

# Optoelektronische Sensoren zur Online-Messung der Saatstärke bei der Drillsaat

*Um wegentkoppelte Dosierantriebe für Drillmaschinen realisieren zu können, muss der Sollwert der Aussaatmenge durch Sensoren kontrolliert werden. Die zurzeit zur Verfügung stehenden optoelektronischen Sensoren sind nicht in der Lage, den Körnerstrom ausreichend genau zu erfassen. Auch für Verfahren zur Fehlerkorrektur reicht die Messgenauigkeit nicht aus. Veränderte Einbauorte der Sensoren wie auch Entwicklungen aus der Automatisierungstechnik könnten zu einer Problemlösung führen.*

Dipl.-Ing. sc. agr. Benjamin Schutte ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion mit Grundlagen der Landtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.D. Kutzbach) Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart, e-mail: [bschutte@uni-hohenheim.de](mailto:bschutte@uni-hohenheim.de)

Dipl.-Ing. sc. agr. Marcel Wiesehoff ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik in den Tropen und Subtropen, Fachgebiet Mechanisierung und Bewässerung (Leiter: Prof. Dr. K. Köller), Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart, e-mail: [wiesehoff@ats.uni-hohenheim.de](mailto:wiesehoff@ats.uni-hohenheim.de)

## Schlüsselwörter

Drillmaschine, Aussaatmenge, Sensoren

## Keywords

Seed drill, seed rate, sensors

Während bei der Einzelkornsaat die Kornanzahl pro Flächeneinheit genau eingestellt und eingehalten werden kann, ist bei der Drillsaat die Volumendosierung des Saatgutes üblich, was eine Überprüfung der Aussaatmenge mittels Abdreprobe notwendig macht. Aktuelle, wegentkoppelte Dosierantriebe für Drillmaschinen und die damit realisierbare teilflächenspezifische Aussaat von Getreide, Raps und Leguminosen ermöglichen eine Veränderung der Aussaatmenge während des Sävorgangs. Zur Kontrolle des Istwertes der Aussaatmenge sind Sensoren wünschenswert, die eine Online-Messung der Kornanzahl ermöglichen.

Durch den Abgleich von Soll- und Istwert der Saatstärke kann ein Regelkreis für die Aussaatmenge implementiert werden, der die Abdreprobe erübrigt und die Präzision dieses Säverfahrens deutlich erhöht. Als vielversprechendes Verfahren kommt die optoelektronische Erfassung passierender Körner in der Saatleitung mit Lichtschranken in Betracht. Auf dem Markt erhältliche optoelektronische Sensoren und Prototypen wurden an der Universität Hohenheim bezüglich ihrer Messgenauigkeit vergleichend überprüft und bewertet.

## Anforderungen an Sensoren

Um eine genaue Messung der aktuellen Aussaatmenge durchzuführen, sollte nicht indirekt durch das Gewicht oder das Volumen

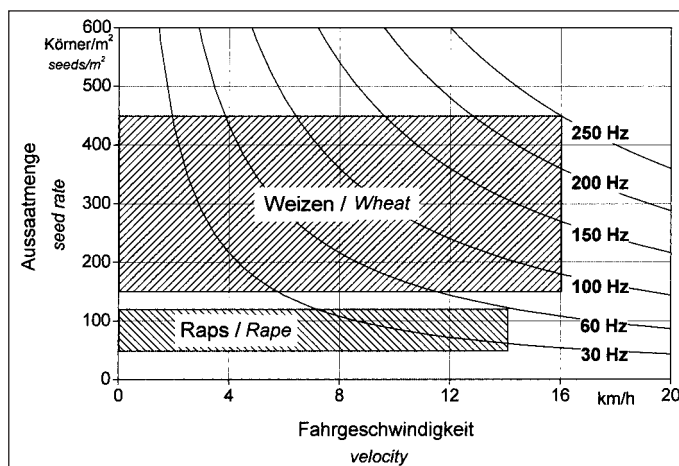
auf die Saatgutmenge geschlossen werden, da hier aufgrund verschiedener Einflüsse hohe Abweichungen entstehen können. Vielmehr ist eine exakte Bestimmung der passierenden Kornanzahl pro Zeiteinheit ohne die Unsicherheitsfaktoren eines veränderlichen Tausendkorngewichtes, wechselnder Saatguldichte und der Dosierungenauigkeiten durchzuführen. Sollen einzelne Körner in der Saatleitung mit optoelektronischen Sensoren erfasst werden, ist mit einer Beeinflussung der Messgenauigkeit durch die Samen-größe, die Anzahl der passierenden Körner pro Zeiteinheit (Kornfrequenz) und die Gleichmäßigkeit der Kornfolge zu rechnen [1]. Die Messung sollte insbesondere bei pneumatischen Drillmaschinen ohne Eingriff in den Saatgutstrom berührungslos erfolgen.

