

Hans-Peter Schwarz und Daniel Hege

Einsparpotenziale durch RTK-gestützte Lenkautomaten im Freilandgemüsebau

Der Gemüsebau stellt hohe Anforderungen an die Präzision der durchgeführten Arbeiten. GPS-gestützte Lenksysteme können den Fahrer entlasten und die Arbeitsqualität steigern. Bisher fehlten jedoch Daten zur Rentabilität im häufig klein strukturierten Gemüsebau. Aus diesem Grund beschäftigte sich eine Bachelorthesis an der Hochschule Geisenheim mit dem Einsparpotenzial im Freilandgemüsebau durch den Einsatz eines Real Time Kinematic (RTK)-gestützten Lenkautomaten. Es konnte gezeigt werden, dass die Investition auch für kleine und mittlere Gemüsebaubetriebe wirtschaftlich sein kann.

Schlüsselwörter

GPS, RTK, Automatische Lenksysteme

Keywords

GPS, RTK, automatic steering systems

Abstract

Schwarz, Hans-Peter and Hege, Daniel

Savings through RTK based guidance in field vegetable growing

Landtechnik 68(3), 2013, pp. 160–163, 2 figures, 2 tables, 4 references

The vegetable production makes high demands on the precision of the work performed. GPS-assisted guidance systems can relieve the driver and increase the quality of work. So far, data were missing for profitability, in small scale vegetable production. For this reason, a bachelor thesis at the University of Geisenheim dealt with the savings in field vegetable, through the use of a Real Time Kinematic (RTK) based automatic steering. It was shown that the investment is worthwhile even for small and medium farms.

■ Versuche im Ackerbau belegen, dass durch den Einsatz eines Lenkautomaten bis zu 10 % Fahrspur-Überlappungen [1] eingespart werden können. Gleichzeitig lässt sich die Arbeitszeit um bis zu 8,5 % reduzieren [2]. Durch die effiziente-

re Nutzung der Betriebsressourcen lassen sich so im Winterweizenanbau ca. 27 €/ha sparen [3]. Da die Anbauverfahren zwischen Acker- und Freilandgemüsebau jedoch einige Unterschiede aufweisen, konnte davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse nicht direkt übertragbar sind. So ist die Arbeitsbreite im Gemüsebau wesentlich geringer. Häufig wird innerhalb der Schlepperspur mit einer Arbeitsbreite < 2 m im Spur-in-Spur-Verfahren gearbeitet. Gleichzeitig ist die Arbeitsgeschwindigkeit begrenzt, da die Feinsämereien sehr hohe Anforderungen an das Saatbett stellen. So wird häufig eine Geschwindigkeit von 3 km/h nicht überschritten. Das Vorgewende wird im Gemüsebau auf ein Minimum reduziert und nicht besät, da es sonst zu Behinderungen bei nachfolgenden Pflege- und Erntearbeiten kommt. Außerdem unterscheiden sich die Pflanzkulturen durch das Anlegen von Bewässerungs- und Erntegassen in jeweils systembedingten Abständen.



Abb. 1

Fendt 412 Vario mit einer Spurweite von 2 m und Forigo Beetfräse
 Fig. 1: Fendt 412 Vario with a track width of 2 m and Forigo cultivator
 (Foto: Hege)

Praxisversuch

Um das Einsparungspotenzial im Gemüsebau zu ermitteln, sollten Flächen auf einem Praxisbetrieb in Rheinland-Pfalz jeweils mit und ohne den Einsatz eines Lenkautomaten bearbeitet werden. Die Daten sollten anhand des Arbeitsgangs „Beetfräsen“, dem primären Arbeitsschritt beim Anlegen von Beeten, erfasst werden. Als Testgespann diente ein Fendt 412 Vario mit 2 m Spurweite und angehängter Forigo Beetfräse (**Abbildung 1**).

Der Schlepper war mit einem Lenkautomaten und einem GPRS/WLAN-Modem ausgerüstet und konnte das Signal einer stationären RTK-Station empfangen. Um die Arbeitszeiterparnis zu erfassen, wurden die Wendezeiten in der GPS-Variante gemessen. Hierbei diente die praxisübliche „Spur-in-Spur“-Variante als Vergleichswert für die optimierte GPS-Variante „Wende“. Diese wurde aus dem sog. „Beetmodus“ abgeleitet, bei dem zunächst nur jede zweite Spur bearbeitet wird. Da unter Berücksichtigung unbeständiger Wetterlagen das Fräsen und Säen jeder zweiten Spur nicht sinnvoll ist, sollte das Feld von einer Seite gefräst und gleichzeitig der Wendekreis des Schleppers optimal ausgenutzt werden. Die Lösung bestand darin, in Kreisen zu fahren (**Abbildung 2**).

