

Motorauslastung von Landwirtschaftstraktoren

Strassenfahrzeugtest für Traktoren ungeeignet

Manfred Rinaldi und Erwin Näf, Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

Zukünftige, schärfere schweizerische Abgasvorschriften für Dieselfahrzeuge werden möglicherweise auch für landwirtschaftliche Traktoren gelten. Für die Festlegung der Grenzwerte und der zugehörigen Messverfahren ist die Kenntnis der wichtigsten Betriebspunkte des Traktormotors und deren Zeitanteile

(sogenannte Lastkollektive) in der Praxis notwendig. Die gleichen Kenntnisse sind auch im Zusammenhang mit dem Einsatz von Alternativtreibstoffen hilfreich, zum Beispiel Rapsmethylester (RME), und für betriebswirtschaftliche Überlegungen.

Es gibt Traktoreinsätze mit ganz

spezifischem Leistungsbedarf und solche, die das ganze Leistungsspektrum des Traktors erfordern. Nahezu immer ist der Leerlaufanteil beachtlich gross. Für drei kalkulierte Modellbetriebe liegen nun die Lastkollektive vor. Daraus entstand ein Vorschlag für Prüfstand-Testpunkte.

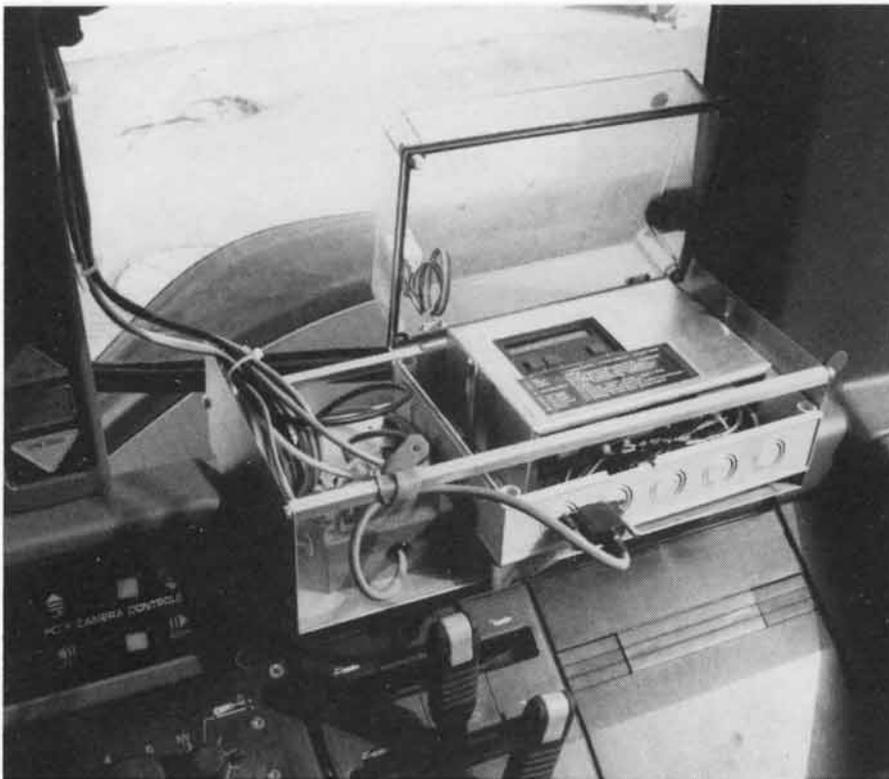


Abb. 1: GRANT Squirrel Datenerfassungs-Computer. Im 10-Sekunden-Takt werden Dieseldurchfluss, Motordrehzahl, Datum und Uhrzeit gespeichert.

