

Aktuelle Arbeiten auf dem Gebiet der Ersatztreibstoffe in Schweden

Dieselmotorbetrieb • Entwicklung der Holzgasgeneratoren und Reiniger

Von Ing. Olle Nordström, Staatliche Prüfungsanstalt für Landmaschinen, Ultuna, Uppsala (Schweden)¹

Während der Kriegsjahre 1940—1945 wurde der schwedische Motorfahrzeugpark weitgehend auf Holzgas- und Holzkohlengasbetrieb umgestellt. Gegen Ende dieser Periode standen etwa 75 000 zivile, generatorgasbetriebene Fahrzeuge im Betrieb. Man kann ohne Übertreibung behaupten, daß der Generatorgasbetrieb den Transportapparat des Landes vor dem Zusammenbruch gerettet hat.

Innerhalb der Landwirtschaft war die Lage damals nicht so ernst. Der noch intensive Pferdebetrieb, rund 650 000 Pferde umfassend, reichte aus, um den Hauptteil des Zugkraftbedarfs ohne größeren Einsatz von Schleppern (Traktoren) zu decken. Die Gesamtzahl der Traktoren betrug kaum 25 000. Davon wurden allmählich etwa 13 000 auf Generatorgasbetrieb umgestellt. Von den verbleibenden konnte eine geringere Anzahl mit andern Ersatztreibstoffen in Betrieb gehalten werden, vor allem mit Motoralkohol und Teerölen.

Nach Kriegsende fand eine sehr schnelle Rückkehr zu flüssigen Treibstoffen statt. Prophezeiungen, daß ein gewisser beschränkter Generatorgasbetrieb bestehen bleiben würde und mit dem Benzin-, Petroleum- und Dieselbetrieb konkurrieren könnte, erwiesen sich als falsch.

Die Entwicklung der letzten 15 Jahre ist durch eine sehr starke Zunahme der Anzahl von Autos und Traktoren gekennzeichnet. Die Anzahl Traktoren ist auf zirka 160 000 gestiegen, was eine sechsfache Zunahme seit dem Kriegsende bedeutet. Diese Tatsache, die selbstverständlich eine entsprechend starke Abnahme des Pferdebestandes mit sich gebracht hat, würde die Lage der Landwirtschaft während einer eventuellen Absperrung der Importe an flüssigen Treibstoffen radikal verschlechtern. Um in einer solchen Situation über eine hinreichende Zugkraftversorgung zu verfügen, erweist es sich als lebenswichtig, daß der größte Teil der landwirtschaftlichen Traktoren in Betrieb gehalten werden kann.

Bei prekärer Versorgung mit Treibstoffen müßte selbstverständlich der Verkehr auf den Landstraßen möglichst stark herabgesetzt werden. Ein gewisses Verkehrsvolumen muß jedoch trotzdem beibehalten werden, darin inbegriffen ein großer Teil der schweren Motorwagen.

Kürzere Unterbrechungen in der Einfuhr flüssiger Treibstoffe können am einfachsten durch das Anlegen größerer Lager überwunden werden. Die schwedischen Ölimporteure und Großverbraucher sind zum Halten bestimmter Lager verpflichtet. Außerdem sieht in Schweden auch der Staat eine Lagerhaltung von Treibstoffen vor. Bei längeren Einfuhrsperrungen wird es aber notwendig, die Motoren auf einheimische Treibstoffe umzustellen.

Abgesehen von einer unbedeutenden Herstellung von Petroleumprodukten aus Schiefer und einer gleichfalls unzu-

länglichen Produktion von Motoralkohol durch die Sulfidfabriken hat Schweden Mangel an einheimischen flüssigen Treibstoffen. Der Generatorgasbetrieb wird daher bei einer weiterreichenden Umstellung auf einheimische Treibstoffe zur zwingenden Notwendigkeit.

Die Generatorgasfrage ist während der 50er Jahre bei mehreren Gelegenheiten aufgeworfen worden. Von der staatlichen Behörde, die für diesbezügliche Fragen zunächst verantwortlich ist, nämlich dem Reichsausschuß für Wehrwirtschaft, sind u. a. Untersuchungen über die Versorgung mit Holz und Holzkohle im Falle einer Absperrung des Landes vorgenommen worden. In den Vorschlägen für neue Verordnungen wurden auch Sicherheitsvorschriften für den Generatorgasbetrieb ausgearbeitet. Eingehende Untersuchungen über den Dieselmotorbetrieb sind in der Folge durch die Auto- und Traktorenindustrie durchgeführt worden. Besonders umfassende Studien hat die AG Bolinder-Munktell vorgenommen. Diese Firma gehört dem Volvo-Konzern an und stellt hauptsächlich Traktoren her. Innerhalb des Volvo-Konzerns gab man sich aber nicht nur mit dem Studium reiner Motorprobleme zufrieden. Seit vielen Jahren sind Versuchs- und Entwicklungsarbeiten im Gange, um verbesserte Holzgasanlagen für Lastwagen, Autobusse, Traktoren und Personenwagen auszuarbeiten.

