Zeitschrift: Landtechnik Schweiz
Herausgeber: Landtechnik Schweiz
Band: 75 (2013)
Heft: 3

Artikel: Controlled Traffic Farming : mit permanenten Fahrspuren zu mehr Bodenschonung

Autor: Holpp, Martin / Anken, Thomas / Oberholzer, Hansrudolf

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1082860

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 03.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ART-Bericht 761

Controlled Traffic Farming

Mit permanenten Fahrspuren zu mehr Bodenschonung

Februar 2013

Getreideernte auf permanenten CTF-Fahrspuren in Grossbritannien – die geplante Befahrung schont den Boden. (Quelle: Julian Gold, Hendred Farm Partnership)

Autoren

Martin Holpp, Thomas Anken, Hansrudolf Oberholzer, René Reiser, Jan Rek, Peter Weisskopf, Urs Zihlmann, ART

Oliver Hensel, Universität Kassel, Agrartechnik Witzenhausen

martin.holpp@art.admin.ch

Impressum

Herausgeber:
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART
Tänikon, CH-8356 Ettenhausen,
Redaktion: Etel Keller, ART

Die ART-Berichte/Rapports ART erscheinen in rund 20 Nummern pro Jahr. Jahresabonnement Fr. 60.–. Bestellung von Abonnements und Einzelnummern:
ART, Bibliothek, 8356 Ettenhausen
T +41 (0)52 368 31 31
F +41 (0)52 365 11 90
doku@art.admin.ch
Downloads: www.agroscope.ch

ISSN 1661-7568

Die landwirtschaftlichen Nutzflächen werden heute weitgehend zufällig, das heisst ohne festgelegte Fahrspuren befahren. Die entstehenden Verdichtungen müssen auf ackerbaulich genutzten Flächen regelmässig energie- und zeitaufwändig wieder beseitigt werden. Auf Dauergrünland bleiben sie mit den entsprechenden negativen Auswirkungen auf Bestandeszusammensetzung, Ertrag und Bodenfunktionen erhalten. Eine Verminderung der Bodenverdichtung könnte Anbauverfahren wesentlich effizienter, robuster und leistungsfähiger machen und Bodenfunktionen wie Infiltration und Wasserspeicherung verbessern. Spursysteme zur Trennung von Fahr- und Wachstumsraum wurden in der Praxis bisher jedoch nur im Ackerbau mit Pflegefahrspuren für Pflanzenschutz und Düngung eingeführt.

Mit satellitenbasierten Lenksystemen können heute permanente, über die Jahre beibehaltene Fahrgassensysteme in der Praxis umgesetzt werden. Solche als Controlled Traffic Farming (CTF) bekannte Spursysteme werden seit Mitte der 1990er-Jahre grossflächig im australischen Getreidebau eingesetzt. Durch die Reduktion von Oberbodenverdichtungen verbesserten sich Luft- und Wasserführung im Boden. Die Anbausysteme wurden in Trockenzeiten und bei Starkniederschlägen ertragsstabiler.

Aktuelle Versuchsergebnisse zeigen, dass an hiesige Rahmenbedingungen angepasste CTF-Systeme auch unter mitteleuropäischen Bedingungen die Effizienz des Bodenschutzes und Pflanzenbaus nachhaltig verbessern können.

Im Folgenden wird ein Überblick über Entwicklung und Praxiseinsatz von CTF-Systemen gegeben und in die für eine Praxiseinführung in verschiedenen Anbaukulturen relevanten Aspekte eingeführt.

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Entwicklung von CTF

Permanente, über die Jahre beibehaltene Fahrgassensysteme für alle Arbeitsgänge werden als Controlled Traffic Farming (CTF) bezeichnet [2; 19]. Die Grundidee ist, durch den Einsatz grosser Arbeitsbreiten und die Verwendung schmaler Reifen den Anteil befahrener Fläche möglichst gering zu halten. Ziel ist, das Bodenverdichtungsrisiko beim Überfahren auf einen geringen Flächenteil zu beschränken. Der Grossteil der Flächen ist permanent vor befahrungsbedingten Verdichtungen geschützt.

CTF mit Geräteträgern

Die Entwicklung von Geräteträgern mit grosser Arbeitsbreite, sogenannten «Gantries», begann bereits Mitte des 19. Jahrhunderts [15]. Von den 1970er-Jahren bis heute wurde die Technologie weiterentwickelt und in kleineren Maschinenserien auf den Markt gebracht (Abb. 1, oben).
Die aussenliegenden Reifen reduzieren den Fahrspuranteil grösstmöglich; er beträgt abhängig von der Arbeits- und Reifenbreite 5–10 % der Fläche. Der Wachstumsraum der Pflanzen wird nicht befahren. Im Vergleich dazu verursacht ein Traktor mit 600 mm breiten Reifen und 6 m Arbeitsbreite 20 % Spurflächenanteil – und dieser liegt mitten im Wachstumsraum. Ähnlich geringe Fahrspuranteile wie mit Gantries werden mit heutigen Maschinen nur bei Pflanzenschutz und Düngung mit Arbeitsbreiten von 12 m und mehr erreicht.

CTF mit einheitlichen Spurweiten

Die Ernte von Getreide und Hackfrüchten liess sich mit Gantries allerdings nur aufwändig realisieren. Prototypen mit Mähdrescheraufsatz existierten, waren aber nicht praktikabel. Als Alternative folgte das Konzept einheitlicher Fahrzeugspurweiten mit verbreiterten Traktor- und Anhängerachsen. In Beet- und Dammkulturen liessen sich alle Arbeitsgänge von Anbau, Pflege und Ernte bis zum Transport von denselben Fahrspuren ausführen, und die effektive Anbaufläche konnte im Vergleich zu Fahrzeugen mit schmaleren Spuren ausgeweitet werden (Abb. 1, unten).

CTF verbessert Bodenschutz

Unter beiden CTF-Konzepten, mit Gantries und mit Fahrzeugen einheitlicher Spurweiten, konnte der positive Einfluss auf Bodenstruktur und Pflanzenentwicklung nachgewiesen werden. Bodenverdichtungen wurden effizient reduziert und Anbausysteme mit flacher Lockerungstiefe und Direktsaat konnten erfolgreich realisiert werden. Angepasste Bereifungen und niedrige Kontaktflächendrücke vermeiden Rinnenbildungen und tiefer gehende Fahrspurverdichtungen [6-7; 15].

