

Zeitschrift: Der Traktor : schweizerische Zeitschrift für motorisiertes Landmaschinenwesen = Le tracteur : organe suisse pour le matériel de culture mécanique

Herausgeber: Schweizerischer Traktorverband

Band: 17 (1955)

Heft: 12

Artikel: Der Vielstoffmotor von MAN

Autor: Troesch, Max

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1048544>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

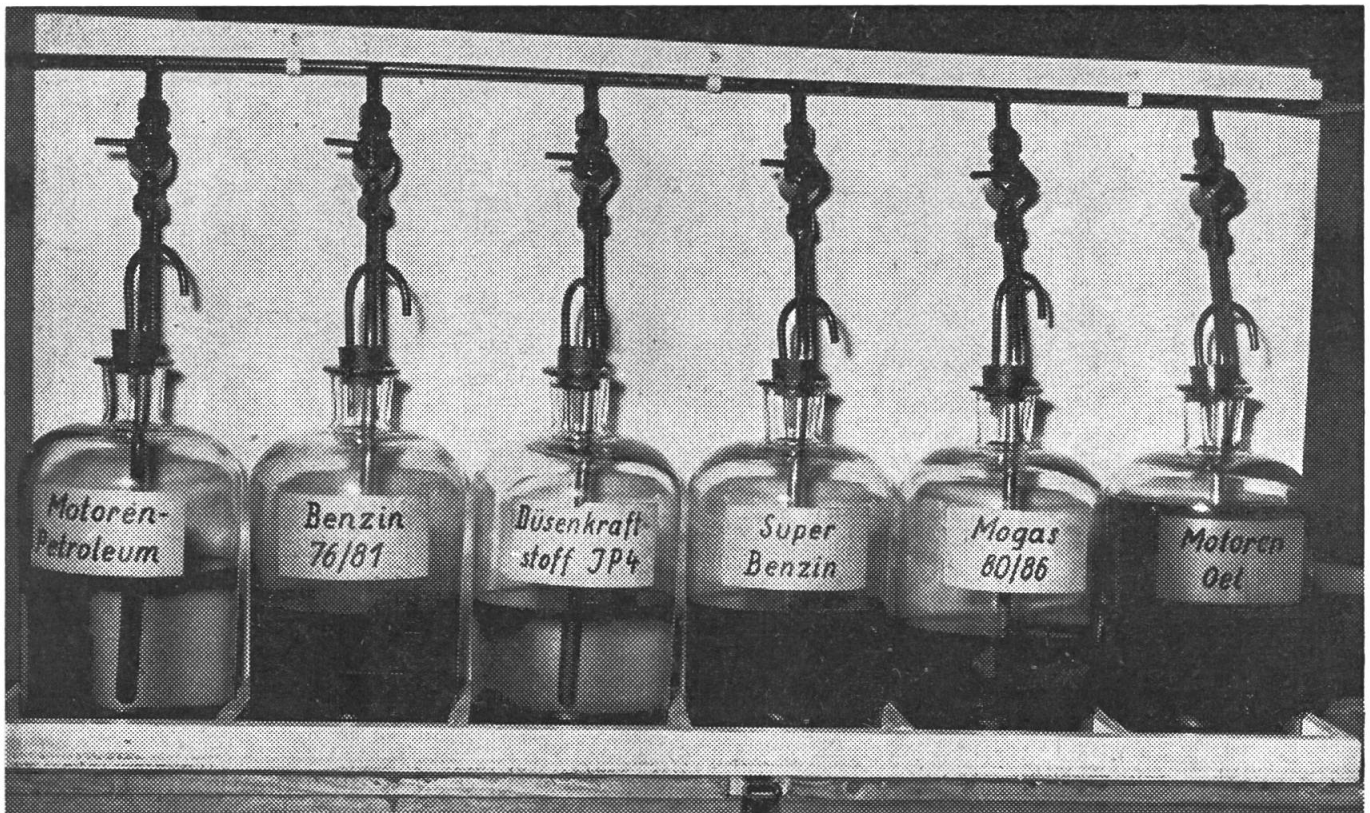
Der Vielstoffmotor von MAN

Durch weiterentwickeltes M-Einspritzverfahren werden Benzin, Petrol oder Dieselöl bei einem Verdichtungsverhältnis von 19:1 kloppfrei und wirtschaftlich ohne Vergaser und Zündung im gleichen Motor verarbeitet — Ausgereifte, sofort lieferbare Konstruktion.

