



Vierkreiselschwader im Einsatz

Fotos: IF Wieselburg

Etwas schneller und mit mehr Kontrolle

Schlagkräftige Schwadertechnik effizient einsetzen

Welche Auswirkung eine automatische Teilbreitenschaltung – Section Control – beim Vierkreiselschwader hat, wurde an der Innovation Farm in Österreich im Zuge von Praxiseinsätzen untersucht.

Mit zunehmender Schlagkraft von Mäh- und Bergetechnik wird auch die Schwadertechnik immer mehr gefordert. Kurze Erntefenster erfordern eine hohe Flächenleistung. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, haben Großflächenschwader in vielen Grünlandregionen Einzug gefunden. Kleine oder unförmige Flächen sind für Grünlandregionen charakteristisch. Aber auch hier muss die Erntetechnik schlagkräftig sein. Technische Hilfsmittel können dabei eine große Unterstützung sein.

Durch die Isobus-Task Controller Funktion übernimmt die Kommunikationseinheit die GPS-basierte Steuerung des Schwaders und ermöglicht dadurch das automatische Heben und Senken der Kreisel. Kommt ein Kreisel in einen bereits bearbeiteten Bereich der Fläche, hebt dieser automatisch aus. Die weiteren Kreisel folgen, sofern sie ebenfalls in einen geschwadeten Bereich kommen. Nach dem Wendevorgang senken die Kreisel knapp vor der ungeschwadeten Fläche wieder ab.

Technisch umgesetzt wird dies durch eine Kommunikationseinheit. Über W-Lan wird eine drahtlose Verbindung zwischen einem Tablet und Pöttinger Connect aufgebaut. Dieser Empfänger erinnert auch optisch an einen W-Lan-Router und sitzt zwischen den Hydrauliktanks des Schwaders. Für eine höhere Genauigkeit kann das Sys-

tem optional noch mit einem externen GNSS-Empfänger (weiß) ergänzt werden (siehe Bild unten).

Wie die Kreisel arbeiten

Am Tablet öffnet man mit einem beliebigen Browser die GeoSuite App, die eine Bedienoberfläche für Pöttinger Connect Command darstellt und neben den Bedienelementen auch beispielsweise die bereits bearbeitete Fläche zeigt (siehe Abbildung 1 und 2).

In den grauen Kacheln am oberen Bildrand sieht man den aktuellen Auftrag, den Arbeitsfortschritt (unbearbeitet/bearbeitet), die Gesamtfläche, die Signalstärke und ein Symbol für Einstellungen. Am unteren Bildschirmrand erkennt man eine Schaltfläche mit der Fahrgeschwindigkeit und -richtung. Der grüne Balken simuliert die vier Teilbreiten, in diesem Fall also die vier Kreisel des Schwaders. Ein Klick auf das „A“ ermöglicht ein Umschalten zwischen automatischer Teilbreitenschaltung und dem Handbetrieb.

Mit einem Klick auf das „+“ kann ein Vorgewende simuliert werden. Entlang der orangen Feldgrenze

wird ein gelber Bereich hinzugefügt. Dieser löst ebenso wie der bereits befahrene blaue Bereich den Aushub der Kreisel aus. Empfehlenswert ist dies, wenn wie in diesem Fall nur ein schwaches DGPS-Signal vorliegt.

Um den Schwader auch im Handbetrieb bedienen zu können und die vielen weiteren Funktionen ansteuern zu können, benötigt man ein Terminal. Angeliefert wurde die Versuchsmaschine mit dem Isobus-fähigen Expert 75-Terminal von Pöttinger. In diesem Fall wurde beim Einsatz mit dem Steyr Impuls CVT der Schwader jedoch gleich über das integrierte Traktorterminal AFS 700 bedient. Dank Isobus AUX-N-Freischaltung konnten somit viele Schwaderfunktionen auf Tasten des Fahrhebels gelegt werden. Auch das GNSS-Signal mit RTK-Genauigkeit wurde von der Web-Anwendung automatisch übernommen.

