

Genauigkeit der wegabhängig dosierten Saatmenge

Evaluierung des Geschwindigkeitssignals

Bei der Drillsaat ist die genaue Bestimmung des zurückgelegten Weges oder der Geschwindigkeit von besonderer Wichtigkeit, wenn die Saatmengen auf einem Schlag variiert werden sollen. Um eine hohe Genauigkeit zu erreichen, wurden unterschiedliche Systeme zur Geschwindigkeitsmessung miteinander verglichen und der Schlupf verschiedener Spornräder sowie die Streuung des Geschwindigkeitssignals untersucht. Als Alternative wurden die Geschwindigkeitswerte der schlupffreien Radarsensoren und GPS-Empfänger miteinander verglichen. Neben der Fahrgeschwindigkeit wurde die Bodenbeschaffenheit sowie die Anbauposition der unterschiedlichen Sensoren variiert.

Mit der Abdreprobe im Stand wird bei der Drillsaat eine theoretisch angestrebte Aussaatmenge ermittelt. Meistens ist die tatsächliche Aussaatmenge auf dem Feld aufgrund von Schlupf am Spornrad geringer. In Abhängigkeit vom Bodenzustand und maschinenspezifischen Einflussgrößen kann dieser Schlupf auf einem Schlag mehr oder weniger großen Schwankungen unterliegen und zeitweise bis zu 56% betragen [1, 2]. Diese oft zufälligen Störfaktoren lassen sich nicht bestimmen, so dass eine fortlaufende Anpassung nicht möglich ist. Die Hersteller von Drillmaschinen berücksichtigen zwar den Schlupf als eine konstante Größe, je nach Fabrikat zwischen 2,5% und 8%, allerdings können Schwankungen nicht berücksichtigt werden [3].

Schlupf am Spornrad

Um die Größenordnung der Schlupfchwankungen zu ermitteln, wurden in der Hohenheimer Bodenrinne Untersuchungen mit Spornrädern unterschiedlicher Bauart durchgeführt. Die drei Spornräder unterschieden sich im Durchmesser und durch die Form der Sporne. Es wurden die Einflussparameter Bodenoberfläche und Bremsmoment am Spornrad variiert. Unterschiedliche Bremsmomente am Spornrad können unter anderem durch den Behälterfüllstand, die Fruchtart, die Bauart sowie die Gewichtsbe-

lastung des Spornrades entstehen und sich kontinuierlich verändern. So wurden beispielsweise bei der Aussaat von Erbsen, die bei geringer Drehzahl des Zellenrades zum kurzzeitigen Stoppen des Dosierorgans führen, Bremsmomente von bis zu 45 Nm gemessen [4]. Erfahrungswerte aus der Praxis liegen allerdings etwas niedriger bei etwa 30 Nm. Bei den durchgeführten Untersuchungen konnte mit einer Magnetpulverbremse ein definiertes Bremsmoment eingestellt und während der Messfahrt konstant gehalten werden. Der Bodenzustand wurde neben einer lockeren Variante - in zwei Stufen unterschiedlich stark verdichtet. Dabei wurden nicht die einzelnen Abschnitte, sondern die gesamte Strecke betrachtet, um den Einfluss der wechselnden Bodenzustände zu untersuchen. Als Referenzsystem wurde ein Peiselerrad eingesetzt, wobei der zurückgelegte Weg ebenso wie bei den Spornrädern mit Drehimpulsgebern bestimmt wurde.

Um eine Aussage über die Qualität des gelieferten Signals treffen zu können, wird der Variationskoeffizient VK als Quotient von Standardabweichung und Mittelwert der Geschwindigkeitswerte berechnet. In Bild 1 sind die VK der Geschwindigkeitswerte von den drei untersuchten Spornrädern und einem Mikrowellen-Radarsensor dargestellt. Die beiden Spornräder mit mittlerem Durchmesser, die sich lediglich durch die Bauart der Sporne unterscheiden, zeigten eine sehr

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

Schlüsselwörter

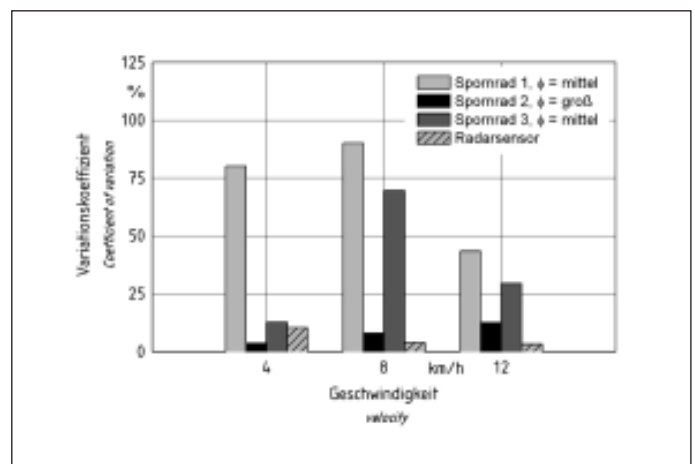
Drillsaat, Schlupf, GPS-Empfänger, Radarsensor

