Zukunftsfähige Landwirtschaft mit fruchtbaren Böden gestalten



Christoph Felgentreu
Schieren (L), 01.09.26

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

1

„Es ist ungleich besser, bei Zeiten Dämme zu bauen, als darauf zu hoffen, dass die Flut Vernunft annimmt.“
Erich Kästner

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

2



5

Seit 30 Jahren gibt es keinen nennenswerten Ertragsfortschritt!



Denn in den letzten 30 Jahren haben wir:

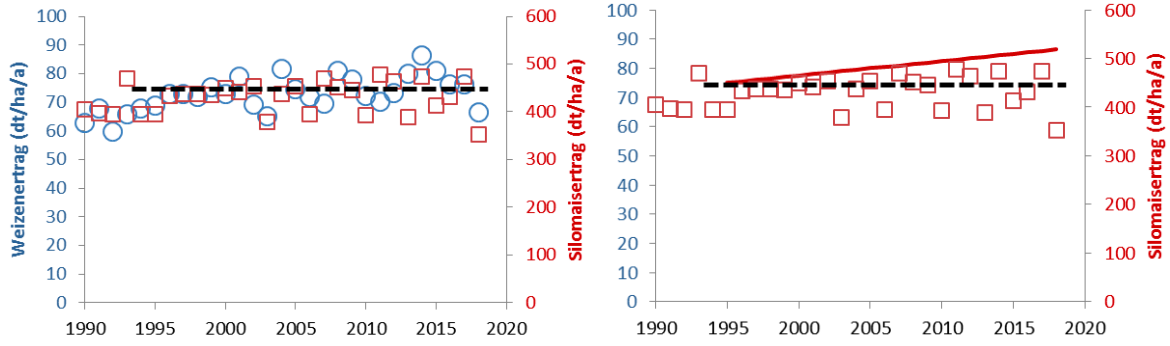
- **ca. 25% mehr CO_2 in der Atmosphäre**
- **wissenschaftlichen Fortschritt**
- **technologischen Fortschritt**
- **züchterischen Fortschritt**
- **besseren Pflanzenschutz**
- **eine bessere und schnellere Kommunikation**
- **einen größeren Erfahrungsschatz**

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

6

Mittlere Winterweizen-und Silomaiserträge in Bayern- 1990-2020



Quelle: K. Auerswald, Lehrstuhl für Grünlandlehre, TU München

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

7

Wie behandeln wir unseren Boden ?

Welche Folterinstrumente sind in der Praxis anzutreffen ?
(Negativfaktoren, Bodenfruchtbarkeit)

verhungern	**fehlende organische Masse**
verdursten	**Trockenheit / Verdichtung / fehlende Bodenbedeckung**
ertrinken	**Staunässe / Verdichtung/ H_2O Regulierung**
ersticken	**geringes Porenvolumen/ eingeschränkter Gasaustausch**
erdrücken	**Bodendruck - Technik**
vergiften	**Pflanzenschutz / Düngung**
verstümmeln	**Technik / aktive Werkzeuge**
verbrennen	**überhitzter Boden / fehlende Bedeckung**
erfrieren	**ungeschützter Boden**

Frage: **Wo ordnet sich jeder Betrieb selbstkritisch ein?**
Ziel: **Minimierung bzw. Beseitigung dieser Faktoren!**

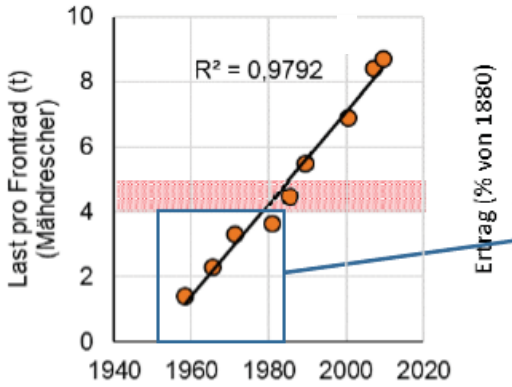
Quelle: D. Helm

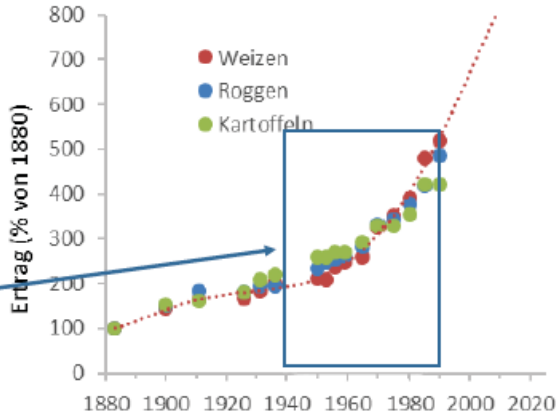
ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

8

Unterbodenverdichtung?





Keller et al. (2019) Historical increase in agricultural machinery weights.... Soil & Tillage Research 194: 10429

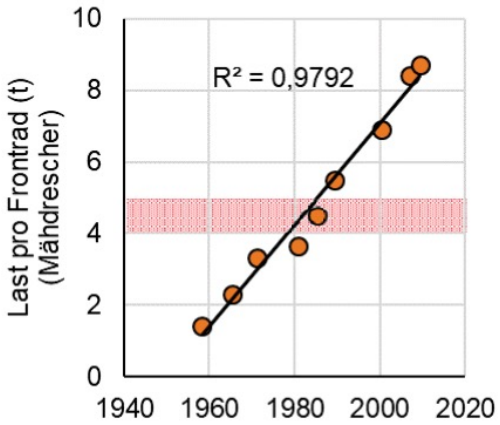
Mahlerwein G. 2016: Die Modeme 1880-2010. Grundzüge der Agrargeschichte Band 3

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

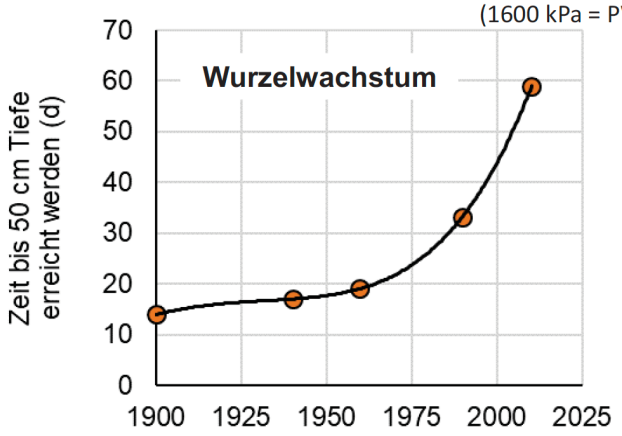
www.öwa.org

9

Unterbodenverdichtung



bei
30 kPa = pF 2,5
(1600 kPa = PWP)



Keller T. et al. (2019) Historical increase in agricultural machinery weights.... Soil & Tillage Research 194: 10429

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

10



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

11

Winderosion während der Maisernte 2009



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

12


Trend aus Frankreich, die Nachtspritzung- bis 75% Einsparung an PSM
bei teilweise besserer Wirkung und besserem Insektenschutz!

13

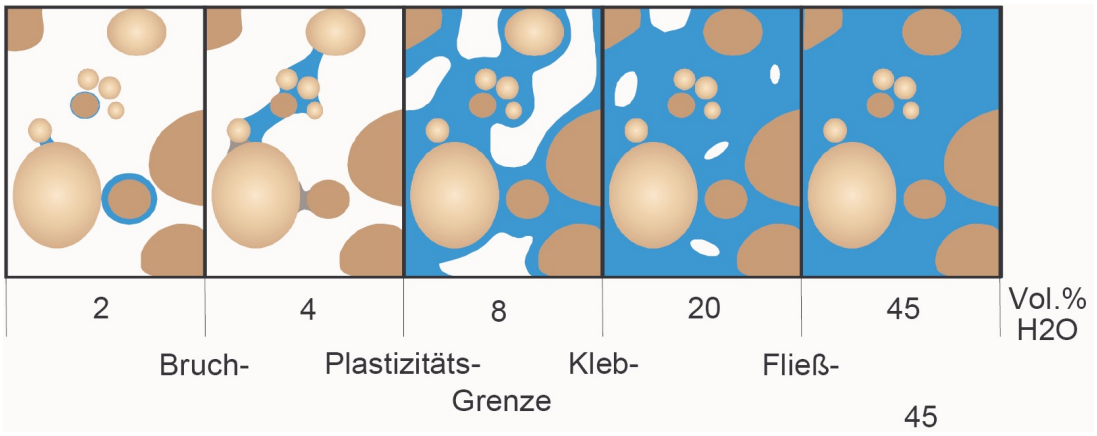


14



15

Sand bei verschiedener Wassersättigung
(Gesamtporenvolumen = 45%)



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

19

Landwirtschaft ohne Kollateralschäden ist nicht möglich, unsere Aufgabe besteht darin, sie so gering wie möglich zu halten!

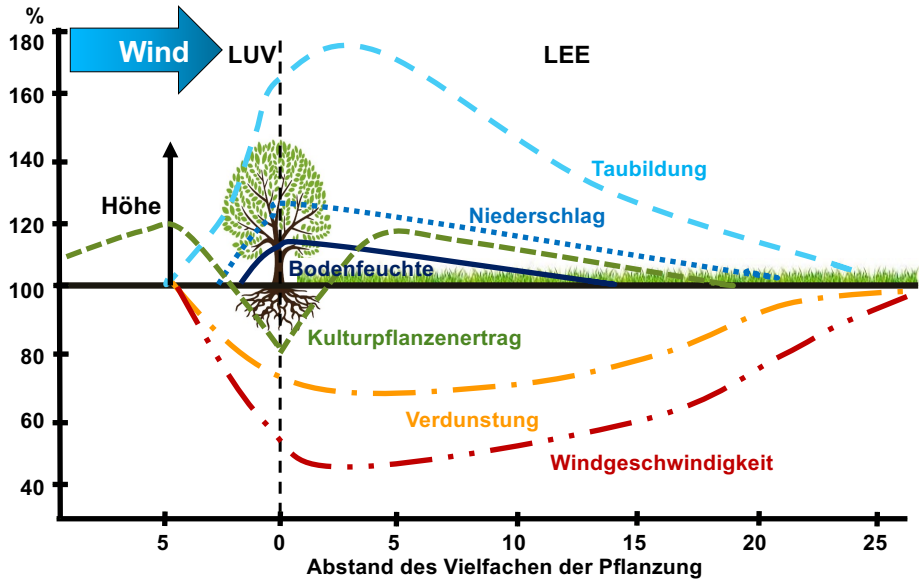
20

Einflussfaktoren auf Ertrag, Ertragssicherheit und Qualität von landwirtschaftlichen Produkten

- **Standort**
- **Bodenzustand (Struktur, Anteil wb. BK; Humus)**
- **Fruchtfolgestaltung**
- **Grundbodenbearbeitung/Saatbettbereitung**
- **Pflanzenernährung (Düngestrategie)**
- **Sortenwahl**
- **Saattermin/Saattechnik**
- **Saatstärke/Standraumbemessung/Saattiefe**
- **Unkrautkontrolle**
- **Krankheiten/Schädlinge**
- **Flurgestaltung**
- **Wetter/Klima/Kleinklima**

22

Windschutzstreifen- Einfluss auf Mikroklima und Ertrag



Quelle: A. Vetter, M. Bärwolff, TLL, 2010

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

23



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

24



Großflächige Umsetzung in den 1950er- und 1960er-Jahren, basierend auf «Stalins Plan für die Transformation der Natur» (1948)

(aus Vortrag Benjamin Seitz)

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

25

Konturbewirtschaftung, Keyline-System, Reliefbewirtschaftung



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

26

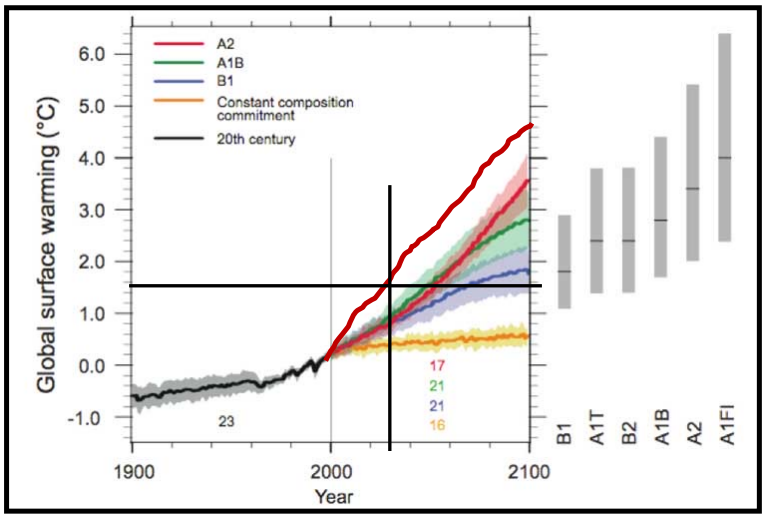


ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

27

IPCC 2001



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

28

**„Temperaturanstieg bis 3 °C wird sicher vor 2050 liegen, das ist eine physikalische Gesetzmäßigkeit!
Es hat 80 Jahre für die ersten 0,5 °C, 23 Jahre für die nächsten 0,5 °C und nur 12 Jahre für die letzten 0,5 °C Temperaturerhöhung in Europa gebraucht“**

Frank Böttcher, Vorsitzender der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft

