

Eberhard Nacke, Harsewinkel

# Ein Simulationsmodell zur Analyse der Einsatz- und Leistungsparameter von Erntemaschinen

Die weitere Kostensenkung im Ernteverfahren Mähdrusch durch Erhöhung der Leistungskapazität von Mähdreschern erfordert einen immer höheren Aufwand. In der Praxis ermittelte Feldwirkungsgrade zwischen 50 und 65% weisen auf eine Vielzahl weiterer Optimierungsparameter für die Gesamtwirtschaftlichkeit des Mähdreschereinsatzes hin. Mit Hilfe eines Simulationsmodells können eine große Zahl von Stellgliedern auf ihre ökonomische Relevanz hin untersucht werden. Neue Entwicklungen in der Datenerfassung und -übertragung wie Telematics ermöglichen eine deutlich verbesserte Datenqualität der Eingangsvariablen. Das Modell der Verfahrenskette Mähdrusch zeigt Probleme und Potenziale einer optimalen Abstimmung der einzelnen Prozessglieder der Kette auf.

Dr. Eberhard Nacke leitet den Bereich Produktstrategie der CLAAS KGaA, Harsewinkel; e-mail: [Nacke@claas.com](mailto:Nacke@claas.com)

## Schlüsselwörter

Simulation, Kalkulation, Mähdrescher, Wirtschaftlichkeit

## Keywords

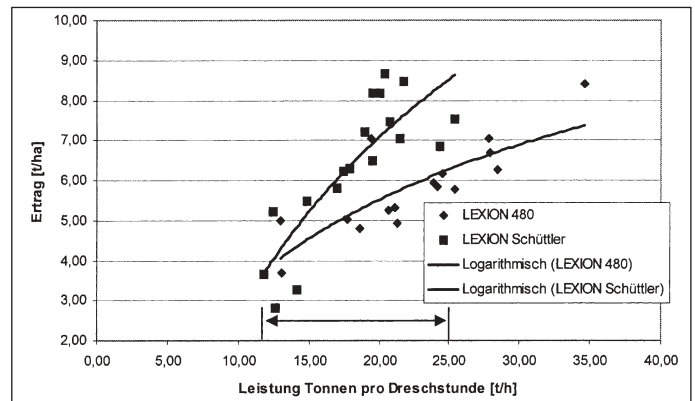
Simulation, calculation, combine harvester, economic efficiency

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH23 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Bild 1: Online-Bordbuchauswertung von 24 Mähdreschern

Fig. 1: Online logbook evaluation of 24 combines



Die Entwicklung von Landmaschinen konzentrierte sich in den letzten Dekaden in erster Linie auf die Erhöhung des Leistungspotenzials sowie die Verbesserung von Arbeitsbedingungen und -qualität. So stieg das durchschnittlich verkaufte Leistungspotenzial bei Mähdreschern in Europa in den letzten zehn Jahren um rund 3% pro Jahr. Noch dynamischer entwickelte sich das Leistungspotenzial der jeweiligen Spitzenmodelle einzelner Hersteller. Als Spot-Leistung unter optimalen Bedingungen wurde 2006 in Großbritannien mit dem LEXION 600 ein Korndurchsatz von mehr als 100 t/h gemessen.

Aus Kundensicht entscheidend für Kapazitätsplanung und Wirtschaftlichkeit sind jedoch nicht die auf einer 100 m Messstrecke ermittelten NKB- oder Korndurchsätze, sondern die real auf dem Einzelbetrieb erzielbaren Tages- und Kampagneleistungen und deren Wirtschaftlichkeitskennzahlen.

Produktplanung für Neu- und Weiterentwicklungen von Erntemaschinen sollte daher primär von der Fragestellung ausgehen, wie Wirtschaftlichkeit und effektiv erreichte Leistungen der Ernteprozesskette verbessert werden können. Allein die weitere Erhöhung des technischen Leistungspotenzials ist dabei nicht zwangsläufig der optimale Weg.

Simulationsmodelle bieten grundsätzlich die Möglichkeit, die relevanten Stellgrößen für die Optimierung der Ernteprozesskette zu identifizieren. Die Relevanz früherer Modellansätze scheiterte jedoch häufig an der Datenqualität und dem hohen Programmieraufwand.

## Kalkulations- und Beratungsmodell Mähdrescher

In der Industrie ist die Betriebsdatenerfassung (BDE) ein Standardinstrument zur Erfolgskontrolle und Generierung von Planungsdaten. Auch der Landwirtschaft stehen heute zunehmend Möglichkeiten zur Verfügung, Prozessdaten ihrer Produktionsverfahren abzuspeichern und zielgerichtet auszuwerten. Eine entscheidende Weiterentwicklung der summarischen Darstellung in Schlagkarteen bietet die georeferenzierte Zuordnung aller Prozesse zu einer beliebigen Teilfläche. Moderne Sensorik ermöglicht neben der Erfassung und Zuordnung von Ausbringungs- und Erntemengen auch die differenzierte Erfassung und Zuordnung der Betriebsdaten von Arbeitsmaschinen.

