

PRECISION FARMING

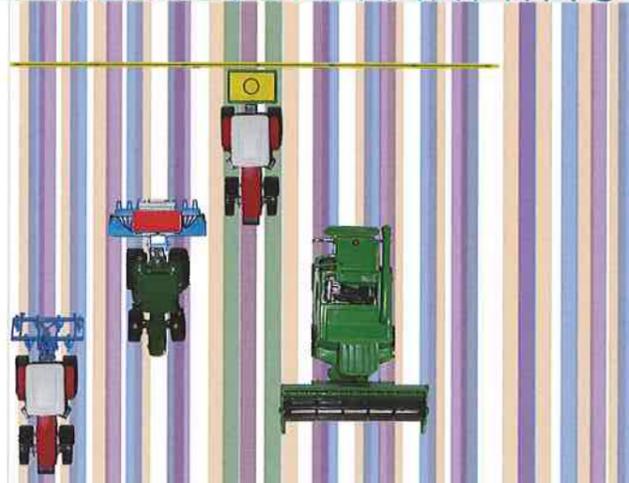


Abb. 1: Befahrung mit nicht abgestimmten Arbeitsbreiten (Standardverfahren). Grubber 3 m, Bestellkombination 4 m, Pflege 20 m, Mähdröschler 6 m. Ein Großteil der Fläche wird befahren.

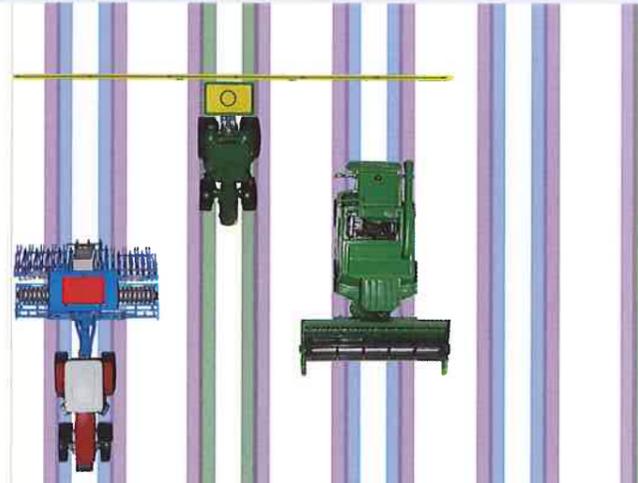


Abb. 2: Kontrollierte Befahrung mit aufeinander abgestimmten Arbeitsbreiten. Bestellkombination 6 m, Pflege 18 m, Mähdröschler 6 m. Zwei Drittel der Fläche werden nicht befahren.

Bodenschonende Bewirtschaftung mit Controlled Traffic Farming (CTF)

Satelliten bringen Luft in Direktsaatböden

Martin Holpp, Dr. Thomas Anken, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Schweiz
Prof. Dr. Oliver Hensel, Universität Kassel, Agrartechnik Witzenhausen

Beim CTF wird das Befahren des Ackers konsequent auf die permanenten Fahrgassen beschränkt. Im unbefahrenen Bereich zeigt sich eine Tendenz zu einer langsamen aber stetigen Verbesserung der Bodeneigenschaften und einem leichten Ertragsanstieg.

Konservierende Bestellverfahren wie die Mulch- und Direktsaat werden seit langem zur Senkung der Maschinenkosten, des Arbeitszeit- und Energieeinsatzes sowie zur Verminderung der Bodenerosion eingesetzt. Anbauvergleiche zwischen Pflug und konservierenden Verfahren zeigen, dass bei letzteren sowohl der pflanzenbauliche Ertrag als auch der betriebswirtschaftliche Gewinn in der Regel in einem günstigen Bereich liegen (Chervet et al. 2005, Lütke Entrup et al. 2007).

