsel in der Kältekammer mit voller Kälte beaufschlagt, um ihn in allen Teilen so schnell wie möglich auf die Solltemperatur zu bringen. (Es gibt kein Klemmen und Verformen durch Temperaturunterschiede in den Motoreinzelteilen !)

Nach 3-12 Stunden Kühlzeit kann bei Vorhandensein eines Umwälzlüfters mit vollständiger Durchkühlung gerechnet werden. Über weitere 3-4 Stunden ist die Temperatur auf dem Sollwert zu halten, um vollkommenen Temperaturausgleich zu bekommen. Es ist selbstverständlich, dass während der Kühlzeit Raum-, Kühlmittel- und Öltemperatur aufzuschreiben sind. Man beachte,

x) Gleiches Fabrikat der Sammler zu verwenden, wird empfohlen.

dass Öl ein schlechter Wärmeleiter ist und die Ablesung der Öltemperaturen nur dann als richtig gelten kann, wenn sie mit Sonderthermometern, die durch die Peilstabhülse eingeführt werden, etwa in der Mitte des Ölsumpfes festgestellt sind.

d) Anlassdrehzahl und Durchdrehdauer.

Während des eigentlichen Durchdrehversuches darf bei Vergasermotoren kein Kraftstoff angesaugt werden; die Zündung bleibt kurzgeschlossen. Dieselmotoren dürfen keine Einspritzung erhalten.

Das Ziel der Durchdrehversuche kann verschieden sein; es soll im allgemeinen festgestellt werden,

I. welche Drehzahlen mit verschiedenen Ölen bei gleicher Tieftemperatur erreicht werden;

od. II. bei welcher Temperatur mit den verschiedenen Ölen eine für die Motorengattung oder das Baumuster typische niedrigste Anlaßdrehzahl erreicht wird (bei Vergasermotoren etwa 40-60 U/min, bei Dieselmotoren 80-100 U/min.);

od. III. welches (Kraft-) Drehmoment der Anlasser bei verschiedenen Ölen und einer festgelegten Prüfdrehzahl aufzubringen hat.

Am schnellsten zum Ziel führt der Versuch nach I.

Wird der Vergleich der Öle nach II. verlangt, so muss der Grenzwert der Temperatur für jedes Öl durch einige, wenigstens 2 Vorversuche, "eingegabelt" werden.

Die Bestimmung zu III. ist nur mit Außenstromquelle und Feldregelung möglich.

Um Grenzwertbestimmungen handelt es sich in jedem Fall; das bedeutet für die Anlasser stets Hoch- oder Höchstbeanspruchung und wirkt sich auf seinen inneren elektrischen Widerstand in starkem Maße aus.

Deshalb gilt als Hauptregel: Kürzeste Durchdrehdauern: Nicht länger den Anlasser eingeschaltet lassen, als zur Drehzahl-ermittlung bzw. Ablesung der Strom- und Spannungsmesser nötig sind. Erfahrungsgemäß genügen Einschaltzeiten von ca. 5 Sek. Zur Drehzahl-ermittlung werden Stichtachzähler (DVL) oder integrierende Drehzähler (Hasler) benutzt. (Keine sogen. registrierende Instrumente, kalteempfindlich. Strom- und Spannungsmesser möglichst ausserhalb der Kältekammer aufstellen, Verständigung durch akustische oder optische Signale.)

Nach unseren Erfahrungen ist es aufschlussreich für die Bewertung der Öle, eine Meßpunktreihe aufzunehmen. Nachdem der 1. Punkt nach der beschriebenen Vorgehen gefunden ist, wird der 2., 3., 4., 5. Punkt im gleichen Motor-, Kälte- und Anlasserzustand aufgenommen, wobei zwischen je 2 Einzelmessungen eine Ruhepause von mindestens 3, besser 5 Minuten, einzulegen ist.

- Beiliegendes Schaubild, Kurvenblatt V 1494, zeigt ein Beispiel einer solchen Meßpunktreihe. -

Daimler-Benz A.-G.
Werk Gaggenau

001597

C. Auswertung.

Die Versuchsergebnisse sind in Zahlentafeln oder Schaubildern aufzutragen.

Für kraftstoffverdünnte Öle ist der Ölwechsel je nach der Siedelage des zur Verdünnung dienenden Kraftstoffes mit besonderer Sorgfalt vorzunehmen. Hierüber folgt Nachtrag.

Gaggenau, den 22. 6. 42.
Bo/HI

M.

Anlage: Kurvenblatt V 1494

(7.)

ADAM OPEL A.G.

CLOS ITEMS Nos

142 THRU 144.

Vertraulich

061599

ADAM OPEL AG.

RUSSELSHEIM A. M.
Technische Leitung

Kaltstart-Versuche mit Einheitsöl der Wehrmacht

Untersuchung maximaler Startmöglichkeiten an
verschiedenen Wehrmachtsmotoren

c) Einheitsdiesel der Wehrmacht H & A 526
(Hersteller: Vomag)

T.L. 6 LB 3, Versuchs-Nr. S-713
OKH Auftrag S - 006/8717/40

Ausgabe-Datum: 15.1.1943

Sachbearbeiter: E. Gorissen

Abteilungsleiter: K. Rühl

Genehmigt: Techn. Leitung

Verteiler: Herrn Stief

Herrn Dr. K. O. Müller, OKH-Berlin
(2 Kopien)

Herrn Dr. Schaub, Ruhr-Benzin AG
Oberhausen - Holten

Anderung

- 1 -

001600

EINLEITUNG:

Als 3. Motor in der Versuchsreihe über Kaltstartversuche mit dem Einheitsöl der Wehrmacht zur Bestimmung von Startmöglichkeiten bis zu Temperaturen von -25°C wurde der Einheitsdiesel der Wehrmacht in Anlehnung an die früheren Versuche untersucht.

Zur Festlegung des Startbereiches des Dieselmotors steht auch hier neben dem Einheitsöl der Wehrmacht ein Kälteeichöl, etwa einem Winteröl entsprechend, sowie Petroleum als Schmiermittel zur Verfügung, um die Starteigenschaften bei serien- und ausser-serienmässiger Ausrüstung (Pufferbatterie) zu bestimmen. Ausserdem interessiert das Verhalten der beiden Dieselmotoren hinsichtlich Zündwilligkeit bei verschiedenen Cetanzahlen.

Infolge der Versuche "Aktion Winter" der deutschen Fahrzeugindustrie im Laufe dieses Sommers sind die Untersuchungen unter obigem OKH-Auftrag als überholt anzusehen und werden mit diesem Bericht zum Abschluss gebracht.

O P O E L

Technische Leitung

Aufgestellt
Name | Am

Geprüft
Name | Am

Genehmigt
Name | Am

WD 3009 12 41 4/1934

001601

SCHLUSSFOLGERUNG UND VORSCHLAG

Die jetzige serienmässige Ausrüstung des Einheitsdiesels entspricht nicht den Anforderungen, um mit den geprüften Schmiermitteln Starttemperaturen bis zu -25°C zu erreichen.

1.) Infolge der Zähigkeit des Einheitsöles wird der Leistungsaufwand so gross, dass eine Starttemperatur von -25°C nur unter Vergrösserung der Anlasserleistung von 6 auf 11 PS bei 120 Kurbelwellen UPM sowie einer Batteriekapazität von 105 auf ca. 300 Ah bei $+20^{\circ}\text{C}$ Elektrolyttemperatur erreicht werden könnte. Der Material- und Kostenaufwand ist hierbei erheblich und keinesfalls zu rechtfertigen.

Auf Grund der geringeren Zähigkeit des Kälteeichöles wird die erforderliche Leistung auf 9 PS bei 130 Kurbelwellen UPM reduziert. Die Grösse des jetzigen Anlassers ist ausreichend, jedoch muss eine 150 Ah Batterie (warm) vorgesehen werden. Da eine Vergrösserung der Batteriekapazität nicht zu empfehlen ist, wird eine weitere Reduzierung der Ölviskosität, sei es durch Beimischungen oder Anwärmung, für notwendig erachtet. Hierbei sind die thermodynamischen Vorgänge im Motor von bedeutendem Einfluss und können im Rahmen dieser Untersuchungen nicht erfasst werden.

2.) Die erforderliche Anlasserdrehzahl bis zum Einsetzen der Selbstzündung beträgt bei Einheitsöl etwa 120 UPM, bei Kälteeichöl etwa 130 UPM, mit Anfangsdrehzahlen von ca. 80 - 100 UPM; bei Petroleum 150 - 160. Die erforderliche Zeit der Aufbereitung, d.i. bis zur Selbstzündung, ist aus den Tabellen 1 bis 4 zu ersehen. Die Drehzahl bei Selbstzündung des Petroleums ist nur tendenzmässig zu beurteilen, da auf Grund der ungünstigen Versiegelungscharakteristik des Petroleums die Streuungen sehr stark sind und Rückschlüsse auf die Zündfähigkeit der Kraftstoffe nicht gezogen werden können. Die steigenden Anlasserdrehzahlen bei kleiner werdender Viskosität deuten auf den Einfluss der Lässigkeitsverluste und des Wärmeüberganges im Zylinder hin.

3.) Die Anlasserdrehzahl für einwandfreien Lauf beträgt bei beiden Ölen etwa 250 UPM und mehr.

4.) Das erforderliche Drehmoment für den Einheitsdiesel ist bei -25°C etwa 5 mkg für Einheitsöl und etwa 4 mkg für Kälteeichöl. Für diese Werte genügt der jetzige Anlasser.

5.) Der Sonderkraftstoff Cetan 51 bewirkt gegen Normalkraftstoff Cetan 41,5 eine etwa 2° tiefere Starttemperatur.

6.) Die Unterschiede in der Vorglühung, Vierflansch gegen Einflansch, beträgt etwa $2,5^{\circ}\text{C}$ zu Gunsten des Vierflansches.

7.) Durch die geringe Viskosität des Kälteeichöles wird die Temperatur um etwa 4°C gesenkt.

POEIL

Technische Leitung

Aufgestellt
Name Am

Geprüft
Name Am

Genehmigt
Name Am

WD 3309 12 41 5/6891

GEPRÜFTE TEILE

001602

1.) Schmiermittel

Es handelt sich bei den Untersuchungen um ein Einheitsöl der Wehrmacht, mittlerer Viskosität, ein Kälteeichöl sowie um ein Schmiermittel, welches dem Durchdrehen einen äusserst geringen Widerstand entgegensetzt, nämlich Petroleum. Der Untersuchungsbefund der Schmiermittel bezüglich des Viskositätsverlaufes ist aus folgender Tabelle zu ersehen.

Untersuchungsbefund der verwendeten Schmiermittel.

	Motorein- heitsöl	Kälte- eichöl	Petro- leum	Dim.
Spez. Gewicht b. 20°C	0,870	0,860	0,804	gr/ccm
Brechungsindex	1,4832	1,4755		gr/ccm
Flammpunkt o.T.	228	239		°C
Stockpunkt	-32	-41		°C
Viskosität b. +100°C (Höppler)	2,05	1,80		°E
" + 50°C "	9,47	6,54	1,077	°E
" + 20°C "	57	32,9	1,183	°E
" + 0°C "	330	158	1,274	°E
" - 10°C "	850	410	1,365	°E
" - 15°C "	1370	752	1,43	°E
" - 20°C "	3320	1350	1,52	°E
" - 25°C "	6850	2380	1,64	°E
" - 30°C "	12790	4220	1,78	°E
Richtungskonstante K	3,54	3,53		
Viskositäts-Polhöhe	1,98	1,83		
" -Index	93,5	103		
Neutralisationszahl	0,04	0,02		
Verseifungszahl	0,28	0,14		mg/KOH/gr
Asche	0,00	0,00		%
Wasser	0,00	0,00		%
Hartasphalt	0,00	0,00		%

O POEL

Technische Leitung

Aufgestellt
Name AmGeprüft
Name AmGenehmigt
Name Am

001603

2.) Kraftstoffe

Die chemisch physikalische Untersuchung der Gasöle ergab:

	Normalöl	Sonderöl	Dim.
Spez. Gewicht bei 20°C	0,861	0,834	
Flammpunkt o.T.	74	61	gr/cm
Stockpunkt	-38	-34	°C
Siedebeginn	173	159	°C
Siedeübergang	73	83	°C
Wasser	0,1	0,1	%
Schwefel	Spuren	Spuren	%
Asche	0,00	0,00	%
Conradsonkohle	0,002	0,008	%
Kreosotgehalt	5,0	0,9	%
Normalbenzin-Unlösliches	0,00	0,00	%
Neutralisationszahl	0,28	0,03	mg/KOH/gr
Unterer Heizwert	10170	10890	RE/kg

Viskositätsverhalten:

bei 50°C	1,11	1,06	°E
" 35°C	1,18	1,10	°E
" 20°C	1,29	1,16	°E
" 0°C	1,56	1,29	°E
" -5°C	1,68	1,34	°E
" -10°C	1,83	1,42	°E
" -15°C	1,98	1,50	°E
" -20°C	2,27	1,60	°E
" -25°C	2,69	2,00	°E
" -27	-	2,70	°E
" -30°C	8,95	-	°E
Ausscheidungspunkt	-26°C	-24°C	°C
Stockpunkt	-38°C	-34°C	°C
Cetanzahl	41,5	51	

Die Cetanzahl wurde am I.G. Prüfdiesel mit dem Trägheitsgeber von Dr. Neumann und dem FFPS Ablesegerät durchgeführt.

POEL

Technische Leitung

Aufgestellt
Name Am

Geprüft
Name Am

Genehmigt
Name Am

3.) Vorglühung

Es standen zum Anlassen zwei Arten von Vorglühung zur Verfügung. Ein Glühflansch GB zwischen Luftfilter und Ansaugrohr, ferner 4 Ansaugluft-Heizflansche zwischen Krümmer und Zylinderkopf (2,25 Volt, 135 Watt) Hersteller: Eltron, Berlin-Tempelhof.

Aufbau des Versuches:

Motordaten:

Einheitsdiesel der Wehrmacht (Vomag)HWA 526 D
mit Zubehör
Motor Nr.160611

Laufzeit:⁺

Bei Anlieferungetwa 9 Stunden nach Überholung
Bei Versuchsende50 Stunden
Förder- und EinspritzpumpeDeckel, München
Ventilspiel0,35 - 0,35
Anlasser BoschBFD 6/24

Antrieb:

Starterkranz146 Zähne
Ritzel11 Zähne
Übersetzung13,27 : 1
Kaltbatterie105 Ah, 24 V
Pufferbatterie300 Ah, 24 V

⁺ Infolge längerer Ausdehnung der Versuche liessen sich auf Grund der kurzen Einlaufzeit die Anfangswerte nicht mehr wiederholen, da mit zunehmender Laufzeit die Reibung des Motors nachgelassen hatte. Eine Wiederholung der Versuchsreihe wurde hierdurch erforderlich, sodass in den Ergebnissen lediglich die Werte der Wiederholungsversuche berücksichtigt werden konnten.

Die technischen Daten des Einheitsdiesel werden als bekannt vorausgesetzt. Die serienmässige Ausrüstung umfasste ausser Einspritz- und Förderpumpe, Luftpresser, Lichtmaschine und Ventilator zwei 12 Volt Batterien, welche hintereinandergeschaltet (24 Volt) zum Anlassen dienten und einzeln (12 Volt) zum Vorglühen Verwendung fanden. Die Batteriekapazität betrug 105 Ah. Beide Batterien unterlagen der Abkühlung, und sind im Bericht als Kaltbatterien bezeichnet.

Ausserserienmässig diente eine Pufferbatterie, bestehend aus vier - 12 Volt Batterien mit einer Kapazität von 300 Ah, als Stromquelle, von denen je 2 parallelgeschaltete Batterien hintereinandergeschaltet waren.

O P O E L

Technische Leitung

Aufgestellt
Name | Am

Geprüft
Name | Am

Genehmigt
Name | Am

Die Pufferbatterie befand sich ausserhalb des Kälteraumes und hatte eine Durchschnitts-Temperatur von $+20^{\circ}\text{C}$. Zum Aufladen der Batterie wurden 2 spannungsregelnde Lichtmaschinen verwendet, (Siehe Foto Seite 29) und zwar derart, dass dieselben hintereinandergeschaltet, den Ladestrom sowohl für die Kalt- als auch für die Pufferbatterie lieferten. Auf Grund der grösseren Beanspruchung der kalten Batterie durch das Vorglühen fand das Aufladen derselben getrennt statt, sodass nach jedem Startversuch zuerst die Pufferbatterie kurzfristig und anschliessend daran die Kaltbatterie aufgeladen wurde. Das Aufladen geschah während der Tageszeit, sodass während der Nacht die Batterien der Abkühlung ausgesetzt werden konnten. Es liess sich jedoch, besonders bei starker Beanspruchung der Kaltbatterie, nicht verhindern, dass die Batterietemperaturen vor dem Anlassen um einige Grade wärmer vorgefunden wurden. Gelegentliche Kontrollentladungen nach Dinvorschrift gaben die Gewähr für einen einwandfreien Zustand der Batterien.

Die Batterien wurden in der Kälte solange aufgeladen, bis eine Säuredichte von über 1,285, (bei tieferen Temperaturen über 1,3) mittels Aräometers gemessen, auftrat. Die Ablesungen des Aräometers stimmen jedoch nur für eine Säuredichte von etwa $+20^{\circ}\text{C}$, das heisst also, dass bei tiefen Temperaturen keine Gewähr vorliegt, dass die Batterien auch voll aufgeladen waren, trotz gemessener höherer Säuredichte.

Zur Klärung wurde an einer 150 Ah Batterie Kurzentladungen vorgenommen, nachdem die Batterien bei verschiedenen Temperaturen in der Kälte mittels spannungsregelnder Lichtmaschine aufgeladen worden waren. Hierbei trat zutage, dass durch die beim Laden auftretende Erwärmung der Batterien, infolge der chemischen Umsetzungen, eine Säuredichte von 1,3 bei -20°C hervorgerufen wird, welche einer vollgeladenen Batterie entspricht. Hierbei beträgt die Elektrolyttemperatur etwa 0°C . (Temperaturanstieg etwa 20°C in 12 Stunden, beginnend bei -20°C).

Die Kraftstofftanks waren so eingeordnet, dass je nach Erfordernis der eine oder der andere Kraftstoff nach Leerlaufen des Filters und der Leitungen eingeschaltet werden konnten. (Siehe Foto Seite 31)

Messgeräte:

(Foto Seite 29). Die Temperaturen wurden mittels Widerstandsthermometer und Thermoelemente, auf einem 6 Farbstreifen aufgenommen, die Temperaturen der Thermoelementen zum genaueren Ablesen auf einen Millivoltmeter übertragen. (Siehe Schaltschema Seite 13)

Aufgestellt
Name Am

Geprüft
Name Am

Genehmigt
Name Am

POEL

Technische Leitung

Messstellen:

Mit Widerstandsthermometer: Öltemperatur im Hauptölkanaal, Wassertemperatur im Wasserauslass am Zylinderblock.

Mit Thermoelementen: (Kupfer - Konstanten)

Vorderes und hinteres Hauptlager der Kurbelwelle, etwa 1 mm von der Lauffläche entfernt; die Kammerluft im Luftstrom von 2 - 3m/sec. in der Nähe der Ansaugluft.

Die Kaltststelle betrug +50°C und wurde mittels Kontaktthermometers und Rührwerkes auf eine Genauigkeit von ± 0,2°C eingehalten.

Durch Verlegung der Messinstrumente zum Messen von Strom und Spannung, sowie der Drehzahl ausserhalb der Kältekammer, erwies es sich erforderlich, Anlasser und Messkabel derart in Querschnitt und Länge zu vergrössern, dass sie dem Widerstand gemäss Einbauvorschrift entsprachen. Die Anlassedrehzahl wurde mittels Gebers auf einem Voltmeter abgelesen und mittels Eichkurve bestimmt.

Folge der Versuche:

- 1.) Messung des Durchdrehstromes, der Spannung und der Anlassedrehzahl (KV) bei Versuchstemperaturen von 20, 10, 0, -10, -15, -18, -20 und -24°C nominell. (Je nach Lage der Startgrenze mehrere Versuche im Grenzbereich)
 - a.) Bei Verwendung von Einheitsöl
 - b.) Bei Verwendung von Kälteeichöl
 - c.) Bei Verwendung von Petroleum

Der Anlasstrom wird dabei einer konstanten Stromquelle (Pufferbatterie 300 Ah, 24 Volt), die von der Versuchstemperatur unabhängig ist, entnommen.

Durchführung der Versuche ohne Einspritzung.

- 2.) Messung des Durchdrehstromes, der Spannung und der Anlassedrehzahl (KV) wie bei unter 1 genannten Temperaturen und Ölen, jedoch Antrieb des Anlassers durch einer der Kälte ausgesetzten Batterie 24 Volt, 105 Ah. Versuch ohne Einspritzung.
- 3.) Ermittlung der Starttemperatur, bei welcher der Motor bei voller Einspritzung anspringt für die Schmiermittää wie unter 1. Als Stromquelle des Anlassers ist die Kältebatterie zu benutzen. Vor dem Anlassen Vorglühen etwa 2 Minuten lang mit 12 Volt, 105 Ah Batterie.
- 4.) Ermittlung der Starttemperatur wie unter 3 jedoch als Stromquelle für den Anlasser die Pufferbatterie. Vorglühen etwa 2 Minuten.

Aus dem Leistungsblatt für die betreffende Anlassertypen BPD 6/24 (Seite 28) liess sich das Anlassedrehmoment sowie die Anlasserleistung ermitteln (Drehmoment etwa proportional). Die mittlere Anlasserdrehzahl wurde aus dem Übersetzungsverhältnis Zahnzahl Schwungrad-Ritzel errechnet.

O P O E L
 Technische Leitung

Aufgestellt
Name Am

Geprüft
Name Am

Genehmigt
Name Am

Diese Methode ist zur Bestimmung des Drehmomentes hinreichend genau. Ein direktes Messen des Drehmomentes mittels Antriebsmotors liess sich mit den gegebenen Mitteln nicht durchführen.

Um eine zu starke Verdünnung des Öles zu verhüten, fand ein Ölwechsel nach je 3 Startversuchen statt. Laufende Viskositätsuntersuchungen verschiedener Ölproben bei kalten Temperaturen liessen eine wesentliche Veränderung in der Viskosität innerhalb von 3 Startversuchen nicht erkennen, da durch die Warmlaufperiode von etwa 1/2 Stunde die Verdünnung des Öles zum grossen Teil wieder entfernt wurde. Allerdings musste ein etwas höherer Durchdrehwiderstand beim 1. Start nach einer frischen Ölfüllung in Kauf genommen werden, da dem ersten Startversuch keine Ölverdünnung vorausgegangen war. Die Abweichungen fallen in den Bereich der Ungenauigkeiten bei der Durchführung der Versuche.

Die Startdauer ohne Einspritzung zum Messen von Durchdrehstrom, Spannung und Drehzahl betrug 10 Sekunden; mit Einspritzung bis zum vollen Lauf oder bis offensichtlicher Fehlstart vorlag.

Unter vollem Lauf ist nicht nur zu verstehen, dass der Motor nach einigen Zündungen einwandfrei weiterlief, sondern auch, in Grenzfällen, mehrere Umdrehungen einwandfrei zündete, nach einer Weile aber wieder stehen blieb. Hierbei schwankte die Zeit bis zum vollen Lauf je nach Temperatur sehr stark, sodass unter Berücksichtigung dieser Zeit die Streuungen der Werte Ausmasse annahmen, welche eine Auswertung in Frage stellten. Es trat jedoch in keinem Falle ein Fehlstart ein, nachdem "Voller Lauf" mit mehreren Umdrehungen stattgefunden hatte. Somit kann mit Berechtigung die Zeit bis zum vollen Lauf auch als Anlasszeit für die ersten einwandfreien Umdrehungen angesehen werden.

Traten keine bzw. nur vereinzelte Zündungen ein, so wurde solange gestartet, bis nach anfänglichem Zunehmen der Anlassdrehzahl dieselbe wieder abfiel, da mit einem Anspringen des Motors nicht mehr gerechnet werden konnte. Es erwies sich vorteilhafter, durch einmaliges anhaltendes Durchdrehen den Motor zur Zündung zu bringen, als den Startverlauf zu unterbrechen. Bezüglich Anspringens des Motors bei Petroleum sind nur die Durchdrehwiderstände von Wert und nicht die Zeit bis zum vollen Lauf, da infolge Fehlens des Ölfilms zwischen Kolben und Zylinderwand die Leckungsverluste so gross sind, dass mit vergleichmäßigen Daten nicht gerechnet werden kann.

Da die Drehzahl bei der ersten Zündung von besonderem Interesse erscheint, ist dieselbe unter Anlassen in den Tabellen aufgeführt, ebenfalls die Drehzahl bei vollem Lauf.

O POEL

Technische Leitung

Aufgestellt	
Nome	Am

Geprüft	
Nome	Am

Genehmigt	
Nome	Am

Ergebnis:

Infolge der Veränderung der Reibungsverhältnisse im Laufe der Versuche auf Grund der anfänglich geringen Einlaufzeit dienen lediglich die Ergebnisse der letzten Versuchsreihe der Beurteilung. Die in den Tabellen festgelegten Daten sind als Mittelwerte anzusehen und stellen als solche wirkliche Messwerte dar. (keine vermittelten Werte). Die Reproduzierbarkeit bewegt sich innerhalb 2°C. (Tabelle 1 + 4)

- 1.) Unter Berücksichtigung der serienmässigen Ausrüstung des Einheitsdiesels, d.i. 6 PS Anlasser, 105 Ah Batterie, 24 Volt, 2 Minuten Vorglüung mit 12 Volt und volle Einspritzung ergeben sich folgende Starttemperaturen: (Kurve 4, 5 und 6)

Schmiermittel	Kraftstoff	Glühung	Grenztemperatur ca. °C
Einheitsöl	Normal	4 Flansch	ca. -13,5
Einheitsöl	Sonder	4 Flansch	" -15,0
Kälteeichöl	Normal	1 Flansch	" -15,0
Kälteeichöl	Normal	4 Flansch	" -17,5
Kälteeichöl	Sonder	4 Flansch	" -19,0
Petroleum	Sonder	4 Flansch	" -19,5

+ Da die Selbstzündung hinsichtlich der Versiegelung zwischen Kolben und Zylinderwand stark von den Lässigkeiten- und Wärmeverlusten abhängig ist, Petroleum aber in dieser Hinsicht recht ungünstige Verhältnisse aufweist, muss von einer Beurteilung der Versuche mit Petroleum Abstand genommen werden.

Auch sind die Ergebnisse der ausserserienmässigen Ausrüstung mit Pufferbatterie 300 Ah, zwei Minuten-Vorglüung, volle Einspritzung für die Beurteilung der Grenztemperatur nicht ausreichend, da bei der möglichen Tiefsttemperatur der Kältekammer von -23°C kein Fehlstart eintrat, Ergebnisse deshalb nur unterhalb dieser Temperatur zu erwarten sind. Startmöglichkeiten unterhalb -25°C sind somit unter Verwendung einer grösseren Batteriekapazität (300 Ah) infolge der grösseren Leistung des Anlassers durchaus gegeben. Hierbei sind jedoch thermodynamische Vorgänge, sowie die Zündwilligkeit des Kraftstoffes, neben der Anlasserdrehzahl für Selbstzündung von bedeutendem Einfluss.

Die Unterschiede auf Grund der kalten Batterie ergeben demnach:

Normal (Cetan 41,5) gegen Sonderkraftstoff (Cetan 51)

Vorglüung: 1 Flansch gegen 4 Flansch etwa 1,5 - 2°C
 Einheitsöl gegen Kälteeichöl etwa 2,5 - 3°C

- 2.) Infolge der Anlasserdrehzahl, einschliesslich der Drehzahlerhöhung, welche durch das Einspritzen des Kraftstoffes mit folgender Verdünnung des Schmierfilmes sowie durch Teilverbrennung der leichter siedenden Teilchen des Kraftstoffes verursacht wird, tritt eine Aufbereitung des Kraftstoffgemisches ein. (Kurve 4, 5 und 6)

PEL

Technische Leitung

Aufgestellt
Name | Am

Geprüft
Name | Am

Genehmigt
Name | Am

Die Aufbereitung bewirkt eine Verbesserung der Zerstäubung mit teilweiser Verdampfung des Kraftstoffes auf Grund der Erwärmung des Gemisches durch die Kompressionsarbeit bis zum Einsetzen der Selbstzündung. Die erforderliche Anlassdrehzahl für Selbstzündung (Kurve 4) beträgt bei Einheitsöl etwa 120, bei Kälteeichöl etwa 130 UPM (Kurve 5). Die unterschiedlichen Drehzahlen bis zur Selbstzündung (siehe Kurve 6, Petroleum) lassen einen gewissen Temperatur- und Druckzustand bei der Ladung erkennen, welcher andererseits wieder abhängig ist von der untereinander abweichenden Zähigkeit und Dicke des Ölfilmes bei gesteigerter Drehzahl und niedrigen Temperaturen hinsichtlich des Wärmeüberganges an die Zylinderlaufbahn und den Lässigkeitsverlusten zwischen Kolben- und Zylinderlaufbahn. (F. Schaub, Einfluss der Drehzahl auf die Selbstzündungsbedingungen beim Anlass. Deutsche Kraftfahrersforschung H-55 1941). Entsprechend der noch geringeren Versiegelungsfähigkeit des Petroleums liegt die Anlassdrehzahl für Selbstzündung bei etwa 155 UPM (Kurve Nr. 6) als angenäherten Wert. Obwohl die Streuungen bei Petroleum ziemlich stark sind, lässt sich eine Tendenz erhöhter Anlassdrehzahlen bis zur 1. Zündung nicht verkennen. (Tabelle 4). Aus diesem Grunde ist Petroleum in dem Sinne, wie es bei den Ottomotoren als Schmiermittel mit geringem Durchdrehwiderstand zur Beurteilung der Zündfähigkeit bei erhöhter Drehzahl verwendet wurde, nicht geeignet und nur als Durchdrehversuch zu bewerten.

3.) Die Drehzahl bei Beginn des Anlassens mit der Kaltbatterie beträgt bei Einheitsöl etwa 80 bis 90 UPM, bei Kälteeichöl etwa 100 UPM, während bei Petroleum mehr als 130 UPM erforderlich sind, um sicheres Starten zu gewährleisten. Unterhalb dieser Drehzahl können wohl einzelne Zündungen aber kein voller Lauf erwartet werden, d.h. die Batteriekapazität reicht nicht mehr aus.

Auf Grund der grösseren Kapazität der Pufferbatterie ist der Anlasser in der Lage, mit grösserer Anlassdrehzahl zu beginnen. Die Zeit bis zur ersten Zündung ist daher entsprechend kürzer. Dies gilt jedoch nur für Einheitsöl und Kälteeichöl. Auch hier lässt sich eine Staffelung der Anlassdrehzahl entsprechend der Zähigkeit der Schmieröle erkennen bei gleicher Öltemperatur mit 140 UPM bei Einheitsöl und etwa 150 UPM bei Kälteeichöl. Das Anlassen mit Petroleum bei -24°C hatte trotz der hohen Anfangsdrehzahlen von 190 UPM keinen Erfolg.

Die Drehzahl bei einwandfreiem Lauf beträgt bei beiden Ölen etwa 250 UPM und mehr.

Die Zeit bis zur Selbstzündung und bis zum vollen Lauf sind von Einheitsöl und Kälteeichöl auf Kurvenblatt 9 aufgetragen und zeigt den üblichen hyperbolischen Verlauf.

4.) Die Ergebnisse des Durchdrehversuches sind auf Kurvenblatt 2 und 3 mit den dazugehörigen Tabellen 1 bis 4 zu erkennen. Bezüglich Leistungsaufwandes erreicht das Einheitsöl bei etwa -10°C die Nennleistung des Anlassers 6 PS. Von hier ab beginnt ein rapider Abfall der Leistung. Auf Grund der geringen Viskosität hat die Leistung bei dem Kälteeichöl erst bei etwa -20°C seinen Höhepunkt überschritten.

POEL

Technische Leitung

Aufgestellt	
Name	Am
Gepüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

Durch Abkühlen der Batterie auf -20°C wird die Kapazität von 105 Ah auf etwa 40 Ah verringert (siehe Kurve 1, Seite 14, entnommen aus "Kraftfahrzeuge im Winter D 635/5, 1941"). Im Falle der Verwendung einer 150 Ah Batterie verbleibt eine Kapazität bei dieser Temperatur von 60 Ah, andererseits steht durch Aufwärmung der 105 Ah Batterie auf $+10^{\circ}\text{C}$ noch eine Kapazität von 80 Ah zur Verfügung, sodass letzteres der grösseren Batterie mit ihrem erheblichen Aufwand an Material vorzuziehen ist.

Das aus Kurvenblatt 2 + 3 entnommene Drehmoment ist für die beiden Öle, Einheits- und Kälteeichöl, auf Kurvenblatt 7 in Abhängigkeit der Drehzahl aufgetragen (siehe Tabelle 5, Seite 24). Hieraus lässt sich das erforderliche Drehmoment unabhängig von der elektrischen Ausrüstung für eine bestimmte Drehzahl, z.B. Selbstzünddrehzahl 120 U/min bei Einheitsöl, 130 U/min bei Kälteeichöl bestimmen. Der Verlauf ist auf Kurvenblatt 8 zu erkennen und beträgt bei -25°C für Einheitsöl rund 5 mkg, für Kälteeichöl etwa 4 mkg. Das bedeutet, dass das Drehmoment für Einheitsöl etwa eine Leistung von 11 PS erfordert, also selbst eine Batteriekapazität von 150 Ah nicht mehr ausreichend ist, um bei -25°C starten zu können. Das Kälteeichöl liegt in dieser Hinsicht günstiger und benötigt etwa 9 PS, welche eine 150 Ah Batterie (warm) gerade noch imstande ist aufzubringen. Rein leistungsmässig ist eine Starttemperatur von -25°C möglich. Eine grössere Übersetzung Schwungradkranz-Ritzel ist hierbei von Vorteil.

Da aber die mittlerweile geforderten Tieftemperaturen von -40°C und mehr weit grössere Ansprüche an die Leistung (Drehmoment) des Anlassers stellt, müssen geringere Viskositäten des Schmieröles in Betracht gezogen werden. Hierbei sind die thermodynamischen Vorgänge im Zylinder, welche das Anlassverhalten bei diesen Temperaturen in weit höherem Masse beeinflussen, nicht berücksichtigt. Die Abstimmung in der Verdünnung muss so erfolgen, dass eine Mindestdrehzahl für Selbstzündung erreicht wird.

- 5.) Die Förderpumpe (Deckel, München) lässt sich bei Temperaturen von -20°C und tiefer nicht mehr von Hand aus bedienen, da der Kolben infolge grösserer Kontraktion des Pumpengehäuses in die Endstellung gedrückt wird und dort stecken bleibt. Eine nachteilige Wirkung auf das Anlassen, sowie auf den weiteren Verlauf des Motors, tritt hierdurch infolge der baldigen Erwärmung des Zylinderblockes jedoch nicht auf. Die Handbedienung fällt bei diesen Temperaturen als etwaige Beihilfe zum Anlassen aus.
- 6.) Leichtes Erwärmen des Kraftstoffes in der Pumpenleitung verbessert die Startfähigkeit des Diesels. Versuche dieser Art sind in der Auswertung nicht aufgeführt, da prinzipiell die Durchführung der Versuche mit Ausnahme der Vergiftung ohne jegliche Starthilfsmittel getätigt werden sollte.

O P O E L

Technische Leitung

Aufgestuft

Name Am

Geprüft

Name Am

Genehmigt

Name Am

001611

7.) Bei tieferen Temperaturen bleibt der Motor nach einigen einwandfreien Umdrehungen stehen und ist erst nach wiederholten Anlassversuchen zum einwandfreien Lauf zu bringen. Untersuchungen über die Ursache des Stehenbleibens wurden nicht durchgeführt, ist aber wahrscheinlich auf einen frühseitigen Beginn der Auskristallisierung der Kraftstoffe zurückzuführen, sodass im Grenzgebiet eine einwandfreie Förderung beim Anlassen nicht immer gewährleistet ist.

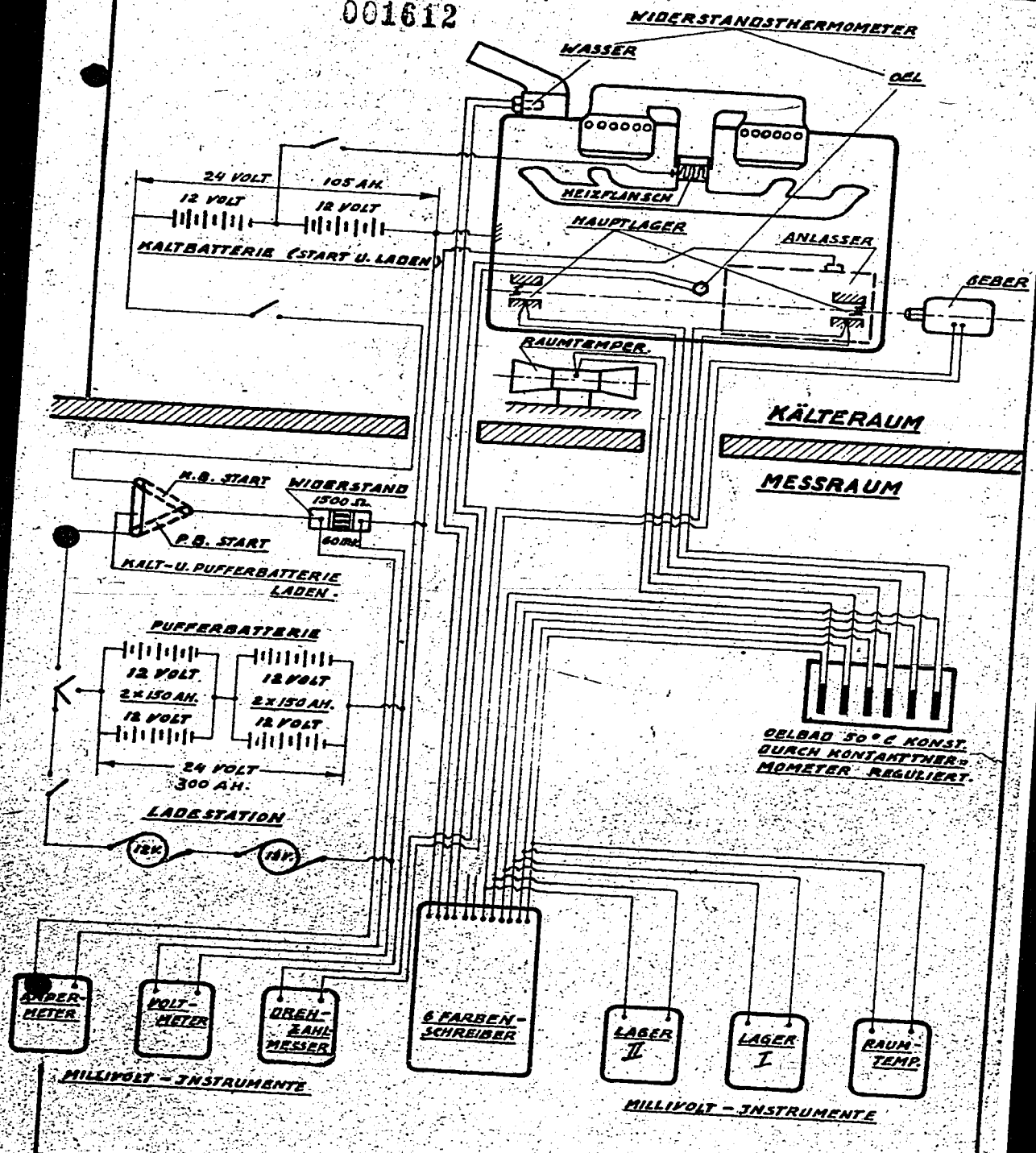
Technische Leitung
Versuchs-Abteilung 800

M. Gorissen
M. Gorissen

POE L
Technische Leitung

Aufgestellt	
Name	Am
Geprüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

001612



OELBAD 50°C KONST.
DURCH KONTAKTHERMOMETER REGULIERT.

AMPER-METER
VOLT-METER
DREH-ZÄHLMESSER

MILLIVOLT-INSTRUMENTE

6 FARBEN-SCHREIBER

LAGER II

LAGER I

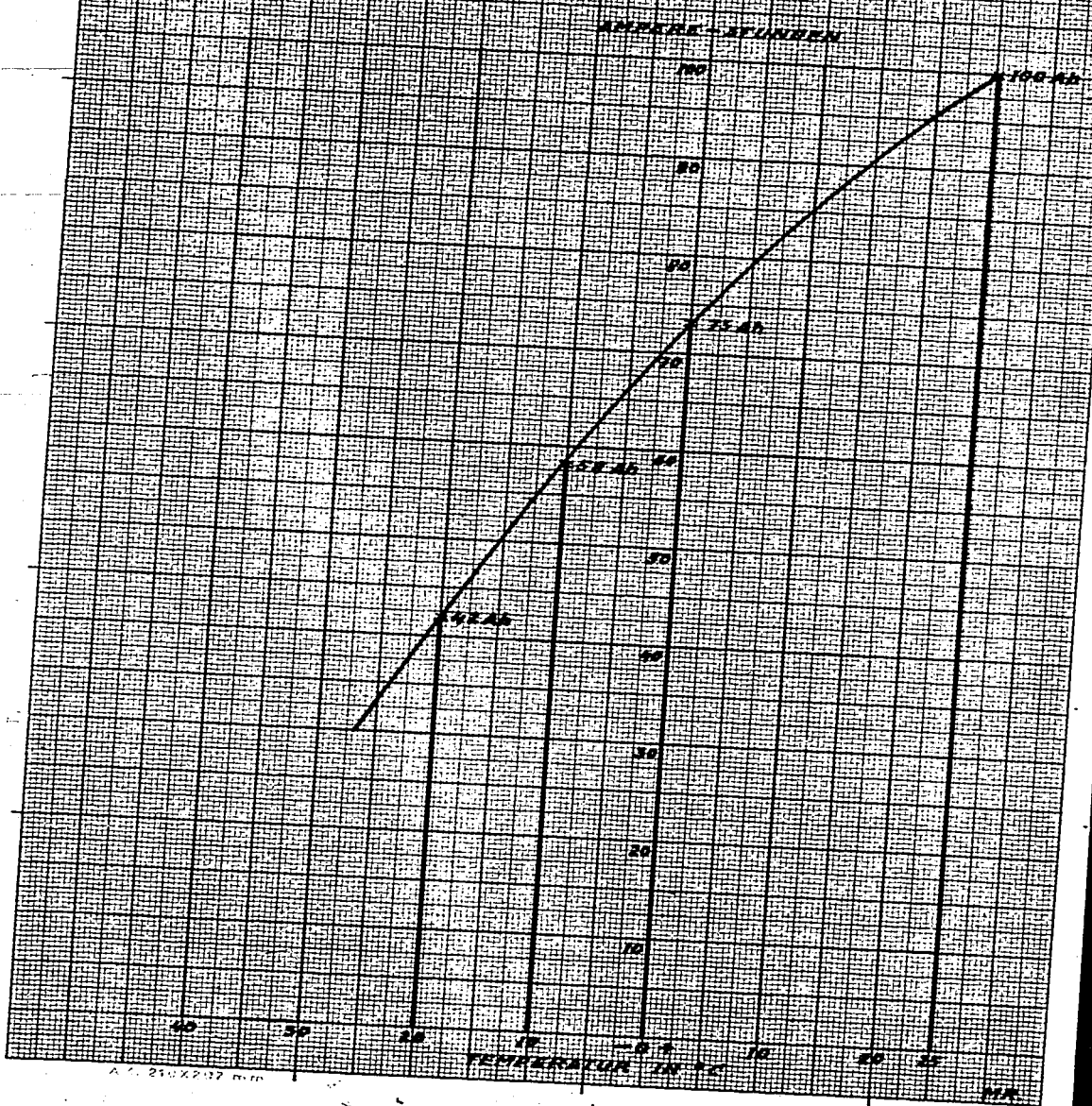
RAUM-TEMP.

MILLIVOLT-INSTRUMENTE

MR. 2.7.42

**BATTERIE-KAPAZITÄT IN
ABHÄNGIGKEIT DER TEMPERATUR.**

001613



A 4 210 X 217 mm

MA



Technische Leitung

Aufgestellt Name An
Geprüft Name An
Genehmigt Name An

Motor: Einheitsmodell
Hersteller: Weng
Motor Nr.: 160 611
Typ: H. W. A. 526 0

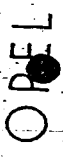
Einheitsgröße: Fe. Diesel, München
Anlasser: 6 PD 67%
Vertriebsmodell: 0.35 - 0.35
Einkauf: ca 50 Stk.

Kraftstoff: Normal, Cetan 41,5
Sonder, Cetan 51
Vergütung: Einflammen
Vierflammen

KALTSTARTVERSUCH N.M.A.
Einheitsmodell (12 - 2% Volt)

Lfd. Nr.	Puffer Batterie	Def. 1942	Batterie			Durchdrehen				Anlassen				Temperaturen					
			Typ	Kapazität	Sturzdichte	1. Durchdrehstrom	2. Durchdrehstrom	Arbeitsleistung	Leistung	Spannung	Durchdrehzeit	1. Durchdrehstrom	2. Durchdrehstrom	1. Volllauf	2. Volllauf	Öl	Wasser	Hauptlager	Strom
1	Puffer Kaltbatt.	11.2.	6 E 10 H	30	1.28	25.5	320	300	1.30	159	6.20	22.5	10	10	10	10	10	10	10
2	Puffer Kaltbatt.	11.2.	6 E 7 H	105		25.5	320	220	1.30	167	4.72	20.0	10	10	10	10	10	10	10
3	Puffer Kaltbatt.	10.2.	6 E 10 H	30		25.5	400	370	1.80	175	2.22	22.0	10	10	10	10	10	10	10
4	Puffer Kaltbatt.	10.2.	6 E 7 H	105		26.2	370	360	1.61	146	4.07	16.7	10	10	10	10	10	10	10
5	Puffer Kaltbatt.	10.2.	6 E 10 H	30		25.5	400	430	2.31	170	7.50	21.5	10	10	10	10	10	10	10
6	Puffer Kaltbatt.	10.2.	6 E 7 H	105		25.5	420	415	2.18	127	5.13	17.0	10	10	10	10	10	10	10
7	Puffer Kaltbatt.	14.1.	6 E 10 H	30		25.5	510	485	2.71	162	8.14	21.3	10	10	10	10	10	10	10
8	Puffer Kaltbatt.	14.1.	6 E 7 H	105		26.2	480	480	2.61	172	5.92	16.4	10	10	10	10	10	10	10
9	Puffer Kaltbatt.	17.2.	6 E 10 H	30		25.5	500	515	2.05	160	9.03	21.3	10	10	10	10	10	10	10
10	Puffer Kaltbatt.	17.2.	6 E 7 H	105		25.4	500	500	2.75	107	5.45	14.7	10	10	10	10	10	10	10
11	Puffer Kaltbatt.	10.2.	6 E 10 H	30		25.5	500	500	3.08	160	9.13	21.2	10	10	10	10	10	10	10
12	Puffer Kaltbatt.	10.2.	6 E 7 H	105		26.0	500	500	3.00	90	5.50	13.5	10	10	10	10	10	10	10
13	Puffer Kaltbatt.	10.2.	6 E 10 H	30		25.5	500	500	3.00	90	5.50	13.5	10	10	10	10	10	10	10
14	Puffer Kaltbatt.	20.2.	6 E 10 H	30		25.5	500	500	3.12	155	9.06	21.0	10	10	10	10	10	10	10
15	Puffer Kaltbatt.	20.2.	6 E 7 H	105		26.7	500	500	3.02	100	5.00	15.5	10	10	10	10	10	10	10
16	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
17	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
18	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
19	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
20	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
21	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
22	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
23	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
24	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
25	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
26	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
27	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
28	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
29	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
30	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
31	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
32	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
33	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
34	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
35	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
36	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
37	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
38	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
39	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
40	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
41	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
42	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
43	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
44	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
45	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
46	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
47	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
48	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
49	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
50	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
51	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
52	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
53	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
54	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
55	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
56	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
57	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
58	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
59	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
60	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
61	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
62	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	10	10	10	10	10
63	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 7 H	105		26.1	500	570	3.20	90	5.30	13.5	10	10	10	10	10	10	10
64	Puffer Kaltbatt.	21.2.	6 E 10 H	30		25.5	600	565	3.30	150	9.53	21.0	10	10	1				

Aufgestellt
Name Am
Geprüft
Name Am
Gezeichnet
Name Am



Technische Leitung

Uhr : Einheitsmaß
Hersteller: Wagg
Motor Nr.: 100 611
TYP : H. V. A. 506 D

Eintrittspitze : Fe. Deckel, München
Anlasser : 8 PD 674
Ventiltrieb : 0,35 - 0,35
Einlauf : ca 50 Std.

Kraftstoff : Normal, Cetan 41,5
Sonder, Cetan 51
Vorglühung : Einflammen
Vierflammen

KALISTARTVERSUCH H.M.A.
Einheitsmodell (12 - 24 Volt)

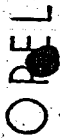
Lfd. Nr.	Prüfstand	Batterie	Durchdrehen				Anlassen				Temperaturen				
			Durchdrehzeit sec	Spannung mittl. V	Ladung PS	Leistung PS	Durchdrehzeit sec	Spannung mittl. V	1. Zugkraft kg	1. Drehmoment Nm	Raumtemp. °C	Wasser Temp. °C	Öl Temp. °C	Hauptlager Temp. °C	Steuerbohrer Temp. °C
9	Puffer Kaltbatt.	6 E 10 Hc 300	25,2	25,8	10,15	203	60	14,0	126	190	-19,5	-18,0	-19,5	-19,3	-19,5
			25,2	26,8	5,8	120	60	23,0	-	190	-19,5	-18,0	-19,5	-19,3	-19,5
			25,2	25,5	10,51	196	70	23,0	-	190	-23,5	-23,0	-23,5	-23,5	-23,5
			25,2	27,2	5,00	92	70	22,0	179	324	195	-23,8	-23,0	-23,5	-23,5
10	Puffer Kaltbatt.	6 E 10 Hc 300	25,2	25,5	10,51	196	70	22,0	179	324	195	-23,8	-23,0	-23,5	-23,5
			25,2	25,5	10,51	196	70	22,0	179	324	195	-23,8	-23,0	-23,5	-23,5
			25,2	25,5	10,51	196	70	22,0	179	324	195	-23,8	-23,0	-23,5	-23,5
			25,2	25,5	10,51	196	70	22,0	179	324	195	-23,8	-23,0	-23,5	-23,5

0) Kraftstoff normal, Vorglühung Einflammen, Startverzögerung etwa -19°C.
 10) Kraftstoff normal, Vorglübung Vierflammen, Startverzögerung etwa -17,5°C.
 100) Kraftstoff Sonder, Vorglübung Vierflammen, Startverzögerung etwa -19°C.

a) Auslastzeit 300 sec.
 x) Auslastzeit 200 sec.
 z) Auslastzeit 240 sec.

001616

Änderung



Technische Leitung

Aufgestellt
Name Am

Geprüft
Name Am

Genehmigt
Name Am

Widerstand : Einheitsideal
Hersteller : Vomag
Widerstand : 100 Ohm
Typ : H. H. A. 528 D

Elementgröße : 6x, Detail, Buchse
Anlasser : 800 W
Nennleistung : 0,5 - 0,35
Eindarf : ca 30 Std.

Kraftstoff : Benzol-Glykol-4/5
Säure/Glykol 5/1
Verdünnung : Gemischt
Vorfleisch

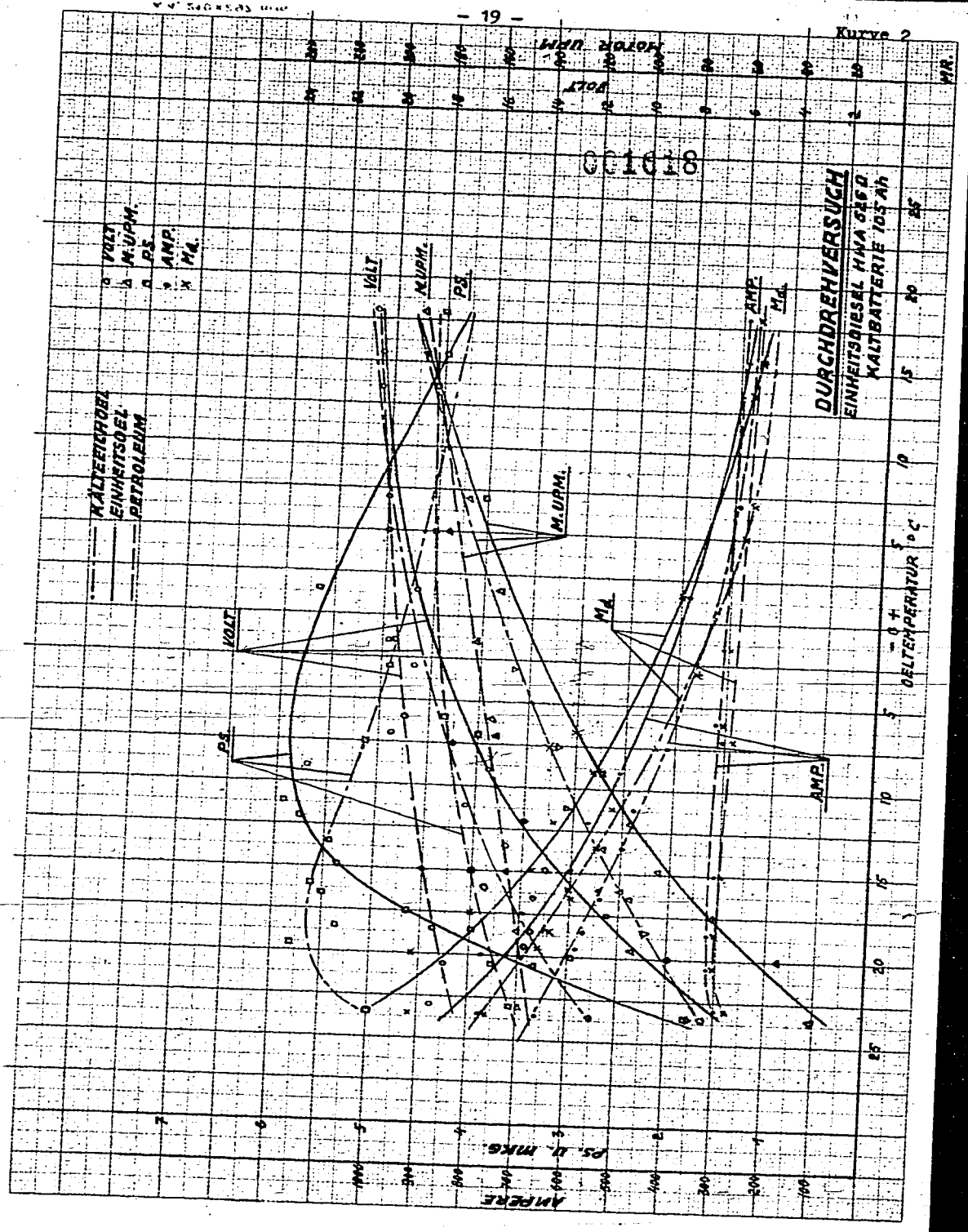
KALTSTARTVERSUCH HALL
Einheitsideal (12 - 28 Volt)

Lfd. Nr.	Prüfgegenstand	Batterie		Durchdrehen				Anlassen				Temperaturen																
		Dat. 1942	Typ Verba	Kapazität Ah	Sauerstoff	1. Durchdrehzeit ab Mittelwert	Drehmoment UPM bis Durchdrehen	Anlasser UPM	1. Durchdrehzeit ab Mittelwert	1. Durchdrehzeit ab Mittelwert	1. Durchdrehzeit ab Mittelwert	1. Durchdrehzeit ab Mittelwert	1. Durchdrehzeit ab Mittelwert	1. Durchdrehzeit ab Mittelwert	1. Durchdrehzeit ab Mittelwert	1. Durchdrehzeit ab Mittelwert												
1	Puffer Kaltbatt.	18.3.	6 E 10 Hc	300	1,28	270	1,19	217	280	4,78	2,0	10	30	30	19	15	25	2	7	-0,0	-1,0	-2,0	-1,1	-1,7	20,3	20,0	19,0	19,0
2	Puffer Kaltbatt.	18.3.	6 E 7 Hc	105	1,28	200	1,31	188	208	4,50	2,0	10	30	30	19	15	25	2	7	-0,0	-1,0	-2,0	-1,1	-1,7	20,3	20,0	19,0	19,0
3	Puffer Kaltbatt.	18.3.	6 E 10 Hc	300	1,28	285	1,28	228	270	4,0	2,7	10	30	30	19	15	25	2	7	-0,0	-1,0	-2,0	-1,1	-1,7	20,3	20,0	19,0	19,0
4	Puffer Kaltbatt.	18.3.	6 E 10 Hc	300	1,28	300	1,28	228	270	4,0	2,7	10	30	30	19	15	25	2	7	-0,0	-1,0	-2,0	-1,1	-1,7	20,3	20,0	19,0	19,0
5	Puffer Kaltbatt.	18.3.	6 E 10 Hc	300	1,28	300	1,28	228	270	4,0	2,7	10	30	30	19	15	25	2	7	-0,0	-1,0	-2,0	-1,1	-1,7	20,3	20,0	19,0	19,0
6	Puffer Kaltbatt.	18.3.	6 E 10 Hc	300	1,28	300	1,28	228	270	4,0	2,7	10	30	30	19	15	25	2	7	-0,0	-1,0	-2,0	-1,1	-1,7	20,3	20,0	19,0	19,0
7	Puffer Kaltbatt.	18.3.	6 E 10 Hc	300	1,28	300	1,28	228	270	4,0	2,7	10	30	30	19	15	25	2	7	-0,0	-1,0	-2,0	-1,1	-1,7	20,3	20,0	19,0	19,0
8	Puffer Kaltbatt.	18.3.	6 E 10 Hc	300	1,28	300	1,28	228	270	4,0	2,7	10	30	30	19	15	25	2	7	-0,0	-1,0	-2,0	-1,1	-1,7	20,3	20,0	19,0	19,0
9	Puffer Kaltbatt.	18.3.	6 E 10 Hc	300	1,28	300	1,28	228	270	4,0	2,7	10	30	30	19	15	25	2	7	-0,0	-1,0	-2,0	-1,1	-1,7	20,3	20,0	19,0	19,0
10	Puffer Kaltbatt.	18.3.	6 E 10 Hc	300	1,28	300	1,28	228	270	4,0	2,7	10	30	30	19	15	25	2	7	-0,0	-1,0	-2,0	-1,1	-1,7	20,3	20,0	19,0	19,0

001617

Tabelle 4

2017 12 27



KÄLTEVERSUCH
 EINHEITSÖL
 PETROLEUM

DURCHDREHVERSUCH
 EINHEITSÖL NINA 5250
 KALT BATTERIE 105 AH

81010

Kurve 2

AMPERE
 PS. II. MIKS.

TEMPERATUR °C

VOLT

VOLT

M. URM.

M. URM.

M.A.

AMP.

AMP.

M.A.

