

# Zur Bewertung von Automatisierungslösungen beim Mähdrusch

Dr.-Ing. M. Zschoche, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben der AdL der DDR<sup>1)</sup>

## 1. Einleitung

Mit der Anwendung der Mikroelektronik in der Landwirtschaft bieten sich günstige Voraussetzungen für die Umsetzung von Automatisierungsvorhaben. Einen Schwerpunkt stellt dabei der Mähdrusch dar, da Witterungseinflüsse, hohe Investitionskosten für die Maschinen und die Bedeutung des Getreides eine hohe Effektivität erfordern. Theoretische technologisch-ökonomische Untersuchungen zum Einsatz von Automatisierungseinrichtungen beim Mähdrusch sind vor allem zur Abschätzung der zu erwartenden Vorteile und zur Festlegung von Entwicklungsschwerpunkten notwendig und eine Voraussetzung für weitere zielgerichtete Arbeiten.

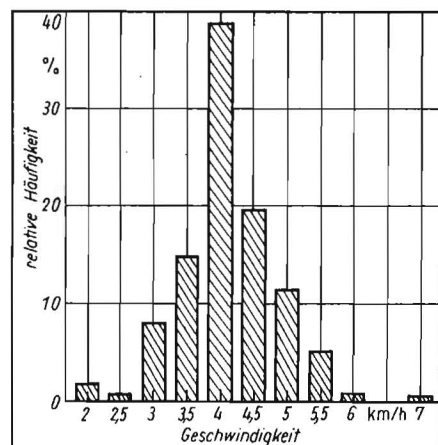
## 2. Ansatzpunkte für Automatisierungsvorhaben

Der Prozeßablauf beim Mähdrusch während einer Erntekampagne wird durch eine große Anzahl zum Teil stochastisch wirkender Faktoren bestimmt. Diese beeinflussen die Effektivität des Mähdreschereinsatzes teilweise negativ. Auf einige Ergebnisse der Analyse ausgewählter Prozeßzusammenhänge soll nachfolgend eingegangen werden.

Ein wesentliches Kriterium für die Effektivität des Maschineneinsatzes ist der erreichte Durchsatz in der Grundzeit  $T_1$ . Um einen bestimmten Durchsatzwert einzuhalten, muß der Mechanisator Ertrag und Arbeitsbreite erfassen und daraus die notwendige Arbeitsgeschwindigkeit ermitteln. Da der Ertrag nicht konstant ist und seine Größe sich visuell nur unzureichend erfassen läßt, entstehen dabei Probleme.

Praxisuntersuchungen ergaben, daß Geschwindigkeiten im Bereich um 4 km/h – unabhängig von den Erntebedingungen – be-

Bild 1. Häufigkeitsverteilung der ermittelten Arbeitsgeschwindigkeit beim Mähdrusch (Mähdrescher E516B, 1984, Standort Königswartha)



1) Der Beitrag basiert auf Arbeiten des Autors während seiner Tätigkeit an der TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

vorzugt werden (Bild 1). Das hat Auswirkungen auf den erreichten Durchsatz.

Ein zweites wesentliches Kriterium für einen effektiven Maschineneinsatz ist der Anteil der Hilfszeit  $T_2$  und der Zeit für die Beseitigung von Störungen  $T_4$  an der Produktionsarbeitszeit  $T_{04}$ . Der Anteil der Zeit für die Beseitigung von Störungen beträgt nach Degner [1] etwa 25% an der Produktionsarbeitszeit und ist nach der Grundzeit  $T_1$  ihr bedeutendster Anteil. Hauptverursacher ist die Baugruppe Schneidwerk mit 70% an der Zeit für die Beseitigung technologischer Störungen und 50% an der Zeit zur Beseitigung technischer Störungen während der möglichen Druschzeit. Mit einem letzten Beispiel soll auf die Minimierung der Gesamtverluste eingegangen werden, wie sie Feiffer [2] mit Hilfe manueller Methoden anstrebt. Sie erfordert die Bereitstellung und Verarbeitung großer Datenmengen und die Einbeziehung von Erfahrungen innerhalb kurzer Zeit. Manuell ist das nur eingeschränkt möglich.

