

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 87/88 (1926)
Heft: 21

Artikel: Das "pi-Meter", ein Mitteldruck-Indikator
Autor: Geiger, Jos.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-41003>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Das „ p_i -Meter“, ein Mitteldruck-Indikator. — Ueber das schiffahrts-technische Problem Strassburg-Basel. — Erklärungsversuche zur Entstehung des gotischen Rippengewölbes. — Zur schweizerischen Flugexpedition durch Afrika. — Miscellanea: Versuche mit geschweissten Fachwerkträgern. Automobilverkehr und Strassenausbildung. Erfinder-Schutz-Verband der Schweiz. Neuzeitliche Stellwerk-

häuschen in Frankreich. Eidgenössische Technische Hochschule. Der Schluss-Stein am Pont Butin. Vom Wirkungsgrad der Wasserturbinen. — Konkurrenzen: Neubau der Schweizer Volksbank in Solothurn. Evangelische Stadtkirche Frauenfeld. — Literatur: Junge Baukunst in Deutschland. Literarische Neuigkeiten. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Band 88.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 21

Das „ p_i -Meter“, ein Mitteldruck-Indikator.

Von Dr. JOS. GEIGER, Augsburg.

Im Gegensatz zur Elektrotechnik besitzt der Kraftmaschinenbau noch kein allgemein anwendbares Mess-Instrument, an dem ähnlich wie bei Ampère- oder Wattmetern die Leistung unmittelbar abgelesen oder registriert werden könnte. Die verschiedenen Dynamometer, wozu auch die Torsions-Indikatoren gehören, haben aus verschiedenen Gründen bisher nur eine sehr beschränkte Verwendung gefunden. Die sogenannten planimetrierenden Indikatoren und Leistungszähler, die vor dem Kriege aufgetaucht, sind ebenfalls zu keiner Bedeutung gelangt und heute wieder wohl so ziemlich vom Markt verschwunden.

Andererseits besteht gar kein Zweifel, dass ein dringendes Bedürfnis nach einem Instrument vorhanden ist, das die momentane Leistung einer Kolbenkraftmaschine unmittelbar abzulesen gestattet. Die Leistungszähler können, abgesehen von ihren schwerwiegenden praktischen Mängeln, die ihre Anwendung ausschliessen, schon aus dem Grunde nicht in Betracht kommen, weil sie nicht den Momentanwert der Leistung anzeigen, sondern lediglich die pro Kolbenhub geleisteten Arbeiten zusammenzählen.

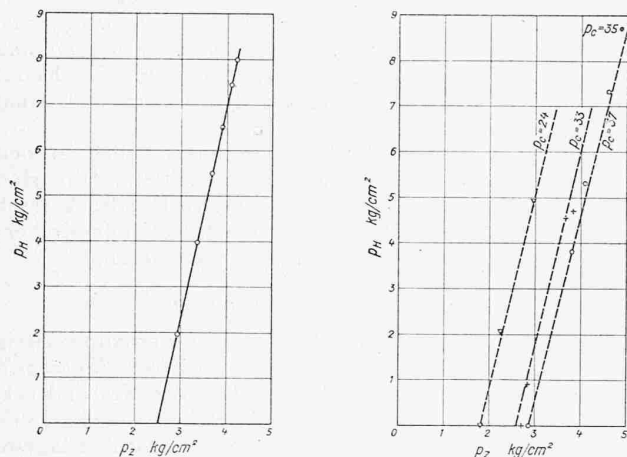


Abb. 3 und 4. Mittlere Drücke bezogen auf den Kolbenhub (p_H) in Funktion der mittlern Drücke bezogen auf die Zeit (p_Z) für eine Auspuff-Dampfmaschine (berechnet aus Abb. 1). für einen Viertakt-Dieselmotor (p_c = Kompressionsdruck).

Zu gleicher Ablesung am Leistungszähler können je nach Belastung und deren Dauer ganz verschiedene Werte des effektiven Leistungsverbrauches gehören. Man muss also, auch wenn das Instrument mathematisch genau arbeiten würde, zu ganz irrümlichen Schlüssen hinsichtlich des Brennstoff-Verbrauches gelangen.

