

# Fünf Prinzipien der Bodengesundheit

Christine Jones, PhD  
Gründerin, Amazing Carbon  
[www.amazingcarbon.com](http://www.amazingcarbon.com)

Innerhalb der letzten 150 Jahre haben die besten Mutterböden der Welt zwischen 30 und 75 % ihres Kohlenstoffs verloren und dabei Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> an die Atmosphäre abgegeben (1). Kohlenstoffverluste im Mutterboden reduzieren signifikant die Fruchtbarkeit des Landes und die Profitabilität der Landwirtschaft. Die Verschlechterung der Böden hat in den letzten Jahrzehnten zugenommen, wobei ca. 30 % der weltweiten Ackerfläche in den letzten 40 Jahren wegen der Verschlechterung des Mutterbodens aufgegeben werden mussten (2). Vor dem Hintergrund, dass für die Weltbevölkerung um 2050 ein Maximum von 10 Milliarden vorhergesagt wird, ist die Restauration der Mutterböden dringlicher als je zuvor.

Dysfunktion der Böden wirkt sich auch auf die Gesundheit von Menschen und Tieren aus. Es ist ernüchternd, darüber nachzudenken, dass in den letzten 70 Jahren der Nährstoffgehalt in so gut wie jeden Lebensmittel um zwischen 10 und 100 % gefallen ist. Man müsste heute doppelt so viel Fleisch, dreimal so viel Obst und vier bis fünfmal so viel Gemüse zu sich nehmen, um dieselben Mengen an Mineralien und Spurenelemente zu erhalten, die in diesen Lebensmitteln 1940 enthalten waren.

Dr. David Thomas (3, 4) erstellte eine umfangreiche Analyse historischer Veränderungen der Zusammensetzung von Lebensmitteln, auf der Basis von Tabellen, die vom Medical Research Council, des britischen Ministeriums für Landwirtschaft, Fischerei und Ernährung und der *Foods Standards Agency* veröffentlicht wurden. Indem er Daten, die 1940 verfügbar waren mit denen von 1991 verglich, demonstrierte Thomas einen substantiellen Rückgang des Gehaltes an Mineralien und Spurenelementen in jeder untersuchten Lebensmittelgruppe.

---

## **Rückgang des Mineralgehaltes in Gemüsen 1940-1991**

### **Mittelwert von 27 Arten von Gemüsen:**

- Kupfer – Rückgang um 76 %
- Calcium – Rückgang um 46 %
- Eisen – Rückgang um 27 %
- Magnesium – Rückgang um 24 %
- Kalium – Rückgang um 16 %

---

## **Rückgang des Mineralgehaltes in Fleisch 1940-1991**

### **Mittelwert von zehn Arten von Fleisch**

- Kupfer – Rückgang um 24 %
- Calcium – Rückgang um 41 %
- Eisen – Rückgang um 54 %
- Magnesium – Rückgang um 10 %
- Kalium – Rückgang um 16 %
- Phosphor – Rückgang um 28 %

Quelle: Thomas, D.E. (2003). A study of the mineral depletion of foods available to us as a nation over the period 1940 to 1991. Nutrition and Health, 17: 85-115

Der Rückgang der Nährstoffe, die in der Übersicht von Thomas zusammengefasst sind, repräsentieren einen gemittelten Durchschnitt der Veränderungen des Gehaltes an Mineralien und Spurenelementen in 27 Gemüse- und 10 Fleischsorten.

Signifikante Rückgänge des Gehaltes an Mineralien und Spurenelementen wurden ebenfalls für 17 Obstarten und zwei Molkereiproduktarten festgestellt, die über denselben Zeitraum getestet wurden (3).

Der Rückgang des Mineralgehaltes in Fleisch- und Molkereiprodukten spiegelt die Tatsache wider, dass die Tiere Pflanzen oder Getreide zu sich nehmen, deren Mineralgehalt sich verringert hat.

Zusätzlich zu dem allgemeinen Rückgang der Nährstoffdichte fand Thomas signifikante Veränderungen in den Verhältnissen der Mineralien zueinander. Da es für die optimale physiologische Funktion kritische Verhältnisse von Mineralien und Spurenelementen gibt, ist es höchstwahrscheinlich, dass diese veränderten Verhältnisse Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und das menschliche Wohlbefinden haben (3).

## **Die Nährstoffdichte in den Lebensmitteln wiederherstellen**

Es wird allgemein angenommen, dass der signifikante Rückgang der Nährstoffdichte in den heutigen Lebensmitteln auf dem Verdünnungseffekt beruht. D. h., wenn die Erntemenge zunimmt, dann fällt der Mineralgehalt. Es ist aber so, dass reduzierte Nährstoffgehalte bei hoch ertragreichen Gemüsen, Ackerfrüchten und Wiesenpflanzen, die auf biologisch aktiven Mutterböden gewachsen sind, nicht beobachtet werden. Im Gegenteil – bei diesen ist der Nährstoffgehalt höher.

