

Entwicklungsstand und Betriebseigenschaften der Schleppermotoren

Von Artur Seifert

Die Bedeutung des Motorenbaues für den Acker-
schlepper ist u. a. daran zu erkennen, daß 1955 in
Deutschland etwa 140 000 Dieselschleppermotoren
für neue Schlepper gebaut worden sind. Nach den
Zulassungszahlen von 1954 sind wesentlich mehr
Motoren für die Schlepperindustrie als für die Last-
kraftwagenindustrie geliefert worden. Da der Land-
techniker sich im allgemeinen wenig mit Motoren-
fragen – abgesehen von Fragen des Einbaues – be-
faßt, schien es angebracht, ihm einmal einen kurzen
Überblick über den derzeitigen Entwicklungsstand
im Schleppermotorenbau unter besonderer Berück-
sichtigung der Betriebseigenschaften der Motoren
zu bringen.

Motortechnischer Entwicklungsstand

Die Dieselmotoren mit Acker-
schlepper werden heute mit Leistungen von 7 bis 60 PS in Ein- bis
Vierzylinderanordnung, für Raupen mit Leistungen
bis 90 PS und mit bis zu sechs Zylindern gebaut.
Bei Einachsschleppern und bei Motorgeräten sind
die Zwei- und Viertakt-Otto-Vergasermotoren von
2 bis etwa 9 PS stark vertreten, obwohl der Leicht-
diesel versucht, in dieses Gebiet vorzudringen. Es
scheint aber so, als ob die Brennstoffkostensparnis
des Kleindiesels von etwa 7 PS an abwärts wegen
der verhältnismäßig wenigen Betriebsstunden
im Jahr die heute noch hohen Anschaffungs- und
Reparaturkosten gegenüber dem Vergasermotor nicht
aufzuwiegen vermag. Die Benzineinspritzung hat
sich bei landwirtschaftlichen Motoren nicht durch-
zusetzen vermocht, obwohl eigene Versuche eine
Kraftstoffersparnis von etwa 25% erbracht haben.
Die Einspritzanlage verteuert den Motor und macht
ihn auch nicht einfacher.

Über 100 verschiedene Motortypen werden heute
in landwirtschaftlichen Schleppern verwendet; davon
haben 63 Typen Wasserkühlung und 38 Typen Luft-
kühlung. Zur Zeit bauen 9 Firmen ausschließlich
luftgekühlte und 13 Firmen ausschließlich wasser-
gekühlte Motoren, 6 Firmen beides. Etwa 40 %
aller Schlepper haben fremde Motoren. Typenmäßig
nehmen die Zweitaktmotoren nur etwa 15% ein, nach
der Produktionszahl gerechnet, liegen sie wesentlich
günstiger.

Die Verbrennungsverfahren mit unterteiltem Brenn-
raum wie Vorkammer-, Wirbelkammer- und Luftspei-
cherverfahren überwiegen gegenüber dem Verbren-
nungsverfahren mit nicht unterteiltem Brennraum,
also der direkten Einspritzung. Bei den Verfahren
mit unterteiltem Brennraum nimmt die Wirbelkammer
den breitesten Raum ein, wobei die Wirbelkammer
im Zylinderkopf oder im Kolben angeordnet sein
kann. Bei kleiner werdendem Hubraum nähern sich
alle Verbrennungsverfahren mit unterteiltem Brenn-
raum einem kritischen Punkt, da das ungünstiger
werdende Verhältnis der Oberfläche zum Inhalt des
Brennraumes zu schlechtem thermischem Wirkungs-
grad führt. Bei Dieselmotoren mit kleinem Hub-
raum von etwa 0,3 bis 0,45 l ist die Direktein-
spritzung vorteilhaft. Ihre Betriebssicherheit aber
hängt von der Erhaltung guter Zerstäubung ab.

Die Tatsache, daß nicht nur für landwirtschaft-
liche Dieselmotoren, sondern für Dieselmotoren über-
haupt so viele Bauarten von Brennkammern verwen-
det werden, läßt offen, ob schon ein idealer Brenn-
raum für alle in Frage kommenden Kraftstoffquali-
täten für die verschiedenen Leistungsbedürfnisse und
Betriebs- und Instandsetzungsbedingungen gefunden
ist. Vielleicht bringt uns das neue *M*-Verfahren der
Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.G. (MAN),
das auch für Schleppermotoren verwendet wird, dem
anzustrebenden Ziele nach einem idealen Brennraum
näher.

Zur Kennzeichnung eines Entwicklungsstandes
und zum Vergleich verschiedener Ausführungen von
Dieselmotoren bedient man sich gewisser Kennwerte
[1]. Die Leistungsausnutzung durch Verbrennungs-,
Spül- und Ladeverfahren wird am besten durch den
mittleren Arbeitsdruck p_e (in kg/cm^2) gekennzeich-
net. Bild 1 zeigt die p_e -Werte für Viertaktmotoren
in Abhängigkeit vom jeweiligen Hubraum. Das p_e ist
gerechnet aus der maximalen Leistung N_{max} und der
dazugehörigen Drehzahl. Bei den wassergekühlten
Viertaktmotoren liegt der durchschnittliche Wert von
 p_e bei $6,5 \text{ kg}/\text{cm}^2$, bei den luftgekühlten um etwa
10% niedriger bei etwa $6 \text{ kg}/\text{cm}^2$. Der größte Wert
von p_e für einen luftgekühlten Dieselmotor liegt bei
etwa $8 \text{ kg}/\text{cm}^2$ für Wirbelkammer im Kolben, bei ein-
em wassergekühlten, aufgeladenen Viertaktmotor

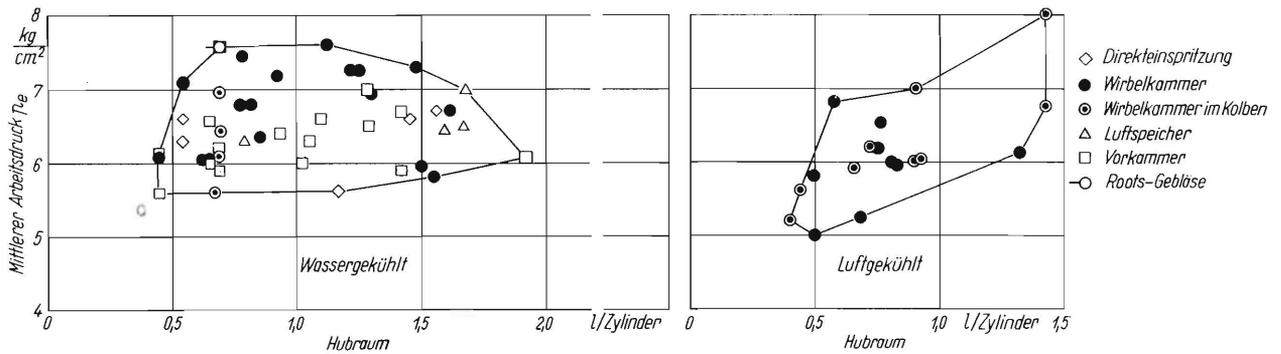


Bild 1. Mittlerer Arbeitsdruck im Zylinder bei wasser- und luftgekühlten Viertakt-Dieselmotoren.

werden 7,5kg/cm² erreicht; bei dem letzteren Motor steigt der mittlere Arbeitsdruck p_e mit sinkender Drehzahl bis auf 8,5kg/cm².

Schnellaufende Zweitakt dieselmotoren mit Umkehrspülung kommen nach Bild 2 auf bis zu 4,1 kg/cm²; bemerkenswert sind auch die hohen p_e -Werte von 4,6kg/cm² bei der Gleichstromspülung. Geringe Aufladung bringt bei einem wassergekühlten Zweitaktmotor Werte von nahezu 5kg/cm². Sehr beachtlich sind die p_e -Werte von den langsam laufenden Zweitaktern mit großem Hubraum, die bis zu 5kg/cm² erreichen.

Die Hubraumleistung N_H , ausgedrückt in PS/l Hubraum, gibt einen Maßstab für die Raumaussnutzung eines Motors. Sie liegt bei luft- und wassergekühlten Viertaktmotoren bei 1500 U/min etwa zwischen 10 und 12 PS/l und bei 2000 U/min zwischen 13 und 15 PS/l, bei höheren Drehzahlen bis 17 PS/l. Von der Möglichkeit der Erhöhung der Hubraumleistung durch Aufladung wird nunmehr auch bei Dieselmotoren für die Landwirtschaft Gebrauch gemacht. Beim Viertakt dieselmotor bringt die mechanische Aufladung über einen Luftverdichter, der von der Kurbelwelle angetrieben wird, Leistungssteigerung von etwa 30% und mehr, ohne dabei die Motordrehzahl zu erhöhen. Sie wird erreicht durch bewußte Mehreinspritzung von Kraftstoff, da für ausreichendes Luftgewicht in jedem Falle gesorgt ist. Die Abgasturboaufladung für Viertakt dieselmotoren ab 70 PS aufwärts kann bis zu 40% Leistungssteigerung bei z.T. abgesenktem Kraftstoffverbrauch bringen. Es ist nicht bekannt, ob in Deutschland an der Entwicklung solcher Motoren für die Landwirtschaft gearbeitet wird.

