

Hermann J. Heege, Kiel, und Benedikt Feldhaus, Gießen

Samen zählen

Regelung nach Samenzahlen bei Drillmaschinen

Die Einstellung und Kontrolle von Sägeräten nach Samenzahl je Flächeneinheit mit Hilfe optischer Sensoren ist nur bei Einzelkornablage üblich. Bei Sämaschinen mit Volumendosierung dagegen ermöglicht die ungleichmäßige Samenfolge bisher keine präzisen Signale der optischen Sensoren. Es wird gezeigt, daß bei diesen Geräten dann die genaue Samenzahl erfaßt werden kann, wenn der Sensor nur die größeren Samenabstände mißt. Zu diesem Zweck wird im Programm des Regelcomputers berücksichtigt, daß die Samenabstände in der Säleitung einer Exponentialverteilung entsprechen. Die darauf basierende teilflächenspezifische Regelung von Drillmaschinen wird behandelt.

Der Pflanzenbau definiert die Saatmenge durch die Samenzahl je Flächeneinheit. Die Landwirte hingegen stellen die Drillmaschinen nach Saatmasse in kg/ha ein. Sie versuchen dadurch, die erforderliche Samenzahl je Flächeneinheit zu erreichen. Das gelingt keineswegs immer. Abweichungen entstehen durch unterschiedlichen Radschlupf bei festem oder lockerem Acker sowie bei trockenem oder feuchtem Boden; sie ergeben sich auch durch Änderungen in der Schüttdichte, die wegen der Volumendosierung bei Drillmaschinen von Belang ist. Die Schüttdichte aber variiert mit der Pflanzenart, der Sorte, der Herkunft und als Folge von Vibrationen im Saatgutbehälter, die das Absetzen des Saatgutes beeinflussen. Schließlich können große Abweichungen durch die variierende mittlere Kornmasse der Samen entstehen. Diese schwankt bei den europäischen Weizensorten zwischen 40 bis 55 mg.

Alle genannten Unzulänglichkeiten würden durch eine zuverlässige Regelung nach Samenzahlen je Flächeneinheit beseitigt. Hierfür ist als Signalgeber zunächst ein optischer Sensor für die durch die Säleitung fallenden Samen nötig.

*Prof. em. Dr. Hermann J. Heege ist im Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel tätig, Max-Eyth-Straße 6, 24118 Kiel; e-mail: landtechnik@ilv.uni-kiel.de
Dr. Benedikt Feldhaus war wissenschaftlicher Mitarbeiter im gleichen Institut und ist jetzt bei der Werth Meßtechnik in Gießen tätig.*

Sensorische Erfassung der Samenzahlen

Die Voraussetzungen für die sensorische Erfassung der Samenzahlen sind bei Einzelkornsaat deutlich günstiger als bei Drillsaat. Die Samenabstände nach Zeit entsprechen bei Einzelkornsaat einer Normalverteilung mit einem Variationskoeffizienten zwischen 10 und 20 % bei gut eingestellten Geräten. Bei Drillsaat hingegen entsteht durch die Volumendosierung und die langen Säleitungen eine Exponentialverteilung mit einem Variationskoeffizienten von rund 100 %.

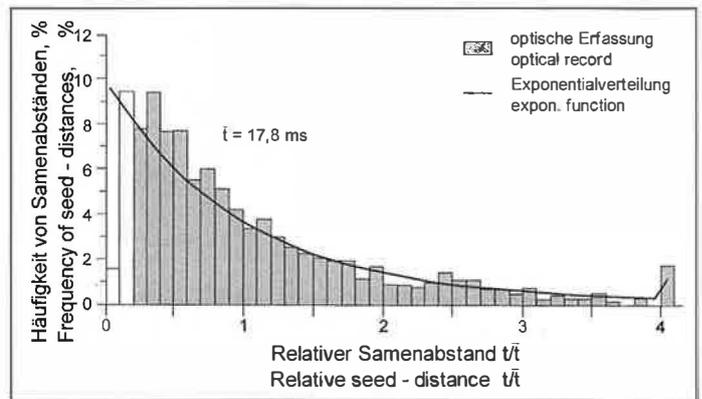
kleinsten Quadrate die Sensordaten der ersten beiden Säulen (hell in Bild 1) für die sehr kleinen Kornabstände wegzulassen. Für die auf diese Weise per Computer ermittelte Exponentialverteilung wird trotzdem unterstellt, daß die Samenabstände bei 0 beginnen. Das Sensordefizit bei den sehr kleinen Samenabständen wird somit durch das Computerprogramm kompensiert. Details des Rechenprogrammes sind an anderer Stelle [3, 4] veröffentlicht.

Zählfehler der Sensorik

Die Zählfehler des optischen Sensors mit oder ohne Kompensation durch das Computerprogramm wurden durch Vergleich mit der tatsächlichen gelieferten Samenzahl ermittelt. Die Daten ohne Kompensation durch das Computerprogramm entsprechen den gestrichelten und hellen Säulen in Bild 1.

