

02 2024
1. Fassung

HUMUS- LEITFADEN

AUS DEM
HUMUSREICH
NETZWERK
SCHLESWIG-
HOLSTEIN



Boben Op
HumusReich
Boben Op – Projekt Humusanreicherung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

HUMUSLEITFADEN

REDAKTION UND DANKSAGUNG

Boben op Klima- und Energiewende e. V.
Mühlenstraße 14, 24975 Hürup



Wir sagen DANKE!

Ohne die Mitwirkung von vielen Expert*innen, die bei uns im Netzwerk referiert haben und ihr Wissen mit uns geteilt haben, wäre dieser Leitfaden nicht möglich gewesen. Vielen herzlichen Dank an euch!

Ein herzliches Danke geht auch an alle, die uns bei der Konzeption des Leitfadens und den Korrekturschleifen unterstützt haben. Vielen herzlichen Dank auch an Urs Mauk, der uns einige Bilder bereitgestellt hat!

Vielen herzlichen Dank an das Netzwerk, mit dem es großen Spaß macht sich mit den unterschiedlichen Ansätzen auseinanderzusetzen und über Fehler und Lösungen zu diskutieren!

ARTIKEL

Henning Knutzen
Nicole Maack

GESTALTUNG

Nicole Maack

BILDER

Alle verwendeten
Bilder sind eigene
oder wurden
entsprechend des
Urheberrechts
gekennzeichnet.



THEMEN HIGHLIGHTS

Inhaltsverzeichnis

5

FUNKTIONEN DES BODENS

Boden kann mehr als Nährstoffe speichern

25

BODEN SELBST BEWERTEN

Hinweise für Tests zum selbst aktiv werden

9

BODENNAHRUNGS- NETZ

Alles hängt mit allem zusammen

47

WIRTSCHAFTSDÜNGER- AUFBEREITUNG

Wir wollen die Rotte fördern

13

DER FLÜSSIGE KOHLENSTOFFWEG

Wie "Humus" wirklich entsteht

55

ÜBERSICHT HUMUSZERTIFIKATE

Warum? Wofür? Für wen?

17

RHIZOPHAGEN- KREISLAUF

Das Leben an den Wurzeln

54

TIPPS ZUR UMSETZUNG

Wie kannst du starten?

30

IMMERGRÜN

Eine dauerhafte Bodenbedeckung gibt den Mikroorganismen Nahrung

59

BODENDICHTUNG

Ein Gedicht zum Boden von Henning Knutzen

AUSFÜHRLICHES Inhaltsverzeichnis



<u>VORWORT VOM HUMUSREICH-TEAM</u>	3-4
<u>BEDEUTUNG VON HUMUS UND BODENFRUCHTBARKEIT</u>	5-8
<u>DAS BODENNAHRUNGSNETZ</u>	9-11
<u>KOMPOSTTEE-REZEPT</u>	12
<u>DER FLÜSSIGE KOHLENSTOFFWEG</u>	13-16
<u>RHIZOPHAGENKREISLAUF - WIE DIE PFLANZE "FRISST"</u>	17-18
<u>WAS LEISTEN MIKROORGANISMEN?</u>	19-20
<u>PYRAMIDE DER PFLANZENGESUNDHEIT</u>	21-22
<u>BRIX-MESSUNGEN</u>	23-24
<u>BODEN SELBST BEWERTEN</u>	25-26
<u>DIE KLEINEN WASSERKREISLÄUFE</u>	27-29
<u>ZWISCHENFRÜCHTE UND UNTERSAATEN</u>	30-34
<u>AGROFORSTSYSTEME & KEYLINE DESIGN</u>	35-36
<u>ERWEITERTE BODENANALYSE</u>	37-42
<u>KONSERVIERENDE BODENBEARBEITUNG</u>	43-46
<u>WEGE DES KOMPOSTS – WIRTSCHAFTSDÜNGER</u>	47-48
<u>ÜBERSICHT MISTKOMPOSTIERUNG</u>	49-50

AUSFÜHRLICHES Inhaltsverzeichnis

<u>JOHNSON-SU-KOMPOST</u>	51
<u>BIOMEILER</u>	52
<u>BEISPIELREZEPT RINDERGÜLLEAUFBEREITUNG</u>	53
<u>TIPPS FÜR DIE UMSETZUNG</u>	54
<u>ÜBERSICHT "HUMUSZERTIFIKATE"</u>	55-57
<u>FAZIT UND ABSCHLUSS</u>	58
<u>BODENDICHTUNG VON HENNING</u>	59



VORWORT VOM HUMUSREICH NETZWERK SCHLESWIG-HOLSTEIN

Unser Ziel ist es, die Bodenfruchtbarkeit in Schleswig-Holstein zu verbessern, indem wir mit Landwirt*Innen und Praktiker*innen praktische Lösungen zur Stabilisierung und Steigerung der Humusgehalte in ihren Böden suchen und aufzeigen. Dabei arbeiten wir mit einem Netzwerk aus Expert*innen und Partnerorganisationen zusammen. Gemeinsam möchten wir Best-Practice-Beispiele erzeugen und den Wissensaustausch fördern. Auch der regionale Klimaschutz-Zertifikate-Handel und die Herausgabe einer Humusfibel stehen auf unserer Agenda. Denn Humusaufbau ist Klimaschutz und sollte aus unserer Sicht gesellschaftlich und finanziell honoriert werden.

Im Rahmen unseres Projekts führen wir verschiedene Aktivitäten durch, wie Bodenansprachen, Vernetzungstreffen und Schulungen mit **Pionier*innen** aus dem deutschsprachigen Raum. Wir stellen Methoden und Praktiken vor, die an anderen Standorten zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit funktionieren. Damit möchten wir Landwirt*Innen bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Bodenverbesserung unterstützen. Zu den empfohlenen Maßnahmen im HumusReich-Projekt gehören die Anwendung von organischen Düngemitteln, die reduzierte Bodenbearbeitung, die Einführung von Zwischenfrüchten und Gründüngungen sowie die Förderung von Agroforstsystemen. Wir bieten Schulungen und Workshops an, um Landwirt*Innen über diese Systeme zu informieren und ihnen bei der Umsetzung zu helfen. Der Humusleitfaden gibt einen Überblick über wesentliche Inhalte der Netzwerkveranstaltungen. Er zeigt Ansätze mit verschiedenen Herausforderungen umzugehen und mögliche Wege hin zu einem gesunden Boden.

Die humusaufbauende Landwirtschaft ist eine nachhaltige Praxis, die in konventionellen als auch biologisch wirtschaftenden Betrieben darauf abzielt:

- die Bodenqualität zu verbessern,
- die Biodiversität zu fördern,
- den ökologischen Fußabdruck der Landwirtschaft zu verringern
- und das Klima zu schützen.



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

In unserem Leitfaden erklären wir dir, wie du als Landwirtin und Landwirt den Boden in deinem Betrieb beurteilen kannst. Wir legen Wert auf eine leicht verständliche Sprache und praxisnahe Tipps, damit du die Methoden der humusaufbauenden Landwirtschaft erfolgreich umsetzen kannst.

Dabei verweisen wir auf die verschiedensten Erfahrungen von Praktiker*Innen und versuchen, wo es möglich ist, neueste wissenschaftliche Erkenntnisse mit einzubeziehen.

Das HumusReich Netzwerk Schleswig-Holstein ist eine Initiative des Vereins "Boben op Klima- und Energiewende e. V." und der Gemeinde Ausacker, die sich für das Bodenleben und die Regeneration unserer Böden einsetzt.

Gemeinsam schaffen wir eine nachhaltige und fruchtbare Zukunft für die Landwirtschaft!

Bei Fragen und Anregungen könnt ihr das HumusReich-Team unter Humusreich@bobenop.de jederzeit erreichen.

Viel Spaß beim Lesen der Humusleitfadens!

Wünscht das HumusReich-Team

Sandra Winther,
Nicole Maack,
Henning Knutzen
und Christoph Thomsen
(von rechts nach links)



Neben der Kohlenstoffspeicherung erfüllt ein humusreicher, lebendiger Boden noch viel mehr Funktionen.



“ Jede Form der Bodennutzung sollte eine Aufrechterhaltung dieser Bodenfunktionen (Lebensraum für Tiere und Pflanzen, Regelungsfunktion als Filter, Puffer, Speicher, Transformator für Wasser und anorganische und organische Stoffe) [bieten]. Die Entwicklung humusreicher Böden ist eine der zentralen Fragen in der Landwirtschaft. Viele wichtige Bodenfunktionen stehen im direkten Zusammenhang mit dem Humusgehalt. “

Bedeutung von Humus und Bodenfruchtbarkeit

Was sind die Ziele hinter dem Humusaufbau? Wofür sollte ich die Umstellung machen? Darüber sprechen wir in den folgenden Kapiteln, denn der Weg zu gesunden Nahrungsmitteln führt immer über gesunden Boden und gesunde Pflanzen.

Vereinfacht sprechen wir im Leitfaden oft von Humus, auch wenn es heute wissenschaftlich richtig ist von organischer Substanz/Kohlenstoff (Corg) zu sprechen. Das machen wir um die Komplexität etwas herunterzubrechen (siehe auch flüssiger Kohlenstoffweg für mehr Info).

Boden ist das natürliche Kapital eines Landwirts. Das Interesse der Landwirte liegt in der Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit. Einerseits können damit auch bei ungünstigen Wetterbedingungen Erträge stabilisiert werden und andererseits, zumindest zum Teil, Kosten gesenkt werden. Eine gute Bodenfruchtbarkeit kann unter anderem durch eine Erhöhung des Humusgehalts erreicht werden. Dabei rücken auch klimapolitische Ziele in den Fokus. Ein humusreicher, lebendiger Boden ist fruchtbar, bringt hohe stabile Erträge und ist resilient hinsichtlich extremer Wetterereignisse.

Der Ausstoß von CO₂ in der Landwirtschaft ist ein aktuelles und vielseitig diskutiertes Thema. Durch die intensive Bewirtschaftung landwirtschaftlich genutzter Böden kommt es zur Freisetzung von CO₂-Emissionen und anderer Treibhausgase. In der oberen Bodenschicht ist in Form von Humus² der wesentliche Teil an Kohlenstoff im Boden gebunden. Eine humusaufbauende Bewirtschaftung birgt somit ein hohes Potenzial für eine zukunftsgerichtete Landwirtschaft.

Neben der Kohlenstoffspeicherung erfüllt ein humusreicher, lebendiger Boden noch viel mehr Funktionen.

Der Humusaufbau – zumindest aber sein Erhalt – sollte daher zukünftig ein gesamtgesellschaftliches Thema höchster Priorität sein. Insbesondere durch den starken Humusabbau der letzten Jahre, ist der Humusaufbau umso wichtiger. Genauso wichtig, wie stabile Huminstoffe, sind dabei aber auch die Nährstoffe für das Bodenleben und genauso wichtig, wie die Menge an Humus, ist seine Zusammensetzung und Qualität (IG gesunder Boden Positionspapier 2023).

Im Folgenden wird Humus definiert als:

“Die Gesamtheit der toten organischen Substanz aus tierischer, pflanzlicher und mikrobieller Herkunft, die im Boden integriert ist”.

(Kolbe & Zimmer, 2015, S. 5)

Humus im eigentlichen Sinne ist der Anteil der organischen Substanz im Boden, der weder mikroskopisch noch makroskopisch Zellstrukturen aufweist, also z. B. keine Strohmatte. Diese Zellstrukturen werden bei der Bestimmung von Humus manchmal fälschlicherweise mit zum Humusanteil gezählt. Ein gesunder, humusreicher Boden ist biologisch hochaktiv. Wenn die Nährstoffe ausbalanciert sind und ein günstiges C/N-Verhältnis vorhanden ist, entsteht ein krümelstabilisierter Boden mit runden lebend verbauten Krümeln.

Grundlegend wurde Humus früher in zwei Arten - Nährhumus und Dauerhumus - unterschieden:



Nährhumus versorgt die Pflanzen im Boden mit wichtigen Nährstoffen, wie z. B. Stickstoff und Phosphor. Die überwiegend instabilen organischen Verbindungen werden oft von Mikroorganismen angegriffen und demzufolge ist er nicht so langlebig wie der Dauerhumus. Je nach Bodenart hat der Nährhumus einen Anteil von 20-50 % (Dunst, 2011, S. 32). Vom Nährhumus im Boden folgt ein fließender Übergang zum Dauerhumus (Schleswig-Holsteins Böden als CO₂-Senke, 2017).

Im idealen Boden herrscht ein gutes Porenvolumen ohne Verdichtungen mit möglichst 5 oder mehr Volumenprozent Humus. Der Boden kann seine Bodenschwammstruktur erfüllen, das heißt er zerfließt nicht bei Starkregen, kann Dürreperioden über längere Zeiträume überstehen und reagiert resilient gegen alle Erosionsereignisse. Er riecht angenehm ohne Fäulnisgeruch.

In der landwirtschaftlichen Praxis findet man häufig Böden, die diese Merkmale nicht vollständig erfüllen und zu Degradationserscheinungen neigen. Erst in den letzten Jahren wird das Augenmerk innerhalb der Landwirtschaft auf diese Bodenfunktionen, Bodenfruchtbarkeit und Herstellung einer Bodengare (Idealzustand der Ackerkrume) vermehrt gelenkt und auch in Bodenkursen, Workshops und Seminaren gelehrt. Zurzeit entwickeln sich weltweit verschiedene Bewegungen unter den Namen regenerative Landwirtschaft, Carbon-Farming oder auch enkeltaugliche Landwirtschaft. Dabei vereint diese das Ziel zukunftsfähige Landwirtschaft über eine natürliche Bodenfruchtbarkeit zu gewährleisten. Ein gesunder humusreicher Boden ist die Antwort der Landwirtschaft auf die zu erwartende Verstärkung der Extremwetterereignisse, die seit den 80er Jahren deutlich zugenommen haben.

“Hier seht ihr ein Beispiel für einen gesunden humusreichen und krümelstabilisierten Boden. Die Pflanzenwurzeln (Sommergerste/Erbsen) sind schon kurz nach der Keimung sehr gut in Verbindung mit dem Boden und bilden ein eigenes Mikrobiom in der Bodenwurzelzone. Die Wurzeln bilden eine Art „Tasche“ um die Wurzel herum. Das ist ein sichtbares Zeichen für einen gesunden Boden.“

Henning Knutzen



Foto Henning Knutzen



Bodenschwammfunktion



**Sinnbildlich für
Bodenschwammstruktur:
Teller A symbolisiert einen guten Boden
mit guter Struktur und hoher
Wasseraufnahmekapazität.
Teller B symbolisiert einen toten
Boden, der durch Zugabe von Wasser in
kurzer Zeit zerfließt.**

Neben dem enormen Kohlenstoffspeicher kann ein gesunder humusreicher Boden noch weitere Ökosystemleistungen hervorbringen. Dazu gehören Biodiversitätsleistungen nicht nur durch Pflanzenvielfalt, sondern auch im Bodennahrungsnetz. Zum Beispiel wird die Insektenvielfalt gefördert, da viele Insekten von einem aktiven Bodenleben abhängig sind. Hinsichtlich der zu erwartenden Klimaveränderungen ist eine intakte Bodenschwammstruktur enorm wichtig, um die normalen Wasserkreisläufe wieder herzustellen. Wenn die Bodenschwammstruktur funktioniert, dann entwickelt sich mehr Wasserdampf in der Atmosphäre und dadurch kommt es zu einer vermehrten Wolkenbildung. Der zusätzliche Wasserdampf hat einen direkten Abkühlungseffekt und zusätzliche Wolken haben einen zusätzlichen Abstrahlungseffekt. Der australische Bodenkundliche Wissenschaftler Walter Jehne hat errechnet, dass 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit einer funktionierenden Bodenschwammstruktur ausreichen würde, um die meisten Extremwetterereignisse auszugleichen und die natürlichen regionalen Wasserkreisläufe wieder herzustellen.

