



# Fünf vielversprechende Maßnahmen, um mit Carbon Farming das Klima zu schützen

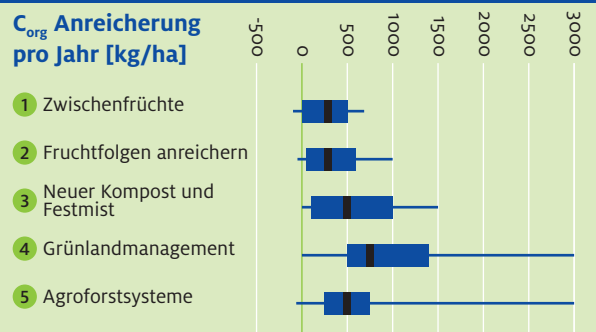
“Carbon Farming” steht dafür, im Boden mehr Humus, mehr organischen Kohlenstoff ( $C_{org}$ ), langfristig anzureichern, dadurch der Atmosphäre mehr Kohlendioxid ( $CO_2$ ) zu entziehen und so einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Durch die Maßnahmen zum Schutz und Aufbau von Humus werden auch Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität gefördert.

## Potential der C-Bindung in Böden

Das Potential für eine zusätzliche, längerfristige  $C_{org}$ -Anreicherung in Böden ist variabel und hängt von Klima, Bodeneigenschaften, Standort und Management ab. Ausgelaugte Böden benötigen Humusaufbau, gut versorgte Böden Maßnahmen zum Humuserhalt. Durch einen Systemwechsel über 10–20 Jahre, können bis zu einem neuen Gleichgewicht, jährlich 50–1000 kg/ha  $C_{org}$  angereichert werden, im Grünland auch mehr (siehe Abbildung, rechts). Sie als Landwirtin oder Landwirt, können der Atmosphäre durch dauerhafte Maßnahmen jährlich 80–3600 kg/ha  $CO_2$  entziehen und  $C_{org}$  im Boden binden. Idealerweise hat das einen positiven Effekt für das Klima, fördert die Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität.

## Aufwand und Nutzen

Carbon Farming muss im Rahmen der Düngeverordnung und mit sparsamen Energieeinsatz durchgeführt werden, um ungewollte Nährstoffverluste und zusätzliche Treibhausgasemissionen zu vermeiden. Weitere Treibhausgasemissionen können eingespart werden, wenn die bei Carbon Farming zusätzlich erzeugte Biomasse für die Energiegewinnung oder als Baumaterial genutzt wird und so fossil erzeugte Energie oder Beton ersetzt. Vor allem, wenn Leguminosen eingeführt werden und durch deren N-Fixierung Mineraldünger ersetzt werden, können Treibhausgase bei der Düngerherstellung eingespart werden. Inwieweit Carbon Farming vermarktbar ist, muss die Zukunft zeigen. Es gibt bereits Initiativen, die entsprechende Zertifikate verkaufen. Staatliche Programme fördern ohnehin bereits einzelne der beschriebenen Maßnahmen im Rahmen von anderen



Realistische Bandbreiten sowie Extremwerte für die  $C_{org}$  Anreicherung in Böden bei Einführung verschiedener Maßnahmen

Nachhaltigkeitszielen. Zusätzlich können sie mit besserer Bodenfruchtbarkeit und vielleicht auch mit neuen Ernteprodukten auf Ihrem Betrieb kalkulieren.

## Was ist zu tun?

Diese Zusammenstellung informiert Sie darüber, wie Sie die Produktion mit den Ideen des Carbon Farming verbinden können. Aber die Kohlenstoffbindung in Böden und Pflanzen ist reversibel, daher ist ein langfristiges neues Management Ihrer Flächen erforderlich. Am besten kombinieren Sie die verschiedenen Maßnahmen!



Eine von acht Bodengesundheitsgruppen in Norwegen, sie testen die Zersetzung von Unterhosen im Boden.



