



Controlled Traffic Farming

in der regenerativen Mosaik-Landwirtschaft

CTF

”Controlled Traffic Farming”
Automatische Lenksysteme

anstatt zufällige Wege über das Feld zu fahren, wird mit Hilfe von **GPS** und **automatisiertem Lenksystem** entlang **definierten, permanenten Fahrspuren** gefahren.



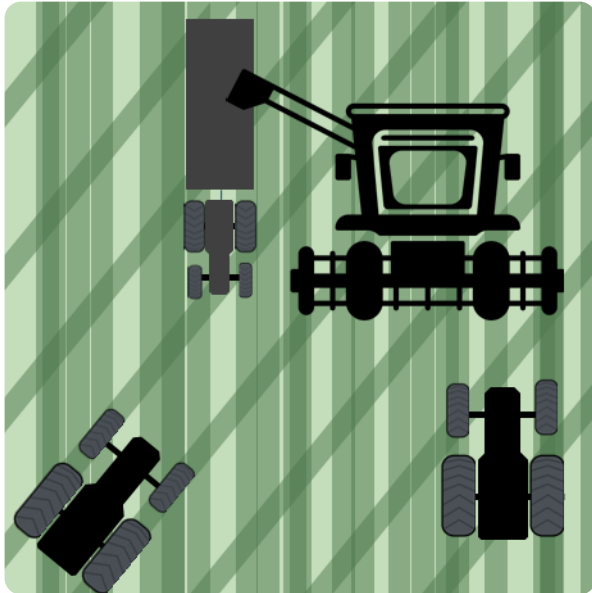
- ↓ Bodenverdichtung
- ↑ Effizientere Bewirtschaftung
- ↑ Bodenqualität & Ertrag



Durch CTF wird die befahrene Fläche enorm reduziert

RTF

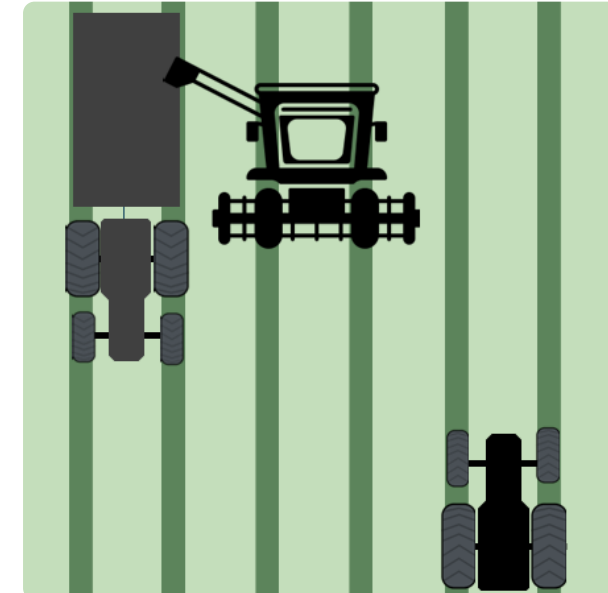
Random Traffic Farming



VS

CTF

Controlled Traffic Farming



”normale” Bewirtschaftung auf zufälligen Fahrwegen
85% der Fläche werden **jedes Jahr** befahren¹
Jedes Befahren verdichtet den Boden, die **erste Überfahrt** jedoch **am meisten**.

Befahrung ausschliesslich auf permanenten Fahrspuren
nur **30%** der Fläche werden befahren²
d.h. **70%** werden **NIE** befahren.

[1] (2015). The potential of controlled traffic farming to mitigate greenhouse gas emissions and enhance carbon sequestration in arable land: a critical review. Transactions of the ASABE, 707-731. <https://doi.org/10.13031/trans.58.11049>

[2] Berechnung mit unserer Spurbreite von 1.77 m und 50 cm Bereifung.