25

20

15

10

5

0

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

70

75

80

85

90

95

100

105

110

115

120

125

130

135

140

145

150

155

160

165

170

175

180

185

190

195

200

205

210

215

220

225

230

235

240

245

250

255

260

265

270

275

280

285

290

295

300

305

310

315

320

325

330

335

340

345

350

355

360

365

370

375

380

385

390

395

400

405

410

415

420

425

430

435

440

445

450

455

460

465

470

475

480

485

490

495

500

505

510

515

520

525

530

535

540

545

550

555

560

565

570

575

580

585

590

595

600

605

610

615

620

625

630

635

640

645

650

655

660

665

670

675

680

685

690

695

700

705

710

715

720

725

730

735

740

745

750

755

760

765

770

775

780

785

790

795

800

805

810

815

820

825

830

835

840

845

850

855

860

865

870

875

880

885

890

895

900

905

910

915

920

925

930

935

940

945

950

955

960

965

970

975

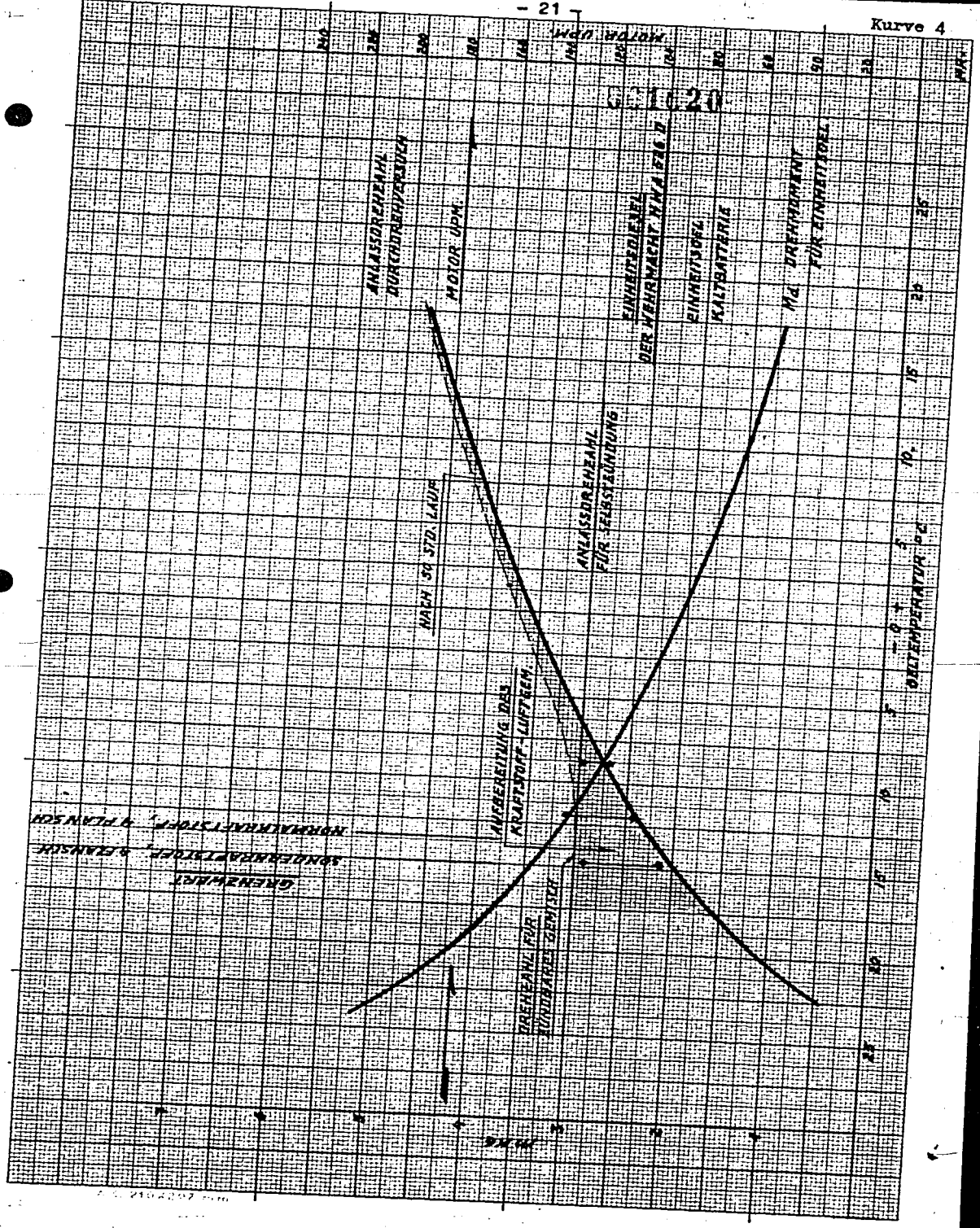
980

985

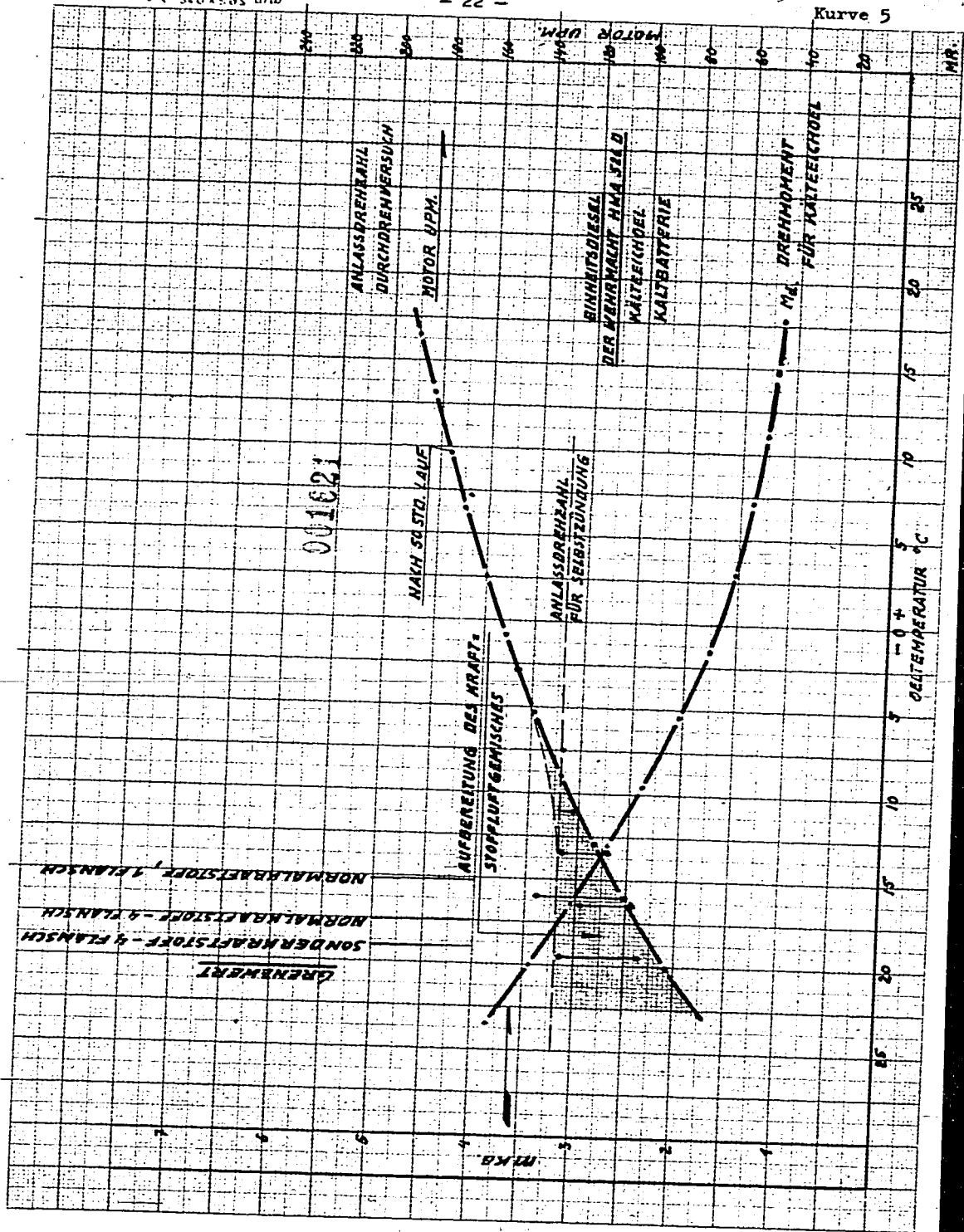
990

995

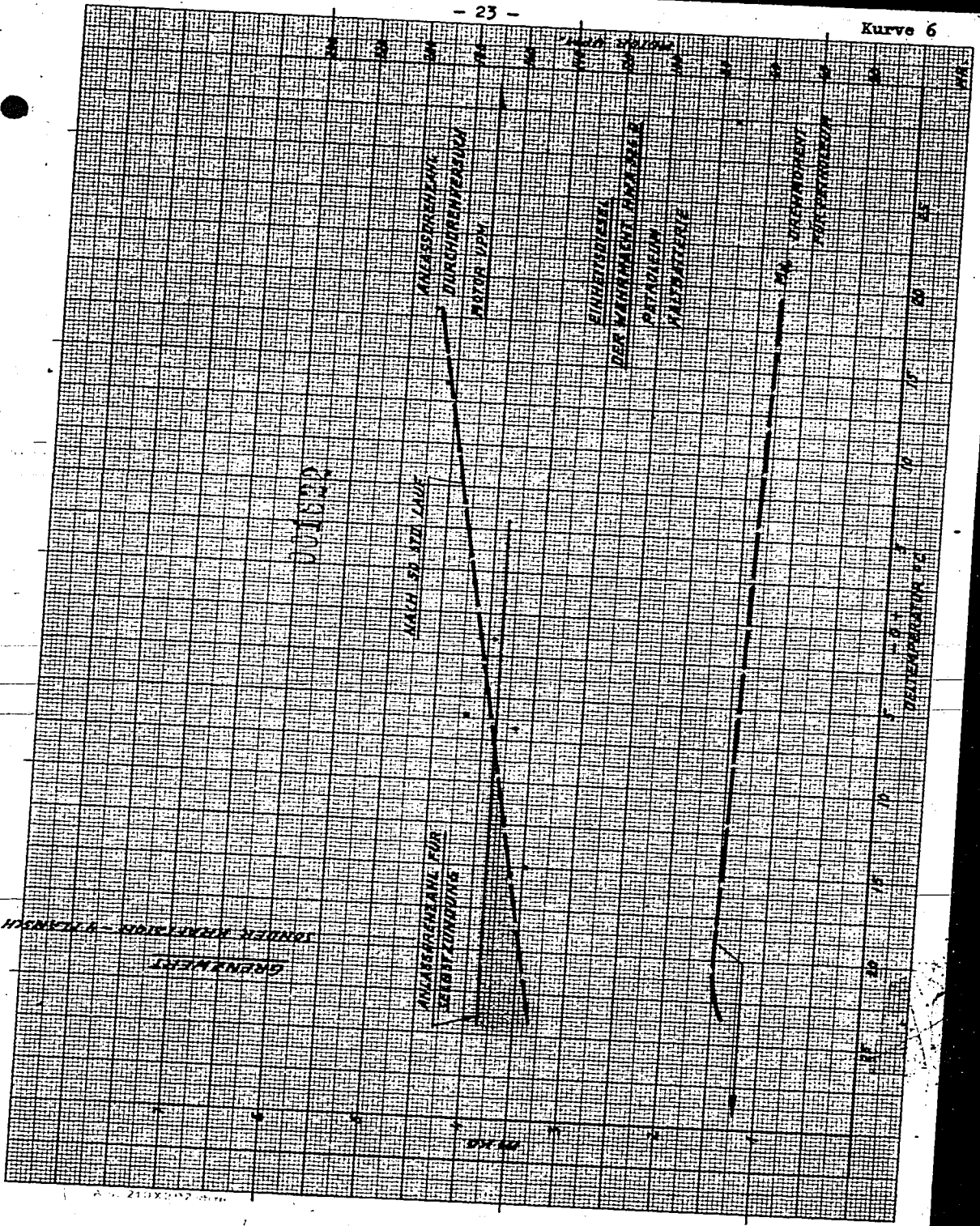
1000



Kurve 5



001621



Art. 210X2102

001623

Tabelle 5

Tabelle Kaltbatterie

Kammer Temp. °C	Kälteeichöl		Einheitsöl	
	Motor UPM	Md (mkg)	Motor UPM	Md (mkg)
+15	187	1,20	185	1,30
+10	177	1,30	173	1,50
0	154	1,67	143	2,08
-10	124	2,40	105	2,90
-15	105	2,90	80	3,45
-20	84	3,45	43	4,25
-25	68	3,80	20	4,90

Pufferbatterie

Die Werte sind aus Kurvenblatt 2 entnommen.

Kammer Temp. °C	Kälteeichöl		Einheitsöl	
	Motor UPM	Md (mkg)	Motor UPM	Md (mkg)
+15	203	1,20	206	1,45
+10	197	1,30	197	1,60
0	183	1,75	178	2,13
-10	169	2,30	160	2,90
-15	160	3,00	150	3,55
-20	151	3,50	140	4,25
-25	144	3,75	133	4,75

O P 5 L
 Technische Leitung

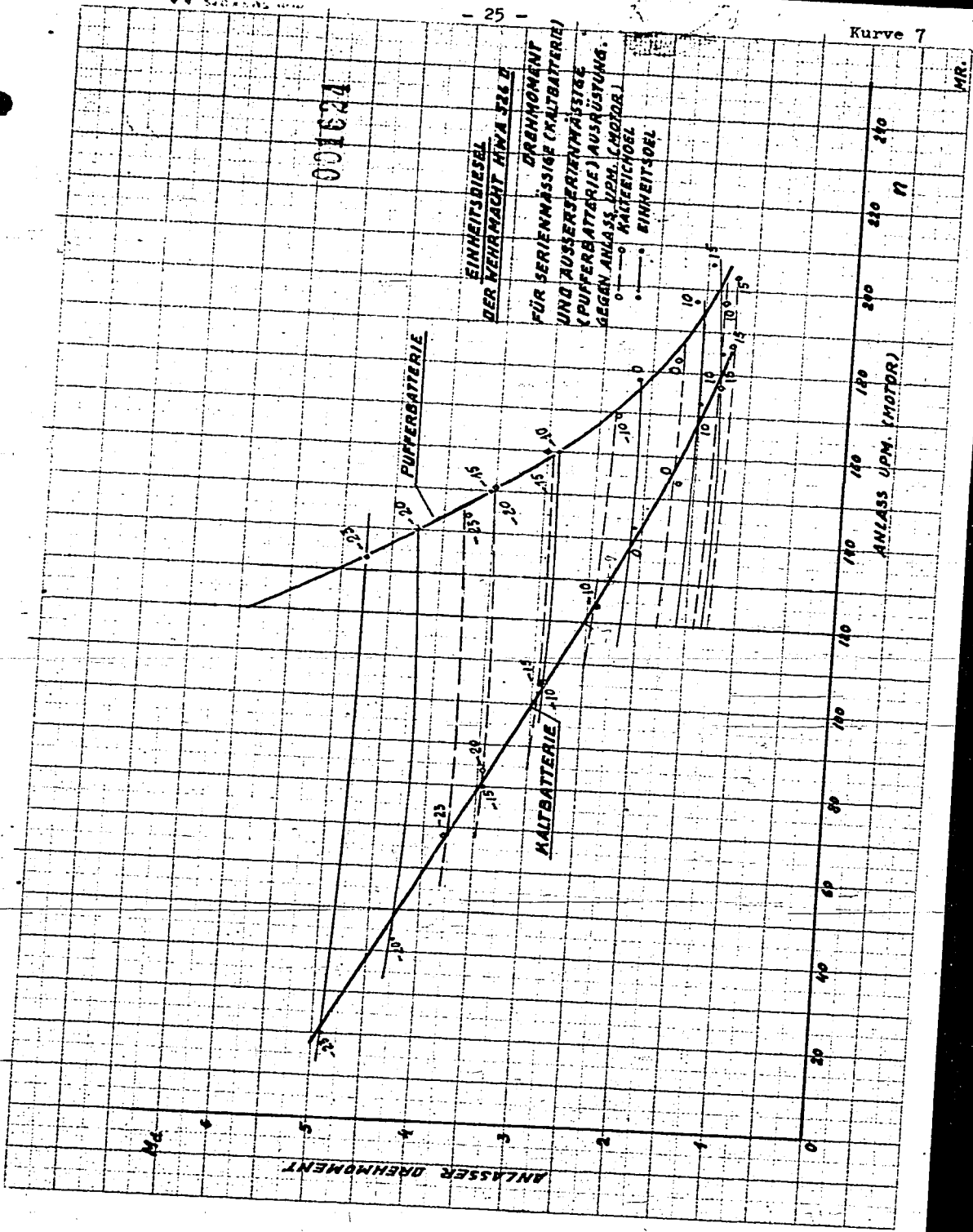
Aufgestellt
Name | Am

Geprüft
Name | Am

Genehmigt
Name | Am

WD 303.17.41 4/1957

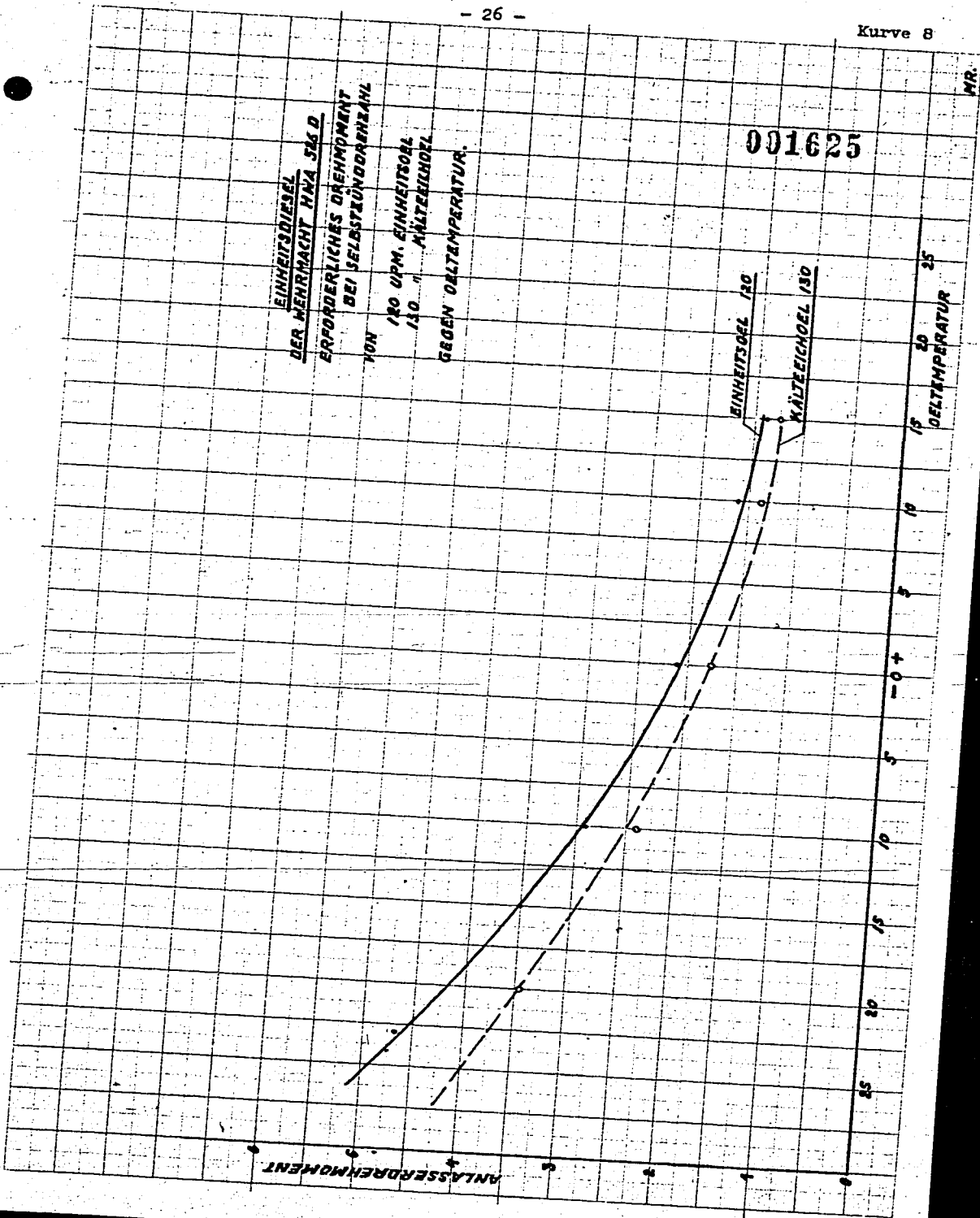
001627



WR.

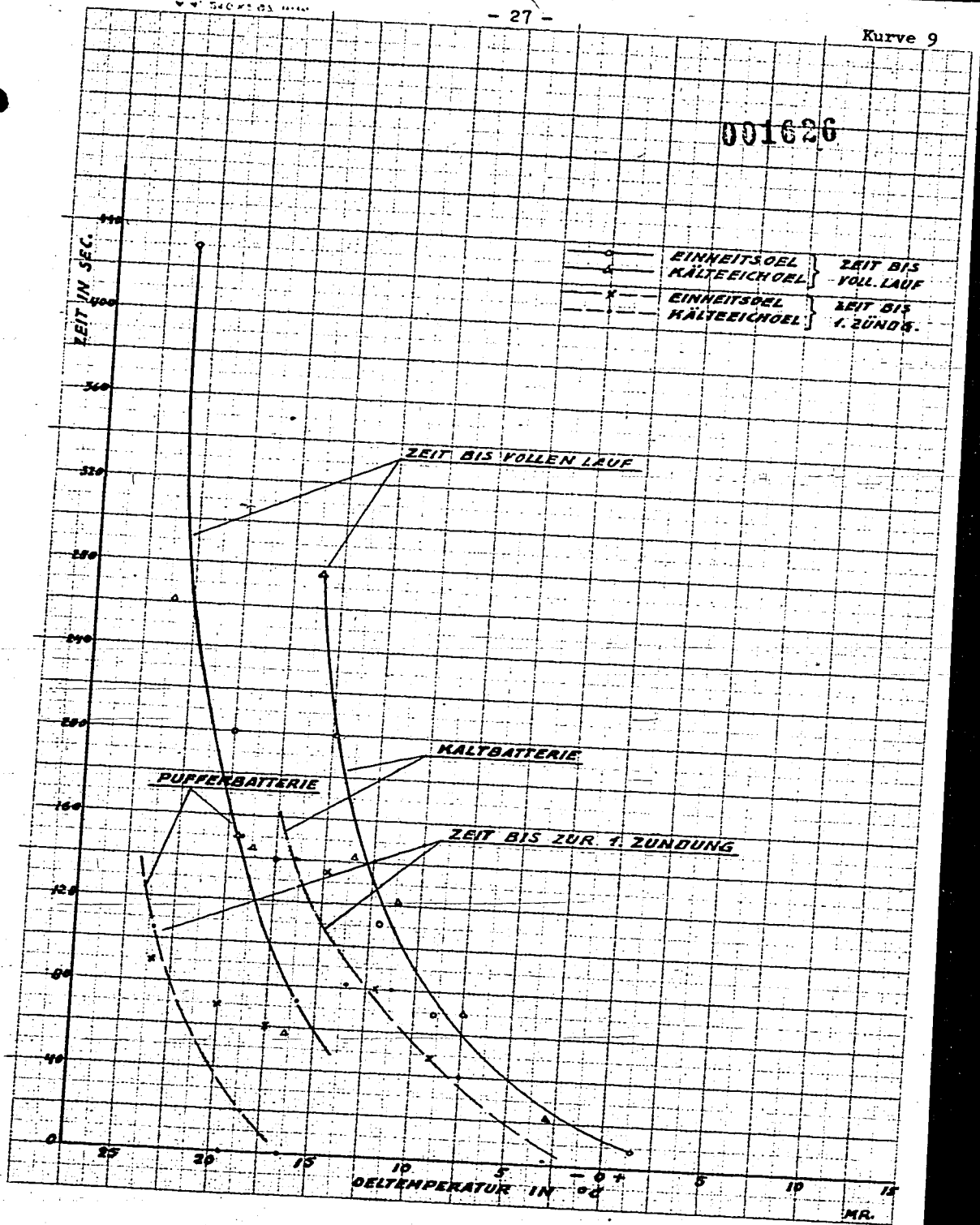
001625

EINHEITSDIESEL
DER LEISTUNG MIT 56 G D.
ERFORDERLICHES DREHMOMENT
BEI SELEKTIONSDREHRZAHL
VON
180 UPM. EINHEITSOEL
130 " KÄLTZEICHEN OEL
GEGEN ÜBERTEMP. OEL.



MR.

001626



Robert Bosch A.-G. Stuttgart

VDA 567

BPD6/24

gez. *K. Re.* gepr. *M. 1249/7* den 16.2.37...

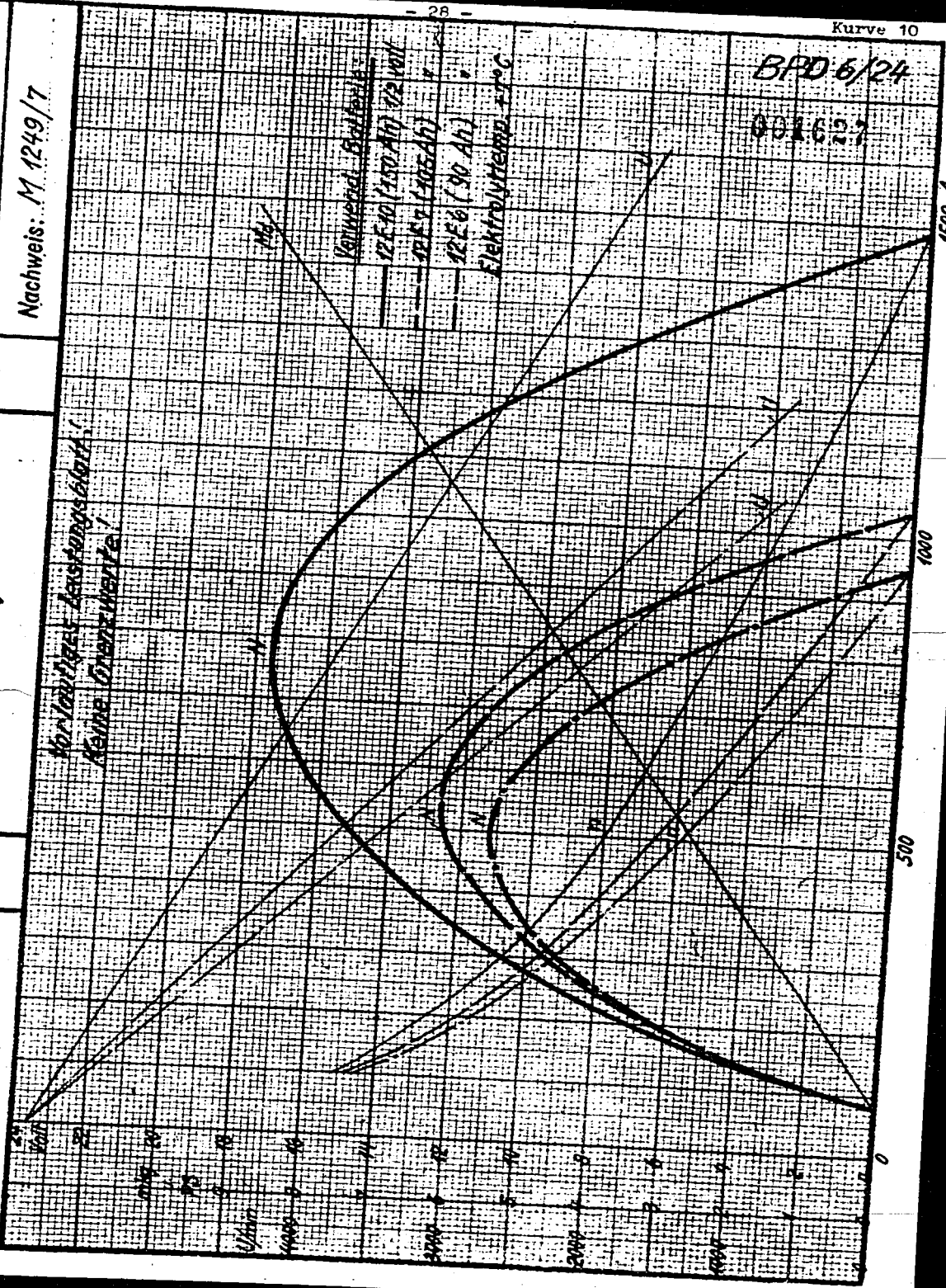
Nachweis: M. 1249/7

Von Nachweis: Leistungsblätter
keine Orientierung!

Vollweid-Batterien
12E10 (150 Ah) 12 Volt
12E12 (205 Ah) 12 Volt
12E16 (30 Ah) 12 Volt
Elektrolytemp. 20°C

BPD 6/24
001627

Kurve 10

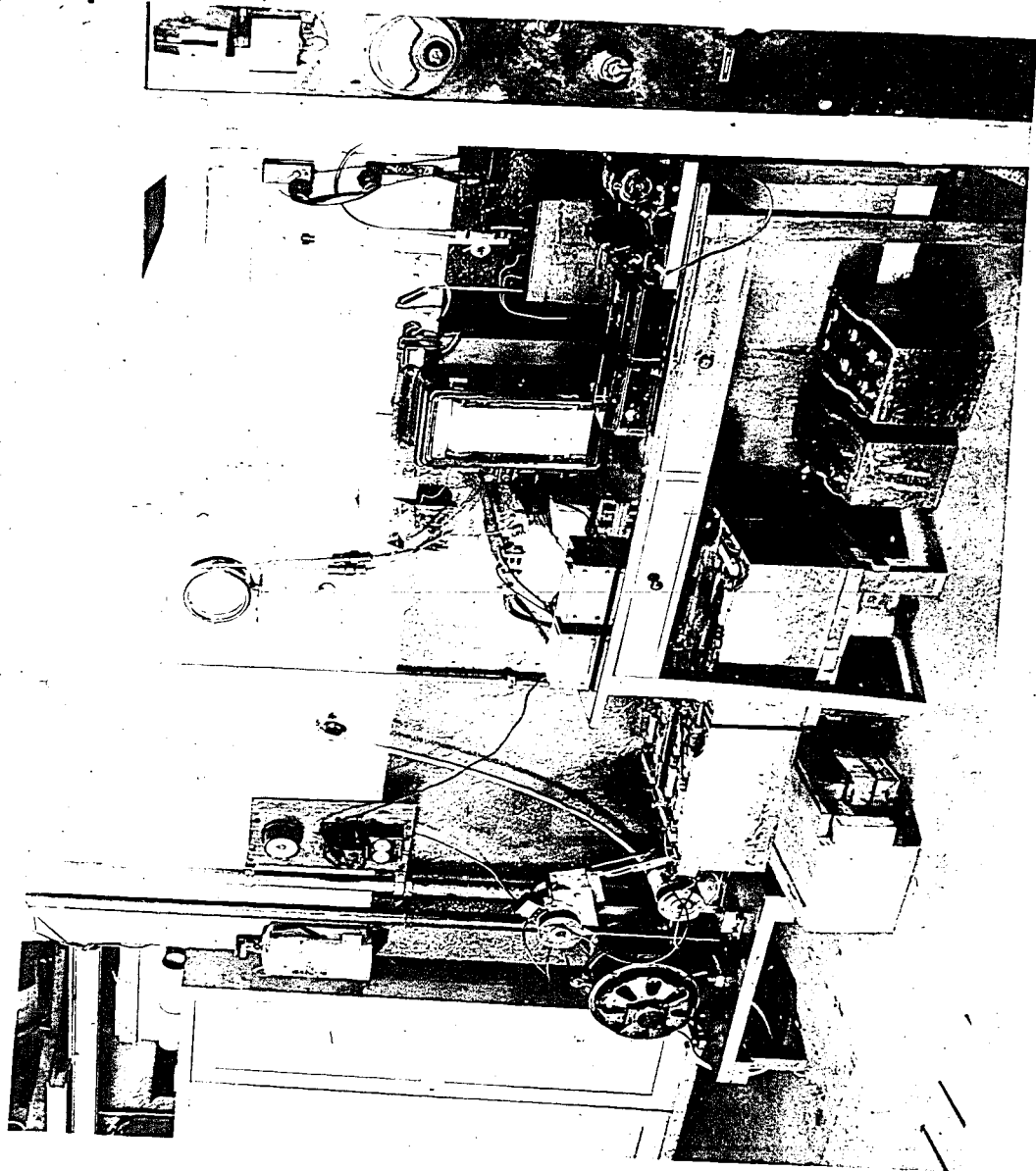


1500 Amp

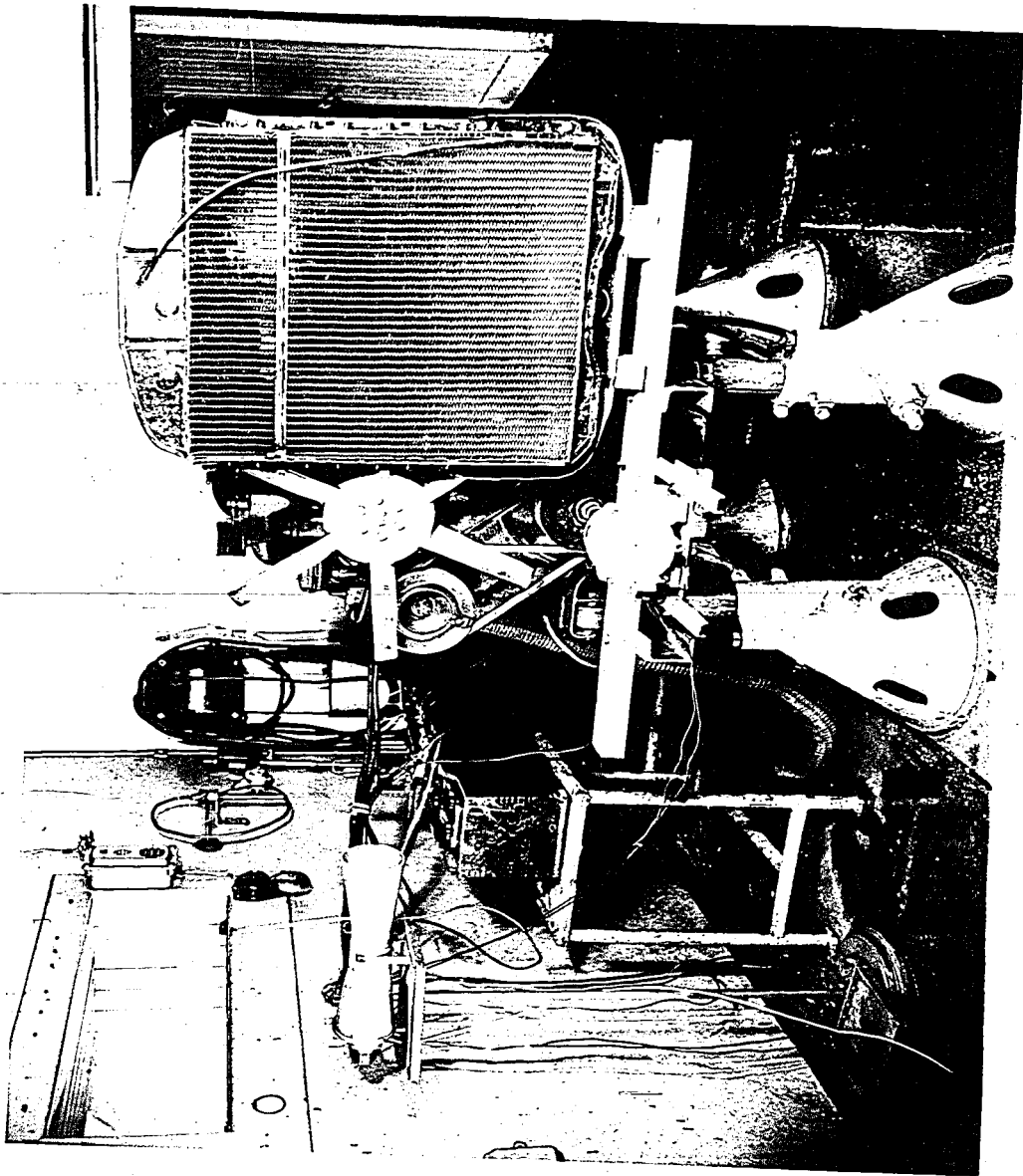
1000

500

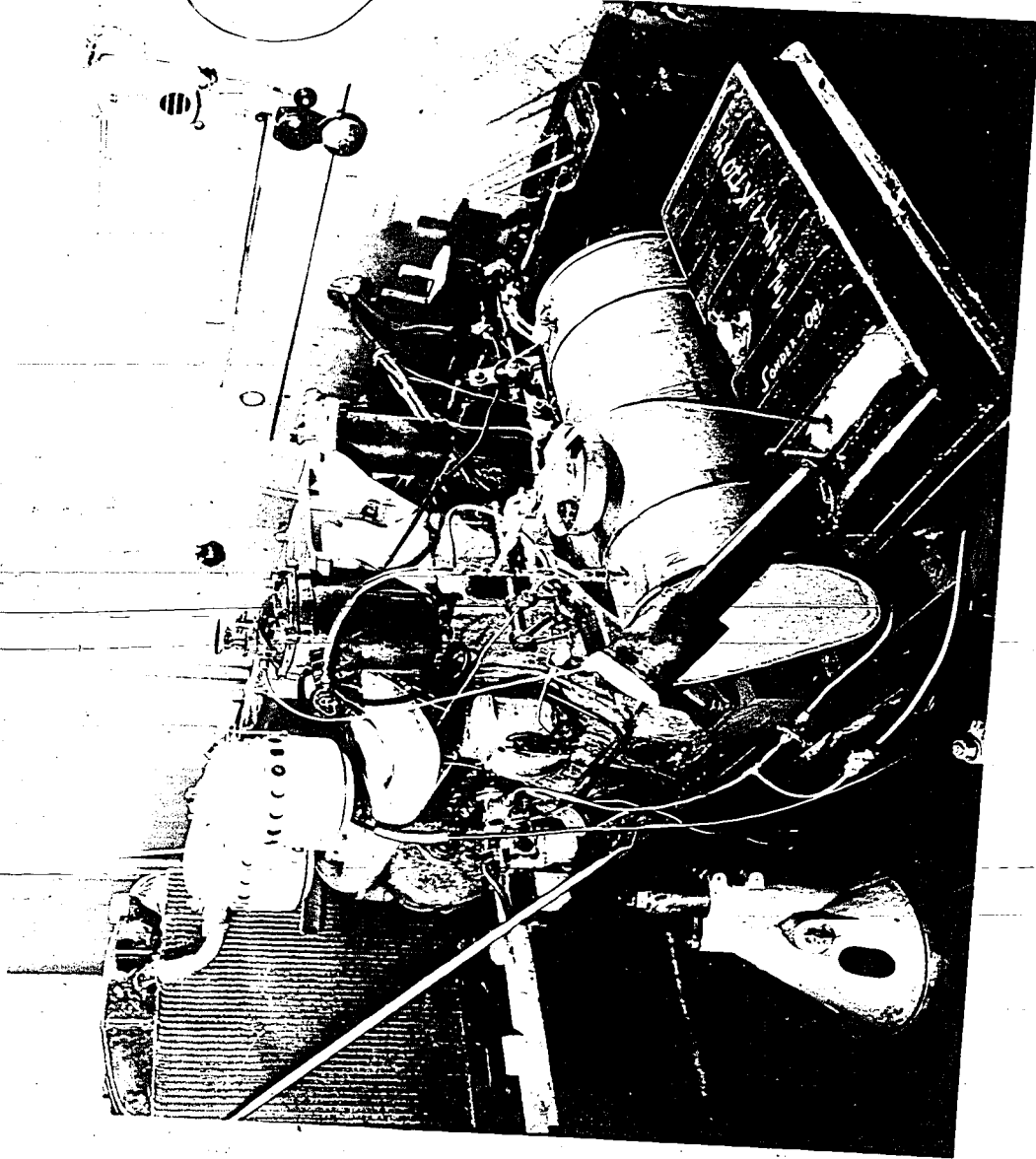
001628



001629



001630



15

ADAM OPEL AG.
RUSSELSHEIM A. M.
Technische Leitung

Kaltstart-Versuche mit Einheitsöl der Wehrmacht

Untersuchung maximaler Startmöglichkeiten an verschiedenen Wehrmacht-Motoren.

A) Maybach-Motor HL 62 Tr.
FL-12200/1, Vers.-S.713.

001632

Ausgabe-Datum: 31. Januar 1941.

Sachbearbeiter: H. Gorissen.

Abteilungsleiter: K. Nihl.

Genehmigt: Techn. Leitung *K. Nihl*

Verteiler: Herren Bochner, Dr. Leber,
Dr. v. d. Emden, Merts, Petzig,
Nihl, Stoewer, Loew, Orlich.

Herrn Dr. K. O. Müller, OKB-Berlin.

Herrn Dr. Schaub, Ruhr-Bensin AG.
Oberhausen - Holten.



Technische Leitung

LEITUNG:

Die Notwendigkeit, sicheres Starten bei möglichst tiefen Temperaturen zu gewährleisten gegenüber einer Temperatur von -15°C unter den heutigen Voraussetzungen, erfordert eine Analyse der das Anlassen beeinflussenden Faktoren. Ausschlaggebend sind hierbei die Schmiermittel, vielmehr der Viskositätsverlauf derselben, bzw. der Widerstand des Triebwerkes gegen Durchdrehen, wobei zu klären ist, ob das Öl als entscheidender Faktor für den Durchdrehwiderstand in Frage kommt oder ob andere Einflüsse, wie Verklebungen durch Kontraktion der in Betracht kommenden Werkstoffe von Bedeutung sind. Weiterhin ist die Möglichkeit einer Begrenzung der Startfähigkeit durch den Startvergaser oder einer eventuellen unzureichenden Anlassenleistung zu untersuchen.

001633

Aufgestellt	
Name	Am
Geprüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

2267 12 39

Änderung

2267 12 39

OREL

Technische Leitung

BEWEISUNG:

Die Notwendigkeit, sicheres Starten bei möglichst tiefen Temperaturen zu gewährleisten gegenüber einer Temperatur von -150°C unter den heutigen Voraussetzungen, erfordert eine Analyse der das Anlassen beeinflussenden Faktoren. Ausschlaggebend sind hierbei die Schmiermittel, vielmehr der Viskositätsverlauf derselben, bzw. der Widerstand des Trichwerkes gegen Durchdrehen, wobei zu klären ist, ob das Öl als entscheidender Faktor für den Durchdrehwiderstand in Frage kommt oder ob andere Einflüsse, wie Verklebungen durch Kontraktion der in Betracht kommenden Werkstoffe von Bedeutung sind. Weiterhin ist die Möglichkeit einer Begrenzung der Startfähigkeit durch den Startvergaser oder einer eventuellen unzureichenden Anlasserleistung zu untersuchen.

001633

Aufgestellt	
Name	An

Geprüft	
Name	An

Genehmigt	
Name	An

SCHLUSSFOLGERUNG UND VORSCHLAG:

001634

Die jetzige serienmäßige Ausrüstung des Maybach-Motors entspricht nicht den Anforderungen, die an sie gestellt werden muss, um Start-Temperaturen bis annähernd -25°C zu ermöglichen. Dieses scheitert:

- 1) an der mangelhaften Kapazität der Batterie bzw. der Leistung des Starters, um eine Mindestdrehzahl für brennbares Gemisch zu erhalten.
- 2) an der Begrenzung der Startfähigkeit durch den Startvergaser (Verbesserung zweifellos möglich, ob jedoch bis zur restlosen Erfüllung der Bedingungen ist fraglich).
- 3) an der Zähflüssigkeit des Schmiermittels, das den Durchdringwiderstand in den Masse erhöht, dass eine Mindestdrehzahl nicht erreicht werden kann.

Dieses betrifft nicht nur die geprüften Öle, sondern auch rückschließend alle handelsüblichen Öle, da dieselben in Viskositätsverlauf innerhalb der geprüften Öle liegen. Hierbei nimmt die Startgrenze des Kälte-Schöles eine ungefähr 2° bis 3° tiefere Temperatur an.

- 4) Die Erhöhung des Durchdringwiderstandes auf Grund mechanischer Einwirkungen beträgt ungefähr 3 bis 4, ist also dem Schmiermittel gegenüber von geringer Bedeutung.

Um die Startfähigkeit bei tiefen Temperaturen bis annähernd -25°C zu erhalten, ist erforderlich:

- a) Erhöhung der Kapazität der Batterie zur Erlangung einer größeren Leistung des Anlassers zwecks Erhöhung der Starterdrehzahl. (Eine Vergrößerung der Leistung des Anlassers ist nicht angehtig). Es kommt hierfür eine 150 Ah Batterie in Betracht, da die 120 Ah Batterie nicht genormt ist.
- b) Verbesserung des Startvergasers, nötigenfalls Übergang zur Starterklappe.

OPEL

Technische Leitung

Aufgestellt
Name AmGeprüft
Name AmGenehmigt
Name Am

... 3

- c) Reduzierung der Viskosität dermassen, dass eine Mindestdrehzahl von 53/Min.gewährleistet wird, wahrscheinlich in Verbindung mit einer Erhöhung der Mindestdrehzahl, um grössere Gasgeschwindigkeiten zu erhalten. Prozentualer Zusatz von Petroleum oder Benzol zum Öl erforderlich.

GEPROBTE SCHMIERMITTEL:

Von Interesse ist, das Verhalten der Schmiermittel von extrem hoher und niedriger Viskosität bzw. den Durchdrehwiderstand bei tiefen Temperaturen zu untersuchen vergleichsweise mit einem Schmiermittel mit möglichst kleinem Durchdrehwiderstand wie z.B. Petroleum.

Es wurden demzufolge nachstehende Öle zu Versuchszwecken verwandt (Tabelle 1):

- a) Einheitsöl der Wehrmacht V 50 = 8°E
(Opel-Vorschrift M 26 entsprechend)
von der Kraftfahrversuchsstelle Kummerdorf.
- b) Ein Kälte-Eichöl RCH V50 = 5°E
- c) Ein handelsübliches Öl, Shell X V 50 = 5°E
- d) Petroleum V 35 = 1.07°E

(Siehe Viskosität-Temperatur Kurve 8).
Der Viskositätsverlauf des mittlerweile von der Wehrmacht freigegebenen 5%igen Zusatzes von Petroleum zum Einheitsöl ist ebenfalls aufgetragen und entspricht ungefähr dem des Kälte-Eichöles. Dieses Öl wurde jedoch nicht auf Kaltstart untersucht.

... 4

OPEL
Technische Leitung

Aufgestellt	
Name	Am
Geprüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

Untersuchungsbefund der Schmiermittel bezüglich Viskositätsverlauf.

<u>Tabello 1</u>	Einheitsöl W 3	Kälte-Eichöl K 1	Shell X	*) Einheits- öl W 3 +5% Petr.	Petro- leum	Bezeich- nung
Spez. Gewicht bei 20°C	0.877	0.852	0.912	0.875	0.804	g/ccm
Flammpunkt o.T.	196	236	-	-	-	°C
Stoßpunkt	unt. -30	unt. -30	-	-	-	°C
Brechungs- index 20°C	1.4878	1.4766	-	-	-	
Viskosität bei -15°C (extr. pol.)	1300	720	940	680	-	cSt bei 35°
0°C (extr. pol.)	255	159	163	145	-	
20°C	46.7	33.2	29.1	31.2	1.126	
50°C	8.26	6.65	5.20	6.28	1.07	
100°C	1.94	1.83	1.60	1.77	bei 35°	
Richtungsfak- tor n	3.58	3.50	3.91	3.56		
Viskositäts- Polhöhe	1.98	1.80	2.45	1.86		
Viskositäts- Index	91	99	62	101		



Technische Leitung

Aufgestellt
Name | Am

Geprüft
Name | Am

Genehmigt
Name | Am

*) Keine Versuche durchgeführt.
Als Kraftstoff wurde ein Alkohol-Benzol-Gemisch mit der Oktanzahl 78,9 verwendet (Tabelle 2).

....5

001637

Untersuchung des benutzten Kraftstoffes

Tabelle 2.

	Probe	Bezeichnung
Spez.Gewicht 20°C	0.716	g/cm
Brechungsindex (20°C)	1.3950	
Siedebeginn	40	°C
10% dest.über bei	52	°C
20% dest.über bei	56	°C
50% dest.über bei	77	°C
90% dest.über bei	135	°C
Siedeschluss	167 (98%)	°C
Siederückstand	0.9	Vol. %
Kennziffer	86	
Alkohol	7.9	Gew. %
	10	Vol. %
Aromatur	8.9	Gew. %
	9.5	Vol. %
Nephtene	27.1	Vol. %
Paraffine	53.4	Vol. %
Schwefel	0.08	%
Wasseraufnahme (20°C)	0.35	%
Jodzahl	30	% J ₂
Gum-Gehalt	1.6	mg/100 com
Dampfdruck (Resid)	0.52	kg/cm ²
Oberer Heizwert	7790	WE/1
Unterer Heizwert	7290	WE/1
Oberer Heizwert	10875	WE/kg
Unterer Heizwert	10175	WE/kg
Oktan	78.9	

Als Gefriermittel wurde Glysanthin verwendet.

OPEL
Technische Leitung

Aufgestellt
Name Am

Geprüft
Name Am

Genehmigt
Name Am

001638

Aufbau des Versuches:Motor-Daten:

Maybach Motor	HL 62 TR
Motor Nr.	16 396
Anlasser Type	BIT 2.5/12
Vergaser	Solex 2-Stufen (Fallstrom)
Verteiler	Magnet
Kerzen-Type	V 225 T 22 (Bosch)
Elektroden-Abstand	0.45 mm
Laufzeit	ca. 5000 km (geschätzt nach Generalüberholung)
Zählzahl-Starterkranz	155
Zählzahl-Nitzel	9
Übersetzung Starter-Kurbelwelle	14.78:1

Starterkabellänge und Querschnitt gemäss Einbauvorschrift.

Messgeräte (siehe Foto Seite 21):

Zum Messen der Temperaturen wurde ein 6-Farbenschreiber mit Kompensationschaltung für Widerstandsthermometer (3 Mess-Stellen) verwendet neben 3 Mess-Stellen für Thermoelemente.

Die Messung von Öl- und Wassertemperaturen geschah mittels Widerstandsthermometer, und zwar wurde die Wassertemperatur in oberen Wasserkasten des Motors, die Öltemperatur am Hauptölkanaal Eintritt Zylinderblock nach Durchlauf von Filter und Ölstrahler gemessen.

Die Thermoelemente waren an den vorderen und hinteren Motorhauptlager angeschlossen, und zwar so, dass die Mess-Stelle sich annähernd 1 mm von der Lauffläche des Lagers befand. Das dritte Thermoelement diente zur Messung der Kältetemperatur in einer Luftströmung von 2 bis 3 m/sec (Tunnel) in der Nähe der Ölbadfilter.

Ausserdem waren die Thermoelemente parallel zu den 6-Farbenschreiber mit je einem Millivoltmeter verbunden, um eine genauere Ablese der Temperatur zu ermöglichen. Um ein notwendiges Umklappen des Instrumentes beim Wechsel von Minus- in Plus-Temperaturen zu vermeiden, wurde die Kältelötstelle (Transformator Öl) von 0°C auf +50°C erhöht und die Temperatur des Ölbadet mittels Kontakt-Thermometer und Nitrwerk auf plus oder minus 100°C gehalten. Die Skala



Technische Leitung

Aufgestellt	
Name	Am

Geprüft	
Name	Am

Genehmigt	
Name	Am

an 6-Farbenschreiber war für die Benützung von Widerstands-Thermometern von -500°C bis $+500^{\circ}\text{C}$ geeicht.

Die Thermo-Elemente bestanden aus Kupfer-Konstantan, eine Ausleitleitung wurde nicht verwandt. Gute Isolierung gegen Feuchtigkeit war Bedingung für genaues Messen.

Die Länge der Thermo-Elemente betrug zum Messen der Lufttemperaturen 4 m, für Raum-Temperatur 2 m. Dieselben waren mit den Instrumenten aussenhalb der Kältekammer verbunden. (Anschluss der Messgeräte sowie Anlassenleitung siehe Schaltplan Seite 18).

Durchführung

Neben der Verwendung der seriennässigen Ausrüstung mit abgekühlter Batterie bezüglich Vergaser, Anlasser und den verschiedenen Ölen interessiert besonders das Verhalten der zu untersuchenden Aggregate, hauptsächlich die Starterdrehzahl unter Benützung einer Stromquelle (Pufferbatterie) aussenhalb des Kühlraumes, um auf Grund einer grösseren Reserve Rückschlüsse auf die Startfähigkeit des Motors ziehen zu können. Dieses tritt in höherem Masse in Erscheinung bei Verwendung von Petroleum anstelle des Poliermittels infolge weitgehendster Reduzierung des Durchdrehwiderstandes, um gleichzeitig Aufschluss über den prozentualen Anteil der mechanischen Einwirkungen auf den Gesamtwiderstand zu geben.

Folge der Versuche:

- 1) Messung des Durchdrehwiderstandes und der Motordrehzahl bei Versuchs-Temperaturen von $+10$, $+10$, 0 , -10 , -15 , -15 , -20 , -220°C .
 - a) Bei Verwendung von Einheitsöl.
 - b) Bei Verwendung von Kälte-Öl.
 - c) Bei Verwendung von einem handelsüblichen Winter-Öl Shell X.
 - d) Bei Verwendung von Petroleum.

Der Anlassstrom wurde dabei einer konstanten Stromquelle (Pufferbatterie), die von der Versuchs-Temperatur unabhängig war, entnommen. Die Durchführung geschah ohne Brennstoff und ohne Mündung.

OPEL

Technische Leitung

Aufgestellt
Name | Am

Geprüft
Name | Am

Genehmigt
Name | Am

- 2) Messung des Durchdrehwiderstandes und der Motordrehzahlen bei unter 1) genannten Temperaturen und Ölen, jedoch Antrieb des Anlassers durch eine der Kälte ausgesetzte normale Batterie (105 Ah).
- 3) Ermittlung der Start-Temperatur, bei welcher der Motor nach einer Minute des Durchdrehens bei gegebenem Vergaser für Schmiermittel wie unter 1) weiterläuft. Als Stromquelle des Anlassers ist die Pufferbatterie zu benutzen.
- 4) Ermittlungen der Start-Temperatur wie unter 3), jedoch als Stromquelle für den Anlasser die kalte normale Batterie.

Aus den erhaltenen Werten wurde die Anlasserleistung aus dem Leistungsblatt des Anlassers ermittelt. (Drehmoment proportional dem mittleren Durchdrehstrom). Da das Leistungsblatt des für die Versuche benutzten Anlassers nicht anhand war, diente für die Berechnung von Drehmoment und Leistung hinreichend genau das Leistungsblatt der betreffenden A n l a s s e r - T y p e als Unterlage (siehe Blatt VDA 552, Bosch, Seite 19).

Die Bestimmung der Motordrehzahl geschah aus Einfachheitsgründen mittels Göbers, welcher an vorderen Sappen der Kurbelwelle befestigt war, und Voltmeters, da eine genaue Festlegung der absoluten Drehzahlen in Zeiteinheit zu langwierigen Entwicklungsarbeiten geführt hätte (Kurve 7 stellt die Eichkurve dar). Die mittlere Anlasserdrehzahl wurde dann aus dem Übersetzungsverhältnis Zahnzahl Schwungrad-Ritzel errechnet.

Ölwechsel.

Der Beginn der Versuche lag bei annähernd $+20^{\circ}\text{C}$ mit stufenweiser folgender Abkühlung bis zu einer erreichbaren Kälte-Temperatur-Grenze von annähernd -22°C . Um die Einwirkungen der Ölverdichtung durch flüssigen Kraftstoff, Kondensate etc. bei tiefen Temperaturen möglichst auszuschalten (lange Startdauer), wurde bei -15°C Frischöl eingefüllt. Die Versuchswerte unterhalb -15°C beziehen sich demnach auf Frischölfüllung.

Die Startdauer:

bei abgekühlter Batterie ohne Kraftstoff betrug 10 sec.; mit Kraftstoff, jeweils bis zum vollen Lauf des Motors, wobei die Zeit bis zur ersten Gündung im Protokoll vermerkt wurde. Trat keine Gündung bei tiefer Temperatur ein, dann betrug die Startdauer 60 sec.; soweit die Min-



Technische Leitung

Aufgestellt

Name | Am

Geprüft

Name | Am

Genehmigt

Name | Am

Umdrehzahl nicht erreicht wurde, 30 sec, um eine allzu starke Beanspruchung der Batterie zu vermeiden (keine Startmöglichkeit). Entsprechende Bemerkungen bei Fehlstarts sind aus den Tabellen zu ersehen. Drehzahl, Spannungs- und Stromabfall sind hierbei ebenfalls. Die in den Tabellen 3 bis 6 angegebenen Mittelwerte sind daher nur als Annäherung zu betrachten.

Die Startdauer bei Benutzung der Pufferbatterie ohne Zündung und Kraftstoff betrug ebenfalls 10 sec.; diejenige mit Zündung jeweils bis zum vollen Lauf; bei Ausbleiben von Rundlauf, 120 sec.

Aufladen der Batterie.

Für die Durchführung waren zwei Kaltbatterien von 105 Ah erforderlich, von welcher jeweils eine derselben über Nacht aufgeladen werden konnte. Das Aufladen von Puffer- und Kalt-Batterien geschah mittels Antriebsmotor und spannungsregulierender Lichtmaschine, sodass die für den Versuch notwendigen Batterien mit voller Kapazität täglich zur Verfügung standen.

Bei den Werten mit Kraftstoff und Zündung ist die Drehzahl nicht angegeben, da beim Anspringen des Motors, d.h. bei höherer Spannung des Gebers, das Instrument hätte Schaden leiden können. Die Drehzahlen für Anlassen mit Kraftstoff sind somit aus den Spalten "OHNE ZÜNDUNG UND OHNE KRAFTSTOFF" zu entnehmen, da dieselben praktisch gleichzusetzen sind, solange die Drehzahlen bei tiefen Temperaturen keinen allzu grossen Abfall aufweisen.

Temperatur-Schwankungen, wie aus den Tabellen 3 bis 6 zu ersehen, sind auf die thermostatische Regelung der Kältkammer, die eine Toleranz von $\pm 0.75^\circ\text{C}$ zulässt, zurückzuführen.

Typischer Start-Vorgang:

Morgens vor dem Starten werden die Temperaturen, Luft, Motor, Öl, Lager vorne und hinten registriert. Folgend, Starten mit Pufferbatterie ohne Kraftstoff und ohne Zündung 10 sec. lang, Ermittlung des ersten Stromstosses sowie des Durchdrehstromes (mittel) für diese Startdauer; ferner Messung der mittleren Spannung sowie der mittleren Drehzahl. (Messung ausserhalb der Kältkammer).

Während des Startvorganges tritt keine merkbare Erwärmung der Lager bzw. des Öles ein, sodass nach ca. 3-stündiger Unterbrechung der Startversuch mit abgekühlter Batterie durchgeführt werden kann nach vorhergehender Notierung der



Technische Leitung

Aufgestellt
Name | Am

Geprüft
Name | Am

Genehmigt
Name | Am

Temperaturen. Während des Startversuches erfolgt Messung des Losbroch- und Durchdrehstromes innerhalb der Kältekammer, Spannung, Drehzahl, ausserhalb der Kältekammer (Startdauer 10 sec.).

Hierauf wird das Schwimmergehäuse mit Kraftstoff voll laufen gelassen und nach einer kurzen Unterbrechung von 1 bis 2 Minuten erfolgt Starten mit Kraftstoff und Zündung unter Benutzung des Startvergassers. Wichtig ist, darauf zu achten, dass die Drosselklappe des Vergassers geschlossen ist, andernfalls Fehlstart verursacht wird. Hierbei wird die Zeit bis zur ersten Zündung und bis zum vollen Lauf notiert. (Keine Messung der Drehzahl). Tritt bei tieferen Temperaturen kein Rundlauf ein, erfolgt anschliessend Starten mit Puffer-Batterie.

In Anschluss daran findet die Warmlauf-Periode statt bis das Wasser und das Öl Betriebstemperaturen von 75° bis 80°C erreicht haben (ca. eine halbe Stunde).

Der Temperaturverlauf an den einzelnen Messstellen ist aus beigefügtem Kurvenblatt Nr.6 zu ersehen. Die Dauer der Abkühlung, welche in den Tabellen angegeben ist, zählt von dem Augenblick an, in dem die Abkühlung die gewünschte Raumtemperatur erreicht hat (siehe Diagramm Seite 20). Naturngemäss tritt eine Verzögerung des abkühlenden Wassers bzw. des Öles ein (siehe Kurve Nr.6). Genaue Unterlagen über die Abkühlungsdauer bis zur Stabilisierung werden bei den kommenden Versuchen durchgeführt werden, um Vergleichswerte mit der Abkühlungszeit des freistehenden Wagens in der Kälte zu erhalten (Kaltstartversuche der Wehrmacht: St.Johann).

Bei Öluntersuchung zwecks Feststellung der Ölviskosität wird nach dem Warmlaufen eine Ölprobe entnommen, sodass die Viskosität jeweils für den folgenden Startversuch bekannt ist.

Bei Versuchen mit Petroleum als Schmiermittel musste die Warmlaufperiode wegfallen. Der Motor lief in Leerlauf bis zur Entleerung des Schwimmergehäuses. Das hierbei auftretende Kondensat an den Zündkerzen wurde vor Beginn des Versuches entfernt.

OPHEL

Technische Leitung

Aufgestellt
Name | Am

Gepüft
Name | Am

Genehmigt
Name | Am

Die Ergebnisse beziehen sich vorerst nur auf den Maybach-Motor HL 62 TR. Inwieweit eine Verallgemeinerung der Ergebnisse zu rechtfertigen ist, kann erst am Ende der Versuchsreihe mit verschiedenen Motoren endgültig beantwortet werden. Es muss betont werden, dass der Maybach-Motor ohne Getriebe angeliefert wurde, so dass auf Grund von Zusatz-Aggregaten grössere Widerstände in Rechnung gestellt werden müssen, welche eine Verringerung der erzielten Temperatur-Grenzen hervorrufen können. Dieses findet jedoch zum Teil in den Ergebnissen dadurch Berücksichtigung, dass prinzipiell Werte nach der ungünstigen Seite hin als Mittel angenommen werden.

Ergebnisse unter Berücksichtigung der jetzigen serienmässigen Ausrüstung:

- 1) Die Mindestdrehzahl des Motors, um brennbares Gemisch zu erzeugen, beträgt beim Maybach-Motor rd. 53 UPM.
- 2) Die Startgrenzen auf Grund der Viskosität der Öle unter Voraussetzung von 60 sec Startdauer und abgekühlter Batterie von 105 Ah (siehe Kurvenblatt 1 & 3, Tabelle 3 bis 6, unter Kaltbatterie) betragen:
 - a) Einheitsöl -15°C
 - b) Kälte-Eichöl -17°C (-18.5°C +)
 - + Kein gemessener Wert, extrapoliert aus dem Kurvenverlauf für eine Startdrehzahl von 53/min., da bei einer Temperatur von -18.5°C kein Versuch getätigt wurde (Kurve 1, schattierte Fläche).
 - c) Handelsöbl. Winteröl
Shell X -15.5°C
 - d) Petroleum -19°C
(-21.5°C nach 85 sec)

Bei -21.5°C tritt Starten ein, obwohl allgemein -19°C als Startgrenze für den Vergaser angenommen wurde. Es muss beachtet werden, dass die Motordrehzahl bei dieser Temperatur "usserst hoch ist (98 UPM), so dass wahrscheinlich bei dieser Drehzahl infolge höherer Gasgeschwindigkeiten, Kompressionswärme usw. ein brennbares Gemisch erzeugt wird. Da jedoch bei den geprüften Ölen als Schmiermittel diese hohe Starterdrehzahl nicht erreicht wird, ist die Annahme einer Vergaser-Startgrenze von -19°C berechtigt.

OPEL

Technische Leitung

Aufgestellt
Name | Am

Gepüft
Name | Am

Genehmigt
Name | Am

Die Startbegrenzung des Einheitsöles auf -15°C ist auf zu grossen Durchdrehwiderstand zurückzuführen, da bei dieser Temperatur die Mindest-drehzahl von ungefähr 53 UPM bereits erreicht wird, während die Startgrenze des Kälte-Eichöles auf Grund der etwas geringeren Zähflüssigkeit bei -17 bis -18°C zu suchen ist. Der Gewinn ist nicht erheblich in Anbetracht einer erstrebten Temperatur von ungefähr -25°C .

Da die mechanischen Einwirkungen infolge verschiedener Ausdehnungs-Koeffizienten der Werkstoffe von untergeordneter Bedeutung sind (siehe Kurvenblatt 1, Petroleum) und nur einen verschwindend kleinen Prozentsatz des Gesamtwiderstandes umfassen (ungefähr 3 bis 4%), ist das Schmiermittel als solches, und zwar Öl jeglicher Viskosität, so lange es noch Schwierfähigkeit besitzt, für den Durchdrehwiderstand verantwortlich zu machen. Die prozentualen Unterschiede sind nicht als absolute Werte aufzufassen, vielmehr als ein gehöhertes Ergebnis auf Grund von Streuungen zu betrachten, welche Versuche dieser Art unterworfen sind. Eine Klärung der mechanischen Einwirkung soll weiteren Versuchen vorbehalten sein.

Ergebnisse durch Abweichung von der serienmässigen Ausrüstung:

- 1) Unter Berücksichtigung einer grösseren Batterie-Kapazität (Puffer-Batterie 12 x 2 x 150 Ah ausserhalb der Kältekammer).

Eine grössere Batterie-Kapazität verursacht naturgemäss bei grösserer Anlasser-Leistung eine entsprechend höhere Starterdrehzahl oberhalb der erforderlichen Mindestdrehzahl von rund 53 UPM. Eine Startmöglichkeit ist somit gegeben. Dieselbe wird begrenzt durch den Startvergaser, sodass nur Temperaturen von durchschnittlich -19°C erreicht werden, während Temperaturen bis ca. -24°C durchaus möglich sind, d.h., unter der Voraussetzung, dass eine Puffer-Batterie von 2 x 150 Ah verwandt wird. Hierbei ergeben sich für die geprüften Öle Grenztemperaturen des Vergasers (Startdauer bis 120 sec) von (Kurve 2 & 4, Tabelle 3 bis 6, unter Pufferbatterie) von:

- a) Einheitsöl -19°C (63 sec)
- b) Kälte-Eichöl..... -19.5°C (nach 95 sec)
- c) Handelsübl. Winteröl.....
Shell X..... -19°C
- d) Petroleum

Da bei -21.5°C noch Starten mit Kalt-Batterie erfolgte, andererseits tiefere Temperaturen als -22°C zurzeit nicht erhältlich waren, konnte eine Nachprüfung bezüglich der Startgrenze für Petroleum nicht durchgeführt werden.

OPEL
Technische Leitung

Aufgestellt	
Name	Am
Geprüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

2) Die Möglichkeit einer Verbesserung des Startvergaser durch Anreicherung des Gemisches, um tiefere Temperaturen als -19°C zu erreichen, ist mit Einschränkung anzunehmen (Siehe unter Diskussion), d.h., dass unter Berücksichtigung der Puffer-Batterie (2 x 150 Ah) und keiner Begrenzung durch den Startvergaser, Grenztemperaturen bei

Einheitsöl.....bis	-23°C
Kälte-Eichöl.....bis	-25°C
Shell X.....bis	$-23,5^{\circ}\text{C}$
Petroleum.....über	-30°C

durchaus gegeben sind (Kurve 2 & 4 schattierte Flächen), während bei der abgekühlten Batterie 105 Ah Grenztemperaturen bis -19°C nur durch Verringerung der Viskosität des Öles möglich ist.