Voraussetzung: satellitenbasierte Lenksysteme

Über lange Zeit wurde jedoch keines der beiden CTF-Konzepte breit in die Praxis eingeführt. Für eine konsequente Umsetzung der permanenten Trennung von Fahr- und Wachstumsraum über die Jahre hinweg fehlte nämlich noch ein wichtiges Element: Ein Lenksystem, mit dem zuverlässig die teilweise kaum sichtbaren Fahrspuren gefunden werden konnten und welches das Fahrzeug automatisch auf Spur hält. Mit der Verfügbarkeit erster satellitenbasierter Lenksysteme für Traktoren war der entscheidende Impuls für eine Praxisverbreitung gegeben. Mitte der 1990er-Jahre begann CTF in Australien Fuss zu fassen.

Abb. 1, oben: israelische Field Power Unit (FPU) mit 5,80 m Arbeitsbreite und um 90 ° schwenkbaren Rädern. Im Feld wird in Quer- und auf der Strasse in Längsrichtung gefahren. Unten: Traktoren mit verbreiterter Spur im holländischen Gemüsebau. Quelle: Chamen, Pedersen

CTF in Australien erfolgreich

Australische CTF-Systeme basieren auf einheitlichen Spurweiten für Traktoren und Erntemaschinen sowie auf angepassten Arbeitsbreiten. Auf den gross strukturierten Flächen wird Getreide arbeitszeit- und kostensparend direkt gesät. Trotz des semiariden Klimas, unter dem die Böden meist trocken und tragfähig sind, kommt es zu Oberbodenverdichtungen und zu einer Verminderung des Infiltrationsvermögens auf Grund des Reifenschlupfes, der die Poren abschert [17]. Dies führt zu einer beeinträchtigten Pflanzenentwicklung, einem verringerten Wasserspeichervermögen des Bodens sowie bei schlechter Niederschlagsverteilung mit Extremereignissen zu erhöhtem Erosionsrisiko.
CTF verminderte diese negativen Auswirkungen der Befahrung. Die Bodenstrukturen wurden lockerer, die Wasserinfiltration erhöhte sich und gleichzeitig sank die Erosionsanfälligkeit. Feldaufgänge verbesserten sich, im Wurzelraum waren Nährstoffe inklusive Wasser und Sauerstoff besser verfügbar, die Durchwurzelung wurde intensiver. Die Erträge wurden stabiler und stiegen um 5–15 % [1; 13; 16-17; 19].
Die Vorteile der konsequenten Trennung von Fahr- und Wachstumsraum waren so gross, das heute etwa drei Millionen Hektar unter CTF bewirtschaftet werden [20].

Potenzial von CTF in Europa

Mittlerweile liegen aus Europa aktuelle Versuchsergebnisse vor, die das Potenzial von CTF aufzeigen.

Bei Versuchen in **Grossbritannien** erhöhte sich in befahrenen Böden die Lagerungsdichte um 15 % und der Bodeneindringwiderstand um 47 %, während die Bodenporosität relativ gesehen um 10 % und das Infiltrationsvermögen um 75 % sanken. Die Erträge unbefahrener Flächen lagen in europäischen Versuchen abhängig von der Versuchsanstellung bei etwa 80–160 % des Ertrags von befahrenen Flächen. In lokalen Versuchen erzielten unbefahrene Flächen bis zu 36 % mehr Ertrag als zufällig befahrene. Permanente Fahrspuren erzielten die tiefsten Erträge. Es wird geschätzt, dass unter mitteleuropäischen Ackerbedingungen generell ein CTF-Mehrertrag von etwa 5–8% erzielt werden kann [2-5].

In **Holland** Mitte der 2000er-Jahre durchgeführte Untersuchungen bestätigten die Ergebnisse der in den 1970er- und 1980er-Jahren durchgeführten Feldversuche im Gemüsebau. Mit CTF stehen im Frühjahr drei Mal mehr Feldarbeitstage zur Verfügung, wird 15–50 % weniger Energie für die Bodenbearbeitung benötigt, führt wassergesättigter Boden bei Feldkapazität 40 % mehr Luft und bringen Wurzelfrüchte bis zu 10 % Mehrertrag [18].

In **Dänemark** Mitte der 2000er-Jahre durchgeführte Feldversuche im Grünland zeigten, dass der Grasertrag auf befahrenen Flächen im Schnitt etwa 10 % geringer ist. In früheren Versuchen wurden abhängig von Anzahl der Überfahrten und Reifeninnendruck 10–60 % Mindererträge im Vergleich zu unbefahrenen Flächen erzielt [12].

In **Tänikon** untersuchte die Forschungsanstalt Agroscope ART von 2008–2012, ob sich durch CTF in Kombination mit weiteren technischen Vorsorgemöglichkeiten die Leistungsfähigkeit von Anbauverfahren wie Getreide und Kunstwiese unter Direktsaat verbessern liessen. Im Feldversuch mit den Kulturen Winterweizen, Wintergerste, Kunstwiese und Silomais, Standardmaschinen und niedrigen Reifendrücken (generell 0,8 bar) wurden die Varianten Pflug, konventionell befahrene Direktsaat und CTF-Direktsaat verglichen [9].

Es zeigte sich eine klare Differenzierung der Bodenstruktur zwischen intensiv befahrenen Pflegefahrgassen und wenig bzw. nicht befahrenen Flächen. Durch den niedrigen Kontaktflächendruck kam es in keinem Fall zu Fahrspurbildungen oder einer Gefährdung des Unterbodens. Unter den Pflegefahrgassen erreichten Oberbodenparameter aber kritische Werte und die Biomasseerträge entwickelten sich negativ.

Nach bereits zwei Jahren hatten die unbefahrenen Flächen der CTF-Variante nach der Pflugvariante signifikant die niedrigsten Bodeneindringwiderstände (Abb. 2, links). Die nur während Saat und Ernte befahrenen Flächen der CTF-Variante folgten mit einigem Abstand und waren mit der zufällig befahrenen Direktsaat vergleichbar. Das Grobporenvolumen bewegte sich standorttypisch auf einem sehr tiefen Niveau von 5 %, das Auslassen der Befahrung bewirkte keinen messbaren Anstieg. Die in den nicht und gering befahrenen CTF-Flächen untersuchten Parameter Saugspannung und volumetrischer Wassergehalt lagen stets in einem pflanzenbaulich nicht relevanten Bereich unterhalb des permanenten Welkepunktes. Es wurden keine signifikanten Unterschiede mit und ohne Befahren gefunden.