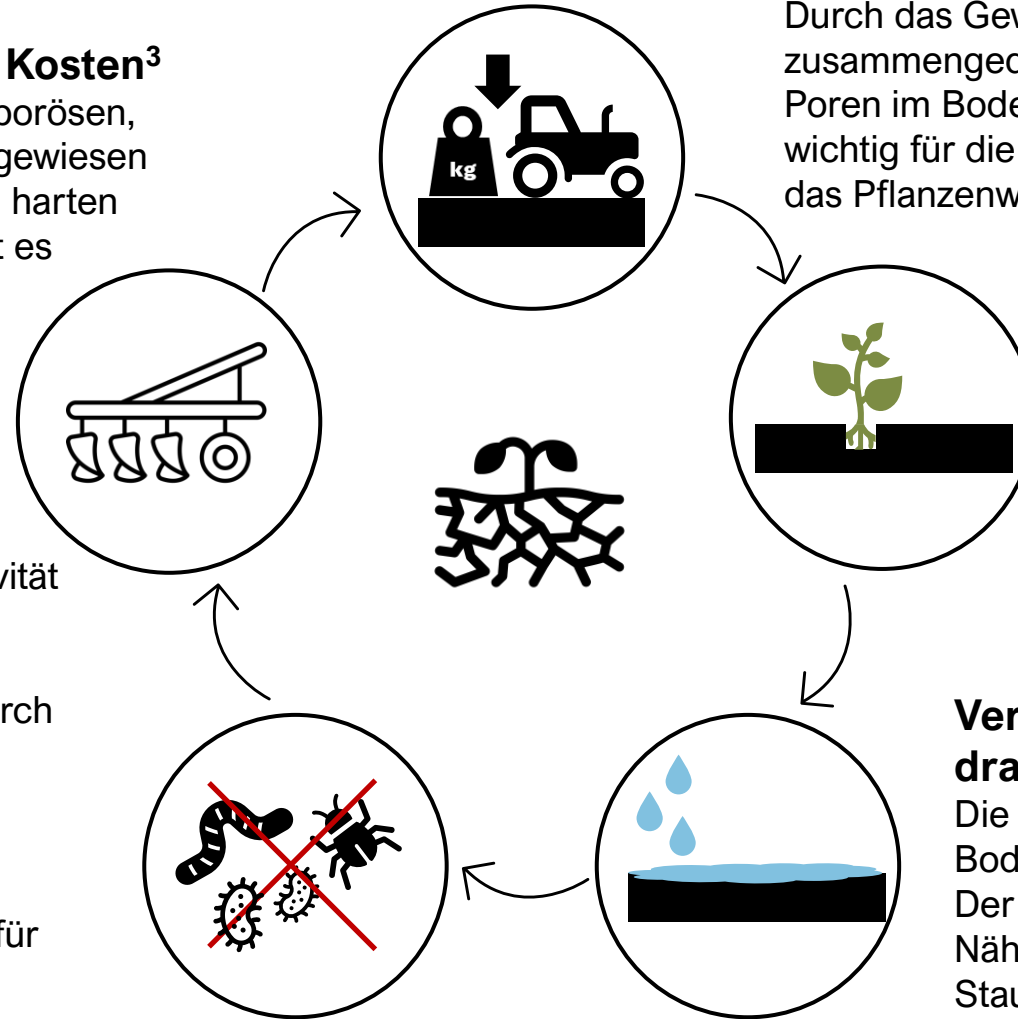
Das häufige Befahren führt zu einer konstanten Bodenverschlechterung

Schwerere Maschinen und höhere Kosten³

Die wertvollen Produktionsfaktoren eines porösen, lebendigen Bodens fallen weg, man ist angewiesen auf Düngemittel und Bewässerung. Um im harten Boden neu anpflanzen zu können, braucht es wiederum schwere Bodenbearbeitung auf dem Feld.

Geringere Bodenfruchtbarkeit²

Das natürliche Gleichgewicht und die Aktivität von Bodenmikroorganismen, die für den Nährstoffkreislauf, Humusaufbau und die Bodenstruktur verantwortlich sind, sind durch die anaeroben („ohne Sauerstoff“) Bedingungen gestört. Dies führt zu Stickstoffverlusten (Denitrifikation), verschlechterter Bodenstruktur und einer geringeren Verfügbarkeit von Nährstoffen für die Pflanzen.