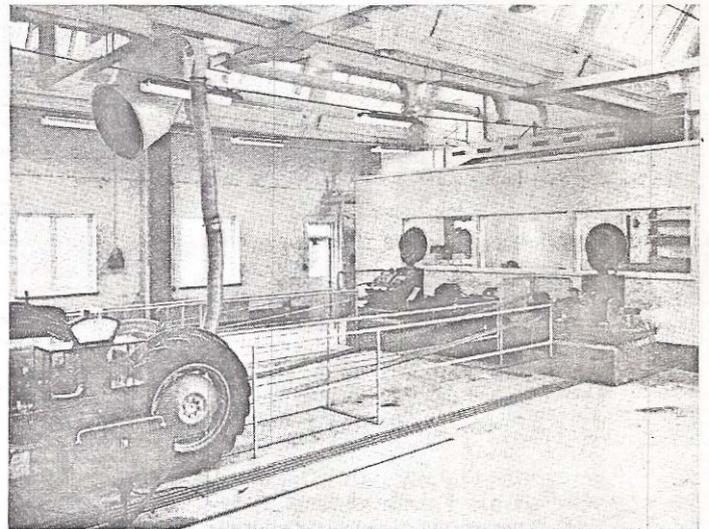


Fig. 1. Prüfungshalle der staatlichen Prüfungsanstalt für Landmaschinen Ultuna in Uppsala (Mittelschweden). Die mit zwei Leistungsbremsen versehene Anlage ist besonders mit Rücksicht auf eine bequeme Aufstellung der Traktoren für Leistungsprüfung an Riemenscheibe und Zapfwelle geplant worden. Die Ventilation ist für den Generatorgasbetrieb kräftig dimensioniert. Rechts ist die schalldichte Kabine ersichtlich, von welcher aus die Regulierung der Belastung, die Bedienung und Treibstoffmessung der Motoren sowie das Ablesen der Instrumente vorgenommen wird. Links im Vordergrund eine automatische Treibstoffwaage für flüssige Treibstoffe; zufolge ihrer Empfindlichkeit und Genauigkeit eignet sich diese Waage ganz besonders zur Messung kleiner Treibstoffmengen, wie beispielsweise des Zündölverbrauches bei Dieselmotorbetrieb.

¹ Referat, gehalten anläßlich der von der Schweiz. Gesellschaft für das Studium der Motorbrennstoffe (SGSM) zusammen mit dem Schweiz. Verband für die Materialprüfungen der Technik (SVMT) durchgeführten Vortragsstagung vom 10. Juni 1960 im Verkehrshaus der Schweiz in Luzern.

Die Überschätzung der eigenen Fähigkeit kann im Straßenverkehr die verheerendsten Folgen haben. Angesichts der Zahl der Verkehrsunfälle scheint der Schweizer dazu zu neigen, sich selbst zu überschätzen...

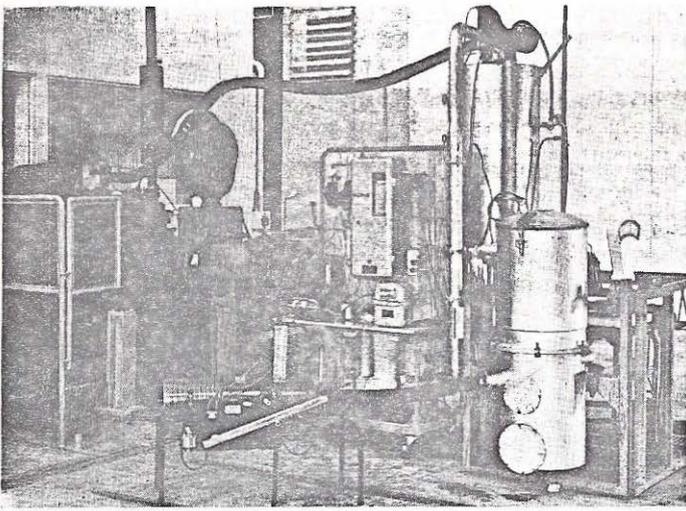


Fig. 2. Prüfstand für Motoren und Generatoren. Der Gasgenerator (rechts im Vordergrund) ist in einer Waage aufgehängt. Der Luftverbrauch des Generators wird mit einem Alcoch-Luftmesser mit Direktanzeige gemessen. Zur Gasanalyse kommt ein registrierendes Gasanalysegerät sowie eine Apparatur für Teergehaltbestimmung in Holzgas zur Anwendung. Die Analyse ist ferner mit Apparaten zur Messung von Temperaturen und der Drücke ausgestattet. Der große Schalter im Hintergrund ist ein kombinierter öliniger und Gaskühler (Typ Skrubber); er arbeitet mit niedrigem Druckabfall und ergibt eine gute Kühlung. Links ein Motorprüfstand mit hydraulischer Leistungsbremse.

