

8. Jänner 2025

Fahrerassistenzsysteme - Intelligente Maschineneinstellung und -führung mit CLAAS CEMOS

Standort: Innovation Farm Wieselburg
Autoren: Ines Mühlbachler, Georg Ramharter, Franz Handler, Markus Gansberger

Untersucht wurde die Praxistauglichkeit intelligenter Fahrerassistenzsysteme bei wechselnden Aufgaben am Beispiel CEMOS von CLAAS. Optimierte Motormanagement, angepasste Getriebeeinstellungen und ein exaktes Ansteuern der Implements sollen nicht nur die Wirtschaftlichkeit fördern, auch sind wesentliche Ziele die Entlastung des Fahrers und das Ausschöpfen des Potentials der heutigen Traktorentechnologie.

DETAILS

Partner: CLAAS Regional Center Central Europe GmbH

Produkt: CLAAS ARION 660 CMATIC mit CEMOS und Reifendruckregelanlage (CTIC)

Betreuer: Ines Mühlbachler, Innovation Farm Wieselburg

Zeitraum: Sommer 2023 bis Winter 2023

Umsetzung: Es wurden Praxiseinsätze auf einem Pilotbetrieb sowie ein Pflugversuch mit Landwirten auf mehreren Parzellen eines Versuchsfeldes durchgeführt.

Ziel des Projektes: Ziel ist die Erfassung und Bewertung der Flächenleistung, Effizienz und Arbeitsqualität des Bearbeitungsvorganges, welcher mit dem Fahrerassistenzsystem CLAAS CEMOS für CLAAS CMATIC Traktoren durchgeführt wurde.

Fazit: CLAAS CEMOS hat sich in den Tests als nützliches Tool erwiesen, das Landwirten bei der Optimierung von Maschineneinstellungen unterstützt. Positiv fielen die Benutzerfreundlichkeit und die detaillierten Anweisungen auf, die selbst weniger erfahrenen Fahrern helfen. Allerdings zeigte sich auch, dass das System unter extremen Bedingungen an seine Grenzen stößt und die Erfahrung des Fahrers weiterhin entscheidend bleibt.

Details und Videos: www.innovationfarm.at

Förderungen: gefördert von Bund, Ländern und EU

Einleitung – Herausforderungen, Ist-Stand, Ziel

Verschiedene Arbeiten mit wechselnden Anbaugeräten unter sich ständig ändernden Feldbedingungen machen es nahezu unmöglich, mit einer Maschineneinstellung allen Ansprüchen gerecht zu werden. Um Flächen effizient und bodenschonend zu bearbeiten, wird vom Fahrer viel Erfahrung bei unterschiedlichen Maschinenkombinationen bzw. pflanzenbaulichen Aufgabenstellungen benötigt. Für weniger routinierte Fahrer ist die Wahl der optimalen Maschineneinstellungen, noch dazu bei unterschiedlichen Anbaugeräten und Flächen, mit den zu Verfügung stehenden Einstellungen moderner Traktoren nicht leicht zu treffen. Bereits eine unpassende Ballastierung sowie falsche Reifendrücke führen zu möglichen Effizienzeinbußen und im schlimmsten Fall zu Strukturschäden im Boden. CLAAS CEMOS sollen helfen, die Leistung und Effizienz der Arbeitsprozesse durch Anleitung des Fahrers zu steigern. Dazu werden von CLAAS CEMOS Optimierungsmaßnahmen für Maschineneinstellungen vorgeschlagen, welche den Bodendruck minimieren und nach entsprechender Auswahl die Leistung oder Effizienz des Arbeitsvorganges mit dem Traktor steigern sollen.

Hauptteil 1 – Was steckt hinter CLAAS CEMOS?

CLAAS CEMOS, bereits aus dem Einsatz in Mähdreschern und Feldhäckslern bekannt, ist seit einigen Jahren auch für CLAAS Traktoren verfügbar. Dieses Fahrerassistenzsystem soll Landwirte dabei unterstützen, die Einstellungen an Traktor und Anbaugerät optimal an die Arbeitsbedingungen anzupassen, um die Effizienz zu steigern und den Boden zu schonen.

