

Richtige Kapazitätsbemessung als wichtige Voraussetzung für die Einhaltung agrotechnischer Zeitspannen

Dr. agr. M. Rohde/Dozent Dr. agr. habil. H. Dowe, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

1. Problemstellung

Die Frage nach einer optimalen Kapazität für Arbeiten in der Pflanzenproduktion wird immer wieder gestellt. Sie muß bereits bei der Vorbereitung durchzuführender Arbeitsgänge beantwortet werden und verlangt, eine Reihe von Faktoren zu beachten, deren Wirkung nicht konkret im voraus zu bestimmen ist [1].

So wird z. B. bei der Ermittlung der erforderlichen Anzahl von Maschinen ein langjähriger Mittelwert für den zu erwartenden Witterungsverlauf angenommen. Eine Abweichung des Witterungsverlaufs bei der Durchführung der Arbeiten in der Weise, daß die Verfahrensdurchführung positiv beeinflußt wird, kann den Eindruck hervorrufen, die Kapazität sei zu umfangreich bemessen. Eine negative Beeinflussung des Verfahrens durch den Witterungsverlauf führt zwangsläufig zur Überschreitung der agrotechnischen Zeitspanne, weil die im voraus festgelegte technische Kapazität nicht kurzfristig erweitert werden kann. Hieraus ist bereits ersichtlich, daß eine optimale Kapazität nur für konkrete Bedingungen existiert. Die volle Ausschöpfung des Ertragspotentials in der Pflanzenproduktion erfordert jedoch die Einhaltung agrotechnischer Zeitspannen ohne wesentliche Überschreitungen unter allen Bedingungen.

Im Zusammenhang mit einer richtigen Kapazitätsbemessung stehen auch Fragen der Planung der Einsatzzeitfonds, die Begriffe Maschinenkapazität und Verfahrenskapazität sowie Fragen der Realisierung technologischer Einsatzvarianten. Auf diese wird nachfolgend eingegangen.

2. Einsatzzeitfonds

Die Fragen der Einsatzzeitfonds werden am Beispiel des Einsatzes von Erntekomplexen für Mähfutter abgehandelt. Dabei wird folgende Gleichung in den Mittelpunkt der Betrachtungen gestellt:

$$M/t = n \cdot \dot{m}; \quad (1)$$

M Arbeitsmenge

t Zeit

n Anzahl der Arbeitsmittel

\dot{m} Mengenleistung.

Der linke Term von Gl.(1) enthält den Kapazitätsanspruch [2], ausgedrückt durch die Arbeitsmenge M in einer bestimmten Zeit t. Der Kapazitätsanspruch wird abgesichert durch eine entsprechende Anzahl von Arbeitsmitteln n mit einer bestimmten Mengenleistung \dot{m} (in t/h) bzw. Flächenleistung \dot{f} (in ha/h). Die Fragestellung ist auf die Anzahl der Arbeitsmittel gerichtet. Betrachtet man zunächst die Arbeitsmenge M, so sind die Forderungen in t/Produkt bzw. in ha angegeben. Im allgemeinen wird hierbei mit Planwerten gerechnet. Diese Arbeitsmenge ist in einem bestimmten Kalenderzeitabschnitt (oder in einer Kampagne) zu bewältigen [3]. Von den Kalendertagen sind die Einsatztage abzuleiten (Bild 1). Aus verschiedenen Gründen müssen Verlusttage abgezogen werden. So ergibt die einleitend erwähnte Berücksichtigung eines Mittelwerts des zu erwartenden Witterungsverlaufs die „verfügbaren Tage“ [4]. Auch die Möglichkeit, daß an

einigen Tagen während der Kampagne kein schnittreifes Erntegut bereitsteht, muß beachtet werden. Sonstige Tage ohne Einsatz ergeben sich aus der Beantwortung der Frage, ob je Woche 5, 6 oder 7 Einsatztage realisiert werden können. Aus der Sicht des Maschineneinsatzes ist es sinnvoll, wenn eine Organisationsform durchgesetzt werden kann, bei der die Maschinen an allen möglichen Einsatztagen zum Einsatz kommen. Außerdem wird dadurch die Planung sicherer. Die im Bild 1 schematisch abgeleiteten Einsatztage stellen den theoretisch möglichen Einsatzzeitfonds in Tagen oder in Stunden dar.