Beim staatlichen Prüfungsinstitut für Landmaschinen wurde in den Jahren 1951—1953 eine Untersuchung über Holzgasbetrieb an einigen der aktuellsten Traktoren mit petrolbetriebenen Otto-Motoren durchgeführt. Diese Arbeit umfaßte Laborversuche und praktische Prüfungen².

Vor 1950 war die Anzahl der Dieseltraktoren in der schwedischen Landwirtschaft noch sehr gering. In den letzten Jahren sind aber etwa 80% der neuingesetzten Traktoren mit *Dieselmotoren* ausgerüstet worden. Die Gesamtzahl dieser Fahrzeuge beträgt rund 50 000 und macht somit zirka 30% des gesamten Traktorenbestandes aus. Man darf aber damit rechnen, daß sie für die Zugkraftversorgung der Landwirtschaft von größerer Bedeutung ist, als ihre bloße Anzahl besagt. Die meisten sind nämlich größere Traktoren, die auf größeren landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt werden.

Der Bestand an Diesel-Lastwagen beläuft sich gegenwärtig auf etwa 32 000; außerdem gibt es in Schweden 6200 Dieselbusse.

² Deren Ergebnisse sind in der Schriftenreihe des Prüfungsinstituts als Mitteilung Nr. 1268 veröffentlicht worden.

Die erheblich angewachsene Anzahl von Dieselfahrzeugen hat dazu geführt, daß eine Umstellung auf reinen Generatorgasbetrieb nicht mehr als durchführbar angesehen wird. Eine solche Umstellung käme nämlich teuer zu stehen; insbesondere würde sie auch u. a. eine elektrische Ausrüstung erfordern, deren Beschaffung während einer Einfuhrsperre sich als äußerst schwierig erweisen könnte. Es wurde deshalb als zweckmäßig erachtet, vor allem die Möglichkeiten des *Dieselgassystems* zu studieren. Durch den Reichsausschuß für Wehrwirtschaft wurden Mittel für eine beschränkte Versuchs- und Forschungsarbeit auf dem Generatorgasgebiet zur Verfügung gestellt. Die Untersuchungen wurden nach dem staatlichen Prüfungsinstitut für Landmaschinen verlegt und konnten nach Vervollständigung der Lokale und Ausrüstungen Ende 1957 begonnen werden.

Die Abbildungen 1 bis 3 geben einen Einblick in die Einrichtungen, die dem staatlichen Prüfungsinstitut für Landmaschinen in Ultuna bei Uppsala für Untersuchungen auf dem Generatorgasgebiet zur Verfügung stehen.

(Fortsetzung folgt.)

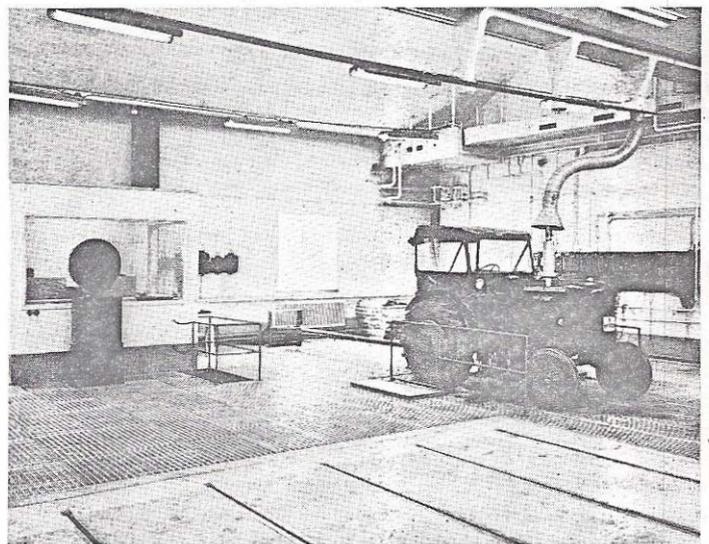


Fig. 3. Der Rollenprüfstand zur Messung von Zugkraft. Zugleistung usw. an Traktoren und Automobilen. Mit dieser Anlage kann eine Zugkraft bis zu 4500 kg gemessen werden, und die Höchstgeschwindigkeit liegt bei 100 km/h. Getriebe, hydraulische Bremsen und Antriebsmotor mit Drehzahlwandler sind in einem großen Pendelrahmen montiert. Das Reaktionsmoment des Pendelrahmens wird von einer Waage aufgenommen, welche die Zugkraft direkt in kg anzeigt. Der Durchmesser der Trommeln dieses Rollenprüfstandes beträgt rund 2,5 m. Links ist die Kabine ersichtlich, aus welcher die Belastung reguliert, die Zugkraft abgelesen und Geschwindigkeit, Brennstoffverbrauch, Schlupf, Temperatur usw. gemessen werden.