Weitere Infos zu dem Thema findet ihr hier:



Bodenschwammfunktion

The Soil Carbon Sponge, Climate Solutions and Healthy Water Cycles with Walter Jehne_



Interessengemeinschaft (IG) Gesunder Boden - wichtige

Website für mehr Infos zu den Aktionen
und Veranstaltungen

<https://www.ig-gesunder-boden.de>

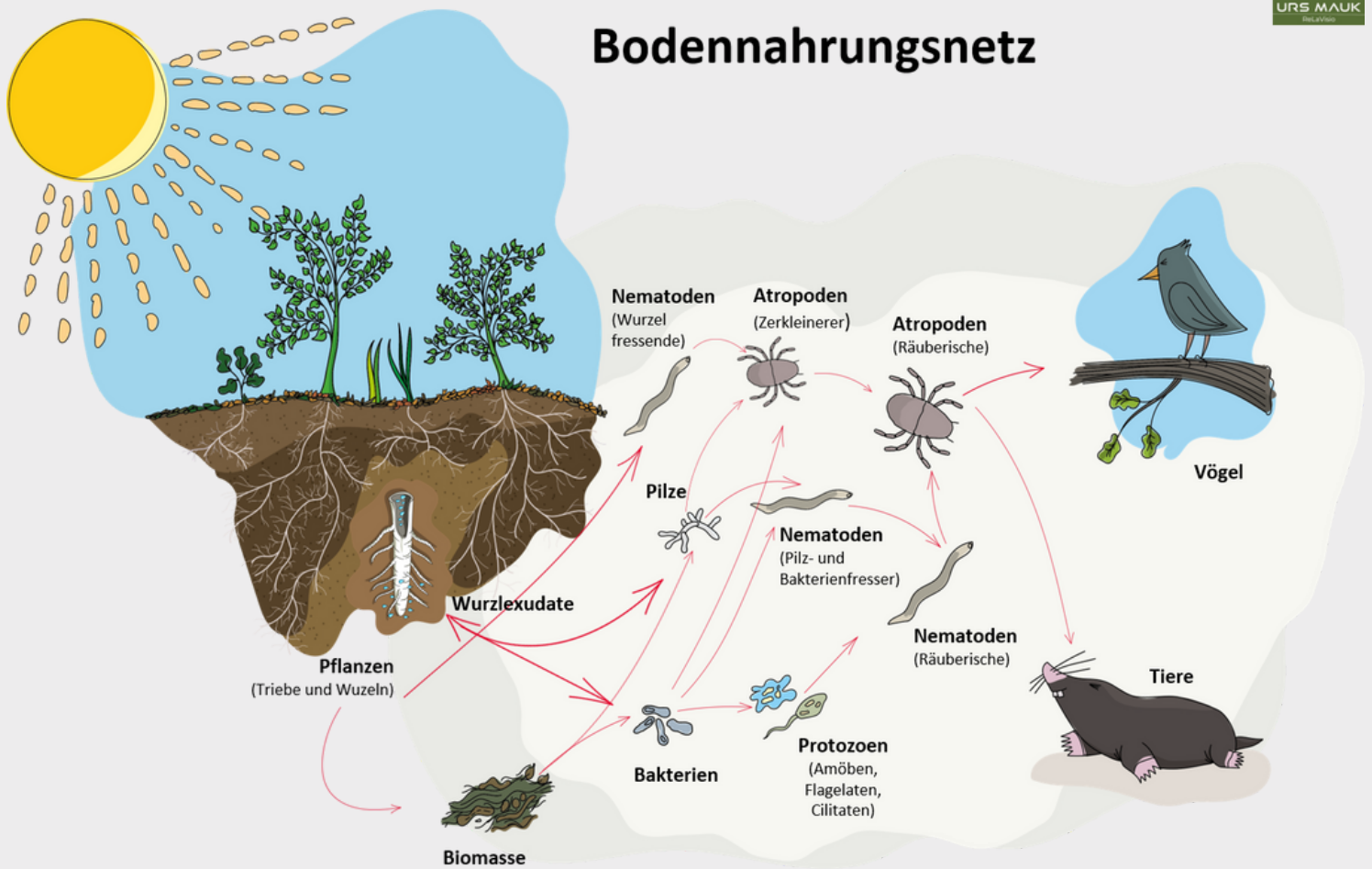


Humuschecker vom Thüneninstitut

[https://humuscheck.thuenen.de/
get_carbon/](https://humuscheck.thuenen.de/get_carbon/)

Das Bodennahrungsnetz

nach Elaine Ingham



Grafik bereitgestellt von Urs Mauk, Relavisio

**In einer Hand voll lebendiger Erde sind
mehr Mikroorganismen als Menschen auf
dem Planeten!**

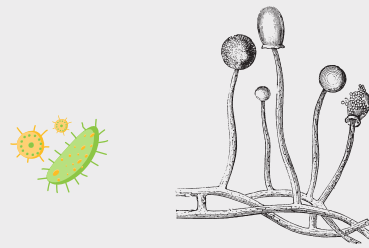
Das Bodennahrungsnetz

War dir eigentlich klar, dass im Boden sehr sehr viele Organismen leben? Die Masse des Bodenlebens kann auf 1 ha mehr als 10 t erreichen (www.diezukunftsbauern.de). Diese Organismen sind auf verschiedenste Weisen miteinander vernetzt. Ein starkes Bodennahrungsnetz ist für uns die Grundlage für einen gesunden Boden.

Doch was ist nun dieses Bodennahrungsnetz?

Das Bodennahrungsnetz ist die Gemeinschaft aller lebenden Organismen, die ihr Leben oder wenigstens Teile ihres Lebens im Boden verbringen. Der Kreislauf, der durch Fressen und Gefressen werden entsteht, setzt im Boden Nährstoffe und Energie frei, die ausgetauscht, gespeichert oder umgewandelt werden. Die Organismen des Bodens leben in enger Wechselbeziehung miteinander. Die kleinsten Lebewesen im Boden sind mit bloßem Auge nicht zu erkennen. In einem gesunden Boden stellt sich ein Gleichgewicht zwischen den kleinsten Organismen und den höheren Organismen ein. Dies führt zu einer höheren Biodiversität.

In einem kranken Boden ist dieses Gleichgewicht gestört. Krankheiten sind die Folge. Vermutlich haben alle schon von den schlechten Nematoden gehört. Doch es gibt auch Nematoden, die nützlich für den Boden sind und das ist sogar die Mehrzahl der Nematodenarten! In einem gesunden Gleichgewicht sind die Schädlingspopulationen meist so klein, verglichen mit denen der anderen Arten, dass sie keine Rolle spielen. Im Bodennahrungsnetz gibt es also ein Geben und Nehmen. Vereinfacht dargestellt gibt es also Konsumenten und Produzenten. Unter die Kategorie der Produzenten fallen alle Organismen, die Photosynthese betreiben, also z. B. Pflanzen, Algen und Cyanobakterien.



Die Konsumenten sind diejenigen, die keine Photosynthese betreiben und sich direkt oder indirekt von z. B. Pflanzen oder anderen Organismen ernähren.

Ein großer Teil der Nahrung der Bodenorganismen besteht aus Wurzelexsudaten – also kohlenstoffreichen, zuckrigen Wurzelausscheidungen der Pflanze. Der Kreislauf ist allerdings erst perfekt, wenn die Konsumenten auch etwas zurückgeben. Nimmt also z. B. ein Konsument Pflanzenteile oder ein anderes Lebewesen auf, werden durch ihn wiederum auch Nährstoffe ausgeschieden oder in verfügbare Formen umgewandelt. Am Beispiel von den Exsudaten bedeutet dies, dass einige Mikroorganismen sich von diesen ernähren. Im Tausch bekommt die Pflanze notwendige Nährstoffe in pflanzenverfügbarer Form. Pflanzenverfügbar werden die Nährstoffe durch Stoffwechselprozesse der Mikrobiologie – und so schließt sich der Kreis.

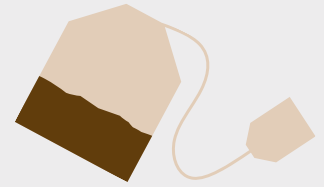
Biodiversität der Bodenlebewesen:

verschiedene Bodenlebewesen erfüllen einzelne Bodenfunktionen (bspw. Sauerstoff produzieren, Lignin abbauen etc.) – hier braucht es aber immer mehrere Arten, denn so kann eine Art einspringen, wenn eine andere Art ausfällt. Jede Art hat nämlich ihr Spezialgebiet und arbeitet besser bei kleinem pH oder Trockenheit und erfüllt trotzdem die gleiche Funktion wie eine Art, die besser bei Nässe arbeitet.

Mindestens genauso wichtig sind die Pilze – jeder Pilz hat eigene Enzyme zum Herauslösen von Nährstoffen aus der Mineralphase. Auch jede Regenwurmart hat ihr Lieblingsfutter. Deswegen kommt es auf die Vielzahl der Arten an, auch wenn sie vermeintlich gleiche Funktionen erfüllen!

Maßnahmen zur Verbesserung des Mikrobioms im Boden

Nach dieser Theorie ist es wichtig die Artenvielfalt an "guten" Mikroorganismen, Pilze, Bakterien, Protozoen und Nematoden, die dem Boden fehlen, wieder im Boden zu fördern und anzusiedeln. Ein bekanntes Vitalisierungsmittel ist der Komposttee oder auch Kompostextrakte. Der Komposttee ist vor allem als Blattapplikation gedacht, die Extrakte auch als Bodenhilfsstoffe. Es gibt allerdings extreme Unterschiede in der mikrobiellen Vielfalt unterschiedlicher Komposte. Deshalb ist hier auf eine besonders gute Qualität wie bspw. Wurmkomposte zu achten. Und auch während des Vermehrungszyklus im Komposttee variieren die Populationen der Mikroorganismen. Dies lässt sich am besten mit dem Mikroskop überprüfen. Um sicher zu gehen, kann man sich inzwischen auch schon fertige gut getestete Präparate kaufen. Ein Vorreiter für Komposttees im deutschsprachigen Raum ist Gerhard Weishäupl aus Österreich.



Dr. Elaine Ingham

Dr. Elaine Ingham, renommierte Bodenmikrobiologin, hat durch ihre wegweisenden Forschungen maßgeblich zum Verständnis der komplexen mikrobiellen Gemeinschaften im Boden beigetragen. Als Gründerin des Soil Foodweb Institute hat sie bahnbrechende Methoden entwickelt, um die Gesundheit von Böden zu verbessern und nachhaltige landwirtschaftliche Praktiken zu fördern. Ihre Arbeit hebt die Bedeutung von Mikroorganismen hervor, die für die Nährstoffverfügbarkeit und Pflanzengesundheit entscheidend sind. Dr. Inghams lebenslange Hingabe an die Erforschung und Förderung eines nachhaltigen Bodenmanagements macht sie zu einer Schlüsselfigur im Bereich der Bodenbiologie und ökologisch verträglichen Landwirtschaft.



WICHTIG: Der Einsatz von Pflanzenschutzmittel hat in der Regel eine desinfizierende Wirkung auf den Boden und schadet dem Bodenleben! Wer also Humusaufbauen möchte sollte auf Dauer Pflanzenschutzmittel stark reduzieren (bzw. drauf verzichten).

Weiterführende Infos findet ihr hier (verlinkt):



[Youtube Video mit Dr. Elaine Ingham - Soil Food Web](#)



[Soil Food Web Website](#)



[Bodennahrungsnetz mit Ingrid Hörner](#)



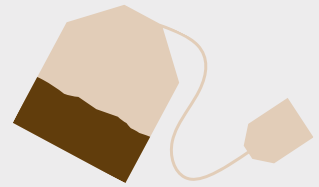
[Komposttee mit Gerhard Weißhäupl](#)



[Das Bodennahrungsnetz von den Zukunftsbauern erklärt](#)

Komposttee-Rezept

nach Dr. Ingrid Hörner



Komposttee ist als Vitalisierungsmittel der Pflanzen und für den Anschub des richtigen Mikrobioms gedacht.

Und so wird es gemacht..

1. Der Behälter wird mit 100 l Regenwasser (chlorfreiem Wasser) gefüllt (Stadtwater über Nacht stehen lassen und zusätzlich 4 Stunden vor Ansatz belüften, damit alles Chlor entweichen kann; zusätzlich 2 Eßl. gebrannten Kalk zugeben).
2. Die Temperatur auf 25°C (+/-3°C) regeln und kontrollieren.
3. Leistung der Teichbelüftungspumpe in l/min sollte der Wassermenge entsprechen, um eine ausreichende Sauerstoffversorgung zu gewährleisten (je mehr Sauerstoff umso besser).

Empfehlung: für 100 l Wasser wäre eine Leistung von ca. 80 bis 100 l/min zu wählen.

4. BioAktiv, Kompost und die Gesteinsmehlmischung, sowie Zuckersirup dem Wasser zugeben.
5. 24 bis 36 h blubbern lassen, nach dem Ausschalten der Luftzufuhr das Konzentrat innerhalb von 4 Stunden verwenden.

Wichtig: Die Komposttee-Bereitung ist ein aerober Prozess, daher immer ausreichend Sauerstoff in das Wasser bringen.



- Sollte der Komposttee mit einer Pflanzenschutzspritze ausgebracht werden, kann der Kompost und das Gesteinsmehl in einen „Teebeutel“ gegeben werden (Damenstrümpfe, Wäschenetze, Wasserfilter, Leinensäckchen), um eine Verstopfung der Düsen zu vermeiden.
- Alternativ dazu wird der Komposttee vor der Ausbringung gefiltert.
- **Wichtig: Ein Mikroskopieren vor der Ausbringung von Komposttee hilft die mikrobielle Zusammensetzung im Tee besser einzuschätzen! Der Zeitpunkt ist hier entscheidend.**

Grundrezept für 100 Liter Komposttee :

- 100 l Regenwasser oder chlorfreies Wasser
- 300 g Wurmkompost oder gut verrotteter Kompost
- (400 ml Zuckerrübensirupmelasse)

Bewährt hat sich die Zugabe von:

- 250 g Gesteinsmehl
- 50 g BioAktiv Pflanze Pflanzenstärkungsmittel als Katalysator und Stabilisator

 [Komposttee selbst brauen im 200 L Fass](#)

 [Kompostteeforschung zusammengefasst von Ingrid Hörner](#)

 [Selbstbuanlage im IBC Container von Reber \(Innovative Landwirtschaft\)](#)

 [Bodenbiologie: Komposttee ist nicht gleich Komposttee](#)

Der flüssige Kohlenstoffweg oder liquid carbon pathway

nach Dr. Christine Jones

Die landwirtschaftliche Wissenschaft erlebt mit Dr. Christine Jones' Entdeckung des "Flüssigen Kohlenstoffwegs" eine bahnbrechende Entwicklung. Diese innovative Theorie revolutioniert unser Verständnis davon, wie Pflanzen nicht nur Kohlenstoff absorbieren, sondern auch in den Boden abgeben und somit aktiv zur Bildung von fruchtbarem Humus beitragen können.

Was macht den "Flüssigen Kohlenstoffweg" aus?

Im Kern beschreibt der "Flüssige Kohlenstoffweg" die Fähigkeit von Pflanzen, Kohlenstoffe wie Zucker und Glomalin über ihre Wurzeln in den Boden abzugeben. Diese Substanzen werden von Bakterien und Pilzen im Boden verarbeitet und in Vorstufen von Humus umgewandelt. Im Austausch dafür erhalten die Pflanzen wertvolle Nährstoffe und Wasser.



Dieser Prozess fördert nicht nur die Bodenfruchtbarkeit, sondern auch das Mikrobiom, das die Gesundheit der Pflanzen unterstützt.

Der flüssige Kohlenstoffweg

Wie funktioniert der Prozess genau?

Um den "Flüssigen Kohlenstoffweg" optimal zu nutzen, ist eine maximale Photosyntheseleistung der Pflanzen entscheidend. Hierbei spielen Faktoren wie Mischkulturen, vielfältige Zwischenfrüchte und eine ausgewogene Nährstoffversorgung eine zentrale Rolle. Die kontinuierliche Bedeckung des Ackers mit grünen Pflanzen fördert ebenfalls eine effiziente Photosynthese. Bei der Photosynthese geben die Pflanzen 30-40 % der Energie in Form von Zuckern über ihre Wurzeln an den Boden ab und ernähren damit Pilze, Bakterien und weitere Organismen in ihrer Rhizosphäre. Ohne diese helfenden Organismen müssten die Pflanzen auf die Dienste bei Nährstoffversorgung, Wasserversorgung oder Schädlingsbekämpfung verzichten. Den Pflanzen ist deshalb viel daran gelegen, durch eine gute Zuckerzufuhr in den Boden stets ein gutes Bodenbiom in ihrem Wurzelraum zu erhalten.

Mehr über Dr. Christine Jones:

Dr. Christine Jones ist eine renommierte Bodenwissenschaftlerin und Pionierin im Bereich nachhaltige Landwirtschaft. Mit einem beeindruckenden Hintergrund in der Agrarwissenschaft und Bodenbiologie.

Maßnahmen zur Verbesserung des "Flüssigen Kohlenstoffwegs":

- **Vielfältige Anbaustrategien:** Der Anbau von Mischkulturen und die Integration verschiedener Pflanzenarten erhöhen die Biodiversität und fördern so die Effizienz des "Flüssigen Kohlenstoffwegs".
- **Ausgewogene Düngung:** Eine gezielte Düngung ohne den Einsatz von mineralischem Stickstoff und schnellen Phosphaten optimiert die Photosyntheseleistung der Pflanzen.
- **Beweidung mit Bedacht:** Das Mobgrazingsystem, bei dem Tiere in hoher Besatzdichte nur kurz grasen und nur einen Teil des Bewuchses entfernen, fördert drastisch die Kohlenstoffgehalte im Boden.
- **Reduzierung der mechanischen Bearbeitung:** Minimierung von Bodenbearbeitung zur Erhaltung der Bodenstruktur.
- **Biostimulanzien nutzen:** Der Einsatz von Biostimulanzien wie Komposttee und Wurmkompostextrakten trägt zur Verbesserung des "Flüssigen Kohlenstoffwegs" bei.

Weiterführende Infos findet ihr hier (verlinkt):



http://

[Dr. Christine Jones - Biologische Wege für einen kohlenstoffreichen Boden](#)



http://

[Dr. Christine Jones' Blog - Amazing Carbon mit weiteren Veröffentlichungen](#)



[Vortrag in live übersetzt ins Deutsche von Christine Jones](#)



[Building new Topsoil with the carbon pathway](#)

Das Jena-Experiment: Das Jena-Experiment ist eine Langzeitstudie, die im Jahr 2002 am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) in Jena, Deutschland, begonnen hat. Die Studie erstreckt sich über einen längeren Zeitraum, um langfristige Effekte und Entwicklungen in Bezug auf Biodiversität und Ökosystemdynamik zu untersuchen.

Die Studie zeigte, dass der Anbau von bis zu 16 verschiedenen Pflanzenarten zu einem deutlichen Anstieg des Kohlenstoffgehalts und des Biomasseertrags führt. Dies verdeutlicht die positive Auswirkung von vielfältigen Pflanzen auf die Gesundheit und Produktivität des Ökosystems.

Die Erhöhung der Biodiversität führte zu einer verbesserten Stabilität des gesamten Ökosystems, da unterschiedliche Pflanzenarten verschiedene ökologische Nischen besetzten und somit das gesamte System widerstandsfähiger gegenüber Störungen machten. Dies unterstreicht die Bedeutung der biologischen Vielfalt für die Funktionalität und Resilienz von Ökosystemen.

Arbeitsgruppe Catchy: Die Arbeitsgruppe Catchy hat im Forschungsprojekt CATCHY verschiedene Zwischenfruchtmischungen untersucht, insbesondere deren Auswirkungen auf den Boden, die Bodenbiologie und die Erträge der Hauptfrüchte. Die untersuchten Fruchtfolgen umfassten Weizen-Mais und Weizen-Ackerbohnen.

Wichtige Ergebnisse der Catchy-Gruppe im Zusammenhang mit Humusaufbau:

- Artenreiche Zwischenfruchtmischungen haben positive Effekte auf den Humusaufbau im Boden.
- Die Wurzelbiomasse steigt mit der Artenvielfalt der Zwischenfrüchte, was zu einer optimalen Nährstoffaufnahme und -speicherung führt.
- Artenreiche Mischungen fördern die Mineralisation der Zwischenfruchtstreu, was die Nachlieferung von Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium erhöht.
- Höherer Blattflächenindex in artenreichen Mischungen ermöglicht eine höhere Photosyntheseleistung, was die mikrobielle Aktivität steigert.