Nur in seltenen Fällen sind Mineralien und Spurenelemente überhaupt nicht in einem Boden vorhanden. Die meisten Mangelercheinungen, die bei Pflanzen und Tieren beobachtet werden, haben ihre Ursache in Bodenzuständen, die der Aufnahme von Nährstoffen nicht förderlich sind. Die Anwendung chemischer Dünger, um sogenannte Mangelercheinungen zu korrigieren, ist eine ineffiziente Praxis. Stattdessen sollten wir die biologischen Ursachen der Mangelercheinungen angehen.

Ungefähr 85-90 % der Nährstoffaufnahme der Pflanzen erfolgt durch die Mitwirkung von Mikroorganismen. Die Fähigkeit des Bodens, nährstoffdichte, hoch vitale Ackerfrüchte, Weidepflanzen, Obst und Gemüse zu unterstützen, erfordert die Gegenwart einer vielfältigen Anordnung von Bodenmikroben aus einer Menge funktioneller Gruppen.

Die Mehrheit der Mikroben, die an der Nahrungsaufnahme beteiligt sind, sind pflanzenabhängig. D. h., sie reagieren auf Kohlenstoffkomponenten, die von den Wurzeln aktiv wachsender grüner Pflanzen abgesondert werden. Viele dieser wichtigen Gruppen von Mikroorganismen werden negativ beeinflusst durch die Verwendung von '-ziden' – Herbiziden, Pestiziden, Insektiziden, Fungiziden.

Kurz gesagt, die Funktion des Bodenökosystems wird bestimmt durch die Anwesenheit, Vielfalt und Rate der Fotosynthese aktiv wachsender, grüner Pflanzen – sowie durch die Anwesenheit oder Abwesenheit chemischer Gifte.

Aber wer managed die Pflanzen – und die Chemikalien?

Man errät es ..... wir sind es.

Es ist an uns, die Integrität, Fruchtbarkeit, Struktur und Wasserspeicherkapazität der Böden wieder herzustellen – nicht durch die Anwendung von „Heftpflastern“ zur Korrektur der Symptome, sondern durch die Art und Weise, wie wir unsere Nahrungsmittelproduktionssysteme managen. Der Schlüssel zur Wiederherstellung ist das richtige Verständnis der Grundlagen.

„Es kann kein Leben ohne Mutterboden geben und keinen Mutterboden ohne Leben; sie entwickelten sich gemeinsamen“ (Charles E. Kellogg, USDA Yearbook of Agriculture 1938).

## **Fünf Prinzipien der Bodengesundheit**

### **1. Die Kraft der Fotosynthese**

Man stelle sich vor, es gäbe einen Prozess um Kohlendioxid aus der Atmosphäre zu entfernen und durch lebensspendenden Sauerstoff zu ersetzen, der die Lebensgemeinschaften der Mikroorganismen im Boden unterstützt, den Mutterboden regeneriert, das Wassergleichgewicht in der Landschaft wiederherstellt, die Nährstoffdichte der Lebensmittel verbessert und die Profitabilität der Landwirtschaft verbessert.

Glücklicherweise gibt es das.

Man nennt es Fotosynthese.

Bei dem Wunder der Fotosynthese, die in den Chloroplasten der grünen Blätter stattfindet, wird Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) aus der Luft und Wasser (H<sub>2</sub>O) aus dem Boden, kombiniert, um Lichtenergie einzufangen und in biochemische Energie in der Form einfacher Zucker umzuwandeln.

Diese einfachen Zucker – im allgemeinen als "Photosynthate" bezeichnet – sind die Bausteine des Lebens auf der Erde. Pflanzen wandeln Zucker in eine große Vielfalt anderer Kohlenstoffverbindungen um, einschließlich Stärken, Proteine, organische Säuren, Zellulose, Lignin, Wachse und Öle.

Obst, Gemüse, Nüsse, Samen und Getreidekörner sind faktisch 'mithilfe der Fotosynthese gepacktes Sonnenlicht'. Der Sauerstoff, den unsere Zellen und die Zellen anderer Lebewesen bei der aerobischen Atmung verwenden, ist ebenfalls durch die Fotosynthese entstanden. Wir haben den grünen Pflanzen eine Menge zu verdanken!

Zusätzlich zur Unterstützung der Mehrheit des Lebens auf der Erde sind viele der Kohlenstoffverbindungen, die aus den einfachen, bei der Fotosynthese entstandenen Zuckern abgeleitet wurden, essenziell für die Schaffung wohl strukturierter Mutterböden aus den leblosen Böden, die bei der Verwitterung von Felsen entstehen.

Ohne Fotosynthese würde es keinen Mutterboden geben. Mineralien aus verwitterten Felsen, ja ... aber fruchtbaren Boden, nein.

