

# Zur Bewertung des Energieeinsatzes und der Maschinenauslastung im landwirtschaftlichen Produktionsprozeß

Dr. G. Komandi, Agrarwissenschaftliche Universität Gödöllő, UVR

## Verwendete Formelzeichen

A	ha	Flächenleistung
B <sub>m</sub>	dm <sup>3</sup>	getankter Kraftstoff
B <sub>t</sub>	dm <sup>3</sup>	abgastemperaturabhängiger Kraftstoff
B <sub>t, min</sub>	dm <sup>3</sup> /h	Kraftstoffverbrauch bei minimaler Belastung
B <sub>t, max</sub>	dm <sup>3</sup> /h	Kraftstoffverbrauch bei maximaler Belastung
C <sub>1</sub>	dm <sup>3</sup> /h	Konstante B <sub>t, max</sub> - B <sub>t, min</sub>
C <sub>2</sub>	dm <sup>3</sup> /h	Konstante B <sub>t, min</sub>
G	kg	Kraftstoffmenge
G <sub>A</sub>	kg/ha	Kraftstoffmenge je Flächenleistung
G <sub>t</sub>	kg	abgastemperaturabhängige Kraftstoffmenge
h <sub>sch</sub>	h	Schichtstunde
h <sub>t</sub>	h	leistungsbezogene Motorbetriebsstunde
h <sub>0</sub>	h	Motorbetriebsstunde
k		alterungsabhängige Konstante
P	kW	ausgenutzte mittlere Leistung
P <sub>0</sub>	kW	Nennleistung
P <sub>0, max</sub>	kW	maximale Motorleistung
r		Korrelationsfaktor
t	h	Zeit
t <sub>Abgas</sub>	°C	Abgastemperatur in bezug zum Kraftstoffverbrauch
t <sub>Abgas</sub> <sup>2000</sup>	°C	Abgastemperatur in bezug zum Kraftstoffverbrauch nach 2 000 Betriebsstunden des Motors
t <sub>Abgas</sub> <sup>3500</sup>	°C	Abgastemperatur in bezug zum Kraftstoffverbrauch nach 3 500 Betriebsstunden des Motors
W	kWh	geleistete Arbeit
W <sub>A</sub>	kWh/ha	geleistete Arbeit je Flächenleistung
Δε	%	Kraftstoffausnutzung
η <sub>1</sub>		Leistungsausnutzung h <sub>t</sub> /h <sub>0</sub>
η <sub>2</sub>		Zeitausnutzung h <sub>0</sub> /h <sub>sch</sub>
η <sub>k</sub>		Schichtausnutzung h <sub>t</sub> /h <sub>sch</sub>

## 1. Einleitung

Das Gerät ELKON-SD 303/A (Bild 1), zur Ermittlung von belastungsspezifischen Parametern des Maschineneinsatzes im landwirtschaftlichen Produktionsprozeß, ist das Ergebnis von langjähriger Forschungstätigkeit am Lehrstuhl für Traktoren und Kraftfahrzeuge der Agrarwissenschaftlichen Universität Gödöllő.

Im Jahr 1970 wurde an diesem Lehrstuhl mit der Analyse der Vorgänge in Motoren bei der Bearbeitung des Ackerbodens begonnen.

Anfangs wurden die bestimmenden Einflußfaktoren und deren Wirkung im System Kraftmaschine - Arbeitsmaschine - Boden theoretisch untersucht. Nach der Erarbeitung vieler theoretischer Zusammenhänge wurde es notwendig, die theoretischen Ergebnisse in praktischen Untersuchungen anzuwenden. Von seiten der einzusetzenden Meßtechnik mußte unter den Bedingungen des Produktionsprozesses auf die gewohnte und erwünschte Präzision von Laborgeräten in bestimmtem Umfang verzichtet werden. Das Gerät ELKON-SD 303/A wurde für diese Untersuchungen konzipiert.

Der Serienbau der Geräte und die Durchführung von Versuchen unter Produktionsbedingungen begann im Jahr 1978. 1983 wurden diese Untersuchungen, die in Staatsgütern und Produktionsgenossenschaften an 22 Traktoren, 30 selbstfahrenden Landmaschinen und 4 Mähdreschern durchgeführt wurden, abgeschlossen. Dabei wurden fast

15 000 Betriebsstunden dieser Maschinen ausgewertet.

