

Klimaschutz durch Zwischenfrüchte: Geht das überhaupt?

Durch die Überführung von Wald und Grünland in eine Ackernutzung wurden in den zurückliegenden Jahrhunderten die Humusvorräte im Boden verringert. Nun wird dem Pflanzenbau die Aufgabe gestellt, wieder Humus aufzubauen, auch um der Klimakrise entgegenzuwirken. Hierbei werden die Zwischenfrüchte ins Spiel gebracht.

Dr. Katharina Hey, Dr. Christian Antonius Menke, Prof. Dr. Rolf Rauber, Georg-August-Universität Göttingen

Ein Teil der Klimakrise beruht auf den seit Beginn der Industrialisierung steigenden Gehalten an Kohlenstoffdioxid (CO₂) in der Atmosphäre. CO₂ hat zwei Gesichter: zum einen ist es ein schädliches Treibhausgas, zum anderen benötigen die Pflanzen CO₂ zur Ertragsbildung. Aus der Politik kommen nun eindeutige Signale, dass die Landwirtschaft mehr zum Klimaschutz beitragen soll, als sie es bisher tut. Dies gilt auch für den Pflanzenbau, der zwar, wie die Tierhaltung, schädliche Gase ausstößt, aber zur Ertragsbildung die Fotosynthese nutzt, die weitgehend klimaneutral arbeitet. Aktuelle Überlegungen gehen dahin, die Landwirte, die es schaffen, zusätzlichen Kohlenstoff aus der Atmosphäre zu entziehen und im Boden zu speichern, dafür finanziell zu honorieren (Humusaufbauzertifikate, Carbon Farming).

Auf der Weltklimakonferenz 2015 in Paris (COP21) wurde die „Vier-Promille-Initiative“ verabschiedet. Sie besagt, dass bei einer weltweiten Steigerung der Humusgehalte in den Böden um jährlich 4 ‰ die anthropogenen klimarelevanten Kohlenstofffreisetzungen zu 100 % ausgeglichen würden. Wenn nur die landwirtschaftlichen Böden berücksichtigt werden, würde der Ausgleich immerhin noch etwa 30 % betragen.

In der „Ackerbaustrategie 2035“ des Bundeslandwirtschaftsministeriums wird u.a. eine ganzjährige Bedeckung des Ackerbodens verlangt. Als eine pflanzenbauliche Möglichkeit, die genannten Ziele zu erreichen, erscheint die Integration von Zwischenfrüchten in die Fruchtfolge. Zwischenfrüchte sind ackerbaulich wertvoll, sie vermindern Erosion, beleben den Boden und unterdrücken Unkräuter. Darüber hinaus können die Zwischenfrüchte



Das Landsberger Gemeinde gilt als aussichtsreicher Kandidat für eine Zwischenfrucht, die Humus aufbauen kann.

Foto: Feldsaaten Freudenberger

erhebliche Mengen an CO₂ aus der Atmosphäre binden und – z.B. über die Wurzeln – Kohlenstoff (C) in den Boden eintragen und so für einen Humusaufbau sorgen.

Einflussgrößen

In Böden mit einem hohen Feinerdeanteil (Lehm) sind die Humus-Zuwachsraten durch Zwischenfrüchte merklich größer als in grob strukturierten Böden (Sand). Es ist inzwischen gut belegt, dass es in erster Linie die Wurzeln sind, die die Verweildauer von organischem Kohlenstoff im Boden verlängern und damit auch den Humus-

vorrat im Boden anheben: Man kann erwarten, dass Wurzeln bis zu 2,3-mal mehr zur Humusspeicherung beitragen als der oberirdische Aufwuchs. Daher ist auch dann mit einem Humuseffekt durch Zwischenfrüchte zu rechnen, wenn die oberirdische Biomasse vom Feld abgefahren wird, z.B. als Futter für das Vieh oder als Substrat für die Biogasanlage.

Bedeutung des Stickstoffs: Humus besteht zu 58 % aus Kohlenstoff und in einem Lehm Boden zu etwa 5 % aus Stickstoff. Daraus ergibt sich ein C-N-Verhältnis der organischen Substanz im Boden von etwa 11. Die Mikroorganismen, die im Boden den Ab- und Umbau der organischen

Substanz sowie den Aufbau von Humus maßgeblich bewerkstelligen, weisen ein noch engeres C-N-Verhältnis als der Boden auf.

