

# Studien zur Ermittlung des Grades der Kapazitätsauslastung bei einigen landwirtschaftlichen Maschinen- und Gerätegruppen in den MTS<sup>\*)</sup>

*Die systematische Vervollständigung und Modernisierung der maschinentechnischen Ausrüstung der MTS sowie die erfolgreichen Bemühungen der in den MTS tätigen Traktoristen, Maschinenführer, Mechaniker, Brigadiere und leitenden Kader sicherten eine ständige Steigerung der Kapazitätsauslastung bei den Traktoren und Landmaschinen. So konnte z. B. die Jahresleistung je Einheitstraktor der MTS von den Jahren 1949 bis 1956 mehr als verdoppelt werden. Allerdings ist trotzdem die Grenze der möglichen Auslastung bei weitem noch nicht erreicht.*

*Die Bestimmung der Differenz zwischen dem zu der Zeit erreichten Stand und der theoretisch möglichen Kapazitätsauslastung liefert eine Größenvorstellung über die großen Reserven, auf deren Ausnutzung alle Mitarbeiter der MTS orientiert werden müssen. Dabei geht es sowohl um die Schaffung günstigerer Bedingungen der allgemeinen Maschinenauslastung als auch um ein bewußtes System von Maßnahmen zur rationellen Nutzung der für den Einsatz von Landmaschinen zu Gebote stehenden Zeit unter den gegebenen Bedingungen. Auf den zuletzt genannten Aufgabenkreis nachdrücklich die Aufmerksamkeit zu lenken, gab den Anlaß zu dieser Abhandlung, die bereits auf der II. Zentralen MTS-Konferenz besprochen wurde und in der Zwischenzeit auch auf mehreren LPG-Bezirkskonferenzen zur Diskussion stand.*

Die befristeten Einsatzzeiten innerhalb kurzer Zeitspannen eines Jahres für die Nutzung landwirtschaftlicher Arbeitsmaschinen der Feldwirtschaft kennzeichnen drastisch die graduellen Unterschiede zwischen den der Industrie einerseits und den der Landwirtschaft andererseits gebotenen Auslastungsmöglichkeiten. Während in den im Mehrschichtensystem arbeitenden Industriebetrieben eine jährliche Einsatzzeit von 5000 Betriebsstunden je Arbeitsmaschine keine Seltenheit ist, überschreiten nur wenige Ausnahmen unter den Arbeitsmaschinen der landwirtschaftlichen Feldwirtschaft die Grenze von 500 Betriebsstunden je Jahr. Unsere Hauptaufmerksamkeit muß deshalb der rationellen Nutzung dieser wenigen Zeit gelten, die uns im Rahmen der agrotechnisch vertretbaren Zeitspannen für den Einsatz der Arbeitsmaschinen in der Feldwirtschaft verbleibt.

Das Auswertungsergebnis von z. Z. 83000 Studien in allen Stationen der drei Nordbezirke zeigte, daß selbst unter Berücksichtigung der Arbeiterschwernisse – die in den geringeren Arbeitsbreiten oder Fahrgeschwindigkeiten der Maschinen zum Ausdruck kommen – die jeweils für die Realisierung eines Arbeitsvorhabens seitens der Traktoristen der MTS abgerechnete Zeit bei keiner der untersuchten Arbeitsarten im Mittel mehr als 66% genutzt wurde. Dabei wurden die Rüstzeiten nicht mitgerechnet.

Bei den diesbezüglichen Studien gewinnen als erstes die Größenwerte über die Kapazität der Arbeitsmaschinen sowie über den Auslastungsgrad ihrer Kapazität in der jeweils gegebenen Zeit an Interesse. Es erwies sich als zweckmäßig, vorerst nicht von der Produktionskapazität – die in den Bestleistungen zum Ausdruck kommen müßte – auszugehen, sondern als erstes die theoretische Nennleistung der einzelnen Aggregate unter Berücksichtigung der gegebenen Bedingungen innerhalb einer jeweils abgerechneten Zeit zu bestimmen. Auf diese Weise läßt sich relativ leicht für alle Arbeitsmaschinen an allen Orten ein Grenzwert zur Prüfung der erreichten Kapazitätsauslastung errechnen.

Mit den jetzt begonnenen Forschungsarbeiten zur Prüfung der in den MTS für die gewünschten Studien vorliegenden Berichtsmaterialien und zur Erprobung der verschiedenen Methoden der Leistungsbilanzierung an Landmaschinen sollen die theoretischen Grundlagen für einen horizontalen Betriebs-

vergleich der Kapazitätsauslastung zwischen den MTS der drei Nordbezirke geschaffen werden. Es sei jedoch nachdrücklich darauf hingewiesen, daß hier nur ein Begriff der Leistungsbilanzierung landwirtschaftlicher Maschinen erörtert wird, nämlich der Zeitznutzungsgrad.

Weitere Begriffe wären z. B. der Schichtnutzungsgrad und vor allem der Jahresnutzungsgrad. Insbesondere letzterer ist noch nicht mit eindeutiger Sicherheit zu bestimmen, da die Bezugsgrundlage (theoretische Jahresleistung oder Produktionskapazität nach industrieller Nomenklatur) noch nicht klar genug definiert ist.

Es wurden für diese spezielle Abhandlung vorerst 20719 liquidierte Arbeitsaufträge des Jahres 1956 aus 40 MTS der drei Nordbezirke im Bereich zwischen dem 12. und 13. Jängengrad nach folgendem Fragenkomplex ausgewertet:

1. Wie hoch ist die theoretische Nennleistung ( $N$ ) des einzelnen Aggregates, das laut Arbeitsauftrag zum Einsatz gelangte, innerhalb der im Arbeitsauftrag abgerechneten Gesamtzeit ohne Berücksichtigung irgendwelcher in der Praxis aufgetretenen Verlustzeiten?
2. Wie hoch ist der prozentuale Zeitznutzungsgrad ( $\lambda_t$ ) bei der angegebenen Leistung ( $N_{\text{eff}}$ ) im Einzelfall?
3. Wie hoch ist der prozentuale Zeitznutzungsgrad im Mittel einer großen Anzahl von Einzelfällen ( $\lambda_{\text{M}}$ )?

Das bisher ausgewertete Material stammt aus 8 Stationen des Bezirkes Rostock, aus 19 Stationen des Bezirkes Schwerin und aus 13 Stationen des Bezirkes Neubrandenburg.

## Bezirk

### Rostock:

Daskow  
Karnin  
Kölzow  
Kussowitz  
Rerik  
Roggentin  
Sievershagen  
Tessin

### Schwerin:

Berge  
Breesen  
Charlottenhal  
Glöwen  
Karow  
Karstädt  
Klebe  
Lübrin  
Mestlin  
Moissall  
Neu-Poserin  
Passow  
Perleberg  
Schwaan  
Severin  
Steinhagen  
Vietgest  
Wolfshagen  
Zehna

### Neubrandenburg:

Altenhof  
Basedow  
Gnoien  
Groß-Plasten  
Kleeth  
Leikendorf  
Moltzow  
Niendorf  
Nossentiner-Hütte  
Thürkow  
Vielist  
Walow  
Zettemin

<sup>\*)</sup> Nach einem Vortrag auf der Wissenschaftlichen Tagung des Instituts für Landtechnik Potsdam-Bornim der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin am 18. und 19. Juni 1957.