Nach 1983 wurden die Versuche mit dem Gerät ELKON-SD 303/A fortgesetzt. Durch Ermittlung und Analyse des effektiven Energieeinsatzes und der Auslastung der Maschinenkapazität sollen Möglichkeiten zur Schaffung eines Systems der planmäßigen und zielgerichteten Prozeßsteuerung im landwirtschaftlichen Betrieb geprüft werden.

Nachfolgend soll über die Meßmethodik, die Auswertung und die Erfahrungen sowie Ergebnisse bei der Anwendung des leistungsbezogenen Betriebsstundenzählers ELKON-SD 303/A in der UVR informiert werden.

## 2. Ziel und Methode der Bewertung des Produktionsprozesses

Die meßtechnische Bewertung der ackerbaulichen Technologien sowie der dabei realisierten Energieumsetzung sind eine objektive Notwendigkeit geworden. Diese meßtechnische Kontrolle dient einer wirtschaftlichen und energiesparenden Produktion. Das Wesen dieser Kontrolle besteht in der Untersuchung der Maschinenausnutzung, der Energieaufwendung, des Arbeitsaufwands u. a. Einflußfaktoren unmittelbar im Produktionsprozeß.

Die kontinuierliche, meßtechnische Kontrolle erfordert im landwirtschaftlichen Produktionsprozeß einfache und wirtschaftliche Meßgeräte, die aber Parameter liefern, die eine komplexe Bewertung gestatten. Mit dem Gerät ELKON-SD 303/A werden diese Forderungen erfüllt. Das Gerät ist zur Bestimmung folgender Größen geeignet:

- Zeit- und Leistungsauslastung
- Energieaufwand von Traktoren
- Arbeitsleistung.

Dazu registrieren die elektronischen Zählwerke des Geräts die Angaben Motorbetriebsstunden (h<sub>0</sub>) und leistungsbezogene Motorbetriebsstunden (h<sub>t</sub>).

Das zum Gerät gehörige Bewertungssystem



Bild 1. Meßgerät ELKON-SD 303/A

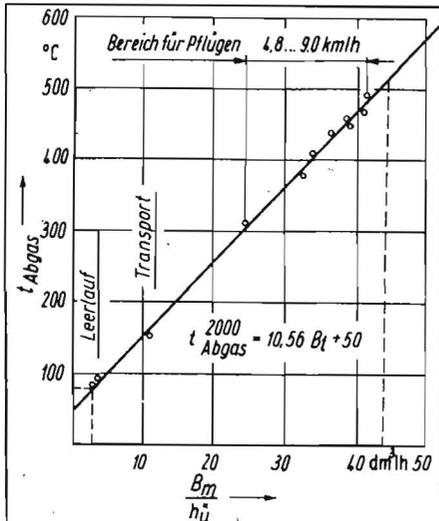


Bild 3

Zusammenhang zwischen Abgastemperatur und Kraftstoffverbrauch des Traktors K-700 (Motor JaMZ-238 NB, Nutzungsdauer des Motors 2000 h, maximaler Kraftstoffverbrauch 44 dm<sup>3</sup>/h, minimaler Kraftstoffverbrauch 3 dm<sup>3</sup>/h)

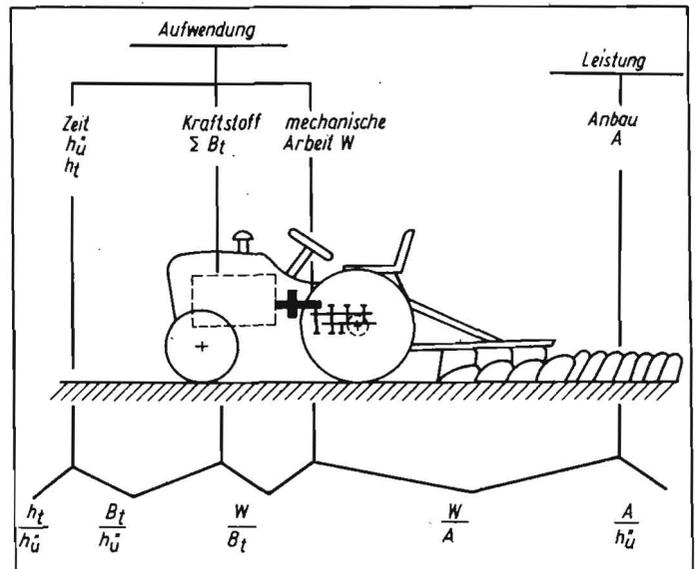


Bild 2. Parametersystem des leistungsbezogenen Betriebsstundenzählers ELKON-SD 303/A