Lichtanlagen sind lebenswichtig

Bei jeder technischen Kontrolle stellt es sich heraus, daß weil über 50 Prozent der Lichtanlagen an Motorfahrzeugen irgendeinen Mangel aufweisen. Hier ist es ein richtiger Defekt (denken wir nur an die gefährlichen «Einäuger»), dort eine mehr optische, die Sicht des Fahrers oder anderer Verkehrsteilnehmer beeinträchtigende Unzulänglichkeit. Man ist tatsächlich keinen Augenblick sicher, ob die Lichtanlage an einem Auto oder an einem Motorrad wirklich den Vorschriften und den Bedürfnissen entspricht. Deshalb kann sie nicht genug kontrolliert werden, und zwar durch den hierfür eingerichteten Fachmann. Dies gilt auch für die Sommerzeit, ganz besonders aber für den kommenden Herbst mit seinen immer kürzer werdenden Tagen und den in der Ebene liegenden Nebelbänken!

L'éclairage: une question vitale

Chaque contrôle technique révèle que plus du 50% des installations d'éclairage de véhicules à moteur présentent un défaut quelconque. Il s'agit parfois d'une véritable déficience (pensons aux véhicules «borgnes» extrêmement dangereux), d'autres fois, d'une insuffisance d'ordre optique diminuant la vue du conducteur ou d'autres usagers de la route. De fait, on ne peut être absolument sûr en aucun moment que l'éclairage d'une voiture ou d'une motocyclette corresponde aux prescriptions et aux besoins. C'est la raison pour laquelle il faut souvent le faire contrôler par un spécialiste installé à cet effet.

Aktuelle Arbeiten auf dem Gebiet der Ersatztreibstoffe in Schweden

Dieselmotorbetrieb Entwicklung der Holzgasgeneratoren und Reiniger

Von Ing. Olle Nordström
Staatliche Prüfungsanstalt für Landmaschinen
Ultuna, Uppsala (Schweden)¹
(Fortsetzung)

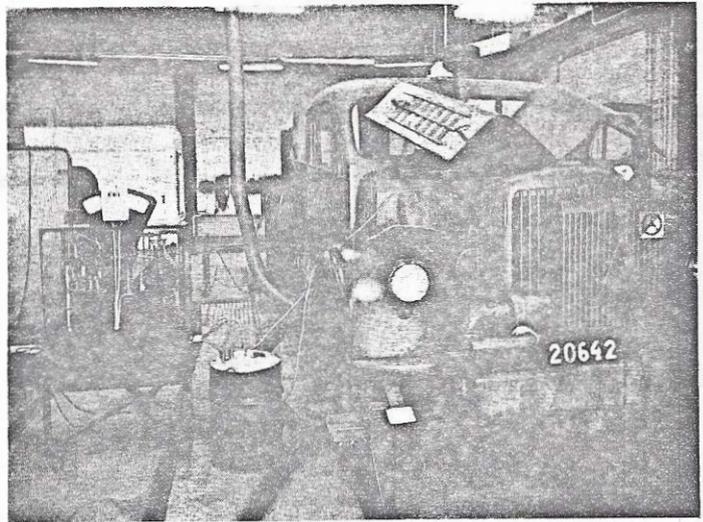


Fig. 4. Prüfung eines Dieselmotorlastwagens auf dem Rollenprüfstand in Ultuna. Dieser Wagen, Bauart Scania Vabis, besitzt eine Tragfähigkeit von 6 t.

Dieselmotorbetrieb

Als Alternative zum vollständigen Umbau eines Dieselmotors für reinen Generatorgasbetrieb besteht das bereits genannte *Dieselmotorverfahren*. Dieses ist dadurch gekennzeichnet, daß das hohe Verdichtungsverhältnis des Dieselmotors beibehalten und die Einspritzausrüstung im großen und ganzen unverändert belassen wird. Das Holzgas wird dem Lufteinlaß des Motors zugeführt und dort mit Luft gemischt. Die Zündung der Gas-Luftmischung erfolgt durch Einspritzen einer kleinen Menge flüssigen Treibstoffes («Zündöl»), der wiederum durch Kompressionszündung gezündet wird.

Die in Ultuna auf diesem Gebiet ausgeführten Arbeiten umfaßten Leistungsprüfungen an Autobussen, Lastwagen und Traktoren. Fig. 4 zeigt die Prüfung eines Dieselmotorlastwagens, Bauart Scania Vabis von 6 t Tragfähigkeit, auf dem Rollenprüfstand. Außerdem wurden mit Traktoren Versuchsfahrten unter Bedingungen durchgeführt, die möglichst den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen.

Für Motoren mit direkter Einspritzung war der Leistungsabfall beim Übergang zum Dieselmotorbetrieb verhältnismäßig gering. Der effektive Mitteldruck lag zwischen 6 bis 7 kg/cm², was etwa 80 bis 90% der Leistung beim Dieselmotorbetrieb entspricht. Voraussetzung für diese günstigen Werte war die Anwendung von *trockenem Holz* (Wassergehalt 10 bis 15%).

Höhere Feuchtigkeit des Holzes führt beim Dieselmotorbetrieb wie auch beim reinen Generatorgasbetrieb zu stärkerem Leistungsabfall. Der nachteilige Einfluß der Holzfeuchtigkeit scheint sich nach den vorgenommenen Untersuchungen am meisten bei höheren Drehzahlen auszuwirken.

