

A 40

Bericht Nr. 502

**Über ein elektrisches Gerät
zur akustischen oder
optischen Ermittlung des Klopfbeginns.**

8568



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

Bericht des Technischen Prüfstandes Oppau

Nr. 502

Über ein elektrisches Gerät zur akustischen oder optischen
Ermittlung des Klopfbeginns

Übersicht: Die in dem vorliegenden Bericht beschriebene Apparatur zur Ermittlung des Klopfzustandes von Otto - Motoren stellt eine Weiterentwicklung der im Bericht Nr. 475 des Technischen Prüfstandes angegebenen Anordnung dar. Sie gestattet u. a. die auftretenden Klopfstöße ohne jegliches Grundgeräusch akustisch wahrzunehmen. Ferner arbeitet sie mit automatischer Regelung, sodass beispielsweise bei Flugmotoren mit zunehmender Überladung keine Änderung an der Einstellung des Verstärkers vorgenommen werden muss.

Abschliessend wird noch die Brauchbarkeit des Geräts durch einige Vergleichskurven nachgewiesen.

Abgeschlossen am: 4. Juni 1942 Gr.

Bearbeiter: Dr. E. Schuch

ff. Schmidt

Die vorliegende Ausfertigung 7 enthält

5 Textblätter

3 Bildblätter

Verteiler

Nr.	am	Empfänger	Nr.	am	Empfänger
1		Dr. Gmelin			
2		Obering. Pensig			
3		Dr. Schuch			
4-10		Techn. Prüfstand Op.			

8570

Über ein elektrisches Gerät zur akustischen oder optischen
Ermittlung des Klopfbeginns

Einleitung:

Die im Bericht Nr.475 des Technischen Prüfstandes beschriebene Apparatur zur Ermittlung des Klopfzustandes von Motoren weist vor allem den Nachteil auf, dass ausser dem eigentlichen Klopferton im Lautsprecher noch ein von den Maschinenbedingungen abhängiges Grundgeräusch wahrnehmbar ist. Dieses Grundgeräusch gibt wohl einen guten Anhaltspunkt über den Zustand der Maschine, doch ist es bei längeren Messreihen sehr unangenehm. Ausserdem wächst es bei Überladeversuchen an Motoren mit zunehmender Überladung an, sodass der eigentliche Klopfstoss nicht mehr so ausgeprägt wie bei geringerer Überladung wahrnehmbar ist. Zweck der Weiterentwicklung war daher die Beseitigung dieser Nachteile.

Dabei wurde von der mit dem bereits vorhandenen Gerät gemachten Feststellung ausgegangen, dass an der Klopfgrenze die Maschine nur einzelne harte Klopfschläge aufweist, während sie allgemein nicht klopft. Der Übergang vom klopfreien zum klopfenden Betrieb erfolgt wohl ziemlich plötzlich, es gibt aber eine Übergangsstufe, in der auch noch, wenn auch nicht ganz so harte Schläge auftreten, die man rein gehörmässig noch nicht als Klopfen bezeichnet. Der immerhin schnelle Übergang von Nichtklopfen zum Klopfen ermöglicht eine elektrisch arbeitende Apparatur zu schaffen, die nur die Klopfschläge, auch die noch nicht mit dem Gehör wahrnehmbaren, anzeigt.

Aufbau der Anordnung:

Die im Bericht Nr.475 des Technischen Prüfstandes angegebene Gesamtanordnung wurde im wesentlichen beibehalten: Ein Geber, der die Klopferschwingungen des Maschinengehäuses in elektrische Schwingungen umformt, leitet diese einem selektiv arbeitenden Wechselstromverstärker zu. Nach Verstärkung werden die interessierenden Schwingungen zur Ermittlung des Klopfzustandes der Maschine herangezogen.

Anstelle des früher verwendeten elektromagnetischen Gebers konnte jetzt wieder ein handelsüblicher Kristalltonabnehmer verwendet werden, dem die Schwingungen über einen kurzen Stahldraht zugeführt wurden.

