Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 83 (1965)
Heft: 16: Schweizer Mustermesse

Artikel: Der mechanische aufgeladene Saurer-Dieselmotor für Vielstoffbetrieb
Autor: Wetzel, Bernhard / Haefeli, Rolf
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-68136

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: 16.09.2025

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

Verbreitung von üblen Gerüchen oder Lärm beruhen. Die zulässigen Grenzen dieser Belästigungen sind je nach Land teils schon festgelegt, teils noch im Studium. Für den Staubauswurf aus dem Schornstein dürfte die in West-Deutschland übliche Norm von max. 150 mg/Nm³ bald allgemeine Anwendung finden. Sie lässt sich durch den Einbau von erprobten Filtern (meist Elektrofilter) ohne weiteres erreichen. Für die zulässigen Immissionen bestehen in West-Deutschland ebenfalls bindende Vorschriften. Im Falle von Müllverbrennungsanlagen lassen sich diese mit Hilfe von Schornsteinhöhen von 80 bis 120 m ohne weiteres erfüllen. Was die Belästigung durch Geruch und Lärm betrifft, wird im allgemeinen auf die Anwohnerschaft abgestellt. Eine grosse Zahl von ausgeführten Anlagen beweist, dass moderne Anlagen in dieser Hinsicht unbedenklich inmitten von bebautem Gebiet aufgestellt werden können. Die Vorteile eines solchen Standortes sind kurze Transportwege für die Anfuhr des Mülls und günstige Möglichkeiten der Wärmeverwertung (Fernheizungen usw.) Sie sind im Interesse der Wirtschaftlichkeit unbedingt anzustreben. Als Beispiel sei die Anlage Frankfurt am Main angeführt (Bild 22). In ihr soll der Müll dieser Stadt in vier Öfen zu je 300 t/24 h verbrannt werden. Der daraus erzeugte Dampf wird in das unmittelbar danebenstehende Fernheizkraftwerk geleitet, wo er Strom erzeugt und zur Beheizung der neuen Nord-West-Stadt verwendet wird.

8. Ausblick

Die Technik bleibt nicht stehen. So wird sich auch das Gebiet der Müllverbrennung laufend weiter entwickeln, vor allem unter dem Einfluss von zwei Faktoren: 1. Die Erfahrungen, welche sich bei Bau und Betrieb neuer Anlagen gewinnen lassen, werden erlauben, einfacher und billiger zu bauen. 2. Die höheren Heizwerte des Mülls und der Zwang, stets steigende Mengen von Industrieabfällen aller Art, Altöl, Klärschlamm usw. zu vernichten, wird die Feuerungstechnik zu stets vielseitiger verwendbaren Konstruktionen führen.

Literaturverzeichnis

[1] *R. Tanner:* Der neue Kehrichtverbrennungsofen der L. von Roll AG «Schweizerische Bauzeitung» 1951, Nr. 14, S. 174–183. Daselbst auch ältere Literaturangaben.

[2] *J. Kampschulte:* Die Müllverbrennung in Hamburg und ihre Erweiterung durch Von Roll Oefen. «Brennstoff-Wärme-Kraft» 1962, Nr. 5.

[3] *R. Tanner:* Ein Jahr Betriebsbewährung der Müllverbrennungsanlage Helsinki. «Schweizerische Bauzeitung» 1962, Nr. 21.

[4] *F. Fischer:* Die Wiener Müllverbrennungsanlage. «Brennstoff-Wärme-Kraft» 1964, Nr. 8.

[5] *H. Leib:* Betriebserfahrungen mit der Müllverbrennungsanlage der BASF, Ludwigshafen/Rhein. «Mitteilungen des VGB[1])» 1962, Heft 78.

[6] *A. Maihöfer:* Weitere Betriebserfahrungen mit der Müllverbrennungsanlage der BASF, Ludwigshafen/Rhein. «Mitteilungen des VGB» 1963, Heft 85.

[7] *B. Frank:* Erfahrungen mit der Verbrennung von Industrie-Abfällen in der BASF. «Chemie – Ingenieur – Technik» 1964, Heft 11.

[8] *J. Kampschulte:* Stand der Abfallverbrennung in Deutschland. «Städtehygiene» 10/1960.

[9] *R. Tanner:* Betriebserfahrungen mit modernen Müllverbrennungsanlagen. «Mitteilungen des VGB[1])» 1963, Heft 86.

[10] *R. Tanner:* Versuche über die Verbrennung von chemischen Abfällen der BASF zusammen mit Berner Kehricht in der MVA Bern. «Plan, Schweiz. Zeitschrift für Landes-, Regional- und Ortsplanung» 1960, Nr. 5.

[11] *R. Tanner:* Die energiewirtschaftliche Bedeutung moderner Müllverbrennungsanlagen. «Schweiz. Blätter für Heizung und Lüftung» 1963, Nr. 2.

Adresse des Verfassers: *Richard Tanner,* dipl. Masch.-Ing., Von Roll AG, 8001 Zürich, Uraniastrasse 31.

[1]) VGB = Vereinigung der Grosskessel-Besitzer

Der mechanisch aufgeladene Saurer-Dieselmotor für Vielstoffbetrieb

DK 621.436.3

Von **Bernhard Wetzel** und **Rolf Haefeli,** Arbon

Inhalt: Es werden die allgemeinen Probleme des Vielstoffbetriebes behandelt. Daraus geht hervor, dass der mechanisch aufgeladene Dieselmotor sehr gute Voraussetzungen für die Erweiterung zum Vielstoffmotor aufweist. Anschliessend werden die hierzu erforderlichen Änderungen beschrieben. Ein weiterer Abschnitt enthält die technischen Daten, Prüfstandergebnisse und Angaben über das Betriebsverhalten eines erprobten Vielstoffmotors der von Sauer entwickelten Bauart.