Aus jeder befragten MTS wurden für zehn unten näher benannte Arbeitsarten je 50 liquidierte Arbeitsaufträge nach Zufall ausgewählt, d. h., es erfolgte keine Gruppierung z. B. nach der besten oder schlechtesten Brigade oder nach alten oder neuen Maschinen, nach Jahreszeit oder Belastungsgruppe usw. Damit ist der Forderung der Wahrscheinlichkeitstheorie nach gleicher Chance für alle Einzelelemente nachgekommen. Eine Gruppierung nach Hemmnisfaktoren hätte die Erhebungsarbeit wesentlich verzögert. Es kam darauf an, schnell einen Überblick über die durchschnittliche Auslastung, vor allem aber über die Größenordnungsverhältnisse zu erhalten.

Folgende zehn Arbeitsarten wurden beobachtet:

Pflügen über 25 cm	Scheibeneggen
Pflügen 21 bis 25 cm	Düngerstreuen
Pflügen 10 bis 20 cm	Drillen
Schälen	Mähbinden
Grubbern	Kartoffelroden

Dies sind im wesentlichen die Hauptarbeitsarten, von denen in den einzelnen Stationen meistens genügend Arbeitsaufträge vorliegen, um die geforderten 50 Stück je Arbeitsart zu erhalten. Die drei Arbeitsarten „Pflügen“ wurden deshalb ausgewählt, um festzustellen, ob verschiedene Bearbeitungstiefen Differenzen im Zeitnutzungsgrad hervorrufen.

Um die theoretische Nennleistung ( $N$ ) bestimmen zu können, muß die Maschine in den Mittelpunkt der Betrachtung gerückt werden. Ihre effektive Arbeitszeit kann nur diejenige Zeit sein, in der ihre Arbeitswerkzeuge den zu bearbeitenden Gegenstand angreifen und tatsächlich bearbeiten.

Alle anderen Zeiten sind somit als Verlustzeiten zu werten, so z. B. die Anfahrzeiten der Maschine zum Arbeitsort, die Wendezeiten auf dem Schlag, die Wartung und Reparatur, das Einstellen der Arbeitswerkzeuge, das Einhalten gesetzlich vorgeschriebener Arbeitspausen usw. Ob diese Verlustzeiten produktionstechnisch bedingt oder als ausgesprochen unproduktiv zu bezeichnen sind, kann erst in einer weiteren Fragestellung geklärt werden.

Zur rechnerischen Ermittlung der theoretischen Nennleistung sind folgende Zahlenwerte notwendig:

1. Die mittlere Arbeitsgeschwindigkeit ( $v$ ),
2. die technische Arbeitsbreite ( $B$ ) und
3. die Gesamtzeit ( $T$ ).

Daraus resultiert zur Bestimmung der theoretischen Nennleistung die Formel:

$$N = v \cdot B \cdot T. \quad (1)$$

Der Faktor  $v$  war durch Messung nicht zu bestimmen. Über den erfragten Gang gelangten wir aber zur theoretischen Ganggeschwindigkeit  $V$  (laut Landmaschinenliste), von der zugunsten von Reibungsverlusten ein gewisser Prozentsatz abzusetzen war. Damit war die für den Rechnungsgang notwendige Arbeitsgeschwindigkeit  $v$  bestimmt. Die Verluste gegenüber der theoretischen Ganggeschwindigkeit  $V$ , die vor allem durch Schlupf auftraten, wurden bei den hier vorliegenden Auswertungen einheitlich bei allen Schleppertypen mit 20% angesetzt. Die Werte für Schlupf schwanken zwar in weiten Grenzen, für unsere Auswertung wurde jedoch ein mittlerer Boden in mittlerem Bearbeitungszustand und die volle Auslastung der Zughakenleistung angenommen. Außerdem waren die vorgenannten Arbeitsbedingungen bei einer nachträglichen Befragung nicht immer zu klären und hätten auch den gesamten Rechnungsgang komplizierter gemacht. Unter Beachtung des Lehrsatzes, daß es bei einem statistischen Vergleich nicht auf Fehlerfreiheit, sondern auf Fehlgleichheit ankommt, dürfte nach unserer Auffassung durch einen generellen Abschlag in Höhe von 20% von der theoretischen Ganggeschwindigkeit  $V$  bei allen Schleppertypen vorerst ein hinreichend richtiger Zahlenwert geschaffen sein.

Die mittlere Arbeitsgeschwindigkeit  $v$  errechnet sich demnach in den hier folgenden Auswertungen wie folgt:

$$v = V - \frac{20 V}{100} \text{ oder } v = V \cdot 0,8. \quad (2)$$

Der Faktor  $B$  gibt die technische Arbeitsbreite des jeweilig verwendeten Gerätes an (laut Landmaschinenliste). Die effektive (praktisch genutzte) Arbeitsbreite  $b$  wurde bei den Auswertungen nicht herangezogen, da sie je nach Arbeitsgerät und Arbeitsbedingungen durch objektive und subjektive Einflüsse variiert und bei nachträglicher Befragung nicht zu ermitteln ist.

Der Faktor  $T$  war in den vorliegenden Auswertungen durch die auf den Auftragszetteln vermerkte Gesamtzeit gegeben. Diese umfaßt sowohl die abgerechneten produktiven Stunden als auch etwaige Reparaturstunden auf dem Felde und in einigen Fällen auch Umsetzzeiten von einer Arbeitsstelle zur anderen. Dagegen sind keine Rüstzeiten darin enthalten. Dies ist bei einem Vergleich mit den Schichtnormen zu beachten.

Mit der Ermittlung und Multiplikation der vorgenannten Größen war somit die erste Frage beantwortet, d. h. die theoretische Nennleistung ( $N$ ) bestimmt.

Der Zeitnutzungsgrad ( $\lambda_t$ ), der durch den Quotienten der im Arbeitsauftrag angegebenen Istleistung ( $N_{\text{eff}}$ ) und der theoretischen Nennleistung ( $N$ ) gegeben ist, bezeichnet den Grad der Kapazitätsauslastung. Mit der Feststellung des Zeitnutzungsgrades ( $\lambda_t$ ) ist jedoch noch nichts über die Zusammensetzung der Verlustzeiten ausgesagt. Um die Zusammensetzung der einzelnen genau definierten Verlustzeiten zu erkennen, sind spezielle Zeitnutzungsstudien notwendig. Diese sollen, sobald eine genügende Anzahl vorliegt, mit ihren Ergebnissen Bewertungsmaßstäbe für die mögliche Kapazitätsauslastung der landwirtschaftlichen Maschinen und Geräte geben.

Über die Ergebnisse spezieller Zeitnutzungsstudien kann hier nichts gesagt werden, da die Untersuchungen noch laufen und kein verwertbares Zwischenergebnis vorliegt.

