

Energetische Bezugspunkte zur automatischen Prozeßführung in der Getreideernte

Dozent Dr. sc. techn. W. Große, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Forstwirtschaft Tharandt¹⁾

1. Problemstellung

Das Führen von Produktionsprozessen ist eine grundlegende technologische Aufgabe. Dabei wird die Einhaltung des vorgeschriebenen technologischen Ablaufs kontrolliert. Im Bedarfsfall sind Korrekturen so vorzunehmen, daß der gewünschte Prozeßablauf wieder erreicht wird. Gezielte Eingriffe in den technologischen Prozeßablauf verlangen Kenntnis zur Art der Verknüpfung zwischen Prozeßeingangs-, Prozeßausgangs- und Störgrößen. Die Komplexität der Zusammenhänge ist i. allg. ohne rechen-technische Unterstützung nicht zu beherrschen. Effektiver werden technologische Abläufe deshalb zukünftig durch die rechnergestützte Prozeßführung gestaltet. Die dafür erforderlichen mathematischen Zusammenhänge zwischen den Prozeßgrößen stehen gegenwärtig allerdings nur lückenhaft zur Verfügung. Ansätze zur Prozeßoptimierung im Mähdrusch [1] wiesen dies gleichermaßen aus wie Arbeiten zur Optimierung energetischer Aufwendungen in der Pflanzenproduktion [2]. Neben dem weiteren Forschen nach den funktionalen Verknüpfungen von Prozeßparametern ist deshalb der Erarbeitung rechnergestützter technologischer Entscheidungshilfen entsprechendes Augenmerk zu widmen.

2. Führungsgrößen

im technologischen Prozeß

Die Führung des technologischen Prozesses erfolgt nach Kriterien, die den Gebrauchswert des Verfahrens bestimmen. Dabei ist anlehnend an Formen der Bewertung nach Müller [3] das differenzierte Wichten einzelner Gebrauchseigenschaften je nach gesellschaftlichem Erfordernis möglich.

Führungsgrößen können folgende Ziel- und Bewertungskriterien eines Verfahrens sein:

- erzeugte Gebrauchswerte (erzeugte Produkte, qualitativ und quantitativ)
- eingesetzte Gebrauchswerte (Rohstoffe, Werkstoffe, Energie, Arbeitsmittel)
- Aufwand an lebendiger Arbeit
- Ergonomie
- Umweltbeeinflussung
- finanzielle Kennwerte.

In Tafel 1 sind ausgewählte Prozeßgrößen der Getreideernte, untergliedert in Eingangsgrößen, Ausgangsgrößen und Störgrößen, aufgeführt. Unter Kenntnis der Verknüpfung innerhalb des ablaufenden Prozesses wird mit gezielter Veränderung der Eingangsgrößen der Prozeßablauf gesteuert. Analog sind Einflüsse der Störgrößen auf das Prozeßergebnis zu kompensieren.

Probleme der technologischen Prozeßführung sind einerseits die ausreichend genaue Beschreibung des Verlaufs der Prozeßausgangsgrößen bei Veränderung der Eingangsgrößen; zum anderen müssen die Erwartungswerte des zeitlichen Verlaufs der Stör-

größen und ihre Wirkung auf den Prozeßausgang gleichermaßen bekannt sein. Eine vereinfachte mathematische Beschreibung des Mähdreschers als prozeßbestimmendes Arbeitsmittel hinsichtlich der Abhängigkeit Aufwand-Ergebnis ist schon möglich. So erlaubt die Kenntnis der Durchsatz-Verlust-Kennlinie eines Mähdreschers, Entscheidungen für den Maschineneinsatz aus den zu erwartenden Dreschwerksverlusten abzuleiten. Verlustprüfung während des Mähdrusches und daraus abgeleitete Veränderungen der Maschineneinstellung sind erste Schritte der Prozeßführung. Weitaus schwieriger ist es, die momentane Bestandssituation vor dem Mähdrescher zu erfassen und daraus Steuergrößen abzuleiten. Bisher kann der Pflanzenbestand nur ungenügend beschrieben werden. Das betrifft die statistisch gesicherten Aussagen zur Variabilität von Pflanzen, Erträgen und Stoffkennwerten innerhalb eines Bestands. Die Entwicklung der Vorernteverluste in Abhängigkeit von Sorte, Standort und Witterung ist gegenwärtig mit mathematischen Methoden ebenfalls noch nicht darzustellen. Statistisch gesicherte Witterungsvorhersagen und die daraus resultierenden Veränderungen landwirtschaftlicher Stoffkennwerte bilden das zentrale Problem für die Realisierung der technologischen Prozeßführung.

