

Automatisierung der Einzelkornsaat unter besonderer Berücksichtigung der Aussaatqualität

¹⁾ Dr. Matthias Rothmund , ²⁾ Dr. Thomas Engel

1) Entwicklung - Elektronik
Horsch Maschinen GmbH
Sitzenhof 1
92421 Schwandorf
m.rothmund@horsch.com

²⁾ John Deere European Technology Innovation Center
A Division of Deere & Company, Kaiserslautern
EngelThomas@JohnDeere.com

Abstract: Ziel des Projekts ist die Optimierung von Aussaatbild und Flächenleistung. Erreicht wird dies durch die weitgehende Automatisierung des Arbeitsprozesses. Dabei nehmen die Ermittlung der Aussaatqualität und die Steuerung der Vorfahrtsgeschwindigkeit eine zentrale Stellung ein. Beschrieben werden weiterhin die Konfiguration des Gesamtsystems und dessen Felderprobung.

1. Zielsetzung

Ziel des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens ist die Optimierung des Aussaatergebnisses bei der Einzelkornsaat. Dazu werden zwei Aspekte betrachtet:

- a) Zum einen das **Aussaatzbild**: um eine möglichst gute Standraumverteilung zu erreichen, soll der Pflanzenabstand innerhalb einer Saatreihe gleichmäßig sein. Fehl- und Doppelstellen sollen minimiert werden. Reihenabstände sollen konstant gehalten und Überlappungszonen verhindert werden.
- b) Zum anderen sind die **Flächenleistung** und damit die Arbeitsgeschwindigkeit von wirtschaftlicher Bedeutung: eine Erhöhung der Geschwindigkeit führt zu einer Reduzierung der nötigen Investition in Aussaattechnik bei gegebenen verfügbaren Zeiten für die Arbeitserledigung.

Daher soll für eine gegebene Mindestanforderung an die Aussaatqualität die für die jeweilige Einsatzsituation maximal mögliche Geschwindigkeit gefahren werden. Die Spur- zu Spur-Genauigkeit soll exakt eingehalten werden. Arbeitswechsel und Wendefahrten am Vorgewende sollen zügig, exakt und standardisiert ablaufen.

2. Methode

Um die Zielsetzung zu erreichen, sind folgende Aufgaben zu erfüllen:

- a) die Ermittlung und Übertragung der Aussaatqualität während der Arbeit (2.1)
- b) das Kombinieren von Automatisierungsfunktionen von Traktor und Gerät (3.1)
- c) das permanente Ermitteln und die Kontrolle der optimalen Vorfahrtsgeschwindigkeit des Gespanns durch das Gerät (2.2)

2.1 Ermittlung und Übertragung der Aussaatqualität

Die Ermittlung der Aussaatqualität (i) erfolgt durch optische Sensoren im Fallrohr des Säaggregats zwischen dem Vereinzelmechanismus und dem Auftreffen des Saatkorns auf den Boden. Es wird der Abstand zwischen den einzeln fallenden Körnern gemessen und daraus der Variationskoeffizient (VK) sowie die Anzahl der Fehl- und Doppelstellen ermittelt. Dabei gilt eine Unterschreitung des 0,3-fachen des Sollabstands zwischen zwei Saatkörnern als Doppelstelle und eine Überschreitung des 1,7-fachen als Fehlstelle.

Die Übertragung dieser Informationen erfolgt von jedem einzelnen Säaggregat via CAN-Bus zum zentralen Steuerungsrechner der Einzelkornsämaschine (i). Dort stehen also Qualitätsparameter für jede einzelne Saatreihe zur Verfügung, die einerseits dem Benutzer über ein Display angezeigt, andererseits zu Gesamtqualitätsparametern verrechnet werden.

2.2 Ermittlung und Kontrolle der optimalen Vorfahrtsgeschwindigkeit

Für die Qualitätsparameter werden vom Benutzer Toleranzgrenzen vorgegeben. Die Steuerungssoftware der Einzelkornsämaschine steigert nun die Geschwindigkeitsvorgabe für den Traktor solange, bis diese Grenzwerte erreicht sind, bzw. reduziert die Geschwindigkeit solange diese überschritten sind (iii). Die Ermittlung dieser aktuellen Geschwindigkeitsvorgabe folgt einem Regelalgorithmus, der durch den Benutzer angepasst werden kann.