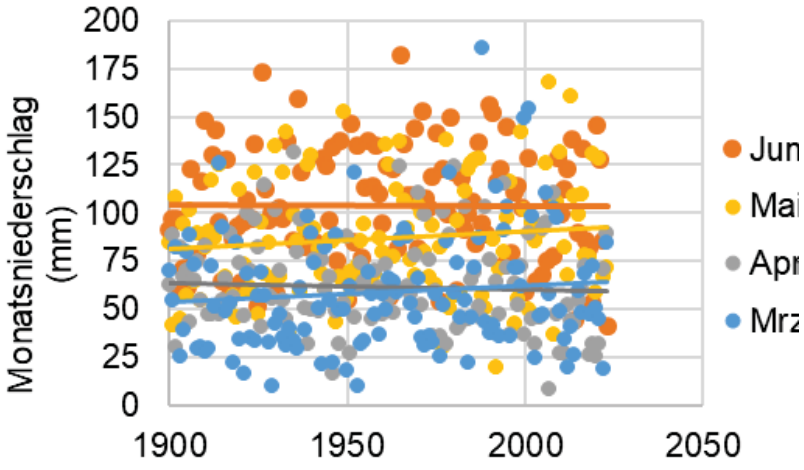
Quelle: rbb aktuell, 12.03.24, Böttcher,

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

29

Mittlere Niederschläge in Bayern



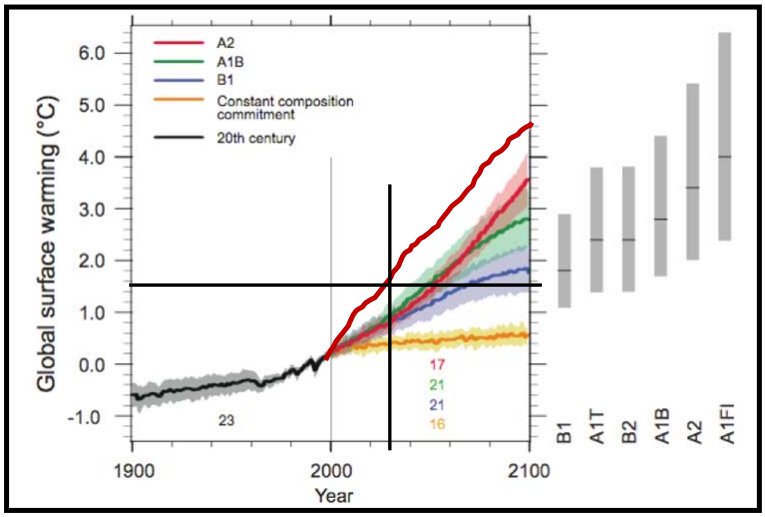
Quelle: K. Auerswald, 2025

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

30

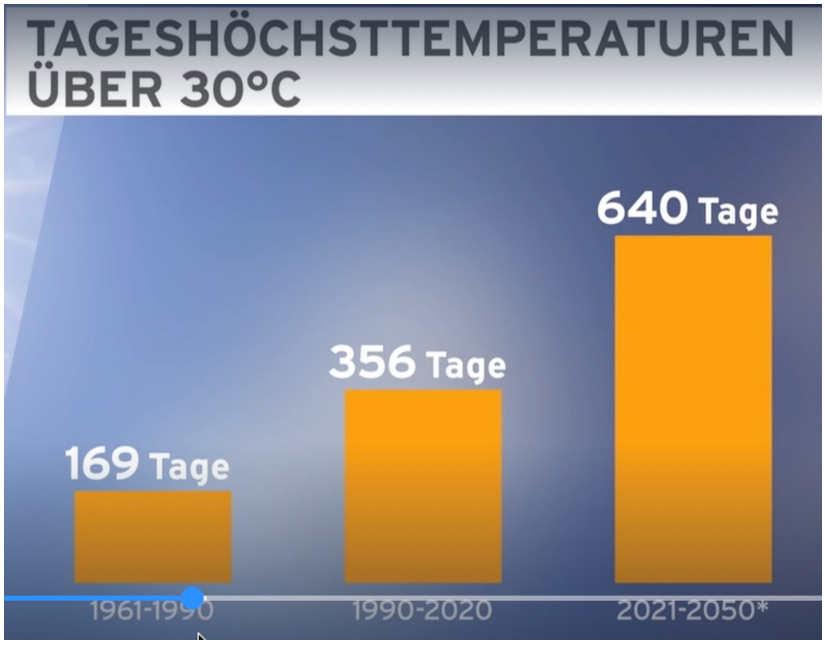
IPCC 2001



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

31



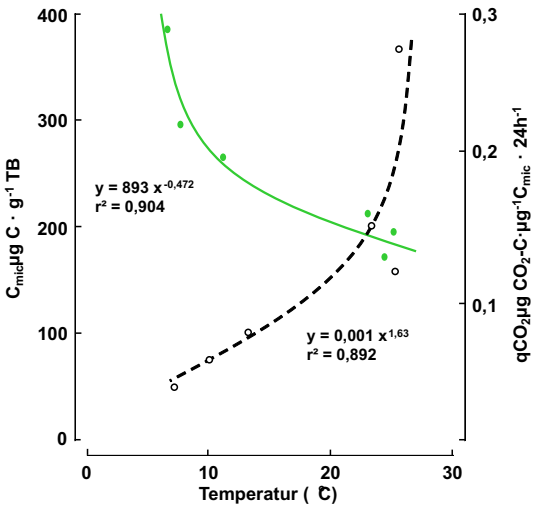
Quelle: rbb aktuell, 12.03.24, Böttcher, PIK

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

32

Abhängigkeit der mikrobiellen Biomasse und des metabolischen Quotienten von der Temperatur (Jahreszeit)





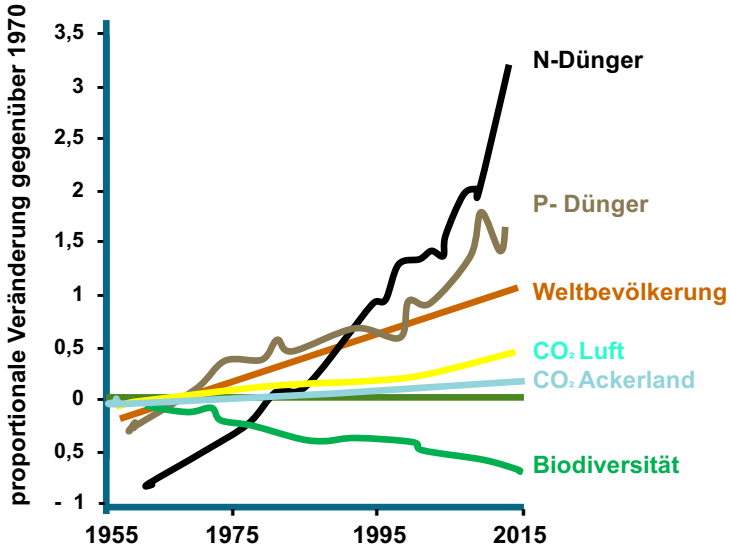
Vergleich der Bodentemperatur am 26.08.16 bewachsener vs. unbewachsener Boden

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

33

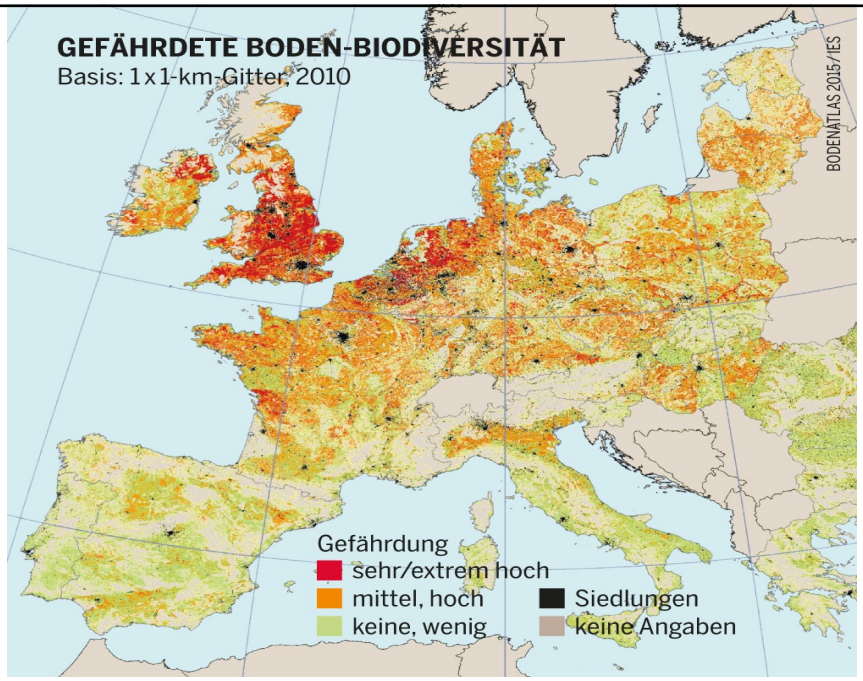
Quelle: David Johnson, 2019



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

34



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

35

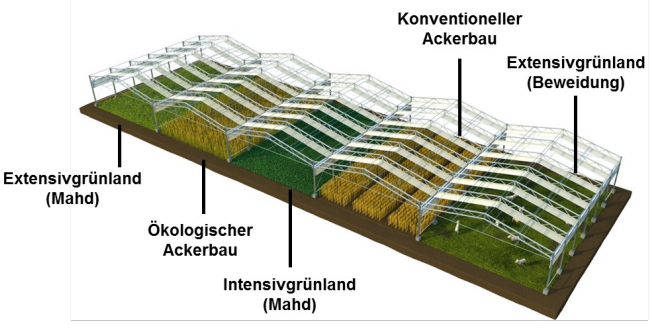
Global Change Experimental Facility (GCEF), UFZ Bad Lauchstädt

Dr. habil. Martin Schädler, wissenschaftliche Koordination



GCEF ist ein großes Feldexperiment für die Untersuchung der Folgen des Klimawandels für Ökosystemprozesse in verschiedenen Landnutzungstypen. Die GCEF besteht aus 50 Versuchsparzellen mit einer Größe von 16 m x 24 m.



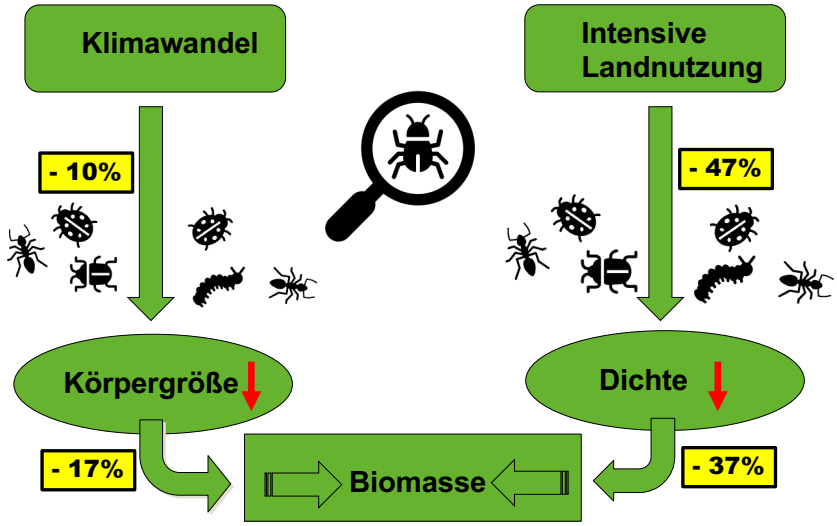


ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

36

Auswirkungen des Klimawandels und die Nutzungsintensität von Böden durch die Landbewirtschaftung auf die Bodenbiologie 2070- 2100



Quelle: https://www.spektrum.de/news/bodentiere-werden-weniger-und-kleiner/1754940

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

37

Bedeutung der Insekten für die Landwirtschaft

- **Bestäuber vieler Kulturpflanzen sind (Obst, Gemüse, Kleearten, Ölfrüchte)**
- **Nahrungsgrundlage für Vögel und andere Nützlinge**
- **Schädlinge regulieren (z. B. Laufkäfer, Schlupfwespen)**
- **Böden verbessern, indem sie Organik zersetzen und die Bodenstruktur lockern (Regenwürmer, Springschwänze, Käferlarven)**

Fazit:

Ohne Insekten sinken Erträge, steigt der Schädlingsdruck, nimmt die Bodenfruchtbarkeit ab und steigen die Kosten für Pflanzenschutz und Bestäubungsdienstleistungen.

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

38

Die hypothetischen Auswirkungen auf die wirtschaftliche, landwirtschaftliche und Ernährungssicherheit eines Zusammenbruchs von wilden Bestäubern 2030 in Europa

Der Zusammenbruch der Wildbestäuber in Europa führt zu einem Rückgang der Ernteerträge um 7,8 % (mit einem Bereich von 5,2 % bis 10,3 % im Konfidenzintervall).

Die Ernteproduktion in Europa sinkt um einen etwas niedrigeren Grad von 7,2 % (4,9−9,2 %) aufgrund eines leichten Anstiegs der Anbaufläche um 0,6 % (0,3–1,2 %)!