1. Allgemeine Probleme des Vielstoffbetriebes

a) Brennstoffe

Als guter Vielstoffmotor ist ein Motor zu bezeichnen, bei dem alle üblichen flüssigen Kraftstoffe ohne nennenswerte Leistungs- und Verbrauchsdifferenz mit einwandfreiem Anlassverhalten sowie geringem Verbrennungsgeräusch mühelos verbrannt werden können. Dabei muss vorausgesetzt werden, dass der Motor bezüglich mechanischem Aufwand nicht zu kompliziert wird.

Tabelle 1. Einige Brennstoffe des Vielstoffmotors

Brennstoffe	Motoröl SAE 10	Heizöl Mittel	Heizöl Spezial	Gasöl	Flugpetrol JP-4 Wide-Cut	Armeebenzin	Normal-benzin	Super benzin
Research-Oktanzahl		28–36	17	8–14	20–30	84–87	90–91	95–99
Cetanzahl		42–46	50–53	53–56	unter 50	17	15	
Spez. Gew. 20° C	0,885–0,9	0,915–0,930	0,825–0,845	0,832	0,75–0,80	0,725–0,745	0,730	0,74–0,76
Siedebereich °C				175–350	115–276	35–185	33–196	35–190
Unterer Heizwert kcal/kg	10000	9800	10200	10200	10220	10200	10310	10300
Verkokungszahl nach Conradson		4/7	Spuren	0,03				
Stockpunkt ° C	–30	0/–6	–15/–25	–29				
Trübungspunkt ° C			– 6/–12	–13	–60			
Schwefelgehalt %		2/3	0,6/0,9	0,40/0,83	0,40	0,01–0,15	1,03–0,06	unter 0,1
Viskosität 20° C	80–90 cSt	20° E	1,25/1,40° E	1,40° E	(2,05 cSt)			
Anwendungsbereiche				Dieselmotor		Benzin- (Otto-) Motor		
				Vielstoff-Saugmotor				
				Mechanisch aufgeladener Vielstoffmotor				

Einschränkungen: a) Brennstoffbereich Dieselmotor: Die Verwendung von Flugpetrol kann möglicherweise im Winter wegen des Anlassverhaltens in Frage gestellt werden. b) Brennstoffbereich Vielstoffmotor: Die Verwendung von Heizöl Mittel kommt infolge zu hohen Stockpunktes für Winterbetrieb nicht in Frage; es darf auch sonst nur ausnahmsweise verwendet werden. Die Verwendung von Motorenöl SAE 10 HD, Serien 1, 2 und 3, darf nur ausnahmsweise (infolge zu starker Anlagerung von Verbrennungsrückständen im Motor) verwendet werden.

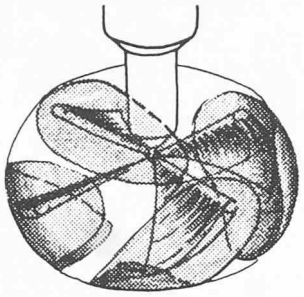


Bild 1. Räumliche Darstellung der Gemischaufbereitung im Saurer-Verbrennungssystem

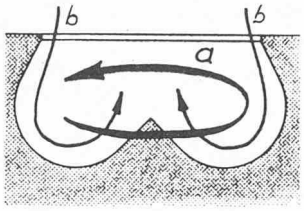


Bild 2. Die Luftströmung im Brennraum bei der Doppelwirbelung
a) Potentialwirbel
b) Verdrängungswirbel

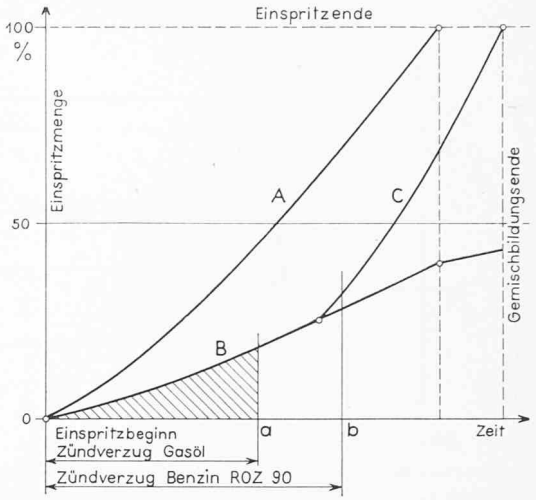


Bild 3. Verlauf der Einspritzung und der Gemischbildung in Abhängigkeit von der Zeit

Im Gegensatz zu Benzinmotoren, die nur leichtflüchtige Brennstoffe (Benzin) mit hoher Oktan-Zahl verbrennen können, braucht der normale Dieselmotor Brennstoffe (Dieselöle) mit sehr geringer Oktanzahl. Bei der Betrachtung, welcher von den beiden Motortypen sich für den Ausbau zum Vielstoffmotor besser eignet, erkennt man, dass es praktisch unmöglich ist, einen Benzinmotor in einen Vielstoffmotor zu verwandeln. Hingegen kann ein Dieselmotor, ohne Rücksichtnahme auf das Verbrennungsgeräusch, durch Erhöhung des Kompressionsverhältnisses auf $\varepsilon = 24$ verhältnismässig leicht in einen Vielstoffmotor umgebaut werden. Dabei ist jedoch die zulässige Oktanzahl nach oben stark begrenzt.