Ausheben der Kreisel

Ein stufenloses Getriebe, ein Spurführungssystem, die wichtigsten Schwaderfunktionen direkt am Fahrhebel und auch einige Ausstattungsmerkmale des Schwaders wurden positiv bewertet. Die Höhenverstellung ist für jeden Kreisel einzeln und aus der Kabine möglich, bei engen Kurvenfahrten schwenkt der vordere Kreisel dank Überlappungssteuerung etwas ein, wodurch kein Futter liegen bleibt. Am Vorgewende heben die hinteren Kreisel zeitversetzt aus und folgen den vor-

deren. Für rechtwinkelige Schläge ist man damit schon gut gerüstet.

Auf Keilflächen müssen speziell die beiden vorderen Kreisel zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausheben, um die bereits geformten Schwaden nicht zu zerstören oder Futter liegen zu lassen. Bevor der Kreisel einzeln angehoben werden konnte, war dafür bisher die Vorwahl der Kreisel am Terminal nötig. Dies ist jedoch aufwendig und, sofern die Fahrgeschwindigkeit nicht reduziert werden soll, extrem stressig.

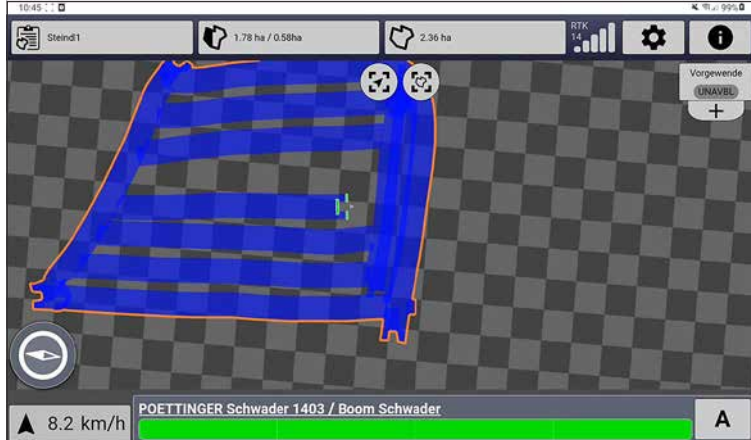
Alternativ kann man bei der neuen Generation die Spitzschwadfunktion aktivieren. Eine Vorwahl der Kreisel ist damit nicht mehr nötig, und man kann sie mit einem Klick auf den jeweiligen Kreisel am Bildschirm direkt ausheben. Bei dieser Strategie kam es jedoch in den Versuchen öfters dazu, dass die Folgesteuerung die hinteren Kreisel wieder ungewollt abgesenkt hat. Nach Rücksprache mit Technikern der Firma Pöttinger lag dies wohl an einer Fehlbedienung. Die Spitzschwadfunktion dürfe nicht kombiniert mit der Section Control im Automatikmodus verwendet werden.

Eine weitere gängige Variante der IF-Pilotbetriebe ist das stetige Verringern der Arbeitsbreite, bis den beiden vorderen Kreisel kein Futter mehr vorliegt und sie ausgehoben werden können. Die beiden hinteren folgen automatisch nach. Dies funktioniert komfortabel aus der Kabine aus, ist wenig fehleranfällig und bedarf nur weniger Klicks. Nachteil dieser Strategie ist, dass damit viel Fläche doppelt bearbeitet wird. Der Eintrag von Schmutz, altem Futter und Fremdkörpern wird erhöht, der Verschleiß am Zinken steigt und die Grasnarbe