Die in den nicht und gering befahrenen CTF-Flächen untersuchten Bodenluftparameter Sauerstoff (O_2) und Kohlendioxid (CO_2) unterschieden sich zum Teil signifikant (Abb. 2, rechts). In der für die Jugendentwicklung wichtigen Bodentiefe von 10 cm war die O_2-Versorgung in den nicht befahrenen Bereichen in 90 % aller Messungen im optimalen Bereich von >15 %, in den gering befahrenen in 75 % der Messungen. Die CO_2-Konzentrationen lagen in den nicht befahrenen Bereichen in 60 % der Messungen und in den gering befahrenen in nur gut 30 % der Messungen im optimalen Bereich bis 2 %.

Hinsichtlich des Ertrags konnte kein klarer Trend identifiziert werden. Die Erträge aller Varianten waren oft weniger durch die Befahrung als durch andere Faktoren wie die Saatbettqualität geprägt. Dies war primär auf die Scheibensaattechnik zurückzuführen, die auf dem Versuchsstandort im Säschlitz keine gute Einbettung der Samen erreichte.

Die höchsten Erträge wurden generell in der Pflugvariante erzielt. Unter Kunstwiese auf den intensiv befahrenen Pflegefahrgassen durchgeführte Ertragserhebungen ergaben für CTF die signifikant niedrigsten Ernteerträge. Die Ergebnisse zeigten, dass CTF wohl eine Verbesserung der Bodenstruktur mit sich bringt, diese aber auf diesem schweren Standort noch nicht für volle Erträge ausreichte. Eine flache ganzflächige oder streifenförmige (Striptill) Bearbeitung wäre in solchen Situationen empfehlenswert.

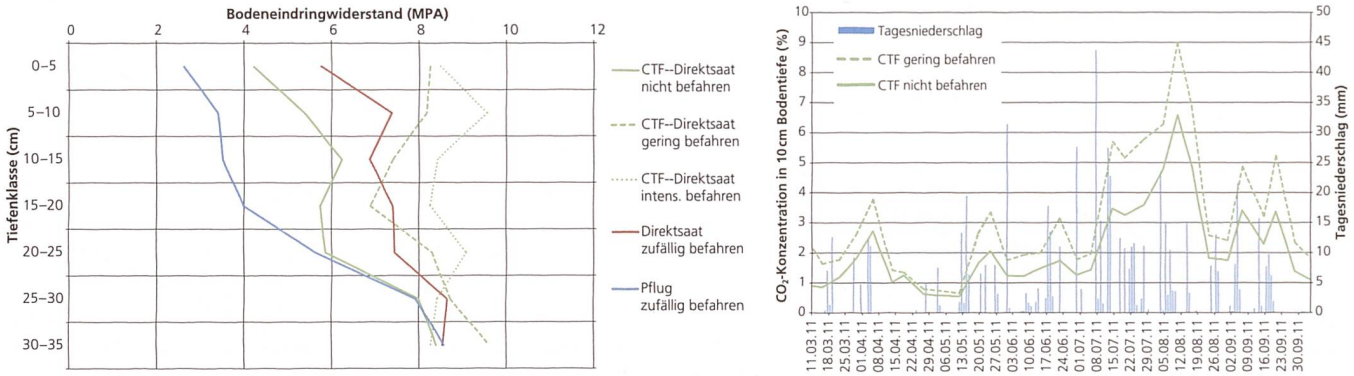


Abb. 2, links: Bereits nach zwei Jahren hatte CTF nicht befahren nach Pflug den niedrigsten Bodeneindringwiderstand entwickelt. Rechts: Bei geringer Befahrung ist der CO_2-Gehalt unter feuchten Bedingungen um 2,5–4 % höher als in nicht befahren.

Praxiseinführung von CTF

CTF hat sich in Europa bis heute nur wenig verbreitet. Pioniere in Grossbritannien, Holland, Skandinavien und Rumänien haben CTF-Systeme im Acker- und Gemüsebau auf wenigen 10 000 ha eingeführt. Für die zögerliche Umsetzung sind vor allem technische Gründe in den Bereichen Lenksysteme, Spurweiten und Arbeitsbreiten verantwortlich. Im Folgenden werden Entscheidungshilfen und Handlungsempfehlungen für die Einführung von CTF-Systemen gegeben.

Praxisübliche Spurweiten und Reifenbreiten

CTF-Systeme mit einer an den Massen der Erntemaschine orientierten Spurweite von 3,00–3,20 m und einer schmalen Reifenbreite von ~400 mm erreichen im Vergleich zu zufälliger Befahrung niedrige Spurflächenanteile (Abb. 3). Diese sind aber mit aufwändigen Maschinenumbauten verbunden.

Zum einen sinkt mit der grösseren Spurweite und den in der Regel weniger tragfähigen Reifen die zulässige Höchstgeschwindigkeit, zum anderen dürfen Fahrzeuge mit dieser Breite nicht mehr ohne weiteres im öffentlichen Strassenverkehr benutzt werden. Die schmale Reifenbreite kann unter feuchten Bedingungen vor allem bei der Ernte dazu führen, dass die Maschinen von der Spur rutschen. Auch kann es in den Fahrspuren zu Rinnenerosion kommen.

Für eine verstärkte Verbreitung des Einsatzes von CTF in Europa muss das System daher an hiesige Rahmenbedingungen und an die Standardmechanisierung angepasst werden. Konzepte mit verschiedenen Spursystemen und unterschiedlichen Spurflächenanteilen unterschiedlicher Befahrungsintensität existieren [3] und werden mittlerweile auch in der Praxis umgesetzt [14].

Satellitenbasierte Lenksysteme

Für CTF werden präzise Lenksysteme mit einer Genauigkeit von +/– 2,5 cm benötigt. In der Vergangenheit teuer und kaum verbreitet, zieht die Technik mit stark sinkenden Preisen langsam auch in der Schweiz ein. Für Betriebe mit weniger Fläche bietet sich für die Arbeitsgänge Bodenbearbeitung und Aussaat die Zusammenarbeit mit Lohnunternehmern oder die Miete entsprechend ausgestatteter Traktoren über den Maschinenring an. Alle Pflegearbeiten können dann auf den präzise angelegten Pflegefahrgassen ohne Lenksystem durchgeführt werden. Die ART-Berichte 659 und 756 liefern weitergehende Informationen [8; 10].