Verlust der Porosität (Bodenverdichtung)¹

Durch das Gewicht der Maschinen wird der Boden zusammengedrückt und verdichtet – die Anzahl Poren im Boden verringern sich. Diese Poren sind wichtig für die Aufnahme von Luft und Wasser, die für das Pflanzenwachstum entscheidend sind.

Beeinträchtigtetes Wurzelwachstum¹

Der Boden wird dichter und härter, so dass die Pflanzenwurzeln ihn nur schwer durchdringen können. Die Wurzeln werden daran gehindert, Wasser und Nährstoffe tiefer im Boden zu erreichen.

Verminderte Wasserinfiltration und -drainage¹

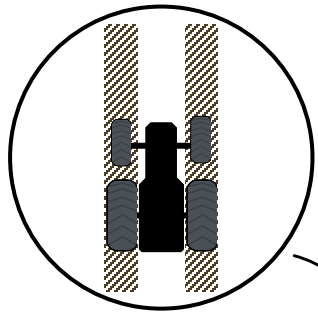
Die Verdichtung verringert die Fähigkeit des Bodens, Wasser zu absorbieren und abzuleiten. Der verstärkte Oberflächenabfluss erhöht den Nährstoffverlust und die Erosion. Kommt es zu Staunässe, ist dies für viele Pflanzen schädlich.

[1] Agroscope (2020). Permanente Fahrspuren reduzieren Bodenverdichtung. Agroscope Transfer | Nr. 336 / 2020. <https://doi.org/10.34776/at336g>

[2] Longepierre, M., Widmer, F., Keller, T. et al. Limited resilience of the soil microbiome to mechanical compaction within four growing seasons of agricultural management. ISME COMMUN. 1, 44 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43705-021-00046-8>

[3] Hamza, M. and Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems. Soil and Tillage Research, 82(2), 121-145. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.08.009>

Grossflächige Versuche zeigen die positiven Effekte von CTF



Minimierung der Bodenverdichtung durch permanente Fahrspuren

RTF
85% der Fläche werden
jedes Jahr befahren

vs.

CTF
70% der Fläche werden
NIE befahren



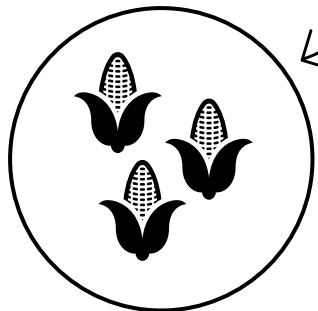
Verbesserung der Bodengesundheit & Umweltauswirkungen¹

$\frac{1}{4}$ bis zu weniger

- **Düngemittel**
- **Pestizide**
- **Saatgut**
- **Treibstoffe**

$\frac{1}{3}$ ca. weniger

- **Wasserverlust** (runoff)
- **Lachgasflüsse** im Boden
- **Methanflüsse** (2100% weniger)



Und damit Ertrags- & Qualitätsverbesserungen²

durchschnittlich
25% mehr Gerste
8% mehr Weizen
20% mehr Kartoffeln
18% mehr Zwiebeln

- **Verbessertes Zeitmanagement** (Fahrspuren ist früher Tragfähig)³
- **Frühere Saat-/Pflanzmöglichkeiten³**
- **Gleichmässigere Bestände**

[1] Gasso, V., Sørensen, C. A. G., Oudshoorn, F. W., & Green, O. (2013). Controlled traffic farming: A review of the environmental impacts. *European Journal of Agronomy*, 48, 66–73. <https://doi.org/10.1016/J.EJA.2013.02.002>

[2] Godwin, R. J., White, D. R., Dickin, E. T., Kaczorowska-Dolowy, M., Millington, W. A. J., Pope, E. K., & Misiewicz, P. A. (2022). The effects of traffic management systems on the yield and economics of crops grown in deep, shallow and zero tilled sandy loam soil over eight years. *Soil and Tillage Research*, 223, 105465. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2022.105465>

[3] Hamza, M. and Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 82(2), 121-145. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.08.009>

[4] (2015). The potential of controlled traffic farming to mitigate greenhouse gas emissions and enhance carbon sequestration in arable land: a critical review. *Transactions of the ASABE*, 707-731. <https://doi.org/10.13031/trans.58.11049>