Die Formel für den Zeitnutzungsgrad ( $\lambda_t$ ) erhält die Form

$$\lambda_t = \frac{N_{\text{eff}} \cdot 10^4}{\left(V - \frac{20 V}{100}\right) \cdot B \cdot T} = \frac{N_{\text{eff}} \cdot 10^4}{0,8 V \cdot B \cdot T} \quad (3)$$

wobei  $V$  theoretische Ganggeschwindigkeit in km/h,

$B$  technische Arbeitsbreite in mm,

$T$  Gesamtverbrauch an Arbeitszeit in h und

$N_{\text{eff}}$  Istleistung in ha

ist.

Die Endwerte der nach Gl. (3) ausgewerteten Arbeitsaufträge sind arbeitsartenmäßig zusammengefaßt und der prozentuale Zeitnutzungsgrad ( $\lambda_{\text{tn}}$ ) wurde als Mittelwert einer größeren Anzahl von Einzelwerten berechnet.

Der Mittelwert  $\lambda_{\text{tn}}$  wurde nach dem Summenverfahren aus der Verteilungstafel berechnet nach der allgemeinen Formel

$$\bar{x} = x_0 + \frac{\delta_2 - \delta_1}{n} \cdot d \quad (4)$$

wobei  $x_0$  den angenommenen Mittelwert,  $\delta_1$  und  $\delta_2$  die Summation der Häufigkeit  $z_i$  vom oberen bzw. unteren Ende der Verteilungstafel und  $d$  die Klassengröße bezeichnet.

Ferner wurde für einige Arbeitsarten, die keinen ausgeglichenen Linienzug im Häufigkeitspolygon aufweisen, das Dichtemittel  $D$  berechnet. Das Dichtemittel  $D$  wurde nach der allgemeinen Formel

$$D = x_g + \frac{n_0 - n_{-1}}{2 n_0 - n_{-1} - n_{+1}} \cdot d \quad (5)$$

bestimmt, wobei  $x_g$  den zur unteren Grenze der am stärksten besetzten Klasse gehörenden Argumentwert,  $n_0$  die Häufigkeit der am stärksten besetzten Klasse,  $n_{-1}$  und  $n_{+1}$  die Häufigkeiten der beiden Nachbarklassen und  $d$  die Klassengröße ausdrückt.

Die mittlere quadratische Abweichung  $s$  vom Stichprobenmittel wurde ebenfalls nach dem Summenverfahren berechnet, da es bei umfangreichen Beobachtungsreihen das beste und einfachste Verfahren ist. Die allgemeine Formel lautet:

$$s = d \cdot \sqrt{\frac{2(\varepsilon_1 + \varepsilon_2) - (\delta_1 + \delta_2) - n \cdot b'^2}{n - 1}} \quad (6)$$

wobei

$$2(\varepsilon_1 + \varepsilon_2) - (\delta_1 + \delta_2) = \sum_{i=1}^m z_i (x_i - x_0)^2$$

und

$$b' = \frac{\delta_2 - \delta_1}{n}$$

ist.

Die Streuung des Mittelwertes der Grundgesamtheit wurde nach der Formel

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

berechnet. Es muß darauf hingewiesen werden, daß für die Berechnung der statistischen Sicherheit von 99 % eine Normalverteilung bzw. eine von dieser wenig abweichende schiefe Verteilung angenommen wurde. Daher wurde der Faktor  $t$  mit 2,58 gewählt und der Fehlerbereich nach der allgemeinen Formel

$$e = t \cdot \sigma_{\bar{x}} \quad (8)$$

ermittelt:

Dies möge zur Erläuterung der angewandten Verfahren zur Berechnung der statistischen Maßzahlen genügen.

Abschließend dazu sei noch bemerkt, daß sich bei den von Praktikern der MTS durchzuführenden Kontrollrechnungen an einzelnen Arbeitsaufträgen zur Prüfung der im Einzelfall erreichten Kapazitätsauslastung die Berechnung der statistischen Maßzahlen und somit die Anwendung der Gl. (4) bis (8) erübrigt.

Bevor auf die Ergebnisse der Auswertungen eingegangen wird, muß zur Brauchbarkeit des Ausgangsmaterials noch folgendes gesagt werden. Die Grundlage des Rechnungsganges waren die Daten der einzelnen Arbeitsaufträge. Da nicht alle benötigten Werte dem Arbeitsauftrag entnommen werden konnten und die Ausfüllung der Urbelege nicht immer sorgfältig vorgenommen war, ergaben sich Rückfragen, die an Ort und Stelle durch den Brigadier oder die Traktoristen der jeweilig zur Auswertung herangezogenen Brigade beantwortet wurden. Bei dieser Befragung handelt es sich vor allem um Angaben über den benutzten Gang des Schleppers und den Typ des Arbeitsgerätes und damit dessen Arbeitsbreite. Es ist anzunehmen, daß bei der Befragung vereinzelt unrichtige Auskünfte gegeben wurden. Die Erhebung und Befragung wurde jedoch von geschulten Mitarbeitern durchgeführt, die bereits an Ort und Stelle offensichtlich falsche Angaben insbesondere über die Ganggeschwindigkeit berichtigten. Trotzdem wurde bei der späteren Auswertung festgestellt, daß von 20719 Arbeitsaufträgen 1421 über 100 % der theoretischen Nennleistung lagen, d. h., diese Arbeitsaufträge sind hinsichtlich der Zeiteintragungen als gesichert falsch zu bezeichnen und wurden

Tabelle 1

Arbeitsart	Gesamt-auswertungen [Stück]	Auswertungen über 100% von N	
		[Stück]	[%]
Pflügen über 25 cm ...	2033	180	8,9
Pflügen 21... 25 cm ...	2114	168	8,0
Pflügen 10... 20 cm ...	2038	173	8,5
Schälen .....	2046	496	24,2
Grubbern .....	2111	79	3,8
Scheibeneggen .....	2043	87	4,3
Düngerstreuen .....	2023	132	6,5
Drillen .....	2038	29	1,4
Mähbinden .....	2173	17	0,8
Kartoffelroden .....	2100	60	2,9
Gesamt und $\bar{\sigma}$ .....	20719	1421	6,9

deshalb bei der Mittelbildung ausgeschlossen. Interessant ist, daß der prozentuale Anteil der fehlerhaft ausgezeichneten Arbeitsaufträge in den einzelnen untersuchten Arbeitsarten verschieden ist, wie Tabelle 1 zeigt.

Der höchste Prozentsatz an fehlerhaft ausgezeichneten Arbeitsaufträgen liegt beim Schälen. Dies ist zum großen Teil darauf zurückzuführen, daß lt. Auftrag zwar der Schälplflug an-

gegeben, in Wirklichkeit jedoch mit der Scheibenegge gearbeitet wurde.