Das Schaltbild des verwendeten Verstärkers bringt Blatt 1. Vor der ersten Verstärkerstufe befindet sich ein Hochpass, eine Kondensator-kette erster Art. Weiter wird in der ersten Stufe eine Regelröhre AH 1 und Resonanzverstärkung benutzt. Der Frequenzbereich reicht von etwa 5 000 bis 12 000 Hz. Die zweite Stufe ist eine gewöhnliche Widerstandsverstärkerstufe mit einer AF 7. Die zweistufig verstärkten Schwingungen werden nun gleichgerichtet und liefern über das Siebglied $R_{12} C_{22}$ Impulse, deren Grösse von der Stärke der vom Geber gelieferten Spannungen abhängt. Diese Impulse werden nun verstärkt und dann dem genügend negativ vorgespannten Gitter einer Gasentladungsröhre, eines sog. Thyratrons ($Sl/O,2$), zugeführt. Erreichen sie eine gewisse positive Grösse, was beim Klopfen der Fall ist, so setzt die Entladung des dem Stromtor parallel geschalteten Kondensators C_{26} ein, der nach der sofortigen Löschung des Thyratrons über den Widerstand R_{18} wieder aufgeladen wird. Durch das Klopfen werden also Stromimpulse hervorgerufen, die in verschiedener Weise zur Klopfanzeige herangezogen werden können. Einige Beispiele sind weiter unten angeführt.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, wächst nun auch das Grundgeräusch, d.h. die Schwingungen von angenäherter Klopf Frequenz, die auch schon schwach bei Nichtklopfen infolge der Explosion auftreten, mit zunehmender Überladung an. Etwa sonst auftretende, von anderer Ursache herrührende Schwingungen interessieren hier nicht, da sie leicht durch einen besonderen mit der Maschine gekoppelten Abscheider beseitigt werden können. Das Anwachsen des Grundgeräusches hat zur Folge, dass bei höherer Überladung das Thyatron schon früher anspricht, sodass die eigentliche Klopfgrenze nicht richtig ermittelt wird. Um das zu vermeiden, müsste man den Eingangsregler entsprechend der Zunahme der Überladung zurückdrehen. Diese Regelung der Eingangsspannung lässt sich aber auch automatisch vornehmen. Aus diesem Grunde weist das Schaltbild noch eine weitere Gleichrichterröhre auf, die

über das Siebglied R_{10} C_{19} die Regelspannung für die Eingangsröhre A H 1 liefert. Bei stärker werdenden Eingangsamplituden wird jetzt die Vorspannung des Gitters der ersten Röhre soweit zurückgeregelt, dass die Ausgangsamplituden immer nahezu gleich hoch bleiben. Nur plötzliche, seltener auftretende Stöße werden infolge der grossen Zeitkonstante des Siebgliedes nicht geregelt, sodass sie zur Steuerung des Thyatrones verwendet werden können.

Die Gleichrichtung wird hier über 2 Gleichrichterröhren vorgenommen, um bei Benutzung der allgemein gebräuchlichen Röhre AB 2 mehr Einstellmöglichkeiten zu haben. Mittels des Potentiometers P_2 kann die Regelung eingestellt werden, ohne dass die Höhe der Impulse direkt geändert wird.

Die durch die Entladung des Kondensators C_{26} hervorgerufenen Stromänderungen geben nun die Möglichkeit, die Klopfstöße optisch oder akustisch wahrnehmbar zu machen. So kann man einen Drahtfunkverstärker mit Lautsprecher an die entsprechend bezeichnete Buchsenanschlüssen oder ein Zeigerinstrument, eine Glimmlampe oder auch ein Relais an die mit Ladestrom bezeichneten Buchsen. Durch das Relais kann man beispielsweise eine Glocke steuern lassen, sodass sie bei jedem Klopfstoss ertönt. Der Apparat bietet weiter noch die Möglichkeit, die geregelten und verstärkten Schwingungen mittels Braun'scher Röhre zu beobachten oder durch Anschluss eines Lautsprechers das Klopfen mit Grundgeräusch zu hören. Der Apparat weist die vielen Anschlussmöglichkeiten auf, um möglichst viele Anzeigemethoden erproben zu können.