Inhalt:	Seite
Problemstellung	2
Ausstattung und Vorgehen bei der Messung	2
Resultate	4
Schlussfolgerungen	5

Problemstellung

Zurzeit werden hierzulande schärfere Abgasgesetze für Motorfahrzeuge gefordert. Das Abgasverhalten von Dieselmotoren hängt stark von der Drehzahl und Belastung ab und muss nach zukünftigen Prüfregeln in den hauptsächlichen Betriebspunkten gemessen werden. Bei einem Anteil von gegen 70 % am Nutzfahrzeugbestand und von etwa 10 % des Dieserverbrauchs sind spezielle Untersuchungen für landwirtschaftliche Motorfahrzeuge notwendig. Um Auf-

wand und Nutzen von zur Diskussion stehenden Massnahmen für landwirtschaftliche Fahrzeuge abschätzen zu können, muss die Auslastung des Traktors in der Praxis bekannt sein. Kenntnisse über die durchschnittliche Auslastung von Traktoren sind auch im Zusammenhang mit Alternativtreibstoffen (Rapsmethylester [RME] usw.) und für betriebswirtschaftliche Überlegungen nötig. Eine Beschreibung der praktischen Auslastung der Traktoren in einer auf dem Bremsprüfstand nachvollziehbaren Form ist für schweizerische Verhältnisse neu.

97 kW) wird mit einem Datenerfassungssystem ausgerüstet. Im Zehner-Sekunden Takt werden Motordrehzahl und Dieserverbrauch als Mass für die Belastung gemessen und zusammen mit dem Datum und der Uhrzeit in einem elektronischen Datenspeicher abgelegt. Die anfallenden Daten werden für die verschiedenen landwirtschaftlichen Arbeiten wie Pflügen, Säen, Mähen usw. klassiert. Die Motordrehzahl wird in sieben Klassen mit einer Breite von 300 Umdrehungen pro Minute aufgeteilt und der Dieserverbrauch acht Klassen mit je einem Bereich von 2 Litern pro Stunde zugeordnet. Die Anzahl Messwerte pro Klasse erscheint als Höhe in einem Säulendiagramm. Da ein Messwert einer Zeitdauer von zehn Sekunden entspricht, ergibt die Klassensumme eine anschauliche Darstellung der zeitlichen Auslastung des Motors.

Fachausdrücke

Betriebspunkt beim Dieselmotor
 – Für eine bestimmte Arbeit erforderliche Drehzahl und Treibstoffmenge pro Zeiteinheit

Ester
 – Chemische Verbindung von Säuren und Alkoholen. Zum Beispiel ist Rapsöl ein Fettsäuren-Glycerin-Ester

Induktiver Sensor
 – Auf elektromagnetischem Effekt beruhender, häufig verwendeter Sensor

Lastkollektiv
 – Auch Kennfeld oder Auslastungskennfeld. Darstellung der Zeitanteile der Betriebspunkte, in denen ein Dieselmotor bei einer bestimmten Arbeit läuft

Rapsmethylester (RME)
 – Mit Methylalkohol umgeestertes Rapsöl. RME hat ganz ähnliche physikalische Eigenschaften wie Diesel (Viskosität, Brennwert, Zündwilligkeit, Dichte usw.)

Zkh/ha
 Zugkraftstunden pro Hektar

Ausstattung und Vorgehen bei der Messung

Je ein Traktor mittlerer Grösse (SAME Explorer 65, 48 kW) und der oberen Leistungsklasse (Hürlimann H 6135,

Traktor SAME Explorer 65, Leistung 48 kW (65 PS), 4 Zylinder, luftgekühlt, maximaler Dieserverbrauch: 14 Liter/Stunde (= 100 %), Nenndrehzahl: 2350 Umdreh./min, maximale Dreh-