Auch hat sich in mehreren MTS die Praxis herausgebildet, die Leistungen der einzelnen Traktoristen fast ausschließlich an der bearbeiteten Fläche zu messen, ohne die dafür verbrauchte Zeit zu berücksichtigen. So kommt es vor, daß die lt. Auftrag bearbeitete Fläche statt z. B. in den zehn abgerechneten in Wirklichkeit erst in 12 oder 14 Stunden geschafft wurde. Das führt zwangsläufig zu einem unrealen Wert des Zeitnutzungsgrades und damit zu falschen Schlußfolgerungen über den jeweils erreichten Stand der Kapazitätsauslastung. In diesem Zusammenhang muß auf eine weitere schwerwiegende Tatsache hingewiesen werden, der im Hinblick auf die Einführung der Wirtschaftlichen Rechnungsführung große Bedeutung beizumessen ist. Im Gegensatz zu den meisten Industriebetrieben ist in den MTS dem einzelnen Traktoristen (Produktionsarbeiter) indirekt die Entscheidung überlassen, ob und wann er im Leistungslohn oder Zeitlohn arbeitet, da die notwendige Kontrolle seitens der verantwortlichen Kader in der Station nur bedingt möglich ist und außerdem noch nachlässig gehandhabt wird. Das führt in vielen Fällen zu der bekannten „Normschaukelei“, indem die Leistungslohnstunden gekürzt werden und dafür unkontrollierte und z. Z. unkontrollierbare Reparaturstunden oder andere Ausfallzeiten auf dem Auftragszettel vermerkt werden. Dieses „System der Lohnaufbesserung“, das meistens von den nicht gerade besten Arbeitern geübt wird, zwang dazu, der theoretischen Nennleistung die Gesamtstunden der Arbeitsaufträge zugrunde zu legen. Würde man nur die angegebenen Leistungslohnstunden berechnen, so kommt ein weit höherer Prozentsatz an gesichert falschen Aufträgen heraus, als Tabelle 1 nachweist.

Von den 40 bisher ausgewerteten Stationen wurden vier Stationen diesbezüglich getestet. Das Ergebnis ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2

Arbeitsart	Gesamt-auswertung [Stück]	Gesamt-stunden-rechnung über 100% N		Leistungs-stunden-rechnung über 100% N		Steige-rung [%]
		[Stück]	[%]	[Stück]	[%]	
Pflügen über 25 cm .....	200	34	17,0	58	29,0	70,5
Pflügen 21... 25 cm ..	200	20	10,0	32	16,0	61,0
Pflügen 10... 20 cm ..	200	18	9,0	30	15,0	66,6
Schälen .....	200	61	30,5	81	40,5	32,8
Grubbern .....	200	1	0,5	6	3,0	500,0
Scheibeneggen ..	201	6	3,0	11	5,5	83,5
Düngerstreuen ..	200	12	6,0	13	6,5	8,3
Drillen .....	198	17	8,6	26	13,1	53,0
Mähbinden ....	200	—	—	1	0,5	—
Kartoffelroden ..	200	15	7,5	17	8,5	13,3
Gesamt und $\bar{\sigma}$	1999	184	9,2	275	13,8	49,5

Die Schwankung der prozentualen Zunahme in den einzelnen Arbeitsarten ist bei diesem Test erheblich, hervorgerufen durch die geringe Anzahl. Im Schnitt der getesteten 1999 Arbeitsaufträge in allen Arbeitsarten ist jedoch eine Zunahme der falschen Belege von 49,5 % zu verzeichnen. Bei Verallgemeinerung heißt das, daß statt mit 7 % falschen Aufträgen mit rund 10 % zu rechnen wäre. Die Untersuchungen zu diesem Problem laufen weiter.

Die zahlenmäßigen Ergebnisse der nach den Gl. (3) bis (8) berechneten Arbeitsaufträge aus allen Stationen sind in Tabelle 3 aufgezeichnet. Die Klassengröße ist in allen Berechnungen mit 5 % gewählt.

Die Analyse von  $\lambda_{in}$  zeigt, daß die Kapazitätsauslastung im Verhältnis zur theoretischen Nennleistung bei den untersuchten Maschinen- und Gerätegruppen vom Maximum 62 % beim Schälen bis zum Minimum 36 % beim Mähbinden schwankt. Dies kann verschiedene Ursachen haben. Das Pflügen wird z. B. mit einem technisch weniger komplizierten Gerät ausgeführt und zeigt während des Arbeitsablaufes eine verhältnismäßig große Stetigkeit. Gegenüber den übrigen Ma-

Tabelle 3

Lfd. Nr.	Arbeitsart	Arithm. Mittel $\lambda_{tn}$	Dichtemittel		Stichprobenstreuung $s$	Streuung des Mittels $\sigma_{\bar{x}}$	Fehlerbereich für $P = 0,01$
			$D_1$	$D_2$			
1.	Pflügen über 25 cm	60	63	83	19,85	0,46	$\pm 1,19$
2.	Pflügen 21... 25 cm	59	59	83	20,25	0,48	$\pm 1,24$
3.	Pflügen 10... 20 cm	57	58	—	20,60	0,48	$\pm 1,24$
4.	Schälen	62	65	—	21, —	0,53	$\pm 1,37$
5.	Grubbern	48	47	83	20,55	0,46	$\pm 1,19$
6.	Scheibeneggen	51	48	84	21,05	0,48	$\pm 1,24$
7.	Düngerstreuen	52	47	—	20,10	0,46	$\pm 1,19$
8.	Drillen	44	43	—	18,80	0,42	$\pm 1,08$
9.	Mähbinden	36	26	—	19,15	0,41	$\pm 1,06$
10.	Kartoffelroden	49	46	—	21,05	0,47	$\pm 1,21$

kommt, daß die technische Arbeitsbreite je nach Größe der subjektiven und objektiven Einflüsse (Qualifikation des Bedienungspersonals, Feldstückgröße, Unterwuchs, Lagergetreide usw.) nur selten voll genutzt wird. Dagegen sind die Werte für Grubbern mit 48% und Scheibeneggen mit 51% kaum zu