OPREL
Technische Leitung

Aufgestellt	
Name	Am
Geprüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

ALLGEMEINE ERGEBNISSE:

- 1) Der Durchdrehwiderstand (Strom) nimmt mit fallender Temperatur zu, jedoch nicht proportional, sondern stärker ansteigend bei niedrigen Temperaturen.
- 2) Die Charakteristik von Durchdrehstrom und Drehmoment der Pufferbatterie ist annähernd gleich bis ungefähr -10°C sowohl für Einheits- als auch für Kälte-Eichöl; diejenige der abgekühlten Batterie bei zunehmender Kälte bis annähernd 0°C .
Die Leistung erleidet bei tieferen Temperaturen einen rapiden Abfall, beginnend bei Einheitsöl mit -12°C , bei Kälte-Eichöl mit -17°C . Dieses tritt bei der Pufferbatterie auf Grund der grösseren Reserve nicht ein.
- 3) Petroleum hat praktisch gleichbleibenden Durchdrehwiderstand sowie Leistung für die gemessenen Temperaturen. Unterhalb -15°C tritt eine leichte Erhöhung des Widerstandes ein. Dieses ist wahrscheinlich auf mechanische Einwirkung der Teile unter extremer Kälte zurückzuführen. Dieses bedarf noch eingehender Untersuchung.
- 4) Bei abnehmenden Temperaturen verhält sich die Zeit bis zum vollen Lauf annähernd proportional bis zur möglichen Startgrenze, um bei einer um 1° bis 2° tieferen Temperatur bereits Fehlstart verursachen zu können. (Siehe Kurvenblatt 5).
- 5) Der Kraftstoffgehalt des Öles nimmt im Verlauf der Startversuche in geringem Masse zu, obgleich der Viskositätsverlauf praktisch unverändert bleibt. Die Zunahme beträgt ungefähr 0.4% nach dem ersten Einlaufen, bis zu 1.2% nach dem 8. Startversuch (Reduzierung des Kraftstoffgehaltes durch Verdunsten während der Warm-Lauf-Periode). Trotzdem wurde, um möglichst ungünstige Verhältnisse zu erzielen, ein Ölwechsel für Temperaturen von -15°C an abwärts vorgenommen.
- 6) Das vordere Hauptlager des Motors erwärmt während der Warmlaufperiode eine schnellere Erwärmung bzw. langsamere Abkühlung als das hintere, eine Erscheinung, welche soweit bei allen Versuchen beobachtet wurde. Es besteht die Annahme, dass dieses Phänomen auf Wärmeleitung zurückzuführen ist, da die Schwungmasse, welche der Raumtemperatur in vollem Umfang ausgesetzt ist (Motor ohne Getriebe) den Wärme- bzw. Kälte-Übergang des hinteren Lagers begünstigt. Eine definitive Antwort in dieser Hinsicht kann jedoch erst nach Abschluss der Versuche gegeben werden bei der Untersuchung von Motoren mit angebautem Getriebe. Während des Startvorganges selbst tritt keine bemerkenswerte Erwärmung der Lager ein. (Tabellen 3 bis 6, unter Temperaturen).



Technische Leitung

Aufgestellt	
Name	Am
Geprüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

Die Abkühlung von Wasser und Öl nach der Warmlauf-Periode ist nicht einheitlich (Kurvenblatt 6). Das Öl findet eine schnellere Abkühlung als das Wasser. Dieses ist auf die Luftzirkulation der Kältekammer zurückzuführen. Die Kaltluftzuführung geschieht vom Boden aus, so dass das untere Teil des Motors, somit das Öl, eine schnellere Abkühlung erfährt als das Wasser. Einheitliche Temperaturen von Öl und Wasser erfolgen erst bei konstanter Kältekammer-Temperatur.

OPEL
Technische Leitung

Aufgestellt
Name Am

Geprüft
Name Am

Genehmigt
Name Am

DISCUSSION:

Es wurde gezeigt, dass die Startschwierigkeiten auf den Startvergaser, die ungenügende Batterie-Kapazität und das Schmiermittel zurückzuführen sind, um ein Starten bei annähernd -25°C zu erreichen. Aus beiliegenden Leistungsblatt (gilt nur für Batterie halb voll) ist zu erkennen, dass allgemein die Leistung des Anlassers bei größerer Batterie-Kapazität erheblich ansteigt.

Unter Berücksichtigung des jetzigen Einheitsöles und der Startvergaser-Einstellung (-19°C Startvergaser-Jeunesse) lässt sich wie ersichtlich anhand des Kurvenblattes 1 bei Erhöhung der Batterie-Kapazität von 105 auf 150 Ah (120 Ah nicht genannt) eine Senkung der Start-Temperatur auf -19°C nachweisen, und zwar beträgt hier der aufgenommene mittlere Strom 462 Amp., die Motordrehzahl 39 p.m., die Leistung 1.66 PS. Leistung und Motor U.M. würden sich auf Grund des Leistungsblattes um annähernd 5% erhöhen, somit Motor U.M. auf 55 bzw. Leistung auf 2.25 PS. Eine voll aufgeladene Batterie wird in diesem Falle auf Grund des Leistungsblattes erzielten Werte nur noch begünstigen.

Eine weitere Senkung der Start-Temperatur um einige Grade ist durch eine neue Einregulierung des Startvergasers (reicherer Gemisch) gegeben. Inwiefern sich das ermöglichen lässt, hängt von weiteren Versuchen ab.

Hierbei muss berücksichtigt werden, dass bei etwas höheren Temperaturen Startschwierigkeiten eintreten können, so dass eine längere Startzeit erforderlich wird, welche eventuell zu Fehlstart führen kann. (Versuche 5.6 Ltr. Opel-Motor mit Solex- und Opel-Vergaser-Einregulierung).

Unter Voraussetzung der jetzigen Vergaser-Regulierung sowie einer 150 Ah Batterie kann mit einem sicheren Starten bei -19°C gerechnet werden. Eine weitere Senkung der Start-möglichkeit hängt ab:

- 1) Von einer Neu-Einregulierung des jetzigen Vergasers, die bis zu den erwünschten Temperaturen einwandfreies Starten erlaubt; wenn nicht durchführbar, Übergang zur Starterklappe, die erfahrungsgemäß Starttemperaturen bis zu -30°C und mehr bei entsprechender Einregulierung zulässt.
- 2) Von einer Reduzierung der Viskosität des Schmiermittels. Der zwischen Einheitsöl und Kälteöl bestehende Unterschied von 2 bis 30 zu Gunsten des Kälteöles ist hierbei nicht ausschlaggebend. Es ist somit ein prozentualer Zusatz von Petroleum oder Benzin notwendig. Die von der Wehrmacht freigegebene Beimischung von 5% Petroleum zum Einheitsöl vermag lediglich die Viskosität des Einheitsöles mit der des Kälteöles

OPHEL

Technische Leitung

Aufgestellr	
Name	Am
Geprüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

gleichzuschalten, ist aber ebenfalls nicht ausreichend, um Temperaturen bis zu -25°C zu erreichen.

Es wird vielmehr erforderlich sein, den prozentualen Zusatz zu erhöhen, und zwar eine 15%ige Beimischung zum Einheitsöl (entspricht SAE 30 oder M 26) oder eine 10%ige Beimischung zum Kälte-Mischöl (entspricht SAE 20 oder M 27). Bei Temperaturen unterhalb -25°C ist der doppelte prozentuale Zusatz notwendig (USA-Praxis). Dieses setzt jedoch Starterklappe voraus, wonit alle Wagen, soweit bekannt, in USA ausgerüstet sind.

Es benötigen somit folgende Versuche eine experimentelle Bestätigung, um Starttemperaturen bis zu -25°C zu erhalten:

- a) Versuche mit 150 Ah Batterie bezüglich tiefstmöglicher Starttemperatur.
- b) Anreicherung des Gemisches im Startvergaser unter Berücksichtigung eventueller Schwierigkeit bei etwas höheren Temperaturen (-10 bis -15°C).
- c) Festlegung des prozentualen Zusatzes von Petroleum zu dem Einheitsöl.

Hierbei muss allerdings beachtet werden, dass bei einer hochprozentigen Beimischung von Petroleum auf Grund der geringen Schmierfähigkeit des Öles der Motor bei höheren Drehzahlen äusserst warm, die Operationsfähigkeit des Wagens bezw. der Gruppe also eingeschränkt wird, denn letzten Endes kommt es nicht nur auf die Startfähigkeit, sondern auch auf die Betriebsfähigkeit bei hoher Beanspruchung an.

Dieser Nachteil kann jedoch durch eine grössere Batterie-Kapazität (150 Ah) zum Teil kompensiert werden, welche, um sich in prozentualen Gehalt des Petroleum als Beimischung auszudrücken, in der Wirkung einen annähernd 10%igen Zusatz von Petroleum zum Einheitsöl entspricht, (bei Kälte-Mischöl entsprechend mehr). Dem, laut Kurvenblatt 1 und Anlasserleistungsblatt Bosch, reduziert die grössere Batterie-Kapazität die Starttemperatur von -15 auf -19°C (wahrscheinlich noch etwa mehr), also ein Gewinn von 4°. Ein 5%iger Zusatz von Petroleum zum Einheitsöl bewirkt eine Viskosität gleichbedeutend mit Kälte-Mischöl, eine 2 bis 3° tiefere Starttemperatur, was bei 4° Unterschied annähernd einem etwa 10%igen Petroleumzusatz entspricht. Mit einer vergrösserten Batterie-Kapazität kann bei der Notwendigkeit eines Petroleum-Zusatzes derselbe bis zu 10% reduziert werden, um gleiche Starttemperaturen zu erhalten, somit bessere Schmierfähigkeit und besseres Operationsvermögen. Die Frage der Wirtschaftlichkeit der überdimensionierten Batterie sollte hierbei von untergeordneter Bedeutung sein.

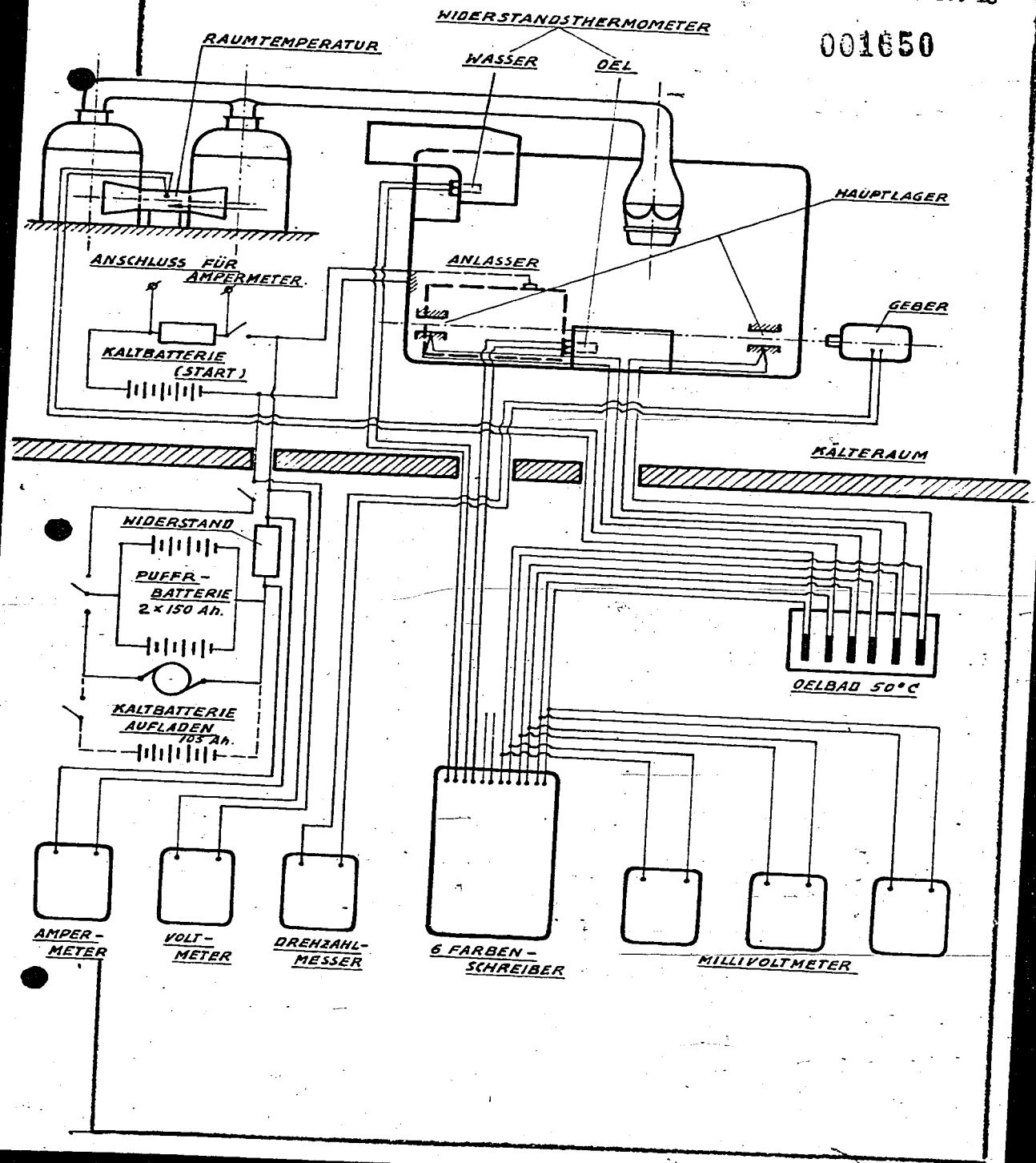
OPHEL
Technische Leitung

Aufgestellt	
Name	Am
Geprüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

GO:BNH.

Versuchsabteilung
M. Gorissen
M. Gorissen.

001650



Robert Bosch A.-G. Stuttgart

VDA 552

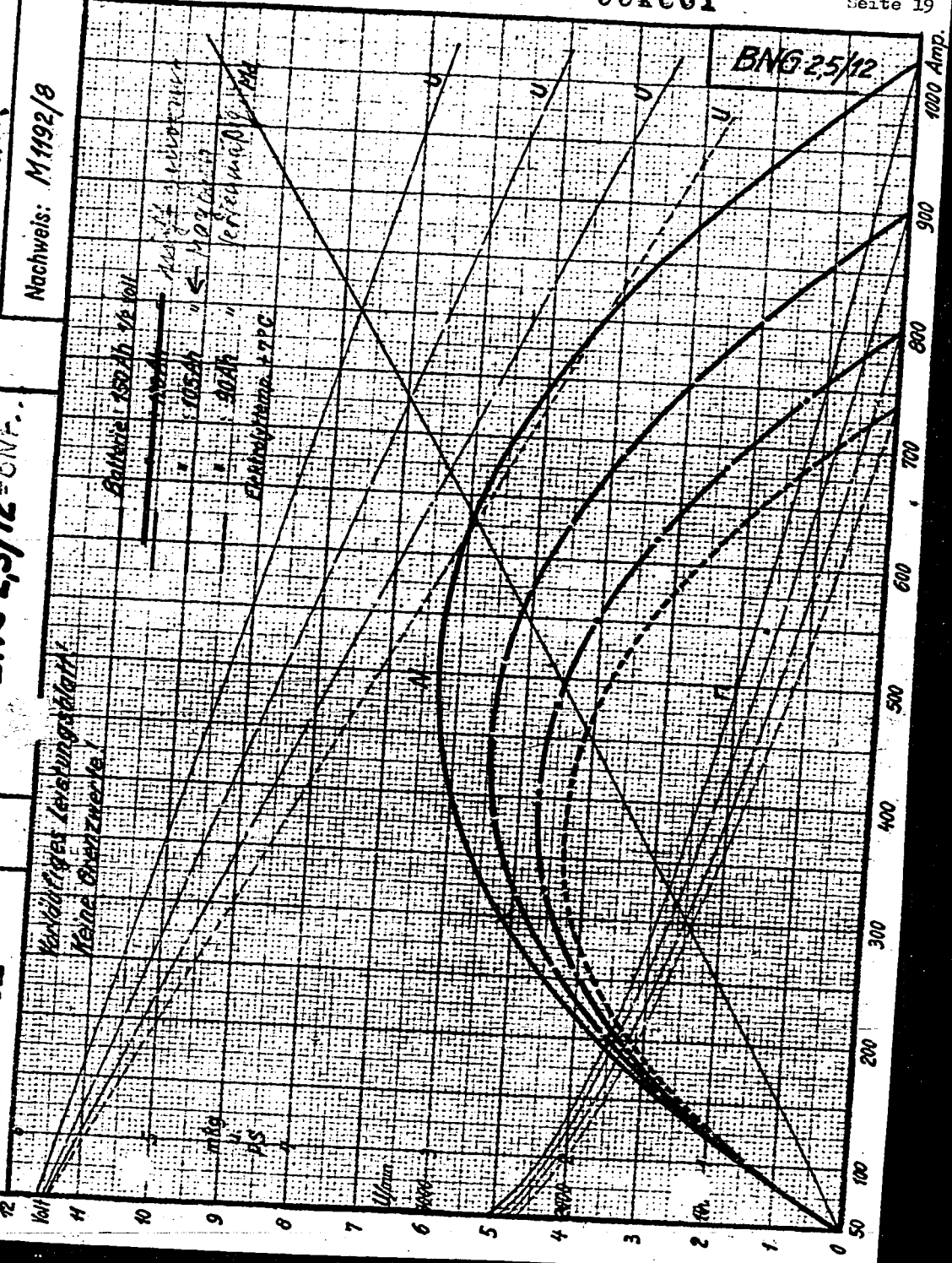
BNG 2,5/12 = BNF.

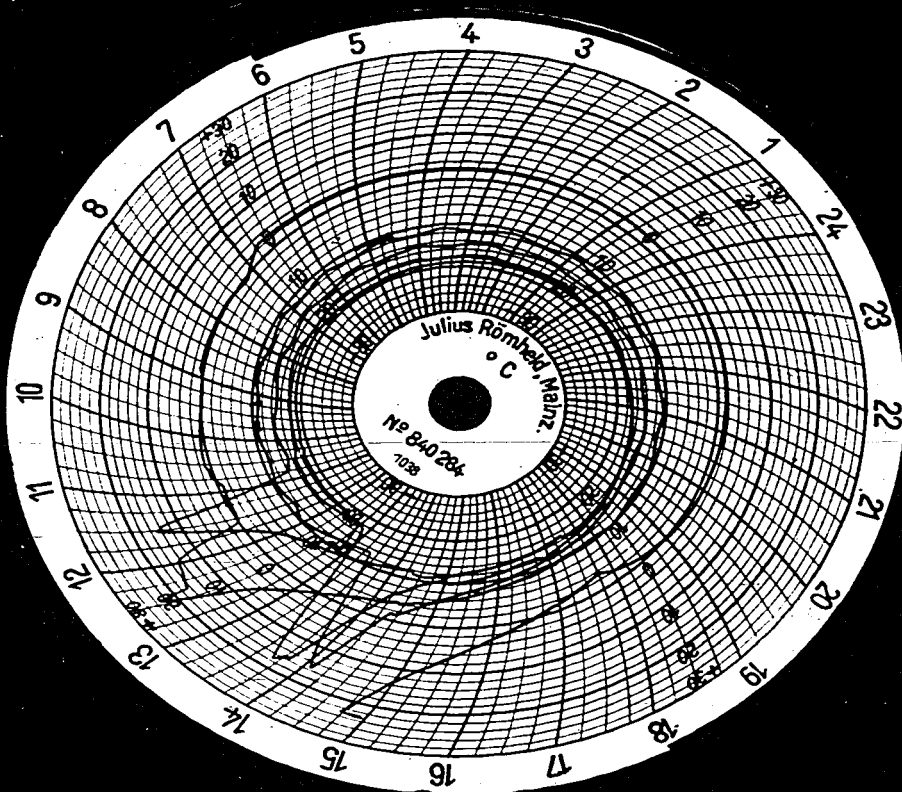
gez. K. gepr. H. den. 6.11.36

Nachweis: M1192/8

Verdichteter Leistungsdampf
Keine Bruchzeit

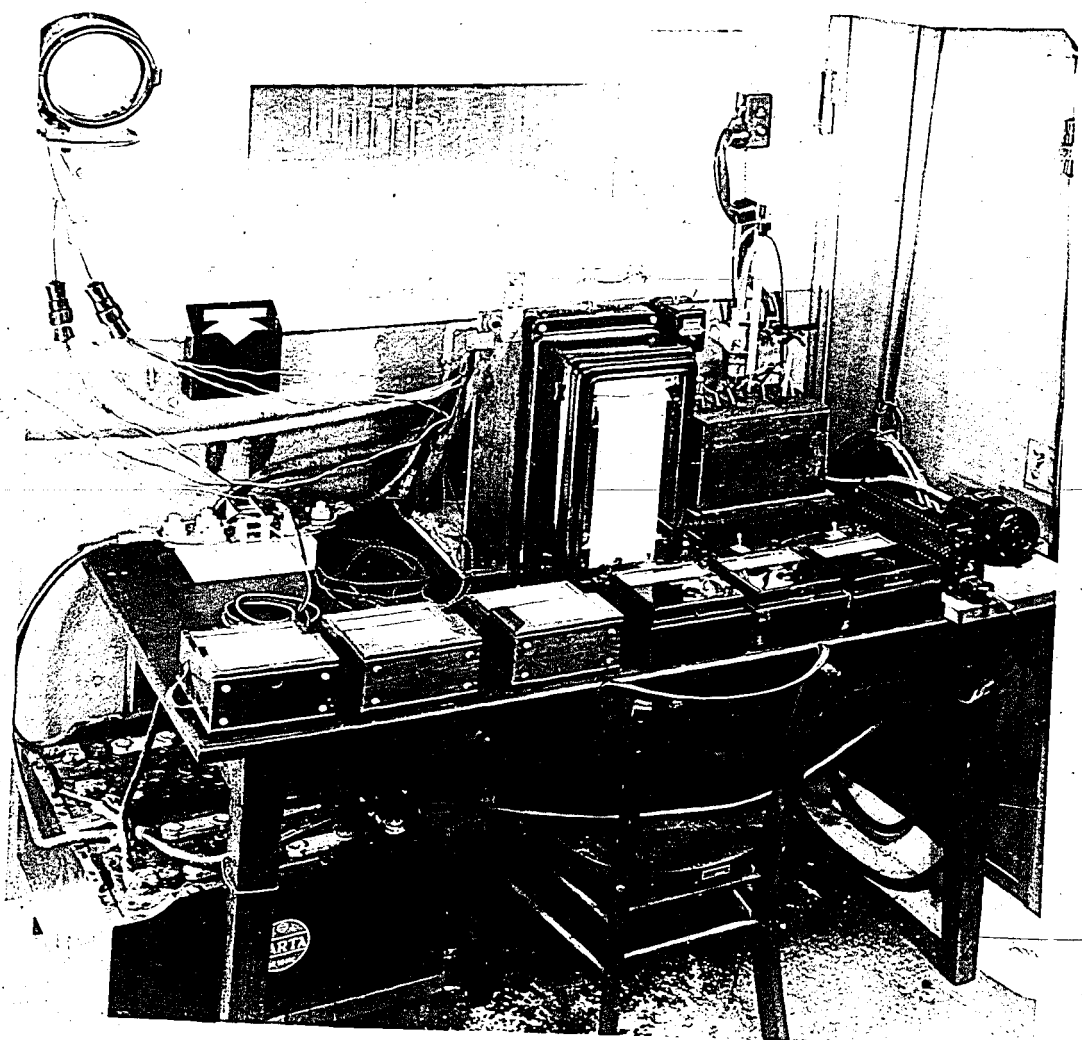
Reihe 182/12 1/2 Volt
10500
9000
Elektrische Energie
Leistungsleistung
Leistungsleistung
Leistungsleistung

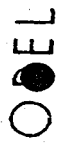




K O D A K A A M

001653





Technische Lenkung

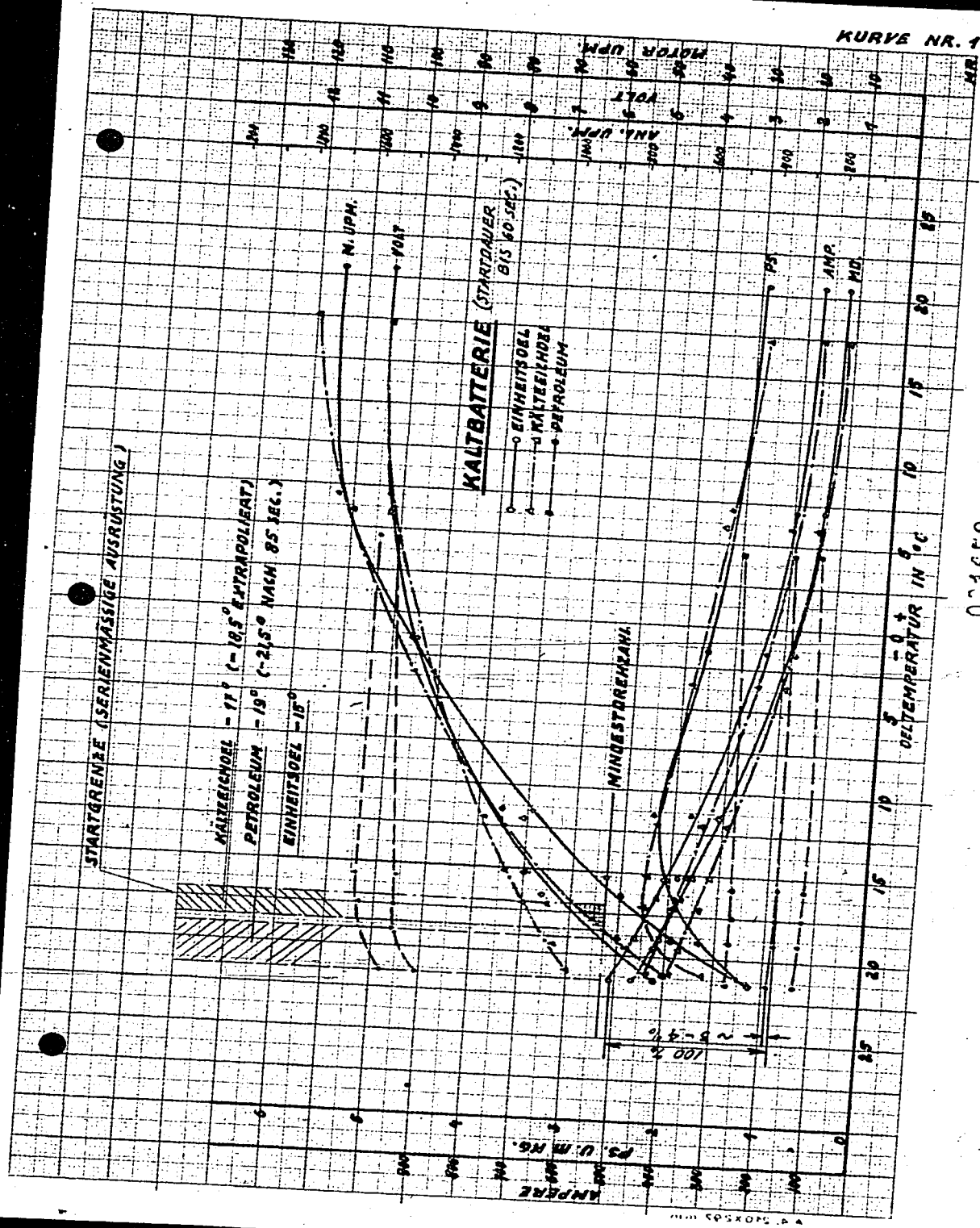
Motor-Nr.: 16 336 Laufzeit Ka 5 000 angehängt nach Generalüberholung Kraftstoff: Octan 78,9
 Type: HL 62 IR (Maybach) Kerzentype W 225 1 22 (Bosch) Verpasser: Solex (2 Stufen) Alkohol 10% vol.
 Inhalt ca: 6 191 Elektrodenabstand mm 0,45 Verteiler: Magnet Benzol 9,5%

KALSTARVERSUCHE H. V. A.
 Maybach Motor H. 62 IR

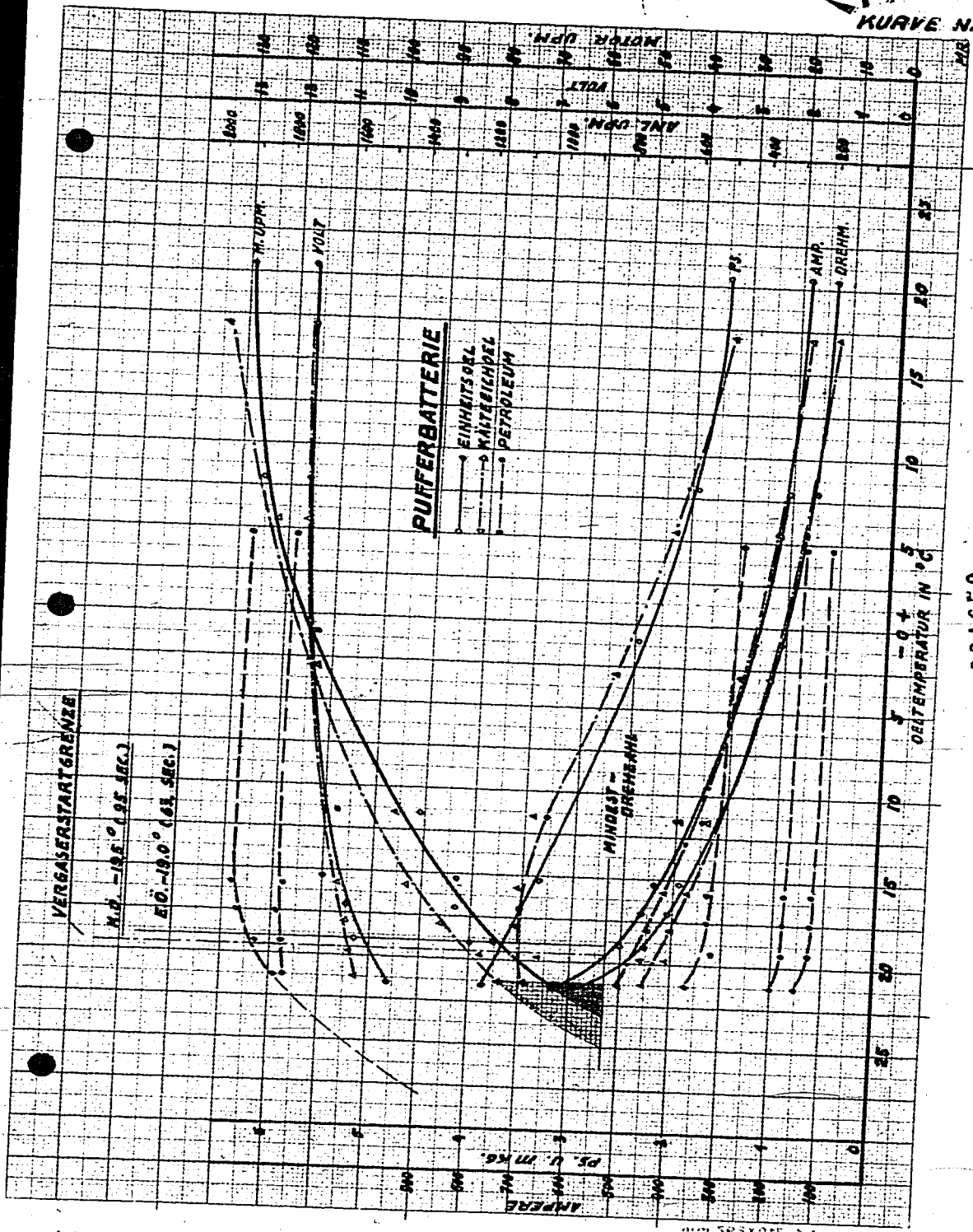
Prüfgegenstand	Dat.	Abkühlung	Reinigungszeit	Batterie		Anlassen				Temperatur					
				Größe	Type	Ohne Kraftstoff & ohne Zündung		Mit Kraftstoff & Zündung		1. Durchströmung		2. Voller Lauf		Hauptlager	
Batterieschleifmittel	1940	Stid.	temp. in min.	12 Volt stand	Stärke	Spannung (Ruhe)	Strom	1. Durchströmung	2. Voller Lauf	1. Durchströmung	2. Voller Lauf	1. Durchströmung	2. Voller Lauf	1. Durchströmung	2. Voller Lauf
				Ah	dicke	V	mg	strom	Zeit	strom	Zeit	strom	Zeit	strom	Zeit
Puffer Kalt Batt.	7,10; 20	9,00	20	2-150	Voll 6 E 10 H c 1,25	12,8	185	0,65	129	1,73	11,7	10	1,0	20,0	20,5
Puffer Kalt Batt.	7,10; 22,5	11,30	20	105	6 E 7 H c	12,85	200	0,60	115	1,42	10,5	10	1,0	21,0	20,5
Puffer Kalt Batt.	8,10; 18	9,00	10	2-150	6 E 10 H c	12,9	230	0,75	125	1,94	11,6	10	1,0	9,0	8,0
Puffer Kalt Batt.	8,10; 20	11,00	10	105	6 E 7 H c	12,95	220	0,70	113	1,63	10,25	10	1,0	9,0	8,0
Puffer Kalt Batt.	10,10; 17	9,00	0	2-150	6 E 10 H c	12,65	300	1,05	113	1,670	11,4	10	1,5	-1,0	-1,0
Puffer Kalt Batt.	10,10; 19,5	11,30	0	105	6 E 7 H c	12,95	230	0,90	96	1,78	9,5	10	1,5	-0,5	-0,5
Puffer Kalt Batt.	12,10; 13	10,00	-10	2-150	6 E 10 H c	12,90	430	1,75	91	3,28	10,75	10	3,0	10,8	11,0
Puffer Kalt Batt.	12,10; 16	13,00	-10	105	6 E 7 H c	12,98	410	1,55	69	2,21	7,5	10	3,0	10,6	11,0
Puffer Kalt Batt.	1,11; 35	6,30	-15	2-150	6 E 10 H c	12,95	520	1,95	83	3,34	11,0	10	3,0	15,8	14,8
Puffer Kalt Batt.	1,11; 38	11,30	-15	105	6 E 7 H c	12,80	500	1,76	53	1,93	7,0	10	3,0	15,9	14,8
Puffer Kalt Batt.	4,11; 9	9,00	-18	2-150	6 E 10 H c	12,92	570	2,05	83	3,51	10,5	10	3,0	17,1	16,5
Puffer Kalt Batt.	4,11; 12	12,00	-18	105	6 E 7 H c	12,84	475	1,87	50	1,99	6,6	10	3,0	17,1	16,0
Puffer Kalt Batt.	4,11; 12	12,00	-18	2-150	6 E 10 H c	12,95	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend
Puffer Kalt Batt.	5,11; 12	9,00	-20	2-150	6 E 10 H c	12,97	620	2,27	80	3,75	10,3	10	3,0	19,0	18,5
Puffer Kalt Batt.	5,11; 17	14,00	-20	105	6 E 7 H c	12,80	550	2,07	39	1,66	5,0	10	3,0	19,0	18,5
Puffer Kalt Batt.	5,11; 17	14,00	-20	2-150	6 E 10 H c	13,10	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend
Puffer Kalt Batt.	7,11; 12	9,00	-22	2-150	6 E 10 H c	12,50	710	2,95	63	3,84	9,6	10	3,0	22,0	21,5
Puffer Kalt Batt.	7,11; 15	12,00	-22	105	6 E 7 H c	12,95	600	2,35	23	1,12	4,2	10	3,0	21,0	21,0
Puffer Kalt Batt.	7,11; 15	12,00	-22	2-150	6 E 10 H c	12,65	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend	anschlüssend

001654

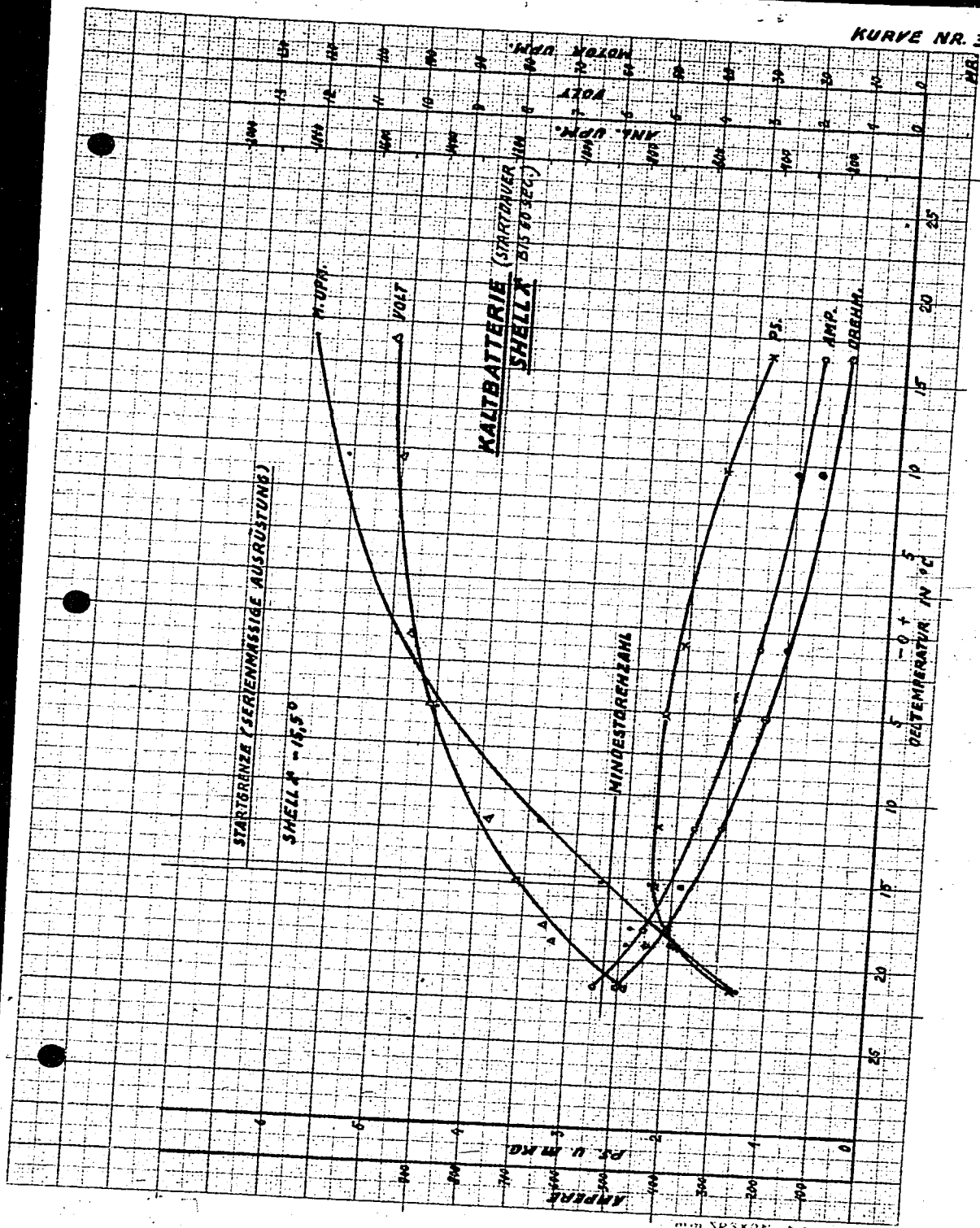
Tabelle 3



001658

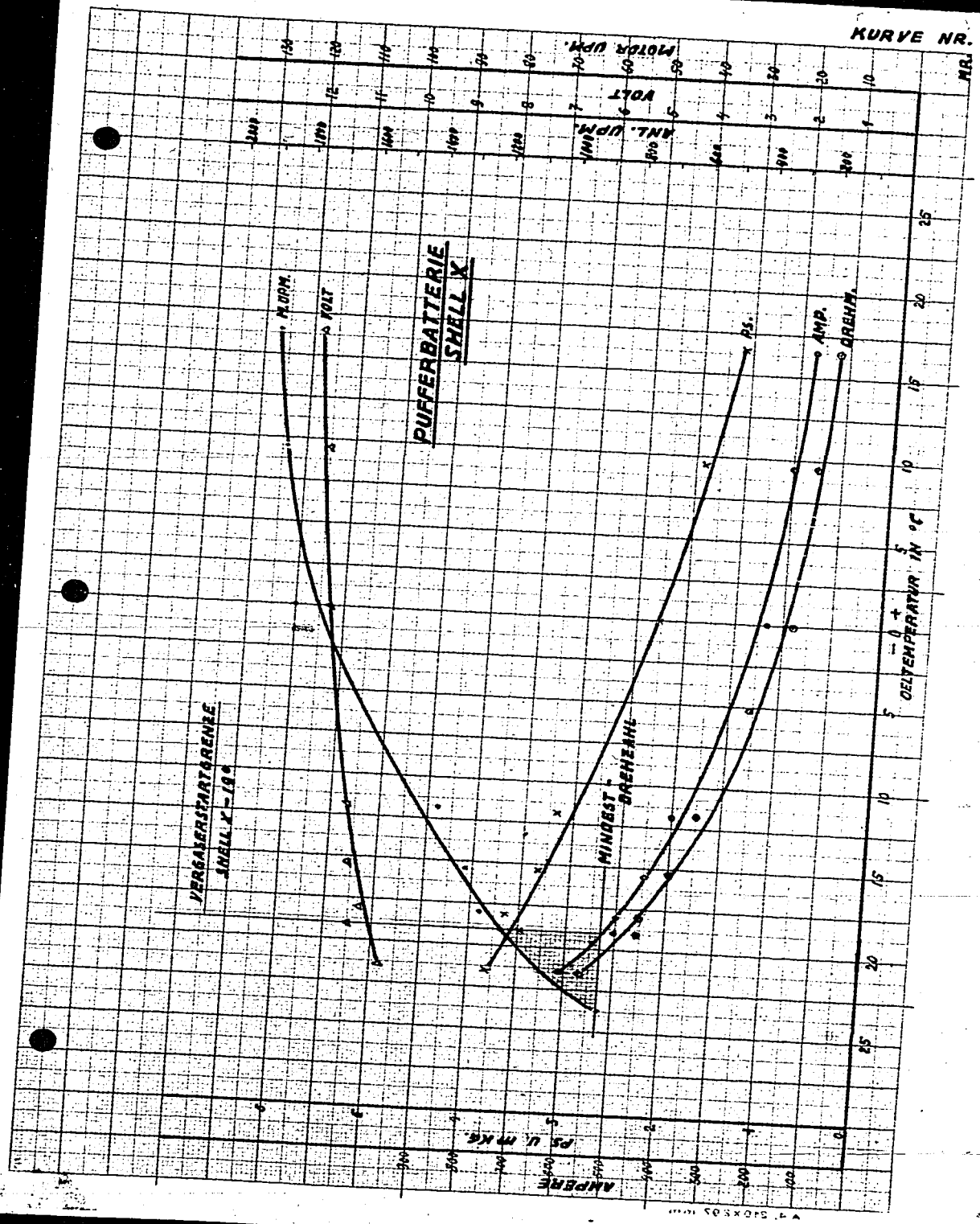


639100

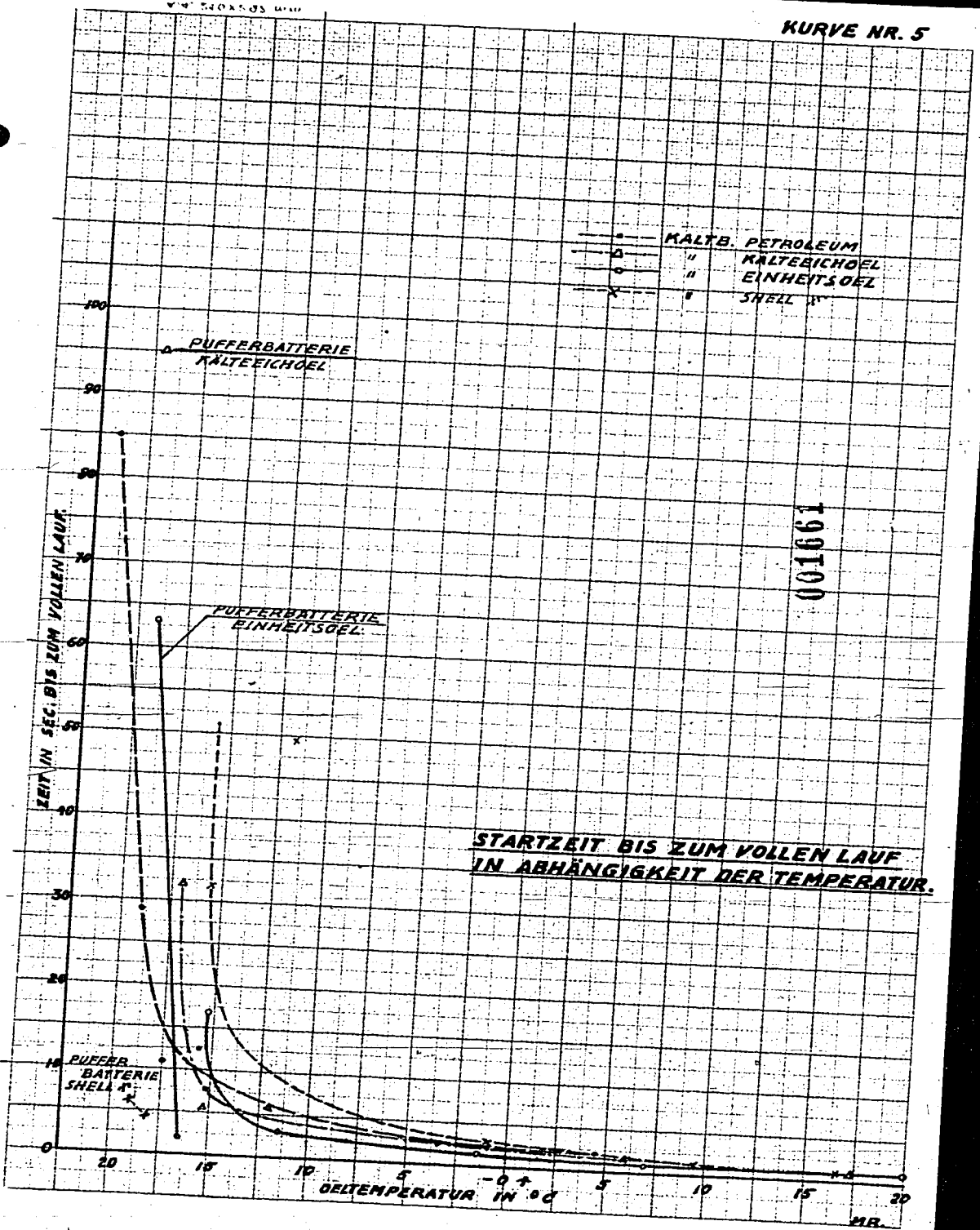


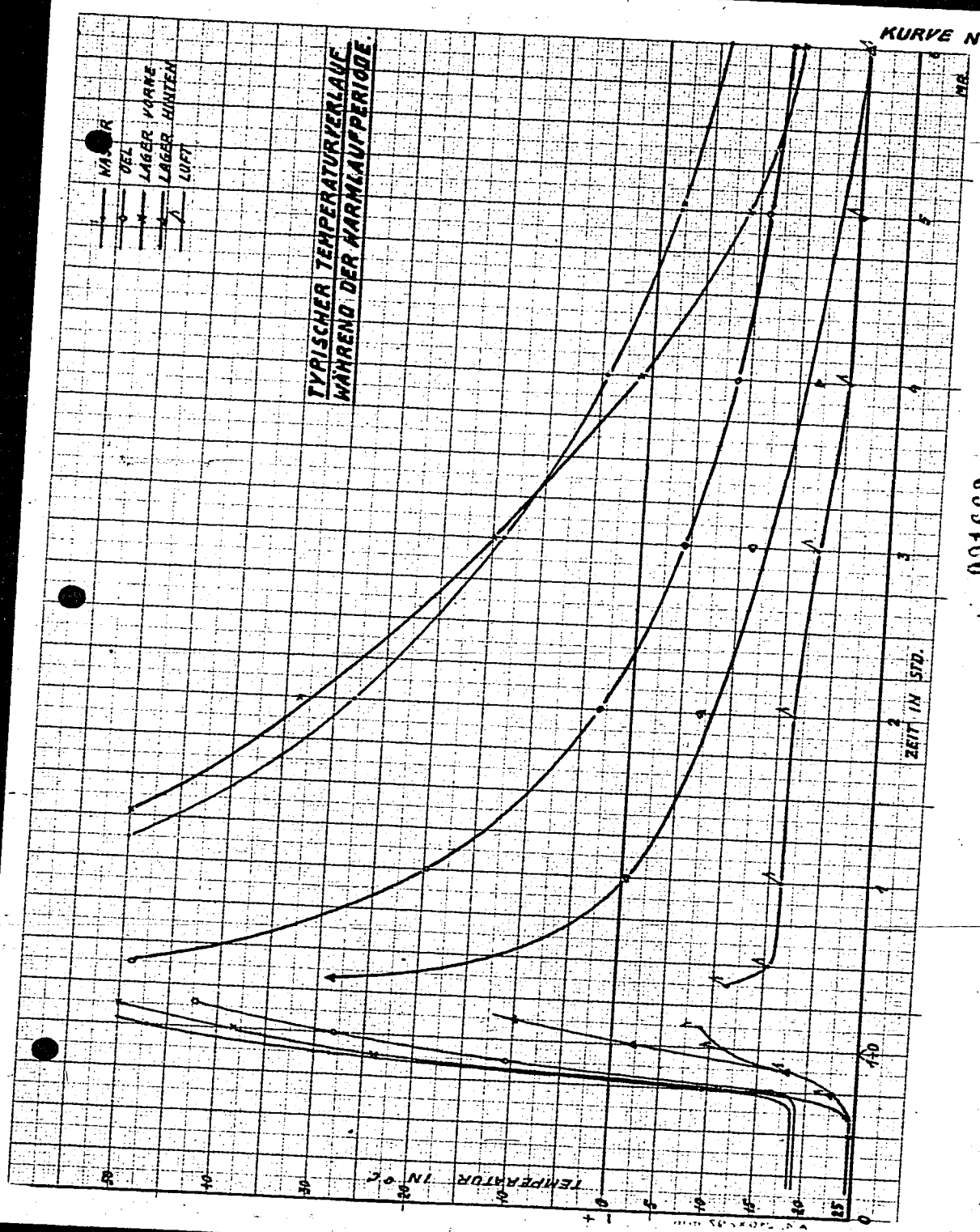
001660

KURVE NR. 4



KURVE NR. 5

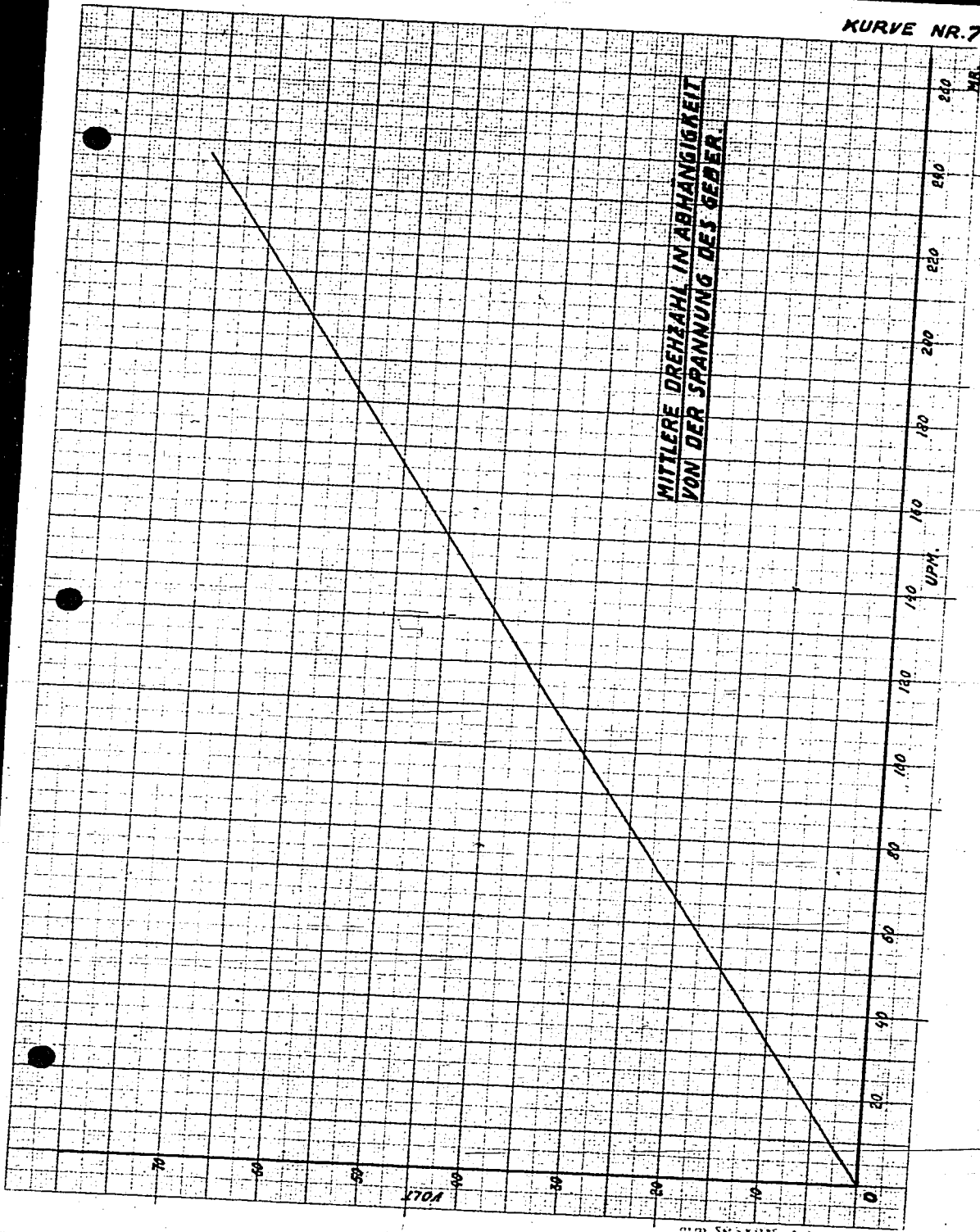




KURVE NR. 6

001662

KURVE NR. 7



001663

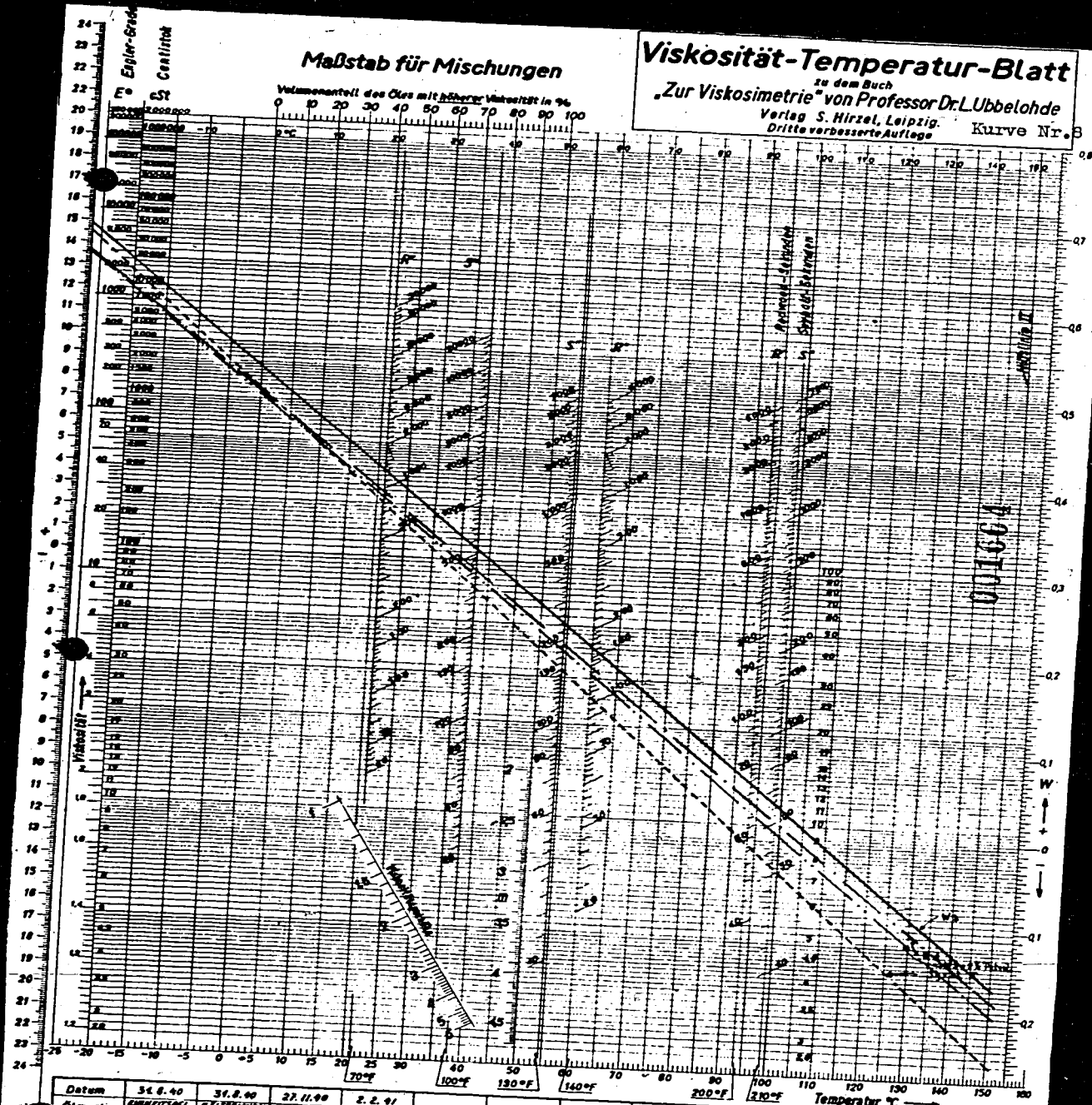
Viskosität-Temperatur-Blatt

Zu dem Buch
 „Zur Viskosimetrie“ von Professor Dr. L. Ubbelohde
 Verlag S. Hirzel, Leipzig.
 Dritte verbesserte Auflage

Kurve Nr. 3

Maßstab für Mischungen

Volumenteil des Öles mit höherer Viskosität in %
 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Datum	31. 8. 40	31. 8. 40	27. 11. 40	2. 2. 41
Ölmarke	EMMERTSALL N. 3	FAKTECHNISCHE K. 1	SMALL X	EMMERTSALL O. 25. PETROGL
Viskosität bei				
-15°C	1300	720	990	690
+20°C	963	332	221	312
50°C	224	665	52	628
100°C	499	483	66	277
W _{rel} °C				
m	3.578	3.5	3.91	3.56
VP	1.98	1.8	2.95	1.66
Bemerkung				

60

Handwritten: *Handwritten text*

144

KALTSTARTVERSUCHE

B.M.W. 2 Ltr.

001665

ADAM OPEL A.G.
TECHN. LEITUNG

144

ADAM OPEL AG.

RUSSELSHEIM A. M.

Technische Leitung

Kaltstart-Versuche mit Einheitsöl der Wehrmacht:

Untersuchung maximaler Startmöglichkeiten an verschiedenen Wehrmachts-Motoren.

B) BMW Motor 2 ltr, Type 326
TL-12200/1 (6 LB3), Vers.-S.713

001666

Ausgabe-Datum: 14. Juli 1941.

Sachbearbeiter: M. Gorissen.

Abteilungsleiter: K. Rühl.

Genehmigt: Techn. Leitung.



Verteiler: Herrn Stief,

Herrn Dr. K. O. Müller, OKH-Berlin
(2 Kopien)

✓ Herrn Dr. Schaub, Ruhr-Benzin AG.
Oberhausen - Holten.

EINLEITUNG:

In Fortsetzung der Kaltstartversuche zur Festlegung evtl. Startmöglichkeiten bis zu Temperaturen von -25°C wurde als folgender Motor der BMW-326 mit Getriebe für 6 bzw. 12 Volt in derselben Art und Weise, wie unter Bericht vom 31.1.41 beschrieben, auf Kaltstart untersucht mit einigen Abweichungen, auf die im Laufe des Berichts hingewiesen werden wird. Die Versuche sollen zur Festlegung der Kaltstarteigenschaften, wie sie durch die serienmäßige Ausrüstung bedingt sind, dienen, mit einem Hinweis zur möglichen Verbesserung, um Starttemperaturen bis zu -25° erreichen zu können.

001667

OPEL

Technische Leitung

Aufgestellt	
Name	Am
Geprüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

SCHLUSSFOLGERUNG UND VORSCHLAG:

Alle Angaben beziehen sich auf die 12 Volt Anlage, es sei denn, dass die 6 Volt Anlage besonders erwähnt ist.

Die jetzige serienmässige Ausrüstung des BMW-Motors entspricht keinesfalls den Anforderungen, um Starttemperaturen von annähernd $- 25^{\circ}\text{C}$ zu ermöglichen. Ausschlaggebend hierbei ist:

- 1) die mangelhafte Leistung des Anlassers, im besonderen Masse die der 6 Volt Anlage, 75 Ah Batteriekapazität. Die Zähflüssigkeit des Schmiermittels: erhöht den Durchdrehwiderstand derart, dass eine Mindestdrehzahl des Motors nicht erreicht werden kann. Dieses gilt nicht nur für die geprüften Öle, sondern rückschliessend alle handelsüblichen Öle, da dieselben im Viskositätsverlauf innerhalb der geprüften Öle liegen. Hierbei spielt der Unterschied zwischen Einheitsöl und Kälteeichöl (Winteröl) keine ausschlaggebende Rolle, da im Hinblick auf eine erstrebenswerte Temperatur von $- 25^{\circ}\text{C}$ derselbe zu gering ist. Er beträgt rund 2 bis 3°C .
- 2) die Begrenzung durch den Startvergaser. Diese tritt hierbei nicht in dem Masse in Erscheinung wie bei dem Maybachmotor, da Startmöglichkeiten bei $- 21^{\circ}$ und tiefer gegeben sind, vorausgesetzt, dass keine Beschränkung durch die Zähflüssigkeit des Schmiermittels eintritt.
- 3) Weniger von Bedeutung ist die Erhöhung des Durchdrehwiderstandes bei zunehmender Kälte ohne Berücksichtigung des Schmiermittels. Sie beträgt annähernd 14 % bei $- 17,5^{\circ}\text{C}$ und ist nicht auf mechanische Einwirkungen infolge Kontraktion der Teile unter Kälte zurückzuführen, sondern wahrscheinlich auf erhöhte Reibungswiderstände der Zubehörtteile wie Ventilator, Pumpe, Lichtmaschine usw.

Genauere Untersuchungen in dieser Hinsicht wurden nicht getätigt, lediglich die Feststellung getroffen, dass kein Verklemmen der Lager eintritt, sowie keine Verringerung des Spieles in den Lagern bei Temperaturschwankungen.

001668

OEEL

Technische Leitung

Aufgestellt	
Name	Am
Geprüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

Um eine Startmöglichkeit bei tieferen Temperaturen bis annähernd - 25° zu erreichen ist erforderlich:

- 1) Eine Vergrößerung der Leistung des Anlassers und eine zweckmässige Wahl der Batteriekapazität. Hierdurch wird eine andere Anlassertypen erforderlich, welche wahrscheinlich eine konstruktive Änderung der Befestigung des Anlassers am Gehäuse als notwendig erweist. Eine Vergrößerung der Batteriekapazität in diesem Falle ist nicht angängig, da die 75 Ah Batterie, welche evtl. hierfür in Betracht käme, bei weitem nicht an die Bedingung der Startfähigkeit bei - 25°C heranreichen würde. Die Überlastung des unterdimensionierten Anlassers ist bereits bei tiefen Temperaturen soweit fortgeschritten, dass mit einer Gefahr des Verschmorens gerechnet werden muss. Dasselbe gilt für die 6 Volt Anlage, welche bereits mit einer 75 Ah Batterie versehen ist.
- 2) Eine Nachregulierung des Startvergasers. Diese sollte ohne Schwierigkeiten ermöglicht werden können.
- 3) Es erscheint nicht ausgeschlossen, dass bei entsprechender Wahl des Anlassers mit abgestimmter Batteriekapazität Temperaturen bis - 25° erreichbar sind in Verbindung mit Einheitsöl + 5 % Petroleum, korrekte Anlasserleistung vorausgesetzt.
- 4) Die Zunahme des Durchdrehwiderstandes ohne Einfluss des Schmiermittels ist verhältnismässig gross mit ca 14 % im Vergleich zum Maybach-Motor HL 62 TR von ca 3 bis 4 %. Eine genaue Analyse zur Bestimmung des Widerstandes der einzelnen Aggregate ist erforderlich. Es handelt sich jedoch hierbei um Versuche, die ausserhalb des Rahmens dieser Untersuchungen fallen.

