

Meßwertaufnehmer an Traktoren und Landmaschinen erprobt worden. Erste Ergebnisse über den Einsatz unter Praxisbedingungen in landwirtschaftlichen Betrieben (Diagnosestationen) liegen vor [20].

## Literatur

- [1] Maack, H.-H.; Troppens, D.; Müller, J.: Verfahrenssystematisierung-Technische Diagnostik. Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Forschungsbericht 1975 (unveröffentlicht).
- [2] Michlin, V. M.: Die Technische Diagnostik von Maschinen der Landwirtschaft. agrartechnik 25 (1975) H. 9, S. 439—443.
- [3] Andrejev, N. F.: Aufgaben der technischen Diagnostik landwirtschaftlicher Maschinen (russ.). Trudy GOSNITI, Bd. 32 (1971) S. 5—15.
- [4] Treufeld, G.: Praktische Beispiele der Anwendung der Mikroelektronik bei der Diagnose von Kraftfahrzeug-Baugruppen. Vortrag auf der 3. Fachtagung „Technische Diagnostik“ am 9. Okt. 1980 in Großenhain.
- [5] Troppens, D.: Beitrag zur systematischen Entwicklung von Diagnoseverfahren und von Diagnoseeinrichtungen für die Landtechnik. WPU Rostock, Dissertation B 1977.
- [6] Troppens, D.: Diagnoseverfahren für das Vakuumsystem von Melkanlagen. agrartechnik 26 (1976) H. 9, S. 419—421.
- [7] Kosmider, P.: Neue Prüfmethode für Kfz-Baugruppen. Vortrag auf der 6. Kfz-Instandhaltungstagung der IH Zwickau 1976.
- [8] Spičkin, G. V., u. a.: Diagnose des technischen Zustands von Kraftfahrzeugen (russ.). Moskva: Vysokaja škola 1975.
- [9] Sokobikov, V. K.; Lovkis, S. V.: Durchflußmesser mit Dehnungsmeßstreifen (russ.). Mech. i elektrifik. v sel'skom choz. (1974) H. 3, S. 58.
- [10] Thum, E.: Die technische Restnutzungsdauerprognose als Mittel zur Rationalisierung der landtechnischen Instandhaltung. KMU Leipzig, Habilitationsschrift 1968.
- [11] Maack, H.-H.: Verfahren zur Überprüfung des Verschleißzustands der Kurbelwellenlagergruppe von Fahrzeugdieselmotoren. agrartechnik 27 (1977) H. 5, 223—225.
- [12] Troppens, D.; Maack, H.-H.; Litzel, R.: Elektrische Meßeinrichtung zur Ölvolumenstrommessung für die Diagnose von Baugruppen in Schmieröl- und Hydraulikkreisläufen. agrartechnik 30 (1980) H. 12, S. 531—533.
- [13] Nessau, B.: Zur Diagnose an Kraftstoffeinspritzanlagen. agrartechnik 27 (1977) H. 1, S. 6—9.
- [14] Troppens, D.; Maack, H.-H.: Elektrische Diagnoseeinrichtungen für Laborübungen. agrartechnik 27 (1977) H. 9, S. 407—409.
- [15] Kotzowski, G.: Entwurf, Bau und Erprobung von Meßeinrichtungen. WPU Rostock, Sektion Landtechnik, Ingenieurbegle 1979 (unveröffentlicht).
- [16] Schümann, E.; Wohlbe, H.: Zur Weiterentwicklung der Prüf- und Überwachungsstätigkeit an landtechnischen Arbeitsmitteln. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 12, S. 554—556.
- [17] Troppens, D.; Biereichel, E.: Aufzeichnung der Drehmomenten-Drehzahl-Kennlinie beim Beschleunigungsvorgang von Antriebsmaschinen. Maschinenbautechnik (1977) H. 6, S. 271—274.
- [18] Maack, H.-H.; Franz, W.: Fertigung eines Analogmultiplikators. WPU Rostock, Sektion Landtechnik, Forschungszwischenbericht 1979 (unveröffentlicht).
- [19] Wohlbe, H.: Technische Diagnostik im Maschinenbau. Berlin: VEB Verlag Technik 1978.
- [20] Troppens, D.; Schiroslawski, W.: Instandhaltungen nach Überprüfungen. Vortrag auf der 4. Wissenschaftlichen Tagung Landtechnik an der WPU Rostock 1981.