Daraus leiten sich folgende Ansatzpunkte für Automatisierungsvorhaben ab:

- Regelung des Durchsatzes
- Automatisierung der Schneidwerkeinstellung zur Verhinderung von Störungen
- rechnergestützte Ermittlung von Einsatzvorgaben.

## 3. Modell zur Bewertung von Automatisierungslösungen

### 3.1. Überblick zum Modellaufbau

Für die Abschätzung des möglichen Nutzens zukünftiger Automatisierungslösungen sind Modelluntersuchungen notwendig. Als Grundlage für die Bewertung wurden die einheitlichen Kriterienkomplexe für Verfahrensvergleiche nach der Richtlinie [3] genutzt. Tafel 1 enthält eine Gegenüberstellung der Kriterienkomplexe mit den ausgewählten Kennwerten.

Tafel 1. Einheitliche Kriterienkomplexe für die Verfahrensbeurteilung und verwendete Kennwerte für das Berechnungsmodell nach [3]

Kriterienkomplex	verwendete Kennzahl
Ertrag und Qualität der Produkte	Höhe der Vorernte- und Dreschwerksverluste (%; kg/ha)
Bedarf an lebendiger Arbeit	Arbeitszeitbedarf (min/ha, h/ha)
Bedarf an vergegenständlicher Arbeit	Durchsatz (kg/s) DK-Verbrauch (l/ha)
Arbeits- und Lebensbedingungen	-
Kosten und finanzielle Ergebnisse	Verfahrenskosten (M/ha) Erlösminderung (M/ha)

Die Auswertung von Veröffentlichungen zur Bewertung von Automatisierungslösungen ergab, daß es z. Z. noch nicht möglich ist, automatisierungstypische Wirkungen, wie

veränderte Arbeitsinhalte oder die Verringerung der Belastung des Mechanisators, ökonomisch auszuweisen [4, 5].

Tafel 2 enthält eine Aufstellung der zugrunde gelegten Vergleichsbedingungen. Die Untersuchungen beziehen sich auf die Produktionsarbeitszeit  $T_{04}$  und wurden am Beispiel des Mähdreschers E516 B durchgeführt.

In Tafel 3 sind die variierbaren Eingangsgrößen und eine Auswahl der berechneten Kennwerte des Modells wiedergegeben.

### 3.2. Darstellung der Ergebnisse

Im Ergebnis des Modellaufbaus und dessen Testung erwies es sich als möglich, die Auswirkungen perspektivischer Automatisierungslösungen auf technologisch-ökonomische Kennwerte zu ermitteln, wenn erfaßbare Parameter, wie z. B. der Durchsatz, verändert werden. Folgende Größen bestimmen wesentlich die Ökonomie des Einsatzes:

- Durchsatz
- Höhe unproduktiver Teilzeiten
- Durchsatz-Verlust-Kennlinie
- spezifischer Kraftstoffverbrauch.

Am Beispiel der Ermittlung und Einhaltung optimaler Durchsätze soll näher auf die Ergebnisse eingegangen werden.

Der Gesamtdurchsatz wurde mit einer Schrittweite von 0,1 kg/s variiert. Im Bild 2 ist der Verlauf der Vorernte- und Dreschwerksverluste und deren Summe in Abhängigkeit vom Durchsatz dargestellt. Der Anstieg der Dreschwerksverluste mit größer werdendem Durchsatz wird durch die bei konstanter Erntefläche geringer werdenden Vorernteverluste bis zu einem Durchsatz von 10,4 kg/s ausgeglichen. Bei dieser Erhöhung des Durchsatzes entstehen Einsparungen an Dieselkraftstoff und an lebendiger Arbeit durch die Erhöhung der Flächenleistung (Tafel 4). Es wird deutlich, daß sich beträchtliche wirtschaftliche Vorteile erzielen lassen.

