

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 111/112 (1938)  
**Heft:** 21

## **Inhaltsverzeichnis**

### **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:** 20.01.2026

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

INHALT: Zur Analyse der Druckeinspritzung in Diesel-Motoren. — Die elektrische 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<sup>1)</sup>. 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<sup>2)</sup>; die in den übrigen Abschnitten behandelte Schwierigkeit hingegen, dass die flüssige (oder gasförmige) Materie praktisch bloss positive Drücke kennt, geht nur der 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

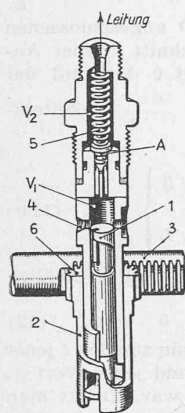


Abb. 1. Bosh-Einspritz-Pumpe  
1 Pumpenkolben  
2 Hülse  
3 Regelstange  
4 Zulaufleitung  
5 Ventillfeder  
6 Zahnkranz  
A Rückschlag-Ventil  
V<sub>1</sub> Pumpenzylinder  
V<sub>2</sub> Pumpenvorraum

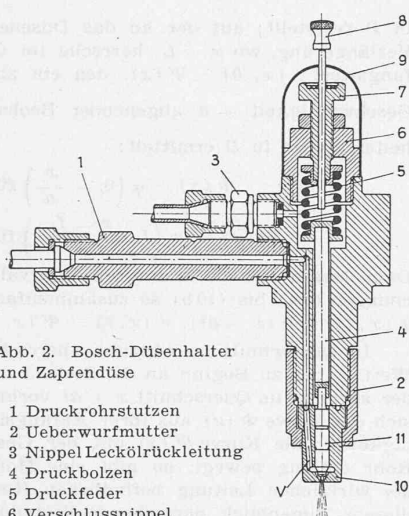


Abb. 2. Bosh-Düsenhalter und Zapfendüse

- 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<sub>1</sub> 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<sub>1</sub> 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<sub>2</sub> (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  $\rho$ , Leitungsquerschnitt  $q$  — ändert sich als Funktion der Zeit  $t$  und des Abstandes  $x$  von der Mündung der Vorkammer V<sub>2</sub>, 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  $dl \rho q$  kein Oel durch den ersten Querschnitt; durch den zweiten aber fliesst mit der Relativgeschwindigkeit  $v_x dl$  im Zeitelement  $dt$  die Masse  $dt q \rho v_x dl$  ab: —  $d(\rho q) = dt q \rho v_x$ . Die auf die Längeneinheit des Rohrs entfallende Oelmasse  $\rho q$  variiert mit dem Druck, und zwar kann  $d(\rho q)/\rho q = \sigma dp$  gesetzt werden, worin  $\sigma$  eine (in einem gewissen Druckbereich) konstante Grösse bedeutet, die das elastische Verhalten des Oels und der Wandung wiedergibt. Die Kontinuitätsbedingung lautet somit: —  $\sigma dp = -(\rho_t + \rho_x v) dt = v_x dt$ , oder

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

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

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

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  $\lambda$  multiplizierte Gleichung (1) zu (2), so erhalten wir links die partielle Ableitung  $h_t$  der Linearkombination  $h(x, t) = v + \lambda p$ :

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

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

$$a = \frac{1}{\sqrt{\rho \sigma}} \quad (3)$$

Fassen wir also statt  $v$  und  $p$  zunächst die beiden Linearkombinationen

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

ins Auge, die den Bedingungen genügen:

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

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  $\varphi$  und  $\psi$  ebenso gut wie die Funktionen

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

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 Rohrs bewegter Beobachter. Im Zeitelement  $dt$  gewahrt er an  $\varphi$  und  $\psi$  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  $\varphi$ , ein ihm mit der gleichen

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> Vergl. L. Bergeron: «Propagation d'ondes le long des lignes électriques. Méthode graphique». Bull. S. F. E., Oktober 1937.