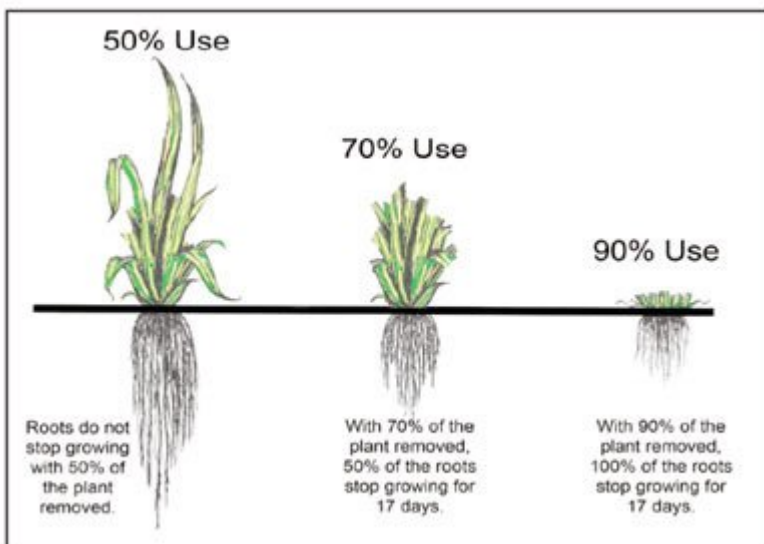
Während jede grüne Pflanze eine mit Sonnenenergie betriebene Kohlenstoffpumpe ist, reicht es nicht aus, einfach nur grüne Pflanzen zu haben. Es ist die fotosynthetische Kapazität und die Fotosynthese-Rate lebender Pflanzen (eher als ihre Biomasse), die die Biosequestration stabilen Kohlenstoffs im Boden antreibt.

**Fotosynthesekapazität:** Die Menge des Lichtes, die von grünen Blättern in einem gegebenen Gebiet abgefangen wird. Bestimmt durch den Prozentsatz der Bodenbedeckung, Pflanzenhöhe, Blattfläche, Blattform und saisonabhängige Wachstumsmuster. Auf landwirtschaftlich genutzter Fläche kann man die Fotosynthesekapazität verbessern durch: die Nutzung artenreicher Zwischenfrüchte und Untersaaten und durch die Integration von Tieren, mit verschiedenen Tierarten genutzte Weiden und strategisches Beweiden. In Parkanlagen und Gärten sind die Vielfalt der Pflanzen und die Höhe beim Mähen wichtige Faktoren. Blanker Boden hat keine Fotosynthesekapazität. Blanker Boden ist ebenfalls eine netto Kohlenstoffquelle und ist empfindlich für Erosion durch Wind und Wasser.

**Fotosyntheserate:** Die Rate, mit der Pflanzen in der Lage sind Lichtenergie in Zucker zu verwandeln. Bestimmt durch viele Faktoren einschließlich Lichtintensität, Feuchtigkeit, Temperatur, Verfügbarkeit von Nährstoffen und durch die Anforderungen die durch symbiotisch mit den Pflanzen lebende Mikroben gestellt werden. Die Gegenwart von Mykorrhizen kann zum Beispiel die Fotosyntheserate signifikant steigern. Pflanzen, die mit einer erhöhten Rate fotosynthetisieren, haben einen hohen Zucker- und Mineralanteil, sind weniger anfällig für Schädlinge und Krankheiten und tragen dazu bei, die Gewichtszunahme von Weidetieren zu verbessern. Die Fotosyntheserate kann erfasst werden, indem man den Brixwert mit einem Refraktometer misst. Die Verwendung hochsynthetischer Nitrate und Phosphatdünger kann einen entgegengesetzten Einfluß auf die Fotosyntheserate haben.

Sowohl Fotosynthesekapazität als auch Fotosyntheserate werden stark durch das Management beeinflusst.

**Weidemanagement:** Dieser Punkt erfordert sehr viel mehr Platz als hier zur Verfügung steht, aber es ist von entscheidender Wichtigkeit, dass weniger als 50 % des verfügbaren Blattgrüns abgeweidet werden (Fig. 1). Genügend Blattoberfläche übrig zu behalten, reduziert die Auswirkung der Beweidung auf die fotosynthetische Kapazität und ermöglicht es der Biomasse, schnell das vorherige Niveau wieder zu erreichen. Über eine Periode von zwölf Monaten wird signifikant mehr Futter produziert, wenn die Weiden eher „lang“ als „kurz“ abgeweidet werden.



**Fig. 1. Das Wachstum der Spitzen und der Wurzeln wird signifikant beeinträchtigt, wenn mehr als 50 % der grünen Blattfläche bei einem Weidevorgang entfernt werden (5).**

Verhältnis zwischen entfernter Blattfläche und dem Einfluss auf die Wurzeln (6):

Bis zu 40 % Blattfläche entfernt = keine Auswirkung auf das Wurzelwachstum  
50 % der Blattfläche entfernt = 2 - 4 % Wachstumsbeschränkung des Wurzelwachstums  
60 % Blattfläche entfernt = 50 % Einschränkung des Wurzelwachstums  
70 % Blattfläche entfernt = 78 % Einschränkung des Wurzelwachstums  
80 % Blattfläche entfernt = 100 % Einschränkung des Wurzelwachstums  
90 % Blattfläche entfernt = 100 % Einschränkung des Wurzelwachstums

Zusätzlich zur Blattfläche hat die Höhe der Weide eine signifikante Auswirkung auf den Mutterbodenaufbau, die Feuchtigkeitsretention, Nährstoffumsetzung und Wasserqualität. Um die fotosynthetische Kapazität zu erhalten (und ein schnelles Nachwachsen sicherzustellen) ist es vorteilhaft, die Tiere von der Weide zu entfernen, bevor man ihre Hufe sieht.

