

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 113/114 (1939)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Rauchmessung an Dieselmotoren  
**Autor:** Kehrer, Rob.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-50444>

#### **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:** 21.02.2026

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

INHALT: Zerstörungen an einem Pumpenlaufrad bei Eintrittsstoss. — Rauchmessung an Dieselmotoren. — Die Photogrammetrie in der Schweiz. — Physiologisches und Hygienisches zur Strahlungsheizung. — Katholische Kirche mit Pfarrhaus in Arosa. — Mitteilungen: Die Heizung des Völkerbundspalastes. Radio-Entstörung der elektrischen Bahnen. Schlittenseilbahn Corviglia-Piz Nair ob St. Moritz. Diesel-elektrische Lokomotiven

mit 5400 PS Dieselmotorleistung für die Union Pacific Railroad. Aichelbergbrücke. Internat. Ausstellung Lüttich 1939. II. Abendkurs über Ausdrucks- und Verhandlungstechnik. Berliner Automobilausstellung. Leipziger Technische und Bau-Messe. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

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. 6

## Zerstörungen an einem Pumpenlaufrad bei Eintrittsstoss

Von Ing. K. RÜTSCHI, i. Fa. Müller & Co., Brugg

Abb. 1 zeigt das Laufrad einer einstufigen Niederdruck-Kreiselpumpe nach zweiwöchigem Betrieb unter Teillast. Infolge starker Stoss- und Schlagwirkungen verkrümmte sich die ursprünglich gerade Eintrittskante, bis es zur Rissbildung (b) und zum Wegschlagen einzelner Schaufelanfänge (a) kam. In der Mitte der Schaufelunterseite (c) zeigen sich matte Einhämmerungen infolge Drucksenkungen.

Die für eine Fabrikwasserversorgung mit stark schwankendem Bedarf gebaute Pumpe wurde für eine Fördermenge von 180 l/s bestellt, vorläufig aber für eine kürzere Übergangszeit bei 100 l/s in Betrieb genommen. Bei Normallast lief die Pumpe vollständig ruhig, während bei Teillöderung, insbesondere in der Nähe von Halblast, Schläge und starker Lärm auftraten. In beiden Betriebszuständen konnte die Pumpe ohne Wirkungsgradabfall bis auf rd. 6 m vakuummetrische Saughöhe abgedrosselt werden. Da die Störungen jedoch bei 0,5 m Zulaufhöhe eintraten, waren die Beschädigungen kaum auf Kavitation zurückzuführen. Immerhin setzte bei Teillastbetrieb das Einführen von Luft am Saugstutzen die Geräusche wesentlich herunter — eine Erscheinung, die sonst bei Pumpen im Kavitationsbereich auftritt. Daher wurde das Rad auf Kavitationsempfindlichkeit nachgerechnet, doch ergaben die im Kreiselpumpenbau üblichen Berechnungen der Stellen tiefsten Druckes<sup>1)</sup> durchwegs nur Drucksenkungen  $h = 3 \div 4$  m bei 180 l/s, welche errechneten Werte mit der gedrosselten Saughöhe  $H_s = A - H_t - h = 6$  m ( $A$  = Atmosphärendruck,  $H_t$  = Dampfdruck) gut übereinstimmen. Die im Betrieb bei 0,5 m Zulaufhöhe entstandenen Schäden müssen demnach eine andere Ursache haben, umso mehr als mit abnehmender Fördermenge, also bei 100 l/s, die kleineren Eintrittsgeschwindigkeiten eine Verminderung der Drucksenkungen ergeben sollten.

Bereits Hagnmayer<sup>2)</sup> beobachtete, dass solche Geräusche und Schläge bei Halblast besonders stark auftraten; es wurde vermutet, dass der Eintrittsstoss diese Erscheinung begünstige. Schaufeldruckmessungen am umlaufenden Pumpenrad<sup>3)</sup> (Abb. 2) zeigten auch tatsächlich das überraschende Ergebnis, dass nicht etwa bei Nullast, sondern ungefähr bei Halblast die grösste Druckdifferenz zwischen Ober- und Unterseite der Schaufeleintrittskante zu finden ist. Die Lage der beiden Messpunkte *i* und *a* am Schaufeleintritt geht aus Abb. 3 hervor, in der die Strömung bei Teillast dargestellt ist. Die auf der Unterseite auftretenden Drucksenkungen bewirken die Einhämmerungen *c* in Abb. 1.

Etwas schwieriger sind die Beschädigungen der Schaufeln auf der Druckseite zu erklären, da die normale Strömung hier sonst keine Stellen kleinsten Druckes aufweist. Es könnte sein, dass Ablösungen an der Schaufelunterseite oder vor dem Rad beginnen und beim Auftreffen auf die Druckseite der Schaufeln die starken Schläge hervorrufen, die zur Rissbildung und zum Wegschlagen der Schaufelanfänge führen. Es kann aber auch

<sup>1)</sup> Pfleiderer C., Die Kreiselpumpen, Berlin 1932, S. 241 ff.

<sup>2)</sup> Hagnmayer E., Diss. Braunschweig 1932, S. 77 ff.

<sup>3)</sup> v. d. Nüll W., Diss. Braunschweig 1935, S. 20.