Niedriger Kontaktflächendruck

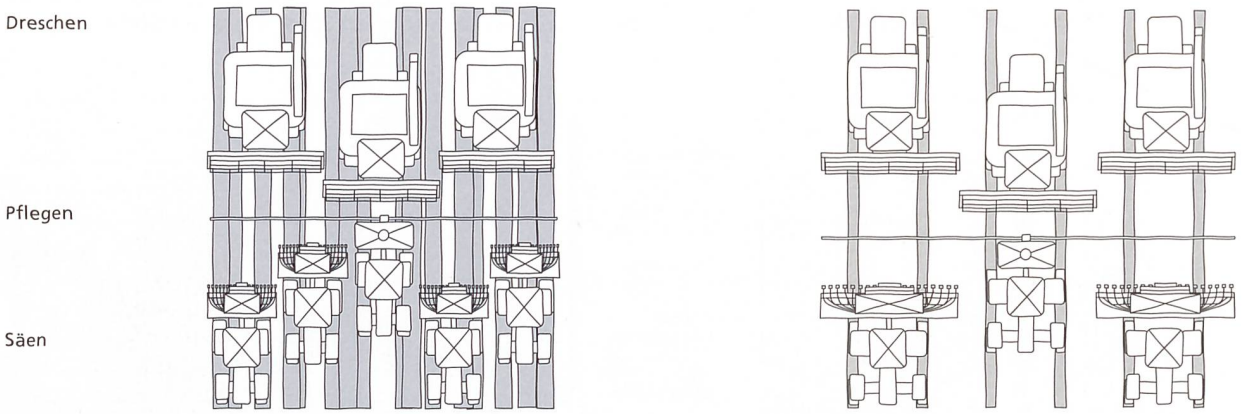
Ein niedriger Kontaktflächendruck senkt das Risiko tief gehender und das Pflanzenwachstum limitierender Bodenverdichtungen. Im Tänikoner CTF-Feldversuch wurden alle bis zu gut 7 t schweren Traktoren konsequent mit 0,8 bar Reifendruck eingesetzt. Der Mähdrescher mit gut 11 t Leergewicht konnte bei voller Bunkernutzlast auf der Vorderachse mit 1,0 bar und auf der Hinterachse mit 1,2 bar gefahren werden. Die Fahrspurbildung lag nach drei Jahren Direktsaat mit 0,4 cm in den gering befahrenen Zonen und mit knapp 1 cm in den intensiv befahrenen Zonen im vernachlässigbaren Bereich. Pflanzenbaulich konnten die nicht und gering befahrenen Zonen nicht differenziert werden.

Fokus auf Verfahren ohne und mit flacher Bearbeitung

Eine mit Pflug und Grubber durchgeführte tiefe Bodenlockerung zielt auf eine Behebung von tiefer gehenden Bodenverdichtungen. Mit einer bodenschonenden Bereifung sollten diese allerdings auch in den CTF-Fahrspuren weitestgehend vermieden werden können. Grundsätzlich sollte keine jährlich wiederkehrende tiefe Bodenbearbeitung mehr nötig sein. Generell verträgt sich Pflügen schlecht mit Fahrspuren, die permanent am selben Ort bleiben sollen. Durch das Wenden des Bodens verschieben sich die Fahrspuren in Richtung der unbefahrenen Fläche. Um dies zu vermeiden, pflügen holländische Bio-Gemüseanbaubetriebe je nach Kultur quer zur CTF-Fahrtrichtung. Es gibt dann keine unerwünschte Querverschiebung der befahrenen Fläche in Richtung unbefahrene Fläche und die Fahrspuren bleiben an ihrem Platz.

«CTF-light» – Pragmatischer Kompromiss

Die Frage, ob alle Arbeitsgänge von permanenten Fahrspuren aus erfolgen müssen, ist differenziert zu beurteilen. Flach oder nicht gelockerte Böden haben eine wesentlich höhere Tragfähigkeit als tief gelockerte Böden.



Konventionelle, zufällige Befahrung

Kontrollierte Befahrung CTF

Abb. 3, Links: in zufälliger Befahrung bewirtschaftetes Feld. Durch die breitere Spur und grössere Arbeitsbreite des Mähdreschers wird ein Grossteil der Fläche befahren. Rechts: australisches CTF-System mit einheitlichen Spurweiten und abgestimmtem Arbeitsbreiten. Der Befahrungsanteil ist mit 5–10 % gering, durch die schmalen Reifen kommt es aber zu starken Belastungen in den Fahrspuren.

Die Verfahren der Bodenbearbeitung und Saat sind bei trockenen, tragfähigen Bedingungen mit tiefem Kontaktflächendruck auf nicht verdichtungsgefährdeten Böden in der Regel unproblematisch. Pflanzenschutz und Düngung hingegen erfolgen öfter auch unter feuchteren Bodenbedingungen und erfordern viele Überfahrten. Pflegefahrgassen sind daher zum Teil stark verdichtet, damit aber auch tragfähiger. Bei der Grünlandbewirtschaftung sind Mähen, Zetten und Schwaden prinzipiell unkritisch. Die Anzahl der Überfahrten ist mit mehreren Schnitten pro Jahr jedoch um ein Vielfaches höher als im Ackerbau, und die Böden sind tendenziell feuchter.
Besonders kritisch sind alle Arbeitsgänge, bei denen die Kontaktflächendrücke nicht an die aktuelle Bodentragfähigkeit angepasst werden können. Dies sind vor allem Transport- und Erntefahrzeuge wie Mähdrescher, Grossballenpressen, Zuckerrübenvollernter, Häckselwagen und Güllewagen. Trotz bodenschonender Bereifung können sie aufgrund häufig zu hoher Achslast tiefer gehende Verdichtungen verursachen.
Als pragmatischer Ansatz bietet sich an, im Ackerbau und Grünland Pflege- und Erntefahrgassen permanent festzulegen und sie möglichst für alle kritischen Arbeitsgänge unter weniger tragfähigen Bodenzuständen bei Ernte, organischer Düngung und Transport zu benutzen. Alle Arbeiten, die unter günstigen Bedingungen mit tiefen Kontaktflächendrücken erfolgen, können ohne Befahrungseinschränkungen durchgeführt werden. Ostdeutsche Betriebe setzen dieses «CTF-light»-System bereits ein [11].