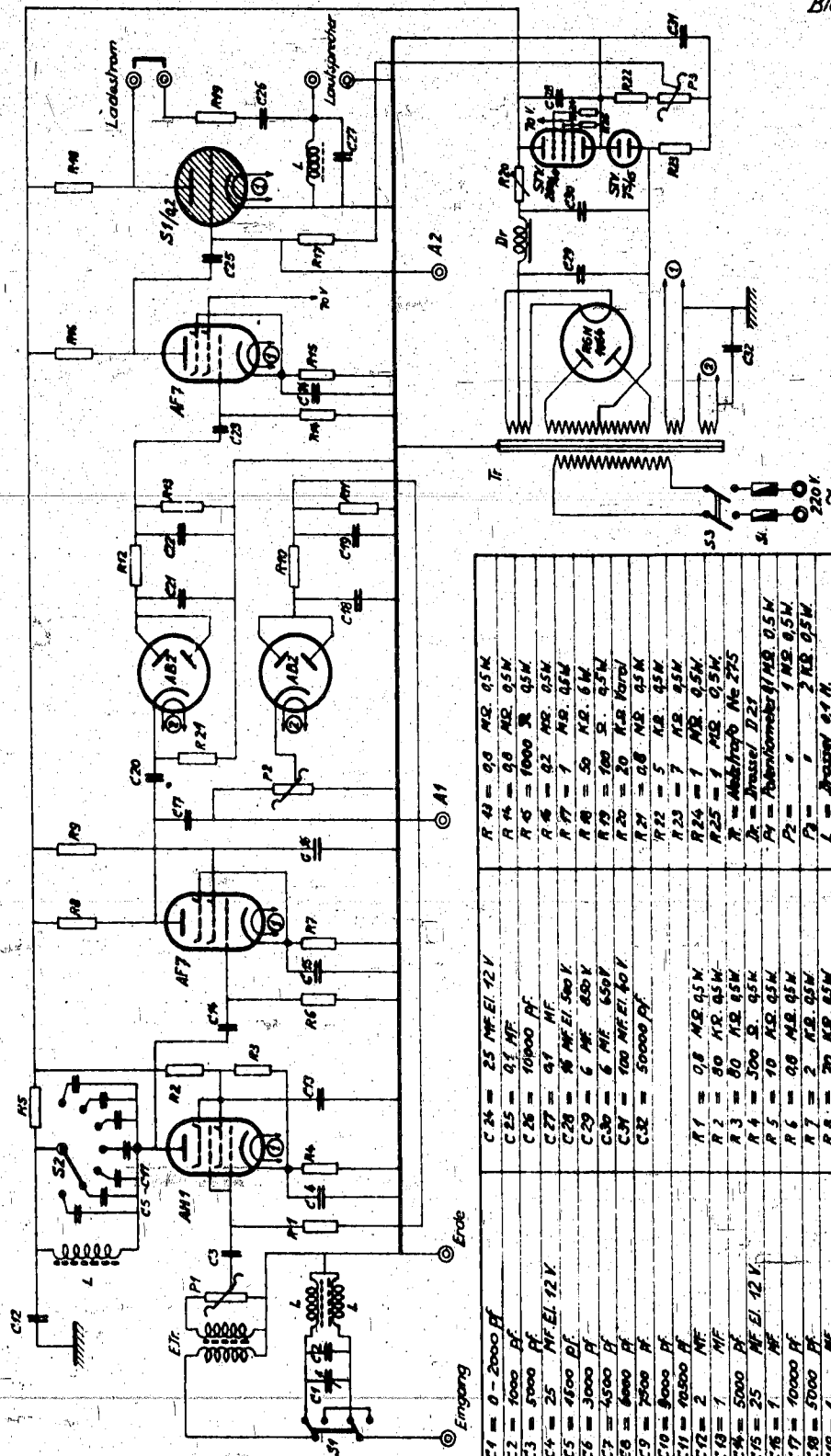
Erprobung der Apparatur an der Maschine

Die beschriebene Apparatur ist nach den bisherigen Versuchen sowohl für den luftgekühlten Flugmotoren-Einzylinder BMW 132 als auch für den wassergekühlten Zylinder DB 6001 gut verwendbar. Insbesondere liegen Vergleichsversuche am BMW 132 vor.^{*)} Blatt 2 zeigt für einen Kraftstoff die Klopfgrenzkurven bei Ermittlung des Klopfbeginns durch Ab-

^{*)} Diese Versuche wurden mit Unterstützung von Herrn Dipl.-Ing. Witschakowski durchgeführt.