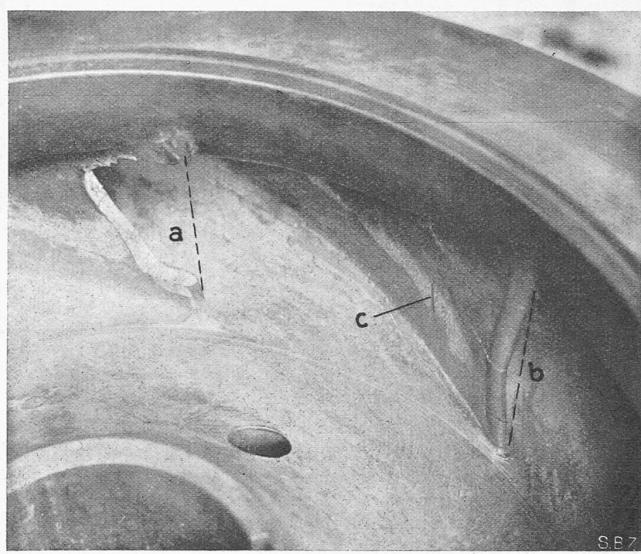


Abb. 1. Pumpenlaufrad mit Zerstörungen infolge Teillastbetrieb.  
a weggeschlagener Schaufelanfang, b verkrümmte und eingerissene Schaufel, c Anfressungen durch Kavitation

die ziemlich hohe Umfangsgeschwindigkeit der Schaufeleintrittskante  $u_1 = 17$  m/s, besonders bei stossbehafteter Teillastförderung, zu diesen Schäden beigetragen haben. Neuere eingehende Untersuchungen über das Verhalten metallischer Werkstoffe bei Beanspruchung durch Flüssigkeitsschlag<sup>4)</sup> stellten fest, dass Anfressungen in erster Linie von der Auftreffgeschwindigkeit der Flüssigkeit abhängen. Für Eisen und Stahlguss wurden bei einem 8 mm dicken Versuchstrahl Grenzgeschwindigkeiten, bei denen die Zerstörungen einsetzen, von  $22 \div 25$  m/s gefunden. Bei dünneren Versuchstränen sind höhere Geschwindigkeiten zulässig, wogegen bei stärkeren Strahlängen, wie z. B. bei einer Pumpenströmung, niedrigere Werte zu erwarten sind. Ebenso dürfen bei Bronze, aus welchem Material das zerstörte Rad gefertigt war, die zulässigen Geschwindigkeiten tiefer liegen.

Zur Behebung der Störungen wurde deshalb beim neuen Rad vor allem danach getrachtet, die Umfangsgeschwindigkeit  $u_1$  und damit den Eintrittsdurchmesser gering zu halten. Das starke Hereinziehen der Schaufeleintrittskante verlangte den Übergang von der einfach auf die doppelt gekrümmte Schaufel. Gleichzeitig wurde der Schaufeleintrittswinkel so verkleinert, dass stossfreier Eintritt bei einer mittleren Fördermenge von 140 l/s erfolgte. Das so umgeänderte Rad ergab einen absolut geräuschenfreien Betrieb über den gesamten möglichen Arbeitsbereich von  $50 \div 180$  l/s. Das Rad ist nun während eines Jahres in ununterbrochenem 24 h-Betrieb, ohne dass irgendwelche Schäden auftreten wären.

## Rauchmessung an Dieselmotoren

Von ROB. KEHRER, Dipl.-Ing. E. T. H., Arbon

Zusammenfassung: Einleitend wird die Notwendigkeit objektiver Rauchbeurteilung dargelegt. Grundsätzlich zur Prüfung des Rauches führt zur Besprechung der hauptsächlichsten Mess-Methoden. Als neuartiges Messgerät auf diesem Gebiet wird ein «Rauchprüfer» beschrieben. Aus einigen Beispielen ist dessen Anwendung in der Praxis, insbesondere an fahrenden Diesel-Motorwagen, ersichtlich.

Drei Gründe fordern Messungen hinsichtlich der Rauchbildung von Dieselmotoren: 1. Die maximale Motorleistung ist abhängig von der zugelassenen Rauchmenge. Für diese Grenze besteht bisher noch keine einheitliche Definition, sodass eine Vergleichsbasis fehlt. — 2. Die subjektive Beurteilung der Dichte des Rauches nach visuellem Eindruck genügt in den meisten Fällen nicht, keineswegs aber für Entwicklungsarbeiten an Motoren. Der Einfluss von Beleuchtung, Art des Hintergrundes, Blickrichtung, Temperatur und Geschwindigkeit der Abgase

<sup>4)</sup> Vater M., VDI-Zeitschrift Bd. 81 Nr. 45, 6. Nov. 1937.