Bei der ersten Inbetriebnahme des Systems müssen Fahrer einmalig die Reifenkenndaten eingeben, damit CLAAS CEMOS die idealen Reifendrücke berechnen kann. Danach wird das Anbaugerät im CEBIS Terminal registriert, wobei detaillierte Daten wie Eigengewicht und Abmessungen, etwa der Abstand zwischen der Achse des Gerätes und dem Koppelpunkt, erfasst werden, um passende Ballastierungen empfehlen zu können.

Der Optimierungsprozess mit CLAAS CEMOS gliedert sich in drei Phasen: Zuerst die Vorbereitungsphase am Hof, gefolgt von der Grundeinstellungsphase für das Arbeitsgerät und schließlich die Dialogphase, in der während des Arbeitsvorgangs weitere Optimierungen vorgenommen werden.

In der Vorbereitungsphase werden die Bodenfeuchte, die Bodenart, der Bodenzustand und die Arbeitstiefe ermittelt und an das System weitergegeben. Danach wird die Reifenauswahl bestätigt und ob eine zusätzliche Ballastierung verwendet wird. Daraufhin gibt das Assistenzsystem Vorschläge für die Ballastierung und den Reifendruck der Vorder- und Hinterachse aus. Ist am Betrieb das vorgeschlagene Frontgewicht nicht vorhanden, so kann auch eine abweichende Ballastierung eingegeben werden, gleiches gilt für die Reifendrücke. Natürlich handelt es sich bei den Luftdruckangaben um optimale Werte für den Feldeinsatz, auf dem Weg zum Schlag und im Straßenverkehr sind höhere Drücke zu empfehlen.



Abbildung 1: Vorschlag zur Ballastierung (750 kg) und Reifendruck (0,8 bar)

Mit dem Grundeinstellungsassistenten wird in der nächsten Phase das Anbaugerät – in unserem Fall ein Pöttinger SERVO 4000 5-Schar Drehpflug – optimal für die spezifischen Feldbedingungen eingestellt. Zunächst wählt der Bediener aus, ob „onland“ oder „in der Furche“ gepflügt und ob ein Packer verwendet wird.

Bei der Vorabkontrolle wird empfohlen, die Spurweite des Traktors und die Beweglichkeit der Stabilisatoren der Unterlenker bei abgesenktem Pflug zu überprüfen. Anschließend erfolgt die Überprüfung der Vorderfurchenbreite und der Zuglinie, wobei CLAAS CEMOS detaillierte Anweisungen am Terminal bereitstellt, inklusive Tipps zum Einstellen der Spindel und der Anweisung, den Allradantrieb während der Überprüfung der Zuglinie auszuschalten. Abschließend schlägt CLAAS CEMOS eine Arbeitstiefe für den Vorschäler und den optimalen Abstand der Scheibenseche zur Spitze des Pflugschars vor.



Abbildung 2: Einstellungen am Pflug

Nachdem die ersten Furchen gezogen und der Pflug entsprechend eingestellt wurden, beginnt die Dialogphase, sprich Kommunikation. In dieser Phase wählt der Fahrer ein Optimierungsziel aus, entweder Leistung (Hektar pro Stunde) oder Effizienz (Liter pro Hektar). Basierend auf der gewählten Zielsetzung schlägt CLAAS CEMOS verschiedene Anpassungen der Maschinenparameter vor.

Nachdem die Einstellungen vorgenommen wurden, zeigt CLAAS CEMOS dem Fahrer zwei Balken an, welche die Auswirkungen der veränderten Parameter auf die Flächenleistung und die Effizienz visualisieren. Weitere Empfehlungen können die Aktivierung des Tempomaten, Anpassungen an der Schlupfregelung und die Feinjustierung der Lageregelung umfassen. Ist der Fahrer mit den Ergebnissen einverstanden, wird der Dialog geschlossen und erst bei signifikanten Änderungen der Bedingungen wieder aufgenommen. Während einige Einstellungen nach Bestätigung automatisch von CLAAS CEMOS angepasst werden, müssen andere manuell vom Bediener vorgenommen werden.