A 2908

# Vergleich verschiedener Varianten der operativen Einsatzbetreuung landtechnischer Arbeitsmittel

Dipl.-Ing. Susanne Saß



## Verwendete Formelzeichen

A	Verfügbarkeit der Maschinen
AB	Auslastungsgrad der Schlosser bzw. Belastung der Mechanisatoren
M	exponentiell verteilter Ankunftsstrom bzw. exponentiell verteilte Bedienungszeit
m	Anzahl der Maschinen
mtbf	mittlere ausfallfreie Nutzungsdauer
s	Anzahl der Schlosser
t <sub>in</sub>	instandsetzungsbedingte Stillstandszeit
β	Beschäftigungskoeffizient
λ	Ankunftsrate
μ	Bedienungsrate
ρ	Koeffizient

## 1. Problemstellung

Die effektive Nutzung des Potentials an leistungsfähiger und vergegenständlichter Arbeit und die Steigerung der Arbeitsproduktivität sind auch Schwerpunkte der weiteren Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion. Der Komplexeinsatz landtechnischer Arbeitsmittel ist die dominierende Organisationsform in der Pflanzenproduktion. Ein hohe Verfügbarkeit, vor allem die der leistungsbestimmenden Maschinen, ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Einhaltung der agrotechnisch günstigen Termine und die Erreichung und verlustarme Bergung hoher Erträge. Ein wichtiges Hilfsmittel zur Realisierung dieser Zielstellung ist die Komplexbetreuung. Dafür gibt es verschiedene Organisationsformen. Die Auswahl der optimalen sowie die Vor- und Nachteile der verschiedenen Betreuungsvarianten sollen im weiteren vorgestellt werden.

## 2. Varianten für die operative Einsatzbetreuung

Folgende Varianten der Komplexbetreuung wurden für die weitere Bearbeitung ausgewählt:

1. Feldebetterung mit Werkstattwagen und Schlosser
2. Feldebetterung mit Werkstattwagen, Schlosser und Bereitschaftsmaschine
3. Feldebetterung für mehrere Komplexe
4. Feldebetterung mit Werkstattwagen ohne Schlosser
5. Feldebetterung mit Werkstattwagen und mitfahrendem Schlosser
6. Werkstattbetreuung.

Bei der Variante 1 wird ein Komplex, bestehend aus einer bestimmten Anzahl von Maschinen, von einer bestimmten Anzahl von Schlossern mit Werkstattwagen instandhaltungstechnisch betreut. Jede ausgefallene Maschine wird sofort am Werkstattwagen instand gesetzt und danach wieder dem Komplex zugeführt.

Die gleiche Charakteristik hat Variante 2. Der Unterschied besteht darin, daß jede ausgefallene Maschine sofort gegen die Bereitschaftsmaschine ausgetauscht wird. Die Instandsetzung der schadhaften Maschine erfolgt erst nach dem Maschinentausch. Die instand gesetzte Maschine steht dann als Bereitschaftsmaschine zur Verfügung.

Bei der Variante 3 werden gleichzeitig mehrere Komplexe von einem oder mehreren Schlossern mit einem bzw. mehreren Werkstattwagen be-

treut. Die Komplexe und die Werkstattwagen sind mit Funkgeräten ausgerüstet, um eine schnelle Informationsübermittlung zu sichern. Beim Ausfall einer Maschine wird der Werkstattwagen angefordert. Nach der Instandsetzung der Maschine verbleibt er am Komplex und wartet auf die nächste Forderung. Diese kann vom gleichen oder von einem anderen Komplex gestellt werden.

Untersuchungen von Stegmann [1] ergaben, daß der Anteil der Instandsetzungsmaßnahmen, die von einem Mechanisator ausgeführt werden können, bei bestimmten Maschinentypen sehr hoch ist, z. B. bei der Grundtechnik rd. 80%. Diese Ergebnisse führten zur Variante 4, bei der ein Werkstattwagen ohne Schlosserbesatzung am Feldrand stationiert wird und bei Bedarf von den Schlossern genutzt werden kann.

