Objekttyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **111/112 (1938)**

Heft 21

PDF erstellt am: **01.06.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Zur Analyse der Druckeinspritzung in Diesel-Motoren. — Dieselelektrische Lokomotive der Rumänischen Staatsbahn. — Wärmeschutz in Wohnungsbauten. — Nekrologe: Karl Grütter. — Mitteilungen: Das Baugewerbe und die Finanzvorlage. Die Drosselklappen der «Boulder Dam»-Turbinen. Anwendung tiefer Temperaturen. Gewichtsbeziehungen im Bahnbetrieb. Italienische Erddampf-Kraftwerke. Das «Eidgen. Amt für geistiges Eigentum». Schweizer. Bundesbahnen. Kunststipendien. — Literatur. — Vortrags-Kalender.

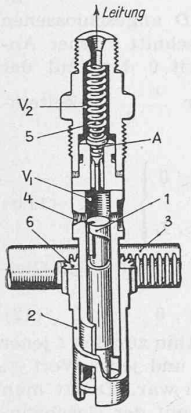
Band 112 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 21

Zur Analyse der Druckeinspritzung in Diesel-Motoren

Von Dipl. Ing. K. H. GROSSMANN, Zürich.

Die wesentlichen Vorgänge bei der Druckeinspritzung hat *G. Eichelberg* als Erster blossgelegt[1]). Durch seine hilfsbereite Kritik und Anteilnahme ist auch die folgende Studie wesentlich gefördert worden. Sie will an einem Beispiel ein zur Diskussion des Einspritzvorgangs in kompressorlosen Dieselmotoren taugliches, jedoch keineswegs auf dieses Sonderproblem beschränktes Untersuchungsverfahren entwickeln. Elektriker, die sich mit Wanderwellen befassen, werden die (vorteilhaft zuerst zu lesenden) Abschnitte Nr. 1, 2, 7 ÷ 11, 15, 16 leicht auf ihre Verhältnisse übertragen können[2]); die in den übrigen Abschnitten behandelte Schwierigkeit hingegen, dass die flüssige (oder gasförmige) Materie praktisch bloss positive Drücke kennt, geht nur den Mechaniker an.

Das betrachtete System für die Einspritzung des Brennstoffs in den Zylinder eines schnellaufenden Dieselmotors besteht aus Pumpe, Oelleitung und Einspritzdüse. Die Pumpe, etwa in der



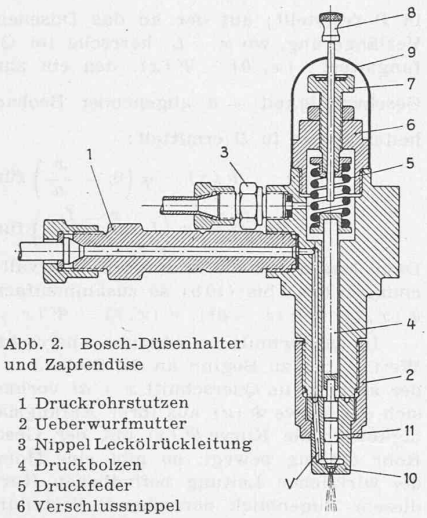


Abb. 1. Bosch-Einspritz-Pumpe
1 Pumpenkolben
2 Hülse
3 Regelstange
4 Zulaufleitung
5 Ventilfeder
6 Zahnkranz
A Rückschlag-Ventil
V_1 Pumpenzylinder
V_2 Pumpenvorraum

Abb. 2. Bosch-Düsenhalter und Zapfendüse
1 Druckrohrstutzen
2 Ueberwurfmutter
3 Nippel Leckölrückleitung
4 Druckbolzen
5 Druckfeder
6 Verschlussnippel
7 Einstellschraube
8 Fühlnadel
9 Schutzkappe
10 Düsenkörper
11 Düsennadel
V Düsenvorraum

Ausführung von Abb. 1, quetscht periodisch, sagen wir 15 mal in der sec, etwas Oel unter einigen 100 at Druck aus dem Pumpenzylinder V_1 in die Leitung, solange — während ein paar Tausendstel sec — das Rückschlagventil A offen steht. Im Nu ist das Nadelventil der Einspritzdüse, Abb. 2, von dem mit Schallgeschwindigkeit fortgepflanzten Stoss getroffen, eröffnet, hat einen Oeltropfen ausgespuckt und sich wieder geschlossen. Schon vorher ist das Rückschlagventil am Pumpenende zugeschnappt; der Druck stürzt dort auf Null, was einen fortschreitenden Zerfall der Oelsäule zur Folge hat. Fast während der vollen Umdrehungszeit der Pumpenwelle ($^1/_{15}$ sec) hat das Oel Musse, sich unter dem Einfluss der inneren Reibung über die ganze Leitungslänge auf die Geschwindigkeit Null und den Druck Null zu beruhigen. Nach Wiederaufladung des Pumpenraums V_1 setzt der Füllvorgang vom neuem ein:

