

Bericht *Lastbrechversuche am Fahrzeug-*
Motor.

Technischer Prüfstand Op.

Nr. *369.*

F 4A

Verfasser *Dipl.-Ing. Colflein.*

Tag *1. Februar* 1939.

I-93

Gesehen von der Direktion

Zur Kenntnis an:

Empfänger	Ein- gang	Weiter	Unterschrift
29031			

B e r i c h t
über

Losbrech-Versuche am Fahrzeugmotor.

Die Größe der Arbeit, die man zum Inangusetzen des Verbrennungsmotors in einem Kraftfahrzeug aufwenden muß, ist bei demselben Motor nicht immer die gleiche. Sie hängt zwar zum Teil von den praktisch als gleichbleibend anzusprechenden Widerständen der Massenbeschleunigung und der Kompression ab, wird aber außerdem von verschiedenen veränderlichen Faktoren beeinflusst, und zwar

- 1.) von der Zähigkeit des verwendeten Schmieröles,
- 2.) von der Erstarrung bzw. Kristallbildung des Öles bei tiefen Temperaturen,

Der Einfluß dieser zuletzt genannten Erscheinung soll im folgenden untersucht werden.

I. Zweck der Versuche:

Wenn ein Kraftwagen längere Zeit bei niedriger Temperatur im Freien oder im ungeheizten Raum gestanden hat, so ist zum Anlassen des Motors ein bedeutend höherer Kraftaufwand nötig als bei normaler Temperatur. Man erkennt dies daran, daß der elektrische Anlasser eine bedeutend geringere Drehzahl annimmt als sonst. Beim Anwerfen von Hand spürt man außerdem deutlich, daß die größte Kraft unmittelbar bei Beginn der Bewegung auftritt und dann sofort wieder etwas absinkt. Es macht den Eindruck, als ob die Kurbelwelle samt den Kolben gewissermaßen "angefroren" ist und erst losgebrochen werden muß.

Um die Größe der bei diesem "Losbrechen" auftretenden Kräfte sowie ihren zeitlichen Verlauf zu bestimmen, wurden die im folgenden geschilderten Versuche unternommen.

II. Versuchseinrichtung (s. Blatt 1):

In Kälteraum Op 255 wurde ein normaler Opel-Fahrzeugmotor 10/40 PS auf einem Bock gelagert. Gleichachsig hierzu wurde ein Elektro-Getriebemotor mit $n = 10$ U/min auf einem zweiten Bock aufgebaut.

Die Übertragung der Drehbewegung des Elektromotors auf die Kurbelwelle des Versuchsmotors erfolgt durch ein kurzes Wellenstück W, dessen eines Ende entsprechend der üblichen Ausführung der Andrehkurbel mit schrägen Schlitzfenstern versehen ist, in welche die Mitnehmerstifte der Kurbelwelle eingreifen, während das andere Ende leicht drehbar in der Kupplungsscheibe K des Elektromotors gelagert ist. Auf der Welle W sitzt ein Hebel H, welcher einen Indikator J und eine Schreibtrommel T trägt. Auf der Kupplungsscheibe K ist ein Mitnehmer M befestigt, der unter Zwischenschaltung eines Druckstiftes S die Kraft auf den Indikator und somit auf die Kurbelwelle überträgt. Das Gewicht des Hebels mit Trommel und Indikator wird durch ein Gegengewicht G ausgeglichen.

Der Antrieb der Schreibtrommel erfolgt durch einen dünnen Stahldraht, der auf eine mit der Trommelachse verbundene Rolle R in mehreren Windungen aufgewickelt ist. Das freie Ende des Drahtes ist über eine Umlenkrolle U auf eine feststehende Scheibe A geführt und hier befestigt. Der Draht wird durch eine auf der Trommelachse angebrachte Spiralfeder F stets unter Spannung gehalten.

Sobald jetzt durch den Elektromotor die Welle W in Bewegung gesetzt wird, beginnt der Draht sich auf die feststehende Scheibe A aufzuwickeln, d.h. die Trommel dreht sich, und zwar direkt verhältnismäßig der Bewegung der Kurbelwelle. Um die Kompression in den Zylindern auszuschalten, wurden die Zündkerzen herausgenommen.