Um trotz der bestehenden Wissenslücken im Sinne der Aufgabenstellung einen entsprechenden Vorlauf zu schaffen, ist das Nutzen begründeter Schätzwerte erforderlich.

3. Zielgrößen bei der Prozeßführung nach energetischer Effektivität

Die energetische Effektivität eines Verfahrens als Gebrauchseigenschaft wird durch steigende Forderungen nach rationellem Energieeinsatz hervorgehoben. Für die rechnergestützte technologische Prozeßführung sollen deshalb die energetischen Bezugspunkte als eine Führungsmöglichkeit dargestellt werden.

Bei der Prozeßführung nach energetischen Gesichtspunkten sind nachfolgende Betrachtungsweisen möglich:

Erstens:

Die Summe aller Energieaufwandsformen zur Produktion eines definierten Endprodukts soll minimal sein, d. h.

$$E_1 + E_2 + \dots + E_n \rightarrow \text{Min.}$$

$$\Sigma E_{\text{input}} \rightarrow \text{Min.}; E_{\text{output}} = \text{const.}$$

Zweitens:

Die Differenz zwischen Energieoutput und Energieinput soll möglichst groß sein, d. h.

$$\Sigma E_{\text{output}} - \Sigma E_{\text{input}} \rightarrow \text{Max.}$$

Tafel 1. Ausgewählte Prozeßgrößen der Getreideernte

Prozeßeingangsgrößen	Störgrößen	Prozeßausgangsgrößen
- Pflanzenbestand vor der Ernte	- Witterung	- Erträge
- technische Arbeitsmittel	- Verfügbarkeit der Arbeitsmittel	- abgeerntete Fläche
- Arbeitskräfte	- subjektiver Faktor	- Ernteverluste
- natürliche Produktionsbedingungen		

In der ersten Variante wird bei feststehendem Produktionsergebnis des Prozesses technologisch dahingehend gewirkt, daß die unterschiedlichen Energieformen sowie energetisch-relevante Aufwendungen durch ihren optimalen Anteil in der Energiebilanz zum Minimum der Summe beitragen. Der Vorteil dieser Methode liegt im eindeutig festgelegten und damit konstanten Produktionsergebnis nach Menge und Qualität. Alle Veränderungen von Prozeßeingangsgrößen sind diesem Ziel untergeordnet.

Für den zweiten Betrachtungsfall ist die größere Komplexität charakteristisch. Durch Einbeziehen von Produktionsergebnis nach Menge und Qualität in die veränderlichen Größen kann der Produktionsprozeß mit größerer Dynamik geführt werden. Allerdings sind zur Sicherung der gesellschaftlichen Planaufgaben untere Grenzwerte für die Prozeßausgangsgrößen vorzugeben. Sie vermeiden, daß die Minimierung der Energieaufwendungen zur Unterschreitung des Mindestergebnisses führt. Gleichfalls wird damit verhindert, daß die Erhöhung des Anteils von Koppelprodukten, wie z. B. Stroh, in der Energiebilanz ein unzulässiges Reduzieren des Hauptprodukts Korn zur Folge hat.

