

Permanente Fahrspuren reduzieren Bodenverdichtung

Weiterentwicklung bodenschonender Anbausysteme durch Controlled Traffic Farming (CTF)

August 2020

Inhaltsverzeichnis

Erste Überfahrt bewirkt grösste Verdichtung	2
Controlled Traffic Farming (CTF) reduziert die Bodenverdichtung	2
«CTF-light» – Einschränkungen nur für schwere Fahrzeuge	2
Umsetzung mit Standardmaschinen ist anspruchsvoll	3
Der Mühe Lohn: verbesserte Bodenstrukturen und höhere Erträge	3
«CTF-light» auf Ihrem Betrieb	4
Fazit	5

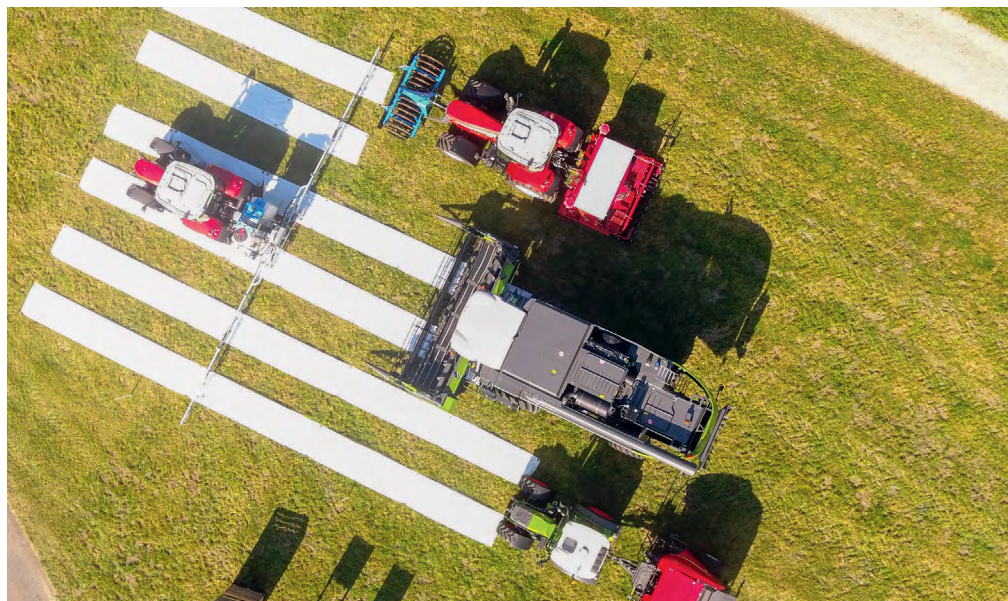


Foto: Thaimá Waldburger, Agroscope

Schwere Landmaschinen gehören auf feste Fahrspuren (weiss), damit sich der Boden in den Bereichen dazwischen ungestört entwickeln kann. So lässt sich die Wasserspeicherung der Böden verbessern und die Gefahr von Abschwemmung und Erosion verringern.

Autoren

Annett Latsch
Thomas Anken

Fruchtbare Landwirtschaftsböden mit einem hohen Infiltrations- und Wasserhaltevermögen sind die Grundlage für langfristig gute und stabile Erträge. Doch klimatische Extreme, verbunden mit Starkniederschlägen und Sommertrockenheit, setzen dem Boden vermehrt zu – nur ein gesunder Boden kann solchen Situationen trotzen. Daher gewinnt die Erhaltung und Verbesserung der Bodenqualität immer mehr an Bedeutung. Anbausysteme mit reduzierter Bodenbearbeitung wie Mulchsaat, Streifenfrässaat und Direktsaat erhalten eine schützende Bodenbedeckung und fördern eine stabile, funktionsfähige Bodenstruktur. Je nach Standortvoraussetzungen stossen diese Systeme jedoch an Grenzen. Schluff- und sandreiche Böden mit tiefem Humusgehalt neigen zu Verdichtungen. Auch sehr schwere, tonige