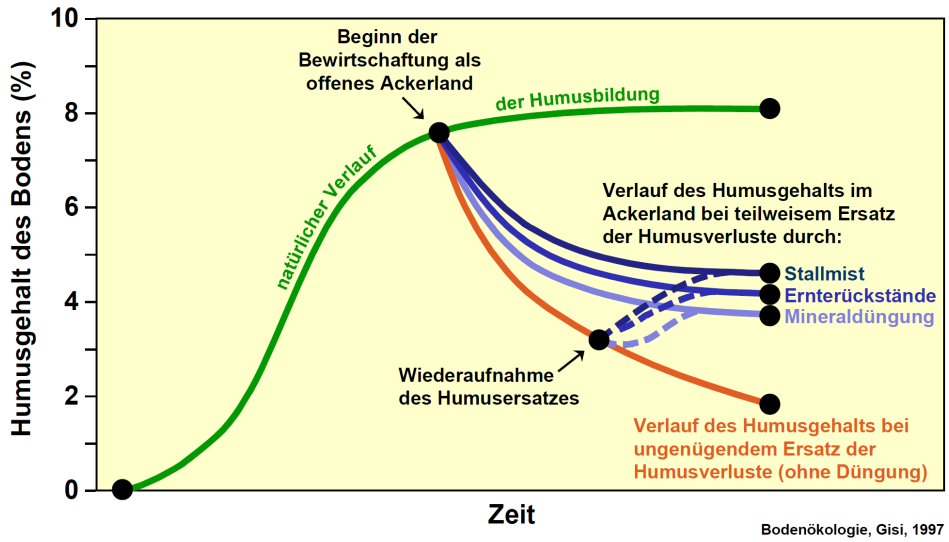
Quelle: Feuerbacher, A., Kempen, M., Steidle, J.L.M. *et al.* Die Auswirkungen auf die wirtschaftliche, landwirtschaftliche und Ernährungssicherheit eines wilden Bestäuberkollaps in Europa. *Nat Commun16,* 9892 (2025). https://doi.org/10.1038/s41467-025-65414-7

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

39

Boden als C- Senke zeitliche Entwicklung und Steuerung des Humusgehaltes in Wiesen- und Ackerböden



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

40


Boden ist nicht gleich Boden!
Die heutigen Bodentypen entwickelten sich aus unterschiedlichen Ausgangsgesteinen. Beispiele aus unserer Region:
Fränkische Alb (Rendzina)
Bayerischer Wald (Braunerde)
Tertiäres Hügelland (Pseudogley)
Dungau / Gäuboden (Parabraunerde)
WIR STEHEN AUF BODEN!
Naturraum A
Naturraum B
Naturraum C
Naturraum D
ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE
www.öwa.org

41


Naturraum A
Naturraum B
Naturraum C
Naturraum D
A Dungau/Gäuboden (Parab.)
B Fränkische Alb (Rendzina)
C Bayerischer Wald (Braunerde)
D Tertiäres Hügelland (Pseudogley)
WISSENS AKADEMIE
www.öwa.org

42





Wichtigste Aufgabe- Boden bedecken!





Bilder: C. Felgentreu

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

43

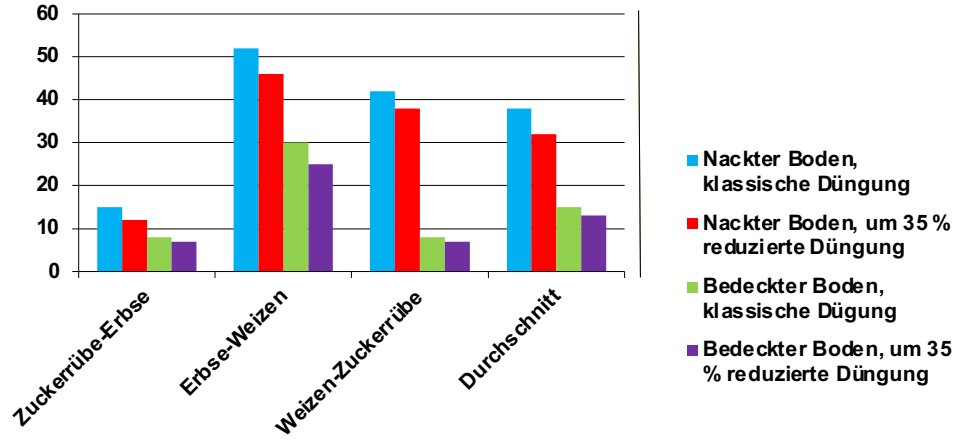


ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

44

Stickstoffverlust in kg/ha pro Jahr



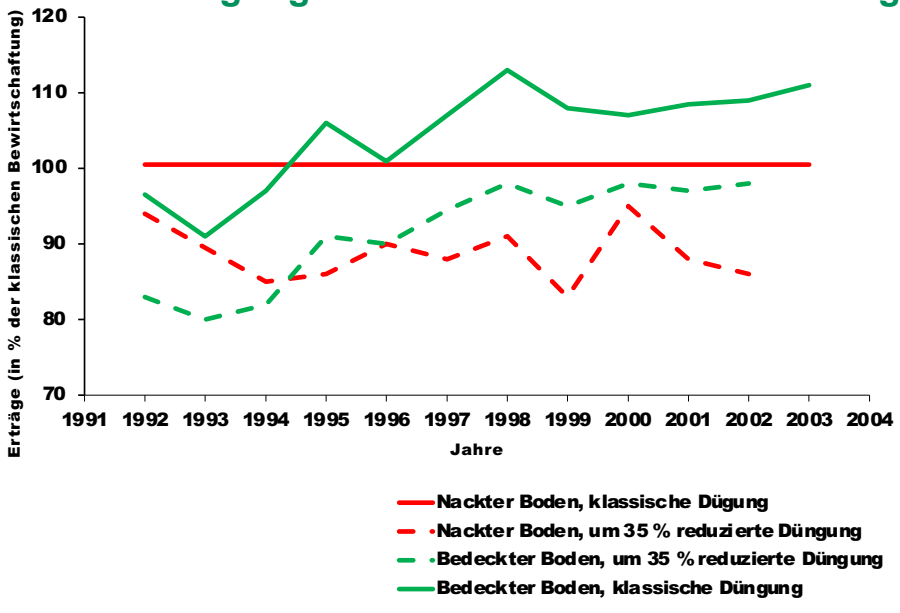
Quelle: AREP Thibie, Durchschnitt je 1991-2003

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

45

Ertragsentwicklung in Abhängigkeit von Düngungsintensität und Bodenbedeckung



Quelle: AREP Thibie, Durchschnitt je 1991-2003

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

46

Direktsaat (Planting Green) in die ZF in der Uckermark 2008





ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

47

Direktsaat (Planting Green) Winterweizen in Zwischenfruchtmischung, Kraichgau, Herbst 2023





Quelle: R. Kern, LRA Karlsruhe

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

48

Direktsaat Winterweizen in Zwischenfruchtmischung, Kraichgau, Februar 2024



Quelle: R. Kern, LRA Karlsruhe

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

49

Beispiel Mais 2025





ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

50



51



52



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

53

Bodenversauerung



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

54

Was ist Bodenfruchtbarkeit?

„Bodenfruchtbarkeit ist die Menge an organischer Substanz und Nährstoffen, die ich dem Boden zuführen muss, um das Bodenleben komplett zu ernähren!“

⇒**einfache Reproduktion**

Zwischenruf Prof. Isermeyer

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

55

Wie ernährt sich eine Pflanze?

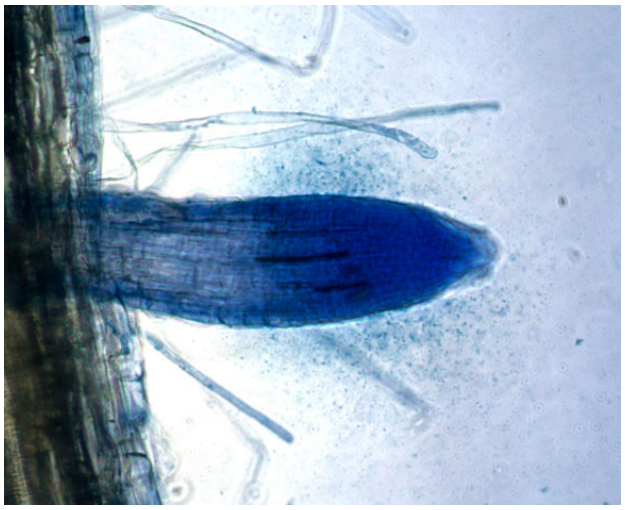
- **aus dem Samen (Rhizomen)**
- **über die Abgabe von Wasserstoffperoxid in die Rhizosphäre (Bakterien)**
- **über das Blatt Atmung/Fotosynthese (Kohlendioxid)**
- **über Endozytose (Bakterien, Protozoen und Pilze werden überstülpt)**
- **durch Symbiosen (Bakterien; Pilze)**
- **durch Rhizophagie (Bakterien)**
- **aus der Bodenlösung (Mineralstoffe)**
- **durch Einfangen der Nahrung (fleischfressende Pflanzen)**

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

56

Rhizophagenzyklus, Quelle: J. White, 2017



Bisher ging man davon aus, dass Pflanzen durch die Wurzelhaare Nährstoffe aufnehmen.
Neuere Forschungen zeigen, dass diese Wurzelhaare die Funktion haben, Mikroben und nicht nur irgendwelche Mikroben, sondern diejenigen, die am besten an die spezifischen Bedürfnisse der Pflanze angepasst sind in die Rhizosphäre zu bringen, um mehr Nährstoffe zu erhalten.

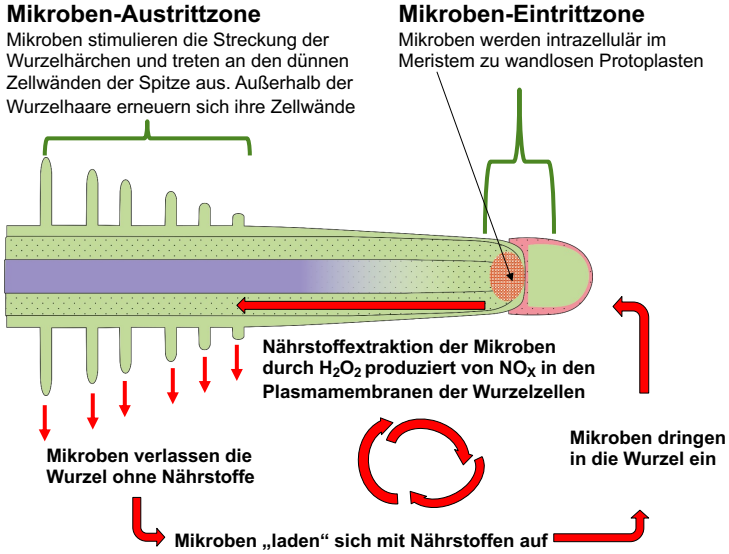
Die Wurzel von *Phragmites australis* - „Riesenschilfgras“ - mit einer Bakterienwolke um die Wurzelspitze, wo Bakterien in Wurzelzellen eindringen.

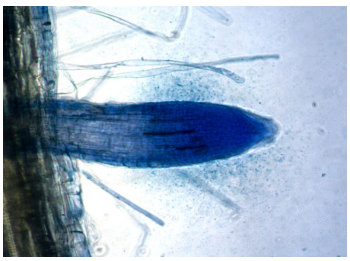
ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

57

Rhizophagenzyklus nach J. White, 2017







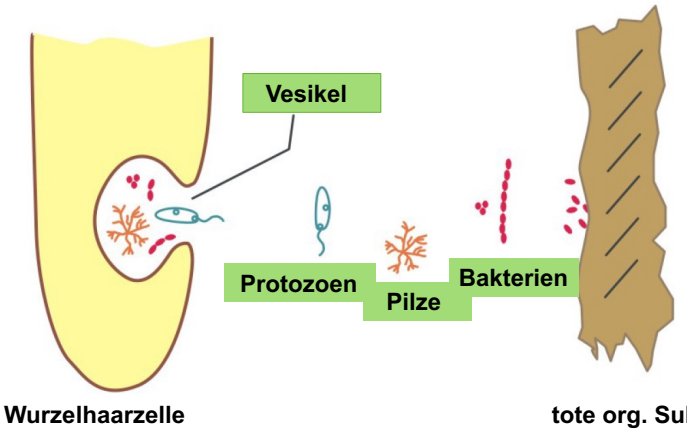
Grafische Darstellung: IG gesunder Boden ©

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

58

Endozytose- der natürliche Weg der Pflanzenernährung?