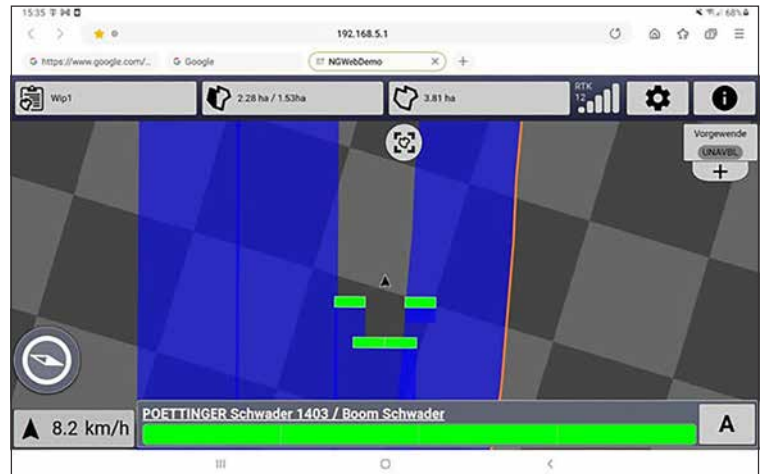


Pöttinger Connect Kommunikationseinheit mit optionalem GNSS Empfänger

Abbildung 1 und 2: GeoSuite-App-Bedienmaske am Tablet



Da die Testfläche mit einem Mähwerk mit Schwadzusammenführung gemäht wurde, verbleiben graue Bereiche zwischen den Fahrspuren. Quelle Abbildungen: IF Wieselburg



Alle vier Kreisel des Schwaders sind in Arbeitsposition. Kreisel rechts vorne hat erst kürzlich abgesenkt, da er gleich in den unbearbeiteten Bereich kommt.

wird ausgekämmt. Um diesen negativen Effekten entgegenzuwirken, bietet Pöttinger die automatische Teilbreitenschaltung an.

Umsetzung in der Praxis

Für den Einsatz auf dem Feld müssen der Schwader in Arbeitsstellung gebracht und die Zapfwelle eingeschaltet werden. Die GeoSuite-App am Tablet muss gestartet werden, und es bedarf einer WLAN-Verbindung. Dazu am besten „Automatisch verbinden“ in den WLAN-Einstellungen aktivieren und einen Verknüpfungslink zur Web-Anwendung auf die Startoberfläche legen.

Vor dem Start ist das Anlegen eines Auftrages nötig, danach kann mit einer Runde entlang der Feldgrenze begonnen werden. Im Anschluss empfiehlt sich das Anlegen der Feldgrenze. Der Schwader hebt

allerdings auch ohne Feldgrenze im befahrenen Bereichen aus, sobald man die Feldgrenze überragt, und würde auch außerhalb des Feldes wieder absenken. Das hat sich bei den Praxiseinsätzen speziell dann ergeben, wenn bereits mit einem anderen Schwader eine Runde geschwadet wurde und das gesamte Vorgewende für den Wendevorgang ausgenutzt werden kann.

Hat man ausreichend GNSS-Signal oder sogar die Verbindung zum Lenksystem des Traktors, kann auch gleich eine zweite Runde am Vorgewende geschwadet und zum Schluss die Hauptfläche fertiggestellt werden. Ist ein Ladewagen an der Ernte beteiligt, könnten die Schwaden des Vorgewendes zuerst geladen werden. Dadurch wird beim Wenden kein Futter überfahren.

Kann man nicht auf ein genaues RTK-Signal vom Traktor oder einer externen Antenne am Schwader zurückgreifen, muss man sich auf die Genauigkeit des DGPS-Signals vom Tablet verlassen. Mit der entsprechenden Fahrstrategie ist dies aber absolut ausreichend.

Start des Schwadens

Gestartet wird ebenso mit einer Runde entlang der Feldgrenze und dem Anlegen der Feldgrenze am Tablet. Danach wird mit einem Klick auf das „+“ das Vorgewende simuliert. Bei einer vollen Arbeits-

Abbildung 3: GeoSuite-App-Bedienmaske am Handy bei Traktoren ohne Lenksystem oder bei DGPS-Signal



Foto Hand: Jannoon028/freepik

breite von 14 m und zwei Umrundungen der Fläche sollte trotzdem nur eine Vorgewendebreite von 22 bis 24 m eingestellt werden. Danach kann die gesamte interne Fläche bearbeitet werden. Die Kreisel werden jedoch nicht bei der tatsächlich geschwadeten Fläche ausgehoben, sondern einige Meter früher. Es bleibt dadurch eine Zone von etwa 10 m ungeschwadet.