1. Grundbeziehungen: Wir nehmen an, dass weder im Leitungsrohr selbst, noch im Düsenvorraum V (Abb. 2) grössere ölfreie Zwischenräume zurückgeblieben sind. Nachdem ein in der Vorkammer V_2 (Abb. 1) bei Förderschluss allenfalls entstandener Hohlraum von dem zuerst wieder eindringenden Oel ausgefüllt ist, besteht jetzt, *zu Beginn unserer Zeitrechnung*, von der Pumpe bis zur Düse eine ununterbrochene, ruhende Oelsäule. Der Druck ist (abgesehen von einer bereits gestörten Zone am Pumpenende) überall null. Irgend eine Eigenschaft der Förderleitung — Druck p, Oelgeschwindigkeit v, Oeldichte ϱ, Leitungsquerschnitt q — ändert sich als Funktion der Zeit t und des Abstandes x von der Mündung der Vorkammer V_2, unter Wahrung der Kontinuitätsbedingung und des Impulssatzes. Um jene zu formulieren, denke man sich zur Zeit t an der Stelle x zwei benachbarte Querschnitte im starren Abstand dl von der Geschwindigkeit $v\,(x, t)$ erfasst, mit der das Oel im ersten Querschnitt dem zweiten zuströmt. Dann stösst zu der von ihnen begrenzten Masse $dl\,\varrho\,q$ kein Oel durch den ersten Querschnitt; durch den zweiten aber fliesst mit der Relativgeschwindigkeit $v_x\,dl$ im Zeitelement dt die Masse $dt\,q\,\varrho\,v_x\,dl$ ab: $-\,d\,(\varrho\,q) = dt\,q\,\varrho\,v_x$. Die auf die Längeneinheit des Rohrs entfallende Oelmasse $\varrho\,q$ variiert mit dem Druck, und zwar kann $d\,(\varrho\,q)/\varrho\,q = \sigma\,dp$ gesetzt werden, worin σ eine (in einem gewissen Druckbereich) konstante Grösse bedeutet, die das elastische Verhalten des Oels und der Wandung wiedergibt. Die Kontinuitätsbedingung lautet somit: $-\,\sigma\,dp = -\,\sigma\,(p_t + p_x v)\,dt = v_x\,dt$, oder

$$p_t = -\frac{1}{\sigma}\,v_x - v\,p_x \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Zur Formulierung des (Reibung und Schwerkraft vernachlässigenden) Impulssatzes grenzen wir irgendwo innerhalb der Oelsäule einen kurzen koaxialen Zylinder von der Länge dl und dem Querschnitt q_1 ab ($q_1 < q$) und verfolgen die darin in einem bestimmten Moment enthaltene Oelmasse $\varrho\,q_1\,dl$, welche, dem Druck $-\,q_1\,p_x\,dl$ ausgesetzt, die Beschleunigung $v_t + v_x v$ erfährt: $-\,q_1\,p_x\,dl = \varrho\,q_1\,dl\,(v_t + v\,v_x)$.

$$\therefore\, v_t = -\frac{1}{\varrho}\,p_x - v\,v_x \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Das sind recht komplizierte Differentialbedingungen für v und p. Ist vielleicht eine lineare Kombination dieser Grössen einfacheren Gesetzen unterworfen? Addieren wir die mit einer Konstanten λ multiplizierte Gleichung (1) zu (2), so erhalten wir links die partielle Ableitung h_t der Linearkombination $h\,(x, t) = v + \lambda\,p$:

$$h_t = -\left(\frac{\lambda}{\sigma} + v\right) v_x - \lambda\left(v + \frac{1}{\lambda\,\varrho}\right) p_x$$

Wählen wir speziell $\lambda = \pm\sqrt{\frac{\sigma}{\varrho}}$, so wird $h_t = -\,(v \pm a)\,h_x$, worin

$$a = \frac{1}{\sqrt{\varrho\,\sigma}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Fassen wir also statt v und p zunächst die beiden Linearkombinationen

$$2\,\varphi = v + \frac{1}{\varrho\,a}\,p \quad \text{und} \quad 2\,\psi = v - \frac{1}{\varrho\,a}\,p \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

ins Auge, die den Bedingungen genügen:

$$\varphi_t = -\,(a + v)\,\varphi_x \approx -\,a\,\varphi_x\,,\ \psi_t = (a - v)\,\psi_x \approx a\,\psi_x\,; \quad (5)$$

gegenüber der Geschwindigkeit a — etwa 1,5 km/sec — ist die Oelgeschwindigkeit $v\,(x, t)$ — höchstens 50 m/sec — in der Tat immer und überall zu vernachlässigen. Zur Kennzeichnung des raum-zeitlichen Zustands taugen die Grössen φ und ψ ebenso gut wie die Funktionen

$$v = \varphi + \psi \quad \text{und} \quad p = \varrho\,a\,(\varphi - \psi) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Ueber einer p, v-Ebene stellen die Gleichungen (4) zwei Ebenen dar; deren Höhenlinien, $\varphi = \text{const}$ und $\psi = \text{const}$, sind zwei zur p-Axe symmetrisch geneigte Geradenscharen.

Die Bedeutung des Gleichungspaares (5) erfährt ein mit passender Geschwindigkeit $\dot{x}$ längs des Rohres bewegter Beobachter. Im Zeitelement dt gewahrt er an φ und ψ die Aenderungen

$$d\,\varphi = (\varphi_t + \varphi_x\,\dot{x})\,dt = \varphi_x\,(\dot{x} - a)\,dt \quad \text{und}$$

$$d\,\psi = (\psi_t + \psi_x\,\dot{x})\,dt = \psi_x\,(\dot{x} + a)\,dt$$

Ein mit der Geschwindigkeit a von der Pumpe zur Düse laufender Beobachter bemerkt somit an φ, ein ihm mit der gleichen

[1]) «Ueber die Mittel zur kompressorlosen Brennstoffeinspritzung». «Z. VDI», Bd. 70 (1926), Nr. 32, S. 1079. Ferner: «Dynamische Vorgänge in Luft- und Brennstoffleitungen». Z. techn. Physik, 1929, Nr. 10.

[2]) Vergl. *L. Bergeron:* «Propagation d'ondes le long des lignes électriques. Méthode graphique». Bull. S. F. E., Oktober 1937.