Weitere Erkenntnisse:

- Die Artenvielfalt beeinflusst den Kohlenstoff- und Stickstoffkreislauf im Boden positiv.
- Artenreiche Mischungen verbessern die Nährstofffreisetzung und mobilisieren mehr Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium für die Nachfrucht.
- Artenreiche Zwischenfruchtmischungen können Stressbedingungen wie Trockenheit, Krankheitserreger oder Schädlinge abpuffern, was zu stabilen Erträgen führt und die Stressresistenz des Anbausystems erhöht.
- Die Vielfalt der Artenmischung verbessert Ökosystemdienstleistungen wie natürliche Filtration, Kohlenstoffanreicherung, Nährstoffflüsse und Bodenleben.

Weiterführende Infos findet ihr hier (verlinkt):



[Das Jena-Experiment: Erkenntnisse – alles ist mit allem verbunden](#)



[Vorteile von Zwischenfruchtmischungen – Catchy-Ergebnisse zusammengefasst](#)

Warum sind Bodenaggregate so wichtig? Hauptverantwortlich für eine gute Krümeligkeit im Boden und entsprechend mitverantwortlich für eine gute Bodengare und Porosität sind die Bodenaggregate. Im Boden können diese ausschließlich von Bodenorganismen gebildet werden – also von Bakterien, Pilzen, Pflanzenwurzeln und im Darm von Würmern – eine mechanische Bearbeitung kann das nicht erreichen. In den feinen Poren der Aggregate kann der mineralisch geschützte Kohlenstoff hunderte von Jahre alt werden.

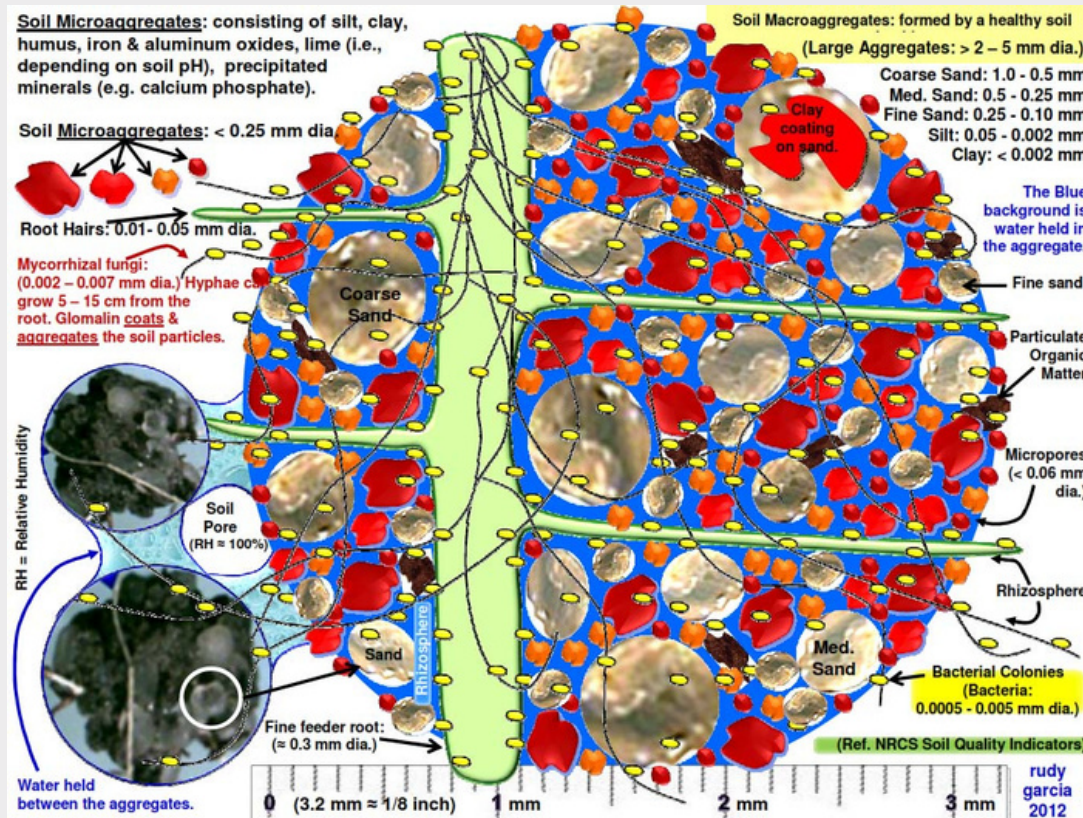


Abbildung von Rudy Garcia, USDA - NRCS

Das Diagramm zeigt ein Bodenmakroaggregat mit feinen Wurzeln, Wurzelhaaren, Mikroaggregaten, organischem Material, Sandkörnern, bakteriellen Kolonien, Mykorrhizapilz-Hyphen und Wasser im Hintergrund. Die Mykorrhizapilze sind entscheidend für das Verbinden der Bodenpartikel und die Versorgung von Mikroorganismen mit Kohlenstoff. Der Boden kann auch ausgefallene Minerale wie Eisenphosphat oder Calciumphosphat enthalten, abhängig vom pH-Wert.

Weiterführende Infos findet ihr hier (verlinkt):

[Kohlenstoffweg & Bodenfruchtbarkeit ab S. 12 \(Freistaat Sachsen\)](#)



[Stickstoff, das zweischneidige Schwert \(Englisch\)](#)

Rhizophagen-Kreislauf oder wie die Pflanze die Mikroben frisst.

in Anlehnung an James White, 2018

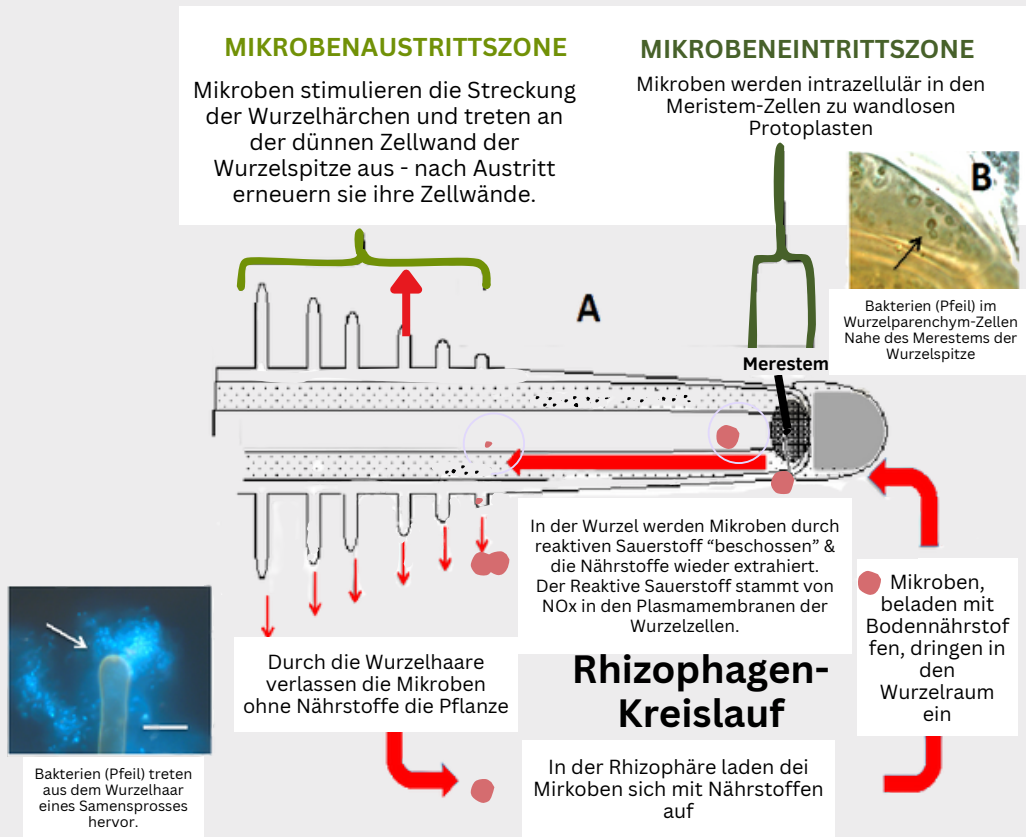


Abb. in Anlehnung an James White, Rutgers University, 2018.

“Die Bakterien wechseln also zwischen innerhalb und außerhalb der Pflanze. Innen werden sie “ausgezogen” und außen laden sie sich wieder voll.” Dr. Harriet Mella

Hast du schonmal von dem Rhizophagen-Kreislauf gehört?

Dieser faszinierende Zyklus wurde von dem Forscher James White an der Rutgers Universität in New Brunswick USA entdeckt. Zusammen mit seinen Kolleginnen und Kollegen erforschte er diesen Zyklus, der einen einzigartigen Blick in die Wurzelbiologie von Pflanzen wirft.

Alles beginnt in der Wurzelzone, wo die Pflanze, über ihre Wurzelausscheidungen ihre eigene Mikrofauna anlockt. Die Ausscheidungen enthalten Zucker und andere Stoffe, die jeweils spezifisch für die jeweilige Pflanze bestimmte Mikroorganismen, sogenannte Endophyten anlockt. Über die Wurzelspitze, um genauer zu sein im Meristem, schlüpfen die kleinen Mikroorganismen in die Wurzel rein. Einmal in der Wurzel angekommen, geben die Endophyten wichtige Nährstoffe wieder an die Pflanze ab. Das passiert nicht ganz freiwillig, denn durch den reaktiven Sauerstoff, den die Pflanze aufsprüht, wird die Hülle der Mikroorganismen aufgelöst und die Nährstoffe freigesetzt. Diese beinhalten viel Stickstoff, Bor, Kalium und mehr, das die Pflanze gerne aufnimmt – also von innen heraus gedüngt wird.

Danach sitzen die "nackten" Mikroorganismen (auch Endophyten bzw. in der Pflanze Protoplasten genannt) an der Wurzelwand und werden dann an den Wurzelhärchen ausgeschieden. Hier bekommen sie von der Pflanze noch etwas Zucker mit und bauen mithilfe von Luftstickstoff eine neue Hülle auf.

Anschließend versuchen sie wieder zur Wurzelspitze zu kommen und der Kreislauf startet von vorne.

Diese Wechselwirkung zwischen Pflanze und Mikroorganismen ist eine Symbiose, die es der Pflanze ermöglicht, sich eigenständig mit den notwendigen Nährstoffen zu versorgen. Symbiosen sind Beziehungen zwischen zwei Organismen, in diesem Fall, Pflanzen und Mikroorganismen, von der beide Partner profitieren.

Wichtig zu beachten ist, dass dieser Zyklus nur in nicht verdichteten Böden funktioniert, in denen ausreichend Luft vorhanden ist. Die Pflanze bezieht also nicht nur Ionen über das Bodenwasser, sondern "frisst" auch aktiv Mikroorganismen zur Nährstoffversorgung. Die Endophyten halten sich zunächst im Wurzelspitzenmeristem auf, dem Bereich mit der höchsten Zellteilung, bevor sie zwischen den Zellen in die Pflanze gelangen. Hast du gewusst, dass Pflanzen auf diese erstaunliche Weise ihre eigenen Nährstoffe gewinnen?!

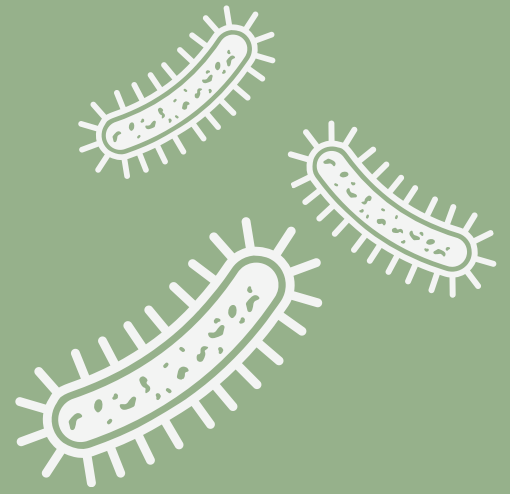


Weiterführende wissenschaftliche Veröffentlichungen von James White findest du hier (verlinkt):

James F. White et al (2018): [Rhizophagy Cycle: An Oxidative Process in Plants for Nutrient Extraction from Symbiotic Microbes](#)

James F. White et al (2021): [Chemical Interactions at the Interface of Plant Root Hair Cells and Intracellular Bacteria](#)

Was leisten die Mikroben?



1

VERBESSERN STRESSTOLERANZ

Sie verbessern die oxidative Stresstoleranz ihrer Wirtspflanze, z. B. bei Wasser- und Hitzestress sowie bei klimatischem Stress, indem sie Ethylen ausscheiden

2

NÄHRSTOFFLIEFERANT

Sie versorgen ihre Wirtspflanze mit Nährstoffen, z. B. Stickstoff und Spurenelementen.



Mikroben - die kleinsten und doch mächtigsten Wesen, die uns umgeben! Sie sind so winzig, dass wir sie kaum sehen können, aber sie sind überall – in der Luft, im Wasser, im Boden und sogar in unserem Körper. Einige der kleinen Racker können uns krank machen, aber andere sind unsere treuen Wächter und Helfer, die unsere Gesundheit aufrechterhalten. Eine winzige Welt voller Überraschungen!

3

WACHSTUMSFÖRDERND ODER HEMMEND

Diese kleinen Kerle sind die Cheerleader ihrer Gastgeberpflanzen, die das Wachstum ihrer Freunde unterstützen! Aber, wenn sie sich in neuen Pflanzen durch menschliche Eingriffe einschleichen, können sie böse Störenfriede werden, die das Wachstum der ahnungslosen Pflanzen hemmen oder sogar zu ihrem Tod führen.



4 SCHUTZ VOR INSEKTEN

Sie schützen die Wirtspflanzen vor Pflanzenfressern, indem sie Stoffe wie z. B. Alkaloide entwickeln lassen, die Insekten fernhalten.



5


SCHUTZ VOR SCHÄDLICHEN PILZEN


Sie unterdrücken krankmachende Pilze, indem sie diese kolonisieren, schwächen und je nach Fall sogar zu Endophyten umfunktionieren.


6

Zu guter Letzt fördern sie die Wurzelentwicklung ihrer Wirtspflanze.

Weiterführende wissenschaftliche Veröffentlichungen und Infos findest du hier (verlinkt):

 [James F. White et al \(2019\): Review - Endophytic microbes and their potential applications in crop management](#)

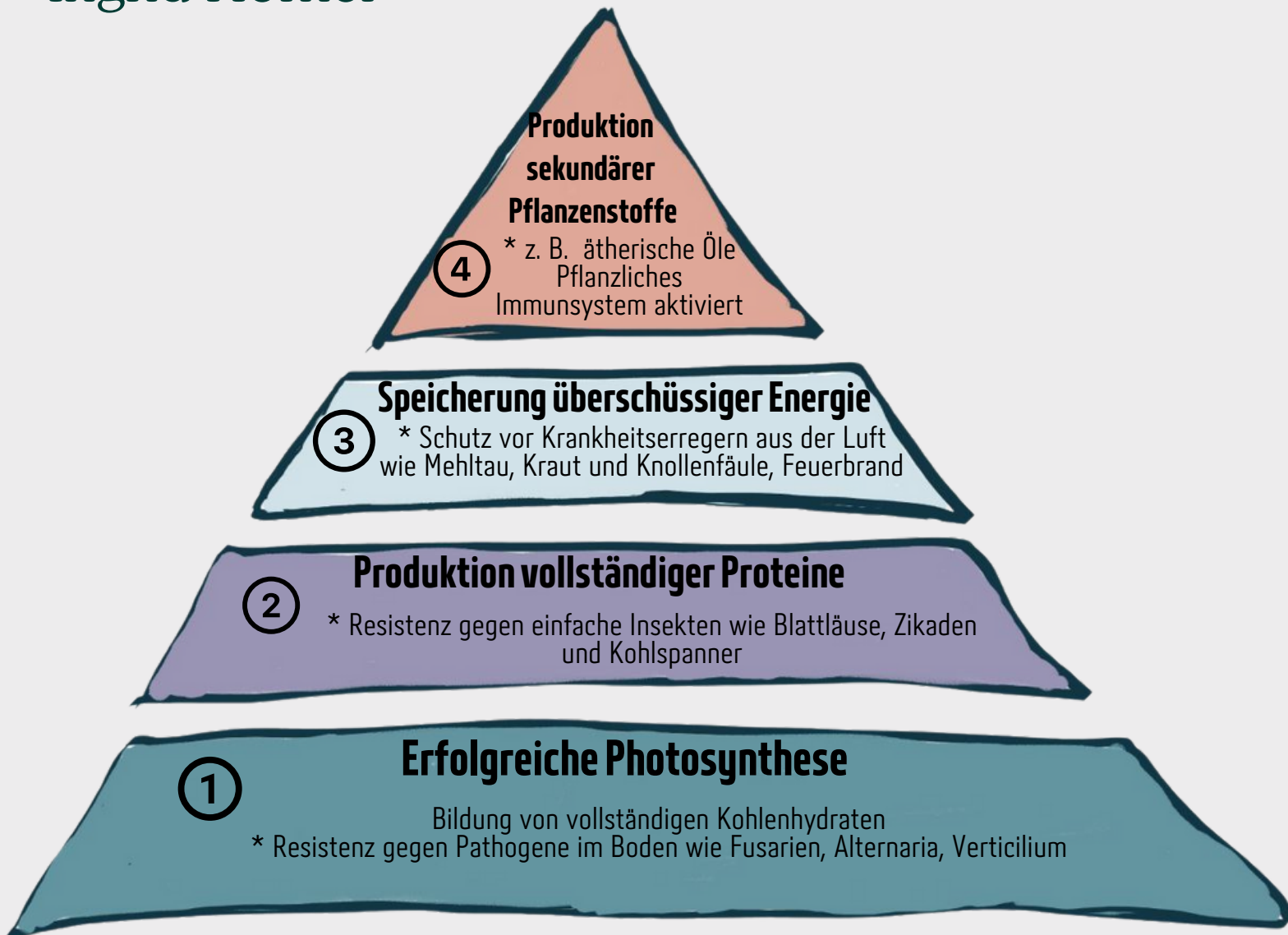
 [James F. White \(2021\) : Fort Wayne Agricultural Presentation-The Role of Soil Microbes in Plant Health and Nutrient Uptake](#)

 [Regenerative Agriculture Podcast \(2020\): How Plants Absorb Living Microbes and Convert Soil Pathogens into Beneficials with James White](#)



Pyramide der Pflanzengesundheit

nach John Kempf und
Ingrid Hörner



Eigene Zeichnung - Abbildung angelehnt an John Kempf - The plant health pyramid

„Wenn du die Photosynthese steigerst, kannst du nicht verhindern, dass die Erträge steigen“.

