

Traktor-Integrierte aktive Gerätesteuerung für Hochgeschwindigkeitshacken

Martin Heinold¹, Martin Kremmer¹, Christian Waibel¹, Tobias Schäfer¹ und Stefan Kübler¹

Abstract: Die Arbeit beschreibt ein gesamtheitliches traktorintegriertes System für mechanisches Hacken mit hohen Geschwindigkeiten in Reihenkulturen unter Einhaltung definierbarer Genauigkeitsvorgaben. Eine Kamera überwacht die relative Hackenposition und wird zur Fahrgeschwindigkeitssteuerung eingesetzt. Ein Hybrid-Lenkensystem führt den Traktor anhand von Kamera- und GPS-Daten durch die Reihen, wodurch die Arbeitsqualität verbessert und der Einsatzbereich erweitert wird. Weitgehende Infield-Automatisierung entlastet den Fahrer und führt die Traktor-Gerätekombination ans Leistungsoptimum. Durch Traktor-Integration der Lenkungs- und Automatisierungsfunktionen kann herkömmliche Hacktechnik eingesetzt werden.

Keywords: Anbaugerätesteuerung, Hybrid-Lenkensystem, Automatisierung, mechanische Hacke

1 Zielsetzung

Mit zunehmenden Herbizidresistenzen, Wirkstoffeinschränkung, gesellschaftlicher Kritik am Chemieeinsatz und strengeren Auflagen kann mechanisches Hacken in Reihenkulturen eine umweltfreundliche und ökonomische Rolle bei der Unkrautkontrolle übernehmen. Hacken ist in Sonderkulturen und im ökologischen Landbau verbreitet, wurde aber in Mais und Zuckerrüben vom chemischen Pflanzenschutz weitgehend verdrängt. Gründe waren bisher Genauigkeits- und Produktivitätseinschränkungen und höhere Kosten. Zielsetzung der Arbeit war, eine vielseitige, kostengünstige, integrierte Lösung für genaues, automatisiertes Hacken mit Herbizideinsparung in Reihenkulturen darzustellen.

2 Systemübersicht

Bei der Traktor-Integrierten Aktiven Gerätesteuerung mit Infield-Automatisierung für Hacken sind Verschiebemechanik, Aktorik, Hydraulik, Sensorik für die seitliche Hackenposition und deren Ansteuerung auf dem Traktor untergebracht. Ein Sechsmodule im Traktor-Anhängebock stützt Reaktionskräfte der Verschiebung ab und eine kalibrierte Kamera auf der Hacke erfasst vorausschauend mehrere Pflanzenreihen und errechnet die Abweichung zwischen Reihen und Hackwerkzeugen. Das vorausschauende Hybrid-Lenkensystem AutoTrac Vision verarbeitet kontinuierlich GPS- und Bilddaten einer zweiten Kamera am

¹ John Deere GmbH & Co. KG, John-Deere-Straße 70, 68163 Mannheim, HeinoldMartin@JohnDeere.com

Traktordach und wählt automatisch den optimalen Lenkmodus. Zusätzlich zur Automatisierung entlang der Reihen erlaubt das GPS-gesteuerte iTECPro Vorgewende-Management die komplette Automatisierung des Wendevorgangs.

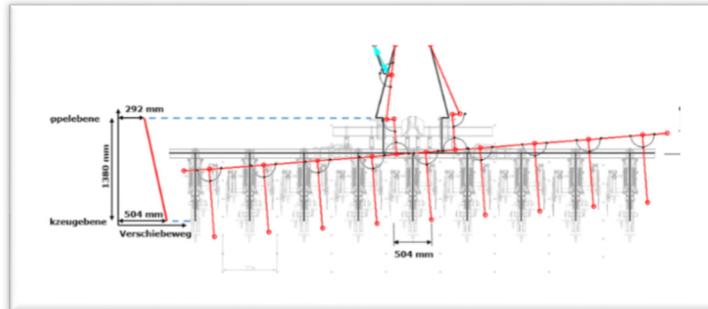


Abb. 1: Heckkraftheber mit Hacke (grau/rot = zentriert/verschoben)