¹ Referat, gehalten anläßlich der von der Schweiz. Gesellschaft für das Studium der Motorbrennstoffe (SGSM) zusammen mit dem Schweiz. Verband für die Materialprüfungen der Technik (SVMET) durchgeführten Vortragstagung vom 10. Juni 1960 im Verkehrshaus der Schweiz in Luzern.

Bei den Untersuchungen in Ultuna war man bestrebt, mit möglichst niedriger Zündölmenge auszukommen. Um eine vorteilhafte Einspritzcharakteristik der Pumpe zu erzielen, erwies es sich bei allen Pumpen, mit denen gearbeitet wurde, als notwendig, dieselben mit besonderen Druckventilen zu versehen. Bei der Einstellung für sehr kleine Mengen, bis herab auf 5 mm³ pro Hub, wie beim Dieselmotorbetrieb erforderlich, wird mit den ursprünglichen Druckventilen der Pumpe nämlich die Einspritzmenge pro Hub stark von der Drehzahl abhängig.

Die früher in der schwedischen Motorindustrie ausgeführten Untersuchungen zeigten, daß die von den Firmen hergestellten Dieselmotoren mit direkter Einspritzung und dem Kompressionsverhältnis 16:1 ohne eigentlichen Umbau für Dieselmotorbetriebe eingerichtet werden konnten. Bei den nur laboratoriumsmäßigen Untersuchungen, die zu dieser Beurteilung führten, arbeiteten die Motoren trotz dem hohen Verdichtungsverhältnis ohne Klopferscheinungen oder andere Verbrennungsstörungen. Dieses Verhalten konnte auch anfänglich bei den in Ultuna durchgeführten Untersuchungen bestätigt werden.

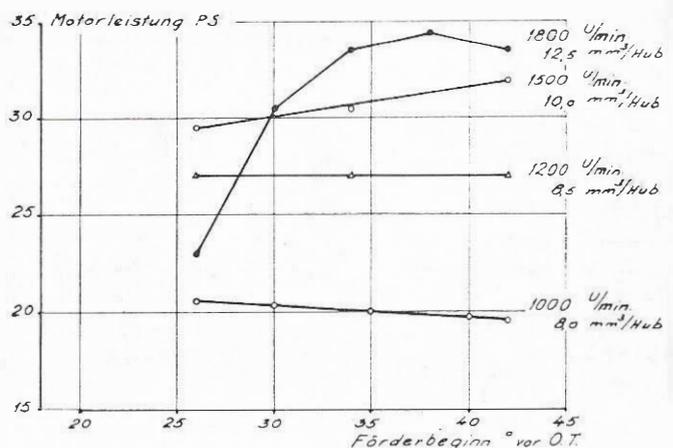


Fig. 5. Die Zündöleinspritzung soll verhältnismäßig früh geschehen, damit die Leistung bei höherer Drehzahl ausreichend ist. Prüfung eines Bolinder-Munktell-Traktors BM 35, ausgerüstet mit einem 3-Zylinder-Dieselmotor von 3,36 Liter Hubvolumen.

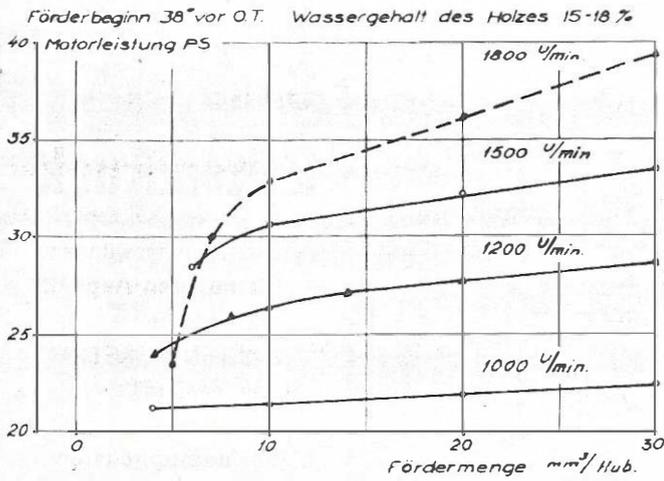


Fig. 6. Einfluß der Zündölmengen auf die Motorleistung bei einem Bolinder-Munktell BM 35. Innerhalb des bei Zündölbetrieb üblichen Bereiches von $5 \div 10 \text{ mm}^3$ je Hub wird wie ersichtlich die Leistung bei 1800 U/min stark von der Zündölmengen beeinflusst.

