



## CARBON FARMING CE – PROJEKT UP-DATE

Seit April 2023 läuft das Projekt Carbon Farming CE, das – in Kooperation mit acht weiteren zentraleuropäischen Ländern – die Möglichkeiten für Landwirte austesten will, mit unterschiedlichen pflanzenbaulichen Maßnahmen einen Beitrag zur Kohlenstofffixierung im Boden und damit zur Reduktion des Treibhausgases Kohlendioxid in der Luft zu leisten. Womit sich zahlreiche Vorteile für die Umwelt und Natur ergeben: Der Umwelt etwas Gutes tun und negativen Folgen des Klimawandels entgegenwirken UND die Bodenfruchtbarkeit und den Dauerhumusgehalt erhöhen und zur Ernährungssicherheit beitragen.

Unter der Leitung von Dr. Bettina Fähnrich und Werner Vogt-Kaute (Beratung für Naturland) hat sich seit April 2023 viel getan. In einem ersten Dokument – dem Info- und Trainingsmaterial für Landwirte – sind sieben verschiedene pflanzenbauliche Maßnahmen vorgestellt worden, die längerfristig zur Kohlenstofffixierung beitragen können. Diese sind die Zufuhr externer organischer Dünger, Umlagerung von Biomasse auf andere Felder, zusätzlicher Zwischenfruchtanbau, Diversität in der Fruchtfolge, Agroforst, reduzierte Bodenbearbeitung und Kalkungs-Effekte. Für alle diese Maßnahmen, die im Öko-Landbau zum Teil schon lange Zeit etabliert sind, wurden praktische Tipps für die Durchführung gegeben, die Wirkung auf die Kohlenstoff-Fixierung erklärt, ökonomische Folgen beleuchtet und mögliche Hindernisse und Schwierigkeiten für den Landwirt diskutiert.

Schauen wir uns das speziell für die vier in Deutschland laufenden Versuche an:

**Zusätzlicher Zwischenfruchtbau:** Bodenkohlenstoff wird durch den Pflanzenbewuchs, d.h. durch den in der Pflanze durch Photosynthese fixierten Kohlenstoff, in den Boden gebracht. Die Durchwurzelung unterschiedlicher Bodenschichten durch vielfältige Wurzelentwicklung sowie möglichst durchgehenden Pflanzenbewuchs auf einer Fläche fördern den Kohlenstoffeintrag (Abb. 1). Der Boden muss über 90% des Jahres begrünt sein um den Bodenkohlenstoff - auch in tieferen Schichten - zu erhöhen. In unseren Versuchen haben wir verschiedene Winter-Zwischenfruchtmischungen ausgetestet. Von Interesse sind Zwischenfrüchte ‚mit oder ohne Leguminosen‘ und ‚abfrierende oder überwinternde‘ Zwischenfrüchte. Ein weiteres großes Problem stellt die Etablierung von Zwischenfrüchten in der heißesten Zeit des Jahres dar. Hierzu wird geraten, entweder mit der Ansaat zu warten, bis genügend Feuchtigkeit vorhanden ist, oder Zwischenfrüchte schon in der Vorfrucht als Untersaat einzusäen. Längerfristig hat wohl eine Mischung mit Leguminosen-Anteil die Nase vorn, denn bei zusätzlichem Kohlenstoff-Eintrag durch zusätzliche Biomasse braucht es auch zusätzlichen Stickstoff (aus der Luft fixiert von den Leguminosen), um ein stabiles C/N-Verhältnis des Bodens aufrecht zu erhalten. Je mehr überwinternde Pflanzenarten in der Mischung sind, desto stärker wird der Bodenkohlenstoffeintrag gefördert, es kann jedoch wegen einer zähen Pflanzendecke im



Abbildung 1: Wir schauen uns verschiedene Wurzelentwicklungen an, Quelle: Dr. B. Fähnrich



Frühjahr Probleme mit der Bodenerwärmung geben. Zusätzlich kann die Einarbeitung der Zwischenfrucht im Frühjahr eine große Herausforderung darstellen, bzw. die Einsaat der nachfolgenden Hauptfrucht durch eine bestehende Bodenbedeckung Probleme bereiten.

**Diversität in der Fruchtfolge:** Eine möglichst vielfältige Fruchtfolge bringt, agrar-ökologisch gesehen, viele Vorteile: Geringere Risiken durch Schädlinge und Krankheiten, deshalb auch weniger notwendigen Pflanzenschutz und geringere CO<sub>2</sub>-Emission. Vierzig Prozent des bei der Photosynthese gebundenen Kohlenstoffs wird von der Pflanze in die Wurzeln und ihre Ausscheidungen („Exsudate“) verlagert. Exsudate unterschiedlicher Pflanzenarten erhöhen die mikrobielle Diversität und Tätigkeit in der „Rhizosphäre“ (der unmittelbar die Wurzeln umgebender Bodenbereich), was wieder den Kohlenstoffeintrag erhöhen kann, auch nach dem Absterben der Mikroorganismen. Manche Ausscheidungen (z.B. Cumarin, Coffein, etc.) können das Wurzelwachstum benachbarter Pflanzen hemmen („Allelopathie“), manche Polysaccharide wirken als Schmierstoffe, um die Reibung zwischen Wurzelspitzen und Bodenpartikeln zu minimieren. Organische Säuren, wie Zitronensäure, Oxalsäure und Apfelsäure, dienen als Nahrung für Mikroorganismen (Abb. 2).