Geprüfte Schmiermittel:

Bezüglich Schmiermittel trat insofern eine Änderung gegenüber dem Versuch mit dem Maybach-Motor ein, als auf ein handelsübliches Winteröl verzichtet wurde, da keine wesentlichen Unterschiede in den Starteigenschaften desselben und des Kälteeichöls auftraten, andererseits keine solche bei den verschiedenen Motoren zu erwarten sind. Alle folgenden Untersuchungen wurden lediglich mit Einheitsöl, Kälteeichöl, sowie Petroleum durchgeführt, während die Starteigenschaften der 6 Volt Anlage nur mit Einheitsöl und Einheitsöl + 5 % Petroleum getätigt wurden.

Der Viskositätsverlauf der geprüften Öle, sowie die Analyse des benutzten Kraftstoffes ist aus folgenden Tabellen zu ersehen.

OPHEL
Technische Leitung

Aufgestellt	
Name	Am
Geprüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

Als Kraftstoff wurde ein Alkohol-Benzol-Gemisch mit der Oktanzahl 78.9 verwendet, (Tabelle 2).

Untersuchungsbefund des benutzten Kraftstoffes:

Tabelle 2.

	Probe	Bezeichnung
Spez. Gewicht 20°C	0.716	g/ccm
Brechungsindex (20°C)	1.3950	
Siedebeginn	40	°C
10 % dest. über bei	52	°C
20 % " " "	56	°C
50 % " " "	77	°C
90 % " " "	135	°C
Siedeschluss	167 (98%)	°C
Siederückstand	0.9	Vol. %
Kennziffer	86	
Alkohol	7.9	Gew. %
	10	Vol. %
Aromatur	8.9	Gew. %
	9.5	Vol. %
Naphtene	27.1	Vol. %
Paraffine	53.4	Vol. %
Schwefel	0.08	%
Wasseraufnahme (20°C)	0.35	%
Jodzahl	30	% J ₂
Gum-Gehalt	1.6	mg/100 ccm
Dampfdruck (Reid)	0.52	kg/cm ²
Oberer Heizwert	7790	WE/l
Unterer Heizwert	7290	WE/l
Oberer Heizwert	10875	WE/kg
Unterer Heizwert	10175	WE/kg
Oktan	78.9	

Als Gefriermittel wurde Glysanthin verwendet.



Technische Leitung

Aufgestellt	
Name	Am
Geprüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

Motor-Daten:

BMW Type	326 (2 ltr)
Motor-Nr.	110 449 (mit Getriebe)
Laufzeit	unbekannt
Anlasstypen	BGC 0.5/6
	BGC 0.6/12
Vergaser	Solex (Doppel)
Verteiler	Bosch VE 6 BS 174
Kerzentypen	Bosch DM 175 T1
Elektrodenabstand	0.45 mm
Zähnezahl Starterkranz	89
Zähnezahl Ritzel	18
Übersetzung	11.125

Länge und Querschnitt des Anlassers und Massekabels entsprechend der Einbauvorschrift. Es wurde jedoch nicht die gegebene Länge der Kabel benutzt, sondern, durch Verlegung des Widerstandes zum Messen der Stromstärke der Kaltbatterie ausserhalb des Kälteraumes, derjenige Querschnitt und diejenige Länge des Kabels gewählt, welche dem Widerstand gemäss Einbauvorschrift entsprach. Somit wurden sämtliche Messungen ausserhalb der Kältekammer vorgenommen. (Siehe Schaltschema Seite 11)

Folge der Versuche:

- 1) Messung des Durchdrehwiderstandes und der Motordrehzahl bei Versuchstemperaturen von +20, +10, 0, -10, -15, -18, -20, -22°C nominell (je nach Lage der Startgrenze mehrere Versuche im Grenzbereich).
 - a) bei Verwendung von Einheitsöl,
 - b) bei Verwendung von Kälteeichöl,
 - c) bei Verwendung von Einheitsöl + 5 % Petroleum (nur 6 Volt Anlage),
 - d) bei Verwendung von Petroleum.

Der Anlaßstrom wurde dabei einer konstanten Stromquelle (Pufferbatterie, 150 Ah für 6 und 12 Volt), die von der Versuchstemperatur unabhängig war, entnommen. Die Durchführung geschah ohne Kraftstoff und ohne Zündung.

- 2) Messung des Durchdrehwiderstandes und der Motordrehzahl bei unter 1) genannten Temperaturen und Ölen, jedoch Antrieb des Anlassers durch eine der Kälte ausgesetzten normalen Batterie (75 Ah für 6 Volt, 50 Ah für 12 Volt).
- 3) Ermittlung der Starttemperatur bei welcher der Motor nach 30 Sek. bzw. 60 Sek. des Durchdrehens bei gegebenem Vergaser für Schmiermittel wie unter 1) weiterläuft. Als Stromquelle des Anlassers wurde die Pufferbatterie benutzt.
- 4) Ermittlung der Starttemperatur wie unter 3), jedoch als Stromquelle für den Anlasser die kalte, normale Batterie.

OPEL

Technische Leitung

Aufgestellt	
Name	Am
Geprüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

0001673.-

Alle Versuche wurden mit ausgerückter Kupplung durchgeführt.

Aus den erhaltenen Werten diene zur Berechnung von Drehmoment und Leistung das Leistungsblatt der betreffenden Anlassertypen als Unterlage (Blatt VDA 356, Bosch 6 Volt ; DL 189 M, Bosch 12 Volt).

Die mittlere Anlasserdrehzahl wurde aus dem Übersetzungsverhältnis Zähnezahln Schwungrad - Ritzel errechnet.

Die Startdauer zum Messen des Durchdrehstromes für "ohne Kraftstoff und ohne Zündung" betrug 10 Sek. sowohl für die Puffer- als auch Kaltbatterie; diejenige für "mit Kraftstoff und Zündung" jeweils bis zum vollen Lauf. Trat keine Zündung ein bei zu tiefen Temperaturen, dann betrug die Startdauer 60 Sek., solange die Drehzahl in der Nähe der Mindestdrehzahl lag; bei stärkerer Unterschreitung derselben, nur 30 Sek., da einmal eine Möglichkeit des Startens von vornherein ausgeschlossen war und weiterhin die Gefahr des Verschmorens bestand. Drehzahl und Spannungsabfall sind hierbei erheblich. Entsprechende Bemerkungen bei Fehlstarts sind aus den Tabellen zu ersehen.

Ein Ölwechsel fand nach je 3 Versuchen statt. Es wurde hierbei in Erfahrung gebracht, dass die Durchdrehwiderstände des ersten Versuches nach jeder Frischölfüllung höher waren, worauf auch Streuungen der Punkte in den Kurven zurückzuführen sind, falls ein Wert dieser Art aufgetragen wurde, während die folgenden Versuche konstante Ergebnisse brachten. Das ist in sofern erklärlich als dem Warmlaufen kein Startversuch vorausgegangen war mit folgender Verdünnung des Öles mit rohem Kraftstoff. Bei den anschließenden Versuchen tritt eine solche Verdünnung naturgemäss ein, obwohl ein Teil des Kraftstoffes durch die nachfolgende Warmlaufperiode wieder verdampft wird.

Der Aufbau des Versuches sowie die Anordnung der Instrumente sind aus beiliegenden Fotos zu ersehen. Unter dem Messtisch befindet sich die Aufladestation für die Batterien mit spannungsregelnder Lichtmaschine.

OEI
Technische Leitung

Aufgestellt

Name	Am
------	----

Geprüft

Name	Am
------	----

Genehmigt

Name	Am
------	----

0001674

ERGEBNISSE:

A) 6 Volt Anlage:

Unter Berücksichtigung der jetzigen serienmässigen Aus-
rüstung (Kurve 1, Tabelle 1 & 2)

- 1) Die Mindestdrehzahl des Motors, um brennbares Gemisch zu erzeugen beträgt ca 43 Upm, also 10 Upm weniger als der Maybach-Motor HL 62 TR.
- 2) Die Startgrenzen auf Grund der Viskosität der Öle, 60 Sek. Startdauer vorausgesetzt und abgekühlter Batterie von 75 Ah, 0,5 PS Anlasserleistung, betragen für:

- a) Einheitsöl - 5 bis (-7,5)°C
- b) Einheitsöl + 5 % Petroleum - 9 bis (-10)°C

() keine gemessenen Werte, extrapoliert aus dem Kurvenverlauf für eine Mindestdrehzahl von 43 Upm, da bei diesen Temperaturen kein Versuch stattfand. (schattierte Fläche, Kurve 1).

Die Startgrenze für die 6 Volt Anlage von -5° für Einheitsöl, bzw. -9° für Einheitsöl + 5 % Petroleum (entsprechend Winteröl) ist äusserst gering.

Da bereits eine 75 Ah Batterie vorgesehen ist, eine weitere Erhöhung der Batteriekapazität nicht empfehlenswert erscheint, verbleibt nur noch eine Erhöhung der Anlasserleistung. Weiterhin weist wiederholtes Verschmoren der Drähte zu den Anlasserbürsten bei niedrigen Drehzahlen auf die Tatsache hin, dass die Leistung des Anlassers als solche zu gering ist bei einer Batteriekapazität von 75 Ah. Naturgemäss erhöhen sich die Schwierigkeiten bei einer Verwendung einer 150 Ah Batterie noch besonders. Dieses gab Veranlassung für die geringe Begrenzung der Startdauer beim Ausbleiben der Zündung. Dasselbe gilt für die 12 Volt Anlage, jedoch nicht in diesem Masse.

Durch Abweichung von der serienmässigen Ausrüstung (Kurve 2, Tabelle 1 & 2).

Auf Grund der grösseren Batteriekapazität der 150 Ah Batterie ausserhalb der Kältekammer wird die Leistung des Anlassers erhöht und somit auch die Motordrehzahl. Die Leistung des Anlassers reicht jedoch nicht aus, um eine evtl. Begrenzung der Startfähigkeit durch den Startvergaser zu bestimmen. Es seien somit lediglich die Grenztemperaturen auf Grund der 150 Ah Batterie aufgeführt. Die Grenztemperaturen betragen:

- a) bei Einheitsöl -15° - 15°C
- b) bei Einheitsöl + 5 % Petroleum - 15 bis (-17,5)°C

() kein gemessener Wert, durch Extrapolierung festgelegt. (schattierte Fläche, Kurve 2).

OEEL

Technische Leitung

Aufgestellt

Name Am

Geprüft

Name Am

Genehmigt

Name Am

001676

Ergebnisse durch Abweichung von der serienmässigen Aus-
rüstung (Kurve 4, Tabelle 3 bis 5).

Unter Berücksichtigung einer grösseren Batteriekapazität
von 150 Ah, somit einer entsprechend grösseren Leistung
des Anlassers ergeben sich bei einer Startdauer von 60 Sek.
folgende Grenztemperaturen:

- a) Einheitsöl - 17/2 bis - 19°C
+ = gemessener Wert. Bis zu 60 Sek. Startdauer trat
keine Zündung ein.
- b) Kälteeichöl - 19 bis (-23)°C
() kein gemessener Wert, extrapoliert (schattierte
Fläche).
- c) Petroleum - 21° und tiefer.

Keine tiefere Temperatur z.Zt. erreichbar, Motordreh-
zahl über 200-Upm. Eine genaue Festlegung der Start-
vergasergrenze nicht einwandfrei möglich. Dieselbe
fällt jedoch bestimmt unterhalb 21°, schätzungsweise
- 23° (siehe Kurvenblatt 6, 60 Sek. Startdauer voraus-
gesetzt; Zeit bis zum vollen Lauf für Petroleum in
Abhängigkeit der Temperaturen).

- 3) Kurvenblatt 5 zeigt einen typischen Temperaturverlauf der
Abkühlung nach der Warmlaufperiode. Nach ca 14 Stunden
(Temperatur - 20°) sind annähernd konstante Temperaturen
erreicht, der Motor ist durchgekühlt. Es ist zu erkennen,
dass die Temperaturen der Meßstellen infolge des Getriebes
durchschnittlich gleichmässiger abkühlen, während ohne Ge-
triebe (Maybach) das hintere Lager auf Grund des Wärme-
bezw. Kälteflusses eine langsamere Erwärmung bzw. schnel-
lere Abkühlung erfährt. Da, wie festgestellt, keine Verän-
derung des Lagerspieles bei selbst starken Temperaturschwan-
kungen eintritt, entfällt der Beobachtung über verschiedene
Lagertemperaturen bei dem Maybach-Motor die Bedeutung. Die
Schwankungen der Lagertemperaturen können demnach unberück-
sichtigt bleiben.
- 4) Bei abnehmenden Temperaturen nimmt die Zeit bis zum vollen
Lauf annähernd proportional zu bis zur möglichen Startgren-
ze, um bei einer 1 bis 2° tieferen Temperatur bereits Fehl-
start verursachen zu können (Kurve 6).



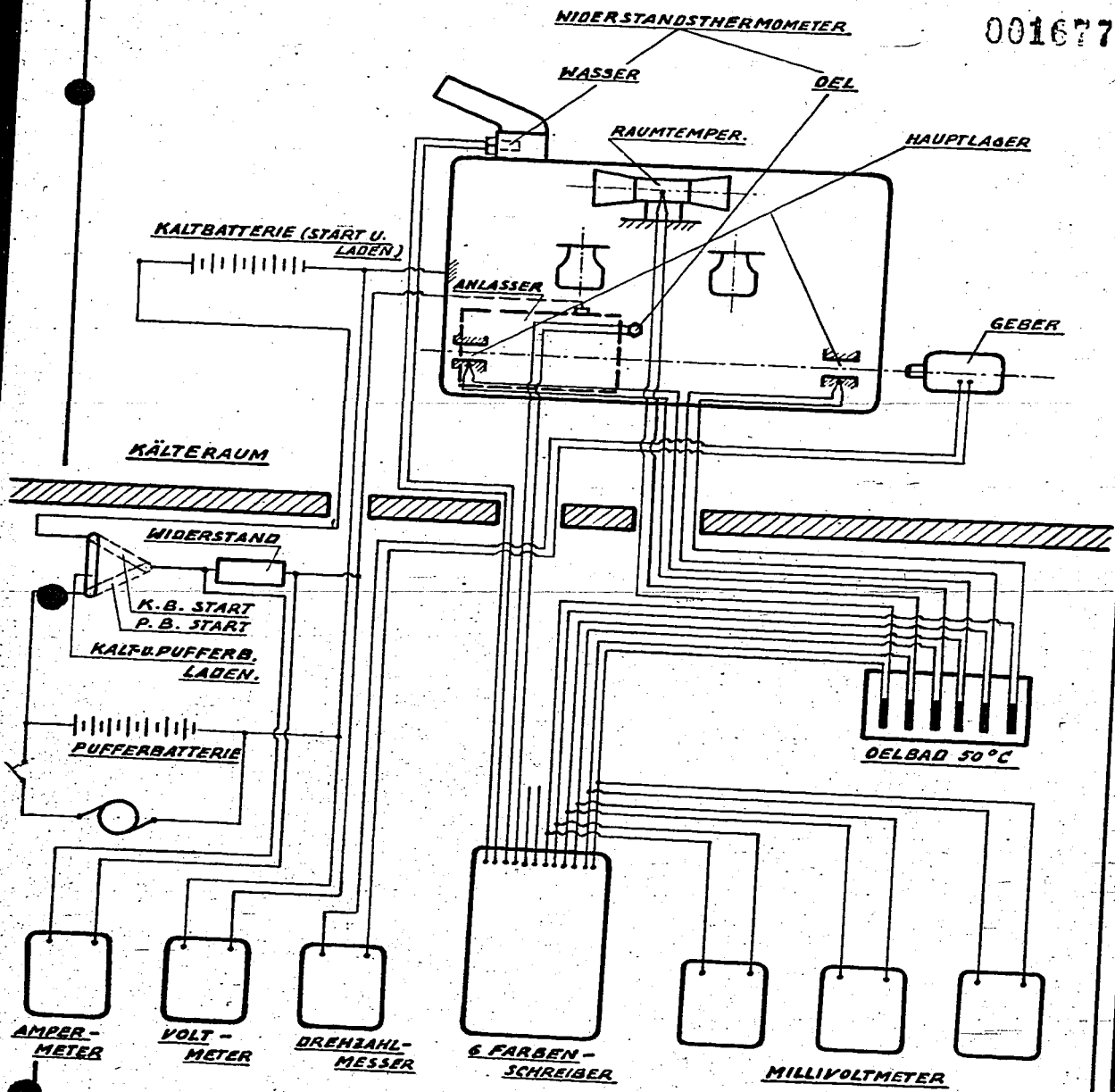
Aufgestellt	
Name	Am
Geprüft	
Name	Am
Genehmigt	
Name	Am

Go/Ste.

Versuchsabteilung

M. Gorissen.

001677





Technische Leitung

Anleitung

Kraftstoff: Oktan 70,9
Zweiwert 17,4 vol.
Benzol 9,7%

Verfahren: Sollex (Kupfett)
Vorfaller: Bosch VE 6 DS 11A
Inhaltstyp: SS 0,5/6

Laufzeit: unbekannt
Kurzzyklus: Bosch DM 175 11
Elektrodenabstand: 0,4

Motor: 119 MW mit Getriebe
Typ: DM 306
Inhalt: 2 ltr.

KALTSTARTVERSUCHE
BMW 20 (6 Volt)

Prozessparameter	Zelle		Temperatur		Anlassen		3. Kraftstoff-Zündung		3. Kraftstoff-Zündung		3. Kraftstoff-Zündung		3. Kraftstoff-Zündung		3. Kraftstoff-Zündung		3. Kraftstoff-Zündung		
	Abf. (min)	Zeit (min)	Temperatur	Zeit	Strom (A)	Spannung (V)	Strom (A)	Spannung (V)	Strom (A)	Spannung (V)	Strom (A)	Spannung (V)	Strom (A)	Spannung (V)	Strom (A)	Spannung (V)	Strom (A)	Spannung (V)	
1. Puffer Kalt Start	12,3	12	-20	9,00	580	6,45	397	0,655	1,24	33	397	0,655	4,5	10	415	3,0	10	10	10
2. Puffer Kalt Start	12,3	16	-20	13,00	440	6,50	167	0,71	0,9	15	167	0,71	3,0	10	535	4,5	10	10	10
3. Puffer Kalt Start	12,3	16	-20	13,00	230	6,40	193	0,665	0,41	136	193	0,665	5,4	10	495	4,5	10	10	10
4. Puffer Kalt Start	15,4	10,0	10	7,30	240	6,45	1313	0,725	0,35	118	1313	0,725	4,9	10	485	4,5	10	10	10
5. Puffer Kalt Start	15,4	11,0	10	7,30	325	6,50	1070	0,693	0,65	96	1070	0,693	5,0	10	300	4,5	10	10	10
6. Puffer Kalt Start	12,4	10,0	0	8,00	340	6,50	801	0,683	0,62	72	801	0,683	4,3	10	385	4,5	10	10	10
7. Puffer Kalt Start	4,4	13,0	-8	7,30	400	6,50	845	0,695	0,65	76	845	0,695	5,0	10	310	4,5	10	10	10
8. Puffer Kalt Start	4,4	17,5	-10	11,00	375	6,50	470	0,494	0,75	43	470	0,494	3,8	10	397	4,5	10	10	10
9. Puffer Kalt Start	3,4	12,0	-10	7,30	430	6,50	788	0,694	0,69	63	788	0,694	4,9	10	400	4,5	10	10	10
10. Puffer Kalt Start	3,4	15,5	-10	11,00	400	6,50	423	0,467	0,79	39	423	0,467	3,7	10	385	4,5	10	10	10
11. Puffer Kalt Start	10,4	18,0	-15	8,00	500	6,50	601	0,665	1,015	54	601	0,665	4,7	10	nicht messbar	4,0	10	10	10
12. Puffer Kalt Start	10,4	23,0	-15	13,00	400	6,50	272	0,27	0,87	20	272	0,27	3,3	10	nicht messbar	4,0	10	10	10
13. Puffer Kalt Start	10,4	23,0	-15	13,00	575	6,45	367	0,666	1,18	33	367	0,666	4,5	10	keine Messung	4,65	18,0	55,0	14,0
14. Puffer Kalt Start	9,4	13,0	-20	8,30	430	6,50	145	0,175	0,87	13	145	0,175	3,1	10	keine Messung	4,65	18,0	55,0	14,0
15. Puffer Kalt Start	9,4	16,0	-20	11,30	430	6,50	145	0,175	0,87	13	145	0,175	3,1	10	keine Messung	4,65	18,0	55,0	14,0

001680

x 3 Zellen von 12 Volt Zellen 6 E 10 ltr abgekühlt.



Technische Leitung

Motor-Nr.: 110 449 mit Getriebe
 Type: BM 326
 Inhalt: 2 ltr.
 Laufzeit: unbestimmt
 Kerzentype: Bosch DE 175 11
 Elektrodenstand: 2,5
 Vergaser: Solux (Boypelt)
 Verteiler: Bosch VE 5 US 174
 Anlassertyp: BOC 37/2
 Kraftstoff: Klean 70/9
 Motoröl 17 X vol.
 Ölwechsel 3,3 ltr.

KALTSTARTVERSUCHE

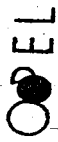
Prüfgegenstand	Date	Ab- lauf- zeit	Zeit- punkt	Zeit- punkt	Batterie		Ihre Kraftstoff- oder Zündung				Anlassen								
					Größe	Typ	1. Durch- schneidung (0,5A)	2. Durch- schneidung (0,5A)	1. Durch- schneidung (0,5A)	2. Durch- schneidung (0,5A)	1. Durch- schneidung (0,5A)	2. Durch- schneidung (0,5A)	1. Durch- schneidung (0,5A)	2. Durch- schneidung (0,5A)	1. Durch- schneidung (0,5A)	2. Durch- schneidung (0,5A)			
Puffer Kalt Batt.	5.5	24	7.30	20	150	6 E 10 Hc 1,285	12,7	185	175	0,405	200	225	1,257	11,5	10	17,6	17	17,0	17,0
	5.5	27	7,30	20	50	6 De 4	12,7	160	155	0,335	165	2160	0,902	10,1	10	17,8	17	17,2	17,2
Puffer Kalt Batt.	3.5	12	7.30	10	150	6 E 10 Hc 1,285	12,85	200	195	0,40	171	1302	1,273	10,85	10	8,4	7,9	7,3	8,4
	3.5	16	11.30	10	50	6 De 4	12,8	190	185	0,44	144	1602	0,994	9,4	10	8,4	7,0	7,5	8,4
Puffer Kalt Batt.	2.5	24	7.30	0	150	6 E 10 Hc 1,285	12,85	275	265	0,74	126	1415	1,402	10,4	10	3,8	4,3	4,5	4,1
	2.5	27	10.30	0	50	6 De 4	12,8	250	243	0,66	85	945	0,871	8,25	10	4,1	5,0	4,0	3,9
Puffer Kalt Batt.	6.5	12	10.30	-10	150	6 E 10 Hc 1,285	12,85	355	335	1,01	73	868	1,273	10,3	10	11,0	12,0	11,3	11,0
	6.5	16.5	13.00	-10	50	6 De 4	12,8	300	263	0,74	33	367	1,379	6,6	10	10,5	12,5	11,5	10,8
Puffer Kalt Batt.	8.5	15.0	7.31	-15	150	6 E 10 Hc 1,285	12,80	368	330	1,09	69	767	1,157	9,8	10	15,6	15,5	15	14,8
	8.5	19.0	10.31	-15	50	6 De 4	12,80	285	295	0,86	27	300	0,560	6,4	10	14,4	15,5	15	14,7
Puffer Kalt Batt.	9.5	16.0	8.31	-18	150	6 E 10 Hc 1,285	12,80	415	375	1,16	50	566	0,9	9,8	10	17,6	18,0	17,5	17,6
	9.5	17.0	10.31	-18	50	6 De 4	12,85	300	283	0,82	19	211	0,742	6,0	10	17,5	18,0	17,5	17,5
Puffer Kalt Batt.	10.5	11.0	8.30	-20	150	6 E 10 Hc 1,285	12,80	445	335	1,24	43	478	0,828	9,7	10	19,4	19,5	19,0	19,6
	10.5	11.0	8.30	-20	150	6 E 10 Hc 1,285	12,80	Kein Versuch	Kein Versuch	Kein Versuch	Kein Versuch	Kein Versuch	Kein Versuch	Kein Versuch	Kein Versuch	19,4	19,5	19,0	19,6

x) Motoranzahl zu Klein
(Gefahr des Versagens)

x) 1. Wert nach Frischabfüllung.

001681

Tabello 3



Technische Leitung

Motor-Nr.: 110 440 mit Getriebe
 Type: BM 326
 Inhalt: 2 Liter

Luftleit.: unbekannt
 Kerzentype: Bosch DM 175 T 1
 Elektroventilstand: 0,45

Versehar: Solux (Koppl.)
 Ventilator: Bosch VE 6 US 174
 Anlassertyp: DC 0,4/12

Kraftstoff: Uktan 76,3
 Alkohol 10,4 vol.
 Benzol 3,3%

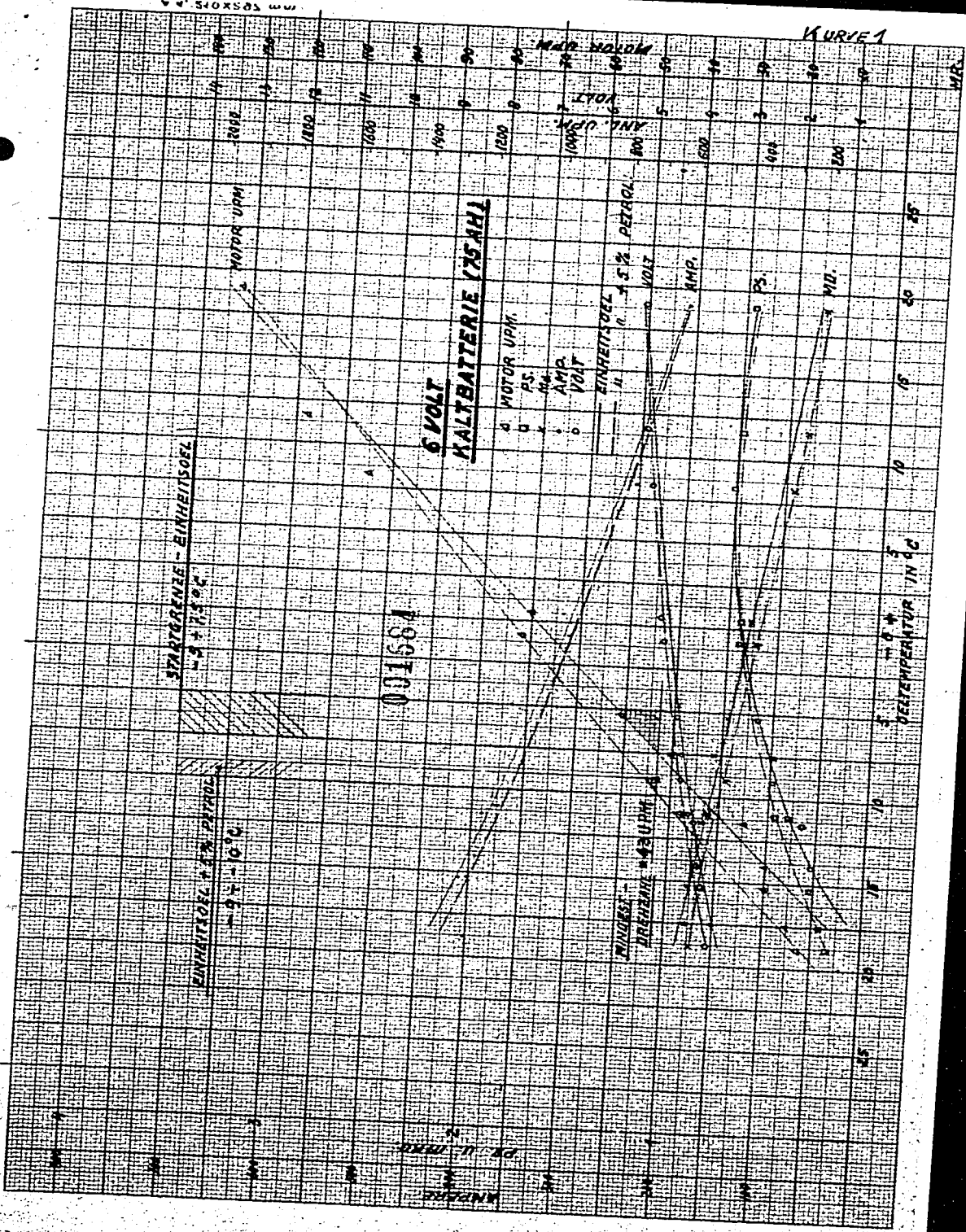
KALTSTARTVERSÜCHE

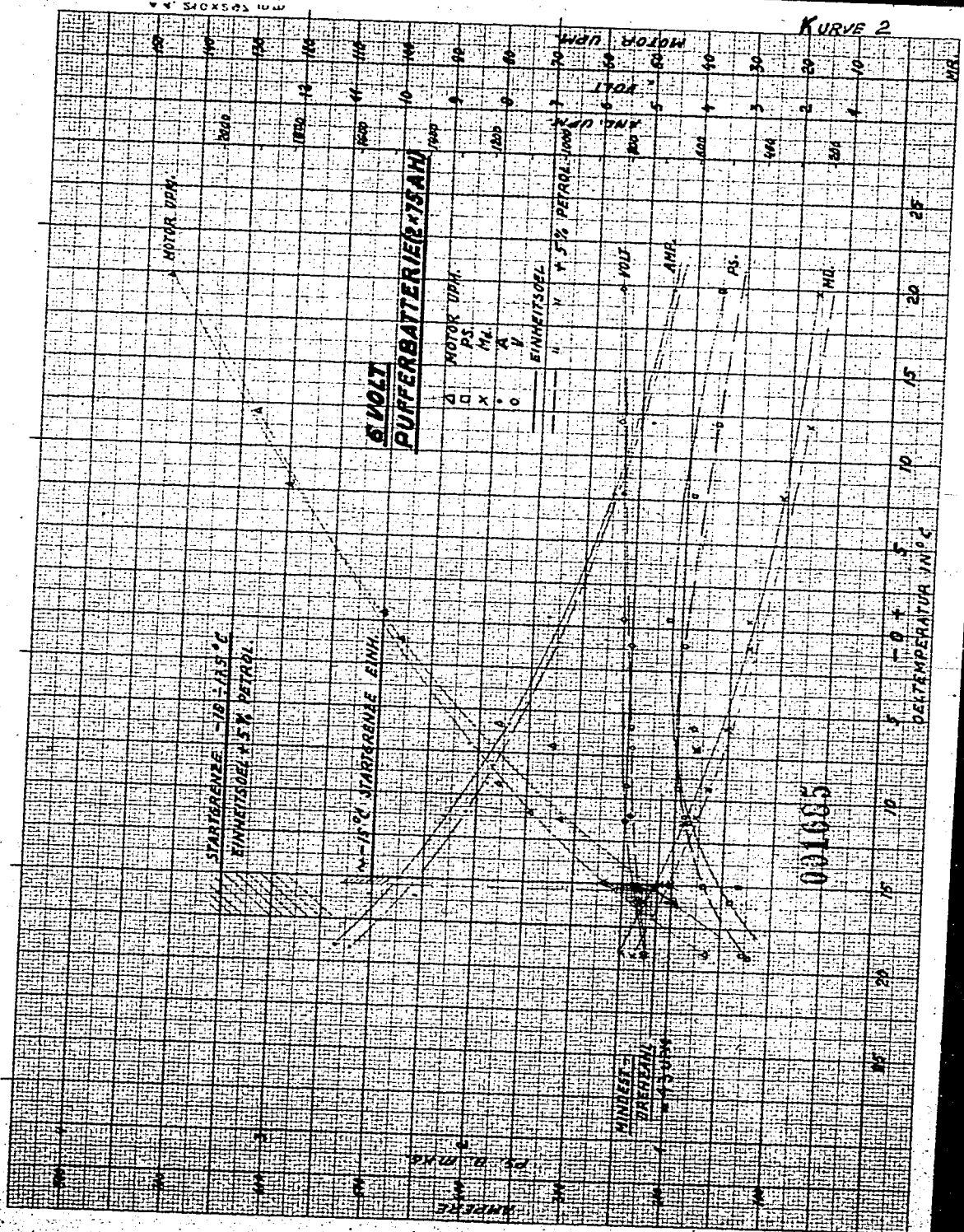
BM 326 (17 Volt)

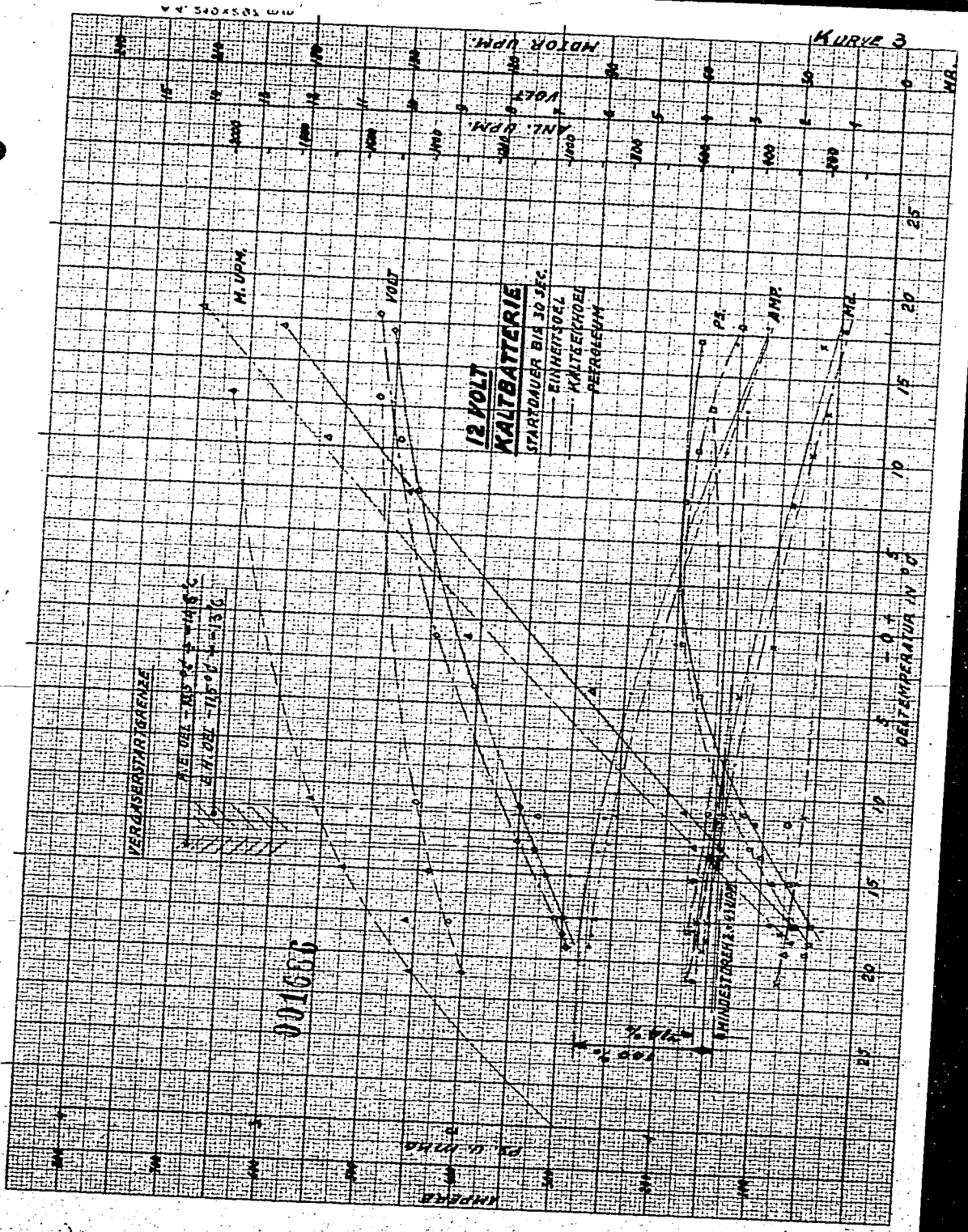
Pufferzustand	Betriebs- mittel	Ab- zug	Zeit min	Zahl Umd.	Zahl Umd.	Batterie		Anlasser				Temperatur					
						Zy- klen	Zy- klen	1. Durch- strom		2. Durch- strom		1. Weller Zeit	2. Weller Zeit	1. Öl- temper.	2. Öl- temper.	3. Öl- temper.	4. Öl- temper.
								Spannung V	Strom A	Spannung V	Strom A						
Puffer Kalt	23.4.12	7.30	20	150	12.8	185	0.265	230	0.946	11.3	10	17.6	17.5	18.2	20.2	18	
Kalt Batt.	23.4.16	11.30	20	50	12.7	130	0.23	210	0.730	10.4	10	19.6	19.0	19.7	20.2	18	
Puffer Kalt	22.4.15	7.30	10	150	12.85	170	0.430	195	1.186	11.0	10	10.8	10	10.8	10.8	10	
Kalt Batt.	22.4.19	11.30	10	50	12.8	167	0.355	170	0.977	9.65	10	10.5	10.5	10.5	11.0	11.0	
Puffer Kalt	20.4.26	7.30	0	150	12.8	200	0.54	164	1.275	10.75	10	0.8	-1.0	-0.6	-0.5	10	
Kalt Batt.	20.4.27	10.30	0	50	12.8	205	0.80	174	0.964	8.9	10	0.0	-1.4	-1.0	0	10	
Puffer Kalt	18.4.17	8.30	-13	150	12.85	325	0.85	112	1.246	10.3	10	13.9	13.3	13.0	13.2	13.2	
Kalt Batt.	18.4.20	11.30	-13	50	12.85	200	0.72	51	0.57	7.0	10	13.2	13.5	13.0	13.2	13.2	
Puffer Kalt	19.4.14	7.30	-14	150	12.85	331	0.935	94	1.305	10.1	10	13.9	14.6	14.5	13.9	13.9	
Kalt Batt.	19.4.17	10.30	-14	50	12.8	285	0.76	43	0.507	6.65	10	13.6	14.5	13.5	13.6	13.6	
Puffer Kalt	26.4.9	9.00	-18	150	12.8	300	1.025	73	1.215	9.9	10	17.0	17.5	17.0	16.6	16	
Kalt Batt.	26.4.12	12.00	-18	50	12.8	285	0.76	27	0.319	6.15	10	17.0	17.5	17.5	17.4	17.4	
Puffer Kalt	26.4.12	12.00	-18	150	12.8	300	1.025	73	1.215	9.9	10	17.0	17.5	17.5	17.4	17.4	
Kalt Batt.	26.4.12	12.00	-18	50	12.8	285	0.76	27	0.319	6.15	10	17.0	17.5	17.5	17.4	17.4	
Puffer Kalt	29.4.10.0	8.30	-19	150	12.85	300	1.035	69	1.163	9.9	10	19.4	19.2	18.5	18.0	18.0	
Kalt Batt.	29.4.13.0	11.30	-19	50	12.85	200	0.76	20	0.236	6.0	10	19.0	19.0	18.5	18.0	18.0	
Puffer Kalt	29.4.13.0	11.30	-19	150	12.85	300	1.035	69	1.163	9.9	10	19.4	19.2	18.5	18.0	18.0	
Kalt Batt.	30.4.13	9.00	-20	150	12.85	300	1.035	69	1.163	9.9	10	19.4	19.2	18.5	18.0	18.0	
Puffer Kalt	30.4.17	13.00	-20	150	12.8	285	0.76	22	0.265	5.9	10	19.8	19.8	19.4	19.0	19.0	
Kalt Batt.	30.4.17	13.00	-20	50	12.8	285	0.76	22	0.265	5.9	10	19.8	19.8	19.4	19.0	19.0	
Puffer Kalt	30.4.17	13.00	-20	150	12.8	300	1.035	69	1.163	9.9	10	19.8	19.8	19.4	19.0	19.0	
Kalt Batt.	30.4.17	13.00	-20	50	12.8	285	0.76	22	0.265	5.9	10	19.8	19.8	19.4	19.0	19.0	

289772

x) Überstromzahl zu Klein
(Zeit des Versuchs)



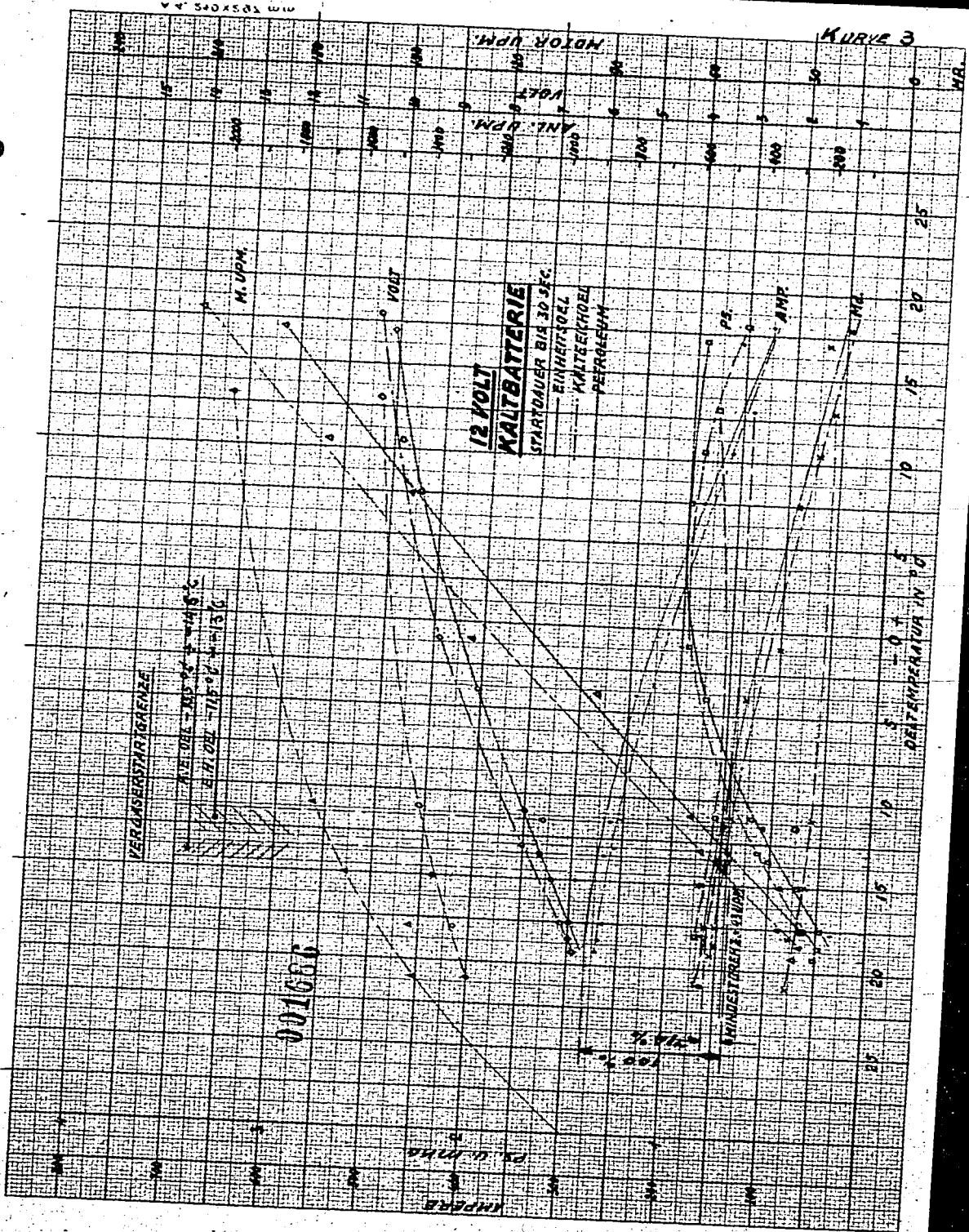




001686

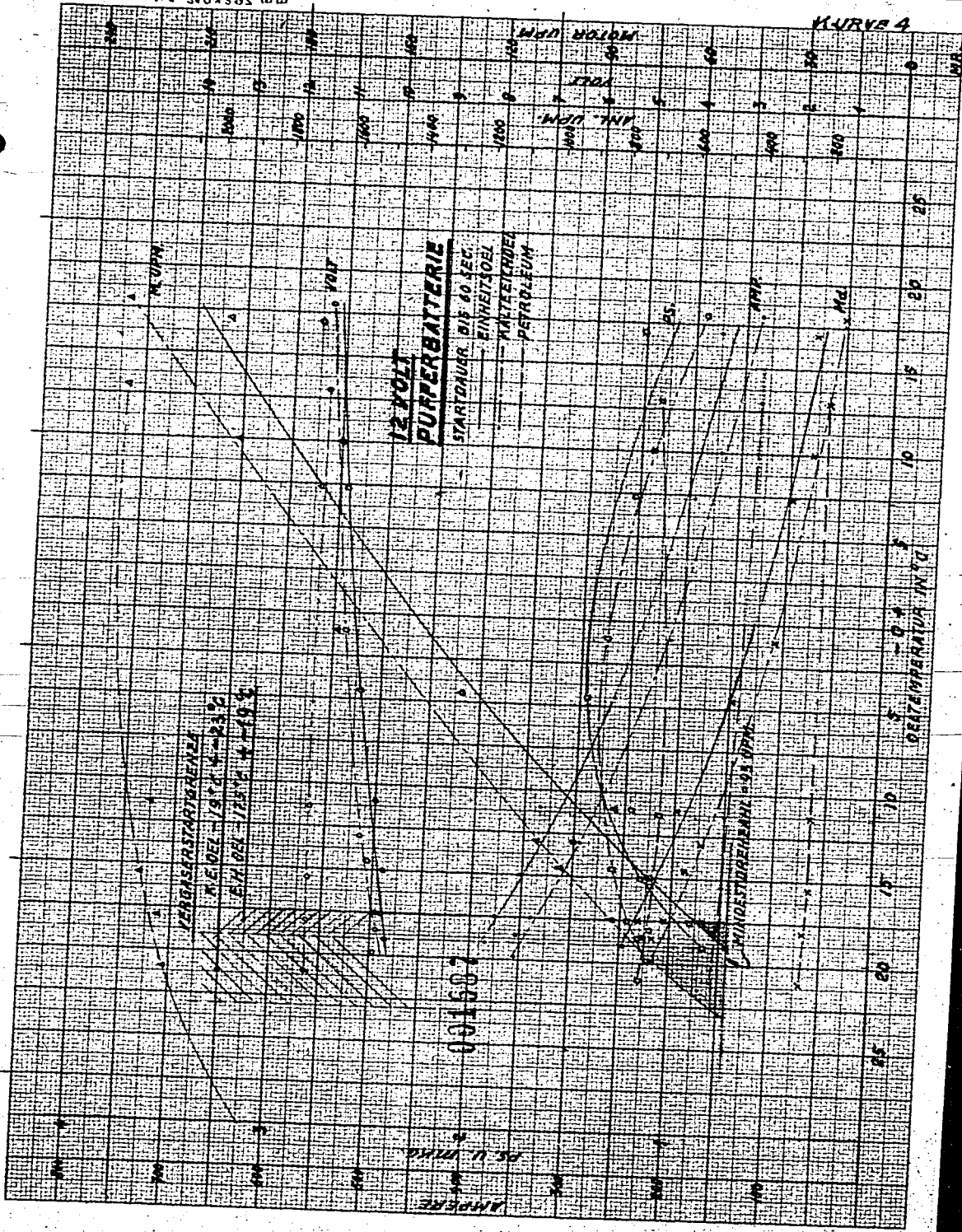
V 4 540581 010

KURVE 3



1000 900 800 700 600 500 400 300 200 100 0

KURVE 4



12 VOLT
 FUHRERBATTERIE
 STARTOMMER BIS 60 SEC
 EINREIZÖL
 WARTERÖL
 PETROLEUM

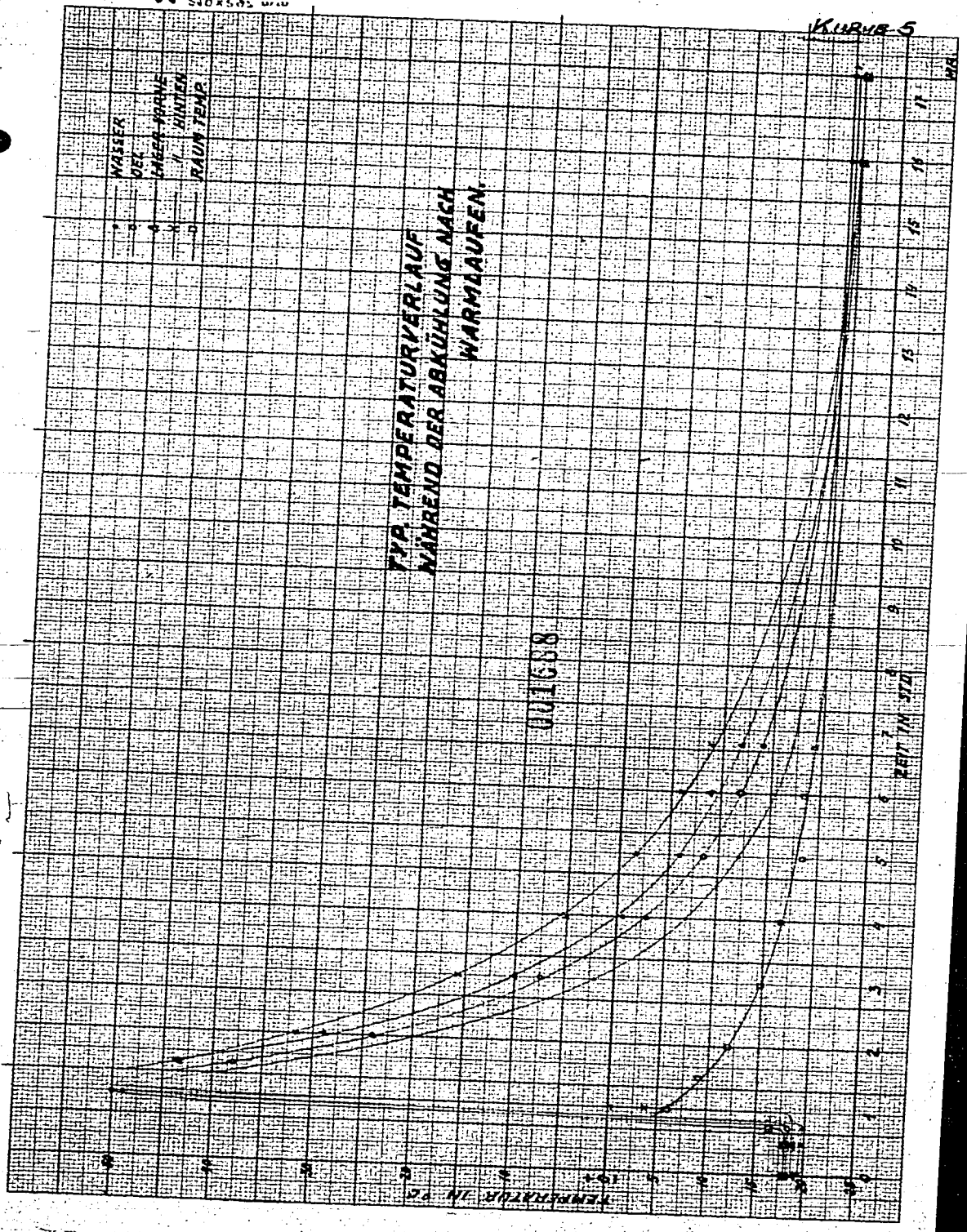
LADUNG
 ENT-
 LADUNG

001507

AMPERE
 SEKUNDA

SEKUNDA

AMPERE



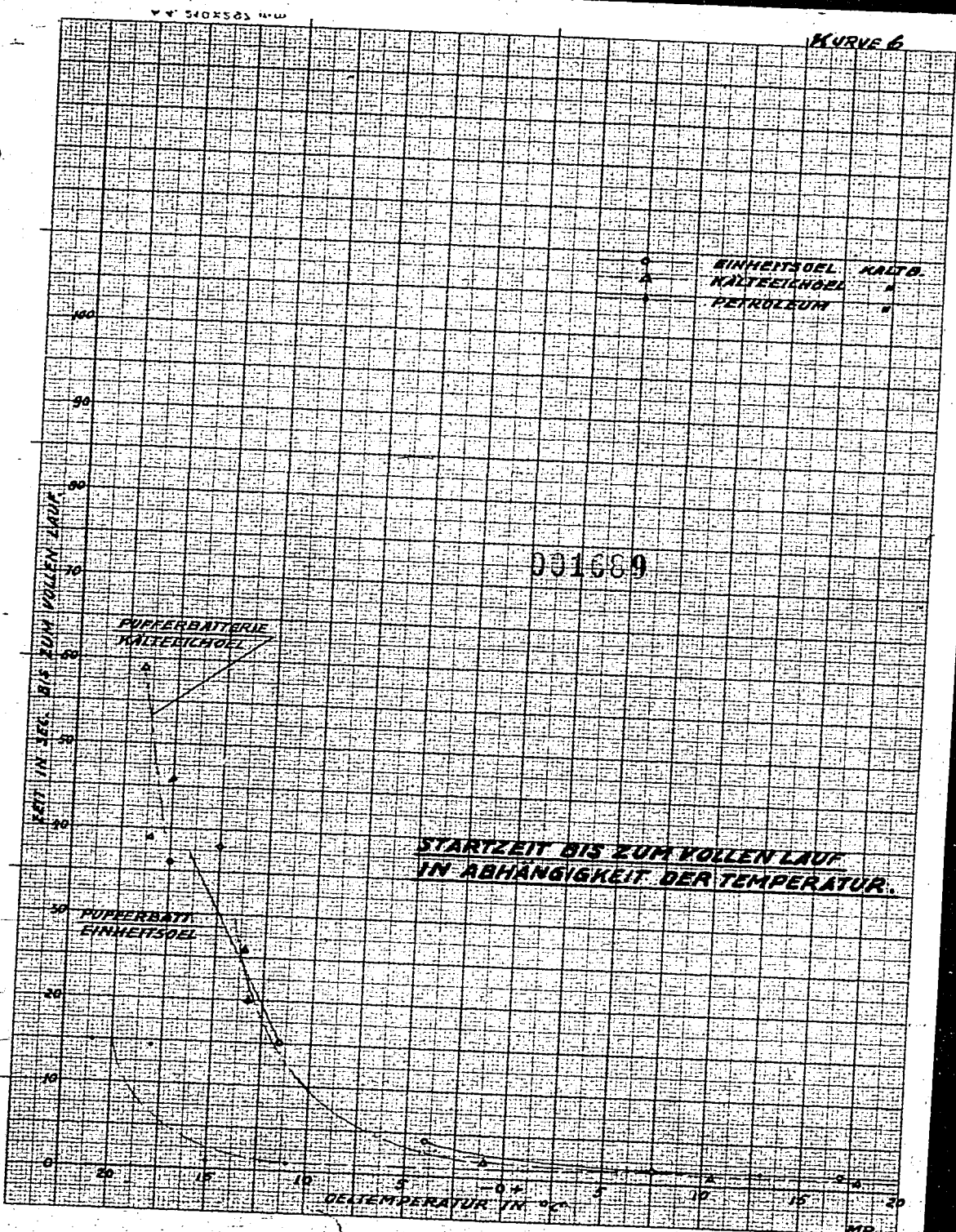
TYA TEMPERATURVERLAUF
WÄHREND DER ABKÜHLUNG NACH
WÄRMELAUFEN

893120

ZEIT IN MIN.

TEMPERATUR IN °C

WASSER	100
ÖL	100
LÖTLÖT	100
LÖTLÖT	100
RAUMTEMP.	100



Änderung Angeregt
am
geändert durch
geprüft

BOSCH
NORM

BGC 0,6/12

N 42
DL 189 M

Leistung

Blatt 2 Ausgabe: 1

Freigabe

1007/53

Verwendete Batterie: 6E4 (60Ah)

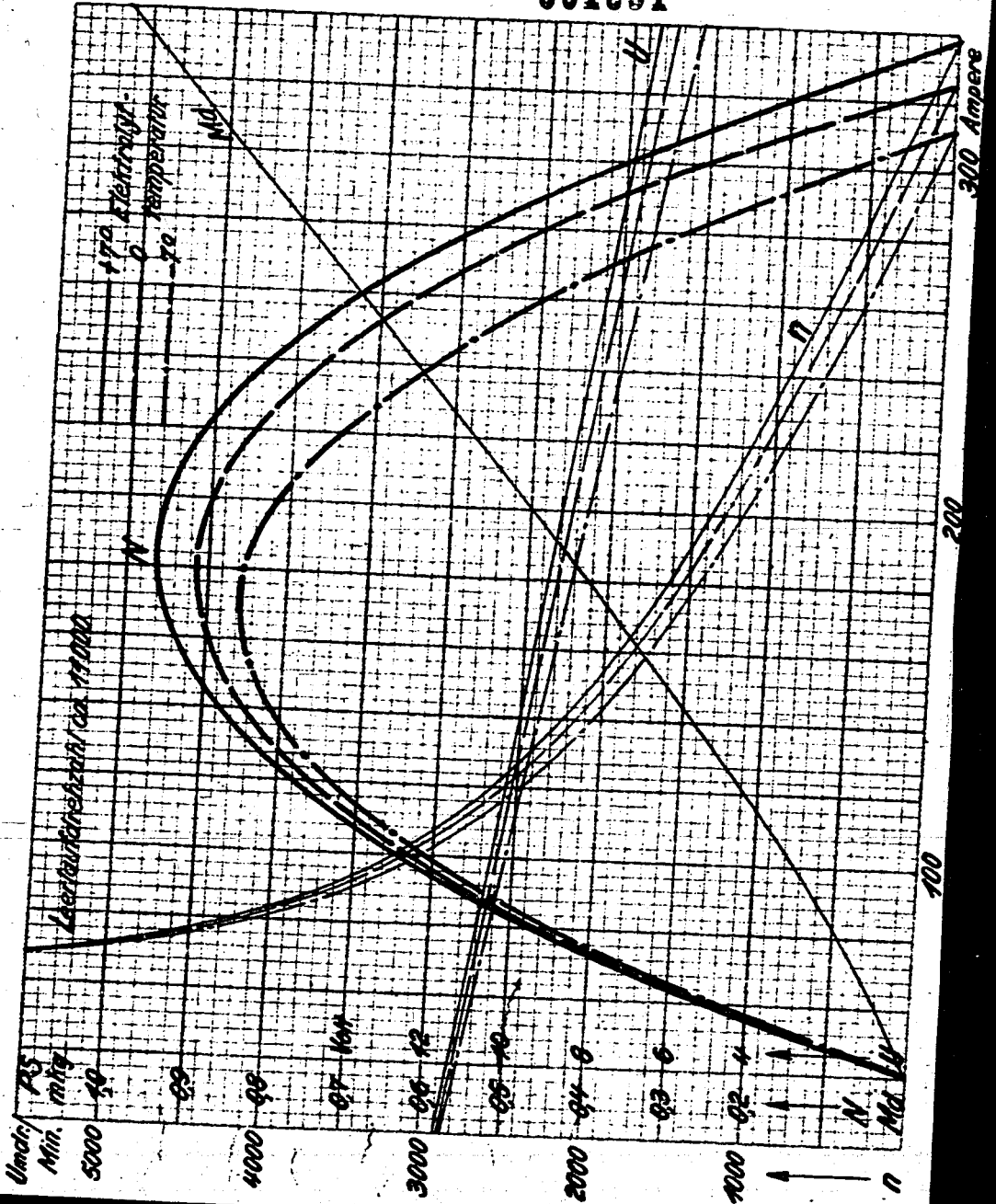
Wicklung

Größte Batt. 6E5

Kleinste Batt. 6E3

DW 189 M

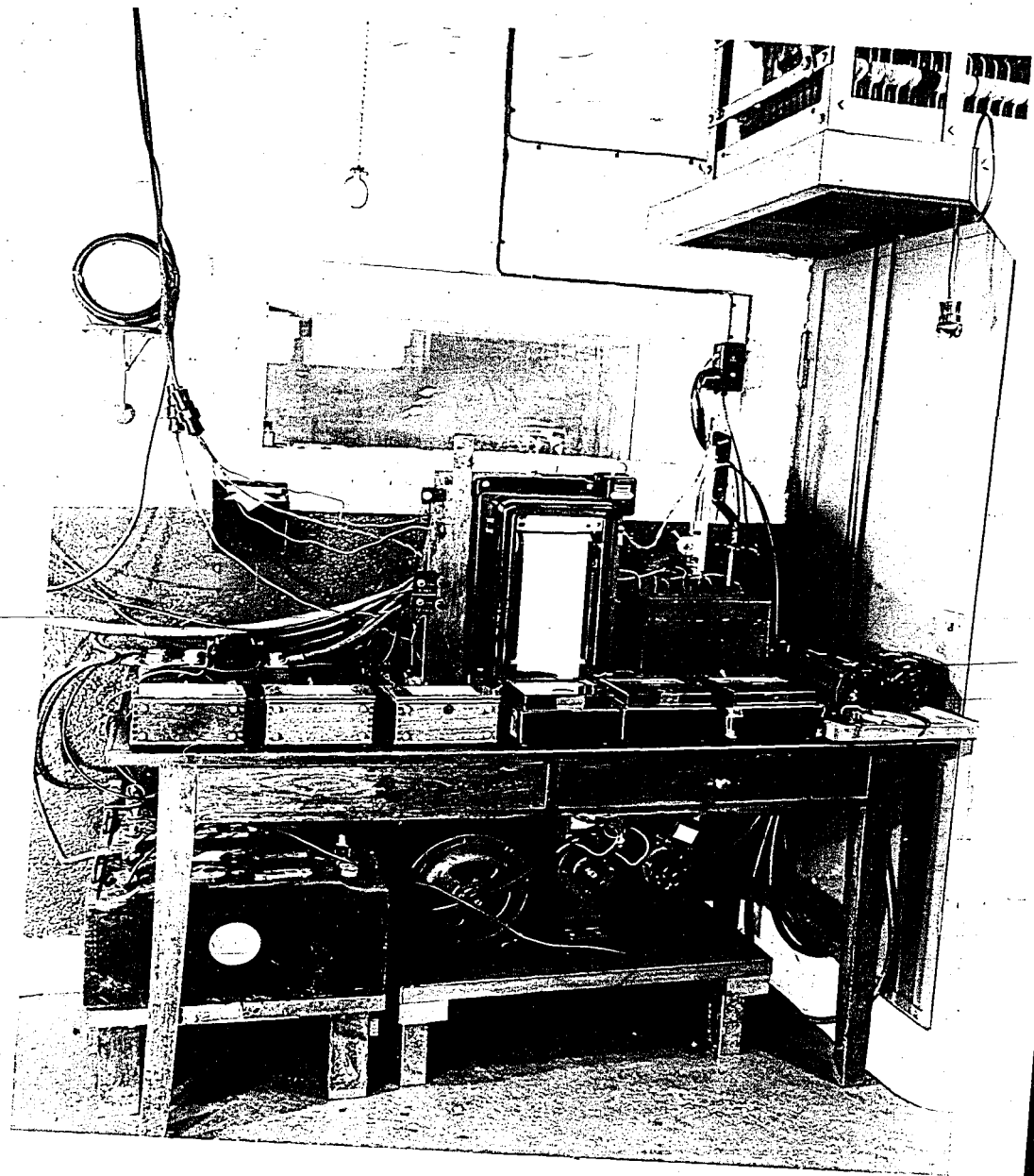
001691



Nachweis:
Vers. Mapp
M 1120

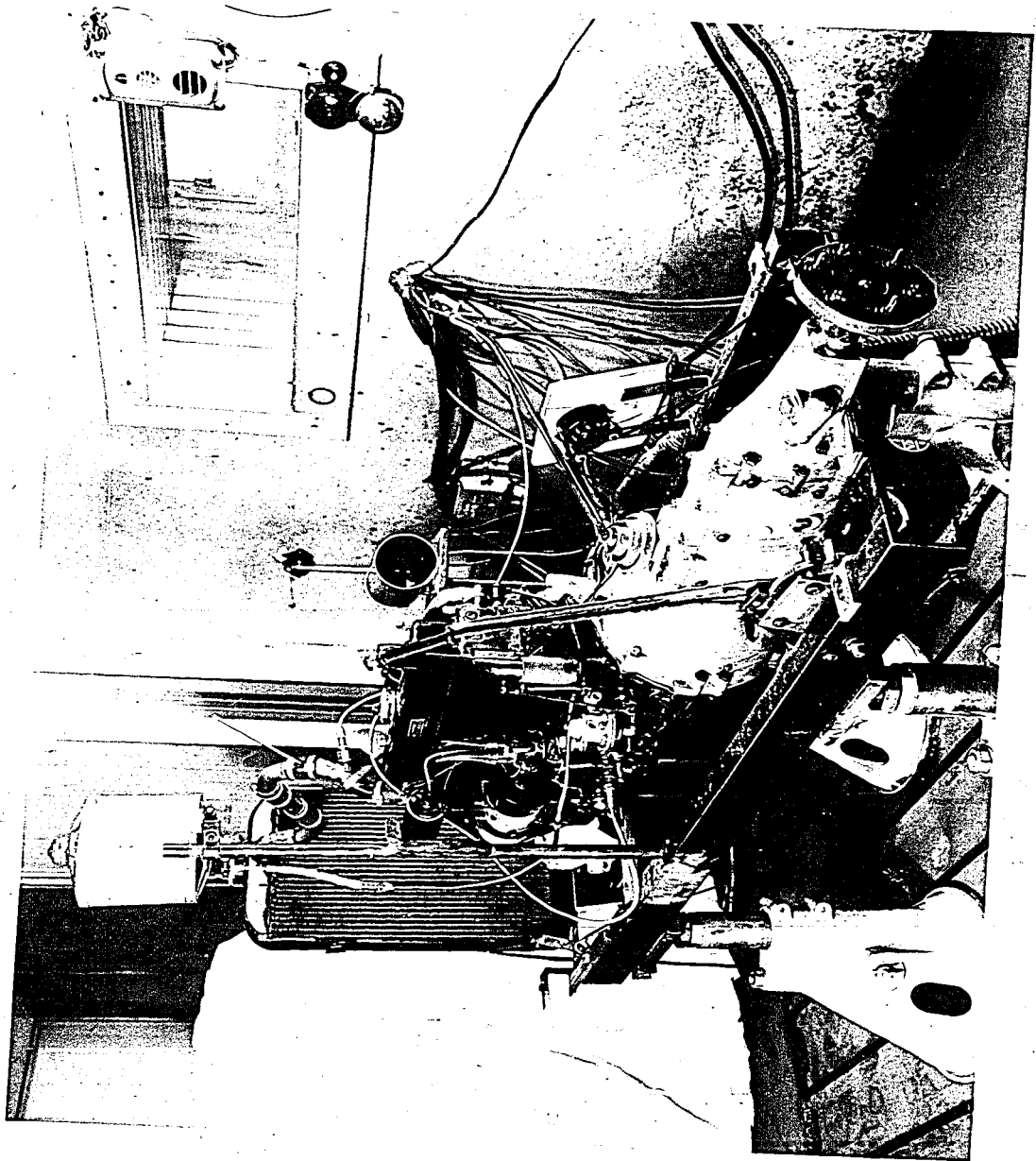
Zeichner:
Bearbeiter:
verantwortlich:
abgebe:
Ausgabe v.
30.11.31.

