

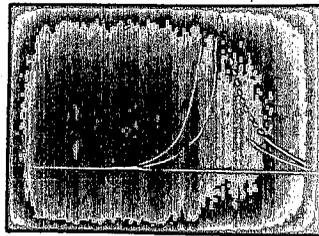
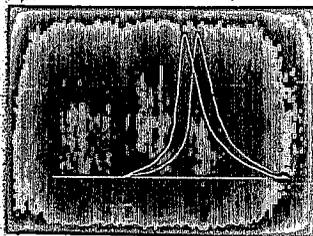
Das DVL-Klopfmeßverfahren der Druckbeschleunigung.

Von Ing. Heinz Wende, DVL, Adlershof,
(Der Vortrag wurde anstelle des erkrankten Herrn
Dr.-Ing. F.Lichtenberger gehalten)

Das Verfahren geht von der exakten Grundlage des Druckverlaufes im Zylinder aus, der vorteilhaft mit einem Quarzindikator gemessen wird. Bei diesem Diagramm ist nun noch kein großer Unterschied zwischen Klopfen und Nichtklopfen zu sehen, insbesondere sind die Höchstdrücke kaum verschieden, deshalb wird nun der in der Dimension at bzw. kg/cm^2 gemessene Druck p nach der Zeit elektrisch differenziert, d.h. es wird seine Ableitung dp/dt dargestellt, wodurch schon eine größere Empfindlichkeit des Ausschlages auf das Klopfen erreicht wird. Diese einmalige Differentiation ist schon öfters zur Klopfanzeige benutzt worden, sie reicht aber in ihrer Empfindlichkeit noch nicht ganz aus. Eine noch größere Empfindlichkeit erhält man nun durch eine zweite Differentiation d^2p/dt^2 .

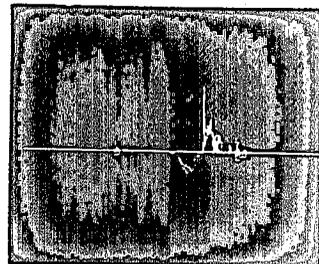
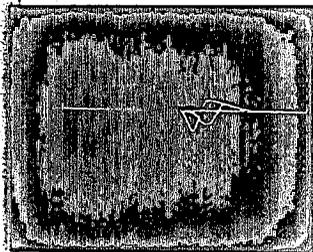
klopf frei

klopfend

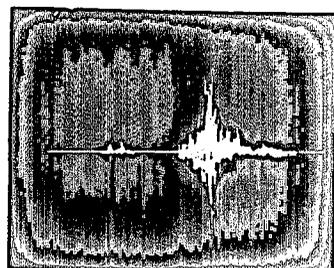
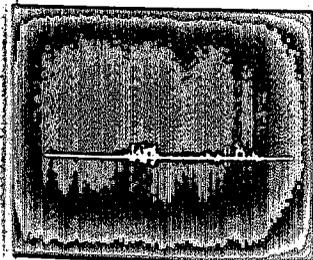


p

Abb.1-3: Aufnahmen am DVL-Zeiss-Ikon-Klopfanzeiger



$\frac{dp}{dt}$



$\frac{d^2p}{dt^2}$

Die physikalische Erklärung dafür ist folgende: Die zweite Differentiation stellt eine Krümmungsmessung dar, da der Krümmungsradius der Diagrammspitze von Nichtklopfen zu Klopfen außerordentliche Änderungen erfährt, muß sich diese Klopfempfindlichkeit auch in der zweiten Ableitung auswirken. Durch die Abb.1-3-34029-, die nachgezeichnete Diagramme des DVL-Zeiss-Ikon-Klopfanzeigers wiedergeben, soll diese Empfindlichkeitssteigerung von p über dp/dt zu d^2p/dt^2 qualitativ veranschaulicht werden.