Die älteste Dieselmotorenfabrik der Welt, die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG., hat in ihrem Werk Nürnberg einen Motor entwickelt, der ohne Umstellung sämtliche Erdöldestillate verarbeitet. Er läuft sowohl mit Dieselöl als auch mit Hochoktanbenzin im ganzen Drehzahlbereich und selbst beim Starten ohne jegliches Dieselmotorklopfen, und dies mit gleicher Sparsamkeit für alle Treibstoffarten. Er weist minimale Ölverschmutzung und Zylinderabnutzung auf und benötigt weder Vergaser noch Zündanlage. All dieses wurde durch wissenschaftliche Weiterentwicklung des M-Motors erreicht, der im Januar 1954 erstmals vorge-

Freie Treibstoffwahl

Auf dem Prüfstand gibt der MAN-Vielstoffmotor bei 2000 U/Min. 18 PS ab, gleichgültig, welches Erdöldestillat zufließt; Motorenpetrol, Benzin, Flugpetrol, Benzin-Benzol-Gemisch, Hochoktanbenzin 80/86 OZ und SAE-10-Motorenöl verarbeitet er weich und kloppfrei und ohne die geringste Russbildung. Selbst mit Schmieröl aus der eigenen Ölwanne kann er in derselben Weise betrieben werden. (Photo Seifert)



führt wurde¹⁾. Inzwischen hat sich der M-Motor zu Tausenden im Betriebe bewährt. Seine Weiterentwicklung benötigte wohl noch ausgedehnte Forschung, aber nur geringe konstruktive Aenderungen.

Damit stehen wir heute an einem Wendepunkte der Entwicklung der Kolbenmotoren. Leicht- und schwersiedende Kohlenwasserstoffe können mit gleich grosser Wirtschaftlichkeit wahlweise im gleichen Motor kloppfrei verwendet werden.

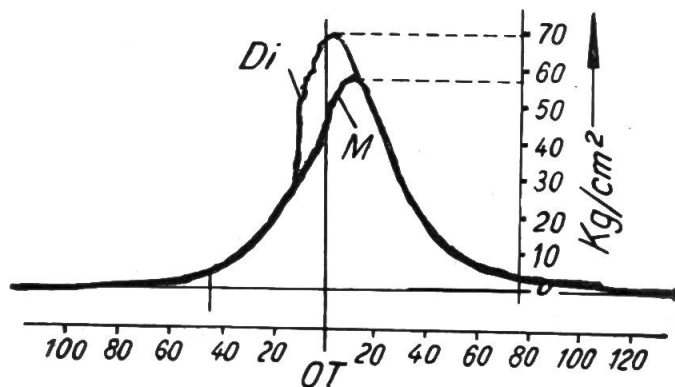
- Die Verbrennungsverfahren von Otto und Diesel sind in ein und
- derselben Maschine vereinigt.

So sensationell diese Formulierung auch klingt, so entspricht sie doch voll den Tatsachen. Wenn derart umwälzende Neuerungen sonst lange Zeit zur Reife benötigen, so wird der Vielstoffmotor von MAN auf Bestellung heute schon und mit der üblichen Fabrikgarantie geliefert. Dies ist möglich, weil er gegenüber dem bewährten M-Motor nur geringe Aenderungen benötigt.

Erste Vorführungen

Am 9. September 1955 machte MAN in Nürnberg einige Fachleute und Pressevertreter mit dem gegenwärtigen Stand des M-Verfahrens und seiner Weiterentwicklung zum Vielstoffmotor bekannt und führte ihnen diesen Motor auf dem Prüfstande und auf der Strasse vor. Der Versuchsleiter des Werkes, Dr.-Ing. J. S. Meurer, schilderte die Weiterentwicklung des M-Motors, um daraufhin bei einer Führung durch die neue, ausgedehnte Forschungsabteilung sowohl M- wie auch Vielstoffmotoren auf verschiedenen Prüfständen vorzuführen. Auf einem Demonstrationsprüfstand konnte ein V8-Motor wahlweise durch einfaches Umstellen von Hahnen aus sechs verschiedenen Glasflaschen mit den hauptsächlichsten Kohlenwasserstoffen betrieben werden, und zwar mit Motorenpetrol, Benzin, Flugpetrol, Benzin-Benzol-Gemisch, amerikanischem Hochoktanbenzin der OZ 80/86 und SAE-10-Motorenöl. Der Motor lief auch mit normalem Dieselöl und schliesslich sogar mit dem Schmieröl aus seinem Kurbelgehäuse. Es wurde gezeigt, wie er mit all diesen Erdöldestillaten ohne irgendwelches Dieseklopfen arbeitet, und zwar auch beim Starten und im Leerlauf. Auch beim Uebergange von einem Treibstoff auf den anderen blieb der Auspuff ohne Russbildung. Bei gleichbleibender Belastung änderte sich beim Umstellen lediglich die Drehzahl um einen kleinen Betrag. Dies ist eine Folge des unterschiedlichen spezifischen Gewichtes der verschiedenen Destillate, das zufolge der gleichbleibenden volumenmässigen Fördermenge der Einspritzpumpe eine unterschiedliche Gewichtsförderung und Kalorienzufuhr zur Folge hat. In einer Kältekammer wurde der Vielstoffmotor auch dazu entwickelt, selbst bei einer Temperatur von -20° C mit allen Erdöldestillaten anstandslos und ohne Zuhilfenahme von Zündhilfsmitteln (Treibstoffzusätze) zu starten.

¹⁾ «Automobil Revue» Nr. 3 vom 20. Januar 1954: Ein neues Verbrennungsverfahren für Dieselmotoren.



Indikatordiagramm eines M-Motors und eines Dieselmotors mit direkter Einspritzung.