2.1 Mechanische Integration

Bei Krafthebern gemäß ISO 730 können sich die Unterlenker in Arbeitsposition um die Hochachse der traktorseitigen Anbindungspunkte verdrehen, die Kopfebene mit Hacke ist quer zur Fahrtrichtung beweglich. Die Integrierte Aktive Gerätesteuerung verwendet den Freiheitsgrad der Unterlenker für die Seitenführung. Ein Kraftheber der Kat. 3 hat einen Verschiebeweg von min. 250 mm am Unterlenker (2 x 125 mm). Bei Rotation der Kopfebene bzw. Hacke um die Hochachse vergrößert sich der Verschiebeweg mit dem Abstand zur Kopfebene. Bei vollständiger Wegausnutzung (innere Anschläge) beträgt der Verdrehwinkel (John Deere 6130R) $4,5^\circ$. Mit Hacke (Monosem Multicrop) und 9 Trägern à 5 Werkzeugen ergeben sich bei 75 cm Reihenabstand 504 mm Verschiebeweg der Werkzeuge (Abb. 1), dessen volle Nutzbarkeit die Versuche bestätigten. Der Verdrehwinkel wurde beim Einsatz mit Traktor-Hybridlenksystem selten voll genutzt.

Seitenstabilisatoren stützen die Unterlenker an der Traktorstruktur ab, zentrieren den Kraftheber in Transportposition und ermöglichen freie laterale Bewegung der Unterlenker in Arbeitsposition. Mit integrierter Gerätesteuerung ersetzt ein doppelwirkender Hydraulikzylinder mit integrierten Vorspannventilen den linken Außenstabilisator, wodurch die Unterlenker über ein Steuerventil seitlich verschoben werden können. Die Vorspannventile stellen die feste Einspannung der Unterlenker mit Hacke sicher. Die Innenstabilisierung fungiert in Arbeitsposition als mechanischer Anschlag für die Aktuierung und die Transportzentrierung. Ein Positionssensor am Unterlenker rechts ermittelt vertikale und laterale Kraftheber-Position relativ zum Traktor. Die hydraulisch absenkbaren Sechsmodule im Anbaubock können manuell oder automatisiert von Transport- in Arbeitsstellung gefahren werden, laufen zwischen den Reihen, nehmen laterale Reaktionskräfte der Geräteführung auf und minimieren den Einfluss der Geräteführung auf die Traktorlenkung bei hohen Geschwindigkeiten bzw. am Hang.

2.2 Integration der Sensorik und Informationsverarbeitung

Eine AutoTrac Vision Kamera auf der Hacke erfasst vorausschauend mehrere Pflanzenreihen und errechnet die Abweichung zwischen Reihen und Werkzeugen. Alternativ ist ein RTK-Empfänger einsetzbar. Neben dem lateralen Fehler ermittelt die Kamera die Qualität der Reihenerkennung mittels Vertrauenslevel (0=keine, 10=sehr gut). Beide Signale werden zum AIG-Steuergerät (Active Implement Guidance) übertragen. Kamera-Einstellung und -Kalibrierung erfolgen am Display, das ein Livebild liefert. Grüne Rechtecke markieren Reihen, eine weiße Linie die errechnete Mitte zwischen den Reihen und eine blaue Linie die Geräte-Mitte. Als laterales Offset gibt die Kamera den Abstand zwischen weißer und blauer Linie an das AIG-Steuergerät aus, in dem zwei Regelkreise arbeiten: ein PI-Regler als äußerer und ein P-Regler als innerer Regelkreis (Abb. 2).

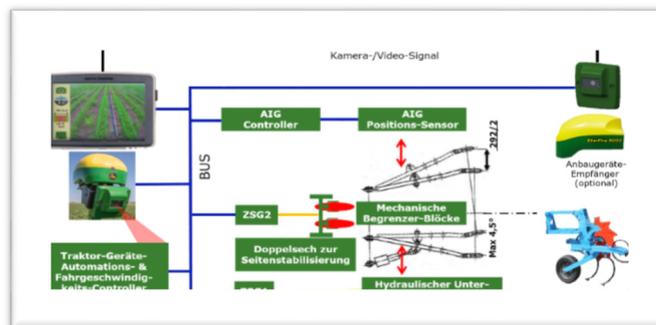


Abb. 2: Systemarchitektur mit Modulen und optionalen Komponenten

Der PI-Regler regelt das Kamera-Offset auf 0 und berücksichtigt über den Unterlenkersensor (rechts) die Relativposition der Hacke zum Traktor, die über den inneren Regelkreis mit einem P-Regler geregelt wird. Als Stellgröße kommuniziert der Regler den notwendigen Ölfluss, die Signale werden durch ein Traktorsteuerventil in einen Volumenstrom umgesetzt, der den doppelwirkenden Seitenstabilisator betätigt. Als Rückführung dient der AIG-Positionssensor. Durch die Integration der Steuergeräte sind Reaktionszeit und Präzision des Systems auch für hohe Fahrgeschwindigkeiten geeignet.