Bild 1: Samenzahlen durch den Sensor und die Exponentialverteilung

Fig. 1: Seed recording by the sensor and the exponential distribution



In Bild 1 sind die relativen Samenabstände nach Zeit für die Drillsaat dargestellt. Die relativen Samenabstände sind das Verhältnis zwischen den jeweiligen absoluten Abständen und dem Mittelwert aller Abstände. Die Säulen entstammen den Daten des optischen Samensensors, während die durchgezogene Kurve der mehrfach für die Drillsaat bestätigten Exponentialverteilung [1, 2, 3] entspricht. Es ist deutlich erkennbar, daß der optische Samensensor die sehr kleinen Kornabstände nicht erfaßt. Samen, die mit sehr geringem Abstand oder direkt nebeneinander durch die Sensorstrahlen fallen, werden nämlich jeweils als nur ein Korn registriert. Die unmittelbar oberhalb der kleinen, nicht erfaßten Abstände liegenden Klassen sind dadurch überrepräsentiert.

Die Kompensation dieses Sensordefizites

ist möglich, indem bei der Ermittlung der Kurve für die Exponentialverteilung von vornherein auf die ungenauen Daten für die sehr kleinen Samenabstände verzichtet wird. Für die Lösung des Problems bietet es sich daher an, bei der Regressionsrechnung nach der Methode der

Der Zählfehler ohne Kompensation erhöht sich erwartungsgemäß mit der Kornfrequenz.

Bei der Getreidesaat wird üblicherweise mit Kornfrequenzen im Bereich zwischen 50 und 90 Körnern je Sekunde gearbeitet. Es entsteht dabei eine negative Abweichung zur tatsächlichen Samenzahl von 10 bis 17 % (Bild 2). Die Kompensation über das Regressionsprogramm des Computers verringert den Zählfehler sehr erheblich. Im Bereich der für Getreide üblichen Kornfrequenzen liegt der Zählfehler immer unter 1,5 %. Der optische Sensor inklusive Zählfehlerkompensation liefert somit genügend präzise Signale für die Anwendung. Das gilt nicht nur für den in Bild 2 benutzten Weizen, sondern auch für andere Getreidearten [3].

Regelungstechnik

Der optische Sensor in der Samenleitung liefert die Zählsignale an den Regelcomputer mit integriertem Regressionsprogramm für die Kompensation des Zählfehlers (Bild 3). Wenn die Ergebnisse der Ausgleichsrechnung von der eingegebenen angestrebten Samenzahl abweichen, wird eine elektrisch betriebene Hubspinn-

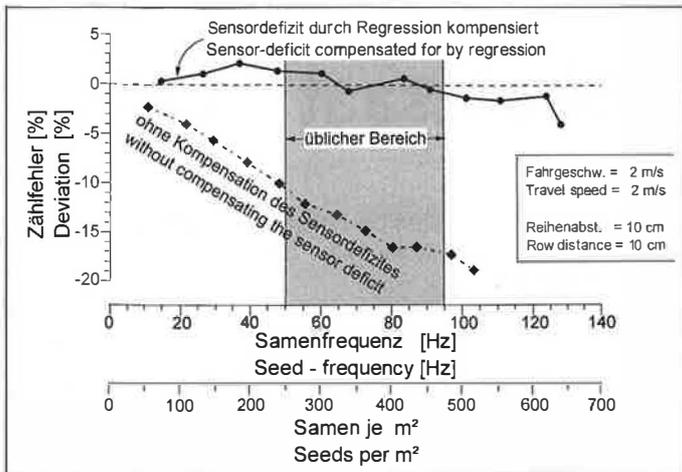


Bild 2: Zählfehler der Sensorik

Fig. 2: Deviation from seeds actually delivered

del betätigt, die dann das Übersetzungsverhältnis für den Antrieb der Säwelle verändert. Der Regelcomputer erhält gleichfalls Signale von einem Geschwindigkeits-Aufnehmer, damit die Samenfrequenz ständig der jeweiligen Fahrgeschwindigkeit angepaßt wird.

Regelergebnisse

Die Präzision einer Regeltechnik hängt ab von der Verstärkung innerhalb des Systems. Die Verstärkung sollte der Reaktion des Übersetzungsverhältnisses auf die Samenfrequenz angepaßt werden. Wenn die Verstärkung Überreaktionen verursacht, können exzessive Schwankungen in der Samenzahl entstehen.

Abgesehen von diesem regeltechnischen Problem ergibt sich die Frage, wieviel Samen jeweils für einen Regeldurchgang vom optischen Sensor erfaßt werden sollten. Je mehr Samen für einen Regeldurchgang nötig sind, desto langsamer reagiert verständlicherweise das System. Bei zu wenig Samen je Regeldurchgang ist andererseits davon auszugehen, daß gleichfalls größere Schwankungen um die angestrebte Soll-Samenzahl entstehen.