Nachdem die Traktoren jedoch eine Zeitlang im praktischen Betrieb gearbeitet hatten, traten aber Verbrennungsstörungen auf. Das Verdichtungsverhältnis von 16 : 1 erwies sich somit in der Folge als derart hoch, daß auch eine nur geringe Verschmutzung des Motors Klopferscheinungen oder Frühzündungen bewirkte. Auch Fehler an den Einspritzdüsen möchten dazu beigetragen haben. Die Klopferscheinungen hatten eine erhebliche Herabsetzung der Leistung zur Folge; auch traten Beschädigungen an Deckeldichtungen auf. Gelegentlich ergaben sich dadurch Betriebsstockungen, daß die Dichtungen platzten. Auch wurden an Kolben Beschädigungen, die dem Klopfen zuzuschreiben sind, beobachtet. Zur Beseitigung solcher Störungen müßte zum Beispiel am Fordson-Major-Traktor das Verdichtungsverhältnis durch Einbau doppelter Deckeldichtungen herabgesetzt werden, was allerdings nicht als eine ideale Lösung des Problems angesehen werden kann. Durch diese Maßnahme werden jedoch die Anlaßeigenschaften wie auch die Leistung des Motors beim Dieselbetrieb verschlechtert.

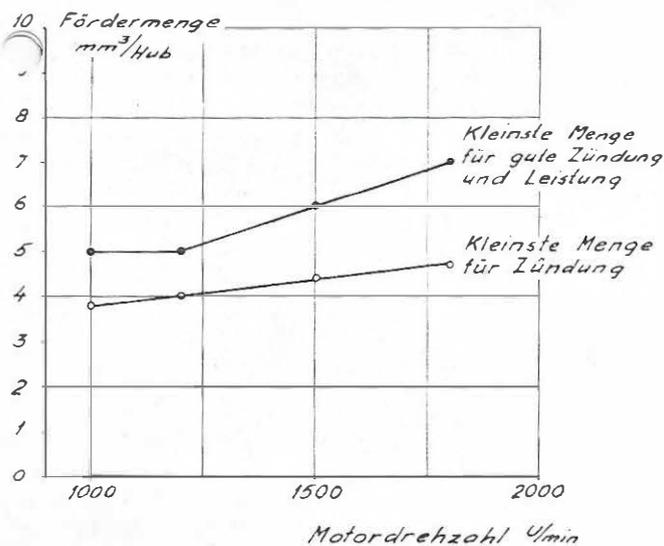


Fig. 7. Erforderliche Zündölmengen bei einem Bolinder-Munktell BM 35. Untere Kurve, kleinste Menge um eine Zündung überhaupt zu erreichen, und obere Kurve, mindest benötigte Zündölmengen um einen sicheren Gang zu gewährleisten. Bei 1000 \div 1200 U/min sind 5 mm^3 je Hub, bei 1500 U/min 6 mm^3 je Hub und bei 1800 U/min mindestens 7 mm^3 je Hub erforderlich, um einen sicheren Betrieb zu erreichen.

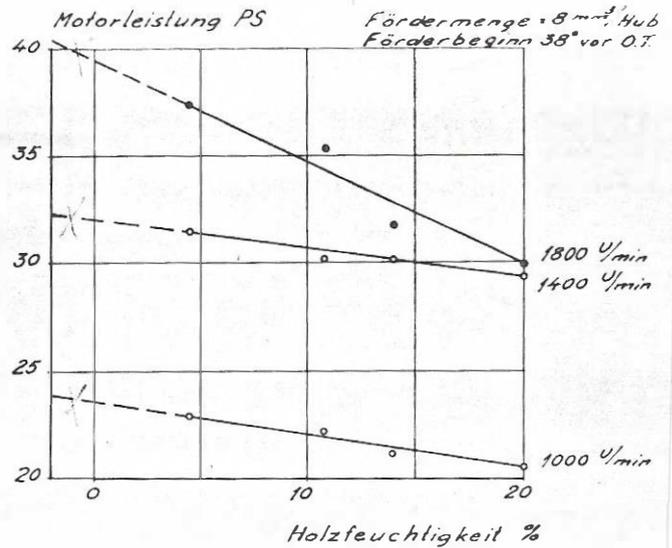


Fig. 8. Einfluß des Wassergehaltes des Holzes auf die Motorleistung bei Dieselgasbetrieb eines Bolinder-Munktell BM 35. Bei einer Erhöhung der Holzfeuchtigkeit von 10 auf 20 % wurde bei dieser Prüfung bei 1000 U/min eine Verminderung der Leistung um 1,5 PS, d. h. 7 %, festgestellt. Bei 1400 U/min waren die Verhältnisse noch ungefähr dieselben, während bei 1800 U/min eine Abnahme der Leistung um 4,7 PS resp. zirka 14 % eintrat. Der Wassergehalt des Holzes scheint sich somit bei höheren Drehzahlen stärker auf die Leistung auszuwirken, eine Feststellung, die auch bei der Prüfung anderer Dieselmotoren gemacht wurde.