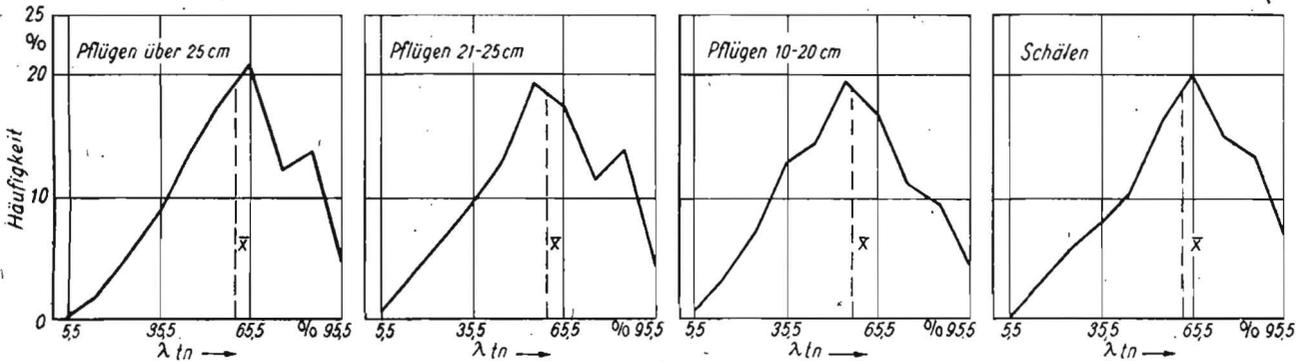


Bild 1 bis 4. Häufigkeitspolygone

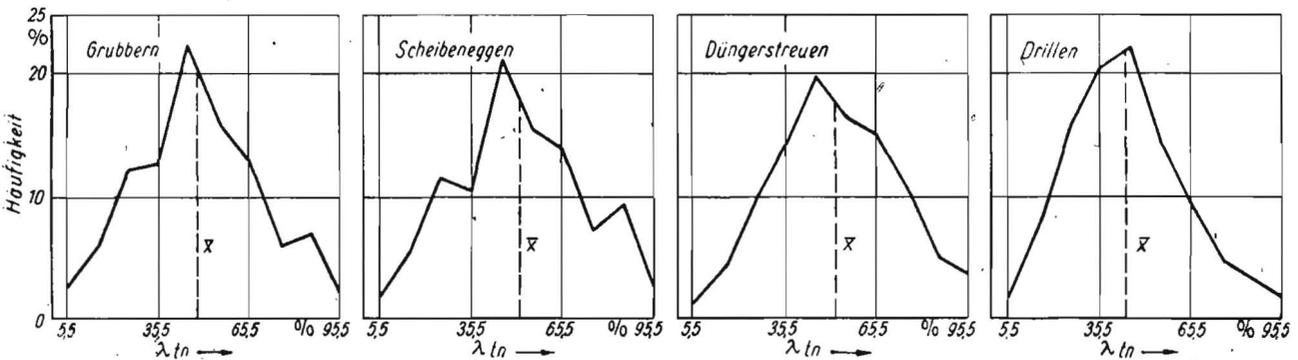


Bild 5 bis 8. Häufigkeitspolygone

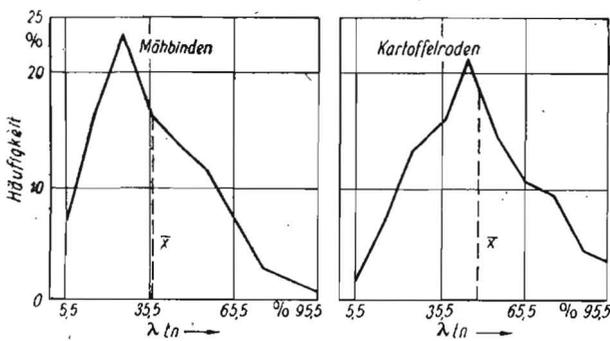


Bild 9 und 10. Häufigkeitspolygone

schinen und Geräten besteht während des Arbeitsablaufes eine recht gute Übereinstimmung zwischen technischer und effektiver Arbeitsbreite. Das Mähbinden dagegen erfordert das gemeinsame reihungslose Zusammenwirken vieler verschiedener Funktionselemente, die oft genug Anlaß zu Stillstandzeiten sein können.

Ähnlich liegt es beim Kartoffelroden, Düngerstreuen und Drillen. Bei den beiden letztgenannten Arbeitsarten wirkt vor allem die produktionstechnisch bedingte Zeit zum Nachfüllen des Streu- und Drillgutes hemmend. Hinzu

deuten. Es muß vermutet werden, daß bei diesen Geräten, die von allen untersuchten Bodenbearbeitungsgeräten den niedrigsten Zeitnutzungsgrad aufweisen, ein Teil ihrer technischen Arbeitsbreite durch den Übergriff auf den vorherigen Arbeitsgang verlorengeht und außerdem viele dieser Geräte mit anderen (Egge, Schleppe) gekoppelt werden. Darauf weist auch das relativ hoch liegende Dichtemittel  $D_2$  hin.

Für die Arbeitsart Schälen muß noch gesagt werden, daß der Wert 62% für  $\lambda_{tn}$  nur mit Vorbehalt anzuerkennen ist. Wenn schon etwa 25% aller untersuchten Arbeitsaufträge über 100% der theoretischen Nennleistung liegen, ist anzunehmen, daß auch bei den verbleibenden 75% noch ein erheblicher Anteil nicht auf den Schälflug, sondern auf die Scheibenegge entfällt.

Zur besseren Anschaulichkeit sind die Häufigkeitspolygone mit der Klassengröße 10%, also einer sehr groben Ausgleichung durch sich einander ausschließende Klassen, graphisch dargestellt (Bild 1 bis 10).

Da es sich bei den vorliegenden Auswertungen um Studien zur Erprobung der Methodik handelt, wurde auf eine Ausgleichung nach dem System des gleitenden Durchschnitts verzichtet.

Wie aus den Häufigkeitspolygonen hervorgeht, ist insbesondere bei einigen Geräten zur Bodenbearbeitung trotz der groben Ausgleichung eine mehrgipflige Verteilung zu beobach-