Angepasste, enge C-N-Verhältnisse zeigen vor allem die Leguminosen, nicht nur in der oberirdischen Biomasse, sondern auch in den Wurzeln. So verwundert es nicht, dass leguminosenreiche Zwischenfrüchte einen besseren Humusaufbau gewährleisten als grasreiche Zwischenfrüchte. Interessanterweise schneiden allgemein Zwischenfruchtgemenge, was den Humusaufbau betrifft, besser ab als die entsprechenden Reinsaaten. Dabei übertreffen Zwischenfruchtgemenge aus drei oder mehr Arten die Zwei-Arten-Gemenge deutlich. Dies hat vermutlich damit zu tun, dass Gemenge für die Mikroorganismen im Boden ein besonders vorteilhaftes Milieu schaffen.

Zu viel Kohlenstoff? Ist das C-N-Verhältnis der eingetragenen Biomasse zu hoch, dann kann es gleich zu mehreren Problemen kommen: Zum einen wird bei einer solch C-reichen Biomasse durch die Mikroorganismen viel Kohlenstoff veratmet („Stressatmung“). Dies bedeutet, dass nicht nur kein Humus aufgebaut wird, sondern CO₂ wieder in die Atmosphäre zurückgelangt, der Boden somit zu einer C-Quelle wird. Zum anderen können die Boden-Mikroorganismen, um das viele C auszugleichen, alten (wertvollen) Humus angreifen und diesem den für ihr Wachstum benötigten Stickstoff entziehen. Es klingt paradox, doch es ist möglich, dass nach Einarbeitung einer C-reichen Biomasse der Humusgehalt im Boden nicht zunimmt, sondern absinkt. Zudem kommt es in solchen Fällen häufig zu einer Stickstoffimmobilisierung im Boden, verbunden mit einem bisweilen gravierenden Stickstoffmangel bei der nachfolgenden Feldfrucht. Eine solche ausgeprägte N-Sperre haben wir im Mais nach der Zwischenfrucht Deutsches Weidelgras beobachtet.

Soll eine C-reiche Biomasse in den Boden eingebracht werden, dann nahmen die Landwirte bisher eine N-Ausgleichsdüngung vor. Produktion und Anwendung von Stickstoffdüngemitteln sind jedoch mit dem Ausstoß von Ammoniak, CO₂ und anderen Treibhausgasen verbunden und deshalb im Hinblick auf die Klimakrise kein angemessener Lösungsweg. Nach der Einbringung von sehr C-reichem Pflanzmaterial empfiehlt sich eine Düngung mit Gärresten oder der Anbau von Leguminosen, z. B. Ackerbohnen.

Wurzeltiefgang: Es spricht alles dafür, dass der Anbau von tief wurzelnden Arten die Humuswirkung der Zwischenfrüchte fördert. In größerer Bodentiefe sind die organischen Verbindungen besser vor einem endgültigen Abbau geschützt als im Oberboden. Der Anbau von tief wurzelnden Zwischenfrüchten ist pflanzenbaulich ohnehin sinnvoll, da dadurch Nährstoffe aus dem Unterboden erschlossen werden, die sonst kaum zugänglich sind oder gar verloren gehen können.

Eigene Ergebnisse

2006/07 und 2007/08 wurden im Leitetal (Auenlehm) südlich von Göttingen jeweils 33 Winterzwischenfruchtvarian-

ten angebaut. Die Zwischenfrüchte standen in einem Zweikulturnutzungssystem vor Mais. Probenahmen erfolgten in beiden Versuchsjahren im Dezember, März und Mai. Ebenfalls im Mai wurde der oberirdische Aufwuchs als Biogassubstrat vom Feld abgefahren. Die Wurzeln wurden in 0–30 cm und 30–60 cm erfasst (Rammkernsonden). Nachfolgend werden die Ergebnisse aus dem Mai dargestellt (Mittel aus beiden Versuchsjahren).

Der Zusammenhang zwischen der ober- und unterirdischen Biomasse war nur gering, d. h., das Spross-Wurzel-Verhältnis der Varianten erwies sich als recht veränderlich (Abb. 1). Zum Beispiel erreichte beim Deutschen Weidelgras die Wurzeltrockenmasse (dt TM/ha) 94 % des

Abb. 1: Die Wurzel-Trockenmasse der Zwischenfrüchte variiert noch mehr als ihre oberirdische Biomasse (dt/ha)