In einer einzelnen Saatleitung kann die Kornfrequenz für verschiedene Saatgutarten nach Bild 1 abgeleitet werden. Die dargestellten Linien gleicher Kornfrequenz ermöglichen eine Zuordnung der auftretenden Kornfrequenz über die Aussaatmenge pro  $m^2$  und der Fahrgeschwindigkeit bei fixem Scharabstand von 12,5 cm.

Bei der Getreideaussaat treten Kornfrequenzen von annähernd 250 Hz auf, wobei für Raps weniger die Frequenz, sondern die Größe des Saatgutes als begrenzender Faktor bei der Erkennung durch optoelektronische Sensoren angenommen werden kann. Größere Saatgutarten wie Erbsen und Acker-

Bild 1: Kornfrequenz in einer Saatleitung in Abhängigkeit von Fahrgeschwindigkeit und Aussaatmenge

Fig. 1: Grain frequency in a seed tube depending on driving speed and seed rate



bohnen stellen geringe Anforderungen an die Erkennung, da hier auch die Kornfrequenz sehr gering ist. Eine zuverlässige Erfassung des Saatgutes muss auch bei einer großen Ungleichmäßigkeit der Kornfolge möglich sein, wie es bei den meisten Drillmaschinen der Fall ist [2]. Der tolerierbare Messfehler wurde festgelegt auf einen Maximalwert von 5%, um eine verlässliche Regelgenauigkeit unter Praxisbedingungen zu garantieren.

### Messverfahren

Neben einer handelsüblichen Gabellichtschranke mit mehreren parallelen Strahlengängen, wie sie in der Industrietechnik eingesetzt wird, wurden zwei Sensoren zur Erfassung des Saatgutstromes in der Saatleitung verwendet. Beide Sensoren wiesen jeweils drei Infrarotdioden/-Empfängerpaare auf, wobei als zusätzliches Messinstrument der „OptosensorMatrix190“ der Universität Hohenheim eingesetzt wurde, dessen Einsatzgebiet jedoch üblicherweise in der Messung der Qualität der Kornlängsverteilung bei der Drillsaat liegt [3]. Dieser Sensor weist durch eine alternierende Anordnung der Sender-/Empfängerpaare einen engen Abstand der Strahlengänge zueinander auf und erlaubt eine Einzelabfrage der Empfänger innerhalb des Messfensters.

Um eine exakte Zuordnung des Messfehlers zur Saatgutart und der Kornfrequenz liefern zu können, wurden die Sensoren in zwei verschiedenen Versuchsaufbauten auch bei sehr geringen Kornfrequenzen untersucht. Als Dosiereinrichtung für sehr geringe Kornfrequenzen bis 20 Hz wurde ein Körnerzählgerät eingesetzt. Für höhere Kornfrequenzen und Kornfolgen wurde eine Sämaschinenodosierung in einem stationären Versuchsaufbau genutzt. Bei den Messungen fand in beiden Versuchsaufbauten eine vergleichende Betrachtung der Sensoren mit gleichem Körnerstrom statt. Die Gesamtmenge der passierenden Körner innerhalb einer Messung wurde sowohl manuell als auch mit einem Körnerzählgerät überprüft. Neben der Zuhilfenahme des Dosierorgans des Körnerzählgerätes wurde dieses nach ersten Untersuchungen als Referenz verwendet, da bis zu einer gewissen einstellbaren Dosierfrequenz bei sauberem Saatgut kein Messfehler beobachtet wurde.

### Ergebnisse

Die Abhängigkeit des Messfehlers der Sensoren von der Kornfrequenz und der Saatgutgröße konnte in den durchgeführten Versuchen bestätigt werden. Da ausschließlich weniger Körner erfasst wurden, als die Sensoren tatsächlich passierten, trägt der Mess-