**Ackerfruchtproduktion:** Zunehmend höher entwickelte Maschinen und ein großes Angebot von „ziden“ haben für die schnell wachsende Weltbevölkerung die Möglichkeit geschaffen, Boden blank liegen zu lassen und die fotosynthetische Kapazität von Milliarden Hektar dramatisch zu reduzieren. Reduzierte Fotosyntheseniveaus haben den Kohlenstofffluss im Boden reduziert, was signifikante Auswirkungen auf die Funktion des Bodens und der Landschaft, sowie auf die Produktivität der landwirtschaftlichen Betriebe hatte.

Eine der signifikantesten Entdeckungen der letzten Jahre waren die Verbesserungen der Infiltration, der Wasserspeicherkapazität und der Dürresilienz, die erzielt werden können, wenn anstelle blankliegender Brache aus verschiedenen Arten zusammengestellte Zwischensaaten die Böden bedecken. Diese Verbesserung zeigte sich besonders in Regionen mit geringem Niederschlag und in trockenen Jahren.

Ein gesundes landwirtschaftliches System unterstützt alle Lebensformen. Allzu oft wurden viele Lebensformen im Boden als verzichtbar angesehen, oder genauer ausgedrückt, überhaupt nicht beachtet.

## **2. Mikroben sind wichtig!!**

Es ist für viele eine Überraschung, dass über 95 % des Lebens an Land im Mutterboden stattfindet. In der Tat wurde der Lebensraum der Mikroben im Boden als das wissenschaftliches Neuland der landwirtschaftlichen Forschung ausgerufen, parallel mit der Darmflora, die als wissenschaftliches Neuland der medizinischen Forschung anerkannt wurde.

Die meiste Energie für diese faszinierende Welt unter unseren Füßen wird von Pflanzen geliefert. Exsudate lebender Wurzeln sind die kohlenstoffreichsten dieser Energiequellen.

Im Austausch gegen „flüssigen Kohlenstoff“ (7) liefern Mikroben in der Umgebung der Pflanzenwurzeln – und Mikroben die über Mykorrhizanetze mit Pflanzen verbunden sind (8) – eine vergrößerte Verfügbarkeit von Mineralien und Spurenelementen, die für die Erhaltung der Gesundheit und Vitalität ihrer Wirte erforderlich sind.

Kräftige Wurzelsysteme und vorteilhafte Beziehungen mit Mykorrhiza und anderen Formen pflanzenassozierten Bodenlebens sind essenziell für die Maximierung der Fähigkeit von Ackerfrüchten und Weidepflanzen, um an Wasser, Stickstoff, Phosphor, Kalium, Schwefel, Kalzium, Magnesium und eine große Breite von Spurenelementen einschließlich Kupfer, Kobalt, Zink, Molybdän und Bohr zu gelangen.

Viele dieser Elemente sind essenziell für den Widerstand gegen Schädlinge und Krankheiten und für die Widerstandsfähigkeit gegen klimatische Extreme, wie Dürre, Überschwemmung und Frost.

Die Funktion des Mutterbodens wird außerdem stark durch seine Struktur beeinflusst. Damit Mutterboden gut strukturiert ist, muss er leben. Bodenleben liefert die Kleber und Kitte, die die Bodenpartikel befähigen in Erbsen großen Klümpchen zusammen zu hängen, die man Aggregate nennt. Die Räume zwischen den Aggregaten erlauben es der Feuchtigkeit leichter einzudringen. Feuchtigkeit die in Bodenaggregaten absorbiert ist, ist gegen Verdunsten geschützt, so dass der Boden nach Regenfällen oder Bewässerung länger feucht bleibt. Dies verbessert die Produktivität des landwirtschaftlichen Betriebes und den wirtschaftlichen Erfolg.

Gut strukturierte Mutterböden neigen weniger zu Erosion und Verdichtung und funktionieren effektiver als Bio-Filter.

Alle lebenden Dinge – über und unter der Erdoberfläche – profitieren wenn die Brücke zwischen Pflanzen und Mikroben effektiv funktioniert.

Bedauerlicherweise sind viele der für die Bodenfunktion wichtige Mikroben verloren gegangen. Können wir sie zurückbekommen? Einige Produzenten haben große Verbesserungen der Bodengesundheit in relativ kurzer Zeit erreicht. Was machen diese Landwirte anders?

Sie diversifizieren..

### 3. Vielfalt ist nicht verzichtbar!!!

Die natürlichen Weideflächen, die einst große Teile Australiens, Nordamerikas und die Gebiete Afrikas südlich der Sahara bedeckten – sowie die „Wiesen“ Europas – enthielten viele hundert verschiedene Arten Gräser und Kräuter. Diese vielfältigen Weideflächen und Wiesen waren extrem produktiv, bevor sie durch Überweidung und/oder Kultivierung ihre Artenvielfalt verloren.