Tafel 1. Auswertung der Meßergebnisse des Geräts ELKON-SD 303/A im Jahr 1980 auf verschiedenen Standorten (Taktor MTS-80, mittlere Bodenklasse)

Zeit/Ort	Parameter													Bemerkungen
	$h_t$ h	$h_o$ h	$h_{sch}$ h	A ha	G kg	$\eta_t$	$\eta_z$	$\eta_k$	P kW	$W_A$ kWh/ha	$G_t$ kg	$\Delta \epsilon$ %	$G_A$ kg/ha	
Balaton-Szárszó 8. April bis 30. April	28,9	112,0	136	213	455	0,26	0,82	0,21	14,9	7,8	471	- 3,6	2,1	Aussaat
Duna-újváros 12. Mai bis 18. Mai	12,8	42,9	50	70	182	0,28	0,86	0,24	16,0	9,6	201	- 9,7	3,2	Aussaat
Duna-újváros 1. Mai bis 8. Mai	17,8	34,2	49	23	268	0,52	0,69	0,36	29,8	44,3	262	+ 2,3	11,6	Kartoffellegen
Sopron 21. April bis 4. Mai	17,7	65,0	117	68	358	0,26	0,53	0,24	15,0		297	+20,0		Transport, Arbeit mit Scheibenegge

erfordert auch die Registrierung von weiteren technologischen Daten, wie z. B. die Anzahl der geleisteten Schichtstunden  $h_{sch}$  und die Menge des getankten Kraftstoffs  $B_m$ .

Mit diesen Angaben kann der Aufwand hinsichtlich der Faktoren Zeit, Kraftstoffeinsatz, Motorleistung und Entlohnung berechnet und mit den Ergebnissen der Produktion verglichen werden. Außerdem kann der Wirkungsgrad der Auslastung in bezug auf Zeit, Leistung oder Maschinenkapazität beurteilt werden. Das Parametersystem des leistungsbezogenen Betriebsstundenzählers ist im Bild 2 dargestellt.

### 3. Beschreibung des Geräts

Das Meßprinzip des Geräts ELKON-SD 303/A basiert auf zwei Annahmen, die bereits ihre Bestätigung durch praktische Ergebnisse fanden.

Die erste Annahme besagt, daß die Abgastemperatur – bei einer vorgegebenen Konstruktion und Einstellung – der Menge des verbrauchten Kraftstoffs proportional ist (Bild 3).

Die zweite Annahme geht davon aus, daß die untere Leerlaufleistung des Motors dem kleinsten Kraftstoffverbrauch und die größte Motorleistung dem maximalen Kraftstoffverbrauch zugeordnet ist. Zwischen diesen beiden extremen Punkten ist der Zusammenhang zwischen Abgastemperatur und Kraftstoffverbrauch linear. Damit kann die Abgastemperatur als signifikante Größe für die indirekte Messung der Motorleistung von dieselbetriebenen Fahrzeugen angewendet werden.

Das Meßgerät ELKON-SD 303/A wird in der Fahrerkabine installiert. Der Temperatursensor wird in die Abgasleitung montiert und mit Hilfe einer Kompensationsleitung an das Meßgerät angeschlossen. Die Stromzufuhr erfolgt gekoppelt mit dem Öldruckschalter oder durch die Lichtmaschine direkt aus dem Bordnetz. Das Gerät verfügt über die Zählvorrichtungen für die Motorbetriebsstunden  $h_o$  und die sog. leistungsproportionalen Betriebsstunden  $h_t$ . Die letztere Vorrichtung zeigt im Prinzip an, wieviel Betriebsstunden zur geleisteten Arbeit nötig gewesen wären,

wenn der Dieselmotor ständig seine größte Betriebsleistung bereitgestellt hätte.