Die Übertragung der Geschwindigkeitsvorgabe an den Traktor erfolgt via CAN-Bus gemäß ISO 11783. Eine Sicherheitsabfrage in der Software des Traktors wie auch in der Software des Geräts garantiert, dass keine unbefugten Zugriffe auf die Funktionen des Traktors erfolgen. Inwieweit eine Geschwindigkeitsvorgabe des Geräts umgesetzt wird, entscheidet die Software des Traktors.

3. Ergebnis

Die Kombination aus den beschriebenen neu entwickelten sowie weiteren vorhandenen Funktionen (ii) führt nun erstmals zu einer vollständigen Automatisierung des Aussaatprozesses im Feld.

3.1 Konfiguration zur Felderprobung der Automatisierung

Die Konfiguration zur Felderprobung umfasst folgende Funktionen:

1. GPS-gestütztes automatisches Lenksystem des Traktors zur Spurführung
2. GPS-gestütztes automatisches Wenden des Traktors mit einer zeit- oder wegababhängigen Sequenz von Funktionen: Geschwindigkeitsänderung, Ansteuerung von Hydraulikventilen, Ermittlung und Ausführung der Wendespur an der Lenkung
3. GPS-gestütztes An- und Abschalten der Saatzeilen an der Einzelkornsämaschine am Vorgewende und in Überlappungssituationen: Vergleich der bereits applizierten Fläche mit der aktuellen GPS-Position und Ermitteln der Ein- und Ausschaltzeitpunkte für jede Saatzeile durch eine Software am Traktorterminal, Übertragung des Arbeitsstatus für Zeilen an Gerät via CAN-Bus gemäß ISO 11783, Umsetzen der Arbeitsstatusinformation durch die Software des Steuerungsrechners der Einzelkornsämaschine
4. GPS-gestütztes Verstellen der Ausbringmenge gemäß Applikationskarte: Vergleich der vorbereiteten Applikationskarte mit der aktuellen GPS-Position und Ermitteln der aktuell benötigten Ausbringmenge durch eine Software am Traktorterminal (Task Controller), Übertragung der Ausbringmenge für Zeilen an Gerät via CAN-Bus gemäß ISO 11783, Umsetzen der Ausbringmengeninformation durch die Software des Steuerungsrechners der Einzelkornsämaschine
5. Kontrolle der Vorfahrtsgeschwindigkeit des Traktors zur Optimierung der Aussaatqualität: Ermitteln und Übertragen der Aussaatqualität wie in (i) beschrieben, Ermitteln und Kontrolle der Vorfahrtsgeschwindigkeit wie in (iii) beschrieben

3.2 Durchführung und Diskussion der Felderprobung zur Automatisierung

Umgesetzt und getestet wurde die vollständige Automatisierung des Aussaatprozesses in der Saison 2011 in Zusammenarbeit der Firmen Horsch und John Deere. Dabei kam eine Einzelkornsämaschine Horsch Maestro mit einem neu entwickelten elektrisch angetriebenen Vereinzlungssystem sowie ein John Deere Traktor der neuen 8000er Reihe mit GS3-2630 Bedienterminal zum Einsatz. Die neu entwickelten Funktionen zur Ermittlung, Übertragung und Anzeige der Aussaatqualität und zur Regelung der Vorfahrtsgeschwindigkeit wurden von Horsch in das Steuerungs- und Bediensystem der Einzelkornsämaschine Maestro, genannt E-Manager, integriert. Ebenso die Funktionen für automatisches An- und Abschalten und das Verstellen der Ausbringmenge. Die Umsetzung der Geschwindigkeitsvorgabe wurde von John Deere mit dem TIM- (Tractor Implement Management) System realisiert. Weiterhin wurden die John Deere Produkte AutoTrac (automatische Lenkung), iTecPro (automatisches Wenden), Section Control (Automatisches An-/Abschalten) und Task Controller (Ausbringmengenverstellung) eingesetzt. Die Kombination der einzelnen Automatisierungsfunktionen im Feld gelang weitgehend. Derzeit ist allerdings keine gleichzeitige Nutzung von Geschwindigkeitsregelung durch das Gerät (TIM) und automatischem Wenden am Vorgewende (iTecPro) möglich. An einer Lösung wird gearbeitet. Der Regelalgorithmus zur Kontrolle der Arbeitsgeschwindigkeit neigte zum Überschwingen und das automatische GPS-gestützte Abschalten der einzelnen Säzeilen erfolgt bei schrägem Überfahren der Vorgewendelinie mitunter verzögert. Beide Funktionen werden im Rahmen der Vorserie der Horsch Maestro für die

kommende Saison 2012 überarbeitet und verbessert.

