

Verfügbarkeit landtechnischer Arbeitsmittel und der Einfluß auf die Ökonomie ihres Einsatzes

Prof. Dr. sc. agr. G. Mätzold/Dipl.-Ing. H. Ludley, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

Verwendete Formelzeichen

a		Koeffizient
b		Koeffizient
BW		Bruttowert
c		Koeffizient
F(t)		Ausfallwahrscheinlichkeit
h(t)		Erneuerungsdichte
K _A	M/h	Abschreibungskosten
K ₁	M/h	Instandhaltungskosten
K _v	M/t	Verfahrenskosten
K _{0,3+44}		Zeitausnutzungskoeffizient bei Stand- und Wartezeiten
rh(T ₀₄)	t/h	Kapazität der Maschinenkette
T	h	Zeit zwischen zwei Ausfällen
T _A	h	Ausfallzeit
T ₀₂	h	Operativzeit
T ₀₄	h	Produktionsdurchführungszeit
T ₃₁₁	h	Zeit für Pflege und Wartung während der Einsatzzeit
T ₃₃	h	Einstellzeit
T ₄₁	h	Zeit für die Beseitigung funktioneller Störungen
T ₄₂₁	h	Zeit für die Beseitigung technischer Störungen während der Einsatzzeit
t	h	Lebensdauer
V		Verfügbarkeit

1. Bedeutung des Maschineneinsatzes in der Pflanzenproduktion

Die Mechanisierung ist ein wichtiger Intensivierungsfaktor in der Agrarproduktion. Der Einsatz landtechnischer Arbeitsmittel hat folgende wichtigen Ziele zu erfüllen:

- Erhöhung und Stabilisierung der Produktion nach Quantität und Qualität
- Einsparung von Arbeitsplätzen, also Steigerung der Arbeitsproduktivität
- Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen der Werktätigen.

Dabei ist die Forderung nach rationeller Nutzung aller eingesetzten Fonds zu erfüllen. Diese Forderung resultiert aus der Rohstoff- und Materialsituation. Ihren ökonomischen Ausdruck findet sie in sinkenden Kosten je Einheit erzeugtes Produkt.

Der Bruttowert der landtechnischen Arbeitsmittel in den sozialistischen Pflanzenproduktionsbetrieben der DDR beträgt durchschnittlich 1500 bis 1800 M/ha LN. Die Technikkosten betragen in der Pflanzenproduktion 400 bis 600 M/ha LN. Ihr Anteil an den Selbstkosten liegt bei den wichtigsten Produkten bei 25 bis 40 %.

Diese ökonomischen Zahlen begründen die Notwendigkeit einer hohen technischen Auslastung und einer maximalen zeitlichen Ausnutzung der vorhandenen landtechnischen Arbeitsmittel. Alle Möglichkeiten zum Abbau mindernder Einflüsse sind auszuschöpfen. Der Schädigungsprozeß bei landtechnischen Arbeitsmitteln spielt dabei eine wesentliche Rolle. Die Auswirkungen auf die zeitliche Ausnutzung können maßgeblich mit der Kennzahl „technologische Verfügbarkeit“ erfaßt werden [1].

2. Inhalt und Aussage der technologischen Verfügbarkeit

Der Inhalt dieser Kennzahl basiert auf den allgemeinen Eigenschaften von Verfügbarkeitsgrößen [2, 3]. Aus der Betrachtung eines Er-

neuerungsprozesses für ein Arbeitsmittel kann die Formel der Verfügbarkeit abgeleitet werden. Das Arbeitsmittel soll durch die Zustände „in Betrieb“ (1) und „außer Betrieb“ (0) gekennzeichnet werden. Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß sich die Betrachtungseinheit zu einem Zeitpunkt im Zustand „in Betrieb“ befindet, kennzeichnet die Aussage der Verfügbarkeit. Sie kann folgendermaßen formuliert werden [1, S. 103 ff.]:

$$V(t) = 1 - F(t) + \int_0^t [1 - F(t-x)] h(x) dx \quad (1)$$

Sie ist damit von der Überlebenswahrscheinlichkeit $1 - F(t)$ und der Erneuerungsdichte $h(x)$ abhängig. Von Interesse ist ihr stationärer Wert. Er läßt sich durch Grenzwertbildung ableiten.