## 4. Möglichkeiten der Bestimmung und Einhaltung optimaler Durchsätze

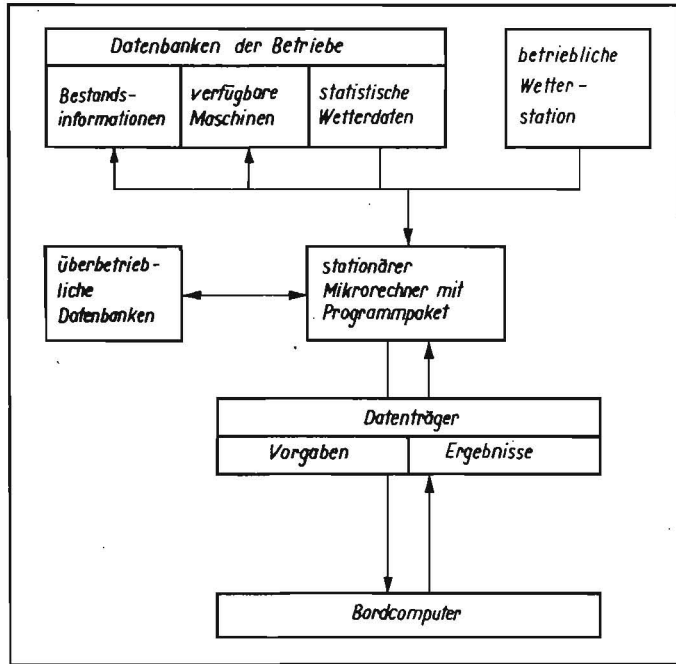
Von besonderer Bedeutung für die Bestimmung optimaler Durchsätze ist der Zusammenhang zwischen diesen und den davon abhängigen Verlustanteilen, wie Vorernte- und Dreschwerksverluste. Für seine Nutzung ist eine Reihe von Eingangsdaten notwendig, z. B.

- der zu erwartende Anstieg der Vorernteverluste in Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt
- die Höhe der Dreschwerksverluste bei unterschiedlichen Durchsätzen
- Angaben zu den Ernteflächen
- Informationen zum langjährigen und aktuellen Witterungsverlauf.

Im Bild 3 ist das aus Personal- und Bordcomputer bestehende System dargestellt, mit dem unter Nutzung verschiedener Datenbanken Vorgaben für die Bordcomputer der Einzelmaschinen berechnet werden. Der Bordcomputer hat die Vorgaben unter Berücksichtigung der aktuellen Feldbedingungen in Steuerbefehle umzusetzen und den Realisierungsgrad zu speichern. Entspre-

Tafel 2. Vergleichsbedingungen für das Berechnungsmodell

täglich mögliche Druschzeit	9 h			
jährliche Druschtage	20 d			
Anzahl der Mährescher	7			
Mähreschertyp	E 516 B			
Erntefläche je Jahr	2 400 ha			
Getreideart	Flächenanteil %	Kornanteil dt/ha	Stroh-ertrag dt/ha	tägliche Zunahme der Vorernteverluste %
Winterweizen	45	60	54	1,0
Winterroggen	10	45	63	1,0
Wintergerste	29	60	48	1,5
Sommergerste	16	50	35	1,5



Tafel 3. Variierbare Eingangsgrößen und berechnete Kennwerte des Modells

**Variierbare Eingangsgrößen:**

- Gesamtdurchsatz in der Grundzeit  $T_1$
- Summe aus Hilfszeit  $T_2$ , Zeit für Pflege und Wartung  $T_3$  und Zeit zur Beseitigung von Störungen  $T_4$
- Verlauf der Durchsatz-Verlust-Kennlinie
- tägliche Zunahme der Vorernteverluste
- maximale Motorleistung
- Arbeitsbreite

**Berechnete Kennwerte (Auswahl):**

- Arbeitszeitbedarf
- Flächenleistung
- erforderliche Motorleistung
- Dreschwerks- und Vorernteverluste
- Kraftstoffverbrauch
- Verfahrenskosten
- Erlösminderung durch Verluste

Tafel 4. Relative Einsparungen bei der Einhaltung optimaler Durchsätze (Modellrechnung)

lebendige Arbeit	14,5 %
Dieselmotorkraftstoff	9,8 %
Dreschwerks- und Vorernteverluste	8,8 %
Verfahrenskosten	1,5 %
Summe aus Verfahrenskosten und Erlösminderung durch Kornverluste	4,5 %

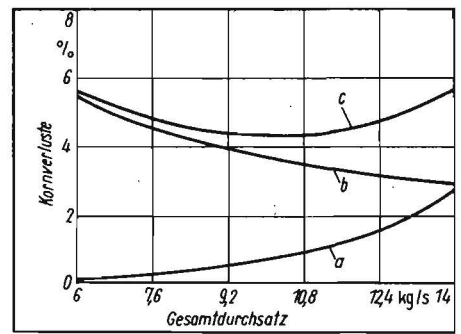
chend dem Niveau der genutzten Eingangsgrößen und ihrer Verrechnung ist eine differenzierte Ausschöpfung des maximal möglichen Nutzens möglich.