ROBERT
BOSCH
G.
STUTTGART



001092

001693



(8.)

RHEINMETALL BORSIG.

C105 ITEM

No. 145.



WERK DÜSSELDORF

66

001694

RHEINMETALL-BORSIG
AKTIENGESELLSCHAFT WERK DUSSELDORF
Forschungsabteilung Bereich M



Prüfung
von 14 fettfreien Getriebeölen

Abt. Wa Prüf 6 IV b Nr.46
Auftrags.-Nr. 810 013 0032

Zweck der nachstehend beschriebenen Versuche war die Prüfung von 14 verschiedenen, ungefetteten Getriebe-Schmierölen auf ihr Betriebsverhalten in Stirnradgetrieben (Schaltgetrieben). Im Einzelnen waren die Schmierwirkung (aus dem erhaltenen Abrieb), die Lauftemperaturen und die Veränderungen der Öle während des Laufes zu bestimmen.

Zur Durchführung der Versuche wurde ein neuerstellter Getriebeprüfstand (vgl. Bild 1) benutzt. Dieser gestattet es, gleichzeitig in sechs Getrieben gleicher Bauform, welche unter denselben Bedingungen arbeiten, verschiedene Öle zu erproben. Die sechs Versuchsgetriebe sind Gruppengetriebe des Typs GG 35 (Fabrikat ZF). Die Anordnung der Schalträder dieses Getriebes ist aus dem Bild 2 zu ersehen. Alle Getriebe sind auf dem Verspann-Prüfstand hintereinander geschaltet. Durch Kegelradgetriebe und Torsionswellen sind das erste und das letzte Getriebe der Reihe verbunden, so daß die Versuchsgetriebe, die Kegelradgetriebe und die Torsionswellen einen geschlossenen Ring bilden. Eine in diesen Ring eingeschaltete Verspannkupplung ermöglicht es, die Getriebe mit einem Drehmoment vorzubelasten. Der Antrieb des Prüfstandes erfolgt von einem der in dem Ring eingeschalteten Kegelradgetriebe aus. Im Gegensatz

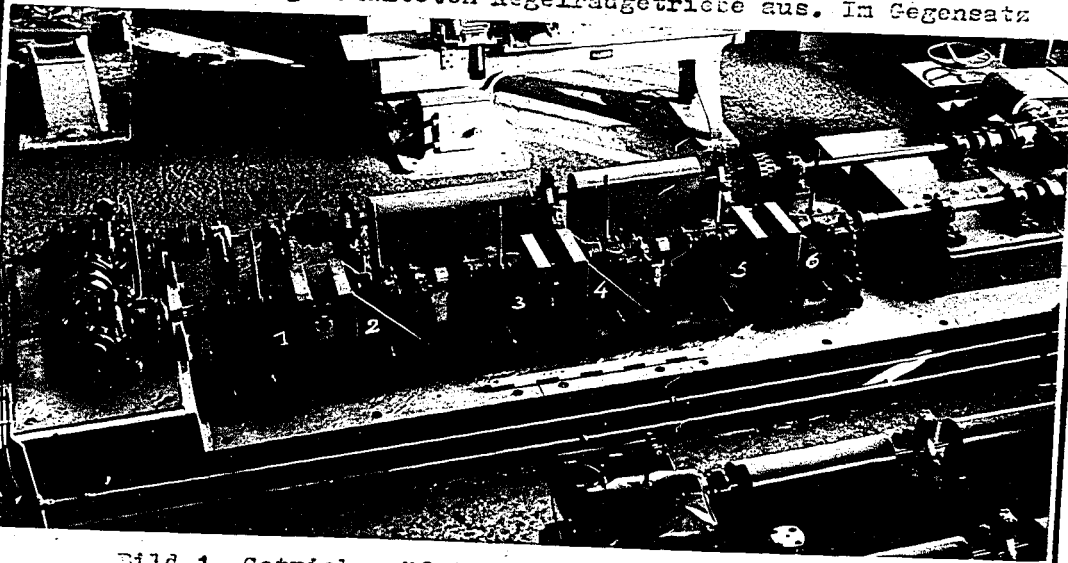
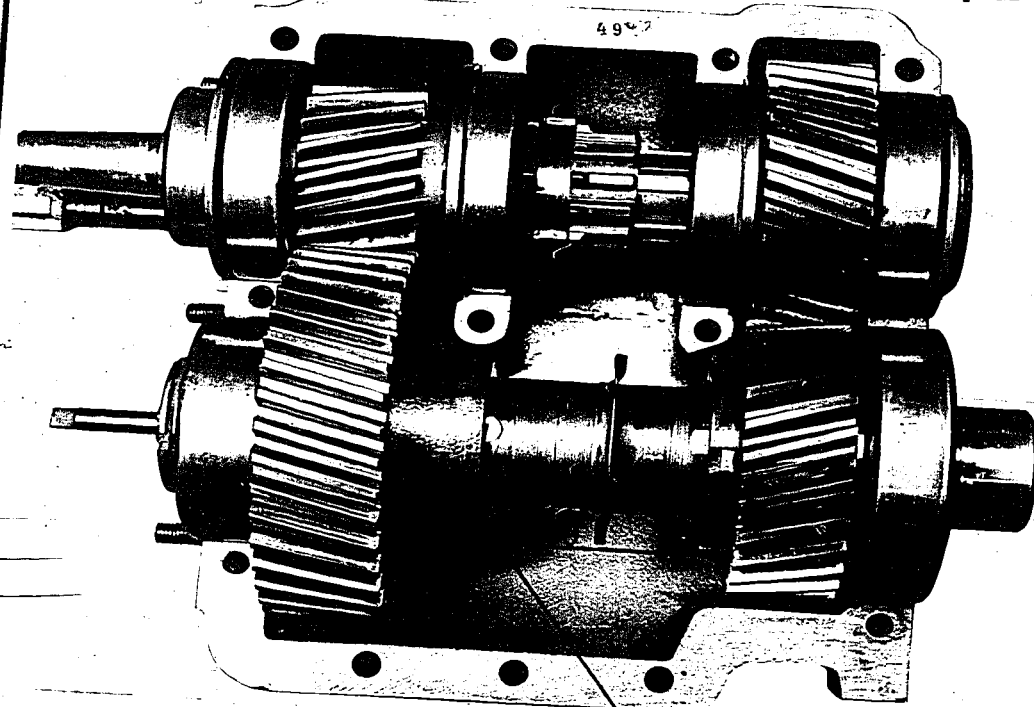


Bild 1. Getriebeprüfstand zur Erprobung von Schmierölen

001695

unbelastetes Radpaar

belastetes Radpaar



Ölstand bei 1,8 l Füllung

001096

Bild 2

Einbauteile des Getriebes GG 35

zu anderen Prüfständen brauchen Prüfstände dieser Bauart, obwohl die Versuchsgetriebe mit einem hohen Moment belastet sind, nur eine sehr geringe Antriebsleistung, die der Verlustleistung aller Getriebe und Lagerungen entspricht.

Während der Versuche wurden jeweils zwei Getriebe mit dem gleichen Öl gefüllt. Diese Maßnahme wurde getroffen um Fehler, welche durch Ungleichmäßigkeiten zwischen den einzelnen Getrieben entstehen, nach Möglichkeit durch eine Mittellung über die beiden Ergebnisse zu verkleinern. Jeder Versuch war in drei Teilversuche von je 10 Stunden Dauer unterteilt. Zu den einzelnen Teilversuchen

geführten verschiedenen hohen Belastungen; und zwar wurde das Drehmoment von 4,5 mkg beim ersten Teilversuch, auf 10,5 mkg beim zweiten Teilversuch und auf 12 mkg beim dritten Teilversuch gesteigert. Die Drehzahl war bei sämtlichen Versuchen gleichbleibend und betrug 1400 U/min. Die Leistung der Getriebe während der einzelnen Versuchsabschnitte war 3,8 bzw. 10,6 und 23,5 PS.

Während der Versuche wurden die Lauftemperaturen stündlich gemessen. Die Kennzahlen (Viskosität, Richtungskonstante, Polhöhe, Verseifungszahl, Aschegehalt, Wichte) der untersuchten Öle wurden vor und nach jedem Gesamtversuch (30 Stunden) bestimmt.

In der beigelegten Zahlentafel sind sämtliche Messwerte für die 14 untersuchten Öle zusammengestellt.

Die Lauftemperaturen sind für die meisten der geprüften Öle innerhalb der Fehlergrenzen, welche durch Unterschiede zwischen den einzelnen Getrieben bedingt sind, praktisch gleich. Eine etwas höhere Lauftemperatur zeigte sich nur bei dem dickflüssigen Öl 3202 (34,5 F bei 50°C). Die niedrigste Temperatur brachte das Öl V 100A (11,5 F bei 50°C), welches ein synthetisches Öl der Ruhr-Chemie ist. Dieses Öl füllt auch durch seine außerordentlich hohe Frischglasche auf (fast 200 mg/100 g Öl). Eine Spektral-Analyse ergab, daß dieses Öl mit einer Metallsäure versetzt ist.

Die Zunahme des Aschegehaltes ist bei allen Ölen (mit Ausnahme des Öles 3205) praktisch Null. Nur bei dem Öl 3205 ist der Aschegehalt in beiden Versuchen von etwa 7 bis auf 12 mg/100 g Öl angestiegen. Die Verseifungszahlen, Polhöhen und Richtungskonstanten der Viskositätskurven sind bei allen Ölen ebenfalls praktisch gleich geblieben. Eine Ausnahme machte hier nur das Öl V 100 A. Bei diesem Öl änderte sich während des Versuches die Polhöhe von 2,52 auf etwa 1,7.

Die untersuchten Öle sind also bis auf die geringen Abweichungen, auf welche oben hingewiesen wurde, praktisch als gleichwertig zu bezeichnen, insbesondere weichen Lauftemperaturen und Abrieb bei den einzelnen Ölen nur sehr wenig voneinander ab.

001697

001698

Öl-Nr.	Viskosität des Frisch- öles in E°			Viskosität des gelaufe- nen Öles in E°			m		VP		Vz		Asche		Wichte		Lauftemperaturen bei M _d =4,5, 8,5 u. 12mkg (Übertemperaturen °C)		
	bei 20°	50°	100°	bei 20°	50°	100°	Fr. Öl	gel. Öl	Fr. Öl	gel. Öl	Fr. Öl	gel. Öl	Fr. Öl	gel. Öl	Fr. Öl	gel. Öl			
3200	90	128	232	92 92,5	13,4 13,2	2,37 2,33	3,56	3,52 3,57	2,11	2,12 2,14	0,725	0,68 0,67	8,31	8,8 8,0	0,914	0,914 0,912	60 58	61 59	65 63
3201	142	17,9	272	142 148	18,1 18,4	2,69 2,71	3,52	3,58 3,58	2,15	2,25 2,25	0,596	0,54 0,57	4,46	4,4 5,4	0,920	0,911 0,922	66 56	58 69	62 71
3202	320	34,5	4,00	430 400	42,0 39,0	4,37 4,12	3,42	3,46 3,50	2,15	2,25 2,20	0,615	0,69 0,67	4,62	5,45 47,9	0,936	0,940 0,943	74 69	75 71	80 75
3203	118	14,3	2,33	108 108	13,7 13,4	2,75 2,21	3,72	3,71 3,75	2,45	2,38 2,46	0,863	0,94 0,99	6,27	5,1 6,0	0,935	0,934 0,933	61 57	62 60	63 61
3204	140	16,7	2,4	172 190	18,9 20,5	2,53 2,67	3,76	3,8 3,72	2,56	2,68 2,55	0,946	1,23 1,27	47,4	52,8 —	0,932	0,932 0,934	67 74	66 73	73 75
3205	160	18,8	2,68	159 162	19 18,8	2,65 2,58	3,66	3,62 3,71	2,38	2,32 2,49	0,986	1,00 0,94	11,2	11,0 12,0	0,949	0,946 0,948	69 53	69 55	71 58
3208	132	15,8	2,37	160 170	18,2 19,0	2,53 2,58	3,78	3,74 3,69	2,51	2,56 2,48	0,562	0,97 0,97	24,6	31,4 35,2	0,932	0,937 0,934	64 77	65 75	62 71
3280	88	10,2	2,3	93 94	13,8 13,5	2,4 2,34	3,58	3,66 3,59	2,13	2,32 2,17	0,63	0,65 0,60	7,0	10,8 11,0	0,913	0,915 0,916	73 56	72 58	71 58
3281	150	13,5	2,53	188 204	19,5 20,0	2,52 2,58	3,74	3,83 3,86	2,54	2,78 2,86	0,50	0,65 0,70	8,9	9,6 8,2	0,927	0,933 0,930	59 72	59 71	61 69
3282	122	16,3	2,56	138 128	17,2 16,6	2,57 2,53	3,57	3,62 3,62	2,22	2,30 2,30	0,735	0,60 0,51	10,1	11,6 11,2	0,922	0,923 0,926	72 56	72 58	72 58
3285	146	16	2,34	173 173	17,4 17,4	2,36 2,37	3,9	3,90 3,95	2,90	2,95 2,95	0,552	0,52 0,55	6,6	12,0 11,4	0,962	0,936 0,935	61 72	59 70	60 75
3295	264	24,4	2,78	232 224	22,4 21,0	2,66 2,57	3,85	3,85 3,93	2,91	2,92 3,08	0,217	0,54 0,50	45,8	56,0 50,0	0,952	0,952 0,953	70 58	69 60	76 67
V 100A	73	11,3	2,21	69 67,5	12,7 12,2	2,53 2,45	3,52	3,22 3,28	2,02	1,64 1,69	0	0,37 0,49	193	183 181	0,871	0,866 0,867	55 58	58 58	62 63
VO 160h	116	14,25	2,29	105 94	14 12,2	2,28 2,13	3,75	3,92 3,84	2,50	2,95 2,60	0	0 0	3,7	4,2 5,2	0,952	0,950	65 55	65 55	67 59

Zusammenfassung:

Es wurden 14 fettfreie Getriebeöle auf dem Verspann - Prüfstand unter gleichen Bedingungen geprüft. Die Versuche erbrachten, daß die Öle bis auf kleine Abweichungen praktisch gleichwertig sind, und sich zur Schmierung von Stirnradgetrieben unter den angegebenen Belastungsbedingungen eignen.

Düsseldorf, den 15.2.42

Dr. He/Fk.

Der Sachbearbeiter:

001699

Dr. Altmann

Dr. Altmann

(9.)

MISCELLANEOUS
REPORTS

CLOSURE ITEMS

Nos 146 THRU 152

T26

001750

146

Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik

Niederschrift über die Sitzung des Arbeitsausschusses "Klopf-
messungen im IG- und GER-Motor" am 23. Juni 1944 in Erfurt.Anwesend die Herren:

- Dr.-Ing. **W e b e r**, Oberkommando des Heeres - OH E Rüst u. BdB-
(Wa Prüf 6/IVa), Lammersdorf - Schiessplatz
Kreis Teltow, postlagernd 64
(stellvertretender Obmann)
- Techn.Rb.-Oberinspektor **B a u e r**, Reichsbahn-Zentralamt,
Berlin SW 11, Kallisches Ufer 76
- Dipl.-Ing. **B o k e m ä l l e r**, Daimler - Benz A.-G.,
Gaggenau - Baden
- Dipl.-Ing. **B u b e l**, Wirtschaftliche Forschungsgesellschaft
m.b.H., Derben/Elbe über Genthin
- Dr.-Ing. **C h a r p e n t i e r**, Zentralbüro für Mineralöl G.m.b.H.
Bin. Charlottenburg 8, Adolf-Hitler-
Platz 7, 11
- Dr.phil. **D a n n e f e l s e r**, Steinkohlenbergwerk Rheinpreussen,
Treibstoffwerk, Meerbeck über Moers
- Fl. Stabsing. **D i e t r i c h s**, Reichsluftfahrtministerium
SE/AM II C, Berlin W 8, Leipziger Str. 7
- Dipl.-Ing. **H e s s e**, Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt E.V.,
Berlin-Adlershof, Rudower Chaussee 16-25
- Werkmeister **H o n e c k e r**, Ammoniakwerk Herseburg G.m.b.H.,
Leunawerke Kr. Herseburg
- K o l o f f**, Wirtschaftliche Forschungsgesellschaft
m.b.H., Derben/Elbe über Genthin
- Fl. Stabsing. **L a n g e**, Erprobungsstelle der Luftwaffe E 10,
Rechlin
- Ing. **M e n z**, Reichsluftfahrtministerium SE/AM II C,
Berlin W 8, Leipziger Str. 7
- Dr.-Ing. **S e e b e r**, Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt E.V.,
Berlin-Adlershof, Rudower Chaussee 16-25
- Ing. **S i n g e r**, I.G. Farbenindustrie A.-G., Technischer
Prüfstand Oppau, Ludwigshafen/Rhein

001701

- 2 -

Dr.-Ing. S c h a u b , Ruhrchemie Aktiengesellschaft,
Oberhausen - Holten

Fl.Obering. S t a r k e , Erprobungsstelle der Luftwaffe, Rechlin

Dipl.-Ing. W a l d m a n n , Aktiengesellschaft der Kohlenwert-
stoff-Verbände Gruppe BV, Bochum, Wittener
Strasse 45

Professor Dr.-Ing. W i l k e , I.G. Farbenindustrie A.-G.,
Technischer Prüfstand Oppau,
Ludwigshafen/Rhein

von der Geschäftsstelle:

Dipl.-Ing. B r ä u t i g a m

Tagesordnung:

1. Stand der Prüfung der Klopffestigkeit von Kraftstoffen.
2. Bericht des Herrn Dr. Schaub über die Bestimmung der Klopffestigkeit von Synthesbenzin im CER- und IG-Motor.
3. Bericht des Herrn Ing. Singer über
 - a) die Meßgenauigkeit bei Urtanzahl-Bestimmungen
 - b) die Prüfbedingungen am CER-Motor
 - c) die Neuabstimmung des IG-Prüfmotors auf dem CER-Motor; Ergebnisse von Rundversuchen.
4. Aussprache über
 - a) Abstimmung des IG-Motors auf dem CER-Motor
 - b) Meßgenauigkeit
5. Festlegung eines Normblattentwurfes.
6. Verschiedenes.

Herr W e b e r eröffnet die Sitzung und dankt den Anwesenden für das Erscheinen und gibt nochmals den Anlaß für die heutige Beratung bekannt.

Im Laufe des letzten Jahres haben sich bei der Klopffestigkeitsmessung Unterschiede in den Ergebnissen des CER- und des IG-Prüfmotors gezeigt. Um eine zuverlässige Beurteilung der Kraftstoffe zu haben, war es notwendig, einen der beiden Motoren bis zur Klärung der Ursache für diese unterschiedlichen Meßergebnisse von der Benutzung auszuschließen. Weil der CER-Motor die Grundlage für das Meßverfahren von Anfang an bildete, entschloß sich das Heereswaffenamt den IG-Prüfmotor vorläufig

- 3 -

von der Benutzung für die Oktanzahlmessung auszuschließen, das sollte aber kein Wertmaßstab für die Motoren selbst sein. Die Notwendigkeit, den CFR-Motor weiterhin für die Prüfung beizubehalten, ergab sich auch mit Rücksicht auf die internationale Einführung dieses Prüfmotors.

Zu Punkt 1 der Tagesordnung - Stand der Prüfung der Klopfestigkeit von Kraftstoffen -

Vor Eintritt in die Aussprache bittet Herr W e b e r die Herren S o h a u b und S i n g e r die vorgesehenen Berichte zu erstatten.

Zu Punkt 2 der Tagesordnung - Bericht des Herrn S o h a u b über die Bestimmung der Klopfestigkeit von Synthesebenzin im CFR- und IG-Motor -

Siehe Anlage 1

Zu Punkt 3 der Tagesordnung - Bericht des Herrn S i n g e r über a) die Meßgenauigkeit bei Oktanzahl-Bestimmungen, b) die Prüfbedingungen am CFR-Motor, c) die Neuestimmung des IG-Prüfmotors auf dem CFR-Motor; Ergebnisse von Rundversuchen -

Siehe Anlage 2

Zu Punkt 4 der Tagesordnung - Aussprache über a) Abstimmung des IG-Motors auf dem CFR-Motor, b) Meßgenauigkeit -

Herr W e b e r stellt den Vorschlag des Herrn S i n g e r, die Anforderung an die Meßgenauigkeit von 0,5 auf eine Oktanzahl zu erhöhen, zur Aussprache. Vor Einleitung der Normung des Klopfmessverfahrens ist es notwendig, über die Meßgenauigkeit des Verfahrens Klarheit zu schaffen. Die Versuche der letzten Zeit haben immer wieder gezeigt, daß die Meßungenauigkeit ± 1 Oktanzahl beträgt. Von den Motorenwerken wird eine weitere Steigerung der Motorenleistung verlangt, so daß hier nicht mehr die bisherige Grenze genügt. Andererseits müssen auch die Folgerungen aus dem Prüffehler des Verfahrens gezogen werden. Es ist also notwendig, die Toleranz ± 1 Oktanzahl zuzulassen.

In der weiteren Aussprache wird die Frage behandelt, ob es erforderlich ist, zu dem von den Amerikanern neuerdings eingeführten Verfahren mit mehreren Zündpunkten überzugehen. Die Aussprache ergab, daß die feststehende Zündung weniger Fehlermöglichkeiten hat und augenblicklich ein Vergleich mit Messverfahren und Kraftstoffen des Auslands z.Zt. nicht erforderlich ist, so daß bei der feststehenden Zündung vorläufig geblieben werden kann. Ein weiterer Grund hierfür ist die Anlehnung des IG-Prüfverfahrens an das bisherige CFR-Verfahren. Die Arbeitsbedingungen des CFR-Verfahrens sollten unberührt bleiben. Auch die Vertreter des Reichsluftfahrtministerium sprachen sich für eine unveränderliche Beibehaltung des CFR-Verfahrens aus. Herr W e b e r stellt fest, daß die Anwesenden einstimmig für eine Beibehaltung des bisher üblichen Prüfverfahrens eintreten. Die Frage der Zündung

ist nach dem Krieg in Zusammenarbeit mit dem Ausland erneut zu prüfen.

Zu Punkt 5 der Tagesordnung - Festlegung eines Normblattentwurfes -

Der von Herrn **W e b e r** vorgeschlagte Normblattentwurf soll unter Berücksichtigung der vorherigen Aussprache hinsichtlich der Maßgenauigkeit folgenden Hinweis erhalten:

Die gemessenen 3 Prüfergebnisse müssen innerhalb einer Oktanzahl liegen. Der hieraus errechnete Mittelwert ist auf 0,5 zu runden.

Ferner wird beschlossen, in den Entwurf eine genaue Beschreibung der Betriebsbedingungen und des Prüfverfahrens aufzunehmen. Der von der Luftwaffe ausgearbeitete Entwurf ist in das Normblatt zu übernehmen.

Die Herren Vertreter des Reichsluftfahrtministeriums werden gebeten, vor einer endgültigen Veröffentlichung der Bauvorschriften für Flugmotoren mit den Betriebsbedingungen und dem Prüfverfahren diese den Teilnehmern an der heutigen Sitzung zur kurzfristigen Stellungnahme über die Geschäftsstelle des D V M zuzuleiten.

Herr **W a l d m a n n** von AG der Kohlenwertstoff-Verbände, Bochum, erklärt, daß die AG Kohlenwert nach wie vor aufgrund ihrer in Oppau geschilderten Versuchsergebnisse daran festhält, daß die CFR-Motor-Methode für aromatische Kraftstoffe eine falsche Bewertung ergibt, zumindest wenn diese Kraftstoffe in Fahrzeugen der Wirtschaft verwendet werden. Die AG Kohlenwert legt deshalb auf die Feststellung Wert, daß es sich bei der Abfassung und beim Inhalt des vorgelegten Normblattentwurfes und bei dessen Herausgabe als Normblatt nur um eine Festlegung der gegenwärtigen Form der Prüfung der Klopfestigkeit von Kraftstoffen für erdgebundene Fahrzeuge handeln kann. Der Inhalt des Normblattes soll lediglich die Prüfungsmethode enthalten, aber keinen Anhalt für die Bewertung der Kraftstoffe ergeben. AG Kohlenwert befasst sich mit der Frage der Zusatzoktanziffern, d.h. der Festlegung von Zuschlagoktanzahlen welche den im Prüfmotor nach der Motor-Methode gefundenen Oktanzahl zugeschlagen werden können, wenn das praktische Verhalten dieser Kraftstoffe im Gebrauchsmotor eine höhere Klopfestigkeit ergibt als nach der Motor-Methode im Prüfmotor festgestellt wurde.

Herr **W e b e r** bestätigte unter Zustimmung der übrigen Sitzungsteilnehmer die vorstehenden Ausführungen dahingehend, daß das Normblatt nur die Prüfungsmethode, aber nicht die Bewertung bestimmt und daß es jederzeit erweitert oder abgeändert werden kann.

Zu Punkt 6 der Tagesordnung - Verschiedenes -

Herr **C h a r p e n t i e r** weist auf die häufigen Änderungen der Motorkonstruktion des IG-Motors hin und regt an, Änderungen nur auf Anordnung vorzunehmen. Ferner sind Ersatzteile soweit möglich erst nach Einlaufen in einem geprüften Motor zu liefern und einzubauen. Herr **S i n g o r** wird die Frage der Ersatzteillieferung klären.

001704

- 5 -

Herr L a n g e bittet für die Lieferung von Reinbenzol für die Einstellung des Prüfmotors zu sorgen. Es stellt sich aber heraus, dass die Beschaffung von Reinbenzol zur Zeit nicht möglich ist. Bei der I.G. Farbenindustrie wird mit Eichbenzin 64/65 eingestellt. Die Erfahrungen haben gezeigt, daß das ausreichend ist.

Herr W e b e r dankt den Anwesenden für die lebhafteste Beteiligung an der Aussprache und insbesondere den Herren S c h a u b und S i n g e r für die Berichterstattung.

001705

Juli 1944

Prüfung von Leichtkraftstoffen
Bestimmung der Klopfestigkeit

DIN
Entwurf

Die Prüfung der Klopfestigkeit von Kraftstoffen für erdgebundene Fahrzeuge wird nach der CFR-Motormethode durchgeführt. Für die Prüfung wird der CFR- oder der I.G.-Motor verwendet.

Bei der Prüfung im I.G.-Motor sind folgende Bedingungen einzuhalten:

Kühlwasser-Temperatur	100 ^o C
Gemisch-Temperatur	165 ^o C
Vorzündung	26 ^o

Die gemessenen 3 Prüfergebnisse müssen innerhalb einer Oktanzahl liegen. Der hieraus errechnete Mittelwert ist auf 0,5 zu runden.

Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik

001706

Anlage 1

Bericht des Herrn Dr. Schaub
Klopfmessung - Synthesebenzin

Während früher im IG-Klopfmotor keine wesentlichen Oktanzahlunterschiede gegenüber dem CFR-Motor aufgetreten sind, ergab sich bekanntlich beim Übergang von der Research- zur Motormethode für Synthesebenzin im IG-Motor eine im Mittel um etwa 4 Einheiten niedrigere Bewertung als im CFR-Motor. Dies zeigte sich besonders auffallend in dem letzten halbjährlichen Ringversuch der IG vom Mai 1943. Diese Beobachtung ist verhältnismässig gut reproduzierbar. Sie kann also nicht auf die bekannte Streuung der Oktanzwerte von Synthesebenzin zurückgeführt werden. Nachdem die Bewertung aus dem CFR-Motor als massgebend festgelegt ist, besteht für die Praxis der Klopfmessung im IG-Motor die Aufgabe, dort zu Betriebsbedingungen zu kommen, die für Synthesebenzine eine um etwa 4 Einheiten höhere Oktanzahl geben, ohne dass die sonstigen Kraftstoffe eine wesentliche Bewertungsänderung erfahren.

Zu dieser Frage wurden vom Prüfstand der ROH Versuche durchgeführt. Diese mussten in der letzten Zeit unterbrochen und konnten noch nicht zu einem Abschluss gebracht werden, aber auf Wunsch des DVM will ich hier über unsere bisherigen Erfahrungen berichten. Die Versuche wurden in je einem IG- und CFR-Klopfmotor durchgeführt. Ausser mit einigen Synthesebenzinen wurde zum Vergleich mit einem Rumänienbenzin etwa gleicher Klopfestigkeit und einem Eichbenzin/Benzolgemisch 50/50 gefahren. Verschiedene Prüfbedingungen wurden geändert, um zu sehen, auf welche das Synthesebenzin in besonderer Weise anspricht.

Zunächst probierten wir, ob durch Wechseln des Zylinderkopfes die Oktanzahl des Synthesebenzins beeinflusst wird. Wie die Tabelle 1 zeigt, lagen aber die mit 4 uns gerade zur Verfügung stehenden Köpfen erzielten Werte innerhalb der Streugrenze. Für die Eichbenzin/Benzolmischung 50/50 wurden auch keine wesentlichen Bewertungunterschiede gefunden.

Die Änderung des Verdichtungsverhältnisses bei unveränderter Klopfstifteinstellung, also bei verschieden grossen Klopfausschlägen, ebenso wie bei Veränderung des Kontaktabstandes am Klopfstift und gleichbleibender Verdichtung, brachten wie die Tabelle 2 zeigt, ebenfalls praktisch keine Beeinflussung des Klopfwertes von Synthesebenzin. Für Benzin/Benzolgemische konnte ja bekanntlich eine Abhängigkeit des Klopfwertes vom Kontaktabstand des Klopfstiftes festgestellt werden.

Versuche mit dem Gemischheizkörper des CFR-Motors am IG-Motor ergaben bei den bisher normalen Betriebstemperaturen von 150°C für Kühlmittel und Gemisch bei allen 3 Proben praktisch keinen über den Streubereich hinausgehenden und für Synthesebenzin besonders auffallenden Einfluss, wenngleich die OZ-Werte bei der CFR-Heizung im Durchschnitt etwas niedriger waren.

Dies war bei 170° Kühlwasser- und 120° Gemischtemperatur noch etwas deutlicher, besonders für das sonst verhältnismässig unempfindliche Rumänienbenzin festzustellen, wie aus Tabelle 2 hervorgeht. Es erscheint uns jedoch noch nicht sicher, ob diese Unterschiede wirklich dem Wechseln der Heizkörper zuzuschreiben sind. Zumindesten steht fest, dass die im IG-Motor gegenüber dem CFR-Motor niedrigere Synthesebenzinbewertung nicht durch die IG-Heizvorrichtung bedingt ist. Es ist eher ein gegenteiliger Einfluss festzustellen.

Die Durchführung systematischer Versuche über den Einfluss von Gemisch- und Kühlmitteltemperatur in den infragekommenden Temperaturbereichen war dadurch wesentlich beeinträchtigt, dass mit der normalen IG-Heizvorrichtung die Gemischtemperatur nur in verhältnismässig engen Grenzen variiert werden kann und bei niedrigeren Kühlwassertemperaturen als 150° C die Gemischtemperatur nicht über 150° C gesteigert werden konnte. Eine neue Vorheizung wurde jetzt angeliefert und die Versuche damit sind in Angriff genommen. Die uns bis jetzt vorliegenden Ergebnisse sind in den Tabellen 4, 5 und 6 angegeben. Die Änderung des Klopfwertes mit der Gemischtemperatur ist je nach der gerade gewählten Kühlwassertemperatur verschieden. Umgekehrt hängt auch der Einfluss der Kühlwassertemperatur von der jeweiligen Gemischtemperatur ab. So ist aus der vorliegenden Tabelle zu entnehmen, dass bei einer Kühlmitteltemperatur von 150° C die OZ des Synthesebenzins offenbar einen Höchstwert für 120° C Gemischtemperatur erreicht und bei stärkerer Aufwärmung wieder niedriger wird, während sie mit steigender Gemischtemperatur stetig ansteigt, wenn die Kühlmitteltemperatur nur 100° C beträgt. Leider konnte diese Abhängigkeit bei uns noch nicht für höhere Gemischtemperaturen als 144° C verfolgt werden. Die vom Technischen Frühstand der I.G. vorgeschlagene Erhöhung der Gemischtemperatur auf 185° C bei 100° C Kühlwassertemperatur dürfte aber auf einer damit übereinstimmenden Feststellung beruhen.

Bei einer Gemischtemperatur von 150° C brachte eine Änderung der Kühlmitteltemperatur zwischen 100 und 170° C keine wesentliche Beeinflussung der OZ des Synthesebenzins, während bei niedriger Gemischtemperatur die OZ des Synthesebenzins mit steigender Kühlwassertemperatur offenbar ansteigt. Hierzu sind aber noch weitere Versuche erforderlich.

Gleichzeitig mit dem Synthesebenzin wurde auch das Verhalten der Vergleichsproben bei der Änderung der Betriebstemperaturen beobachtet. Es zeigte sich, dass das mineralische Rumänienbenzin wenig, das Benzin/Benzolgemisch jedoch in verhältnismässig hohem Masse und z.T. umgekehrt wie das Synthesebenzin durch die Temperaturänderungen beeinflusst wird. Erwartungsgemäss erhöht das Benzin-Benzolgemisch im allgemeinen bei einer Erhöhung der Gemisch- oder der Kühlmitteltemperaturen eine Senkung des Klopfwertes, wie ebenfalls aus den Zahlentafeln 4 und 5 ersichtlich ist, während es für das Synthesebenzin offenbar einen Temperaturzustand gibt, bei dessen Unter- oder Überschreiten die OZ des Synthesebenzins wieder fällt.

001798

- 3 -

Als von grosser Bedeutung für die OZ-Messung des Synthesobenzins hat sich auch der Zündpunkt erwiesen. Aufgrund von Beobachtungen des Treibstoffwerkes Rheinpreussen wurden von uns Messungen bei veränderter Zündeneinstellung sowohl im IG-, als auch im CFR-Motor vorgenommen. Zahlreiche Untersuchungen, die unter den bisher üblichen Motor-Methode-Bedingungen, jedoch bei veränderter Zündung durchgeführt wurden, ergaben wie das z.B. im Kurvenblatt KFR 458 angegeben ist, im CFR-Motor bei etwa 25 - 30° Vorzündung ein Oktanzahlmaximum, wobei mit späterer Zündung der Klopfwert stark abfällt. Im IG-Motor ergibt sich in dem Bereich von 40° Vorzündung bis 10° Vorzündung ein ständiges Abfallen, das mit späterer Einstellung immer steiler wird. Diese auffallende Abhängigkeit der Oktanzahl von der Zündeneinstellung bei den bisher üblichen Motor-Methode-Temperaturen wurde für die vom Treibstoffwerk Rheinpreussen übereinstimmend und reproduzierbar untersuchten Synthesobenzine, nämlich 2 Proben von der RGH und einer absoluten Höhe gewissen Streuungen unterworfen waren. Das Verhalten der Synthesobenzine wurde durch Inhibitorzusatz nicht beeinflusst. Der Oktanzahlwert der Vergleichsproben wie Rumänienbenzin, Eichbenzin/Benzolgemisch, Eichstoff Z-Mischung, Baku-Benzin änderte sich mit dem Zündpunkt dagegen verhältnismässig wenig und z.T. mit anderer Tendenz wie die Abb. KFR 435 und KFR 458 zeigen, d.h. es erfolgt u.U. ein Anstieg der OZ mit späterer Zündung. Die Eichbenzin-Mischung verhielt sich in beiden Motoren genau gleich wie eine klopfgleich Örtan-Heptanmischung. Weiterhin wurde festgestellt, dass Mischungen von Synthesobenzin mit Benzol oder Eichstoff Z eine wesentlich geringere Abhängigkeit von der Zündeneinstellung aufweisen, als es dem Gehalt an Synthesobenzin entsprechen würde. Auch bei einem mit Blei versetzten reinen Synthesobenzin wird die Zündpunktabhängigkeit gegenüber dem reinen Synthesobenzin stark herabgesetzt. Es zeigte sich dabei weiterhin, dass auch der Bewertungsunterschied zwischen CFR- und IG-Motor bei Synthesobenzin-Mischungen oder bei verbleitem Synthesobenzin wesentlich geringer ist, als es nach dem Verhalten des reinen Synthesobenzins zu erwarten wäre. Diese Feststellung steht auch in Einklang mit den Ergebnissen des letzten halbjährlichen Rundversuches, bei welchem für die Mischung von Synthesobenzin mit Eichstoff Z die Differenz zwischen IG- und CFR-Motor gegenüber dem reinen Synthesobenzin verringert war.

Bei der auffallenden Abhängigkeit des Klopfwertes von Synthesobenzin vom Zündpunkt spielt noch die Gemischtemperatur eine wichtige Rolle, wie das Kurvenblatt KFR 436 zeigt. Setzt man nämlich die Gemischtemperatur herab, z.B. bei einer Kühlmitteltemperatur von 150°C, auf Raumtemperatur, dann ist der Abfall der OZ mit späterer Zündung nicht mehr zu beobachten, sondern es tritt eher ein schwacher Wiederanstieg ein. Dieses Verhalten war beim IG-Motor davon unabhängig, ob bei 600 oder 900 U/min (also Research- oder Motor-Methode-Drehzahl) geprüft wurde.

Im Verlauf weiterer Versuche bestätigt sich, dass bei Gemischtemperaturen über 100° die Oktanzahl mit späterer Zündung umso steiler abfällt, also umso empfindlicher wird, je höher die Gemischtemperatur

- 4 -

ist. Bei relativ niedriger, z.B. wie oben erwähnt, bei Raumtemperatur (unter ca. 90°C) wird sogar ebenso wie z.B. beim Benzin/Benzol-Gemisch ein Anstieg des Klopfwertes bei späterer Zündung beobachtet. Dies ist aus der Abbildung 4 zu entnehmen. Dazwischen gibt es eine Gemischttemperatur, bei welcher die Abhängigkeit der OZ vom Zündpunkt relativ gering wird. Ob die in KPr 459 auftretenden Überschneidungen der Kurven für verschiedene Gemischttemperaturen richtig, oder durch Streuungen verursacht sind, soll dahin gestellt bleiben. Wir hatten bis jetzt noch keine Zeit dies weiter zu verfolgen. Die Tendenz, dass die Oktanwert-Zündpunkt-Kurve flacher verläuft oder sogar wieder ansteigt, je niedriger die Gemischttemperatur ist, wurde für die Kühlmitteltemperatur von 150°C jedoch mehrfach bestätigt. Bei anderen Kühlmitteltemperaturen wurden bisher keine Versuche hierüber durchgeführt.

Aus den mitgeteilten Ergebnissen kann mit einem gewissen Vorbehalt geschlossen werden, dass das Synthesobenzin offenbar bei einem ganz bestimmten Temperaturzustand eine relativ hohe Klopfestigkeit aufweist und das beim Unter- oder Überschreiten dieses Zustandes das Klopfverhalten ungünstiger wird. Es ergeben sich daraus und aus der starken Abhängigkeit vom Zündzeitpunkt verschiedene Möglichkeiten die Motor-OZ des Synthesobenzins im IG-Motor zu heben, ohne die übrigen Kraftstoffe wesentlich anders als bisher zu beurteilen:

1. Hält man die seitherige Betriebstemperatur bei, dann ist eine Vorverlegung des Zündpunktes auf ca. 30 bis 35° sehr wirksam. In diesem Bereich wird auch die Empfindlichkeit gegenüber der Zünd-einstellung wieder geringfügig, was mit Rücksicht auf möglichst geringe Fehlermöglichkeit gerade beim Synthesobenzin erwünscht ist.
2. Setzt man die Kühlmitteltemperatur wesentlich, z.B. auf 100°, wie vom Techn. Prüfstand Oppau vorgeschlagen wurde, herab, dann kann durch Erhöhung der Gemischttemperatur ebenfalls eine höhere Bewertung des Synthesobenzins erreicht werden. Wie die Ergebnisse eines vorläufigen Ringversuches der IG, an den mehrere Prüfstellen teilgenommen haben zeigen, hat diese Massnahme verbunden mit einer gleichzeitigen Vorverlegung des Zündpunktes offenbar einen beachtlichen Fortschritt gebracht. Es wäre noch zu prüfen, wie bei diesen Bedingungen die Empfindlichkeit gegenüber dem Zündpunkt ist.
3. Eine etwa gleichwertige Wirkung wie durch die vom Techn. Prüfstand Oppau vorgeschlagene Änderung der Betriebsbedingungen kann nach unseren Versuchen auch dadurch erreicht werden, dass die Gemischttemperatur auf ca. 120°C gesenkt, die Kühlmitteltemperatur auf etwa 170° gesteigert und der Zündpunkt auf 30° vor OT ververlegt wird. Diese Beobachtung müsste allerdings noch in weiteren Maschinen bestätigt werden. Es ergibt sich bei diesen Bedingungen voraussichtlich der Vorteil, dass die OZ-Werte des Synthesobenzins weniger empfindlich gegen geringe Ungenauigkeiten in der Zündpunkteinstellung sind und zur Einhaltung der Gemischttemperatur nicht so hohe Heizleistungen erforderlich sind.

Bei einzelnen den von uns angewandten Betriebszustände ist zwar eine Annäherung der Synthesobenzin-Werte des IG- an die unseres CIR-Motors erzielt worden; eine vollkommene Angleichung haben wir aber in keinem Falle erreicht. Es würde für uns interessant sein, ob diese Beobachtung allgemein zutrifft, oder ob unsere Motoren hier ein von den übrigen abweichendes Verhalten zeigen.

Tabelle 1

Oktanzahlen von Synthesebenzin und Benzin/Benzolgemisch
im IG-Motor mit verschiedenen Zylinderköpfen.

Zylinderkopf	Datum	Synthes-Benzin Nr. 6145	Eichbenzin/Ben- zolgemisch 50/50
1	1.9.43	50,2	60,9
	8.9.43	52,1	68,7
2	2.9.43	52,3	68,7
	3.9.43	52,4	69,1
3	3.9.43	52,7	68,6
	4.9.43	52,9	68,7
	6.9.43	52,3	68,9
4	9.9.43	52,3	68,1

Tabelle 2

a) Motoroktanzahlen von Synthesebenzinen, gemessen bei ver-
schiedener Verdichtung und veränderten Klopfstift.
IG-Motor.

150/150	Verdichtung	Klopfgeräuschaus- schlag	Oktanzahl
Probe A	4,3	6	45,9
	4,5	36	45,6
	4,7	62	47,0
Probe B	4,5	12	52,3
	4,7	52	52,5
	4,56	34	52,9
	4,65	56	53,0
	4,46	14	50,7
	4,56	30	50,7
4,67	48	50,6	
b) Motoroktanzahlen von Synthesebenzinen, gemessen bei ver- änderten Klopfstift.	4,52	20	49,3
	4,52	32	49,1
	4,52	44	49,1

Reichweite Aktiengesellschaft
Oberhausen-Haßes

Klopfmessung- Synthese-
benzin.

001711

Tabelle 3

Prüfst. Schb/vi.

Oktanzahlen bei verschiedenen Vorheizgeräten.

Prüfbedingungen				OZ der Kraftstoffe		
Zündung	Kühlw.- Temperat.	Gemisch- Temper.	Heizung von	AK 39	Num. Bi.	Bi/Bo
22	150	150	IG-Motor	47,9	49,1	67,8
22	150	150	CFR "	47	49,4	68,6
22	150	150	IG-Motor	47,0	50,7	69,4
22	150	150	CFR "	45,8	49,7	67,3
30	170	120	IE-Motor	49,9	53,7	69,5
30	170	120	CFR "	47,4	48,1	67,8
30	170	120	IG-Motor	49,1	54,3	69,5
30	170	120	CFR "	48,5	49,8	69,4
Mittelwerte Motor-Oktanzahl CFR-Motor RCH				51,8	50,2	68,4

Tabelle 4

Einfluss der Kühlmitteltemperatur auf die Oktanzahlen.

Drehzahl: 900 U/min

Prüfbedingungen			OZ der Kraftstoffe		
Zündung	Kühlmittel- temperatur	Gemisch- Temperatur	AK 39	Num. Bi.	Bi/Bo
26°v	100	142	47		
	125	142	48,1		
	150	150	47,7		
26°v	125	150	49,1	49,7	68,4
	150		48,1	48,8	68,9
	170		48,2	48,8	68,6
22°v	100	150	48,1		68,4
	150		49,1		68,4
	170		48,1		68,5
Mittelwerte Motor-Oktanzahl CFR-Motor RCH			51,8	50,2	68,4

Tabelle 5

Einfluss der Gemischtemperatur auf die Oktanzahl
(IG-Motor).

Prüfbedingungen			OZ der Kraftstoffe			
Zündung voT	Kühlw- temp. C	Gemisch- temp. C	AK 39	104	Mar. B1	B1/Bo.
22	100	100	44,3	93	49,7	72,5
	100	120	44,5	92,7	50,2	72,2
	100	144	46,0	91,5	49,7	70,5
22	100	120	44,3		49,7	68,1
	100	130	46,4		49,8	69,2
	100	153(163)	47		49,1	68,4
22	150	100	45,4		49,4	69,7
	150	125	49,7		49,5	68,7
	150	150	45,5		48,9	68,4
26	100	100	<44		48,1	71,8
	100	120	44,9	93,9	51,3	71,6
	100	144	47	91,9	50,1	69,4
26	150	100	49,2		49,6	70,1
	150	125	49,2		49,7	—
	150	150	48,7		48,7	68,1
Mittelwerte Motor-Oktan- zahl CFB-Motor			51,8	89,6	50,2	68,4

Tabelle 6

Einfluss der Gemischtemperatur auf die Oktanzahl
IG-Motor.

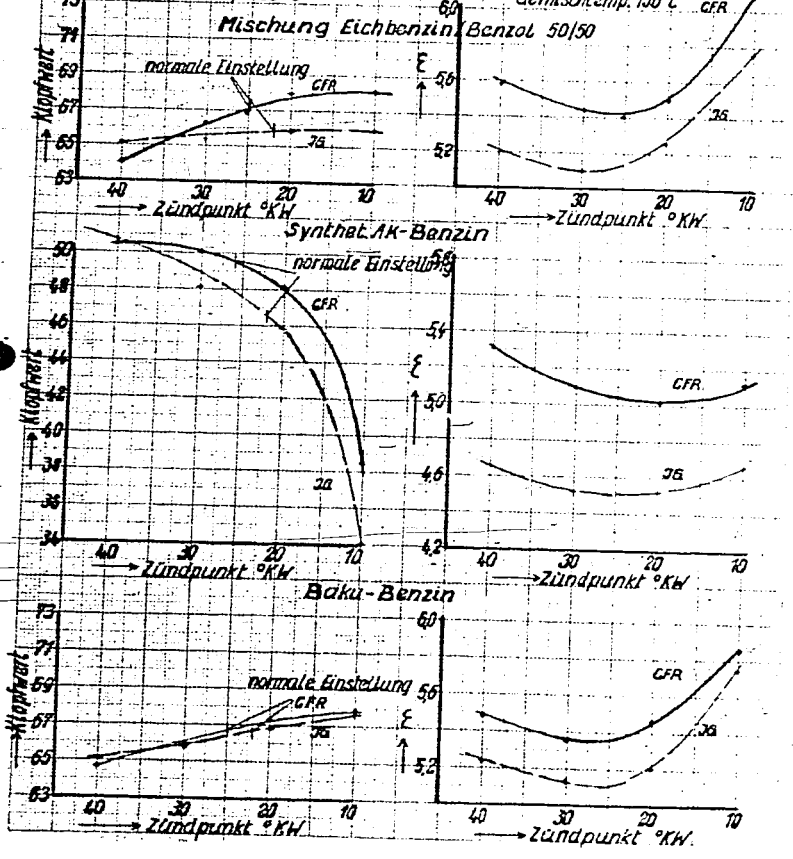
Benzin	Kühlwasser- Temperatur	Gemisch- Temperatur	Oktanzahlen		
			Zdpkt. 10°	20°	30° voT
6145	150	90	44	48	49
	150	120	46	49,5	51,5
	150	150	40	46,5	51,2
AK 39	150	90	47	47	44
	150	120	47	50	50,5
	150	150	45	47	49
Rheinpreus- san	150	90	51,5	51	49
	150	120	51	52,5	52,5
	150	150	48,5	52,0	53
CFB-Motor.					
6145	150	90	52,5	53,3	54,3
	150	120	51	53	53,3
	150	150	49,5	54,5	55,8
	150	170	46	53,3	54,8

001713 RCH-Prüfstand

Abhängigkeit des Klopfwertes bzw. der Verdichtung von der Zündeneinstellung bei gleicher Klopfstärke

CFR-Motor: Kühlmittel 100°C
Drehzahl 900 U/min
Gemischtemp. 150°C

35-Motor: Kühlmittel 100°C
Drehzahl 900 U/min
Gemischtemp. 150°C



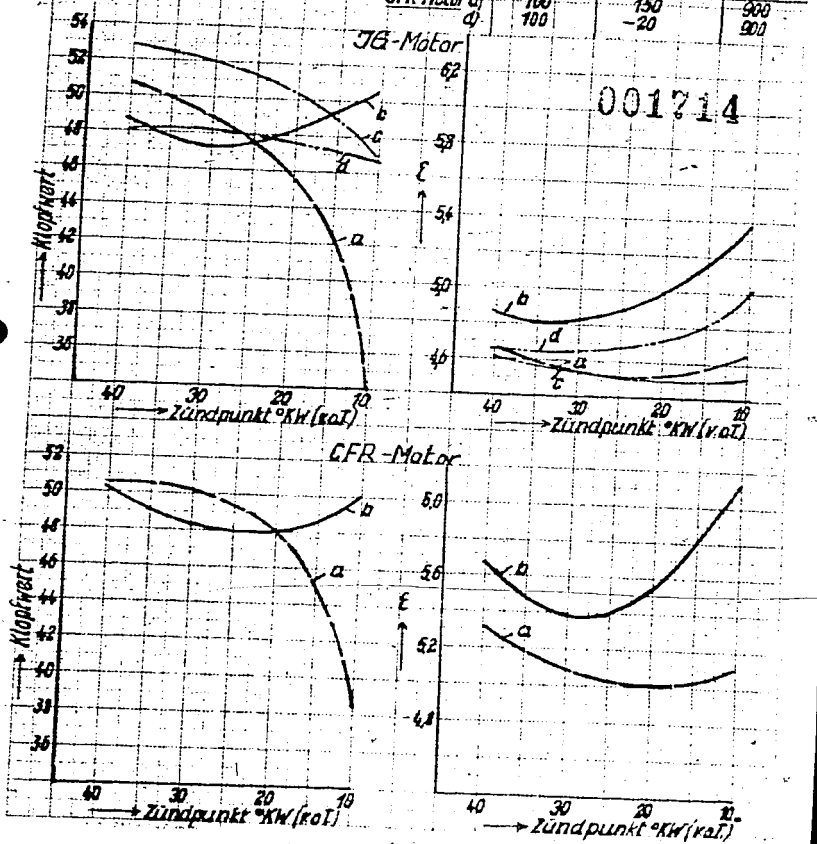
Abhängigkeit des Klopfwertes und der Verdichtung für gleiche Klopfstärke von der Zündstellung bei verschiedener Gemischtemperatur und Drehzahl.

KPr 4-36

RCH-Prüfstand

	Rühmittel	Gemischtemp.	Drehzahl
JG-Motor a)	150 °C	150 °C	900 U/min
b)	150	-20	900
c)	150	150	600
d)	150	-20	600
CFR-Motor a)	100	150	900
d)	100	-20	900

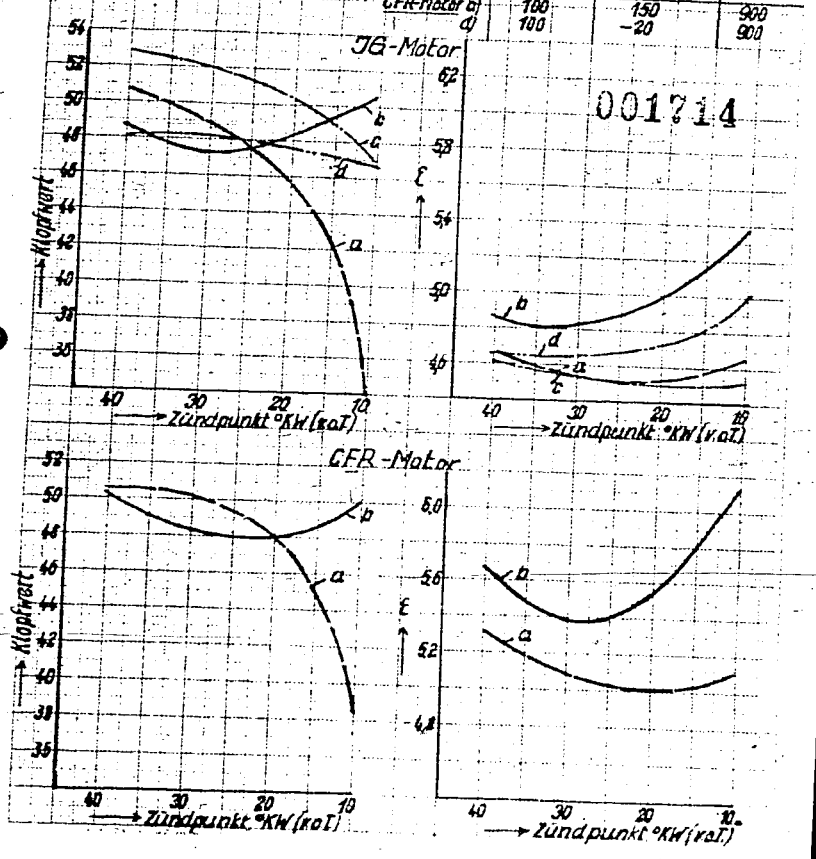
001714



Abhängigkeit des Klopfwertes und der Verdichtung für gleiche Klopfstärke von der Zündstellung bei verschiedener Gemischtemperatur und Drehzahl. RCH-Prüfstand

	Kühlmittel	Gemischtemp.	Drehzahl
IG-Motor b)	150 °C	150 °C	900 U/min
c)	150	-20	900
d)	150	-20	800
CFR-Motor b)	100	150	900
d)	100	-20	900

001714

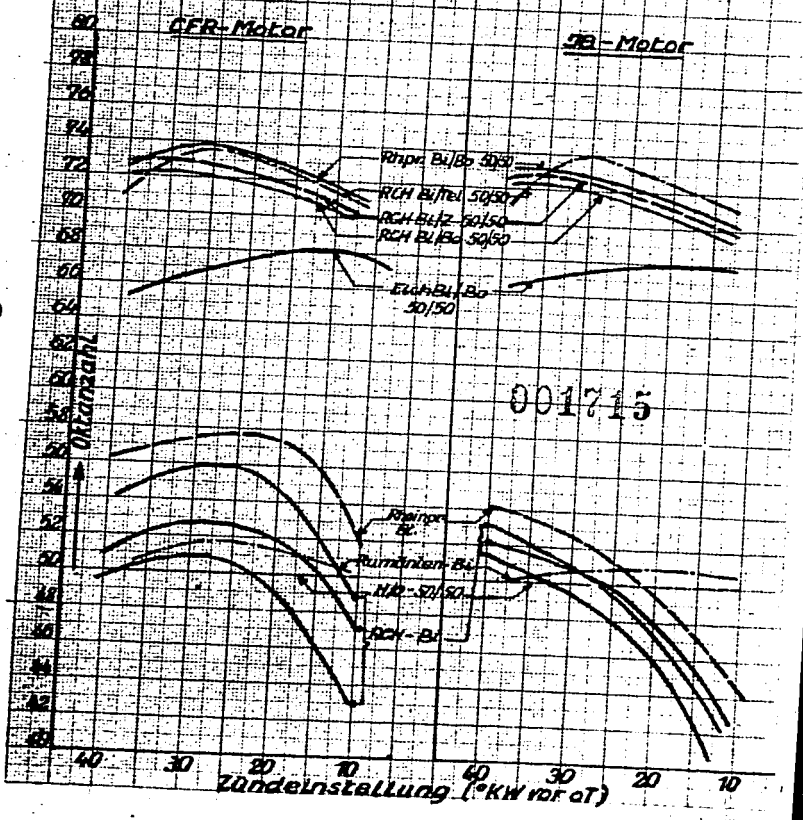


KPr 458

RCH-Prüfstand Klopffwerte abhängig von der Zündeneinstellung

(gemessen gegen 20-Eichbenzln-Z Gemische)

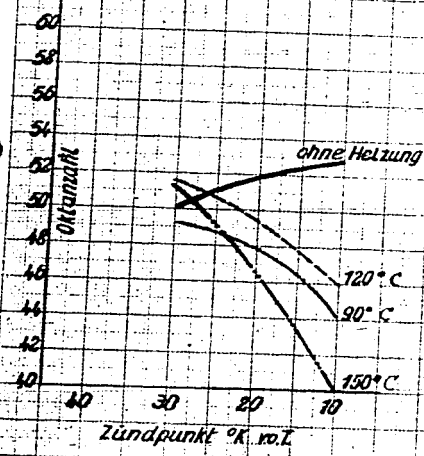
Drehzahl: 900 U/min
Kühlmisstermp.: 150°C
Drehmomenttemp.: 150°C



KPr 459

RCH-Prüfstand
Klopverhalten von RCH-Synthese Benzin abhängig
von der Zündeinrichtung bei verschiedenen Gemisch-
temperaturen.

Motor: 56
Drehzahl: 900 U/min
Kühlmitteltemp.: 150 °C



001716

Anlage 2

Berichte des Herrn Ing. Singer

Die derzeitige Meßgenauigkeit bei der Oktanzahlbestimmung

1.) Versuchsauswertung

Die Oktanzahl von Fahr- und Flugbenzinen wird in Deutschland einheitlich nach der Motor-Methode bestimmt. Der gefundene Meßwert wird in Deutschland auf $\pm 0,5$ OZ in Amerika auf ± 1 OZ auf- oder abgerundet. Üblicherweise die Meßgenauigkeit angegeben zu

$\pm 0,5$ OZ bei der Wiederholung der Meßung am gleichen Motor
 ± 1 OZ bei der Wiederholung der Meßung an verschiedenen Motoren.

Von den zahlreichen Vergleichsversuchen, die in den letzten Jahren durchgeführt worden sind, sollen die in der Tafel 1 angeführten zur Ermittlung der tatsächlich erzielten Meßgenauigkeit herangezogen werden.

T a f e l 1.

Vers.Nr.	Motoren-zahl	Versuchs-Durchführung
101	107	Technischer Prüfstand
105	80	Technischer Prüfstand
107	14	Zentralbüro
110	24	Reichsluftfahrtministerium

Die bei den jeweiligen Versuchen erzielte Meßgenauigkeit kann ausgedrückt werden:

- 1.) Als mittlere Meßgenauigkeit = arithmetisches Mittel aus den Unterschieden aller Prüfstandseinzelwerte vom Gesamtmittelwert. Es dürfte bekannt sein, dass zur mathematischen Ermittlung der Meßgenauigkeit das Quadrat der Abweichungen herangezogen wird. Aus Vereinfachungsgründen ist hiervon Abstand genommen worden.
- 2.) Als Prozentsatz der Prüfstellen, deren Meßwerte nicht mehr als ± 1 OZ vom Mittelwert der jeweiligen Probe entfernt sind.

Folgende Ergebnisse, die Mittelwerte aus den eingesetzten IG- und CER-Motoren sind, wurden bei diesen Messungen gefunden:

101718

- 2 -

T a f e l 2

Mittlere Meßgenauigkeit in MOZ

V.V. Nr.	Fahrbenzin					Flugbenzin			
	Hydr.	Synth.	Bi/Bo	Bi/TEL	Bi/Bo TEL	paraff.	arom.	pa- raff TEL	arom. TEL
105	±0,6	±1,4	±0,7	±0,7	-	±0,5	±0,8	±0,6	-
107	±0,5	-	±0,7	-	±0,7	-	-	-	-
110	-	-	-	-	-	-	±0,6	±0,4	±0,7

T a f e l 3

% Prüfstellen innerhalb ± 1 MOZ vom Mittelwert.