Tab. 1

Arbeit	Modellbetriebe					
	Futterbaubetrieb 17.5 ha, 25 Kühe		Gemischt. Betrieb 16 ha, 18 Kühe		Ackerbaubetrieb 28 ha, ohne Tiere	
	Stunden	%	Stunden	%	Stunden	%
Milch abliefern	152	20,7	110	14,7	0	0,0
Ladewagen (Eingrasen)	192	26,2	102	13,6	0	0,0
Walzen, Strasse reinigen	13	1,8	12	1,6	1	0,1
Kreiselmäher	31	4,2	15	2,0	0	0,0
Kreiselheuer	49	6,7	28	3,7	6	0,8
Grasen, Heuen, Gebläse	35	4,8	33	4,4	0	0,0
Mistzetter, Spritze, Sämaschine	19	2,6	76	10,1	105	13,4
Gülle führen	104	14,2	40	5,3	0	0,0
Pflügen 2-scharig	5	0,7	38	5,1	100	12,7
Spatenrollegge	3	0,4	13	1,8	35	4,5
Hacken, Düngen, Schleuderstreuer	38	5,2	81	10,8	131	16,7
Kartoffelvollernter	0	0,0	18	2,4	50	6,4
Strassenfahrt, Transporte	92	12,5	163	21,8	324	41,3
Stroh pressen, kleine Ballen	0	0,0	20	2,7	32	4,1
Total	733	100	749	100	784	100

Resultate

Die einzelnen Arbeiten nach Tabelle 1 wurden mehrfach aufgenommen und die Zeiteile der einzelnen Kennfelder sodann addiert. Anschliessend erfolgte ein **normieren** der Zeiteile auf 1000 Einheiten. Beispiele der Arbeit «Pflügen» zeigen Abbildungen 4 und 5. Darauf wurden die verschiedenen Arbeiten mit den Prozentwerten nach **Tabelle 1** multipliziert und zu drei betriebsspezifischen Lastkollektiven aufsummiert. Das Ergebnis sind die Lastkollektive der drei Modellbetriebe, dargestellt in Abbildungen 6, 7 und 8. Die Zeiteile der drei Lastkollektive werden nun noch addiert (Abb. 9), und daraus ergibt sich ein Vorschlag (Abb. 2) für **FAT-Abgastest-Messpunkte**.

Abbildungen 4 und 5 zeigen die Auslastung beim Pflügen mit jeweils angepassten Geräten und Geschwindigkeiten. Die beiden Kennfelder zeigen grosse Ähnlichkeit, obwohl Traktor, Pflug, Boden, Arbeitsbedingungen und Geschwindigkeiten ganz verschieden sind. Die gleiche Beobachtung wurde auch bei Transportarbeiten gemacht. Das führt zum Schluss, dass die Art des Kennfeldes nicht wesentlich von der Grösse des Traktors beeinflusst wird.

Abbildungen 6, 7 und 8 enthalten die Auslastungskennfelder der drei verwendeten Modellbetriebe. Auch hier zeigt sich eine erstaunliche Unabhängigkeit der Kennfeldform von der Art des Landwirtschaftsbetriebes. In Abbildung 9 findet sich das durchschnittliche gemeinsame Kennfeld für alle drei Modellbetriebe.

Für die Messung des Motors auf dem Traktorprüfstand ist es nicht sinnvoll, 50 nahe zusammenliegende Messpunkte mit jeweils kleinem Zeiteil zu verwenden. Deshalb erfolgte eine Zusammenfassung in sieben Messpunkten, die aus Abbildung 2 ersichtlich sind. Abbildung 3 zeigt in gleicher Darstellung den ECE-R49-13-Punkte-Test. Diese Messpunkte werden heute üblicherweise zur Prüfung von Dieselmotoren für Strassenfahrzeuge verwendet. Die Messpunkte und Zeiteile von Abbildung 2 und Abbildung 3 sind mit Ausnahme des Leerlaufes total verschieden.