Das Neue an dem DVL-Verfahren ist nun weiterhin die Art der Auswertung, die nicht die Amplitudenausschläge zweier Motoreinstellungen vergleicht, sondern in einer ganzen Betriebskurve den Klopfbeginn als ausgezeichneten Punkt ermittelt. Zu diesem Zweck trägt man die Ausschläge von d^2p/dt^2 , die mit einer beliebigen, nur eben konstanten Empfindlichkeit gemessen sein können, als Ordinate auf, als Abszisse einen Motorbetriebswert, dessen Steigerung das Klopfen herbeiführt. Alle anderen Motordaten müssen dabei genau konstant gehalten werden. Man erhält nun einen Verlauf von d^2p/dt^2 über diesem Betriebswert, der durch einen deutlichen Knick gekennzeichnet ist. Dieser Knick, der den Klopfbeginn darstellt, ist in mehrjährigen Versuchen bei allen Kurven gefunden worden. Als veränderlicher Abszissenwert wurde der Ladedruck, sowie das Verdichtungsverhältnis gewählt. Aber auch bei solchen Motoren, bei denen die Änderungen des Ladedruckes oder des Verdichtungsverhältnisses nicht so einfach möglich ist, wie es die Kraftstoffprüfmotoren gestatten, bewährt sich das Klopfanzeigeverfahren der Druckbeschleunigung ausgezeichnet. Man kann in diesem Falle den Verlauf der Klopfamplitude über dem Kraftstoffverbrauch verfolgen. Das Klopfgebiet ist dann durch 2 Knickpunkte im Verlauf der Klopfamplitude gekennzeichnet (s. Abb.4 - 34035 -). Diese Art der Aufnahme ist bei Vollmotoren ohne weiteres anzuwenden und hat in Versuchen, die die DVL zusammen mit der Flugmotoren-Industrie durchgeführt hat, zu einwandfreien Meßergebnissen geführt. Dieses Klopfanzeigeverfahren wird am besten mit dem DVL-Zeiss-Ikon-Klopfanzeiger ausgeführt.

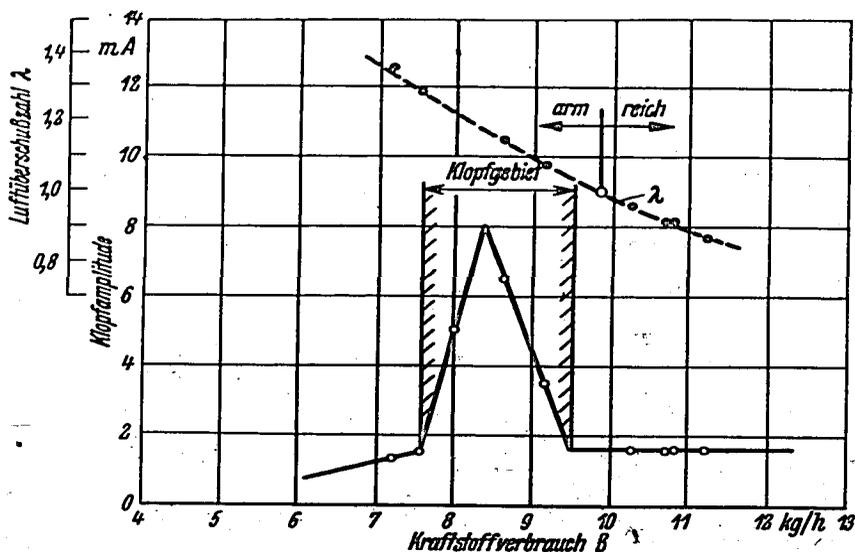


Abb. 4: Meßergebnis des Klopfanzeigers bei Gemischänderung.

Beschreibung des DVL-Zeiss-Ikon-Klopfanzeigers.

1. Indikator:

Als Druckgeber wird ein Quarzindikator der DVL verwendet, der das Ergebnis jahrelanger Untersuchungen und Verbesserungen darstellt. Im Gegensatz zu anderen Indikatoren besitzt der DVL-Indikator keinen Luftkanal vor dem druckempfindlichen Element, der die Messung verfälschen könnte, sondern die Kolbenfläche schließt mit dem Einschraubgewinde glatt ab. Die Eigenschwingung des Quarzsystems liegt zwischen 35 000 und 50 000 Hertz. Der Geber arbeitet ohne Wasserkühlung, da es gelungen ist, die Temperaturabhängigkeit durch geeignete konstruktive Maßnahmen auszuschalten. Besonders hervorzuheben, sind die guten mechanischen Eigenschaften, auch bei den höchsten Frequenzen, und die große Betriebsdauer. Die kleine gedrungene Form (Schlüsselweite 22 - 24 mm, Höhe ohne Elektrode 43 mm) macht ihn auch für enge Raumverhältnisse noch brauchbar, wie sie an luftgekühlten, verrippten Zylindern auftreten.

Das Verbindungskabel ist nahezu erschütterungsunempfindlich, die Kabelendverschlüsse sind entsprechend dem Prüfstandsbetrieb möglichst robust ausgeführt.

2. Verstärker:

Die von dem Indikator abgegebenen Impulse werden über das erwähnte Kabel dem eigentlichen Gerät zugeleitet, das in Abb.5 - 34028 - dargestellt ist.