# 1 Zwischenfrüchte

Ständiger Pflanzenbewuchs ist die beste Versicherung für den Erhalt von Bodenfruchtbarkeit und Bodenfunktionen, verlagert stetig Kohlenstoff (C) in die Böden und ist Energiequelle für das Bodenleben. Das Eintrags-Austrags-Gleichgewicht von C hat eine große Bedeutung für die CO<sub>2</sub>-Gehalte in der Atmosphäre.

## Mehr Photosynthese

Zwischenfrüchte sollen Erosionsschutz bieten und Nährstoffe vor Auswaschung schützen. Gleichzeitig binden die Pflanzen Kohlenstoff und bereichern Habitate für die Bodenorganismen. Zwischenfrüchte können in fast alle Produktionssysteme integriert werden. Sie können vor oder nach der Hauptkultur, darunter oder dazwischen gesät werden. Als Untersaat ausgebracht, ist es schon wieder grün, wenn geerntet wird. Es können ein- oder mehrjährige Pflanzen als Zwischenfrucht Verwendung finden und Arten und Mischungen anhand vielfältiger Beweggründe ausgewählt werden. Tiefwurzelnde Pflanzen, wie z.B. Ölrettich, helfen Bodenverdichtungen aufzubrechen. Leguminosen fixieren Stickstoff aus der Luft und Gräser mindern die Nährstoffauswaschung. Mischungen verschiedener Pflanzen mit ihren Eigenschaften sind besonders

förderlich für den Humusaufbau. Mehr Biodiversität beugt dabei auch gegen Schaderreger vor und die Vielfalt der Wachstumsformen und Eigenschaften in Pflanzenmischungen steigert die Wurzel- und Ertragsbildung, mobilisiert Nährstoffe und verbessert die Bodenstruktur.

## Großes Potential

Als realistische Schätzung können mit Zwischenfrüchten je nach Standort, verwendeten Kulturen und deren Entwicklung zwischen 100 und 460 kg C pro Hektar und Jahr im Oberboden und zwischen 10 und 320 kg C im Unterboden angereichert werden. Das gilt aber nur, wenn Zwischenfrüchte regelmäßig in die Fruchtfolgen integriert werden. Wenn Zwischenfrüchte auf 10% der Ackerfläche in der EU (100 Millionen ha) zusätzlich angebaut würden und es gelänge, dort 100 kg/ha C längerfristig im Boden zu binden, würden über einen längeren Zeitraum, stochastisch betrachtet, 3,67 Millionen t CO<sub>2</sub> jährlich aus der Atmosphäre gebunden werden. Das entspräche der Hälfte der jährlichen Treibhausgasemissionen der EU.

## Aktives Bodenleben

Ein Zwischenfrucht-Enthusiast aus Norwegen: "Ich nutze Zwischenfrüchte, weil ich den Boden nicht nackt und meine Bodenmikroben nicht hungern lassen möchte. Die Vielfalt meiner Pflanzenmischung ist dabei meine Versicherung, dass einige sich durchsetzen werden. Ich bin froh, dass ich dabei umsonst mein Bodenleben aktivieren kann."

*Hellek Berge baut Getreide und Erbsen auf seinem Betrieb in Norwegen an. Er sät seine Untersaat eine Woche nach der Aussaat von Hafer. Dieses Jahr hat er eine besonders vielseitige Mischung genutzt, um seinen Boden gut zu bedecken. Er gewinnt auf diese Weise für etliche Monate im Herbst und Frühjahr zusätzliche Photosyntheseleistung.*







## 2 Anreicherung von Fruchtfolgen

Organischer Kohlenstoff (Humus,  $C_{org}$ ) wird durch Wurzeln, Wurzelexsudate und auf dem Feld verbleibende oberirdische Biomasse in Böden angereichert. Häufige Bodenbearbeitung fördert dagegen den Abbau der organischen Substanz. Eine dichte, vielfältige Pflanzendecke mit einem tiefen, dichten Wurzelsystem die viel Biomasse auf dem Feld hinterlässt, wirkt positiv auf die Kohlenstoff-Bilanz.