Eine Möglichkeit, um die z. T. geringe Auslastung der Komplexschlosser abzubauen, wird mit Variante 5 untersucht. Jeder Schlosser fährt selbst eine Maschine. Beim Ausfall einer anderen erfolgt ein Maschinentausch gegen die Maschine eines Schlossers, der Schlosser setzt die ausgefallene Maschine instand, im Anschluß findet ein Rücktausch statt. Bei der Werkstattbetreuung (Variante 6) müssen alle ausgefallenen Maschinen zur Instandsetzung in die dafür vorgesehene nächstgelegene Werkstatt gebracht werden. In der Werkstatt sind Schlosser benannt, die für die Instandsetzung der ankommenden Maschinen verantwortlich

Tafel 1. Lösungsalgorithmus (Palmsches Modell) für Variante 1

Nr.	Algorithmus	Bemerkung
1	$t_{4216}, mtbf, m; k$	Eingabegröße
2	$\lambda' = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{m_i}{mtbf_i}}{\sum_{i=1}^k m_i}$	generalisierte Ankuftsrate
3	$\mu = \left[ \frac{\sum_{i=1}^k \frac{m_i \cdot t_{is}}{mtbf_i}}{\sum_{i=1}^k \frac{m_i}{mtbf_i}} \right]^{-1}$	generalisierte Bedienungsrate
4	$m = \sum_{i=1}^k m_i$	gesamte Maschinenanzahl
5	$\rho = \frac{\lambda'}{\mu}$	Verkehrswert
6	$p_0 = \left[ \sum_{i=0}^s \frac{m_i}{i! (m-i)!} \rho^i + \sum_{i=s+1}^m \frac{m!}{s! s^{i-s} (m-i)!} \rho^i \right]^{-1}$	Leerwahrscheinlichkeit
7	$p_{i+1} = \begin{cases} \frac{m-1}{i+1} \rho \cdot p_i, & (0 \leq i < s) \\ \frac{m-1}{s} \rho \cdot p_i, & (s \leq i \leq m) \end{cases}$	Zustandswahrscheinlichkeiten
8	$L_v = \sum_{i=1}^m i \cdot \bar{p}_i$	mittlere Anzahl ausgefallener Maschinen
9	$L_w = (1 + \rho) L_v - \rho \cdot m$	mittlere Warteschlange
10	$AB = \frac{\rho}{s} (m - L_v)$	Auslastungsgrad eines Bedienungskanals
11	$A = 1 - \frac{L_v}{m}$	Verfügbarkeit der Maschinen

sind. Während der Wartezeiten können die Schlosser andere Arbeiten in der Werkstatt übernehmen.

**3. Möglichkeiten der mathematischen Modellierung**

Die Untersuchung der vorgestellten Varianten in der Praxis ist äußerst schwierig bzw. z. T. gar nicht möglich. Um statistisch gesicherte Ergebnisse zu erhalten, sind umfangreiche Datenerfassungen notwendig, die von einer Arbeitskraft allein nicht zu bewältigen sind. Bei der Variante 5 besteht zusätzlich die Schwierigkeit, daß sie in der Praxis noch nicht angewendet wird.

Um zu einer Lösung der gestellten Problematik zu gelangen, ist der Einsatz von mathematischen Modellen möglich. Aus einer Reihe von Voruntersuchungen erwies sich die Bedienungstheorie als am geeignetsten.

Die Instandhaltungstechnische Betreuung von Maschinenkomplexen kann als Mehrmaschinenbedienungssystem angesehen werden. Der produktive Einsatz der Maschinen entspricht der automatischen Maschinenlaufzeit. Ein

Ausfall einer Maschine bedeutet eine Forderung auf Instandsetzung an die Bedienstelle (Schlosser). Die Zeit zwischen zwei Ausfällen und die Instandsetzungszeit sind nicht konstant. Die Verteilungstypen und deren Erwartungswerte müssen ermittelt werden. Sie sind bestimmend für die weitere Vorgehensweise, ob mit analytischen oder Simulationsmodellen gearbeitet werden muß. Für die Zeit zwischen zwei Ausfällen ist eine Exponentialverteilung nachweisbar [2], deren Mittelwert (mtbf) die Ankuftsrate nach Gl. (1) bestimmt:

$$\lambda' = \frac{1}{mtbf} \tag{1}$$

Die Exponentialverteilung für die Instandsetzungszeit kann ebenfalls nachgewiesen werden [2]. Die Bedienungsrate  $\mu$  als Maß für die Intensität der Bedienung [3] kann über die mittlere instandsetzungsbedingte Stillstandszeit bestimmt werden:

$$\mu = \frac{1}{t_{is}} \tag{2}$$

Die Exponentialverteilung sowohl der ausfallfreien Nutzungsdauer als auch der Instandsetzungszeit ermöglichen die Anwendung analytischer Modelle, speziell des Standardmodells von Palm (in [3]). Eine weitere wichtige Voraussetzung sind homogene Maschinenketten. Als homogene Maschinenkette können bereits Komplexe aus Maschinen gleichen Typs angesehen werden [3]. Da in der Praxis jedoch nicht nur Maschinen gleichen Typs in einer Kette anzutreffen sind, entwickelte Klütz [4] für die Bedienungsrate und die Ankuftsrate Näherungslösungen:

— generalisierte Ankuftsrate:

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{m_i}{mtbf_i}}{\sum_{i=1}^k m_i} \tag{3}$$

— generalisierte Bedienungsrate:

$$\mu = \left[ \frac{\sum_{i=1}^k \frac{m_i + t_{is}}{mtbf_i}}{\sum_{i=1}^k \frac{m_i}{mtbf_i}} \right]^{-1} \tag{4}$$

Damit ist es möglich, für verschiedene Maschinentypen in einem Komplex mit den Kenngrößen mtbf und  $t_{is}$  die gesuchten Größen näherungsweise zu bestimmen.

Gesucht ist die Anzahl an Arbeitskräften, die bei einer vorgegebenen Anzahl von Maschinen und bei ausreichender Auslastung der Arbeitskräfte eine hohe Verfügbarkeit der landtechnischen Arbeitsmittel gewährleisten. Später kommt als weitere Bedingung die Minimierung der Gesamtkosten hinzu.

Folgende weitere Einflußgrößen treten bei der Modellbildung mehr oder weniger in den Vordergrund:

- Entfernungen zwischen den Schlägen
- Entfernungen zwischen Schlag und Werkstatt
- Schlaggrößen und deren geometrische Formen
- Vorbereitungs- und Abschlußzeiten
- mittlere Fahrgeschwindigkeiten.

Wie diese Größen in den einzelnen Modellen verarbeitet werden, kann an dieser Stelle nicht detailliert vorgestellt werden. Die Vorgehensweise der Modellbildung soll am Beispiel der Variante 1 kurz demonstriert werden.

Die in der Praxis vorherrschenden Komplexgrößen liegen zwischen 2 und 8 Maschinen, nur während der Getreideernte sind größere Komplexe anzutreffen.

Alle Maschinen, die eine Forderung auf Instandsetzung stellen, müssen bedient werden, keine Maschine wird abgewiesen oder geht verloren. Bei besetzten Bedienungskanälen (keine freien Schlosser) reiht sich die Maschine in die Warteschlange ein. Sie werden in der Reihenfolge ihres Eintreffens bedient, es gibt keine Prioritäten.

Bei Einhaltung dieser Aspekte und unter Beachtung der Verteilungstypen für die ausfallfreie Nutzungsdauer und die Instandsetzungszeit liegt ein geschlossenes Wartesystem der Form M/m/M/s vor [5]. Der Lösungsalgorithmus aus [3, S. 146 ff.] ist in Tafel 1 zusammengefaßt. Das Palmsche Modell liefert für Variante 1 bei homogener Maschinenkette die exakte Lösung. Die Verwendung dieses Modells für die anderen Varianten liefert Näherungslösungen, deren Fehler unter 6% liegt [5].

Wenn die Ungleichartigkeit der Maschinen in bestimmten Grenzen bleibt, schlägt Kubat [6] die Verwendung des Palmischen Modells zur näherungsweise Bestimmung der Kenngrößen unter folgender Bedingung vor:

$$\beta_{max} < 2 \cdot \beta_{min};$$

$$\beta_i = \frac{t_{is_i}}{mtbf_i + t_{is_i}}$$

Ist diese Bedingung erfüllt, ist der Fehler kleiner als 2%.

Die Berechnungen zu den einzelnen Varianten erfolgten mit Hilfe einer EDVA ES 1040 bzw. mit dem Kleinrechner K 1002.

#### 4. Vergleich der Betreuungsvarianten und ihre Anwendungsbereiche

Der Koeffizient  $\varrho = \lambda/\mu$  bietet die Möglichkeit, die Varianten miteinander zu vergleichen. Er stellt eine Größe dar, die gleichzeitig maschinentypspezifische, betriebs- und variantenspezifische Parameter vereint (Tafel 2).