Leider ist dies aber nicht immer der Fall. Abhängig von Boden, Witterungsverlauf, Vor- und Hauptfrucht schwanken die Erträge bei einigen konservierenden Verfahren wesentlich stärker als beim Einsatz des Pfluges. Ein Grund dafür sind Oberbodenverdichtungen. Pflügen oder Grubbern durchbricht diese Verdichtungen, flache Mulch- und Direktsaaten kämpfen dagegen häufig mit schlechterem Feldaufgang und Jugendentwick-

lung. Messungen zeigten, dass der Sauerstoffgehalt in der Bodenluft bei feuchten, schlecht strukturierten Bedingungen kritisch niedrige Werte erreichen kann.

Ist deshalb der Trend, die Fahrzeuglast mit breiten Reifen auf einer möglichst großen Fläche zu verteilen, unter den Systemen Minimalbodenbearbeitung und Direktsaat in Bezug auf Oberbodenverdichtungen kontraproduktiv (Abb. 1)? Wie lassen sich Anbauverfahren umgestalten, so dass sich eine lockere Oberbodenstruktur entwickeln kann?

Unterstützung vom Himmel

Einen Lösungsansatz bietet das Controlled Traffic Farming (CTF). Mit GPS-Lenkssystemen ausgestattet, fahren sämtliche Fahrzeuge mit aufeinander abgestimmten Arbeitsbreiten und Spurweiten auf permanenten Fahrgassen. Außerhalb der Spuren wird der Boden nicht mehr befahren (Abb. 2). Hier kann sich die Bodenstruktur je nach Arbeitsbreite auf mindestens 2/3 der

Fläche ungestört entwickeln. Die Befahrstrategie nutzt die Tatsache, dass 80 % der Verdichtungsschäden bei der ersten Befahrung auftreten. Es ist also sinnvoll, möglichst viel Fläche nicht mehr zu befahren.

Die Erforschung und Entwicklung von Systemen zur kontrollierten Befahrung per CTF begann bereits vor mehreren Jahrzehnten. Beobachtet wurden eine erhöhte Wasserinfiltration, lockerere Bodenstrukturen, unbehinderter Gasaustausch, verminderte Erosionsanfälligkeit, verbesserte Feldaufgänge, intensivere Durchwurzelung und stabilere Erträge. Nach australischen Untersuchungen (Tullberg 2001) sind im Wurzelraum Nährstoffe und Wasser besser verfügbar (Abb. 3).

Eine bessere Bodenstruktur bedeutet mehr Sauerstoff in der Bodenluft. Dies lässt zudem erwarten, dass weniger klimaschädigendes Lachgas (N₂O) gebildet wird (Vermeulen & Mosquera 2009). In Folge der offenen Bodenporen könnte das System der Bodenerosion und auch Nähr-

stoffabschwemmungen vorbeugen.

Nach Untersuchungen und Ergebnissen aus der Praxis sind in Europa abhängig vom Anteil der befahrenen Flächen Ertragssteigerungen von 5 bis 10 Prozent realisierbar. Der Zuwachs resultiert vor allem aus dem höheren Ertrag der unbefahrenen Fläche, der auch den Minderertrag der befahrenen Spuren ausgleicht (Chamen 2006).

Technisch machbar wurde CTF erst Ende der 1990er mit der Einführung von präzisen GPS-Lenkssystemen. Mit ihnen können die Fahrspuren festgelegt und jedes Jahr sicher wieder lokalisiert werden. Quasi als Nebeneffekt vermindern sie die Überlappung der Arbeitsbreiten und sparen dadurch Treibstoff, Saatgut sowie Dünge- und Pflanzenschutzmittel ein.

Australien ist führend

Die Strukturen in Down-Under mit großen Flächen und geringem Maschinenbesatz sind für den Einsatz der teuren Lenk-



Abb. 3: Spatenprobe von im zweiten Jahr mit CTF bewirtschafteter Fläche: Krümeliger, gut durchwurzelter Boden mit vielen Regenwürmern.

systeme prädestiniert. CTF wird primär für den Anbau von Mähdruschkulturen wie Getreide, Mais, Raps und Hirse sowie Zuckerrohr und Gemüse eingesetzt. Wichtigster Aspekt bei dem auf semiariden Standorten angebauten Weizen ist der positive Einfluss auf die Wasserverfügbarkeit und -infiltration. Zuckerrohr wird auf feuchten, subtropischen Standorten in Beeten gepflanzt. Mit CTF können