Der steile Druckanstieg nach der Zündung im Dieselmotor unterscheidet sich sehr deutlich vom wesentlich langsameren Anstieg des M-Motors. Es ist der rapide Anstieg des Verbrennungsdruckes, der beim Dieselfahrer nicht nur den rauhen und lauten Lauf, sondern auch das häufige Ausstossen von Russ verursacht.

Clichés: «Automobil-Revue», Bern.

Nicht minder interessant und überzeugend war die Vorführung eines Lastwagens mit Vierradantrieb und Vielstoffmotor, der im Dienst eines Bundesbauamtes steht und der unter ständigem Wechsel der Treibstoffart und unter schwersten Betriebsbedingungen rund 50 000 km zurückgelegt hat. Ein Spezialtreibstofftank gestattet es, durch Umstellen während der Fahrt die Klopf- und Russfreiheit des Motors bei vier verschiedenen Treibstoffen zu demonstrieren. Mit diesem Fahrzeug wurde auch gezeigt, wie elastisch der Vielstoffmotor zufolge der weichen Verbrennung selbst bei niedrigsten Drehzahlen ist. Der günstige Drehmomentenverlauf, der daraus resultiert, gestattet ein ruhiges Beschleunigen im obersten Gang in der Ebene selbst von Drehzahlen von rund 300 U/min entsprechend rund 12 km/h an. Anschliessend wurden auch noch verschiedene neue Chassistypen für mittelschwere Lastwagen und Autobusse gezeigt, die an der Frankfurter Autoschau gezeigt werden. Sie sind ausschliesslich mit M-Motoren ausgerüstet, die auf Wunsch zum Vielstoffmotor ergänzt werden können.

Der M-Motor

weist ohne besondere Komplikationen einige Sonderheiten auf, die nachfolgend nochmals kurz zusammengefasst seien. Der sphärische Verbrennungsraum des bisherigen Motors wurde im Kolben aus seiner exzentrischen Lage in die Mitte versetzt (daher die Benennung M-Verfahren = Mittenkugelverfahren). Die Einspritzdüse hat zwei Löcher. Eines der Löcher spritzt rund 95% des Treibstoffes tangential und in Richtung des Luftwirbels an die Wand des kugeligen Verbrennungsraumes; das zweite Loch spritzt die restlichen 5% als Zündstrahl zentrisch in den Kugelraum. Die Düse ist für geringe Wärmeaufnahme und maximalen Wärmeabfluss besonders konstruiert worden, und sie erwärmt sich nur mässig. Der Verbrennungsraum wird zuverlässig gekühlt, indem er vom Kurbelgehäuse aus mit Oel bespritzt wird. Schliesslich wird die einströmende Verbrennungsluft durch besondere Ansaugleitungen im Zylinder- und Verbrennungsraum in Rotation versetzt. Dieses erfolgte bei den ersten M-Motoren noch durch Umlenkschirme an den Einlassventilen. Das Verdichtungsverhältnis der M-Motoren beträgt 1 : 17.

Gesteuerte Verbrennungskinetik

Die Erklärung für den weichen, kloppfreien Lauf dieses Dieselmotors wurde bei dessen Erscheinen von der MAN nur angedeutet, so dass von der Fachwelt darüber die verschiedensten Hypothesen aufgestellt wurden. Anlässlich der Bekanntgabe der Weiterentwicklung zum Vielstoffmotor gab Dr. Meurer darüber einen summarischen Aufschluss, nachdem er zuvor am diesjährigen Summer Meeting der SAE²⁾ eingehend berichtet hatte. Die ziemlich komplizierten Vorgänge, Ueberlegungen und Folgerungen seien nachstehend geschildert.

Seit der Entwicklung des schnellaufenden Dieselmotors wurde allgemein angenommen, die Verbrennung werde durch möglichst feine Treibstoffzerstäubung und gleichmässige Verteilung in der Verbrennungsluft am zuverlässigsten gesteuert. Man kam jedoch damit nie über Kompromisslösungen hinaus. Die direkte Einspritzung (z. B. Saurer, AEC und MAN) ergibt geringste spezifische Verbräuche, aber relativ harte, geräuschvolle Verbrennung; der Vorkammermotor (z. B. Mercedes-Benz, Büssing und Hanomag) hat weichere Verbrennung mit geringerem Dieselmotorklopfen, ist dagegen weniger wirtschaftlich. Beide Systeme haben den Nachteil, dass sie schon bei geringsten Störungen der Verbrennungsverhältnisse trotz Luftüberschuss zu starker Rauchentwicklung neigen, wobei die Wirtschaftlichkeit sofort entsprechend abnimmt.