2.3 Integriertes Hybrides Traktor-Lenksystem

Das Hybrid-Lenksystem AutoTrac Vision ist bereits auf Selbstfahrerspritzen im Einsatz und wurde nun auf einem Traktor getestet, wo es die Systemgenauigkeit und Produktivität der Aktiven Gerätesteuerung steigern konnte. Es verarbeitet kontinuierlich GPS-Signale eines StarFire-Empfängers und Bilddaten einer am Empfänger montierten Kamera und wählt abhängig von der Qualität der zwei Datenströme automatisch den optimalen Lenkmodus. Schlechte Datenqualität z. B. GPS-Signalabschattung, Staub, Bestandslücken kann ohne Leistungsverlust zeitweise überbrückt werden. Die kontinuierliche Kalibrierung der GPS-Spurlinie durch Bildverarbeitungs-Algorithmen steigert Reaktionsgeschwindigkeit und Kurvengenauigkeit des Systems.

2.4 Infield-Automatisierung

Die Traktor-Integrierte Aktive Gerätesteuerung ermöglicht die volle Automatisierung der Hackarbeit. Sind von der Aussaat mit RTK-Lenkensystem Fahrspuren bekannt, wird der Traktor beim Hacken mit 1,5 cm Wiederhol-Genauigkeit entlang dieser geführt, wenn nicht, mit dem neuen Hybridlenksystem AutoTrac Vision. In beiden Fällen führt die Traktor-Integrierte Aktive Gerätesteuerung die Hackwerkzeuge präzise zwischen den Reihen. Abhängig von gemessener Genauigkeit und Vertrauenslevel wird ein Geschwindigkeits-Sollwert errechnet, der Grundlage der Geschwindigkeitsregelung ist. Bei guten Bedingungen beschleunigt der Traktor automatisch zur eingestellten Höchstgeschwindigkeit. Bei Überschreitung der festgelegten Werkzeugabstände von den Reihen, z. B. in Kurven, wird die Geschwindigkeit automatisch reduziert und nach Ausregelung des lateralen Fehlers wieder erhöht. Das iTECPro Vorgewende-Management automatisiert Wendevorgang, Ausheben/Absenken der Hacke und Verfahren der Stabilisierungsseche von Transport- in Arbeitsposition. Dieses Vorgehen steigert die Produktivität, entlastet den Fahrer und minimiert Bestandsschäden. Geschwindigkeit, Schwellenwerte, Beschleunigung und Verzögerung sind auf dem Display einstellbar.

3 Schlussfolgerung und Diskussion

Die beschriebene Traktor-Integrierte Aktive Gerätesteuerung konnte im Vergleich mit herkömmlichen Hacken die Verschieberahmen-Funktionen ersetzen. Das vorausschauende Hybrid-Traktorlenksystem konnte die Systemleistung und -genauigkeit der Anbaugerätesteuerung signifikant steigern, besonders beim Hacken ohne bekannte Fahrlinien. Die vorausschauend automatisierte Traktor-Geschwindigkeitsregelung steigerte die Flächenproduktivität. Die Automatisierung der Wendevorgänge durch das Vorgewende-Management iTECPro erhöhte bei geübten Fahrern die Leistung unwesentlich, sicherte aber hohe Arbeitsqualitäten und wurde beim Dauereinsatz geschätzt. Automatisch aufgezeichnete Daten eignen sich als „Qualitätsnachweis“. Insgesamt bestätigten Messungen und Fahreraussagen die Dauereinsatz-Eignung des Systems. Vorhandene marktübliche Hackgeräte können genutzt werden. Durch Entfall des Verschieberahmens an der Hacke sind leichtere Traktoren, z. B. mit Pflegebereifung agronomisch und ökonomisch vorteilhaft einsetzbar.

Literaturverzeichnis

- [KU01] Kunz, C. et al.: Potenzial der mechanischen Unkrautkontrolle in Zuckerrüben zur Herbizideinsparung. *Landtechnik* 70, S. 67–81, 2015
- [DA01] Dahlem, L.: Agronomic assessment of GNSS based precision plant production. Master Thesis, Universität Hohenheim, 2016