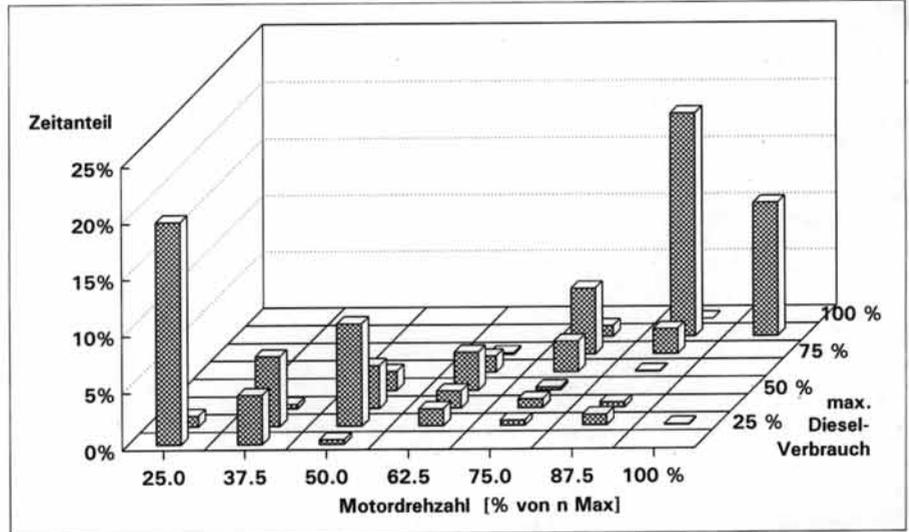


Abb. 5: Traktoreinfluss auf Motorauslastung: Pflügen 3-scharig mit Hürlimann H 6135 97 kW, geübter Fahrer, Feldgrösse 1,5 ha.

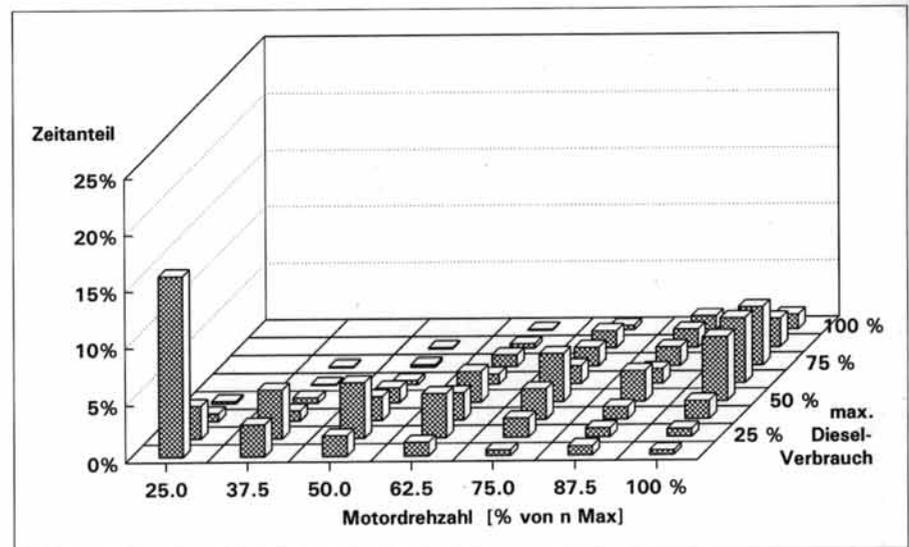


Abb. 6: Traktor-Auslastungskennfeld für einen typischen Futterbaubetrieb (17,5 ha, 25 Kühe) im Verlauf eines Jahres bei total 733 Zugkraftstunden.