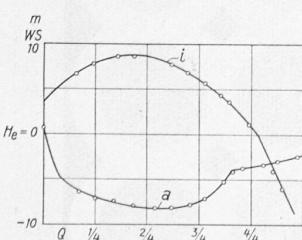


Abb. 2. Schaufeldruckmessungen an der Eintrittskante eines umlaufenden Pumpenrades, nach v. d. Nüll, Diss. Braunschweig 1935.  $Q 4/4$  = Fördermenge bei stossfreiem Eintritt, *a* Schaufelunterseite, *i* Schaufeloberseite

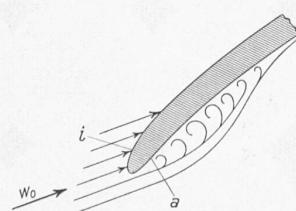


Abb. 3. Strömung an der Eintrittskante bei Teillastbetrieb, nach v. d. Nüll, a. a. O.  
*a, i* = Lage der Messpunkte von Abb. 2,  $W_0$  = Relativgeschwindigkeit kurz vor dem Eintritt in die Laufkanäle

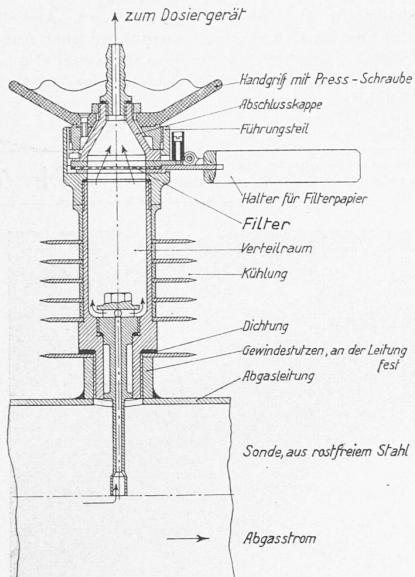


Abb. 2. Rauchfilter, Längsschnitt 1:3,5

## RAUCHMESSUNG AN DIESELMOTOREN

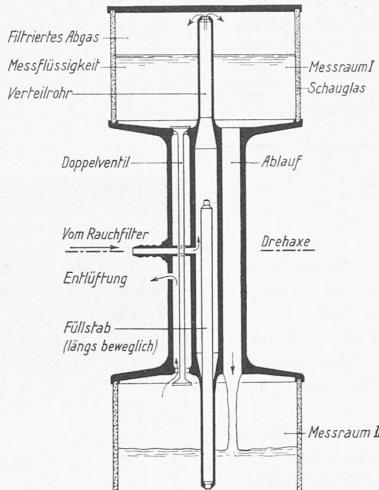
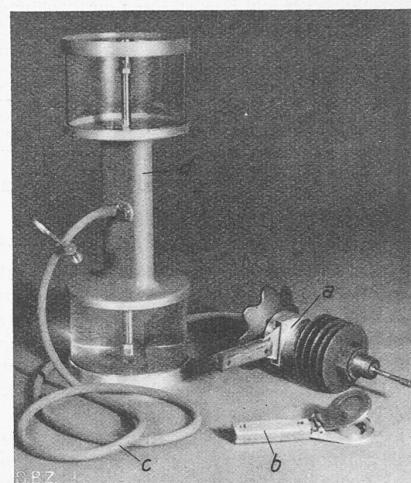
Abb. 3. Schema des Dosiergerätes  
Masstab rd. 1:5

Abb. 1. Rauchprüfer. a Rauchfilter, b Filterhalter, c Verbindungsschlauch, d Dosiergerät

bringen grobe Fehler mit sich. Täuschungen entstehen leicht bei zeitlich länger auseinanderliegenden Feststellungen oder bei nur geringen Unterschieden in der Rauchbildung. Dennoch können kleine Verbesserungen am Motor, sich summierend, entscheidend wirken. — 3. Bei der stark zunehmenden Verkehrsichte von Dieselfahrzeugen werden auch aus gesundheitlichen Gründen Rauchkontrollen und vorbeugende Massnahmen notwendig.

Unvollständige Verbrennung im Motor führt zur Rauchentwicklung, indem feinste Teilchen in den Abgasen suspendiert sind. Die Ursachen ihrer Anwesenheit können sowohl ungleichmässige Luftzufuhr, wie ungenügende Mischung der Luft mit dem Brennstoff oder dessen schlechte Zerstäubung sein. Mitbestimmend sind ebenfalls die Temperaturen während des Verbrennungsablaufes. Schmieröl trägt mitunter zur Rauchbildung bei. Wie stark, wahrscheinlich mengenmässig nur kleinste, Anteile des eingespritzten Brennstoffes die Rauchverhältnisse ändern können, zeigt die Beobachtung, dass gelegentlich trotz abnehmenden Brennstoffverbrauches — also besserer Verbrennung im allgemeinen — bei gleichbleibender Motorleistung der Rauch zunimmt.

*Prüfung des Rauches.* Bei einer solchen muss unterschieden werden zwischen schwarzem und blauem Rauch, bzw. Gemischen dieser Anteile.

Da der schwarze Rauch aus festen Partikeln, dem *Russ*, besteht, ist er als «Staub» zu bezeichnen. Auf ihn können die Erkenntnisse der weitentwickelten Staubtechnik angewendet werden<sup>1)</sup>. Ihrer Grösse nach sind diese Russkörner ein Feinstaub. Gegen eine graue Nebelwand blickend, sieht man am deutlichsten, dass beim Dieselmotor mit zunehmender Belastung Russ in grösser werdender Menge entsteht.