John Kempf

John Kempf ist ein Landwirt aus den Reihen der Amish People. Er hat Strategien entwickelt, die Pflanzen zu Spitzen-Photosyntheseleistungen zu bringen. Mit seinen Methoden werden die Pflanzen in die Lage versetzt, möglichst 95 % der Photosyntheseleistung an den Boden abzugeben. Dazu gehört vor allem die Messung der Nährstoffe und die Zugabe der Nährstoffe und Spurenelemente im richtigen Verhältnis. Dazu werden unter anderem Blattsaftmessungen gemacht und Blattdüngung, um Mängel auszugleichen. Eine gesunde Pflanze ist resilient gegen Krankheiten und Schädlinge und macht einen gesunden Boden und gesunde Lebensmittel. Der Vitamingehalt der Lebensmittel steigt und lässt sich entsprechend durch erhöhte Brix-Werte messen. Er arbeitet eng mit Dr. Arden Anderson und auch Dr. Harriet Mella zusammen, die wir auch schon als Referentin in unserem Netzwerk begrüßen konnten. Dr. Anderson ist Mediziner und setzt sich auseinander mit dem Immunsystem im Zusammenhang mit vollwertiger Nahrung und gesundem Boden.

Vier Stufen der Pflanzengesundheit

Stufe 1: Die effiziente Photosyntheseleistung, sprich die Pflanze kann genug Zucker in den Wurzelbereich abgeben. Bestimmte Mineralien (Mg, Fe, Mn + N, Si, B, Ca) sorgen dafür, dass vollständige Kohlenhydrate, Lignine und vollständiges Pektin entstehen.

Wenn Stufe 1 erreicht ist, wird eine Resistenz gegen pathogene Keime (wie pathogene Fusarien, Alternaria oder Verticillium) aus dem Boden aufgebaut. Ab dieser Stufe werden Wurzelexsudate an den Boden abgegeben.

Stufe 2: Vollständige Proteine erzeugen bietet Schutz vor Insekten. Aus dem produzierten Zucker werden hier mit Stickstoff Aminosäuren aufgebaut, die dann weiter zu hochwertigen Eiweißverbindungen aufgebaut werden. Wichtig hierfür sind die Versorgung mit Mineralien (Mg, S) und Spurenelemente (Mo, B) wie bspw. in Bittersalz vorhanden.

Stufe 3: Überschüssige Energie als Lipide speichern. Die Pflanzen beginnen zu glänzen. Dies bietet Schutz vor Krankheitserregern aus der Luft, wie Mehltau, Kraut- und Knollenfäule, Feuerbrand etc. Diese höheren Stufen basieren auf intakter Bodenbiologie. Erst wenn Lipide auch an den Boden abgegeben werden, dann wachsen die Pilze im Boden. Bodenkrümel entstehen durch Hyphen und Glomalin. Sogar bei Wassermangel kann dieser durch die Lipide gepuffert werden.

Stufe 4: Erzeugung sekundärer Pflanzenstoffe wie ätherischer Öle. Geruch und Geschmack werden intensiviert und das pflanzliche Immunsystem ist nun vollständig aktiviert. Es entsteht ein vollständiger Schutz, bei Höchstertträgen und höchster Qualität an Inhaltsstoffen, Geruch und Geschmack.

Gesunde Pflanzen haben ein intaktes Immunsystem, bilden einen gesunden Boden. Es kommt auf die Nährstoffverhältnisse an.

Weiterführende Infos findet ihr hier (verlinkt):



[Arden Andersen, Experte für Landwirtschaftsgeheimnisse | Experte für nachhaltige Landwirtschaft \(farmingsecrets.com\)](http://farmingsecrets.com)



[John Kempf bietet auch Online-Seminar an und hat einige Bücher geschrieben.](#)



[Gesunde Pflanzen sind immun gegen Schädlinge und Krankheiten](#)

Wie kann ich die Photosyntheseleistung meiner Pflanzen überprüfen? Was sind Brix-Werte und wie kann ich diese messen?

Im Humusreich Netzwerk hat Dr. Ingrid Hörner uns in die Brix-Wert-Messung eingeführt. Die Methode ist ein einfaches Tool, um selbst Blattsaftmessungen durchzuführen. Benötigt werden: eine Knoblauchpresse, Blätter von der entsprechenden Pflanze und ein Refraktometer.

Das Refraktometer misst die Lichtbrechung der gelösten Feststoffe in %Brix. Zucker und Kohlenhydrate sind mit 90 % der größte Anteil im Pflanzensaft. Enzyme, Hormone und organisch gebundene Mineralien sowie Aminosäuren die übrigen Anteile und somit kann die Messung Aufschluss über die gebundenen Nährstoffe in der Pflanze geben. Das gibt erste Anhaltspunkte zur Photosyntheseleistung und wie das Energieniveau der Pflanze ist. Dafür gibt es auch Vergleichswerte je nach Kultur, um die Messwerte besser einzuordnen.

Weiteres findet ihr von Ingrid Hörner auf Ihrer Website *Grüne Beratung* und in den Links unten.

Brix Pflanzenreaktion

0 - 6	anfällig für Erreger und Krankheiten
≥ 7	pathogene Schimmelpilze, Algen und Pilze können auf der Pflanze nicht wachsen
≥ 10	Früchte und Futtermittel erreichen ein höheres Qualitätsniveau. <ul style="list-style-type: none">• Pflanze kann die Mikroorganismen im Boden versorgen• gleichzeitig das eigene Wachstum und die Immunität fördern (keine Alternanz)
≥ 14	Insekten können den Saft aufgrund des hohen Zuckergehalts nicht mehr vertragen. Hier beginnt nährstoffreiche Nahrung

“Hohe Brix-Werte sind vergleichbar mit einer vollen Tankanzeige.”

Ingrid Hörner

Weiterführende Infos findet ihr hier (verlinkt):



[Brixwertmessung für die Testung vor der Blattdüngung von Ingrid Hörner](#)



[Anwendung der Brixsaftmessung](#)



[Brix-Messung: Vorteile, die sie kennen sollten von Ingrid Hörner](#)

**Refraktometer als Brixmesser,
mit dem man die
Photosyntheseleistung
überprüfen kann**

**Probeflüssigkeit der
Pflanze/Blattsafte**



**Skala der
Abmessung
(temperatur-
geeicht)**



Den Boden selbst bewerten – mit einfachen Tests

Spatenprobe, Versickerung und Co.



„Den Spaten sollte ein Landwirt immer mit dabei haben, um einen Blick in den Boden werfen zu können“.

Axel Vohwinkel

Boden selbst bewerten - Tipps

Es gibt einige Möglichkeiten für die Bodenbewertung zuhause.

Eine davon ist die visuelle Bewertung der Bodenstruktur im Feld. Auch die Beikräuter als Zeigerpflanzen können eine gute Hinweise auf die Stickstoff-, Kalk- und Wasserversorgung oder auch Bodenverdichtungen geben (Hierfür gibt es ein spannendes Tutorial mit Ingrid Hörner bei der aufbauenden Landwirtschaft).

**BASIS
TERRA
TEST**

Wir empfehlen allen in Schleswig-Holstein lebenden Menschen die Basis-Terra-Box, die beim LLUR (entwickelt von INGUS) bestellt werden kann. Hier sind zusammengefasst alle visuellen Bewertungstechniken aufgelistet, mit denen sehr gut auf dem Feld gearbeitet werden kann. Dazu sind die einzelnen Proben in kleinen Videos erklärt und es gibt eine handliche Box mit allen wichtigen Utensilien und Bewertungsbögen für den Vergleich zu später.



Für die erweiterte Bewertung gibt es noch weitere Anbieter wie die Mein Bodenbox vom Maschinenring Schleswig-Holstein. Hier werden die verschiedenen Tests übers Jahr in Paketen zugeschickt.

VESS ₂₀₂₀ Version: 09.09.2020	in der ganzen Schicht: Grösse und Form der Aggregate	ganze Aggregate bzw. Klumpen		Festigkeit nur bei günstiger Bodenfeuchte bewertbar, sonst weiter mit "Aufbrechen"	Aufbrechen der Aggregate bzw. Klumpen	Aufbau und Porosität der aufgebrochenen Aggregate bzw. Klumpen	Eigenschaften der aufgebrochenen Aggregate bzw. Klumpen		Wurzeln, Bodenfarbe (Wurzeln kann man nur bei etablierten Kulturen beobachten)	cm
		Grösse kurz nach Bodenbearbeitung nicht beurteilen (nur Aggregateform)	Form				Bruchflächen	Porosität		
Sq1 sehr gut (bröckelig)		meistens < 6 mm	Krümelig, kleine runde Aggregate	mit Fingern einfach zu zerdrücken			grössere Aggregate bestehen aus kleineren Aggregaten, die oft von Wurzeln zusammengehalten werden	Sehr porös	Wurzeln bis in Aggregate wachsend	0-1
Sq2 gut (intakt)		meistens 2 mm bis 7 cm	rundliche Aggregate, teilweise abgerundete Kanten; keine kohärenten Klumpen	Aggregate können mit einer Hand einfach zerdrückt werden			beim Aufbrechen werden raue, poröse Bruchflächen sichtbar	Porös	Wurzeln bis in Aggregate wachsend	1-5
Sq3 mittelmässig (fest)		2 mm bis 10 cm weniger als 30% sind < 1 cm	verschiedene Formen von eher rundlich bis leicht kantig; einige kohärente Klumpen sind möglich	die meisten Aggregate können mit einer Hand zerdrückt werden			beim Aufbrechen werden raue, poröse, teilweise aber auch glatte Bruchflächen sichtbar	Wenig porös, Makroporen und Risse möglich	nur noch einzelne Wurzeln in Aggregaten	5-10
Sq4 schlecht (dicht)		meistens > 10 cm weniger als 30% sind < 7 cm	meist kohärente Klumpen; scharfe Kanten, Risse und Lamellenbildung möglich	Klumpen können nur mit viel Kraft zerbrochen werden			beim Aufbrechen werden meist glatte, wenig poröse Bruchflächen sichtbar	sehr wenig porös; wenige erkennbare Makroporen	Wurzeln wachsen meist nur noch in Makroporen und Rissen oder auf der Oberfläche von Klumpen	10
Sq5 sehr schlecht (sehr dicht)		meistens > 10 cm	kohärente, scharfkantige Klumpen	Klumpen sind kaum aufzubrechen			beim Aufbrechen werden glatte, poröse Bruchflächen sichtbar; kleine scharfkantige Würfel können herausgebrochen werden	nicht porös; wenn Poren vorhanden, dann als einzelne Makroporen oder Risse	Wurzeln nur noch in Rissen oder auf der Oberfläche von Klumpen; anaerobe Zonen mit blaugrauer Färbung möglich	



Vollständige Version kann [hier heruntergeladen](#) werden.

Grafik: Agroscope Anpassung und Übersetzung der VESS Tabelle (Ball et al., 2007 ; Guimaraes et al. 2011) (https://www.sruc.ac.uk/info/120625/visual_evaluation_of_soil_structure)
Anpassung und Übersetzung gemacht im Ramen des STRUDEL-Projekts (www.strudel.agroscope.ch)

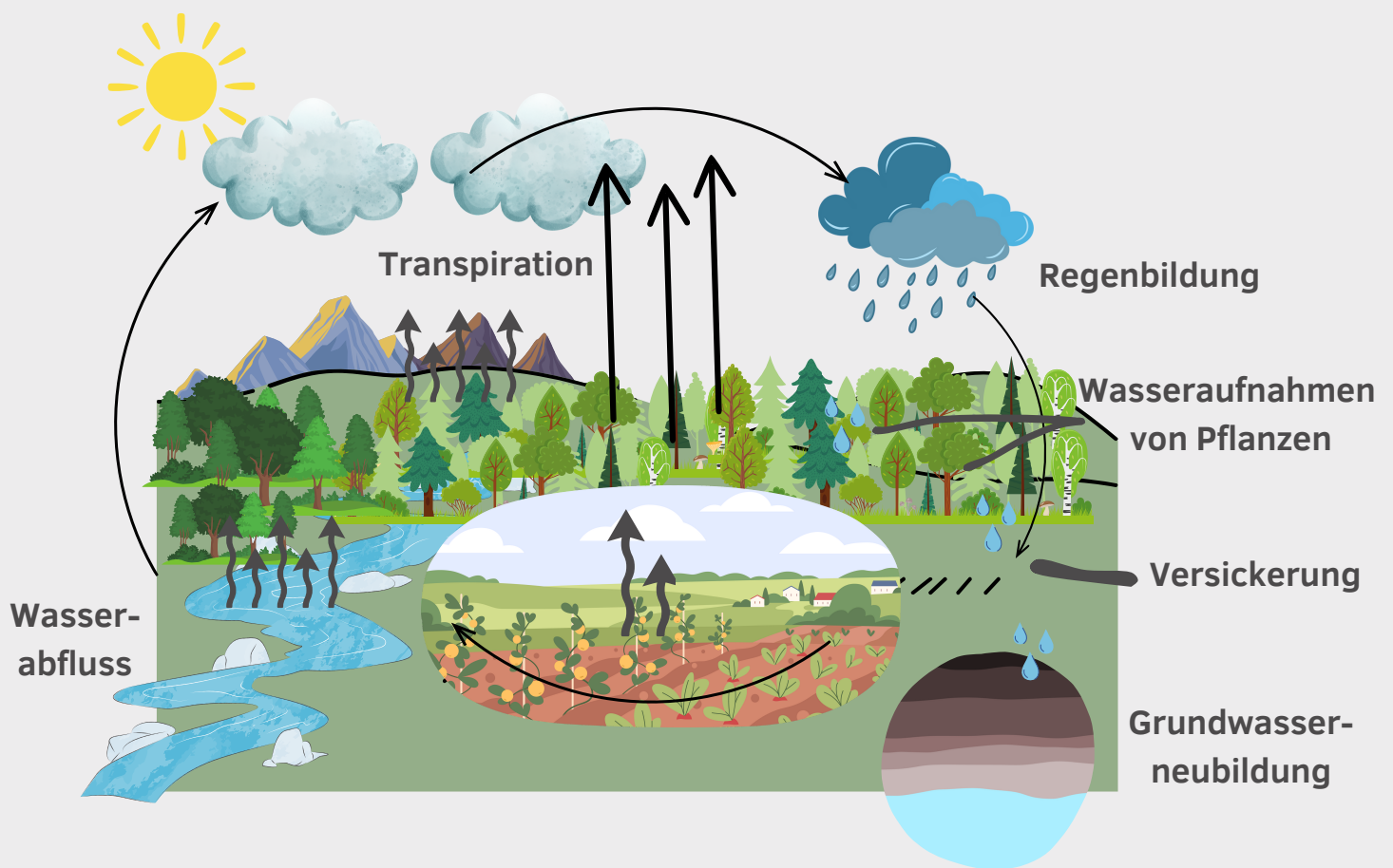


Gute begleitete Kurse zum Thema Bodenbiologie & Bodenansprache werden unter anderem regelmäßig von Sonja Dreyman Agrar, Ingrid Hörner und Dietmar Näser (Grüne Brücke) im Norden angeboten.

Die kleinen Wasserkreisläufe



Wo kommt das Wasser her und wie können wir es beeinflussen?



Die kleinen Wasserkreisläufe sind für 70 % unseres Regens aus dem Land verantwortlich – kommen also nicht direkt vom Meer sondern aus der Vegetation und Landschaft.

Lokale (regionale) Wasserkreisläufe

Wasserkreisläufe sind komplexe Prozesse, die sich innerhalb von Kilometern zwischen geografischen Gebieten abspielen und Wasser zwischen Boden, Atmosphäre, Pflanzen und Gewässern beeinflussen. Der lokale Wasserkreislauf ist ein faszinierender Prozess, der die Natur in ständiger Bewegung hält und eine entscheidende Rolle für das ökologische Gleichgewicht und die Wasserversorgung in Regionen spielt.

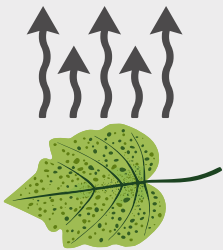


Die uns bekannteste Form von Wasser ist der **Niederschlag**, der auf Böden, Blätter und anderen Oberflächen tropft. Sagen wir, hier startet die Reise des Wasserkreislaufs, dann ist der nächste Schritt die **Infiltration** in den Boden.

Im Wald wird er von Bäumen und Pflanzen an den Wurzeln aufgenommen. Im Oberoben wird ein Teil gespeichert und ein Teil sickert in noch tiefere Bodenschichten Richtung Grundwasser. Dann transportieren die Bäume das Wasser bis zu den Blättern.



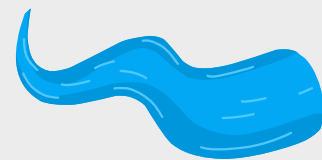
Dort verdunstet das Wasser durch winzige Poren, die sogenannten Spaltöffnungen. Dieser Prozess wird **Transpiration** genannt. Das durch Transpiration freigesetzte Wasser steigt als Wasserdampf in die Atmosphäre auf. Hier bildet es Wolken, die durch atmosphärische Zirkulationen weiter transportiert werden.



Das heißt, dass Niederschlagsereignisse heutzutage immer unregelmäßiger kommen, ist nicht nur eine Folge des Klimawandels, sondern auch von Landnutzungsänderungen, Bodendegradation und Verlust von Vegetation in der Landschaft.



Wind kann diese Wolken über verschiedene Regionen tragen. Die Wolken kondensieren und fallen erneut als **Niederschlag**, sei es Regen, Schnee oder Hagel. Dieser Niederschlag kann an einem anderen Ort wieder auf die Erde treffen. Wenn der Boden bereits gesättigt ist oder nicht genug Zeit hatte, das Wasser zu absorbieren, fließt es oberirdisch als **Oberflächenabfluss**.