Böden sind verdichtungsanfällig, da sie nach Niederschlägen nur langsam abtrocknen und daher oft zu früh befahren werden müssen. Auf solchen Standorten empfiehlt es sich, zumindest schwere Landmaschinen mit Hilfe automatischer Lenksysteme immer auf denselben Spuren fahren zu lassen, um die Gefahr von Bodenverdichtungen wirkungsvoll einzudämmen. Ob sich solche Fahrgassensysteme in der Schweiz realisieren lassen und wie die Bodenstruktur und die Erträge darauf reagieren, hat Agroscope auf fünfzehn Praxisparzellen mit langjährig reduzierter Bodenbearbeitung untersucht. Das dreijährige Forschungsprojekt im Schweizer Mittelland liess sich in Zusammenarbeit mit Lohnunternehmer Schweiz und dank finanzieller Unterstützung vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) durchführen.



Erste Überfahrt bewirkt grösste Verdichtung

Bei der heute üblichen, zufälligen Befahrung wird nahezu die gesamte Feldfläche im Laufe eines Jahres mindestens einmal, häufig auch mehrfach überfahren. Doch die erste Überfahrt birgt die grössten Risiken für den Boden und verursacht einen Grossteil der strukturellen Schäden. Nachfolgende Überfahrten haben im Vergleich dazu nur noch einen geringen Effekt.

Die Gefahr einer Bodenverdichtung steigt mit zunehmendem Druck auf den Boden. Je schwerer ein Fahrzeug ist, desto grösser ist also das Risiko, den Boden zu verdichten. Die Folgen sind gravierend: Verdichtete Böden sind schlechter durchlüftet und nehmen weniger Wasser auf als gesunde Böden. Zudem sind das Wurzelwachstum der Pflanzen und die Aktivität der Bodenlebewesen eingeschränkt. In der Folge leiden die Kulturen je nach Witterung vermehrt unter Staunässe oder Trockenstress, was letztendlich die Erträge vermindert. Durch die reduzierte Infiltrationsleistung steigt ausserdem die Gefahr von Hochwasser und Erosion, was mit dem Abfluss von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln einhergeht. Angesichts der prognostizierten Zunahme von Starkniederschlägen und sommerlichen Trockenperioden wird es immer dringlicher, die Verdichtung unserer Böden in den Griff zu bekommen.

Controlled Traffic Farming (CTF) reduziert die Bodenverdichtung

Um die Gefahr von Bodenverdichtungen wirkungsvoll einzudämmen, empfiehlt sich das Anlegen fester Fahrspuren, die sich über die Jahre nicht verschieben. Dies begrenzt

das befahrungsbedingte Verdichtungsrisiko auf einen geringen Flächenanteil. Der Grossteil des Feldes wird nicht befahren, so dass sich die Bodenstruktur hier ungestört entwickeln kann. Die positiven Effekte permanenter Fahrspuren – bekannt als Controlled Traffic Farming (CTF) – sind sehr gut belegt. Böden unter CTF zeigen in der Regel ein höheres Infiltrations- und Wasserspeichervermögen und sind damit weniger anfällig für Erosion und Austrocknung. Luftführung und Durchwurzelung verbessern sich ebenfalls. Das Resultat: stabilere und vielfach deutlich höhere Erträge dank CTF.

«CTF-light» – Einschränkungen nur für schwere Fahrzeuge

In herkömmlichen CTF-Systemen erfolgen sämtliche Arbeiten auf festen Fahrspuren. Alle Arbeitsbreiten sind aufeinander abgestimmt und die Fahrzeuge oftmals entsprechend angepasst. So fahren beispielsweise Traktoren und Anhänger mit verbreiterten Achsen in den Spuren des Mähdeschers oder des Feldhäckslers. Dadurch kann der Spurflächenanteil bis auf ca. 10 % gesenkt werden. In der Schweiz ist es aufgrund der kleinen Flächenstrukturen und vielfältigen Fruchtfolgen schwierig, alle Feldbefahrungen auf permanente Gassen zu konzentrieren. Aufwendige Maschinenumbauten rentieren sich nicht und die Spurverbreiterung der Zugfahrzeuge zur Harmonisierung mit den Erntemaschinen ist im Strassenverkehr nicht zulässig. Für eine Umsetzung permanenter Fahrspuren mit Standardmaschinen muss das Konzept angepasst werden. Gemäss Berechnungen mit dem Simulationsmodell Terranimo® (www.terranimoch.ch), einem Online-Tool zur Abschätzung