Um die Mengen- bzw. Flächenleistung für eine Maschine (rechter Term der Gl. (1)) zu bestimmen, ist es notwendig, die planmäßig nutzbare Einsatzzeit T_{05} je Einsatztag abzuleiten

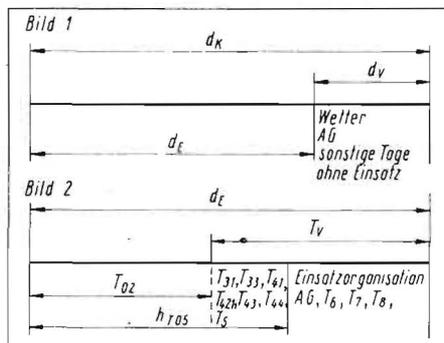
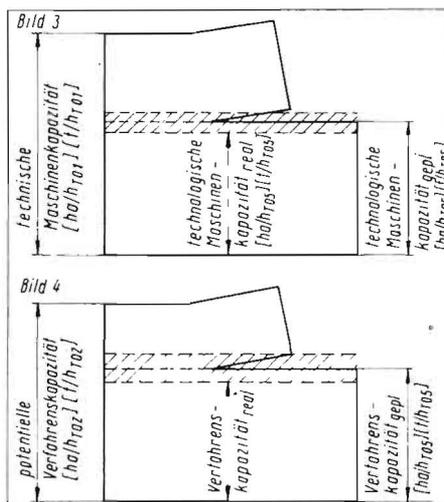


Bild 1. Schematische Ableitung der Einsatztage von den Kalendertagen

Bild 2. Schematische Ableitung der planmäßig nutzbaren Einsatzzeit je Einsatztag; d_k Kalendertage, d_v Verlusttage, d_e Einsatztage, T_v Verlustzeit

Bild 3. Schematische Darstellung zur Maschinenkapazität

Bild 4. Schematische Darstellung zur Verfahrenskapazität



(Bild 2). Dabei ist zunächst die Frage nach der Schichtlänge und der Anzahl der Schichten je Tag zu beantworten. Möglicherweise ergeben sich auch Einschränkungen durch den Arbeitsgegenstand (z. B. beim Mähdrusch) oder durch das Verfahren (z. B. beim Einsatz des Schwadmähers E 301). Wegezeiten und der Zeitbedarf für die planmäßige Instandhaltung der Arbeitsmittel sind ebenfalls zu berücksichtigen, um auf die planmäßig nutzbare Einsatzzeit je Einsatztag zu kommen.

Die Planung im Rahmen der planmäßig nutzbaren Einsatzzeit T_{05} birgt ebenfalls stochastische Einflüsse in sich, die u. a. die technologische Verfügbarkeit der Arbeitsmittel betreffen. Aber auch einsatzorganisatorische Belange (Kettenabstimmung) und arbeitsorganisatorische Fragen (Pausengestaltung) spielen eine Rolle. Als Zielsetzung gilt hier, die Differenz zwischen der Operativzeit T_{02} und der planmäßig nutzbaren Einsatzzeit T_{05} möglichst gering zu halten.

3. Maschinen- und Verfahrenskapazität

Für die Bestimmung der Anzahl von Maschinen für eine bestimmte Aufgabe ist neben der Festlegung der Zeitfonds das Leistungsvermögen einer Maschine von Interesse. Unter diesem Gesichtspunkt wird die Verwendung der Begriffe Maschinenkapazität und Verfahrenskapazität bei der Planung für die Pflanzenproduktion in Übereinstimmung mit [5] erläutert (Bilder 3 und 4).

Es erscheint zweckmäßig, das technisch-konstruktive Leistungsvermögen einer Maschine als *technische Maschinenkapazität* zu bezeichnen und in ha/h_{T1} anzugeben. Die technische Maschinenkapazität verringert sich im praktischen Einsatz der Maschine durch das Auftreten von Wendezeiten, Versorgungszeiten u. a. m. Für die Bestimmung der Anzahl der benötigten Maschinen ist deshalb die *technologische Maschinenkapazität* in ha/h_{T05} von Bedeutung.

Bei der Durchführung von technologischen Verfahren in der Pflanzenproduktion werden jedoch meist mehrere Arbeitsmittel gleichen Typs (Maschinengruppe) und in Fließarbeitsverfahren mehrere Maschinengruppen in Abhängigkeit voneinander eingesetzt (Maschinenkette). „Zur Kennzeichnung des Leistungsvermögens von mehreren landtechnischen Arbeitsmitteln einer Maschinengruppe oder mehreren, miteinander verketteten Maschinengruppen wird der Begriff *Verfahrenskapazität* vorgeschlagen.“ [5]

Die theoretisch mögliche Verfahrenskapazität wird als *potentielle Verfahrenskapazität* bezeichnet und in ha/h_{T02} angegeben. Im Zusammenwirken der Komponenten des technologischen Prozesses (Arbeitsgegenstand — Arbeitsmittel — Arbeitskraft) und der einzelnen Maschinengruppen verringert sich die potentielle Verfahrenskapazität durch stochastisches Auftreten von Ausfallzeiten bei den Maschinen, organisatorische Unzulänglichkeiten und Pausenzeiten. Für die Praxis hat deshalb die *geplante Verfahrenskapazität* in ha/h_{T05} Bedeutung.