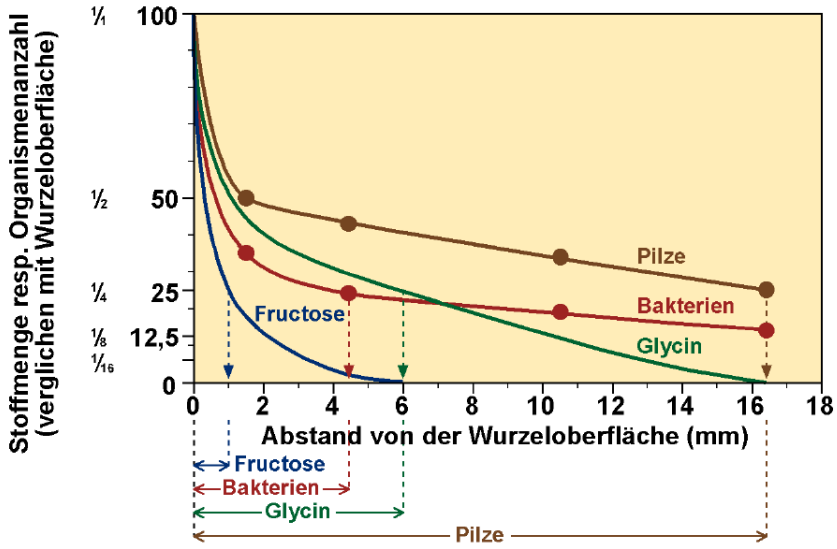
. Bargyla Rateaver Organic Method Primer Update, San Diego, USA, 1993

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

59

Einfluss der Wurzeloberfläche auf biologische Aktivität von Pilzen und Bakterien



Quelle: Gisi,1997

Stoffmengen (Fructose, Glycin) und Organismenanzahl (Bakterien, Pilze) in der Rhizosphäre. Ausgangswert an der Wurzeloberfläche = 100% (1/1)

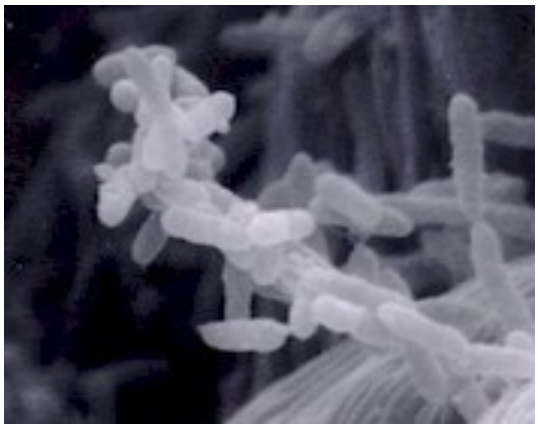
www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

60

Möglichkeiten der Anlagerung von Zellen der Mikroorganismen an der Wurzeloberfläche



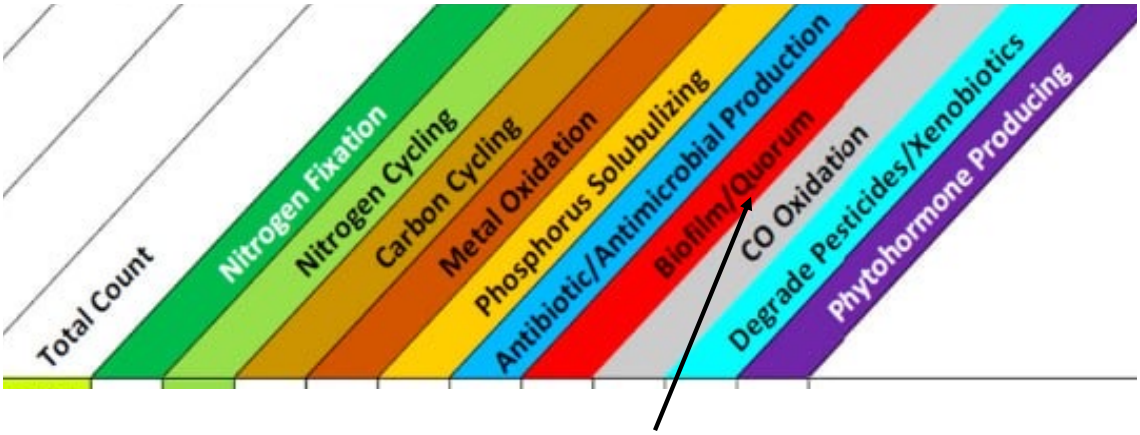


Quelle: Iutinskaja, 2010

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

62

193 Bakterienarten von 2750 (7% $r^{2.}$= 0,95) sind signifikant beteiligt an:



Quelle: James Withe, 2020

Als Quorum Sensing wird die Fähigkeit von Einzellern bezeichnet, die Zelldichte der Population über chemische Kommunikation zu ermitteln. Dadurch werden zum Beispiel Prozesse wie die Biofilmbildung oder die Sekretion von Pathogenitätsfaktoren gesteuert.

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

63

Lithobionten => „Steinfresser“

Biologisch aufschließen ➔ statt Erosion!

- **Minerale werden zu Huminen: Benzol, Indol, Pyrrol, Naphthalin, Pyridin, Chinolin oder auch Furan**
- **Brücken: Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff**



Fotos: C. Felgentreu

Die wichtigsten Lithiobionten:

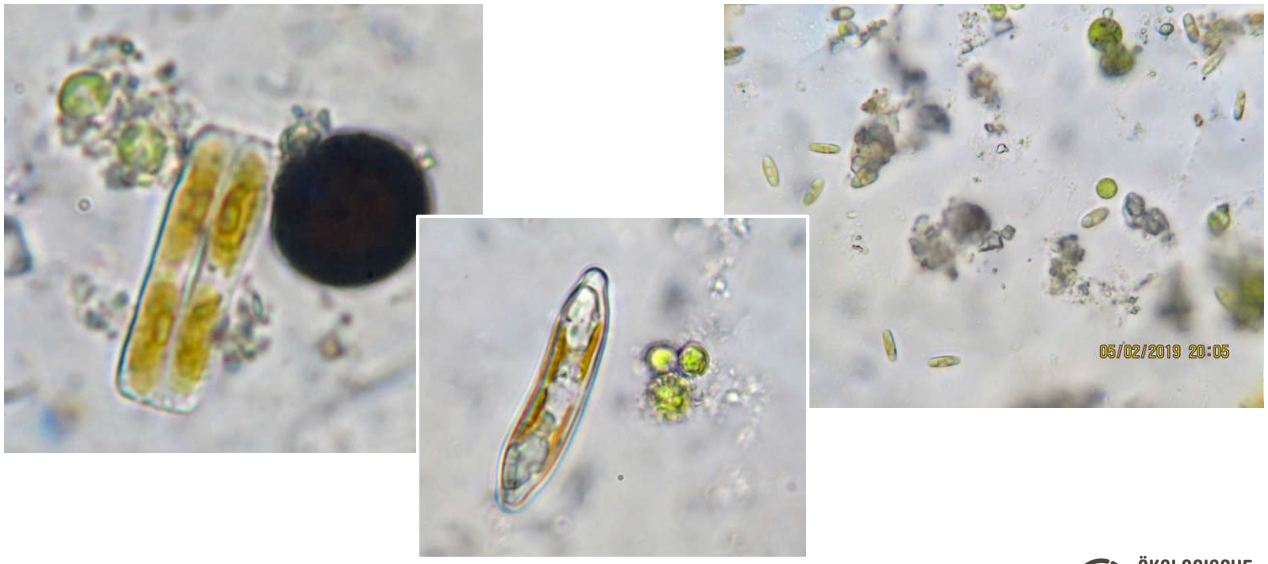
- **Aspergillus niger**
- **Actinomyces**
- **Cyanobakterien**
- **Schwefelbakterien**
- **Clostridium pasteurianum**
- **Fadenalgen**
- **Kieselalgen**
- **Nematoden**
- **Flechten (Doppelwesen aus Algen und Pilzen)**

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

64

Kieselalgen unterm Mikroskop



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

65

Aktinomyceten (“Strahlenpilze” = Fadenbakte



Rhizosphäre (Brucker, 1988)

23 x mehr Bakterien

7 x mehr Strahlenpilze

12 x mehr Pilze

2 x mehr Einzeller

Strahlenpilze (z. B. Streptomyces)

1. **Produzenten von Antibiotika**
2. **Geosmine (flüchtig) = frischer Bodengeruch ätherisches Öl**
3. **Abbau von Schadstoffen bzw. schwer abbaubare Verbindungen (Lignin)**
4. **Teilweise Symbiont mit Pflanzenwurzeln**
5. **Lithobiont (brauchen Mo)**

Allgemein ist der Anteil der Pilze im Vergleich zu den Bakterien größer.

Durch Pflanzen-/Wurzelwachstum wird die bakterielle Leistung deutlich erhöht!

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

66

Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt
Nr. 26 vom 30.6.1984

Kieselsäure wirkt wahre Wunder

Macht das Phosphat im Boden munter und schützt vor Mehltau

Seit jüngerer Zeit zeigen mehrere Untersuchungen über den Einsatz von Silizium (auch vielfach mit Kieselsäure bezeichnet) im Pflanzenbau die Bedeutung dieses Minerals für Boden und Pflanze. In der Praxis ist davon noch recht wenig bekannt. Der folgende Beitrag soll kurz die wichtigsten bisherigen Erkenntnisse zusammenfassen.

Silizium findet sich in größerer Formenvielfalt in nahezu allen Böden, jedoch in recht unterschiedlichen Konzentrationen. In der Pflanzenernährung wird es meistens als unbedeutendes Element eingestuft. Dennoch nimmt die Pflanze in recht bescheidenen Mengen Silizium auf und verwendet es für den Aufbau von Zellwänden und Stützgeweben. In höheren Konzentrationen läßt sich das Silizium in Spelzen und Grannen von Getreide nachweisen.

Mehrere Untersuchungen zeigen, daß der Gehalt an Silizium in Boden und Pflanze bei Düngung bzw. Spritzung SiO_2-haltiger Mittel erhöht wird und daß hierdurch zum Teil erhebliche Mehrerträge erzielt werden können. So läßt sich bei Düngung mit silikatischen Kalken (z. B. Thomaskalk, Hüttenkalk) eine erhöhte Menge an löslichen Silizium im Boden nachweisen, auf leichteren Böden stärker als auf schwereren (über 12 Prozent Ton). Schwerere Böden haben von Haus aus bereits

Die in jüngster Zeit angelegten Versuche mit SiO_2-haltigen Präparaten zielen vor allen Dingen auf die Verbesserung der pflanzlichen Resistenz gegen Pilzkrankheiten. Neben der SiO_2-Zufuhr über den Boden in Form von silikatischen Kalken werden Spritzungen mit Wasserglas, Baysikal-KN und Kieselsäure-SOL durchgeführt. Auch bei Spritzungen auf den Pflanzenbestand ist davon auszugehen, daß sich, ähnlich wie bei einer Düngung, der SiO_2-Gehalt der Pflanze erhöht. In Raps-Versuchen der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein erbrachte die SiO_2-Anwendung mit den verschiedenen Präparaten im 3jährigen Durchschnitt bei der Sorte Jet Neuf einen Mehrertrag von 1–8 Prozent.

In Jahren mit hohem Infektionsdruck war die SiO_2-Wirkung erheblich stärker. Die Ertagsverbesserungen werden im wesentlichen durch eine verbesserte Widerstandskraft der Pflanze gegen Pilzkrankheiten erklärt. Für bayerische Verhältnisse

Siliziums ist sicherlich ein stabileres Pflanzengewebe, das für pilzliche Schädlinge weniger leicht anzugreifen ist.

Düngung bzw. Spritzung mit SiO_2-haltigen Mitteln reichen in der Regel als alleinige Bekämpfungsmaßnahme nicht aus, so daß Fungizidbehandlungen nicht an Bedeutung verlieren. Vielmehr kann als Erfahrung aus einigen Versuchen berichtet werden, daß einzelne Fungizide in Verbindung mit Silizium wesentlich besser zur Wirkung kommen. Von Tankmischungen SiO_2-haltiger Spritzpräparate mit anderen Pflanzenschutz- und Flüssigdüngemitteln muß nach den bisherigen Erfahrungen abgeraten werden, da Verstopfungen in der Pflanzenschutzspritze vorkommen können.

Auch wenn SiO_2-haltige Mittel allein keinen 100prozentigen Schutz vor Krankheitsbefall bieten, so wird hiermit immerhin die Befallschwelle für einige Schädlinge deutlich angehoben. Silizium kann deshalb einen wichtigen Beitrag im integrierten Pflanzenschutz leisten. Siliziumhaltige Mittel sind recht preiswert. Häufig liegen die Ausbringungskosten höher als die eigentlichen Produktkosten.

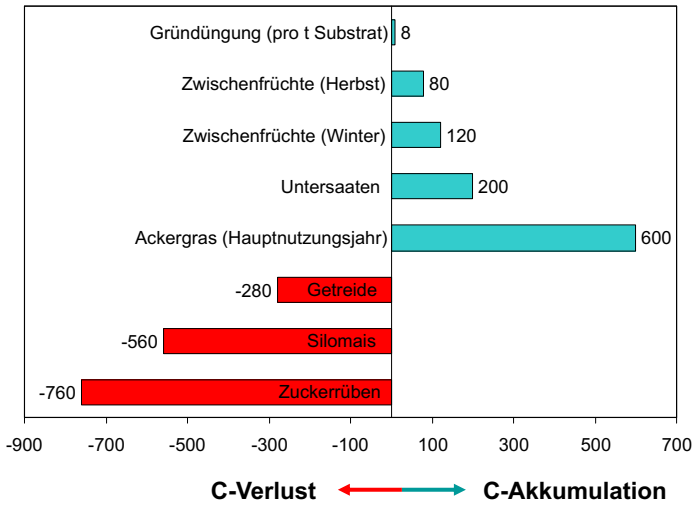
Dr. L. WERNING
Cadolzburg

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

67

Gräser und Zwischenfrüchte liefern Kohlenstoff!