Dies kann zu Bächen, Flüssen und Seen führen. Ein Teil des Regenwassers, das den Boden infiltriert hat, kann als **Grundwasser** gespeichert werden. Dieses Grundwasser bildet dann die Quellen von Bächen und Flüssen oder speist in das Grundwassersystem ein. **Pflanzen nehmen das Grundwasser über ihre Wurzeln auf, und der Wasserkreislauf beginnt von neuem.** Dieser kontinuierliche Kreislauf sorgt für eine ständige Verfügbarkeit von Wasser für Pflanzen, Tiere und den Boden.

Wenn Boden eine funktionierende Bodenschwammstruktur hat, funktionieren diese Wasserkreisläufe. Es gibt gleichmäßigen Regen und nur wenig Dürrezeiten. Durch Transpiration entstehen Mikrowassertröpfchen.

Bodenschwammfunktion

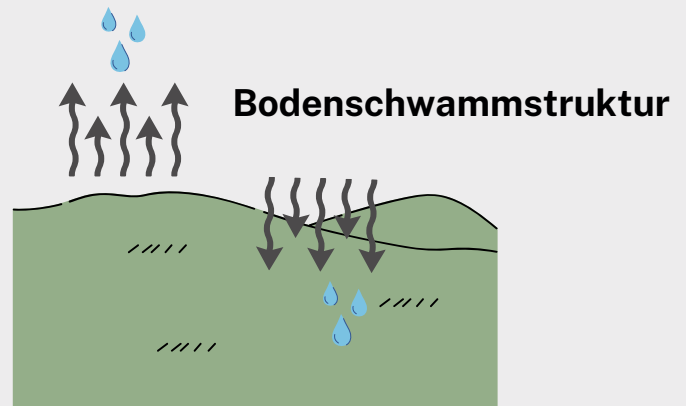
Auf der Erde gibt es viele regionale Wasserkreisläufe, die durch Bodendegeneration und Humusabbau gestört sind. Die Auswirkungen sehen wir in Extremregenereignisse und Trockenheit. Wenn Boden eine funktionierende Bodenschwammstruktur hat, funktionieren diese Wasserkreisläufe. Es gibt gleichmäßigen Regen und nur wenig Dürrezeiten. Durch Transpiration entstehen Mikrowassertröpfchen – durch diese gelangen Aerobakterien von den grünen Pflanzen bis in die Wolken. Diese Bakterien sorgen dafür, dass die Wassermikrotropfen sich zu Tropfen verdichten, die zu Regen werden.

Walther Jene, ein australischer Forscher, hat sich viel mit der Bodenschwammfunktion und den Auswirkungen auf die gestörten Wasserkreisläufe beschäftigt. Nur mit dem Aufbau der Schwammfunktion des Bodens durch Humusaufbau ist es möglich den Planeten zu kühlen.

Der eigentliche Schlüssel liegt in der Regeneration der Schwammfunktion des Bodens. Nur wenn die Regeninfiltration in die Böden funktioniert, kann durch Transpiration der grünen Pflanzen Wolkenbildung und Regen entstehen. Vor etwa 9000 Jahren wurden Prärieböden durch Rinder geschaffen mit ca. 8 % Humusgehalt, teilweise meterdick.

Waldverluste in den letzten dreihundert Jahren

Von ursprünglich 8 Mrd. ha Wald wurden 6,3 Mrd. ha gerodet, so dass heute inklusive Regeneration noch 3,5 Mrd. ha Wald vorhanden sind. Davon werden jährlich 3,5 Mio. ha gerodet und zusätzlich 2 Mrd. ha Gras und Stoppelreste verbrannt.



Natürliche Produktivität steigt exponentiell durch intaktes Bodenleben an. Das funktioniert nur mit einem fruchtbaren Boden mit Schwammfunktion. Dabei entsteht über den grünen Pflanzen Wasserdampf (Transpiration). Wenn Wasser verdampft, werden 590 Kalorien pro g benötigt. Das führt zusätzlich zu einem natürlichen Abkühlungseffekt in der Atmosphäre.

Eine Option für die Wiederherstellung der Bodenschwammfunktion wäre die intensive Beweidungsform wie die Portions- und Rotationsweidesysteme mit Bodenruhe. Hierbei werden "Pflanzenabfälle" wie beispielsweise Zwischenfrüchte beweidet, damit sie nicht oxidieren. Beim Weiden der Kuh – auf bewachsenen Flächen – wird das ausgestoßene Methan wieder zu CO_2 und Wasser umgesetzt, da aufsteigende Wassermikrotropfen durch Fotooxidation zu OH^- und HCO_3^- umgesetzt werden. Diese Moleküle wirken als Radikale und zersetzen Methan dann rapide zu CO_2 und Wasser. Dabei produziert das grüne Gras etwa 100 mal soviel von den Radikalen, die gebraucht werden, um das Methan der Rinder umzusetzen.



[Walter Jene über die Bodenschwammfunktion, Klimälösungen und gesunde Wasserzyklen](#)



[Aufbäumen gegen die Dürre mit Stefan Schwarzer](#) (auch gleichnamiges Buch ist sehr empfehlenswert!)



IMMERGRÜN - dauerhafte Vegetation schafft dauerhafte Photosynthese & dauerhaft Futter für den Boden

Ein Ansatz, der als wichtig für die Förderung von Humus angesehen wird und viel Potenzial birgt, sind dauergrüne Böden.

Eine vollständige Begrünung auf den Äckern ist das Ziel des Prinzips *Immergrün*. Dahinter steht die Versorgung des Bodenlebens und der Schutz des Bodens vor Erosion, Verdunstung und Überhitzung.

Mit einer Gründüngung oder Zwischenfruchtbeständen können diese folgenden Funktionen erfüllt werden:

- durchgängige Fütterung des Bodenlebens
- Strukturbildung
- Bodenbedeckung & Erosionsschutz
- Nährstoffspeicher
- Aufbau von organischer Masse
- Düngung durch das Bodenleben

Zwischenfrüchte und Untersaaten



Genau für das Prinzip Immergrün sind die Zwischenfrüchte und Untersaaten so wichtig. Aber welche Zwischenfrucht ist jetzt die Richtige? Und warum ist der Senf alleine nicht mehr gut genug?

Warum sind Zwischenfrüchte wichtig?

Im Frühjahr und Herbst können Zwischenfrüchte helfen, den Boden zu beleben, aufzulockern und wichtige Nährstoffe bereitzustellen. Das Bodenleben bleibt lebendig und wird gefördert. Mykorrhizapilze beispielsweise können eine positive Symbiose zwischen Pflanzen und Boden eingehen und die Pflanze direkt mit wichtigen Nährstoffen versorgen. Während lange Zeit noch der Senf eine sehr beliebte Zwischenfrucht war, hat sich in der Forschung viel getan. Inzwischen wurde er von artenreichen Mischungen mit mindestens fünf Mischungspartnern abgelöst. Mehr Vielfalt in der Zwischenfruchtmischung hilft nicht nur als Risikoversicherung für verschiedene Böden, sondern ist auch hilfreich für unterschiedliche Standorte und Wetterbedingungen (die nicht immer vorhersehbar sind..). Neueste Studien der letzten 10 Jahre (insbesondere die Forschungsgruppe Catchy), zeigen die immensen Vorteile, die mehr Diversität für die Photosyntheseleistung, die Wurzeleistung und somit eine Anregung der Humusbildung bedeuten.

Warum sind Zwischenfrüchte besser als Brache?

Zwischenfrüchte sollen auch über den Winter die Bodenlebewesen ernähren, damit sie die Photosyntheseleistung auf den Flächen aufrechterhalten und einen Abfluss an

Nährstoffen verhindern. Gleichzeitig zeigen Versuche bei abfrierenden Zwischenfrüchten, dass diese auch durch Ausgasung Kohlenstoffverbindungen oder Stickstoffverbindungen freisetzen können. Außerdem hilft die Begrünung vor Erosion im Boden im Vergleich zur Brache und beugt dadurch der Abtragung von Humus vor.

Dazu kommt im Sommer und Spätsommer die Funktion der Abkühlung des Bodens, mit steigenden Temperaturen sind auch auf dem Feld die Unterschiede deutlich zu sehen zwischen begrünter Fläche und Brache. Bei hohen Temperaturen können auf bewachsenen Flächen 20-30°C kühlere Werte im Vergleich zur Brache gemessen wurden. Das hat einen erheblichen Einfluss auf das Kleinklima. Aber ist auch besonders wichtig für das Bodenleben, denn zu hohe Temperaturen auf dem nackten Feld können diese nicht ab. Die dauerhafte Begrünung hilft also auch ein langfristig gesundes Mikrobiom im Boden zu pflegen, das die Kulturpflanzen mit Nährstoffen versorgen kann.



Foto Nicole Maack



Vielfalt an Pflanzen bringt Vielfalt & mehr Stressresistenz im Boden!

Der Mix macht's!

Die Auswahl der Zwischenfrüchte und Mischungen ist groß! Hier sind die regionalen Saatgutproduzent*Innen in der Regel gute Ansprechpartner*Innen für die richtige Zusammensetzung. Ein guter Mix besteht aus mindestens fünf Pflanzenkomponenten: aus einer Leguminosen und Nicht-Leguminosenkomponente, verschiedenen Gräsern, Kleearten und Retticharten. Das Erschaffen von neuen Wasserwegen im Boden – sogenannte "Wurzelauto bahnen" wird von tiefwurzelnden Pflanzen wie Ölrettich oder Rübsen übernommen. Die Wurzeln dieser Pflanzen können gleichzeitig den Boden bei kleinen Verdichtungen natürlich aufbrechen und dadurch neue Kanäle für die Folgekultur schaffen. Der Rettich kann tief in den Boden eindringen und die Feuchtigkeit in unteren Bodenschichten gut nutzen, wohingegen Phacelia oder Rauhafer als Flachwurzler gut kleine Niederschläge aufnehmen und verwerten können.

Wichtig sind auch die verschiedenen Funktionen, die verschiedene Pflanzenfamilien mit in den Mix bringen. In der Natur gibt es keine Monokultur und jede Pflanzenart nimmt eine andere ökologische Funktion ein. Die Leguminosen, wie Wicke und Lupine, können mit ihren Knöllchenbakterien vermehrt Stickstoff im Boden speichern. Damit wird für die nächste Kultur der Dünger schon organisch bereitgestellt. Auch Hafer und Gräser können



durch größere Wurzelmassen den Boden gut zusammenhalten und vor Erosion schützen. Als Strukturbildner können sie für die nächste Saison helfen den Boden vorzubereiten und unterstützen durch natürliche Bodenauflockerung im Frühjahr. Statt abfrierende werden inzwischen halb-abfrierende Mischungen empfohlen, die auch als erster Futterschnitt im Frühjahr genutzt werden können. Somit hat der Mix aus verschiedenen Pflanzenfamilien den Vorteil einer großen Abdeckung an Ökosystemleistungen während der Ruhephase auf dem Feld.

Definition Liquid carbon pathway – Zucker wird durch die Pflanze in den Boden eingebunden und durch das Mikrobiom als organische Kohlenstoffverbindungen an der Wurzel eingelagert.



„Der Senf gehört nicht aufs Feld, sondern auf die Wurst.“

Andreas Krallinger (DSV Berater)

Was haben alle gegen den Senf?

Die wohl bekannteste und noch immer beliebteste Zwischenfrucht ist der Senf, der im Spätsommer ausgebracht wird und dann über den Winter abfrieren soll. Denn dieser bildet schnell einen guten Bestand aus und deckt den Boden. Lange Zeit wurde dabei übersehen, dass der Senf keine mykorrhizierende Pflanze ist, also keine partnerschaftliche Beziehung mit wichtigen Pilzen im Boden eingeht und auch eine schlechte Durchwurzelung hat. Dadurch ist der Boden trotz Bestands erosionsgefährdet. In einigen Studien wurde die Bodenstruktur und das Bodenleben untersucht wobei Senf und einem Gründungs-Mix im Vergleich standen, dabei war der Mix der eindeutige Gewinner mit einer höheren biologische Aktivität im Boden und eine rundere Bodenkrümelstruktur. Das liegt auch daran, dass jede Pflanze mit unterschiedlichen Bodenlebewesen und Pilzen Symbiosen eingeht. Und bei einem entsprechend höheren Anteil an verschiedenen Pflanzenfamilien im Mix, können auch mehr Wurzeln das Bodenleben anregen. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die „Risikoversicherung“, die bei einer Zwischenfrucht-Mix mit ausgebracht wird. Jedes Jahr und auf jedem Boden setzen sich je nach Wetterbedingungen andere Pflanzen durch. Mit einem Mix von minimal sechs unterschiedlichen Komponenten, kann das Risiko des Nicht-Auflaufens von Saat verkleinert und der Boden begrünt werden.

Nimmt die Gründüngung das Wasser für meine Nachfolgekulturen weg?


Eine schwierige Frage, die nur mit “es kommt darauf an” beantwortet werden kann. Studien zeigen, dass sich durch die Pflanzen Tau bildet (bis zu 1 l pro m²) und somit der kleine Wasserkreislauf besser geschlossen werden kann als auf einer brachliegenden Fläche (siehe Bodner et al 2007). Im Gegensatz zu der Brachfläche geben die Pflanzen auch durch den Schatten Verdunstungsschutz und helfen, das Wasser im Boden zu halten. Außerdem werden Nährstoffe mit Hilfe des Bodenlebens weiter aufgeschlossen, eingebunden und können so auch für die nächste Kultur bereitgestellt werden. Anders sieht es bei abfrierenden Kulturen, bei denen Nährstoffe über den Winter ausgasen oder auswaschen können.

Allerdings kommt es wie immer auf den Kontext an:

- Welchen Standort betrachte ich? Ist es ein schwerer Boden, der im Frühjahr nur langsam erwärmt oder einen sandiger Boden?
- Wann ist die Aussaat geplant und welche Zwischenfruchtmischung soll gesät werden?
- Und in welcher Fruchtfolge?




All das kann einen Einfluss auf die positive Entwicklung der Bodenfauna haben.

Bei unterschiedlichen Böden gibt es auch unterschiedliche Voraussetzung für die Bewirtschaftung!


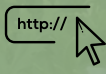


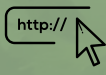


Mit möglichst großer
Sortenvielfalt gibt es die höchste
Photosyntheseleistung und damit
am meisten Wurzelaktivität.

**Weitere Infos, Links und spannende Videos zu
Zwischenfrüchten, Gründüngung und Untersaaten findet ihr
hier:**

-  [Das einzigartige Mikrobiom der Pflanzen mit Dr. Norman Gentsch](#)
-  [Das Potenzial von Zwischenfrüchten und worauf man achten sollte](#)
-  [The Soil Carbon Sponge, Climate Solutions and Healthy Water Cycles with Walter Jehne](#)

Weiterführende Infos findet ihr hier (verlinkt):

-  [Das Jena-Experiment: Erkenntnisse – alles ist mit allem verbunden](#)
-  [Vorteile von Zwischenfruchtmischungen - Catchy-Ergebnisse zusammengefasst](#)
-  [IG Gesunder Boden: Website für mehr Infos zu den Aktionen und Veranstaltungen](#)
<https://www.ig-gesunder-boden.de>
-  [Wassermanagement durch Zwischenfrüchte \(Forschungsergebnisse\)](#)
-  [Vorteile der Zwischenfruchtmischungen](#)

* Agroforstsysteme & Keyline Design

Agroforstsysteme und Keyline Design sind nachhaltige Landnutzungspraktiken, die ökologische und ökonomische Vorteile bieten. Mit langfristigen Ertragsstrategien werden diese Systeme in Kombination immer beliebter.

Was sind Agroforstsysteme?

Agroforstsysteme zeichnen sich durch die Integration von Bäumen und Sträuchern auf Acker- und Weideland aus, um ökologische, ökonomische und soziale Vorteile zu maximieren. Es gibt verschiedene Formen von Agroforstwirtschaft. Die Streuobstwiese ist bei uns die älteste und bekannteste Urform. Moderne Agroforstsysteme kombinieren Bäume mit Ackerflächen oder Tierhaltung, manchmal sogar beides gleichzeitig.

Die Nutzungsmöglichkeiten von Agroforst sind vielfältig und reichen von Kurzumtriebsplantagen für Energieholz bis zu langfristig angelegten Werthölzern, Edelnuss- oder Fruchtbäume. Die Bäume können auch auf Wiesen als Schattenspender für Nutztiere integriert werden. Diese Diversität fördert natürliche Bestäubung, reduziert Schädlinge und stärkt die Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten.

Langfristig bieten diese Systeme einige Vorteile:

- Diversifizierung des Betriebs,
- verbesserte flächenbezogene Energiebilanzen,
- höhere Ertragsstabilitäten durch verbessertes Mikroklima,
- Verteilung der Arbeitsspitzen und
- Reduzierung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln.

Allerdings sind die Startfinanzierung und die politischen Förderbedingungen momentan noch eine Herausforderung.

Was versteht man unter Keyline Design?

Entwickelt von P.A. Yeomans, basiert sie auf der Identifikation und Nutzung von Schlüssellinien - also natürlichen Hanglinien, um Wasser zu lenken und zu verlangsamen. Die Grundidee besteht darin Wasser aus höheren Gebieten entlang dieser Linien zu sammeln und effizient zu verteilen. Wodurch Erosion reduziert und Wasserreserven optimiert werden können. Gleichzeitig wird die Bodenstruktur verbessert und die Resilienz von Agrarökosystemen gestärkt.



<http://> 

Mehr Infos: Defaf - Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft

<http://> 

Beratung zur Planung von Agroforstsystemen (Triebwerk).

<http://> 

Beratung zur Planung von Agroforstsystemen
(Baumfeldwirtschaft -Philipp Gerhard)

ERWEITERTE BODENANALYSE NACH ALBRECHT & KINSEY

Neben der einfachen Bodenprobe gibt es noch ein paar weitere Analyseverfahren auf dem Markt. Doch wo liegen die Unterschiede? Und was kann man selbst mit einfachen Mitteln testen?



Was ist die Albrecht-Analyse und was bringt sie mir?