III. Durchführung der Versuche:

Bei den ersten Versuchen wurde der Mitschmer M des Elektromotors so eingestellt, daß der Druckschrift S im Augenblick des Anlaufens ein Längenspiel von 5-10 mm hatte, um dem Elektromotor Zeit zu geben, vor dem Losbrechen der Kurbelwelle bereits auf volle Drehzahl zu kommen und so alle Versuche mit der gleichen Geschwindigkeit vorzunehmen.

Die bei normaler Temperatur genommenen Diagramme zeigen einen Verlauf wie auf Blatt 2 unter Nr. 1 und 2 dargestellt ist. Der Knick bei a in dem aufsteigenden Teil der Kurve Nr. 1 verschwindet fast gänzlich, wenn man das Spiel zwischen Druckstift und Indikator auf höchstens 1 mm verringert und dadurch die Anfangsgeschwindigkeit des Hebels herabsetzt, s. Kurve Nr. 2. Der Knick wird also durch die Massenwirkung der bewegten Teile hervorgerufen. Dementsprechend wurde bei den weiteren Versuchen das Spiel des Druckstiftes stets unter 1 mm gehalten. Nach jedem Versuch wurde durch einige Umdrehungen der Kurbelwelle dafür gesorgt, daß sich in den Lagern und Zylindern die durch den Versuch zerstörte Ölschicht wieder bilden konnte.

Es wurden jedesmal bei gleicher Temperatur zwei Versuche im Abstand von 3-4 Minuten vorgenommen, wobei vor dem ersten Versuch immer eine längere Pause von mindestens einigen Stunden lag, um das Festsetzen der Kolben und der Kurbelwelle zu ermöglichen.

Aus dem Verlauf der bei normaler Temperatur erhaltenen Kurven Nr. 1 und 2 erkennt man, daß die Kraft P nach einer gewissen Zeit auf den Wert Null herabsinkt; das bedeutet, daß die Kurbelwelle durch den Stoß beim Anfahren und durch die gespannte Indikatorfeder eine Geschwindigkeit erhält, die auf einer gewissen Strecke größer ist als diejenige der antreibenden Welle. Nach einer gewissen Zeit holt diese die Kurbelwelle wieder ein, die Kraft P steigt wieder an. Dieser Vorgang wiederholt sich meist noch 1 bis

2 mal in verringertem Maße, bis sich ein gleichbleibender Wert von P einstellt.

Bei tieferen Temperaturen vermindert diese Erscheinung, schon bei $+4^{\circ}\text{C}$, Kurve 3 und 3a, bleibt P nach dem ersten Absinken annähernd gleich. Blatt 2a zeigt Kurven von Versuchen bei -1 und -7°C .

IV. Versuchsergebnisse:

Wenn man bei normaler Temperatur zwei Versuche in kurzem Abstand hintereinander vornimmt, nachdem die Versuchseinrichtung mehrere Stunden lang ruhig gestanden hat, so ist die Diagrammhöhe in beiden Fällen fast gleich. Die Losbrechkraft ist also nur gering.

Anders verhält es sich bei tiefen Temperaturen. Wie zu erwarten, steigt mit abnehmender Temperatur das zum Losbrechen erforderliche Drehmoment an (vgl. die Kurven auf Blatt 3), und zwar im Bereich von etwa 0 bis 5°C nach einer flachgewölbten Kurve, von da an linear. Bei dem für diese Versuche verwendeten Öl entspricht einem Absinken der Temperatur um 1°C eine Zunahme der am Indikator auftretenden größten Kraft um etwa $8,5$ kg.

Hierbei ist zu bemerken, daß in den Werten P_1 und P_2 auch die zur Beschleunigung der bewegten Teile erforderlichen Kräfte enthalten sind. Da der Anstieg der Kurven bis zum Höchstwert in etwa $0,07$ Sekunden erfolgt, so bilden diese Beschleunigungskräfte einen beachtlichen Teil der Gesamtkraft. Eine genaue Berechnung der Beschleunigungskraft ist infolge der großen Zahl der bewegten Teile sehr umständlich. Unter der vereinfachenden Annahme, daß das Gesamtgewicht dieser Teile, bezogen auf den Kolbenweg, 50 kg betrage, ergibt sich eine Beschleunigungskraft am Indikator von etwa $4,5$ kg.