Im Bild 1 ist die Abhängigkeit der Verfügbarkeit der Maschinen und des Auslastungsgrades der Schlosser von  $\varrho$ , m und s für die Varianten 1, 3, 5 und 6 dargestellt. Mit Hilfe von  $\varrho_i$  (Tafel 2) für die i-te Variante können die Kenngrößen aus dem Bild abgelesen werden. Im Bild 1a sind auch die gesuchten Kenngrößen für die Variante 2 ablesbar. Das derzeit vorliegende Modell für diese Variante ist nur für eine kleine Maschinenanzahl ( $m \leq 4$ ) anwendbar. Bei größerer Maschinenanzahl kann die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Ausfalls von zwei oder mehr Maschinen nicht mehr vernachlässigt werden, denn der Soforttausch der Maschinen ist nicht mehr gewährleistet. Es treten Wartezeiten auf und das Modell bricht zusammen. Die Erarbeitung eines Simulationsmodells wurde erforderlich. Dafür liegen jedoch noch keine auswertbaren Ergebnisse vor. Das Bild 1 verdeutlicht, daß bei größer werdendem  $\varrho$ , d. h. bei Verschlechterung des Verhältnisses aus instandsetzungsbedingter Stillstandszeit und ausfallfreier Nutzungsdauer, die Verfügbarkeit sinkt und die Auslastung der Schlosser steigt. Die gleiche Tendenz tritt durch Vergrößerung der Maschinenanzahl auf.

Bei der Feldbetreuung mit Werkstattwagen ohne Schlosser (Variante 4) hält jeder Mechanisator seine Maschine selbst instand, damit ist  $s = m$ . Der Verlauf der Verfügbarkeit und der Belastung der Mechanisatoren mit Instandsetzungsarbeiten ist als Funktion von  $\varrho$  im Bild 2 dargestellt. Weiterhin wird deutlich, daß die Kenngrößen A und AB nicht mehr von der Anzahl der Maschinen abhängen.

Im weiteren werden einige Hinweise zu den Anwendungsbereichen der einzelnen Varianten gegeben. Der Koeffizient  $\varrho_1$  der Variante 1 wird aus Tafel 2 entnommen, und aus dem entsprechenden Bild für die zu betreuende Maschinenanzahl (z. B. bei  $m = 4$ , Bild 1a) können die Verfügbarkeit der Maschinen und die Auslastung der Schlosser abgelesen werden. Parallel dazu erfolgt ein Vergleich mit den entsprechenden Koeffizienten  $\varrho_i$  der anderen Varianten.

Die Variante 1 hat einen günstigen  $\varrho$ -Wert und sichert bei der Betreuung der Halmfüttererterrekomplexe eine relativ gute Verfügbarkeit.

Der Einsatz der Bereitschaftsmaschine bewirkt eine Verringerung der  $\varrho$ -Werte (Tafel 2), denn

Tafel 2. Zusammenstellung der Koeffizienten für verschiedene Maschinentypen (teilweise aus [2])

Maschinentyp	mittl. Instandsetzungszeit	mittl. ausfallfreie Nutzungsdauer	Var. 1 $\varrho_1$	Var. 2 $\varrho_2$	Var. 3 $\varrho_3$	Var. 4 $\varrho_4$	Var. 5 $\varrho_5$	Var. 6 $\varrho_6$
B 251	1,4	100	0,01	0,005	0,017	0,02	0,02	0,02
B 501	1,8	75	0,02	0,007	0,028	0,03	0,03	0,03
B 201	2,0	60	0,03	0,008	0,038	0,04	0,05	0,04
A 697	2,0	35	0,06	0,014	0,066	0,07	0,08	0,07
A 202/A 591	0,7	90	0,01	0,006	0,011	0,01	0,02	0,01
6-Sa BP-75	1,5	35	0,04	0,014	0,051	0,05	0,07	0,05
E 512	0,7	14	0,05	0,036	0,071	0,09	0,11	0,08
E 280	0,7	10	0,07	0,05	0,10	0,12	0,15	0,12
E 301	0,5	8,5	0,06	0,06	0,094	0,12	0,15	0,11
KS-6	1,6	12	0,13	0,042	0,158	0,24	0,20	0,17
6-OCS	1,7	10	0,17	0,05	0,20	0,31	0,25	0,22
E 665	2,1	18	0,12	0,028	0,133	0,16	0,16	0,14
E 684	2,2	20	0,11	0,025	0,125	0,15	0,15	0,13
ZT 300	2,2	100	0,02	0,005	0,025	0,03	0,03	0,03
MTS-50/52	2,7	120	0,02	0,004	0,025	0,03	0,03	0,03
K-700	3,0	110	0,03	0,005	0,030	0,03	0,03	0,04