Cross Compliance Angaben zur Humuslieferung (kgC/ha und Jahr)





www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

68

Rhizosphäreleistungen unterschiedlicher Kulturen

Pflanze	umgebender Boden %	Wurzelmasse %	Rhizospäre-boden %
Weidelgras	85,5	0,84	13,64
Sommerweizen	95,9	0,05	4,06
Weißklee	97,0	0,19	2,77
Wicke	96,1	0,19	3,68
Weißer Senf	97,1	0,03	2,84
Raps	97,0	0,05	2,97
Lupine	98,5	0,06	1,48

nach A. APPUHN 2004

www.öwa.org

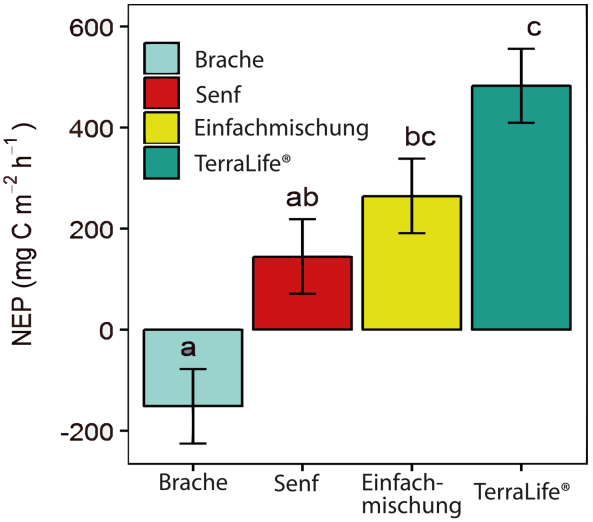
ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

69

BONARES Centre for Soil Research

Netto - Ökosystem- C -Produktion steigt mit zunehmender Diversität

CATCHY



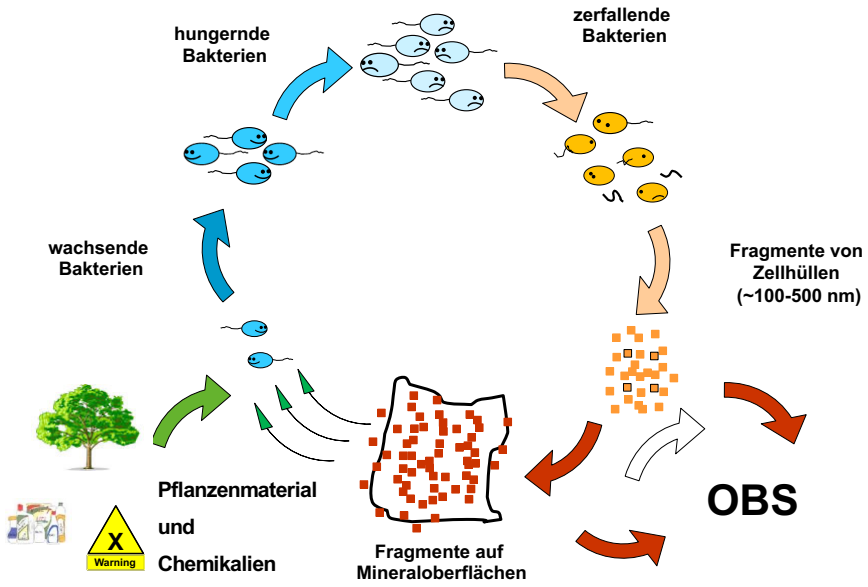
Quelle: Gentsch et al., 2018

Bundesministerium für Bildung und Forschung

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

70



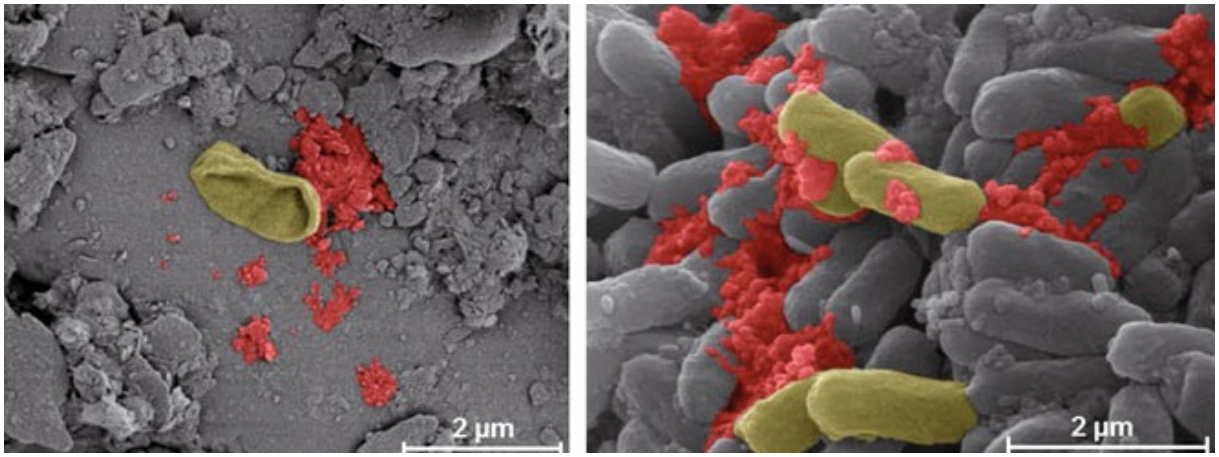
Quelle: Miltner,Kästner (UFZ Leipzig)

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

71

Zellhüllen (gelb) und Zellwandfragmente (rot)



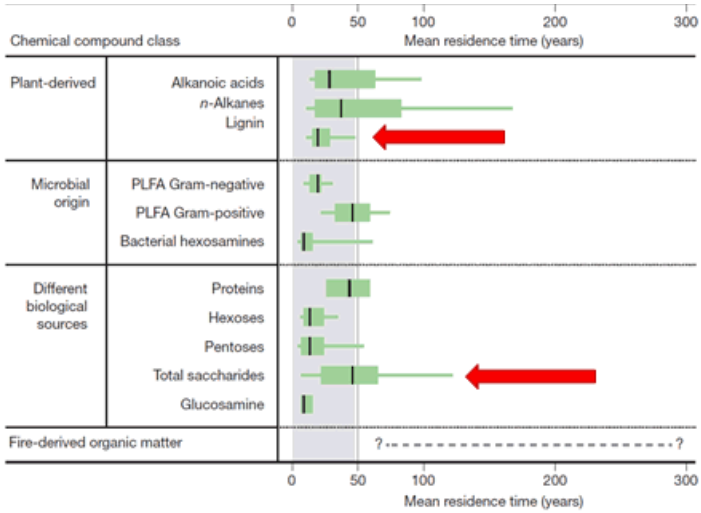
Quelle: Miltner,Kästner (UFZ Leipzig)

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

72

Verweildauer der org. Substanz im Boden



Schmidt et al (2011): Nature 478

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

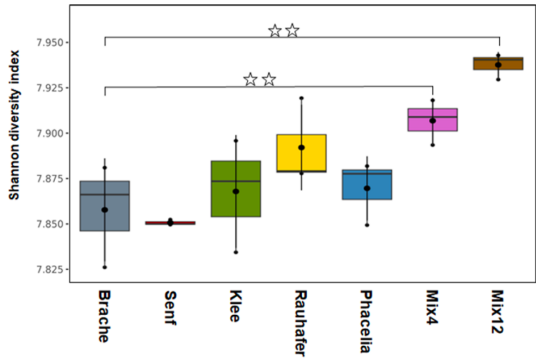
www.öwa.org

73

Zwischenfrüchte können einen Beitrag zur Förderung diverser Mikrobiome leisten

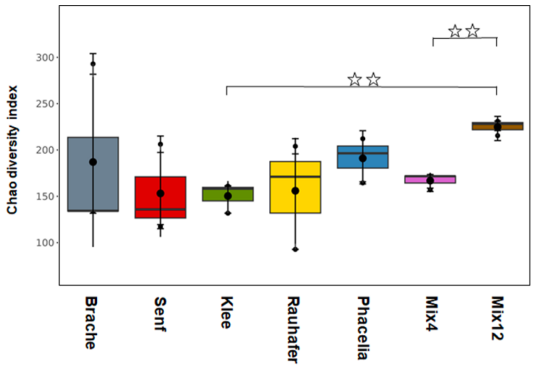
CATCHY

Vielfalt der Bakterien nach Zwischenfruchtanbau am Standort Triesdorf



Gezeigt ist die Diversität der Bakterien im Boden während der Standzeit der Folgefrucht Mais

Vielfalt der Pilze in und auf den Wurzeln von Mais nach Zwischenfruchtanbau in Asendorf



Gezeigt ist die Diversität wurzelassoziierter Pilze im Boden während der Standzeit der Folgefrucht Mais

Barbara Reinhold-Hurek, Thomas Hurek, Michał Oskiera, Norman Gentsch

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

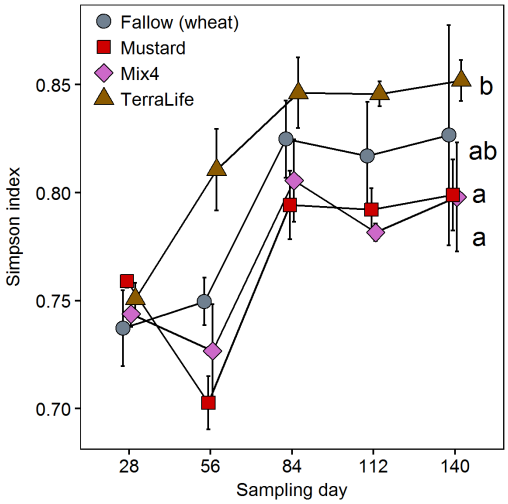
74

BONARES Centre for Soil Research

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Mikrobielle Diversität im Boden steigt mit zunehmender Diversität der Zwischenfruchtmischungen

CATCHY



TerraLife MaisPro TR **Maismischung einfach**



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

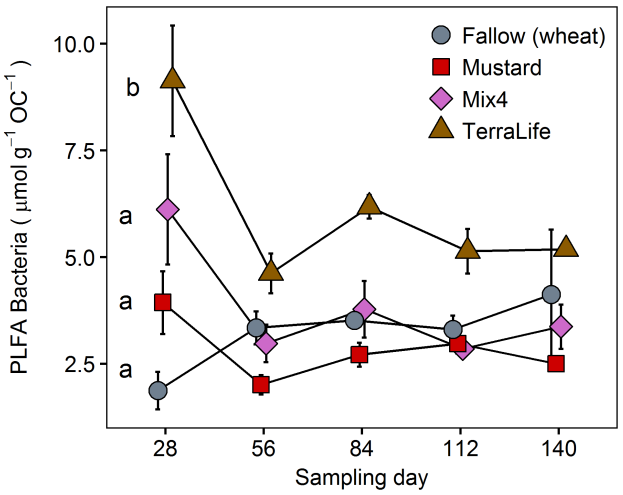
75

BONARES Centre for Soil Research

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Bakteriengemeinschaften des N-Kreislaufs profitieren von hoher Zwischenfrucht Diversität

CATCHY





ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

76

Wie wirken Zwischenfrüchte auf den Wasser- & Nährstoffhaushalt?

Nährstoffhaushalt

Zwischenfruchtanbau minimiert Nährstoffauswaschung

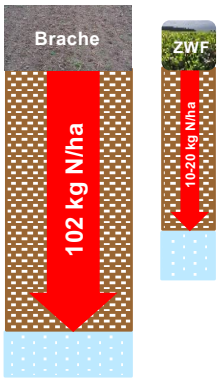
Größenordnung: (Standort Asendorf)

Reduktion > 80-90%

- Reinsaaten & Mischungen
- Klee als Reinsaat ist weniger geeignet

Wesentliches Instrument für den Gewässerschutz (insb. in roten Gebieten)

Akkumulierter N muss nicht zugekauft werden!



CATCHY



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

77

Was leisten Zwischenfrüchte für den Humusaufbau und die Bodenstruktur?

CATCHY

Bodenstruktur

Mehr **wasserstabile Bodenaggregate** als nach Brache:

- Ø Reinsaaten: + 12%



- Ø Mischungen: + 16%



Pflanzenbaulicher Mehrwert:

- ✓ Befahrbarkeit
- ✓ Einsparung von Bodenbearbeitung oder Rückstabilisierung nach notwendigen Maßnahmen
- ✓ Schaffung von Lebensraum
- ✓ Optimierung des Wasserhaushaltes