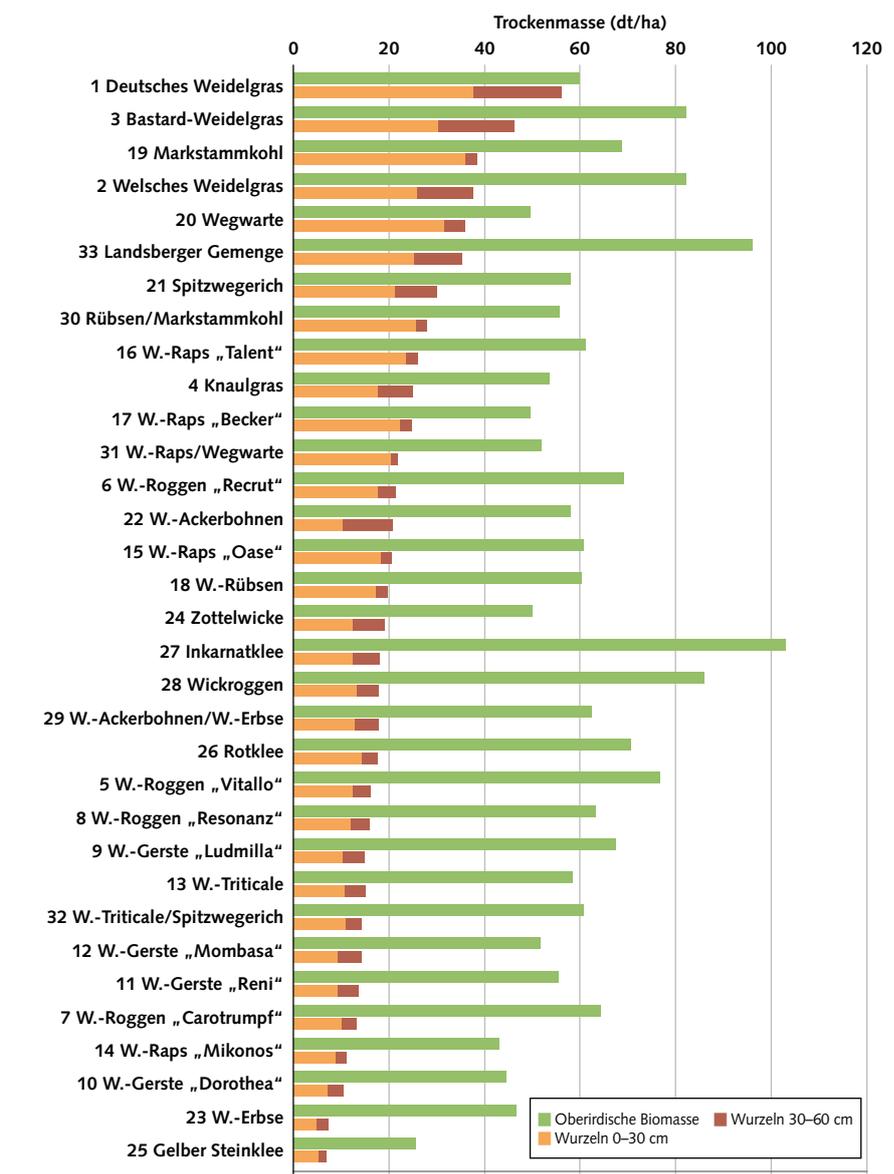
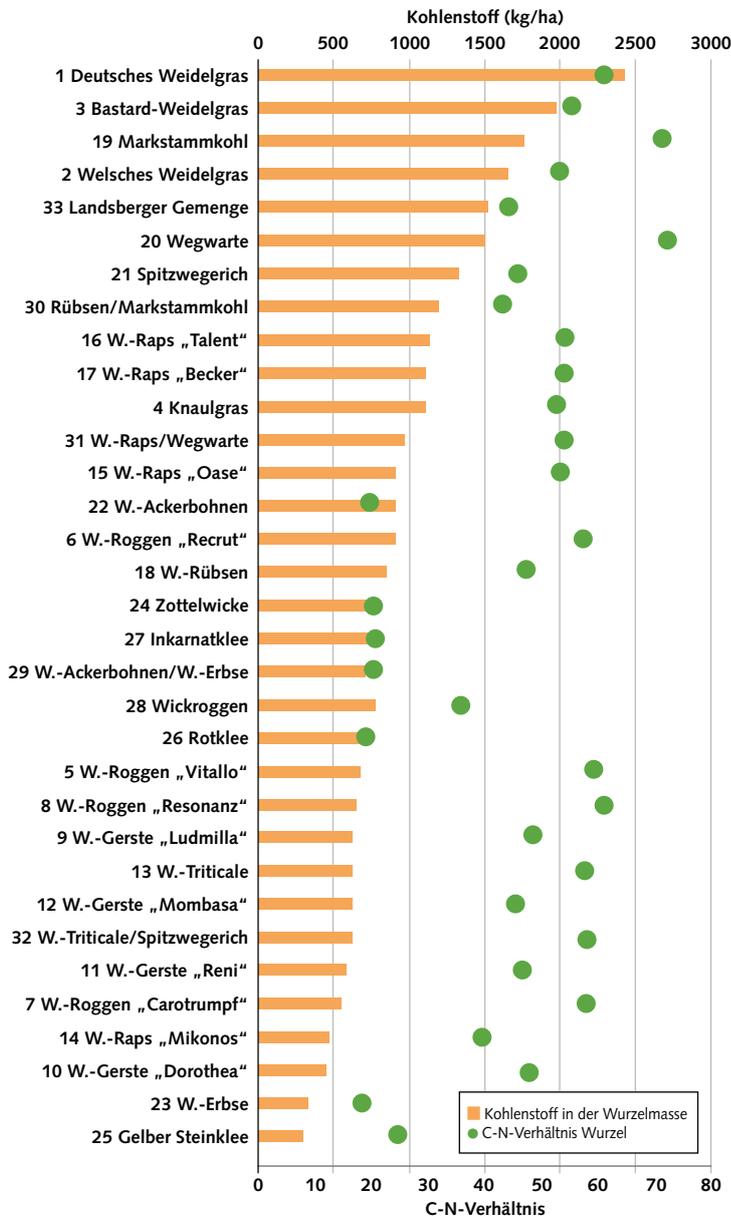