CTF braucht Planung und konsequentes Umsetzen

Generell bedingen CTF-Systeme eine sorgfältige Planung und Umsetzung in die Praxis. Bei allen Überfahrten ist überlegtes Handeln erforderlich. Versehentliche falsche Überfahrten würden den vorteilhaften Effekt einer langjährigen CTF-Bewirtschaftung mindern. Insbesondere beim Einbezug von fremden Fahrern (z.B. Lohnunternehmer oder im Rahmen der Nachbarschaftshilfe) ist eine sorgfältige Vorausplanung der Fahrspuren, Übergabe der Fahrspurkoordinaten und Instruktion der Beteiligten erforderlich.

CTF–Umsetzung in den Kulturen

Abhängig von den angebauten Kulturen gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Mechanisierung auf ein CTF-System abzustimmen. Im Folgenden wurde auf Überlegungen von Chamen aufgebaut [3]. Für eine kompaktere Darstellung der Abbildungen wurden die Maschinen vereinfacht gezeichnet.

Mähdruschkulturen

Ein auf 3 m Grundarbeitsbreite basiertes CTF-Anbausystem lässt sich nur mit einem Fahrspuranteil von etwa 50 % realisieren. Für einen geringeren Spurflächenanteil muss die Grundarbeitsbreite erhöht werden.
Bei einem CTF-Anbausystem mit 4,50 m Arbeitsbreite und der Nutzung von zwei Spurweiten beträgt der Spurflächenanteil mit 600 mm breiten Reifen etwa 27 %. Die Erntemaschine mit der breiten Spur fährt um eine halbe Arbeitsbreite versetzt auf den Traktorspuren. Bedingung dafür ist eine exakte Saat, was mit automatischen Lenksystemen gut möglich ist (Abb. 4). Ein geringerer Spurflächenanteil ist mit Standardmaschinen ohne Spuranpassung und ohne schmale Reifen kaum zu erreichen.
Bei einer Arbeitsbreite von 6 m, 650 mm breiter Traktorbereifung und 800 mm breiter Mähdrescherbereifung kommt man auf 40 %, bei durchgängig 600 mm breiten Reifen auf 36 %. Bei 9 m Arbeitsbreite, 650 mm breiter Traktorbereifung und 800 mm breiter Mähdrescherbereifung kommt man noch auf etwa 27 % (Abb. 5). In allen Fällen erfolgen Pflegearbeiten wie Pflanzenschutz und Düngung mit einem ungeraden Vielfachen der Grundarbeitsbreite von der Pflegefahrgasse aus.

Mais

Ein CTF-Anbausystem mit 4,50 m Arbeitsbreite passt auch in den sechsreihigen Silomaisanbau. Bei variablem Reihenabstand können alle Reihen im unbefahrenen Bereich gelegt werden. Bezüglich des Überladens auf die Transportfahrzeuge gelten dieselben Regeln wie beim Häcklereinsatz im Dauergrünland beschrieben.

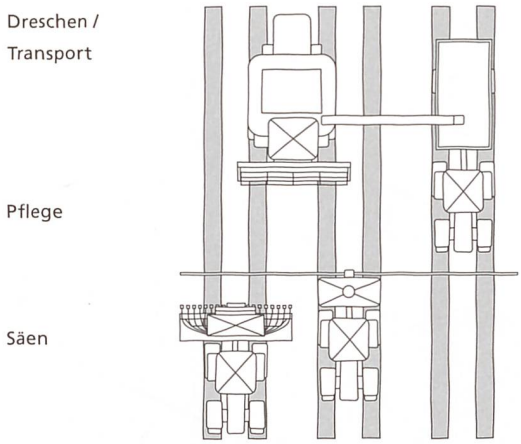


Abb. 4: An europäische Verhältnisse angepasstes CTF-System mit Standardspurweiten, 4,50 m Arbeitsbreite und einem Spurflächenanteil von etwa 27 %. Die Erntemaschine fährt um eine halbe Breite versetzt auf den Traktorfahrspuren.

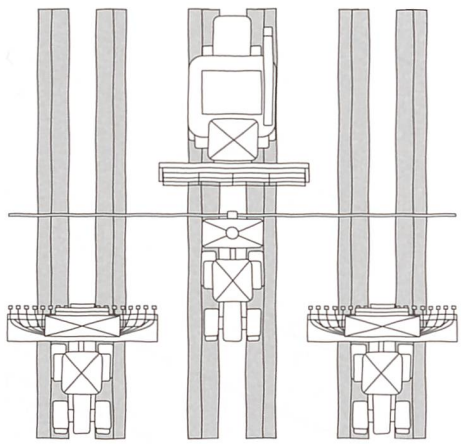


Abb. 5: CTF-System mit 6 m Arbeitsbreite. Mit gemischter 600/800 mm breiter Bereifung beträgt der Fahrspuranteil 40 %, mit einheitlich 600 mm breiten Reifen 36 %.

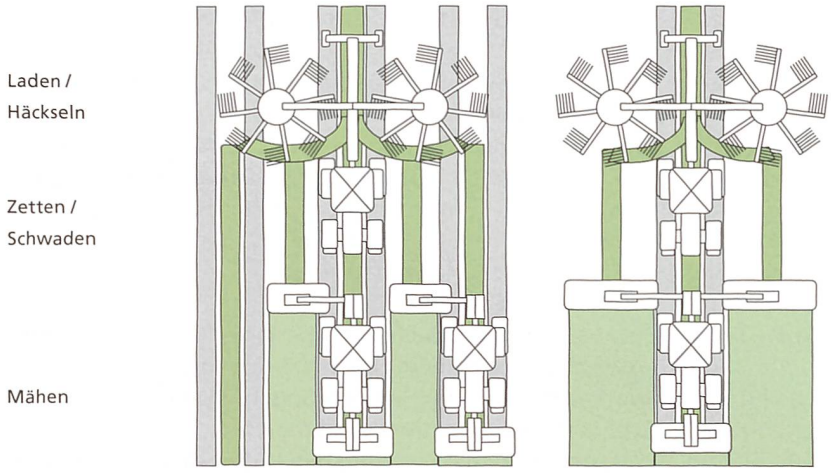


Abb. 6: Traktorbasierte Kunstwiese, links mit 4,50 m Grundarbeitsbreite liegt der Spurflächenanteil bei etwa 27 %. Rechts mit 9 m sinkt der Spurflächenanteil auf 13 %.