### Praktische Möglichkeiten

Humusaufbau in Böden ist ein reversibler Prozess. Eine entsprechend angereicherte Fruchtfolge, muss daher dauerhaft bestehen bleiben, damit die zusätzlich eingebrachte organische Substanz, nicht wieder komplett abgebaut wird. Einige wichtige Punkte für die Praxis:

- Die N-Fixierung von Leguminosen in der Fruchtfolge spart Mineraldüngern und regt den Humusaufbau an.
- Mehrjährige Kulturen, z.B. Klee gras, können in Systemen mit Tierhaltung oder Biogas sehr einfach integriert werden.
- Die Fläche mit Kartoffeln, Mohrrüben und anderen Wurzelfrüchten, die gerodet werden, sollte in engen Fruchtfolgen vermindert werden.
- Nutzen Sie Winter- und Sommerkulturen, um Platz für Zwischenfrüchte zu schaffen, um Arbeitsspitzen zu mindern und die Maschinenauslastung zu verbessern. Vermeiden Sie nackten Boden, auch zwischen Reihen. Seien Sie aktiv, nach der Ernte schnell wieder zu begrünen.
- Auch in Feldrändern kann Bodenkohlenstoff gebunden werden, auch in speziellen Fruchtfolgen. Hier können Sie zusätzlich sehr effektiv die Biodiversität fördern und Gewässerschutz betreiben.

### Mögliche Kohlenstoffspeicherung

Schätzwerte für eine erfolgreiche und zusätzliche Corg Anreicherung im Boden pro Jahr sind: Einführung von Klee gras 500 kg/ha C, Getreide statt Knollen- und Wurzelfrüchten 100 kg/ha C, Stroh auf dem Feld lassen 50 kg/ha. Mit den Maßnahmen würden 0,18 bis 1,8 t/ha  $CO_2$  pro Jahr aus der Atmosphäre gebunden.

### Aufwand und Nutzen

Variabel: Prüfen Sie die Vermarktungschancen für Ihr erweitertes Angebot an Ernteprodukten. Vielleicht können Sie Ihre Fruchtfolge auch in einer Betriebskooperation anreichern? Nutzen Sie auch Förderprogramme für mehr Biodiversität.

### Wir haben unser System geändert

Landwirt in Norddeutschland mit Biogas, Kartoffeln und Druschfrüchten:  
 „Seit wir Gras untersäen, z.B. in Hafer, ist es immer grün. Meine Leute sind begeistert, wenn sie den Boden pflügen und die gute Bodenstruktur sehen. Wir haben Silomais in unserer Fruchtfolge teilweise durch das Gras ersetzt und, wenn nötig, machen wir auch Ganzpflanzensilage aus dem Hafer. Biogas hat meine Optionen, den Boden zu verbessern deutlich vermehrt.“





## 3 Grünlandmanagement

Schätzungen zum Grünlandanteil auf der Erdoberfläche liegen zwischen 20 und 40 %. Verbessertes Beweidungsmanagement, angepasste Düngung, Leguminosen und verbesserte Gras-Varietäten können den Gehalt an organischem Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) in Böden steigern. Sehr hohe C-Anreicherung kann erwartet werden, wenn Ackerland in Grünland umgewandelt oder wenn in Grünland der Grundwasserspiegel angehoben wird.

Unter *beweidetem Grünland* kann mehr  $C_{org}$  aufgebaut werden, als wenn Silage oder Heu abgefahren werden, weil mit Weidetieren mehr organische Masse, Pflanzenreste und Nährstoffe direkt vor Ort wieder eingetragen werden. Auch die Zusammensetzung der Grünlandnarbe hat einen hohen Einfluss. Graswurzeln sind die Hauptquelle für organisches Material und Arten und Sorten mit hoher Wurzeldichte besonders förderlich für den Humusaufbau. Ziel muss eine dichte, üppige Grünlandnarbe sein. Sie sollte für eine Erneuerung oder Verbesserung nicht zerstört werden.