Mit diesen erforderlichen Einschränkungen wird auch nach der zweiten Betrachtungsweise das Ziel der Prozeßführung vorrangig im Minimieren aller Energieaufwandsformen bestehen. Ernteverluste werden als Energieabgang in der Aufwandsbilanz mit erfaßt. Innerhalb eines Prozesses wirken die verschiedenen energetischen Aufwendungen je nach Anwendungsumfang unterschiedlich intensiv auf das Produktionsergebnis. Allgemein ist die Tendenz zu erkennen, daß bis zu einem bestimmten Anwendungsumfang die Energiebilanz zunächst sehr deutlich, danach nur noch wenig verbessert werden kann. Um die Prozeßführung nach energetischer Effektivität zu ermöglichen, müssen für alle energetisch relevanten Aufwendungen Abhängigkeiten bestimmt werden, die den Grad der energetischen Umsetzung im Prozeß bei unterschiedlich hohem Einsatz widerspiegeln. Aus dieser Kenntnis lassen sich für die jeweiligen Prozeßabschnitte optimale Energieaufwandsanteile bestimmen.

4. Ansatzpunkte rechnergestützter Prozeßführung in der Getreideernte nach energetischen Aspekten

Das Führen eines Prozesses nach energetischen Aspekten erfordert bestimmte Voraussetzungen:

- Zunächst ist allen energetisch-relevanten Prozeßgrößen ein entsprechendes Energieäquivalent zuzuordnen.

¹⁾ Wesentliche Teile der Arbeit entstanden während der Tätigkeit des Autors an der Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik der TU Dresden

Tafel 2. Energiegehalt (Primärenergie) ausgewählter Prozeßgrößen der Getreideernte

Ernteprodukte	Bruttoenergie	vergegenständlichte Energie	Summe (energetisches Äquivalent)
Korn (geerntet)	16,3 GJ/t	3,5 GJ/t	19,8 GJ/t
Stroh (geerntet)	15,8 GJ/t	0,9 GJ/t	16,7 GJ/t
<i>landt. Arbeitsmittel</i>		energetisches Äquivalent	
Herstellung		85 GJ/t	
Instandhaltung		15 GJ/t · a	
<i>Konservierung</i>		energetisches Äquivalent	
Heißlufttrocknung		5,3 GJ/t H ₂ O-Entzug	

- Die Äquivalente müssen ein vergleichbares energetisches Niveau haben. Bewährt hat sich dafür die Niveaustufe „Primärenergie“.
- Zu ermitteln sind weiterhin die funktionellen Beziehungen zwischen Prozeßeingangs- und Prozeßausgangsgrößen. Dadurch wird die gezielte Steuerung des Prozesses möglich.
- Den Prozeßablauf beeinflussende Störgrößen sind analog in ihrer energetischen Wirkung zu formulieren. Der Veränderung des Prozeßergebnisses durch die Störgrößen wird mit einer entsprechenden Abwandlung der Prozeßeingangsgrößen entgegengewirkt.

Der Stand der Grundlagen und einige Ansatzpunkte rechnergestützter Prozeßführung in der Getreideernte sollen im weiteren skizziert werden. In Tafel 2 sind die energetischen Äquivalente einiger Prozeßgrößen der Getreideernte zusammengestellt. Für Korn und Stroh als Zielgrößen eines solchen Prozesses ergibt sich das Äquivalent aus dem Brennwert der organischen Substanz, dem Bruttoenergiegehalt. Hinzu kommen die energetischen Aufwendungen, die zur Produktion notwendig waren und im Produkt vergegenständlicht sind. Stroh als Koppelprodukt wird erst vom Abschnitt Strohernte an mit vergegenständlichtem Energieaufwand belastet. Vorangegangene Aufwendungen sind dem Hauptprodukt zugeordnet. Während sich so der Energiegehalt bei Korn um rd. 20% auf 19,8 MJ/kg erhöht, beträgt der zusätzliche vergegenständlichte Energiegehalt bei Stroh aus o. a. methodischem Vorgehen nur 6%.