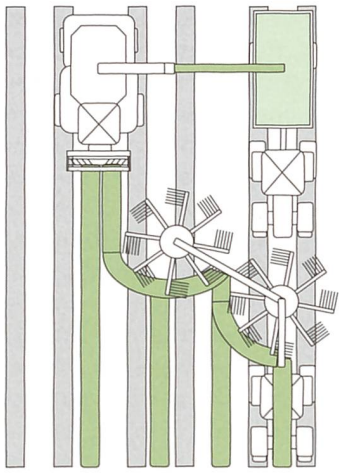


Abb. 7: Kunstwiese mit Häcksler. Das Futter wird mit einem Seitenschwader in der Häckslerfahrspur abgelegt.

Kunstwiese

Innerhalb einer CTF-Fruchtfolge lässt sich Kunstwiese auf zwei Arten in ein Anbausystem mit 4,50 m Arbeitsbreite integrieren. Entweder beträgt die Mäharbeitsbreite 4,50 m oder 9 m. In beiden Fällen haben die nachfolgenden Arbeitsgänge eine Arbeitsbreite von 9 m. Mit 600 mm breiter Bereifung beträgt der Spurflächenanteil 27 % beziehungsweise 13 % (Abb. 6).

Beim Häckslereinsatz muss das Futter mit einem Seitenschwader in die Häckslerfahrspur geschwadet werden. Die Arbeitsbreiten der Erntekette sind entsprechend abzustimmen (Abb. 7). Alternativ kann der Häcksler wie in Abb. 6, rechts, in einer Linie mit dem Mittelschwader fahren. Dies erhöht jedoch die Spurbreite und damit den Gesamtspurflächenanteil.

Dauergrünland

Auf Dauergrünland gibt es im Gegensatz zu Kunstwiese mehr Freiheitsgrade, da keine Bodenbearbeitung und Saat erfolgt. Somit lässt sich CTF dank der heute gängigen Arbeitsbreiten in der Grünlanderntekette recht einfach mit einem geringen Fahrspuranteil realisieren. Bei traktorgebundenen Ernteketten lässt sich bei einer 600 mm breiten Bereifung mit einer Front-Heck-Mähkombination mit 6 m, einem Kreiselheuer mit 6,8 m und einem Schwader mit 7,5 m ein Spurflächenanteil von 20 % realisieren (Abb. 8). Beim Einsatz einer Kombination mit drei Mähwerken und einer Arbeitsbreite von 9 m sinkt der Spurflächenanteil auf etwa 13 % (Abb. 6 rechts). Das Schwaden ist mit einem Grossschwader mit Mittenablage einfacher als mit Seitenablage. Der Abtransport gestaltet sich mit Ladewagen einfach. Beim Pressen muss ein Ballensammler eingesetzt werden, damit die Ballen ausserhalb des Feldes auf die Transportfahrzeuge geladen werden können.

Werden Häcksler mit breiterer Spur und Bereifung eingesetzt (3,30-m-Aussenbreite), beträgt der Spurflächenanteil bei einer Arbeitsbreite von 9 m etwa 25 % (Abb. 9). Grössere Arbeitsbreiten, wie sie mit selbstfahrenden Grossflächenmähwerken und entsprechend abgestimmter Folgemechanisierung möglich sind, senken den Spurflächenanteil noch weiter.

In der Regel fährt das Transportfahrzeug in naher Distanz parallel zum Häcksler. Unter CTF fährt das Transportfahrzeug auf der nächsten Spur und der Häcksler wirft das Erntegut über eine ganze Arbeitsbreite.

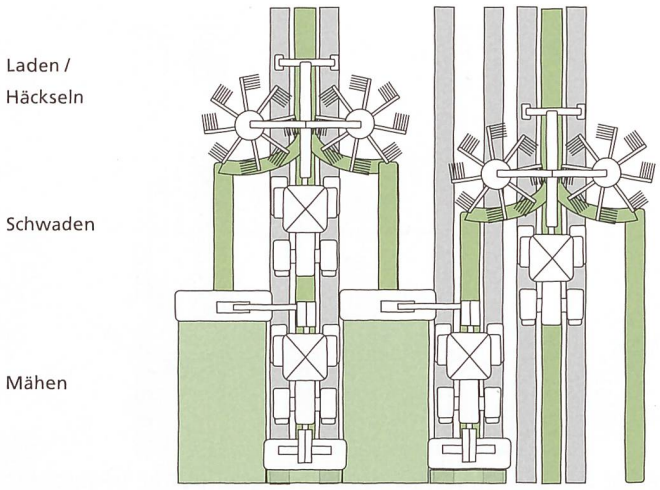


Abb. 8: Traktorbasierte Grünlanderntekette mit Front-Heck-Mähwerk mit 6 m Arbeitsbreite. Die befahrene Fläche beträgt etwa 20 %.

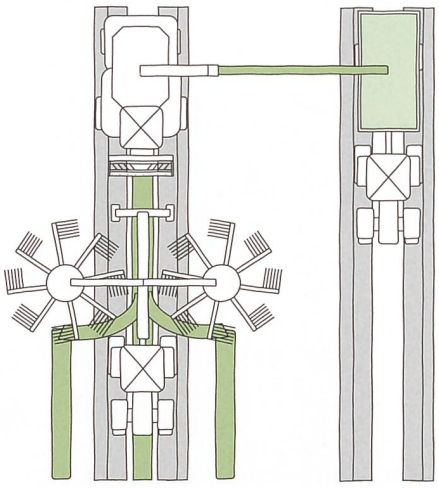


Abb. 9: Grünlanderntekette mit Häcksler (3,30 m Aussenbreite). Bei 9 m Mähbreite beträgt der Spuranteil aufgrund der breiteren Fahrspuren etwa 25 %.

Technisch ist dies möglich, eine optimale Beschickung des Transportfahrzeuges ist aber anspruchsvoll. Assistenzsysteme zur Steuerung des Auswurfkrümmers und Lenkungssteuerung des Transportfahrzeugs von der Erntemaschine aus können sinnvoll sein. Praxiserfahrungen aus Australien zeigen, dass das Beschicken von Anhängern den Fahrern unter CTF nicht schwerer fallen muss, da die Distanz zwischen Erntemaschine und Transportanhänger durch die Fahrspuren immer dieselbe ist. Der Fahrer des Transportanhängers muss sich nur noch auf die Distanz in Fahrtrichtung zwischen Ernte- und Transportfahrzeug konzentrieren [21]. In Dänemark fährt das Transportfahrzeug direkt hinter dem Häcksler, beziehungsweise der Häcksler zieht selbst den Anhänger.