Universelle Präzision

Bei der Saat, beim Düngen und beim Pflanzenschutz würden Sie gern mit äußerster Präzision arbeiten? Unsere universellen Pro Module Universal SeederPro, Universal SpreaderPro und Universal SprayerPro schalten automatisch die Teilbreiten von ISOBUS-fähigen Drillmaschinen, Düngerstreuern und Feldspritzen anderer Hersteller. Das Ergebnis? Sie erledigen Ihre Arbeit besser und schneller, reduzieren Überlappungen und Fehlstellen ganz automatisch auf ein Minimum – und sparen so Diesel und Betriebsmittel.

JohnDeere.com

Fragen Sie nach den flexiblen Finanzierungslösungen von John Deere Credit

 JOHN DEERE





Abb. 4: CTF im Gemüsebau: Die Traktorspur ist so breit wie die Beete.



Abb. 5: Links: Vermessung der Bodenoberflächenprofile. Rechts: Penetrometer zur Bestimmung des Eindringwiderstandes in den Boden.



Abb. 5: Rechts: Penetrometer zur Bestimmung des Eindringwiderstandes in den Boden.

Europa holt auf

Unter unseren mitteleuropäischen Bedingungen finden sich einige Parallelen. Der Einsatz immer schwerer werdender Erntemaschinen unter feuchten Erntebedingungen ist problematisch. Die Auswirkungen des Klimawandels mit ausgeprägteren Wetterextremen bringen zusätzliche Herausforderungen. Im Winter kann es zu einer stärkeren Verschlammung und Erosion durch Niederschläge kommen. Im Sommer werden dagegen häufiger Trockenheitsschäden, Hitzestress und Starkregen erwartet.

ganzflächige Bodenverdichtungen durch die schweren Erntemaschinen vermieden werden. Die südlich von Australien gelegene Insel Tasmanien ist mit ihrem mitteleuropäisch-gemäßigten Klima eines der bevorzugten Gemüseanbaugebiete. Hier verbessert CTF die Bodenstruktur und verringert die Erosionsgefahr.

Generell senken lockerere Bodenstrukturen den Zugkraftbedarf für die Bearbeitung und kompaktere Fahrspuren vermindern den Rollwiderstand. Der Energiebedarf unter CTF sinkt um durchschnittlich 50 % (Tullberg 2001). Die Folge ist, dass in Betrieben mit CTF die durchschnittlichen Traktorenstärken eher rückläufig sind. Mittlerweile werden in Australien mehr als drei Millionen Hektar unter CTF bewirtschaftet.

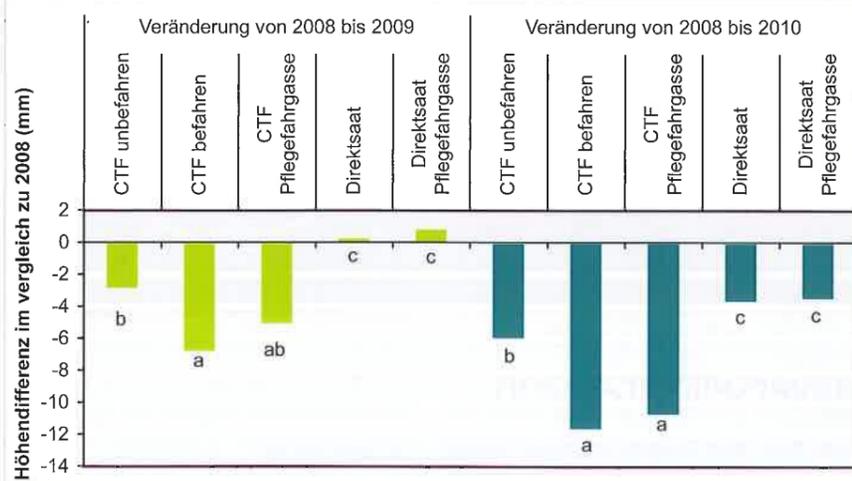


Abb. 6: Entwicklung der Bodenoberfläche ausgehend vom Basisjahr 2008 (entspricht 0). Die bis 2007 flach bearbeiteten CTF-Flächen verdichten stärker als die bereits Mitte der 1990er Jahre angelegten Direktsaatflächen. Statistische Vergleiche innerhalb des jeweiligen Jahres. Die Buchstaben kennzeichnen die verschiedenen Signifikanzgruppen.