Vorernteverluste, die in die Energiebilanz als Energieabgang einfließen, werden mit diesem energetischen Äquivalent berücksichtigt. Ihre Entwicklung vom Eintritt der Mähdruschreife an ist stark witterungsabhängig und wurde bisher noch nicht ausreichend untersucht. Zunächst wird deshalb auf den von Pugatschew [4] veröffentlichten Zusammenhang zurückgegriffen, der zu gegebener Zeit durch DDR-Forschungsergebnisse präzisiert werden muß.

Das energetische Äquivalent für landtechnische Arbeitsmittel setzt sich aus dem Herstellungsaufwand und dem Aufwand für Instandhaltung zusammen. Auf der Grundlage von Untersuchungen an FORT-SCHRITT-Mähdruschern wurden die angegebenen Werte bestimmt. Sie liegen in der Größenordnung der in FAO-Materialien benutzten Äquivalente und werden vorerst auf alle landtechnischen Arbeitsmittel übertragen. Aus dem jährlichen Leistungsumfang sowie aus der Nutzungsdauer der Maschinen ist der jeweils auf das Produkt übertra-

gene vergegenständlichte Energieaufwand zu bestimmen.

Ein Qualitätsmerkmal, das weitere energetische Aufwendungen regelt, ist die Kornfeuchte. Für die nachfolgende Konservierung des Kornes entfällt der wesentliche Anteil auf die Heißlufttrocknung. Je Tonne zu verdampfenden Wassers sind 5,3 GJ Primärenergie aufzuwenden. Der in den Trocknungsanlagen vergegenständlichte Energiegehalt liegt unter 2% des Gesamtaufwands im Trocknungsprozeß und wird deshalb vernachlässigt.

Wichtigste Einflußgröße auf die Kornfeuchte ist die relative Luftfeuchte. Untersuchungsergebnisse zeigen, daß die Kornfeuchte ähnlich der relativen Luftfeuchte im Tagesgang von 8 bis 22 Uhr näherungsweise parabolisch verläuft. Der Wendepunkt beider Funktionen über dem Tagesverlauf stimmt etwa überein und liegt im Raum Dresden bei 16 Uhr Sommerzeit.

Während meteorologische Datenreihen über hinreichend lange Zeitdauer für eine statistische Aufbereitung vorliegen, ist die Reaktion landwirtschaftlicher Stoffe auf Witterungsfaktoren noch nicht exakt darzustellen. Vorerst werden zur Abhängigkeit Luftfeuchte-Kornfeuchte lineare Regressionsfunktionen benutzt, die auf den Sorptionsisothermen von Korn basieren.

Damit sind einige der anfangs dargestellten Prozeßgrößen mit ihrem Einfluß auf die Ener-

giebilanz aufgeführt. Nachstehend folgen Überlegungen zu den methodischen Ansatzpunkten einer rechnergestützten Prozeßführung.

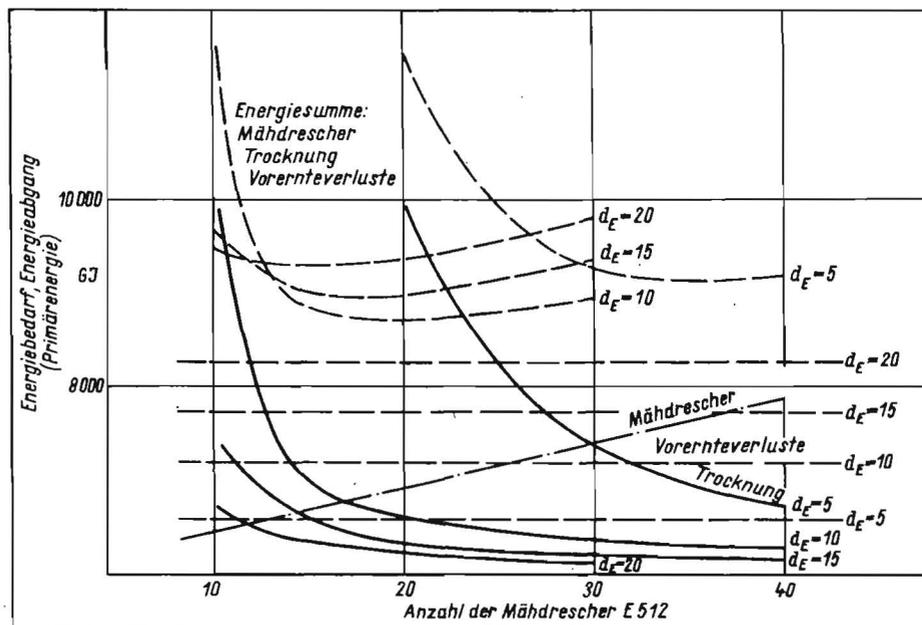
Ausgangspunkt für die rechnergestützte technologische Prozeßführung ist ein technologisches Projekt. Die darin festgelegten Zielgrößen ergeben unter Beachtung der betriebswirtschaftlichen Randbedingungen u. a. folgende technologische Parameter:

- Maschinenbesatz
- Bedarf an Arbeitskräften
- tägliche Einsatzzeit sowie Mähdruschzeit-spanne
- energetischer Trocknungsbedarf.

Wird der technologische Prozeß mit diesen Parametern geführt und bleiben alle Prozeßgrößen konstant bzw. verändern sich entsprechend dem Prozeßablauf, so ergeben sich auch die Prozeßausgangsgrößen in der gewünschten Form. Im realen Ablauf greifen jedoch Störgrößen stochastisch in den Prozeß ein und verlangen eine entsprechende Reaktion.

Der Witterungsverlauf ist für alle Verfahren der Pflanzenproduktion die dominierende Störgröße. Das Mähdruschverfahren wird erheblich von dem in der Erntezeitspanne herrschenden Witterungsablauf bestimmt. Bei der Getreideernte wird nach Eintritt der Mähdruschreife die tägliche Einsatzzeit durch Kornfeuchtwerte oberhalb 22% eingeeengt. Wichtigste meteorologische Einflußgröße ist die relative Luftfeuchte. Sie bestimmt mit entsprechenden Andauerzeiten unter 70% über die Möglichkeit des Mähdrusches. Das Überschreiten von Kornfeuchtwertengrenzwerten engt die tägliche Mähdruschzeit ein und erhöht zusätzlich durch witterungsbedingte Ausfalltage die Erntezeitspanne. Statistisch gesicherte Vorhersagen des Witterungsverlaufs - im Prozeß Mähdrusch vor allem der relativen Luftfeuchte - sind somit Grundlage zur Erarbeitung des technologischen Projekts. Ausgehend von der Eintrittswahrscheinlichkeit sind zugleich Reaktionsmöglichkeiten für die Prozeßführung bei Nichteintreten auszuweisen. Im allgemeinen wird extremen Abweichungen des

Bild 1. Energiebilanz Mähdrusch - Körnertrocknung bei variabler Erntezeitspanne; Getreideerntefläche 1200 ha, vergegenständlichter Energiegehalt je Mähdrusch E 512 $e_{E512} = 117 \text{ GJ/a}$ (Herstellung, Instandhaltung, Nutzungsdauer 12 Jahre, 75% der jährlichen Einsatzzeit im betriebseigenen Getreidemähdrusch), Erntezeitspanne $d_E = 5, 10, 15, 20$ Tage



Witterungsverlauf durch Veränderungen im Mährescherbesatz, z. B. durch gegenseitige Hilfe der Betriebe oder Verlängerung der täglichen Einsatzzeit bzw. Ausdehnung der Erntezeitspanne, entgegengewirkt.