V.V. Nr.	Hydr.	Synth.	Bi/Bo	Bi/TEL	Bi/Bo TEL	paraff.	arom.	pa- raff TEL	arom. TEL
105	81	40	80	80	-	90	69	80	-
107	95	-	90	-	79	-	-	-	-
110	-	-	-	-	-	-	87	95	72

Die Werte der Tafel 3 sind den Kurven nach Bild 1 bis 9 entnommen.

Anhand der Tafel 2 kann eine mittlere Meßgenauigkeit mit etwa ± 0,7 MOZ angenommen werden. Bei Hydrier-Fahrbenzin, sowie beim paraffinischen Flugbenzin, gebleit und ungebleit, ist die Streugrenze um ein Geringes enger, beim Synthese-Fahrbenzin aber das Doppelte, nämlich ± 1,4 OZ.

Wie aus Bild 1 - 3 - 7 und 8 hervorgeht, sind bei den Versuchen Nr. 107 und 110 etwas geringere Streuungen erhalten worden als beim Versuch Nr. 105. Im Besonderen sind hierbei kaum nennenswerte Abweichungen über 1 OZ hinaus erhalten worden. Deshalb liegen in der Zahlentafel 3 die Werte für Versuch 107 und 110 günstiger als für Versuch 105. Als Mittel kann man annehmen, dass rund 80 % aller Meßwerte innerhalb einer Streugrenze von ± 1 OZ liegen, das Synthesebenzin verhält sich mit 40 % jedoch bedeutend ungünstiger.

Man nimmt nun häufig an, dass die Streuungen an verschiedenen Motoren besonders durch deren verschiedenes Warmeverhalten, bedingt durch bauliche Unterschiede, verursacht sind und durch bessere Abstimmung verringert werden könnten. Wie Bild 10 zeigt, ist diese Annahme, nur zum Teil richtig, denn Bild 10 zeigt die

- 3 -

Streuungen, die bei der Wiederholung der Messung am gleichen Motor erhalten werden sind, wo also ein besonders verschiedenes Wärmeverhalten der Motoren in Wegfall kommt. Mit rund 80 % Prüfstandswerte innerhalb ± 1 OZ ist hier das gleiche Ergebnis erzielt worden wie bei Wiederholungen der Messungen an verschiedenen Motoren. Ein ähnliches Ergebnis erbrachten die V.V. 113 mit einer mittleren Messgenauigkeit von $\pm 0,8$ OZ gleichen Prüfstand. Das Ergebnis zeigt, dass eine bessere Übereinstimmung der Werte aller Prüfstellen z.Zt. nur auf dem Wege der Steigerung der Messsicherheit eines jeden einzelnen Prüfstandes erreicht werden kann.

2.) Messgenauigkeit bei der Oktanzahlbestimmung von Benzin

Es beträgt z.Zt. die mittlere Streuung bei Messungen an verschiedenen Motoren rund $\pm 0,7$ MOZ, bei Synthesebenzinen jedoch das Doppelte.

Rund 80 % aller Messwerte decken sich innerhalb ± 1 MOZ, bei Synthesebenzinen sind es nur 40 %, also die Hälfte.

Im allgemeinen kann also jede fünfte, bei Synthesebenzin sogar jede zweite Prüfstelle die jetzt angegebene Messgenauigkeit mit ± 1 OZ nicht einhalten.

3.) Oktanzahl der Motoren:

In den letzten Jahren sind viele Versuche durchgeführt worden zur Angabe der Oktanzahl der Motoren. Man versteht darunter die Oktanzahl des Kraftstoffes, den der Motor benötigt, um unter festgelegten Bedingungen gerade klopffrei zu laufen. Übereinstimmend zeigen alle Messungen, dass die Anforderung der Motoren an die Klopfestigkeit des Kraftstoffes nicht nur innerhalb eines einzigen Motorenbaumusters, sondern sogar innerhalb der einzelnen Zylinder eines Motors weiten Schwankungen unterliegt. Die Ursachen hierfür (z.B. verschiedene Gemischbildung, Vorzündung, Ölkohlbildung) sind bekannt, eine Abhilfe ist jedoch noch nicht erfolgt. Im Mittel schwankt die Angabe der Oktanzahl eines Motorenbausters um etwa 10 OZ, das wurde auch durch die Versuche Unverhaus und Waldmanns bestätigt. Es ist also festzustellen, dass die Motoren zur Zeit nur innerhalb eines Oktanzahlbereiches betrieben werden können, der sich von der Genauigkeit, mit der die Oktanzahl der zugehörigen Benzine bestimmt werden kann, um eine volle Dezimale unterscheidet.

4.) Folgerungen

Aus dieser Erkenntnis dürften sich wohl unschwer die Streugrenzen bei Abnahmemessungen festlegen lassen. Wenn es auch als möglich erscheint, die Streugrenzen der abnehmenden Stellen weiter zu verringern, so muss man sich doch klar darüber sein, dass meines Erachtens der damit verbundene Aufwand in keinem Verhältnis steht zu dem Erfolg bei der Bewährung des Kraftstoffes in der Praxis, die ja eine ganze Oktanzahl gar nicht bemerkt. Es täuscht deshalb nur eine nicht vorhandene Genauigkeit vor, wenn in Lieferbedingungen halbe Oktanzahlen erscheinen, eine Größe, die die Amerikaner mit ihren, im Gegensatz zu uns, leichter bestimm- baren Benzin gar nicht kennen. Ich schlage deshalb vor,

001720

- 4 -

Abnahmewerte auf volle Oktanzahlen festzusetzen, und eine Abweichung bis zu 1 OZ nicht zu beanstanden. Als maßgeblicher Wert eines Kraftstoffes ist meines Erachtens der zu betrachten, der bei den Untersuchungen möglichst vieler Stellen im Mittel erhalten wird, aufgrund der halbjährlichen Ringversuche dürfte es jeder Stelle möglich sein, zu diesem gedachten Wert die richtige Beziehung zu finden.

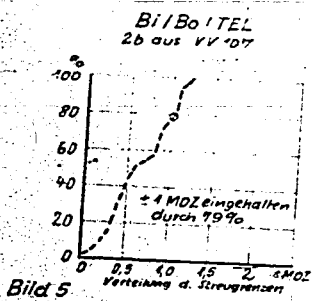
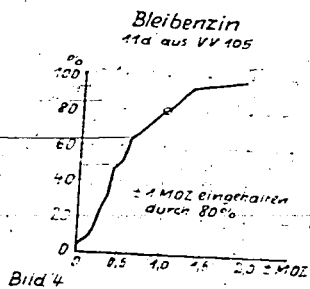
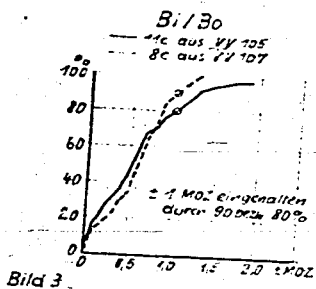
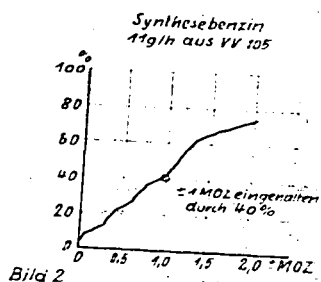
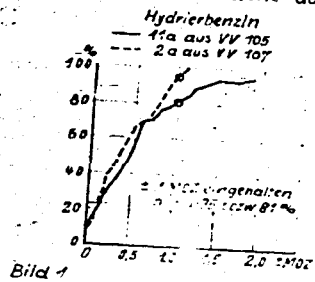
Werte, Maßstab
Drehen

Fahrbenzine

Blatt 1

Mittelwerte aus J.G + CFR-Motor

001721



Mittlere Meßgenauigkeit in OZ Fahrbi

VV Nr.	Hydr.	Synth.	Bi/Bo	Bi/TEL	Bi/Bo/TEL
105	± 0,6	± 1,4	± 0,7	± 0,7	-
107	± 0,5	-	± 0,7	-	± 0,7
110	-	-	-	-	-

Flugbi

VV Nr.	Paraff arom.	TEL	arom. TEL
105	± 0,5	± 0,8	± 0,5
107	-	-	-
110	-	± 0,6	± 0,4 ± 0,7

Tafel 2

Flugbenzine

001732 Blatt 2

Mittelwerte aus J9 + CFR-Motor

Flugbi, paraff.
113 aus VV 105

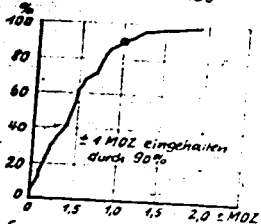


Bild 6

Aromaten
a aus VV 110
112 aus VV 105

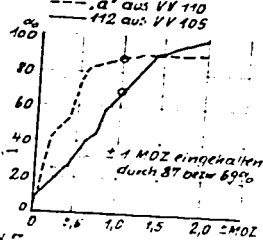


Bild 7

B 4
b aus VV 110
113 aus VV 105

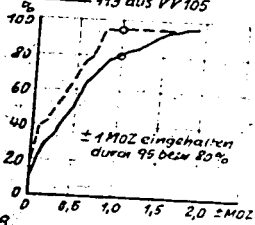


Bild 8

Bleiaromaten
c aus VV 110

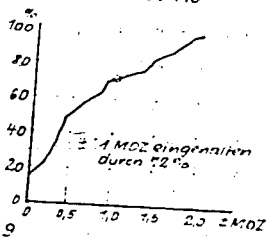


Bild 9

Wiederholbarkeit am
gleichen Motor
9 Cbr. 30c, VV 101

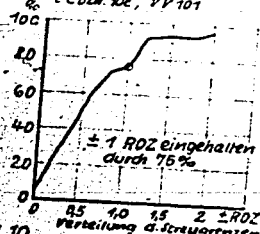


Bild 10

% Prüfstellen innerhalb ±1 MOZ vom Mittelwert

V.V.Nr.	Hydr.	Synth.	Bi/Bo	Bi/TEL	Bi/Bo TEL
105	81	40	80	80	-
107	95	-	90	-	79
110	-	-	-	-	-

V.V.Nr.	paraff.	arom.	paraff.	arom.
	TEL	TEL	TEL	TEL
105	95	64	80	-
107	-	-	-	-
110	-	87	95	72

Tafel 3
vgl. Bild 1 bis 9

L. G. Forschungs-Allgemeine
Lagerung an Rhein 12.
6.3.60

Zum Vertrag
Mengenauigkeit an Klopfmotoren

TPrS 3-60

001723

Die Vorzündung am CFR-Motor

Bekanntlich ist der CFR-Motor mit einer gleitenden Vorzündung dargestellt ausgerüstet, dass bei geringen Verdichtungsverhältnis der Motor mit grösserer, bei hohem Verdichtungsverhältnis jedoch mit kleinerer Vorzündung arbeitet. Der Verstellbereich schwankt zwischen

Verdichtung	MOZ	Vorzündung
5:1	55	26°
6:1	30	22°
7:1	91	19°

Man ist bei der Entwicklung des CFR-Motors davon ausgegangen, dass der Motor wie in der Praxis unter den Bedingungen der Höchstlast laufen sollte, und dass deshalb die Zündstellung dem jeweils gewählten Verdichtungsverhältnis angeglichen werden müsse. So kam man zur automatischen Zündverstellung. Man übersah jedoch damals, dass diese Beziehung kraftstoffabhängig ist, und dass bei gleichem Klopfwert beispielsweise ein Aromatenbenzin zur Höchstleistung eine grosse Vorzündung benötigt als ein Paraffinbenzin. Dies ist allgemein aus der Zeit des Fahrmeisterdienstes bekannt geworden; aber auch die Amerikaner stellten später in einer längeren Versuchsreihe fest, dass der gleitende Vorzündungswinkel in vielen Fällen den Höchstleistungen nicht entspricht. Vermutlich schreiben aus diesem Grunde alle später am CFR-Motor entwickelten Prüfweisen eine feste Vorzündung vor, z.B.

Methode Research neu	13° bei n = 600
" G 39 T	17° bei n = 900
" AFD	55° bei n = 1500

Auch die DVL arbeitet bei der Überladeprüfung mit gleich bleibender Vorzündung offenbar auch von der Erkenntnis geleitet, dass eine feststehende Vorzündung bei der Versuchsdurchführung weniger Fehlermöglichkeiten bietet als eine Zündstellung, die stets der Kraftstoffprobe anzupassen ist. Die gleichen Gründe waren es auch, die seiner Zeit den Techn. Prüfstand dazu bewogen haben, am IG-Prüfmotor auf eine gleitende Vorzündung zu verzichten.

Den Einfluss der Vorzündung auf das Klopfverhalten zeigen Bild 1 - 2 und 3, wobei die Vorzündung am CFR-Motor zwischen 10 und 30° KW geändert worden ist.

Bei Bild 1 handelt es sich um eine Zickkurve mit steigendem Benzolzusatz. Beim Benzin allein ist der Einfluss der Vorzündung gering, er steigt mit dem Benzolzusatz derart, dass ein grösserer Vorzündungswinkel eine geringere Oktanzahl bringt. Die eingezeichnete Kurve mit veränderlicher Zündung schmiegt sich grösstenteils der mit 10° Vorzündung gefahrenen Kurve an.

001724

- 2 -

Bild 2 zeigt die Kurven eines Benzins mit steigendem Kloizusatz. Auch hier sinkt mit grösser werdendem Vorzündungswinkel der Klopfwert des Bleibenzins. Die Kurve mit veränderlicher Vorzündung liegt hier nahe der Kurve mit 20° Vorzündung.

In Bild 3 ist der Einfluss des Vorzündungswinkels auf ein Aromatenbenzin und auf ein Synthesebenzin dargestellt. Erwartungsgemäss nimmt beim Aromatenbenzin der Klopfwert mit grösser werdender Vorzündung ab; beim Synthesebenzin ist aber das Umgekehrte der Fall. Dieses unerwartete Verhalten und die grosse Empfindlichkeit (2 Grad = 1 CZ) ist vielleicht mit ein Grund, weshalb beim Messen von Synthesebenzinen besonders grosse Streuungen auftreten.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass eine gleitende Vorzündung heute keine Vorteile bringt, in gewissen Fällen sogar den Erfordernissen der Praxis widerspricht. Masstechnisch liegt der Nachteil der gleitenden Kontrolle des richtigen Vorzündungswinkels, was dann zu einer Verringerung der Messgenauigkeit führen kann. Einem Übergang zu einer feststehenden Vorzündung würde nur entgegenstehen, dass dann die ASTM-Vorschriften nicht mehr eingehalten würden, ein Einwand, der unter den heutigen Verhältnissen kaum noch Bedeutung haben dürfte.

001725

Bild 1

Benzin / Benzol mit
verschiedener Vorzündung

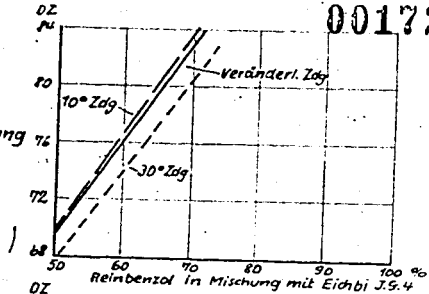


Bild 2

Bleibenzin mit
versch. Vorzündung

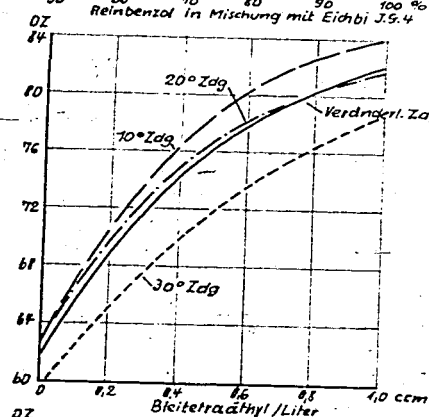
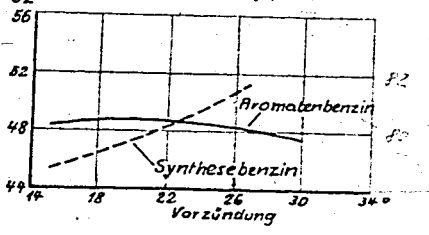


Bild 3

Einfluß der Vorzündung
($t_v = 100^\circ$ $t_g = 150^\circ$)
auf ein Aromaten- und
Synthesebenzin



001726

Ergebnisse von Vergleichsversuchen
Abstimmen des IG - Prüfmotors

Frühere Vergleichsversuche ergaben lange Jahre hindurch dass nach der Motor-Methode im Mittel der IG- Prüfmotor etwa um $\frac{1}{2}$ OZ tiefere Werte liefert als der CFR-Motor. Wie allgemein bekannt sein dürfte, ist dieser Bewertungsunterschied kraftstoffabhängig. Der bisher grösste Bewertungsunterschied wurde bei den Versuchen vom Mai 1943 mit Synthesbenzin, das neu in die Vergleichsversuche einbezogen worden war, zu rund $\frac{3}{2}$ MCZ festgestellt. Das CKH und das RLM teilten uns mit, dass bei Benzinen, die besonders reich an Unge-sättigten oder an gewissen Aromaten seien, der IG-Motor um 2 bis 3 Einheiten tiefere Werte liefert als der CFR-Motor. Wir wurden um Vorschläge zur Abhilfe gebeten, besonders für die Synthese- und DHD-Benzine.

Aus vielen Versuchen, die wir darauf durchführten, zeigten sich die Bedingungen

100° Kühltemperatur
 165° Gemischtemperatur
 26° Vorzündung

soweit als brauchbar, dass es verantwortet werden konnte, mit ihnen Vergleichsversuche durchzuführen. Diese neuen Bedingungen boten nebenbei die Möglichkeit, von der Glykolkühlung auf die Wasserkühlung überzugehen. Da bei den Verhältnissen der deutschen Prüfstellen die Siedetemperatur des Wassers wenig schwanken dürfte, ergibt sich damit die Ausschaltung einer Fehlermöglichkeit bei der Oktanzahlbestimmung. Wir nehmen an, dass dadurch der Wunsch verschiedener Prüfstellen erfüllt wird.

Im Vergleichsvorsuch 112 prüften 8 IG- und 5 CFR-Motoren diese Bedingungen an den Kraftstoffen nach, die bei den früheren Ringversuchen schon verwendet worden waren, nämlich

11c = Bi-50 mit Hydrierbi
 11d = Bi-TM mit Hydrierbi
 11h = Synthesbenzin
 104 = Aromaten - Bleibenzin.

Hierbei wurde eine gute Übereinstimmung zwischen dem IG- und CFR-Motor gefunden; es betragen die Unterschiede

IG minus CFR bei 11c = +0,2 OZ
 11d = 0,2 OZ
 11h = 0,6 OZ
 104 = +0,2 OZ

Aufgrund dieses günstigen Ergebnisses wurden die neuen Bedingungen des IG-Motors auf breiter Basis durch einen neuen Vergleichsvorsuch Nr. 113 nachgeprüft. Bis auf ein B4 - Benzin wurden hierzu

001727

- 2 -

Kraftstoffe gewählt, bei denen mit wesentlichen Umbewertungen gerechnet werden konnte, nämlich

- 12 e = Bi / Bo mit Synbi und Schwelbi
- 12 h = Synbi
- 122 = DHD - Benzin
- 123 = B 4

Die Auswertung dieser halbjährlichen Versuchsreihe 113 erfolgte dem Eingang der Werte entsprechend in drei Etappen, die folgende Klopfmotoren umfassten.

1. Auswertung mit 6 IG- und 5 CFR-Motoren
2. Auswertung mit 37 IG- und 15 CFR-Motoren
3. Auswertung mit 66 IG- und 61 CFR-Motoren.

Die erste Auswertungsgruppe umfasst die gleichen Prüfstellen wie bei dem vorangegangenen Kurzversuch V.V. 112.

Es ist nun auffällig, wie die Übereinstimmung der beiden Klopfmotoren schwankt, je nachdem welche Auswertungsgruppe in Betracht gezogen wird. Folgende Bewertungsunterschiede wurden erhalten:

IG - minus CFR-Motor

Probe	1. Gruppe 11 Motoren	2. Gruppe 52 Motoren	3. Gruppe 99 Motoren
12 e	+0,7	+1,3	+1,0
12 h	-1,1	-0,9	-0,4
122	+0,1	+0,2	+0,8
123	-0,4	±0	-0,1

Diese unsichere Beurteilung hat ihre Ursache in der Zufälligkeit mit welcher die einzelnen Gruppen aufgestellt worden sind. Bei einer verhältnismässig geringen Anzahl von Motoren kann ein Prozentual starker Zugang weiterer Motoren das Ergebnis stark ändern. Man erkennt aber auch weiter, dass eine ausgesuchte kleine Anzahl erfahrener Prüfstellen (hier Gruppe 1) nicht notwendigerweise brauchbare Mittelwerte ergeben müssen. Wenn nun aber, wie bei diesen Versuchen, das Mittel der CFR-Motoren je nach den ausgewerteten Ergebnissen um 1 OZ schwanken kann, wie dies beispielsweise bei der Probe 122 der Fall ist, so fehlt für die IG-Motoren die sichere Grundlage auf die abgestimmt werden kann.

Als Ergebnis der abgeschlossenen Vergleichsreihe kann festgestellt werden, dass im Mittel die früher beobachteten Unterschiede mit 2 bis 3 OZ nicht aufgetreten sind. Es liegen jetzt vielmehr die Bewertungsunterschiede der beiden Klopfmotoren um höchstens 1 Oktanzahl, also im Bereich der Grösse, um die nach der vorgenommenen Auswertung das CFR - Mittel schwanken kann. Während früher der

- 3 -

001728

- 3 -

IG - Motor wenn schon andere, dann durchweg niedrigere Werte als der CFR-Motor geliefert hat, liegen jetzt seine Werte je nach Art der Probe teils über, teils unter denen des CFR-Motors. Auch hieraus kann geschlossen werden, dass mit den neuen Bedingungen eine bessere Annäherung an den CFR - Motor erreicht worden ist. Ich schlage deshalb vor, die Bedingungen

100° Kühltemperatur
185° Gemischttemperatur
26° Vorzündung

künftig am IG-Prüfmotor anzuwenden.

Anlage:
Übersichtstafel "Mittelwertbildung"

Halbjährliche Vergleichsversuche an Klopfmotoren - April 1914.

IG - Motor mit $Z_k = 100^\circ / t_q = 165^\circ / v_{24} = 26^\circ$

Mittelwertbildung

001729

Kraftstoff		Bl, Bo mit Synbi Schwalbi 12e	Synbi 12h	DHD 122	B4 123
IG	Me	75,6	54,1	81,4	88,3
	Schw	75,9	54,8	81,6	89,7
	Lu	75,2	49,3	79,8	87,0
	Op	75,8	52,7	80,7	88,0
	Reish.	75,0	51,9	81,2	87,8
Mittelwerte aus 6 IG - Motoren		75,5	52,6	81,0	88,0
Mittelwerte aus 37 "		75,1	53,0	81,1	88,2
Mittelwerte aus 66 "		75,0	53,5	80,7	88,3
RIM - Mittelwerte		75,1	52,7	81,1	88,3
CPR	Me	74,6	54,2	81,4	88,2
	Schw	75,2	53,4	81,8	89,3
	Lu	74,0	53,4	79,9	88,8
	Op	74,7	53,2	80,2	88,1
	Olex	75,5	54,5	81,0	88,8
Mittelwerte aus 5 CPR - Motoren		74,8	53,7	80,9	88,4
Mittelwerte aus 15 CPR - Motoren		73,8	53,9	79,9	88,2
Mittelwerte aus 31 CPR - Motoren		74,0	53,9	80,1	88,4
RIM - Mittelwerte		74,7	54,1	80,5	89,4
		Bl/Bo Bl-Synbi + Schwalbi	Synbi	DHD, JAC	B4

Sonderausschuß zur Normung der
motorischen Prüfung von Dieselmotoren
stoffen beim DVM

B18
Berlin, den 22.9.42

Obmann: Oberreichsbahnrat Keßler
Reichsbahn-Zentralamt Berlin
Köllnischer Fischmarkt 5-6

147

Niederschrift über die Besprechung am 14.u.15.4.42
in Oppau

Anwesend waren:

Keßler, Oberreichsbahnrat, Vorsitz
Bokemüller, Dipl. Ing.
Bräutigam, Dipl. Ing.
Bubel, Dipl. Ing.
Charpentier, Dr. Ing.
Dannefelser, Dr. phil.
Gießmann, Dr., Fl.Stabsing
Heinrich, Dr. Ing
Hetsch, Dipl. Ing.
Kneule, Dozent
Köhler, Dipl. Ing.
Lange, Dipl. Ing.
Meyer, Chemotechn.
Neumann, Dr. Ing.
Penzig, Dipl. Ing.
von Philippowich, Dr. phil.
Reichel, Dr. Ing.
Rohloff
Schaub, Dr. Ing.
Schmidt, Dr. Ing.
Staiger, Dr. Ing.
Stoll, Dipl. Ing.
Weber, Dipl. Ing.
Widmaier, Dr. Ing.
Wilke, Prof. Dr. Ing.
Zinner, Dr. Ing.
Schriftführung:
Bauer, Reichsbahn-Oberinspektor

RZA Berlin
Daimler-Benz
DVM
Wifo Berlin
ZB Berlin
Rheinpreußen
E-Stelle Rechlin
Bosch GmbH
Klöckner Humb Deutz
TH München
IG.-Farbenindustrie
E-Stelle Rechlin
Heereswaffenamt
Rhenania-Ossag
IG.-Farbenindustrie
DVL Berlin
Rhenania-Ossag
Wifo Berlin
Ruhrbenzin
Klöckner Humb Deutz
FKFS
Bosch GmbH
Heereswaffenamt
FKFS
IG.-Farbenindustrie
MAN Augsburg
RZA Berlin

001730

- 2 -

Tagesordnung am 14.4.42.

- 1) Vortrag über die Meßverfahren.
- 2) Vortrag über die Meßgeräte:
 - a) Anlaßverfahren,
 - b) Zündverzugsverfahren.
- 3) Vortrag über die Motoren und ihre Handhabung.
 - a) HWA-Motor,
 - b) IG-Prüfdiesel.
- 4) Besichtigung und Vorführung der Motoren auf dem Prüffeld.

Tagesordnung am 15.4.42.

Diskussion und Beschlusfassung.

OR Kessler eröffnet die Sitzung und gibt der Hoffnung Ausdruck, daß die Vorträge und die anschließende Besichtigung der verschiedenen Motoren auf dem Prüfstand allen Beteiligten ein klares Bild von den Vorteilen der einzelnen Verfahren und Geräte geben werden, sodaß die Diskussion dadurch erheblich abgekürzt und wenn möglich sofort anschließend dem DVM der Vorschlag für die Normung unterbreitet werden könne. Er bittet sodann Herrn Dr Widmaier den Vortrag über die Meßverfahren zu halten.

Dr Ing Widmaier: Während für die motorische Vergaserkraftstoffbewertung schon seit längerer Zeit eine genormte Prüfmethode in Form der Oktanzahl besteht, ist es an der Zeit auch zur Normung der Dieselmotorkraftstoffprüfung zu schreiten. Zu diesem Zweck wollen wir uns zunächst nochmals den bisherigen Entwicklungsgang der Dieselmotorkraftstoffprüfung nach der sogenannten Cetanzahl vor Augen führen.

Die ersten Versuche zur Prüfung der Dieselmotorkraftstoffe auf ihre Zündigenschaften wurden in Verbrennungsbomben in den Versuchslaboratorien von Prof Nägel, Neumann und Nußelt durchgeführt. Sie brachten, wie u.a. die Arbeiten von Prof Holfelder zeigten, Klarheit in den bestehenden Wechselbeziehungen zwischen der Zündigkeit des Kraftstoffes und Druck und Temperatur der Verbrennungsluft. Für diese Bombenversuche waren umfangreiche Einrichtungen notwendig, außerdem fehlte die unmittelbare Beziehung zum Gebrauchsmotor, sodaß die Zündwilligkeitsmessungen auf einen Prüfmotor, wie er bereits für die Otto-Kraftstoffe vorhanden war, übertragen wurden. Es entstand die motorische Prüfung der Dieselmotorkraftstoffe nach dem Anlaßverfahren. Für diese Prüfungsart wurde zunächst ebenfalls

die Bombe verwendet, da der Motor beim Startvorgang sich weitgehend wie eine Bombe verhält, z.B. hat er geringe Drehzahl, niedrige Lufttemperaturen und Drücke und keine Wirbelung. Ein Prüfmotor ist jedoch unvergleichlich viel einfacher und erleichtert die Messung. Das Anlaßverfahren wurde in Amerika von Pope und Murdock als CCR-Verfahren in der Weise angewendet, daß an einem fremd angetriebenen CFR-Dieselmotor durch Verändern der Verdichtung das Verdichtungsverhältnis gesucht wurde, bei dem der Dieselmotor noch zündete.

In Europa haben Le Mesurier und Stansfield in Delft im Laboratorium von Boerlage und Broeze das Anlaßverfahren in der Form angewendet, daß an dem fremd angetriebenen Dieselmotor die Ansaugluft so weit gedrosselt wird, daß der Kraftstoff sich gerade noch entzündet. In Deutschland, das bislang noch keine Meßgeräte zur Dieselmotorkraftstoffprüfung besaß, hat das HWA 1936 bei der Schaffung des HWA-Motors sich für das Drosselverfahren entschieden und das Anlaßverfahren mit Luftdrosselung eingeführt, da das Zündverzugsverfahren noch in der Entwicklung war.

Bei der im Jahre 1938 in München stattgefundenen Sitzung und bei Besprechungen mit Fachgenossen ist man sich aber klar gewesen, daß das HWA-Drosselverfahren nicht befriedigt, da es mit dem praktischen Betrieb nicht übereinstimmt. Während der HWA-Motor nichts anderes wie eine Bombe darstellt, kommt hinzu, daß bei der Prüfung die Luftüberschusszahl sich laufend durch die Drosselung ändert und der Verbrennungsablauf dadurch beeinflusst wird. Weiter ist nicht berücksichtigt, daß das Schmieröl sich im Verbrennungsraum ansammelt und den Selbstzündungspunkt herunterdrücken kann.

Aus diesen Erwägungen heraus ist das Zündverzugsverfahren entstanden. Dieses prüft die Kraftstoffe bei den üblichen Betriebsbedingungen und hat sich heute allgemein in der ganzen Welt wegen seiner größeren Meßgenauigkeit und des größeren Meßbereiches durchgesetzt. Amerika und Holland, die das Anlaßverfahren früher zur Anwendung gebracht haben, benutzen heute nur noch das Zündverzugsverfahren.

Im Januarheft 1929 des SAF-Journals ist vom ASTM ein Normentwurf enthalten, der die Anlage und die Richtlinien zur Messung der Dieselmotorkraftstoffe nach dem Zündverzugsverfahren vorschlägt.

An sich wäre es kein Nachteil, wenn man einerseits das Anlaßverhalten und andererseits das Betriebsverhalten der Dieselmotor-

Kraftstoffe prüfen würde. Leider ist jedoch das Anlaßverfahren kein Meßverfahren, das die Kraftstoffe bei den üblichen Anlaßbedingungen prüft, während hingegen beim Zündverzugsverfahren die üblichen Betriebsverhältnisse des Gebrauchsmotors gut wiedergegeben werden. Das Anlaßverfahren mißt in einem Grenzzustand, wo der Kraftstoff gerade noch oder nicht mehr zündet. Es ist offensichtlich, daß in diesem Grenzzustand, wo eine große Menge unbeherrschbarer Motoreinflüsse sich auf das Meßergebnis wesentlich auswirken können, die Reproduzierbarkeit der Meßwerte von vornherein beeinträchtigt wird.

Das Zündverzugsverfahren besitzt dagegen, da die Kraftstoffe nicht in einem Grenzzustand, sondern in einem Betriebszustand, wo der Motor stets in Beharrung ist, geprüft werden, die größere Meßgenauigkeit. Da der Motor stets aus eigener Kraft läuft, treten keine unbeherrschbaren Motoreinflüsse, z.B. wechselnde Verschmutzung und verschiedene Wärmeabstrahlung auf. Gerade über die erreichte Meßgenauigkeit mit beiden Verfahren sind eine große Reihe von Untersuchungen angestellt worden.

Die schon erwähnten deutschen Ringversuche der Arbeitsgemeinschaft für Kraftfahrwesen vom Jahre 1938 haben gleichfalls gute Übereinstimmung der Meßergebnisse nach dem Zündverzugsverfahren ergeben, obwohl die verwendeten Motoren nach Bauart, Betriebszustand und der verwendeten Meßeinrichtung verschieden waren. Zu dem ist zu erwähnen, daß gegenüber dem HWA-Verfahren eine Überbewertung der Dieselkraftstoffe praktisch nicht zu Stande kommt, denn die seit einigen Jahren aufgestellten Vergleiche haben das bereits erwiesen. Im Allgemeinen stimmen die Cetanzahlen beider Verfahren in den unteren Grenzen überein; zündwillige Kraftstoffe ergeben dagegen nach dem HWA-Verfahren meistens höhere Cetanzahlen.

Ein weiterer großer Vorteil des Zündverzugsverfahrens ist sein großer Meßbereich. Insbesondere, wenn mit veränderlicher Verdichtung und gleichem Zündverzug gefahren wird, können alle Kraftstoffe vom Steinkohlenteeröl bis zu sehr zündwilligen Dieselkraftstoffen mit ausreichender Genauigkeit geprüft werden.

Außerdem wird bei einem geeigneten gleichbleibendem Zündverzug ein einwandfreier Verbrennungsverlauf bzw. Motorlauf gewährleistet. Nur bei äußerst zündwilligen Kraftstoffen, die nicht mehr das Verdichtungsverhältnis für einen bestimmten Zündverzug zulassen, wird es notwendig bei kleinerem Zündverzug mit Cetan-Alpha-Methylnaphtalin-Eichmischungen zu vergleichen. Oder umgekehrt kön-

nen sehr zündträge Kraftstoffe vorliegen, die trotz hoher Verdichtung einen größeren Zündverzug ergeben; in diesem Fall müßte der Kraftstoff ebenfalls im Grenzzustand also bei nicht gleichem Zündverzug geprüft werden.

Gegen das Zündverzugsverfahren machte man anfangs den Einwand, daß die Meßeinrichtung zu umfangreich sei und von einem Laien nicht bedient werden könnte. Dieser Einwand hat zweifellos früher seine Berechtigung gehabt und war auch die Ursache, warum man z.B. in Amerika immer wieder auf das Anlaßverfahren zurückkam. Inzwischen sind jedoch die Meßgeräte so betriebssicher geworden und es gibt neuerdings so einfache Zündmesser zur Bestimmung des Zündverzugs, daß heute sogar die Messung nach dem Zündverzugsverfahren einfacher und bequemer ist. Sie ist für den Laboranten bestimmt anschaulicher und betriebssicherer als die labile Messung nach dem Anlaßverfahren. Beim Zündverzugsverfahren wird lediglich der Motor auf den vorgeschriebenen Einspritzbeginn und auf den vorgeschriebenen Zündbeginn eingestellt. Kühltemperatur und Drehzahl bleiben bei bestimmtem Motor von selbst konstant; Schwankungen der Einspritzungen haben auf das Meßergebnis einen unwesentlichen Einfluß. Es kann daher die Cetanzahl des Probekraftstoffes sofort über die Verdichtungsstellung aus einer Eichkurve abgelesen werden. Einspritzzeitpunkt und Verbrennungsbeginn werden durch einfache und betriebssichere Kontaktvorrichtungen erfaßt und im einfachsten Fall an einer mit dem Schwungrad umlaufenden Glimmlampe abgelesen. Für Laboratoriumsbetrieb steht außerdem ein einfaches, elektrisches Steuergerät zur Verfügung, das aus dem EKFS-Photozellenverfahren entwickelt wurde und den Zündverzug an einem Zeigerinstrument abzulesen gestattet.

Während für die normale Cetanzahlbestimmung der Trägheitsgeber von Dr. Neumann als das einfachste Meßgerät den unbedingten Vorzug verdient, sind für wissenschaftliche Untersuchungen auch weiterhin die umfangreicheren Einrichtungen des Druckindikators und der Photozelle angebracht, da sie die Messung in einem weiten Arbeitsbereich des Motors ermöglichen. In diesem Falle interessiert ja der Zündverzug nicht nur im Vergleich zu einer Eichmischung sondern auch als absoluter Wert und in seinem Einfluß auf den Verbrennungsablauf. In dieser Richtung wurden bereits eingehende Versuche bei Prof. A.W. Schmidt, München, der IG Farben und im Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen Prof. Kamm durchgeführt.

Zusammenfassend darf man wohl sagen, daß nach dem vorliegen-

den Versuchsmaterial in allen Ländern übereinstimmend dem Zündverzugsverfahren der Vorzug gegeben werden muß.

Der Obmann dankt Herrn Dr Widmaier für seine Ausführungen und bittet Herrn Dipl Ing Köhler, den Vortrag über das Zündverzugsverfahren zu übernehmen. Da über das Anlaßverfahren nur wenig zu berichten ist, wird Herr Dipl Ing Weber diese Erläuterungen bei seinem Vortrag über den HWA-Motor mitbringen...

Dipl Ing Köhler: Das Zündverzugsverfahren kann, wie Herr Dr Widmaier bereits ausführte, auf zwei Arten zur Cetanzahlbestimmung verwendet werden.

- 1) bei konstanter Verdichtung, wobei aus der verschiedenen Größe des Zündverzugs sich die Zündwilligkeit des Kraftstoffs ergibt,
- 2) bei konstantem Zündverzug, wobei die verschiedene Höhe der Motorverdichtung das Maß für die Zündwilligkeit ist.

Beide Male werden, wie neben anderen auch die Versuche im Labor von Prof A.W.Schmidt gezeigt haben, die gleichen Cetanzahlen gemessen. Die Cetanzahlmessung bei konstantem Zündverzug hat jedoch meßtechnisch wesentliche Vorteile.

- 1) Die Meßgenauigkeit ist besser. Bei konstanter Verdichtung werden für Kraftstoffe höherer Cetanzahl die Zündverzüge unmeßbar klein. Bei veränderlicher Verdichtung geht man in den Bereich, wo sich größere Unterschiede ergeben.
- 2) Der Meßbereich ist größer, da jeweils die Verdichtung entsprechend so eingestellt wird, daß der Motor mit dem Kraftstoff noch läuft.
- 3) Die Kraftstoffprüfung kann bei dem Zündverzug durchgeführt werden, der im praktischen Fahrbetrieb wirklich vorhanden ist.
- 4) Die Cetanzahl-Messung ist wesentlich bequemer.

Für die Cetanzahl-Messung kommt daher heute allgemein nur das Zündverzugsverfahren mit konstantem Zündverzug in Betracht, das wir am IG-Prüfdiesel anwenden. Als Zündverzug ist die Zeitspanne zwischen dem Beginn der Dieseleinspritzung und dem Druckanstieg bei der Entzündung angenommen. Diese Definition wird allgemein für den Zündverzug gebraucht und hat auch in einem Normentwurf des RLM in dieser Weise Eingang gefunden.

Wir haben den IG-Prüfdiesel je nach dem, ob er für genaue Prüfung der Kraftstoffe, wie es für die Kraftstoffherzeuger und die Kraftstoff-Forschungsstellen notwendig ist, oder ob er für Abnahmeprüfungen beim Verbraucher verwendet werden soll, in zwei Aus-

führungen vorgesehen.

Ich will Ihnen zunächst die erste Ausführung des IG-Prüfdiesels für die laboratoriumsmäßige Prüfung der Kraftstoffe erläutern. Das wesentliche Merkmal dieser Ausführung ist die Verwendung eines piezoelektrischen Indikators. Der Prüfdiesel arbeitet mit direkter Einspritzung und veränderlicher Verdichtung unmittelbar gekuppelt mit einem Drehstrom-Kurzschlußläufer, der den Dieselmotor stets auf konstanter Drehzahl hält. Auf einer Schalttafel ist die Braunschweiger Röhre des Piezo-Quarz-Indikators eingebaut.

An Meßgeräten bzw Regeleinrichtungen für den Motor sind vorhanden:

am Diesel

- a) Einspritz-Einstellvorrichtung
- b) Mengeneinstellung
- c) Verstellhandrad für Verdichtungsänderung

an Schalttafel

- a) Druckknopfschalter zum Anlassen und Abstellen des Dieselmotors
- b) ein Kilowattmesser.

Zur Messung des Zündverzugs, der auf dem Leuchtschirm der Braunschweiger Röhre sichtbar ist, dienen der Einspritzkontakt zur Messung des Einspritzbeginns, die Quarzdruckkammer zur Messung des Druckes im Zylinder und das Seitenablenkgerät, das am Wellenende angebaute ist.

Im Zylinderkopf des Prüfdiesels ist die Quarzdruckkammer in einer Bohrung eingebaut. Der Einspritzkontakt, ein gewöhnlicher Bosch-Unterbrecher, sitzt auf dem Düsenhalter und wird durch die Bewegung der Düsennadel betätigt.

Über die Wirkungsweise der Druckverlauffmessung mit dem Piezo-Quarz-Indikator brauche ich mich hier nicht auszulassen. Es ist bekannt, daß sie trägheitsfrei erfolgt und der Piezo-Quarz-Indikator ein genau arbeitendes Meßgerät ist. Der Einspritzbeginn-Anzeiger arbeitet ebenfalls trotz seiner großen Einfachheit sehr genau. Das Seitenablenkgerät dient zur Erzeugung der KW-Basis auf dem Leuchtschirm der Braunschweiger Röhre. Es ist nichts anderes als ein Spannungsteiler, dessen beide Äste einen Kreis bilden. Die Spannung klingt in dem kürzeren Ast von nur 45° schneller ab als in dem anderen von 315°. Dieser elektrische Leiter, der praktisch aus einem Ringkörper aus destilliertem Wasser besteht, rotiert mit der Kurbelwelle des Motors mit und ein feststehender Fühlstift tastet an ihm die jeweilige Spannung, die gerade der augenblicklichen Kurbelstellung entspricht, ab und überträgt sie auf die Braunschweiger Röhre. Um die Genauigkeit der Arbeit des Geräts zu prüfen, haben wir

die vom Seitenablenkgerät auf die Braunsche Röhre übertragenen Spannungen mittels Trommel photographisch aufgenommen. Es ergibt sich ein sägeblattähnlicher Linienzug mit völlig geraden Linien und scharfen Spitzen. In einem üblichen Druckverlauf-Diagramm von 180° KW wäre der Zündverzug im Verhältnis zum gesamten Diagramm sehr klein. Er könnte aus diesem Diagramm nur mit geringer Genauigkeit bestimmt werden. Wir ziehen deshalb die 45 KW°, die den Zündverzug einschließen, mittels des soeben gezeigten Seitenablenkgerätes soweit auseinander, daß der Zündverzug wesentlich genauer beobachtet werden und die Cetanzahlbestimmung damit genauer bestimmt werden kann.

Die Cetanzahl des Kraftstoffs kann aus der Eichkurve, die für den Motor gefahren wurde, oder am Cetanzahl-Messer unmittelbar abgelesen werden. Die Cetanzahl-Bestimmung ist also hiermit bei größter Meßgenauigkeit sehr leicht und sehr bequem gemacht. Der Piezo-Quarz-Indikator bietet für den Laboranten vor allem aber auch den Vorteil, daß er in anschaulicher Weise den Motor überwachen kann, z.B. ungleichmäßiges Einspritzen der Düse, starke Schwankung im Druckanstieg können aus dem Druckverlaufdiagramm sofort erkannt und damit die Angaben von unzuverlässigen Cetanzahlen verhindert werden. Für die Laboratorien bietet der Piezo-Quarz-Indikator aber außerdem noch den großen Vorteil, daß zugleich neben der Cetanzahl von jedem Kraftstoff noch die weiteren Verbrennungseigenschaften, die sich im Druckanstieg und im Spitzendruck bei der Verbrennung kundtun, gemessen werden können. Von dieser Möglichkeit machen wir bei unseren Messungen ständig Gebrauch.

Erwähnen möchte ich hier noch den Photozellen-Indikator von FKFS, bei dem die Leuchterscheinung der Flamme zur Anzeige des Zündbeginns dient. Von FKFS wurden Untersuchungen angestellt, die ergaben, daß zwischen Photozelle und Druckindikator in vielen Fällen gute Übereinstimmung herrscht.

Neben dieser Prüfdieselanlage, die für die genaue laboratoriumsmäßige Untersuchung des Diesel-Kraftstoffes gedacht ist, haben wir eine vereinfachte Ausführung des IG-Prüfdiesels entwickelt, die insbesondere für Abnahmeprüfungen von Kraftstoffen bestimmt ist. Der vereinfachte IG-Prüfdiesel ist vollkommen unabhängig von jedem Stromnetz, Wasserleitungsnetz und Luftnetz. Er kann also überall aufgestellt werden, ohne daß besondere Anschlußarbeiten nötig

sind. Der Dieselmotor läßt sich von Hand anwerfen und wird durch einen selbsterregenden Gleichstrom-Generator belastet. Zur Zündverzugsmessung wird der Trägheitsgeber von Dr Neumann (Rhenania-Ossag) verwendet.

Wir haben früher bereits zur Vereinfachung der Meßeinrichtung eingehende Versuche mit einer Ionisierungsstrecke und mit einem Druckanstiegmesser zur Bestimmung des Zündbeginns durchgeführt, die uns jedoch nicht befriedigt haben. Der Zündmesser von Rhenania-Ossag hat sich dagegen bisher gut bewährt, sodaß wir ihn für den IG-Prüfdiesel vorgesehen haben.

Durch diesen Zündmesser wird ein mit dem Schwungrad sich drehendes Glühlämpchen gesteuert. Es leuchtet beim Einspritzbeginn, der durch den Düsenkontakt angezeigt wird, sowie beim Zündbeginn auf und gibt den Zündverzug an. Von FKFS wird ein Zündverzug-Anzeigegerät in Verbindung mit dem Zündmesser von Rhenania-Ossag verwendet, sodaß man den Zündverzug an einem Zeigergerät einstellen kann.

Die Cetanzahl-Bestimmung erfolgt auch beim vereinfachten IG-Prüfdiesel in der gleichen Weise wie vorhin beschrieben. Es wird auf konstanten Zündverzug eingestellt und die Cetanzahl am Cetanzahl-Messer abgelesen.

Zum Schluß möchte ich noch kurz über die Betriebsbedingungen bei der Cetanzahl-Messung sprechen, da von deren Einhaltung die Meßgenauigkeit wesentlich abhängt. Die Drehzahl des Gerätes wird durch den Drehstrom-Kurzschlußläufer stets konstant auf 1000 U/min gehalten. Die Kühltemperatur stellt sich ebenfalls von selbst stets auf 100° C Siedetemperatur des Wassers ein. Schwankungen der Einspritzmenge sind, wie Versuche von FKFS und eigene bestätigt haben, ohne Einfluß auf das Meßergebnis. Der Einspritzzeitpunkt läßt sich durch die Einstellmarken bequem und genau auf den vorgeschriebenen Wert einstellen. Der Zündbeginn ist dadurch, daß mit sehr steilem Druckanstieg gearbeitet wird, ebenfalls leicht feststellbar.

Um den gewünschten steilen Druckanstieg zu erhalten, haben wir den Zündverzug ziemlich groß gewählt. Kleiner Zündverzug gibt bekanntlich flacheren Druckanstieg. Der Druckanstieg ist ebenfalls sehr steil, wenn die Zündung im Totpunkt erfolgt. Der Druckanstieg ist hier auch am leichtesten meßbar, da die Kompressionslinie horizontal verläuft. Andere Maßnahmen zur Erreichung des steilen Druckanstieges sind noch die Ausbildung des Verbrennungsraumes als an-

genäherter Kugelbrennraum - kleine Durchbrennwege - und die Erhöhung des Einspritzdruckes auf 200 at. Man erreicht dadurch einen Druckanstieg, der bei der Cetan-Zahl-Messung am IG-Prüfdiesel zwischen 5 und 20 at/^oKW beträgt. Die üblichen Motoren haben im allgemeinen unter 3 at/^oKW. Bei niedriger Cetanzahl ist der Druckanstieg am steilsten. Diese Kraftstoffe sind daher im allgemeinen auch etwas leichter zu messen.

Wir können praktisch vom Teeröl bis zu den zündwilligsten Kraftstoffen weit oberhalb des Cetans untersuchen. Dies erscheint notwendig, da sich aus Mischungen die wirkliche Cetanzahl der Proben im allgemeinen nicht bestimmen läßt. Die Meßgenauigkeit liegt im mittleren Teil bei etwa $\pm 0,5$ Cetanzahl, nach oben und nach unten nimmt sie etwas ab auf etwa ± 1 Cetanzahl. Die Eichkurve verändert sich von Tag zu Tag etwas, je nach den atmosphärischen und motorischen Einflüssen. Wir haben über lange Zeiträume beobachtet, daß die Eichkurve sich hierbei lediglich parallel zu sich selbst verschiebt. Dieser Umstand hat uns bewogen, einen Cetanzahl-Messer zu verwenden. Auf diesem Anzeigegerät, dessen Zeiger durch das Heben und Senken des Zylinderkopfes verdreht wird, ist die Eichkurve des Motors außen aufgezeichnet. Innen sind Zylinderkopfverstellung und Verdichtungsverhältnis des Motors angegeben.

Die Eichung des Cetanzahl-Messers erfolgt mittels eines Einstellkraftstoffes bekannter Cetanzahl, zweckmäßig etwa 45. Es brauchen nun die Kraftstoffe, die untersucht werden sollen, lediglich auf konstantem Zündverzugs eingestellt zu werden und man kann auf diese Weise, wie vorhin schon angegeben, die Cetanzahl unmittelbar bequem ablesen.

Oberreichsbahnrat-Kessler spricht Herrn Dipl. Ing. Köhler seinen Dank für den Vortrag aus und erteilt Herrn Dipl. Ing. Weber vom Heereswaffenamt das Wort zu seinem Vortrag über den HWA-Motor und das Anlaßverfahren.

Dipl. Ing. Weber: Die Bestimmung der Cetanzahl nach dem Anlaßverfahren des Heereswaffenamtes erfolgt in einem handelsüblichen Motor der Firma Humboldt-Deutz. Der Motor läuft mit einer konstanten Umlaufgeschwindigkeit von 960 U/Min, die Ansaugluft wird auf 80°C und das Kühlwasser auf 70°C erwärmt. Die Messung wird so durchgeführt, daß in Abständen von 1 bis 2 Sek 3 Einspritzungen von 100 cmm Kraftstoff erfolgen. Die Einspritzung wird durch Hand ausge-

löst. Hat eine Zündung des Kraftstoffes stattgefunden, so wird die Ansaugluft gedrosselt und erneut festgestellt, ob Zündung des Kraftstoffes bei 3 Einspritzungen erfolgt. Die Drosselung der Ansaugluft wird so lange geändert, bis gerade noch Zündung des Kraftstoffes erfolgt. Die Zündgrenze wird durch Messung des bei der Drosselung im Ansaugrohr entstehenden Unterdruckes festgelegt und in Beziehung zu einem Gemisch von Cetan und α -Methylnaphthalin gesetzt.

Der HWA-Motor ist in seinem Aufbau äußerst einfach gehalten und besitzt als zusätzliche Geräte nur ein Quecksilbermanometer zur Messung des Unterdruckes im Ansaugrohr und eine Vorwärm-Vorrichtung für die Ansaugluft. Das Meßverfahren setzt keine besonderen Kenntnisse für die Durchführung voraus und kann ohne weiteres von einer ungelerten Arbeitskraft durchgeführt werden.

Der Meßbereich des Verfahrens liegt zwischen 20 und 100 Cetan. Der in Veröffentlichungen gegen das Verfahren wiederholt gemachte Vorwurf, daß ein Verschmutzen des Verbrennungsraumes eintritt und Schmieröl in den Verbrennungsraum gelangt, wurde in der Praxis nicht beobachtet.

Das Verfahren wurde vom Heereswaffenamt gewählt, da es, wie Versuche in der Techn. Hochschule Berlin zeigten, in Beziehung zum praktischen Anlaßverhalten des Kraftstoffes im Motor steht. Die Versuche wurden an 3 Motoren der Praxis in der Kältekammer durchgeführt. Da das Heereswaffenamt bei der Beurteilung von Kraftstoffen den größten Wert auf die Bestimmung des Startverhaltens der Dieselkraftstoffe legen muß, kann das Heereswaffenamt nur der Normung eines entsprechenden Untersuchungs-Verfahrens zustimmen. Das HWA-Meßverfahren entspricht dieser Forderung, wie es auch weiterhin den Anforderungen genügt, die an ein zur Normung gelangendes Prüfverfahren zur Bestimmung der Gütezahl der Cetanzahl im HWA-Motor nach dem Drosselverfahren in Beziehung zum praktischen Verhalten der Kraftstoffe steht, reproduzierbare Werte liefert, eine genügende Übereinstimmung der in verschiedenen Motoren gemessenen Werte (etwa 1,5 Cetanzahlen Streuung) hat und in seiner Durchführung äußerst einfach gehalten ist.

Der HWA-Motor hat weiterhin den Vorteil, daß bei Anbringung des Neumann-Indikators die Zündverzugszahl bestimmt werden kann. Der Vorsitzende dankt Herrn Dipl. Ing. Weber für seine Ausführun-

gen und bittet Herrn Dipl. Ing. Penzig den Vortrag über den IG-Prüfdiesel zu übernehmen.

Dipl. Ing. Penzig:

Als der Technische Prüfstand im Jahre 1934 begann, sich eingehender mit der Bewertung von Dieselmotoren zu befassen, bestanden bereits mehrere Verfahren, die den gleichen Zweck verfolgten. Das bekannteste war das Anlaßverfahren, das an einem hierfür umgebauten CFR-Motor durchgeführt wurde. Da das Verfahren nicht befriedigte, ging man zum Zündverzugsverfahren über, wozu es allerdings notwendig war, den Zylinder und Zylinderkopf völlig neu durchzubilden. Der Zündverzug wurde mit Hilfe eines primitiven optischen Indikators oder eines Springstiftes gemessen, der die Ablesung des Zündverzugs auf dem Klopfmesser gestattete. Da diese Meßeinrichtungen nicht befriedigten, versuchte man, ein elektromagnetisches Gebersystem, das auf eine mit dem Schwungrad umlaufende Neonröhre arbeitete, und so die Ablesung des Zündverzugs in stark vergrößertem Maßstab erlaubte. Da die hierfür notwendige Einrichtung keine Besserung der Meßgenauigkeit brachte, wofür freilich auch Mängel des Motors selbst verantwortlich sind, ging man schließlich dazu über, ein Springstiftgerät als mechanischen Indikator zu benutzen und mit dessen Hilfe den Druckverlauf mühselig abzutasten. Dieses Verfahren war 1940 noch üblich und es ist auffallend, daß die Amerikaner nicht den einfachsten Weg wählten, der in der Sichtbarmachung des Druckverlaufs mit Hilfe der Braunschen Röhre besteht.

Der Technische Prüfstand hat von Anfang an für die Messung der Zündwilligkeit einen besonderen Motor entwickelt, und hierfür das Baumuster KD 15 der Motoren-Werke Mannheim benutzt. Mit einem Liter Hubvolumen ist dieser Motor so klein, daß eine Untersuchung auch kleiner Kraftstoffproben möglich ist, andererseits ist die allzugedrungene und unbefriedigende Ausbildung des Verbrennungsraumes wie beim CFR-Motor vermieden. Ähnlich wie der IG-Prüfmotor zur Oktanzahlbestimmung, so war auch der IG-Prüfdiesel ursprünglich nur für eigene Untersuchungen bestimmt. Da der Motor aber überall großes Interesse fand, war es notwendig, ihn in größeren Stückzahlen herstellen zu lassen. Hierbei erwies es sich als sehr nützlich, daß viele Teile des Motors aus der laufenden Serie verwendet werden konnten und die Beschaffung von Ersatzteilen sehr erleichtert wurde.

Um die Zündwilligkeit bei unveränderlichem Zündverzug messen

zu können, war es notwendig, die Maschinen mit veränderlicher Verdichtung auszurüsten. Hierzu war lediglich notwendig, Zylinderkopf und Zylinder miteinander zu verbinden und den Kühlwassermantel außen mit einem Gewinde zu versehen, sodaß Kopf und Zylinder während des Betriebes in der Höhe verstellt werden können. Hierzu ist eine in der Höhe festliegende Mutter, die von einer Schnecke angetrieben wird, vorgesehen. Durch die vom IG-Prüfmotor her schon bekannte Hebeleinrichtung bleibt die Ventileinstellung während der Verstellung des Zylinders unverändert.

Der Kraftstoff wird unmittelbar in den Verbrennungsraum eingespritzt. Um nun Kraftstoffe mit der Cetanzahl 0 nachprüfen zu können, ist es notwendig, den Verbrennungsraum sehr gedrungen auszubilden. Es ist deshalb im Kolben eine Mulde vorgesehen, die bei den höchsten Verbrennungsgraden den gesamten Verbrennungsraum darstellt.

Der Kraftstoff wird durch eine Bosch-Einspritzpumpe der Düse zugeführt, die als geschlossene Zapfendüse durchgebildet ist. Auf dem Düsenstock ist ein Kontakt vorgesehen, der von der Düsenmadel gesteuert wird, und zum Anzeigen des Einspritzbeginns dient. Wir haben Wert darauf gelegt, daß das gesamte Gerät so aufgebaut ist, daß es von einem Mann bedient werden kann. Auf dem Schaltpult, das über dem zugleich als Anlaßmotor wie auch als Belastung dienenden Drehstrommotor aufgebaut ist, ist außer dem Druckknopfschalter für diesen Motor sowie einem Ampèremeter als wesentlichster Teil der elektrische Indikator angebracht, der von Dr. Nier geliefert wird. Der Beobachter hat den Schirm der Braunschen Röhre unmittelbar vor sich, sodaß er sich ständig vom einwandfreien Arbeiten des Motors überzeugen kann. Diese Tatsache halten wir für außerordentlich wichtig. Mit der linken Hand kann das Handrad zur Zylinderverstellung bedient werden, um den Druckanstieg genau in den Totpunkt zu verlegen. Mit einer darunter liegenden kleinen Kurbel wird der Einspritzzeitpunkt auf die verlangten 18° v.o.T. eingestellt. Wie in den Ausführungen über das Meßverfahren dargelegt wurde, sind die Sollwerte für Einspritzung und Druckanstieg durch Marken im Diagramm auf der Braunschen Röhre erkenntlich, sodaß die Aufgabe lediglich darin besteht, durch Drehen des Handrades bzw. der kleinen Handkurbel die tatsächlichen Werte mit den Sollwerten zur Deckung zu bringen. Ist dies geschehen, so wird die Stellung des Zylinders an einer kleinen Schiebelehre am Zylinderkopf, oder an einem Instrument mit kreisfö-

miger Skala abgelesen. Da aus einer Eichkurve der Zusammenhang zwischen Cetanzahl und Zylinderstellung bekannt ist, ist damit die Messung der Cetanzahl beendet.

Zur Ausrüstung des Motors ist im übrigen noch zu sagen, daß sich vorn am freien Ende der Kurbelwelle das vom Technischen Prüfstand entwickelte Kurbelwinkel-Ablenkgerät befindet. Mit seiner Hilfe wird das stehende Bild auf der Braunschen Röhre erzeugt. An ihm sind weiterhin auch Kontakte angebracht, die die Sollwerte für Einspritzung und Druckanstieg im Diagramm anzeichnen.

Zur Kraftstoffzuführung ist noch zu bemerken, daß hierfür zwei kleine Behälter vorgesehen sind, die auch Verbrauchsmessungen erlauben und die durch einen Kraftstoffhahn mit der Einspritzpumpe in Verbindung stehen. Die Kraftstoffmenge wird durch eine Mikrometerschraube eingestellt.

Die Kühlung ist als Verdampfungskühlung durchgebildet. Zu diesem Zweck ist oben am Zylinderkopf ein kleiner Behälter angeordnet, über dem sich eine Kühlschlange für den Wasserdampf befindet. Die Kühltemperatur entspricht dem Siedepunkt des Wassers. Die Kühlvorrichtung ist aber so eingerichtet, daß sie lediglich durch höheres Einstellen des Wasserspiegels für beliebige Kühltemperaturen eingestellt werden kann. Die zur Bedienung der Kühlvorrichtung notwendigen Hähne sind zu einem Block zusammengebaut, in dem sich auch noch ein Feinfilter für das Kühlwasser der Quarzdose befindet. Bei der Cetanzahlmessung wird im allgemeinen mit einer ungekühlten Quarzdose gearbeitet. Bei höheren Belastungen jedoch, wie sie bei anderen Versuchen auftreten können, kann es zweckmäßig sein, mit einer gekühlten Quarzdose zu arbeiten und die Erfahrung hat es als zweckmäßig gezeigt, besonders sorgfältig gereinigtes Wasser zu verwenden.

Beim IG-Prüfdiesel handelt es sich, wie Sie wohl wissen, nicht um ein Gerät, das etwas neuartiges darstellt, denn im Laufe einer nunmehr sechs-jährigen Entwicklung wurden zahlreiche Erfahrungen gesammelt, die in dem jetzt vorliegenden Baumuster zusammengefaßt sind. Auf dem Prüfstand werden Sie die bisher übliche Ausführung sehen und daran die erzielten Fortschritte selbst ermessen können.

Wie bereits erwähnt, sehen wir im elektrischen Indikator ein sehr wichtiges Hilfsmittel bei der Bestimmung der Cetanzahl. Das stehende Bild des Druckverlaufs gestattet, den Zündverzug unmittelbar abzulesen. Weiterhin wird jede Störung am Motor, sei es Störung

gen an der Einspritzung durch Luftblasen oder Festhängen der Düsen, schlechter Ablauf der Verbrennung durch mangelnden Zustand des Kolbens und der Ventile, sofort durch die Braunsche Röhre erkennbar. Der elektrische Indikator, der früher vielleicht als Instrument für ausgesprochen wissenschaftliche Untersuchungen galt, tatsächlich aber doch nicht schwieriger zu bedienen ist als ein Radio-Apparat, hat sich bei uns und auch bei den zahlreichen Stellen, die mit unserem Gerät arbeiten, bewährt. Der einzige Einwand, den man gegen den elektrischen Indikator machen kann, ist die Abhängigkeit von einem Starkstromnetz. Diese Abhängigkeit kann in solchen Fällen lästig werden, wo es darauf ankommt, an beliebiger Stelle möglichst rasch Untersuchungen vorzunehmen. Für solche Fälle haben wir den IG-Prüfdiesel in einer besonders einfachen Form gebracht, bei der der Drehstrommotor durch einen selbsterregenden Gleichstrommotor ersetzt wird. Der Motor wird durch eine Handkurbel in Gang gesetzt und kann dann noch als Gleichstromquelle dienen. Anstelle des Indikators wird ein von Dr. Neumann angegebener Trägheitsgeber verwendet, der mittels einer Anodenbatterie und einer umlaufenden Neonröhre am Schwungrad unmittelbar den Zündverzug anzeigt. Dieses Gerät ist in seiner Einfachheit und Unabhängigkeit von der Umgebung wohl kaum zu übertreffen.

Ich möchte Ihnen nur noch kurz andeuten, daß der IG-Prüfdiesel ein außerordentlich wandlungsfähiges Gerät darstellt, wie sich bereits dadurch erwiesen hat, daß viele Stellen nicht nur die Cetanzahl messen, sondern den Prüfdiesel sich sogar mit der ausdrücklichen Absicht beschaffen, mit diesem Gerät allgemeine Untersuchungen durchzuführen.