hören und nach der oben beschriebenen Methode. Dabei wurde das elektrische Gerät so eingestellt, dass man bei Arbeiten mit Grundgeräusch für einen Punkt Übereinstimmung zwischen Abhören und elektrischer Methode hatte. Die beiden entsprechenden Kurven stimmen dann praktisch im ganzen Verlauf überein. Nun wurde ohne Grundgeräusch gefahren. Dabei wurde die Vorspannung für das Gitter des Thyratrons so eingestellt, dass die Apparatur ziemlich empfindlich war. Dann liegt die so ermittelte Klopfgrenzkurve bei Luft - Überschuss etwa 1 at Nutzdruck tiefer als die durch Abhören ermittelte Kurve. Der so festgestellten Klopfgrenze entsprechen etwa 1-3 mit dem Gehör wahrnehmbare Klopfschläge pro Minute, während allgemein 8 - 10 hörbare Klopfschläge als Klopfbeginn bezeichnet werden. Das Gerät zeigt also das Klopfen früher an. Natürlich lässt sich die Apparatur auch unempfindlicher durch Vergrößerung der negativen Vorspannung machen, sodass Übereinstimmung besteht. Die Einstellung ist also subjektiv, und es ist daher ein Bezugskraftstoff oder ein sonstiger Bezugspunkt nötig. Da die durch Abhören ermittelten Kurven am besten mit den von anderen Stellen ermittelten Kurven im Einklang stehen, so wurden sie bei den folgenden Versuchen als massgeblich angesehen. Bei den in Blatt 3 wiedergegebenen Kurven wurde daher zunächst die Kurve für den Bezugskraftstoff Br.2315 durch Abhören ermittelt und dann der elektrische Klopfmesser so eingestellt, dass er bei Arbeiten ohne Grundgeräusch die gleiche Kurve lieferte. Daraufhin wurden zwei weitere Kraftstoffe nach beiden Methoden ohne Verstellung an dem Gerät gefahren. Wie aus Blatt 3 hervorgeht, ergeben beide Methoden die gleichen Kurven. Diese und weitere Versuche zeigten, dass es bei längeren Messreihen und damit bei kürzeren erst recht genügt, die Apparatur einmalig zu Beginn für einen Versuchspunkt auf Gleichheit mit dem Abhören abzustimmen. Dann können alle Kurven ohne weiteres Einstellen gefahren werden.

Wieweit sich das Gerät auf die Dauer bewährt, soll sich noch erweisen. Alle laufenden Untersuchungen werden z.Zt. mit ihm durchgeführt.



Schaltbild zum Klappmeßgerät.

C1 = 0 - 20000 Hf	C24 = 25 MF EI 12 V	R43 = 0,8 MΩ 0,5 W
C2 = 1000 Pf	C25 = 0,1 MF	R44 = 0,8 MΩ 0,5 W
C3 = 5000 Pf	C26 = 10000 Pf	R45 = 10000 Ω 0,5 W
C4 = 25 MF EI 12 V	C27 = 0,1 MF	R46 = 0,2 MΩ 0,5 W
C5 = 4500 Pf	C28 = 10 MF EI 500 V	R47 = 1 MΩ 0,5 W
C6 = 3000 Pf	C29 = 6 MF 250 V	R48 = 50 MΩ 0,5 W
C7 = 4500 Pf	C30 = 6 MF 650 V	R49 = 100 Ω 0,5 W
C8 = 6000 Pf	C31 = 100 MF EI 40 V	R50 = 20 MΩ 0,5 W
C9 = 7500 Pf	C32 = 50000 Pf	R51 = 0,8 MΩ 0,5 W
C10 = 9000 Pf		R52 = 5 MΩ 0,5 W
C11 = 10000 Pf		R53 = 7 MΩ 0,5 W
C12 = 1 MF		R54 = 1 MΩ 0,5 W
C13 = 2 MF		R55 = 1 MΩ 0,5 W
C14 = 5000 Pf		R56 = 1 MΩ 0,5 W
C15 = 25 MF EI 12 V		R57 = 1 MΩ 0,5 W
C16 = 1 MF		R58 = 1 MΩ 0,5 W
C17 = 10000 Pf		R59 = 1 MΩ 0,5 W
C18 = 5000 Pf		R60 = 1 MΩ 0,5 W
C19 = 1 MF		R61 = 1 MΩ 0,5 W
C20 = 10000 Pf		R62 = 1 MΩ 0,5 W
C21 = 0,1 MF		R63 = 1 MΩ 0,5 W
C22 = 0,1 MF		R64 = 1 MΩ 0,5 W
C23 = 10000 Pf		R65 = 1 MΩ 0,5 W

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
 Ludwigshafen am Rhein
 Tag 16.5.42. Name: *Kretsch*

Modell:

z. Bericht No. 502 vom 4.6.42
 Urheberrechtsschutz nach DIN 34

TP.S. 2197

8575

Klopfgrenzkurven nach dem Überladeverfahren

Motormuster: **BMW 132 N**

Verdichtungsverhältnis: **1 6,5**

Motornummer: **II**

Ladelufttemperatur: **130 °C**

Versuchstag:

Zündzeitpunkt: **30 ° v. d. T.**

1. Prüfkraftstoff: **Br. 2315**

Versuch Nr.