Bei der Entwicklung seines M-Verfahrens hat Dr. Meurer nach entsprechenden Ueberlegungen durch die Konstruktion nachgewiesen, dass alle bisherigen Treibstoffzerstäubungen deshalb keine restlos befriedigenden Lösungen ergeben, weil sie keine zweckmässige Steuerung des Verbrennungsvorganges gestatten. Der harte, bei geringer Belastung besonders geräuschvolle Lauf der Dieselmotoren ist auf den allzu raschen Verbrennungsablauf mit dem rapiden Druckanstieg zurückzuführen. Er konnte weder durch Mikrozerstäubung des Treibstoffes noch durch ausgeklügelte Wirbelung der Verbrennungsluft und selbst nicht durch Kombination der beiden Massnahmen in den gewünschten Grenzen gehalten werden. Die Gemischbildung muss beim Dieselmotor zufolge der kurzen Einspritzzeit gegenüber derjenigen des Benzinmotors in rund ein Sechstel der Zeit erfolgen; man schrieb deshalb die Unzulänglichkeiten der Dieselvebrennung meist diesen äusserst gedrängten zeitlichen Verhältnissen zu und fand sich im allgemeinen mit den erzielten Resultaten mehr oder weniger ab. Es wurde offenbar den sich enorm rasch folgenden chemischen Reaktionen auch wenigstens überlegungsmässig nicht gefolgt. Diese Reaktionen können bekanntlich derart rasch vor sich gehen, dass sie lokal extreme Temperaturerhöhungen erzeugen, die wiederum die Reaktionsgeschwindigkeiten der einzelnen chemischen Vorgänge steigern. Dieser Circulus vitiosus führt zu einem lawinenartigen Fortschreiten und Ausbreiten der Verbrennungsvorgänge, das

²⁾ Meurer J. S.: Evaluation of reaction kinetics eliminates Diesel knock. Preprint for presentation at the SAE Golden Anniversary Summer Meeting. Atlantic City, N. J. June 12-17, 1955.

dann zur bekannten Erscheinung des russenden Motors führt; trotz dem Luftüberschuss gehen diese Reaktionen (die stufenweise chemische Umformung während der Verbrennung selbst) so rasch vor sich, dass reine Kohlenstoffteilchen unverbrannt in den Auspuff gelangen.

Zufolge dieser Erkenntnis hat Dr. Meurer die Einflüsse der Luftwirbelung im Verbrennungsraum und der Zerstäubung und Verteilung des Treibstoffes einzeln und kombiniert untersucht. Durch Hochfrequenzphotographie wurde eine Düse entwickelt und untersucht, die den Treibstoff in nützlicher Frist in geradezu idealer Weise zerstäubte (Mikrozerstäubung) und mit ausgesuchter Wirbelung kombiniert im sphärischen Verbrennungsraum auch gleichmässig in der Luft verteilte (Makrozerstäubung). Gerade bei diesen Verhältnissen waren die Resultate sehr enttäuschend, und die Verbrennung ging nach wie vor mit starkem Klopfen vor sich. Diese Erkenntnis führte zum Schluss, dass die Theorie von der «idealen» Gemischbildung grundsätzlich falsch sein müsse und dass der Treibstoff während des Zündverzuges gar nicht mit Luft vermischt werden dürfe. Die Bildung eines möglichst homogenen Treibstoff/Luft-Gemisches vor der Zündung, wie es beim Ottomotor notwendig ist, hatte die unerwünschten Eigenschaften der Dieselverbrennung nur noch verstärkt. So wie die Vermischung von Luft und Treibstoff entweder durch Steigern der Luftgeschwindigkeit oder der Treibstoffstrahlgeschwindigkeit verbessert wurde, nahmen Härte und Lautstärke des Motorlaufes zu. Die nun durchgeführten Ueberlegungen über die verbrennungsschemischen Vorgänge führten auf die Verwandtschaft zwischen dem Verdichtungsklopfen des Benzinsmotors und dem Zündvorgang beim Dieselmotor. Es wurde festgestellt, dass bei keinem dieser zwei Vorgänge die direkte Oxydation der Treibstoffmoleküle in ihre endgültigen Verbrennungsprodukte zu Selbstzündungen führen könne. Die Verbrennung erfolgt meist über Zwischenverbindungen, die sich rapid folgen.

Das Dieserverfahren beginnt wegen der vorangegangenen Luftverdichtung mit wesentlich höheren Temperaturen als der Ottoprozess. Ausserdem wurde nachgewiesen, dass zufolge der Einzelreaktionen im Dieselmisch die Temperaturen lokal enorm hoch, nämlich bis zu 2100°C , ansteigen können. Nach dem Gasgesetz von Arrhenius³⁾ werden die Molekularbewegungen ganz allgemein durch zunehmende Temperaturen beschleunigt; dasselbe gilt auch für die Reaktionsgeschwindigkeiten, mit denen die chemischen Umsetzungen erfolgen können. Ist nun im Verbrennungsraum ein feinst verteiltes Treibstoff/Luft-Gemisch vorhanden, so spielen sich diese Reaktionen zwischen den Treibstoff- und Sauerstoffmolekülen ab. Diese Reaktionen sind exotherm; es wird dabei Wärme frei. Steht jedoch zuwenig Sauerstoff zur Verfügung, so erfolgen die chemischen Reaktionen innerhalb der Treibstoffmoleküle selbst, wobei Kohlenstoff- und besonders auch Kohlenstoff/Wasserstoff-Bindungen zerfallen.