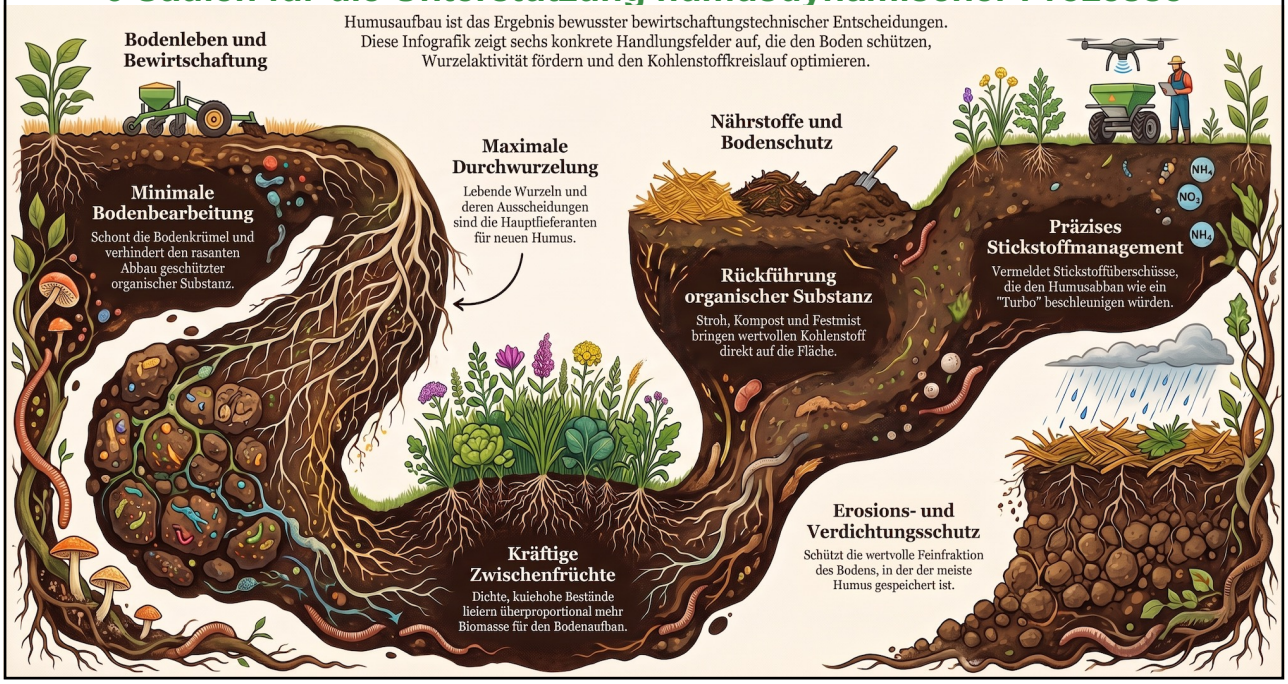


ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

78

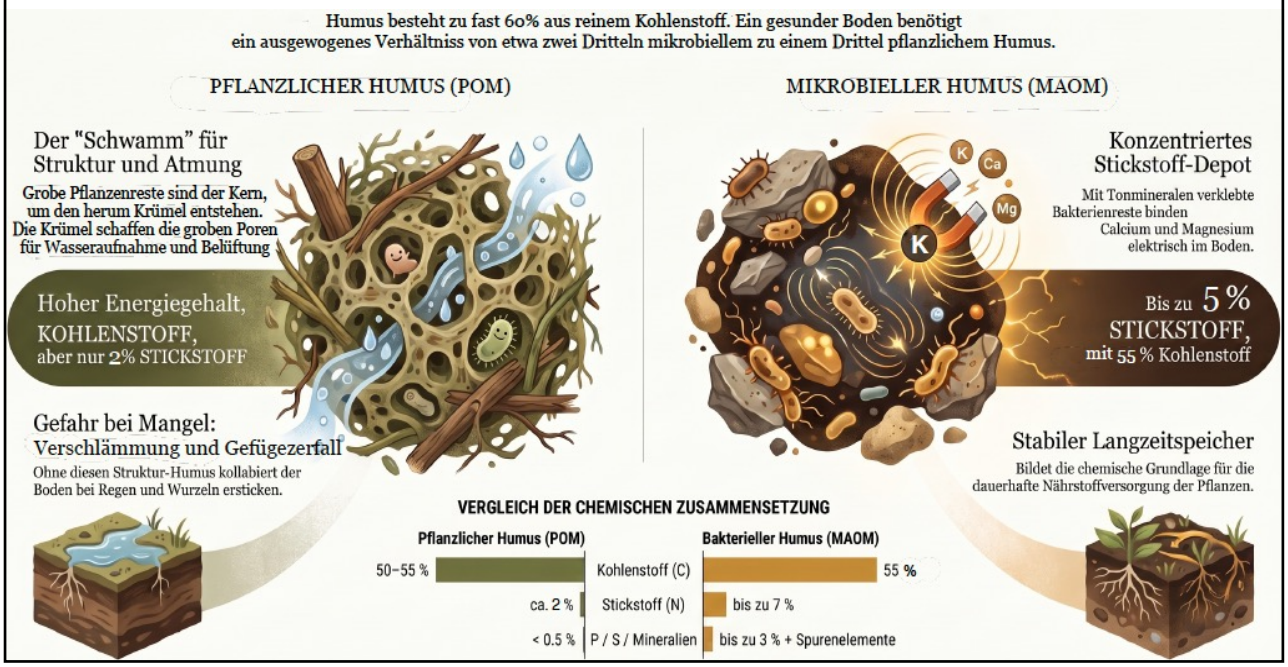
6 Säulen für die Unterstützung humusdynamischer Prozesse



79

Humus-die zwei Säulen der Bodenfruchtbarkeit

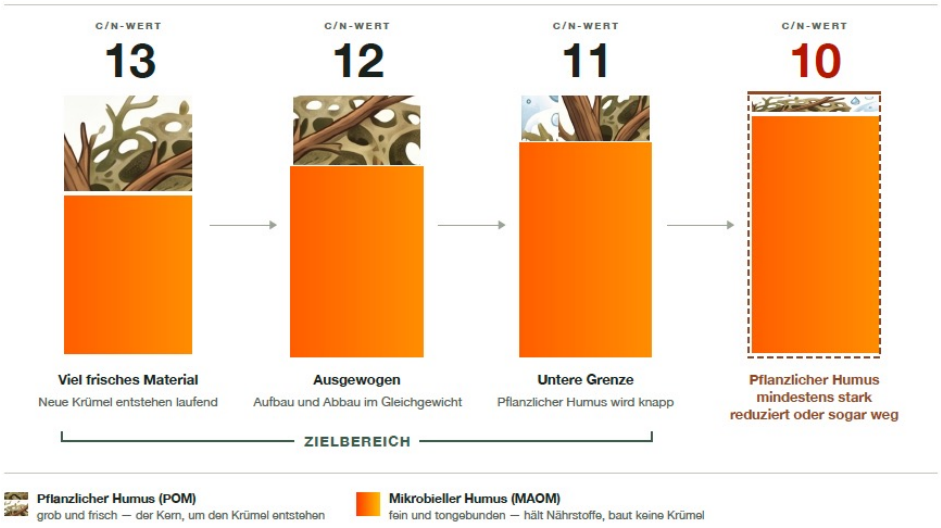
Humus besteht zu fast 60% aus reinem Kohlenstoff. Ein gesunder Boden benötigt ein ausgewogenes Verhältniss von etwa zwei Dritteln mikrobiellem zu einem Drittel pflanzlichem Humus.



80

Was der C/N-Wert wirklich anzeigt

Frage: Wie viel von der strukturgebenden OS ist vorhanden? Die Gesamtmenge an zugeführter OS kann gleich bleiben, aber die Anteile können sich verschieben!



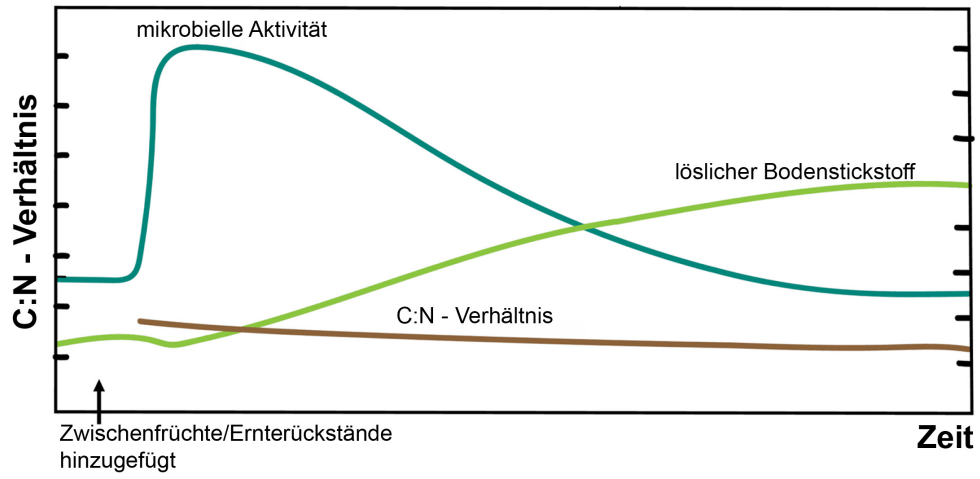
ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

81

Streu mit engem C:N- Verhältnis

Brandy & Weil, 1996, verändert



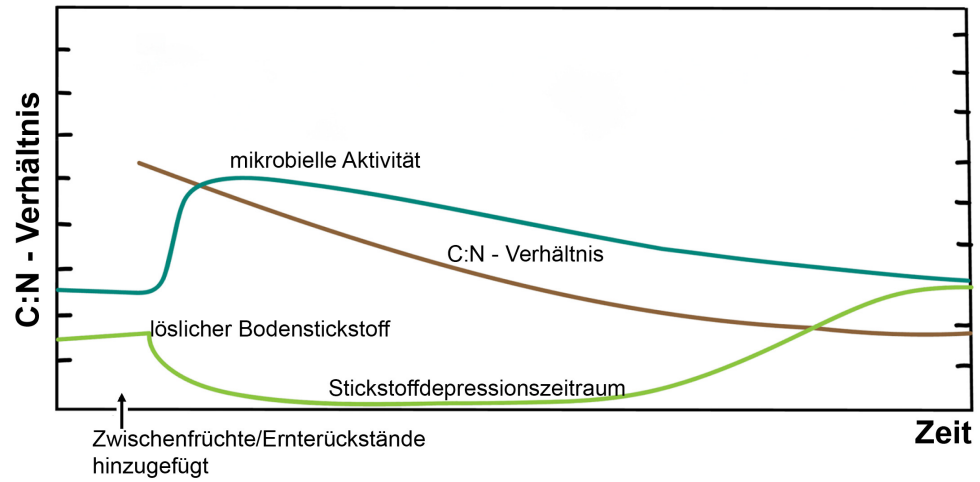
www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

82

Streu mit weitem C:N- Verhältnis

Brandy & Weil, 1996, verändert

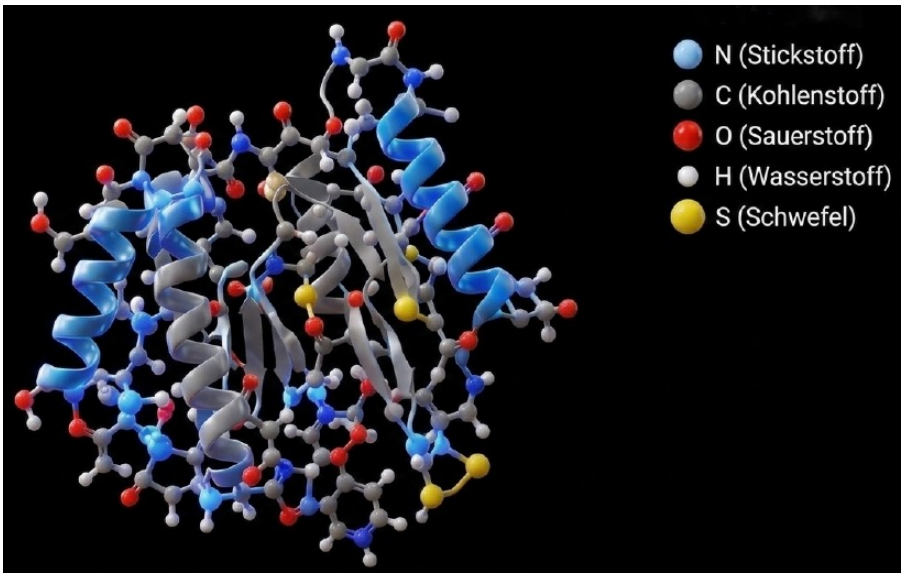


www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

83

Humusmodell



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

84

Lösungsvorschläge

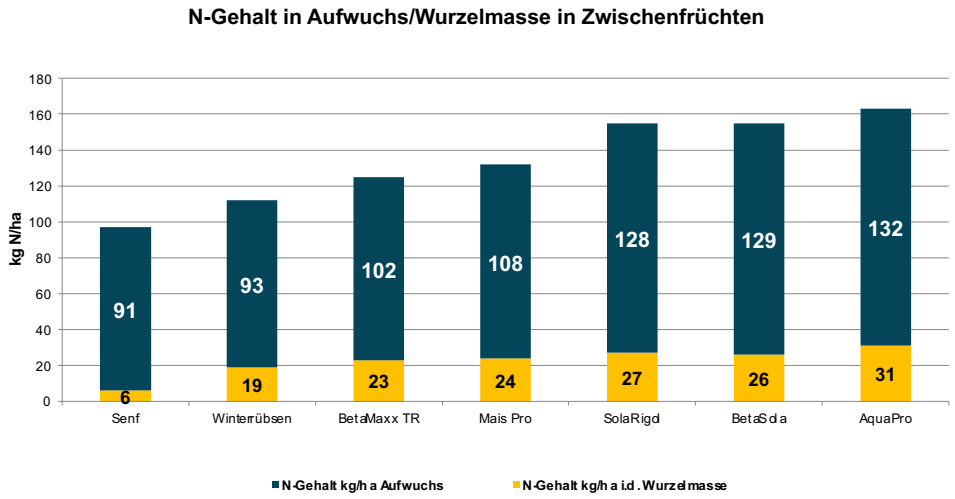
- **N berechnen- reine Mathematik**
- **N-Quellen abschätzen**
- **N-Effizienz erhöhen (Beispiel Mo, S usw.)**
- **N-Düngung um 20% reduzieren**
- **N-Form und Art der Applikation überdenken**
- **C ins System bringen (kein Strohverkauf; ZF verholzen lassen)**
- **N- im System halten (ZF/US)**
- **Winterraps immer mit US**