2. Prüfkraftstoff:

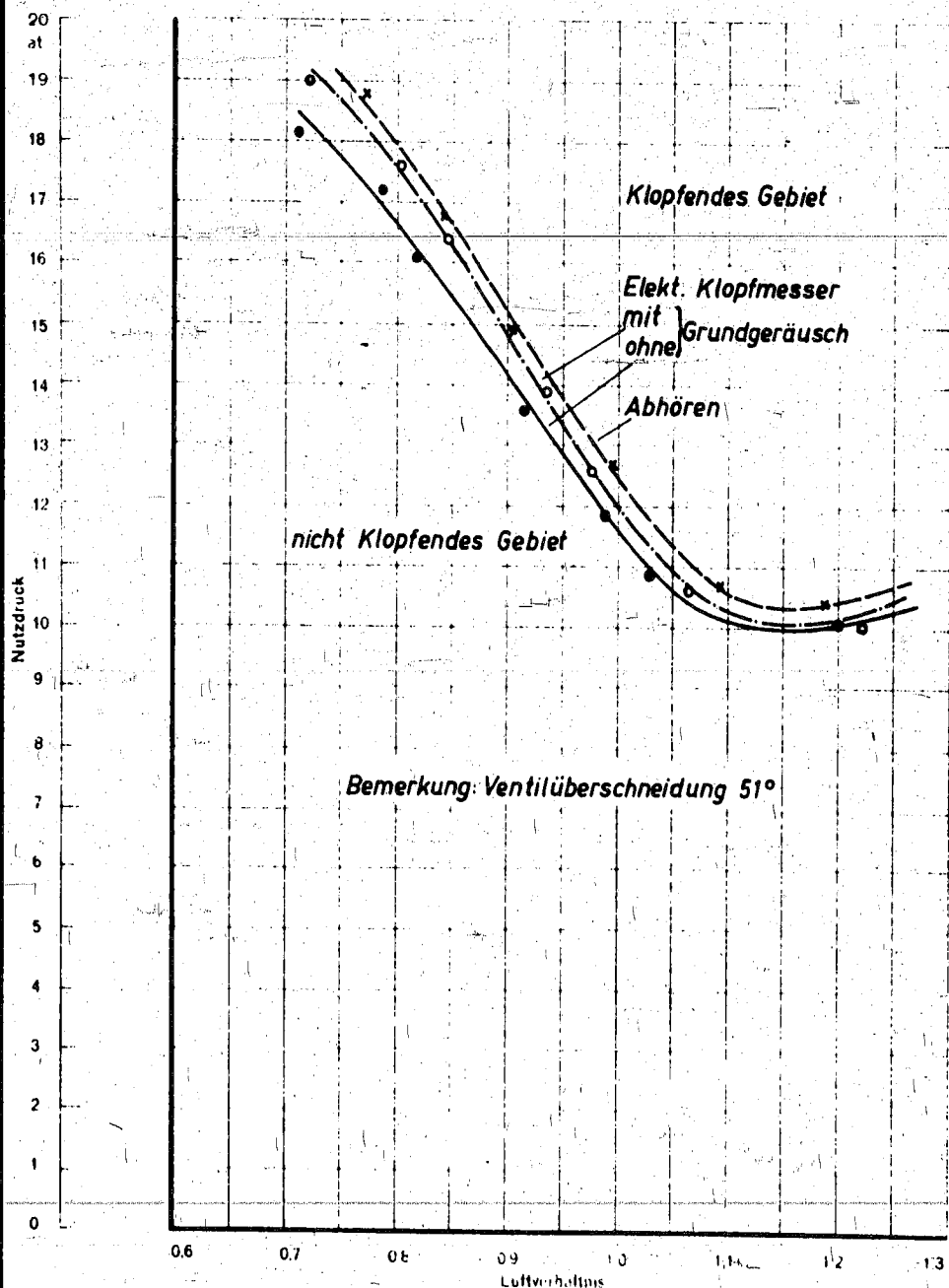
Versuch Nr.

3. Prüfkraftstoff:

Versuch Nr.

4. Prüfkraftstoff:

Versuch Nr.