Der Dieselmotor arbeitet bekanntlich mit Selbstzündung, wobei das Kompressionsverhältnis so hoch ist, dass der unmittelbar vor dem oberen Totpunkt eingespritzte Brennstoff in der durch die Kompression stark erhitzten Luft ohne grossen Zündverzug zu verbrennen beginnt.

Die Selbstentzündungstemperaturen von Benzin und speziell von Superbenzin liegen ungünstigerweise erheblich höher als diejenigen von Gasöl und Petrol.

Die bleigedopten Benzine und die zusätzlich noch mit Benzol vermischten Super-Benzine wurden bekanntlich entwickelt, damit im Benzinmotor während des Verbrennungsablaufes das durch diesen anfänglich noch nicht erfasste Brennstoffdampf-Luft-Gemisch infolge Druck- und somit Temperaturanstieg nicht in Selbstzündung («Klopfen») übergeht. Als Mass für die Klopffestigkeit – welche die beim Dieselmotor benötigte Zündwilligkeit herabsetzt – gilt die Oktanzahl (ROZ).

In der Brennstofftabelle sind die Oktanzahlen der einzelnen Brennstoffe angegeben, Tabelle 1. Man sieht daraus, dass die Oktanzahlen von Gasöl, Flugpetrol und Heizöl im Verhältnis zu Benzin sehr tief und nahe beieinander liegen, weshalb diese Brennstoffe in dieser Beziehung in einem normalen Dieselmotor ohne weiteres verwendet werden können. Umgekehrt dient als Mass für die Zündwilligkeit eines Treibstoffes die Cetan-Zahl (CZ), die bei den Benzinen recht niedrig sein muss.

b) Verbrennungsvorgang und Verbrennungsgeräusch

Die besondere Schwierigkeit bei der Entwicklung des Vielstoffmotors liegt somit in der Aufgabe, die hochoktanigen Benzine (85–100 ROZ) zu verbrennen, indem jedenfalls durch starke Erhöhung der Kompressionsendtemperatur eine sichere Zündung und eine stark begrenzte Zündverzugszeit erreicht werden müssen. Diese Voraussetzung ist um so schwieriger einzuhalten, je höher die Drehzahl und je geringer die Belastung des Motors (Teillast, Abregeldrehzahl) ist und je tiefer Ansaug-Temperatur und -Druck sind. Die hohe Drehzahl erfordert sehr kurze Zündverzugszeiten, während die geringe Belastung ebenso wie die tiefe Ansaugtemperatur eine Verminderung der Kompressionsendtemperatur zur Folge haben.

Ein weiteres grundsätzliches Hauptproblem bei der Entwicklung des Vielstoffmotors ist die Begrenzung des Verbrennungsgeräusches, welches durch die Verwendung von leichtflüchtigem Benzin als Treibstoff erheblich erschwert wird, und zwar infolge seiner erhöhten Neigung zu Dampfbildung während der Gemischbildung und der grösseren Zündverzugszeit.

Worin liegt nun die Ursache, welche zur Entstehung dieser Verbrennungsgeräusche führt? Das bei der Selbstzündung durch Kompression vorhandene Brennstoffnebel-Luft-Gemisch entzündet sich explosionsartig mit sehr hoher Geschwindigkeit. Der Brennstoff ist dabei zum Teil dampfförmig und zum andern in feineren und grösseren Tropfen mit der hoch verdichteten heissen Luft vermischt. Die Stärke des Verbrennungsgeräuschs hängt somit hauptsächlich davon ab, wieviel reaktionsfähiges Brennstoffnebel-Luft-Gemisch durch die Selbstzündung erfasst wird. Die Zündverzugszeit, das heisst die Zeit zwischen Einspritzbeginn und Selbstzündung, welche zeitlich die Bildung von Brennstoffnebel-Luft-Gemisch begrenzt, ist bei gleichem Kompressionsverhältnis charakteristisch für jedes Verbrennungssystem. Die hauptsächlichste Möglichkeit, das Verbrennungsgeräusch zu verringern oder zu verhindern besteht darin, während der gegebenen Zündverzugszeit die Bildung von reaktionsfähigem Gemisch zu verzögern, das heisst, mengenmässig möglichst klein zu halten.

Die eingehenden systematischen Versuche ergaben unter Berücksichtigung der neueren Änderungen am Verbrennungssystem etwa folgenden Verlauf der Gemischbildung und der Verbrennung im Doppelwirbelungssystem, Bild 1:

Während der Gemischbildung überschneiden sich bei diesem Verbrennungssystem zwei Phasen. Die erste, die Phase der quantitativ geringeren Gemischbildung, geht im freien Bereich des Brennraumes vor sich, wo die vier Brennstoffstrahlen während ihres Aufbaus unter die Wirkung der Doppelwirbelung geraten. Diese besteht hauptsächlich aus dem horizontal um die Zylinderaxe rotierenden Potentialwirbel a, Bild 2, und dem von der Verdrängungsströmung herrührenden relativ schwachen Wirbel b. Die zweite Phase der Gemischbildung findet an der Brennraumwand statt, wo der Brennstoffstrahl aufprallt und sich ausbreitet. Hier führt die heisse, stark verdichtete Luft bei zunehmendem Verbrennungsdruck eine Verdampfung des Brennstoffilms herbei.