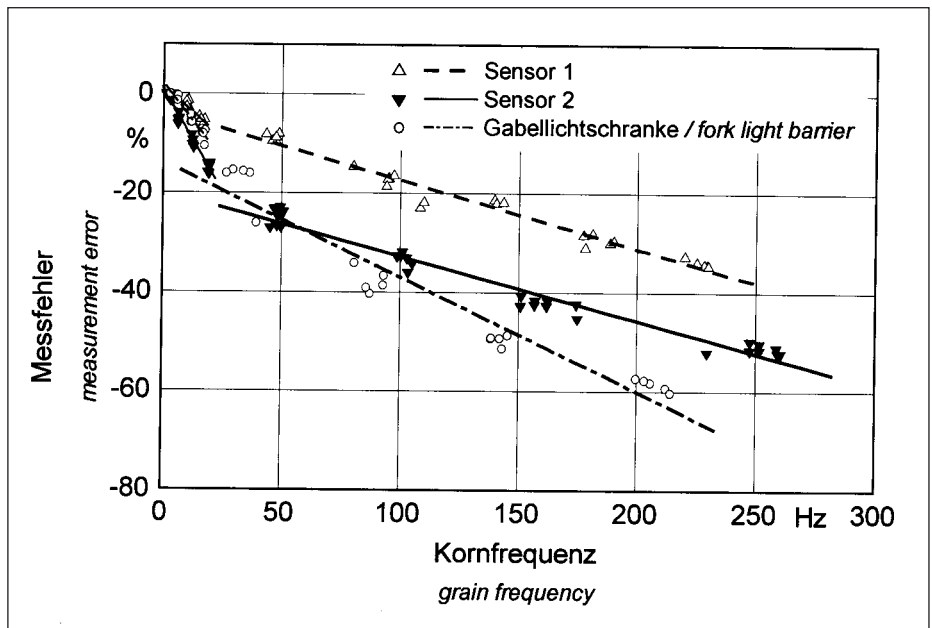


Bild 2: Messfehler der getesteten Sensoren bei ansteigender Kornfrequenz bei Weizen

Fig. 2: Measurement error of tested sensors at rising grain frequency of wheat

fehler hier ein negatives Vorzeichen (Bild 2).

Ein verhältnismäßig starker Anstieg des Messfehlers bei niedrigen Kornfrequenzen bis 20 Hz ist auf die Dosierung des Saatgutes mit dem Körnerzählgerät zurückzuführen. Mit zunehmender Kornfrequenz erzeugte das Körnerzählgerät eine ungleichmäßigere Kornfolge, was eine überproportionale Verringerung der Messgenauigkeit mit der ansteigenden Kornfrequenz bedingt. Bei der Saatgutabgabe mit einer herkömmlichen Sämaschinenodosierung war ausschließlich der Einfluss einer steigenden Kornfrequenz auf den Messfehler zu beobachten, da die Zusammensetzung der Kornfolge über alle Frequenzbereiche annähernd gleich ist. Bei den drei getesteten Sensoren konnte keine ausreichende Messgenauigkeit erzielt werden, um einen Einsatz in der Saatleitung zur Aussaatmengenerfassung zu ermöglichen. In Messungen mit Raps konnten trotz der deutlich gesenkten Kornfrequenz von maximal 80 Hz nur geringfügig bessere Messwerte gewonnen werden. Trotz der geringen Messgenauigkeit der Sensoren legt die Abhängigkeit des Messfehlers von der linearen Kornfrequenz die Anwendung eines Verfahrens zur Fehlerkorrektur nahe, wobei sich hier Kalibrierkurven aus den Messergebnissen ableiten lassen. Dennoch kann in diesem Fall ein solches Verfahren nicht empfohlen werden, da für jeden Sensor, für jedes Saatgut und für sämtliche Sämaschinen jeweils aufwendige Kalibrierkurven gewonnen werden müssten. Ferner kann das Ziel der Messung der Kornfrequenz als nicht erreicht angesehen werden, wenn ein Anteil von mehr als

20% der gewonnenen Werte lediglich auf einer Schätzung beruht.

### Fazit

Derzeit erhältliche optoelektronische Sensoren sind nicht in der Lage, den Körnerstrom zur Aussaatmengenkontrolle ausreichend genau zu erfassen. Auch die Anwendung von Verfahren zur Fehlerkorrektur erfordert noch eine erheblich bessere Messgenauigkeit. Die Möglichkeit zur Verbesserung der Genauigkeit von optoelektronischen Sensoren sollte geprüft werden. Mit einer Einzelabfrage der Sender-/Empfängerpaare kann die Messgenauigkeit von Mehrstrahlenlichtschranken erhöht werden, wie es der OptosensorMatrix190 aufweist. Neben Überlegungen zu anderen Einbauorten innerhalb der Sämaschine sollte der Blick bei der Entwicklung eines solchen Saatmengenerfassungssensors auch auf andere Bereiche wie etwa die Automatisierungstechnik in der Industrie, gerichtet sein, wo zum Teil sehr ähnliche Lösungen in der Prozesssteuerung bereits realisiert sind.

### Literatur

- [1] Griepentrog, H.W.: Saatgutzuteilung von Raps. Dissertation, Universität Kiel, 1994
- [2] Müller, J.: Visualisierung, Evaluierung und Optimierung der Kornablage bei der Drillsaat. Habilitationsschrift, Universität Hohenheim, 1999
- [3] Müller, J., C. Kleinknecht und K. Köller: Online Messung der Kornabstände bei Drillmaschinen. Tagung Landtechnik, Münster, 2000, S. 249-254