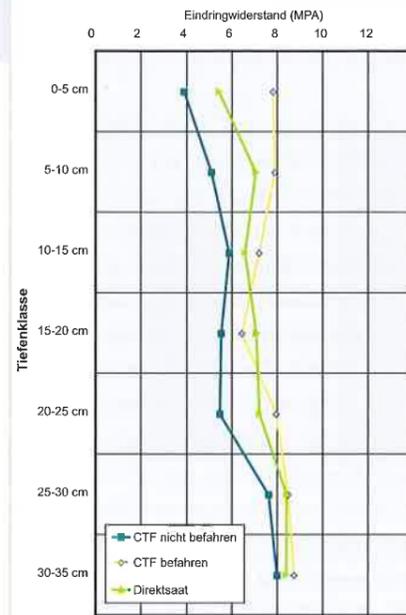


Abb. 7: Messung des Bodeneindringwiderstandes im August 2010. Ein Vergleich der Eindringkurven über den kompletten Horizont zeigt signifikante Unterschiede zwischen CTF befahren und CTF nicht befahren. Die Buchstaben kennzeichnen die verschiedenen Signifikanzgruppen.

Die bisherigen Erfahrungen mit CTF legen nahe, dass eine kontrollierte Befahrung auch unter hiesigen Bedingungen Vorteile bieten könnte. Bei Mulchsaat sollte eine tiefe Lockerung überflüssig werden, bei Direktsaat im Saathorizont eine gute Bodenstruktur entstehen.

Die in Großbritannien, Dänemark und den Niederlanden im Umfang von mehre-

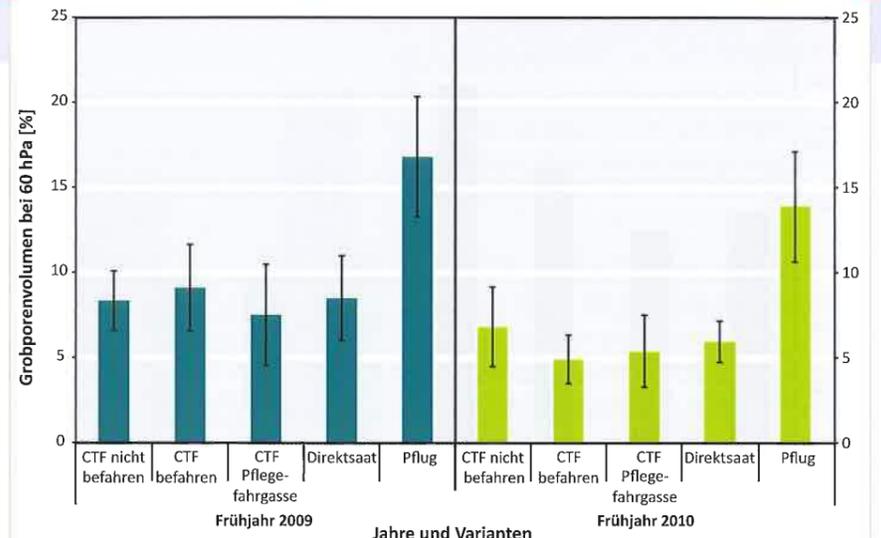


Abb. 8: Grobporenvolumen-Mittelwerte in 10–15 cm Tiefe für die Jahre 2009 und 2010. Am auffälligsten ist die Ausdifferenzierung der CTF-Varianten 2010. Aufgrund des steinhaltigen Bodens konnten die Messungen nur in zwei Wiederholungen erhoben und nur bedingt statistisch ausgewertet werden. Ergänzend zu den Mittelwerten ist linienförmig plus/minus eine Standardabweichung dargestellt.

ren tausend Hektar in der Getreide-, Kartoffel- und Gemüseproduktion eingeführt. Der Anteil unbefahrener Fläche steigt dann auf 80 - 90 %.