Demgegenüber ist der blaue Rauch mit flüssigen Teilchen, den bräunlich gefärbten *Oeltröpfchen*, ein «Nebel». Er tritt am ehesten auf bei Teillast und Leerlauf oder beim Anlassen bis der Motor ganz durchwärmst ist. Bei intensiver Beleuchtung vor dunklem Hintergrund erscheint blauer Rauch am auffälligsten. Diese Eigentümlichkeit, sowie die hellblaue Farbe kommen durch den Tyndall-Effekt zustande: Das weisse Tageslicht wird an den Oeltröpfchen gebrochen und erfährt dabei eine andere spektrale Zusammensetzung, deren grösste Lichtintensität nach den kurzen Wellenlängen ( $\lambda$ ) hin verschoben ist. Nach Rayleigh<sup>2)</sup> ist die Intensität des gebrochenen Lichtes, für im übrigen konstante Bedingungen, umgekehrt proportional  $\lambda^4$  und proportional dem Produkt  $n^2$ . Darin kommt zum Ausdruck, dass dieses Licht blaulich (analog der Bläue des Himmels) und umso intensiver ist, je grösser die Zahl ( $n$ ) der Teilchen pro Volumeneinheit des Gases und deren Volumen ( $v^2$ ) sind.

*Methoden der Rauchmessung.* Eine umfassende Uebersicht über «die Verfahren zur quantitativen Bestimmung des Staubes in der Atemluft» bietet Prof. Dr. B. Heymann im «Zentralblatt für die gesamte Hygiene»<sup>3)</sup>. Weitere Methoden sind folgende:

<sup>1)</sup> Gonell, W.: «Messung von Staub in Gasen», Archiv für technisches Messen, V. 1286.

<sup>2)</sup> Kohlrausch, F.: «Praktische Physik», herausgegeben von Henning, Leipzig 1935, S. 491.

<sup>3)</sup> Zentralblatt f. d. gesamte Hygiene. Herausg. von M. Rubner und B. Möllers, Verlag Springer, Berlin, Bd. 24, Heft 1 und 2.

Die Eigenschaft suspendierter Teilchen, einen Ionisierungszustand, und damit Ionisationsstrom zu ändern, wird von Prof. Greinacher zur elektrischen Messung des Staub- bzw. Rauchgehaltes der Luft vorgeschlagen<sup>4)</sup>. Trübungsmesser (Nebelmesser) dagegen erlauben tyndallometrische Feststellungen bei Rauchprüfungen<sup>5)</sup>.

Am Motor zur Anwendung gekommen sind bisher hauptsächlich Messmethoden auf optischer Grundlage. Die Schwächung eines Lichtstrahles, der den Rauch durchsetzt hat, wird photometrisch ermittelt, entweder durch Vergleich von Helligkeiten oder mit Photoelementen bzw. Thermosäulen<sup>6), 7), 8)</sup>.

Im Vergleich zu Messungen über Luftverunreinigungen, wie sie die Hygiene verlangt, liegen die Verhältnisse beim Diesel insofern einfacher, als die Art der Beimengung gegeben und deren Dichte erheblich grösser ist. Anderseits aber verursacht die Messung am Motor infolge der heftigen Pulsationen des Gasstromes sowie infolge der Erschütterungen und intensiven Wärmestrahlung neue Schwierigkeiten. Die Firma A.-G. Adolph Saurer, Arbon (Schweiz) hat sich deshalb zur Rauchmessung dem *Filtrationsverfahren* zugewendet, von der Erwägung geleitet, dass nur äusserste Einfachheit des Aufbaues und der Handhabung

<sup>4)</sup> Greinacher, H.: «Ueber ein Differential-Ionometer und seine Anwendung zur elektr. Messung des Staubgehaltes der Luft». Bulletin des Schweiz. Elektrotechn. Vereins, 1922, S. 356.

<sup>5)</sup> Stampe, G.: «Eine nephelometr. Methode z. Messung der Wirksamkeit von Nebelfiltern». Zeitschr. f. Instrumentenkunde, 1931, S. 400.

<sup>6)</sup> Krönert, J.: «Rauchdichte-Messung auf optischer Grundlage», Archiv für techn. Messen, V. 1286-2.

<sup>7)</sup> Gregor, M.: «Ignition Characteristics of Diesel-Fuels». SAE Journal 1936, Nr. 6.

<sup>8)</sup> Riekert, P., Ernst, H.: «Versuche zur Bestimmung der Abgastrübung». Kraftfahrttechn. Forschungs-Arbeiten, 1936, Heft 3.

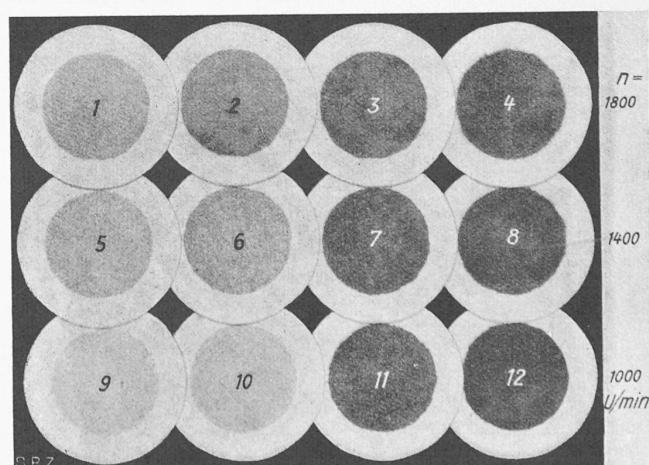


Abb. 6. Filterscheiben zu Abb. 5; die Nummern entsprechen den Messpunkten. Nr. 1 bis 11 unsichtbarer Auspuff, Nr. 12 Beginn der Sichtbarkeit