### Mögliche Kohlenstoffanreicherung

Dauergrünland darf nicht zerstört werden. Auch dort kann Kohlenstoff im Boden noch weiter angereichert werden, zum Beispiel durch Rotklee. Die C-Anreicherung, artenreicher Grünlandbestände, entspricht im gemäßigten Klima ungefähr dem C-Eintrag durch die Wurzeln. Das sind zwischen 56 und 400 g  $C/m^2$  und Jahr und damit bis zu 4 t C/ha und Jahr im Oberboden. Realistisch können durch die Verbesserung der Narbe und des Managements 1 t/ha C-Bindung pro Jahr erreicht werden. Das entspricht ca. 3,5 t  $CO_2$  aus der Atmosphäre.

### Aufwand und Nutzen

Die Kosten sind variabel und hängen von der späteren Landnutzung ab. Grünland beizubehalten, oder Ackerland in Grünland umzuwandeln ist nicht teuer. Klee gras-Saatgut kostet 250-300 Euro pro Hektar.

Henning Knutzen, Ökobauer in Hürup, Norddeutschland: "Mobgrazing ist eine der effektivsten Methoden zum Humusaufbau."

*Henning Knutzen beweidet seine Klee grasflächen für kurze Zeiträume mit hoher Besatzdichte. Die Exkremente der Tiere und das Eintrampeln von Pflanzen bedeuten eine effektive Art der Biomassezufuhr in den Boden. Wenn er überständige Pflanzenbestände von seinen Rindern beweidet lässt, gelangt Biomasse mit weitem C/N-Verhältnis in den Boden.*







## 4 Kompost und Festmist

Der Kohlenstoffgehalt ( $C_{org}$ ) von Böden kann durch Kompost und Festmist deutlich erhöht werden. Beide enthalten organisches Material in unterschiedlichen Umsetzungsstadien und haben variable C/N Verhältnisse. Bei der Ausbringung müssen die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Düngung eingehalten werden.

Um durch C-Bindung im Boden einen Effekt für das Klima zu erzielen, müssen Kompost und Festmist aus zusätzlich erzeugter Biomasse, im Vergleich zur Situation zuvor hergestellt werden. Ein Anstieg im Bodenkohlenstoff an einem Ort sollte nicht durch Verluste in anderen Böden erkaufte werden. Allenfalls können Kompost und Festmist von Standorten mit Humus- und Nährstoffüberschuss an bedürftige Standorte, an denen Humusaufbau noch effektiv möglich und sinnvoll ist und an denen die Nährstoffe benötigt werden, verbracht werden. Mehr Einsatz und mehr Bedarf an Festmist und Kompost könnten auch tierfreundliche Haltungssysteme mit Einstreu fördern.

### Mögliche Kohlenstoffanreicherung

Theoretisch kann mit dem Gebrauch von Kompost und Festmist der organische Kohlenstoffgehalt in Böden in einem weiten Bereich gefördert werden. Die Zusammensetzung (C/N Verhältnis) und die Menge bestimmen das Ausmaß. Für die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern wurde nach Auswertung weltweiter Ergebnisse ein mittlerer Verbleib von 12 % des C über 18 Jahre im Boden bestimmt. Das heißt, bringt man 10 t Stallmist mit 25 % Trockensubstanz (TM) und 0,5 kg C in der TM aus, würde dies einen C-Eintrag von 1,25 t/ha und eine Anreicherung von 150 kg/ha C bedeuten. Das entspricht rechnerisch 550 kg/ha  $CO_2$ .