Während der zweiten Phase erfolgt bei der Doppelwirkung die Gemischbildung dadurch, dass der zur Brennraumwand vorgedrungene Brennstoff dort durch Auftreffen und Ausbreitung verzögert wird und auf grosser Fläche der mit hoher Relativgeschwindigkeit über ihn streichenden Luft ausgesetzt ist, wodurch eine innige und geregelte Mischung erzielt wird. Die in der ersten Vermischungsphase aus dem Brennstoffstrahl losgelösten Brennstofftröpfchen stehen nach ihrer Beschleunigung durch den Potentialwirbel unter Zentrifugalwirkung und begünstigen damit noch die Beschlagung des Brennraumes mit Brennstoff.

Der zeitliche Verlauf der Einspritzung (A) und der Gemischbildung in Prozenten (B und C) geht aus Bild 3 hervor. Die Kurve B stellt den Gemischanteil dar, welcher der ersten Phase der räumlichen Gemischaufbereitung entspricht, während die Differenz zwischen C und B den Anteil der Wandaufbereitung wiedergibt. Die Zündung setzt für Gasöl im Punkt a ein, und das aufbereitete Gemisch (schraffierte Fläche) verbrennt schlagartig. Die Reaktionsgeschwindigkeit für den restlichen Verbrennungsablauf ist begrenzt durch die zeitliche Ausdehnung der Gemischbildung an den Brennstoffstrahlen und an der Brennraumwand.

Beim hinsichtlich des Verbrennungsgeräusches weiterentwickelten Doppelwirbelungssystem wird die Bildung von zuviel Brennstoffnebel-Luft-Gemisch während der Zündverzugszeit begrenzt. Dieser Umstand führt zu einer wesentlichen Verringerung des Verbrennungs-

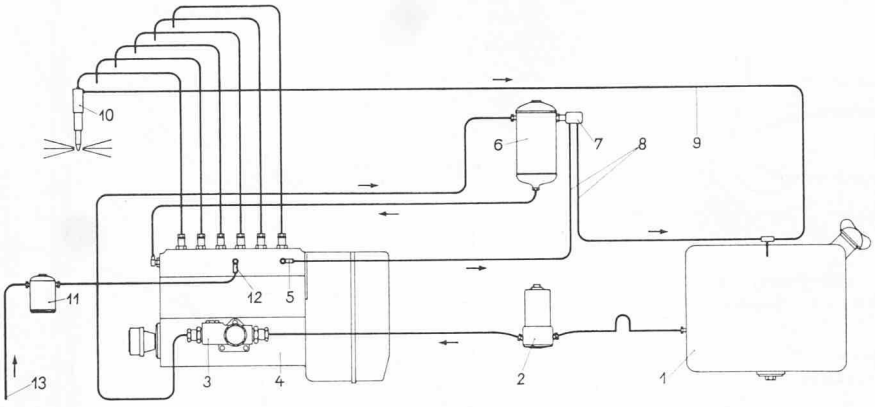
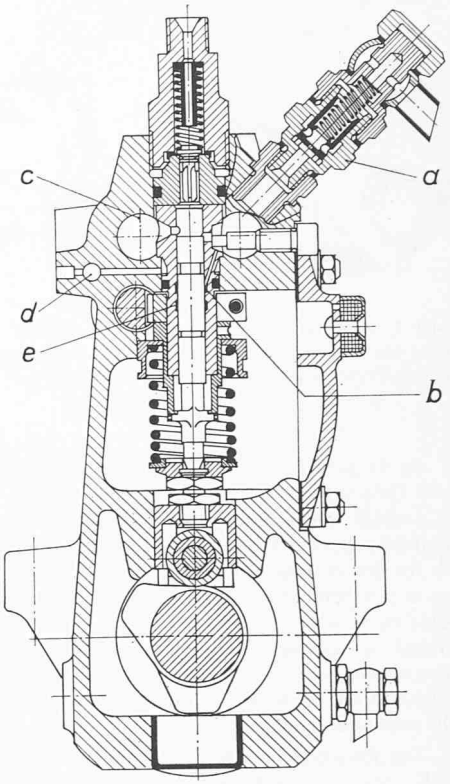


Bild 4. Schema der Brennstoffanlage

1 Brennstoffbehälter
2 Elektrische Hilfsförderpumpe
3 Hauptförderpumpe
4 Einspritzpumpe mit Regler
5 Ueberdruckventil an der Einspritzpumpe
6 Brennstoff-Feinfilter
7 Ueberdruckventil am Brennstoffilter
8 Rückleitung für Ueberschussbrennstoff
9 Leckölleitung
10 Einspritzdüse
11 Schmierölfeinfilter
12 Rückschlagventil
13 Schmierölzufuhr vom Motor



Rechts:
Bild 5 Vielstoff-Einspritzpumpe: a Kolbenventil, b Lecköl-Sperrnute, c Saugraum, d Bohrung für Schmieröl, e Schmiernute

geräusches und wurde zur Hauptsache dadurch erreicht, dass die Wirbelungsintensität leicht vermindert und die Brennstoffstrahlen durch besondere Vorkehren an der Einspritzdüse *wesentlich kompakter* (schlanker) gestaltet wurden. Ferner wurde auch das Einspritzgesetz in dem Sinne geändert, dass während der Zündverzugszeit weniger Brennstoff eingespritzt wird.

Die Herabsetzung der Gemischbildung im Raum zugunsten derjenigen an der Brennraumwand wirkt sich nicht nachteilig aus, da die Dosierung des der räumlichen Gemischbildung unterworfenen Brennstoffanteils so gewählt wurde, dass bei dessen Verbrennung die auftretenden Temperaturen mit Sicherheit ausreichen, um eine einwandfreie Verdampfung und Vermischung des an der Brennraumwand angelagerten Brennstoffs zu gewährleisten. Eine extreme Entwicklung des Verbrennungssystems in Richtung einer fast vollständig an der Brennraumwand stattfindenden Gemischbildung, unter nahezu gänzlicher Unterdrückung derjenigen im Raum, brachte mit Bezug auf das Verbrennungsgeräusch wohl noch eine weitere Verbesserung. Gleichzeitig mussten damit aber einige wesentliche Nachteile in Kauf genommen werden.