Beim Zweitakt dieselmotor dient die Aufladung in Form eines Rootsgebläses oder einer Kolbenspülpumpe häufig mehr der besseren Spülung als der Erhöhung der Luftladung. Damit werden an wassergekühlten Ein- und Zweizylinder motoren von 12 und 24 PS bemerkenswert hohe Hubraumleistungen von etwa 24 PS/l erreicht, während bei normalen Zweitaktmotoren gleicher Drehzahl etwa 16 PS/l, bei Gleichstromspülung mit Auspuffventil höchstens 20 PS/l erreicht werden. Der Leistungsbedarf für einen Roots lader für geringe Aufladung, dessen maximale Drehzahl bei etwa 6000 bis 7000 U/min liegt, ist ungefähr 12% der effektiven Motorleistung, bei höherer Aufladung bis 15%. Der spezifische Kraftstoffverbrauch bei Vollast beträgt etwa 230 g/PS h [2].

Das Leistungsgewicht G_N , ausgedrückt in kg/PS, ist ein Maßstab für den Materialaufwand für einen Motor bestimmter Leistung. Die Verringerung des Leistungsgewichtes mit zunehmender Zylinderzahl und steigender Drehzahl geht aus Bild 3 hervor. Ein Unterschied zwischen Luft- und Wasserkühlung ist kaum zu erkennen. Unter Berücksichtigung des Kühler- und Kühlmittelgewichtes bei den wassergekühlten Motoren sind luftgekühlte Motoren im Betrieb eher leichter als gleich starke, wassergekühlte Motoren. Das Leistungsgewicht vergleichbarer Zweitakt dieselmotoren als Ein- und Zweizylinder motoren liegt noch unter den Werten der etwa gleich starken Viertaktmotoren. Werte von 5 kg/PS für Zweizylinder dieselmotoren sind beachtlich niedrig, wenn man bedenkt, daß Ottovergasermotoren gleicher Leistung heute bei etwa 4 kg/PS liegen. Der mit Roots lader ausgestattete

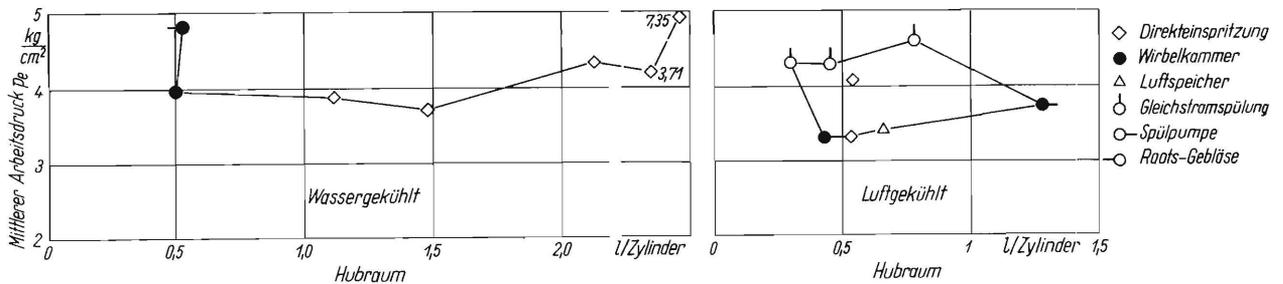


Bild 2. Mittlerer Arbeitsdruck im Zylinder bei wasser- und luftgekühlten Zweitakt-Dieselmotoren.

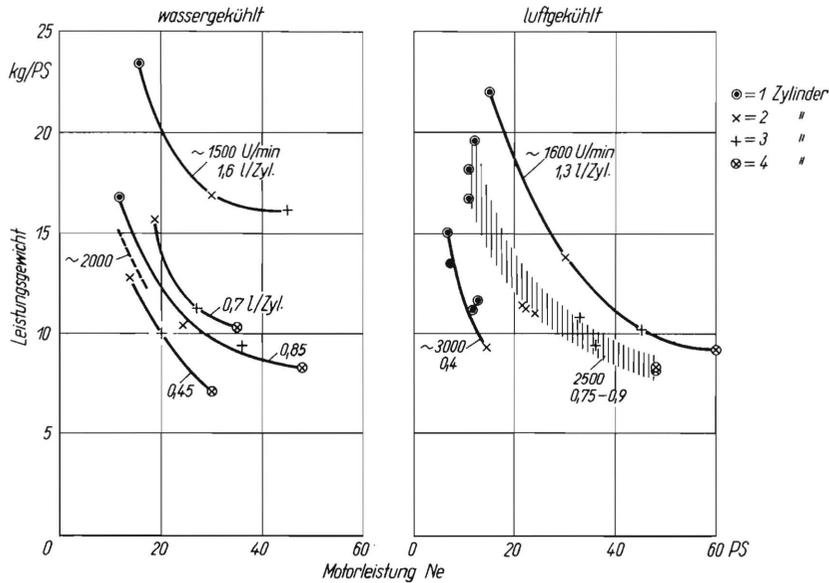


Bild 3. Leistungsgewichte von wasser- und luftgekühlten Viertakt-Dieselmotoren.

Sechszylinder - Zweitakt Dieselmotor von Ford für Lastkraftwagen von 120 PS Leistung erreicht sogar 3 kg/PS [3].

Die Drehzahlerhöhung bei allen Motorarten hat wesentlichen Einfluß auf die Herabsetzung des Leistungsgewichtes. 1800 bis 2000 U/min können heute als Standarddrehzahlen üblicher Dieselmotoren für die Landwirtschaft angesehen werden; einige kleinere Viertaktmotoren gehen bis zu 3000 U/min. Wichtig ist beim Einsatz in der Landwirtschaft, daß bei Drehzahlerhöhung die Geräusche und Erschütterungen nicht zunehmen und die Kolbengeschwindigkeit, die im Mittel bei etwa 7 bis 8 m/s liegt, nicht wesentlich erhöht wird. Bei Zweitakt Dieselmotoren mit kleinem Brennraum scheinen Drehzahlen von über 3000 U/min heute noch Schwierigkeiten in der sicheren Beherrschung des Verbrennungsablaufs zu bereiten.

Motor- und Schlepperkonstruktion

Für den Tragschlepper, teilweise auch für den Geräteträger, ist der Motor zum notwendigen Übel geworden. Überall, wo er auch im Schlepper angeordnet wird, ist er irgendwie im Wege. Der Motor ist im Schlepper schon an mancherlei Orten untergebracht worden, ohne den Schlepperkonstrukteur restlos befriedigt zu haben; er sitzt vorn mittig oder seitlich, hinten neben dem Fahrer, hinter dem Fahrer und unter dem Fahrer. Die früher einmal von einem Landtechniker gestellte Forderung, der Motor sollte „dünn wie ein Blatt Papier“ irgendwo im Schlepper verschwinden, läßt sich mit den Gegebenheiten des Kolbenmotorenbaues nicht in Einklang bringen. In Wirklichkeit werden von der Schlepper- und Geräteseite her an den Motorenkonstrukteur konstruktive Forderungen gestellt, die sich mit seinen Forderungen nach einem aus betrieblichen Gründen notwendigen Raum nicht immer vereinbaren lassen.

Dabei wollen wir nicht verkennen, daß auch von seiten des Motorenkonstruktors noch viel getan werden kann, um das Optimum an wartungs- und reparaturgerechten Konstruktionen bei geringstem Raumbedarf zu erreichen.

Einige wesentlich erscheinende Wünsche des Schlepper- und Motorenkonstruktors hinsichtlich Einbau und Betriebsverhalten des Motors sind in **Tafel I** einander gegenübergestellt.

Die Mehrzahl der Motoren erfüllt heute die Forderung nach Überlastbarkeit des Motors bei fallender Drehzahl. Als gut ist ein Drehmomentanstieg von 5 bis 10%, als sehr gut ein solcher von etwa 15 bis 20% anzusehen. Bei Überlastung - d.h. Drehmomentanstieg bei fallender Drehzahl - sollte jedoch der Motor nicht zum Rauchen kommen; in diesem Falle sollte besser auf Ausnutzung der Höchstleistung (nahe der Rauchgrenze) verzichtet werden, wenn nicht über die Stufung des Schaltgetriebes ein Ausgleich erzielt werden kann.

Tafel I. Gegenüberstellung der Wünsche

des Schlepperkonstruktors:	des Motorenkonstruktors:
Wenig Raumbedarf.	Zusätzlicher Raum für
Keine Sichtbehinderung	Zugänglichkeit und Zusatz-
durch aussenliegende Teile	einrichtungen
Geringes Gewicht.	Gewichtersparnis nicht
Niedrige Herstellungskosten	auf Kosten der Lebensdauer
Mehere Kraftabnahmestellen.	Genauere Angabe von
Leistungsreserven	Leistungsbedarf und Lage
Ansteigendes Drehmoment	der Kraftabnahmestellen
bei fallender Motordrehzahl	Drehmomentanstieg massvoll.
	Bessere Abstimmung
	Gerät - Schlepper.
	Gleichmässiger, höhere
	Motorbelastung
Keine Abgasbelastigung.	Keine Abgasbelastigung.
Lärm- und erschütterungsfrei	Lärm- und erschütterungsfrei;
	für die Bekämpfung von Lärm
	und Erschütterungen mehr
	Raum und erhöhte Kosten
	Vielfache Verwendungs-
	möglichkeiten eines zeitlich
	gering ausgenutzten Motors

Auf dem Gebiet der Lärminderung wird seitens der Motorenhersteller intensiv weitergearbeitet. So ist es gelungen, durch Verbesserungen an Verbrennungsverfahren, Verwendung gegossener Teile statt Blechteilen, Ansauggeräuschdämpfer, Außermittesetzen des Kolbenbolzens, automatischen Spritzversteller und durch aerodynamisch richtig durchgebildete Kühlluftgebläse (10 Phon konnten allein dadurch ausgemerzt werden) das Motorengeräusch herabzusetzen. Durch Verwendung geeigneter Werkstoffe wird vermutlich in dieser Richtung, besonders beim luftgekühlten Motor, noch mehr erreicht werden können. Die Dämpfung der Auspuffgeräusche bei Zweitaktmotoren gibt noch mancherlei Probleme auf.