Abbildung 3: Dialogoptimierung während des Pflügens

Hauptteil 2 – Die Relevanz des Assistenzsystems in Bezug auf Bodenschutz

Neben den Grundeinstellungen der Maschine, spielen auch die vorgeschlagenen Reifendrücke und Ballastierungen eine wichtige Rolle. Häufig werden in der Praxis unpassende Frontgewichte eingesetzt und Felder mit zu hohen Reifendrücken befahren, resultierend aus einer fehlerhaften Einschätzung der Hinterachslasten bzw. Gewichtsverteilung des Traktors.

Ein weiterer Grund ist das fehlende Wissen über die langfristig negativen Auswirkungen von übermäßigem Ballast und hohen Reifendrücken auf die Bodengesundheit. Auch die Bequemlichkeit spielt eine Rolle, da Veränderungen an den Ballastierungen und Reifendrücken zusätzliche Zeit und Mühe erfordern. Oft wird aus diesem Grund auf eine Anpassung verzichtet, obwohl dies langfristig zu einer besseren Arbeitsqualität führen könnte.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Zugpunktveränderung bei unterschiedlichen Reifendrücken an der Vorder- und der Hinterachse, denn dieser kann auch die Effizienz der Bodenbearbeitung beeinflussen. CLAAS CEMOS berücksichtigt diesen Faktor, um die Zugkraftverteilung zu optimieren und macht dem Fahrer deutlich, dass auch mit weniger Ballast und geringerem Reifendruck eine effektive Bearbeitung des Feldes möglich ist.

Hauptteil 3 –Methoden und Versuchsaufbau

Die Einführung von Fahrerassistenzsystemen wie CLAAS CEMOS in der Landwirtschaft hat das Ziel, die Effizienz von Arbeitsprozessen zu verbessern und gleichzeitig den Ressourcenverbrauch zu reduzieren. Der Versuch zielt darauf ab, die Auswirkungen von CLAAS CEMOS auf den Anwender zu untersuchen, indem die Auswirkungen auf die Benutzerfreundlichkeit, Kraftstoffeinsparung, Arbeitsqualität und Effizienz des Arbeitsprozesses ermittelt werden.

Der Versuch wurde auf einer 15 Hektar großen Fläche durchgeführt, die in zwölf Parzellen unterteilt war. Zwei Landwirte bearbeiteten je sechs Parzellen, welche in zwei Versuchsvarianten aufgeteilt wurden:

- In der ersten Variante, der sogenannten „Standard“-Variante, hatten die Landwirte die Freiheit, Ballastierung, Reifendruck und die Maschineneinstellungen eigenständig festzulegen, daraufhin bearbeitete jeder Landwirt drei Parzellen.
- Im Anschluss wurde dem Landwirt CLAAS CEMOS vorgestellt. Gemeinsam mit den Landwirten wurden die drei Optimierungsphasen des Systems durchgeführt, woraufhin die Landwirte erneut drei Parzellen bearbeiteten.

Die Arbeitsbreite wurde in beiden Varianten auf 180 cm festgelegt ($36 \text{ cm} * 5 = 180 \text{ cm}$) und die Arbeitstiefe betrug 20 cm.

Die Daten wurden mithilfe des CLAAS Telematics-Systems erfasst und anschließend mit der Software Statgraphics ausgewertet. Zur Analyse der Daten kamen verschiedene statistische Tests, darunter der Kruskal-Wallis-Test*, zum Einsatz.

Hauptteil 4 – die Ergebnisse

Bei den durchgeführten Versuchen wurden die Standard-Einstellungen der Landwirte mit den optimierten Einstellungen durch das CLAAS CEMOS System verglichen.