Rüben/Kartoffeln

Im heute gängigen sechsreihigen Ernteverfahren von Rüben lässt sich lediglich ein CTF-Anbauverfahren mit drei Metern Arbeitsbreite realisieren. Der Spurflächenanteil beim Einsatz leichter, relativ schmal bereifter traktorgezogener oder selbstfahrender Köpfrodelader beträgt etwa 65 % (Abb. 10).

Mit den am Markt verfügbaren neunreihigen Erntesystemen liesse sich theoretisch ein auf neun Reihen mit 50 cm Reihenabstand basierendes CTF-Anbausystem mit einer Arbeitsbreite von 4,50 m realisieren (Abb. 11). Bei den Erntemaschinen handelt es sich allerdings primär um schwere, selbstfahrende Köpfrodebunker mit gross- bis ganzflächig überrollender Bereifung. Neunreihige traktorgezogene Köpfrodelader mit einer Arbeitsbreite von 4,50 m sind nur in Ausnahmefällen verfügbar.

Für den Kartoffelanbau gelten prinzipiell dieselben Überlegungen wie für den Rübenanbau. Heute verbreitete vierreihige Anbausysteme mit 75 cm Reihenabstand und 3 m Arbeitsbreite weisen einen Spurflächenanteil von 50–60 % auf. Für eine Einbindung von Rüben und Kartoffeln in CTF-Anbausysteme sind zwei Grundvarianten vorstellbar:

1. Die Erntetechnik für Rüben und Kartoffeln wird konsequent mit 4,50 m Arbeitsbreite und entsprechenden Spurweiten und Reifenbreiten in das CTF-Anbausystem eingebunden. Angesichts der bestehenden Angebotspalette und des ungebrochenen Trends zu immer leistungsfähigeren Maschinen ist zu erwarten, dass solche Arbeitsbreiten mittelfristig in grösserer Vielfalt zur Verfügung stehen werden. Da die vom CTF-Anbausystem vorgegebenen Reifen-/Banddimensionen und der maximal tolerierte Kontaktflächendruck das Gesamtgewicht der nicht ganzflächig überrollenden Maschinen begrenzen, ist die Verwendung von grossvolumigen Bunkern eingeschränkt. Der Ernteguttransport auf dem Feld erfolgt absätzig wie beim Häckseln mit Transportfahrzeugen; der Überladevorgang ist jedoch komplexer, da das Erntegut nicht geworfen, sondern mit Bändern über weitere Strecken transportiert werden muss. Im Vergleich zu Bunkermaschinen mit Feldrandentladung nimmt der Logistikaufwand zu.
2. Die Erntetechnik für Rüben und Kartoffeln wird nicht in das CTF-Anbausystem eingebunden. Die Ernte erfolgt mit ganzflächig überrollenden Köpfrodebunkern ohne zusätzliche Feldtransportfahrzeuge. Die maximal tolerierten Kontaktflächendrücke, die zum Schutz der ansonsten unbefahrenen Flächenteile tendenziell niedriger als in der ersten Variante sind, begrenzen die maximalen Maschinengewichte und Schlaglängen. Ein solches Ausklammern einzelner Arbeitsgänge aus dem CTF-Fahrschema ist aus dem holländischen Gemüsebau unter der Bezeichnung «Seasonal CTF» bekannt. Untersuchungen zeigten, dass CTF in den dortigen Produktionssystemen auch dann vorteilhaft blieb [18].

CTF-Systeme lassen sich praxisnah umsetzen

CTF-Systeme sind mit den heute zur Verfügung stehenden Standardmaschinen in vielen Bereichen realisierbar. Dauergrünland, Mähdruschfrüchte, Mais und Ackerfutterbau lassen sich relativ einfach mechanisieren. Im Grünland können mit Arbeitsbreiten ab 9 m Spurflächenanteile unter 15 % erreicht werden, auf dem Acker mit 4,5 m von etwa 27 %. Bei Rüben und Kartoffeln ist es aufgrund der derzeit primär auf 3 m Arbeitsbreite ausgelegten Erntetechnik nur schwierig möglich, ein CTF-Systeme zu installieren. Zum Erreichen geringer Fahrspuranteile müsste neben der Entwicklung von Erntetechnik mit grösserer Arbeitsbreite vor allem auch der Transport der grossen Erntemassen auf dem Feld bodenschonend gestaltet werden.

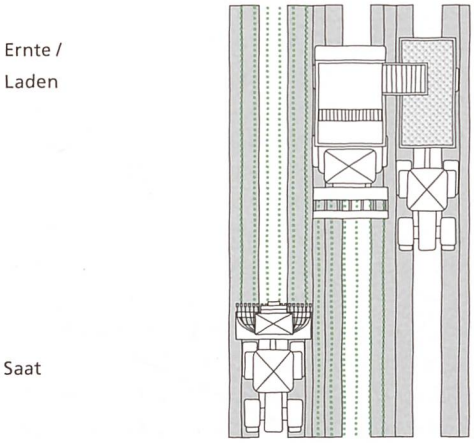


Abb. 10: Sechsreihiges Rübenanbausystem mit Köpfrodelader. Bei 3 m Arbeitsbreite liegt der Spurflächenanteil bei etwa 65 %.

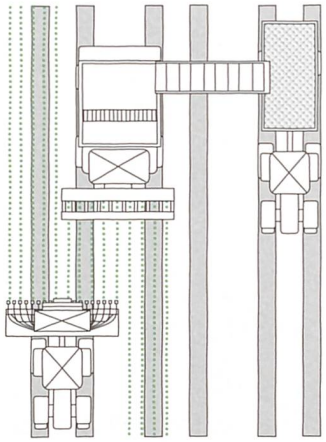


Abb. 11: Skizze eines neunreihigen Rübenanbausystems mit 4,50 m Arbeitsbreite und einem Spurflächenanteil von zirka 27 %. Der selbstfahrende Köpfrodelader müsste über 5,40 m überladen.