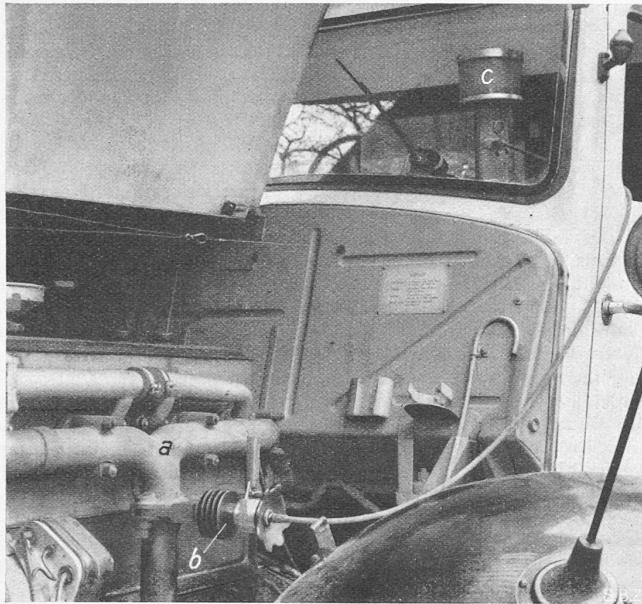


Abb. 4. Der im Fahrzeug eingebaute Rauchprüfer.  
a Abgasleitung, b Rauchfilter, c Dosiergerät

eines solchen Gerätes, sowie Unabhängigkeit von Energiequellen, Tageslicht usw. den Anforderungen im Fabrikbetrieb und insbesondere am fahrenden Wagen genügen kann. Der vom Verfasser entwickelte

Rauchprüfer besteht aus Rauchfilter mit auswechselbaren Papierfiltern und einem Dosiergerät, das zu jeder Messung ein stets gleich grosses Abgasvolumen absaugt. Aus der färbenden Wirkung der Rauchteilchen auf dem Filterpapier wird die Rauchdichte beurteilt. Die Rauchfarbe äussert sich dabei in der Weise, dass russhaltige Abgase graue bis schwarze Tönung, blauer Rauch jedoch hellbraunen bis braunen Niederschlag ergeben.

Abbildung 1 zeigt den ganzen Rauchprüfer, der im Prinzip dem «Dust-Filter» nach Owens ähnlich ist<sup>10)</sup>. Seine Wirkungsweise lassen die Schnittzeichnungen Abb. 2 und 3 erkennen, während Abb. 4 über den Einbau in einen Lastwagen orientiert.

Das Rauchfilter, Abb. 2, wird an der Abgasleitung festgeschraubt und zweigt durch seine bis in die Mitte reichende Sonde einen kleinen Teilstrom senkrecht zur Hauptströmung ab. Durch diese Stellung wirken sich die Druckschwankungen der Hauptleitung infolge von Pulsationen, Drehzahl- oder Belastungsänderungen am wenigsten aus. Ferner ergab sich dadurch eine wesentliche Vereinfachung, weil, wie Guthmann festgestellt hat, bei feinsten Stäuben keine Uebereinstimmung zwischen Absaug- und Strömungsgeschwindigkeit notwendig ist<sup>10)</sup>. Neben möglichst geringer Wärmeaufnahme der Metallteile wird die Kühlung so

<sup>10)</sup> Shaw, N., Owens, J.: «The Smoke Problem of Great Cities», Verlag Constable, London, 1925. Enthält auch die Beschreibung eines «Automatic Dust Recording Filter».

<sup>10)</sup> Guthmann, K.: «Staubgehalt-Messung in Industriegasen». Archiv für technisches Messen, V. 1286-6.

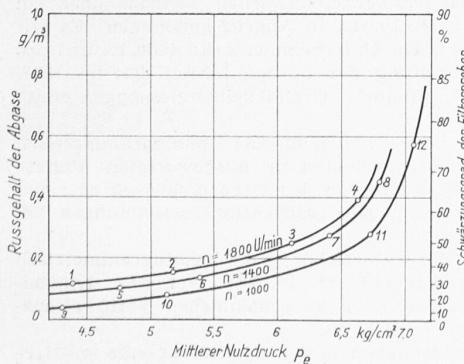


Abb. 5. Rauchwerte eines Dieselmotors in Abhängigkeit von der Belastung für verschiedene Drehzahlen; die Nummern entsprechen den Filterproben auf Abb. 6

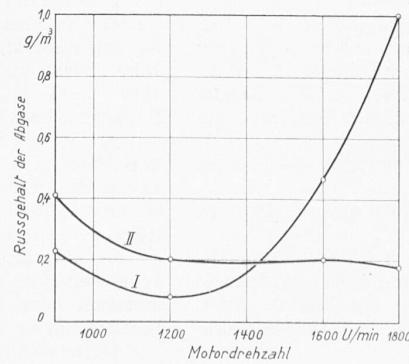


Abb. 7. Rauchwerte eines Dieselmotors in Abhängigkeit von der Drehzahl für zwei verschiedene Wirbelungsarten der Verbrennungsluft bei gleichem mittlerem Nutzdruck  $p_e$

gehalten, dass die von der Sonde in den Verteilraum abziehenden Rauchgase vor dem Filter noch kein Kondensat bilden.