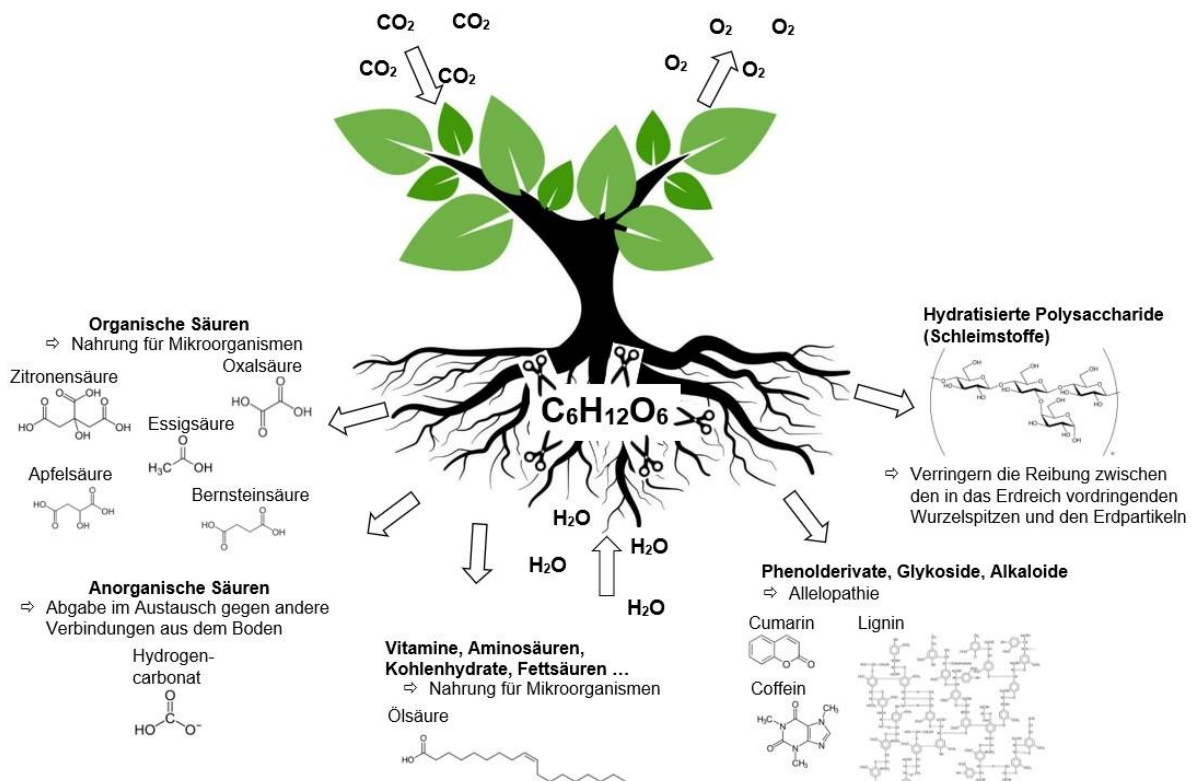


Abbildung 2: Überblick über Wurzelexsudate und ihre Funktion im Boden, Quelle: S. Steppich (Vektor Pflanze: <https://de.vecteezy.com/vektorkunst/23633698>)



Der Lignin-Anteil der Wurzeln ist ebenfalls maßgeblich für den Kohlenstoffeintrag. Kohlenstoff, der von Wurzeln stammt, bleibt durchschnittlich 2,4-mal länger im Boden als solcher, der aus der oberirdischen Biomasse stammt, auch wenn diese eingearbeitet wird. Wir versuchen im Projekt verschiedene neuartige, für den Öko-Landbau interessante, aber noch nicht

wesentlich etablierte Kulturen, bezüglich ihres Bodenkohlenstoffbeitrags zu evaluieren. Dazu messen wir im Rahmen von Abschlussarbeiten von Studierenden der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) das Wurzel-/Sprossverhältnis und vergleichen die oberirdische Biomasse mit dem Gehalt an organischen Säuren der Wurzelexudate (Abb. 3). Auch die Messung des Ligningehaltes der Wurzeln ist geplant. Dafür ausgewählte Kulturen sind Buchweizen, weiße Lupine und Sommergerste, die alle aus verschiedenen Pflanzenfamilien stammen.