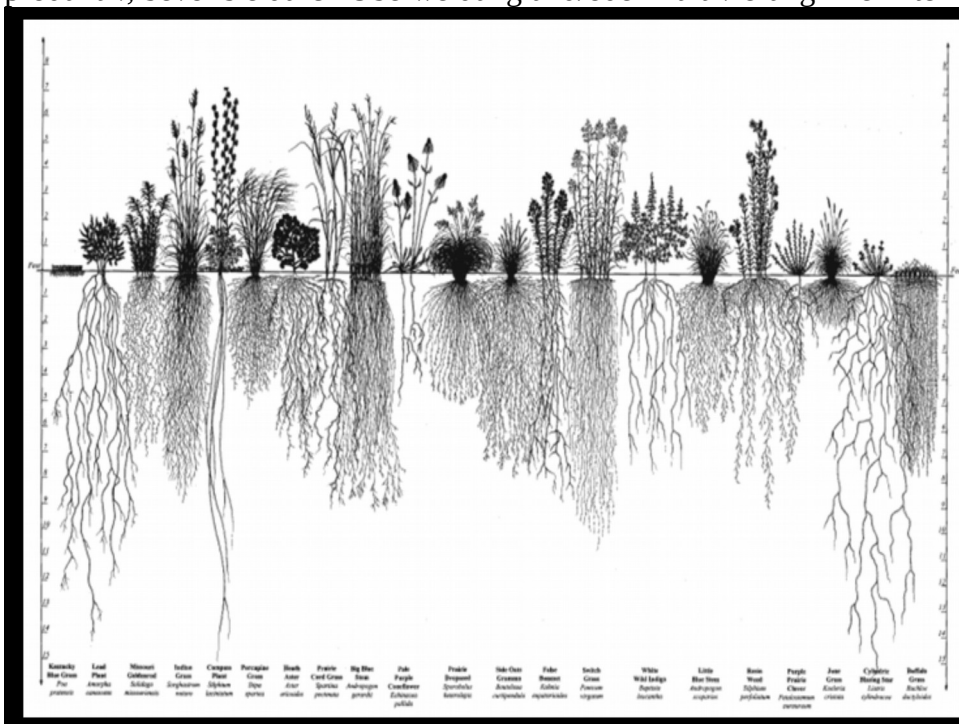


Fig. 2. Variationen der Wurzelarchitektur einheimischer amerikanischer Präriepflanzen, Illinois, USA (9).

Jede Pflanze sondert ihre eigene Mischung von Zuckern, Enzymen, Phenolen, Aminosäuren, Nukleinsäuren, Auxinen (Das Pflanzenwachstum fördernde Stoffe), Gibberellinen (Pflanzenhormone) und anderen biologischen Verbindungen ab, von denen viele als Signale für Mikroorganismen im Boden wirken. Wurzelexsudate variieren kontinuierlich über die Zeit, in Abhängigkeit von den aktuellen Erfordernissen der Pflanze. Je größer die Diversität der Pflanzen, desto größer ist die Diversität der Mikroben und desto robuster ist das Ökosystem des Bodens.

Der Glaube, dass Monokulturen und intensiv gemanagte Systeme profitabler sind als vielfältige biologisch basierte Systeme, ist in der Praxis nicht haltbar. Monokulturen benötigen die Unterstützung durch hohe, oft zunehmende Mengen an Düngern, Fungiziden, Insektiziden und anderen Chemikalien, die die biologische Aktivität des Bodens hemmen. Für die Versuche, die daraus resultierende Ausbreitung von Schädlingen, Unkräutern und Krankheiten sowie daraus folgende „Fruchtbarkeitsprobleme“ in den Griff zu bekommen, entstehen weitere Ausgaben für Agrochemikalien.

Innovative Landwirte experimentieren mit bis zu 60-70 verschiedenen Pflanzenarten um herauszufinden, welche Kombinationen für die Restauration des Bodens die beste Leistung erbringen. Einige Getreide- und Gemüseproduzenten verwenden bis zu 50 % ihrer für Marktfrüchte vorgesehenen Fläche für viele Arten umfassende „Bodenvorbereiter“. Sie glauben, dass die Vorteile die Kosten bei weitem aufwiegen. Es wurde berichtet, dass zwei volle Saisons mit einer aus einer Vielzahl von Arten bestehenden Bedeckung, Wunder im Sinne der Bodengesundheit vollbringen können.

Dies muss jedoch nicht kompliziert sein. Etwas so Einfaches wie das Beimischen von ein bis zwei Begleitern zu einer Marktfrucht kann einen himmelweiten Unterschied ausmachen.

In der Tat wird es zunehmend üblich, Erbsen mit Raps, Klee oder Linsen mit Weizen, Sojabohnen und/oder Wicke mit Mais, Buchweizen und/oder Erbsen mit Kartoffeln .... usw zu sehen.

Ein Aspekt der Struktur der Pflanzengemeinschaft, der zunehmende Aufmerksamkeit der Forschung erhält, ist das Vorhandensein von „allgemeinen Mykorrhiza Netzwerken“ (common micorrhizal networks = CMNs) in vielfältigen Weiden, Ackerflächen und Gemüsegärten. Es wurde herausgefunden dass Pflanzen in Gemeinschaften sich gegenseitig unterstützen, indem sie sich zu großen unterirdischen super Autobahnen verbinden durch welche sie Kohlenstoff, Wasser und Nährstoffe austauschen können (10, 11). Allgemeine Mykorrhizanetzwerke steigern die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen Schädlinge und Krankheiten (12) und sie verbessern die Stärke der Pflanzen und die Bodengesundheit.