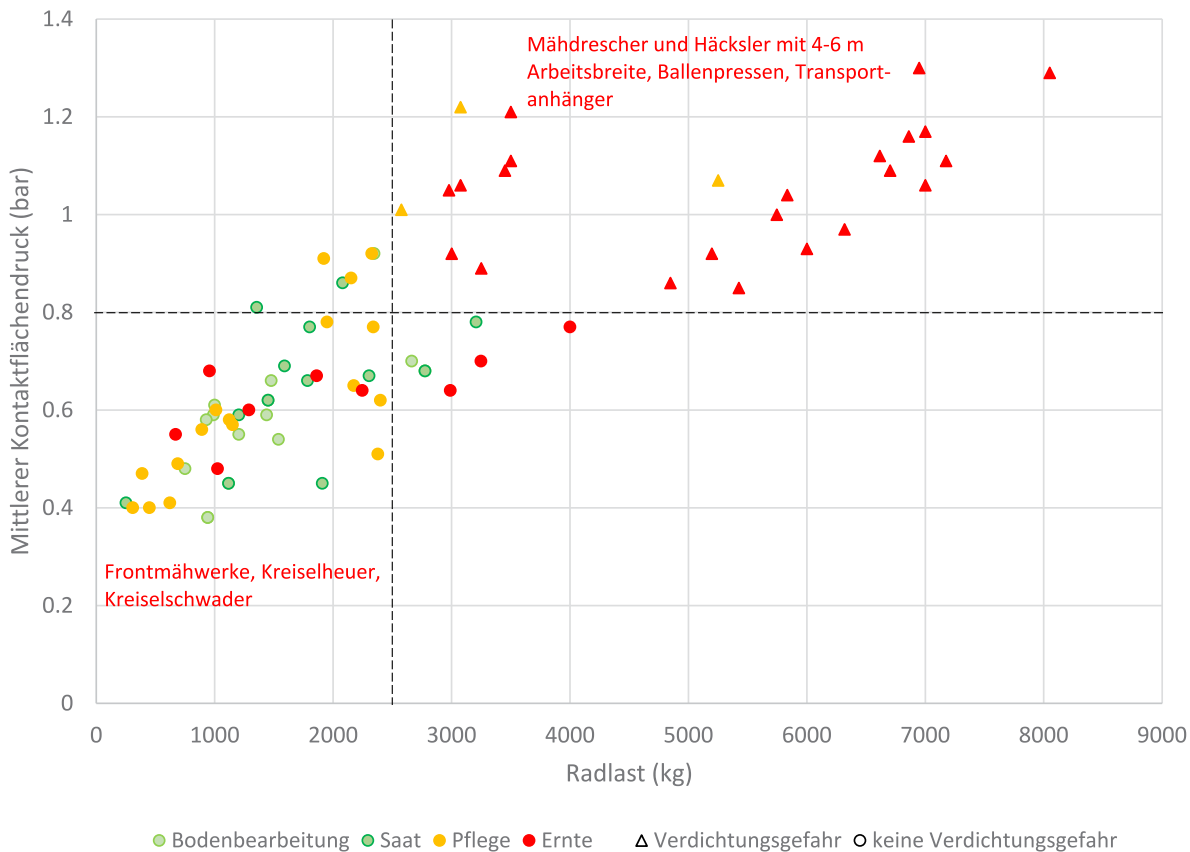


Abb. 1: Mit Terranimo® ermittelte Radlasten und Kontaktflächendrücke von Praxismaschinen während verschiedener Arbeitsgänge. Bei Radlasten von mehr als 2,5 t und mittleren Kontaktflächendrücken über 0,8 bar besteht Verdichtungsgefahr im Unterboden (35 cm). Die Angaben gelten für trockene Böden und angepasste Reifendrücke gemäss Herstellerempfehlung.