Auf Grund dieser Gedankengänge entstand das p_i -Meter oder der Mitteldruck-Indikator, der im folgenden kurz erläutert werden soll.



Abb. 1 und 2. Kolbendruck-Hubdiagramme und Kolbendruck-Zeitdiagramme einer normalen Auspuff-Dampfmaschine für verschiedene Füllungen.

Das Instrument hat den Zweck, den mittlern Druck im Zylinderinnern von Kolbenkraftmaschinen aller Art in jedem Moment unmittelbar anzuzeigen bzw. unter Umständen dauernd zu registrieren. An Hand der aufgezeichneten Kurve gewinnt man ein einwandfreies Bild über den gesamten Leistungsverbrauch; man sieht sofort, wie sich die Belastung auf die einzelnen Tagesstunden verteilt.

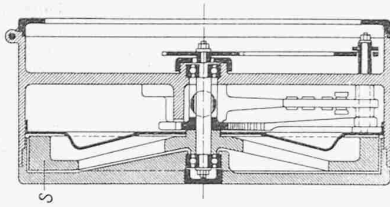
Das Prinzip des Instrumentes besteht in der neuartigen Erkenntnis, dass *zwischen dem mittleren Druck bezogen auf die Zeit und dem mittleren Druck bezogen auf den Kolbenhub ein überraschend einfacher Zusammenhang bei fast allen Kolbenkraftmaschinen besteht*. Um sich dies klar zu machen, beachte man die beigegebenen Diagramme:

In Abbildung 1 sind für eine normale Auspuff-Dampfmaschine eine Reihe von Diagrammen mit ganz verschiedener Füllung übereinander gezeichnet. Der Druckabfall beim Einströmen und die Drosselung beim Ausströmen sind hier absichtlich nicht in Betracht gezogen, um ganz eindeutig durch die Schiebersteuerung und das thermodynamische Verhalten des Dampfes bestimmte Diagramme zu erzielen. In Abb. 2 sind die zugehörigen Kolbendruckzeitdiagramme zusammengestellt.

In Abbildung 3 endlich sind die mittlern Kolbenhubdrücke (aus der Abbildung 1 ermittelt und im folgenden der Kürze halber mit p_H bezeichnet) in Abhängigkeit von den mittlern Kolbenzeitdrücken (als mittlere Höhe aus der Abbildung 2 bestimmt und im folgenden mit p_Z bezeichnet) aufgetragen. Trotzdem die Füllung innerhalb ausserordentlich weiter Grenzen (von 10 bis 60 %) schwankt, liegen die einzelnen Werte praktisch genau auf einer Geraden, die von einem in einem bestimmten Abstand vom Nullpunkt gelegenen Punkte ausgeht. Diagramme mit sehr starker Drosselung beim Ein- und Ausströmen haben ganz ähnliche Verhältnisse gezeigt. Natürlich lässt sich diese geradlinige Abhängigkeit auch in Gleichungsform bringen. Sie lautet z. B. für den Fall der Abbildung 3