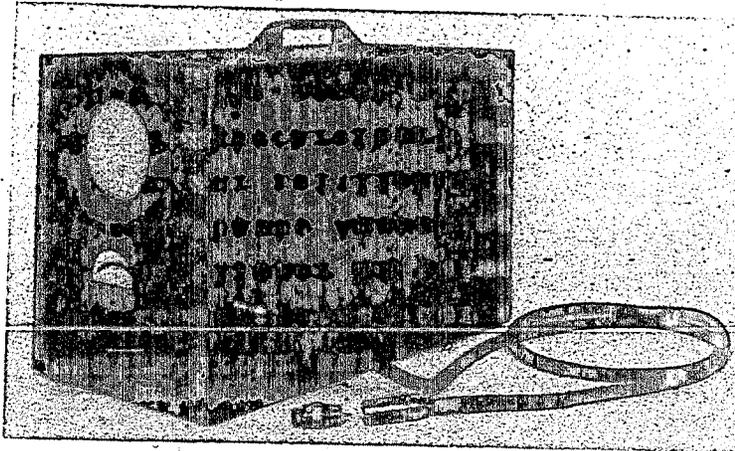


Abb.5: Ansicht des DVL-Zeiss-Ikon-Klopfanzeigers.

Dort werden die Impulse zunächst verstärkt, dann je nach Wunsch ein- oder 2mal differenziert und schließlich in dem eingebauten großen Kathodenstrahlrohr zur Anzeige gebracht. Gleichzeitig wird von den Amplitudenspitzen der d^2p/dt^2 -Impulse - ebenfalls elektrisch - ein zeitlicher Mittelwert gebildet, den das in der Frontplatte eingebaute Ausschlagsinstrument anzeigt. Dieser Mittelwert kann zur zeitlichen Registrierung auch noch auf ein Schreibgerät (Punktschreiber) gegeben werden, und zwar mit Hilfe von 2 Buchsen, die sonst mit Kurzschlußstecker überbrückt sind. Bei der äußeren Gestaltung des Gerätes¹⁾ wurde auf Handlichkeit und Übersichtlichkeit großer Wert gelegt, damit der Klopfanzeiger leicht befördert, aufgestellt und auch durch angelernte Kräfte bedient werden kann. Von den beiden großen Schaltern in der Frontplatte ermöglicht der rechte mit einem Schaltgriff das p-, dp/dt- oder d^2p/dt^2 -Diagramm einzustellen, während der linke die Anpassung der Verstärkung an die jeweilige Indikator-Empfindlichkeit bzw. Motorklopfstärke gestattet.

1) Die Konstruktion übernahm die Zeiss-Ikon A.-G., Dresden.

Die Bedienungsschrauben auf der rechten Längswand, deren Zahl auf das Mindestmaß beschränkt ist, sollen möglichst nur lx eingestellt und dann nicht mehr verändert werden. In Abb. 6 - 34034 - ist die erwähnte rechte Seitenwand dargestellt, wobei zu jeder Betätigungsschraube oder Buchse der entsprechende Zweck hinzugeschrieben ist.

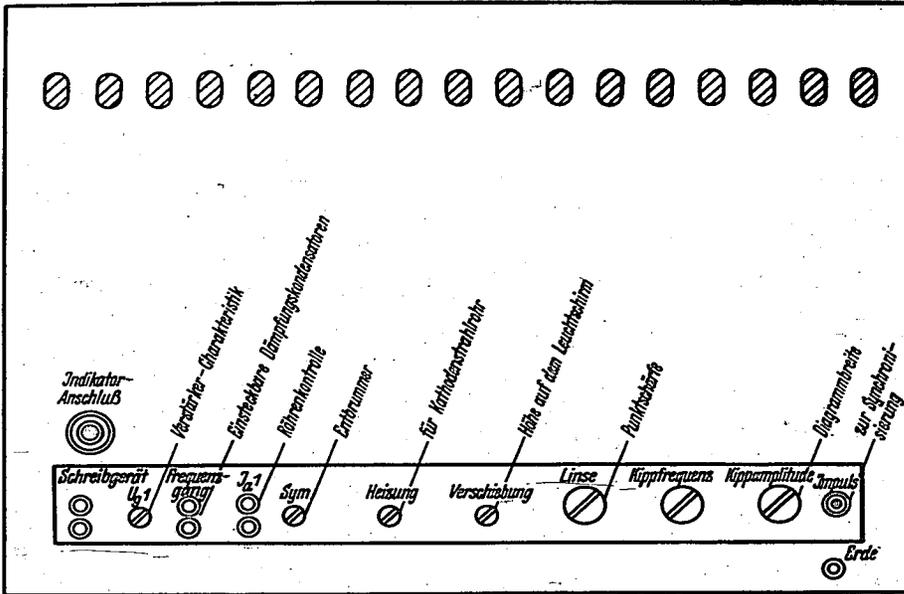


Abb. 6: Seitenwand des DVL-Zeiss-Ikon-Klopfanzeigers.