Praktisch bei der Feldarbeit

- **schnelleres Wenden**; man muss nicht »auf Anschluss« Fahren
- Viel **weniger Ermüdung** des Fahrers
- Bessere Arbeitsqualität, da volle **Aufmerksamkeit bei den Maschinen** sein kann
- GPS **zeigt** einem **die tragfähige Spur**, wenn die Spur nicht mehr sichtbar ist, z.B. in Gründungen oder im Getreide
- System **parat für zukünftige Technologien**; kleine, leichte Maschinen lassen sich leichter elektrifizieren bzw. durch Roboter ersetzen



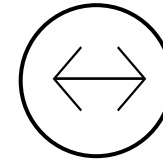
Gut für den Boden

- Deutlich **besserer Wasserhaushalt & -infiltration**; keine Badewannen (auch dank Streifen in Falllinie)
- **Bodeninfrastruktur**, Regenwurmgänge und Habitat für Pilze und andere **Bodenlebewesen bleiben erhalten**
- **Getreidebestände** sind **gleichmäßiger**
- Wir sehen bei der Spatenprobe **deutliche Unterschiede** zwischen **Weg** (hart, verdichtet) und **Beet** (locker, krümelig)



Arbeitssparend

- **Kein Beheben von Bodenschäden** von Vorkultur; Bodenstruktur ist nach dem Getreide bereit für Feingemüse. Normalerweise müssen Pflug, Kreiselegge, Beetfräse eingesetzt werden
- Generell: **weniger Aufwand**, da **weniger Schäden**
- **Keine Pauschalbehandlung vom ganzen Acker**; Individualbehandlungen einzelner Streifen wird möglich
- **flexiblere Anbauplanung** und **schnellere Beetvorbereitung**



«Verlorene Fläche» ist funktional

- Typischer Einwand: Wege sind verlorene Fläche.
- Wir sehen die Vorteile: mehr Wurzelraum, mehr Licht, mehr Durchlüftung → **weniger Pilzbefall** (ähnliche Struktur wie Hasenweizen)
- Und: durch negative Effekte der Verdichtung sind **verdichtete Flächen** im RTF auch **«verloren»**
- **Ertragssteigerungen** im CTF sind **höher als** Ertragseinbussen durch **Flächenverlust**



Steuerungssystem



RTK GPS Signal: zusätzlich zum frei verfügbaren GPS wird ein RTK Signal benötigt.



Software: Wir verwenden eine kostenlose open Source Lösung auf einem Tabletcomputer im Traktor.



Steuerungshardware: Antennen für Signale, Lenkwinkelsensor, Steuerungsmechanik und Elektronik zur Signalverarbeitung



Fahrtrichtung & Spurbreite

1.77m: Wir haben uns für 1.77m entschieden – eine Standardspurbreite für den Schweizer Ackerbau

Entlang der Falllinie:

- Für **mehr Präzision** fahren wir entlang der Falllinie
- **Wegdriften** der Maschine wird **minimiert**
- Wir beobachten **bessere Wasserinfiltration**; weniger «Badewannen» und somit nachhaltiger für die Bodenstruktur

Zusätzlich zum GPS Signal wird ein RTK Signal benötigt



Steuerungssystem



RTK GPS Signal



Software



Steuerungshardware

- Für eine **Fahrgenauigkeit** von **+/- 2cm** ist zusätzlich zum **frei verfügbaren GPS Signal** ein **RTK Signal** notwendig (Real Time Kinematic positioning/ Echtzeit-Kinematik-Korrektursignal)
- Das Signal kommt über das **Internet** **oder** über eine eigens eingerichtete **Antenne**. Es existieren **günstige, zum Teil kostenlose** Dienste.



Beispiele von Signal Providern (Stand Januar 2024)



Swipos



SAPOS



onocoy



RTK2Go

Eigene
Basisstation

Die Software verarbeitet die Signale und ermöglicht die autonome Lenkung



Steuerungssystem



RTK GPS Signal



Software



Steuerungs-
hardware

- Um die GPS und RTK **Signale** zu **verarbeiten** und an die Steuerungsmechanik zu leiten benötigt es eine Software.
- Wir verwenden die **kostenlose** open source Lösung «**AgOpenGPS**» auf einem **zusätzlichen Tabletcomputer** im Traktor.