Wie bereits erwähnt, wurde etwa $3-4$ Minuten nach jedem Versuch unter sonst gleichen Verhältnissen eine zweite Messung ausgeführt. Die heraus

ermittelten Werte P_2 ergeben eine Kurve, die etwas flacher, sonst aber in gleicher Weise verläuft wie die erste.

In der Zahlentafel, Blatt 4, sind sämtliche Versuchswerte zusammengestellt.

Wie sich im Verlauf der Versuche herausstellte, ist die Verbindung der Kurbelwelle mit der Zwischenwelle, welche das Anzeigerät trägt, nicht als absolut starr zu betrachten, sondern es tritt, sobald an der Zwischenwelle das Antriebs-Drehmoment wirkt, zunächst eine kleine Drehung derselben allein ein, bis die Kupplungsklaue genügend hart an den Mitnehmerstiften der Kurbelwelle anliegt. Dementsprechend bewegt sich die Schreibtrommel schon etwas eher als die Kurbelwelle; der Indikator schreibt hierbei eine schräg ansteigende Linie, siehe die Stelle b der Kurven auf Blatt 2. Dieser schräge Anstieg ist in sämtlichen Diagrammen zu erkennen. Bei einer absolut starren Verbindung der beiden Wellen würde die Kurve sofort senkrecht ansteigen bis zum Augenblick des Losbrechens. Da es aber bei den vorliegenden Versuchen hauptsächlich auf die Größe der auftretenden Kräfte ankam, wurde von einem Umbau der Einrichtung abgesehen.

Der in sämtlichen Diagrammen trotzdem vorhandene kleine, senkrechte Anstieg am Beginn der Kurve bei c entspricht der Kraft, die zur Beschleunigung der Zwischenwelle mit Hebel, Schreibgerät und Gegengewicht erforderlich ist.

V. Versuche mit Olivenöl:

Um festzustellen, wie sich ein Öl verhält, welches in der Kälte in besonders hohem Maße feste Kristalle bildet, wurde noch eine Reihe Messungen unter Verwendung von reinem Olivenöl, das schon bei etwa -5°C in einen salbenartigen Zustand übergeht, durchgeführt. Die Ergebnisse sind folgende:

Von 6 Versuchen bei Temperaturen von -1° bis -12°C liegen drei P_1 -Werte A_1 , A_2 und A_3 praktisch genau auf einer Geraden (vgl. die Kurven Blatt 5),

ebenso die zugehörigen P_2 -Werte A'_1 , A'_2 und A'_3 , so daß man wohl mit Sicherheit annehmen kann, daß die beträchtlich tiefer liegenden Werte A_4 , A_5 und A'_4 , A'_5 der übrigen Versuche durch besondere Umstände bedingt sind.