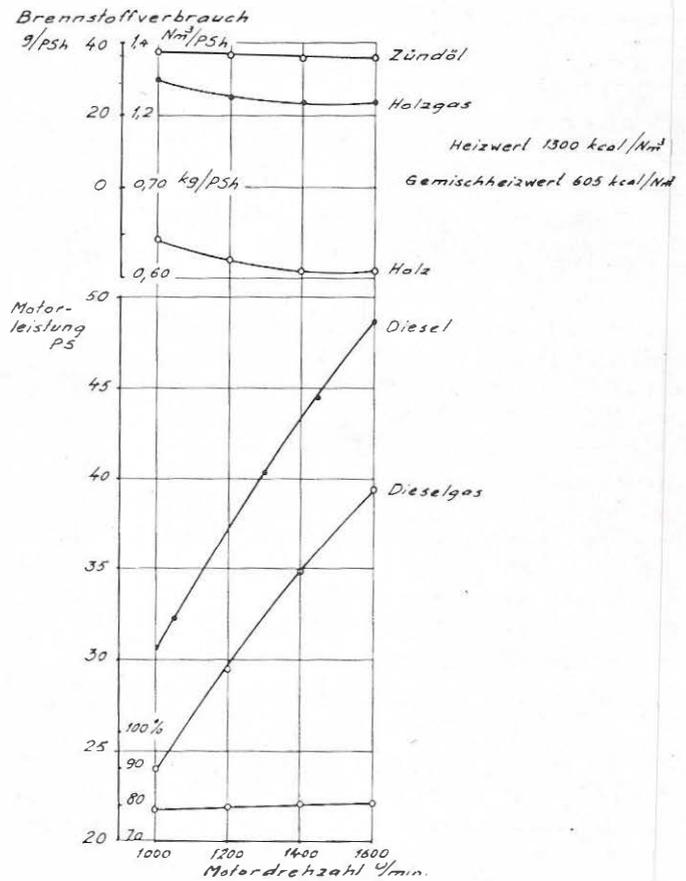


Fig. 9. Vollaastwerte eines mit einem Vierzylinder-Dieselmotor von 3,6 Liter Hubvolumen ausgerüsteten Fordson-Power-Major-Traktors bei Dieselbetrieb im Vergleich zu Dieselgasbetrieb. Über den ganzen Drehzahlbereich betrug die Leistung bei Zündölbetrieb etwa 80 % der normalen Dieselleistung. Der Holzverbrauch wurde dabei mit $0,61 \div 0,64 \text{ kg/PSH}$ und der Holzgasverbrauch mit $1,23 \div 1,3 \text{ Nm}^3/\text{PSH}$ gemessen. Zündölverbrauch: 36 bis 38 g/PSH.

Aktuelle Arbeiten auf dem Gebiet der Ersatztreibstoffe in Schweden

Dieseltreibstoffbetrieb Entwicklung der Holzgasgeneratoren und Reiniger

Von Ing. Olle Nordström
Staatliche Prüfungsanstalt für Landmaschinen
Ultuna, Uppsala (Schweden)
(Fortsetzung)

Mit dem luftgekühlten Wirbelkammermotor wurde ein maximaler Mitteldruck von $4,7 \text{ kg/cm}^2$ erreicht. Diese Belastung konnte jedoch wegen einsetzender Klopferscheinungen und hoher Temperatur nur kürzere Zeit beibehalten werden. Bei Vollast und Dieseltreibstoffbetrieb betrug die Temperatur im Motordeckel im Maximum 164°C ($P_{me} 5,6$ bei 2000 U/min). Beim Dieseltreibstoffbetrieb stieg sie über 200°C , bei einem Mitteldruck von $4,7 \text{ kg/cm}^2$. Beim Mitteldruck von 4 bis $4,2 \text{ kg/cm}^2$ konnte man dauernd fahren, ohne daß die beim Dieseltreibstoffbetrieb festgestellte Höchsttemperatur überschritten wurde. Der benützte Motor war dreizylindrig; sein Zylindervolumen betrug $2,47 \text{ l}$, sein Verdichtungsverhältnis $19:1$. Abgesehen davon, daß die Glühspiralen abgeschnitten worden waren, wurden keine Änderungen am Motor vorgenommen. Damit der Motor beim Dieseltreibstoffbetrieb auf eine annehmbare Leistung gebracht werden kann und störungsfrei erzielt wird, erwies es sich als notwendig, die Ausgestaltung des Brennraumes zu ändern und das Kompressionsverhältnis zu vermindern.

Bei den labormäßigen Studien mit Dieseltreibstoffbetrieb wurden Untersuchungen über die erforderliche Zündölmenge angestellt, den am besten geeigneten Einspritzwinkel, den Gasverbrauch, den Holzverbrauch usw. Einige typische Ergebnisse der in Ultuna laufenden Versuche und derjenigen der Firma Bolinder-Munktell, die ihr umfassendes Material wohlwollend zur Verfügung stellte, sind in den Kurvenblättern 5 bis 15 festgehalten. Während die Fig. 5 bis 8 Messungen an einem Bolinder-Munktell-Fraktormotor BM 35 und 9 bis 12 diejenigen an einem Fordson-Power-Major-Schleppermotor wiedergeben, zeigen die Kurvenblätter 13 bis 15 die Verhältnisse für Dieseltreibstoffbetrieb bei einem Scania-Vabis-Lastwagenmotor Typ D 440.