AgOpenGPS Infos



AgOpenGPS Download

Die Steuerungshardware ermöglicht die autonome Lenkung des Traktors



Steuerungssystem



RTK GPS Signal



Software



Steuerungshardware

- Die Steuerungshardware **übermittelt die Signale** der Software auf die **Traktorlenkung**.
- Das Lenken erfolgt damit automatisch – es ist **kein manuelles Lenken** mehr nötig*
- Geeignet für **alle Traktoren** mit **Servolenkung**
- Klappbarer Lenkradmotor von Vorteil: **Einfach nachrüstbar** & Keine Zulassung durch Strassenverkehrsamt nötig

Kosten: ca. CHF 3000

Bezugsquellen: Unser «**Nachrüst Kit**» wurde von Andreas Pfister entwickelt und kann über **Fink + Frosch GmbH** bezogen werden. Wir stellen gerne den Kontakt her.

Bausteine:



Lenkradmotor



Lenkwinkelsensor



GPS Antennen



Elektronische Signalverarbeitung



*Regularien zu autonomem Fahren: Bei der beschriebenen Art von Lenksystem handelt es sich um «Dual Mode»; der Traktor kann also sowohl autonom wie auch manuell bedient werden. Autonom darf nur auf privaten Feldern gefahren werden, sofern diese umzäunt sind (Entzug der öffentlichen Zugänglichkeit). Ist dies nicht der Fall, muss per Gesetz immer jemand in der Kabine sein, auch wenn autonom gelenkt wird.



Alle Maschinen sollten auf der gleichen Spurbreite arbeiten



Spurbreite

1.77m ist für uns eine sinnvolle Spurbreite:

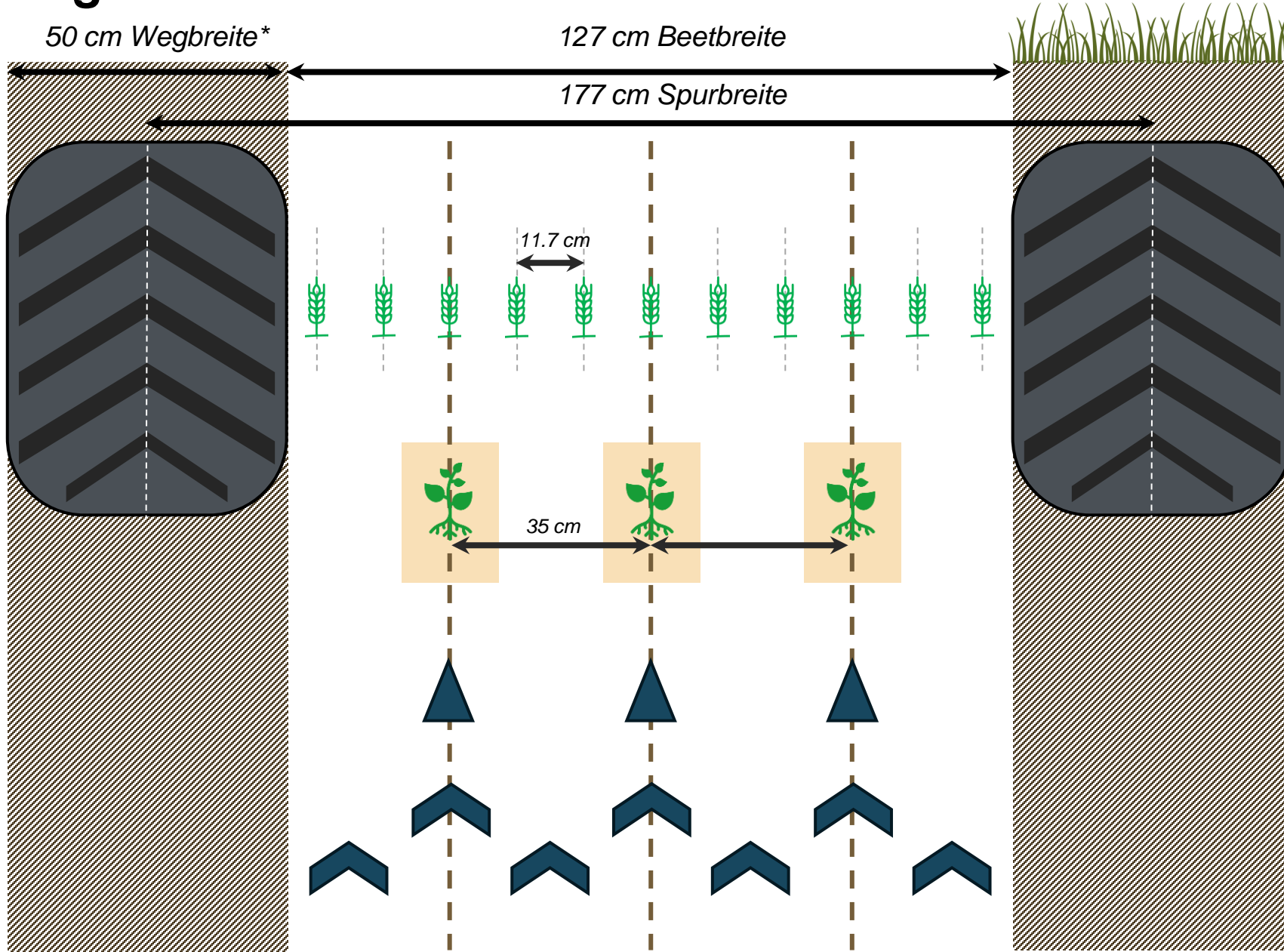
- Im Schweizer **Futter- & Ackerbau** ist dies eine **übliche Breite** für Traktoren, Schwader, Zetter, Mähwerke, Mulchgeräte usw.
- Auch **breite Maschinen für 3 Beete** (z.B. Rollstriegel) können sich im Mosaik bewegen.
- Im **Gemüsebau** ist das **Anlegen von Beeten** ohnehin **üblich** und viele **Gemüsebaumaschinen passen gut** auf diese Breite.
- Ist schlussendlich abhängig **existierenden & verfügbaren Maschinen**, aber auch **zukünftigen Neuanschaffungen**
- In **Holland** existieren auch Beispiele mit **3m Spurbreiten**. Dies ist möglich dank arrondierten Betrieben¹