Mit Hilfe dieser Methode und mit dem Gerät ELKON-SD 303/A werden folgende Bewertungen möglich:

- Zeitaufwand und Auslastung während der Schichtzeit
- Energieverhältnisse der Maschinenaggregate und Kontrolle des Leistungs- und Kraftstoffaufwands
- geleistete mechanische Arbeit
- Terminplanung für die Instandhaltung (Ölwechselfristen und Grundinstandsetzung auf der Basis der tatsächlich geleisteten Arbeit).

### 4. Bewertungsmethode

Mit Hilfe der gewonnenen Parameter lassen sich folgende Bewertungen sofort durchführen:

Die Zeitausnutzung  $\eta_z$  ergibt sich aus dem Quotient von Motorbetriebsstunden und Schichtstunden zu

$$\eta_z = \frac{h_o}{h_{sch}}$$

Die Leistungsausnutzung  $\eta_t$  ist der Quotient aus leistungsbezogenen Motorbetriebsstunden und Motorbetriebsstunden

$$\eta_t = \frac{h_t}{h_o}$$

Die geleistete Arbeit  $W$  beträgt während der untersuchten Zeitdauer

$$W = k h_t P_{ü,max}$$

$k$  Konstante, die den abgelaufenen Betriebsstunden proportional ist und damit die Alterung des Dieselmotors berücksichtigt.

### 5. Kontrolle des Kraftstoffverbrauchs

Die mit Meßvorrichtungen ausgestatteten Tankstellen für Kraftstoff gestatten bei entsprechender Disziplin und Buchführung eine ausreichend genaue mengenmäßige Kraftstoffverbrauchserfassung je Fahrzeug. Eine qualitative Kontrolle kann mit Hilfe des Geräts ELKON-SD 303/A erfolgen. Weiterhin kann auch die durchschnittliche Leistungsausnutzung bestimmt und einem entsprechen-

den Kraftstoffverbrauch zugeordnet werden:

$$B_t = C_1 \eta_t + C_2$$

Dieser Richtwert für den Kraftstoffverbrauch kann dann mit der Menge des getankten Kraftstoffs verglichen werden.

Im praktischen Betrieb sind neben der getankten Kraftstoffmenge die Motorbetriebsstunden  $h_o$  und  $h_t$  zu erfassen. Die Betankung muß jedoch stets im gleichen Umfang erfolgen (Bild 4). Es ist dabei zweckmäßig, die Angaben dekadenweise (alle 10 Tage) zu bewerten und je Monat aufzurechnen (Tafel 1).

### 6. Erfahrungen bei der Anwendung des Geräts ELKON-SD 303/A in der UVR

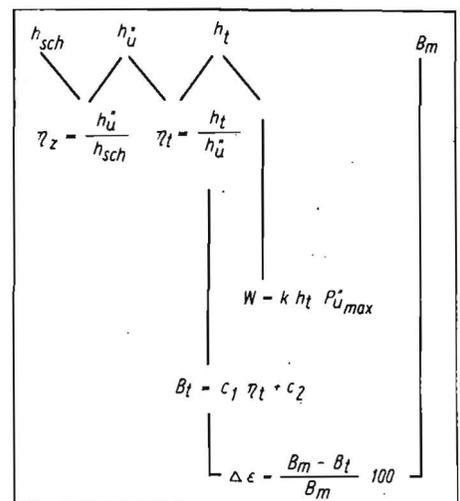
Die am Lehrstuhl für Traktoren und Kraftfahrzeuge der Agrarwissenschaftlichen Universität Gödöllő durchgeführten und von ihm geleiteten Untersuchungen waren sowohl aus wissenschaftlichen als auch volkswirtschaftlichen Aspekten erfolgreich. Es wurden folgende Angaben im Landesmaßstab der UVR gewonnen:

- Schichtzeiten im Tages- und Jahresdurchschnitt bezogen auf verschiedene Traktorentypen, Ausnutzung der Schichtzeiten
- Art der Abhängigkeit der Leistungsausnutzung je Schicht von Traktorentyp und Arbeitsvorgang
- Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit von Traktorentyp und -art sowie Arbeitsvorgang.