Damit gehen es auch relevante Nachteile einher. Einerseits sind Fahrzeuge mit einer Außenbreite von 3,50 m nicht mehr für einen Einsatz auf öffentlichen Straßen geeignet. Andererseits haben die schmalen Reifen eine geringere Tragkraft und müssen mit höherem Druck gefahren werden. Die Fahrspuren auf dem Feld werden damit je nach Bodenzustand stark belastet, unerwünschte Fahrinnen können entstehen.

te auf etwa 40 bis 50 cm reduziert (Abb. 4). Der Anteil unbefahrener Fläche steigt dann auf 80 - 90 %.

Damit gehen es auch relevante Nachteile einher. Einerseits sind Fahrzeuge mit einer Außenbreite von 3,50 m nicht mehr für einen Einsatz auf öffentlichen Straßen geeignet. Andererseits haben die schmalen Reifen eine geringere Tragkraft und müssen mit höherem Druck gefahren werden. Die Fahrspuren auf dem Feld werden damit je nach Bodenzustand stark belastet, unerwünschte Fahrinnen können entstehen.

Die beste Lösung – FarmPilot.de

Das neue Internet-Portal für einen effizienten, flexiblen und ökonomischen Maschineneinsatz auf dem Feld

- Ein praxiserprobtes Internet-Portal, das den Datenaustausch zwischen Hof-PC-Software und Maschinen per Mobilfunknetz ermöglicht.
- Aktuelle Informationen über bestehende ISOBUS-Aufträge – jederzeit neue Aufträge übertragbar.
- Effektives Flottenmanagement von Zu- und Abfuhrlogistikketten.
- Mit FIELD-Nav sichere zielgenaue Navigation bis zum Feld.

M MÜLLER Elektronik
... wir regeln das!

Wir freuen uns auf Ihren Besuch!
agro 2011 Stand: S091

Müller-Elektronik GmbH & Co. KG
 Franz-Kleine-Straße 18 | 33154 Salzkotten
 Tel. +49 (0)5258 / 9834-0 | Fax +49 (0)5258 / 9834-90
www.mueller-elektronik.de

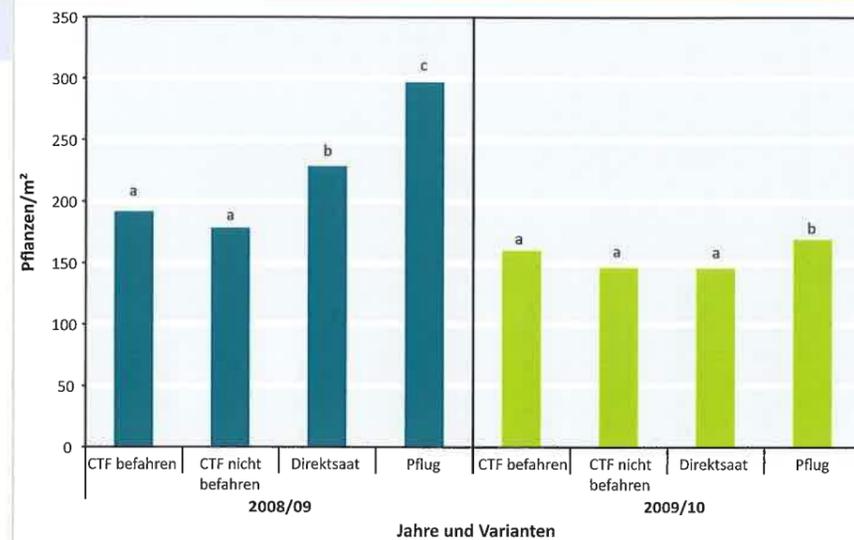


Abb. 9: Felddaufgang 2008/09 und 2009/10. Die statistischen Vergleiche wurden innerhalb des jeweiligen Erntejahres berechnet. Die Buchstaben kennzeichnen die verschiedenen Signifikanzgruppen.