Ein Abschnitt bestand aus fünf Beeten, von denen das erste im freien Feld gefahren wurde. Eine Abweichung zur Sollspur von > 15 cm führte zu unerwünschten Kurven im Beet, sodass der Schlepper mithilfe des Terminals jeweils genau platziert werden musste. Da dies im Versuch auch nach mehreren Anläufen nicht gelang, dauerte der Wendevorgang erheblich länger als in der Spur-in-Spur-Variante. Im Schnitt verlängerte sich die Wendezeit um 12 Sekunden. Eine Einsparung der Arbeitszeit konnte somit nicht nachgewiesen werden.

Als weiteren Schritt wurde der Grad der Überlappung gemessen, indem die Flächen mittels GPS in ihrer Breite vermessen wurden. Der ermittelte Wert wurde mit der Anzahl der Beete, der Beetbreite sowie den Rohrgassen und deren Breite verrechnet. Dabei zeigte sich, dass die Beete in der Variante ohne Lenkautomat häufig zu breit gefahren wurden: 1,6 % der Fläche wurden nicht genutzt.

Umsetzung im Modellbetrieb

Die Auswirkungen der gewonnenen Ergebnisse wurden anhand eines Modellbetriebs ökonomisch bewertet. Damit dieser möglichst viele Sparten des Gemüsebaus abdeckt, wurden jeweils 40 ha Kopfsalat als Pflanzkultur, 40 ha Waschmöhren als Saatkultur und 40 ha Spinat als typische Industriekultur angenommen. Die Betriebsgröße wurde mit 60 ha so festgelegt, dass sich inklusive Zweitkultur eine Anbaufläche von 120 ha ergibt. Die Datengrundlage zur Kostenermittlung der Arbeitsgänge basieren auf [4]. Für die Arbeitsgänge Kreiselegen und Dünger streuen wurden 5 % Überlappungen angenommen, für alle beetbezogenen Arbeiten wurden 1,6 % Fehlstellen angenommen.

Da nicht alle Arbeiten vom Einsatz des Lenkautomaten betroffen sind, wurden zunächst die relevanten Arbeitsgänge identifiziert. Im nächsten Schritt musste beachtet werden, dass durch die zusätzliche Bearbeitung der Fehlstellen Mehrkosten für Arbeitszeit, Betriebsmittel, Maschinenabnutzung und Saat- bzw. Pflanzgut entstehen. Diese werden jedoch durch einen Mehrerlös auf der Fläche gedeckt (**Tabelle 1**).

Bei Waschmöhren konnte eine Einsparung von 161 €/ha und bei Kopfsalat von 118 €/ha ermittelt werden. Bei Spinat lag das Einsparpotenzial bei 35 €/ha, was damit zu erklären ist, dass der Anbau von Industriekulturen dem Ackerbau sehr ähnlich ist. Meist werden keine Beete angelegt. Die Bodenvorbereitung erfolgt mit der Kreiselegge oder der Saatbettkombination, die Aussaat teilweise mit der Getreidesämaschine. Durch diese Arbeitsweise entfällt das Spur-in-Spur-Fahren, es kommt hier ähnlich wie beim Ackerbau zu Überlappungen. Ebenso ist der Deckungsbeitrag dieser Kulturen in den meisten Fällen niedriger.

Auf höherer Betriebsebene wird die Gesamteinsparung (120 ha) nun noch den Kosten pro Jahr für ein System gegenüber gestellt. Hierzu sollte ein Schlepper mit einem Komplettsystem, bestehend aus Antenne, Bedienterminal, Navigationsrechner, Lenkwinkelsensoren und Lenkventil, ausgestattet und ein weiterer vorgerüstet werden. Für die Berechnung wurden nun zwei Varianten unterschieden. Da nicht jeder Betrieb die

Abb.2



Schema der optimierten GPS-Variante „Wende“

Fig. 2: Scheme of the optimized GPS variant of “turn around” (Foto: Hege)