Außerdem ist die Ermittlung des Arbeitsaufwands (in kWh) in jedem Produktionszweig im Jahresmaßstab usw. bestimmbar geworden.

Anhand der Bilder 5, 6 und 7 werden diese Aussagen nochmals bestätigt. Im Bild 5 wird die Zeit- und Leistungsausnutzung des Schichttages während einer Dekade gezeigt. Der Traktor arbeitete zweischichtig und die Unterschiede der Arbeit beider Fahrer sind gut wahrnehmbar. Im Bild 6 wurden die Daten eines Traktors Raba-Steiger während der Dauer von 4 Monaten bestimmt. Es ist zu entnehmen, wie sich die Anzahl der Schichtstunden, Betriebsstunden und leistungsbezogenen Stunden verändert. Darunter sind der ausgezahlte Lohn, der verbrauchte Kraftstoff und die Flächenleistung ablesbar. Die Entlohnung war nicht progressiv, der meiste Lohn

Bild 4. Bewertungssystem des leistungsbezogenen Betriebsstundenzählers ELKON-SD 303/A



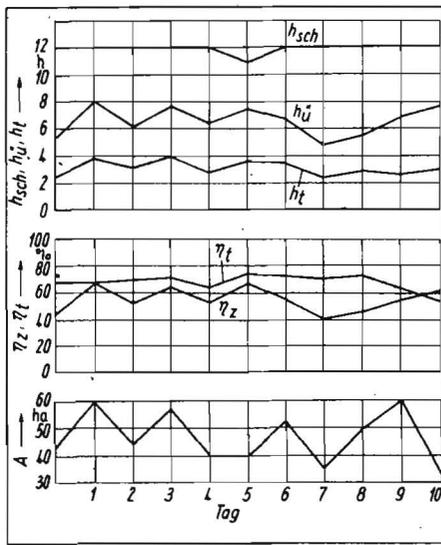
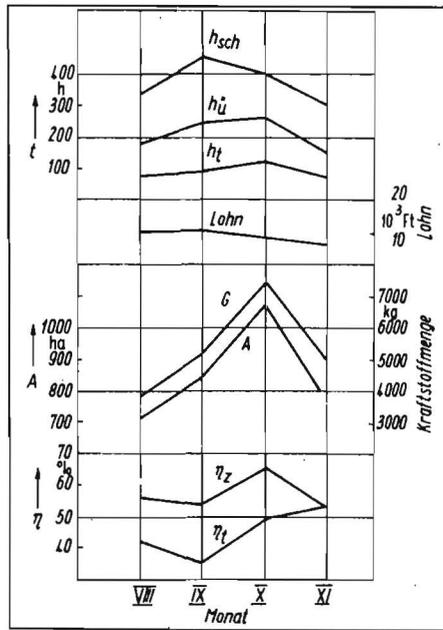


Bild 5. Einsatzcharakteristik eines Raba-245 bei der Bodenbearbeitung

Bild 6. Meßtechnische Bewertung eines Traktors Raba-Steiger bei der Arbeit mit einer Doppelscheibenegge XT-8-3 auf Lehmboden; Summe  $h_{sch}$  1490 h, Summe  $h_u$  850 h, Summe  $h_t$  365 h, Lohnsumme 36429 Ft, Summe A 3350 ha, Summe G 21050 kg (Summen beziehen sich auf einen viermonatigen Einsatz)



6

### 7. Stand und Zielsetzung in der UVR

Der Einsatz von Meßgeräten in Traktoren und Landmaschinen wird vom Ministerium für Land- und Nahrungsgüterwirtschaft der UVR besonders unter dem Aspekt der Energieeinsparung sowie der leistungsabhängigen Planung der Instandhaltung der Landtechnik befürwortet. Entsprechende Maßnahmen wurden eingeleitet. Als einfachste Variante erfolgte der Einbau von Betriebsstundenzählern in die Traktoren. Günstiger erwies sich der Einsatz des leistungsbezogenen Betriebsstundenzählers ELKON-SD 303/A und verschiedener Verbrauchsmesser sowie die Einführung von Meßgeräten zur Erfassung der Betriebsarten.