Die Filterscheiben (Schleicher & Schüll, No. 604) werden in besondere Halter eingelegt und unter der Abschlusskappe dicht eingeklemmt. Sie haben 45 mm Durchmesser, die Halteröffnung dagegen nur 30 mm. Dadurch bleibt ein breiter, weißer, scharf abgegrenzter Rand stehen, der den kolorimetrischen Effekt verstärkt und zur Beschriftung dient. Die Einlagerung der Russ-Körner zwischen die Fasern des Papiers ist so tief, dass die helleren Proben schon ohne Anwendung eines Fixativen sehr haltbar sind.

Alle Teile, besonders die Sonde, sind leicht zugänglich und kontrollierbar. Durch einen 1 1/2 m langen Schlauch ist die Abschlusskappe des Rauchfilters verbunden mit dem

Dosiergerät. Seine Aufgabe ist, zu jeder Filterprobe einen Liter Gas bei gleichem Druck und gleicher Temperatur abzusaugen und abzumessen. Dieses Gerät, Abb. 3, besteht aus zwei symmetrischen Hälften, von denen die eine, entsprechend dem zu messenden Gasvolumen, einen Liter Messflüssigkeit enthält. Aehnlich einer Sanduhr wird immer wieder die selbe Menge zum Messen benutzt durch Kippen des Behälters vor jeder Volumenmessung um 180°. Der volle Raum I, der dabei nach oben kommt, beginnt sich sofort durch den Ablauf in den untern II zu entleeren. Dabei fliesst vom Rauchfilter her durch das Verteilrohr filtriertes Abgas in den freiwerdenden Raum nach, während dessen durch das offene Ventil der untere Messraum ins Freie entlüftet wird. Durch ein Schauglas kann man den Vorgang verfolgen, er ist meistens, je nach dem Druck in der Abgasleitung etwas verschieden, in ungefähr einer halben Minute beendet. Bei der nächsten Entnahme kommt Messraum II beim Kippen nach oben und alles wiederholt sich. Selbsttätig, durch sein Gewicht, besorgt das Doppelventil den Abschluss der Entlüftung von Raum II und öffnet gleichzeitig jene von Raum I. Ebenso fällt ein Füllstab im Verteilrohr immer nach der Seite des unteren Behälters. Dadurch bleibt dem zuströmenden Abgas nur der Weg nach oben frei.

Die Handhabung des Rauchprüfers besteht einzig im Einfügen des Filters und dem Kippen, womit die Messung einsetzt. Sie ist beendet mit der Entleerung des oberen Messraumes.

Auswertung. Die Filterproben werden in der Draufsicht beurteilt. Meistens genügt ein visueller Vergleich ihrer Flächenhelligkeiten unter sich oder gegenüber einer Skala von geeichten Standard-Tönungen<sup>11)</sup>. Völlig objektiv kolorimetrisches Ausmessen ist aber auch möglich<sup>12)</sup>, z. B. mit einem lichtelektrischen Reflexionsmesser, bei dem eine konstante Lichtquelle aus konstanter Entfernung den Filterniederschlag beleuchtet und ein Photoelement das reflektierte Licht dieser Fläche misst. Für die Messung von schwarzem Rauch bildet sauberes weißes und ganz schwarzes Filter die Endpunkte einer 100-teiligen Schwärzungsskala. Einer solchen Basis lassen sich gleichzeitig durch Wägung gefundene Werte zuordnen (siehe Abb. 5). Damit kann die Rauchdichte in g/m³ Abgas ausgedrückt und die Rauch- bzw. Russgrenze definiert werden.

<sup>11)</sup> Sewig, R.: «Helligkeitsmessung, visuelle Methoden». Archiv für technisches Messen, V. 421-1.

<sup>12)</sup> Sewig, R.: «Photometrische Messungen mit Photoelementen». Archiv für technisches Messen, V. 422-3.

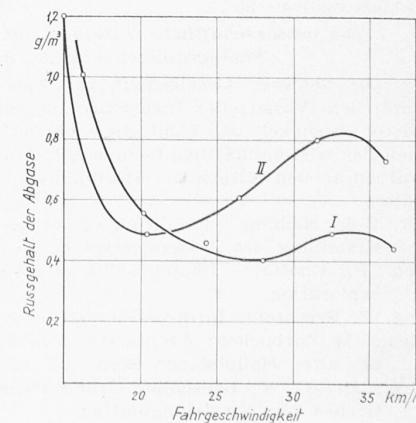


Abb. 8. Rauchmessung während der Fahrt mit einem Omnibuswagen. Rauchwerte in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit für zwei verschiedene Vollast-Einstellungen des Motors