Die Albrecht- oder auch Kinsey-Analyse sind zwei Bodenanalysearten, bei denen neben den Nährstoffgehalten, die Nährstoffverhältnisse betrachtet und auf Kationenaustauschkapazitäten geschaut wird. Mit der Analyse erhältst du so eine Übersicht über den Gehalt und die Pflanzen-verfügbarkeit der Nährstoffe im Boden. Die sind wichtig, denn durch eine chemische Wechsel-wirkung zwischen positiv (Kationen) und negativ (Anionen) geladenen Stoffen, wird ebenfalls die Verfügbarkeit der Makro- und Mikronährstoffe beeinflusst. Eine Düngeempfehlung, auf der Albrecht-Analyse basierend, ermöglicht dir somit eine differenzierte Düngung. Sie geht über die reine Düngung von pflanzenverfügbaren Nährstoffen (z. B. wie bei Phosphatdüngung Unterfuß zu Mais) hinaus. Denn mit einer Düngung, die die Verhältnisse und Verfügbarkeit der vorhanden Nährstoffe beachtet, kann langfristig der Boden in einen chemisch ausbalancierten Zustand gebracht werden. Ist der Boden ausbalanciert, werden die natürlichen Nährstoffressourcen des Bodens nutzbar.

Exkurs 1: Die natürlichen Nährstoff-Ressourcen des Bodens nutzen

In einem idealen Bodengefüge arbeiten die Bakterien und Pilze zusammen und sorgen für die Nährstoffversorgung der Pflanze. Sie erschließen die schon vorhandenen Nährstoffe im Boden und versorgen die Pflanze über die Wurzeln mit allem wichtigen (machen die vorhanden Nährstoffe pflanzenverfügbar) und bekommen dafür zuckerhaltige Lösungen im Austausch (Symbiose – Stichwort: Liquid Carbon Pathway Glossar). Mehr darüber findet ihr bei den Grundlagen Bodenbiologie (Verweis). Mineralisch große Zugaben sind durch ein ausgeglichenes Nährstoffverhältnis nicht mehr notwendig.

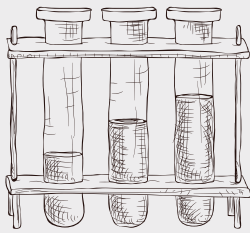
Expertenbeitrag im Netzwerk

Für einen besseren Überblick der Albrecht-Analyse bzw. Kinsey-Analyse haben wir den Bodenkundler Dr. Christophel als kompetenten Ansprechpartner mit viel Praxiserfahrung für unser Netzwerk eingeladen. Neben der Wichtigkeit der Zusammenhänge im Boden erklärte er die Einflüsse von geologischen Verhältnissen, dem Klima, Reliefs, der Organik vor Ort.



[http://](#) **Albrecht-Analyse: Nährstoffverhältnisse und Nährstoffverfügbarkeit**





Was wird mit der Albrecht-Analyse angeschaut?

Neben den bei der LUFA standardmäßig untersuchten Werten für P, K, Mg und pH, werden die Nährstoffverhältnisse zueinander und die Mikronährstoffe mit analysiert. Oftmals sind die Nährstoffe im Boden schon ausreichend vorhanden, können jedoch von den Pflanzen nur teilweise aufgenommen werden, da sie nicht pflanzenverfügbar sind. Deswegen müssen die Nährstoffe erst einmal pflanzenverfügbar gemacht werden. Die Düngung nach der Albrecht-Analyse fördert das chemische Gleichgewicht und damit die Wiederansiedelung von gewünschten Mikroorganismen. Abhängig vom Nährstoff ist der richtige pH-Wert entscheidend. Dann kommen noch Mikroorganismen und Mykorrhizapilze als Helfer ins Spiel.

Kationenaustauschkapazität

Die Kationenaustauschkapazität ist die Summe der austauschbaren Kationen (positiv geladene Teilchen). Man kann die KAK bildlich als Kühlschrank mit verschiedenen Nährstoffen beschreiben. Die KAK gibt die Größe des Kühlschranks an. (KAK 10 mittelgroß, 5 klein, 20 groß). Neben der Bodenart hat der Humusgehalt einen entscheidenden Einfluss auf den Wert der KAK. Ein kleiner Kühlschrank wäre bspw. Sand, ein mittlerer sandiger Lehm und ein großer toniger Lehm.



Mittel



Klein



Groß

Humus spielt eine wichtige Rolle bei der Regulierung der Kationenaustauschkapazitäten im Boden. Es ist ein Teil des organischen Bodenmaterials und fungiert als Reservoir für positive Ionen wie Kalium, Calcium und Magnesium. Durch den Austausch dieser Ionen mit negativ geladenen Teilen des Bodens, wie Aluminium- und Eisen-Ionen, reguliert Humus die Kapazität des Bodens, Nährstoffe zu halten und zu verteilen. Ein guter Humusgehalt im Boden führt zu einer höheren Kationenaustauschkapazität und einer besseren Nährstoffversorgung für Pflanzen.

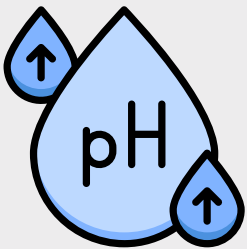
Basensättigung

Die Basensättigung zeigt, was der Inhalt des „Kühlschranks“ ist und in welchem Verhältnis sie zur Gesamtmenge vorkommen. Das wird mit der „Normalverteilung“ verglichen: 70 % Ca, 15 % Mg, 5 % K und 1 % Na (ergeben 90 %). Vergleicht man die Verhältnisse mengenmäßig von dem Kühlschrank-Bild der Nährstoffe mit den Zutaten für ein Gericht, z. B. einen Gemüsehackauflauf ergibt sich sinnbildlich 40 % Gemüse, 20 % Nudeln, 20 % Hack, etwas Käse 5 % und eine Soße für den Geschmack 10 %. Die Soße macht dabei nur einen kleinen Anteil von der Gesamtmenge aus. Sie steht symbolisch für die Spurenelemente. Die Spurenelemente nehmen nur einen kleinen Raum ein, wie z. B. eine kleine Schale mit Soße, die auf das Geschmackserlebnis aber einen erheblichen Einfluss hat. Ein Spurenelement ist Bor, das nur mit 1 ppm im Boden vorgesehen ist. Auch wenn ein „großer Kühlschrank“ länger vorhält, gilt hier im übertragenen Sinne: **Besser in kleinen Mengen düngen als zu viel!**

Die Verhältnisse der Nährstoffe sind essentiell wichtig und zu hohe Nährstoffgehalte können andere Nährstoffe wiederum unverfügbar machen oder Auswaschung und Versauerung begünstigen.

ERWEITERTE BODENANALYSE

AUSWERTUNG & AUSSAGEN



Wie können welche Werte interpretiert werden bzw. worauf ist zu achten?

Der pH-Wert ist von mehr abhängig als nur der Menge Ca!

1. pH-Wert: Hierfür gibt es verschiedene Weisen, diesen zu bestimmen: H_2O (meist am höchsten), $CaCl_2$, und/oder KCl . Je nachdem welche Methode verwendet wird, entsteht ein anderes Ergebnis, das sich um ca. 0,3-0,8 pH von den anderen unterscheidet. Also ist auch hier schon Vorsicht geboten, für die Rückschlüsse auf Kalkung oder andere Bodenbehandlungen.

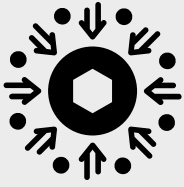
Der pH-Wert des Bodens wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst und damit auch die Verfügbarkeit bzw. Aufnahme bestimmter Nährstoffe durch die Pflanzen.

Die wichtigsten Nährstoffe, die den pH-Wert des Bodens beeinflussen können, sind:

- **Calcium (Ca):** Ein hoher Ca-Gehalt im Boden kann den pH-Wert erhöhen, während ein niedriger Ca-Gehalt den pH-Wert senken kann.
- **Magnesium (Mg):** Ähnlich wie Calcium kann auch Magnesium den pH-Wert des Bodens beeinflussen. Ein hoher Mg-Gehalt kann den pH-Wert erhöhen, während ein niedriger Mg-Gehalt den pH-Wert senken kann.
- **Kalium (K):** Ein hoher K-Gehalt im Boden kann den pH-Wert senken.
- **Aluminium (Al):** Ein hoher Al-Gehalt im Boden kann den pH-Wert senken bzw. ist oft die Folge von niedrigem pH Werten im Boden.
- **Schwefel (S):** Ein hoher S-Gehalt im Boden kann den pH-Wert senken.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Auswirkungen dieser Nährstoffe auf den pH-Wert des Bodens von anderen Faktoren wie dem Bodentyp und dem Klima abhängen können.

Die Körnung des Bodens (Anteile an Sand, Schluff, Lehm, Ton) und die Bodenart spielen daher eine wesentliche Rolle.



2. Antagonisten und Synergisten

Bei der Nährstoffverfügbarkeit gibt es Antagonismen z. B. K-Mg (Rioetra et al. 2015) oder P-Zn (Zang et al. 2012) und Synergismen, die von Watts 1990 in einem Kreisdiagramm mit Pfeilen dargestellt wurde. Hier gilt je nach Konzentration und Verhältnis der verschiedenen Nährstoffe, können Konkurrenzsituationen auftreten. Zu viel von dem einen Nährstoff blockiert/erschwert die Aufnahme eines anderen (mit ähnlichen atomaren Eigenschaften). Oder aber bei den Synergisten kann die Aufnahme des einen Nährstoffes die Aufnahme des anderen begünstigen.

3. Zielbereiche für die Basenkationen:

Für die Austauschkapazitäten bzw. die Basensättigung werden Zielbereiche der einzelnen Basen angegeben.

Ca 60-70 %, Mg 10-20 %, K 2-7,5 %, Na 0,5-3 %

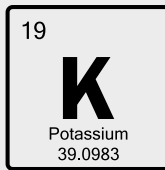
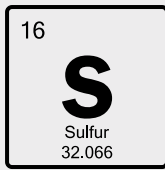
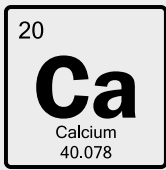
Und auch die Verhältnisse werden in einen Rahmen gesetzt, damit die Abweichungen zu dem „idealen“ Zustand leicht zu erkennen sind.

Bspw. Ca:Mg mit 68:12

Denn auch bei einem ausreichenden Gehalt eines bestimmten Elements kann es zu Überschuss oder Mangel und möglichen Schadsymptomen kommen, wenn die Nährstoffverhältnisse von den „Normalwerten“ abweichen.

Die wichtigsten Antagonisten und Synergismen

Ursache	Wirkung	
	<i>Erschwert die Aufnahme (Antagonismus)</i>	<i>Fördert die Aufnahme (Synergismus)</i>
NH ₄ -N	Ca, Mg, K	P und Sulfat
NO ₃ -N	P	Ca, Mg, Mn, K
Ca	Mg, Fe, B, Mn	
K	Ca, Mg, NH ₄ -N, B	NO ₃ -N
Mg	Ca	P



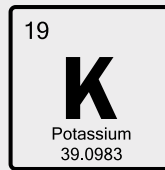
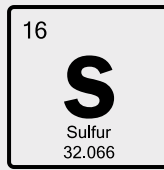
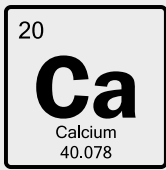
Die wichtigsten Antagonisten und Synergismen (Fortsetzung)

Ursache	Wirkung	
<i>Hohe Konzentration</i>	<i>Erschwert die Aufnahme (Antagonismus)</i>	<i>Fördert die Aufnahme (Synergismus)</i>
Mn	Mg, Fe, Zn, NH ₄ -N	
Cl	P, NO ₃	Ca
Na	Ca	P
P	Fe (Ca, B, Cu)	Zn
Cu	Fe, B	
SO ₄ -S	Mo	Ca
Zn	P	
<i>Optimale Versorgung: B</i>		K, Ca, P
<i>Mangel: B</i>	K, Mg, P	“Kohlenhydratstau”



Wie kommt eigentlich das freie Aluminium in die Pflanze? Das ist vielleicht bei einer Blattsaftanalyse oder ähnlichem mal aufgefallen, obwohl der pH-Wert in Ordnung ist. Der Grund kann hier bei der Mineralisierung des Bodens, also dem Abbau von Humus liegen, bei der gebundene Ionen wieder frei werden. Das freie Aluminium kann toxisch auf Pflanzen und Bodenleben wirken.

Als hilfreiche Maßnahme dagegen hat sich eine Siliziumspritzen mit organischem Silizium (nur 1-2 kg/ha) gezeigt (nach Dr. Ingrid Hörner).



Was solltest du vor der Kalkung beachten?

Bei niedrigen Humusgehalten und einer geringen Basenkonzentration ist auf Grundkalkungen angewiesen (Eine Grundkalkung von 1 t/ha sollte pro Jahr auf den Flächen durchgeführt werden). Bei hohen Humusgehalten, die regelmäßig mit Mist organisch nachdüngt werden, sollte auf die Grundkalkung verzichtet und nur bei Bedarf gekalkt werden. Aber auch hier sollten vor der Kalkung des Bodens einige wichtige Punkte beachtet werden, um eine optimale Düngung zu gewährleisten.

1. Bodenanalyse: Bevor man mit der Kalkung beginnt, sollte eine Bodenanalyse durchgeführt werden, um den aktuellen pH-Wert und den Gehalt an Calcium (Ca) und Magnesium (Mg) im Boden zu bestimmen. Mg⁺ wirkt bspw. 1,4-mal stärker auf den pH-Wert ein als Ca⁺. Dies ist wichtig, um den richtigen Kalk für die Fläche herauszufinden.

2. Berücksichtigung der Nährstoffverhältnisse: Die Nährstoffverhältnisse im Boden sollten berücksichtigt werden, da sie einen unterschiedlichen Einfluss auf den pH-Wert haben können. So kann beispielsweise eine hohe Konzentration an Magnesium den pH-Wert erhöhen, während eine hohe Konzentration an Kalium den pH-Wert senken kann.

3. Entscheidung zwischen verschiedenen Ausgangsmaterialien: Bei der Kalkung des Bodens stehen verschiedene Ausgangsmaterialien zur Auswahl, wie zum Beispiel Dolomit, Gips oder Algenkalk. Dolomit enthält sowohl Calcium als auch Magnesium, während Gips nur Calcium, aber auch Schwefel enthält. Die Wahl des Ausgangsmaterials hängt von den Bedürfnissen des Bodens ab.

4. Calciumdefizit: Wenn ein Calciumdefizit im Boden vorliegt, kann eine Kopfkalkung/Spritzkalkung mit Gips/Kristallkalk als Calciumdünger durchgeführt werden. Dabei wird zum Beispiel Gips auf die Bodenoberfläche aufgebracht und anschließend eingearbeitet oder Kristallkalk auf den Bestand gespritzt.

5. In welcher Form wird ausgebracht: Willst du eine Kopfkalkung (200 kg/ha) machen oder eine Spritzkalkung (1-2 kg/ha)? Hier liegen die Ausbringmengen stark auseinander.

Idealerweise ist der pH-Wert zwischen 6,5 -7 (Wassermessung). Falls er, über 6,5 oder unter 5 pH liegt, werden Nährstoffe festgelegt und sind nicht mehr pflanzenverfügbar. Pilze gedeihen lieber im sauren Mileu.



TIPP: Ob der Kalk, der in der Bodenprobe angezeigt wurde, auch verfügbar ist, kannst du einfach auf dem Feld überprüfen mit der HCl-Probe (**Karbonatstest**), siehe Bodentestübersicht. Wenn es schäumt, ist noch Kalk verfügbar.

Eine Kinsey/Albrecht-Standardanalyse kostet ca. 85,-€ pro Probe und sollte alle 2 bis 4 Jahre wiederholt werden. Große Mengenempfehlungen sollten in Teilgaben aufgespalten werden.



[Ca:Mg-Verhältnis im Boden und warum das wichtig ist](#)



[http://](#)

[Bodenanalyse nach Nährstoffverhältnissen von Geobüro Christophel](#)



[http://](#)

[Bodenanalyse nach Nährstoffverhältnissen von Bodenbalance](#)

Konservierende Bodenbearbeitung

Weniger Bodenbearbeitung und insbesondere weniger tiefes Pflügen bringen erstmal eine große Herausforderung.

Was gibt es für Möglichkeiten?

Die konservierende Bodenbearbeitung, auch als reduzierte oder minimal-invasive Bodenbearbeitung bekannt, ist ein landwirtschaftliches Anbausystem, das darauf abzielt, die Bodenstruktur, den Humusgehalt und die biologische Aktivität im Boden zu erhalten oder zu verbessern. Dabei wird der Boden weniger intensiv bearbeitet als bei herkömmlichen Pflugverfahren. Es gibt verschiedene Methoden der konservierenden Bodenbearbeitung, darunter:

1

Mulchsaat (No-Till): Bei der Mulchsaat wird auf jegliche Bodenbearbeitung verzichtet, und die Saat wird direkt in den Boden eingebracht, ohne den Boden vorher umzubrechen oder zu pflügen. Dies hilft, die Bodenerosion zu reduzieren, den Humusgehalt zu erhöhen und die Bodenbiologie zu fördern.

Streifenbearbeitung (Strip-Till): Hierbei wird der Boden nur in schmalen Streifen bearbeitet, in denen die Saatgutablage erfolgt. Die Flächen zwischen den Streifen bleiben ungestört, wodurch der Schutz vor Erosion und der Erhalt der Bodenstruktur verbessert werden.

2

3

Grubberbearbeitung (Chisel Plowing): Bei der Grubberbearbeitung wird der Boden mit speziellen Grubbern gelockert, die den Boden weniger intensiv bearbeiten als herkömmliche Pflüge. Dies führt zu einer weniger tiefen Bodenumwälzung und hilft, die Bodenstruktur und die biologische Aktivität zu erhalten.

Pflugloses Pflanzen (Minimum Tillage): Hier wird der Boden nur in geringem Maße bearbeitet, meist durch flaches Lockern der oberen Bodenschicht, bevor die Saat eingebracht wird. Dies hilft, die Bodenstruktur und den Humusgehalt zu erhalten.

4

Die konservierende Bodenbearbeitung bietet mehrere Vorteile gegenüber herkömmlichen Pflugverfahren, darunter:

- Reduzierung der Bodenerosion
- Verbesserung der Bodenstruktur und des Humusgehalts
- Erhöhung der biologischen Aktivität im Boden
- Verringerung des Energie- und Arbeitsaufwands bei der Bodenbearbeitung
- Schutz der Wasserressourcen durch reduzierte Nährstoffauswaschung

Allerdings bringt die konservierende Bodenbearbeitung auch Herausforderungen mit sich, wie die Kontrolle von Unkraut und Schädlingen oder die Anpassung an lokale Klima- und Bodenbedingungen. Daher ist es wichtig, das passende System der konservierenden Bodenbearbeitung für die spezifischen Bedingungen und Anforderungen des landwirtschaftlichen Betriebs auszuwählen und gegebenenfalls Anpassungen vorzunehmen.