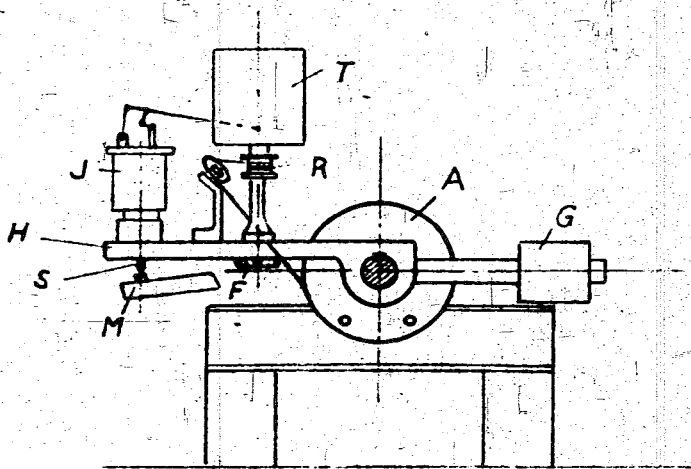
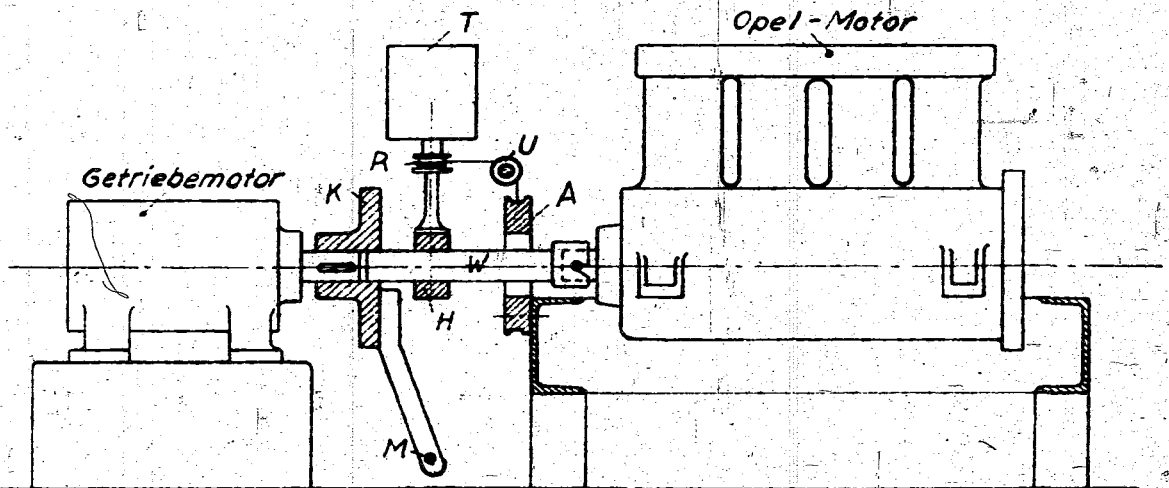
So hat sich z.B. gezeigt, daß die Länge der Ruhepause, die man der Apparatur vor dem Versuch gibt, bei Olivendöl von besonders großem Einfluß ist. Die ersten zwei Messungen wurden nach einer Pause von je 10 Stunden vorgenommen, während die Punkte A_4 , A_5 und A_6 und A'_4 , A'_5 und A'_6 , die außerhalb der Geraden liegen, von Versuchen stammen, bei denen die Pausen wesentlich kürzer bemessen werden mußten. Den letzten Punkt A_7 lieferte ein Versuch, bei dem die Pause wieder länger war. Auch Erschütterungen des Erdbodens durch vorüberfahrende Lastwagen können das Losbrechen begünstigen.

VI. Zusammenfassung:

Durch Versuche wurde festgestellt, daß beim Anwerfen eines Fahrzeugmotors bei tiefen Temperaturen ein Losbrechen der Kurbelwelle und der Kolben vor sich geht, das ein wesentlich größeres Drehmoment erfordert, als ein zweites, unmittelbar folgendes Anlassen unter sonst gleichen Bedingungen. In dem untersuchten Temperaturbereich von $+4^\circ$ bis -15°C steigt das Drehmoment von etwa -5°C ab linear mit fallender Temperatur.

6 Anlagen.

[Handwritten signature]
[Handwritten signature]