Für die Umsetzung der Vorgaben ist die Anpassung der Geschwindigkeit an den Ertrag notwendig, um einen bestimmten Wertebereich einzuhalten. Theoretisch sind dafür folgende Varianten denkbar:

1. die Geschwindigkeit ist konstant, ihr Betrag richtet sich nach dem Mittelwert des Ertrags
2. der Durchsatz ist konstant, die Geschwindigkeit stellt sich verzögerungsfrei nach dem wechselnden Ertrag ein
3. die Geschwindigkeit folgt der Ertragsänderung mit der Verzögerung einer Teilfläche
4. die Geschwindigkeit stellt sich entsprechend dem Ertrag der letzten 10 Teilflächen ein
5. die Geschwindigkeit stellt sich entsprechend dem Ertrag jeweils aller bereits ernteten Teilflächen ein.

Ausgehend von einer Normalverteilung des Ertrags und der Zerlegung der Erntefläche in

Bild 2. Abhängigkeit der Vorernte- und Dreschwerksverluste vom erreichten Durchsatz des Mähreschers (Modellrechnung, Winterweizen); a Dreschwerksverluste, b Vorernteverluste, c Summe aus Dreschwerks- und Vorernteverlusten



Tafel 5. Ergebnisse der Simulation verschiedener Varianten der Regelung des Durchsatzes

Variante	Dreschwerksverluste %	Variationskoeffizient des Durchsatzes %
1	0,95	18,0
2	0,77	0
3	1,88	26,5
4	0,99	18,7
5	0,96	18,3

Teile gleichen Ertrags erfolgte die Simulation der Ernte entsprechend den fünf aufgeführten Varianten.

Tafel 5 enthält eine Aufstellung der Simulationsergebnisse für die Berechnung auf der Grundlage der Durchsatz-Verlust-Kennlinie des Mähreschers E 516 B für Winterweizen [6] und bei einem Variationskoeffizienten von 18% für den Gesamtertrag. Die Varianten 1 und 2 stellen ideale Lösungen dar, sind praktisch aber kaum zu realisieren. Bei den Varianten 4 und 5 ist die Belastung des Mechanisators durch häufig wechselnde Geschwindigkeiten geringer, sie sind auch unter dem Gesichtspunkt des z. Z. gegebenen technischen Entwicklungsstandes umsetzbar.

### 5. Zusammenfassung

Die Automatisierung des Mähdrusches ist eine Möglichkeit zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Maschineneinsatzes. Durch Ermittlung und Einhaltung optimaler Durchsätze sind wesentliche technologisch-ökonomische Effekte erreichbar. Zur Realisierung sind Systeme stationärer und mobiler Mikrorechner notwendig. Für die Umsetzung von Einsatzvorgaben über die Regelung des Durchsatzes werden verschiedene Varianten vorgeschlagen.

### Literatur

- [1] Degner, J.: Technologische Untersuchungen zum effektiven Einsatz des Mähreschers E 516. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Forschungsbericht 1982.
- [2] Feiffer, P.: Prozeßoptimierung in der Getreideernte. Marktleberberg: agrabuch 1982.
- [3] Autorenkollektiv: Richtlinie mit methodischen Empfehlungen für die Beurteilung von Verfahren der Pflanzen- und Tierproduktion. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, Arbeitsmaterial 1982.
- [4] Autorenkollektiv: Ökonomie der Automatisierung. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1985.
- [5] Pleschak, F.: Erfassung und Gestaltung ökonomischer Wirkungen der Automatisierung. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden, Naturwissenschaftliche Reihe, Dresden 33 (1984) 5, S. 45-47.
- [6] Rüniger, H.; Shorny, M.: Mährescher E 516. Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim/Staatliche Prüfstelle für Land- und Forstmaschinen der ČSSR Prag-Řeppý, Gemeinsamer Prüfbericht 1976. A 5669