Die Führung der Auspuffgase befriedigt hinsichtlich der Belästigung des Fahrers nur bei den Schleppern, bei denen die Auspuffgase nach oben austreten, die aber ein Befahren von Räumen mit leicht brennbaren Stoffen nur unter bestimmten Voraussetzungen zulassen. Wegen des glatten Aussehens des Schleppers werden vom Käufer andere Abgasführungen in Kauf genommen, die unter Umständen nicht nur für den Schlepperfahrer, sondern auch für den Bedienungsmann der Geräte oder für den Bremsler auf dem Anhänger sehr lästig sein können. Es wäre zu untersuchen, ob nicht durch veränderliche Abgasführungen den Verhältnissen mehr Rechnung getragen werden könnte. Eine Eigenart der Zweitakt Dieselmotoren mit Frischölschmierung ist das Ölauswerfen aus dem Auspuff. Lastabhängige Ölpumpen haben hier schon eine spürbare Verbesserung gebracht.

Die meisten Motoren haben im Winter und in den Übergangszeiten zu kalte Kurbelgehäuse, wodurch Wasserkondensation und Kaltschlamm bildung begünstigt werden [4]. Dünflüssigere Öle erwärmen sich rascher als dickflüssige. Ein ideales Motorenöl sollte hingegen im Gesamtbereich der praktisch vorkommenden Außentemperaturen eine konstante Viskosität besitzen. Solche Öle gibt es aber noch nicht. Die neuen Mehrbereichs- oder Kreuzbereichsöle, die die Eigenschaften nach SAE 10 bis SAE 30 vereinigen, sollen diesem Idealöl schon näher kommen.

Von Wärmetauschern im Ölsumpf zur Aufheizung des Öles wird in Ackerschleppern noch wenig Gebrauch gemacht. Vom Netz gespeiste Anheizvorrichtungen im Kurbelgehäuse schaffen ebenfalls günstige Verhältnisse für den Motor, wenn sie richtig angeordnet sind.

Die Frage, ob ein HD-Öl oder ein Normalöl für Ackerschlepperdieselmotoren zu verwenden ist, ist nach unseren Erfahrungen zugunsten des HD-Öles zu beantworten, wobei der Vergleichsmaßstab nicht allein der Verschleiß ist. Bei unseren mehrjährigen Versuchen mit einer großen Zahl luft- und wasserge-

kühlter Dieselmotoren hat sich gezeigt, daß nicht in jedem Fall ein HD-Öl einen geringeren Zylinder verschleiß als ein Normalöl ergeben muß. Offensichtlich können andere Faktoren, wie schlechte Verbrennung, Ölverschlechterung durch häufiges Anlassen bei Kälte die verschleißhemmende Wirkung eines HD-Öles überdecken; hierbei handelt es sich um Kraftstoffe mit einem Schwefelgehalt $\leq 1,2\%$. Der geringere Verschmutzungszustand des Motorinneren ist bei HD-Ölen augenfällig.

Es ist wichtig, daß die Motoren im Betrieb äußerlich öltrocken bleiben. Es wird immer wieder beobachtet, daß die Kapselung der Ventilgehäuse oder Stößelstangenführungen nicht dicht sind, wodurch die Motoren außen mit einer dicken Ölstaubschicht überzogen werden. Ursache sind die für die Dichtungen verwendeten Werkstoffe oder ungeeignete Konstruktionselemente. Die Lage des Kühlluftgebläses bei luftgekühlten Motoren sollte so sein, daß es bei Leckwerden des Kraftstofftanks unmöglich ist, daß Dieselöl über das Kühlluftgebläse zwischen die Kühlrippen geblasen wird. Bei manchen Motoren kann die Kurbelgehäuseentlüftung nicht verhindern, daß viel Öl ausgeworfen wird, wenn die abgenutzten Kolbenringe Verbrennungsgase durchlassen. Manchmal sind es auch undichte Simmerringdichtungen an den Kurbelwellenlagern, die den Motor verölen lassen. Langjährige Beobachtungen an luftgekühlten Dieselmotoren haben ergeben, daß eine nennenswerte Verschmutzung der Zylinderrippen durch Staub u. dgl. nicht auftritt, wenn der Motor öltrocken gehalten werden kann.

Das Trockenhalten der Aufbaumotoren ist im Mähdrescherbetrieb außerordentlich wichtig. Die Filterung der Ansaugluft für den Motor und der Kühlluft ist hier noch nicht optimal gelöst. Wir müssen hier wahrscheinlich auf ganz neue Lösungen kommen. Die Einsätze der Ölbadfilter sollten zum Reinigen grundsätzlich herausnehmbar sein.

Sämtliche Auslaßventile und z.T. auch die Einlaßventile von 17 in Untersuchung befindlichen luft- und wassergekühlten Schleppermotoren mußten nach einjährigem landwirtschaftlichen Einsatz nachgeschliffen oder ersetzt werden, da sie stark korrodiert oder zu sehr eingeschlagen waren. Das richtige Ventilspiel war in den meisten Fällen nicht mehr vorhanden. Es wäre zu überlegen, ob sich hier gepanzerte Ventile und selbsttätiger Ventilausgleich lohnen würden. Großer Verschleiß der Ventilschaftführung bringt starke Ölkohlerückstände an der Tulpe des Einlaßventils. Abnützungen und Wegänderungen an der Begrenzung der Regelstange für die Einspritzpumpe sollten so klein wie möglich gehalten werden, da diese bei manchen Motoren genügen, um ins Rauchgebiet zu kommen. Mehrlochdüsen (Bild 4) neigen eher zum Zuset-



Bild 4. Nach 500 Betriebsstunden zugesetzte Vierlochdüse eines wassergekühlten Dieselmotors.

zen der Düsenbohrungen als Zapfendüsen und führen dann zu schlechter Verbrennung, die zu Rückständen am Auslaßventil und zum Zusetzen der Auslaßöffnung führt.

Zum Kraftstoffverbrauch ist zu sagen, daß sowohl bei luft- als auch bei wassergekühlten Ackerschlepper-Dieselmotoren mit günstigem Verbrennungsverfahren und guter Konstruktion Werte von ungefähr 170 g/PS_h bei etwa 75% Belastung und etwa 200 bis 220 g/PS_h bei 40% Motorbelastung erreicht werden (**Bild 5**). Eine beachtliche Verbrauchssenkung ist bei den Dieselmotoren von 17 bis 20 PS in den letzten Jahren zu verzeichnen (**Bild 6**). Trotz dieser günstigen Werte liegt der durchschnittliche Verbrauch bei 40% Motorbelastung, für 77 Dieselmotoren berechnet, immer noch bei 268 g/PS_h. Die ausländischen Ackerschlepper-Dieselmotoren liegen – soweit feststellbar – auch nicht besser. Der 1949 festgelegte Richtwert von 250 g/PS_h hat also heute noch seine volle Gültigkeit. Mit einer wesentlichen Senkung des Verbrauchs

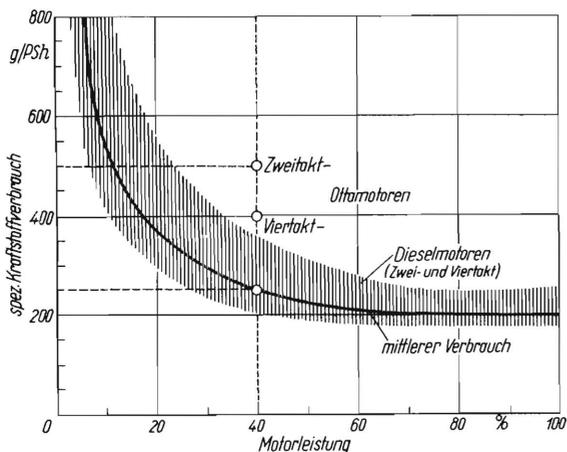


Bild 5. Spezifischer Kraftstoffverbrauch von Zweitakt- und Viertaktmotoren (Quelle: Marburgtests).

der Zwei- und Viertakt-Vergasermotoren wird kaum zu rechnen sein (**Bild 5**). Der Betrieb mit dem billigeren Traktorenkraftstoff ist an besondere klimatische Verhältnisse und langanhaltende, hohe Motorbelastung gebunden.