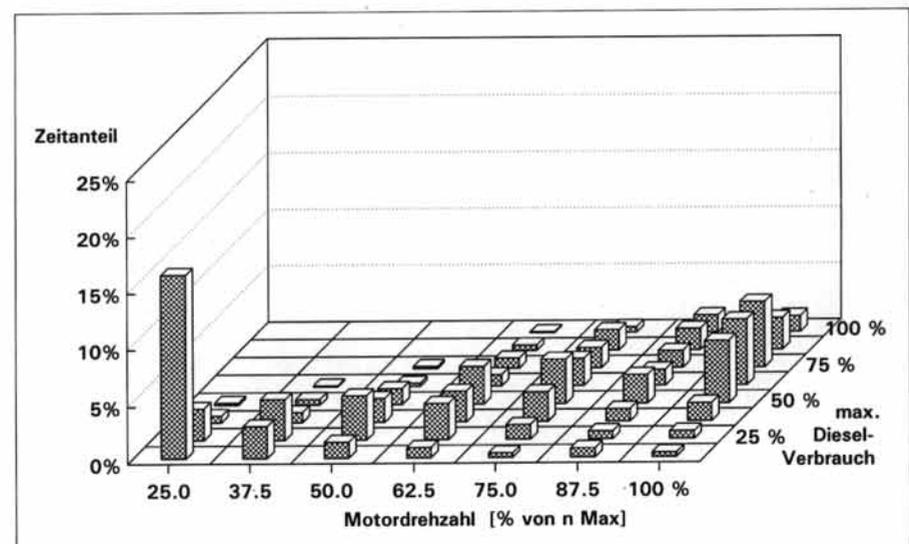


Abb. 7: Traktor-Auslastungskennfeld für einen gemischten Betrieb (16 ha, 18 Kühe) im Verlauf eines Jahres bei total 749 Zugkraftstunden.

zahl: 2500 Umdreh./min (= 100 %), jeweils mit den erforderlichen Anbaugeräten.

Traktor Hürlimann H 6135, Leistung 97 kW (132 PS), 6 Zylinder, wassergekühlt, max. Dieserverbrauch: 24 Liter/Stunde (= 100 %), Nenndrehzahl: 2500 Umdreh./min, maximale Drehzahl: 2550 Umdreh./min (= 100 %), jeweils mit den erforderlichen Anbaugeräten.

Messgerät für Treibstoffdurchfluss (Abb. 10 und 11). Fabrikat PIERBURG, PLU Typ 106, Auflösung 1 cm³/Impuls, gezählt werden Impulse pro Messintervall von 10 Sekunden, 1 Impuls = 0,36 Liter pro Stunde.

Messgerät für die Motordrehzahl. Induktiver Sensor an einem Schwungrad auf der Kurbelwelle.

Elektronischer Datenspeicher (Abb. 1). GRANT Squirrel Meter/Logger 1200 Series, 12 bit Auflösung, max. Aufnahmedauer bei vier Kanälen und 10-Sekunden-Intervall: 28 Stunden. Abbildungen 1, 10 und 11 zeigen die Anordnung der Messgeräte am Traktor H 6135.

Für drei typische schweizerische Landwirtschaftsbetriebe ist der Zeitbedarf für alle Traktorarbeiten aus Tabelle 1 ersichtlich.

Kenndaten der Modellbetriebe:

Futterbaubetrieb: Mittelland, Meereshöhe 500 m.

Gesamtfläche 17,5 ha, davon 15 ha Natur- und Kunstwiesen, 0,5 ha Winterweizen, 0,5 ha Silomais und 1,5 ha Wald. Tierbestand: 25 Kühe, 10 Rinder und 3 Kälber.

Traktorstunden/Jahr: 733 (= 42 Zkh/ha)

Gemischter Betrieb: Mittelland, Meereshöhe 500 m.

Gesamtfläche 16 ha, davon 9 ha Natur- und Kunstwiesen, 3 ha Winterweizen, 1 ha Wintergerste, 1 ha Silomais, 1 ha Kartoffeln und 1 ha Wald. Tierbestand: 18 Kühe, 10 Rinder und 3 Kälber.

Traktorstunden/Jahr: 749 (= 47 Zkh/ha)

Ackerbaubetrieb: Mittelland, Meereshöhe 400 m.

Gesamtfläche 28 ha, davon 0,5 ha Wiese, 10 ha Winterweizen, 5 ha Wintergerste, 3 ha Raps, 3 ha Körnermais, 2 ha Kartoffeln, 3 ha Zuckerrüben, 1,5 ha Wald.

Traktorstunden/Jahr 784 (= 28 Zkh/ha)