Landwirt 1			Landwirt 2		
Standard	Reifendruck [bar]		Cemos	Reifendruck [bar]	
	0,8	0,8		1,2	0,8
	Ballastierung [kg]			Ballastierung [kg]	
	1200	900		1200	900
	Kraftstoffverbrauch [l/ha]			Kraftstoffverbrauch [l/ha]	
	22,1	21,2		21,2	21,0
	Flächenleistung [ha/h]			Flächenleistung [ha/h]	
	1,21	1,21		1,19	1,22
	Fahrgeschwindigkeit [km/h]			Fahrgeschwindigkeit [km/h]	
	6,7	6,7		6,6	6,8
Schlupf [%]		Schlupf [%]			
9,9	5,6	6,6	6,6		

Abbildung 4: Vergleich zwischen Landwirt 1 und Landwirt 2

Standard-Einstellungen durch den Landwirt

Die beiden Landwirte hatten die Freiheit, ihre eigenen Maschineneinstellungen vorzunehmen. Beide Landwirte verwendeten ein Frontgewicht von 1200 kg. Unterschiede zeigten sich beim Reifendruck: Landwirt 1 entschied sich für einen Reifendruck von 0,8 bar vorne und hinten, während Landwirt 2 einen Reifendruck von 1,2 bar vorne und hinten einstellte.

Optimierte Einstellungen durch CLAAS CEMOS

Nach der Erklärung von CLAAS CEMOS, wurden die Maschineneinstellungen verändert bzw. optimiert. Die Ballastierung wurde auf 900 kg reduziert, was eine Reduktion im Vergleich zu den Standardeinstellungen darstellt. Der Reifendruck wurde auf 0,8 bar vorne und hinten festgelegt, was insbesondere für Landwirt 2 eine Anpassung darstellte. Zudem wurden die Fahrstrategien nach Effizienzvorgaben von CLAAS CEMOS optimiert, um die Gesamtleistung weiter zu verbessern.

In den durchgeführten Versuchen wurden neben den Maschineinstellungen auch die Auswirkungen des Einsatzes des CLAAS CEMOS Fahrerassistenzsystems hinsichtlich Kraftstoffverbrauch, Flächenleistung, Fahrgeschwindigkeit und Schlupf untersucht.

Kraftstoffverbrauch

In Bezug auf den Kraftstoffverbrauch zeigt sich, dass die CLAAS CEMOS Einstellungen bei beiden Landwirten eine leichte Reduktion bewirken konnten. Bei Landwirt 1 fiel der Verbrauch von 22,1 l/ha auf 21,2 l/ha, während bei Landwirt 2 der Verbrauch von 21,2 l/ha auf 21,0 l/ha sank.

Laut Kruskal-Wallis-Test für den Kraftstoffverbrauch bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Landwirt-Varianten L1_Cemos - L1_Standard und L1_Standard - L2_Standard.

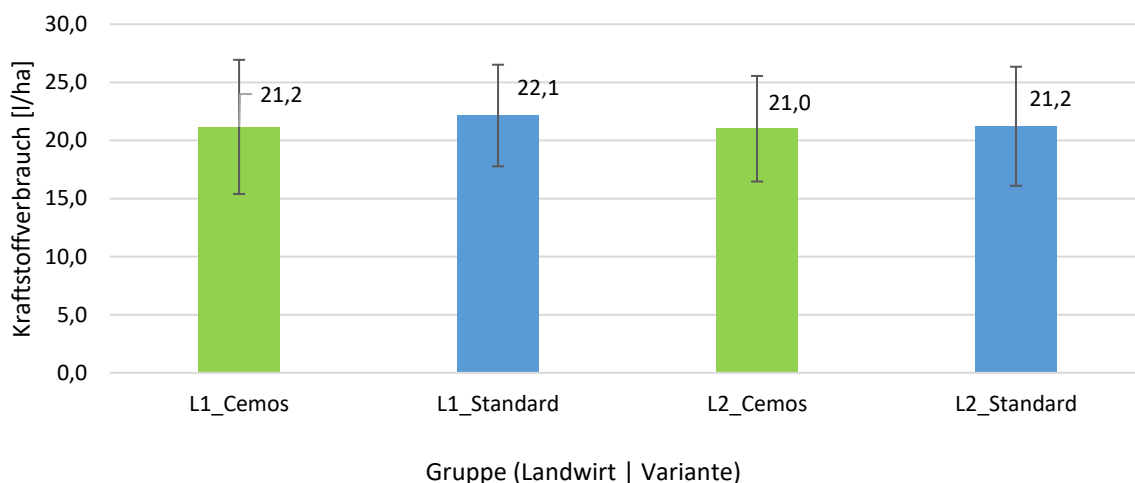


Abbildung 5: Mittelwerte und Standardabweichungen der Gruppe beim Kraftstoffverbrauch