Flüssiggasbetrieb, im wesentlichen Propan- und Butangas, hat in den letzten zwei Jahren große Bedeutung für Aufbauotomotoren von etwa 25 bis 60 PS für Mährescher gewonnen, während es für Schleppermotoren z.Z. in Deutschland noch uninteressant ist [5]. Die zweijährigen Untersuchungen des *Institut für Schlepperforschung* mit 11 Mährescher-Aufbaumotoren für Flüssiggasbetrieb in Zusammenarbeit mit der *Nitag* und dem *BV* haben gegenüber dem Benzinbetrieb eindeutig eine Kraftstoffkostensparnis gezeigt, die bei den heutigen Kraftstoffpreisen im Durchschnitt bei 30%, in günstigen Fällen bei 35% liegt.

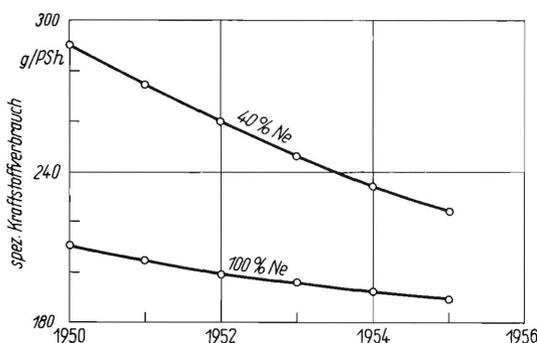


Bild 6. Senkung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs in den letzten Jahren bei Dieselmotoren von 17 bis 20 PS.

Der Ottomotor mit Flüssiggasbetrieb tritt damit in Konkurrenz mit dem Dieselmotor, der mit Leistungen bis zu 70 PS ebenfalls als Aufbaumotor für Mährescher verwendet wird. Der zum Teil erhebliche Preisunterschied zwischen Ottomotor und Dieselmotor gleicher Leistung beeinflusst die Höhe der gesamten Betriebskosten erheblich. Die Gesamtbetriebskosten setzen sich zusammen aus Abschreibung, Zinsen, Betriebsstoffkosten, Reparaturen und Wartung. Bei dem 56-PS-Motor herrscht Kostengleichheit zwischen Flüssiggas- und Dieselbetrieb bei etwa 275 Stunden im Jahr (**Bild 7**), wenn ein günstiger Anschaffungspreis für den Dieselmotor eingesetzt wird. Darunter ist Flüssiggas billiger. Bei höherem Anschaffungspreis für den Dieselmotor kommen wir auf etwa 350 Stunden. Der Benzinmotor mit seiner Preisgleichheit mit dem Dieselmotor bei etwa 120 Betriebsstunden im Jahr wird uninteressant im Unternehmerbetrieb, da dieser im Jahr auf wesentlich mehr Stunden kommen muß. In unseren Versuchsbetrieben sind 180 bis 390 Stunden je Jahr in der letzten Saison erreicht worden. Beim 25-PS-Aufbaumotor liegen ähnliche Verhältnisse vor, die entsprechenden Stundenzahlen sind nur niedriger. Kostengleichheit zwischen Diesel- und

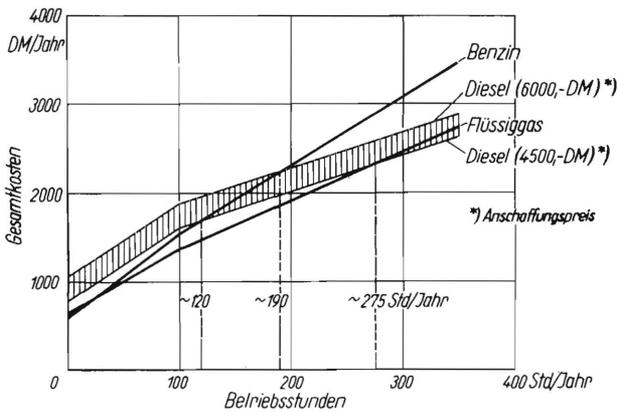


Bild 7. Gesamtkosten von Motoren mit 56 PS Leistung für verschiedene Kraftstoffe für Selbstfahrer-Mährescher nach dem Stand vom Jahre 1955.

Flüssiggasbetrieb liegt bei 150 bis 200 Std/Jahr. Eine Chance hat der Benzinmotor gegenüber dem Dieselmotor bei Betrieben, die im Jahr weniger als 90 Betriebsstunden für den Mährescher erreichen.

Bei allen Dieselmotorbauarten, die nicht mit Druckluft angelassen werden können, gab es von jeher ein Anlaßproblem. Daran hat sich auch heute noch nicht viel geändert. Neue Motoren mit betriebsbereiter elektrischer Ausrüstung können wohl bei Temperaturen von etwa -5° bis -10° C noch starten, aber das ist allein nicht ausschlaggebend. Im gleichen Maße, in dem sich der allgemeine Zustand des Motors verschlechtert, insbesondere die Verbrennungseinleitung, mehren sich die Schwierigkeiten beim Anlassen; hinzu kommt der schlechte Zustand der Batterie. Die Möglichkeiten, auch alte Motoren noch sicher anlassen zu können, scheinen noch nicht ganz ausgenutzt zu sein. In einem gewissen Nachteil ist der luftgekühlte Motor bei sehr niedrigen Außentemperaturen (etwa -15° bis -20° C), da er nicht, wie der wassergekühlte Motor, durch Auffüllen von Warmwasser aufgeheizt werden kann. Dafür kann der luftgekühlte Motor aber auch nicht einfrieren.

Für die Beurteilung eines luft- oder wassergekühlten Motors im landwirtschaftlichen Einsatz [6] ist die Kenntnis der Höhe und Verteilung der Temperaturen am Zylinderkopf und am Zylinder bei allen vorkommenden Betriebsverhältnissen von grundsätzlicher Bedeutung. Sie bestimmen im wesentlichen die Betriebssicherheit der Einspritzorgane sowie die Standzeiten der Zylinderlaufbüchsen, der Kolbenringe, Kolben und Ventile. Es sind kritisch zu betrachten:

- a) Örtliche Überhitzungen mit Rücksicht auf die Warmfestigkeit der Baustoffe und auf das Schmieröl,
- b) Ungleichmäßige Temperaturverteilung im Hinblick auf den Verzug von Zylinderbüchsen und Zylinderkopf,
- c) Überkühlung wegen Wasserkondensation im Zylinder und Bildung aggressiver Säuren.

Am gefährdetsten sind wegen Überhitzung die Einspritzdüse, der Zylinderkopf zwischen den Ventilen und bedingt der Kolben. Als kritisch können hier Temperaturen über etwa 350° C angesehen werden. Schmieröltemperaturen im Kurbelgehäuse sollen kurzzeitig nicht über 125° C betragen.

Zur ungleichmäßigen Temperaturverteilung ist zu sagen, daß im allgemeinen die Auffassung herrscht, daß der luftgekühlte Motor eher gefährdet sei als der wassergekühlte. Ein Klemmen des Kolbens könnte nur durch größeres Spiel unter Inkaufnahme eines größeren Kolbengeräusches vermieden werden.

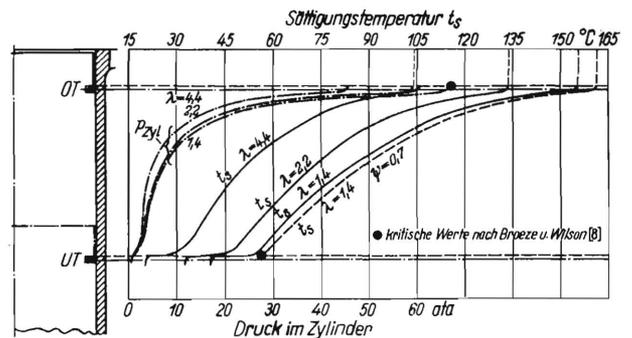


Bild 8. Sättigungstemperaturen der Verbrennungsgase bei verschiedenen Motorbelastungen in Abhängigkeit von der Kolbenstellung (nach Groth [7]).

Die Gefahr der Überkühlung besteht besonders bei niedriger und hoher Leerlaufdrehzahl mehr beim luftgekühlten als beim thermostatisch geregelten, wassergekühlten Motor. Zur kritischen Temperatur, unterhalb der im Verbrennungsraum Wasserkondensation und aggressive schweflige und Schwefelsäure auftreten sollen, ist zu sagen, daß die bisherige Annahme dieser Temperatur von 60° bis 65° C auf die ganze Länge der Zylinderwandung nach neueren Erkenntnissen nicht mehr aufrecht erhalten werden kann. Durch Rechnung und Versuch ist belegt [7], daß die Sättigungstemperaturen der Verbrennungsgase je nach Motorbelastung und Kolbenstellung verschieden hoch liegen (Bild 8) und durch zunehmenden Schwefelgehalt im Kraftstoff erhöht werden. Über den Grad der Erhöhung der Sättigungstemperaturen in Abhängigkeit vom Schwefelgehalt besteht noch keine einheitliche Auffassung; merkliche Taupunkterhöhung tritt offenbar erst bei 1,5 bis 2% Schwefel ein, weit mehr als der handelsübliche Dieselmotorkraftstoff aufweist [8 bis 11]. Dies würde bedeuten, daß für unsere Betrachtung in gewisser Annäherung die Sättigungstemperaturen des Wasserdampfes als kritische Temperaturen der Zylinderwandung angesehen werden könnten. Diese sind

unter 100° C	bei Schwachlast und Leerlauf	} in oberer Totlagenstellung des 1. Kolbenringes
unter 160° C	bei Vollast	
unter 60° C	bei Schwachlast und Leerlauf	} in unterer Totlagenstellung des 1. Kolbenringes
unter 65° C	bei Vollast	

Das bedeutet aber nicht, daß in jedem Falle unter diesen Temperaturen Korrosion durch Einwirken wässriger Säuren an der Zylinderwand eintreten muß, da der schützende Ölfilm, insbesondere die Additives der HD-Öle, eine wesentliche Rolle spielen. In der oberen Totlagenstellung ist der Ölfilm meistens schwach, die aggressiven Säuren können angreifen, in der unteren Totlagenstellung ist meist ein ausreichender Ölfilm als Schutz vorhanden, daher auch der höhere Verschleiß in der oberen Totlagenstellung.