Bei Benutzung des Kernsatzes der Erneuerungstheorie nach Smith ergibt das folgende Schreibweise:

$$V = \lim_{t \rightarrow \infty} V(t) = \frac{1}{T + T_A} \int_0^{\infty} [1 - F(x)] dx \quad (2)$$

$$V = \frac{T}{T + T_A} \quad (3)$$

Damit drückt diese Zeitverfügbarkeit den mittleren Zeitanteil aus, in dem die Betrachtungseinheit sich im Zustand „in Betrieb“ befindet. Die Spezifik der technologischen Verfügbarkeit läßt sich folgerichtig durch Zuordnung der Zeitgrößen T und T_A ableiten. T wird für die Operativzeit T_{02} und T_A für die einsatzseitig technisch bedingten Stillstandszeiten gesetzt. Für T_A kommen die Teilzeiten für die Pflege und Wartung T_{311} , für die Einstellung T_{33} , für die Beseitigung von funktionellen Störungen T_{41} und technischen Störungen T_{421} während der Einsatzzeit in Frage. Im weiteren soll nur der Hauptbestandteil T_{421} Berücksichtigung finden.

Diese Teilzeit besteht aus den Zeitsummen für die Behebung des Ausfalls während der Einsatzzeit — gerechnet vom Ausfalleintritt bis zur Wiederinbetriebnahme des Arbeitsmittels. Bei der weiteren Betrachtung wird die technologische Verfügbarkeit in folgender vereinfachter Form benutzt:

$$\bar{V} = \frac{\bar{T}_{02}}{\bar{T}_{02} + \bar{T}_{421}} \quad (4)$$

3. Bedeutung der technologischen Verfügbarkeit für die Verbesserung der Kontinuität des technologischen Prozesses

Zeiten für die Beseitigung technischer Störungen während der Einsatzzeit T_{421} verursachen eine Schmälerung des produktiven Anteils der Einsatzzeit T_{04} .

Abhängig von der technologischen Verfügbarkeit läßt sich diese zeitliche Ausnutzung nach Gl. (5) beschreiben:

$$\frac{T_{02}}{T_{04}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{K_{0,3+44}}} - 1 \quad (5)$$

Diese Größe dieses Wertes der zeitlichen Ausnutzung beeinflusst die effektive, d. h. tatsächlich realisierte Kapazität eines Arbeitsmittels. Es tritt also eine Differenz zu der potentiellen Kapazität auf, die bei störfreiem Einsatz erreichbar ist.

In der Pflanzenproduktion wird der Kapazitätsanspruch für landtechnische Arbeitsmittel so berechnet, daß die agrotechnisch günstigen Zeitspannen eingehalten werden. Minderung der produktiven Einsatzzeit infolge T_{421} (sinkende Verfügbarkeit) kann folgende Auswirkungen haben:

— Die agrotechnisch günstigen Zeitspannen können nicht eingehalten werden. Das führt zu Ertragsminderungen und/oder Qualitätsminderungen. Die Folge sind geringere Erträge. Dadurch wird das Betriebsergebnis in Natural- und Geldwerten gefährdet.

— Sollen die agrotechnisch günstigen Zeitspannen eingehalten werden, muß eine größere Anzahl von Arbeitsmitteln bereitgestellt werden (sofern das überhaupt möglich ist). In diesem Fall bedingen die zusätzlichen Investitionen und Arbeitskräfte ein Ansteigen der technologischen Kosten. Das Verhältnis von Ertrag zu Aufwand kann finanziell ebenfalls ungünstiger werden.

Verschärft werden diese Aussagen beim Einsatz landtechnischer Arbeitsmittel in Maschinenketten, denn die zeitliche Ausnutzung der einzelnen Maschinengruppen unterliegt einer gegenseitigen Beeinflussung. Neben der produktiven Zeit — der Operativzeit T_{02} — und der Stillstandszeit T_{421} treten technologische Stand- und Wartezeiten T_{43} und T_{44} auf. Sind die potentiellen Kapazitäten der Maschinengruppen in gleichen Proportionen aufeinander abgestimmt, resultieren diese technologischen Wartezeiten aus dem Auftreten von Zeiten zur Beseitigung technischer Störungen T_{421} . Damit wird der Einfluß der Verfügbarkeit auch hier sichtbar [4].

Die Verbesserung der Kennzahl „technologische Verfügbarkeit“ läßt Vorteile in mehrfacher Hinsicht erkennen. Am Beispiel von Futterernteverfahren wird das im Bild 1 dargestellt. Eine Erhöhung der Verfügbarkeit verbessert eine Reihe von Kennzahlen. Das sind z. B.:

- Kapazität der Maschinenkette
- ihr Bezug zum Einsatz der Grundfonds und Arbeitskräfte
- Verfahrenskosten.

Ursache dafür ist die Verbesserung der zeitlichen Ausnutzung.

- Sie wird erreicht
- primär durch Senkung von T_{421} und
 - sekundär durch Verringerung von T_{43} und T_{44} in den anderen Maschinengruppen.
- Insgesamt führt das zu einer besseren Kontinuität des technologischen Prozesses.