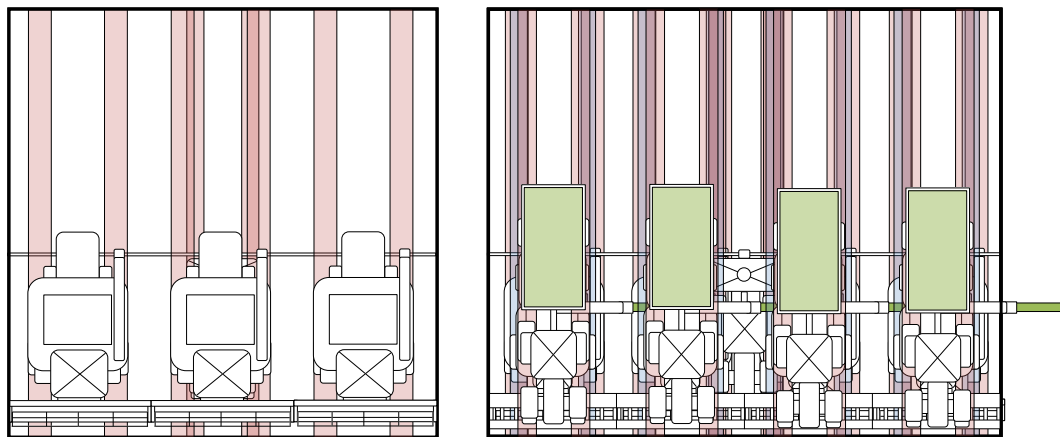


Abb. 2: Pflege- und Erntefahrspuren für eine Fruchtfolge mit Winterweizen, Winterraps und Wintergerste (links) bzw. Silomais (rechts). In der Mähdruschfolge konnte mit 5m Schnittbreite geerntet werden. Die Abstimmung mit dem Maishäcksler erforderte eine Reduktion der Arbeitsbreite auf 4,50 m, was den Fahrspuranteil von 36% auf 49% erhöhte.

befahrungsbedingter Bodenbelastungen, sind nicht alle Überfahrten kritisch. Der Fokus ist auf schwere Pflege-, Ernte- und Transportfahrzeuge mit Radlasten von mehr als 2,5t und mittleren Kontaktflächendrücken über 0,8 bar zu legen. Selbst auf trockenen Böden besteht bei solchen Fahrzeugen ein hohes Verdichtungsrisiko (Abb. 1). Es ist daher sinnvoll, die Pflege- und Erntefahrgassen permanent festzulegen und sie für alle kritischen Überfahrten bei Pflanzenschutz, organischer Düngung, Ernte und Erntetransport zu benutzen. Bodenbearbeitung und Saat unterliegen bei diesem «CTF-light» keinen Befahrungseinschränkungen. Gleiches gilt für das Zetten und Schwaden im Grünland.

Umsetzung mit Standardmaschinen ist anspruchsvoll

Im Rahmen eines dreijährigen Forschungsprojektes wurde «CTF-light» auf fünfzehn Praxisparzellen mit betriebseigenen Maschinen und Geräten realisiert. Die Umsetzung erforderte eine intensive Planung, da die für die Schweiz typische Vielfalt an Kulturen eine breite Palette an Erntegeräten, Pflegemaschinen und Transportfahrzeugen mit sich bringt. Deren Arbeitsbreiten, Spurweiten und Reifenmasse müssen aufeinander abgestimmt werden, um den Anteil an befahrener Fläche möglichst gering zu halten. Damit Arbeitsgänge verschiedener Maschinenketten auf denselben Spuren erfolgen konnten, musste der Mähdröschler in der Regel überlappend fahren und konnte nur auf drei der fünfzehn Parzellen die gesamte Arbeitsbreite für die Ernte nutzen. Auch bei den Pflegearbeiten waren gewisse Einschränkungen notwendig, damit die Arbeitsbreite für Pflanzenschutz und Düngung einem Vielfachen jener Arbeitsbreite für die Ernte entsprach. Um einen Versatz zwischen Pflege- und Erntefahrspur zu vermeiden, wurden beispielsweise die äusseren Düsen einer Feldspritze abgeschaltet und die Arbeitsbreite so von 15m auf 12m reduziert, um sie an die Erntearbeitsbreite von 4m anzupassen. Auf einer anderen Fläche musste ein Lohnunternehmer mit der Gülleausbringung beauftragt werden, da die Arbeitsbreite des betriebseigenen Schleppschlachs mit 15m zu gering war für das 5m breite Schneidwerk des Mähdröschlers.