Abb. 2: Die Wurzeln der Zwischenfrüchte unterscheiden sich in ihrem Kohlenstoffeintrag (kg C/ha), aber auch in ihrer Qualität (C-N-Verhältnis)



oberirdischen TM-Ertrags, bei der Wintererbse lag dieser Anteil bei nur 16 %. Es ist also nicht möglich, pauschal vom oberirdischen Aufwuchs auf die Wurzel-TM zu schließen.

Der C-Eintrag (Abb. 2) durch die Wurzeln schwankte nach einem einmaligen Anbau zwischen mehr als 1.500 kg C/ha bei den Weidelgrasarten, dem Markstammkohl sowie dem Landsberger Gemenge und deutlich weniger als 500 kg C/ha bei der Wintererbse und dem Gelben Steinklee. Das C-N-Verhältnis der Wurzeln variierte ebenfalls stark, von C-N = 73 bei der Wegwarte und dem Markstammkohl bis zu C-N klei-

ner 20 bei den Winterackerbohnen und -erbsen sowie beim Rotklee.

Nach Maßgabe der verfügbaren Informationen sollten artenreiche leguminosenbasierte Zwischenfruchtgemenge, die eine große und tief verlaufende Wurzelmasse aufweisen, am besten geeignet sein, Humus im Boden anzureichern. Die eigenen Untersuchungen können dazu einen Beitrag leisten: Demnach favorisieren wir das Landsberger Gemenge als aussichtsreichsten Kandidaten für eine zwischenfruchtbedingte Humussteigerung. Mit einigem Abstand folgt der ebenfalls leguminosenbasierte Wickroggen.

Humuswirkung

Wenn vom Landsberger Gemenge 20 % des Wurzel-Kohlenstoffs in den Humus des Bodens übergehen, so wären dies $1.512 \times 0,2 = 302 \text{ kg C/ha}$ und Jahr. Dies entspricht $302 \times 1,724 = 521 \text{ kg Humus/ha}$ und Jahr, allein durch die Wurzeln.

Angenommen, der C-Vorrat im Boden beträgt 40 t/ha, dann entspräche dies $40 \times 1,724 = 69 \text{ t Humus/ha}$. Wenn nun durch die Wurzeln des Landsberger Gemenges 521 kg Humus/ha dazukommen, dann bedeutet dies eine Steigerung um 0,76 % oder 7,6 %. Wenn jedes dritte Jahr Zwischenfrüchte angebaut werden, so resultiert hieraus eine rechnerische Steigerung des Humusvorrates von 7,6:3 = 2,5 %/Jahr.

Tatsächlich kann die Humussteigerung in der Praxis höher ausfallen als hier berechnet, da erhebliche positive Effekte durch die natürlichen Wurzelauausscheidungen (Zucker, Aminosäuren) der Zwischenfrüchte und – im Fall der Nutzung als Biogassubstrat – durch die Rückführung der Gärreste dazukommen. Damit würde man schon allein durch die Zwischenfrüchte in die Nähe der 4%-Marke gelangen.