4. Möglichkeiten zur Ableitung eines ökonomisch zweckmäßigen Bereichs der technologischen Verfügbarkeit

Es ist zu erwarten, daß zur Steigerung der Verfügbarkeit die Aufwendungen für die vor-

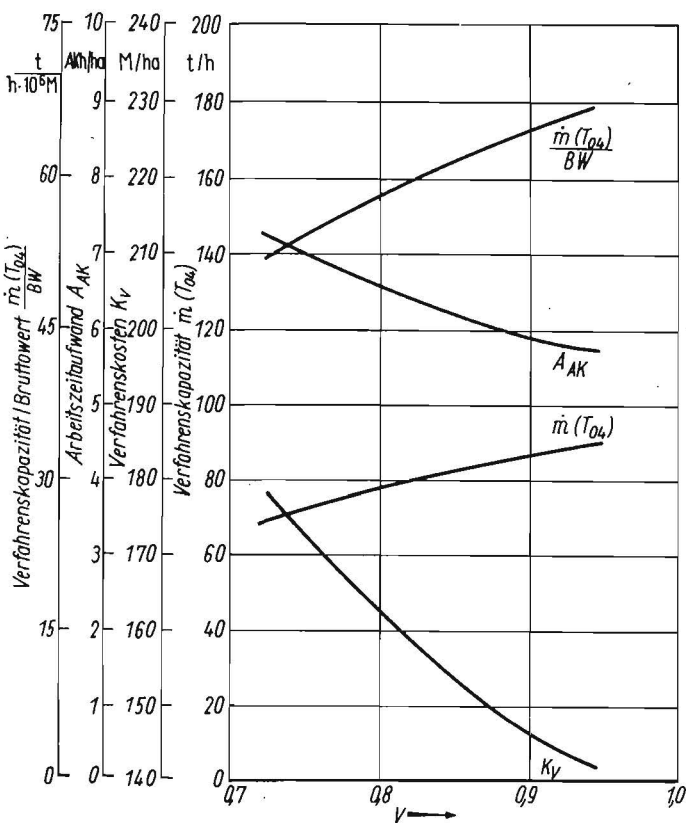


Bild 1
Einfluß der Verfügbarkeit auf technologische und ökonomische Kennzahlen bei der Welkguternte

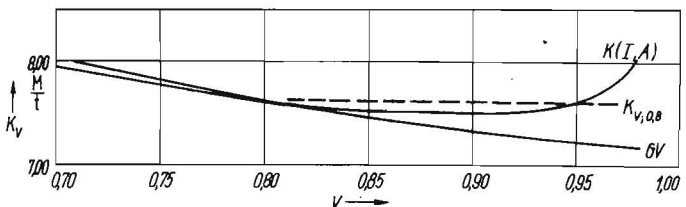


Bild 2
Verfahrenskosten;
GV Grundvariante
KV,0.8 Linie gleicher Verfahrenskosten für V=0,8
K (I, A) Kombinationsvariante, bestehend aus den Kosten für Instandhaltung und Abschreibung der Erntemaschine

beugende Instandhaltung, instandhaltungsgerechte Konstruktion, die Erreichung hoher Fertigungsgenauigkeit u. a. zunehmen werden. Das Erzielen einer Verfügbarkeit $V=1$ ist daher aus ökonomischer Sicht nicht erstrebenswert und die Suche nach einem optimalen, d. h. wirtschaftlich vertretbaren Bereich wird erforderlich. Das Optimierungsproblem basiert auf folgenden Zusammenhängen: Die Maßnahmen zur Verbesserung der Verfügbarkeit bewirken — Einhaltung der agrotechnischen Zeitspanne und damit Erfüllung des Kapazitätsanspruchs vorausgesetzt — einerseits eine Einsparung an Maschinen und andererseits einen Anstieg der Aufwendungen für die Bereiche Herstellung, Instandhaltung und Einsatz landtechnischer Arbeitsmittel.

Das weitere Vorgehen am Beispiel von Erntemaschinenketten wird anhand der Bilder 2 und 3 für einen Kapazitätsanspruch von $K_a = 75 \text{ t/h}$ (T_{05}) erläutert. Im Bild 2 werden zunächst die Verfahrenskosten betrachtet, um Aussagen für die zulässige Höhe an Aufwendungen abzuleiten. Dabei soll das bisherige Niveau der Verfahrenskosten nicht überschritten werden. Es wird bei $V = 0,8$ festgelegt [5] und entspricht der gestrichelten Linie $K_{V,0.8} = \text{const}$.

Die Kurve GV (Grundvariante) berücksichtigt keine zusätzlichen Aufwendungen für die Stei-

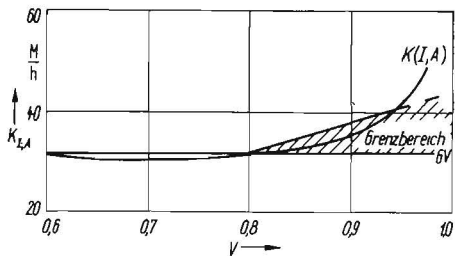


Bild 3. Kosten bei unterschiedlicher Verfügbarkeit

gerung der Verfügbarkeit, sondern drückt die Kosteneinsparung durch eine verringerte Maschinenanzahl aus. Die Differenz aus den Funktionswerten der Kurven GV und $K_{V,0.8} = \text{const}$ stellt die mögliche Spanne für zusätzliche Aufwendungen dar.