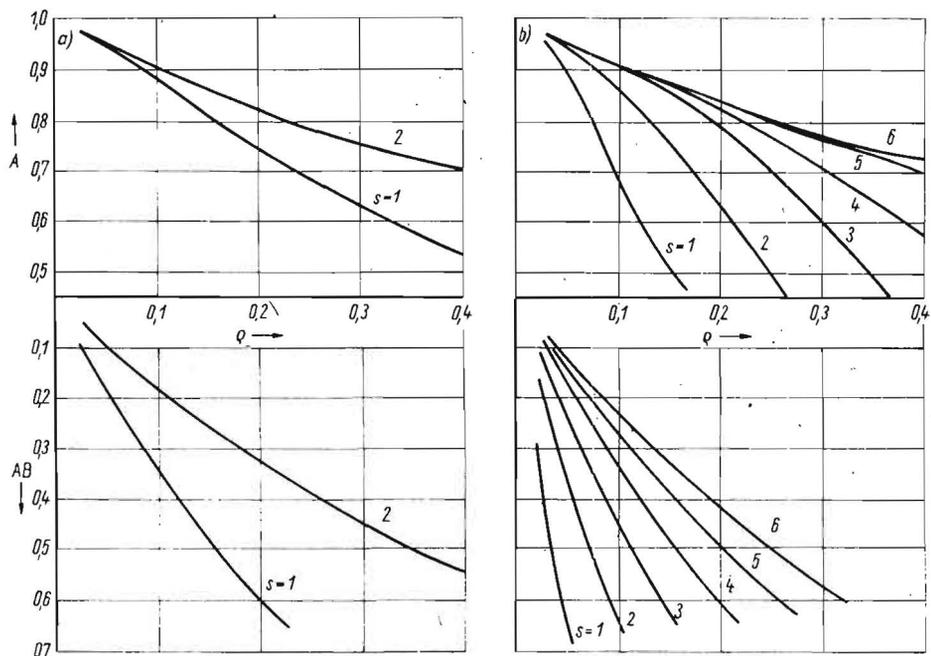
die Austauschzeit ist oft wesentlich geringer als die eigentliche Instandsetzungszeit. Besonders deutlich wird das bei der Betreuung von Hackfrüchtermaschinen. Bei dem angegebenen Beispiel ist eine Austauschzeit von 0,5 h angenommen worden, die einen oberen Grenzwert darstellen soll.

Die Varianten 3, 5 und 6 sind von der Entfernung zwischen den Schlägen (Variante 3), von der Entfernung zwischen Schlag und Werkstatt (Variante 6) sowie von Schlagform und -größe abhängig. Diese drei Einflußgrößen sind schwer erfassbar. Für eine mittlere Schlaggröße von 55 ha und eine mittlere Entfernung vom Schlag zur Werkstatt bzw. zwischen den Schlägen von 3,0 km wurden Beispielsrechnungen durchgeführt, deren Ergebnisse in Tafel 2 zusammengefaßt sind. Die Koeffizienten  $\varrho_3$ ,  $\varrho_5$  und  $\varrho_6$  verschlechtern sich allgemein. Es konnte festgestellt werden, daß die Abhängigkeit von der Entfernung relativ gering ist. Aus Bild 1a geht hervor, daß die Varianten

3, 5 und 6 bei  $\varrho < 0,1$  anwendbar sind. Bei  $m = 4$  ist die Verfügbarkeit  $A > 0,9$ . Diese Größenordnung für die Verfügbarkeit muß angestrebt werden, es liegen jedoch noch keine genaueren Untersuchungen vor. Bei Erhöhung der Anzahl der Maschinen verringert sich der Wert bis rd. 0,05 bei  $m = 15$ , wenn eine Verfügbarkeit  $A > 0,9$  abgesichert werden soll. Diese Varianten sind gut geeignet für Maschinen und Geräte der Grundtechnik und für Traktoren [2].