Ist die Hauptfläche fertiggestellt, wird als letzter Arbeitsschritt die innere Vorgewendespur bearbeitet. Davor aber sollte das simulierte Vorgewende gelöscht werden und die Section Control in den Automatikmodus geschaltet werden. Dadurch muss der feldinnere Kreisel nur dann abgesenkt werden, wenn noch ungeschwadete Fläche vorhanden ist. Bei den fertig geformten Schwaden wird der Kreisel automatisch ausgehoben und kein Futter vom fertigen Schwad der internen Hauptfläche ins Vorgewendeschwad gezogen. Dies reduziert die Haufenbildung enorm. Diese Arbeitsweise kann auch bei geringen Arbeitsbreiten, bei hohen Fut-

termengen oder bei unförmigen Flächen angewendet werden.

Meinungen der Tester

Ob man die automatische Teilbreitenschaltung benötigt oder nicht, hängt von vielen Faktoren ab. Rein rechnerisch betrachtet, standen bei den Versuchen dem Fahrer bei einer eingestellten Arbeitsbreite von 14 m und bei einer Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h lediglich 1,5 s Spielraum für das zeitgerechte Ausheben der Kreisel zur Verfügung. Dies ändert sich mit der Fahrgeschwindigkeit und mit der Feldgeometrie.

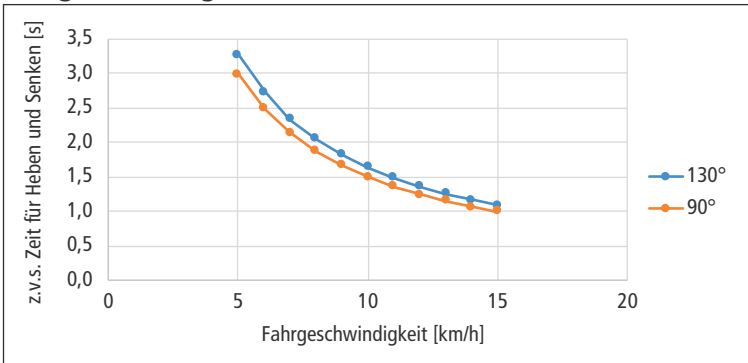
Kommt man nicht im 90°-Winkel zum Vorgewende, sondern schräg, erhöht sich der Aufwand um ein Vielfaches, da nicht beide Kreisel gleichzeitig ausgehoben werden können, und die zur Verfügung stehende Zeit erhöht sich, wenn auch nur geringfügig. Im Extremfall, also bei einem Winkel von zirka 130° zwischen Vorgewende- und Hauptflächenspuren, muss der zweite vordere Kreisel gleichzeitig

Abbildung 4: Schwader mit aktiver Section Control im Einsatz



Linker vorderer Kreisel ausgehoben. Da die Testfläche mit einer Schwadzusammenführung gemäht wurde, verbleiben graue Bereiche zwischen den Fahrspuren.

Abbildung 5: Zeit am Vorgewende bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten



mit dem ersten hinteren Kreiseln angehoben werden.

Routinierte Fahrer schaffen es, in dieser kurzen Zeit die gesamte Arbeitsbreite im Blick zu behalten und dann rechtzeitig die Kreisel auszuheben, ohne am Vorgewende ihre Geschwindigkeit zu reduzieren. Kommen dann noch weitere Faktoren hinzu, könnten weniger routinierte Fahrer ins Schwitzen kommen.

Für die Versuchsdurchführung wurde die Zeit erhoben, die zwischen dem Aushub von Kreiseln 1 und 2 und zwischen den vorderen und den hinteren liegt. In 70 % der Wendevorgänge unserer Versuchsfeldfläche würde ohne Section Control eine Reaktionszeit unter 1 s nötig sein. Die dazugehörigen Aktionen

am Bedienterminal müssten zusätzlich in dieser Zeit abgewickelt werden.

Weitere Erfahrungen

In 15 % der Wendevorgänge wäre die Funktion nicht nötig gewesen, da die beiden vorderen Kreisel gleichzeitig ausgehoben wurden und die hinteren dank Folgesteuerung automatisch nachziehen konnten.