Dieser Bereich zwischen den Kurven als zulässige Höhe für Aufwendungen läßt sich auf die Kosten für die einzelne Maschine transformieren. Im Bild 3 ist daher der Zustand für ein Arbeitsmittel dargestellt. GV muß als Gerade mit konstanter Größe für die Summe aus Abschreibungs- und Instandhaltungskosten dargestellt werden. Bekanntlich sollte diese Funktion keine zusätzlichen Aufwendungen

enthalten. Der schraffierte Bereich stellt die zulässigen Aufwendungen für eine Maschine dar. Vereinbarungsgemäß beginnt er bei der Verfügbarkeit $V = 0,8$, bei der auch eine Differenz zwischen GV und K_V im Bild 2 entsteht. Werden nun verschiedene Funktionen der Kosten für ein Arbeitsmittel untersucht, so muß ihr Verlauf innerhalb des Grenzbereichs liegen. Trifft das nicht zu und er wird überschritten, dann müssen Maßnahmen, die Aufwendungen entsprechend dem untersuchten Funktionsverlauf verursachen, abgelehnt werden. Die Summenkurve geht aus den Instandhaltungskosten der Form

$$K_I(V) = a(1 - V) - b \cdot \ln(1 - V) \quad (6)$$

$$\text{und aus den Abschreibungskosten der Form} \quad (7)$$

$$K_A(V) = a - b \cdot \ln(1 - V) \quad (7)$$

hervor. Sie erfüllt die Bedingung, innerhalb des Grenzbereichs zu verlaufen (Bild 3).

Im Bild 2 wird ihr Verlauf in eine Verfahrenskostenfunktion überführt. Das heißt, es werden je Maschine die Kosten für Kraft- und Schmierstoffe und die Kosten für die lebendige Arbeit neben den Instandhaltungs- und Abschreibungskosten berechnet. Diese Kostenarten werden für alle Maschinen der Maschinenkette aufsummiert, also für Erntemaschinen, Transportmittel und die Mechanisierungsmittel der Annahme.

Für die Kurve $K(I, A)$ gilt speziell, daß nur die Instandhaltungs- und Abschreibungskosten als verfügbarkeitsabhängige Größen eingehen. Ihr Verlauf gibt ein sehr flaches Minimum wieder.

Bei einem solchen Fall führt eine geringe Veränderung der Verfahrenskosten noch nicht zum Verlassen des optimalen Bereichs für die Verfügbarkeit. Bei einer zulässigen Änderung für K_V von $\pm 0,05 \text{ M/t}$ ergibt sich ein Bereich für die Verfügbarkeit von $0,825 \leq V_{\text{opt}} \leq 0,925$. Dabei können im gewählten Beispiel die Aufwendungen für $V_{\text{opt}} = 0,875$ in Höhe von einem Viertel des Bruttowerts zur Verfügbarkeitsverbesserung eingesetzt werden. Für die obere Grenze des optimalen Bereichs $V = 0,925$ können die Aufwendungen sogar auf die Hälfte des Bruttowerts gesteigert werden. In jedem Fall werden die Verfahrenskosten auf dem bisherigen Niveau beim Nutzer nicht überschritten.

Trotz aller Problematik der unzureichend vorhandenen Primärdaten wurde ein Weg gezeigt, um optimale Bereiche der Verfügbarkeit abzuleiten.

Literatur

- [1] Mätzold, G.: Produktive Nutzung der Maschineneinsatzzeit in der Pflanzenproduktion — eine Aufgabe der Instandhaltung. agrartechnik 29 (1979) H. 12, S. 532—534.
- [2] Gnedenko, B.W.; Beljajew, J.K.; Solowjew, A. D.: Mathematische Methoden der Zuverlässigkeitstheorie I. Berlin: Akademie-Verlag 1968.
- [3] Barlow, R.; Proschan, F.: Statistische Theorie der Zuverlässigkeit. Berlin: Akademie-Verlag 1978.
- [4] Ludley, H.: Analyse von Einsatzformen landtechnischer Arbeitsmittel in Maschinenketten der Pflanzenproduktion. agrartechnik 31 (1981) H. 1, S. 37—40.
- [5] Rohde, M.: Untersuchungen zur Verfügbarkeit landtechnischer Arbeitsmittel in der Pflanzenproduktion. WPU Rostock, Dissertation 1975 (unveröffentlicht).

A 3037