Energetische Konsequenzen haben diese Maßnahmen sowohl aus der Sicht des Trocknungsaufwands als auch wegen des Energieabgangs durch Vorernteverluste. Im Bild 1 ist diese Verknüpfung für einen Beispielbetrieb mit 1200 ha Getreideanbaufläche vereinfacht dargestellt. Energieaufwand für Mährescher und Körnertrocknung sowie Energieabgang durch Vorernteverluste sind über der vorhandenen Anzahl Mährescher aufgetragen. Für die Funktion des Tagesganges der relativen Luftfeuchte und der daraus resultierenden Kornfeuchte wurden Untersuchungsergebnisse aus dem Raum Dresden verwendet. Die Entwicklung der Vorernteverluste nach Eintritt der Mähdruschzeitspanne wurde von Pugatschew [4] übernommen. Während vorangegangene Betrachtungen zum energetisch günstigsten Mährescherbesatz lediglich zwei energetische Prozeßgrößen – Mährescher und Körnertrocknung – berücksichtigten, sind in dieser Darstellung unterschiedliche Erntezeitspannen und die daraus resultierenden Vorernteverluste als weitere Prozeßgrößen hinzugezogen worden. Die Vorernteverluste wurden mit dem eingangs dargestellten Energieäquivalent berücksichtigt. Eine analytische Darstellung der Verknüpfung aller wesentlichen Prozeßgrößen mit der Angabe von Extremwerten ist nur rechnergestützt möglich. Sie bildet aber die Grundlage für das Ableiten operativer Entscheidungen nach der Zielfunktion der Prozeßführung.

Die vereinfachte grafische Darstellung weist neben dem für diese Flächengröße günstigen

gen Mährescherbesatz noch den Einfluß der Erntezeitspanne auf die Energiebilanz aus. Danach sinkt der Gesamtenergieaufwand bei Reduzierung der Erntezeitspanne bis auf etwa 10 Tage und steigt danach wieder an. Daraus ist zu schlußfolgern, daß der energetisch günstigste Mährescherbesatz bei 6 Stunden täglicher Einsatzzeit und 10 Tagen Erntezeitspanne zu weniger als 80 ha je Mährescher tendiert.

Für die rechnergestützte Prozeßführung bilden diese Ansätze Möglichkeiten, aus energetischer Sicht zweckmäßige Entscheidungen im Prozeßverlauf zu treffen. So lassen witterungsbedingte Störungen im Prozeßablauf Entscheidungen zu, mit welcher Veränderung eine möglichst hohe energetische Effektivität gewahrt bleibt.

Analog zu der hier dargestellten Betrachtung aus volkswirtschaftlicher Sicht sind ebenfalls rechnergestützte Modelle auf der Basis des Betriebs denkbar. Generell sollte aber der Vorzug rechnergestützter Ingenieurarbeit bei der Prozeßführung dazu dienen, die gesamtgesellschaftlich effektivste Lösung zu finden und einzusetzen.

5. Schlußfolgerungen

Energetische Bilanzen haben aus volkswirtschaftlicher Sicht große Bedeutung bei der rechnergestützten Prozeßführung. Aufbauend auf einer betrieblichen Datenbank für einzelne Produktionsprozesse sind in der Phase der technologischen Projektierung statistische Vorhersagen der Störgrößen des Prozesses zu berücksichtigen. Abweichungen im Prozeßverlauf, die aus dem Vergleich zwischen aktuellen Werten und Vorhersagewerten der Störeinflüsse deutlich werden, ist durch entsprechende Korrekturen von Prozeßgrößen entgegenzuwirken. Schwer-

punkte der weiteren Forschungsarbeit sind dabei:

- Aufbau geeigneter Datenbanksysteme für alle wesentlichen Prozeßgrößen
- verstärkte Untersuchung zum Verhalten landwirtschaftlicher Stoffkennwerte in Abhängigkeit von meteorologischen Einflüssen
- interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Wissenschaftszweige bei der Ermittlung funktioneller Zusammenhänge zu Ursache-Wirkung-Komplexen in den Prozessen der Pflanzenproduktion.