Bild 11 bis 20. Auslastungsvergleich zwischen 40 MTS

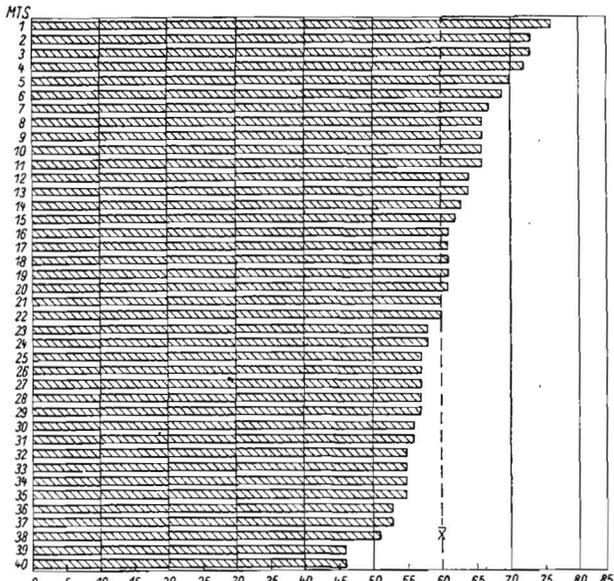


Bild 11. Pflügen über 25 cm

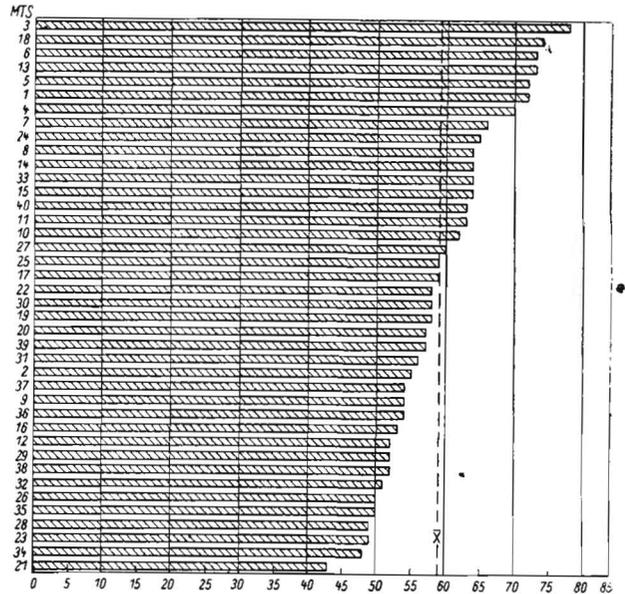


Bild 12. Pflügen 21 bis 25 cm

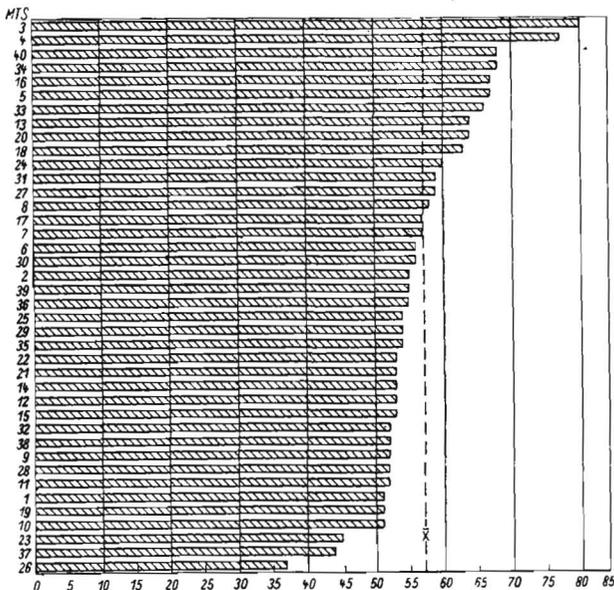


Bild 13. Pflügen 10 bis 20 cm

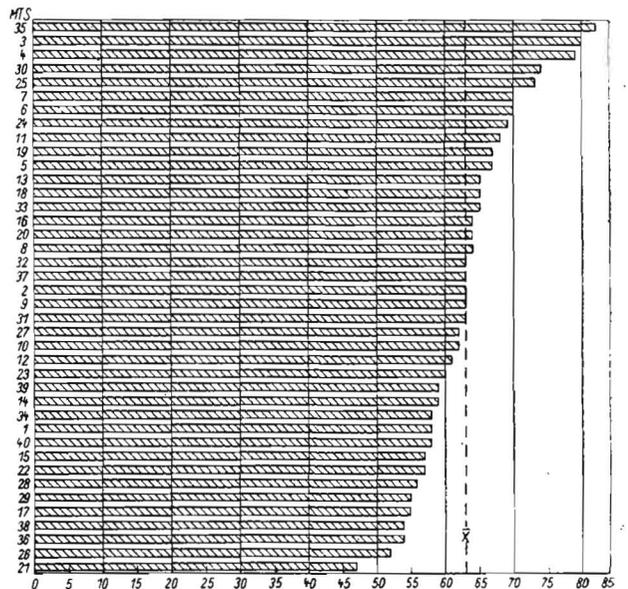


Bild 14. Schälern

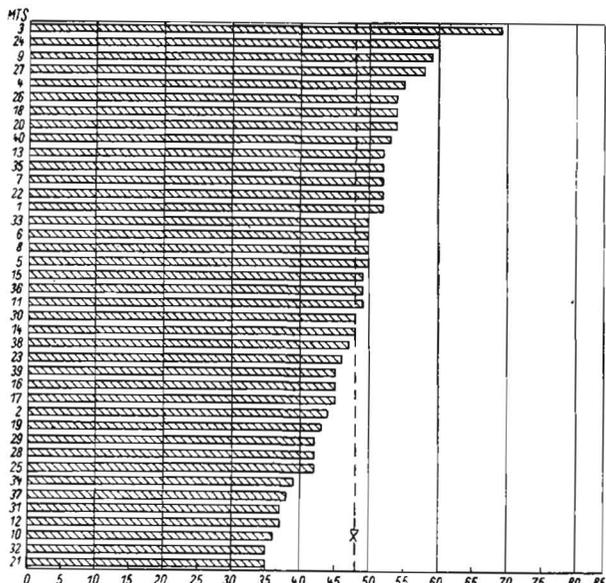


Bild 15. Grubbern

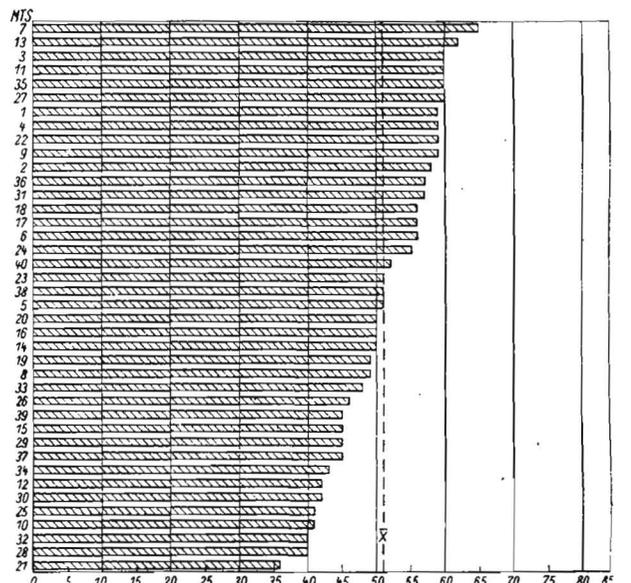


Bild 16. Scheibeneggen

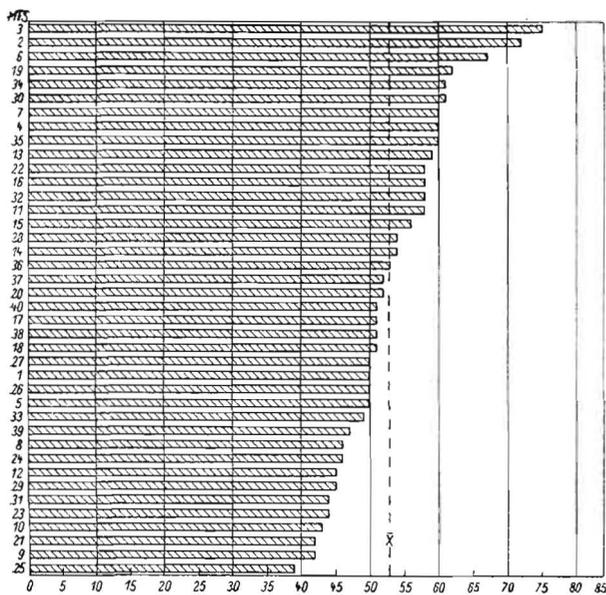


Bild 17. Düngerstreuen

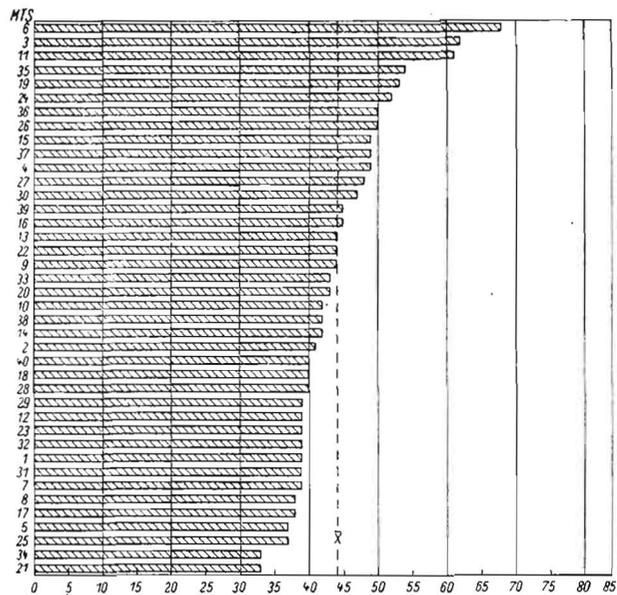


Bild 18. Drillen

ten. Die Berechnung des Dichtemittels zeigt gegenüber dem arithmetischen Mittel nicht nur eine Asymmetrie der Verteilung, sondern trotz verschieden hoher Mittelwerte eine bemerkenswerte Übereinstimmung in den Werten  $D_1$  und  $D_2$ . Die mehrgipflige Verteilung kommt mutmaßlich dadurch zustande, daß für  $D_1$  mit gekoppelten Anhängengeräten und für  $D_2$  ohne gekoppelte Anhängengeräte gearbeitet wurde. Das ist in den vier Arbeitsarten: Pflügen über 25 cm, Pflügen 21 bis 25 cm, Grubbern und Scheibeneggen anzunehmen. Zum Beispiel wird Pflügen über 25 cm zum weitaus größten Teil zur Winterfurche vorkommen. Da der Acker in rauher Furche liegenbleibt, werden keine Anhängengeräte (Sternkrümelwalze, Schleppe, Egge) benötigt. Daher zeigt diese Arbeitsart wohl auch den höchsten Zeitnutzungsgrad aller drei Arbeitsarten Pflügen.  $D_1$  mit 63% könnte daher auf die Frühjahrsfurche zu Kartoffeln oder Rüben zurückzuführen sein, da zu diesem Zeitpunkt naturgemäß mit Anhängengeräten gearbeitet wird.  $D_2$  mit 83% beim Pflügen über 25 cm und 83% beim Pflügen zwischen 20 und 25 cm zeigt dagegen eine sehr gute Übereinstimmung. Daraus könnte man schließen, daß nicht die verschiedene Bearbeitungstiefe die Unterschiede im arithmetischen Mittel verursacht, sondern die Verwendung von gekoppelten Anhängengeräten. Man darf jedoch bei einer derartigen Vermutung nicht übersehen, daß über die Gerätekopplung auch

