

Effizienzvergleich von automatischen Lenksystemen mit manueller Lenkung während der Grünlandernte auf Basis von Prozessparametern der Zugmaschine

Iris Kral^{1,2}, Marie Mauch¹, Norbert Barta^{1*}, Gerhard Piringer^{1,2}, Alexander Bauer¹, Josef Bauerndick³, Heinz Bernhardt³ und Andreas Gronauer¹

Abstract: Der Nutzen von automatischen Lenksystemen wurde bisher vor allem im Ackerbau untersucht. In der vorliegenden Studie soll daher der Nutzen zwischen manueller Lenkung (mL) und automatischer Lenkung (aL) in der Grünlandwirtschaft durch Feldversuche verglichen werden. Die Prozessparameter wurden aus CAN- und ISO-Bus der Zugmaschine während des Mähens, Wendens und Schwadens erfasst. Die größten Abweichungen zwischen mL und aL wurden im Bereich der Feldarbeitszeit beobachtet. Hier war die Bearbeitung mit aL im Mittel 42,6% während des Mähens und 30,0% während des Wendens langsamer als mit mL. Neben unterschiedlichen Fahrstrategien war dieser Umstand auf einen mangelhaften Wechsel von mL auf aL nach der Wende zurückzuführen. Im Gegensatz dazu konnte mit der aL während des Schwadens um 15,6% schneller gearbeitet werden als mit mL. Dies ist auf einen Wendevorgang mittels Schwalbenschwanzwende während mL zurückzuführen.

Keywords: Automatische Lenksysteme, GPS, Grünlandwirtschaft, Mähen, Wenden, Schwaden, Effizienz, Schlagkraft.

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren hat es eine Umorientierung in der Landtechnik in Richtung Präzisionslandwirtschaft gegeben. GPS-Basierte automatische Lenksysteme können einen Beitrag zur Effizienzsteigerung bei Bodenbearbeitung, Aussaat, Pflegemaßnahmen und der Ernte leisten [No16]. Ein wesentlicher Vorteil dieser Systeme ist es, Arbeiten auch bei schlechten Sichtbedingungen wie z.B. bei Nebel oder Dunkelheit ohne Qualitätsverlust mit erhöhter Geschwindigkeit fortsetzen zu können [No16]. In einem Vergleich im Ackerbau konnte gezeigt werden, dass es zu einem Zeitverlust im Übergang von mL auf aL nach der Wende kommen kann [La09]. Aufgrund der begrenzten Feldarbeitstage ist die Bearbeitungszeit ein wesentlicher Faktor für eine effiziente Bewirtschaftung von Grünland. Eine Untersuchung von [Ho06] berichtet, dass sich mit aL die effek-

¹ Universität für Bodenkultur, Institut für Landtechnik, Peter-Jordan Straße 82, 1190 Wien, Österreich, iris.kral@boku.ac.at, norbert.barta@boku.ac.at, gerhard.piringer@boku.ac.at, alexander.bauer@boku.ac.at, andreas.gronauer@boku.ac.at

² Alps GmbH Grabenweg 68, A-6020 Innsbruck, Österreich

³ Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, D-85354 Freising, Deutschland, josef.bauerndick@wzw.tum.de, heinz.bernhardt@wzw.tum.de

* Korrespondierender Autor

tive Arbeitsbreite erhöht und dadurch der Zeitaufwand in der Grünlandwirtschaft um ein bis zwei Prozent reduziert werden kann. Ähnliche Arbeiten zeigen eine Abnahme der Verluste an effektiver Arbeitsbreite durch Überlappung in der Grünlandwirtschaft von 5,03 % mit mL auf 2,34 % mit aL. Trotz dieser Studien ist das Potential dieser Technologie im Grünland ist noch wenig bekannt und soll in dieser Arbeit genauer untersucht werden.

2 Material und Methoden

Der Versuch wurde im intensiv genutzten Grünland am Rheinhof in Hohenems im westlichen Österreich durchgeführt. Die Fläche (Abb.) wurde in sechs rechteckige, gleich große Versuchspartellen mit einer Fläche von je 0,8 ha unterteilt. Dabei wurden die Plots P1, P3 und P6 mit aL und die Plots P2, P4 und P5 mit mL geerntet. Die Versuche wurden am 11. und 12.09.2015 im Rahmen des vierten Schnitts durchgeführt.