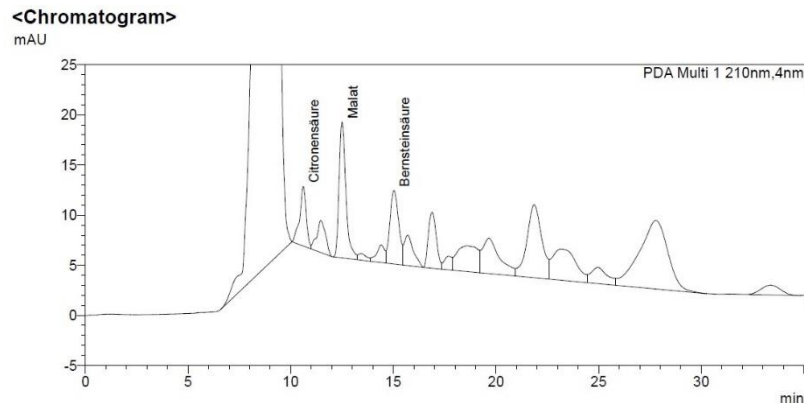


Abbildung 3: HPLC\_Chromatogramm der organischen Säuren der Wurzelexudate der Lupine, Quelle: S. Steppich

**Agroforst:** Agroforst-Systeme sind Verbindungen zwischen Land- und Forstwirtschaft die sich ökologisch ergänzen, das sind z.B. Windschutz- und Mehrzweckhecken, gestalterische Landschaftselemente, Waldweide usw. (Abb. 4). Da es sich um Langzeitkulturen handelt, sind sie besonders effektiv für die Kohlenstoff-Fixierung, die wir mit Bodenproben-Analysen des TOC (Total organic carbon) überprüfen. Neben der oberirdischen Biomasse wird vor allem das ausgedehnte und tiefgründige Wurzelsystem genannt, das positive Effekte bringt. Der Kohlenstoff, der von der Pflanze durch die Wurzeln in die Erde verbracht wird, soll stabil und langfristig dortbleiben, ohne wieder als CO<sub>2</sub> zu entweichen. Mikroorganismen in der Rhizosphäre unterstützen den Kohlenstoff- und Humusaufbau zusätzlich durch ihre gebildeten Endprodukte, diese bleiben wesentlich länger im Boden erhalten als organische Frischmasse. Mögliche Schwierigkeiten von Agroforst-Anlage liegen in der Etablierung und notwendigen Pflege in den ersten Jahren. Zusätzlich wird die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen erschwert. Dafür gibt es Zusatzeinnahmen durch den Verkauf bzw. Nutzung von Brenn- oder Verarbeitungsholz.



Abbildung 3: Mehrreihige Robinien im Agroforst sind im 2. Jahr 5-6m hoch, Quelle Dr. B. Fährnich

**Kalkungseffekte:** Die Idee hinter der Maßnahme, mit Kalkung den Bodenkohlenstoffanteil zu erhöhen, ist der doppelt positiven Ladung des Ca<sup>2+</sup> gedacht. So kann Calcium nämlich, sowohl Tonminerale mit Huminstoffen als auch Huminstoffe untereinander (die alle negative Ladung haben) verbinden, und in Bodenaggregaten fixieren. Da es verschiedene Arten von Kalkdünger gibt (als Carbonate, Oxide und





als Sulfate), ist es auszuloten, wie, bzw. wie stark jede Form der Düngung wirkt. Eine Kalkdüngung hat normalerweise auch einen pH-Anstieg des Bodens zur Folge. Dieser Anstieg beeinflusst das Pflanzenwachstum und die Bodenstruktur vorteilhaft. Zusätzlich wird jedoch das mikrobielle Bodenleben aktiviert und dies könnte wiederum eine Mineralisierung und damit einen Bodenkohlenstoffabbau in Form von  $\text{CO}_2$  verstärken. In diesem Fall bietet sich die Gips-Düngung ( $\text{CaSO}_4$ ) an, die 2-wertiges Calcium liefert, aber als Neutralsalz keinen pH-Anstieg verursacht. Wir testen das Geschehen an einem Sandboden, mit hohem Humusgehalt und einem pH von ca. 6,3 und starteten die Testungen im Oktober 2023, mit Luzerne als Vorrucht und Winterweizen als Nachfrucht.



Abbildung 5: pH-Wert-Messung mit dem Hellige pH-Meter am Standort, Quelle Dr. B. Fährnich

An allen Standorten untersuchen wir mittels Bodenanalysen die Entwicklung des Bodenkohlenstoffs und andere Parameter im Vergleich. Das Projekt soll neben praktischen Anleitungen für Landwirte, Ergebnissen zum Bodenkohlenstoff-Aufbau, auch Konzepte zur Finanzierung und Förderung aufzeigen. Wir arbeiten eng mit unseren Naturland-Landwirten zusammen, besprechen und diskutieren Möglichkeiten, Umsetzbarkeit und Ergebnisse der Versuche auf Feldtagen und bei Treffen in gemütlicher Runde (Abb. 6).



Abbildung 6: Diskussionsrunde zum Zwischenfrucht-Anbau, Quelle Dr. B. Fährnich

Das Projekt Carbon Farming CE wird durch das Programm Interreg CENTRAL EUROPE (Nr. CE0100255) unter Kofinanzierung des Europäischen Regionalentwicklungsfonds gefördert.

Von PD Dr. Bettina Fährnich und Stefanie Steppich (Studentin der HSWT)