Bild 4 zeigt Versuchsergebnisse bei einer angepaßten Verstärkung, die sich auf

einen Übergang von 300 auf 400 Samen je m^2 beziehen. Es ist erkennbar, daß die Regelkurven sehr ungleichmäßig verlaufen, wenn weniger als 100 Samen je Durchgang erfaßt werden. Die Regelkurve für 200 Samen je Durchgang steht nach der Gleichmäßigkeit des Verlaufes derjenigen mit 500 Samen je Durchgang nicht nach. Es reichen also 200 Samen je Durchgang für einen stetigen Regelverlauf aus.

Folgerungen für den Einsatz

Der mittlere Kornabstand innerhalb der Reihe beträgt bei Getreide um 2 cm. Daraus folgt, daß bei 200 Samen je Regeldurchgang jeweils auf eine Fahrstrecke von 4 m ein Signal entfällt. Das Regelsystem ist daher für die teilflächenspezifische Aussaat einsetzbar. Der Einfluß des Radschlupfes, der Schüttdichte des Saatgutes und der mittleren Samenmasse auf die Pflanzenzahl je Flächeneinheit sind beseitigt. Der Landwirt kann die ausgebrachte Samenzahl je Flächeneinheit auf einem Monitor in der Traktorkabine überwachen.

Literatur

- Bücher sind mit • gekennzeichnet
- [1] • Heege, H. J.: Die Gleichstand-, Drill- und Breitsaat des Getreides unter besonderer Berücksichtigung der flächenmäßigen Kornverteilung. KTL-Berichte über Landtechnik, Nr. 112, 1967
 - [2] Speelmann, L.: The seed distribution in bands of cereals. Journal of Agricultural Engineering Research, London, 20, (1975), H. 1, S. 35 ff
 - [3] • Feldhaus, B.: Samenzahlen und Regelung bei Sämaschinen mit Volumendosierung. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre, VDI-MEG, Band 302, 1997
 - [4] Feldhaus, B.: Samenzahlen bei Drillmaschinen. Landtechnik 52 (1996), H. 1, S. 10 ff.

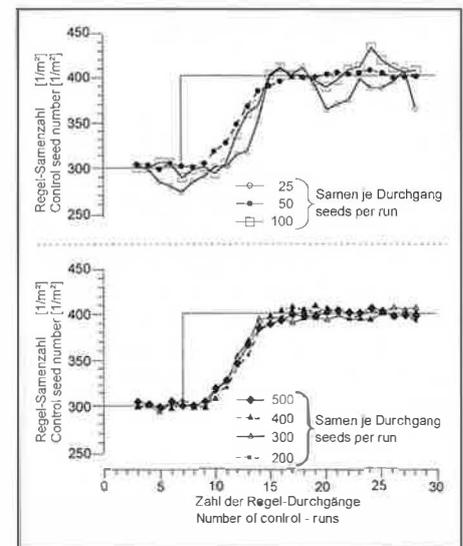


Bild 4: Regelung von 300 auf 400 Samen je m^2

Fig. 4: Closed loop control from 300 to 400 seeds per m^2

Schlüsselwörter

Teilflächenspezifisches Drillen, Regelung, optischer Sensor für Samenzahlen, Exponentialverteilung

Keywords

Site specific drilling, closed loop control, optical sensing of seed numbers, exponential distribution

Vorschau

Für die Oktober-Ausgabe Ihrer LANDTECHNIK sind unter anderem folgende Beiträge geplant:

- Kartoffeln zur Stärkegewinnung
- Reinigungsorgane in Rübenrotern
- Radarsensoren auf dem Prüfstand
- Prozeßrechner zur Stallklimasteuerung
- Zertifizierung landwirtschaftlicher Betriebe

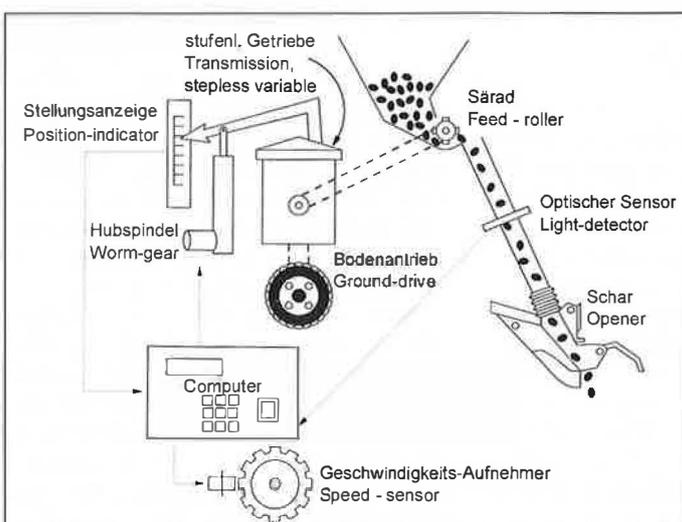


Bild 3: Regelsystem für die Samenzahl

Fig. 3: Closed loop control system for seed numbers