Kalkulationsdaten zur Betriebsplanung konnten früher nur durch aufwändige Arbeitszeit- und Leistungsmessungen erhoben werden und die veröffentlichten Anhaltswerte beruhten zwangsläufig meist auf einer sehr begrenzten Datenbasis. Auf Seiten der Wissenschaft wurde der Generierung von Planungsdaten im Pflanzenbau in den vergangenen Jahrzehnten zunehmend weniger Interesse entgegengebracht und kaum Basisarbeit betrieben. Die veröffentlichten Kalkulationsdaten für den Maschineneinsatz in der Landwirtschaft werden daher teilweise nur noch als unzureichende Fortschreibungen alter Daten wahrgenommen.

Mit der Verfügbarkeit neuer Sensoren zur Erfassung managementrelevanter Daten wie Flächenleistungen, Durchsatzleistungen, Einsatzzeiten oder Erntegutparameter ergeben sich Möglichkeiten, die Datenbasis auf

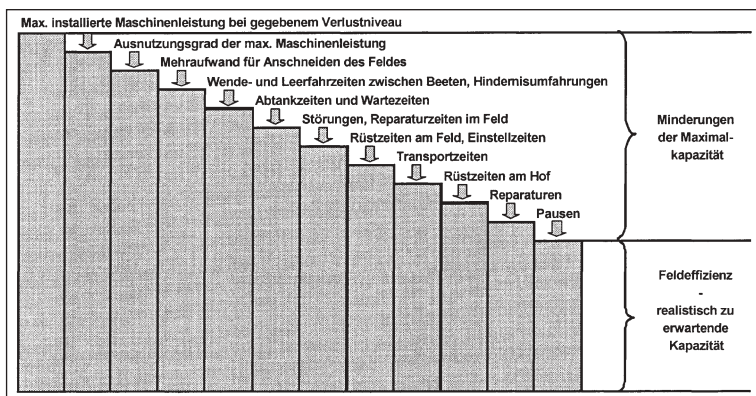


Bild 2: Vorschlag zur Gliederung effizienzbeeinflussender Parameter

Fig. 2: Proposal for classification of efficiency-influencing parameters

eine qualitativ neue Ebene zu heben. Georeferenzierung und Vernetzung mit anderen, für die individuelle Teilfläche verfügbaren Daten ermöglichen weitergehende Interpretationsmöglichkeiten gemessener Daten, die letztlich in eine deutlich verbesserte Datenqualität münden könnten.

Einen weiteren Quantensprung in der Datenerfassung eröffnet die Telematics-Entwicklung. Telematics bietet die Möglichkeit, sich durch die Nutzung von Telekommunikationsdiensten extern in das Bordinformationssystem einer Maschine „einzuwählen“ und zeitnah aktuelle Positions-, Einstellungs- und Leistungsparameter zu überwachen. Ebenso können die realen Prozessdaten der letzten Stunden oder Tage auf einem Server gespeichert werden, auf die dann jederzeit über einen sicheren Zugriff im Internet zurückgegriffen werden kann.

Weiterhin können über Telematics kritische Zustände einzelner Elemente wie Drücke, Temperaturen oder Füllstände überwacht werden. Damit ergeben sich vielfältige Ansätze, das gesamte Ernteprozessmanagement zu optimieren.

- Durch Beobachtung und Vergleich von Einstellungen und Leistungen verschiedener Maschinen kann der Betriebsleiter oder ein „Supervisor“ wertvolle Hinweise zur Verbesserung von Maschineneinstellungen geben und somit zu einer besseren Ausnutzung des Leistungspotenzials beitragen.
- In vielen Betrieben wird ein erheblicher Teil der Kapazitäten einer Erntekette nicht ausgenutzt, da die einzelnen Maschinen nicht optimal aufeinander abgestimmt sind und so erhebliche Wartezeiten entstehen. Durch die zeitnahe Auswertung von Telematics-Daten lassen sich Ernte- und Einsatzleistungen und einzelne Komponenten der Logistikkette zeitnah optimieren.
- Die Nutzung von Telematics zur Fernüberwachung von Betriebszuständen, Füllständen oder Temperaturen einzelner Aggregate kann präventiv Schäden und Einsatzausfälle vermeiden helfen. Sollte es trotzdem zu Betriebsausfällen gekommen sein, ist die Werkstatt oder ein Kundendienstmonteur in der Lage, durch die Analyse relevanter Einsatz- und Messdaten eine Ferndiagnose vorzunehmen und sich bereits vor dem eigentlichen Besuch der Maschine mit den notwendigen Ersatzteilen oder Fach-

kenntnissen auszustatten. Die Höhe der tatsächlichen Ausfallzeit einer Maschine lässt sich somit je nach Schadensfall deutlich verkürzen.