Keywords

Drill seeding, slip, GPS-receiver, radar sensor

Bild 1: Variationskoeffizient der Geschwindigkeitswerte von unterschiedlichen Spornrädern in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit (Bremsmoment 30 Nm)

Fig. 1: Coefficient of variation of the velocity-values at different drive wheels and a radar sensor in relation to the velocity (braking moment 30 Nm)



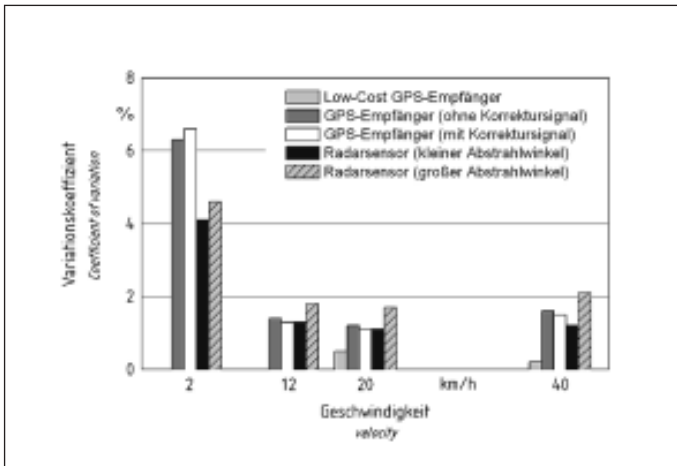


Bild 2: Variationskoeffizient der Geschwindigkeitswerte von zwei Radarsensoren und drei GPS-Empfängern in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit

Fig. 2: Coefficient of variation of the velocity-values of two radar sensors and three GPS-receivers in relation to the velocity

hohe Streuung des Geschwindigkeitswertes. Dies ist bei dem angelegten Bremsmoment von 30 Nm auf das instabile Laufverhalten der Spornräder zurückzuführen. Bei geringerer Geschwindigkeit schwankt das Signal des Spornrades mit großem Durchmesser zwar geringfügig weniger als die Werte des Radarsensors, wobei zu beachten ist, dass die Schlupfwerte zwischen 4 und 12% einen Variationskoeffizienten von über 100% aufweisen. Somit unterliegen Spornräder durch die verschiedenen Störeinflüsse einer großen Schwankungsbreite des Geschwindigkeitssignals, so dass eine ungleichmäßige Dosierung der Saatmenge erfolgt.

Alternative Messsysteme

Durch den Einsatz von elektrischen Antrieben an der Säwelle, elektrischen Verstellmechanismen der Zellengröße oder Getriebestellung ist die Erfassung der Fahrgeschwindigkeit über ein Spornrad nicht mehr nötig. Dadurch ergeben sich Alternativen zur Erfassung des zurückgelegten Weges und der Geschwindigkeit. Bei Traktoren werden zum Teil serienmäßig Radarsensoren zur Bestimmung des Schlupfes eingebaut. In der Praxis werden zunehmend GPS-Empfänger für Parallelfahrhilfen, teilflächenspezifische Applikation und weitere Anwendungen eingesetzt. Bei Messungen mit verschiedenen GPS-Empfängern und Radarsensoren unterschiedlicher Bauart und Qualitätsstufe wurden die ausgegebenen Geschwindigkeitssignale miteinander verglichen. Dabei wurden auf der Straße und auf dem Feld Messungen durchgeführt, um den Einfluss der Nick- und Wankbewegungen des Traktors zu überprüfen. Zur Auswertung wurde ebenfalls der VK der Geschwindigkeitswerte berechnet, um die Qualität des Signals beurteilen zu können (Bild 2).