Fahrgeschwindigkeit

Die Messungen zur Fahrgeschwindigkeit (Radar) zeigten die folgenden Ergebnisse: Beim ersten Landwirt (L1) wurde mit und ohne CLAAS CEMOS eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 6,7 km/h erreicht. Beim zweiten Landwirt (L2) lag die Geschwindigkeit mit CLAAS CEMOS bei 6,8 km/h und ohne dem System bei 6,6 km/h.

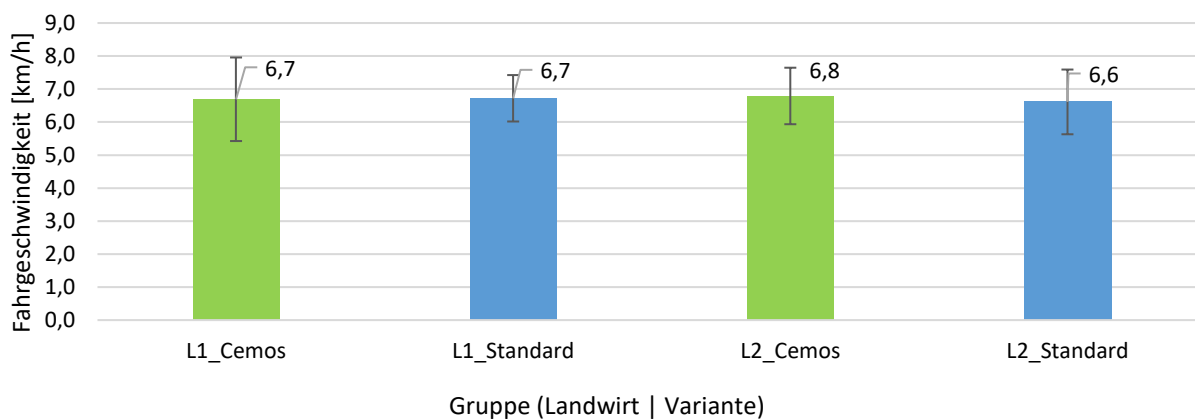


Abbildung 6: Mittelwerte und Standardabweichungen der Gruppe bei der Fahrgeschwindigkeit

Flächenleistung

Fahrgeschwindigkeit und Flächenleistung hängen eng miteinander zusammen, grundsätzlich gilt die Formel:

$$\text{Flächenleistung} = \text{Fahrgeschwindigkeit} * \text{Arbeitsbreite}$$

Bei Landwirt 1, bei dem die Fahrgeschwindigkeit konstant bei 6,7 km/h lag, blieb auch die Flächenleistung stabil bei 1,21 ha/h. Bei Landwirt 2 hingegen führte der Anstieg der Fahrgeschwindigkeit von 6,6 km/h ohne CEMOS auf 6,8 km/h mit CLAAS CEMOS zu einer entsprechenden Steigerung der Flächenleistung von 1,19 ha/h auf 1,22 ha/h. Dies unterstreicht die enge Beziehung zwischen beiden Parametern, da eine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit bei gleichbleibender Arbeitsbreite unmittelbar zu einer höheren Flächenleistung führt. Hier liegt laut Kruskal-Wallis-Test auch ein signifikanter Unterschied zwischen L2_Standard - L2_Cemos vor.