29038

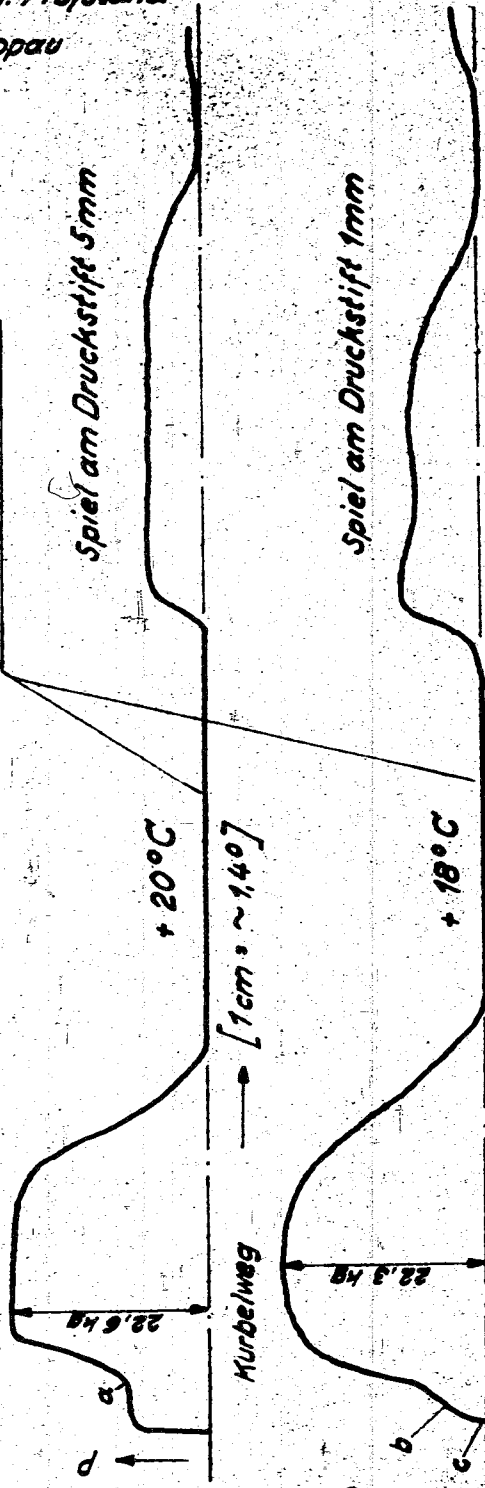
TPr.S. 273

Oppau

Voreilen der Kurbelwelle

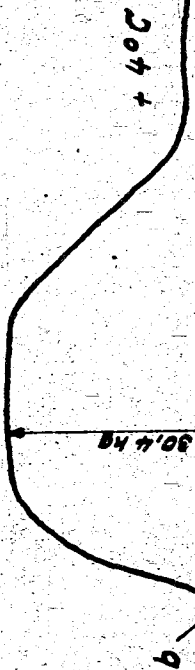
Spiel am Druckstift 5mm

Spiel am Druckstift 1mm

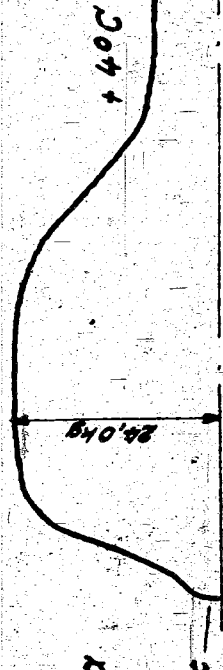