Die verbleibenden Wendevorgänge hätten sowohl mit als auch ohne Section Control gut bearbeitet werden können. Lediglich die Steigerung des Komforts wäre schlagend geworden. Das Potenzial zur Steigerung der Flächenleistung wird grundsätzlich überschätzt.

Legt man auf einem Schlag mit 7 ha eine Pufferzone zur Reduktion der Geschwindigkeit an, verliert man natürlich etwas Zeit. Fährt man auf den letzten Metern zum Vorgewende mit 5 statt 10 km/h, hat man dafür genügend Zeit zum Anheben der Kreisel. Diesen Zeitverlust könnte Section Control kompensieren. Die damit eingesparte Zeit der Nettoarbeitszeit liegt bei etwa einer Minute (2 %). Bei kleineren Feldstrukturen wie beim zweiten Beispiel mit 3 ha liegt der Wert sogar darunter.

Grund dafür ist, dass bei dieser großen Arbeitsbreite nur wenig interne Fläche übrig bleibt und die beiden Umrundungen der Fläche für das Vorgewende nicht in die Kalkulation miteinbezogen werden können. Ist jedoch der Anteil

kleinerer Flächen im Jahresschnitt sehr hoch, steigt der prozentuale Anteil an Vorgewendeflächen, und Section Control bekommt als Assistenzsystem einen höheren Stellenwert zugeschrieben als in sehr groß strukturierten Regionen.

Anschaffungskosten

Die Anschaffungskosten (Stand Dezember 2022) eines Top 1403 liegen bei knapp über 100.000 € Brutto in der getesteten Ausführung. Für Pöttinger Connect Command (Maschinensteuerung, Section Control, Variable Rate) und Pöttinger Connect Management (Datenmanagement, agrirouter-Anbindung) sind je 2.550 € Aufpreis zu kalkulieren. Diese beiden Pakete im Set belaufen sich



Vermeidung unnötiger Überlappung auf Keilflächen

Abbildung 6: Interpretation Zeitmessung – Wo macht SC Sinn?