Klopfgrenzkurven nach dem Überladeverfahren

Motormuster: **BMW 132 N**Verdichtungsverhältnis: **1 6,5**

Motornummer:

Ladelufttemperatur: **130 °C**

Versuchstag:

Zündzeitpunkt: **30° v. o. T.**1. Prüfkraftstoff: **Br. 2294**

Versuch Nr.:

2. Prüfkraftstoff: **Br. 2315**

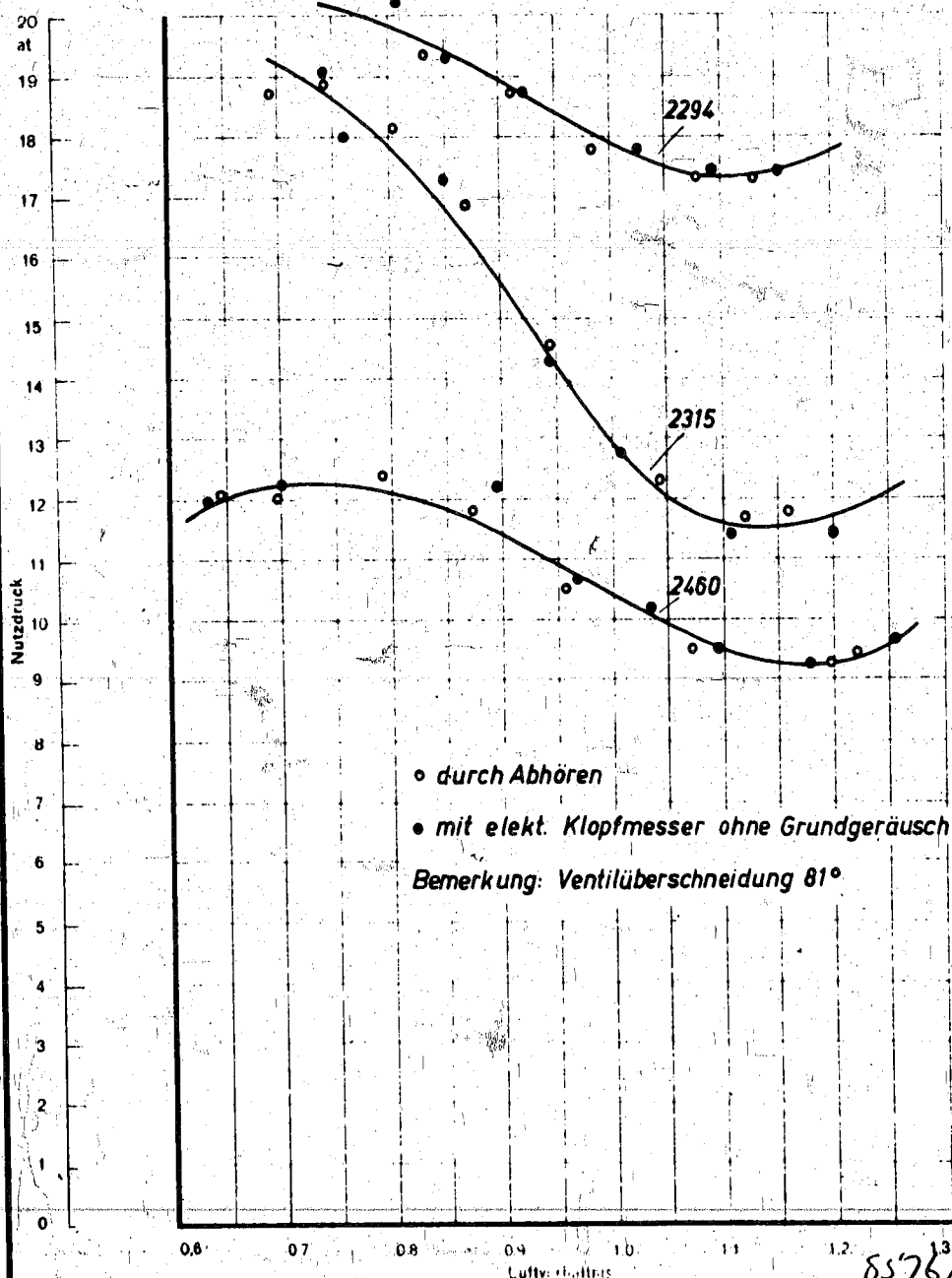
Versuch Nr.:

3. Prüfkraftstoff: **Br. 2460**

Versuch Nr.:

4. Prüfkraftstoff:

Versuch Nr.:



8576/1