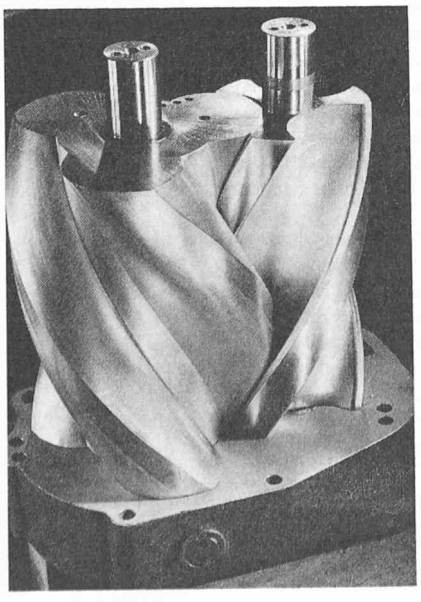
Durch die erwähnten Verbesserungen des Saurer-Doppelwirbelungs-Verbrennungssystem ergab sich die Möglichkeit, den Saurer-Dieselmotor zum Vielstoffmotor zu erweitern.

c) Vergleich Saug-Vielstoffmotor zu mechanisch aufgeladenem Vielstoffmotor

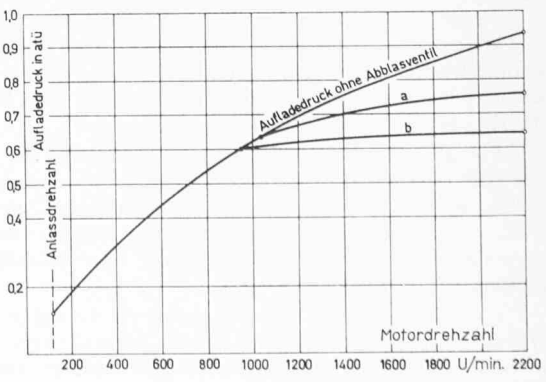
Bei der Entwicklung des Saug-Vielstoffmotors ergab sich, dass das Kompressionsverhältnis auf $\varepsilon = 25$ erhöht werden musste, damit für Benzin bis ROZ = 90 im oberen Abregelbereich eine einwandfreie Verbrennung erfolgte. Diese Schwierigkeit ist auf die bei grosser Drehzahl und kleiner Belastung eintretende Auskühlung des Motors durch die kalte Ansaugluft und somit stark verminderte Kompressionsendtemperatur zurückzuführen. Somit bleibt diese Art von Vielstoffmotor bezüglich Benzinauswahl begrenzt (max. 90 ROZ).

Beim mechanisch aufgeladenen Dieselmotor ergibt sich durch die Vorverdichtung der Ansaugluft auf 0,6 atü eine Eintrittstemperatur von 80 bis 90° C. Damit stellt sich auch bei einem Kompressionsverhältnis $\varepsilon = 18{,}5$ eine höhere Kompressionsendtemperatur ein. Die Schwierigkeit der unregelmässigen Verbrennung bei hohen Drehzahlen und kleiner Last besteht bei diesem Motor nicht, da dessen Auskühlung infolge der hohen Lufteintrittstemperatur nur in geringem Masse stattfindet, wodurch auch Super-Benzine bis 100 ROZ als Treibstoff verwendet werden können.

Somit sind Aufladem otoren für die Verwendung als Vielstoffmotoren sehr gut geeignet, allerdings nur, sofern das Aufladegebläse die Eigenschaft hat, auch im Teillastbereich und speziell während des



Links:
Bild 6. Haupt- und Nebenrotor des Schraubenradgebläses



Rechts:
Bild 7. Abhängigkeit des Ladedrucks von der Motorendrehzahl

Kurve a: Aufladedruck mit Abblaseventil
Kurve b: Aufladedruck beim Vielstoffmotor mit erhöhtem Kompressionsverhältnis

Anlassens und in den unteren Leerlaufdrehzahlen genügend Aufladedruck zu erzeugen. Diese Eigenschaft wird beim mechanisch aufgeladenen Vielstoffmotor durch das Schraubenradgebläse in hohem Masse erreicht[1]).

2. Durch den Vielstoffbetrieb bedingte Änderungen am Motor

a) Triebwerk

Die Zylinderköpfe und der Kolbenbrennraum mussten den neuen Verhältnissen angepasst werden. Der Kolbenboden und die Brennraumoberfläche wurden durch besondere Oberflächenbehandlung vor Ausbrand geschützt. Durch geeignete Materialauswahl sind die Auslassventile wegen der Verwendung von bleihaltigen Benzinen gegen Heisskorrosion widerstandsfähig gemacht worden.

Im Bestreben, ein gutes Anlassverhalten zu erreichen, wurde das Kompressionsverhältnis auf 1 : 18,5 erhöht. Ebenfalls aus diesem Grunde hat man die Ventilsteuerzeiten geändert, indem die Einlassventile früher schliessen. Durch diese Änderung konnten der volumetrische Wirkungsgrad des Motors bei Anlassdrehzahl um etwa 6% und der Kompressionsenddruck um ungefähr 8 % erhöht werden. Die Verstellcharakteristik des Spritzmomentverstellers wurde den neuen Verhältnissen angepasst.