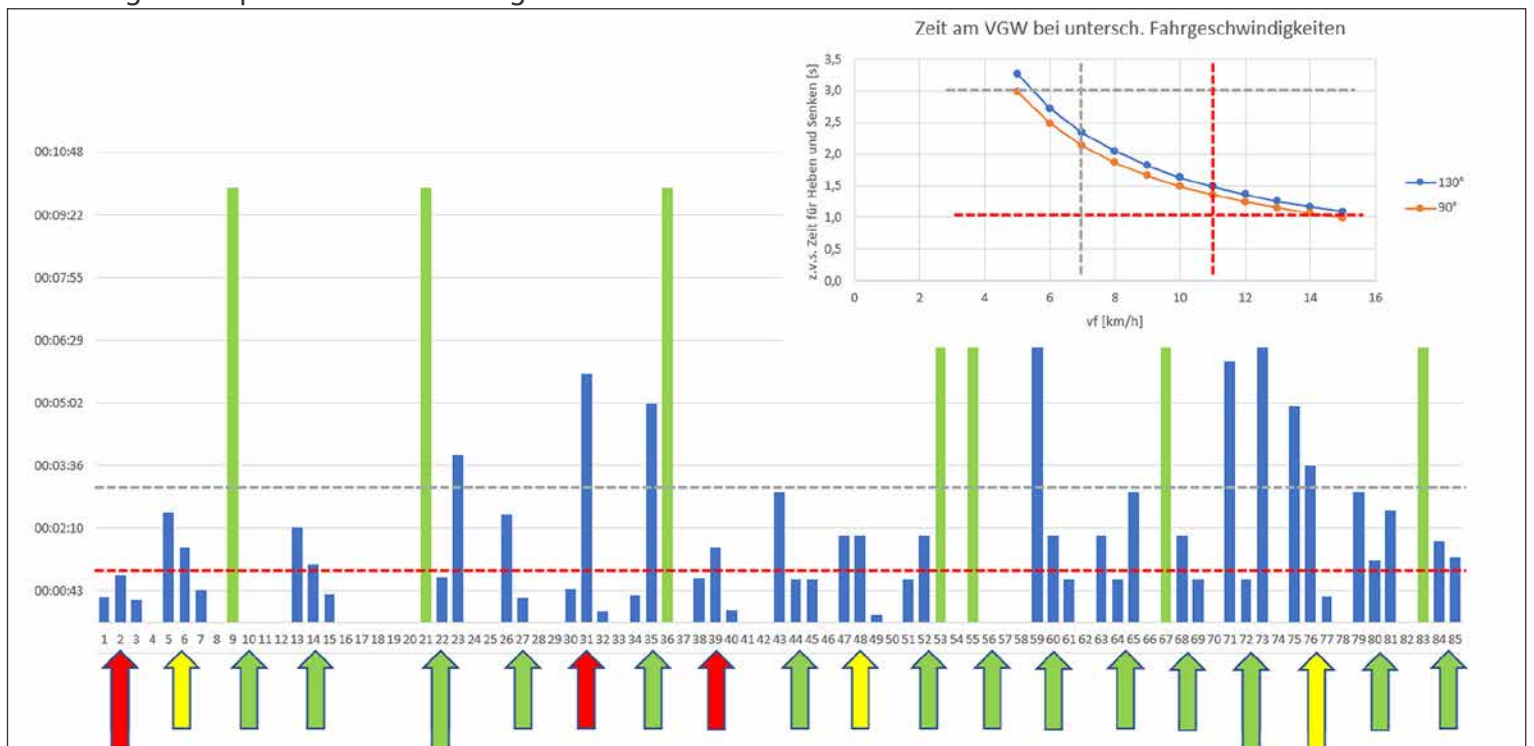
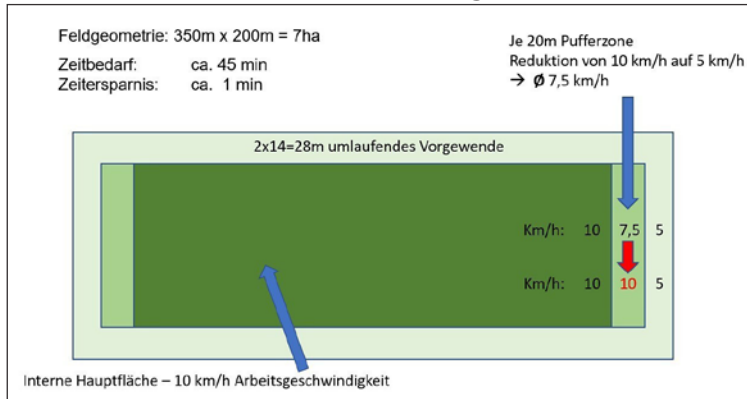


Abbildung 7: Potenzial von höherer Fahrgeschwindigkeit auf den letzten Metern vor dem Vorgewende



Darstellung der reduzierten Futterverschmutzung bei Vermeidung unnötiger Doppelbearbeitung

auf 3.300 €. Das entspricht einem Aufpreis von etwa 3 %. Um diesen Mehrpreis zu amortisieren, müssen im Praxiseinsatz je nach Stundensatz für das Traktor-Schwader-Gespann (150 €/h bis 190 €/h) grob überschlagen 17 beziehungsweise 22 Arbeitsstunden eingespart werden.

Wird der perfekte Absenkezeitpunkt für die Kreisel mit Section Control nicht erreicht, gibt es neben der Strategie mit simuliertem Vorgewende mehrere Möglichkeiten. Das Anpassen der Verzugszeiten kann

die Performance am Versuchsbetrieb deutlich verbessern. Wird zusätzlich noch die gespeicherte Aushubhöhe der Kreisel an die Höhe der Schwad angepasst, kann man nochmals etwas Zeit gewinnen.