eine umgekehrte Wirkung auf das Zahlenbild möglich ist. So zwingt z. B. die Kopplung einer Sternkrümelwalze an einen Saatflug oft zur Verminderung der Arbeitsbreite um ein Schar. Die theoretische Nennleistung sinkt damit um den Anteil der verminderten Arbeitsbreite, wobei darüber hinaus mit einer erhöhten Fahrgeschwindigkeit zu rechnen ist. Dadurch kann der Zeitnutzungsgrad günstiger ausfallen.

Leider macht es die Unvollständigkeit der Eintragungen in dem zur Auswertung vorliegenden Belegmaterial z. Z. unmöglich, Untersuchungen darüber anzustellen, ob es sich bei der Mehrgipfligkeit der Häufigkeitspolygone um signifikante Differenzen der Mittelwerte heterogener Teilmassen handelt.

Die Streuung der einzelnen Stichproben liegt zwischen 19 und 21%. Damit ist ein Maß für die Variabilität der Einzelwerte gegeben. Diese Variabilität ist einfach daraus zu erklären, daß zu viele Faktoren die Auslastung beeinflussen. Genannt seien u. a. die technische Qualifikation des Bedienungspersonals, die Einsatzorganisation oder der technische Zustand der verwendeten Maschinen und Geräte, Bodenart und Bearbeitungszustand (Trockenheit oder Nässe), Verschießen des Bodens, Hanglagen, Feldstückgrößen in Abhängigkeit von der sozialökonomischen Struktur des jeweiligen Brigadebereiches usw. Diese Hemmnisfaktoren, können im einzelnen verschieden

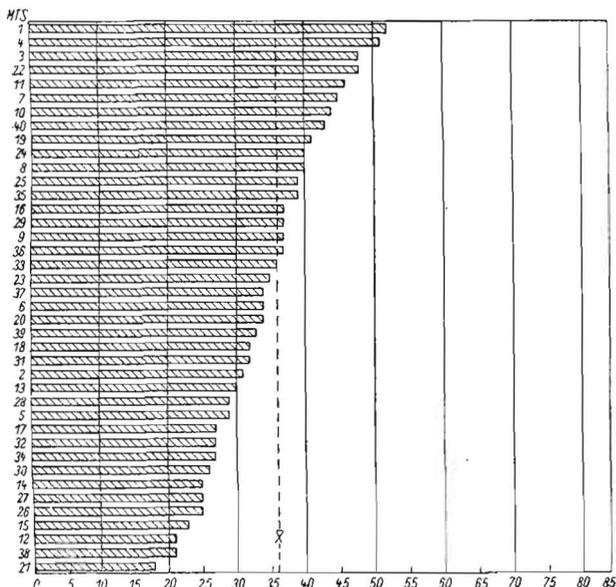


Bild 19. Mähbinden

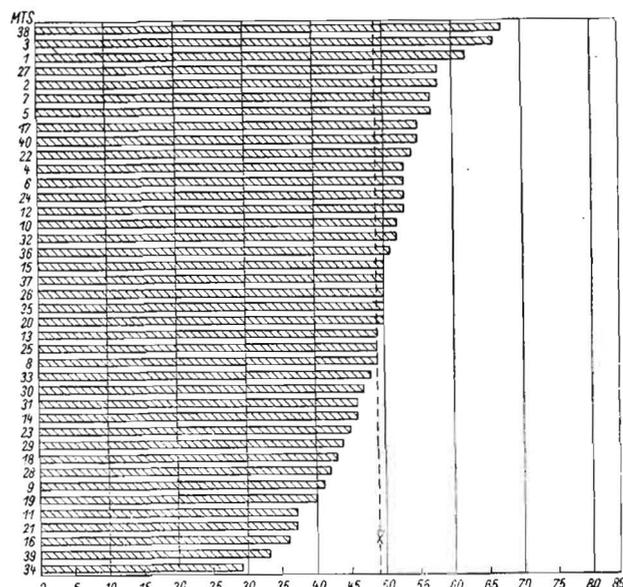


Bild 20. Kartoffelroden

stark hervortreten und bewirken bei Summierung einen unterschiedlichen Leistungsabfall.

Dennoch ist bei angenommener Normalverteilung der Fehlerbereich mit rund  $\pm 1,2\%$  vom arithmetischen Mittelwert bei 99% statistischer Sicherheit als gut zu bezeichnen. Bei einer beliebigen Verteilung liegen die Streuungsbereiche wesentlich weiter. Unter Verwendung der Markoff-Tschebyscheffschen Ungleichung würde sich bei einer statistischen Sicherheit von 96% der Streuungsbereich auf  $\pm 5\sigma_{\bar{x}}$  erweitern, d. h. der Fehlerbereich  $e$  würde in den vorliegenden Untersuchungen  $\pm 2,6\%$  nicht überschreiten.