Wie hoch liegen nun die an luft- und wassergekühlten Ackerschlepper-Dieselmotoren tatsächlich auftretenden Zylindertemperaturen, und wie ist ihre Verteilung über die Zylinderwand unter den verschiedenen Betriebsbedingungen? Da auf diesem Gebiete wenig Erkenntnisse vorlagen, sind vor etwa drei Jahren vom *Institut für Schlepperforschung* Untersuchungen mit 5 luft- und 4 wassergekühlten Motoren im Schlepper eingeleitet worden, die jetzt abgeschlossen sind.

Der Motor im Schlepper wurde belastet mit einem Bremszugwagen (Bild 9) auf einer Betonbahn. Dieser stellt gewissermaßen einen fahrbaren Prüfstand dar. Gemessen wurden die Temperaturen mit Thermoelementen am Zylinderkopf zwischen Ein- und Auslaßventil und in der Nähe der Brennkammer und am Zylinder in drei Ebenen (Bild 10) sowie die Öltemperaturen. Alle Messungen wurden bei verschiedenen Außentemperaturen und bei Belastungen des Motors vom Leerlauf bis zur Vollast vorgenommen. Die umstrittene Frage der Überkühlung

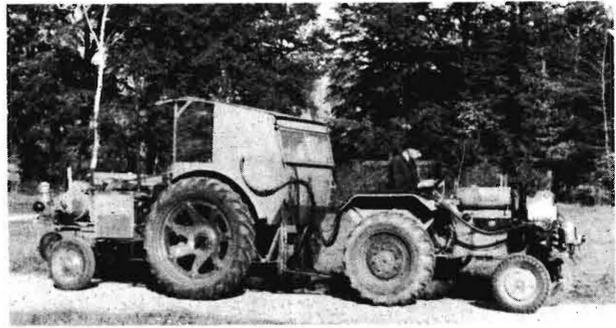


Bild 9. Versuchsschlepper mit Bremszugwagen.

des luftgekühlten Motors bei Talfahrten wurde durch Schiebeversuche des selbstangetriebenen Bremszugwagens geklärt. Anlauf- und Abkühlungstemperaturen wurden ermittelt.

Es ist bekannt, daß die Höhe der Temperatur und ihre Verteilung auf Kolben, Zylinderkopf und Zylinderlauffläche im wesentlichen durch die Lage des Brennräume, durch die in der Zeiteinheit durchströmende Kühlmittelmenge und die Kühlmittelführung, ferner durch die pro Hub eingespritzte Kraftstoffmenge bestimmt ist.

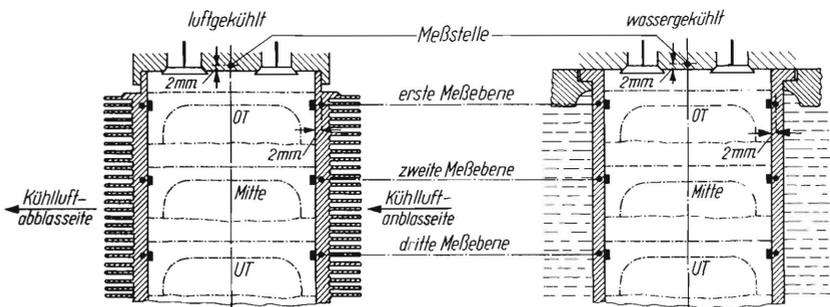


Bild 10. Schematische Darstellung der Anordnung der Messstellen bei einem luftgekühlten und einem wassergekühlten Dieselmotor.

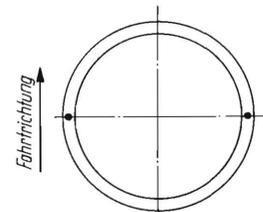
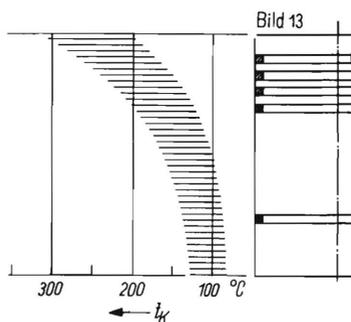
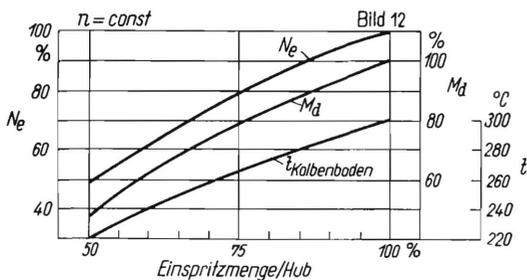
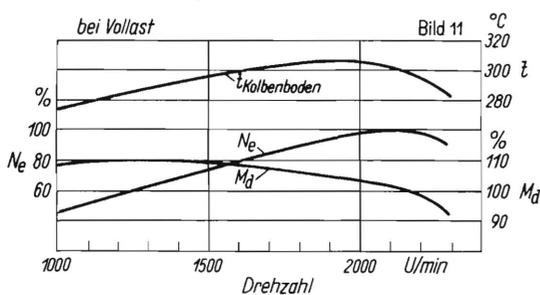


Bild 11 bis 13. Mittlere Kolbentemperaturen an einem Viertakt-Dieselmotor (nach Messungen von Mahle K.G., Stuttgart, und Karl Schmidt G.m.b.H., Neckarsulm).

Die Kolbentemperaturen sind bei Luftkühlung nicht wesentlich höher als bei Wasserkühlung. Die höchsten Kolbenbodentemperaturen liegen bei etwa 340°C bei Wirbelkammer im Kolben. An der Stelle des ersten Kolbenringes sind Temperaturen von 280°C und mehr als kritisch anzusehen. Die Temperaturen in Bild 11 bis 13 sind Mittelwerte aus Messungen der Mahle K.G., Stuttgart-Bad Cannstatt, und der Karl Schmidt G.m.b.H., Neckarsulm. Grundsätzlich ist zum Verlauf der Kolbentemperaturen zu

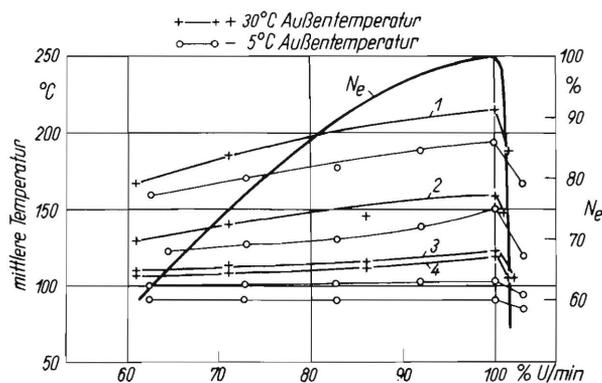


Bild 14. Zylindertemperaturen eines wassergekühlten Viertakt-Dieselmotors mit Thermostat bei Vollast. Kühlwasseraustrittstemperatur 99° C
 1 Zylinderkopf
 2 obere Totlage
 3 Mittellage
 4 untere Totlage

Nun bringen wir aus den zahlreichen Untersuchungsergebnissen unserer Temperaturmessungen einige typische Beispiele.