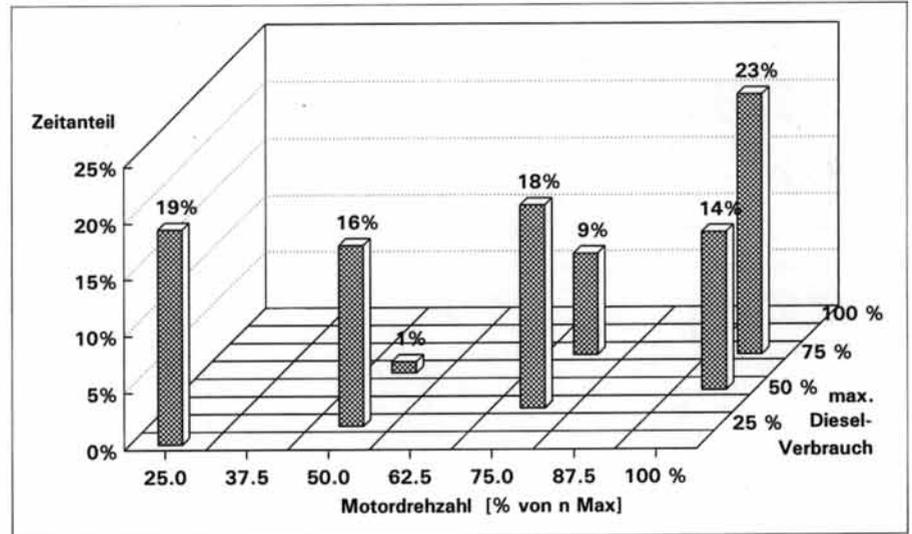


Abb. 2: Testpunkte für Traktormotoren, Vorschlag FAT. Diese Testpunkte resultieren aus Aufnahmen bei landwirtschaftlichen Arbeiten.

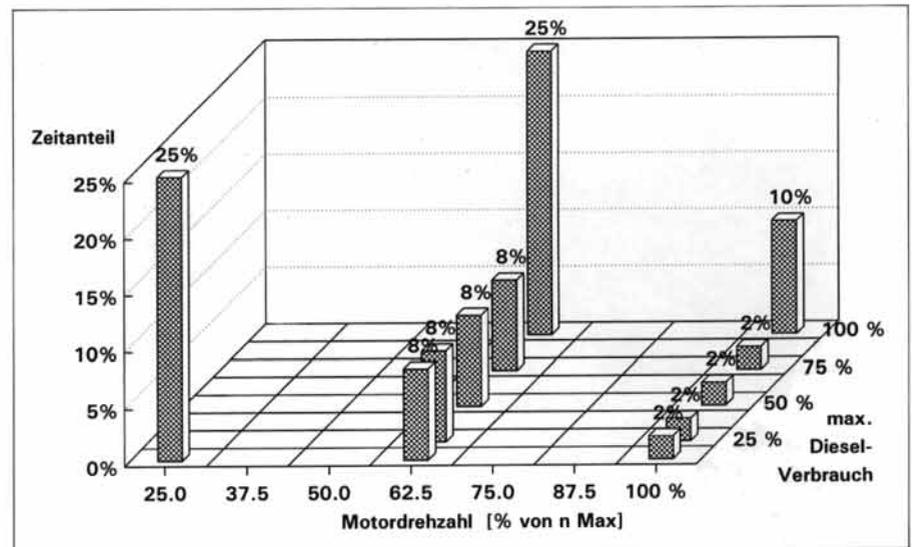


Abb. 3: Testpunkte für Fahrzeugdieselmotoren, ECE-R49-13-Punkte-Test. Dieser Test wird heute üblicherweise für Fahrzeugdieselmotoren verwendet.