Die Ergebnisse zur Aussaatqualität sind von Rothmund et al. [Ro11] beschrieben. Hierbei ist ersichtlich, dass mit dem entwickelten Dosiersystem eine Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit von 75% gegenüber vergleichbaren Systemen möglich ist, ohne die Aussaatqualität zu beeinträchtigen. So wurden in Feldversuchsreihen bei einer durchschnittlichen Arbeitsgeschwindigkeit von 13,0 km/h 90,4% der Sollstellen mit Maiskörnern belegt bei einem Variationskoeffizienten (VK) von 30%. Die Vergleichsmaschinen erreichten bei 7,9 km/h 89,1% Sollstellen und einen VK von 32%. Durch die automatische Geschwindigkeitsregelung wird nun das entstehende arbeitswirtschaftliche Potential genutzt, indem das System immer bis an die höchstmögliche Geschwindigkeit bei gegebener Ablagequalität herangeführt wird. Wirtschaftlichkeitsberechnungen zur hier beschriebenen Maschinenkombination liegen noch nicht vor. Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit von TIM mit anderen Arbeitsgeräten wurden von Hoyningen-Huene et al. [Ho11] vorgestellt und variieren stark. Ein starker Effekt ist immer dort zu erwarten, wo Systeme bezüglich der Einsatzfläche in einer gegebenen Periode an ihrer Auslastungsgrenze betrieben werden. Eine wichtige Rolle für präzises und gleichzeitig komfortables Arbeiten bei hohen Arbeitsgeschwindigkeiten nehmen zusätzliche Assistenzsysteme ein; hier vor allen die Teilbreitenschaltung (Section Control). Ein ausführlicher Praxistest mit unterschiedlichen Systemen zur automatischen GPS-gestützten Teilbreitenschaltung wurde von Böhrnsen und Holtmann [BH11] durchgeführt und beschrieben. Die Ergebnisse zeigen, dass das Abschalten von Säaggregaten im Zentimeterbereich bei hohen Geschwindigkeiten für alle Hersteller eine große Herausforderung darstellt.

4. Ausblick

Für die Zukunft ist zu erwarten, dass die Automatisierung sich nicht auf einen einzelnen Arbeitsprozess oder ein Gespann beschränken wird. Durch Kommunikation zwischen gleichzeitig arbeitenden Maschinen oder durch Informationsweitergabe von Prozess zu Prozess ergeben sich weitere Ansätze. Ebenso werden neben der Änderung der Vorfahrtgeschwindigkeit weitere Stellglieder, wie beispielsweise Hydraulikfunktionen oder die Regelung elektrischer Antriebe in das TIM mit einbezogen werden.

Literaturverzeichnis

- [BH11] Böhrnsen, A.; Holtmann, W.: Schalten auf Befehl. Vergleichstest GPS-geschaltete Saat. Profi 12/2011, Landwirtschaftsverlag, Münster, 2011; S. 148-153.
- [Ho11] v. Hoyningen-Huene, M.; Rogge, C.B.E.; Hahn, K.: Customer benefits of tractor-implement automation and electrification. Proc. 69th Int. Conf. on Ag-Engineering, Hannover 2011 (ISBN: 978-3-18-092124-2). VDI-Verlag, Düsseldorf, 2011; S. 105-113.
- [Ro11] Rothmund, M.; Thomsen, J.; Horsch, P.; Horsch, T.; Pirkenseer, M.; Bultmann, H.: Highly improved seed placement based on new metering, powering and control concepts for planters. Proc. 69th Int. Conf. on Ag-Engineering, Hannover 2011 (ISBN: 978-3-18-092124-2). VDI-Verlag, Düsseldorf, 2011; S. 151-156.