Die Vergrößerung der Anzahl der Schlosser bewirkt eine Verbesserung der Verfügbarkeit. Das ist jedoch nur bei großen Maschinenkomplexen und großen  $\varrho$ -Werten sinnvoll. Außerdem kann diese Anzahl auch nicht beliebig gesteigert werden. Der Zuwachs an Verfügbarkeit je zusätzlich eingesetztem Schlosser geht gegen Null. Die Auslastung der Arbeitskräfte für die Komplexbetreuung verschlechtert sich immer mehr (s. Bild 1b). Abschließend noch einige Bemerkungen zur Anwendbarkeit der

Bild 1. Abhängigkeit der Verfügbarkeit der Maschinen A und Auslastung der Schlosser AB von der mtbf und der instandsetzungsbedingten Stillstandszeit  
a)  $m = 4$   
b)  $m = 15$



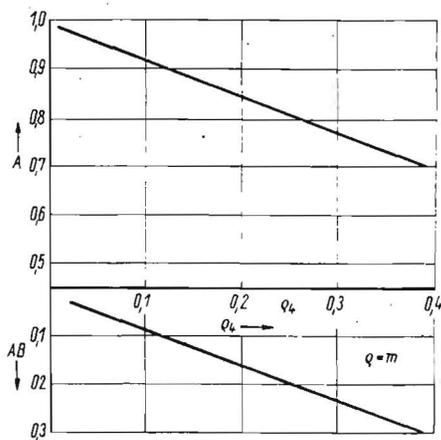


Bild 2. Abhängigkeit der Verfügbarkeit der Maschinen A und der Belastung der Mechanismen AB von der mtbf und der instandsetzungsbedingten Stillstandszeit

Variante 4. Wegen  $s = m$  sind die gesuchten Kenngrößen nicht mehr von der Anzahl der Maschinen abhängig. Im Bild 2 ist abzulesen, daß die Verfügbarkeit bei  $q \leq 0,1$  über 0,9 liegt und die Belastung der Mechanismen mit In-

standsetzungsarbeiten unter 10% der möglichen Arbeitszeit zurückgeht. Traktoren sowie Maschinen und Geräte der Grundtechnik erfüllen diese Bedingung.

### 5. Zusammenfassung

Im Beitrag wurde versucht, einen Überblick über mögliche Grundvarianten für die Komplexbetreuung landtechnischer Arbeitsmittel zu geben. Eine Auswahl bei der Suche der optimalen Variante kann über den Koeffizienten  $q_i$  vorgenommen werden.

In den bisherigen Ausführungen wurde deutlich, daß die Charakterisierung der Modelle mit den bisher behandelten Kenngrößen unvollkommen ist. Es tritt z. B. der Fall auf, daß bei verschiedenen Bedienungssystemen die Verfügbarkeit und der Auslastungsgrad der Arbeitskräfte die gleichen Werte aufweisen (Varianten 3, 4, 5 und 6). Damit ist jede Variantenrechnung für Wartesysteme unvollständig, solange sie sich nur auf eine Kenngröße stützt. Ein in der Praxis häufig gewähltes weiteres Optimierungskriterium für Entscheidungsaufgaben in Bedienungssystemen sind die Kosten, die ein System je Zeiteinheit verursacht.

Mit der Untersuchung dieser letztgenannten Zusammenhänge wird die Thematik weitergeführt.

### Literatur

- [1] Stegemann, G.: Untersuchungen zur Technologie der operativen Instandsetzung von kampagneweise eingesetzten Maschinen der Pflanzenproduktion. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Zwischenbericht 1979 (unveröffentlicht).
- [2] Saß, S.: Rationelle Methoden der operativen Einsatzbetreuung von landtechnischen Arbeitsmitteln der Pflanzenproduktion. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Forschungsbericht 1980 (unveröffentlicht).
- [3] Krampe, H.; Kubat, J.; Runge, W.: Bedienungsmodelle, 1. Aufl. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1974.
- [4] Klütz, G.: Untersuchungen zur operativen Instandsetzung landtechnischer Arbeitsmittel am Beispiel einer Betreuungsvariante. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Diplomarbeit 1979 (unveröffentlicht).
- [5] Hochgräfe, H.J.: Beiträge zur Modellierung geschlossener Wartesysteme unter besonderer Berücksichtigung der Mehrmaschinenbedienung. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Dissertation A 1978 (unveröffentlicht).
- [6] Kubat, J.: Anwendungsmöglichkeiten analytischer Modelle für Mehrmaschinenbedienungssysteme. Rostocker Betriebswirtschaftliche Manuskrifte (1977) H. 20.