### Aufwand und Nutzen

In der betriebswirtschaftlichen Kalkulation müssen die Nährstoffwerte von Kompost und Festmist berücksichtigt werden. Relativ hohe Kosten fallen für die Lagerung, Herstellung und Ausbringung an. Vielleicht können Sie in Ihrer Region mit einem Tier-, Biogas- oder Kompostproduzenten zusammenarbeiten. Sie könnten zusätzliche Biomasse auf Ihrem Betrieb erzeugen, es anbieten und wertvolles Material für die organische Düngung zurückbekommen.

### Das Bodenleben aktivieren

Ein Obstbauer auf Marschböden in der Provinz Zeeland, Niederlande:  
"Seit ich Kompost und guten Festmist benutze, sehe ich, wie die obere Schicht meiner Böden sich verändert. Das Bodenleben wird aktiviert und die Feuchteregulierung ist dort viel besser."





## 5 Agroforstsysteme

Hecken und Schutzpflanzungen an Feldern, beweidete Obstgärten, Baumstreifen im Acker, Geflügelausläufe in Kurzumtriebsholz oder in Fruchtplantagen sind Agroforstsysteme. Die Kombination von Bäumen und Büschen mit Pflanzen- und Tierproduktion kann viele positive ökologische und ökonomische Wechselwirkungen haben.

### Mögliche Kohlenstoffanreicherung

Der Anbau von Gehölzen führt zur Anreicherung von organischem Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) im Boden, begünstigt durch lange Standzeiten und Bodenruhe. Die Wurzeln erreichen tiefe Bodenschichten, Laub gelangt auf die Bodenoberfläche und liefert dem oberen Horizont organischen Kohlenstoff. Im Randbereich von Hecken und Alleen fällt Laub auch auf Ackerflächen und wird hier eingearbeitet. Direkt unter Baum- und Buschpflanzungen auf vormaligem Ackerland können unter günstigen Bedingungen bis zu 1,5 t/ha und Jahr  $C_{org}$  angereichert werden, einschließlich der unteren Bodenhorizonte. In Nordeuropa sind, für längere Betrachtungszeiträume 500 kg/ha C-Bindung im Boden pro Jahr eine vernünftige Annahme. Das entspricht einer zusätzlichen Bindung von 1,8 t/ha und Jahr  $CO_2$  aus der Atmosphäre. Je nach

Standzeit, Rotationsperiode und Ernteschema der Bäume und Büsche kann auch eine mittlere überirdische C-Bindung im Holz berechnet werden. Bis die Hälfte des Holz-Endertrages erreicht ist, kann in Streifen aus Bäumen und Büschen, eine jährliche  $CO_2$ -Bindung von 4 t/ha angenommen werden.

### Aufwand und Nutzen

Anlage und Bewirtschaftung von Agroforstsystemen für die Wertholz-, Feuerholz, Frucht- oder Nussproduktion bedeutet eine langfristige Investition und Festlegung. Das kann sich aber durch die neuen Produkte bezahlt machen. Auch für die übrige landwirtschaftliche Produktion können durch Schutz vor Wind- und Wassererosion oder vor Trockenheit Vorteile erzielt werden. Flächen- und Ertragsverluste in und um die Pflanzungen herum können dadurch ausgeglichen und auch überkompensiert werden. In silvopastoralen Systemen profitieren die Weidetiere vom Schatten und vom Laub als Futterkomponente.

### Eine Wachstumsdimension gewonnen

Hennig Söffker, Landwirt nahe Bremen, Norddeutschland:

"Ich war es leid, immer nur Spargel und Erdbeeren anzubauen und den ganzen langweiligen Papierkram für die Landwirtschaft zu machen. Daher habe ich meine Felder verpachtet, aber auf zwei Hektar ein Agroforstsystem mit vielem Beerenarten, Obstbäumen, Kiwis, Gemüse- und Kartoffelbeeten geschaffen. Auch Klee gras und Gänse sind dazwischen. Das Produktionssystem zu optimieren ist eine total interessante Herausforderung."