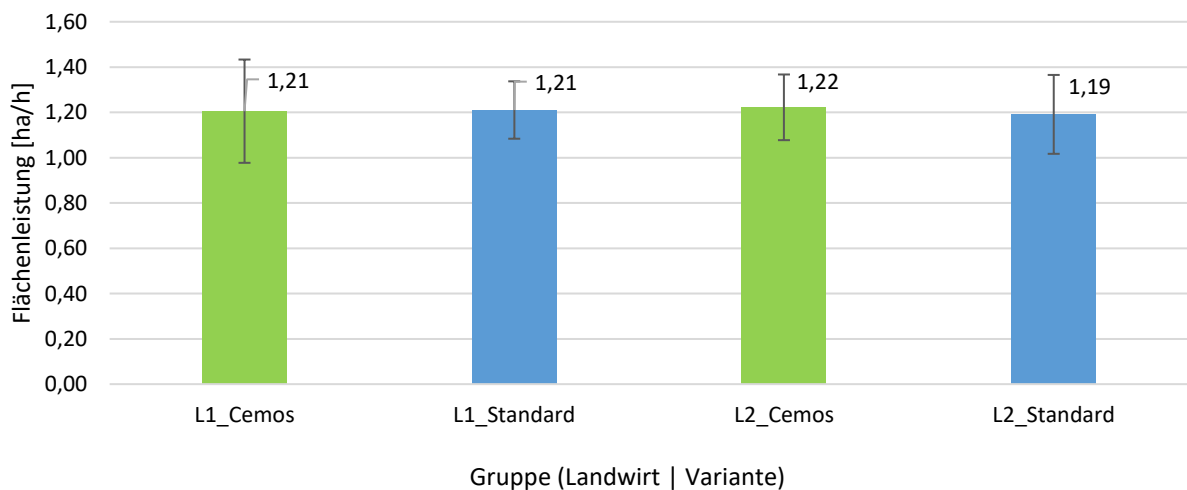


Abbildung 7: Mittelwerte und Standardabweichungen der Gruppe bei der Flächenleistung

Schlupf

Ein besonders deutlicher Effekt der CEMOS-Optimierung zeigte sich beim Schlupf. Bei Landwirt 1 konnte der Schlupf von 9,9 % auf 5,6 % reduziert werden. Bei Landwirt 2 war der Schlupf mit und ohne CLAAS CEMOS nahezu gleich (6,6 %). Auch beim Schlupf liegt laut Kruskal-Wallis-Test ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vor.

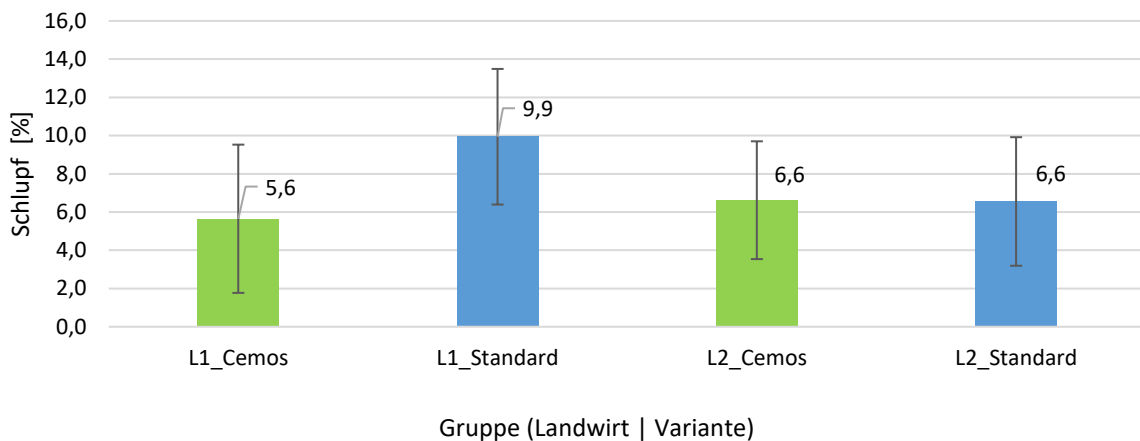


Abbildung 8: Mittelwerte und Standardabweichungen der Gruppe beim Schlupf

Arbeitsqualität und Benutzerfreundlichkeit

Die Rückmeldungen der beteiligten Landwirte zur Arbeitsqualität und Benutzerfreundlichkeit des Systems waren durchaus positiv. Beide Pilotbetriebe berichteten, dass die Verwendung von CLAAS CEMOS eine erhebliche Erleichterung bei der Einstellung und Optimierung der Maschinen darstellte. Insbesondere die intuitive Benutzeroberfläche sowie die detaillierten Anweisungen wurden hervorgehoben.