Bei Vorhandensein von Sauerstoff verläuft der Zerfall der Treibstoffmole-

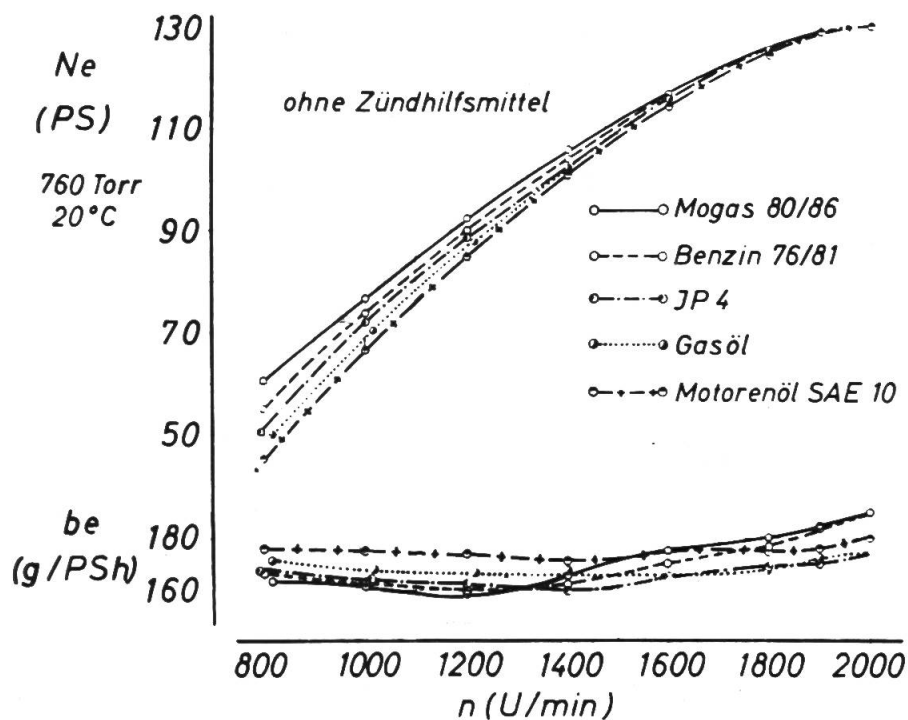
³⁾ Arrhenius S.: «Zeitschrift für physikalische Chemie», Abt. A. Vol. 4 (1889), S. 226.

küle über Peroxyde in Radikale, und das zufolge der Raschheit der Reaktionen mit entsprechenden Klopfgeräuschen. Beim Dieselprozess erfolgt jedoch ein derartiger Zerfall allein im ersten Stadium der Verbrennung. Es konnte spektrographisch kurz nach erfolgter Selbstentzündung das Vorhandensein von Kohlenstoffbindungen nachgewiesen werden. Die Reaktionen müssen demzufolge derart rasch vor sich gehen, dass auch hier lokal Sauerstoffmangel herrscht; sie müssen demzufolge in der Richtung weiter verlaufen, dass stellenweise unverbrannter Kohlenstoff entsteht, nämlich der im Auspuff erscheinende Russ. Es ist somit äusserst schwierig, bei einem «idealen» Treibstoff/Luft-Gemisch den chemischen Zerfall der gesamten Treibstoffmenge bei hohen Zündtemperaturen aufzuhalten. Die temperaturgesteuerten und beschleunigten Reaktionen schreiten lawinenartig weiter; die Kettenreaktion der Selbstzündungen breitet sich weiter aus und verbraucht dabei sämtlichen Sauerstoff der näheren Umgebung. Die Reaktionskinetik verläuft derart unaufhaltsam, dass der Treibstoff detonationsmässig zerfällt, wobei zufolge des lokalen Sauerstoffmangels ein Gerippe von Kohlenstoffmolekülen verbleibt. Dieses hat den bekannten Russ im Auspuff und die Verschmutzung des Motors zur Folge.

Bei Beobachtungen an Lötlampen, wo der Treibstoff mit der Verbrennungsluft vorgewärmt wird, hat man russfreie Verbrennung festgestellt, und auch im Spektrograph kann ein entsprechender Verlauf der Oxydation festgestellt werden. Schon frühe Forschungen über das Verhalten von Dieselölen⁴⁾ zeigten die eigenartige Tatsache, dass Oeldämpfe viel höhere Zündtemperaturen aufweisen als der flüssige Treibstoff selbst, aus dem sie entstanden sind, ferner dass die Temperaturen am Ende des Verdichtungs-hubes zu niedrig sind, um sie zu entzünden. Die Zündtemperatur im Dieselmotor ist somit abhängig vom Ablauf der Bildung von Treibstoffnebel. Sie ist niedrig für Dämpfe, die durch Anheizen von Treibstoffnebel mittels heisser Luft entstanden sind (der Fall des «idealen» Gemisches), und sie ist hoch bei Dämpfen, die durch Aufheizen von flüssigem Treibstoff bei ungenügender Sauerstoffverteilung entstehen. Die Anwendung dieser Erkenntnis hat sich im M-Motor bestätigt und bewährt.