Die mechanische Beanspruchung des Saurer-Vielstoffmotors mit mechanischer Aufladung ist in geringem Masse höher als diejenige des mechanisch aufgeladenen Dieselmotors. Das Triebwerk muss für diese Beanspruchung gebaut sein. Die langjährige Erfahrung mit aufgeladenen Motoren ist auf den Vielstoffmotor übertragen worden.

b) Das Brennstoffsystem

Für einen Vielstoffmotor sind am Einspritz- und Brennstoffördersystem des Dieselmotors folgende Änderungen vorzunehmen:

Fördersystem

Wenn das Brennstoffsystem des Motors (Filter, Einspritzpumpe, Förderpumpe und Leitungen) mit Benzin gefüllt ist, so zeigt sich bei heiss abgestelltem Motor eine Dampfblasenbildung, speziell in der Einspritzpumpe, weshalb nachher ein Anlassen des Motors eine vorherige Entlüftung bzw. Spülung des Saugraumes und des übrigen Systems erforderlich macht.

Zu diesem Zweck ist eine nahe dem Brennstofftank angebrachte elektrische Hilfsförderpumpe nötig, welche auch als Hilfspumpe für den Fall von Dampfblasenbildung in der Saugleitung während des Fahrbetriebs dienen kann. Diese Pumpe lässt sich von Hand oder automatisch aus- und einschalten. Entlüftungs- (Überbrükkungs-) Bohrungen in den Überdruckventilen erlauben, die Spülung des Brennstoffsystems mit dem geringen Förderdruck (0,3 atü) dieser elektrischen Pumpe durchzuführen. Während des Fahrbetriebes muss der Förderdruck zur Vermeidung von Dampfblasen 1,8 bis 2,5 atü betragen.

[1]) Das Saurer-Schraubenradgebläse wurde eingehend beschrieben in SBZ 1957, H. 24, S. 382.

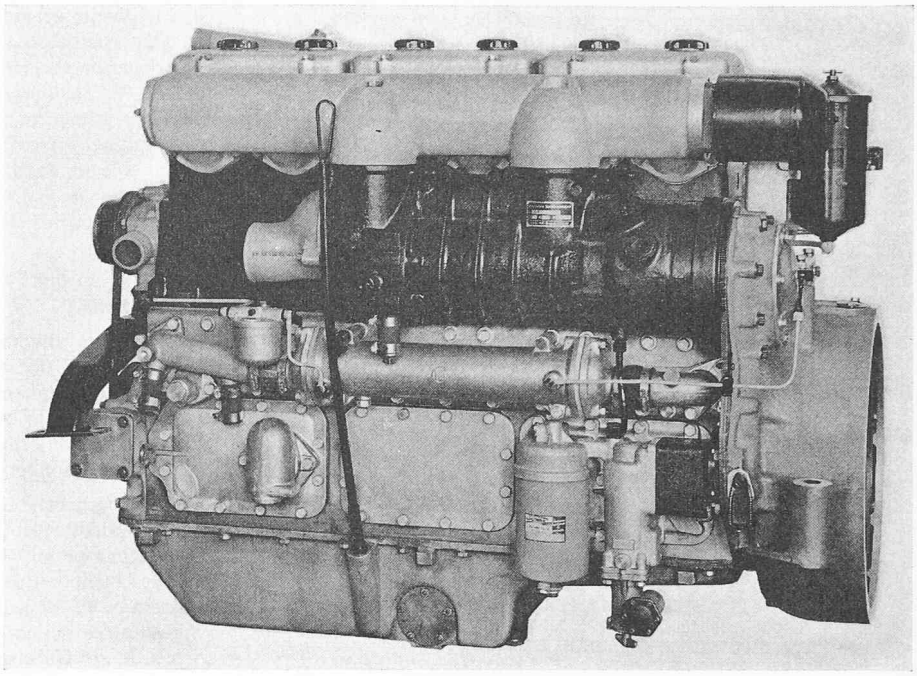


Bild 8 (oben). DG-P-Vielstoffmotor, Ansicht von der Ansaugseite mit Schraubengebläse

Die Hauptförderpumpe ist mit einem Druckausgleichkolben, mit einer Leckölsperre sowie Stössel-Druckölschmierung versehen. Die Förderpumpen sind mit dem «Saugraum» der Einspritzpumpe in Serie geschaltet, damit dieser durch die Brennstoffzirkulation dauernd gespült wird. Das Brennstoffschema ist in Bild 4 dargestellt.

Einspritzpumpe

Die Einspritzpumpe, Bild 5, ist speziell für Vielstoffbetrieb konstruiert und entsprechend dem höheren Einspritzdruck mechanisch verstärkt. Sie benötigt ein Kolbenventil a zur Begrenzung des Brennstoffdruckes. Dieses Ventil verhindert ausserdem grosse Druckschwankungen im Saugraum. Die Anordnung der Entlüftung sowie der Brennstofffluss wurden so gestaltet, dass sich Luft oder Brennstoffdampf nirgends ansammeln können.