Fazit

Bei Controlled Traffic Farming werden mit satellitenbasierten Lenksystemen permanente Fahrspuren angelegt, die über die Jahre beibehalten werden. Der von den Pflegefahrgassen für Düngung und Pflanzenschutz bekannte Ansatz wird auf weitere Arbeitsgänge ausgedehnt.
CTF vermindert die Risiken befahrungsinduzierter Bodenverdichtungen, senkt den Aufwand für Bodenbearbeitung und erhöht die Infiltration und Wasserspeicherung der Böden. Eine nachhaltig verbesserte Bodenstruktur ist Voraussetzung für ein aktives Bodenleben, vermindert die Bildung von Treibhausgasen wie Lachgas und fördert das Pflanzenwachstum durch leichter durchwurzelbare Böden.
Damit erweitert CTF die Möglichkeiten der aktuellen Anbausysteme mit Minimalbodenbearbeitung und Direktsaat, die nicht mehr durch Bodenverdichtung begrenzt werden.

CTF kombiniert mit anderen Massnahmen

Zur Schonung der befahrenen Bereiche und zur Vermeidung der Rinnenbildung in den Fahrspuren sind CTF-Massnahmen zur Senkung des Kontaktflächendrucks sinnvoll. Dies beinhaltet vor allem die Verwendung von breiten Reifen mit niedrigem Reifendruck oder Raupenfahrwerken und eine Anpassung der Radlast an die aktuelle Bodentragfähigkeit.

«CTF-light» – bei schweren Maschinen beginnen

Permanente Fahrspuren zeigen vor allem bei schwereren Maschinen für Ernte und organische Düngung ihre Wirkung. Ein solches «CTF-light», bei dem feste Fahrspuren nur für schwere Fahrzeuge und Maschinen wie Güllefässer genutzt werden, könnte ein sinnvoller erster Schritt für eine CTF-Umsetzung sein. Alle Arbeiten, die unter günstigen Bedingungen mit geringem Verdichtungsrisiko und tiefen Kontaktflächendrücken erfolgen, könnten ohne Befahrungseinschränkungen durchgeführt werden.

CTF bietet Potenzial

Die Vorteile von CTF lassen sich nur mit einem zusätzlichen technischen und organisatorischen Aufwand nutzen. Im Hinblick auf steigende Energiekosten und den Umgang mit den negativen Auswirkungen des Klimawandels bietet die Umsetzung von CTF jedoch interessantes Potenzial.

CTF im Internet

- Schweiz: www.ctf-swiss.ch
- Europa www.ctf-europe.eu
- Kanada www.controlledtrafficfarming.org
- Australien www.ctfsolutions.com.au
  www.precisionagriculture.com.au

Literaturnachweis

[1] Chamen T., Alakukku L., Pires S., Sommer C., Spoor G., Tijink F. u. Weisskopf P., 2003: Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review. Part 2. Equipment and field practices. Soil-and-Tillage-Research. 2003; 73(1/2): 161–174.

[2] Chamen T., 2006: Controlled traffic farming: literature review and appraisal of potential use in the U.K. HGCA-Research-Review. 2006; (59): ii + 58 pp.

[3] Chamen T., 2007: Wege aus der Kostenfalle. Landwirtschaft ohne Pflug, 3, S. 19–23.

[4] Chamen T., 2009: The Practical Application and Economics of Controlled Traffic Farming as a Soil Management Tool. 18th ISTRO, June 15–19, 2009, Izmir / Turkey, Conference Proceedings - CD.

[5] Chamen T., 2011: The effects of low and controlled traffic systems on soil physical properties, yields and the profitability of cereal crops on a range of soil types. Cranfield, Cranfield, 305 S.

[6] Chamen W. C. T., Watts C. W., Leede P. R. u. Lonstaff D. J., 1992: Assessment of a wide span vehicle (gantry) and soil cereal crop responses to its use in a zero traffic regime. Soil & Tillage Research, 24, S. 359–380.

[7] Fuhrer J., 2008: Herausforderung Klimawandel – Chancen und Risiken. ART-Tagung 18.01.2008, Zürich-Reckenholz.

[8] Holpp M., 2006: Parallelfahrsysteme für Traktoren. Technik und Wirtschaftlichkeit. ART-Berichte (Früher: FAT-Berichte), 659, S. 12.

[9] Holpp M., 2012: Untersuchungen zu Controlled Traffic Farming und automatischen Lenksystemen. Dissertation, Witzenhausen, 150 S.

[10] Holpp M., Anken T., Sauter M., Kroulik M., Kvíz Z. u. Hensel O., 2012: Nutzen automatischer Lenksysteme. Arbeitswirtschaftliche und ergonomische Aspekte | Technik im Überblick. ART-Bericht, 756, S. 1–8.

[11] Möbius J., 2011: Controlled Traffic light: Dauerhaft feste Fahrspuren für Düngung und Pflanzenschutz. Internetauftritt: Agrarheute, Zugriff unter: http://meilensteine.agrarheute.com/nl-bericht-lenkung-nh, Zugriff am 04.02.2012.

[12] Pedersen H. H., 2008: CTF in Forage Grass. Internetauftritt: www.controlledtrafficfarming.com, Zugriff am 21.06.2012.

[13] Raper R. L., Reeves D. W., Burt E. C. u. Torbert H. A., 1994: Conservation tillage and traffic effects on soil condition. Transactions of the ASAE. 1994; 37(3): 763–768.

[14] Roberts M., 2011: Ackern auf dem rechten Weg – Controlled Traffic Farming in Grossbritannien. Profi, 07, S. 70–73.

[15] Taylor J. H., 1994: Development and benefits of vehicle gantries and controlled traffic systems. Soil compaction in crop production, S. 521–537.

[16] Tullberg J., Yule D. F. u. McGarry D., 2003: «On track» to sustainable cropping systems in Australia. Proceedings of the 16th ISTRO conference, 13.–18. july, Brisbane, Australia, S. 1271–1285.

[17] Tullberg J. N., Yule D. F. u. McGarry D., 2007: Controlled traffic farming – From research to adoption in Australia. Soil and Tillage Research, 97, 2, S. 272–281.

[18] Vermeulen B. u. Korteweg J., 2007: Controlled traffic for organic farming. Workshop Controlled Traffic Farming 23.–25.05.2007, Präsentation, Wageningen.

[19] Webb B. u. Blackwell P., 2004: Tramline Farming Systems. Departement of agriculture of Western Australia, Geraldton.

[20] Yule D., 2012: Cultivated CTF area / Overloading within CTF systems. Mündl. Mitteilung, Brisbane, Australia.