

Marcel Wiesehoff, Bochum, und Javier Fernández Soriano, Madrid

# Leistungssteigerung durch automatische Durchsatzregelung und Parallelführung beim Mähdrusch

*Mit dem Ziel der optimalen Auslastung des Mähdreschers sowie Entlastung des Fahrers bei variierenden Erträgen und Guteigenschaften wurden in den letzten Jahren verschiedene Regelsysteme in der Praxis eingeführt. Je nach System ist eine unterschiedlich hohe Leistungssteigerung durch die automatische Durchsatzregelung und Parallelführung zu erreichen, wobei die Schlag- und Erntebedingungen sowie die Fähigkeit des Fahrers das Ergebnis wesentlich beeinflussen. In einem Fallbeispiel wurde das Potenzial beider Regelsysteme untersucht und die weiteren Einflussgrößen betrachtet.*

Dr. Marcel Wiesehoff ist Geschäftsführer der ZIMBO Farm GmbH & Co. KG sowie ZIMBO Farm S.R.L. (Rumänien), Wasserstraße 223, 44799 Bochum; e-mail: [marcel.wiesehoff@zimbo.de](mailto:marcel.wiesehoff@zimbo.de). Javier Fernández Soriano ist Student an der polytechnischen Universität Madrid, Fachgebiet Agrartechnik. Die Messungen wurden während der Tätigkeit der Autoren für die John Deere Werke Zweibrücken, AMS, durchgeführt. Der vorliegende Beitrag ist Prof. Dr. Karlheinz Köller anlässlich seines 60sten Geburtstages gewidmet.

## Schlüsselwörter

Mähdrescher, Durchsatzregelung, Parallelführung

## Keywords

Combine, throughput control, parallel guidance

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 06601 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Bei sämtlichen verfügbaren Durchsatzregelungen wird nach der Kalibrierung des maßgeblich optimalen Betriebspunktes der Durchsatz indirekt gemessen und die Fahrgeschwindigkeit entsprechend variiert. Dabei unterscheiden sich die Herstellersysteme in den Einflussparametern sowie in der Kombination mehrerer Sensoren [1]. Die Firma AGCO bietet ein System für Mähdrescher der Marken Fendt und Massey Ferguson an, bei dem die Dreschtrommelbelastung als Parameter in die Berechnung der Fahrgeschwindigkeit einbezogen wird. Bei Mähdreschern der Firma John Deere werden sowohl die Dreschtrommel- oder Rotorbelastung als auch die Motorauslastung berücksichtigt. Optional kann das Verlustniveau als zusätzlicher Parameter einberechnet werden. Um eine im Dreschprozess frühe Erkennung der Durchsatzveränderung zu erreichen, misst die Firma Claas die Schichthöhe des Erntegutes im Schrägförderer und bezieht auch die Belastung der Dreschtrommel mit in die Berechnung ein. Grundsätzlich soll ein gleichmäßiger Gutfluss erreicht werden, jedoch können die angebotenen Systeme bislang nur reagieren und nicht vorausschauend – basierend auf Ertragsdaten der Nachbarspuren – die Fahrgeschwindigkeit anpassen [2]. Die Genauigkeit und Praxis-tauglichkeit wird hauptsächlich von der Qualität der Messwerte und den entsprechenden Filtern sowie Algorithmen bestimmt, die wiederum in Abhängigkeit von den Erntebedingungen wie Fruchtart, Feuchte oder Homogenität des Bestandes unterschiedlich sind.

Seit mehreren Jahren sind für Reihenfrüchte an Erntevorsätzen beim Mähdrescher und Feldhäcksler mechanische Sensoren verfügbar. Dabei wird in einem be-

stimmten Geschwindigkeitsbereich das Fahrzeug entlang einer Reihe automatisch gelenkt. Des Weiteren sind für den Mähdrusch optoelektronische Systeme (Laser) verfügbar, bei denen der Mähdrescher ebenfalls entlang einer Bestandskante automatisch geführt wird. Als universell einsetzbares System bieten nahezu alle Mähdrescherhersteller (d)-GPS Lösungen an, bei denen das Fahrzeug nach Anlegen einer ersten Referenzspur in parallelen Bahnen automatisch gelenkt wird. Diese parallelen Bahnen können auch ein Vielfaches der eingegebenen Schneidwerksbreite sein, unabhängig vom Bestand und je nach Ausführung in Geraden und Kurven. Neben den Maschineneigenschaften und der Bodenbeschaffenheit ist die Genauigkeit dieser Lenksysteme im Wesentlichen vom verwendeten (d)-GPS Empfänger und den Korrektursignalen abhängig. Während RTK Systeme eine absolute Genauigkeit von +/- 2 cm erreichen, kann mit Satellitenkorrekturdiensten und Zweifrequenzempfängern eine Genauigkeit von 5 bis 10 cm Spur-zu-Spur und mit Einfrequenzempfängern eine Genauigkeit von 15 bis 30 cm Spur-zu-Spur erzielt werden [3]. Zudem sind unterschiedliche Kombinationen von Korrekturdienst und verwendetem (d)-GPS Empfänger möglich, für den Mähdrusch sind jedoch Genauigkeiten von 5 bis 10 cm zu empfehlen.