Sollte es trotzdem zu einer Fehlstelle wie im Bild unten kommen, ist ein Zurücksetzen aus ökonomischer Sicht zu überdenken. Im Schnitt verbleibt Futter mit einem Wert im einstelligen Cent-Bereich pro m² am Feld. Die pflanzenbaulichen Konsequenzen bleiben dabei unberücksichtigt.

Ein für Versuchszwecke bewusst zu tief eingestellter Schwader verdeutlicht gut, wie Futterverschmutzung reduziert werden kann. Gerade am Vorgewende erhöhen mögliche Unebenheiten das Risiko für Futterverschmutzung weiter.

In einer annäherungsweise Überschlagsrechnung kann man die eingesparte Überlappungsfläche ermitteln: Multipliziert man die Fahrgeschwindigkeit in km/h mit der Anzahl der Kreisel, dem Kreisdurchmesser und der Zeit, in der die Kreisel nicht unnötig am Boden laufen, erhält man die eingesparten Quadratmeter (siehe Kasten).

Wird, wie im Bild oben dargestellt, der Kreisel bei einer Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h für die letzten 20 s bis zum Vorgewende ausgehoben, entspricht das einer Fläche von 200 m², die nicht doppelt bearbeitet werden.

Die Technik hat sowohl die Testfahrer der Innovation Farm als auch die Landwirte und Lohnunternehmer der Pilotbetriebe überzeugt. Sie ist eine gute Möglichkeit, um den Komfort beim Schwaden mit einem Vierkreiselschwader zu erhöhen. Das System ist einfach zu bedienen und erfordert keine Voraussetzungen am Traktor.

grund der Maschinengeometrie des Schwaders ist man mit vier Teilbreiten in der Genauigkeit begrenzt.

Bei sehr ungünstigen Feldgeometrien oder schlechtem Signal kann es vorkommen, dass Futter vom Schwader nicht erreicht wird oder ein Vorgewendeschwad zerstört wird. Da man in diesem Fall jedoch auf die Strategie mit einem simulierten Vorgewende wechseln kann, überwiegen die Steigerung von Komfort und Flächenleistung, und es zahlt sich aus, die Mehrkosten für Pöttinger Connect von etwa 3 % zu investieren.

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.

Georg Ramharter
 Franz Handler
 Innovationsfarm Wieselburg

Überschlagsrechnung

- Fahrgeschwindigkeit „v“ = ? [km/h]
- Durchschnittlicher Kreisdurchmesser „d“ = 3,6 [m]
- Umrechnungsfaktor km/h zu m/s = * $\frac{1}{3,6}$
- Kreiselanzahl „k“ = 1 bis max. 4
- Zeit „t“ = ? [s]
- Eingesparte Fläche „A“ = ? [m²]

$$A = v \cdot \frac{1}{3,6} \cdot d \cdot k \cdot t$$

$$A = \frac{10}{3,6} \cdot 3,6 \cdot 2 \cdot 10 = 200 \text{ m}^2$$

Überschlagsrechnung zur Ermittlung der eingesparten Überlappungsfläche
 Darstellung: Georg Ramharter



Folgen eines zu spät abgesenkten hinteren Kreisels

Auch für ältere Traktoren

Dass für Section Control Anwendungen kein Lenksystem und kein Isobus erforderlich ist, eröffnet die Möglichkeit, auch ältere oder weniger gut ausgestattete Traktoren beim Schwaden einzusetzen. Gerade bei diesen Traktoren zeigen die Versuche den größten Mehrwert und das Potenzial für eine Steigerung von Flächenleistung, und auch der Komfort ist sehr hoch. Auf-

Fazit

Beim Vierkreiselschwader erhält man mit Pöttinger Connect ein autarkes System, welches das Ausheben und Absenken der Kreisel automatisiert. Dies ermöglicht höhere Fahrgeschwindigkeiten am Vorgewende und erleichtert die Bearbeitung kleinerer Schläge bei gleichzeitiger Steigerung von Komfort und Arbeitsqualität für den Anwender. Ein weiterer erkennbarer Vorteil in der Praxis: Die Section Control Anwendung läuft über ein Tablet und ist nicht von der Isobus-Ausstattung des Traktors abhängig.