Nr. 1

Nr. 2



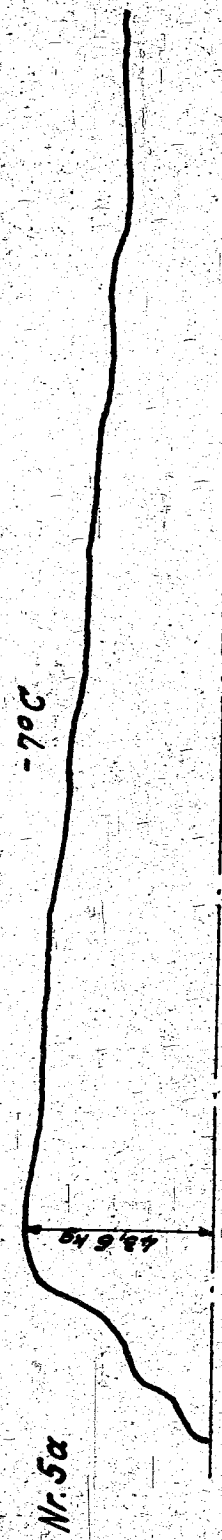
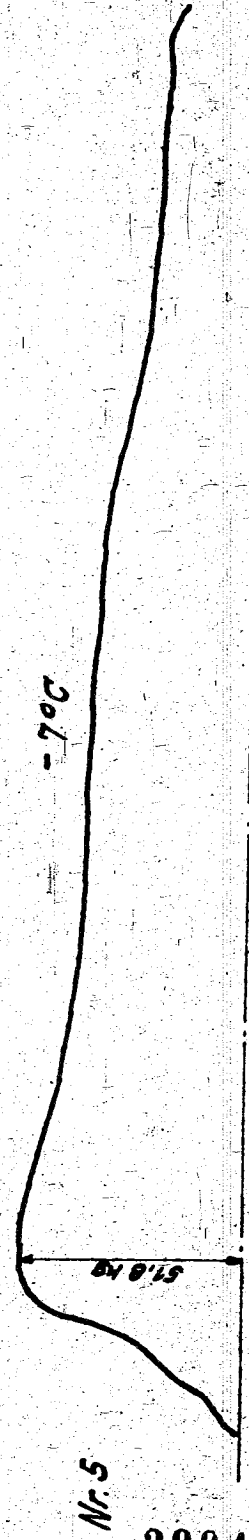
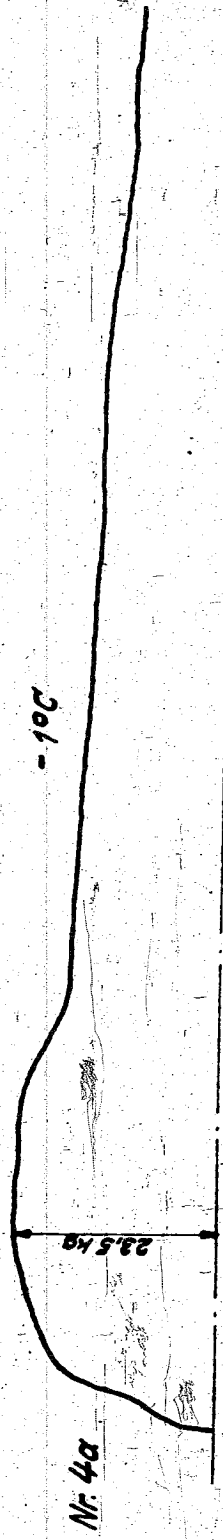
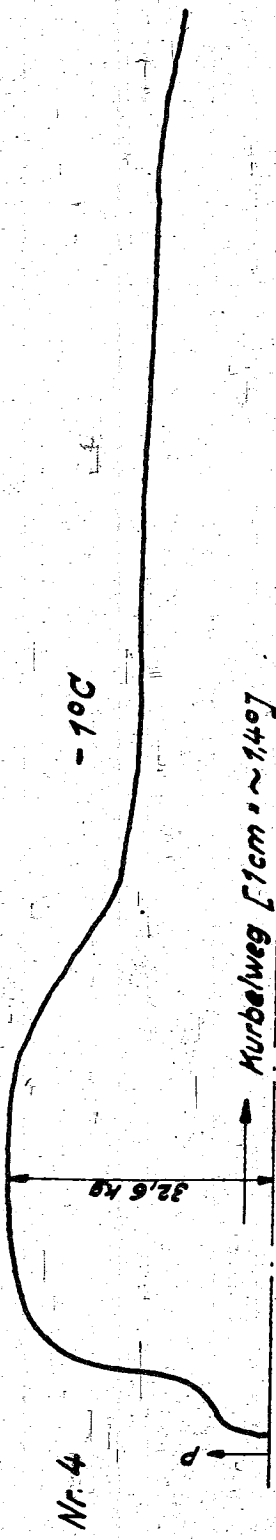
Nr. 3