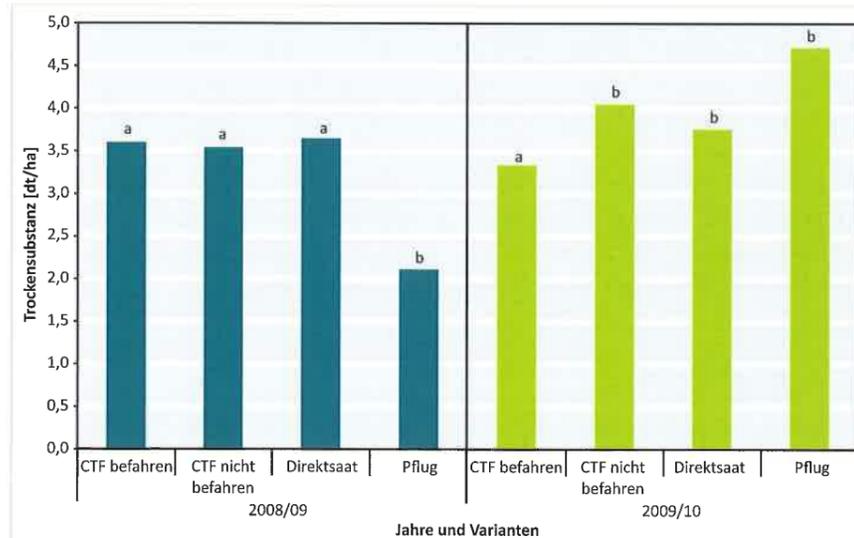


Abb. 10: Trockenmassewerte der Erhebungflächen nach den Zwischenernten im April 2009 und 2010. Die statistischen Vergleiche wurden innerhalb des jeweiligen Erntejahres berechnet. Die Buchstaben kennzeichnen die verschiedenen Signifikanzgruppen.

CTF-Systeme im Versuch

Bei der Suche nach angepassten Lösungen arbeiten Forschungseinrichtungen und Beratungsorganisationen aus Großbritannien, Holland, Dänemark, Deutschland, Tschechien, der Slowakei und der Schweiz zusammen. Ein Schwerpunkt ist dabei die Umsetzung von CTF mit Standardmaschinen ohne Änderung der Spurweite. Eine Variante unter Direktsaat wie in **Abb. 2** wird seit 2008 in einem gemeinsamen Versuch der Schweizer Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART und der Agrartechnik Witzhausen auf einer

Versuchsfläche bei Tänikon (Schweiz) untersucht.

In dem Feldversuch mit vier Wiederholungen, der auf einer tiefgründigen Parabraunerde mit einem Skelettgehalt von 10 % angelegt ist, werden die Varianten Pflug, konventionelle Direktsaat und CTF-Direktsaat verglichen. Zur Schonung der Fahrspuren werden die Maschinen mit breiten Reifen (Mähdrescher 800er und Traktor 650er) und einem Reifeninnendruck von 0,8 bis 1,25 bar gefahren.

Die Fahrspuren außerhalb der Pflegefahrspuren werden nur zwei Mal pro Jahr

zur Bestellung und Ernte befahren. Der Spurflächenanteil liegt bei einem guten Drittel. So wurde der Hypothese nachgegangen, dass sich die Pflanzen im gering befahrenen Bereich ähnlich entwickeln wie unter heutigen Bestellsystemen und dass sich im unbefahrenen Bereich eine nachhaltige Verbesserung einstellt.

Im Folgenden gibt es einen ersten Blick auf die vorläufigen Ergebnisse nach zwei Versuchsjahren mit Winterweizen (2008/09) und Wintergerste (2009/10). Zur Verfolgung der Höhenentwicklung der befahrenen und unbefahrenen Bereiche erhob ein Vermessungsbüro jeweils im Sommer zwischen Ernte und Saat mit einer Messgenauigkeit von $\pm 1,5$ mm das Profil der Bodenoberfläche (**Abb. 5**).