Durch die Umsetzung des «CTF-light»-Konzeptes konnte der Fahrspuranteil in der Regel auf unter 50% reduziert

werden. Erwartungsgemäss erzielte eine einfache Mähdruschfruchtfolge den geringsten Anteil an Fahrspuren. Bei einem Abstand der Pflegefahrspuren von 15m und einer Mähdröschlerarbeitsbreite von 5m wurden 36% der Fläche befahren (Abb. 2). Hätte man den Mähdröschler mit einem 6m breiten Schneidwerk ausgestattet und für Düngung und Pflanzenschutz Geräte mit 18m Arbeitsbreite eingesetzt, wäre die Fahrspurfläche auf 30% reduziert worden. Dies zeigt, dass sich durch eine Erhöhung der Grundarbeitsbreite und eine optimale Abstimmung der Maschinen eine bedeutende Optimierung erreichen lässt. Eine Reduzierung des Fahrspuranteils wirkt sich auch positiv auf den Arbeitszeit- und Treibstoffbedarf aus, da die Anzahl der erforderlichen Überfahrten sinkt. Kunstwiese in der Fruchtfolge bedingte einen Fahrspuranteil von über 50%, da die Arbeitsbreite des Mähdröschlers für die nachfolgenden Kulturen auf 3m reduziert werden musste, um sie an die Schnittbreite des Mähwerkes anzupassen. Eine Erhöhung der Grundarbeitsbreite würde auch hier die Möglichkeit bieten, den Anteil an befahrener Fläche zu vermindern. In Fruchtfolgen mit Zuckerrübenanbau liess sich das «CTF-light»-Konzept nicht sinnvoll umsetzen, da bei der Ernte mit den in der Schweiz üblichen, selbstfahrenden Vollerntern mit Hundegang nahezu die gesamte Fläche überrollt wird. Durch ein absätziges Verfahren, bei dem das sechsreihige Köpfen und Roden im ersten und das Bunkern der Rüben im zweiten Arbeitsgang erfolgten, blieben zumindest 39% der Fläche unbefahren.

Der Mühe Lohn: verbesserte Bodenstrukturen und höhere Erträge

Um die Effekte von «CTF-light» zu quantifizieren, wurden in befahrenen und unbefahrenen Bereichen der fünfzehn Projektparzellen wiederholt die Bodenparameter Eindringwiderstand und Infiltrationsrate erhoben. Auf drei Parzellen erfolgte zusätzlich eine Stechzylinderbeprobung zur Bestimmung der Lagerungsdichte und des Porenvolumens des Bodens. Der Eindringwiderstand ist ein Mass für den Kraftaufwand, der benötigt wird, um einen Metallkonus kontinuierlich in die Tiefe zu treiben. Je grösser er ist, umso schwieriger ist es für die Pflanzen, den Boden zu durchwurzeln. Die Infiltration beschreibt das Eindringen von Niederschlagswasser. Ihr Verlauf wird durch die Infiltrationsrate, das heisst die versickernde Wassermenge pro