Abb.1: Versuchsflächen am Rheinhof in Hohenems. Plot 1, 3, 6 (aL); Plot 2, 4, 5 (mL) [Ma16]

Das Mähen wurde mit einem Steyr Profi CVT 6130 (Baujahr 2015; 96 kW) durchgeführt, welcher mit einem S-Guide RTK-System ausgestattet war. Als Mähwerk wurde ein Pöttinger EUROCAT 316F Classic in Kombination mit einem Pöttinger NOVACUT 302 Heckmähwerk verwendet. Das Wenden und Schwaden wurde mit einem Steyr Multi 4115 (Baujahr 2015; 84 kW), ausgestattet mit einem Trimble XCN 2050 RTK-System, durchgeführt. Für das Wenden wurde ein „Euro-Hit 80 NZ“ verwendet. Für das Schwaden wurde ein „Euro TOP 421 N“ Einkreiselschwader eingesetzt. Die gemessenen Arbeitsbreiten sind in Tab. 1 zusammengefasst.

Die Fahrspuren und das Vorgewende für eine Parzelle mit aL wurden mit Hilfe der AFS Software von CASE iH mit der Multiswath-Funktion geplant. Die Asymmetrie des Heckmähwerks wurde in der Planung berücksichtigt. Die Spuren für das Schwaden wurden beidseitig (Doppel-Schwade) geplant. Die Spurführung für die mL wurde den Fahrern überlassen, durfte aber nicht zwischen den Parzellen variiert werden. Die Prozessdaten wurden aus CAN- und ISO-Bus mit einem Vector GL-3000 Datenlogger aufgezeichnet. Zusätzlich wurde das Signal eines Garmin GPS18xLVC (Genauigkeit 3m)

aufgezeichnet. Die statistische Auswertung erfolgte mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse. Für das Mähen sowie für das Wenden und Schwaden wurden zwei unterschiedliche Fahrer eingesetzt. Jeder Fahrer führte den ihm zugeordneten Prozessschritt sowohl mit mL als auch mit aL durch. Der verbleibende Überstand wurde mit einem Maßband bestimmt und damit auf die effektive Arbeitsbreite über die Parzellengröße zurückgerechnet.

	Nennbreite	Feldarbeitsbreite	Breite geplant	Eff. Breite mL	Eff. Breite aL	Verlust mL	Verlust aL
Mähen	6,09 m	5,70 m	5,50 m	5,21 m	5,52 m	8,67 %	3,20 %
Wenden	7,45 m	-	7,00 m	-	-	-	-
Schwaden	4,20 m	3,30 m	3,30 m	3,15 m	3,30 m	4,45 %	0,00 %

Tab. 1: Arbeitsbreiten der Geräte, geplante Spurbreiten und effektive Arbeitsbreiten

3 Ergebnisse

In den Versuchsergebnissen zeigen sich die in der Literatur genannten Verbesserungen in der effektiven Arbeitsbreite um ca. 5% (Tab. 1). Die großen Unterschiede in der Arbeitszeit pro Parzelle lassen sich durch unterschiedliche Fahrstrategien von mL und aL erklären. Beim Mähen wählte der Fahrer mit mL aufgrund der kleinen Parzellengröße Spuren in Spiralförmigkeit, um eine effizienten Wende zu ermöglichen. Dabei war die Spirale in der Drehrichtung so gewählt, dass sich der Fahrer an dem im Blickfeld befindlichen Frontmäherwerk orientieren konnte. Zusätzlich wurden beim Mähen mit mL zwei Spurbreiten für das Vorgewende angelegt, während mit aL drei Spuren eingeplant wurden.