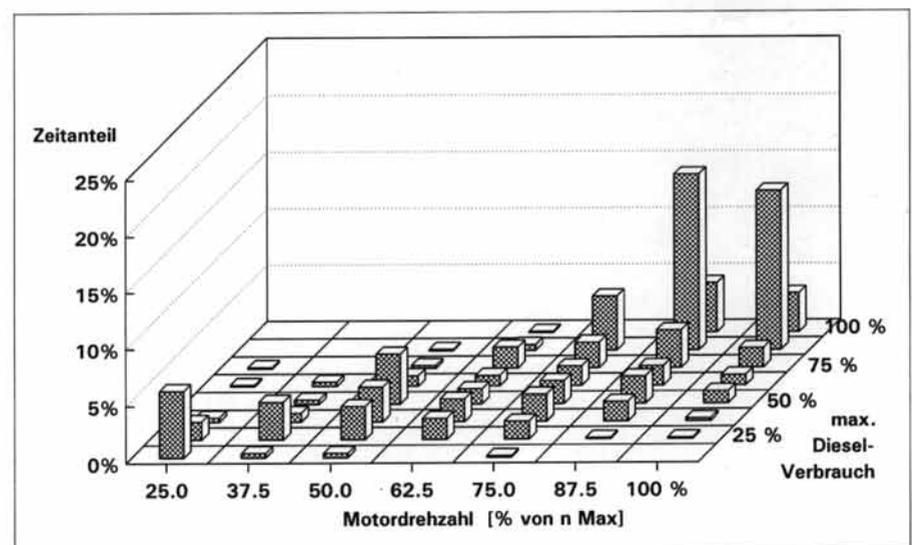


Abb. 4: Traktoreinfluss auf Motorauslastung: Pflügen 2-scharig mit Same Explorer 65 48 kW, geübter Fahrer, Feldgröße 1 ha.

Schlussfolgerungen

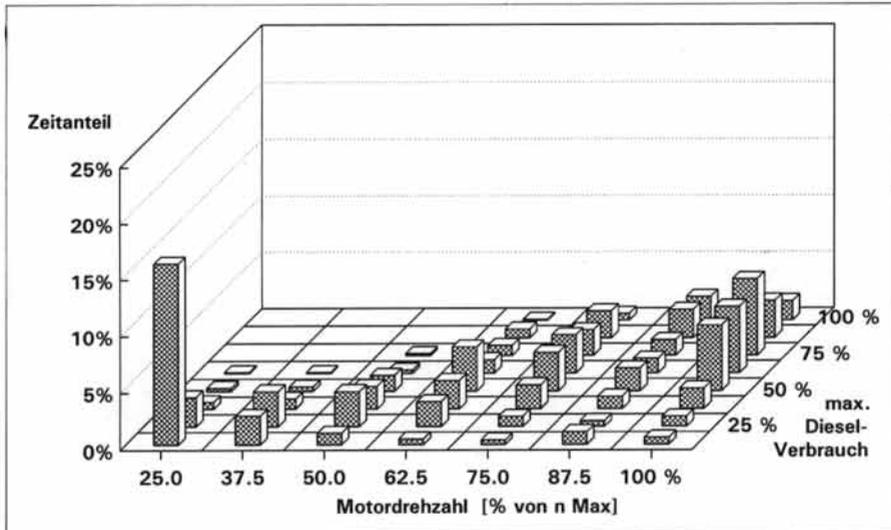


Abb. 8: Traktor-Auslastungskennfeld für einen typischen Ackerbaubetrieb (28 ha, ohne Tiere) im Verlauf eines Jahres bei total 784 Zugkraftstunden