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

85

Vorteile Mischungen <> Reinsaat



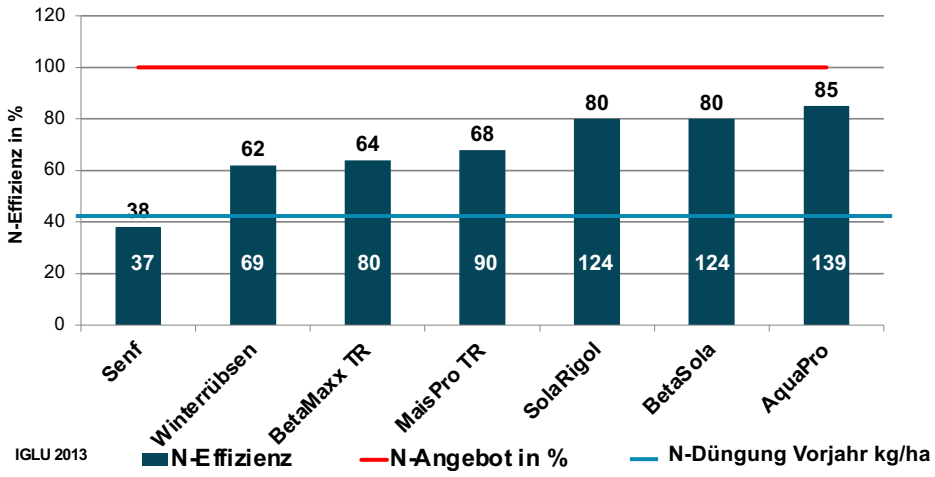
Quelle: IGLU 2013

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

86

Stickstoffeffizienz von Zwischenfrüchten



Quelle: IGLU 2013

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

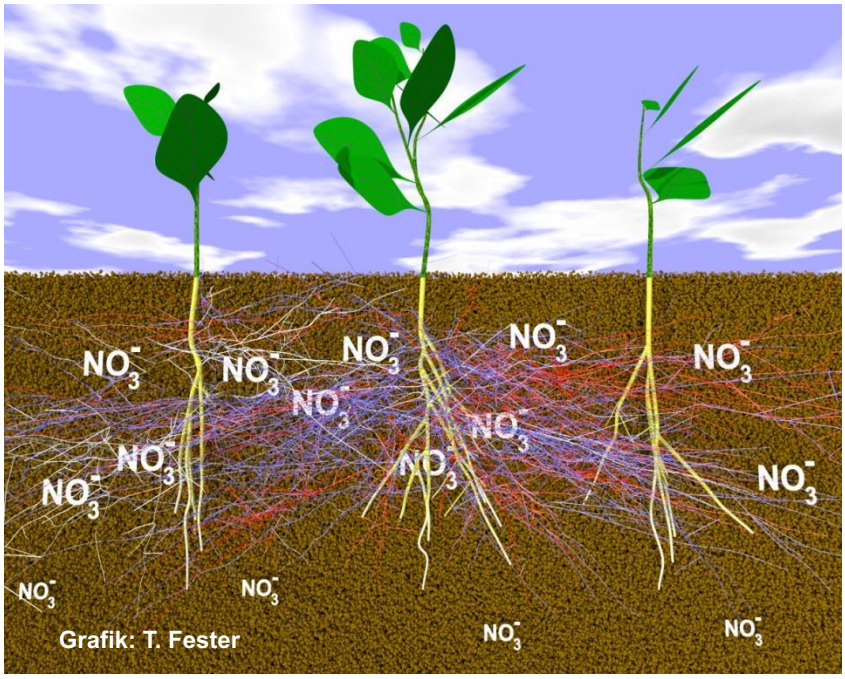
87


Quelle: Gallmetzer et al., PLOS Genetics 2015

88


0 sec
Quelle: Gallmetzer et al., PLOS Genetics 2015

89



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

90

Humus 365-ab Winter online

Online Methode: lernen, wie du Böden systematisch aufbauen kannst

- Wissen-Vermittlung UND praktische Umsetzung

- viele Jahre Erfahrung

- Warum?: Landwirtschaft muss sich anpassen und und unsere Böden sind meist verbesserungswürdig

- allein Probleme aufzeigen reicht nicht!

- wir bieten Lösungen an, die funktionieren und die auch praktisch umsetzbar sind.

Lösungen, die du als Landwirt selbst in der Hand hast!

Systematischer Bodenaufbau ist notwendiger denn je!

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

91

92

10. Mai 2023

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.

Ressourcenschonend und klimafreundlich:

ZALF-Studie: Silizium-Düngung steigert Weizenerträge und Wasserverfügbarkeit

Für eine in der Fachzeitschrift "Science of the Total Environment" erschienene Studie unter Leitung des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) wurden erstmals die Auswirkungen von Silizium-Düngung auf Weizenerträge untersucht. In einem Feldversuch auf Grenzertragsböden in Brandenburg bildeten die Pflanzen deutlich mehr Biomasse aus: Der Ertrag im Vergleich zur konventionell bewirtschafteten Fläche stieg um 80 Prozent. Auch die Bindung von Kohlenstoff im Boden sowie die Verfügbarkeit von Wasser verbesserten sich durch die Düngung deutlich. Perspektivisch könnte dies die Robustheit der Pflanzen gegenüber Dürreepisoden verbessern.

93

„Natürliche, wenig beeinflusste Böden enthalten sechs bis sieben Prozent amorphes Silikat", erklärt Schaller. Pflanzen reichern die hochreaktiven Siliziumverbindungen, die aus der Verwitterung von Gestein entstehen, als sogenannte Pflanzenopale in ihren Stängeln und Blättern an. Hier verleihen sie Stabilität und wehren auch Fraßfeinde ab. „Wer sich schon einmal an Schneidegras geschnitten hat, weiß, was gemeint ist", sagt Schaller. In natürlichen Systemen gehen die Verbindungen wieder in den Boden über, sobald die Pflanze abstirbt und verrottet. Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ist dieser Kreislauf unterbrochen. Vor allem Getreide nimmt große Mengen Kieselsäure über die Wurzeln aus dem Boden auf und lagert diese als amorphe Silikate in der Biomasse ein. Mit der Ernte verschwindet ein Teil davon dann wieder aus dem Kreislauf und dem Boden. Agrarböden, die seit Jahrzehnten oder Jahrhunderten genutzt werden, verarmten allmählich. Heute besitzen sie nur noch einen Bruchteil des ursprünglichen Gehalts an amorphem Silikat - meist deutlich weniger als ein Prozent!

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

94

Die Kuh ein Akrobat?



www.beratung-mal-anders.de

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

98

DSV-Zuchtstation:
Qualitäts (Mineralstoffgehalt?)- und Schmackhaftigkeitsprüfung





ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

99



How I Feed My Cows Minerals

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

100

Kühe stürzen sich als erstes auf den Ampfer



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

101



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

102



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

103

Zurück zu den Wurzeln



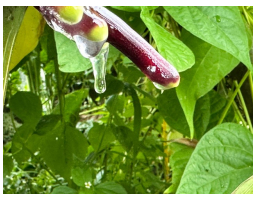
www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

106

Wurzelabscheidungen von Mais und Raps in Abhängigkeit von den Wurzelsegmenten

Stoffgruppe	Segment	Pflanzenart			
		Raps		Mais	
		kBq/g TM	%	kBq/g TM	%
Zucker	oben	0,33	32	1,21	42
	Mitte	0,33	32	0,88	31
	unten	0,36	36	0,79	27
	alle	1,02	54	2,88	59
Aminosäuren/ Amide	ober	0,20	48	0,36	31
	Mitte	0,09	21	0,38	33
	unten	0,13	31	0,42	36
	alle	0,42	22	1,16	24
Carbonsäuren	oben	0,10	23	0,16	20
	Mitte	0,16	36	0,23	29
	unten	0,18	41	0,41	51
	alle	0,44	23	0,80	17
insgesamt		1,88	100	4,84	100
DG (Tukey, P < 0,05)		0,05		0,08	0,08



Quelle: Gransee; Ruppel, 1998

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

107

Wurzelbilder Körnermais, Oktober 2013, nach Zwischenfruchtmischungsversuch 2012



Quelle: R. Kern, LRA Karlsruhe

LANDKREIS KARLSRUHE *Landratsamt Karlsruhe, Landwirtschaftsamt* *Ackerbau-Wasserschutz, Kern 2013*

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

108

Maiswurzelausbildung in Abhängigkeit von der Zwischenfrucht vor Mais



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

109



110

Mikrobielle Aktivitäten in verschiedenen Bodentiefen eines sandigen Lehmbodens unter Dauergrünland

(in Bezug auf 0 - 2 cm Tiefe)

Bodentiefe in cm	Anzahl aerobe Bakterien	Katalase-aktivität	Aktivität der alkalischen Phosphatase	C-Mineralisierung	N-Mineralisierung
0 - 2	100	100	100	100	100
2 - 10	27	62	75	49	63
10 - 15	18	41	86	50	56
15 - 25	18	43	86	37	46
25 - 40	26	31	71	28	18
40 - 100	19	12	24	20	15

Quelle: Gisi, 1997

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

112

Landwirtschaft 5.0 ist die Fähigkeit zur gezielten Bewirtschaftung der Bodenbiologie!

Gernot Bodner, 31.01.2020

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

113

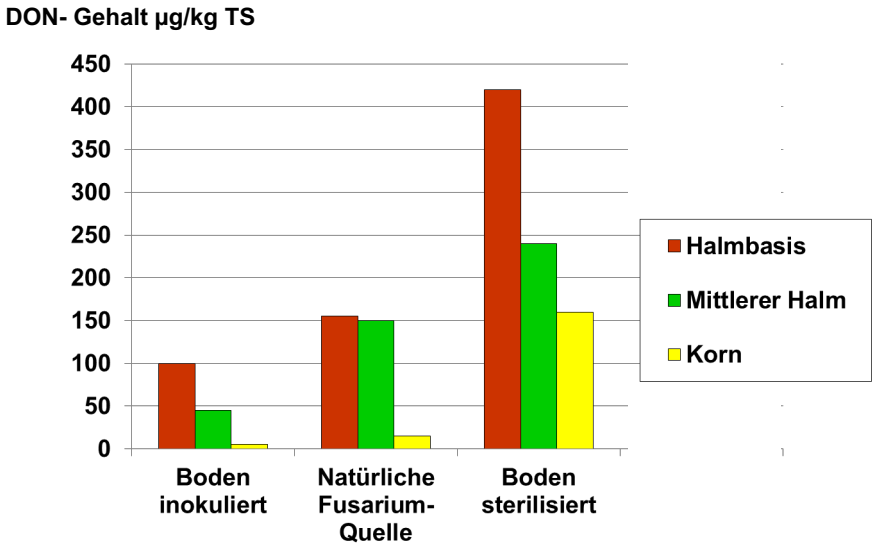
Biotische Einflussfaktoren auf das Bodenleben

- **Pflanzenvielfalt (Wurzelvielfalt)/Fruchtfolge => NEP**
- **Vegetationsdauer/NEP**
- **Zuführung von org. Substanz (Qualität/Quantität):**
  Kompost, Stroh, Dung, Gülle, Gärrest….
- **Verhältnis von Bakterien, Pilzen, Protozoen, Algen, Nematoden, Bodentiere etc.**

Abiotische Einflussfaktoren auf das Bodenleben (Edaphon)

- **Wetter/Klima (Wasser- und Temperaturdynamik)**
- **Standort (Lage, Ausgangsmaterial, Textur)**
- **pH-Wert**
- **eH-Wert**
- **Gasaustausch (O_2-Partialdruck)**
- **Nährstoffbalance**
- **Betriebsmanagement (PSM, Düngung, Bodendruck, Schadstoffeinträge….)**

Mykotoxingehalte nach einer Halmbasisinfektion



Quelle: Tiedemann, DLG- Mitteilungen03/11

www.öwa.org

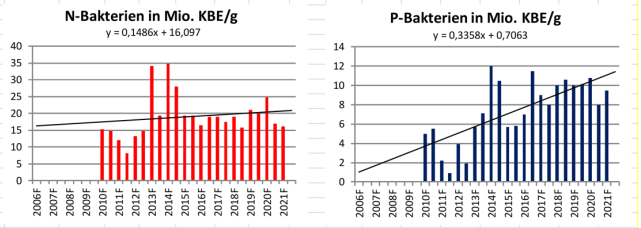
daRostim Tandem$^{12/21}$ Schlagprotokoll — BIOLOGISCHE BODENANALYSEN (H, N, P, BSI*)

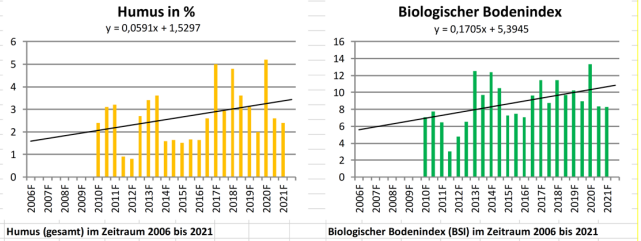
Stand: 06.10.2021

Standort	Schlagname	Schlagnummer	KBZ	Nr	SKBZ	AZ	ha	V	K
Bückwitz	Windräder	9.2	BKW	254	D	49	10,00	7,50	2,50

Jahr	H	N	P	BSI
2006F	0,0	0,0	0,0	0,0
2006H	0,0	0,0	0,0	0,0
2007F	0,0	0,0	0,0	0,0
2007H	0,0	0,0	0,0	0,0
2008F	0,0	0,0	0,0	0,0
2008H	0,0	0,0	0,0	0,0
2009F	0,0	0,0	0,0	0,0
2009H	0,0	0,0	0,0	0,0
2010F	2,4	15,3	5,0	7,1
2010H	3,1	14,7	5,5	7,7
2011F	3,2	12,0	2,2	6,5
2011H	0,9	8,2	0,9	3,0
2012F	0,8	13,3	3,9	4,8
2012H	2,7	14,7	1,9	6,5
2013F	3,4	34,1	5,7	12,6
2013H	3,6	19,3	7,1	9,7
2014F	1,6	34,8	12,0	12,4
2014H	1,6	28,0	10,5	10,5
2015F	1,5	19,3	5,7	7,3
2015H	1,7	19,3	5,8	7,4
2016F	1,6	16,5	7,0	7,1
2016H	2,6	19,0	11,5	9,6
2017F	5,0	19,0	9,0	11,4
2017H	2,9	17,4	8,0	8,8
2018F	4,8	19,0	10,0	11,5
2018H	3,6	15,8	10,6	9,7
2019F	3,1	21,1	10,0	10,3
2019H	2,0	20,0	10,1	8,9
2020F	5,2	24,7	10,8	13,4
2020H	2,6	17,0	8,0	8,4
2021F	2,4	16,1	9,5	8,3
2021H	0,0	0,0	0,0	0,0