! Wichtig ist, dass alle Maschinen konsequent auf der gewählten Spurbreite arbeiten.

- Am schwierigsten sind Erntemaschinen – Drescher, Kartoffelernter etc.
- **Wir haben dazu einen eigenen Parzellenmähdrescher und einen Siebkettenroder angeschafft – beide kann man auch bei uns mieten**

[1] <https://vooruitboeren.com/>

Pflanz-, Sämaschine und Bodenbearbeitung sind aufeinander abgestimmt



Grüne Wege

Aktuell bei uns im Test mit Klee
*Können auch mit Pflegebereifung & schmalerer Spur befahren werden

11-reihige Saat

für Getreide & Gründüngungen. 2 Sätanks erlauben verschiedene Varianten, z.B. Saat von 3-reihiger Kultur + 8-reihige Untersaat

1-3-reihige Pflanzung/ Saat

1-reihige Kulturen werden in der Mitte gepflanzt,
2-reihige (inkl. Kartoffeln) aussen

3-reihige Tiefenlockerung
in der Pflanzspur

3 oder 4-reihige Reihenfräse

Alle Maschinen laufen auf 1.77 Spurbreite – Traktoren & Bodenbearbeitung



Traktoren mit RTK GPS
(eigenes Kit)



Fräse Beet (Celli)
(phase out)



Fräse Beet & Weg (Breviglieri)
(phase out)



Reihenfräse (Badalini)
(neu seit 2023)



Kreiseleggen 1.4m für Beet (als
Kombo mit Sämaschine)



Kreiseleggen 2.35 (für Beet +
Weg oder nur Beet/Weg)



Grubber



Kartoffelhäufelgerät

Mulchen, Mähen und Pflegen



Schlegelmulcher 2.3 m
(Standard)



Wegmäher & Zwischenreihenmulcher (Test ab 2024)



Rotierendes Hacken
(Feldklasse.de) (Test ab 2024)