Möglichkeiten der Unkrautkontrolle bei konservierender Bearbeitung

- **Mulchen:** Durch das Aufbringen von organischem Mulch wie Stroh wird Unkrautwachstum unterdrückt, Bodenfeuchtigkeit bewahrt und Bodenstruktur verbessert.
- **Mechanische Unkrautbekämpfung:** Durch Hacken oder Striegeln können Unkrautpflanzen entfernt oder ihr Wachstum unterdrückt werden, wobei auf sorgfältige Anwendung geachtet werden muss.
- **Falsche Saatbettvorbereitung:** Unkrautsamen werden durch Lockern des Bodens vor der Hauptkultur ausgesät und dann durch flaches Lockern oder Hacken entfernt.
- **Flächenrotte mit Hackfräse:** Flache Bearbeitung der oberen Bodenschichten mit Hackfräse zur Unkrautbekämpfung, ohne den Boden zu stark umzuwälzen.
- **Fruchtfolge:** Durch Planung und Rotation von Kulturpflanzen können Unkrautpopulationen reduziert und die Unkrautdynamik gestört werden.
- **Untersaaten und Zwischenfrüchte:** Durch Untersaaten oder Zwischenfrüchte wird der Unkrautdruck reduziert und gleichzeitig Boden vor Erosion geschützt.
- **Optimale Pflanzdichte und Saatbettvorbereitung:** Höhere Pflanzdichte und gute Saatbettvorbereitung verschieben die Konkurrenz zugunsten der Kulturpflanzen.
- **Flache Stoppelbearbeitung:** Flaches Bearbeiten der Stoppeln nach der Ernte, um Unkraut und Samen zu zerkleinern und schnelle Zersetzung zu fördern.
- **Robotik und Präzisionstechnik:** sind auch immer mehr im Einsatz für gezielte Unkrautbekämpfung, ob mit Laser (Hitze) oder Einsatz von Minimalstoffen.



[Kunst des Ackerbaus mit Direktsaat \(soilify\)](#)

[Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung](#)

[Direktsaat bei 400mm Niederschlag Reto Stocker](#)

Direktsaat und flache Bodenbearbeitung - welche Maschinen kommen in Frage?

Die passenden Maschinen für die flache Bearbeitung sind das A und O, deshalb haben wir hier einen kleinen Überblick zusammengestellt.

Im regenerativen Landbausystem steht die Förderung der Bodengesundheit und die Bewahrung der Bodenstruktur im Mittelpunkt. Deshalb sind Geräte zur Bodenbearbeitung, die den Boden weniger stören und die Bodenbiologie unterstützen, von Vorteil.

Hier sind einige empfohlene Bodenbearbeitungsgeräte für regenerative Landwirtschaftssysteme:

1

Direktsaatmaschinen: Diese ermöglichen das direkte Säen von Saatgut in den Boden ohne vorherige Bearbeitung. Dadurch wird die Bodenstörung minimiert und die Bodenstruktur bleibt erhalten. Direktsaat fördert auch die Bodenfeuchtigkeit und die Bodenbiologie, indem organische Rückstände an der Bodenoberfläche belassen werden.



2

Strip-Till-Geräte: Strip-Till-Systeme bearbeiten nur einen schmalen Streifen im Boden, in dem das Saatgut platziert wird, während der Rest des Bodens ungestört bleibt. Dies reduziert Bodenerosion und fördert die Bodenbiologie durch das Belassen von organischen Rückständen an der Bodenoberfläche.

3

Flachgrubber für ultraflache Bearbeitung: Diese Geräte bearbeiten den Boden in geringer Tiefe (normalerweise 4-5 bis max. 10 cm), um Unkraut zu kontrollieren und die Bodenoberfläche leicht zu lockern. Sie sind weniger störend als herkömmliche Pflüge und tragen zur Erhaltung von Bodenstruktur und -biologie bei.

Mulchgeräte: Diese werden verwendet, um Pflanzenrückstände und organisches Material auf der Bodenoberfläche zu zerkleinern und zu verteilen. Dies fördert die Bodenbiologie und trägt zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und Wasserhaltefähigkeit bei.



4



Kettenscheibeneggen: Diese bestehen aus schweren Schrubbscheiben, die in den Boden eindringen und die Oberfläche auflockern und eine glatte Stoppelbearbeitung bei hoher Arbeitsleistung ermöglichen. Sie sind nützlich, um Pflanzenrückstände einzuarbeiten und eine gute Stoppelbearbeitung zu gewährleisten, während die Bodenstörung minimiert wird.

6

Rollwalzen: Unterschiedliche Strategien erfordern unterschiedliche Bearbeitungen – nach Witte würde die Walze direkt im Anschluss der Aussaat helfen eine leichte Grenzfläche (bspw. 30 cm Walze) zu erschaffen. Hier soll das CO₂ unter der Grenzfläche gehalten werden, bis das aktive Bodenleben dies wieder auflöst. Sie tragen dazu bei Bodenfeuchtigkeit zu erhalten und Bodenerosion zu reduzieren.

Kettenscheibenegge, Hackfräse, Geohobel, Kvik, Busa, Saphier, Kreiselegge mit Querschneide. Diese Beispiele sind Maschinen, die in der Praxis für ultraflache Bodenbearbeitung eingesetzt werden. Wichtig ist ein sauberes Abschneiden im Wachstumshorizont der Pflanzen, ca. 2 bis 4 cm tief. Eine Enterdung der Wurzeln und Vermischung der Pflanzenreste mit Erde und Luft ist von Vorteil. Eine Zumischung von Fermenten (EM, Sauerkrautsaft, Molke oder Ähnliches) wird zur Förderung einer Flächenrotte empfohlen.

Bei der Auswahl von Bodenbearbeitungsgeräten für regenerative Landwirtschaftssysteme ist es wichtig, die spezifischen Bedürfnisse und Ziele des Betriebs zu berücksichtigen. Dabei sollten Geräte ausgewählt werden, die die Bodenstruktur, Bodenbiologie und das Mikrobiom erhalten und fördern.

Die Auswahl hier erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll nur Möglichkeiten aufzeigen.



[Eine regenerative Reise mit Alexander Klümper](#)



[Flache Bodenbearbeitung – 15 Grubber im Vergleich](#)

5

Mulchgeräte: Bei der Mulchstrategie nach Gerhard Weishäupl/Geohobel von Rath wird zunächst die Flächenrotte mit einem flachen Hackschnitt mit einer Hackfräse (rechtwinklige Messer) eingeleitet. Hier wird ein Fermentationsmittel wie EM oder Sauerkrautsaft mit ausgespritzt. Nach 10-14 Tagen erfolgt dann eine zweite Fräsung auf 8 cm mit gleichzeitiger Saatgutablieferung auf gleicher Höhe. Wichtig ist, dass der Boden offen (ohne Anwalzen) bleibt und das Saatgut auf dem wasserführenden Bodenabschluss aufliegt (Es sollte nach der Saat nicht regnen).



WEGE DES KOMPOSTS

Wirtschaftsdünger



Wirtschaftsdünger sind wichtige Quellen für Nährstoffe und organische Substanz in der Landwirtschaft. Um das Potenzial dieser Dünger zu maximieren und Umweltbelastungen zu minimieren, gibt es verschiedene Methoden zur Aufbereitung. Die Aufbereitung von Wirtschaftsdüngern kann folgende Vorteile bieten:

- **Vermeidung von Fäulnis**
- **Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit**
- **Hygienisierung von Schadorganismen**
- **Reduktion von Geruchs- und Schadstoffemissionen**
- **Verbesserung der Bodenstruktur**

Im Folgenden wird ein Überblick über die wichtigsten Aufbereitungsmethoden für Wirtschaftsdünger gegeben.

Was verstehen wir unter Wirtschaftsdüngern? Wirtschaftsdünger, wie Gülle, Mist und Biogasgärreste, sind wichtige Quellen für Nährstoffe und organische Substanz, die in landwirtschaftlichen Betrieben verwendet werden können.

Um das Potenzial dieser Dünger zu maximieren und Umweltbelastungen zu minimieren, gibt es verschiedene Methoden zur Aufbereitung von Wirtschaftsdüngern.

Beim Aufbereiten von Wirtschaftsdüngern werden oft Hilfsstoffe verwendet, um die Rotte zu begünstigen und die Nährstoffe zu binden. Folgende Hilfsmittel oder Hilfsstoffe können für Wirtschaftsdünger und deren Aufbereitung verwendet werden:

- Einsatz von Steinmehlen (Biolith, Zeolith, Klinoptiolith)
- Einsatz von Pflanzenkohle und/oder huminstoffreichen Stoffen aus Braunkohle (Leonardit, Fir Humic Clay)
- Einsatz von Mikroorganismen (EM, Kanne, AM plus, Sauerkrautsaft, Sobac, Molke)
- Einsatz von technischer Homöopathie (Plocher, Inwaquarz, Bioaktiv)
- Belüftung (BioReco, Agrosolution, Kläranlagentechnik)
- Muttererde als Zuschlagstoff (v. a. in Kompostierung)



Rotte vs. Fäulnis

Frei nach Dr. Gustav Rhode Humuswirtschaft und Kompostierung 1950

Fäulnis und Rotte sind zwei unterschiedliche Abbauprozesse organischer Substanz.

Fäulnis findet ohne Luftsauerstoff statt (anaerob) und ist gekennzeichnet durch:

- Fäulnisbakterien und Fliegenmaden als Hauptbeteiligte
- Geringere Wärmeentwicklung
- Freisetzung von Methan, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Indol und Skatol
- Gestank (schlechter Geruch)
- Schädigung der Pflanzenqualität

Rotte findet mit Luftsauerstoff statt (aerob) und ist gekennzeichnet durch:

- Schimmelpilze, Schimmelhefen, sauerstoffliebende Bakterien, Strahlenpilze, Hutpilze sowie Regenwürmer und andere Bodentiere als Hauptbeteiligte
- Höhere Wärmeentwicklung
- Freisetzung von Stickstoff, Kohlendioxid und Wasser
- Kein unangenehmer Geruch
- Verbesserung der Pflanzenqualität

Gärung bzw. Fermentierung ist auch ein Stabilisierungsprozess, der bspw. auch in Silierung oder Bokaschierung angewendet wird. Bei der Fermentierung werden Nährstoffe konserviert bspw. in der Milchsäurefermentierung (Rottelenkung), um erst später im Boden verstoffwechselt zu werden.

Was nehmen wir davon mit?

- ➔ **Fäulnis sollte vermieden werden, da sie negative Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit hat.**
- ➔ **Rotte/Fermentierung ist der gewünschte Abbauprozess, da er Humus bildet und die Bodenfruchtbarkeit fördert.**

Um Fäulnis zu vermeiden, sollte Wirtschaftsdünger mit Luftsauerstoff in Kontakt gebracht werden. Dies kann durch Kompostierung, Belüftung oder andere Verfahren erreicht werden.

Fäulnis ist ein unerwünschter Prozess, der zu Umweltbelastungen und Qualitätsverlusten führen kann.

Rotte hingegen ist ein wünschenswerter Prozess, der zu einem hochwertigen Dünger führt.



Kleine Übersicht über Wege der **Mistkompostierung**

Fest-Flüssig-Trennung

Durch diese Methode wird der feste von dem flüssigen Teil des Wirtschaftsdüngers getrennt. Dies kann durch mechanische Verfahren wie Schneckenpressen, Siebtrommeln oder Zentrifugen erfolgen. Diese Praxis findet vor allem in Biogasanlagen oder teilweise in Rindergülle statt. In Festmistverfahren entstehen Mist und Jauche, die aufgefangen und getrennt werden durch Jaucherinnen.

Feststoffe können zur Kompostierung verwendet werden, während der flüssige Teil nach Aufbereitung als Dünger eingesetzt werden kann.

Anaerobe Vergärung

Anaerobe Vergärung ist ein biologischer Prozess, bei dem Mikroorganismen organische Substanz unter anaeroben Bedingungen abbauen und umbauen können. Das wird z. B. auch bei der Silierung genutzt. Beim Einsatz von EM (effektiven Mikroorganismen) nennt man dies Bokaschierung. Auch Mist lässt sich bokaschieren.

Kompostierung

Kompostierung ist ein biologischer Prozess, bei dem Mikroorganismen organische Substanz unter aeroben Bedingungen abbauen und in Humus umwandeln. Mist und feste Güllebestandteile können kompostiert werden, um stabile, humusreiche Dünger zu erzeugen. Dies verbessert die Nährstoffverfügbarkeit und reduziert Geruchs- und Schadstoffemissionen.* In der Praxis laufen anaerobe Prozesse neben aeroben Prozessen ab. In einem Krümel herrschen anaerobe Verhältnisse. Obwohl in der Kompostierung fäulnisfähige Stoffe entstehen, sollte Fäulnis möglichst verhindert werden.



Foto: Sandra Winther

Anaerobe Faulung

Anaerobe Faulung wird zur Biogasherstellung (Methan und Kohlendioxid) genutzt. Gülle und andere organische Abfälle können in Biogasanlagen fermentiert werden, um erneuerbare Energie zu erzeugen und gleichzeitig die organische Substanz für die Düngung aufzubereiten.

Pelletierung oder Granulierung

Feste Wirtschaftsdünger können auch pelletiert oder granuliert werden, um die Handhabung, Lagerung und Anwendung zu erleichtern. Durch die Pelletierung oder Granulierung entstehen gleichmäßige, leicht streubare Produkte, die besser auf den Feldern verteilt werden können. Die Mikrobiologie kann durch Presshitze verloren gehen.

Aufbereitung durch Separation und Trocknung

Gülle kann durch Separationsverfahren wie Dekanter-Zentrifugen oder Filterpressen weiter aufbereitet werden, um den Trockensubstanzgehalt zu erhöhen und Nährstoffkonzentrationen zu optimieren. Die getrockneten Feststoffe können als organische Düngemittel oder Stall-Einstreu (Hygiene beachten, aus Nawaro-Anlagen!, also nicht aus Exkrementen) verwendet werden, während die flüssige Fraktion als Flüssigdünger eingesetzt wird. Bei Fäulnisprozessen oder auch im frischen Material gibt es oft Krankheitserreger und/oder auch toxische Stoffe (Putrescin, Kadaverin), die durch eine weitere Aufbereitung beseitigt werden können.

Es gibt viele
Unterschiedliche
Methoden der
Mistkompostierung.
Ob Trennung,
Kompostierung oder
Vergärung!

Fäulnisfähige
Stoffe sind im
Ausgangsmaterial
meist vorhanden.
Werden dann aber
während des
Kompostierungs-
prozesses
umgesetzt.

Aufbereitung durch chemische Verfahren

Verschiedene chemische Verfahren können zur Aufbereitung von Wirtschaftsdüngern eingesetzt werden, um Nährstoffkonzentrationen zu ändern, Schadstoffemissionen zu reduzieren oder die Düngerqualität zu verbessern. Zum Beispiel kann die Zugabe von Schwefelsäure zur Gülle die Ammoniakemissionen reduzieren – dann wird allerdings die Mikrobiologie geschädigt.



[Kleegraskompostierung von Profis erklärt](#)



[Auf der Suche nach dem besten Kompost](#)



[Wurmkompostierung: das kontinuierliche System bei Vermigrand](#)

Kompostsysteme

Johnson-Su-Kompost

Für einen pilzdominierten Kompost

Beispiel aus dem Netzwerk



Was macht den Johnson-Su-Kompost aus?

- nur einmalige Anlage, dann keine Wendung
- einfache Konstruktion ohne extra Geräte
- pilzdominiertes Endergebnis
- nur wenig Ausbringmenge nötig als Inokulat oder in Saatloch
- Stärkung des Bodenmikrobioms

- ▶ [Johnson-Su-Kompost: Der Bau](#)
- ▶ [Johnson-Su-Kompost: Selbst herstellen](#)
- ▶ [Mikrobiom im Boden aufbauen](#)
- ▶ [Johnson-Su-Bioreaktor](#)

Kompostsysteme

Der Biomeiler

Nutzung der Wärme im Kompost

Beispiel aus dem Netzwerk

Was macht den Biomeiler aus?

- nur einmalige Anlage, dann keine Wendung nötig
- Nutzung der Wärme über Wärmetauscher im Winter möglich (ca.1-2 Winter)
- Temperaturen von 50-60°C
- Holzbasierte Materialien (hier: ca. 80 % Hackschnitzel, 15 % Hühnermist, 5 % Gärreste, Steinmehl, sowie Dinkelspelzen)
- neben der Wärmeerzeugung hat man nach 2 Jahren sehr guten Kompost



Ausführliche Erklärung zum Aufbau des Biomeilers

[http://](#)

Biomeiler und Kompostheizung - Energiegewinnung mit dem Kompost



Kompostheizung im Winter - Der Biomeiler erklärt

[http://](#)

Native Power sind Spezialisten zum Biomeiler-Bau und geben auch Workshops

Gesunde Pflanzen – gesundes Tier – gesunde Gülle

Beispielrezept für Rindergülle Aufbereitung mit Mikroorganismen und Gesteinsmehl – von Thomas Hellmann

Über den Kaskadeneinsatz kann schon an verschiedenem Stellen geschraubt werden für gesunde Gülle. Beim Futtermittel, also beim Erstellen der Silage, als Futterzusatz, als Einstreu, als Direktzugabe. Am sinnvollsten ist der Einsatz natürlich möglichst früh.