	Mähen - F1		Wenden - F2		Schwaden -F2	
	Längs	Wende	Längs	Wende	Längs	Wende
P1	11,72 ^c	5,06 ^b	-	-	9,57 ^b	8,37 ^a
P3	12,70 ^{bc}	6,38 ^b	9,79 ^a	8,51 ^a	9,96 ^a	8,70 ^a
P6	13,10 ^{bc}	7,86 ^a	9,66 ^a	8,79 ^a	9,53 ^b	8,32 ^a
P2	14,96 ^a	9,52 ^a	-	-	9,03 ^c	5,10 ^b
P4	14,06 ^{ba}	9,69 ^a	10,05 ^a	8,91 ^a	9,03 ^c	5,41 ^b
P5	12,25 ^c	9,17 ^a	8,91 ^a	8,67 ^a	8,76 ^c	5,17 ^b
Sign.	p<0,001	p<0,001	n.s.	n.s.	p<0,001	p<0,001

Tab. 2: Durchschnittliche Fahrgeschwindigkeiten in km/h für mL und aL (Mittelwert - MW; Fahrer 1 - F1; Fahrer 2 - F2; n.s. – nicht signifikant) [Ma16]

Die Durchschnittsgeschwindigkeit der einzelnen Bearbeitungssegmente hatte ebenfalls einen Einfluss auf die Arbeitszeit. Bei einer Aufteilung in Arbeitsfahrt und Wende zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen aL und mL. In Tab. 2 sind die durchschnittlichen Geschwindigkeiten für Mähen, Wenden und Schwaden enthalten. Während beim Mähen und Schwaden signifikante Unterschiede in den Geschwindigkeiten festzustellen

sind, kann dies beim Wenden nicht nachgewiesen werden. Beim Mähen ist eine langsamere Fahrt auf den Wechsel von mL auf aL zurückzuführen. Fahrer 1 zeigte eine kontinuierliche Steigerung der Geschwindigkeit mit aL, was auf einen Lerneffekt hindeutet. Die signifikant höhere Geschwindigkeit mit aL beim Schwaden während des Spurwechsels beruht auf der Schwalbenschwanzwende welche mit mL gewählt wurde (Tab.).

4 Diskussion und Ausblick

Die Messergebnisse belegen die in der Literatur angeführte Verbesserung der effektiven Arbeitsbreite. Die starken Unterschiede in der Bearbeitungszeit sind stark durch die motorischen Fähigkeiten des Fahrers beeinflusst nach der Wende die gewählte Spur der aL zu treffen. Durch die kleinen, quadratischen Parzellenformen beeinflusst die Wendezeit maßgeblich die gesamte Bearbeitungszeit. Während die direkte Wende mit mL schneller ausgeführt wurde, führte eine reversierende Wende zu einer langsameren Bearbeitungszeit mit mL. Mit automatischen Wendemanövern könnte die Effizienz von aL auch für kleine Flächen weiter gesteigert werden. Die Wirksamkeit von automatischen Wendemanövern soll in weiteren Versuchen evaluiert werden.

5 Danksagung

Das Projekt wurde im COMET Programm über das K1-Zentrum AlpS ermöglicht und durch die österreichische Forschungsförderungsgesellschaft, das Land Vorarlberg und Steyr Traktoren gefördert. Unterstützt wurden die Versuche durch das Bäuerliche Schul- und Bildungszentrum für Vorarlberg in Hohenems.

Literaturverzeichnis

- [Ho06] Holpp, M.: Parallelfahrssysteme für Traktoren. Technik und Wirtschaftlichkeit. Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. 2006.
- [La09] Landerl, G.: Untersuchung zum Nutzen und zu Genauigkeiten von GPS-gestützten Parallelfahrssystemen (Lenkhilfe, Lenkassistent und Lenkautomat) bei Traktoren. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur. Wien. 2009.
- [Ma16] Mauch, M.: Möglichkeiten und Grenzen eines automatischen Lenksystems für den Traktoreinsatz im Grünland. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur. Wien. 2016.
- [No16] Noak, P. O.: Satellitenortungssysteme (GNSS) in der Landwirtschaft. DLG Merkblatt 388. DLG e V. Fachzentrum Landwirtschaft. Frankfurt am Main. 2016.
- [SDP12] Shinnars, T. J.; Digman, M. F.; Panuska, J. C.: Overlap Loss of Manually and Automatically Guided Mowers. Applied Engineering in Agriculture 28(1). 5-8. 2012.