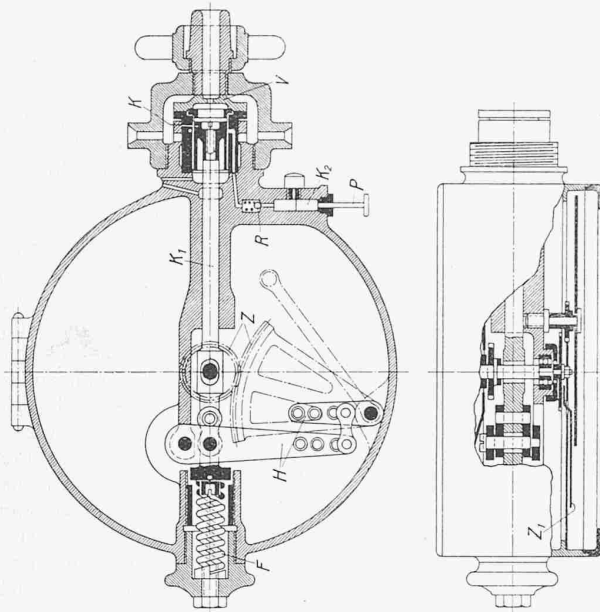
$$p_H = 4,76 (p_Z - 2,48)$$

Untersucht man auf die selbe Weise für andere Kolbenmaschinenarten die Abhängigkeit des mittlern Kolbenhubdruckes p_H vom Kolbenzeitdruck p_Z , so ergibt sich in fast allen Fällen genügend genau die *gerade Linie*. Für *Dieselmotoren* ist diese Abhängigkeit besonders eingehend untersucht worden. Namentlich wurde auch ermittelt, von welchem Einfluss stark verschiedene Höhe der Kompression, insbesondere aber sehr verschiedener Verlauf der Verbrennung (starkes Nachbrennen ausgesprochener Vorzündung) sind. In Abbildung 4 sind für Viertaktmotoren unter ausdrücklicher Berücksichtigung auch sehr extrem liegender Werte, wie für Kompressionen von nur 24 at oder 37 at, eine grosse Reihe von Werten auf Grund von abgenommenen Indikator-Diagrammen zusammengestellt, wobei jene Werte, bei denen die Kompression die selbe ist, jeweils durch eine gestrichelte Linie miteinander verbunden sind.



Das „p-Meter“
von Dr. J. Geiger.

Abb. 6 bis 8.
Schnitte
und Ansichten.



Man erkennt ohne weiteres, dass für eine bestimmte Kompression die zugehörigen Werte genügend genau auf einer Geraden liegen, trotzdem die mittlern indizierten Drücke von 0 bis 8,35 at, d. h. also soweit als praktisch überhaupt möglich geändert wurden, ferner dass trotz der starken Verschiedenheit im Verlauf der Verbrennung die Gerade die Abhängigkeit richtig wiedergibt. Für andere Kompressionen tritt lediglich eine Parallelverschiebung ein. Hieraus ergeben sich folgende Formeln zur Berechnung des mittlern Kolbenhubdruckes aus dem mittlern Kolbenzeitdruck für Zweitakt-Oelmotoren:

$$p_H = 8,5 (p_Z - 0,0811 p_c)$$

für Viertakt-Oelmotoren:

$$p_H = 4,25 (p_Z - 0,0811 p_c)$$

Dabei ist p_c der Kompressions-Enddruck. Für eine gegebene Kompression (und diese wird während des Betriebes nie geändert) sind also die Formeln ebenso einfach, wie die zuvor gefundenen. So ergibt sich z. B. für 32 at Kompression und Zweitakt

$$p_H = 4,25 p_Z - 11.$$

Für *Pumpen* erkennt man ohne weiteres durch Ueberlegung, dass die Abhängigkeit des mittlern auf die Zeit bezogenen Druckes vom mittlern auf den Hub bezogenen Druck durch eine gerade Linie, die durch den Nullpunkt geht, sich darstellen lassen muss.

Für die *Kompressoren* ist die Abhängigkeit der beiden Druckarten von einander eingehend und innerhalb sehr weiter Druckgrenzen untersucht worden. Wird Luft aus dem Freien angesaugt und in einer Stufe auf verschiedene Drücke komprimiert, so ergibt sich die in Abbildung 5 dargestellte Kurve. Man erkennt, dass diese zwar keine gerade Linie ist, aber doch

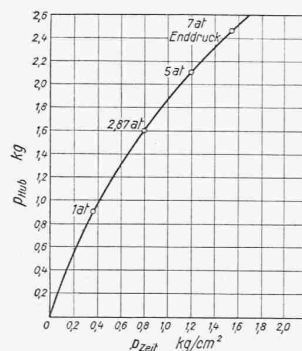
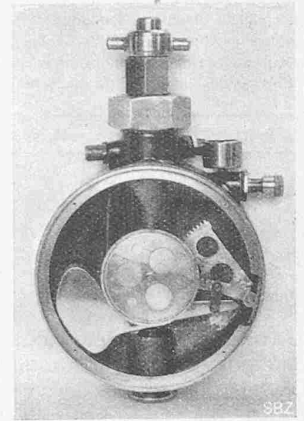
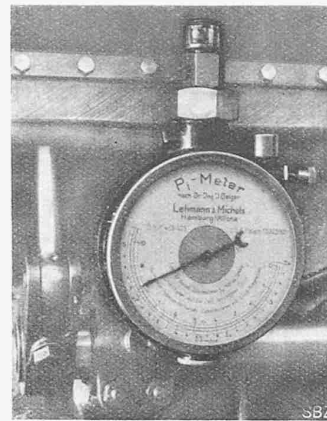