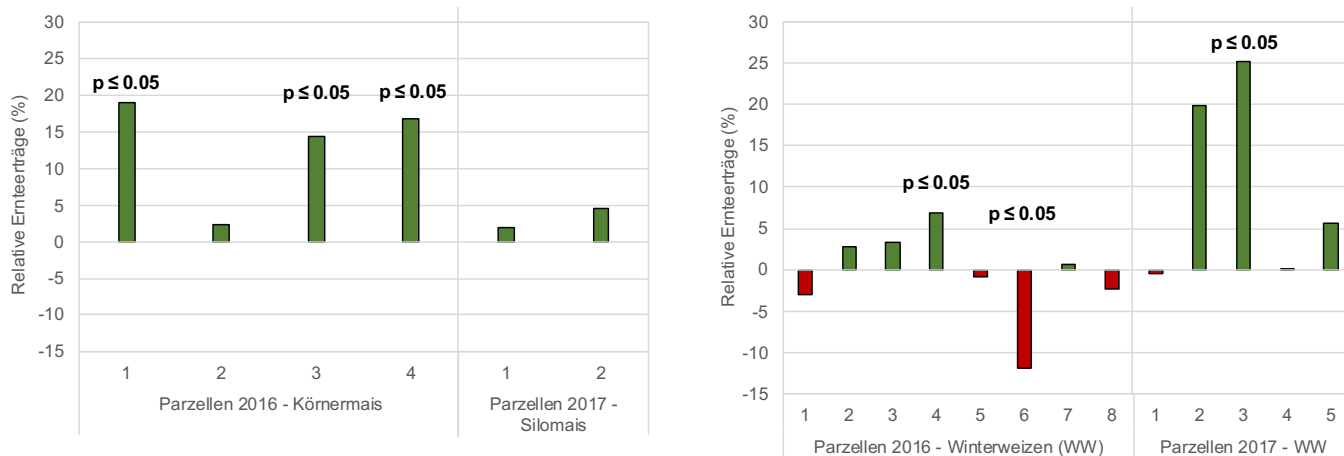


Abb. 3: Prozentuale Ertragsunterschiede zwischen befahrenen und unbefahrenen Parzellenbereichen (0% = Ertragsniveau befahren). Auf allen mit Mais angebauten Flächen wurden ohne Befahrung teils signifikante Mehrerträge bis knapp 20% bzw. 28 dt/ha erzielt. Die Winterweizenerträge zeigten kein einheitliches Bild. Das Ertragsniveau der unbefahrenen Bereiche lag im Vergleich zu den Fahrspuren zwischen 88% und 125% (entspricht ca. ±10 dt/ha Kornertrag).

Zeiteinheit, ausgedrückt. Bei Verdichtung vermindert sich die Infiltrationsleistung des Bodens, was wiederum die Hochwasser- und Erosionsgefahr erhöht. Die Lagerungsdichte gibt das Gewicht der Bodenfestschubstanz pro Volumen an. Sie ist ein Mass für die Verfestigung des Bodens und nimmt wie der Eindringwiderstand bei Verdichtung zu. Das Porenvolumen, also der Anteil der Hohlräume am Gesamtbodenvolumen, sinkt hingegen, wodurch sich Infiltration und Durchlüftung verschlechtern.

Nach drei Versuchsjahren mit konsequenter Einhaltung der Pflege- und Erntefahrspuren zeichnete sich auf den überwiegend schwach humosen (sandigen) Lehmböden der untersuchten Parzellen eine beginnende Differenzierung der Bodeneigenschaften innerhalb und zwischen den Fahrspuren ab. Sieben der fünfzehn Parzellen zeigten in den unbefahrenen Bereichen bis 30cm Tiefe bereits einen signifikant verminderten Eindringwiderstand und/oder eine signifikante Erhöhung der Wasserinfiltration (im Mittel +70%). Auch die Lagerungsdichte (-5%) und der Grobporenanteil (+21%) hatten sich dank fehlender Überfahrt auf einer der drei beprobten Parzellen signifikant positiv entwickelt. Körnermais als verdichtungsempfindliche Kultur reagierte auf allen Flächen mit teils deutlichen Ertragssteigerungen. Der signifikante Mehrertrag der unbefahrenen Bereiche lag im Mittel bei 16,8%, was einem Kornertrag (85% TS) von 23 dt/ha entspricht. Als wenig verdichtungsempfindliche Pflanze zeigte Winterweizen keine klaren Ertragsunterschiede (Abb. 3). Somit liess sich der in der Literatur oft zitierte hohe Ertragseffekt von CTF-Systemen teilweise bestätigen. Da die Regeneration des Bodens ein sehr langsamer Prozess ist, werden sich die beobachteten positiven Wirkungen der unterlassenen Befahrung über die Jahre vermutlich verstärken.