Die Prüfung, ob der in den drei Arbeitsarten Pflügen mit zunehmender Bearbeitungstiefe steigende Zeitnutzungsgrad signifikant ist, lieferte bei Anwendung des  $u$ -Testes nach der Gleichung

$$u = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{N_2 \cdot s_1^2 + N_1 \cdot s_2^2}{N_1 \cdot N_2}}} \quad \text{oder} \quad \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{d} \quad (9)$$

$$d = \sqrt{\frac{N_2 \cdot s_1^2 + N_1 \cdot s_2^2}{N_1 \cdot N_2}}$$

folgendes Ergebnis:

Tabelle 4

Lfd. Nr.	Arbeitsart Pflügen	$\bar{x}$	s	N	$u_{0,01}$	u 1:2	u 1:3	u 2:3
1	über 25 cm	60	19,85	1853	2,58	1,54		
2	21 ... 25 cm	59	20,25	1946	2,58		4,52	
3	10 ... 20 cm	57	20,60	1865	2,58			3,02

Die Hypothese  $u_1 = u_2$  kann also angenommen werden, d. h. zwischen den Mittelwerten Pflügen über 25 cm und Pflügen 21 bis 25 cm besteht keine signifikante Differenz.

Dagegen sind die Hypothesen  $u_1 = u_3$  und  $u_2 = u_3$  abzulehnen, da  $u$  in beiden Fällen größer als der Tafelwert  $u_{0,01} = 2,58$  ist. Es bestehen also statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den Mittelwerten Pflügen über 25 cm und Pflügen 10 bis 20 cm sowie Pflügen 21 bis 25 cm und Pflügen 10 bis 20 cm.

Die Untersuchungen über die Ursachen dieser gefühlsmäßig nicht erwarteten Tatsache laufen noch. Es scheint ein Zusammenhang zwischen Arbeitsbreite und Auslastung der Zughakenleistung zu bestehen. Zu gegebener Zeit wird darüber berichtet werden.

Da die Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Leistungsbilanzierung erst angelaufen sind, konnten nicht alle statistischen Prüfverfahren angewandt werden, um auch über die mehrgipfligen Verteilungen etwas Genaueres auszusagen. Die Schlußfolgerungen aus der Analyse der bisher vorliegenden Werte können sich daher zu einem Teil nur auf Vermutungen stützen. Fest steht jedenfalls, daß in der MTS die Verlustzeiten in den einzelnen Arbeitsarten wesentlich höher liegen, als gemeinhin angenommen wird und vorliegende Literaturangaben nachweisen. SEGLER setzt z. B. die Verlustzeiten wie folgt an:

Tabelle 5

	Verlustzeiten	
	nach SEGLER [%]	nach Tabelle 2 [%]
Pflügen .....	25	41
Schälen .....	—	38
Grubbern .....	25	52
Scheibeneggen .....	28	49
Düngerstreuen .....	42	48
Drillen .....	26	56
Mähbinden .....	38	64
Kartoffelroden .....	36	51

Obwohl die Werte von SEGLER unter anderen Verhältnissen gewonnen wurden, verfehlen sie bei einem Vergleich mit den

von uns ermittelten Werten ihre signalisierende Wirkung nicht. Es scheint dringend geboten, umfangreiches Zahlenmaterial zu untersuchen, um einzelne Hemmnisfaktoren auszuschalten bzw. in einer Meßreihe gleichzusetzen. Zum Beispiel können bei Vorliegen einer genügenden Anzahl von Werten Gruppierungen nach Bodenart, Jahreszeit, sozialökonomischer Struktur usw. vorgenommen werden.

Eine zweite wichtige Aufgabe wäre es, die Zusammensetzung der Verlustzeiten zu messen, um an Hand exakter Zeitnutzungsstudien Auskunft zu erhalten, inwieweit noch nutzbare Kapazitätsreserven vorhanden sind. Die Zusammenstellung und Organisation des Arbeitsprogramms verschiedener Traktorentypen, Maschinen und Geräte zu kombinierten Aggregatverbänden (Maschinensystemen) erfordern eine genaue Kenntnis ihrer Leistungs- und Auslastungskoeffizienten. Ohne Berücksichtigung dieser Faktoren können erhebliche Diskrepanzen im gesamten geplanten Arbeitsablauf auftreten.

Es ist heute noch nicht möglich, z. B. beim Mähbinden mit einem Zeitnutzungsgrad von 36% anzugeben, wo unter verschiedenen Bedingungen das erreichbare Optimum zwischen dem derzeitigen Wert und dem theoretischen Wert 100% liegt. Allein die Tatsache, daß von 100 für Mähbinden verbrauchten Arbeitsstunden der Mähbinder bei angenommener voller Arbeitsbreite nur 36 Stunden genutzt wird, mag allen Praktikern zu denken geben und ihrer Aufmerksamkeit den Faktor „Zeit“ empfehlen. Wir können nicht immer mehr Maschinen von der Industrie fordern, um einen höheren Grad der Mechanisierung zu erreichen, sondern sollten vor allem auch versuchen, unproduktive Zeiten zu beseitigen, um mit erhöhter Auslastung des vorhandenen Maschinenparks eine erhöhte Umschlaggeschwindigkeit des investierten Kapitals zu erreichen. Das ist ein wichtiges Problem bei der Einführung der wirtschaftlichen Rechnungsführung in den MTS. Mit erhöhter Leistung je Zeiteinheit steigt auch die Abschreibung proportional und es besteht eher die Möglichkeit, neue und moderne Maschinen zu kaufen. Bei geringer Auslastung steigt die Quote für den moralischen Verschleiß erheblich an, ohne daß die Abschreibungssummen aus den Einnahmen gedeckt werden können.

Zum Abschluß dieser Ausführungen soll noch einmal auf das eigentliche Ziel der hier erörterten Studien aufmerksam gemacht werden. Das erstrebte Ziel liegt in einem horizontalen Betriebsvergleich zu einem Fragenkomplex der Leistungsbilanzierung an den wichtigsten Maschinen- und Gerätegruppen der MTS in den drei Nordbezirken.

Wie die Prüfung des z. Z. in den MTS erhältlichen Belegmaterials erwies, läßt die Ungenauigkeit und Oberflächlichkeit der Eintragungen eine wissenschaftlich beweiskräftige Begründung der Relationen zwischen den Stationen nicht zu.

Dennoch halten wir es für angebracht, das derzeitige Ergebnis mit den auf Seite 5 und 6 gezeigten Darstellungen eines horizontalen Vergleiches zwischen den 40 ausgewählten Stationen zu demonstrieren (Bild 11 bis 20). Die Stationen sind bei der Arbeitsart „Pflügen über 25 cm“ nach fallendem Zeitnutzungsgrad geordnet und numeriert. Diese einmal zugeteilte Nummer ist bei den übrigen Darstellungen beibehalten.

Es besteht die Möglichkeit, über die weitere Ausdehnung der Zeitnutzungsstudien in Verbindung mit den Arbeitsergebnissen der MTS-Brigadentypisierung zu einer vor der Praxis gültigen Gruppierung der Stationen zu kommen und in den einzelnen Gruppen für die einzelnen Maschinenarten das z. Z. vertretbare Optimum zu nennen. Mit diesen Werten wäre dann endlich den MTS einer der benötigten Bilanzwerte zur Prüfung ihrer Kapazitätsauslastung in die Hand gegeben und damit das Ziel dieser Forschungsarbeit erreicht.

#### Literatur

- WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik, 3. Aufl., Jena 1957.  
 SEGLER, G.: Maschinen in der Landwirtschaft, Hamburg u. Berlin 1956.  
 STRUCK, R.: Wahrscheinlichkeitstheoretische Grundlage der Anwendung der Stichprobenmethode in Statistische Praxis (1957) H. 2.