Vorteile:

- Fließfähigere Gülle
- weniger Gestank
- Kompostierung statt Verfaulung

Hier ein paar Rezeptbeispiele:

im Siliermittel:

- EmikoSilan: 400 ml/t FM Gras, 600–800 ml/t FM MS

Futterzusatz:

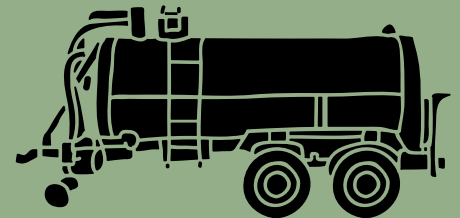
- Ferment: EmikoEFM 25 ml/Tier/Tag
- Gesteinsmehl: Zeolith CeoBellfürs Tier 250 g/Tier/Tag

Liegeflächeneinstreu:

- Ferment: Emiko Güllezusatz 2 l/100m² 2-3 mal pro Woche
- Gesteinsmehl: Zeolith CeoBellDust 30 g/m² 2-3 mal pro Woche

Direkt in die Gülle (mind. 4 Wochen vor Ausbringung):

- Pflanzenkohle: 2–6 l/m³ Gülle oder Leonardit 10 l/m³ Gülle oder
- Zeolith mind. 3 kg/m³, Biolit 25–30 kg/m³
- zusätzl. InWaQuarz Pflanze: 0,4 l/ha (wenn die Gülle nicht in die Biogasanlage geht)
- weitere Mittel sind betriebsbedingt zu entscheiden



**“Gülle, die stinkt
ist scheiße”
Thomas Hellmann**



Empfehlung: Um rauszufinden was Einzelbetrieblich gut passt können Güllebelebungsversuche in kleinen Gefäßen angesetzt werden zu optimalen Mittelwahl! Auch dafür sind Mikrobiomuntersuchungen (bspw. bei Frau Dr. Schwagerick) hilfreich!

Kontakt zu Thomas Hellmann findet ihr hier (Einzelbetriebliche Beratung).

Weiteres zu EM und Emiko hier.

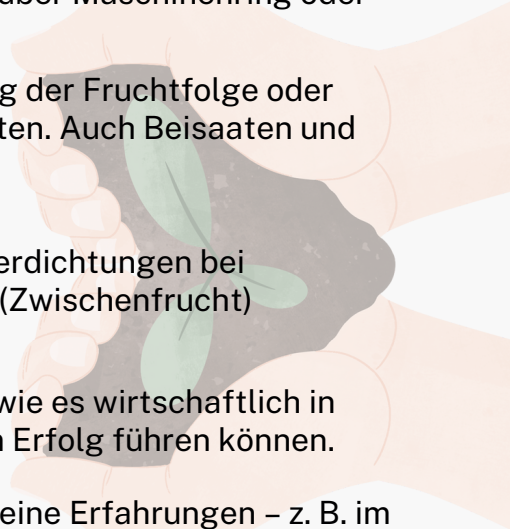


Tipps für die praktische Umsetzung

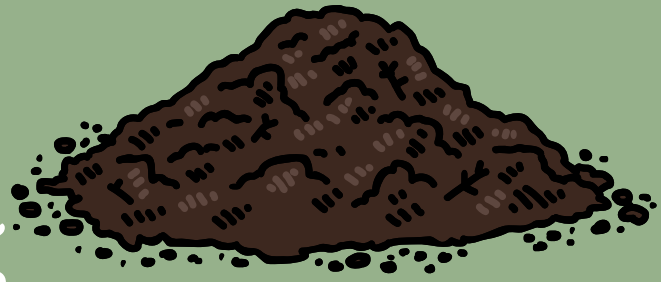
Bevor du jetzt mit allen Sachen direkt gleichzeitig anfangen willst, haben wir hier ein paar Tipps um das Ganze etwas für dich zu ordnen.

Am Besten du suchst aus dem Ansätzen einen Punkt raus, der zu deinem Betrieb gut passt und umsetzbar ist. Erst wenn du damit erfolgreich warst, solltest du dich an die nächsten Maßnahmen machen. Denn nichts ist frustrierender als auf zehn Baustellen ohne Erfolgserlebnis gleichzeitig unterwegs zu sein. Denn eine Umstellung kostet Zeit und jeder Betrieb ist anders.

- 1 Status quo festhalten:** Wo steht der Betrieb? Beginne mit einer Bestandsaufnahme deiner einzelnen Flächen. Nur wenn du weißt, wie es war, kannst du einschätzen, ob es besser wird. Der Basisterratest bietet dir eine gute kostenfreie Grundlage auch für die Dokumentation.
- 2** Nimm **erweiterte Bodenproben** (insbesondere die aufwendigeren) zunächst auf einer repräsentativen Fläche, bevor du auf allen gleichzeitig startest.
- 3** Vermeide es sofort und komplett auf neue Bodenbearbeitungssysteme umzustellen. Schaue erstmal: Was ist im Betrieb vorhanden, was kann ich über Maschinenring oder Lohnunternehmen leisten?
- 4** **Fruchtfolgen und Untersaaten:** Überlege welche Erweiterung der Fruchtfolge oder welche Untersaaten passen können oder lass dich dazu beraten. Auch Beisaaten und Streifenanbau sind Alternativen. Je nach Betrieb müssen die Vermarktungsmöglichkeiten mit gedacht werden.
- 5** **Verdichtungen:** Einmalige mechanische Auflockerung von Verdichtungen bei trockenen Wetter sollten anschließend mit Pflanzenwurzeln (Zwischenfrucht) stabilisiert werden.
- 6** **Wirtschaftsdünger:** Behandle deinen Wirtschaftsdünger so wie es wirtschaftlich in deinen Betrieb passt. Es gibt unterschiedliche Wege, die zum Erfolg führen können.
- 7** **Netzwerke:** Schließe dich mit anderen zusammen und teile deine Erfahrungen – z. B. im Netzwerk von Boben Op. Berichte über Erfolge und auch Fehler. Wissen wird mehr, wenn es geteilt wird.
- 8** **Pflanzenvitalisierung:** Vitalisiere die Pflanzen mehrfach im Jahr. Teste Produkte. Nutze eigene Systeme, z. B. Komposttee, Johnson Su, Humusmühle etc.
- 9** **Regelmäßige Evaluierung der Maßnahmen:** Prüfe deine Maßnahmen hinsichtlich Ausbringungsmenge, Praktikabilität etc. beispielsweise mit einem Spritzkreis und den Brix-Werten. Auch an deinem Boden kannst du sehen, wie es sich verändert (Punkte 1-3).
- 10** **Kreisläufe schließen:** Versuche Nährstoffkreisläufe auf deinem Betrieb zu schließen (hohe Anteile Eigenfutter, Mist wieder ausbringen, Kompost aus Ernteresten/Schnittpflege wieder integrieren und mineralsichem Dünger vorziehen



Humus- Zertifikate und Carbon Farming



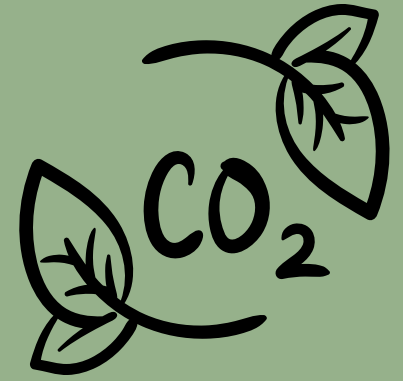
„Der größte Trade-off [humusaufbauender Maßnahmen] ist unter derzeitigen Marktbedingungen die verringerte Wirtschaftlichkeit. Fast alle diskutierten Maßnahmen zur Erhöhung der Corg-Vorräte verringern bei dem derzeitigen Preissystem landwirtschaftlicher Produkte die Wirtschaftlichkeit des Anbaus. Genau hier können Zertifikate ansetzen.“

(Quelle [Wiesmeier-et-al-2020-BonaRes-Series-Vol1-p1-24.pdf](https://www.orgprints.org/handle/document/12222) (orgprints.org)).



Was braucht es für den Humusaufbau? Um den Humusaufbau strukturell voranzubringen, braucht es neben dem Wissen um humusaufbauende Maßnahmen auch finanzielle Rahmenbedingungen, die eine hohe Übertragbarkeit bieten. Vereinfacht gesagt: Es soll sich für Landwirte wirtschaftlich gesehen lohnen, „Klima-Landwirt“ zu werden. Erst dann wird Humusaufbau „massentauglich“ werden.

Erstmal höhere Kosten...



Humusaufbau rentiert sich durch die bessere Anpassung an Extremwetterereignisse und die höhere Bodenfruchtbarkeit zwar mittel- bis langfristig. Viele Betriebe sind jedoch gezwungen, markt- oder liquiditätsbedingt oft kurzfristig zu planen.

Und bei der Umstellung auf eine humusaufbauende Bewirtschaftung muss der Landwirt häufig zunächst einmal Geld oder zusätzliche Zeit investieren:

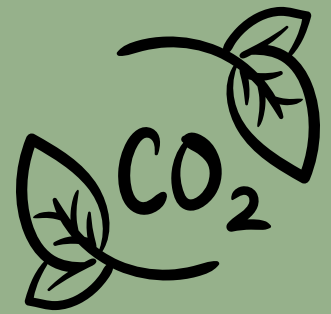
- Die mit der Umstellung der Bewirtschaftungsweise verbundene Anschaffung neuer Maschinen. Zum Beispiel flachmischende Bodenbearbeitungsgeräte (wie die Hackfräse) oder spezielle Maschinen (wie der Tiefenlockerer mit Einsprühvorrichtung für Mikroorganismen)
- Kosten für den Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten
- Einsatz von Mikroorganismen
- Zusatzkosten durch Düngung nach Nährstoffverhältnissen
- Substratkosten für Spurenelemente
- Zusätzlicher Arbeitsaufwand (z. B. für eine eigene Kompostierung oder die Herstellung von Komposttee)
- ...

Was spricht dafür mitzumachen?

- Wertschätzung
- du willst fruchtbaren Boden für dich und die Generationen nach dir aufbauen und halten.
- mehr Resilienz im Boden durch organische Masse bei Starkregen oder Trockenheit
- eine Unterstützung bei der Transformation zu bodenaufbauenden Maßnahmen

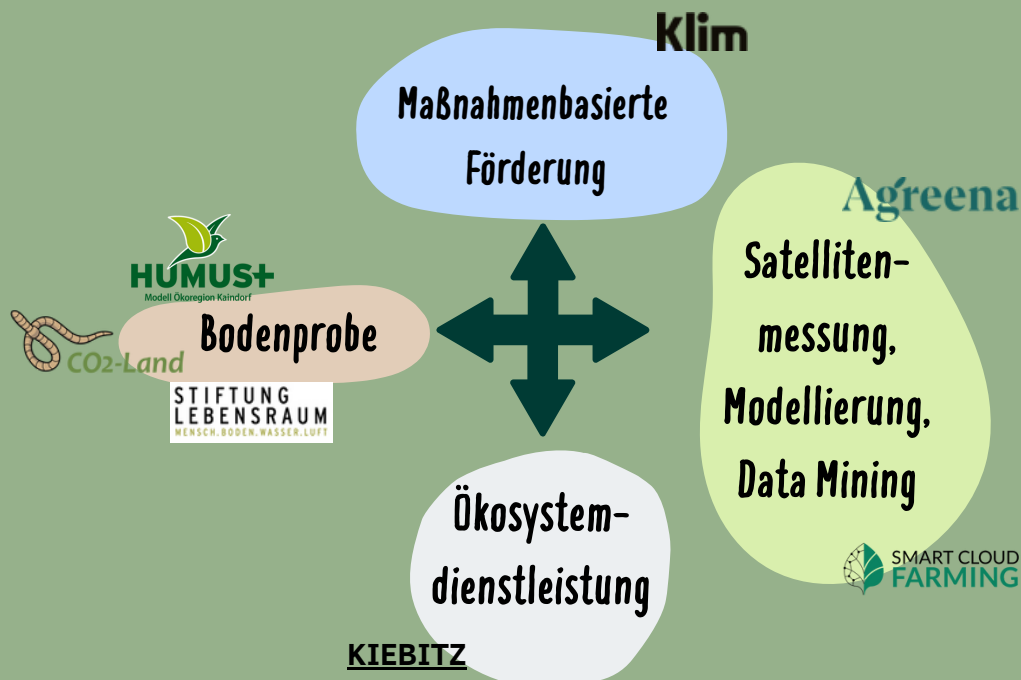


Honorierung von Humusaufbau, aber wie?



Über den im Humus gespeicherten Kohlenstoff ist Humusaufbau eine „Klimaschutz-Dienstleistung“, die – genauso wie beispielsweise Greening-Maßnahmen oder andere ökologische Maßnahmen – finanziell honoriert werden sollte.

Grundlegend gibt es vier verschiedene Wege, wie der Aufbau von Humus belohnt werden könnte. Hier aufgelistet mit beispielhaften Anbietern im jeweiligen Bereich:



Die „Spielregeln“ hierfür werden in den kommenden Jahren (Ziel: bis 2025) auf europäischer Ebene definiert. (Quelle: [Kommission schlägt Zertifizierung der CO₂-Entnahm](#) (europa.eu).

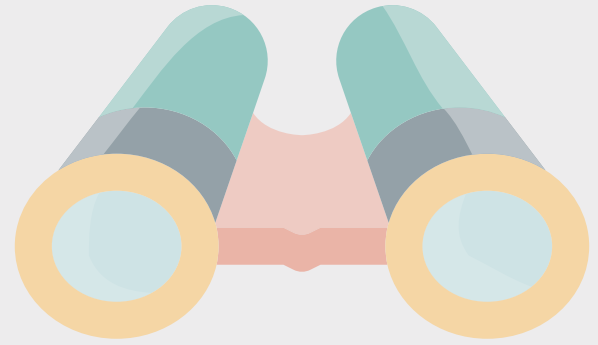
Trotzdem kannst du heute schon anfangen und dich durch einen Anbieter finanziell bei der Transformation unterstützen lassen! Reich wirst du damit nicht werden, aber dennoch kann es eine Hilfe sein, um erste Maßnahmen umzusetzen. Und du willst deinen Boden aufbauen, um langfristig fruchtbaren Boden zu erhalten!

Fazit und Ausblick

Bisher haben wir den Schlüssel, um Humus in großen messbaren Mengen schnell im Boden aufzubauen, noch nicht gefunden. Bei manchen Landwirten funktionieren manche Maßnahmen sehr gut, bei anderen nur teilweise. Trotzdem müssen wir weiter probieren und in die Handlung kommen, um den bestmöglichen Weg zu finden und die bestmögliche Strategie für den jeweiligen Betrieb zu finden. Wir brauchen Antworten, um die Zukunft meistern zu können. Dabei wird es immer wieder neue Ideen und Ansätze geben. Robotik, verbunden mit künstlicher Intelligenz wird Einzug in die Landwirtschaft halten. Systeme wie Nexat werden die Praxis vollkommen verändern. Vertical Farming ohne Boden wird auch ein Teil der zukünftigen Ernährungsstrategie sein. Trotzdem ist es unsere Aufgabe, unser aller Lebensgrundlage – den Boden und die Wasserkreisläufe – nachhaltig und enkeltauglich zu bewirtschaften.

Danke, dass du dir die Zeit genommen hast dich mit dem Humusleitfaden zu beschäftigen. Falls du Anregungen, Feedback oder Ideen für die nächste Ausgabe hast, melde dich gerne bei uns! Erreichen könnt ihr uns unter humusreich@bodenop.de.

Viel Erfolg bei der Umsetzung wünscht das Humusreich-Team



BODENVERDICHTUNG

Ein Gedicht über den Boden

– von Henning Knutzen



Boden verstehen,
das muss doch gehen.
Bei Sturm und Wind, geschwind,
wegwehen gesehen,
bei Regen abgeschwemmt
vom Leben getrennt
ohne Gare
die letzten Jahre,
da wächst nur schlechte Ware.

Ohne Leben, Humus und Edaphon
Entsteht nur harter Beton
Von Küste zur Küste
Nur noch Wüste
Dürre und starker Niederschlag
Wechseln Monat für Monat, Tag für Tag,
aber Hilfe naht, ab der nächsten Saat.

Zwischenfrucht, Untersaat und
Leguminosen,
da kann man ruhig mal losen.
Dazu Verrottungstest mit
Unterhosen.
Natürlich richtige
Nährstoffverhältnisse
Verhindern Trockenheit und
Bodenrisse.
Mutter Erde sagt:
Ich mag es niemals nackt
Und brauche ein immergrünes
Kleid.
Lacht sie voller Heiterkeit.



Dann kommen Mikroorganismen, Pilze
und Insekten in großer Zahl,
nichts bleibt kahl
und in diesem Getümmel und Gewimmel
entsteht Wasserdampf bis zum Himmel

kühlt die Atmosphäre
und diese Heere
knacken die große Nuss
es entsteht Humus.

Diese kleinen runden Krümel sind braun
Und voller Leben, aber man sieht es
kaum.
Und in diesem Raum
Entstehen Wolken und gleichmäßiger
Regen
Was für ein Segen
Und ganz nebenbei
Speichert Humus CO₂.
Dazu noch etwas kompostierter Mist,
wie gut das ist.
Oft reicht eine kleine Prise
So verhindern wir die Klimakrise.
Und die Moral von der Geschichte.
Wie Dreck behandelt man seinen Boden
nicht.

Ich wünsche heute viel Spaß
Gebt ruhig Gas
Vielen Dank, das war's.

Projekttitel: "Verbundvorhaben: DAS: Im Netzwerk Strukturen für Humusaufbau in der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein schaffen"

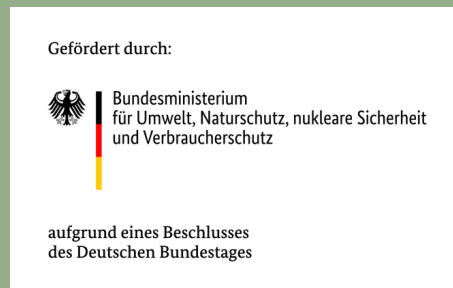
Laufzeit: 01.01.2022 - 31.12.2024

Förderkennzeichen: 67DAS245A/B

Beteiligte Partner: Gemeinde Ausacker und Boben op Klima- und Energiewende e. V.

Förderprogramm "Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel" des BMUV
Projektträger Z-U-G

Vielen Dank an das Bundesumweltministerium für die Unterstützung des Projekts!



Ein ganz besonderer Dank gilt den Unterstützenden, ohne die wir das Projekt nicht in diesem Umfang umsetzen könnten.



Humusreich Netzwerk SH ist ein Projekt von der Gemeinde Ausacker und Boben op Klima- und Energiewende e. V.



HUMUSLEITFADEN
VOM HUMUSREICH
NETZWERK SCHLESWIG
HOLSTEIN VON BOBEN OP
KLIMA- UND ENERGIE-
WENDE E. V.