«CTF-light» auf Ihrem Betrieb

«CTF-light» eignet sich nicht nur für Ackerkulturen, sondern empfiehlt sich auch für das Grünland, um die negativen Effekte der hohen Gewichte von Güllefässern, Ladewagen, Grossballenpressen etc. auf feste Fahrgassen zu konzentrieren.

Um permanente Fahrspuren über die Jahre zentimetergenau anzulegen, wird ein automatisches Lenksystem mit

RTK-GNSS (Global Navigation Satellite System mit Real-Time-Kinematik-Korrektursignal) benötigt (Abb. 4). Die Fahrspuren können auf den Traktorterminals fest gespeichert und dann wieder abgerufen werden. Die Systeme haben sich in den vergangenen Jahren stark verbessert. Grösster Mangel ist nach wie vor das umständliche Übertragen der abgespeicherten Fahrspuren von einem Hersteller oder Terminal zum anderen.

Um den Fahrspuranteil nennenswert zu verringern, empfiehlt sich für «CTF-light» eine Grundarbeitsbreite für schwere Maschinen von mindestens 4,50 m. Bei der Ernte von Kartoffeln und Zuckerrüben sollte man aufgrund der primär auf 3m Arbeitsbreite ausgelegten Erntetechnik mit grosser Vorsicht vorgehen (trockene Böden, Bunker nicht ganz füllen, Reifendrucke absenken...).

Beim Neukauf von Pflege- und Erntemaschinen ist darauf zu achten, dass die Geräte zu der bestehenden Grundarbeitsbreite passen. So lassen sie sich in das CTF-System integrieren, ohne dass zusätzliche Fahrspuren angelegt werden müssen oder überlappendes Fahren notwendig ist.



Foto: Keystone

Abb. 4: Mit einem GNSS-Empfänger auf dem Traktordach und einem RTK-Korrektursignal (RTK = Real-Time-Kinematik) kann die Fahrzeugposition mit einer Genauigkeit von +/- 2 cm bestimmt werden. Die Positionssignale werden über ein Lenkventil automatisch in Lenkbewegungen umgesetzt.

Fazit

Die Erhaltung und Entwicklung gut strukturierter Böden mit schneller Wasserinfiltration, grossem Wasserspeichervermögen und guter Durchwurzelbarkeit gewinnt wegen der prognostizierten Zunahme von Witterungsextremen immer mehr an Bedeutung. Neben einer sorgfältigen, an die Standorteigenschaften angepassten Bewirtschaftung kommt der Vermeidung befahrungsinduzierter Bodenverdichtungen eine wichtige Rolle zu. Bekannte Grundsätze wie die Anpassung von Reifendruck und Radlast an die Bodenfeuchte und die Wahl geeigneter Zeitfenster für die Befahrung vermindern das Verdichtungsrisiko. Das Anlegen permanenter Fahrspuren für Überfahrten mit schweren Landmaschinen stellt für Betriebe mit automatischen Lenksystemen nun eine zusätzliche Möglichkeit dar, um die Gefahr von Bodenverdichtungen wirkungsvoll einzudämmen. Die Umsetzung ist mit einem zusätzlichen organisatorischen Aufwand verbunden und erfordert je nach Situation eine Anpassung der Mechanisierung. Wer dies jedoch meistert, kann die Bodenstruktur positiv beeinflussen und damit die Effizienz der Anbausysteme verbessern.

Impressum

Herausgeber	Agroscope, Tänikon 1 8356 Ettenhausen www.agroscope.ch
Auskünfte	Annett Latsch annett.latsch@agroscope.admin.ch
Redaktion	Carole Enz
Gestaltung und Druck	Brüggli Medien, Romanshorn
Abonnement und Adressänderungen	Bundesamt für Bauten und Logistik BBL, Bern E-Mail: verkauf.zivil@bbl.admin.ch (bei Adressänderungen bitte Abbonnementsnummer angeben, die sich auf der Adressetikette befindet)
Download	www.agroscope.ch/transfer
Copyright	© Agroscope 2020
ISSN	2296-7206 (print), 2296-7214 (online)
DOI	https://doi.org/10.34776/at336g