Die Einspritzpumpenkolben und deren Führungen sind mit einer Leckölsperrnute b versehen, die mit dem Saugraum c verbunden ist, sowie einer Druckölschmierung, bei der das dem Schmierkreislauf des Motors entnommene Öl durch einen separaten Feinfilter und ein Rückschlagventil in die Bohrung d und von dort in die Schmiernute e gelangt. Die Einspritzpumpe ist ferner mit einem Verstellorgan zur Verstellung der Einspritzmenge je nach dem verwendeten Brennstoff ausgerüstet, da entsprechend der Differenz der spezifischen Gewichte

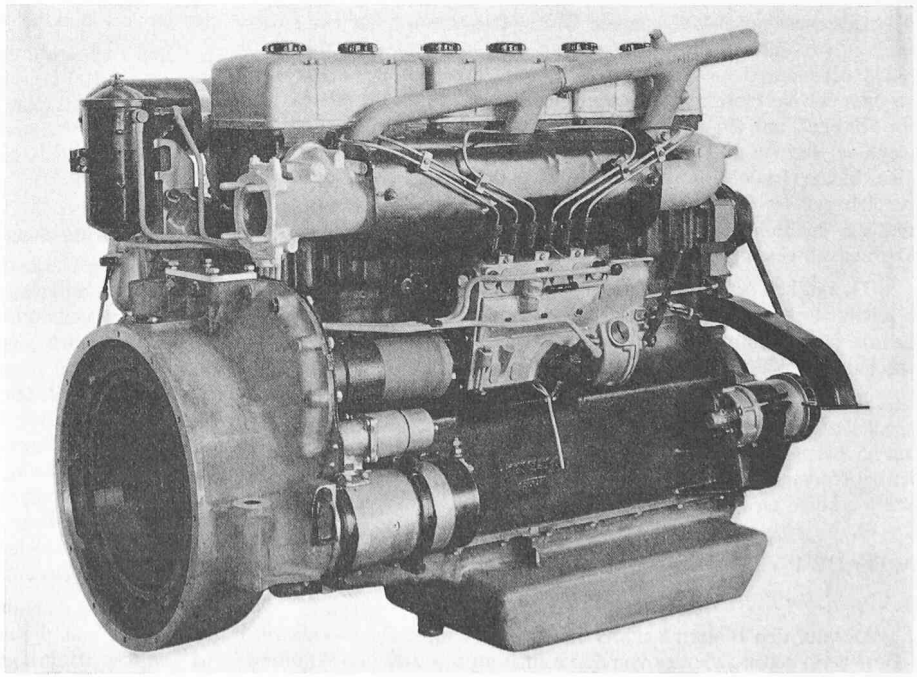


Bild 9 (rechts). DG-P-Vielstoffmotor, Ansicht von der Auspuffseite mit Brennstoffsystem

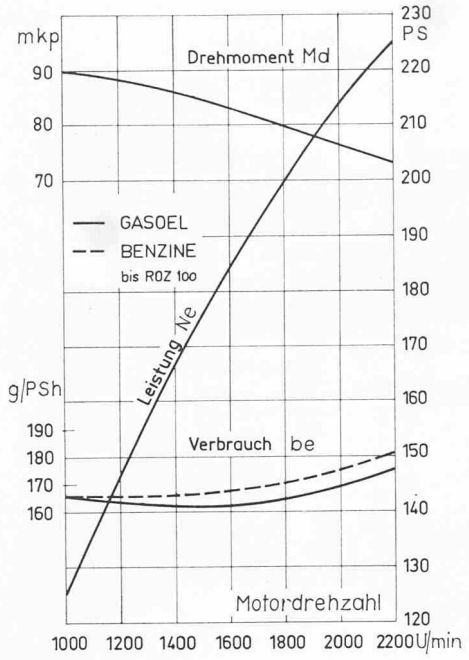


Bild 10. Leistungs- und Verbrauchsverlauf des DG-P-Vielstoffmotors in Abhängigkeit von der Drehzahl

für die volumetrisch fördernde Einspritzpumpe auch jeweils das eingespritzte Brennstoffvolumen angepasst werden muss, um die gleiche Motorleistung zu erzielen.

Brennstoffilter

Die einwandfreie Filtrierung des Brennstoffes erfordert, wie bei Saurer Dieselmotoren schon lange üblich, die Verwendung von Papierzellenfiltern. Damit ist jedoch eine Filtrierung von schweren Brennstoffen (Motorenöl, Heizöl-schwer usw.) infolge des erhöhten Widerstandes nicht möglich. In Ausnahmefällen kann aber die Verwendung solcher Brennstoffe durch kurzzeitige Überbrückung des Filters (Entfernung) oder durch einen andern, relativ schlechten Filter (Grobfilter) dennoch gewährleistet werden.

c) Mechanische Aufladung

Für die mechanische Aufladung wurde das von der Firma Saurer entwickelte Schraubenrad-Gebläse verwendet, dessen Haupt- und Nebenrotor auf Bild 6 dargestellt sind.

Der mechanisch aufgeladene Saurer-Dieselmotor hat ein Kompressionsverhältnis von $\varepsilon = 16$. Nach Saurer-Patent sind die Aufladedrücke durch ein Abblasventil begrenzt, vgl. Bild 7, Kurve a, so dass der Verbrennungs-Spitzendruck 110 atü nicht übersteigt. Die im Hinblick auf ein gutes Anlassverhalten des Vielstoffmotors notwendige geringe Erhöhung des Kompressionsverhältnisses bedingt eine kleine Reduktion des Aufladedruckes im oberen Drehzahlbereich gemäss Kurve b in Bild 7. Die Leistung des Motors wird dadurch nicht kleiner, da die üblichen Aufrademotoren bei hohen Drehzahlen einen grossen Luftüberschuss aufweisen.

Damit bei Anlassdrehzahl ein möglichst grosser Aufladedruck erreicht wird, wurde die hydraulische Gebläsekupplung, wie sie am normalen Dieselmotor dieses Typs Verwendung findet, durch eine mechanische Kupplung ersetzt.