Sollen Zwischenfrüchte vor Sommergetreide, z. B. Hafer, angebaut werden, dann kommt die Zwischenfruchternte im Mai zu spät. Bei einem Umbruch der Zwischenfrucht im März ist nach unseren Beobachtungen mit einer etwas geringeren Humuswirkung zu rechnen, obwohl in diesem Fall der oberirdische Aufwuchs auf dem Feld verbleibt: Beim Landsberger Gemenge betrug die Sprosstrockenmasse im März 33 dt/ha, zusammen mit den Wurzeln ergaben sich etwa 43 dt TM/ha, die im März in den Boden gelangen könnten. Dies war mehr als die alleinige Wurzel-TM des Landsberger Gemenges im Mai (35 dt TM), aber – wie gesagt – die Spross-TM hat eine geringere Humuswirkung als die Wurzeln.

Carbon Farming

Eine Kohlenstoffeinlagerung von 302 kg C/ha und Jahr durch die Wurzeln des Landsberger Gemenges entspricht $302 \times 3,67 = 1.108 \text{ kg CO}_2$ (= 1,1 t CO_2), die aus der Atmosphäre entzogen und als Humus im Boden angereichert werden. Eine Vergütung von z. B. 40 €/t CO_2 bedeutet damit einen zwischenfruchtbedingten Erlös für den Landwirt von 44 €/ha und

Jahr, bei steigender Vergütung entsprechend mehr. Für den Wickroggen, ergeben sich folgende Werte (Daten aus dem ersten Versuchsjahr): $1.058 \times 0,2 = 212 \text{ kg C/ha}$; $212 \times 3,67 = 778 \text{ kg CO}_2$ (= $0,8 \text{ t CO}_2$); $0,8 \times 40 = 32 \text{ €/ha}$ und Jahr.

69 t Humus/ha, als beispielhafte Annahme, bedeuten in einem mittleren Boden ($1,5 \text{ g/cm}^3$) einen Humusgehalt von $1,840 \%$ (0–25 cm). Kommen nun $302 \times 1,724 = 521 \text{ kg/ha}$ Humus durch Zwischenfruchturzeln dazu, dann steigt der Humusgehalt rechnerisch auf $1,854 \%$. Diese Zahlen machen deutlich, dass es unter den variablen Feldbedingungen schwierig sein wird, kurzfristige Humussteigerungen überhaupt zu erfassen, zumal ein Teil des neuen Humus – wie gewünscht – in einer Bodentiefe größer 25 cm eingetragen werden wird. Wenn man nicht mit 521 kg, sondern mit $521:3 = 174 \text{ kg Humuszuwachs/ha}$ und Jahr rechnet, dann sind die jährlichen Humuszuwächse, ausgedrückt in Prozent des Ackerbodens, kaum noch darstellbar. In der Praxis braucht Carbon Farming durch Zwischenfrüchte also einen langen Atem.

Fazit

Grundsätzlich erscheint es möglich, durch Zwischenfrüchte Humus aufzubauen. Favorisiert werden leguminosenbasierte Zwischenfruchtgemenge mit einer großen Wurzelmasse und im Boden tief verlaufenden Wurzeln. Dabei ist die Bedeutung der Wurzelauausscheidungen noch



Der Wickroggen kommt in die engere Wahl, wenn eine klimafreundliche Zwischenfrucht gesucht wird.

Foto: Feldsaaten Freudenberger

unklar (Forschungsbedarf). Aufgrund eigener Erhebungen, Literaturangaben und Berechnungen kann z. B. das Landsberger Gemeinde mit einem Humuszuwachs von etwas mehr als 500 kg/ha und Anbaujahr die Anforderungen gut erfüllen. Im praktischen Pflanzenbau ist in jedem Fall eine mehrjährige Betrachtung erforderlich.

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

<<

Dr. Katharina Hey
Dr. Christian Antonius Menke
Prof. Dr. Rolf Rauber
 Georg-August-Universität Göttingen
 rrauber@uni-goettingen.de

ALGINURE AGRO SUPPORT

Biostimulanzien auf Algenbasis

für intensive Wurzelbildung und nachhaltiges Wachstum

- Stärkt die Pflanzen
- Erhöht die Nährstoffaufnahme
- Schützt vor Stressfaktoren
- Sichert Ertrag und Qualität

Tilco-Alginure GmbH
 +49 (0) 4533 20 800 10 · www.alginure.de

Wir freuen uns auf Ihren Besuch!



14.-16. Juni in Mannheim **Stand: G 51**