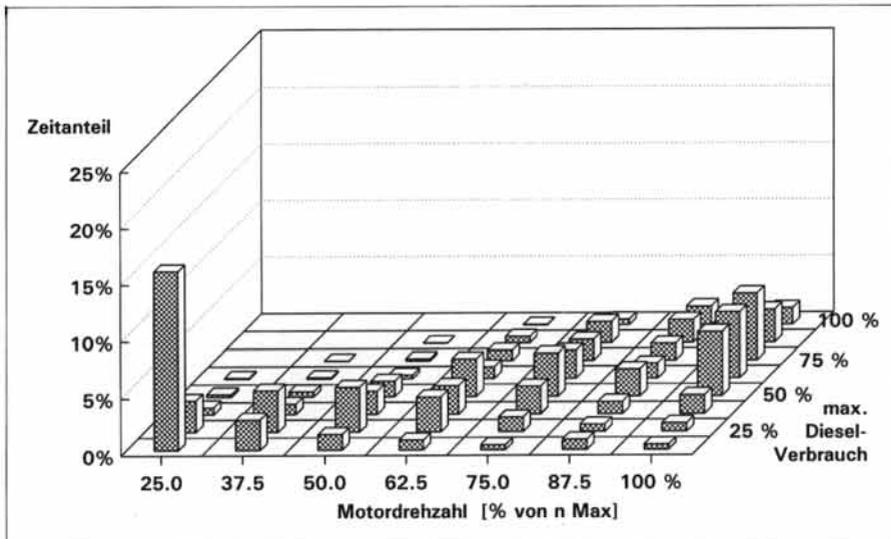


Abb. 9: Traktorkennfeld der drei Modellbetriebe zusammen

Die Charakteristik der Motorauslastung ist bei unterschiedlichen Betrieben – Futterbaubetrieb mit 17,5 ha und 25 Kühen, gemischter Betrieb mit 16 ha und 18 Kühen und viehloser Ackerbaubetrieb mit 28 ha – ähnlich. Damit scheint der Einfluss von Betriebsstruktur und Grösse gering zu sein.

Der Vergleich der Motorauslastung bei angepassten Geräten und Geschwindigkeiten und gleichartigen Arbeiten wie zum Beispiel Pflügen, ausgeführt mit dem 48-kW Traktor und dem 97-kW Traktor zeigen keine grundsätzlichen Unterschiede. Der Einfluss der Motorleistung auf das Auslastungskennfeld einer bestimmten Arbeit scheint unwesentlich zu sein. Der allgemein für die Motorenprüfung von Strassenfahrzeugen verwendete ECE-R49-13-Punkte-Test ist für landwirtschaftliche Traktoren ungeeignet. Dessen Messpunkte und ihr zeitlicher Anteil entsprechen mit Ausnahme des Leerlaufes nicht den in der Praxis gegebenen Betriebspunkten.

Zukünftigen gesetzlichen Vorschriften sollte ein Prüfstandtest mit Messpunkten zum Beispiel gemäss Vorschlag FAT zugrunde gelegt werden.

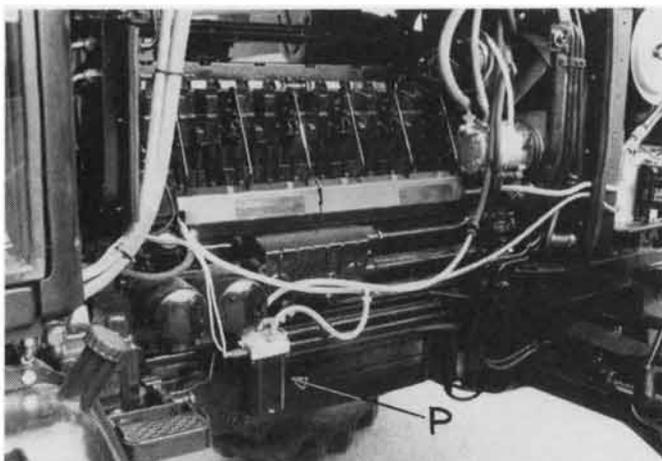


Abb. 10: PIERBURG Diesel-Mengen-Messgerät P. Die Anordnung erfolgt nach Förderpumpe und Treibstofffilter.

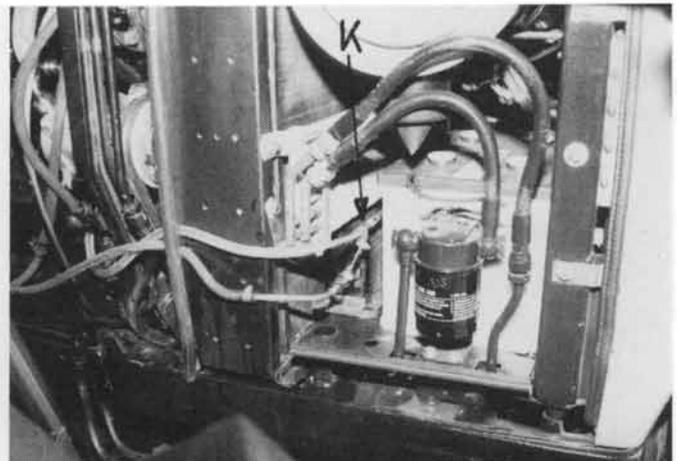


Abb. 11: Der Treibstoffrücklauf geht über einen Kühler K hinter das Diesel-Mengen-Messgerät zurück.