Abb. 5. Mittlere Drücke bezogen auf den Kolbenhub, in Funktion der mittlern Drücke bezogen auf die Zeit, für verschiedene Enddrücke bei Kompressoren.



innerhalb derjenigen Grenzen, zwischen denen der Druck in praktisch vorkommenden Fällen sich ändern kann, vollkommen genügend genau durch eine gerade Linie sich darstellen lässt. Für den Fall, dass wirklich ein Kompressor gebaut wird, bei dem der Enddruck von 0 at bis 8 at und darüber schwankt, lässt sich die dargestellte Abhängigkeit des mittlern Hubdruckes vom mittlern Zeitdruck an der Skala durch verschieden weit von einander entfernte Abstände mühelos wiedergeben, sodass auch für diesen Fall die unmittelbare Ablesung des mittlern Hubdruckes möglich wird, wenn es gelingt, ein Instrument zum Anzeigen des mittlern auf die Zeit bezogenen Druckes zu bauen.

Man erkennt hieraus, dass es für ein gegebenes Kolbenmaschinensystem bzw. allgemein für gegebene Verhältnisse immer einen sehr einfachen Zusammenhang zwischen dem mittlern Kolbendruck bezogen auf den Hub und dem mittlern Kolbendruck bezogen auf die Zeit gibt. Kennt man den letzten, so ist es leicht, den ersten und damit die momentane Leistung anzugeben.

Allgemein finden wir: Wenn es uns möglich ist, den mittlern Zeitdruck genügend genau zu ermitteln, dann sind wir auch in der Lage, daraus den mittlern Hubdruck rasch zu bestimmen bzw. auf einer für die betreffende Kolbenmaschine passenden Skala unmittelbar abzulesen.

Beschreibung des Instruments.

Es lässt sich zeigen, dass es auf verhältnismässig sehr einfache Weise möglich ist, den mittlern Kolbenzeitdruck zu ermitteln. Man bedenke, dass das Kolbendruck-Diagramm, bezogen auf die Zeit, abgesehen von der Linie mittlern Druckes, aus einer Reihe von sich darüber lagernden sinusförmigen periodischen Kurven verschiedener Frequenz besteht, die man durch harmonische Analyse ermitteln kann. Baut man einen Indikator derart, dass dessen Eigenfrequenz geeignet tief unter der Wechselzahl dieser periodischen Kräfte liegt, so spricht er auf diese nicht mehr an: der Kolben stellt sich von selbst auf eine dem mittlern Druck entsprechende Lage ein.

Hierbei wirkt der Kolben K (Abbildung 6) über eine Kolbenstange K_1 und Hebel- bzw. Zahnradübersetzungen H und Z mit sehr starker Vergrößerung auf ein Schwungrad S ein, von dem aus direkt der Zeiger Z_1 betätigt wird. Eine leicht auswechselbare, nach Art der bekannten Indikatorfedern gebaute Feder F sichert dem Kolben seine dem jeweiligen mittlern Druck entsprechende Gleichgewichtslage. Sämtliche Uebertragungsteile sind gehärtet und daher geringster Abnützung unterworfen.

Soweit die grundsätzliche Konstruktion des Instrumentes. Es ist naheliegend, dass für ein in der Praxis brauchbares Instrument noch eine Reihe weiterer Massnahmen getroffen werden mussten.

Um die Ablesung des mittlern Druckes auf ein paar Meter Entfernung und mit grosser Genauigkeit zu ermöglichen, wurde die Vergrößerung zwischen Kolben und Schwungrad bzw. Zeigerbewegung sehr stark gewählt.