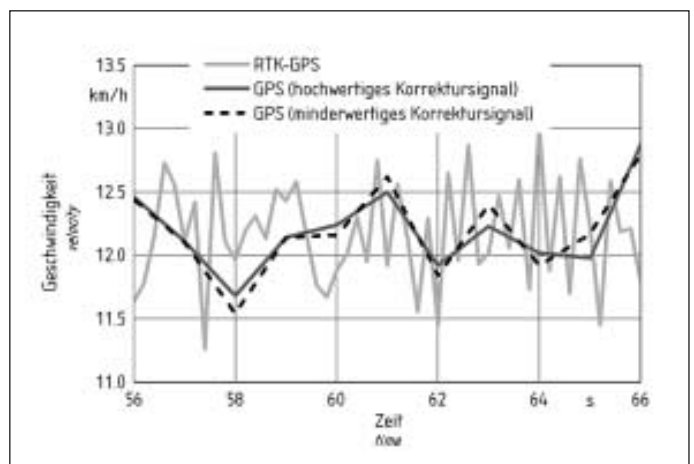
Die Ergebnisse auf der Straße und dem Feld unterscheiden sich nur geringfügig. Bis auf den Low-Cost Empfänger, der bedingt durch die herstellerseitige Glättung des Signals eine sehr niedrige Streuung aufweist, liegen alle gemessenen Werte nahezu in einem Streubereich. Tendenziell ergibt

sich bei geringer Fahrgeschwindigkeit ein etwas niedrigerer VK bei den Radarsensoren gegenüber den GPS Empfängern. Mit steigender Geschwindigkeit nähern sich die Werte an und es weisen sowohl die Radarsensoren als auch die GPS Empfänger eine deutlich niedrigere Streuung auf. Lediglich der Radarsensor mit kleinem Abstrahlwinkel, der laut Herstellerangaben eine genauere Messung der Fahrgeschwindigkeit zulässt, zeigt eine geringfügig höhere Streuung der Werte. Bei höheren Geschwindigkeiten sind die auf dem Traktorendach montierten GPS-Empfänger größeren Nick- und Wankbewegungen ausgesetzt, allerdings konnten keine signifikanten Verschlechterungen der Signale festgestellt werden.

Bei einem Vergleich einzelner Geschwindigkeitswerte von einem RTK-GPS Empfänger sowie von zwei GPS Empfängern mit unterschiedlicher Qualität des Korrektursignals zeigten sich keine Unterschiede in dem Streubereich der Signale. Die in Bild 3 dargestellten Geschwindigkeitssignale der drei GPS Empfänger des gleichen Herstellers wiesen unabhängig von der Bauart und dem Korrektursignal eine annähernd große Streuung auf. Das RTK-System wurde mit einer Frequenz von 5 Hz aufgezeichnet, bei einer Glättung auf 1 Hz waren keine signifikanten Unterschiede zu den anderen Empfängern erkennbar. Bei dem Vergleich der Positionsgenauigkeit lassen sich allerdings sehr deutliche Unterschiede feststellen. Unabhängig von der Positionsgenauigkeit ist das Geschwindig-

Bild 3: Geschwindigkeitswerte von drei unterschiedlichen GPS Systemen eines Herstellers bei 12 km/h

Fig. 3: Velocity-values of three different GPS systems of one manufacturer at 12 km/h



keitssignal sogar annähernd identisch bei den GPS Empfängern mit Korrektursignal. In weiterführenden Messungen mit GPS Empfängern anderer Hersteller ähnlicher Qualität konnten ebenfalls keine Unterschiede erfasst werden.

Fazit

Aufgrund ständig variierender Störeinflüsse auf das Spornrad bei Drillmaschinen kann die Dosierung der Saatmenge nicht ausreichend genau erfolgen. Bei Verwendung weg-unabhängiger Dosiersysteme können alternative Sensoren zur Messung der exakten Geschwindigkeit eingesetzt werden. Dabei bieten Radarsensoren und GPS Empfänger eine sehr gute Möglichkeit zur Bestimmung der exakten Geschwindigkeit. Sollte es zu Problemen oder Ausfall einzelner Signale kommen, kann anhand einer Prioritätenliste die Verfügbarkeit des qualitativ hochwertigsten Signals überprüft werden, um eine ständige Funktionssicherheit zu gewährleisten. Das Getriebesignal vom Traktor ist dabei eine weitere Alternative. Low-Cost GPS Empfänger bieten sich nicht zur Geschwindigkeitsmessung an, da aufgrund des stark gefilterten Signals eine zu große Trägheit von 3 bis 5 s beim Beschleunigen und Abbremsen entsteht.

Literatur

Bücher sind mit * gezeichnet

- [1] * Boll, E.: Elektronik an Drillmaschinen. Dissertation, Universität Kiel, 1987
- [2] -: Test reports for users Nrs. 372,452,453,454,457,481,482,483,484, National Institute of Agricultural Engineering, Silsoe (Großbritannien), 1963
- [3] * Müller, J.: Visualisierung, Evaluierung und Optimierung der Kornablage bei der Drillsaat. Habilitationsschrift, Universität Hohenheim, 1999
- [4] Dreyer, J., J. Müller und K. Köller: Auswirkungen unterschiedlicher Dosierantriebe auf die Gleichmäßigkeit der Saatgutzuteilung bei Drillmaschinen. Tagung Landtechnik, Münster, 2000, S. 243-248