Der Bedarf an einem kleinen handlichen Motor für allgemeine Untersuchungen ist nun außerordentlich groß. Wir dürfen nicht vergessen, daß derartige Geräte nicht nur zur Abnahme, sondern vor allem zur laufenden Überwachung der Erzeugung dienen. Diese Überwachung besteht keineswegs nur in einer Nachprüfung von Proben aus der laufenden Herstellung. Erfahrungsgemäß treten bei der Herstellung ständig Fragen auf, die durch eingehende Untersuchungen geklärt werden müssen, bevor eine in Aussicht genommene Umstellung der Erzeugungsweise möglich ist. Auch Wechsel des Ausgangsstoffes kann Fragen aufwerfen, die nur durch gründliche Untersuchungen zu klären sind. Es sind also nicht allein Forschungsinstitute und Hochschulen, sondern auch die Erzeuger, die einen Bedarf an einem Prüfstand haben, der, ohne allzu umfangreich zu sein, doch Kraftstoffuntersuchungen verschiedenster Art ermöglicht. Da nun Anfragen nach

einem derartigen Gerät sich häufen, haben wir uns veranlaßt gesehen, einen Prüfstand zu entwerfen, mit dem alle Untersuchungen vorgenommen werden können, die mit Ausnahme der Oktanzahl in Frage kommen. Dieser Prüfstand besteht aus einem Prüfdiesel, der mit einer Wasserbremse abgebremst werden kann und durch einen Drehstrommotor angeschlossen wird. Mit diesem Prüfstand können Cetanzahlmessungen durchgeführt werden, wobei die Wasserbremse leer mitläuft und der Drehstrommotor zur Belastung dient. Es können Belastungs- und Verbrauchsmessungen im Dieserverfahren durchgeführt werden, wozu ein größerer Kraftstoffbehälter und die Wasserbremse vorgesehen sind. Der Prüfstand kann aber auch zur Durchführung allgemeiner Versuche nach dem Otto-Verfahren benutzt werden, wozu der Kraftstoff während des Saughubes eingespritzt wird und die Zündung mit Hilfe eines Zündmagneten erfolgt. Diese Versuche können nicht nur frei ansaugend, sondern auch mit Überladung ausgeführt werden. Zu diesem Zweck ist eine Spannungsvorrichtung für die Preßluft, eine elektrische Heizung für die Ladeluft und ein Dämpfungsbehälter vorgesehen. Entsprechend den hohen Mitteldrücken von etwa 22 atm ist eine besonders kräftige Kühlung des Zylinders und des Schalldämpfers vorgesehen. Die Wasserbremse ist so bemessen, daß sie die auftretenden hohen Drehmomente aufnehmen kann.

Dieses als Versuchsmotor k bezeichnete Gerät hat eine hohe Bedeutung für die Prüfung von Flugmotorenkraftstoffen. Wie Sie wissen, können Flugmotorenkraftstoffe durch die Oktanzahl nicht hinreichend zuverlässig bewertet werden. Es ist deshalb notwendig, die sogenannte Klopfgrenzkurve zu bestimmen, bei der bei verschiedenen Kraftstoffluftverhältnissen der Ladedruck bestimmt wird, bei dem der Motor zu klopfen beginnt. Um diese Versuche durchzuführen, wurde bisher ausschließlich ein unter Verwendung von Flugmotorenteilen aufgebauter Einzylinder-Prüfstand verwendet, der, wie Sie sich an unseren Anlagen überzeugen können, außerordentlich kostspielige Einrichtungen voraussetzt. Der IG-Versuchsmotor k, dessen Kernstück der IG-Prüfdiesel ist, vermag nun, diese Einrichtung sehr weitgehend zu ersetzen. Man wird zweifellos bei genaueren Untersuchungen stets im Flugmotorenzylinder-Prüfstand Messungen vornehmen, für die Abnahme. Jedoch wird der Versuchsmotor k völlig ausreichen. Es liegen jetzt schon sehr viele Anfragen von Stellen vor, die sich außer dem Prüfdiesel auch noch den IG-Versuchsmotor k aufstellen wollen, da die Verhältnisse auf dem Gebiet der Kraftstoff-Erzeugung so verwickelt sind, daß eine eingehendere Beschäftigung mit dem motorischen Pro-

blemen nicht zu umgehen ist.

Zusammenfassend können wir feststellen, daß im IG-Prüfdiesel ein in allen Einzelteilen erprobtes Gerät vorliegt, um die Zündwilligkeit von Dieselkraftstoffen zu bestimmen, wie dies für die Überwachung der Erzeugung und für die Abnahme erforderlich ist. Durch Anwendung eines einfachen Anzeigeapparates ist es möglich, die Anlage soweit zu vereinfachen, daß sie unabhängig vom Netz ist. Dies ist wichtig für ortsbewegliche Anlagen, beispielsweise zur Nachprüfung erbeuteter Kraftstoffe. Die bei diesem vereinfachten Gerät vorgesehene Meßeinrichtung ist billig in der Anschaffung und so leicht zu ersetzen, daß diese Geräte für Stellen, die sich lediglich mit Abnahme befassen, besonders geeignet ist.

Wir haben schließlich gesehen, daß der Prüfdiesel bei einem Prüfstand Verwendung finden kann, der nicht nur Diesel-Untersuchungen aller Art, sondern auch die Prüfung von Flugmotorenkraftstoffen zuläßt. Die Forderung, daß ein Prüfgerät wandlungs- und ausbaufähig sein muß, ist also beim Prüfdiesel erfüllt.

Oberreichsbahnrat Kessler dankt Herrn Dipl. Ing. Penzig für seinen Vortrag und bittet Herrn Dr. Neumann, kurz über den von ihm entwickelten Trägheitsgeber und die bisher damit erzielten Ergebnisse zu berichten.

Dr. Ing. Neumann: Die Rhenania-Ossag verwendet seit etwa 3 Jahren ein Meßverfahren, das bei geringstem Aufwand an Mitteln allen Anforderungen an Betriebssicherheit und Genauigkeit gerecht wird. Die Hauptschwierigkeit bei der Prüfung von Dieselkraftstoffen auf ihre Zündwilligkeit liegt in der praktisch trägheitslosen Ermittlung des Zündverzugs, der allgemein als Zeit vom Einspritzbeginn bis zum Beginn der Drucksteigerung infolge Zündung oder auch bis zur Entflammung definiert ist. Die Kenntnis der vielfachen Bestimmungsmethoden sei vorausgesetzt. In unserem Fall ist das Gebergerät der sogenannte Trägheitsindikator. Er wird durch die Düsenadel und durch eine Membrane in der Wand des Verbrennungsraumes gesteuert. Seine Wirkungsweise beruht darauf, daß der im Innern der aus Leichtmetall gefertigten Tube befindliche Kontakt bei Überschreiten einer bestimmten Achsial nach oben gerichteten Beschleunigung geöffnet wird. Dies Öffnen des Kontaktes kann auf verschiedene Weise in Grad KW oder in der Zeiteinheit ablesbar gemacht werden.

Bei Verwendung als Zeitpunktgeber für Zündbeginn ist der Indikator, d.h. die den Kontakt schließende Feder derart eingeregelt,

daß der Kontakt erst bei einer Beschleunigung öffnet, die größer ist als die maximale positive Druckbeschleunigung des Verdichtungshubes. Das bedeutet, daß die Durchbiegung der in die Verbrennungswand eingespannten Membran den Kontakt ohne Einspritzung und folgende Zündung nicht zu öffnen vermag. Selbst bei verhältnismäßig weichem Druckanstieg infolge Zündung, z.B. bei dp/dt von etwa 10.000 at/s, geht die Membran-Beschleunigung in dem Punkte, der mit Sicherheit aus einem Diagramm als Beginn der Drucksteigerung ablesbar ist, bereits über die größte positive Beschleunigung des Verdichtungshubes hinaus. Dabei ist es gleich, ob die Zündung vor, in oder nach dem oberen Totpunkt einsetzt. Der Druckanstieg ist für ein geübtes Auge aus dem Druckdiagramm zu etwa $2\ 1/4 - 2\ 1/2^\circ\text{KW}$ abzulesen. Die zugehörigen Beschleunigungen sind 9 - 16 mal so groß wie die Größtbeschleunigung des Verdichtungshubes. Der Trägheitskontakt hat bei diesen Beschleunigungen also bereits geöffnet.

Bei empfindlicher Einregulierung eines solchen Trägheitskontaktes wird der sog. "Zündzeitpunkt" demnach mit genügender Genauigkeit festgestellt, zumal, wenn die Prüfbedingungen so gewählt werden, daß dp/dt größer als obiger Wert, vielleicht ein Vielfaches davon ist. Bei dieser Wirkungsweise werden die von dem bouncing pin und anderen ähnlichen Konstruktionen, deren Kontakte mechanisch geöffnet oder geschlossen werden, genugsam bekannten Schwierigkeiten, wie Einhaltung des Spiels, Zustand der Kontakt-Oberflächen, Ermüdung der Federn usw. überwunden. Vor allem erübrigt sich eine Nachregulierung, wie sie z.B. am Springstab-Kontaktgerät bei Verdichtungsänderungen erforderlich ist. Denn der Trägheitsindikator spricht nicht auf die Membrandurchbiegung, sondern auf deren Durchbiegungsbeschleunigung an und braucht erfahrungsgemäß nur einmal auf das höchste benutzte Verdichtungsverhältnis eingestellt werden.

Die Beschleunigung der Düsenadel und damit auch des Trägheitskontaktes, der auf die Nadel aufgesetzt ist, ist unmittelbar im Beginn des Anhebens derartig groß, daß ein praktisch trägheitsloses Öffnen des Einspritzkontaktes gewährleistet ist. Die allenfalls auftretende Verzögerung ist außerdem für alle untersuchten Kraftstoffe in hohem Maße gleich und daher bedeutungslos.

Dieser Indikator wurde zunächst im Zusammenhang mit folgenden Verfahren benützt. Er wird mit einem im Kurbelkreis verschiebbaren Stromabnehmer in jedem Arbeitshub durch einen mit der Maschinenwel-

le umlaufenden Kontakt bei Anheben der Düsenadel ein Stromkreis geschlossen wird, der bei Beginn des Druckanstieges infolge Zündung durch den Indikator wieder unterbrochen wird.

Danach kam eine Schaltung zur Anwendung, die mit Hilfe einer umlaufenden Neonröhre an einer Skala die Ablesung des Einspritz- und Zündzeitpunktes in Grad KW erlaubt. Hier sind die bei Einspritz- und Zündbeginn sich öffnenden Trägheitskontakte in den Primärkreis einer Zündspule geschaltet. Im Sekundärkreis ist eine Zündkerze als Funkenstrecke und parallel dazu die mit der Kurbelwelle umlaufende Neonröhre angeordnet. Ihr Aufleuchten bei Zünd- und Einspritzbeginn kann durch einen Spalt radial zur Kurbelwellenachse mit einer Genauigkeit von mindestens $1/10^\circ\text{KW}$ abgelesen werden.

Die Rhenania-Ossag verfährt bisher bei der Prüfung von Dieselmotoren in der gleichen Weise wie bei der Bestimmung der Oktanzahl am CFR- und Vario-Motor. D.h. die Zündverzugszahl wird in unmittelbarem motorischen Vergleich zu Kraftstoffen ermittelt, deren Zündverhalten bekannt ist. Dadurch werden praktisch alle Fehlerquellen, die ihre Ursache in atmosphärischen und motorischen Zustandsänderungen haben, weitgehend ausgeschaltet.

Neuerdings wurde der noch einfacheren Glimmlampenanzeige der Vorzug gegeben, die eine stehende Anzeige für den Zündverzug ergibt. Die Glimmlampe ist in den Schwungradkranz eingebaut. Der Einspritzbeginn wird durch den Beginn eines Leuchtbandes angezeigt, das 10°KW später erlischt und mit dem Zündbeginn wieder erscheint. Man kann damit nach der IG-Methode des konstanten Zündverzuges verfahren. Dann ist beim verdichtungsveränderlichen Motor das Verdichtungsverhältnis oder beim verdichtungskonstanten Motor der Ansaugunterdruck der Maßstab für die Zündwilligkeit des Kraftstoffes. Oder man arbeitet nach dem auch für die Bestimmung der Oktanzahl gewohnten Verfahren des Vergleichs zu Bezugskraftstoffen. Dann ist in beiden Motortypen nach Einstellung einer günstigen Verdichtung oder Ansaugdrosselung der Zündverzug in $^\circ\text{KW}$ bei konstanter Drehzahl der Vergleichsmaßstab.

Unter Hinweis auf die befriedigende Übereinstimmung von Versuchsergebnissen an Motoren mit und ohne veränderlicher Verdichtung ergibt sich kein zwingender Grund, für die laufenden Kraftstoff-Untersuchungen einen Motor mit verstellbarer Verdichtung zu fordern. Hier sind einige Angaben über solche Vergleichsversuche zwischen den Prüfstellen Harburg, Delft und Sunbury von Interesse, die ohne

vorherige Abstimmung von Motoren gefahren wurden. Keinesfalls trifft die allgemeine Behauptung zu, daß das Zündverzugsverfahren an einem Prüfmotor mit unveränderlichem Verdichtungsverhältnis wesentlich ungenauere Messungen ergibt, als an einem mit verstellbarer Verdichtung ausgerüstetem Motor.

Die durchgeführten Vergleichsversuche zeigen keine größeren Abweichungen der an den verdichtungsveränderlichen CFR-Motoren gefundenen Werte von den Ergebnissen der anderen Motoren mit konstanter Verdichtung. Die Lage der am Deutz-2 Zyl.-Motor in der einen Vorkammer gemessenen Werte im Vergleich zum Mittelwert der anderen 8 Motoren ist so gut, daß bessere Ergebnisse mit keinem anderen Prüfmotor erreicht werden können.

Voraussetzung für genügend übereinstimmende Bewertung durch verschiedene Motoren ist die praktisch trägheitslose Messung von Einspritz- und Zündbeginn. Ob nun beispielsweise eine Quarzdose mit Braun'scher Röhre oder ein einfaches mechanisch elektrisches Verfahren, wie das der Rhenania-Ossag, angewandt wird, ist von untergeordneter Bedeutung. Vielfach wird die Ansicht vertreten, daß ein Verfahren mit Aufzeichnung des gesamten Verbrennungsverlaufes vorzuziehen ist. Für wissenschaftliche Untersuchungen selbstverständlich, nicht jedoch für die laufende Prüfung von Dieselmotoren. Hier kommt es nur auf die genaue Bestimmung zweier Zeitpunkte an, die evtl. genauer mit Geräten zu erfassen sind, die auf die dabei auftretenden Beschleunigungen ansprechen. Unregelmäßigkeiten im Einspritzvorgang und der Zündung werden mit diesen ebenso erkannt wie beim Vollidiogramm. Die Steilheit des Druckanstieges, die zur Beurteilung heranzuziehen vorgeschlagen wird, hängt von der Kraftstoff-Konstitution weniger ab, als von motorischen Bedingungen wie Drehzahl, Verdichtung, Belastung, Voreinspritzung, Verschmutzung usw. Das Vollidiogramm bietet also für diese Art von Prüfung keine zwingenden Vorteile. Hinzu kommt, daß an den meisten Prüfständen, die lediglich an der Bestimmung der Zündwilligkeit von Dieselmotoren interessiert sind, zur Überwachung von Lagern oder zur Betriebskontrolle, nicht die nötigen Fachkräfte vorhanden sein können, um komplizierte meßtechnische Geräte in jedem Fall in Ordnung zu halten. Es darf auch nicht übersehen werden, daß andere Umstände, wie starke Spannungsschwankungen im Netz, zu sehr unangenehmen Störungen führen, die mit dem Gerät der Rhenania-Ossag vermieden werden. Das einfa-

chere Verfahren leistet ebenso viel bei praktisch völliger Betriebssicherheit. Das zeigt sich auch in der erzielbaren Wiederholbarkeit der Versuchsergebnisse.

Wenn einerseits an die Meßgenauigkeit eines Prüfverfahrens und Wiederholbarkeit der Prüfung hohe Anforderungen gestellt werden, so muß andererseits auch eine angemessene Prüfzeit in Kauf genommen werden, wie sie z.B. bei der Oktanzahl-Bestimmung heute als selbstverständlich gilt. Nach dem Verfahren der Rhenania-Ossag liegt die Streuung für wiederholte Prüfungen handelsüblicher Dieselmotoren aufgrund reichlicher Versuchsunterlagen innerhalb einer Cetanzahl, d.h. der Prüffehler ist kleiner als $\pm 0,5$ Cetanzahlen.

Der verdichtungsveränderliche Motor gewährt für die Praxis den Vorteil, daß auch Kraftstoffe unter 30 Cetanzahlen bis etwa 10 Cetanzahlen noch direkt untersucht werden können, während solche Treibstoffe im verdichtungskonstanten normalen Motor in Mischung mit einem bekannten besseren Kraftstoff zu prüfen sind.

Der Vorsitz dankt Herrn Dr Ing Neumann für seine Ausführungen und bittet die Teilnehmer, sich anschließend auf dem Prüfstand die Motoren und Geräte in Betrieb anzusehen.

15.4. In der Diskussion des nächsten Tages wurde etwa folgendes ausgeführt.

Dr von Philippowich: Von einem Meßverfahren soll man m.E. eine, wenn auch nicht übertrieben große, so doch die praktisch größtmögliche Genauigkeit verlangen. Wenn man diese Forderung zu Grunde legt, muß man ohne weiteres dem Zündverzug den Vorzug geben. Diese Tatsache ist auch durch Versuche bereits weitgehendst geklärt.

Das Anlaßverfahren soll Auskunft über den Anlaßwert geben. Dies hat zweifellos eine praktische Bedeutung. Da die Cetanzahlen in dem Normalbereich der Dieselmotoren bei beiden Verfahren jedoch übereinstimmen, wäre zu klären, wieso aus der gleichen Cetanzahl, die nach dem Anlaßverfahren ermittelt wurde, besondere Schlüsse auf das Kälteverhalten des Kraftstoffes gezogen werden können. Liegen schon Vergleichsversuche vor, die Aufschluß geben über den Zusammenhang des Anlaßverhaltens in der Kältekammer und dem der nach dem Anlaßverfahren ermittelten Cetanzahl? Für diese Versuche liegt fraglos auch ein Interesse bei der Luftfahrt vor.

Prof Dr Ing Wilke: Das Anlassverfahren soll angeblich Schlüsse auf das Verhalten des Kraftstoffes beim Anlassen ermöglichen. Es ist jedoch zu betonen, daß die vom HWA vorgeschriebenen Temperaturen von 70 bzw 80° mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmen. Das Anlaßverfahren in seiner jetzigen Ausführung hat mit dem Anlassen gar nichts zu tun. Das Heereswaffenamt schreibt meines Wissens nur vor, daß der Kraftstoff die Cetanzahl 40 haben muß. Es ist damit aber nichts über sein Verhalten in der Kälte gesagt. Da sich die nach beiden Verfahren ermittelten Cetanzahlen in dem Bereich 30 bis 70 etwa decken, kann doch nicht behauptet werden, daß nur die nach dem Anlaßverfahren ermittelte Zahl besondere Schlüsse auf das Kälteverhalten zuläßt.

Wir müssen streng unterscheiden zwischen Abnahme und Forschung. Die Großverbraucher können selbstverständlich in ihren Lieferbedingungen bestimmte Werte, die nach besonderen Prüfverfahren ermittelt werden, verlangen, aber die Forschung kann nur erfolgreich weiterarbeiten, wenn sie sich einer gemeinsamen Grundlage bedient. Das ist auch für den Erzeuger ungemein wichtig, denn davon hängt u.U. die Aufnahme neuer Produktionsverfahren ab.

Dipl Ing Weber: Es werden künftig auch Kraftstoffe mit höherer Cetanzahl abgenommen werden müssen. Es handelt sich hierbei um Anlaßstoffe für den nächsten Winter.

Wir müssen unbedingt darauf bestehen, daß der HWA Motor genormt wird, weil wir durch ihn das Anlaßverhalten der Kraftstoffe in der Kälte ersehen.

Oberreichsbahnrat Keßler: Ist es überhaupt möglich mit der im HWA-Motor gefundenen Cetanzahl Aufschluß über das Kälteverhalten zu erlangen? Wenn dies der Fall ist, warum kann dann nicht auch die im IG-Prüfdiesel ermittelte Cetanzahl, die sich im Bereich der handelsüblichen Dieselkraftstoffe fast mit der im HWA-Motor gefundenen Zündwilligkeit deckt, herangezogen werden?

Dipl Ing Weber: Wir haben festgestellt, daß sich die Kraftstoffe in der Praxis so verhalten wie bei der Prüfung im HWA-Motor. Die im IG-Prüfdiesel gefundene Cetanzahl kann m.E. nicht in gleichem Umfange für die praktische Bewährung der Kraftstoffe herangezogen werden, da z.T. immer noch angegeben wird, daß zwischen beiden Verfahren Unterschiede bestehen.

Dr Ing Neumann: Es entzieht sich meiner Kenntnis, wie die Versuche

in der Kältekammer durchgeführt worden sind, es interessiert mich aber zu erfahren ob Kraftstoffe mit einer im Anlaßverfahren ermittelten Cetanzahl von beispielsweise 40 und 42 unterschiedliches Kälteverhalten und somit verschiedenes Startvermögen zeigen.

Vom Heereswaffenamt wird diese Frage bejaht.

Dr Gießmann: Ausführliche Versuche in Reclin haben gezeigt, daß für das Anspringverhalten nicht nur die Cetanzahl, sondern vor allem auch der Dampfdruck und andere Eigenschaften des Kraftstoffes maßgebend sind.

Dipl Ing Lange: Vergleichsversuche, die 1939 durchgeführt worden sind, haben gezeigt, daß zwischen den im HWA-Motor und den im IG-Prüfdiesel gefundenen Cetanzahlen keine wesentlichen Unterschiede bestehen.

Dipl Ing Köhler: Unsere Versuche haben ebenfalls ergeben, daß zwischen den Ergebnissen des HWA-Motors und des IG-Prüfdiesels keine großen Unterschiede bestehen. Bei der früher vorgeschriebenen Ansauglufttemperatur von 45° lag die im HWA-Motor ermittelte Kurve etwas höher als jetzt. Nach der Änderung der Ansauglufttemperatur nähert sich die Eichkurve des HWA-Motors der des IG-Prüfdiesels.

Dr Ing Heinrich: M.E. müßte man drei Fragen beachten, ehe man dem einen oder anderen Verfahren den Vorzug gibt.

- 1) Wie stimmen beide Verfahren absolut überein?
- 2) Wie ist die Reproduzierbarkeit?
- 3) Was ist in der Praxis am besten?

Wie schon vorhin erwähnt wurde, sind die in beiden Verfahren ermittelten Cetanzahlen ungefähr gleich. Das haben schon die Versuche im Jahre 1939 ergeben. Seitdem ist aber unablässig weiter gearbeitet worden und man kann sagen, daß das Startverhalten mit den in beiden Motoren ermittelten Werten in Beziehung gebracht werden kann. Die noch vorhandenen Unterschiede der beiden Verfahren sind praktisch gering. Vor allem zeigte es sich, daß ein sehr zündwilliger Kraftstoff der im HWA-Motor eine Cetanzahl von 90 hatte und im IG-Prüfdiesel 82 zeigte, nach Verstellung des Zündverzuges von 18° auf 10°, auch im IG-Prüfdiesel eine Cetanzahl von 90,5 ergab.

Hinsichtlich der Reproduzierbarkeit möchten wir jedoch dem HWA-Motor den Vorzug geben, vor allem nachdem eine genauere Einstellung des Motors durchgeführt worden ist.

Dipl Ing Bokemüller: Die genauere Einstellung des Motors hat zwei-

felllos manche Fehlerquellen, die durch falschen Einspritzbeginn verursacht wurden, ausgeschaltet. So konnten die bei dem Ringversuch mit den Kraftstoffen a, b, c und d ermittelten Cetanzahlen, die zuerst mit 33,1, 43,3, 50,0 und 41,5 festgestellt worden waren, während die entsprechenden Werte im IG-Prüfdiesel 34,5, 45,5, 53,0 und 44,0 waren, nach der verbesserten Einstellung mit 34,5, 45,0, 53,5 und 43,7 ermittelt werden.

Auch ich möchte nochmals betonen, daß für das Anlaßverhalten die Dampfspannung des Kraftstoffes eine bedeutende Rolle spielt. Dies ist besonders wichtig bei der Verwendung von Sonderdieselmotoran der Front.

Dr Ing Charpentier: Augenblicklich ist es so, daß die Kraftstoffproben laufend von morgens bis abends abgenommen werden müssen. Bei der Oktanzahlbestimmung haben sich der CFR und der IG-Prüfmotor für diesen Dauerbetrieb in der Abnahme recht wenig bewährt. Der unter Last laufende Motor sollte nach Möglichkeit überhaupt aus der Abnahme ausgeschaltet werden. Am besten wäre es, wenn man hierfür eine einfache Zahl z.B. den Dieselindex oder die Spindelmethode nach Heinze-Marder anwenden könnte. Das ist, wie Versuche immer wieder gezeigt haben, leider nicht möglich. Wenn daher schon ein Motor genommen werden muß, dann sollte man einen Motor verwenden, der nicht als Motor läuft, sondern fremd angetrieben wird. Es bleibt somit nur der HWA-Motor übrig, den wir auch mit gutem Erfolg verwenden. Es haben sich bei den laufenden Abnahmen keine Störungen gezeigt, Verschmutzungen oder Schmierölansammlungen im Zylinder sind nicht aufgetreten und die Reproduzierbarkeit war jederzeit gut.

Wenn daher die Ergebnisse beider Motoren übereinstimmen, wären wir dankbar, wenn für Abnahmeuntersuchungen der HWA-Motor gewählt würde. Als reiner Prüfstandsmotor ist der IG-Motor zweifellos geeigneter.

Prof Dr Ing Wilke: Ich möchte nochmals betonen, daß wir scharf nach Abnahme und Forschung unterscheiden müssen. Für die Abnahme ist es auch m.E. ganz gleich was vorgeschrieben wird, wichtig dagegen ist, daß die Forschung auf einheitlicher Grundlage ausgerichtet wird und arbeiten kann. Die bei der Oktanzahlbestimmung angeführten Mängel können auch nicht ohne weiteres auf den Bereich der Dieselmotorstoffe übertragen werden. Die Cetanzahl zu bestimmen ist verhältnismäßig einfach, da sie von der Art des Motors unabhängig ist. Die Prü-

fung der Klopfestigkeit von Otto-Kraftstoffen ist für jeden Motor anders, daher ergeben sich dort auch größere Streuungen.

Dr Ing Neumann: Wir haben größere Versuche mit dem HWA-Motor durchgeführt, wobei wir ihn jedoch nicht nach der Anspringsmethode sondern nach dem Zündverzugsverfahren laufen ließen. Wir haben aber nicht feststellen können, daß sich bei dieser Methode Verschmutzungen im Zylinder zeigten, trotzdem die Versuche von morgens bis abends fast ununterbrochen durchgeführt worden sind.

Dr Ing Heinrich: Der IG-Prüfdiesel ist zweifellos der bessere Forschungsmotor, aber für die Abnahme sollte man doch ein möglichst einfach zu bedienendes Gerät verwenden.

Dr Gießmann: Das Anlaßverfahren ist heute zu einer lokalen Angelegenheit des HWA geworden. In der ganzen Welt spricht heute kein Mensch mehr davon.

Dr Ing Reichel: Für die Bewertung der Dieselmotorstoffe war schon bisher die Cetanzahl vorgeschrieben, ohne allerdings anzugeben, nach welchem Verfahren sie bestimmt werden sollte, sodaß man genötigt war erst zu vergleichen, welcher Cetanzahl der Zündverzugsverfahren die nach einem anderen Verfahren festgestellte Cetanzahl von beispielsweise 45 entspricht. Man müßte also vor allen Dingen die Cetanzahl normen und das Verfahren mit dem sie gemessen werden soll. Als Verfahren ist zweifellos der Zündverzug der beste, da er bei Versuchen an den verschiedensten Motoren, die auch noch mit unterschiedlichen Meßgeräten ausgerüstet waren, einheitliche Werte ergeben hat.

Das Anspringsverfahren ist s.Zt. vom HWA doch nur deswegen eingeführt worden, weil es sich mit verhältnismäßig einfachen Mitteln durchführen ließ und es vor allen Dingen darauf ankam, für die Bestimmung der Zündwilligkeit von Dieselmotorstoffen ein Verfahren auszuarbeiten, das für die Zwecke des HWA geeignet war.

Dr Ing Zinner: Das Anlaßverfahren läßt die Zündwilligkeitsbestimmung von Kraftstoffen nur zwischen den Cetanzahlen 30 und 70 zu. Es ist aber selbstverständlich, daß nur ein Verfahren genormt werden kann, das die Prüfung und Wertung aller zum Betrieb des Dieselmotors in Betracht kommenden Kraftstoffe ermöglicht. Ich bin daher der Ansicht, daß die nach dem Zündverzugsverfahren bestimmte Cetanzahl als Norm anerkannt werden soll, da dieses Verfahren das umfassendere und genauere ist. Da von verschiedener Seite bestätigt wurde, daß innerhalb des Bereiches von 30 + 40 CZ die nach den Anlaß- und dem Zündverzugsverfahren gemessenen Werte übereinstimmen, bestehen m.E. keine Bedenken, das Anlaßverfahren für diese Spanne zur Bestimmung der Zündwilligkeit zuzulassen.

fellos manche Fehlerquellen, die durch falschen Einspritzbeginn verursacht wurden, ausgeschaltet. So konnten die bei dem Ringversuch mit den Kraftstoffen a, b, c und d ermittelten Cetanzahlen, die zuerst mit 33,1, 43,3, 50,0 und 41,5 festgestellt worden waren, während die entsprechenden Werte im IG-Prüfdiesel 34,5, 45,5, 53,0 und 44,0 waren, nach der verbesserten Einstellung mit 34,5, 45,0, 53,5 und 43,7 ermittelt werden.

Auch ich möchte nochmals betonen, daß für das Anlaßverhalten die Dampfspannung des Kraftstoffes eine bedeutende Rolle spielt. Dies ist besonders wichtig bei der Verwendung von Sonderdieselmotor an der Front.

Dr Ing Charpentier: Augenblicklich ist es so, daß die Kraftstoffproben laufend von morgens bis abends abgenommen werden müssen. Bei der Oktanzahlbestimmung haben sich der CFR und der IG-Prüfmotor für diesen Dauerbetrieb in der Abnahme recht wenig bewährt. Der unter Last laufende Motor sollte nach Möglichkeit überhaupt aus der Abnahme ausgeschaltet werden. Am besten wäre es, wenn man hierfür eine einfache Zahl z.B. den Dieselindex oder die Spindelmethode nach Heinze-Marder anwenden könnte. Das ist, wie Versuche immer wieder gezeigt haben, leider nicht möglich. Wenn daher schon ein Motor genommen werden muß, dann sollte man einen Motor verwenden, der nicht als Motor läuft, sondern fremd angetrieben wird. Es bleibt somit nur der HWA-Motor übrig, den wir auch mit gutem Erfolg verwenden. Es haben sich bei den laufenden Abnahmen keine Störungen gezeigt, Verschmutzungen oder Schmierölansammlungen im Zylinder sind nicht aufgetreten und die Reproduzierbarkeit war jederzeit gut.

Wenn daher die Ergebnisse beider Motoren übereinstimmen, wären wir dankbar, wenn für Abnahmeuntersuchungen der HWA-Motor gewählt würde. Als reiner Prüfstandsmotor ist der IG-Motor zweifellos geeigneter.

Prof Dr Ing Wilke: Ich möchte nochmals betonen, daß wir scharf nach Abnahme und Forschung unterscheiden müssen. Für die Abnahme ist es auch m.E. ganz gleich was vorgeschrieben wird, wichtig dagegen ist, daß die Forschung auf einheitlicher Grundlage ausgerichtet wird und arbeiten kann. Die bei der Oktanzahlbestimmung angeführten Mängel können auch nicht ohne weiteres auf den Bereich der Dieselmotoren übertragen werden. Die Cetanzahl zu bestimmen ist verhältnismäßig einfach, da sie von der Art des Motors unabhängig ist. Die Prü-

fung der Klopfestigkeit von Otto-Kraftstoffen ist für jeden Motor anders, daher ergeben sich dort auch größere Streuungen.

Dr Ing Neumann: Wir haben größere Versuche mit dem HWA-Motor durchgeführt, wobei wir ihn jedoch nicht nach der Anspringmethode sondern nach dem Zündverzugsverfahren laufen ließen. Wir haben aber nicht feststellen können, daß sich bei dieser Methode Verschmutzungen im Zylinder zeigten, trotzdem die Versuche von morgens bis abends fast ununterbrochen durchgeführt worden sind.

Dr Ing Heinrich: Der IG-Prüfdiesel ist zweifellos der bessere Forschungsmotor, aber für die Abnahme sollte man doch ein möglichst einfach zu bedienendes Gerät verwenden.

Dr Gießmann: Das Anlaßverfahren ist heute zu einer lokalen Angelegenheit des HWA geworden. In der ganzen Welt spricht heute kein Mensch mehr davon.

Dr Ing Reichel: Für die Bewertung der Dieselmotoren war schon bisher die Cetanzahl vorgeschrieben, ohne allerdings anzugeben, nach welchem Verfahren sie bestimmt werden sollte, sodaß man genötigt war erst zu vergleichen, welcher Cetanzahl der Zündverzugsverfahren die nach einem anderen Verfahren festgestellte Cetanzahl von beispielsweise 45 entspricht. Man müßte also vor allen Dingen die Cetanzahl normen und das Verfahren mit dem sie gemessen werden soll. Als Verfahren ist zweifellos der Zündverzug der beste, da er bei Versuchen an den verschiedensten Motoren, die auch noch mit unterschiedlichen Meßgeräten ausgerüstet waren, einheitliche Werte ergeben hat.

Das Anspringverfahren ist s.Zt. vom HWA doch nur deswegen eingeführt worden, weil es sich mit verhältnismäßig einfachen Mitteln durchführen ließ und es vor allen Dingen darauf ankam, für die Bestimmung der Zündwilligkeit von Dieselmotoren ein Verfahren auszuarbeiten, das für die Zwecke des HWA geeignet war.

Dr Ing Zinner: Das Anlaßverfahren läßt die Zündwilligkeitsbestimmung von Kraftstoffen nur zwischen den Cetanzahlen 30 und 70 zu. Es ist aber selbstverständlich, daß nur ein Verfahren genormt werden kann, das die Prüfung und Wertung aller zum Betrieb des Dieselmotors in Betracht kommenden Kraftstoffe ermöglicht. Ich bin daher der Ansicht, daß die nach dem Zündverzugsverfahren bestimmte Cetanzahl als Norm anerkannt werden soll, da dieses Verfahren das umfassendere und genauere ist. Da von verschiedener Seite bestätigt wurde, daß innerhalb des Bereiches von 30 + 40 CZ die nach den Anlaß- und dem Zündverzugsverfahren gemessenen Werte übereinstimmen, bestehen m.E. keine Bedenken, das Anlaßverfahren für diese Spanne zur Bestimmung der Zündwilligkeit zuzulassen.

In der weiteren Aussprache, in der auch der Wunsch geäußert wird, vor der Normung nochmals Ringversuche durchzuführen - der Wunsch wird jedoch vom Obmann abgelehnt da dies nur eine unnütze Verzögerung der ganzen Angelegenheit bedeute - werden dann folgende Beschlüsse gefaßt, die dem DVL zur Normung vorgelegt werden:

- 1) Genormt wird das Zündverzugsverfahren als Unterlage zur Bestimmung der Cetanzahl.
- 2) Bei der Prüfung ist der Zündverzug konstant zu halten.
- 3) Hierfür sind der HWA-Motor und der IG-Prüfdiesel zu verwenden.
- 4) Der Zündverzug ist entweder durch Drosselung oder Verdichtungsänderung konstant zu halten.
- 5) Als Meßgeräte können verwendet werden, der Trägheitsgeber nach Dr Neumann (Rhenania-Ossag), der Piezo-Quarzin-dikator oder der Fotozellen-Indikator nach FKFS (Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren, Stuttgart.)
- 6) Für den Cetanzahlbereich von 30 bis 70 kann auch die Aussetzer-Methode im HWA-Motor angewandt werden.

Oberreichsbahnrat Kessler dankt allen Teilnehmern für ihre rege Mitarbeit, die es ermöglichte die Angelegenheit so schnell und reibungslos zum Abschluß zu bringen. Gleichzeitig dankt er Herrn Prof Wilke im Namen aller Anwesenden für die gastfreundliche Aufnahme und Bereitstellung des Sitzungszimmers und schließt die Sitzung.

Kessler

faul.

001756

148

Abschrift

Der Leiter der Fachgliederung Treibstoffe im Reichsforschungsrat

München 2 SW, den 18. Januar 1934
Walter v. Dyck-Platz 1 AWS/II
Fernruf 5201/276

In den DVM
Deutscher Verband für die
Materialprüfungen der Technik

Betr. Einheitliches Verfahren
für Dieselmotorkraftstoffe

Berlin NW 7
Dorotheenstr. 40

Seitdem die Fachgruppe Treibstoffe des Reichsforschungsrates ihre Aufgaben übernommen hat, wurden auf dem Gebiet der Dieselmotorkraftstoffe im Verlauf der letzten Jahre umfangreiche Arbeiten durchgeführt. Diese sind nunmehr soweit zu einem Abschluß gekommen, dass die allgemeine Einführung eines einheitlichen motorischen Prüfverfahrens gerechtfertigt erscheint. Die bisher durchgeführten Versuchsarbeiten, die von der Fachgruppe Treibstoffe als Vorarbeit geleistet wurden, sind zusammen mit meinen Schlussfolgerungen in dem beiliegenden Bericht zusammengefasst.

Ich habe dieser Angelegenheit ganz besonderes Augenmerk zugewendet, weil ich von Anfang an die Ansicht vertrat, dass die deutsche Technik es als ihre Ehrensache betrachten müsse, einen deutschen Prüfmotor und ein deutsches Prüfverfahren für Dieselmotorkraftstoffe zu entwickeln, da auch die Erfindung des Dieselmotors eine rein deutsche Angelegenheit ist.

Auf Grund der Versuche bin ich zu dem Schluß gekommen, dem Reichsforschungsrat und dem DVM einen Vorschlag dahingehend zu unterbreiten, dass der I.G.-Prüfdieselmotor als einheitlicher Prüfmotor für Dieselmotorkraftstoffe von staatlicher Seite anerkannt wird. Für diese Stellungnahme sind vor allem folgende Gesichtspunkte maßgebend:

1. Der I.G.-Prüfmotor und das I.G.-Prüfverfahren haben bei den bisher durchgeführten Vergleichsuntersuchungen, die sowohl die Arbeitsgemeinschaft für Kraftfahrwesen des RVM, als auch ich selbst durchführen ließen, eine bemerkenswert gute Übereinstimmung der Meßergebnisse erkennen lassen.

001757

- 2 -

2. Der I.G.-Prüfmotor besitzt sowohl in der Motoren- als auch in der Kraftstoffindustrie die grösste Verbreitung. Von Seiten der I.G. wurden bisher mehr als 30 Stück an die verschiedensten Stellen des Reiches sowie der befreundeten Nachbarstaaten geliefert.
3. Die I.G.Farbenindustrie ist infolge ihrer Einrichtungen in der Lage, sowohl die erstmalige Eichung als auch Nacheichungen der Motoren auf einheitlicher Grundlage vorzunehmen. Hierzu kommt, dass sie in besonderen Kursen die Einarbeitung und Schulung der mit dem Motor arbeitenden Prüfer übernimmt. Für die Messungen stehen heute von der I.G. hergestellte Eich- und Unterbezugskraftstoffe zur Verfügung, so dass die Voraussetzungen für eine gleichmässige Messung an allen Orten gegeben sind.

Eine Betriebsvorschrift des I.G.-Prüfdiesels, in der auch die Arbeitsweise des Messverfahrens eingehend beschrieben ist, reiche ich in den nächsten Tagen nach.

Infolge des heute noch bestehenden Dualismus zwischen der HWA-Drosselmethode und der Zündverzugsmethode ist die Möglichkeit von Verwirrungen entstanden. Es soll nicht verkannt werden, dass das HWA-Verfahren sich in der Entwicklung der Kraftstoffindustrie sehr fördernd ausgewirkt hat. Für die Weiterentwicklung ist aber eine Vereinheitlichung des Prüfverfahrens auf einer vollkommeneren Grundlage, als sie durch das HWA-Verfahren gegeben ist, unerlässlich. Es kommt noch hinzu, dass wir im Mutterland des Diesel-Motors Sorge tragen müssen, dass nicht ein zweites Mal das Gesetz des Handelns an das Ausland übergeht, wie es bei der Entwicklung der Prüfmethode für Otto-Kraftstoffe der Fall war.

gez. A.W.Schmidt

Anlage
I Bericht

Prüfung von Dieseldraftstoffen

Anlässlich einer Sitzung der Arbeitsgemeinschaft für Kraftfahrzeugwesen des Reichsverkehrsministeriums, die am 29. und 30. Juni 1937 in München tagte, wurde der Beschluß gefaßt, einen engeren Ausschuss zu bilden, der sich die motorische Prüfung von Dieseldraftstoffen zur Aufgabe stellen sollte. Durch die Berufung von Professor Dr.-Ing. A.W. Schmidt als Leiter dieses Ausschusses ging diese Frage vom Reichsverkehrsministerium in den Aufgabenkreis des Reichsforschungsrates über.

Bereits am 24. Juli 1937 wurde von ihm in Berlin eine Sitzung anberaumt, an der Vertreter der Behörden (RVK, OEH, RLM), der Industrie (Wirtschaftsgruppe für Fahrzeugindustrie, I.G. Farben, Bosch) und der freien wissenschaftlichen Forschung (TH München und Stuttgart) beteiligt waren.

Auf Grund der Besprechungen, deren Niederschrift dem Reichsforschungsrat seinerzeit zugeleitet wurde, stellte sich die Tatsache klar heraus, daß rein chemisch-physikalische Prüfmethoden, wie sie von Heinze und Karder bzw. Jentzsch entwickelt worden sind, nur ganz bedingte Gültigkeit haben können, insofern als die daraus gewonnenen Werte nur dann richtig interpretiert werden können, wenn sie auf vorhergegangene Untersuchungen im Motor fußen. Es herrschte allgemeine Übereinstimmung darüber, dass man auf ein motorisches Prüfverfahren keinesfalls verzichten kann.

An motorischen Prüfverfahren waren damals bereits verschiedene Methoden in Gebrauch. Am stärksten verbreitet war die Zündverzugs- methode, deren Entwicklung bis in den Beginn der 30er Jahre zurück- reicht und wohl zuerst von Doerlage u. Breez in Holland, in Deutschland von Prof. Schmidt begonnen wurde. Es bestanden ledig- lich Unterschiede darin, mit welchen Mitteln und an welchen Motoren der Zündverzug gemessen und wie die Auswertung vorgenom- men wurde. Vor allem beschäftigten sich ausser Herrn Professor Schmidt die J.G. Farbenindustrie und das Institut von Herrn Professor Kamm in Stuttgart mit der weiteren Ausgestaltung dieser Prüfmethode. Eine Methode von grundsätzlich anderer Art stellt die vom HVA benutzte Drosselmethode dar.

H.W.A. -- Methode

Bei der HWL-Methode wird der Kraftstoff alle 10 Sekunden einmalig eingespritzt und derjenige Unterdruck in der Ansaugleitung festgestellt, bei dem der Kraftstoff gerade noch zündet.

Zündverzugs-methode

Bei der Zündverzugs-methode erfolgt die Beurteilung des Kraftstoffes entweder nach der Länge seines Zündverzuges bei einem bestimmten Verdichtungsverhältnis oder nach dem Verdichtungsverhältnis, bei dem sich ein Zündverzug bestimmter Länge einstellt. Als Zündverzug wird hierbei die Zeitspanne bezeichnet, die vom Anheben der Düsen-nadel bis zum Beginn der motorisch wirksamen Verbrennung verstreicht.

Herr Professor Schmidt hat von Anfang an den Standpunkt vertreten, dass der Zündverzug das beste Kriterium für das motorische Verhalten eines Diesel-Kraftstoffes darstellt und hat bereits in Breslau mit seinem damaligen Mitarbeiter Slowak einen Einzylinder-versuchsmotor mit veränderlicher Verdichtung entwickelt, der heute unter dem Namen DVL-Motor bekannt ist. Zur Messung des Zündbeginnes benutzte Herr Professor Schmidt damals einen Stabfeder-indikator von Maihak, wobei aus den hierdurch erhaltenen Druckdiagrammen der Druckanstieg entnommen wurde. Die Entwicklung der modernen Meßtechnik hat uns in den letzten Jahren in Gestalt des Quarzindikators in Verbindung mit der Braun'schen Röhre ein Instrument in die Hand gegeben, das die Messung des Zündverzuges in vollkommenerer Weise gestattet, als es mit dem Maihak-Indikator der Fall sein konnte. Eine grundlegende Änderung des Meßverfahrens hat sich jedoch dadurch nicht ergeben.

Ergebnis der Tagung vom 24.7.1937

Nach der allgemeinen Meinung der Beteiligten schien die H.W.A.-Methode nur für die einfachere Qualitätsprüfung von Diesel-Kraftstoffen genau genug zu sein, während für die wissenschaftliche Grundlagenforschung sowie für die Entwicklungsarbeiten von Diesel-Kraftstoffen auf deutscher Rohstoffbasis auf die Bestimmung des Zündverzuges mittels genauerer Prüfung nicht ver-

zichtet werden kann. Es bestanden lediglich noch gewisse Bedenken hinsichtlich der Meßgenauigkeit bei der Bestimmung des "Zündbeginnes" sowie hinsichtlich der Betriebssicherheit und leichten Handhabungsmöglichkeit der Meßapparatur.

Tagung vom 21.1.1938

Am 21.1.1938 fand in München eine weitere Beratung dieses Ausschusses statt, in deren Mittelpunkt zwei Referate standen, die sich mit den Entwicklungsarbeiten für ein Prüfverfahren für Diesel-Kraftstoffe befassten.

Professor Dr. Wilke (I.G. Farben, technischer Prüfstand Oppau) gab zunächst einen umfassenden Bericht über Vergleichsmessungen, die von der I.G. nach den verschiedenen Prüfverfahren mit den gleichen Kraftstoffen durchgeführt wurden und erläuterte sodann das von der I.G. entwickelte Verfahren.

I.G.-Verfahren

Das I.G.-Verfahren arbeitet nach der Methode des "festen Zündverzuges". Da hierbei die Länge des Zündverzuges aus dem auf der Braun'schen Röhre erscheinenden Druckdiagramm entnommen wird, ist für eine einwandfreie Messung eine Vorbedingung, dass ein sogenanntes "stehendes Bild" erzeugt werden kann. Dieses wird durch ein besonderes "Seitenablenkgerät" erreicht, das unmittelbar mit der Maschine gekuppelt ist und den Druck in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel aufzeichnet.

Ursachen der mangelnden Übereinstimmung zwischen HWA-Verfahren und Zündverzugsverfahren

An Hand der Ergebnisse der Vergleichsmessungen nach den verschiedenen Prüfverfahren führte Prof. Dr. Wilke aus, dass die HWA-Methode nur ein angenähertes Urteil über einen Diesel-Kraftstoff geben kann, da die Meßbedingungen wesentlich anders seien als beim Gebrauchsmotor. Sowohl die Tatsache der Art des Einspritzens als auch die Drosselung, die bei Diesel-Motoren ebenfalls nicht angewendet wird, stimmen mit der Praxis nicht überein. Da die eingespritzte Kraftstoffmenge stets die gleiche bleibt,

die Luftmenge aber infolge der Drosselung geändert wird, ändert sich die Luftüberschußzahl. Es bedeutet dies, dass die guten Kraftstoffe bei kleinem Luftüberschuß und die schlechten bei grossem Luftüberschuß geprüft werden. Da der Verbrennungsverlauf in der Diesel-Maschine durch den Luftüberschuß beeinflusst wird, bringt diese Tatsache weitere Veränderungen in die Versuchsbedingungen hinein. Grosser Luftüberschuß entspricht geringer Belastung und gibt stets einen schleppenden Verbrennungsablauf, während dagegen bei geringem Luftüberschuß - entsprechend hoher Last - grössere Zündwilligkeit und weicher Verbrennungsablauf vorhanden sind. Schliesslich ist noch ungeklärt, wie das Schmieröl die Werte bei der HWA-Methode beeinflussen kann. Während der 10 Sekunden Laufzeit beim elektrischen Antreiben der Maschine gelangt das Schmieröl in den Verbrennungsraum, wo es bei den hohen Verdichtungstemperaturen verdampft, sich anreichert und die Zündung irgendwie beeinflussen kann. Da Schmieröle im allgemeinen gut zünden, kann besonders bei der Untersuchung von schwer zündbaren Dieselölen das Ergebnis gefälscht werden.

Aus diesen Darlegungen ergibt sich, dass die nach dem Drosselverfahren untersuchten Diesel-Kraftstoffe unter wesentlich anderen Bedingungen geprüft werden, als es in der Praxis der Fall ist. Der Zündverzug kann bei dieser Methode bis zu 180°KW gegenüber $10 - 20^{\circ}\text{KW}$ im Betrieb betragen, so dass der Brennstoff während dieses langen Zündverzuges teilweise verdampfen und für die Verbrennung anders aufbereitet werden kann.

Bei der Zündverzugs-methode dagegen läuft die Prüfmaschine ständig als Dieselmotor. Die Maschinenverhältnisse sind hierbei die gleichen wie an der Gebrauchsdieselmachine. Das Meßergebnis nach der Zündverzugs-methode gibt daher die Zündeigenschaften des Kraftstoffes für den Dauerbetrieb an, während die HWA-Methode annähernd die Zündwilligkeit beim Anlassen der Maschine untersucht. Die beiden Methoden messen also nicht den gleichen Vorgang in der Maschine. Es besteht daher kein theoretischer Grund dafür, dass die nach diesen beiden Methoden gemessenen Ceten- bzw. Cetanzahlen die gleiche Grösse haben müßten.

001762

- 5 -

Ergebnisse der Vergleichsmessungen

Als Ergebnis der Vergleichsmessung stellte Prof. Dr. Wilke fest, dass die nach der HWA-Methode erhaltenen Werte ganz allgemein höher lagen als die nach der Zündverzugs-methode gewonnenen. Die Unterschiede sind jedoch nicht gleich, sondern wechseln ziemlich stark. Sie betragen bei einigen Kraftstoffen 1 - 2 Cetenzahlen, bei anderen von gleicher Cetenzahl (gemessen nach dem Zündverzug) bis 12 Cetenzahlen. Hinzu kommt, dass der Meßbereich bei der Zündverzugs-methode bis herunter zu Null gedrückt werden kann, während er nach oben für jeden Kraftstoff bis über 100 Cetenzahlen ausreicht. Bei der HWA-Methode werden dagegen nur 30 - 70 als Meßbereich angegeben. Wenn bisher das Drosselverfahren eine einigermaßen zufriedenstellende Übereinstimmung mit der Praxis ergeben hat, so dürfte dies wohl nur darauf zurückzuführen sein, dass es sich um Produkte ähnlicher Beschaffenheit handelte, wie Erdöl- und Braunkohlenprodukte.

Verfahren von Prof. Dr. Kamm:

Im Anschluß an die Ausführungen von Prof. Dr. Wilke berichtete Dipl.-Ing. Ernst als Vertreter von Prof. Dr. Kamm - Stuttgart über das im Institut Stuttgart entwickelte Verfahren zur Messung des Zündverzuges. Die Feststellung des Zündbeginnes wurde hier ebenfalls mittels des Quarzindikators vorgenommen. In der letzten Zeit ist jedoch Prof. Kamm dazu übergegangen, eine Photozelle zu verwenden und den Zündverzug unmittelbar auf einem elektrischen Meßinstrument abzulesen.

Beschlußfassung

Die Sitzungsteilnehmer gaben der Meinung Ausdruck, dass das I.G.-Gerät die meisten Vorzüge besitze. Es wurden lediglich noch Bedenken laut bezüglich der Verwendung der Braun'schen Röhre, weil dieselbe noch zu empfindlich sei, um in die Hand normaler Laboratoriumskräfte gegeben werden zu können. Der Ausschuss kam daher zu dem Beschluß, dass das HWA-Gerät vorerst noch als Kontrollgerät für Abnahmeuntersuchungen weiter benutzt werden könne, und dass vor der endgültigen Festlegung einer Prüfmethode weitere Untersuchungen mit dem I.G.-Gerät gemacht werden sollten.

- 6 -

Ringversuche der Arbeitsgemeinschaft für Kraftfahrwesen beim RVH

Im gleichen Jahre veröffentlichte Reichsbahnoberrat Kessler in der Zeitschrift "Öl und Kohle" Band 14 (1938) Seite 341 einen Bericht über "Vergleichende Eignungsprüfung von Kraftstoffen durch motorische und laboratoriumsmässige Prüfverfahren". Diese Untersuchungen wurden von der Arbeitsgemeinschaft für Kraftfahrwesen im RVH an 23 Kraftstoffen des Cetenzahlbereiches von 40 - 80 im Ringverfahren durchgeführt. Die Untersuchungen fanden an 5 Motoren nach dem Drosselverfahren und an 3 Motoren nach dem Zündverzugsverfahren statt. Als Ergebnis wurde in dem Bericht hervorgehoben, dass die Bestimmung nach der Zündverzugsmethode befriedigende Übereinstimmung ergab, obwohl Motoren verschiedener Bauart verwendet wurden und auch bei verschiedenen Betriebsbedingungen gearbeitet wurde. Die Drosselmethode dagegen zeigte grosse Streuungen, die bis zu 27 % betragen.

Vergleichsversuche des Leiters der Fachgruppe Treibstoffe im Reichsforschungsrat

Nachdem die genannten Untersuchungen ergeben haben, dass als einwandfreie Prüfmethode für diese Kraftstoffe nur ein Verfahren in Betracht kommen kann, dass auf der Grundlage der Zündverzugsmessung beruht, hat sich Prof. Dr. Schmidt entschlossen, in seinem eigenen Laboratorium eine Versuchsreihe durchzuführen, die der Klärung einiger weiterer Fragen dienen sollte.

Wie schon erwähnt, bestehen für die Bewertung der Kraftstoffe auf der Grundlage der Zündverzugsmessung 2 Methoden:

A.W. Schmidt-Verfahren

Die erste Methode 1) bewertet den Kraftstoff nach der Länge seines Zündverzuges bei verschiedenen Verdichtungsverhältnissen, wobei für jeden Kraftstoff eine Kurve aufgestellt wird, aus der die bei verschiedenen Verdichtungsverhältnissen vorhandenen Zündverzüge zu entnehmen sind. Durch diese Kurvenmethode wird vor allem dem Verlangen Rechnung getragen, in analoger Weise wie bei

1) Diese Methode wurde von Prof. Dr. Schmidt bereits in Breslau eingeführt und auch in der Folgezeit von ihm benutzt, weshalb sie in Z.T. III als A.W. Schmidt-Verfahren bezeichnet ist.

001764

- 7 -

den Leichtkraftstoffen auch bei der Prüfung der Diesel-Kraftstoffe vom "Einpunkt-Verfahren" abzugehen und Untersuchungen unter Veränderung der Betriebsbedingungen vorzunehmen. Ausserdem entspricht die Untersuchung der Kraftstoffe nach der Länge des Zündverzuges den praktischen Motorbedingungen am besten, weil hierbei der gesamte übrige Betriebszustand des Motors unverändert bleibt. Meßtechnisch ist dieses Verfahren dagegen am schwierigsten zu beherrschen, was besonders bei hochwertigen Kraftstoffen in Erscheinung tritt. Da der Zündverzug mit steigender Cetanzahl verhältnismässig immer weniger abnimmt, ist hier eine sehr große Meßgenauigkeit bei der Ablesung erforderlich.

I.G.-Verfahren

Die zweite Methode 2) arbeitet bei gleichbleibendem Zündverzug mit veränderlicher Verdichtung. Gegenüber dem ersten Verfahren bietet diese Methode meßtechnisch gewisse Vorteile, da der Druckanstieg in die Nähe des oberen Totpunktes gelegt werden kann, so dass er verhältnismässig leicht und stets mit gleicher Genauigkeit abgelesen werden kann. Mit der Veränderung der Verdichtung ist aber grundsätzlich auch eine Veränderung des Brennraumes verbunden und die Kraftstoffe werden bei sehr unterschiedlichen Temperaturbedingungen im Motor geprüft, was unter Umständen nicht ohne Einfluß sein kann.

Versuchsprogramm

Der Zweck der von Prof. Dr. Schmidt durchgeführten Untersuchungen bestand nun darin, festzustellen,

- a) ob und inwieweit sich die beiden Methoden hinsichtlich der Genauigkeit unterscheiden,
 - b) ob ein Einfluß bezüglich der Motorenart besteht und wie sich gegebenenfalls dieser Einfluß auf die Meßergebnisse auswirkt.
- An Motorenarten standen 3 Prüfdieselmotoren zur Verfügung:
1. der sogenannte A.W. Schmidt-Slovak-Motor, bei dem vier Brennstoffstrahlen unter einem Strahlwinkel von 135° in einen

2) Diese Methode wird von der I.G. benützt und in folgendem als I.G.-Verfahren bezeichnet.

- 8 -

- tassenförmigen Kolben einspritzen,
 2. der I.G.-Prüfmotor, der mit einer Zapfendüse in einen taschenförmigen Brennraum einspritzt,
 3. der Prüfmotor von Prof. Kamm, der mit einer Spezialdüse von 5 Behrungen parallel zum Kolbenboden einspritzt.

In Zahlentafel I sind die chemisch-physikalischen Daten der untersuchten Kraftstoffe wiedergegeben, die sich aus handelsüblichen Tankstellenkraftstoffen sowie einigen besonderen Braunkohlen- und Synthesekraftstoffen, die im Handel nicht erhältlich sind, zusammensetzen.

In Zahlentafel II sind die Daten und Versuchsbedingungen der drei Prüfmotoren zusammengestellt. Die Motoren liefen mit halber Last, da hierbei die Verbrennungseigenschaften der Kraftstoffe besser in Erscheinung treten.

Die Messung des Zündverzuges erfolgte in allen Fällen durch die Ermittlung der zwischen Einspritzbeginn und Druckanstieg befindlichen Länge im Druckverlaufdiagramm, das mittels Quarzindikators auf der Braun'schen Röhre erhalten wurde. Der Beginn der Düsenöffnung wurde mittels des bekannten Bosch-Unterbrechers auf der Röhre festgehalten.

Versuchsergebnisse

In der Zahlentafel III sind die Cetanwerte zusammengestellt, die sich für die untersuchten Kraftstoffe auf Grund der beiden Meßverfahren in den verschiedenen Prüfmotoren ergeben haben. Auf Abbildung I sind die hierbei erhaltenen Streuungen graphisch aufgetragen. Der Mittelwert aus den 5 Cetanwerten wurde arithmetisch gebildet.

Die mittlere Streuung betrug rund $\pm 0,6$ Cetaneinheiten. Die größte Abweichung von 1,4 Cetaneinheiten zeigt der Kamm-Prüfmotor nach dem I.G.-Verfahren mit dem Kraftstoff Nr. 146. Dieses Verhalten des Kamm-Prüfmotors liegt wohl weniger in der Konstruktion des Motors begründet, sondern ist auf die höhere Drehzahl zurückzuführen, die einen weniger scharf ausgeprägten Beginn des Druckanstieges zur Folge hat und dadurch die Ablesegenauigkeit etwas verringert.

001766

- 9 -

Zahlentafel I: Chemisch-Physikalische Daten der untersuchten Kraftstoffe

Kraftstoff Nr.	Spez.Gew. bei 20°C	Siedekenn- ziffer	Viskosität bei 20°C in °E.	Flamp. P.M. in °C.	Stockp. in °C	Ungee. Aromat. in %
142 Kogasin	0,764	254,8	1,21	+ 67°	- 9,5°	7%
143 R.Ch.Gem. Diesel Kr.St.	0,859	249,0	1,10	+ 73°	- 20	28%
125 Leichtes iran.Dieselöl	0,846	295,4	1,62	+ 90°	- 25	20%
146 Shellöl	0,851	274,0	1,38	+ 88,5°	- 27	13%
144 Standardöl	0,841	250,1	1,22	+ 85°	- 34°	21%
101 Werschen- Weißenfels	0,854	276,0	1,40	+ 82,5°	- 24	15%
147 Deutsche Gasolin	0,883	269,0	1,31	+ 60°	- 8	56%
135 Kracköl Deurag D-K.	0,876	286,5	1,57	+ 87°	- 60	20%
140 Braunk. Grenzöl III	0,891	238,4	1,25	+ 86°	- 10	5%
	0,925	gek. b. 300	1,90	+ 67°	- 4°	50%

Zahlentafel II: Daten und Versuchsbedingungen der Dieselmotoren

Bauart	A.W.Schmidt und Slowak	I.G.	Wärm
Drehzahl U/Min	750	1000	1600
Bohrung d (mm)	110	95	100
Hub s (mm)	170	150	150
Hubvolumen V _h (Ltr.)	1,62	1	1
Einspritzdruck (atü)	140	220	170
Veränderl. Verdichtg.	1:3 - 20	1:7 - 25	1:5 - 25
Kühlwassertemperatur	60°	Verdampf. Kühlung	60°
Ansauglufttemperatur	Raumtemp.	Raumtemp.	Raumtemp.

Zahlentafel III: Zusammensetzung der Cetanzwerte

Kraftstoff Nr.	A.W.Schmidt-Verfahren			I.G.-Verfahren		
	Slowak-Motor	I.G.-Diesel	Kamm-Motor	I.G.-Diesel	Kamm-Motor	Mittelwert
142	88	88	87,5	87,5	88	87,8
143	61	61	60	62	61	61
125	59,5	59	59	59,5	59	59,2
146	48	48	48	47	46	47,4
137	47	47,5	47	48	47,5	47,5
144	47	47	46	48	46,5	46,9
101	38	38	39	38	38	38,2
147	37	39	37	38,5	37	37,7
105	35	34	-	35	34	34,5
140	32	32	-	33	32,5	32,3

Als wichtigstes Ergebnis dieser Untersuchungen ist festzustellen, dass sich bei Anwendung der drei verschiedenartigen motorischen Bedingungen keine wesentlichen Unterschiede des Kraftstoffverhaltens ergeben haben.

Bezüglich der beiden Verfahren mit veränderlichen bzw. festem Zündverzögerung ist zunächst allgemein zu sagen, dass sich auch hierbei keine augenfälligen Unterschiede zeigten, sofern es sich allein um die Ermittlung der Cetanzahl handelte.

Die Methode des gleichbleibenden Zündverzögerunges bei veränderlicher Verdichtung, wie sie von der J.G. angewendet wird, besitzt zweifellos den Vorteil der grösseren Einfachheit für die Ermittlung der Cetanzahl und ist daher für laufende Produktionsüberwachung besonders geeignet.

Das Verfahren der kurvenmässigen Beurteilung bietet die Möglichkeit, dass Streuungen der Meßwerte durch den Verlauf der Kurven eher berichtet bzw. als solche erkannt werden. Die kurvenmässige Beurteilung kann in solchen Fällen von Wichtigkeit werden, wenn es sich darum handelt, von der Bewertung im Einzylindermotor auf das Verhalten im mehrzylindrigen Gebrauchsmotor Schlüsse zu ziehen.

Gleichzeitig mit den Versuchen in München führte die I.G. Ringversuche durch, die an einer Anzahl von I.G.-Prüfdieseln in Gemeinschaft mit in- und ausländischen Prüfstellen vorgenommen wurden. Die Vergleichsmessungen wurden hierbei an insgesamt 14 Prüfmotoren durchgeführt, von denen 10 mit dem Zündverzugsverfahren arbeiteten, während 4 das Anlaßverfahren mit Luftdrosselung (HWA-Verfahren) benutzten. Zur Untersuchung standen 7 verschiedene Kraftstoffe zur Verfügung, deren Cetanzahlen sich zwischen 0 und 65 bewegten.