Auf meinen Reisen habe ich viele Beispiele gesehen, bei den Monokulturen welkten, während verschiedene, aus diversen Arten entstehende Fruchtgemischungen daneben grün blieben (Fig. 3)





**Fig. 3. Triticale Monokultur (linker Vordergrund) leidet unter schwerem Wasserstress während Triticale, die mit anderen Arten zusammen gesät wurde (Hintergrund und rechts) vor Kraft strutzt. Zusätzlich zur Triticale enthielt die „Cocktailfrucht“ Hafer, Ackerradieschen, Sonnenblumen, Ackererbsen, Saubohnen, Kichererbsen, Rispenhirse und Kolbenhirse. Chinook Applied Research (CARA), Oyen Alberta.**

Ein großartiger kleiner Blog über die Dürretoleranz-Vorteile von „Pflanzenkommunen“ ist der in der Referenz 13, am Ende dieses Dokumentes aufgeführt.

Genauso wie sie die Bodenfunktionen verbessern, bieten Begleitpflanzen Lebensraum und Nahrung für Insektenfresser. Neuere Forschungen (14) haben gezeigt, dass wenn die Vielfalt der Insekten auf Feldern und Wiesen zunimmt, das Vorkommen von Schadinsekten abnimmt und daher die Notwendigkeit von Insektiziden vermieden wird.

In Viehzuchtssystemen können Gesundheitsprobleme der Tiere, die mit einem Mangel an Pflanzendiversität (und daher Mangelernährung der Tiere) verbunden sind, oft den Unterschied zwischen Gewinn und Verlust ausmachen.

#### **4. Begrenzen Sie den Gebrauch von Chemikalien**

Der Mineralstoffzyklus verbessert sich signifikant, wenn die Böden leben. Es wurde zum Beispiel gezeigt, dass Mykorrhiza bis zu 90 % des Stickstoff und Phosphorbedarfs der Pflanzen decken können (15). Unter Einbeziehung von Begleitpflanzen und verschiedener Arten umfassender Bedeckungen bei Fruchtwechseln, erfordert die Erhaltung eines lebenden Bodens darüber hinaus oft, dass die Menge hochkonzentrierter synthetischer Dünger und anderer Chemikalien reduziert wird, um die Mikroben in die Lage zu versetzen, das zu tun, was Mikroben am besten können.

Profit ist der Unterschied zwischen Ausgaben und Einnahmen. In den kommenden Jahren werden wir uns wahrscheinlich wundern, warum es so lange gedauert hat, die Fruchtlosigkeit des Versuches zu erkennen, Ackerfrüchte in disfunktionalen Böden anzubauen und sich dabei ausschließlich auf den Einsatz zunehmend teurer werdender synthetischer Mittel zu verlassen.

Keine noch so große Menge NPK-Dünger kann die Kompaktierung und Lebloigkeit des Bodens und die deshalb fehlende Befeuchtungsfähigkeit und und die daher geringe Wasserrückhaltekapazität kompensieren. Mehr chemischen Dünger auszubringen verschlimmert oft sogar die Situation. Das trifft besonders für Phosphat (P) und Stickstoff (N) zu. Eine oft übersehene Konsequenz der Anwendung großer Mengen N und P ist, dass Pflanzen es ist nicht länger nötig haben, flüssigen Kohlenstoff an mikrobielle Gemeinschaften im Boden zu kanalisieren, um



essenziellen Elemente zu erhalten. Reduzierter Kohlenstofffluss hat eine negative Auswirkung auf die Bodenaggregation – so wie er auch die Energie begrenzt, die den Mikroben für die Akquisition wichtige Mineralien und Spurenelemente zur Verfügung steht.

**Anorganischer P:** Die Anwendung großer Mengen wasserlöslichen P, wie er in MAP (=Monoammonium Phosphat), DAP (=Diamonium Phosphat) und Superphosphat vorhanden ist, hemmt die Produktion eines Strigolactone genannten Pflanzenhormons. Strigolactone steigert das Wurzelwachstum, Wurzelhaarentwicklung und Kolonisierung mit Mykorrhiza, was die Pflanzen dazu befähigt, im Boden vorhandenen P (16) besser aufzunehmen. Die langfristige Konsequenz der Hemmung von Strigolactone ist die Destabilisierung von Bodenaggregaten, zunehmende Bodenverdichtung und Mineralmangel (z. B. wenig Selen) von Pflanzen und Tieren.

Zusätzlich zu den nachteiligen Effekten auf die Bodenstruktur, die Pflanzengesundheit und die Nährstoffdichte der Nahrungsmittel, ist die Ausbringung großer Mengen anorganischer, wasserlöslicher Phosphate hochgradig ineffizient. Mindestens 80 % des ausgebrachten P wird schnell an Aluminium- und Eisenoxiden adsorbiert (angelagert) und/oder bildet Calcium-, Aluminium- oder Eisenphosphate. In der Abwesenheit mikrobieller Aktivität sind diese Formen von P für Pflanzen nicht verfügbar (16).