Wertvolle Ergebnisse vom Dieseltreibstoffbetrieb unter tatsächlichen Fahrverhältnissen wurden durch den Einsatz von vier verschiedenen Traktorentypen erzielt. Die gesamte Fahrzeit derselben erreicht gegenwärtig bereits über 6000 Stunden.

Der Zündölverbrauch konnte bei rund 1 l/h gehalten werden. Bei den zu den Versuchen angewandten mittelgroßen Traktoren von 35 bis 40 PS entspricht 1 l/h etwa

Heizwert 1315 kcal/Nm^3 . Gemischheizwert 610 kcal/Nm^3

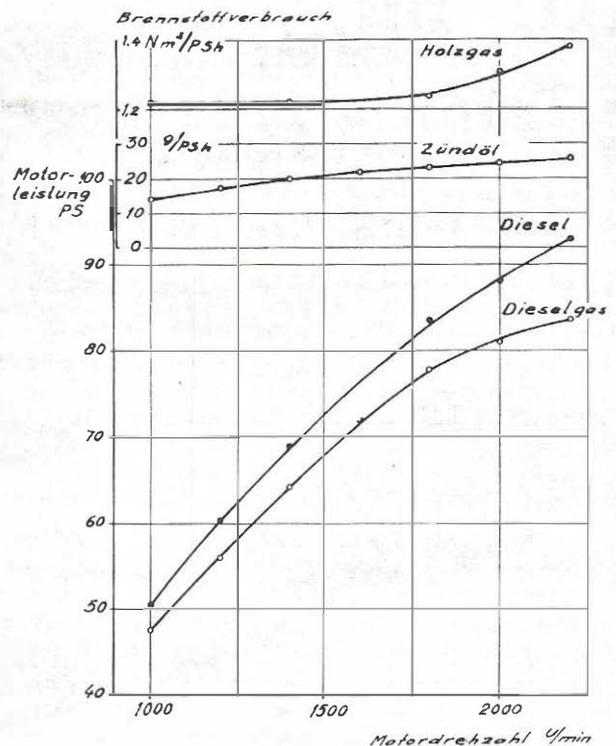


Fig. 13. Leistungszahlen bei einem Scania-Vabis-Vierzylinder-Lastwagenmotor von $6,23 \text{ Liter}$ Hubvolumen, bei Dieseltreibstoff- und Dieseltreibstoffbetrieb. Die Leistungsverminderung bei Dieseltreibstoffbetrieb beträgt bei 1000 bis 1500 U/min nur 5 bis 6% und bei 2200 U/min etwa 10% . Der Zündölverbrauch stellte sich auf 14 bis 26 g/PS_h und der Holzgasverbrauch auf $1,22$ bis $1,38 \text{ Nm}^3/\text{Psh}$.

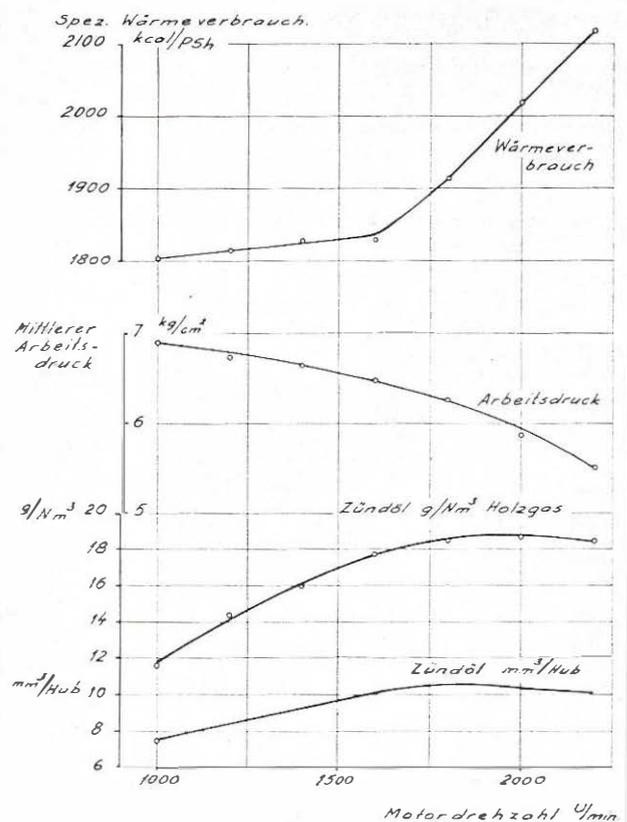


Fig. 14. Scania-Vabis-Lastwagenmotor D 440: der mittlere Arbeitsdruck beträgt

$6,9 \text{ kg/cm}^2$ bei 1000 U/min
 $6,6 \text{ kg/cm}^2$ bei 1500 U/min
 $5,5 \text{ kg/cm}^2$ bei 2200 U/min