Tab. 1

Einsparungen der Kultur Waschmöhre

Table 1: Savings of the crop washing carrot

Arbeitsgang Operation	Diverse Kosten ¹⁾ various costs [€]	Arbeitszeit ²⁾ Working hours [€/ha]		Diesel ³⁾ [€/ha]	Maschinenkosten Machine costs [€/ha]		Einsparung Savings [€/ha]
		Fest tenured	Saison seasonal		Fix fixed	Variabel variable	
3 m Kreiselegge; 83 kW Traktor <i>3 m power harrow; 83 kW tractor</i>		13,95		12,21	13,63	26,40	
GPS: -5 % Überlappung/-5 % overlap		13,25		11,60	13,63	25,08	2,02
Dünger streuen mit 1,5 m ³ Streuer und 67-kW-Traktor <i>Fertilizer application with 1.5 m³ spreaders and 67 kW tractor</i>		8,40		3,52	9,93	13,24	
GPS: -5 % Überlappung/-5 % overlap		7,98		3,34		12,58	1,08
Kosten Dünger / Fertilizer costs	309,00 €						
GPS: -5 % Überlappung/-5 % overlap	293,00 €						15,00
Fräsen mit Damfräse 2,0 m; 3-reihig; 67-kW-Traktor <i>Rotary Hiller 2.0 m; 3-row, 67 kW tractor</i>		58,35		25,19	76,62	85,94	
GPS: + 1,6 % Mehrverbrauch <i>+ 1.6 % increase in consumption</i>		59,28		25,59		87,32	2,31
Säen 3 Doppelreihen, 2,0 m; 45-kW-Traktor <i>Seeding 3 double rows, 2.0 m, 45 kW tractor</i>		42,75		8,14	59,69	68,89	
GPS: + 1,6 % Mehrverbrauch <i>+1.6 % increase in consumption</i>		43,43		8,27		69,99	1,79
Saatgut / Seeds	704,48 €						
GPS: + 1,6 % Mehrverbrauch <i>+ 1.6 % increase in consumption</i>	715,75 €						11,27
Pflanzenschutzmaßnahmen: 5 x <i>Crop protection measures: 5 x</i>		74,25		14,30	119,20	70,10	
GPS: + 1,6% Mehrverbrauch <i>+ 1.6 % increase in consumption</i>		75,44		14,53		71,22	2,31
Pflanzenschutzmittel gesamt <i>Total plant protection</i>	179,49 €						
GPS: + 1,6 % Mehrverbrauch <i>+ 1.6 % increase in consumption</i>	182,36 €						2,31
Durch GPS entfällt die Handjäte auf 1,6 % der Flächen <i>By using GPS -1.6 % manual weed control</i>			2,90	0,01	0,08	0,06	2,97
Möhrevollernter; 2-reihig, 4-t-Bunker; 83-kW-Traktor <i>Carrot harvesting; 2-row, 4 t bunker, 83 kW tractor</i>		113,40		139,70	1.339,60	534,86	
GPS: + 1,6 % Mehrverbrauch <i>+ 1.6 % increase in consumption</i>		115,21		141,94		543,42	10,37
Transport zum Hof Anhänger, 18 t; 83-kW-Traktor <i>Transport for farm 18 t trailer, 83 kW tractor</i>		41,40		18,37	155,17	98,02	
GPS: + 1,6 % Mehrverbrauch <i>+ 1.6 % increase in consumption</i>		42,06		18,66		99,59	2,23
Aufbereiten und Verpacken <i>Processing and packaging</i>			338,80		2.704,00	24,00	
GPS: + 1,6 % Mehrverbrauch <i>+ 1.6 % increase in consumption</i>			344,22			24,38	5,80
Kundentransport / Transport to customer		129,30		24,86	98,89	78,43	
GPS: + 1,6 % Mehrverbrauch <i>+ 1.6 % increase in consumption</i>		131,37		25,26		79,68	3,32
Tiefgrubbern, 3,0 m; 83-kW-Traktor <i>Deep cultivation, 3.0 m, 83 kW tractor</i>		10,95		14,30	8,82	24,65	
GPS: -5 % Überlappung /-5 % overlap		10,40		13,59		23,42	1,78
Leistung / Output	11.340,00 €						
GPS: + 1,6 % Mehrleistung /+ 1.6 % more output	11.521,44 €						181,44
Gesamt Einsparungen / Total savings							161,35

¹⁾Kosten für Dünger, Saatgut, Pflanzenschutzmittel/cost of fertilizer, seeds, pesticides.

²⁾Lohnkosten für Festangestellte 15 €/h; Saisonarbeitskräfte 6,05 €/h / labor costs for permanent workers 15 €/h, seasonal workers € 6.05/h.

³⁾Dieselskosten 1,10 €/l / diesel costs 1.10 €/l.

Tab. 2

Investitionsrechnung für RTK-Lenkautomaten der Firma Trimble, nach [3]

Table 2: Investment Analysis for RTK automatic steering of Trimble, according to [3]

Kennzahl Index	Einheit Unit	Autopilot/Automatic steering system		Vorrüstung weiteres Fahrzeug Pre-fitting additional vehicle
		Eigene Referenzstation Own reference station	Zugriff auf Referenzstation Access to reference station	
Erreichbare Genauigkeit Achievable accuracy	cm	2,5	2,5	2,5
Investitionsbedarf Investment costs	€	36.940 ¹⁾	23.670	5.000
Abschreibung bei 10 Jahren Nutzungsdauer Depreciation at 10 years of useful life	€/Jahr €/year	3.694	2.367	500
Zinsansatz 5%/Jahr Interest approach 5%/year	€/Jahr €/year	924	592	125
Reparaturkosten ²⁾ Repair Costs ²⁾	€/Jahr €/year	1.108	713	150
RTK Signal RTK signal	€/Jahr €/year	-	1.000 ³⁾	-
Jährliche Kosten Annual costs	€/Jahr €/year	8.386	6.379	775

¹⁾ Anschaffungskosten eigene Referenzstation/cost own reference station 13.270 €.