**Messergebnisse.** Mit den Abb. 5 bis 8 seien einige Anwendungsmöglichkeiten des Rauchprüfers herausgegriffen. Ein erstes Beispiel, Abb. 5, betrifft das *prinzipielle* Verhalten des Dieselmotors. Ueber der Belastung eines Sechszylinder-Motors (mittlerer Nutzdruck  $p_e$ ) als Abszisse sind die Rauchwerte für verschiedene Drehzahlen aufgetragen. Gleichzeitig sind in Abb. 6 die Filterproben wiedergegeben, die zu den entsprechenden numerierten Messpunkten gehören. Alle, mit Ausnahme von Nr. 12, liegen im Bereich *unsichtbaren* Auspuffes, trotzdem die Filterpapiere zum Teil schon erhebliche Schwärzung aufweisen. Darin kommt die Empfindlichkeit des Verfahrens deutlich zum Ausdruck. Wie man sieht, tritt die Ausscheidung von Russ nicht plötzlich an einer bestimmten Stelle auf, sondern einheitlich für alle Drehzahlen wird sie mit wachsender Motorbelastung immer stärker, um schliesslich zu unzulässigen Werten steil anzusteigen. Diese Kurvenzüge verlaufen von Motor- zu Motortyp sehr verschieden. Sie sind durch mancherlei Massnahmen beeinflussbar.

Wie jedoch das nachfolgende Beispiel zeigt, Abb. 7, gilt nicht als Regel, dass mit zunehmender Drehzahl die Rauchwerte steigen. Dieses soll besonders erkennen lassen, inwiefern *konstruktive* Massnahmen Einfluss auf die Rauchbildung haben. Der betreffende Vierzylinder-Motor wurde versuchsweise nacheinander mit zwei verschiedenen Wirbelungsarten der Verbrennungsluft ausgeführt und durchgemessen. Die aufgetragenen Rauchwerte sind über der Drehzahl dargestellt und gelten für gleiche Motorbelastung ( $p_e = 6 \text{ kg/cm}^2$ ). Das verschiedene Verhalten ist aus den beiden Linienzügen ersichtlich. Gewisse Strömungszustände ergeben günstigste Wirbelung und Verbrennung. Sie liegen z. B. im einen Fall um 1200 U/min; darüber hinaus macht sich mit steigender Drehzahl rasch eine Verstimmung der Wirbelung nachteilig bemerkbar. Im andern Fall dagegen entstehen besonders bei höheren Drehzahlen ähnlich günstige Verhältnisse.

Die in Abb. 8 wiedergegebenen Rauchmessungen sind während der Fahrt mit einem Omnibuswagen für Stadtbetrieb durchgeführt worden. Eingeschaltet war stets der direkte Gang; der Sechszylinder-Motor arbeitete bis zu einer Geschwindigkeit von 34 km/h auf Vollast. Bei höherer Geschwindigkeit weist dieser Wagentyp eine automatische Verminderung der Brennstoffzufuhr auf, damit die Höchstgeschwindigkeit ohne Gebrauch des Schnellganges auf 40 km/h begrenzt bleibt.

Die Kurven stellen die Rauchverhältnisse dar, wie sie sich während der Versuchsfahrt ergaben. Bei niedrigen Geschwindigkeiten neigte der Motor zu Rauchbildung, während sonst der Auspuff unsichtbar war (Kurve I). Durch Ändern der Motoreinstellung ertrug dieser mehr Brennstoff, gab mehr Leistung her und lief ruhiger. Wie aus Kurve II zu entnehmen ist, veränderten sich die Rauchwerte dabei ebenfalls. Die im Stadtbetrieb häufigen Anfahrgeschwindigkeiten konnten verbessert werden, trotzdem überstiegen die höheren das zulässige Mass nicht.

Auf ähnliche Art klärte der Rauchprüfer Fragen über den Einfluss von Variationen im Einspritzsystem, in der Luftzuführung, in der Verwendung verschiedener Brennstoffsorten usw. Eine weitere Bewertungsgrösse von Verbrennungsmotoren ist dadurch der objektiven Beurteilung leicht zugänglich gemacht, wobei hervorzuheben ist, dass das Verfahren sich nicht nur bei Dieselmotoren anwenden lässt.

## Die Photogrammetrie in der Schweiz

(Schluss von Seite 46)

### Die wissenschaftliche Tätigkeit auf dem Gebiet der Photogrammetrie in der Schweiz.

Die Schweiz. Gesellschaft für Photogrammetrie hat sich unter dem Vorsitz der Ingenieure Hs. Härry und M. de Raemy weiter entwickelt und zählt gegenwärtig 90 Mitglieder. Im Rahmen der wissenschaftlich-technischen Aufgaben der Gesellschaft wurden an den Mitgliederversammlungen folgende Vorträge gehalten:

Dr. Rob. Helbling: Erfahrungen bei der photogrammetrischen Erstellung des Uebersichtsplanes.

Ing. P. Choffat: Photographie et Téléphotogrammetrie en exploration.

Ing. E. Berchtold: Infrarot-Photographie und Photogrammetrie.

Geom. M. Zurbuchen: Architektur-Photogrammetrie (Aufnahme der alten Hauptwache Bern, vgl. «SBZ» Bd. 108, S. 172\*).

Prof. Dr. C. F. Baeschlin: Grundsätzliches und Fehlertheoretisches zur Aerotriangulation.

Prof. Dr. O. v. Gruber: Praktische Durchführung von Aero-polygonierung und Aeronivellement.

Vermessungsdirektor J. Baltensperger: Anwendung der photogrammetrischen Aufnahmeverfahren bei der schweiz. Grundbuchvermessung.

Ing. Hs. Härry: Techn. Durchführung der photogrammetrischen Grundbuchvermessung.