Die Anwendung und die Auswirkungen dieser gesteuerten Verbrennungsreaktionen werden im M-Motor durch denkbar einfache Mittel verwertet. Rund 95% des Treibstoffes werden tangential auf die Innenseite der Kugelfläche des Verbrennungsraumes gebracht, so dass der Treibstoff nicht etwa noch weiter zerspritzt wird, sondern sich möglichst gleichmässig auf der Kugelfläche verteilt. Die Schichtdicke wird mit rund 0,015 mm berechnet. Damit die Erwärmung dieser Treibstoffschicht und damit auch die Dampfbildung in annehmbaren Grenzen bleibt, wird der ganze Kolben, insbesondere sein kugeliger Verbrennungsraum, vom

⁴⁾ Wollers C. und Emke V.: Der Vergasungsvorgang der Treibmittel, die Oelnebelbildung und das Verhalten der Oeldämpfe und Oelgase bei der Verbrennung im Dieselmotor. «Kruppsche Monatshefte», Vol. 2, 1921, S. 1.



Leistung und Treibstoffverbrauch eines MAN-Vielstoffmotors.

Leistungen und spezifische Verbräuche bei Betrieb mit Hochoktanbenzin 80/86, Benzin, Flugpetrol JP 4, Dieselöl und mit Motorenöl SAE 10. Die niedrigsten spezifischen Treibstoffverbräuche werden mit den Benzinen im unteren Drehzahlbereich erzielt. Den flachsten Verlauf der Verbrauchskurve weisen Dieselöl und Flugpetrol auf.

Kurbelgehäuse her mit Schmieröl bespritzt; das abfliessende Oel läuft zum grössten Teil durch Bohrungen hinter dem untersten Kolbenring auf die Zylinderfläche und sorgt für zuverlässige Schmierung derselben. Die mittlere Temperatur der Verbrennungsraumwand wird durch diese Oelkühlung auf rund 340° C begrenzt, und die Treibstoffschicht bleibt inaktiv, bis die restliche Treibstoffmenge von 5% in Form eines zentralen Strahles zerstäubt und zur Zündung gekommen ist. Dieser Zündstrahl findet rings um sich ein heisses kugeliges Luftvolumen zu seiner Entzündung vor und darum eine vorgewärmte Treibstoffkalotte, die eine höhere Zündtemperatur besitzt; zufolge Sauerstoffmangels verbrennt dieser Treibstoff jedoch zerfallfrei und demzufolge langsam.

Die Kolbenkühlung hätte auch durch zweckmässige Formgebung des Kolbens selbst und ohne Oel erzielt werden können. Die zusätzliche Oelkühlung erlaubt jedoch die Verwendung eines leichteren Kolbens, und sie hat sich gut bewährt, weil der Kolben sauber bleibt und bei Kaltstart schon bei den ersten Umdrehungen geschmiert wird. Ausserdem wirkt der Kolben dort als sehr erwünschter Wärmeaustauscher, der das Schmieröl beim Kaltstart an der heissesten Stelle des Motors rasch aufwärmt. Die Verbrennungsvorgänge können somit im M-Motor auf einfachste Weise nach der vorstehend entwickelten Theorie reaktionskinetisch gesteuert werden.

Auch für die Kühlung der Düse wurde weitgehend gesorgt. Die exponierte Fläche im Verbrennungsraum ist durch konische Gestaltung des Düsenschaftes möglichst klein gehalten, und der konische Sitz sorgt für raschen Wärmeabfluss. Die Düsennadelführung ist vom Brennraum entfernt in die kühlere Zone verlegt worden. Verkoken der Düse wird durch diese Massnahmen weitgehend vermieden, um so mehr der geringe Druckanstieg keine übermässigen Temperaturen verursacht.

Die zuverlässige Verbrennung der gesamten Treibstoffmenge erfordert das Vorhandensein eines stöchiometrischen Gemisches. Zuzufolge des Vermeidens des schlagartigen Treibstoffzerfalls besteht reaktionskinetisch genügend Zeit zum Bilden dieses Gemisches, vorausgesetzt, dass das vorhandene Luftvolumen genügende Wirbelung aufweist. Die besonders gekrümmten Ansaugkanäle und die zentrale Lage des Verbrennungsraumes sorgen dafür. Die Kreisbewegung im Zylinderraum wird durch den kleineren Durchmesser des Verbrennungsraumes noch beschleunigt. Die Voraussetzungen, dass die kugelige Schicht der Haupttreibstoffmenge nach und nach verdampfe und verbrenne, sind somit denkbar günstig. Der weitere Verlauf des Verbrennungsverfahrens entspricht dem üblichen Dieselprinzip; der vorstehend beschriebene gelenkte Ablauf der Verbrennung hat jedoch den sanften Druckanstieg und dadurch den weichen, kloppfreien Lauf der Maschine zur Folge.

Das Indikatordiagramm des M-Motors zeigt diesen sanften Druckanstieg deutlich. Im Bilde wurde es mit einem Diagramm des Dieselmotors mit direkter Einspritzung überlagert. Vom Zündmoment an steigt die Kurve des Dieselfahrens rapid an, während beim M-Verfahren die Kurve viel flacher weiter verläuft, um nur gegen das Ende der Verbrennung eine Beschleunigung aufzuweisen. Beim Vergleich dieser zwei Kurven wird der weiche Lauf des M-Motors sofort erklärlich.

Die Betriebserfahrungen,

die bereits mit Tausenden von M-Motoren vorliegen, haben folgendes ergeben:

Der Treibstoffverbrauch entspricht demjenigen eines sparsamen Dieselmotors mit Direkteinspritzung.