Im Falle eines Gebläsedefektes saugt der Motor die Luft über ein spezielles Saugventil an, damit das Fahrzeug auf jeden Fall noch bis zur nächsten Reparaturwerkstätte gefahren werden kann. Dieses Ventil ist bei Normalbetrieb durch eine Feder dicht geschlossen, damit beim Starten keine Druckluft entweichen kann.

3. Der DG-P-Vielstoffmotor

a) Technische Daten

Der auf den Bildern 8 und 9 dargestellte Saurer-Diesel-Vielstoffmotor weist sechs Zylinder von 125 mm Bohrung, 140 mm Hub und 10,31 Hubvolumen auf; er arbeitet mit direkter Einspritzung nach dem von Saurer entwickelten Verbrennungsverfahren und mit mechanisch angetriebenem Aufladegebläse. Seine Nenndaten sind: Aufladedruck 0,61 atü, Verdichtungsverhältnis 1 : 18,5, Wellenleistung 225 PS, Drehzahl 2200 U/min, max. Drehmoment 90 mkp (bei 1400 U/min). Die Leistungsangabe versteht sich mit einer Toleranz von $\pm 2\,\%$ und gilt für alle in Tabelle 1 angegebenen Brennstoffe sowie für einen Luftzustand von 725 mm Hg und 20° C. Die Leistungs- und Verbrauchswerte des DG-P-Vielstoffmotors bei rauchfreiem Betrieb gehen aus Bild 10 hervor.

b) Brennstoffe

Geeignete Brennstoffe sind: Gasöl, Flugpetrol, Heizöl leicht, Benzin bis ROZ 100. Schwerere Brennstoffe, z. B. Motorenöl SAE 10, sind nur ausnahmsweise zu verwenden, wegen Brennstoff-Feinfilterverschmutzung und zu grossem Druckverlust im Filter sowie wegen Einspritzdüsenverschmutzung und Verbrennungsrückständen im Brennraum, besonders bei Verwendung von HD-Ölen.

Die angegebene Leistung wird für jeden Brennstoff erreicht, sofern die Einspritzmengen-Einstellung (Füllungshebel-Anschlag) an der Einspritzpumpe auf den entsprechenden Brennstoff umgestellt wird. Dies geschieht mittels einer Betätigungsvorrichtung von der Führerkabine aus. Es ist jedoch unbedingt darauf zu achten, dass der Anschlag immer der im Tank eingefüllten Brennstoffart entspricht, da sonst z. B. auf Hebelstellung «Benzin» mit Gasöl eine zu hohe Motorleistung eingestellt und der Motor somit überlastet würde.

c) Betriebsverhalten

Bei der Verwendung von Brennstoffen unter ROZ 90 tritt kein Verbrennungsgeräusch (Diesel-Knock) auf. Bei Treibstoffen mit 90 bis 100 ROZ ist dieses Geräusch unbedeutend.

Hervorzuheben ist die hervorragende Unempfindlichkeit bei starkem Last- und Temperaturwechsel. So wurde dieser Motor z. B. bei Betrieb auf dem Prüfstand mit Benzin ROZ 98 aus voller Last und Nenndrehzahl auf Leerlauf gestellt und so während längerer Zeit laufen gelassen ($n = 500$ U/min, Wassertemperatur 40 bis 45° C). Darauf wurde der Motor unverzüglich voll belastet, wobei er unmittelbar die volle Leistung abgab.

Unterliegt der Motor beim Fahren starken Belastungswechseln, z. B. beim starken Beschleunigen nach langer Talfahrt, so reagiert er sofort und völlig rauchfrei auf diese Belastung, da das mechanisch angetriebene Gebläse, im Gegensatz zum Turbolader, auch im extrem niederen Lastbereich stets genügend verdichtete und somit heisse Luft liefert.

d) Das Startverhalten

Bei normalen Temperaturen oder bei heissem Motor gibt es keine Startschwierigkeiten, vorausgesetzt, dass die Brennstoffanlage mittels der eingebauten elektrischen Förderpumpe durchgespült wird. Besonders erwähnt sei das gute Kaltstartverhalten.

Bei Temperaturen von —15° C bis —20° C und Anlassdrehzahlen von 80 bis 100 U/min ist mit Gasöl, Flugpetrol, JP-4 und Benzin bis ROZ 90 abolut keine Starthilfe erforderlich. Benzine mit ROZ > 93 erfordern bei Winterbetrieb mit Temperaturen unter —10° C eine Starthilfe mittels Anlassbrennstoff (z. B. Start-Pilot).

4. Schlussbetrachtung

Aus den Darlegungen geht deutlich hervor, dass sich speziell der mechanisch aufgeladene Saurer-Dieselmotor relativ leicht in einen sehr guten Vielstoffmotor verwandeln lässt. Solange der Preis für Gasöl wesentlich günstiger ist als derjenige anderer Brennstoffarten und solange mit normalen Einfuhren aller Treibstoffarten gerechnet werden kann, dürfte ein solcher Motor für den zivilen Nutzfahrzeugverkehr keine grosse Bedeutung erlangen. Das Interesse an Vielstoffmotoren liegt vielmehr im militärischen Bereich, wo unter Umständen die Tatsache, dass ein Motor mit den verschiedenartigsten Brennstoffen betrieben werden kann, eine wichtige Bedeutung erlangen könnte. Die damit erreichte, bedeutende Unabhängigkeit in der Treibstoffbeschaffung und insbesondere vom Nachschub in der Aktion dürfte diesen Gedanken nahelegen.

Diese Entwicklungsarbeit wurde hauptsächlich für Lizenznehmer der Firma Saurer durchgeführt. Die erwähnte DG-P-Vielstoffmotor ist ein Lizenzfabrikat.