Landwirt 1 äußerte, dass durch die Nutzung des Systems die Arbeitsqualität verbessert wurde, da präzisere Einstellungen vorgenommen werden konnten, die zuvor auf Erfahrung und Schätzung basierten. Landwirt 2 betonte die Benutzerfreundlichkeit des Systems und die genaue Anleitung der einzustellenden Parameter. Beide Landwirte stellten fest, dass die Anpassungen durch CLAAS CEMOS zu einer gleichmäßigeren Bodenbearbeitung führten.

- * Der Kruskal-Wallis-Test untersucht Unterschiede in den Rangsummen der Gruppen, was einen indirekten Hinweis auf Unterschiede in den Medianen gibt. Im Gegensatz zu anderen Tests, wie der ANOVA, setzt der Kruskal-Wallis-Test keine Normalverteilung der Daten voraus, was ihn ideal für landwirtschaftliche Studien mit nicht-normalverteilten Daten macht. Er ordnet die Daten aller Gruppen in Ränge und vergleicht diese, um festzustellen, ob Unterschiede zwischen den Gruppen bestehen. Anschließend werden nachfolgende paarweise Vergleiche durchgeführt, um zu bestimmen, welche Gruppen sich signifikant voneinander unterscheiden. Ein signifikanter Test weist darauf hin, dass mindestens eine Gruppe sich deutlich von den anderen unterscheidet.

Fazit aus der Praxisanwendung

Die Verwendung vom Fahrassistenzsystem CLAAS CEMOS führte zu einer effizienteren Nutzung der Maschinen. Die Anwender nutzten alle möglichen Einstellparameter von Traktor und Pflug, um ihr Gespann ideal einzustellen. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung von Fahrerassistenzsystemen für die Optimierung von landwirtschaftlichen Arbeitsprozessen und dass auch ungeübte Bediener die Möglichkeit bekommen, die Maschinen passend zu den Arbeitsbedingungen einstellen zu können.