Die **Abb. 6** zeigt die Höhenveränderungen der Bodenoberfläche ausgehend vom Jahr 2008 für die Jahre 2009 und 2010. Die maximale Verdichtung betrug knapp 12 mm. In der Variante CTF befahren war die Verdichtung signifikant höher als in CTF unbefahren. Generell zeigt die bereits Mitte der 1990er Jahre angelegte Direktsaatparzelle eine signifikant geringere Verdichtung als die noch bis 2007 flach bearbeitete CTF-Fläche.

Die Messung des Bodeneindringwiderstands zeigte 2008 und 2009 keine signifikanten Unterschiede zwischen CTF und Direktsaat. 2010 war der Eindringwiderstand in CTF nicht befahren signifikant tiefer als in CTF befahren (**Abb. 7**).

Die Stechzylinderbeprobung zur Ermittlung des Grobporenvolumens fand im Mai 2009 und April 2010 statt. Aufgrund des steinhaltigen Bodens konnten die Messungen nur in zwei Wiederholungen erhoben und daher nur beschränkt statistisch ausgewertet werden. Die Ergebnisse zeigen von 2009 auf 2010 primär eine Verschiebung bei den CTF-Varianten. CTF unbefahren hat nun das höchste Grobporenvolumen, gefolgt von CTF Pflegefahrspasse und CTF befahren (**Abb. 8**).

Die niedrigeren Werte von CTF befahren könnten darauf zurückzuführen sein, dass die Bodenstruktur in der langjährig

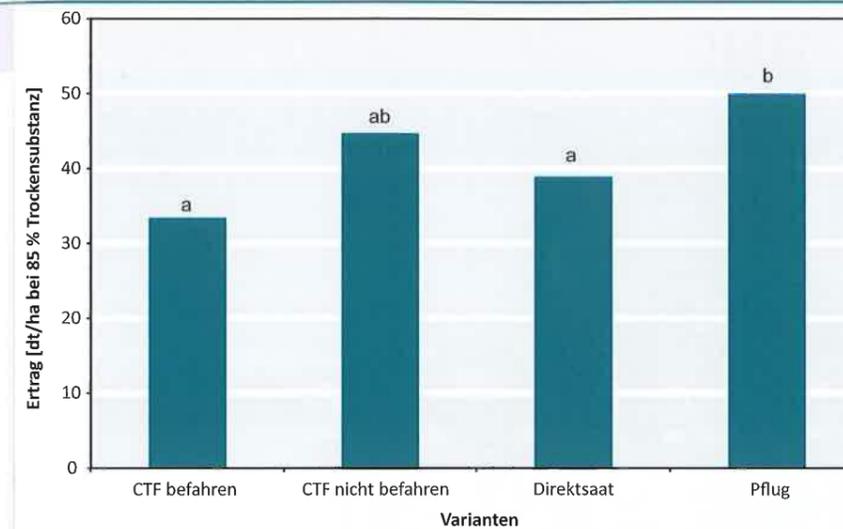


Abb. 11: Trockenmasse der Kornerträge auf den Erhebungflächen für Wintergerste 2009/10. CTF nicht befahren unterscheidet sich nicht signifikant von Pflug, Direktsaat und CTF befahren. Die Buchstaben kennzeichnen die verschiedenen Signifikanzgruppen.



Die Autoren: Martin Holpp, Thomas Anken und Oliver Hensel (von l. nach r.)

bestehenden CTF Pflegefahrspasse bereits besser gefestigt ist als in CTF befahren. Insgesamt liegt das Grobporenvolumen in CTF und Direktsaat aber weit unter dem in der Schweiz für einen nachhaltig bewirtschafteten Boden geforderten Wert von 10 %. Für die örtlichen Standorteigenschaften mit einem lehmigen Boden und 1.150 mm Niederschlag sind diese Werte jedoch nicht unüblich.