Die technologische Maschinenkapazität und die in der Praxis realisierte Verfahrenskapazität stellen Istwerte dar. Diese können in einzelnen Zeitabschnitten kleiner, unter günstigen Bedingungen auch größer sein als die Planwerte. Das heißt, die realisierte Verfahrenskapazität tritt in einem bestimmten Schwankungsbereich zur geplanten Verfahrenskapazität in Erscheinung.

„Das Verhältnis der realisierten Verfahrenskapazität zur potentiellen Verfahrenskapazität ist ein Ausdruck des technologischen Niveaus der Verfahrensdurchführung und kennzeichnet den kapazitätsmindernden Einfluß technischer, technologischer und organisatorischer Unzulänglichkeiten. Dieses Verhältnis zwischen den beiden Kategorien der Verfahrenskapazität kann als *technologischer Wirkungsgrad* bezeichnet werden“. [5]

4. Technologische Einsatzvarianten

Für den Einsatz einer geplanten Verfahrenskapazität ergeben sich in der Praxis unterschiedliche Möglichkeiten.

Hierbei soll nicht die arbeitsorganisatorische Frage der Dauer des Einsatzes je Tag (die Frage des Schichteinsatzes ist, dem Arbeitsvermögen angepaßt, bereits bei der Festlegung der Anzahl von Maschinen zu beantworten) betrachtet werden, sondern die Einsatzvariante in der geplanten Einsatzzeit. Gesucht wird die optimale technologische Lösung einer Verfahrensdurchführung am Beispiel von in der Praxis üblichen Einsatzvarianten. Die angestrebte maximale Ausnutzung *aller* im Komplex eingesetzten landtechnischen Arbeitsmittel wird vorausgesetzt.

Beim folgenden Vergleich wird unterstellt, daß auf der Grundlage der in den voranstehenden Abschnitten behandelten Problematik 4 Feldhäcksler E 280 für die Maschinengruppe 1 als Bedarf ausgewiesen wurden. Der Variantenvergleich erfolgt kalkulatив anhand der Anzahl der Arbeitskräfte (AK) je Schicht, der Verfahrenskapazität, des Arbeitszeitbedarfs, der Verfahrenskosten und des Bruttowerts der eingesetzten Grundmittel (Tafel I). Für die Aussage zur Verfahrenskapazität wird die potentielle Verfahrenskapazität mit dem Richtwert der technologischen Verfügbarkeit [6] multipliziert. Dabei wird angenommen, daß alle sonstigen negativen Einflüsse auf die Erntemaschinen im Rahmen der T_{05} gleich Null sind. Dies gilt für alle Varianten. Auf die so errechnete Verfahrenskapazität der Maschinengruppe 1 wird der Bedarf an Transportfahrzeugen bestimmt. Die Einlagerung des Erntegutes bleibt bei allen Varianten unberücksichtigt.

Variante I

Die technologische Einsatzvariante lautet: Alle vier Feldhäcksler E 280 sind gleichzeitig im Einsatz. Aus der Berechnung der Kettenabstimmung ergibt sich bei den unterstellten Bedingungen ein Bedarf von 15 Transportfahrzeugen. Einschließlich Schichtleiter und Schlosser werden für das Schwadhäckselladen und für den Transport des Erntegutes 22 Arbeitskräfte

Tafel I. Vergleich technologischer Einsatzvarianten für den Feldhäcksler E 280

| | Variante | | III |
|---|----------|-------|-------|
| | I | II | |
| Anzahl der E 280 | 4 | 3 + 1 | 4 + 1 |
| Anzahl der AK je Schicht | 22 | 17 | 22 |
| Verfahrenskapazität | 100 | 97 | 127 |
| Arbeitszeitbedarf | 100 | 81 | 79 |
| Verfahrenskosten | 100 | 86 | 85 |
| Bruttowert der eingesetzten Grundmittel | 100 | 77 | 104 |

benötigt. Als Verfahrenskapazität ergeben sich 5,24 ha/h, die in Tafel I gleich 100 gesetzt werden.

Aus den unterstellten Bedingungen resultieren ein Arbeitszeitbedarf von 4,2 AKh/ha und Verfahrenskosten von 110 M/ha. Dieser Prozeß läuft in der Praxis diskontinuierlich ab, weil die Stochastik der technologischen Verfügbarkeit nicht eliminiert werden kann. Dadurch entstehen vor allem bei den Transportfahrzeugen Wartezeiten.

Variante II

Das Bemühen der Praxis, den Verfahrensablauf kontinuierlich zu gestalten, ist in dieser Variante berücksichtigt. Diese Einsatzvariante 3 + 1 bedeutet, daß sich 3 E 280 im kontinuierlichen Einsatz befinden und 1 E 280 der Pflege, Wartung bzw. Instandsetzung zugeführt ist. Der Begriff Reservemaschine ist hierbei nicht angebracht, weil, wie oben erwähnt, ein Bedarf von 4 E 280 unterstellt wurde!