Der Kaltstart ist ohne Zündhilfsmittel auch bei -20° möglich, da der M-Motor eine Vorrichtung besitzt, die die Temperatur des Luftfilters vor dem Anlassen auf rund 43° C bringt. Es wird dazu Druckluft und normaler Treibstoff verwendet.

Die Säurebildung bei Kaltstart ist auf ein Minimum reduziert, da das Schmieröl in kürzester Zeit aufgewärmt wird.

Die Zylinderabnutzung bleibt schon wegen der minimalen Säurebildung chemisch, aber besonders auch mechanisch wegen der unbedeutenden, beim M-Motor immer wieder festgestellten Ölverschmutzung gering. Das gesteuerte Verbrennungsverfahren hat primär geringen Treibstoffzerfall zur Folge und damit auch geringe Russbildung. Andererseits liegen dabei die Verbrennungstemperaturen an und für sich niedriger als sonst üblich, und durch die Kolbenkühlung und -schmierung bleibt auch der Verschleiss der Zylinder minimal. Aus der Erfahrung wird mit einer Abnutzung von 1 bis 2 Hundertstelmmillimeter pro 100 000 km gerechnet. Es sind wiederholt Zylinderbüchsen gesehen worden, bei denen nach 200 000 km Fahrstrecke die Honspuren immer noch sichtbar waren. Eine von MAN zu-

sammengestellte Tabelle fasst Resultate von vergleichenden Versuchen über die Verschmutzung eines Direkteinspritzmotors und eines M-Motors zusammen. Danach zeigen der Vollast-Dauerlauf von 60 Stunden und der Fahrversuch eines Stadtnubus mit 3600 km für den M-Motor Verschmutzungszahlen, die rund die Hälfte derjenigen des anderen Motors betragen. Wenn auch die Prüfzeiten etwas kurz bemessen waren, so ist das immerhin ein wertvoller Hinweis.

Der Vielstoffmotor

Es war im Grunde genommen ein kleiner Schritt vom M-Motor zum Vielstoffmotor. Die Verbrennungsvorgänge konnten derart gesteuert werden, dass es verlocken musste, nach und nach Treibstoffe mit abnehmender Zündwilligkeit zu benutzen. Wie im vorstehenden Abschnitt über die gesteuerte Verbrennungskinetik ausgeführt wurde, wird beim M-System der Verlauf der Gemischbildung weitgehend durch die Temperatur des Verbrennungsraumes gesteuert. Der weiche Lauf des Motors wird dadurch erzielt, dass der Treibstoffanteil, der zur Selbstzündung dient, auf einem Minimum (rund 5%) gehalten wird. Diese zwei Merkmale des M-Motors gestatten die Verwendung von Treibstoffen mit bedeutend ungünstigeren Zündeigenschaften als Dieselöl, und zwar von Hochoktanbenzinen mit sehr niedriger Zetanzahl. Das M-Verfahren ist nicht etwa imstande, den Zündverzug solcher Treibstoffe zu verringern. Um niedrig siedende Kohlenwasserstoffe im M-Motor einwandfrei verbrennen zu können, ist es deshalb nötig, die Temperatur der Verbrennungskammer durch Erhöhen des Verdichtungsverhältnisses etwas zu steigern. Im vorliegenden Falle wird das Verhältnis von 1 : 17 auf 1 : 19 erhöht. Der Zündverzug der hochoktanigen Treibstoffe wird dadurch verkürzt, und die nötige Wärme zum Aufheizen der Treibstoffschicht an der Wand des Verbrennungsraumes wird frei. Der höhere Dampfdruck dieser Treibstoffe trägt ebenfalls dazu bei, dass der grössere Zündverzug eingeholt wird. Dadurch können selbst Hochoktanbenzine von 80/86 OZ ohne weiteres im Vielstoffmotor dieselben Spitzenleistungen erzielen wie Dieselöl, und zwar gleichfalls mit weichem, kloppfreiem Lauf. Selbst stundenlanges Leerlauf ist mit Hochoktanbenzin ohne weiteres möglich.

Der Vielstoffmotor bestätigt durch seine Eigenschaften die vorstehend dargelegte Theorie des M-Motors. Dessen Weiterentwicklung zum Vielstoffmotor hat somit an der Maschine selbst nur das Erhöhen des Verdichtungsverhältnisses bedingt; zufolge der geringeren Schmierfähigkeit der niedrig siedenden Kohlenwasserstoffe ist es noch notwendig, in der Einspritzpumpe einen Oelkreislauf vorzusehen, wie ihn die Benzeinspritzpumpen der Ottomotoren besitzen. Fabrikationsmässig werden von der MAN die verschiedensten Motorengrössen nach dem M-Prinzip gebaut. Auf Wunsch wird der Motor gegen Aufpreis von rund DM 300.— durch die erwähnten zwei Änderungen zum Vielstoffmotor ergänzt. Bei

höherem Leistungsbedarf werden die Motoren mit Abgasturboladern geliefert.