Nr. 3a

29039

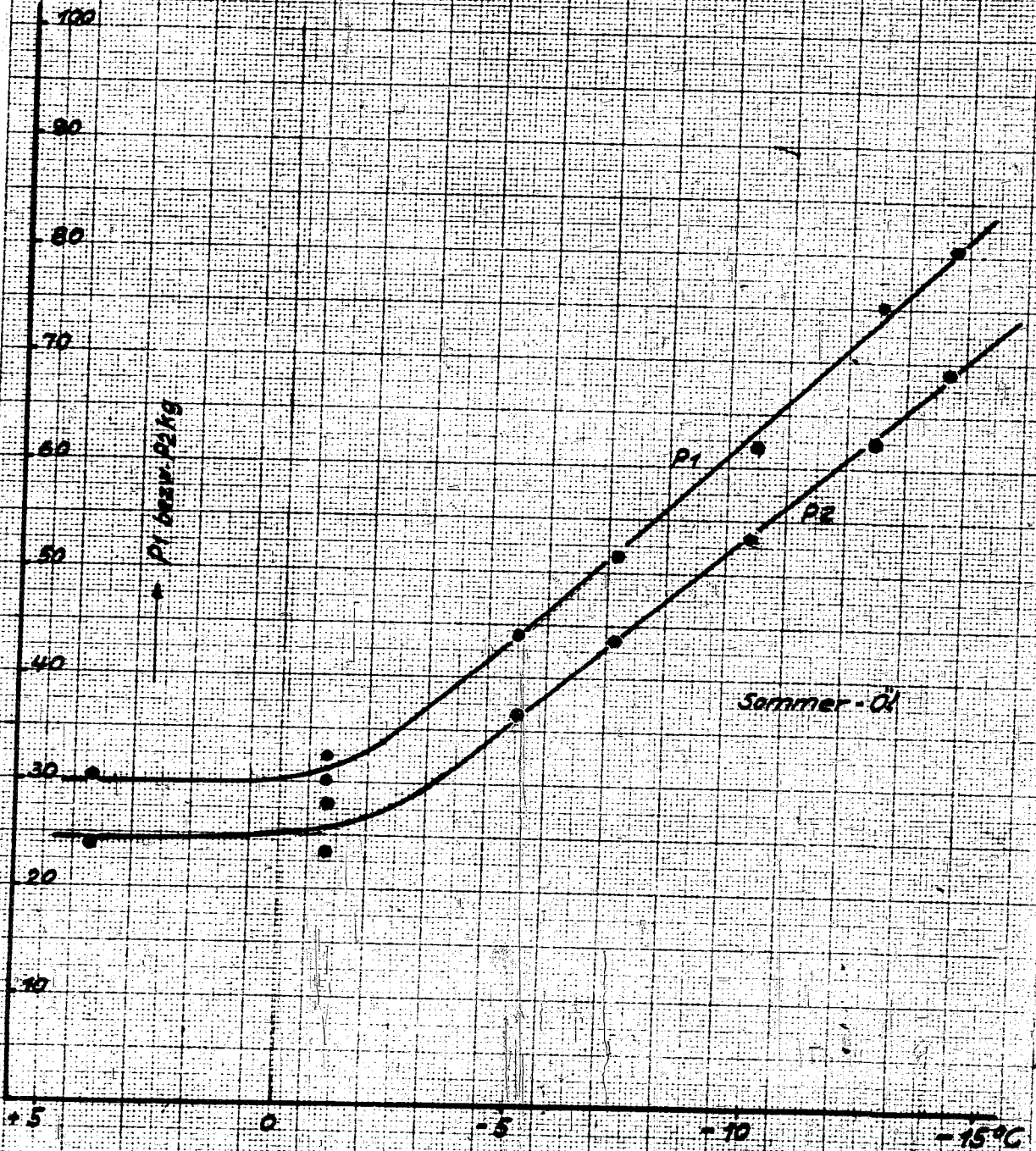
TPr.S. 274



29049

TPr. S. 275

Losbrech-Versuche am Opel-Motor



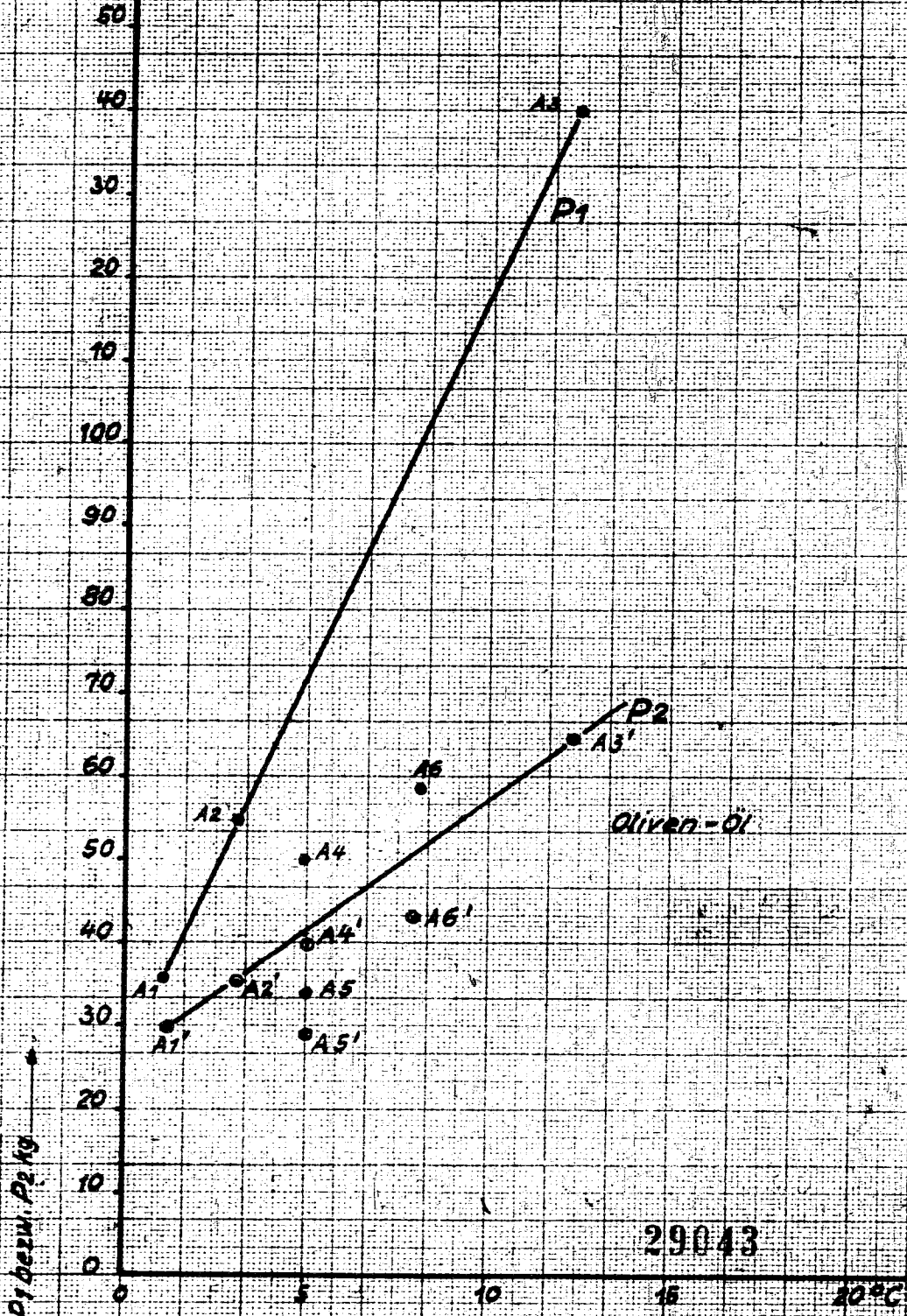
29041

TPr. S. 276

Zusammenstellung.

Vers. Nr.	Temp. C	Diagr. Nr.	Diagramm-höhe mm	Federmaßstab 1 mm = kg	P ₁ bzw. P ₂ kg	P ₁ - P ₂ kg	$\frac{P_2}{P_1}$ v. P ₁
1 1a	+ 4	3 3a	37,8 29,8	0,806	30,4 24,0	6,4	21
2 2a	- 1	4 4a	40,4 29,2	0,806	32,6 23,5	9,1	28
3 3a	- 1	- -	28,2 26,0	1,075	30,3 27,9	2,4	7,9
4 4a	- 5	- -	41,0 33,8	1,075	44,1 36,3	7,8	17,7
5 5a	- 7	5 5a	32,2 27,0	1,612	51,8 43,6	8,2	15,8
6 6a	-10	- -	39,7 33,2	1,612	64,0 53,5	10,5	16,4
7 7a	-12,5	- -	46,8 38,7	1,612	75,5 62,4	13,1	17,3
8 8a	-14	- -	49,8 42,8	1,612	80,5 69,0	11,5	14,3

Losbrech-Versuche am Opel-Motor



Oliven-öl

29043

TPr. 5. 277

DIN - Form A 4 P (10 x 17 mm)