Literatur

- [1] Algenstaedt, K.; Feiffer, P.: Wertung der 84er Getreideernte mit Schlußfolgerungen für 1985. Getreidewirtschaft, Berlin 19 (1985) 1, S. 18–20.
- [2] Große, W.: Optimierung energetischer Aufwendungen in der Pflanzenproduktion – dargestellt am Beispiel Mähdrusch – Getreidetrocknung. Technische Universität Dresden, Fakultät für Maschinenwesen, Dissertation B 1984.
- [3] Müller, M.: Technologische Grundlagen für die industriemäßige Pflanzenproduktion. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1980.
- [4] Pugatschew, A.: Einfluß biologischer und anderer Faktoren auf die Höhe der Körnerverluste bei der Getreideernte. Internationale Zeitschrift der Landwirtschaft, Moskau/Berlin 26 (1982) 5, S. 500–501.

A 4787

Theoretische und experimentelle Analyse des Mähdruschprozesses als Grundlage der automatischen Prozeßführung

Dr.-Ing. G. Bernhardt, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Krafffahrzeug-, Land- und Fördertechnik

Verwendete Formelzeichen

a, b	Koeffizienten
b_s	Arbeitsbreite des Schneidwerks
E_{spez}	spezifischer Energieverbrauch
F_L	Flächenleistung in ha/h
K	Korn-Stroh-Verhältnis
K_V	spezifische Verfahrenskosten
\dot{q}	Gesamtdurchsatz in kg/s
\dot{q}_K	Korndurchsatz in kg/s
\dot{q}_S	Strohdurchsatz in kg/s
s'	Fahrgeschwindigkeit in m/s
V_A	Ausdruschverluste in kg/m ² oder kg/s
V_{ges}	Gesamtverluste in kg/m ² oder kg/s
V_{st}	Schüttlerverluste in kg/m ² oder kg/s
V_R	Reinigungsverluste in %
V_s	Schneidwerksverluste in %
V_U	Verluste durch Undichtheiten in kg/m ² oder kg/s
ρ	Bestandsdichte in kg/m ²

1. Zielstellung

Mit der raschen Weiterentwicklung der mikroelektronischen Schaltkreise und ihrem sinnvollen Einsatz im Maschinenbau haben sich Technologien herausgebildet, die eine wesentliche Effektivitätssteigerung bei sin-

kendem Energie- und Materialbedarf zur Folge haben, wobei Arbeitskräfte freigesetzt werden. Mit dem weiteren Sinken der Kosten für mikroelektronische Schaltkreise wird ihr Einsatz im Maschinenbau weiter zunehmen. International zeigt sich, daß durch das sinnvolle Anwenden der Mikroelektronik die Prozeßabläufe in den Maschinen, die gesamte Maschine oder das Maschinensystem gesteuert werden können.

Einige Prototypen fahrerloser Mährescher sind aus der Literatur bekannt. Die dabei vorhandenen Vorteile und Probleme werden in der Fachliteratur immer wieder diskutiert. Dabei sind gegenwärtig zwei Schwerpunkte erkennbar:

- Die Prozeßabläufe sind in ihrer Gesamtheit nicht ausreichend erforscht, um zielgerichtet eine Automatisierung vornehmen zu können.
- Für die den Prozeßablauf störenden Größen reicht die Genauigkeit der Sensoren nicht aus, oder es gibt noch keine Senso-

ren für die Größen, die den Prozeßablauf maßgeblich beeinflussen.

Unter Beachtung der Hauptforderung – Senkung der Verfahrenskosten bei gleichzeitiger Steigerung der Arbeitsproduktivität – lassen sich folgende Zielkriterien formulieren:

1. Flächenleistung F_L (in ha/h) → Maximum
 2. Gesamtverluste V_{ges} (in kg/m² oder kg/s) → Minimum
 3. spezifischer Energieverbrauch E_{spez} (verbrauchter Kraftstoff/Masse des geernteten Getreides) → Minimum
 4. spezifische Verfahrenskosten K_V (Kosten/Masse des geernteten Getreides) → Minimum
 5. Verbesserung der Ergonomie.
- Neben diesen aufgeführten Zielkriterien existieren noch weitere Faktoren, die sie beeinflussen, wie die Zuverlässigkeit und die Senkung der Zeiten für technische und funktionelle Störungen.

Bei der Erfüllung der Zielkriterien ist darauf zu achten, daß die Qualität des geernteten