A 2904

## Experimentelle landtechnische Ausbildung an der Sektion Landtechnik der WPU Rostock

Prof. Dr. sc. techn. K. Plötner, KDT/Dr.-Ing. J. Goldhan, KDT



### 1. Bedeutung der experimentellen Ausbildung

Die Verbindung von theoretischer und experimenteller Ausbildung im Studienprozeß für Ingenieure der Grundstudienrichtung Maschineningenieurwesen ist eine unbestrittene Notwendigkeit. Im Rahmen dieser Ausbildung erwirbt der Student an konkreten Beispielen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten für eine wissenschaftliche Arbeitsweise bei der Lösung ingenieurtechnischer Problemstellungen. Außerdem haben experimentelle Übungen wegen der Wechselwirkung zwischen Wiederholung und selbständiger, schöpferischer Anwendung von erworbenem Grundlagen- und Fachwissen einen hohen Wert für die Festigung und Erweiterung von Kenntnissen. Sie tragen wesentlich zur Studienmotivation bei und sind ausgezeichnete Möglichkeiten zur Schaffung von Erfolgserlebnissen für die daran beteiligten Studenten.

Unter diesen Gesichtspunkten gehören experimentelle Ausbildungsformen zum untrennbaren Bestandteil der Ausbildung und Erziehung von Studenten der Fachrichtung Landtechnik. An der Sektion Landtechnik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock werden dazu im einzelnen folgende Möglichkeiten genutzt:

— Praktika in den Lehrgebieten Physik, Tech-

nische Elektronik und Fertigungstechnik im Grundstudium

- experimentelle Übungen auf dem Gebiet der Meßtechnik im Fachstudium
- landtechnische experimentelle Übungen unter Labor- und Praxisbedingungen im Fachstudium
- Berufs- und Ingenieurpraktika in geeigneten Betrieben der Landwirtschaft, Instandhaltung und Erzeugnisentwicklung im Grundstudium und im Fachstudium.

Die experimentelle landtechnische Ausbildung ist als ein Schwerpunkt im Fachstudium der Landtechnikstudenten zu betrachten. Ihre besondere Bedeutung resultiert aus folgenden Gegebenheiten:

- Landtechnische Problemstellungen erfordern eine komplexe Betrachtungsweise unter dem Aspekt der Funktionserfüllung, Technologie, Instandhaltung, Ökonomie, Ergonomie, des Arbeits- und Brandschutzes und der wirkenden landtechnischen Besonderheiten.
- Beim gegenwärtigen Stand der bekannten Theorien zur Entwicklung, Betriebsweise und Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel können ohne experimentelle Untersuchungen im allgemeinen keine abschließenden Problemlösungen erreicht werden.

In den weiteren Ausführungen wird auf einige

Besonderheiten und auf einige beabsichtigte Änderungen der experimentellen landtechnischen Ausbildung unter Laborbedingungen im Rahmen der Lehrveranstaltung „Komplexlabor für Landtechnik“ näher eingegangen.

### 2. Erziehungs- und Ausbildungsziel

An der Fachausbildung eines Landtechnikstudenten ist eine Reihe verschiedener Lehrgebiete beteiligt. Die ingenieurtechnischen Lehrgebiete sind mit in die experimentelle Ausbildung einbezogen. Im einzelnen handelt es sich dabei um die Lehrgebiete

- Landmaschinentechnik
- Instandhaltung und Technische Diagnostik
- Anlagenbau
- Fördertechnik
- Getriebetechnik
- Ö hydraulik
- Antriebstechnik.

Es sind zahlreiche landtechnische Hochschuleinrichtungen in sozialistischen Bruderländern bekannt, an denen die aufgeführten Lehrgebiete über eigene Ausbildungsstätten für experimentelle Übungen verfügen. Der Aufwand an Ausrüstungen und Laborflächen ist in diesem Fall beträchtlich. An der Sektion Landtechnik wurde der Weg gewählt, die genannten Lehrgebiete hinsichtlich der experimentellen Ausbildung in einer Lehrveranstaltung zu vereinigen. Auf diese Art und Weise konnte eine