Die Zylindertemperaturen der untersuchten, wassergekühlten Viertaktmotoren – gleich, ob mit oder ohne Thermostat – liegen höher als bisher allgemein angenommen wurde. Bild 14 zeigt die mittleren Zylindertemperaturen von Luftansaug- und Auspuffseite für einen Vorkammernmotor. Das Maximum der Temperaturen in allen drei Zylinderebenen tritt bei Vollast und 100% Drehzahl auf. Mit fallender Drehzahl nehmen sie, ähnlich wie die Temperaturen des Kolbenbodens, ab. Die höchste Temperatur in der Zylinderebene der oberen Totlagenstellung des ersten Ringes beträgt 160° C bei + 30° C Außentemperatur und 150° C bei - 5° C Außentem-

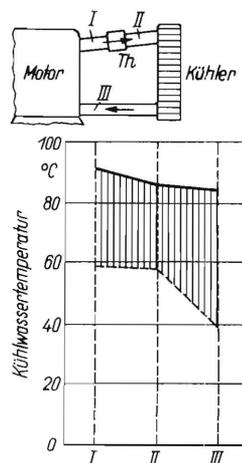
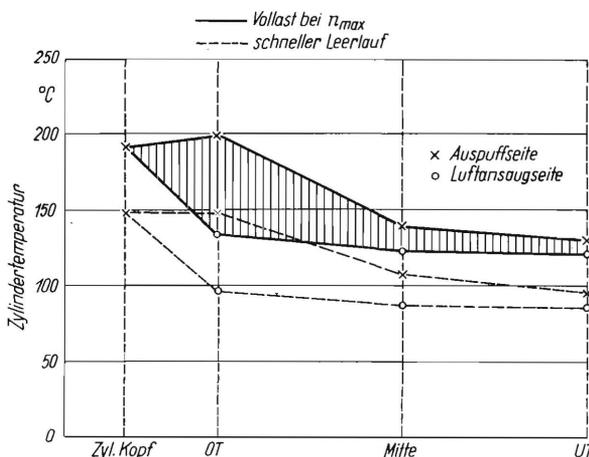


Bild 15 und 16. Zylinder- und Kühlwassertemperaturen eines wassergekühlten Viertakt Dieselmotors. Einkreiskühlung mit Thermostat

sagen, daß Kolbentemperatur und Motorvolleistung, über der Drehzahl aufgetragen, gleichlaufende Tendenz haben und daß außerdem bei konstanter Motordrehzahl mit zunehmender Kraftstoffeinspritzmenge die Kolbentemperatur der Leistung und dem Drehmoment folgt.

Andere wassergekühlte Motoren hatten an dieser Stelle sogar bis 200° C. In der unteren Totlagenstellung sind 106° bzw. 90° C erreicht worden.

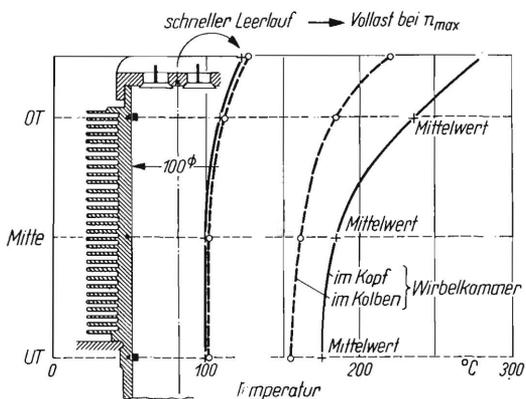


Bild 17. Zylindertemperaturen zweier luftgekühlter Viertakt-Dieselmotoren mit Wirbelkammer im Kopf bzw. Kolben. $N_e = 11$ bis 12 PS
 Aussentemperatur 20° bis 25° C

Bei wassergekühlten Motoren können große Temperaturunterschiede in der gleichen Ebene auftreten; diese sind durch die Anordnung der Brennkammer und die Kühlwasserführung bedingt. So sind z.B. bei einem Motor mit seitlich liegender Brennkammer im Kopf (Bild 15 und 16) Unterschiede von 65° C gemessen worden. Diese Temperaturdifferenz ist größer als beim untersuchten, ungünstigsten luftgekühlten Motor. Andere wassergekühlte Motoren wiederum zeigen minimale Temperaturunterschiede in einer Zylinderebene. Bei Mehrzylindermotoren mit Wasserkühlung wurden zum Teil erhebliche Temperaturunterschiede an den gleichen Meßstellen bei den einzelnen Zylindern gemessen, die auf die ungleiche Wasserführung zurückzuführen sind. Die Folge davon ist höherer Verschleiß des kalt gefahrenen Zylinders gegenüber dem Zylinder mit höheren Temperaturen.

Von den untersuchten, luftgekühlten Viertaktmotoren hatten diejenigen mit einer Wirbel-

kammer im Kopf die höchsten Zylinderkopf- und Zylindertemperaturen. In **Bild 17** sind zwei luftgekühlte Einzylindermotoren etwa gleicher Leistung, aber verschiedener Brennkaameranordnung, gegenübergestellt. Bei der Anordnung der Wirbelkammer im Kopf wurden bei Vollast in der oberen Zylinderebene 235° C, in der unteren Zylinderebene 176° C gemessen, das sind 50° bzw. 25° C mehr als bei Anordnung der Wirbelkammer im Kolben. Zwischen den Ventilen sind es 60° C mehr bei einer Höchsttemperatur von 280° C. Die Öltemperatur ist bei dem Motor mit Wirbelkammer im Kolben um etwa 20° C höher durch die höhere Kolbenbodentemperatur, ein Zeichen dafür, daß das Öl beträchtliche Wärmemengen abzuführen vermag. Bei Leerlast und gleichbleibender Drehzahl treten bei beiden Motoren etwa gleich hohe Zylindertemperaturen auf, die nicht unter 100° C liegen. Ähnlich, wie bei den wassergekühlten Motoren festgestellt, treten bei den luftgekühlten Viertaktmotoren die höchsten Temperaturen bei Vollast und 100% Drehzahl oder etwas darunter auf. Als Ergebnis kann gesagt werden, daß bei den untersuchten, luft- und wassergekühlten Viertakt Dieselmotoren ein Fahren des vollbelasteten Motors bei langsamer Drehzahl keine Gefahr bedeutet.

Was die gleichmäßige Temperaturverteilung am Zylinder anbelangt, lagen bei den luftgekühlten Motoren die Temperaturunterschiede zwischen Kühlluftanström- und -abströmseite nicht höher, vielfach sogar niedriger, als bei manchen wassergekühlten Motoren mit thermostatisch geregelter Einkreis- kühlung.

Diese Betrachtungen galten dem Viertakt Dieselmotor. Auch bei den untersuchten, wassergekühlten Zweitaktmotoren erwies es sich als gefahrlos, den Motor mit fallender Drehzahl voll zu belasten. Das Ansteigen der Zylinderkopf- und Zylindertemperaturen bei einem luftgekühlten Zweitakt Dieselmotor war mit auf die stark ansteigende, eingespritzte Kraftstoffmenge bei fallender Drehzahl zurückzuführen. Vermutlich spielt die Auslegung des Kühlluftgebläses dabei noch eine Rolle. Hohe Temperaturen treten am Auspuffsteg auf, wenn er auf der Abblasseite der Kühlluft liegt. Dort sind Temperaturen von 220° bis 240° C gemessen worden, sie liegen in etwa gleicher Höhe wie die maximalen Zylindertemperaturen in der oberen Totlagenstellung des ersten Kolbenringes. Bei mit Wasser gekühltem Auslaßsteg sind die Temperaturen wesentlich niedriger.

Weitere Untersuchungen galten der Frage, wie die Zylindertemperaturen nach dem Anlassen des Motors bei langsamem und schnellem Leerlauf ansteigen und in welcher Zeit sie wieder abnehmen. Bei den luftgekühlten Motoren wird Temperaturkonstanz in kürzerer Zeit erreicht. Kein wesentlicher Unterschied besteht bei den erreichten, höchsten

Zylindertemperaturen zwischen Luft- und Wasserkühlung bei normalen Außentemperaturen (etwa + 20° C), weder beim langsamen, noch beim schnellen Leerlauf. Gut abgeschnitten hat ein kleiner, wassergekühlter Motor mit Thermosyphonkühlung, der ungefähr in der gleichen Zeit die gleiche Temperatur erreicht hat wie ein anderer vergleichbarer, wassergekühlter Motor mit Thermostat und etwa gleicher Kühlwassermenge.

Auch bei Außentemperaturen unter 0° C ist der raschere Temperaturanstieg bei den luftgekühlten Motoren bei schnellem und langsamem Leerlauf gegenüber wassergekühlten Motoren festgestellt worden. Die erreichten Endtemperaturen lagen teils in derselben Höhe, teils niedriger als bei den untersuchten, wassergekühlten Motoren. Hier machen sich der Einfluß der Lage des Brennraumes – im Zylinderkopf oder im Kolben – und der Ölmenge im Kurbelgehäuse außerordentlich stark bemerkbar.

Bild 18 zeigt die möglichen Temperaturunterschiede zweier luftgekühlter Dieselmotoren mit verschieden angeordneten Brennräumen bei - 7° C Außentemperatur. Diese Ergebnisse gelten nicht generell für Motoren mit Wirbelkammer im Kopf und Wirbelkammer im Kolben. Die Temperaturkonstanz des Öles ist bei diesem Versuch noch nicht erreicht worden.

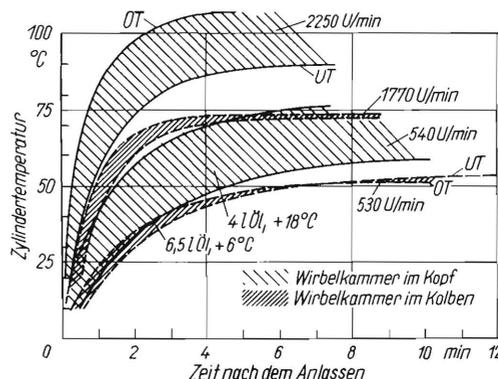


Bild 18. Anstieg der Zylindertemperaturen zweier luftgekühlter Dieselmotoren.
Aussentemperatur - 7° C

Gegen den luftgekühlten Motor wird manchmal angeführt, daß er nach dem Abstellen rascher abkühlt als der wassergekühlte, wodurch die Ausgangslage bei erneutem Starten ungünstiger sei. Wie **Bild 19** zeigt, kühlt er wohl rascher aus, aber da er im Betrieb unter Last wärmer geworden ist, dauert es etwa 30 Minuten, bis bei beiden Kühlungsarten dieselbe Temperatur erreicht ist. Danach dürfte der luftgekühlte Motor durch Abkühlen vor dem erneuten Start nicht stärker gefährdet sein als der wassergekühlte.