## Fallbeispiel

Dem Fahrereinfluss kommt in Feldversuchen eine hohe Bedeutung zu, da sich die Effizienzsteigerungen durch die Systeme vor allem über einen langen Zeitraum betrachtet einstellen. Dementsprechend sollte der Versuchsschlag ausreichend groß gewählt wer-

Tab. 1: Effizienz der verschiedenen Systeme ohne Berücksichtigung der Neben- und Wartezeiten sowie Ertragsunterschiede im Vergleich zur manuellen Parzelle

Table 1: Efficiency of the different systems without considering inefficient times as well as yield differences, compared to the manually controlled harvest

	Manuell [%]	HS [%]	AT [%]	HS + AT [%]
Flächenleistung (ha/h)	0	3,0	14,3	16,2
Durchsatz (t/h)	0	7,8	3,4	23,2
Ertragsunterschied	0	4,4	-12,2	3,4

den. Des Weiteren sind die Homogenität des Bestandes, konstante Erntebedingungen und eine zeitnahe Durchführung der Messungen wesentlich.

Im August 2005 wurden in der Magdeburger Börde Feldversuche mit der Fruchtart Winterweizen durchgeführt, um die Effizienz der automatischen Durchsatzregelung und Parallelführung separat und gemeinsam aktiviert zu ermitteln. Der dazu eingesetzte Mährescher John Deere 9780i CTS mit 7,60 m Schneidwerksbreite war ausgestattet mit dem Durchsatzregelsystem „Harvest Smart“ sowie dem automatischen Lenksystem „AutoTrac“ mit Zweifrequenzempfänger „StarFire iTC“ der Firma John Deere und dem eigenen Satellitenkorrektursignal „SF2“ mit einer angegebenen Genauigkeit von +/- 5 cm Spur-zu-Spur. Zunächst wurden auf einem 60 ha großen Schlag vier verschiedene Parzellen angelegt, wobei die Außenkanten durch das Lenksystem parallel zueinander, aber kein Vielfaches der Schneidwerksbreite waren, sondern zufällig angeschnitten wurden. Die Erträge variierten in den zwischen 9,7 bis 14,7 ha großen Parzellen um 16,6 %. Sämtliche Stand-, Wende- und Entladezeiten wurden manuell und elektronisch erfasst, ebenso wurden kontinuierlich die Verluste manuell ermittelt. Das Getreide wurde für jede Parzelle separat gewogen und die Feuchte von nahezu jeder Tankladung bestimmt. Neben der Rotorbelastung war das Verlustniveau der ausschlaggebende Parameter für die Regelung der Fahrgeschwindigkeit. Eine Kalibrierung der Durchsatzregelung erfolgte unmittelbar vor den Versuchen, die ermittelten Einstellwerte für die Verlustsensoren, der Rotor- und der Fahrgeschwindigkeitsbereich blieben während der gesamten Versuchsdauer konstant. Der Mährescher wurde bereits in der zweiten Ernte eingesetzt und hatte in der laufenden Ernte etwa 15 Druschtage absolviert, so dass die Bedienperson des Betriebes bereits umfangreiche Erfahrung aufweisen konnte. Die vier Parzellen wurden wie folgt an zwei Tagen unterschiedlich bearbeitet:

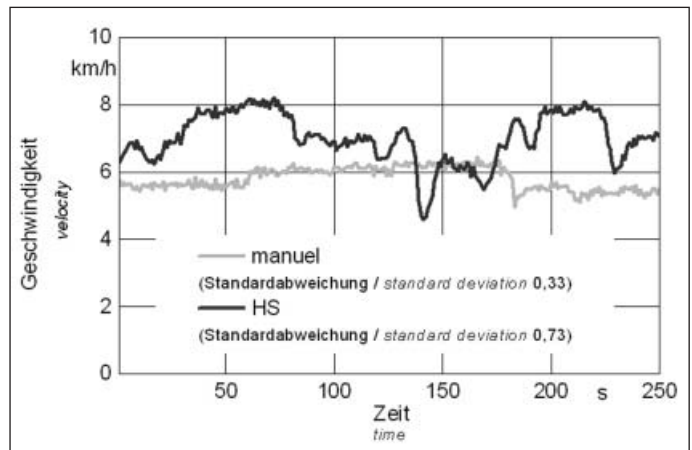
1. automatische Lenkung aktiviert und manuelle Regelung der Fahrgeschwindigkeit (AT)
2. manuelle Lenkung und Regelung der Fahrgeschwindigkeit (manuell)
3. automatische Lenkung und Durchsatzregelung (AT und HS)
4. manuelle Lenkung und automatische Durchsatzregelung (HS)