Es ist allgemein anerkannt, dass nur 10-15 % des im Dünger enthaltenen P von Acker- und Weidepflanzen im Jahr der Ausbringung aufgenommen wird. Wenn Dünger mit P in den letzten zehn Jahren ausgebracht wurde, dann ist genug für die nächsten 100 Jahre vorhanden, unabhängig davon, wieviel anfangs im Boden war. Anstatt P auszubringen ist es viel besser, die Mikroben im Boden zu aktivieren, um auf den bereits vorhandenen P zuzugreifen.

Mykorrhiza sind für die Steigerung der Verfügbarkeit des im Boden vorhandenen P extrem wichtig. Ihre Fülle kann durch Zwischenfrüchte, Pflanzenvielfalt und geeignetes Weidemanagement signifikant verbessert werden.

**Anorganischer N:** Das andere Element, das üblicherweise dem Boden hinzugefügt wird, ist Stickstoff. Die Verwendung hochprozentiger Stickstoffdünger ist mit hohen Kosten sowohl für den Landwirt als auch für die Umwelt verbunden, da nur 10-40 % von den Pflanzen aufgenommen wird, während 60-90 % des angewendeten Stickstoffes durch eine Kombination von Verflüchtigung und Auslaugung verloren gehen (17).

Eine der vielen nicht beabsichtigten Konsequenzen der Verwendung von Stickstoffdünger ist die Produktion von Stickstoffoxid in unter Wasser gesetzten und/oder verdichteten Böden. Stickstoffoxid ist ein Treibhausgas, dessen klimaschädliches Potenzial fast 300 mal höher ist als das von Kohlendioxid.

Es wird oft angenommen, dass Stickstoff nur von Düngern oder Leguminosen kommt. Tatsächlich sind alle grünen Pflanzen dazu in der Lage, im Zusammenspiel mit stickstofffixierenden Mikroben zu wachsen. Selbst wenn Stickstoffdünger angewendet wird, beziehen die Pflanzen einen großen Teil ihres Stickstoffes aus dem Zusammenspiel mit Mikroben.

Landwirte, die mit „jahrelang grün“ Anbaumethoden experimentieren entdecken, dass ihre Böden eine angeborene Kapazität zur Bindung von atmosphärischem Stickstoff entwickeln. Wenn jedoch für einige Zeit große Mengen Stickstoffdünger verwendet wurden, ist es wichtig, eine langsame Stickstoffentwöhnung durchzuführen (17), weil frei lebende Stickstoff fixierende Bakterien Zeit benötigen, um sich wieder zu etablieren.

## 5. Vermeiden Sie aggressive Bodenbearbeitung

Bodenbearbeitung kann eine scheinbar schnelle Lösung für Bodenprobleme bieten, die durch einen Mangel an tief wurzelnder Bedeckung entstanden sind, aber wiederholte und/oder aggressive Bodenbearbeitung steigert die Empfindlichkeit der Böden für Erosion, reduziert den Kohlenstoffgehalt und den Stickstoffgehalt des Bodens, mineralisiert Bodennährstoffe schnell (was zu einer kurzfristigen Blüte aber langfristigem Mangel führt) und ist in hohem Maße schädlich für vorteilhafte bodenverbessernde Mikroben wie Mykorrhiza – ebenso wie für entscheidende wirbellose Tiere wie zum Beispiel Regenwürmer.

### Schlussfolgerung

Über die letzten 150 Jahre haben menschliche Aktivitäten dazu geführt, dass die photosynthetische Kapazität der Erdoberfläche - das bedeutet die grüne Bodenbedeckung – signifikant geringer wurde, während ebenfalls die Fotosyntheserate der verbliebenen grünen Bodenbedeckung beeinträchtigt wurde.

Der Transport von Kohlenstoff aus der Atmosphäre in den Boden – auf dem Weg über grüne Pflanzen – ist das mächtigste Werkzeug, das wir zur Wiederherstellung der Bodenfunktionen zur Verfügung haben.

Unsere Rolle in der Gemeinschaft der Lebenden Dinge, von der wir ein Teil sind, besteht darin sicherzustellen, dass die Art wie wir grüne Pflanzen managen dazu führt, dass so viel Sonnenenergie wie möglich in die Bodenbatterie gebracht und dort erhalten wird. Dies ist der Prozess, der die Produktivität der landwirtschaftlichen Betriebe antreiben wird, der die Funktion der Landschaften wiederherstellen wird und die Widerstandsfähigkeit gegen Klimaveränderungen steigern wird.

Man bedenke, nur Pflanzen und die mit ihnen verbundenen Mikroben können fruchtbare Mutterbodenschichten schaffen – und Pflanzenvielfalt und Mikrobenvielfalt machen es noch besser!!