Fassen wir die Ergebnisse unserer Temperaturmessungen noch einmal kurz zusammen, so stellen wir beim Vergleich der Luft- und Wasserkühlung fest:

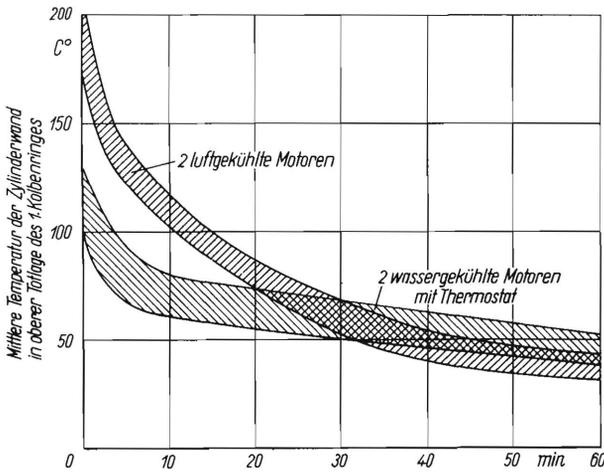


Bild 19. Abnahme der Zylindertemperaturen verschiedener Dieselmotoren nach dem Abstellen. Aussentemperatur 3° bis 13° C

- a) Örtliche Überhitzungen bei der Luftkühlung eher möglich; Zylindertemperaturen müssen jedoch nicht höher sein als bei Wasserkühlung.
- b) Ungleichmäßige Temperaturverteilung kann bei Wasserkühlung größer sein als bei Luftkühlung.
- c) Überkühlung bei sehr niedrigen Außentemperaturen bei Luftkühlung ohne thermostatische Regelung eher möglich als bei thermostatisch geregeltem, wassergekühltem Motor, wenn der Motor im Leerlauf und bei Leerlast betrieben wird. Dieser Vergleich wird aber dem luftgekühlten Motor nicht ganz gerecht wegen der verschiedenen Kühlmittelregelung. Die Frage der Notwendigkeit einer thermostatisch geregelten Kühlluft für luftgekühlte Motoren für sehr niedrige Außentemperaturen tritt hier erneut auf. Vielleicht sind hier neue Möglichkeiten für einen hydrostatischen Antrieb von Kühlluftgebläsen und Lüftern gegeben, die, thermostatisch gesteuert, den Wärmehaushalt des Motors den Temperatur- und Betriebsverhältnissen besser anpassen.

Wartung und Reparatur

Leider haben nur wenige landwirtschaftliche Betriebe erkannt, daß eine regelmäßige, jährliche Durchsicht ihrer Schlepper und Motoren auf die Dauer billiger ist, als zu warten, bis Betriebsstörungen auftreten. In diese Richtung fallen auch die von der Mineralölindustrie eingerichteten Schlepperpflegestationen. Der Bauer selbst muß noch mehr in den Stand versetzt werden, Störungen zu erkennen und für Abhilfe zu sorgen. Wartungsgerechte Konstruktionen und ein Minimum an Spezialwerkzeugen sind dafür allerdings Bedingung. Die Einspritzorgane der Motoren bedürfen dabei besonders sorgfältiger Wartung.

Wie sehr sich eine verschiedenartige Wartung auf das Betriebsverhalten eines Motors auswirken kann, zeigt **Bild 20**. Es handelt sich um sieben verschiedene Schlepper eines Schleppertyps mit einem wassergekühlten Motor von 40 PS Leistung mit Mehrlochdüse und pneumatischem Regler. Die im Versuchsjahr mit diesen Schleppern erreichten Stunden lagen zwischen 1 000 und 1 380 Stunden. Die Unterlagen stammen vom *National Institute of Agricultural Engineering in Silsoe (England)* [12].

Aufgetragen ist über der Motordrehzahl die Riemenscheibenleistung jedes der sieben Schlepper im neuen Zustand, rechts unten die Werte des neuen Schlepvers bei der Typenprüfung. Nach einjährigem Einsatz in der Landwirtschaft wurden die Schlepper einer weiteren Leistungsmessung unterzogen; es ergaben sich je nach Wartung in den einzelnen Betrieben erhebliche Unterschiede. Bei Schlepper B und C sind die Einspritzdüsen nicht gereinigt worden, außerdem fand während der einjährigen Ein-

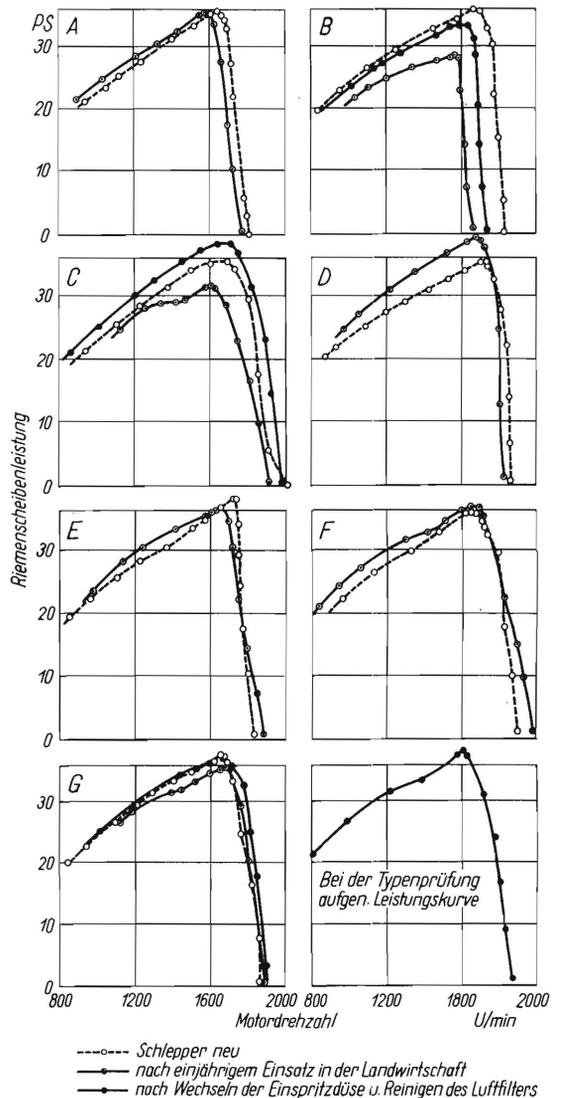


Bild 20. Einfluss der Wartung von Einspritzdüsen und Luftfiltern auf die Riemenscheibenleistung bei 7 Schleppern mit wassergekühlten Dieselmotoren [12].

satzzeit keine Luftfilterreinigung statt; das Luftfilteröl wurde in beschränktem Umfange nur bei Schlepper B gewechselt. Die Folge ist starker Leistungsrückgang und auch Drehzahlabfall (pneumatischer Regler!). Nach Auswechseln der Einspritzdüsen und Luftfilter ist die ursprüngliche Leistung wieder erreicht oder überschritten worden. Bei den Schleppern A, E und F blieben die Düsen verhältnismäßig sauber, obwohl sie während eines Jahres nicht gereinigt worden sind; entsprechend gering oder überhaupt nicht feststellbar ist der Leistungsabfall. Bei Schlepper D sind die Einspritzdüsen einmal gereinigt worden, Filterölwechsel wurde dreimal vorgenommen. Der Motor dieses Schleppers wurde am höchsten beansprucht. Die Einspritzdüsen bei Motor G sind nach je 200 Stunden nachgeprüft und gereinigt worden, außerdem fand fünfmaliger Filterölwechsel statt.

Um einen Beitrag zu der vieldiskutierten Frage Verschleiß an luft- und wassergekühlten Ackerschleppermotoren [13 bis 15] zu liefern, wurde vom Institut für Schlepperrforschung vor etwa vier Jahren eine größere Untersuchung mit insgesamt 17 luft- und wassergekühlten Ackerschleppern angesetzt. Diese Untersuchungen sind mit der Mehrzahl der Motoren abgeschlossen. Die Schleppermotoren sollten so lange im landwirtschaftlichen Betrieb eingesetzt werden, bis sie reif für eine Grundüberholung sind.

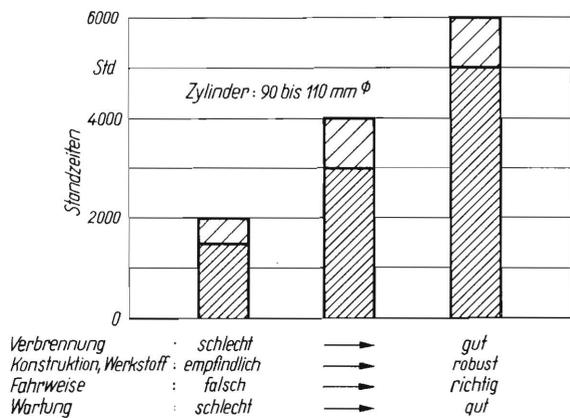


Bild 21. Einflussfaktoren auf die Standzeiten von Ackerschlepper-Dieselmotoren.