## Ergebnisse

Die in den vier Parzellen gemessenen Verluste wiesen durchschnittlich einen Wert zwischen 0,4 und 0,8 % auf, die Feuchte va-

Bild 1: Fahrgeschwindigkeit bei manueller und aktivierter Durchsatzregelung

Fig. 1: Velocity with manual and activated throughput control



rierte zwischen 13,5 und 15,5 %. Um die Systeme zu vergleichen, wurde die Flächenleistung und der Durchsatz pro Stunde zur manuellen Referenzparzelle berechnet (Tab. 1). Dabei konnte die Flächenleistung mit automatischem Lenksystem und manueller Geschwindigkeitsregelung um 14,3 % erhöht werden, jedoch war der Ertragsunterschied in den zwei Parzellen 12,2 % höher zugunsten der automatischen Lenkung. Trotzdem konnte auch der Durchsatz geringfügig gesteigert werden. Im Vergleich zur manuellen Führung war der Ertragsunterschied bei der aktivierten Durchsatzregelung nur 4,4 % und der Durchsatz konnte um 7,8 % erhöht werden, weniger die Flächenleistung. Mit aktivierter Durchsatzregelung und automatischem Lenksystem konnte bei lediglich 3,4 % Ertragsunterschied zwischen den Parzellen eine höhere Flächenleistung von 16,2 % sowie ein gesteigerter Durchsatz von 23,2 % erreicht werden.

Während mit dem automatischen Lenksystem insbesondere die Flächenleistung und geringfügig auch der Durchsatz erhöht werden konnte, wird mit der Durchsatzregelung vielmehr die Leistung in t/h erhöht, weniger die Flächenleistung. In der Tendenz konnte unter den Versuchsbedingungen die Effizienz beim Mähdrusch stärker mit dem automatischem Lenksystem gesteigert werden. Dennoch wurde mit beiden Systemen eine deutlich höhere Ernteleistung erzielt. Eine nochmals größere Flächenleistung und Durchsatz wurden mit beiden gleichzeitig aktivierten Systemen erreicht. Im Verhältnis zum einzeln aktivierten System unter Berücksichtigung der Ertragsunterschiede wurde eine Mehrleistung im zweistelligen Prozentbereich gemessen. Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Nebenzeiten nicht berücksichtigt wurden. Da mit dem automatischem Lenksystem andere Fahrstrategien möglich sind, werden die ermittelten Ergebnisse bei Betrachtung sämtlicher Zeiten nicht unbedingt niedriger sein.

Bei dem Vergleich der Fahrgeschwindigkeit zwischen der manuellen und durchsatzabhängigen automatischen Regelung wird

die Anpassung an den wechselnden Bestand deutlich (Bild 1). Die Werte bei der Durchsatzregelung weisen hohe Schwankungen auf, da der Mährescher basierend auf den Messwerten der Sensoren und den Gegebenheiten die Fahrgeschwindigkeit stetig anpasst. Nach Berechnung der Standardabweichung der Geschwindigkeitswerte ergab sich ein mehr als doppelt so hoher Wert bei der aktivierten Durchsatzregelung. Bei der manuellen Bedienung zeigte sich hingegen eine konstante Geschwindigkeit, die in allen Fahrspuren erkennbar war. Im Durchschnitt lag die Geschwindigkeit bei vergleichbarem Ertragsniveau bei der Durchsatzregelung höher, da auch die Flächenleistung entsprechend anstieg. Ebenso ist erkennbar, dass sich nach Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit bei der manuellen Regelung nur langsam wieder eine Steigerung einstellt. Zwar kann dies im Einzelfall viele Gründe haben, konnte tendenziell aber bei der Betrachtung sämtlicher Fahrspuren bestätigt werden.

## Fazit

Die Automatisierung der Ernte mit Durchsatzregelung und automatischem Lenksystem entlastet den Fahrer deutlich, dabei ist für die Einstellung und effiziente Handhabung ein gutes Verständnis der Systeme notwendig. Für die Durchsatzregelung sind eine optimale Kalibrierung des Systems sowie die Relevanz und Funktionssicherheit der Sensoren essentiell. Die gemessenen Ergebnisse unter idealen Versuchsbedingungen zeigen ein großes Leistungspotenzial beider Systeme. Besonders der gleichzeitige Einsatz von Durchsatzregelung und automatischem Lenksystem wies die höchsten Messwerte auf. Dabei ist eine deutlich höhere Effizienzsteigerung des automatischem Lenksystems erst in Langzeitmessungen zu erwarten, da der Einfluss der Fahrerermüdung sowie nachlassende Konzentration erst dann relevant werden.