RapTrac – Multitool
(Entwicklungskooperation)



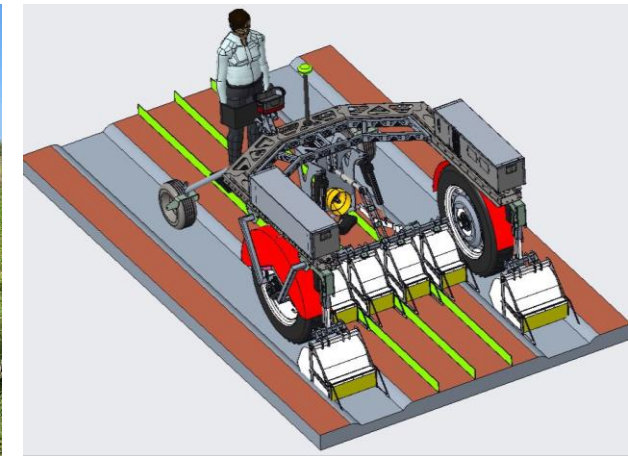
Rollstriegel mit Breitsaat
3 Beete (Standard)



Schwader (Standard)



Mähwerk (Standard)



RapTrac – Multitool
(Entwicklungskooperation)

Säen, Pflanzen und Ernten



Dosierladewagen für
Mulchabfuhr



Mulch-Setzmaschine (Mulchtec
Planter)



Beet-Siebkettenroder
(Spurerweiterung ab Werk)



Rüebli Ernter (Umbau: versetzt
anhangbar)



Modulare & direktsaatfähige
Drillmaschine



Parzellen-Mähdrescher



Ernteanhänger und Co.
(Standard)

Schweizer Agroscope Studie testete «CTF Light». Fazit: wenn CTF, dann richtig.



- Schweizer Studie von Agroscope testete «**CTF light**»
- **Schwere Maschinen** (Radlasten über 2.5t und mittlerer Kontaktflächendrücken über 0.8 bar) fahren auf **definierten Fahrspuren**
- Bodenbearbeitung, Saat und andere **leichte Arbeiten** unterliegen **keinen Befahrungseinschränkungen**.

Fazit:

- **Bodenverbesserungen** wurden beobachtet
- **Mehrertrag** nur beim Mais beobachtet
- **Umsetzung** wurde als **kompliziert** bewertet

Unser Fazit: **Wenn CTF, dann richtig!** (auch die „vermeintlich“ leichten Arbeiten)



Es lohnt sich, CTF konsequent umzusetzen - der Boden regeneriert und wird wieder funktional

Zusammenfassung

- Benötigt wird
 - **RTK GPS Signal**
 - **Software auf Traktorcomputer/-tablet**
 - **Steuerungshardware**
- Kosten ca. CHF 3000.-
- Wir empfehlen **1.77m Spurbreite, Fahrtrichtung** entlang der Falllinie
- Das CTF ist einer der **wichtigsten Grundpfeiler** für das Wiederaufbauen bzw. Aufrechterhalten der **Bodenfunktionalitäten**;
 - Verbesserter **Wasser- & Nährstoffhaushalt**
 - **Tiefere Inputkosten**, weniger Emissionen
 - **Höhere Erträge & Qualität**

Erste Schritte

- **Überlegungen** zu aktuellen und zukünftigen (und in Umgebung **vorhandenen**) **Maschinen** und **Definition der Spurbreite**
- Überlegungen zur **Ausrichtung der Streifen** und Fahrtrichtung – **Definition der 0-Linie**
- **Nachrüstkit** für Traktor installieren
- Wichtig ist, dass langfristig alle Maschinen auf der gleichen Spurbreite fahren.

Bei Fragen unterstützen wir gerne!

✉ hoflabor@mosaikdesign.earth

Wir freuen uns über Feedback!

HofLabor

Matthias Hollenstein & Petrisa Eckle, PhD

Im Eichhof 1

8617 Mönchaltorf

✉ hoflabor@mosaikdesign.earth

www.hoflabor.ch



Glossar

CTF	Controlled Traffic Farming
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System (most prevalent GNSS)
RTK	Real Time Kinematic positioning
RTF	Random Traffic Farming