Durch die Abstimmung der Maschinenkette auf 3 E 280 werden 17 AK je Schicht benötigt, und 1 E 280 sorgt für die kontinuierliche Arbeit der Schlosser und für einen weitestgehend kontinuierlichen Verfahrensablauf. In die Kalkulation der Verfahrenskapazität gehen deshalb 3 E 280 mit der technologischen Verfügbarkeit von 1 ein, was in der Praxis nicht ganz erreicht wird. Die Verfahrenskapazität sinkt auf 97%, der AKh-Aufwand auf 81% und die Verfahrenskosten auf 86%, weil u. a. eine ganze Reihe von Wartezeiten, die bei Variante I auftreten, nicht vergütet werden muß.

Trotz des Absinkens der Verfahrenskapazität ist diese Variante aus volkswirtschaftlicher und betriebswirtschaftlicher Sicht günstiger einzuschätzen als die Variante I. Der Vorteil betrifft vor allem die Einsparung an AKh/ha.

Variante III

Mit Variante 4 + 1 wird gezeigt und begründet, wohin die Praxis tendiert. Der zusätzliche Einsatz eines E 280 erhöht die Verfahrenskapazität auf 127%, was gleichzeitig eine Sicherheit bei ungünstigem Witterungsverlauf bedeutet. Arbeitszeitbedarf und Verfahrenskosten weichen nicht wesentlich von denen der Variante II ab, weil sich in diesem Fall die hohe

Verfahrenskapazität und die Kontinuität beim Verfahrensablauf günstig auswirken.

Die stochastischen Einflüsse der Nichtverfügbarkeit werden in ihrer Auswirkung auf den Verfahrensablauf durch die Kettenabstimmung auf $n - 1$ Maschinen weitestgehend ausgeschaltet. Die Differenz zwischen geplanter und realisierter Verfahrenskapazität kann dadurch verringert werden. Die aufgezeigten Vorteile der Varianten $n - 1$ werden nicht durch den Einsatz einer zusätzlichen Erntemaschine gemindert, weil der Bruttowert der eingesetzten Grundmittel nur um 4% gegenüber der Variante I steigt.

5. Zusammenfassung

Die volle Ausnutzung des Ertragspotentials in der Pflanzenproduktion erfordert die Einhaltung agrotechnischer Zeitspannen und damit eine richtige Kapazitätsbemessung für anstehende Aufgaben. Da die einzusetzende Kapazität im voraus berechnet werden muß, ist eine Reihe von Faktoren zu beachten, deren Wirkung nur mit Erwartungswerten belegt werden kann.

Am Beispiel des Einsatzes von Feldhäckslern E 280 werden Fragen der Einsatzzeitfonds und der Verwendung des Begriffs Kapazität im Bereich der Technologie der Pflanzenproduktion behandelt. Die Tatsache, daß eine bestimmte Verfahrenskapazität in unterschiedlichen technologischen Einsatzvarianten wirksam werden kann, wird in einem Variantenvergleich dargelegt.

Literatur

- [1] Weber, H.; Rohde, M.: Einige Probleme der Wechselbeziehungen zwischen Einsatz und Instandhaltung von Maschinen in der Pflanzenproduktion. Dt. Agrartechnik 20 (1970) H. 7, S. 331—334.
- [2] Müller, M.: Technologische Umsetzung neuer biowissenschaftlicher Erkenntnisse. Vortrag auf der Wissenschaftlichen Tagung der Sektion Landtechnik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock 1977 (im Druck).
- [3] Rohde, M.; Mätzold, G.: Zur Ausnutzung der Zeitfonds beim Maschineneinsatz in der Pflanzenproduktion. agrartechnik 26 (1976) H. 8, S. 362—363.
- [4] Roth, H. A.; Anton, A.; Beyse, O.: Agrotechnische Zeitspannen und verfügbare Zeiten für die Feldwirtschaft. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1961.
- [5] Mätzold, G. u. a.: Zur Anwendung des Begriffes „Kapazität“ in der Wissenschaftsdisziplin Technologie. Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, math.-nat. Reihe 27 (1978) Heft in Vorbereitung.
- [6] Rohde, M.: Untersuchungen zur Verfügbarkeit landtechnischer Arbeitsmittel in der Pflanzenproduktion. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation 1975 (unveröffentlicht). A 1968

Folgende Fachzeitschriften der Elektrotechnik erscheinen im VEB Verlag Technik:
 Elektrik; der Elektro-Praktiker; Fernmeldetechnik; messen—steuern—regeln;
 Nachrichtentechnik—Elektronik; radio—fernsehen—elektronik