In Zahlentafel IV sind die Ergebnisse dieser Versuche zusammengestellt. Es zeigt sich hierbei, dass die Übereinstimmung der I.G.-Diesel vollkommen befriedigte. Die grössten Abweichungen betragen bis zu ± 2 Cetanzahlen. Probe D 349 zeigt die grössten Streuungen, was sich dadurch erklären lässt, dass es nicht möglich war, diese Probe unmittelbar zu bestimmen, sondern dass man sie in Mischungen fahren musste, wodurch natürlich die Meßgenauigkeit beeinträchtigt wurde. Bei der Mehrzahl der Proben betragen die Streuungen weniger als ± 1 Cetanzahl.

Auch bei diesen Ringversuchen bestätigte sich die bereits von uns gemachte Feststellung, dass die Motorenbauart auf die Meßergebnisse keinen schwerwiegenden Einfluß ausübt; denn auch die an dem CER-Motor, dem Gardner-Motor und Thomassen-Motor erzielten Ergebnisse zeigten gute Übereinstimmung mit den Werten des I.G.-Prüfdiesels.

Die nach dem Anlaßverfahren arbeitenden HWA-Motoren ergaben dagegen wieder grössere Abweichungen.

001769

- 12 -

Zahlentafel IV: Ringversuche der I.G.-Cetanzahlen der untersuchten Kraftstoffe

Kraftstoff:	D 350	D 424	721 H	D 369	D 450	S 300	D 349
I.G.-Prüfdiesel:							
I Oppau	60,5	45	36	27	23	19,5	5
II Oppau	61,5	46,7	36,8	26	24,6	20,8	1
IV Oppau	61	46	37	27	24,5	21	4,5
MAN Augsburg	60,6	44,8	36,2	27,1	25	23,2	6,2
Stinnes, Essen	64	47,5	36,5	25,5	25	23	3
Thomassen-Motor	50	45	35	27	25	24	6
Gardner-Motor	60	45	35	25	22,5	19,5	nicht meßbar
CFR-Motoren:							
Ludwigshafen	60	46,5	39	27	24	18	3
DAPG Hamburg	61	47,5	39	18	26	30	5
Oppau	62	42	31,3	24	22,4	18	-2,5
HWA-Motoren:							
Daimler-Benz, Geggenau	60	46	35	24,5	22	21	< 20
Rheinpreußen Homburg	65	47	38,5	32	30	30	< 20
Bosch Stuttgt.	64	50,5	35,5	23,5	23	18,5	5
Oppau	60,5	46	36,5	35	25	24,3	< 20

Trotz der Tatsache, dass die Bauart des Prüfmotors auf die Meßergebnisse keinen wesentlichen Einfluß ausübt, ist der Unterzeichnete zu dem Schluß gekommen, dem Reichsforschungsrat einen Vorschlag dahingehend zu unterbreiten, dass der I.G.-Prüfmotor als einheitlicher Prüfmotor für Dieselkraftstoffe von staatlicher Seite anerkannt wird. Für diese Stellungnahme sind vor allem folgende Gesichtspunkte maßgebend:

1. Der I.G.-Prüfmotor und das I.G.-Prüfverfahren haben bei den bisher durchgeführten Vergleichsuntersuchungen, die sowohl die Arbeitsgemeinschaft für Kraftfahrwesen des RVM, als auch

- 13 -

001770

- 13 -

der Verfasser selbst durchführen ließ, eine bemerkenswert gute Übereinstimmung der Meßergebnisse erkennen lassen.

2. Der I.G.-Prüfmotor besitzt sowohl in der Motoren-, als auch Kraftstoffindustrie die grösste Verbreitung. Von Seiten der I.G. wurden bisher 30 Stück an die verschiedensten Stellen des Reiches sowie der befreundeten Nachbarstaaten geliefert.
3. Die I.G.-Farbenindustrie ist infolge ihrer Einrichtungen in der Lage, sowohl die erstmalige Eichung als auch Nacheichung der Motoren auf einheitlicher Grundlage vorzunehmen. Hierzu kommt, dass sie in besondern Kursen die Einarbeitung und Schulung der mit dem Motor arbeitenden Prüfer übernimmt.

Für die Messungen stehen heute die von der I.G. hergestellten Eichkraftstoffe und Unterbezugskraftstoffe zur Verfügung, so dass die Voraussetzungen für eine gleichmässige Messung an allen Orten gegeben sind.

Danach erschien es gerechtfertigt und geboten, dem Herrn Präsidenten des Reichsforschungsrates den Antrag zu unterbreiten, auf Grund der geschilderten Entwicklung eine Vereinheitlichung auf dem Gebiet der Dieselkraftstoffprüfung nunmehr durchzuführen. Hierfür spricht vor allem auch das dringende Erfordernis, der Forschung und Erzeugung von Dieselkraftstoffen für ihre Arbeiten eine einheitliche und staatlich anerkannte Grundlage für die Prüfung zu bieten.

gez. A.W.Schmidt

Zeche Hannover, den 24. Oktober 1938

1/166 Rauhkopf
1/166 Rauhkopf
Herrn *1/166 Rauhkopf*
Direktor Dr. Müller,
E s s e n.

149

Bergbau-Hauptverwaltung
Kohle Büro
Eingang: 27. 10. 1938
Tagebuch-Nr. 608

001771

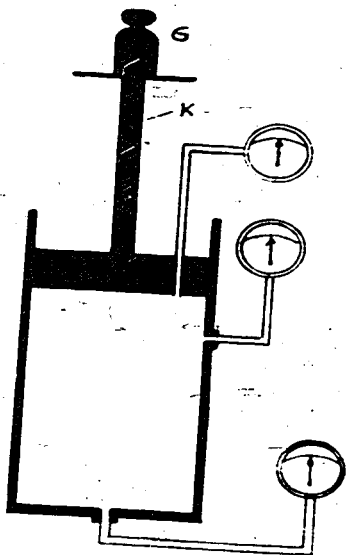
Betr.: Heizölbeschaffenheit; Ihr Schreiben vom 16.9.38

B.H.V. Nr. 4162 K *W. Müller*

In unserem ersten Vorschlag vom 21.9.38 wurde die Pumpfähigkeit von Heizölen durch Messung der zum Umpumpen eines gewissen Öles bei gewünschter Temperatur nötigen Arbeit bestimmt. Die Messung dieser aufgewendeten Arbeit erfolgte, wie beschrieben, durch Messung eines Faktors des Produktes Kraft x Weg und zwar durch Bestimmung der Kraft bzw. des Druckes. Dieser hängt ja bekanntlich mit der Kraft durch die Gleichung

$$\text{Druck} \times \text{Fläche} = \text{Kraft}$$

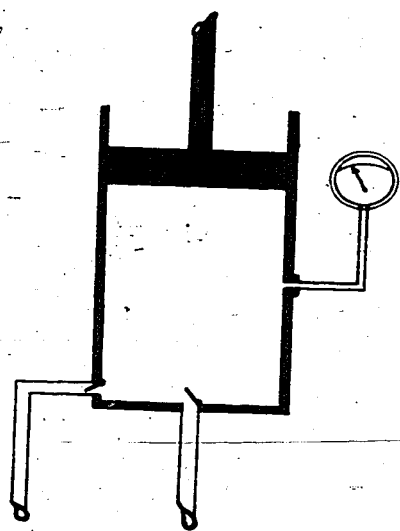
zusammen.



Die Druckmessung sollte vorschlagsgemäß durch ein piezoelektrisches Druckelement erfolgen. Eine Druckmessung mit den vorgenannten Elementen hat den Vorzug, das Höchste an Genauigkeit zu ergeben. Leider hat diese Meßmethode den Nachteil, größere Kosten zu verursachen. Aus diesem Grunde haben wir uns bemüht, neben dieser Methode eine andere auszuarbeiten, die der erstgenannten an Genauigkeit zwar nachsteht,

dafür aber den Vorteil der größeren Einfachheit und damit der größeren Billigkeit aufweist. Die Grundzüge dieses neuen Meßverfahrens sind schon in unserem ersten Vorschlage fixiert. Wir wiesen darauf hin, daß es verschiedene Wege zur Bestimmung der auf den Kolben wirkenden Kraft gäbe. Die piezoelektrische Messung war der eine, unser neuer Vorschlag zeigt einen anderen Weg, um zum gleichen Ergebnis zu kommen.

Die neue Meßmethode mißt also ebenfalls die auf den Pumpenkolben wirkende Kraft, die mit dem Hubweg multipliziert ein direktes Maß für die Pumpfähigkeit ergibt. Dem neuen Meßprinzip liegen folgende physikalische Gesetzmässigkeiten zu Grunde. Stellen wir uns ein Gefäß vor, in welches ein dichtschiessender, beweglicher Kolben K mittels einer Kraft G gedrückt wird. Im Gleichgewichtszustand nehme dieser Kolben die gezeichnete Stellung ein. Die angebrachten Manometer zeigen alle den gleichen Druck, der einerseits



direkt proportional dem auflastenden Gewicht G ist. Einer Veränderung von G entspricht somit eine gleichzeitige proportionale Veränderung der Anzeigen der einzelnen Manometer. Diesem Vorgang liegt das Gesetz der Allseitigkeit des Druckes zu Grunde. Man könnte nun den in unserem ersten Vorschlag zu messenden Stempeldruck durch Anbringung eines Manometers am Pumpenschaft erfassen. Das an der gezeichneten Stelle angebrachte geeichte Manometer würde den pro cm^2 herrschenden Druck in kg/cm^2 anzeigen. Eine

Multiplikation mit der konstruktionsgemäß bekannten Stempelfläche ergäbe die gesamte an der Stempelfläche angreifenden Kraft. Da nun der Hubweg gleichfalls konstant ist, könnte man die Manometerausschläge direkt mit der Stempelfläche und dem Hubweg multiplizieren und bekäme so am Manometer eine Skala, die gleich in Arbeitseinheiten geteilt wäre. So schön und einfach dieser Vorschlag auf den ersten Blick anmutet, so haften ihm jedoch noch einige Mängel an. Die Einstelldauer eines technischen Manometers ist sehr groß, d.h. die Manometerausschläge eilen mit einer dem Gerät eigenen, durch die Trägheit bedingten Phasenverschiebung den wahren herrschenden Drucken nach. Diese Einstellverzögerung ergibt eine Verzerrung der tatsächlich sich abspielenden Vorgänge in der Pumpe. Aus diesem Grunde wurde auch beim ersten Vorschlag die Druckmessung mit piezoelektrischen Druckelementen vorgeschrieben.

Statt eines technischen Manometers verwenden wir bei unserer neuen Meßmethode eine Membrane. Diese hat bei normaler Tourenzahl der Pumpe eine Einstelldauer, die unterhalb der zeitlichen Druckänderungen im Pumpenraum liegt. Eine solche Membrane gehorcht - wie eine Feder - dem linearen Kraftgesetz:

$$K = D \text{ mal } x$$

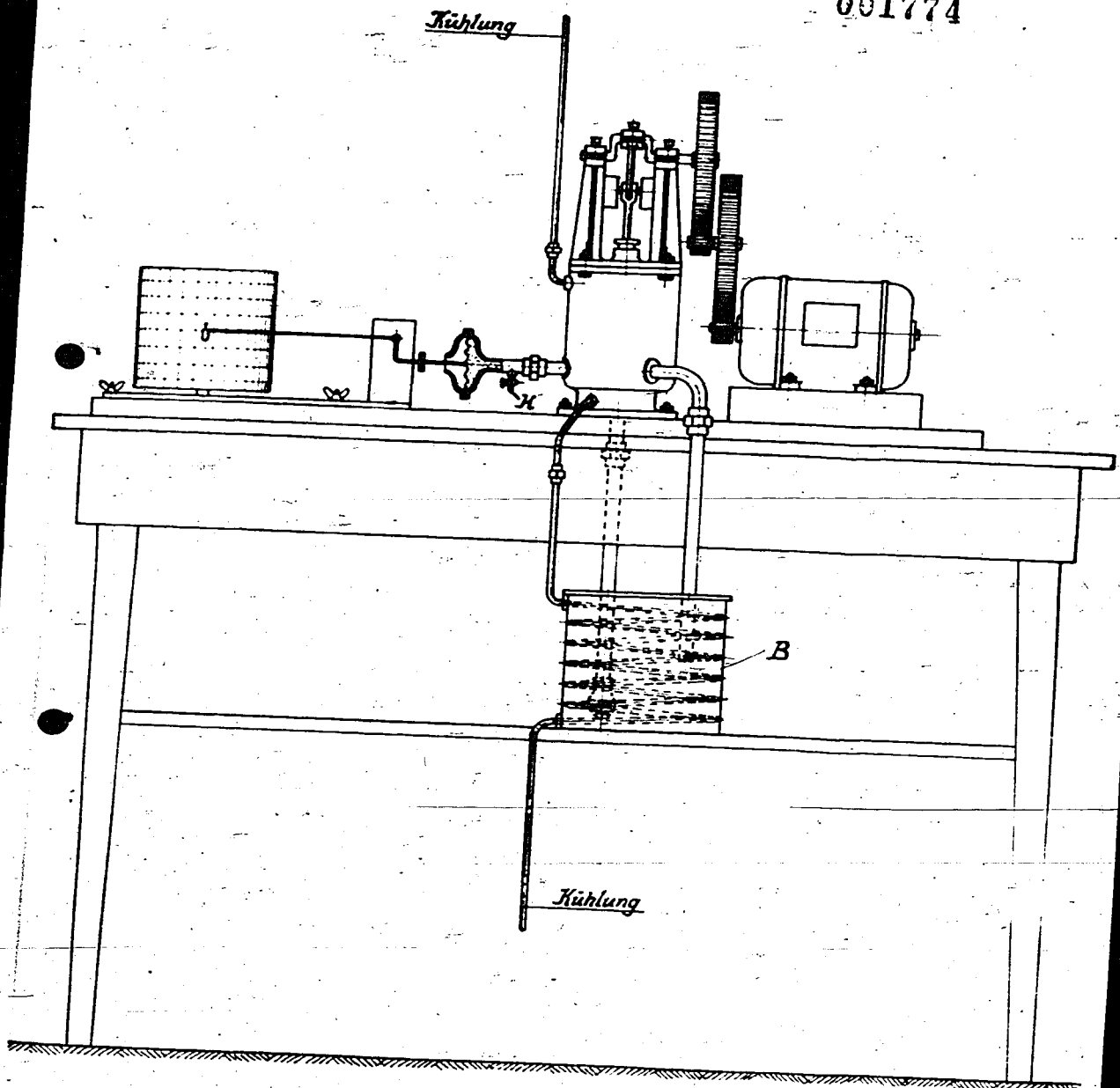
Eine auf eine derartige Membrane oder Feder wirkende Kraft K ruft dieser direkt proportionale Ausschläge x hervor. Als Proportionalitätsfaktor tritt noch die sogenannte Direktionskraft D auf. Diese Direktionskraft - auch Federkonstante genannt - ist die Kraft, die nötig ist, um die Membrane oder Feder auf die Längeneinheit zu dehnen oder zu stauchen. Gleichungsgemäß ergibt sich folgendes:

$$K = D \text{ mal } x$$

$$D = \frac{K}{x}$$

Abbildung 1.

001774



Zeche Hannover, den 25.10.38.

Macht man nun $x = 1$ (Dimension: Millimeter oder Zentimeter), so erhält man:

$$D = \frac{K}{1} \quad \text{oder} \quad K = D$$

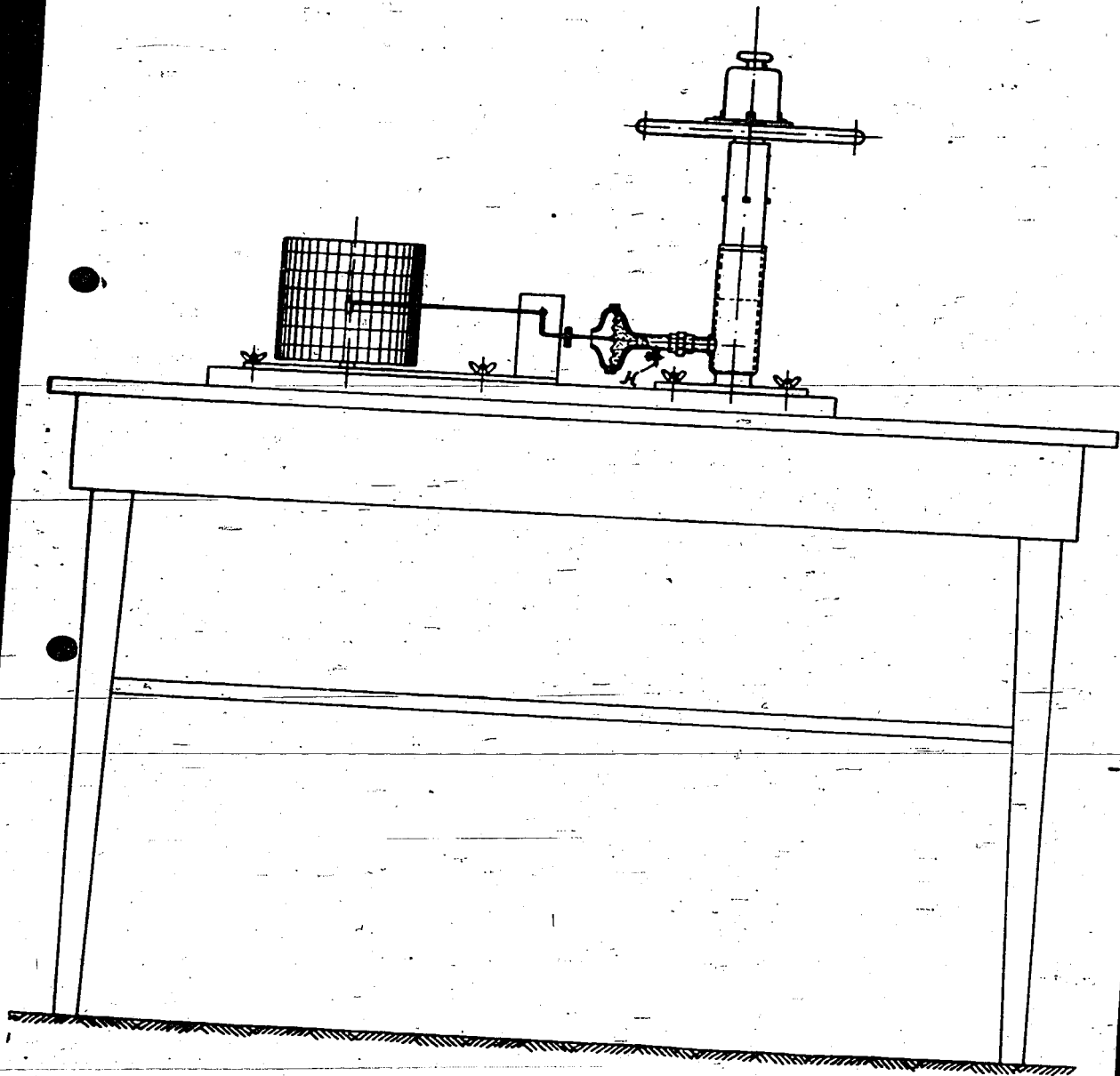
Das bedeutet, die für den Ausschlag 1 benötigte Kraft ist gleich der Federkonstanten D . Soweit die dem neuen Meßverfahren zugrundeliegenden physikalischen Gesetzmässigkeiten.

Die Ausführung des Meßgerätes.

Die Ausführung des Gerätes zeigt die Abb.1. Auch diesmal handelt es sich um eine gewöhnliche Kolbenpumpe mit einer Stempel-
fläche von 15 cm^2 gleich einem Durchmesser von $4,37 \text{ cm}$. Unten im Pumpenschaft befinden sich die Ansaug- und Ausdruckleitungen. Beide münden in ein mit einer Kühlschlange versehenes Gefäß mit etwa 2 Liter Inhalt. Die Kühlschlange wird von einer im Thermostaten auf bestimmter Temperatur gehaltenen Kühlsole durchspült. Die gleiche Kühlsole umstreicht auch den Pumpenschaft. Rechts am Pumpenschaft befindet sich ein abschraubbarer Stutzen, der als Verschuß eine Meßmembrane trägt. Die Mitte der Membrane ist mit einem Stift versehen, der mittels einer Kupplung die Verbindung zwischen Membrane und Zeigersystem herstellt. Der Hebelarm dieses Zeigersystems ist im Verhältnis $1 : 30$ übersetzt, d.h. einer Verschiebung der Membrane aus der Ruhelage von 1 mm entspricht ein Zeigerausschlag von 30 mm . Die Direktionskraft der Membrane ist nun so groß zu nehmen, daß ihre Amplitude oder Entfernung aus der Ruhelage bei den schwersten Arbeitsbedingungen, d.h. bei den schlechtesten Ölen, nicht mehr als 1 mm beträgt. Diese Bedingungen sind relativ einfach zu verwirklichen. Unter Zugrundelegung einer Maximalamplitude von 1 mm wird auch die Elastizitätsgrenze der Membrane wesentlich unterschritten, was zum exakten Arbeiten beiträgt. Ferner bleibt in diesem Bereiche die Gültigkeit des linearen Kraftgesetzes mit Sicherheit bestehen, d.h. die Durchbiegung der

Abbildung 2.

001776



Zeche Hannover den 25.10.38.

Membrane bleibt direkt proportional dem auflastenden Druck. Diese aufgeführten Bedingungen sind bei jedem in der Technik laufenden Membranmesser berücksichtigt.

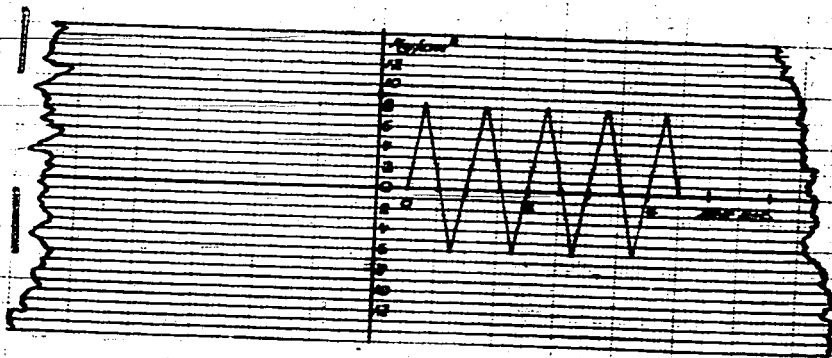
Die Eichung des Gerätes.

Die Eichung der Druckmessermembrane erfolgt in einer kleinen Zusatzapparatur, die in Abb. 2 dargestellt ist. Ein Stempel von 7 cm^2 wirksamer Fläche, der mit einer als kleines Schwungrad ausgebildeten Gewichtsauflageplatte versehen ist, spielt in einem dazu passenden Pumpenschaft gut ein. Der Schaft trägt einen seitlichen Ansatzstutzen zum Aufschrauben der Membranhülse. Nach Anbringung der Membranmehülse wird bei ausgezogenem Stempel die ganze Apparatur durch den Pumpenhals mit irgend einem beständigen Öl z.B. Paraffinöl gefüllt. Nun wird der Membranstift mit dem Zeigerwerk verbunden. Diese Verbindung bedarf nur einiger Handgriffe. Die Befestigung zwischen Zeigerwerk und Membranstutzen ist so gewählt, daß die zusammengehörigen Teile immer in die gleiche Lage zueinander kommen. Nachdem dies geschehen, wird der Stempel in den Pumpenschaft eingeführt und die Eichung kann beginnen. Der Stempel wird mit bekannten Gewichtsstücken belastet und die zugehörigen Zeigerausschläge registriert. Diese Zeigerausschläge bilden ja ein direktes Maß für den auf dem Füllöl lastenden Druck. Dieser angezeigte Druck ist der Quotient aus Kraft pro Fläche. Die wirkende Kraft setzt sich zusammen aus dem Eigengewicht des Stempels und dem aufgelegten Gewichtsstück. Die Stempelfläche liegt konstruktionsgemäß fest. Eigengewicht des Stempels und Stempelfläche sind somit Apparatekonstanten und werden bei der Berechnung des Druckes berücksichtigt. Durch Auflegen von stufenweise verschiedenen, bekannten Gewichten erhält man eine Eichkurve für das verwendete Druckelement in Druck pro Zeigerausschlag. Zur Ausschaltung der Stempelreibung zwischen Stempel und Zylinderwand läßt man den

Kolben während der Messung dauernd von einer feinen Ölhaut umspülen. Dies erreicht man durch eine gleichförmige Rotation des Kolbens um seine vertikale Achse. Zu diesem Zweck ist das obere Ende des Kolbens (siehe Zeichnung Abb.2) als Schwungrad von erheblichem Trägheitsmoment ausgestaltet. Einmal durch Hand in Drehung versetzt, rotiert der Kolben lange Zeit¹⁾. Nachdem die Eichkurve aufgenommen, wird das Füllöl durch den Hahn H abgelassen und der Druckmeßstutzen nebst Zeigerapparat an die Pumpe angeschraubt. Eine derartige Eichung kann vielleicht alle 2 Wochen durchgeführt werden, besonders da sie höchstens eine Stunde in Anspruch nimmt.

Messung der Pumpfähigkeit.

Das Standgefäß wird mit dem zu untersuchenden Öl gefüllt (Füllmenge etwa 2 Liter), dann wird die Pumpe in Tätigkeit gesetzt und einige Minuten arbeiten lassen. Nun setzt man still, reißt den Registrierstreifen zum Auswerten ab. Aus der vorher ermittelten Eichkurve der Meßmembraneist der für die Längeneinheit zugehörige Druck bekannt. Angenommen, dieser betrage für 2 mm Zeigerausschlag 1 kg/cm^2 . Die nebenstehende Abbildung soll einen solchen zu er-



reife dar-
folgendes
nd des
embrane
 kg/cm^2 . Der
aktionsge-
 cm^2 und
Bildet man
essenem

DRUCK, Stempelfläche und Hubweg, so

1) Angabe von Prof. R.W. Pohl,
Experimentalphysik Bd. I.

erhält man:

$$8 \times 15 \times 10 = 1\,200 \text{ cmkg}$$

oder in mkg ausgedrückt

$$\frac{1\,200}{100} = 12,0 \text{ mkg.}$$

001779

Das zu untersuchende Öl benötigt also für einen Hubweg von 10 cm eine Arbeit von 12,0 Meterkilogramm. Da man einige Minuten laufen läßt, erhält man einen guten Überblick und kann durch Mittelwertbildung der aufgezeichneten Ausschläge sehr genaue Werte erhalten.

Diskussion.

- 1) Als erste Frage wäre wohl die nach der Leistungsfähigkeit der Meßmethode zu stellen. Sie ist bestimmt in der Lage, Auskunft über die Pumpfähigkeit von Heizölen bei verschiedenen Temperaturen zu geben und zwar deshalb, weil sie genau die in der Praxis herrschenden Bedingungen - allerdings in kleineren Dimensionen - nachahmt. Den Druckmeßstutzen kann man an jeder beliebig vorhandenen Pumpe anbringen. Nur müßte die Direktionskraft der Membran den Dimensionen der zur Verwendung gelangenden Pumpe angepaßt sein. Diese Einschränkung gilt aber bekanntlich für jedes Meßinstrument und kann daher auch bei dieser Anordnung nicht umgangen werden. Die zu erhaltende Meßgenauigkeit hängt natürlich von der feinmechanischen Ausführung der Druckmembran und der Zeigerapparatur ab. Beide Geräte sind in den verschiedensten Variationen als Differenzialdruckmesser, Mengenregler, Druckregler usw. vorhanden und haben ihre Leistungsfähigkeit mehr als einmal unter Beweis gestellt. Membran-, sowie Federmesser liefern, und das ist das Wichtigste, durchaus reproduzierbare Werte.
- 2) Die Bedenken, die man gegen eine nicht trägheitsfreie Anzeige äußern könnte, bestehen nicht zu Recht, wenn man dafür Sorge

trägt, daß die periodischen Druckschwankungen in nicht zu kurzen Zeitintervallen erfolgen, d.h. in unserem Falle, wenn man die Tourenzahl der Pumpe nicht zu hoch wählt. Diese Bedingung ist jedoch sehr einfach zu verwirklichen.

- 3) Alterungserscheinungen an der Meßmembrane und dadurch hervorgerufene Fehlmessungen werden ja ~~zum~~ ^{durch} eine von Zeit zu Zeit durchgeführte Nacheichung restlos eliminiert.
- 4) Ferner wird eine zu große Reibung des Schreibstiftes auf dem Registrierstreifen durch geeignete Konstruktion (regulierbare Einstellung des Schreibfederdruckes) soweit ausgeschaltet, daß sie die Messung in keiner Weise beeinflussen wird.
- 5) Die Pumpe selbst könnte nun verschiedene Fehlerkomponenten liefern. Der Pumpenstempel kann mit der Zeit durch Verschleiß Spiel bekommen und Öl zwischen der Kolbenwand und der Zylinderwand in dem Stopfbüchsenraum durchgedrückt werden. Hierdurch würde sich natürlich der auf dem Öl lastende Druck ändern. Allerdings, da ja immer Vergleichsmessungen durchgeführt werden, wäre dieser Fehler bei Relativmessungen auskompensiert, bei Absolutmessungen dagegen störend. Dieser Übelstand wird sofort beseitigt, wenn man die Pumpe mit einem immer in gleicher Zusammensetzung erhältlichen Öl z.B. Paraffinöl eichte (bei konstant zu haltender Temperatur). Der sich für die Pumpfähigkeit von Paraffinöl ergebende Wert könnte dann als Eichwert, oder besser gesagt, als Kontrollwert dienen. Zeigt die Meßanordnung nach einiger Zeit Abweichungen von diesem Kontrollwert im positiven oder negativen Sinne, d.h. sind die Angaben zu klein oder zu groß, so kann es im ersten Falle an einer Undichtigkeit der Kolbendichtung, im zweiten Falle an einer Verstopfung bezw. Verunreinigung der Ansaug- oder Austrittsleitung liegen. Beide Mängel sind leicht zu be-

heben durch Einsetzung einer neuen Kolbendichtung, oder im anderen Falle durch gründliches Reinigen der Pumpe.

- 6) Veränderungen an der Stopfbüchse durch Nachziehen oder Veränderung der Kolbenreibung sind dagegen für den Meßvorgang völlig belanglos, da sie ja den Druck im Öl nicht beeinflussen, wenn der Antriebsmotor stark genug gewählt wird. Dieser zieht dann in jedem Falle durch, ob schwerer oder leichter, das ist gleich, nur muß er soviel Kraftreserven haben, daß er die Pumpe sogar unter den schwersten Arbeitsbedingungen spielend antreiben kann. Für die vorgeschlagene Pumpe käme ein Motor von 1/4 bis 1/8 PS in Frage.

Diese aufgeführten Fehlerquellen sind wie beschrieben alle zu beseitigen und keineswegs geeignet das Verfahren als aussichtslos ansehen zu lassen. Es ist natürlich unmöglich alle auftretenden Mängel von vorneherein vorauszusehen und zu bestimmen, aber auftretende Fehler sind eben da, um beseitigt zu werden. Meßmethoden ohne Fehlerquellen gibt es nicht, denn die Meßtechnik ist nicht nur eine Vergleichstechnik, sondern auch ein Kampf gegen den Fehler.

J. J. J.

J. J. J.

Durchdruck: Herrn Dr. Demann,
Herrn Obering. Combles.

150

001782

Köln-Deutz, den 11.4.42

Technischer Bericht zur Normung der motorischen Prüfung
von Dieselkraftstoffen

Der entscheidende Kennwert eines Diesel-Kraftstoffes für seinen praktischen Einsatz ist die Centanzahl (Ca.Z). Dieser Wert gibt im Masstab einer konventionellen Skala die Zündwilligkeit eines Kraftstoffes zahlenmässig und damit vergleichbar an. Nachdem die Zündbereitschaft unter sonst gleichen Bedingungen eine im Kraftstoff liegende Eigenschaft seines chemischen Aufbaues ist, wird der Vergleich bezogen auf Mischungen von zwei eindeutigen Kohlenwasserstoffen, deren Zündverhalten extrem auseinander liegt, Die Vergleichsmischungen bestehen aus dem zündwilligem Cetan und dem zündträgen Alpha-Methyl-Naphtalin. Zur Kennzeichnung dient der Anteil der zündwilligen Komponente in Prozenten. Der Vergleich des Zündverhaltens muss grundlegend in Motoren erfolgen. So ist es möglich, den unbekanntem Kraftstoff tatsächlich den gleichen Einflüssen im Motor zu unterwerfen, für die sein Verhalten gekennzeichnet werden soll. Für den Vergleich der Standart-Mischungen mit den zu prüfenden Kraftstoffen sind nun verschiedene Prüfmotoren verwendet worden. Zunächst verwendet ^{man} grössere Langsamläufer. Die schwierigen Verhältnisse und damit schärferen Bedingungen sind aber bei kleineren Schnellläufern vorhanden, die heute für die Prüfmotoren in Anwendung sind. Die Verschiedenheit des Vorgehens bei den einzelnen Verfahren liegt in folgenden 2 Punkten:

- 1.) Der Veränderung der Zündbedingungen im Motor
- 2.) dem Merkmal gleichen Zündverhaltens der Kraftstoffe und der Standard-Vergleichs-Mischungen.

Wiederholte Feststellungen lehren, dass für die Zündbedingungen eines Dieselkraftstoffes praktisch ausschliesslich zwei Bedingungen von wesentlichem Einfluss sind, das ist die Temperatur und der Druck der Luft bei der Einspritzung. Dies bestätigen ebenfalls die Versuche von Wolfer¹⁾.

Die gebräuchlichsten Zündprüfmotoren beeinflussen die Zündbedingungen daher durch Verändern des Kompressions-Enddruckes oder des Kompressionsverhältnisses. Die Zündung wird entweder einfach durch Beobachten des Auspuffes kontrolliert, oder es wird das

¹⁾ Wolfer: Der Zündverzögerung im Dieselmotor, VDJ Forsch.-Heft 392.

Einsetzen der Verbrennung durch beliebig gearteten Druck oder Strahlungsindikatoren angezeigt. Je nach Verfahren wird nun entweder eine Grenzstellung der Zündbedingungen aufgesucht (Aussetzer- oder Zündgrenze bzw. konstanter Zündverzug), oder es wird der Zündverzug bei konstanter Einstellung der Zündbedingungen als Masstab der Zündwilligkeit zu Grunde gelegt.

Die Eichung findet jeweils mit den oben genannten Vergleichsmischungen unter den gleichen Einstellungen statt. Hierbei ist das Vorgehen bei den Verfahren verschieden. Teils kann eine beständige Eichlinie zu Grunde gelegt werden, teils ist es aber zweckmässiger den Vergleich mit einer Standard-Mischung jeweils in unmittelbarem Anschluss an die Messung des Kraftstoffes zu wiederholen.

Breitere Anwendung haben im Reich vorwiegend zwei Prüfdiesels gefunden. Es ist dies das JG-Verfahren und das HWA-Verfahren. Der JG-Prüfdiesel kann aus einer überaus grossen Zahl von Veröffentlichungen als bekannt vorausgesetzt werden. Dieser Prüfmotor stellt die Zündbedingungen nach dem Zündverzug ein. Die Messung des Zündverzuges erfolgt mit einem Quarzindikator. Die Beobachtung geschieht durch einen Kathodenstrahl-Oszillographen mit Braunscher Röhre. Die Zündbedingungen im Verbrennungsraum werden durch Verändern des Verdichtungsverhältnisses auf einen konstanten Zündverzug eingestellt. Hierzu muss der Motor mit einem verschiebbaren Zylinder und entsprechend anpassungsfähiger Ventilsteuerung versehen sein. Der Motor hat ein Hubvolumen von 1 Liter und eine Messdrehzahl von 1000 U/min unmittelbare Einspritzung mit Einlochdüsen. Die Eichlinie ist eine leicht geschwungene S-Linie. Die Einspritzung erfolgt dauernd während der Messung.

Über das HWA - Verfahren ist wegen begreiflich starker Inanspruchnahme der hierfür massgebenden Stellen nur wenig bekannt geworden. Gewisse fremde Darstellungen geben aber ein unzutreffendes Bild. Eine nähere Betrachtung des HWA-Prüfdiesels wurde von Dr. Hagemann und Dr. Hammerich vor allem für die Belange der Wehrmacht vorgeschlagen. In den Grundlagen griff dieses Verfahren auf das bereits mehrfach angewendete Drosselverfahren zurück (u.a. Drosselverfahren nach Le Mesurier und Stansfield). Vor allem für die Heeresstellen bestand die Notwendigkeit einer Prüfung der Dieselkraftstoffe, im allgemeinen auf ihre Zündwilligkeit, im Besonderen auf ihr Anlassverhalten. Das Verfahren war daher zunächst auf die seinerzeit vorliegende Bewertung des Anlassverhaltens der handelsüblichen Dieselsöle von 30 - 70 Ca.Z. abgestimmt. Es setzte sich ausgesprochen

zum Ziel, einen robusten Motor mit einem gegen Störungen unempfindlichen Messverfahren und einer allgemein einfachen Einsatzfähigkeit zu schaffen.

Ein für diese Anwendungsbereiche geeigneter Prüfdiesel musste neben einer genügenden Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messungen vor allem unbelastet von jeder unübersichtlichen und störungsempfindlichen Messapparatur sein. Ausserdem sollte die Ausstattung sparsam sein.

Der HWA-Prüfdiesel besteht aus einem Deutz-Einzylinder-Dieselmotor von 2 l Hubvolumen mit unmittelbarer Strahleinspritzung. Der Motor wird elektrisch angetrieben und läuft mit einer Drehzahl von 940 U/min. Die Luft saugt der Motor durch ein Heizrohr, in dem diese auf eine gewünschte Temperatur elektrisch angewärmt wird. Durch eine Drosselklappe kann der Ladedruck verändert werden. Der Unterdruck im Saugrohr gegenüber der Atmosphäre wird in einem Quecksilber-Manometer abgelesen. Der Ansaugunterdruck ist unter sonst gleichen Verhältnissen ein Mass für die im Motor herrschenden Zündbedingungen. Alle sonst wesentlichen Bedingungen, wie Verdichtungsverhältnis, Kühlwasser- und Lufttemperatur werden konstant gehalten. Durch Betätigen der Drossel wird die Grenze der Zündfähigkeit einer Brennstoffprobe aufgesucht. Es ergibt sich eine scharfe Grenze, an der Aussetzer und sichere Zündungen sich scheiden. Ausgehend von einer so starken Drosselung, bei der ausschliesslich Fehlzündungen zu erreichen sind, wird durch Vermindern der Drosselung ein Gebiet durchschritten, das Zündungen und Aussetzer vermischt aufweist. Es ergibt sich dann bei weiterem Vermindern der Drosselung die oben erwähnte scharfe Grenze, wo ausschliesslich Zündungen unter Minimalbedingungen auftreten. Diese Grenze gilt es bei der Prüfung der Zündwilligkeit von Dieselölen aufzusuchen. Die Einspritzpumpe ist mit einer Auslösevorrichtung versehen, sodass in Ruhestellung die Einspritzung unterbleibt, bei Betätigung aber jeweils eine Einspritzung in beliebigem Abstand möglich ist. Es werden nach einer zunächst tastenden Grundeinstellung 10 Einspritzgruppen im Abstand von 20 Sekunden und je Gruppe bestehend aus drei Einzelspritzungen in den Brennraum geschickt. Die Beobachtung des Auspuffes durch Gehör und Gesicht entscheidet, ob Zündung oder Aussetzer vorliegt. Es ist auf diese Weise möglich, sowohl für unbekannte Dieselöle als auch für Eich-Mischungen bekannter Cetanzahlen die Grenzstellung der Drossel festzulegen. Diese Einstellung ist bestimmt durch den absoluten Anfangsdruck beim

Kompressionshub des Motors. Die Zuordnung des kennzeichnenden Saugrohr - Unterdruckes an der Grenzstellung und der Cetanzahl ergibt die grundlegende Eichlinie. Für die Cetanzahlbestimmung eines unbekanntes Kraftstoffes kann nach Feststellen seiner Grenzstellung aus der Eichlinie die Ca.Z. abgelesen werden. Es bleibt unbenommen durch sofortigen Vergleich mit zwei einschliessenden Eichmischungen und Interpolieren den Cetanwert zu kontrollieren.

Um eine absolute Vergleichsbasis für die Festlegung der Zündbedingungen mittels des Ansaugunterdruckes zu haben, wird dieser auf einen Barometerstand von $b = 760$ mm QS bezogen. Mit dem HWA-Verfahren wird eine einwandfreie Reproduzierbarkeit erreicht. Das Streubereich unter den einzelnen Motoren liegt unter Berücksichtigung sämtlicher vorhandenen Motoren nach den letzten Versuchen bei $\pm 1,5$ Ca.Z. Das Messbereich umfasst 20 - 100 Ca.Z., es kann aber auch bis 0 Ca.Z. erweitert werden.

Für das HWA war das Ansprungsverhalten der Diesekraftstoffe in erster Linie wesentlich. Es ist dies naturgemäss auch für alle Dieselmotoren primär ausschlaggebend, denn diese Prüfung schliesst die günstigeren Betriebsbedingungen mit ein. In den bereits früher veröffentlichten Versuchen, die an der Versuchsanstalt für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeuge der T.H. Berlin durchgeführt wurden, ist der unmittelbare Zusammenhang der im HWA-Prüfmotor gemessenen Ca.Z. mit dem tatsächlichen Verhalten der Treibstoffe beim Anlassen von Motoren erwiesen.¹⁾ Die Wirkung von Zündbeschleunigern erwies sich auch bei diesen Versuchen ebenso wenig messbar wie sie durch einen anderen Prüf-diesel gekennzeichnet wird.

Eine Abwandlung kann der HWA-Prüfdiesel durch einen Trägheitsindikator nach Dr. Neumann erhalten. Es ist damit die Möglichkeit geschaffen, den Zündverzug zu messen bzw. die Zündgrenze nach dem Zündverzug einzustellen.²⁾ Das Gerät besteht aus zwei Trägheitskontakten, die jeweils den Primärkreis einer Zündspule öffnen. Der Sekundärkreis erzeugt einen Stromstoss, der eine mit dem Schwungrad umlaufende Neon-Röhre in diesem Augenblick aufleuchten lässt. In einer feststehenden Skala kann

1) Öl und Kohle 1940, S.78, Weber: Untersuchungen über die Beziehungen der HWA-Prüfmotoren gemessenen Ca.Z. u.d. Anlasswert v. Diesekraftstoff in der Praxis.

2) ATZ 1939, S.263, Neumann: Einfaches motorisches Prüfverfahren für Diesekraftstoffe.

die Kurbelstellung im Moment des Aufleuchtens abgelesen werden. Je einer der Trägheitskontakte befindet sich in Berührung mit der Düsennadel bzw. einer Membrane, die Verbrennungsraum und Atmosphäre trennt. Die Stösse, die einmal vom Einspritzdruck das andere Mal vom Verbrennungsdruck auf Düsennadel bzw. Membrane ausgeübt werden, lösen die Trägheitskontakte aus und zeigen sich so durch Aufleuchten der Neon-Röhre ablesbar an. Der Motor erhält dabei dauernd Einspritzungen. Durch Drosseln der Ansaugluft wird eine Stellung aufgesucht, bei der der Zündbeginn am o.T. steht. Die Beziehung zur Cetanskala erfolgt durch unmittelbaren Vergleich mit den Bezugsgemischen. Es ist dies eine Abwandlung der Messung nach dem normalen Drosselverfahren. Die Einstellung auf die Zündgrenze entspricht hier einer Einstellung auf den etwas früher liegenden Punkt des konstanten Zündverzuges. Die Beobachtung erfolgt in einem Falle durch Auge und Ohr, im anderen Falle durch Trägheitskontakte und Neon-Röhre. Es ist damit eine Möglichkeit vorhanden, das bewusst einfach gehaltene HWA-Drosselverfahren durch eine Zusatzeinrichtung zu einem Zündverzugsverfahren zu erweitern. Das erstere Verfahren hat die grössere Einfachheit für industrielle und fiskalische Zwecke voraus, das zweite Verfahren bietet dafür eine Kontrolle der Einstellung auf konstanten Zündverzug.

Zusammenfassend kann man bei Vergleich der beiden Verfahren an die vorgenannte Einteilung anschliessend sagen, es geschieht bei dem:

	HWA-Verfahren	JG-Verfahren
1.) das Verändern der Zündbedingungen dch.	Drosseln	Ändern des Verdichtungsverhältnisses
2.) als Beobachtungsmerkmale gleichen Verhaltens dienen Beobachtung des	Zündknalles an der Zündgrenze (Auge und Ohr)	konstanten Zündverzugs (Quarzindikator mit Kathodenstrahl-Oszillograph)

So betrachtet ergibt sich ein in der Wirkung gleiches Vorgehen bei den beiden Verfahren; denn

1.) Massgebend für die Zündbedingungen ist der Druck und die Temperatur der Luft im Augenblick der Einspritzung. Das HWA-Verfahren verändert vorwiegend ~~das~~ den Druck. Die Temperatur ändert sich nur in geringen Grenzen.

Das JG-Verfahren verändert Druck und Temperatur.

2.) Die Beobachtung des gleichen Zündverhaltens geschieht beim HWA-Verfahren durch Beobachten des Auspuffknalles oder durch Beobachten des Zündverzuges mittels Trägheitsindikator nach Dr. Neumann. Das JG-Verfahren stellt auf konstanten Zündverzug ein, den es mittels Quarzindikator und Braunscher Röhre misst.

Gerade unter dem mehrfach betonten Gesichtspunkt, dass es Ehrensache der deutschen Technik sein müsse, auf Grund ihrer Verpflichtung an das Vaterland des Dieselmotors auch in der Prüfung der Dieselmotoren vorbildlich zu sein, möchten wir auf folgendes hinweisen:

Aus unseren gemeinsamen Bemühungen ist sowohl das Zündverzugsverfahren der JG als auch das Drosselverfahren ^{des HWA} zur oben näher umrissenen Einsatzfähigkeit gelangt. Es stehen damit der Technik zwei Verfahren zur Verfügung, die übereinstimmende Ergebnisse liefern. ¹⁾ Im Vorgehen unterscheiden sich die Verfahren auf der einen Seite durch das bewusste Vermeiden aller empfindlichen Messgeräte und trotz grösster Einfachheit und sparsamster Mittel durch Erzielung einer hinreichenden Genauigkeit, auf der anderen Seite durch die Anwendung der neuzeitlichsten Messeinrichtung zur genauen Einstellung auf einen konstanten Zündverzug. Trotzdem bei beiden Verfahren nach letzten Feststellungen die Fehlergrenze mit $\pm 1,5$ Ca.Z. gleich liegt, dürfte sich mit dem höheren Aufwand an Messeinrichtungen noch eine grössere Genauigkeit mit dem Indizierverfahren erzielen lassen.

Es ist aber nicht zu vermeiden, dass eine kommende Zeit das einfachere und robustere Gerät sich zu nutze machen wird; denn Ziel der Technik ist nicht der Grosseinsatz an Mitteln, sondern die Einfachheit. Es ist daher klug, beide Möglichkeiten einer zahlenmässigen motorischen Bewertung der Zündwilligkeit von Dieselmotoren durch eine Normung als deutsche Standard-Geräte der Welt zur Verfügung zu stellen. Es wird damit dem oben angeführten Grundsatz und unserer gemeinsamen Verpflichtung am besten gedient.

KLÖCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ
Aktiengesellschaft
Köln-Deutz

1) Siehe A.W.Schmidt: Öl und Kohle 1941 S.409, Tafel 4

151

Arbeitsvorschrift zur Bestimmung der Pumpfähigkeit von Heizölen.

001788

Das auf seine Pumpfähigkeit zu untersuchende Öl wird vor Beginn der Messung von faserigen und grobkörnigen Verunreinigungen durch Filtration befreit. Von diesem gereinigten Öl werden 350 ccm in den Ölbehälter A (Abb.1) eingefüllt. Nach Anschliessen der Kühlleitungen F, G, H (Abb.2) an die Messapparatur wird die Pumpe in Tätigkeit gesetzt. Man lässt sie etwa 10 Minuten laufen, damit Temperaturkonstanz zwischen Pumpe und eingesetztem Öl eintritt. Ist dies erreicht so setzt man die Kälteeinrichtung in Tätigkeit. Die Kühlung wird nun zweckmässig so eingestellt, dass der am Thermometer D angezeigte Temperaturabfall etwa 5° pro 30 Minuten beträgt. Die am Thermometer D und am Manometer E angezeigten Temperatur- und Druckwerte werden von Grad zu Grad abgelesen und in einer Tabelle zusammengestellt. Nach Beendigung der Messung ist die Pumpe sorgfältigst mit Benzol zu reinigen.

Die bei der Messung erhaltenen Temperatur-Druckwerte werden auf halblogarithmischem Millimeterpapier kurvenmässig aufgetragen. Als Abszisse dient die Temperatur und als Ordinate der zugehörige Druck. Die Kurven zeigen anfänglich einen streng geradlinien Verlauf, neigen sich dann nach links und fallen nach Überschreitung eines Maximums wieder ab. Dieses Maximum dient nun als Charakteristikum für das gepumpte Öl. Die zu diesem Druckmaximum koordinierte

001789

Temperatur ist diejenige Temperatur, bei der das Öl eine derartige Konsistenz aufweist, dass es unter normalen Bedingungen nicht mehr durch Pumpen gefördert werden kann. Wie eingehende Messungen zeigten ist die dem Druckmaximum zugehörige "kritische" Temperatur in weiten Grenzen unabhängig vom Durchmesser der verwendeten Messdüse. Als Beispiel sind in Kurvenblatt 1 und 2 die Werte für Estnisches Schieferteeröl und Braunkohlenteeröl unter Verwendung verschiedener Messdüsen kurvenmässig aufgetragen. Man erkennt, dass z.B. beim Estnischen Schieferteeröl die "kritische" Temperatur mit einer Abweichung von $0,5^{\circ}\text{C}$ für alle verwandten Messdüsen übereinstimmt. Das gleiche Verhalten zeigen auch die Kurvenzüge des Braunkohlenteeröls. Auch hier beträgt die maximale Abweichung nur $0,5^{\circ}\text{C}$. Auffallend bei diesem Öl ist jedoch der kasserat spitze Verlauf der Temperatur - Druckkurve. Dies findet u.E. seine Erklärung darin, dass derartige Öle beim Unterkühlen plötzlich ihre Konsistenz ändern und in diesem Temperaturbereich nicht mehr als homogen angesprochen werden dürfen. Beim Erreichen dieser Temperaturschwelle beginnen die Druckanzeigen am Manometer (bei Verwendung von Düsen unter 8mm Durchmesser) völlig unregelmässig zu werden (aus diesem Grunde ist von diesem Punkte an die Kurve auch gestrichelt gezeichnet). Das Druckmaximum ist jedoch mit Sicherheit feststellbar. Nach Überschreitung dieses Maximums sinken dann die Manometerausschläge sehr steil ab und werden bei einer bestimmten Temperatur Null. Die zu diesem Druckminimum zugehörige "Grenztemperatur" stimmt mit einer Abweichung von 1°C bei Verwendung von Messdüsen zwischen 8 und 5 mm Durchmesser überein. Es ist jedoch nicht nötig die Messungen der Pumpfähigkeit bei verschiedenen Düsen vorzunehmen, da dieses Verfahren nur unnötig viel Zeit in Anspruch nehmen würde. Die am einwandfreisten Ergebnisse werden nach unseren Erfahrungen mit einer Düse von 7 mm Durchmesser erzielt.

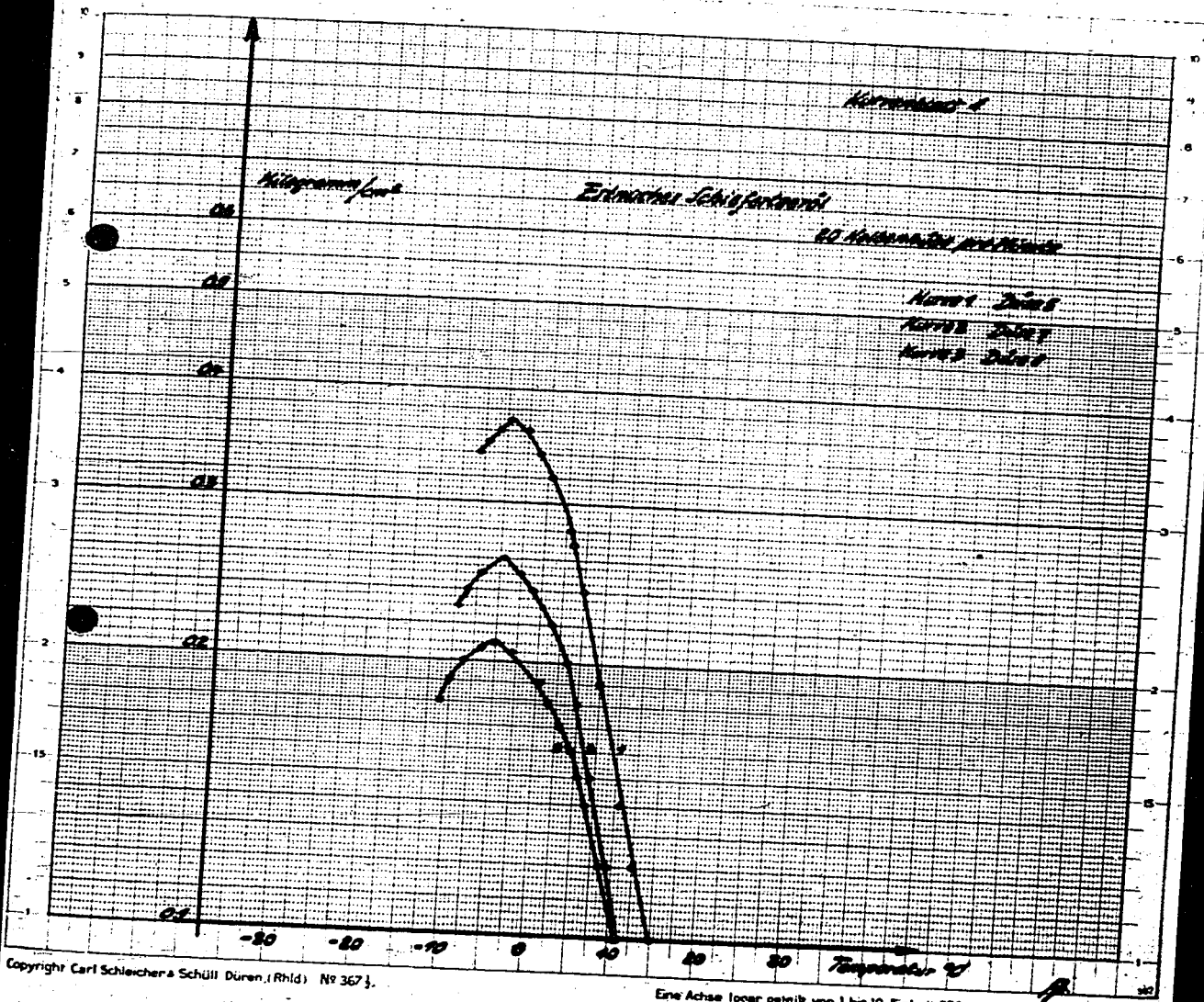
001790

Die zur Unterkühlung der zu untersuchenden Öle benötigte Einrichtung besteht aus einem Thermostaten (Fabrikat: Gebr. Haake, Medingen) und einem Kältespeicher der gleichen Firma. Als Thermostatenflüssigkeit wird Methanol und als Kältemittel Trockeneis verwendet. Den Anschluss der Messapparatur an die Kühleinrichtung zeigt Abb. 3. Zur Erreichung der gewünschten Untertemperatur ist eine gute Isolation der Pumpe, des Ölbehälters und aller von der Kühlsole umflossenen Teile unbedingt erforderlich. Der Temperaturunterschied zwischen dem Öl im Ölbehälter und in der Pumpe (Thermometer-D) soll höchstens 1°C betragen, da sonst keine reproduzierbaren Ergebnisse erzielt werden können.

Nach jeder Messung ist die Pumpe gründlichst mit Benzol zu reinigen. Dies geschieht, indem man den Ölbehälter entfernt und an seine Stelle ein mit wasserfreiem Benzol gefülltes Becherglas bringt. Das im Becherglas befindliche Benzol wird nun umgepumpt und solange erneuert, bis es die Messdüse klar verlässt. Dann wird die Pumpe mit Pressluft trocken geblasen. Dann spült man die Apparatur zweimal mit dem zu untersuchenden Öl durch und füllt den Ölbehälter mit frischem zu prüfendem Öl. Es ist peinlichst darauf zu achten, dass beim Reinigen keine Putzwollefäden oder sonstige Fasern in die Pumpe gelangen, denn diese Verunreinigungen setzen sich zwischen Ventilkugel und Ventilsitz und verursachen dadurch erhebliche Störungen.

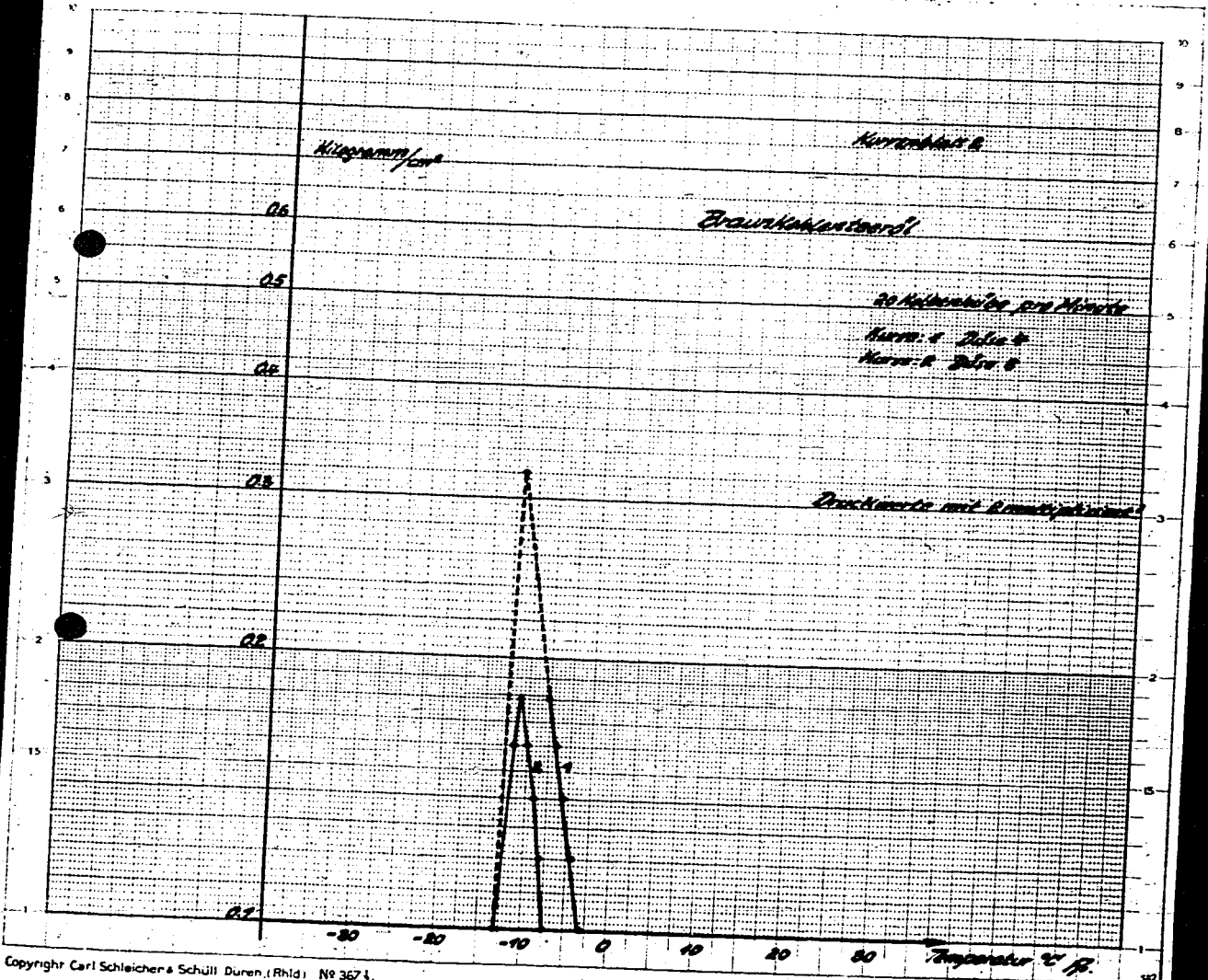
[Handwritten signature]

001791



Copyright Carl Schleicher & Schüll Düren (Rhd) Nr 367.

001792

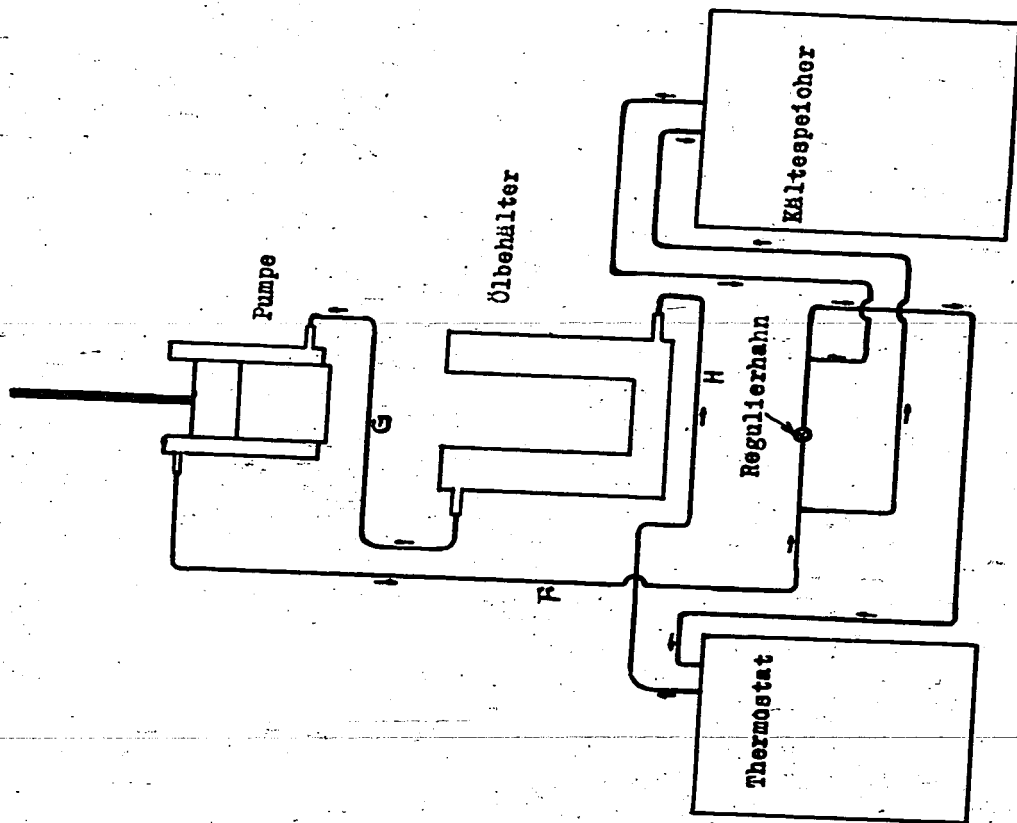


Copyright Carl Schleicher & Schüll Düren (Rhd) Nr 3673

Eine Achse logarithmisch geteilt, von 1 bis 10, Einheit 250 mm, die andere gleichm. in mm.

001793

Abb.3



Industrie-Schnellhefter

Katholikentag 1952

152

001794

W. Scharrer, Steinkrads
Buchdruckerei / Bürobedarf