Leistung und Treibstoffverbrauch des Vielstoffmotors

sind für die verschiedenen in Frage kommenden Kohlenwasserstoffe aus dem umstehenden Kurvenbild zu entnehmen. Durch Einstellen der Einspritzpumpe kann ohne weiteres für alle Treibstoffarten dieselbe Maximalleistung erzielt werden. Bei den niedrigen Drehzahlen wird mit Hochoktanbenzin die beste, mit Dieselöl und SAE-10-Motorenöl die niedrigste Leistung erzielt. Die zugehörigen Verbrauchskurven sind sehr aufschlussreich: bis zu rund 1400 U/min sind die spezifischen Verbrauchswerte für Hochoktanbenzin und für 76/81-OZ-Benzin am niedrigsten und liegen unter 160 g/PSH. Von da an steigen sie zum Teil bis über diejenigen der Oele und des Flugpetrols JP 4. Letzteres und das Diesel- und Motorenöl zeigen den flachsten Verlauf der Verbrauchskurve. Das Ansteigen der Verbrauchskurven der Benzine ist darauf zurückzuführen, dass der Zündverzug bei höheren Drehzahlen in vermehrtem Masse mitspielt und den Wirkungsgrad der Verbrennung etwas senkt. Immerhin sei auf die bemerkenswerte Tatsache hingewiesen, dass Benzine ohne Fremdzündung weich, klopf- und ruffrei in einem Kolbenmotor bei 1 : 19 Verdichtung und praktisch mit Dieselwirkungsgraden Verwendung finden.

Die MAN macht deshalb mit Recht darauf aufmerksam, dass es ihr gelungen sei, den seit Jahrzehnten gesuchten Motor, der alle motorisch brauchbaren Kohlenwasserstoffe des Erdöls einwandfrei verbrennt, als kompromisslose Lösung zu entwickeln und zu liefern.

Absichten und Aussichten

Es besteht die Absicht, das M- und das Vielstoffverfahren auch auf kleinere und grössere Motoren zu übertragen. Entsprechende Versuche mit Personenwagen- und Grossmotoren, letztere auch nach dem Zweitaktverfahren, sind bereits im Gange.

Die Aussichten für diese Motoren sind heute noch schwierig zu beurteilen. Es besteht kein Zweifel darüber, dass der weiche, kloppfreie Lauf dieser Maschinen bestechend ist. Das andauernd steigende Verlangen nach vermehrtem Fahrkomfort wird die Anwendungsmöglichkeiten bei Autobussen und Autocars beträchtlich steigern. Der niedrige Treibstoffverbrauch und der geringe Verschleiss sind aus Gründen der Wirtschaftlichkeit interessant. Aber auch dem Lastwagenlenker darf weniger Geräusch in der Kabine als bisher gegönnt werden. Der leise Motorgang erhöht nicht nur den Fahrkomfort, sondern auch die Fahrsicherheit durch geringere Ermüdung des Fahrers und durch die Möglichkeit, Ueberholungssignale leichter zu hören.

Die Vielstoffeigenschaft des MAN-Motors kann beträchtliche Auswirkungen auf die Treibstoffwirtschaft zur Folge ha-

ben. Es liegen hier bereits mehrere zuverlässige Motortypen vor, die allein mittels einer Einspritzpumpe praktisch alle Erdöldestillate vergasen, zünden und daraufhin kloppfrei, weich und mit hohem Wirkungsgrade verarbeiten. Vergaser und Zündanlage fallen weg; die Begriffe Oktanzahl und Zetan- zahl haben ihre Bedeutung verloren.

PD Max Troesch, Zürich.

(Aus «Automobil-Revue» Nr. 41/55)

Nachwort der Redaktion: Auf Anfrage hat das M.A.N.-Werk dem Verfasser mitgeteilt, dass vorläufig noch keine Traktoren mit dem Vielstoffmotor ausgerüstet werden. Das Werk ist zur Zeit daran abzuklären, welche vom Dieseltreibstoff abweichenden Treibstoffarten in den verschiedenen Ländern für den Betrieb von Traktoren zur Verfügung stehen und welche dem Besitzer zum Antrieb eines Vielstoffmotors einen finanziellen Gewinn bringen würden.

Dem Traktorführer: **für hohe Leistung u. hohen Druck den m o b i l e n Luftkompressor**

doppeltwirkend
eing. Druckmesser
zusammenlegbar
Leistung: b. 10 atm.
Probeflieferung!

« L U P F »

Zeit: Wagenreifen: 3 Min.
Velo: 6 Stösse
Wegfallen der Rüstzeiten,
daher enorme Zeitersparnis



Verlangen Sie sofort Offerten mit IMA-Bericht! T (053) 562 55
Alb. Möckli, Maschinen, Feuerthalen (SH)

Hch. Fritschi, Werkführer, «Strickhof», Zürich

Die Betriebsbereitschaft unserer Motormäher

13 Seiten, 12 Abbildungen

Preis Fr. —.80

Erschienen als Heft Nr. 2 der Schriften
des Schweizerischen Traktorverbandes



werbet

Mitglieder!



Albrecht- Triebanhänger

mit «Kelkel»-Triebachse
zu jeder Traktorzapfwelle
passend. Hat sich in allen
Terrainverhältnissen bestens
bewährt.

H. Albrecht, Wagenbau, Stadel bei Niederglatt/ZH

Tel. (051) 94 21 39