- Insbesondere für Mietmaschinen oder auch für Großbetriebe im Osten spielt die Fähigkeit zum „Global Fencing“ eine nicht unbedeutende Rolle. Mit Hilfe von Telematics kann man nicht nur erfassen, ob und wie Maschinen arbeiten, sondern auch wo. Somit kann sichergestellt werden, dass ein Fahrzeug sich auch tatsächlich auf dem für seinen Einsatz geplanten Territorium bewegt.
- Neben weiteren Möglichkeiten zum Maschinenmanagement und zur Effizienzsteigerung bietet Telematics letztlich auch hervorragende Möglichkeiten zur kontextbezogenen Datenerfassung für Kalkulations- und Planungszwecke.

Die verbesserte Datenverfügbarkeit wird auch individuellen Modellen für Großinvestitionsprojekte neue Möglichkeiten eröffnen. Simulationsmodelle, die die wesentlichen leistungs- und kostenbestimmenden Parameter abbilden, erschließen dem Produktplaner andererseits ebenso wesentliche Erkenntnisse über sinnvolle Ansätze und Stellgrößen bei Neu- und Weiterentwicklungen.

Online-Erfassungen des Ausnutzungsgrades der technisch installierten Maximalleistung von Mähdruschern zeigen, dass Praxisleistungen baugleicher Maschinen um bis zu 100% variieren (Bild 1).

Das für Maschinenentwickler wichtige „Installierte Leistungspotenzial“ eignet sich daher für reale Kapazitätsplanungen nicht. Der effektiv erreichte Wirkungsgrad hängt von einer Vielzahl von betriebs- und fahrspezifischen

Bild 3: Kalkulationsergebnisse com.ec-on

Fig. 3: Calculation results of „com.ec-on“

Theoretische (max.) Flächenleistung	ha/h	4,47
Zu erwartende Flächenleistung	ha/MDh	2,92
Wirkungsgrad (tatsächliche Flächenleistung/Motor-h)		65,4%
Kampagneleistung in Tonnen	t/a	6.052
Kampagneleistung in Hektar	ha/Jahr	672
Feste Kosten insgesamt	€/Jahr	€ 40.260
Veränderliche Kosten insgesamt	€/Jahr	€ 16.872
Gesamtkosten pro Tonne	€/t	€ 9,44
Gesamtkosten pro Hektar	€/ha	€ 84,90
Gesamtkosten pro Jahr	€/Jahr	€ 57.132
Erzielbarer Erlös / Hektar	€/ha	€ 95,00
Umsatz	€/Jahr	€ 63.880
Jahresüberschuss Mähdrusch / Hektar	€/ha	€ 10,04
Jahresüberschuss Mähdrusch	€/Jahr	€ 6.748
Return on Investment (ROI)	%	3,1%

Variablen ab, von denen sich viele über Telematics leicht erfassen lassen.

Zur Beurteilung der Relevanz unterschiedlicher Parameter auf die Effizienz und zur Identifikation wichtiger Stellgrößen für die Weiterentwicklung wird bei CLAAS das Simulationsmodell com.econ (combine economics) entwickelt, mit dem sich die Einsatzbedingungen beim Mähdrusch und der Einfluss einer Veränderung wichtiger Parameter auf die Wirtschaftlichkeit leicht analysieren lassen. Die einzelnen Komponenten des Modells sind angelehnt an gängige Kostenkalkulationen in der Landwirtschaft. Die in Westdeutschland übliche Arbeitszeitgliederung des KTBL in Gesamtzeit, Grundzeit, Hauptzeit und Nebenzeit sollte zur Beurteilung der Effizienz von Verfahren und zur Identifizierung von Stellgrößen mit Potenzial weiter unterteilt werden. Ergänzend zu der aus den USA bekannten Arbeitszeitgliederung in Bild 2 sollte berücksichtigt werden, dass kaum ein Fahrer eine Maschine über einen Arbeitstag ohne zusätzliche Hilfsmittel ständig an der technischen Kapazitätsgrenze fahren kann. Daher sollte zusätzlich die Variable „Ausnutzungsgrad der maximalen Maschinenleistung“ Berücksichtigung finden (Bild 2).

### Analyse kostenrelevanter Parameter

Als Ergebnis werden verschiedene Effizienz- und Wirtschaftlichkeitskennzahlen ausgewiesen, die eine Analyse der Gesamtwirtschaftlichkeit einer Investition und einen Vergleich der relativen Vorzüglichkeit von Verfahrensalternativen erlauben (Bild 3).

Insgesamt stehen 44 Variable zur Verfügung, an Hand derer durch systematische Iteration Stellgrößen zukünftiger Weiterentwicklungen eingeordnet und gewichtet werden können.

Die Simulation realer Druschverhältnisse auf Basis einzelbetrieblicher Werte und Daten, die über Telematics erfasst wurden, unterlegt die Aussage, dass im größten Teil der Betriebe nur eine Feldeffizienz von 50 bis 65% erreicht wird.