Ing. H. Egolf und M. Diday: Verifikation der nach der photogrammetrischen Methode erstellten Uebersichtspläne.

Geom. M. Zurbuchen: Die Anwendung der Stereophotogrammetrie bei Architekturaufnahmen.

Ing. E. Berchtold: Ueber den neuen Wild-Autograph A 5.

Prof. E. Imhof: Aufnahmen und Erlebnisse in Chinesisch-Tibet.

Prof. Dr. M. Zeller: Mikrophotogrammetrie (vgl. «SBZ», Bd. 111, S. 168\*).

Den Unterricht in Photogrammetrie besorgen die Eidg. Technische Hochschule (E. T. H.) und die Université de Lausanne. Die Tätigkeit des Photogrammetrischen Institutes der E. T. H. hat insofern kleine Änderungen erfahren, als die Probleme der Lufttriangulation entsprechend den Fortschritten auf diesem Gebiet nunmehr eingehender behandelt und auch die notwendigen Angaben über Mikrophotogrammetrie gemacht werden. Ausserdem ist vor kurzem im Studienplan der Abteilung für Bauingenieure eine zweistündige Demonstrationsvorlesung «Einführung in die photogrammetrischen Methoden und deren Anwendung» aufgenommen worden, um diesen Studierenden einen Einblick in die modernen Vermessungsmethoden der Photogrammetrie zu vermitteln; Spezialkurse in Photogrammetrie wurden im Frühjahr 1936 und 1937 durchgeführt. Ferner ist zu erwähnen, dass das Photogrammetrische Institut seit Frühjahr 1937 über ein neues Entzerrungsgerät Odencrantz-Wild verfügt, wodurch nun auch die Durchführung von Übungen an einem modernen Entzerrungsgerät ermöglicht worden ist.

Die bereits vor 1934 begonnenen Versuche der *Lufttriangulation* mit Wild'schen Geräten sind weitergeführt und bezüglich Lotpunktverfahren am Wild-Autographen A 2 abgeschlossen worden. Zahlreiche Versuche mit dem Statoskop «Vaisala» haben ergeben, dass dieses Gerät in der vorliegenden Form für unsere Ansprüche nicht genügt. Mit einer Neukonstruktion sind dann eingehende Untersuchungen durchgeführt worden, die in der «Schweiz. Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik», Heft 5 und 6/1938, veröffentlicht worden sind, mit Angabe neuer Formeln für die Berechnung der Höhenunterschiede aus den Statoskopablesungen. Weiter ist die Mitwirkung des Photogrammetrischen Instituts bei der stereophotogrammetrischen Bestimmung von Geschossflugbahnen zu nennen, die dazu geführt hat, die Konstruktion eines vereinfachten Photothedolits für ballistische Zwecke anzuregen. Mit bestem Erfolge wurden Versuche über Mikrophotogrammetrie durchgeführt, durch die der Stereophotogrammetrie ein neues Anwendungsgebiet erschlossen ist (siehe «SBZ» vom 2. April 1938).

Während der Berichtsperiode 1934–1937 hat sich die Photogrammetrie in der Schweiz auf allen bisherigen Anwendungsgebieten bewährt und Bestrebungen, sie wissenschaftlich und praktisch weiter zu entwickeln, haben erfreuliche Fortschritte gezeigt. Wirtschaftlich ungünstige Zeitverhältnisse haben die Einführung der Photogrammetrie auf neuen und bisherigen Anwendungsgebieten erschwert und verhindert. Einheimische Wissenschaft, Forschung und Praxis haben in engster Zusammenarbeit zur Förderung der Photogrammetrie in der Schweiz beigetragen und damit auch international brauchbare und wertvolle Dienste geleistet.

### Photogrammetr. Grundbuchvermessungen von Anfang 1934 bis Ende 1937.

In diesem Zeitabschnitt wurden im gesamten 26 Unternehmungen nach der luftphotogrammetrischen Methode über ein Gebiet von zusammen 115 700 ha in Angriff genommen. Es fallen daher im Mittel auf ein Unternehmen zirka 4400 ha und pro Jahr 28 900 ha. Die Prüfung der in den Jahren 1934 bis 1938, abgeschlossenen photogrammetrischen Grundbuchvermessungen ergab folgende Genauigkeiten:

a) die mittlere Lageabweichung der photogrammetrisch kartierten oder an photogrammetrisch ausgewerteten Punkte angeschlossenen Grenzpunkte von den trigonometrisch oder polygonometrisch vorgenommenen Verifikationsbestimmungen beträgt  $\pm 0,95$  m;

b) die mittlere Höhenabweichung der photogrammetrisch ausgewerteten scharf erkennbaren Punkte von den trigonometrisch oder polygonometrisch vorgenommenen Verifikationsbestimmungen beträgt  $\pm 0,77$  m.

Diese Genauigkeitsangaben beziehen sich auf eine mittlere relative Flughöhe von 2500 m (Wild-Ausrüstung), bzw. 2800 m (Zeiss-Ausrüstung), mittlere Basisverhältnisse von 1:3,2 (Wild), bzw. 1:2,2 (Zeiss) und Auswertungen am Wild-Autographen A 2, bzw. Zeiss-Stereoplanigraphen C 2. Die Erfahrung zeigt, dass durch die langjährige Beschäftigung mit den luftphoto-