Der Felddaufgang des Winterweizens 2008/09 war ungleichmäßiger als bei der Wintergerste 2009/10 (**Abb. 9**). Die Unterschiede sind teilweise statistisch signifikant. Ein Blick auf die absoluten Werte zeigt allerdings, dass die Auflaufraten in allen Varianten konsistent sind. Die Unterschiede können auf Stroh, ein unterschiedliches Saatbett oder die Sätechnik zurückzuführen sein.

Bei der Zwischenernte 2008/09 fiel die Variante Pflug aufgrund von Auswinterrungsschäden, die in diesem Verfahren sehr ausgeprägt waren, stark ab. Im Jahr 2009/10 waren die Werte wieder näher

beieinander. Auch hier gibt es signifikante Unterschiede, die absoluten Werte weichen aber kaum voneinander ab (**Abb. 10**).

Ein schwerer Hagel im Erntejahr 2008/09 ließ beim Weizen keine Ernterhebungen zu. Somit konnten nur bei der Wintergerste 2009/10 die Schlusserträge erhoben werden. Der Trockenmasseertrag der Variante Pflug war signifikant höher als bei Direktsaat und CTF befahren. CTF nicht befahren unterschied sich nicht signifikant von Pflug, Direktsaat und CTF befahren (**Abb. 11**). Das insgesamt niedrige Ertragsniveau lässt sich auf eine ausgeprägte Trockenphase während der Kornausbildung zurückführen. Das Tausendkorngewicht in allen Varianten betrug lediglich etwa 35 anstatt der bei der Sorte Fridericus üblichen 50.

Nach einer ersten vorsichtigen Beurteilung entwickeln sich die CTF-Varianten befahren und nicht befahren unterschiedlich. Im nicht befahrenen Bereich zeigt sich eine Tendenz zu einer langsamen

aber stetigen Verbesserung der Bodeneigenschaften und einem leichten Ertragsanstieg.

CTF als ein Teil des Ganzen

Ein nachhaltiges landwirtschaftliches Bodennutzungskonzept bedient sich mehrerer Bausteine. Eine ausgeklügelte Fruchtfolge mit Zwischenfruchtbedeckung, konservierende Bestellverfahren, der Einsatz breiter Bereifung und Reifendruckregelanlagen zur Anpassung des Kontaktdruckes an den aktuellen Bodenzustand sind einige davon. Mit den immer stärker verbreiteten präzisen GPS-Lenkensystemen kann die Befahrstrategie CTF das Instrumentarium der bodenschonenden Bewirtschaftungsmöglichkeiten ergänzen und die Ertragsfähigkeit unserer Böden zur Bewältigung der Herausforderungen der Zukunft stärken.

Weitere Informationen zum Stand der Forschungsarbeiten und zur Umsetzung von CTF gibt es unter:

www.ctf-swiss.ch
www.ctfeurope.eu

Literatur

- Chamen, T.: *Controlled traffic farming: literature review and appraisal of potential use in the U.K.*, HGCA Research Review, 2006, London, 59 p.
- Cherret A., Ranseier L., Sturny W. G. und Tschannen S. 2005: *Direktsaat und Pflug im 10-jährigen Systemvergleich*. Agrarforschung, 12, 5, 184–189.
- Lütke Entrup N., Gröblichhoff F.-F. und Schneider M. 2007: *Konservierende Bodenbearbeitung / Direktsaat als strategisches Element des Erosionsschutzes und der Verbesserung der ökonomischen Effizienz von Pflanzenbausystemen*. In: *Strategien zum Bodenschutz - Sachstand und Handlungsbedarf*, Bonn, Institut für Landwirtschaft und Umwelt (ILU), S. 179–190.
- Tullberg J.: *Controlled traffic for sustainable cropping*. Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference, 28.01–01.02.2001, Hobart, Tasmania.
- Vermeulen G.D. und Mosquera J.: *Soil, crop and emission responses to seasonal-controlled traffic in organic vegetable farming on loam soil*. Soil & Tillage Research 102 (2009) 126–134.