²⁾ 3 % vom Investitionsbedarf/of investment costs.

³⁾ Schätzwert nach Anwenderaussagen/estimate by users statements.

Möglichkeit hat, auf ein bestehendes Signal zuzugreifen, wurden die Kosten für die Anschaffung einer eigenen RTK-Station sowie für den Zugriff auf ein bestehendes Signal berechnet (**Tabelle 2**).

Insgesamt konnte so ermittelt werden, dass der Modellbetrieb in der Variante mit eigener Basisstation einen zusätzlichen Gewinn von knapp 3.500 € pro Jahr erzielen könnte. Dieser Wert könnte durch die Nutzung eines bestehenden Signals nochmals auf knapp 5.500 € gesteigert werden. Die Varianten amortisieren sich im Betrieb in 5,5 bzw. 3,4 Jahren.

Interessant für den Anwender ist auch zu wissen, welche Mindestfläche benötigt wird, um ein System erfolgreich einsetzen zu können. Mit der kalkulierten Kulturkonstellation müsste der Modellbetrieb über eine Grundfläche von knapp 44 (mit Basisstation) bzw. 34 ha (ohne Basisstation) verfügen, die er dann doppelt belegt. Werden vorwiegend Saatkulturen angebaut, wie z.B. Waschmöhren, so müssen hier mindestens 57 bzw. 44 ha angebaut werden. Bei Pflanzkulturen wie Kopfsalat müssen mindestens 77 bzw. 60 ha angebaut werden. Äquivalent hierzu sind es bei Industriekulturen (wie z. B. Spinat) mindestens 258 bzw. 202 ha.

Schlussfolgerungen

Als Fazit ist festzuhalten, dass durch den Lenkautomaten keine Arbeitszeit gespart werden konnte. Der Fehlstellengrad beträgt ohne Lenkautomat 1,6 %, in der Praxis liegt dieser Wert häufig höher. Auf betriebswirtschaftlicher Ebene konnte gezeigt werden, dass die Investition in ein GPS-Lenkensystem auch für Gemüsebaubetriebe kleinerer und mittlerer Größe lohnend

sein kann. Hinzu kommen weitere Faktoren, die in der Arbeit nicht berücksichtigt wurden. So wurde beim Lohnansatz von festangestellten Arbeitskräften ausgegangen. Mit dem System können allerdings auch weniger geübte Fahrer gerade Spuren erzeugen. Die Fahrer ermüden weniger, da ein stures Geradeausfahren entfällt. Gleichzeitig steigt die Arbeitsqualität, da der Fahrer mehr Zeit für Kontrollarbeiten hat. Weitere Einsparungen sind durch den Einsatz von Gerätekombinationen denkbar, da der Fahrer sich nun auf zwei Arbeitsgänge gleichzeitig konzentrieren kann.

Literatur

- [1] Zier, P.; Hank, K.; Wagner, P. (2008): Ökonomisches Potenzial automatischer Lenksysteme. Berichte über Landwirtschaft 86(3), S. 410–432
- [2] Landerl, G. (2009): Untersuchungen zum Nutzen und zu Genauigkeiten von GPS-gestützten Parallelfahrssystemen (Lenkhilfe, Lenkassistent und Lenkautomat) bei Traktoren. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien
- [3] Frank, H.; Gandorfer, M.; Noack, P. (2008): Ökonomische Bewertung von Parallelfahrssystemen. In: Unternehmens-IT: Führungsinstrument oder Verwaltungsbürde?: Referate der 28. GIL Jahrestagung, Gesellschaft f. Informatik e.V., 10.-11.3.2008, Kiel, S. 47–50
- [4] KTBL e. V. (2009): Gartenbau – Produktionsverfahren planen und kalkulieren. Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.,

Autoren

Daniel Hege studiert an der Hochschule Geisenheim im Studiengang Master of Science Gartenbauwissenschaften, **Prof. Dr. Hans-Peter Schwarz** ist Leiter des Instituts für Technik am Zentrum Wein- und Gartenbau der Hochschule Geisenheim, Brentanostr. 9, 65366 Geisenheim, E-Mail: Hans-Peter.Schwarz@hs-gm.de