### Zitierte Literatur

1. Lal, R., Follett, R.F., Stewart, B.A. and Kimble, J.M. (2007). Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security. *Soil Science*, 172 (12), pp. 943-956. doi: 10.1097/ss.0b013e31815cc498
2. Pimentel, D. and Burgess, M. (2013). Soil erosion threatens food production. *Agriculture 2013*, 3, 443-463; doi:10.3390/agriculture3030443
3. Thomas, D.E. (2003). A study of the mineral depletion of foods available to us as a nation over the period 1940 to 1991. *Nutrition and Health*, 17: 85–115.
4. Thomas, D.E. (2007). The mineral depletion of foods available to us as a nation (1940-2002) a review of the 6th Edition of McCance and Widdowson. *Nutrition and Health*, 19: 21-55.
5. Voth, K. (2015). Great “Grass Farmers” Grow Roots. National Grazing Lands Coalition. <http://onpasture.com/2015/11/09/great-grass-farmers-grow-roots/#!prettyPhoto>
6. Crider, F.J. (1955). Root growth stoppage resulting from defoliation of grass. *U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin* 1102, 23 p. <http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uiug.30112019332508;view=1up;seq=1>
7. Jones, C.E. (2008). Liquid carbon pathway. *Australian Farm Journal*, July 2008, pp. 15-17. [www.amazingcarbon.com](http://www.amazingcarbon.com)
8. Kaiser, C., Kilburn, M. R., Clode, P. L., Fuchslueger, L., Koranda, M., Cliff, J. B., Solaiman, Z. M. and Murphy, D. V. (2015), Exploring the transfer of recent plant photosynthates to soil

- microbes: mycorrhizal pathway vs direct root exudation. *New Phytologist*, 205: 1537–1551. doi:10.1111/nph.13138.
9. Natura, H. (undated). Illinois Native Plant Guide. Root systems of prairie plants.
  10. The Plant Guy (2012). Plant ‘Social Networks’ - is this why companion planting & inter-cropping work? <http://www.howplantswork.com/2012/06/13/plant-social-networks-is-this-why-companion-planting-inter-cropping-work/>
  11. Walder, F., Niemann, H., Natarajan, M., Lehmann, M.F., Boller, T. and Wiemken, A. (2012). Mycorrhizal Networks: Common Goods of Plants Shared under Unequal Terms of Trade. *Plant Physiology*, 159(2): 789–797. doi: [10.1104/pp.112.195727](https://doi.org/10.1104/pp.112.195727)
  12. Johnson, D. and Gilbert, L. (2014). Interplant signalling through hyphal networks. *New Phytologist*, 205(4): 1448-1453. doi: 10.1111/nph.13115
  13. Kelly (2014). Who Knew? Cover Crop Cocktails are Commune Hippies. <https://farmingsweetbay.wordpress.com/2014/06/24/who-knew-cover-crop-cocktails-are-commune-hippies/>
  14. Lundgren, J.G and Fausti S.W. (2015). Trading biodiversity for pest problems. *Science Advances* 1(6). doi: 10.1126/sciadv.1500558
  15. Smith, S.E, Read, D.J. (2008). Mycorrhizal Symbiosis, 3<sup>rd</sup> Edition. Academic Press.
  16. Czarnecki, O., Yang, J., Weston D.J., Tuskan, G.A. and Chen, J.G. (2013). A dual role of strigolactones in phosphate acquisition and utilization in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 14: 7681-7701; doi:10.3390/ijms14047681
  17. Jones, C.E. (2014). Nitrogen: the double-edged sword. *WANTFA New Frontiers in Agriculture*. Winter 2014, pp. 58-61. [www.amazingcarbon.com](http://www.amazingcarbon.com)

.....  
**Danksagung.** Besonderen Dank an Sarah Troisi für die hervorragenden technische Assistenz bei den in diesem Artikel benutzten Fotografien.

### Über die Autorin

Für die dringende weltweite Herausforderung der Wiederherstellung der Mutterböden bietet die Bodenökologin Dr. Christine Jones eine verständliche und inspirierende Perspektive. Christine hat mehrere Jahrzehnte mit innovativen Landwirten in den Bereichen Ackerbau und Grünlandbewirtschaftung zusammengearbeitet, um regenerative Landmanagementpraktiken zu implementieren, die Biodiversität, Nährstoffdurchsatz, Kohlenstoffsequestrierung, Produktivität, Wasserqualität und die Gesundheit der Kommunen und des Einzugsgebietes verbessern. Nach einer hochangesehenen Karriere im öffentlichen Dienst, in der Forschung und im Außendienst, erhielt Christine 2001 einen *Community Fellowship Award from Land and Water Australia* für die „Mobilisierung der Gemeinschaft zur Verbesserung des Managements von Land Wasser und Vegetation“. Drei Jahre später gründete sie *Amazing Carbon* als ein Mittel, um ihre Vision mit anderen zu teilen und zu Veränderungen zu inspirieren. 2005 veranstaltete Christine das erste von fünf *Managing the Carbon Cycle* Foren, um die Vorteile von Kohlenstoff im Boden bekannter zu machen. Im letzten Jahrzehnt hat sie internationale Anerkennung als Rednerin mit ihren Präsentationen über die Grundlagen des Mutterbodens bei Workshops, Feldtagen, Seminaren und Konferenzen überall in Australien, Neuseeland, Südafrika, Westeuropa, Mittelamerika, den USA und Kanada erhalten.

Deutsche Übersetzung: Christoph Becker, [www.freizahn.de](http://www.freizahn.de)