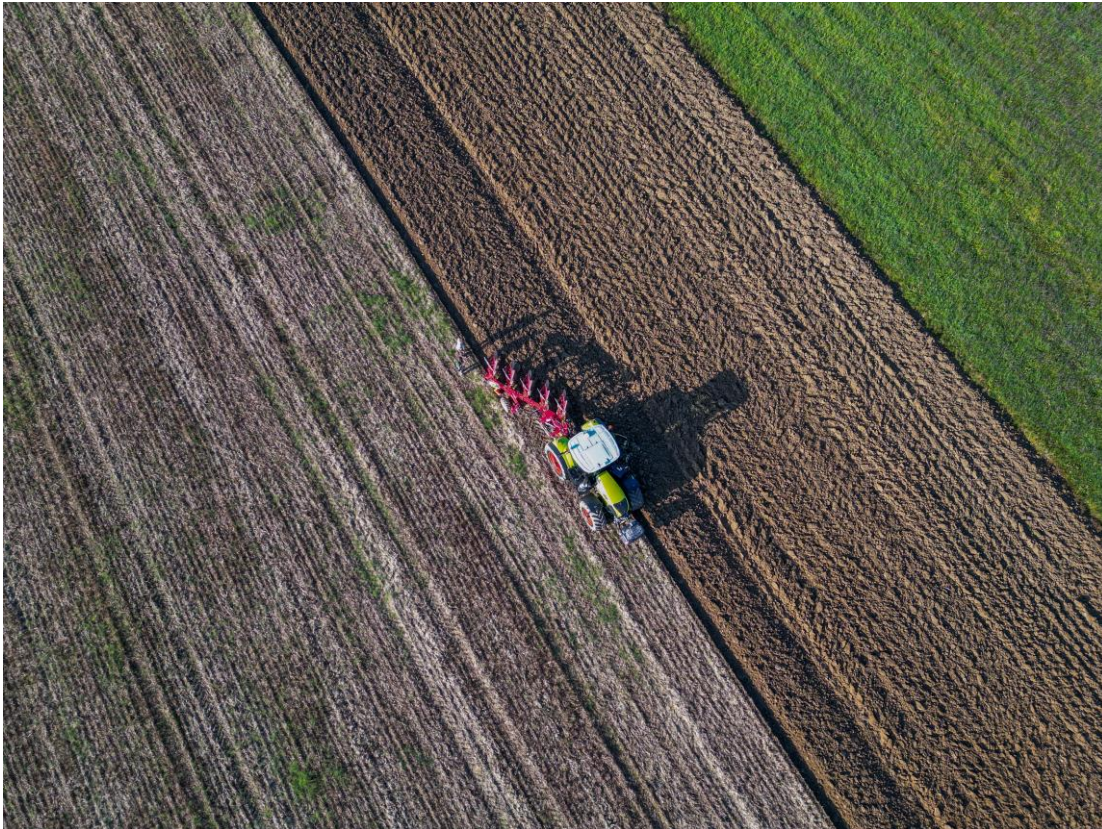
Ein großer Vorteil des Systems zeigt sich bei Gemeinschaftstraktoren oder beim Einsatz von Aushilfsfahrern. CLAAS CEMOS hilft dabei, die richtigen Knöpfe und Einstellungen am Traktor schnell zu finden, was insbesondere bei wenig erfahrenen Fahrern oder bei wechselnden Bedienern von Vorteil ist. Bei guten Bedingungen funktioniert das System hervorragend und bietet erhebliche Optimierungsmöglichkeiten. Allerdings muss manchmal von den Vorschlägen des Systems abgewichen werden, um spezifischen Bedingungen gerecht zu werden. Beispielsweise muss am Hang der Pflug eher zum Berg geneigt werden und bei harten Bedingungen sollte er leicht auf den Spitz gestellt werden, um besser einzuziehen. Außerdem werden nicht alle Umwelt- und Bodenbedingungen von CEMOS berücksichtigt. Bei sehr trockenen oder kalten Bedingungen kann das System an seine Grenzen stoßen. Die Beurteilung der Arbeitsqualität bleibt letztendlich beim Fahrer und seiner Erfahrung. Unter optimalen Bedingungen kann das Einstellen fast jeder Fahrer bewältigen, doch noch hilfreicher wären Tipps für fordernde Feldeinsätze.

In der Dialogphase werden derzeit nur Effekte nach den erfolgten empfohlenen Einstellungen am Traktor grafisch dargestellt, wie zum Beispiel die Anpassung der Schlupfregelung. Eine Erweiterung um die Visualisierung der Effekte nach anderen erfolgten Einstellungen, wie der Zugpunktverstellung, wären wünschenswert. Auch die Schnittbreite beziehungsweise Arbeitsbreite wird nicht vollständig berücksichtigt. Eine geringere Arbeitsbreite könnte vom System vorgeschlagen und auf den Kraftstoffverbrauch pro Hektar untersucht werden, um weitere Optimierungspotenziale zu erschließen.

Die fortschreitende Automatisierung in der Landwirtschaft birgt großes Potenzial, um Arbeitsprozesse deutlich effizienter zu gestalten. Fahrerassistenzsysteme wie CLAAS CEMOS, kombiniert mit modernen Technologien wie automatische Lenksystemen, Sensornetzwerke und leistungsstarke Datenanalyse-Tools, werden zukünftig in der Lage sein, Entscheidungen in Echtzeit und weitgehend autonom zu treffen. Dies würde eine nahezu vollständige Optimierung der Maschinenleistung ermöglichen. Neben einer gesteigerten Produktivität wird so auch die Umweltbelastung durch präzises und ressourcenschonendes Arbeiten reduziert werden.

Dieser Beitrag entstand im Rahmen der Innovation Farm (www.innovationfarm.at), die von Bund, Ländern und der Europäischen Union im Rahmen des ländlichen Entwicklungsprogrammes LE 14–20 unterstützt wird.

Weitere Fotos:



(Bildquellen: IF Wieselburg)