Ein Teil der in der Landwirtschaft eingesetzten leistungsstarken Traktoren wurden bereits mit diesen Kontrollgeräten ausgerüstet. Dagegen funktioniert das Bewertungssystem nicht überall, und eine kontinuierliche Registrierung und Bewertung erfolgt in vielen Fällen nicht.

Vom Lehrstuhl für Traktoren und Kraftfahrzeuge der Agrarwissenschaftlichen Universität Gödöllő wird deshalb vorgeschlagen, den gesamten Maschinenpark mit diesen Geräten auszustatten. Zur Erleichterung der Be-

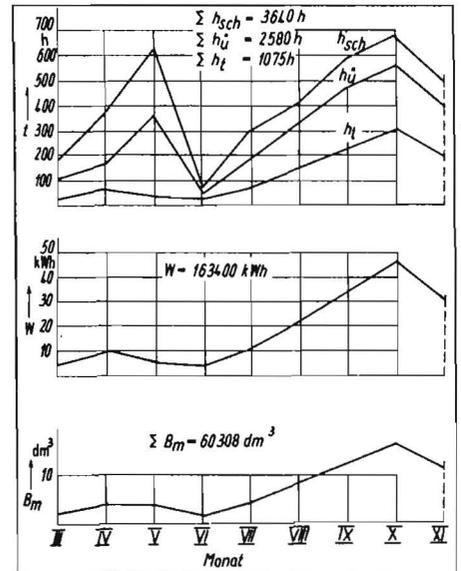


Bild 7. Jahresarbeit des Traktors Raba-245

wertung, zur Auswertung und Speicherung der zahlreichen Daten werden sinnvoll Personalcomputer eingesetzt. Die dafür notwendigen Programmgruppen sind entwickelt worden. Die Verwendung von Personalcomputern hat den Vorteil, daß die Information direkt der technischen Leitung übermittelt werden kann. Nach entsprechender Auswertung ist diese dann in der Lage, die für die Instandhaltung notwendigen Entscheidungen zu treffen.

Aufgrund der Erfahrungen aus langjähriger Forschungstätigkeit wird die Meinung vertreten, daß durch die meßtechnische Analyse und Steuerung der ackerbaulich-technologischen Vorgänge beträchtliche Ergebnisse in der wirtschaftlichen und zielorientierten Instandhaltung der Landmaschinen erreicht werden können. Die meßtechnische Analyse erschließt neue Möglichkeiten. Die gewonnenen Angaben lösen die bisherigen empirisch ermittelten Parameter durch konkrete physikalische und mechanische Parameter ab. Die Verwirklichung dieser Ziele verlangt jedoch eine moderne Betrachtungsweise, größte Disziplin bei der Meßwerterfassung und mehr Fachkenntnisse.

A 4478

## Zur energetischen Bewertung mobiler und stationärer Prozesse der Pflanzenproduktion unter Nutzung mathematischer Modelle

Dr. agr. Ing. J. Schöllner/Ing. oec. K. Marczykowski

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Dipl.-Ing. A. Schultz, Institut für Energie- und Transportforschung Meißen/Rostock der AdL der DDR

### 1. Problemstellung

Zur ökonomischen und technologischen Bewertung und Einordnung sowie zum Vergleich von Arbeitsgängen, Verfahrensabschnitten bzw. Verfahren in den Bereichen der Pflanzenproduktion sind Modelle und Methoden für verschiedene Rechnerarten bekannt. Eine umfangreiche Nutzung dieser Methoden wird in vielen Bereichen realisiert.

Im Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim wurde für diese Aufgabenstellung unter Einbeziehung der TUL-Prozesse das Mechanisierungsplanungsmodell MP84 für die Pflanzenproduktion geschaffen.

Eine umfassende energetische Betrachtung der mobilen und stationären Prozesse der Pflanzenproduktion ist mit diesem Modell jedoch nicht möglich. Die steigende Bedeu-

tung der energiewirtschaftlichen Betrachtungsweise, einschließlich des Anteils vergegenständlichter Energie, war Anlaß, ein spezielles Modell zur energetischen Bewertung dieser Prozesse der Pflanzenproduktion in Zusammenarbeit mit dem Institut für Energie- und Transportforschung Meißen/Rostock zu erarbeiten. Das Modell ENEG ist ebenso wie das Modell MP84 über das Kleinrechnersystem KRS4200 zu realisieren.