Die bisher wichtigste Erkenntnis ist, daß die Kühlungsart keinen entscheidenden Einfluß auf die Größe des Zylinderverschleißes hat, d.h., daß es hinsichtlich des Verschleißes gute und schlechte, luft- und wassergekühlte Dieselmotoren gibt. Die Güte der Verbrennung, die Häufigkeit der Anlaufvorgänge, die Höhe der Motorbelastung, die Fahrweise und die Wartung scheinen einen bedeutenden Einfluß auf die Größe des Zylinder- und Kolbenringverschleißes zu haben. Dies sind die Ursachen, daß Grundüberholungszeiten nach dem zulässigen Zylinderverschleiß bei luft- und wassergekühlten Ackerschlepper-Dieselmotoren zwischen 1 500 und

6 000 Stunden festgestellt wurden (Bild 21). Dabei ist Voraussetzung, daß es sich bei den einzelnen Motormustern um vergleichbare Zylinderbüchsen, also solche mit etwa gleicher Oberflächenhärte, handelt.

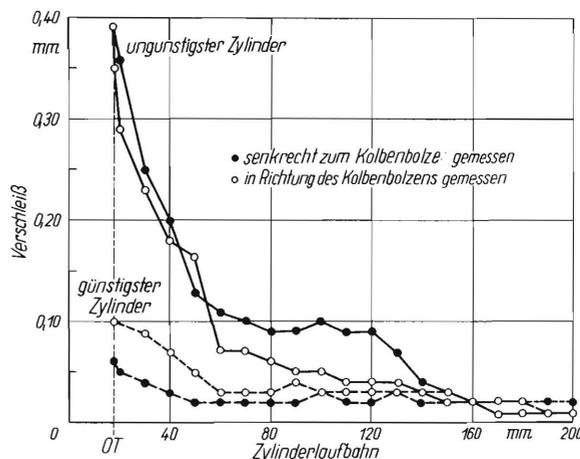


Bild 22. Unterschiedlicher Zylinderverschleiß eines wassergekühlten Mehrzylinder-Dieselmotors mit Thermostat nach 2057 Betriebsstunden.

Bei den meisten Einzylindermotoren ist der Zylinderverschleiß an der Druckseite des Kolbens, also senkrecht zur Kolbenbolzenachse, am größten. Bei Vierzylindermotoren wechseln die Stellen des größten Verschleißes, und außerdem sind die einzelnen Zylinder untereinander verschieden stark verschlissen (Bild 22). Die Ursache des hohen Verschleißes ist schlechte Verbrennung durch eine schlecht abspritzende Düse. Diese Untersuchungen haben auch bestätigt, daß die Standzeiten der Dieselmotoren im Durchschnitt höher liegen als die der Ottomotoren für die Landwirtschaft, die bei 1 500 bis 2 500 Stunden liegen (bei Zweitaktmotoren mehr nach der unteren Grenze).

Reparaturkosten

Die Kosten des Schlepperbetriebes (Bild 23) sind im allgemeinen höher als angenommen wird [16]. Bei den reinen Reparaturkosten für Motor, Getriebe, Reifen, elektrische Anlage, die zwischen 1,5 und 3 Pf/PS_h liegen (bei 12-14 000 Stunden Lebensdauer, wobei 1,5 Pf/PS_h für den schweren Schlepper von über 35 PS und 3 Pf/PS_h für den leichten Schlepper von 12 bis 15 PS gelten), hat die elektrische Ausrüstung den erheblichen Anteil von etwa 20%. Weiterhin fallen die für die Reparaturen noch notwendigen, hohen Arbeitsstunden sehr ins Gewicht. Konstruktionen, bei denen zum Auswechseln leicht verschleißbare Teile, wie z.B. Keilriemen oder Kupplungsbeläge, erst mit großem Zeitaufwand andere Teile ausgebaut werden müssen, sollten der Vergangenheit angehören.

Eine wirkliche Senkung der Reparaturkosten für Ackerschlepper wird nur dann möglich sein, wenn

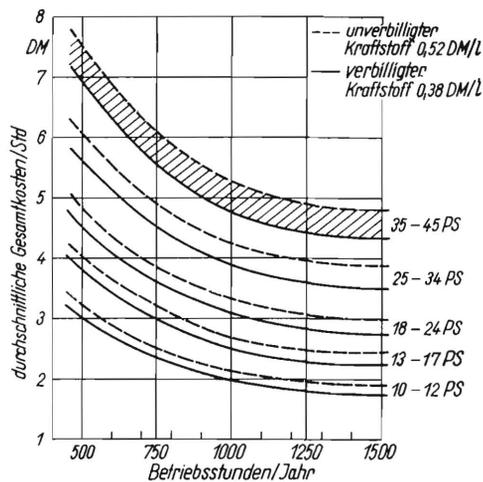


Bild 23. Schlepperkosten.

das landwirtschaftliche Reparaturwesen etwa nach dem gleichen Prinzip aufgebaut wird wie im Kraftfahrzeugbau. Dazu gehören festgelegte Preise für einzelne Arbeiten, Weiterausbau der Ersatzteillagerhaltung, Verwirklichung des Motoren-Austauschsystems, Senkung der Arbeitszeiten.

Es wurde ein Überblick über den derzeitigen Entwicklungsstand der Verbrennungsmotoren für die Landwirtschaft unter besonderer Behandlung der Betriebseigenschaften gegeben. Dabei ist manches angeführt worden, was verbessert werden kann, was aber nicht den Eindruck erwecken soll, daß nicht auch noch mehr Positives hätte gesagt werden können. Denn wir können wirklich stolz auf das sein, was die deutsche Motoren- und Schlepperindustrie in den letzten Jahren geleistet hat. Aber, solange es eine Entwicklung gibt, werden Konstrukteure daran arbeiten, das bereits Erreichte weiter zu verbessern, zur Erhöhung der Betriebssicherheit, der Lebensdauer und der Senkung der Betriebskosten.

Schrifttum

- [1] Zinner, K.: Viertakt und Zweitakt in der Motorenentwicklung der letzten Jahre. VDI-Z. 90 (1948) S. 2:9/248.
- [2] Grote, Paul: Drehkolbengebläse und Drehkolbenverdichter für die Aufladung von Verbrennungsmotoren. MTZ 16 (1955) S. 256/264.
- [3] Klüsener, O. und K. Kroth: Deutsche Fahrzeug- und Einbaumotoren. MTZ 16 (1955) S. 337/346.
- [4] Kern, H.: Schmierölverhalten in Verbrennungsmotoren. Erdöl und Kohle Bd. 5, 1952.
- [5] Seifert, A.: Flüssiggas als Motorenkraftstoff in der Landwirtschaft. Landtechnik 10 (1955) S. 50/54.
- [6] Meyer, H. und A. Seifert: Luft- und Wasserkühlung im Wettbewerb bei Dieselmotoren für Ackerschlepper. ATZ 56 (1954) S. 84/89.
- [7] Groth, Klaus: Beitrag zur Frage des Temperaturverhaltens und der niedrigen Zylinderwandtemperaturen eines Dieselmotors. MTZ 16 (1955) S. 277/285 und 331.
- [8] Broeze und Wilson: Sulfur in Diesel Fuels. Autom. Eng. Bd. 39 (1949).
- [9] Simonetti: Der Verschleiss von Zylinderlaufbüchsen von Dieselmotoren mittlerer und grosser Leistung, insbesondere bei Verwendung schwerer Brennöl. Schiff und Hafen. 1953, H. 5.
- [10] Pflaum: Vergleichende Untersuchungen an einem Schiffsdieselmotor bei Betrieb mit leichten und schweren Brennstoffen. Jb. Schiffsbautechn. Ges. 41 (1953).
- [11] Leunig: Der Verschleiss im Motorenzylinder im Lichte neuerer Forschungen. Maschinenbau-Verlag, Frankfurt a.M. 1953.
- [12] —: New Fordson Major Diesel Tractor. National Institute of Agricultural Engineering Silsoe, England. Rep. NIAE 115.
- [13] Holzer, K.A.: Zylinder Verschleiss in Verbrennungsmotoren. Verlag Oldenbourg, München 1952.
- [14] Bodey, A.: Erkenntnisse auf dem Gebiete des Verschleisses. MTZ 15 (1954) S. 133/139.
- [15] Hupfauer, M. und H. Schulz: Einige Untersuchungen über die Verwendung von Heizölen in Schleppermotoren unter Berücksichtigung von Abnutzungserscheinungen und der Bewertung des Verschmutzungsgrades. MTZ 16 (1955) S. 3/7.
- [16] Seifert, A.: Was der Bauer vom Schleppermotor wissen muss. Technik und Landwirtschaft, 1955, H. 17, 19, 24, und 1956, H. 1 und 3.

Eingegangen am 13. 3. 56

Institut für Schlepperforschung
der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode
Anschrift des Verfassers: Dr.-Ing. Artur Seifert, (20b) Braunschweig, Bundesallee 50