Mittel	H	N	P	BSI
06/11	2,4	12,6	3,4	6,1
12/16	2,1	21,8	7,1	8,8
17/21	3,5	18,9	9,6	10,1





PHC-induziertes biologisch-chemisches Stickstoff-Äquivalent:	Mittel der letzten zwei Jahre	
	19,45	kgN/ha

PHC-induziertes biologisch-chemisches Phosphor-Äquivalent:	Mittel der letzten zwei Jahre	
	9,6	kgP/ha

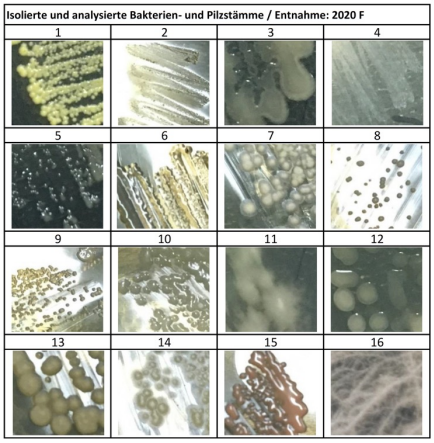
www.öwa.org

BBA-A, BBA-B, BBA-C
Bodenfruchtbarkeit BasicAnalyse, StandardAnalyse, ExtraAnalyse

Parameter		Wert	Einheit
Kohlenstoff	C	2,0	%
Humus	H	3,0	%
Luftstickstofffixierende Bakterien	N	13,6 ± 0,18	Mio. KBE/g
Phosphorfreisetzende Bakterien	P	7,7±0,12	Mio. KBE/g
Biologischer Bodenindex	BSI	7,9	rel.E.
N/P- Verhältnis	N/P		
Zellulose-Destruktoren	Z		Mio. KBE/g
Ammonifizierende Bakterien	AM		Mio. KBE/g
Azotobakter	AZ		Mio. KBE/g

BBA-D
Boden-Phytopathogene BasicAnalyse

Parameter	Wert	Einheit
Gesamt Bakterien und Pilze	37,4	Mio. KBE/g
davon pathogen	0	%
Anzahl der Bakterien- und Pilzstämme	16	
davon pathogen	0	



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

118

Regenwürmer Lebensformtypen

Gattung/Art	Lebensweise	Ernährungsweise
Lumbricus rubellus **Lumbricus castaneus**	**epigäisch** in der Streu lebend, vor allem im GL, Wald und Kompost	**detritivor** (Streu fressend)
Aporrectodea calliginosa **Aporrectodea rosea** **Allolobophora chlorotica**	**endogäisch** flachgrabende Arten (Horizontalgraber)- im Oberboden (5-40cm)- humoser Mineralboden -Gänge meist nicht sehr stabil	**geophag** (Mineralboden fressend)
Lumbricus terrestris (Großer Tauwurm)	**anektisch** , **anözisch** vertikal tiefgrabend durch alle Bodenschichten (1,5-4m tief) -Gänge stabil (Ø8-11mm)	**detritivor** (Streu fressend) ziehen große Pflanzenteile in ihre Wohnröhren

119

Regenwurmlosung 1m² von Bodenoberfläche nach 8- monatiger ZF

1969g bei 11% Feuchte= 1752g lufttrockener Boden

Das sind bei 0-30cm ca. 0,39% der Ackerkrume und 60kgN!



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

120

Bodenverdichtung

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

123

Mangelnde Infiltration- ein Wetterproblem?



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

124





www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

125

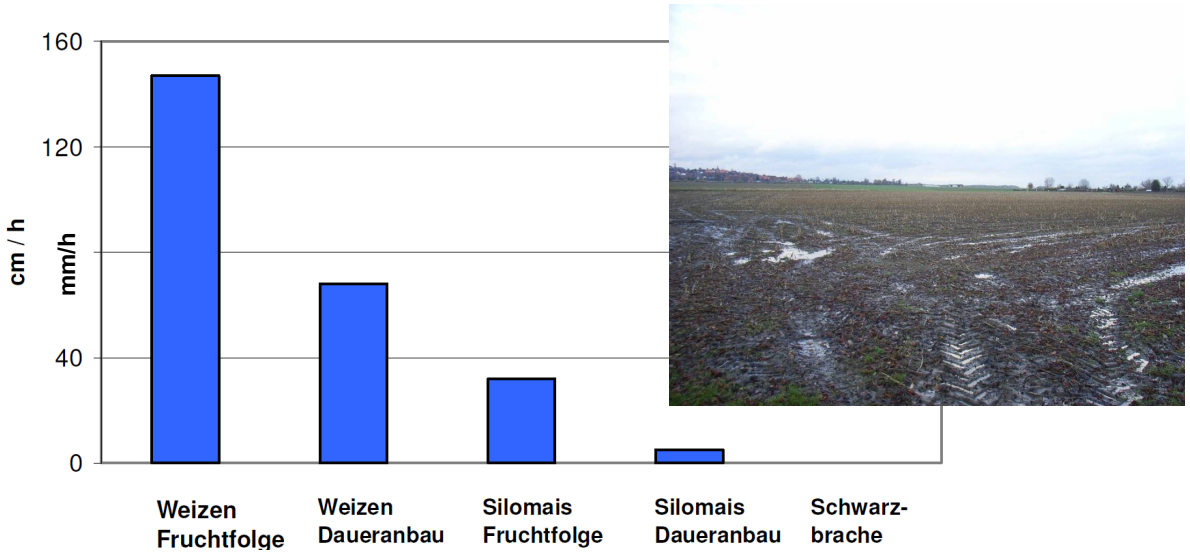


www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

126

Infiltration in Abhängigkeit von der Fruchtfolge Capriel Bayr. LA, 2007



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

127

Nach der Maisernte 2010
Zu nass, zu schwere Maschinen!



Quelle: Eurhardt, LWK NRW

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

128

Nach der Maisernte 2017





ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

129

Beispiel Zuckerrübenernte 2023



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

130

Beispiel Zuckerrübenernte 2023



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

131



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

132



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

133



Bio-Zuckerrübenernte 2024 nach überdurchschnittlichen Niederschlägen im Spätsommer in der südlichen Oberpfalz

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

134

Keine Rückverfestigung kein biologisches Verbauen!





ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

135

Die letzte Rettung?





ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

136

Drei Grundsätze des Tiefenlockerns

1. **Wer Boden lockert, muss trockene Bedingungen im Bereich der zu lockernden Schicht haben!**

2. **Wer lockert, muss rückverfestigen!**

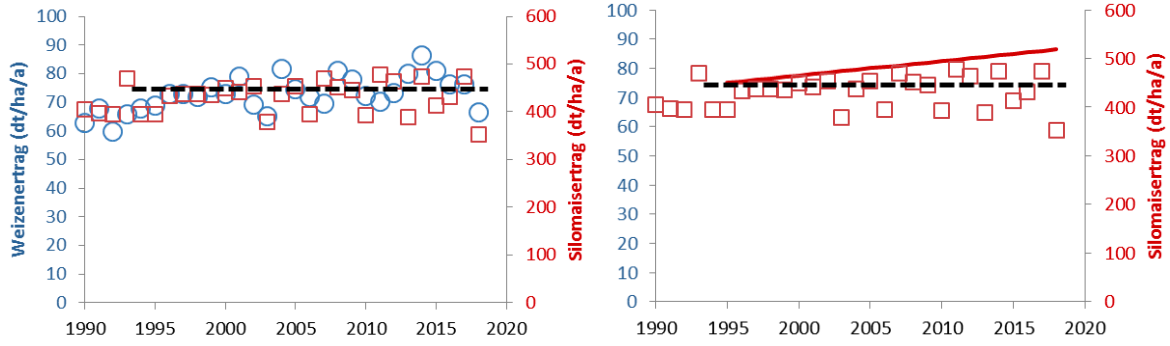
3. **Wer lockert und rückverfestigt, muss biologisch verbauen!**

Wird eine der Bedingungen nicht erfüllt, kann im schlimmsten Fall die Verdichtung zunehmen!

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

137

Mittlere Winterweizen-und Silomaiserträge in Bayern- 1990-2020



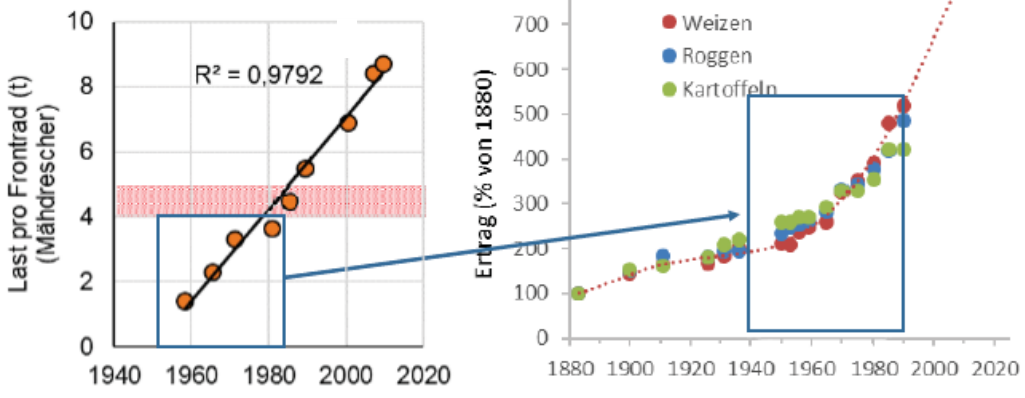
Quelle: K. Auerswald, Lehrstuhl für Grünlandlehre, TU München

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

138

Unterbodenverdichtung?



Keller et al. (2019) Historical increase in agricultural machinery weights.... Soil & Tillage Research 194: 10429

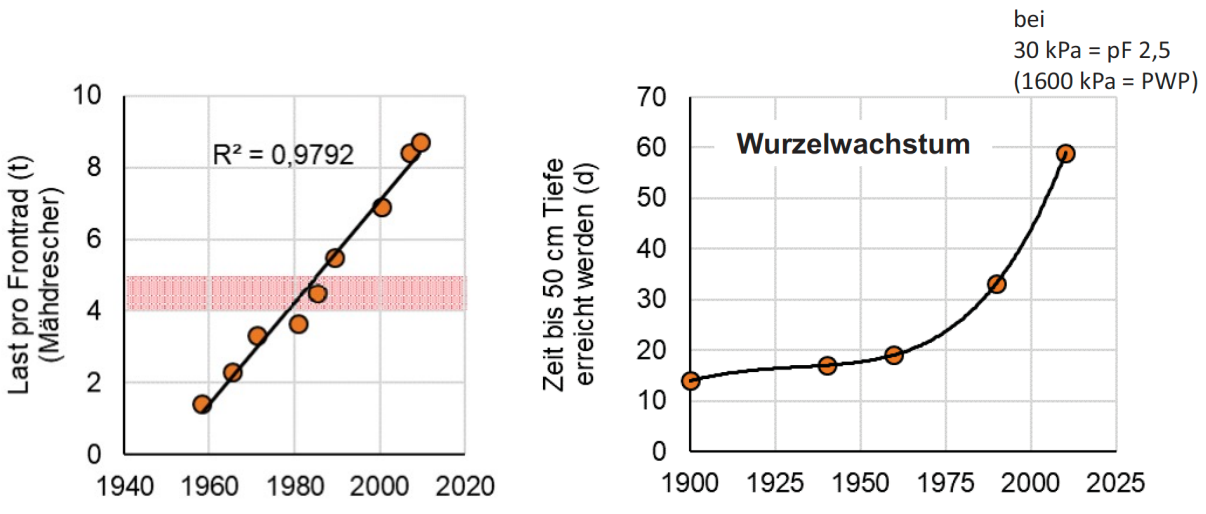
Mahlerwein G. 2016: Die Moderne 1880-2010. Grundzüge der Agrargeschichte Band 3

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

139

Unterbodenverdichtung



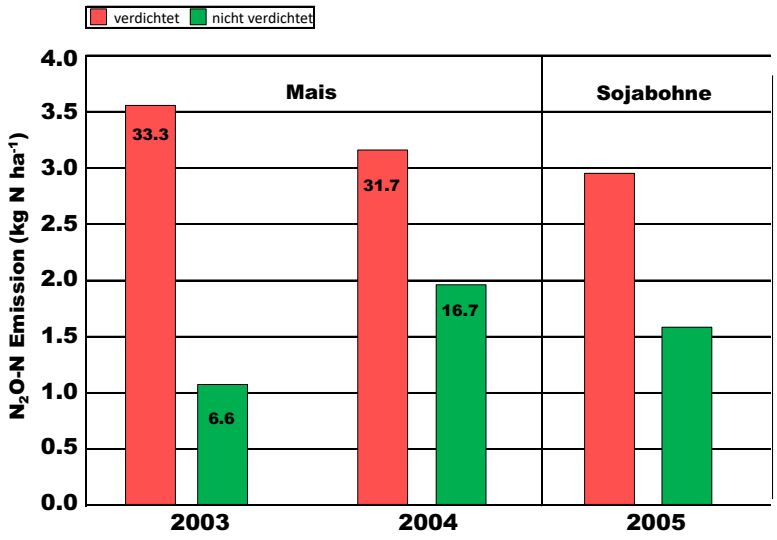
Keller T. et al. (2019) Historical increase in agricultural machinery weights... Soil & Tillage Research 194: 10429

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

140

Kumulierte N_2O-N-Emmissionen kg/ha in der Vegetationsperiode von Mais bzw. Sojabohnen und entsprechenden ertragsbezogenen N_2O-N-Emmissionen



Quelle :Mais, 4/2017 S.174

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

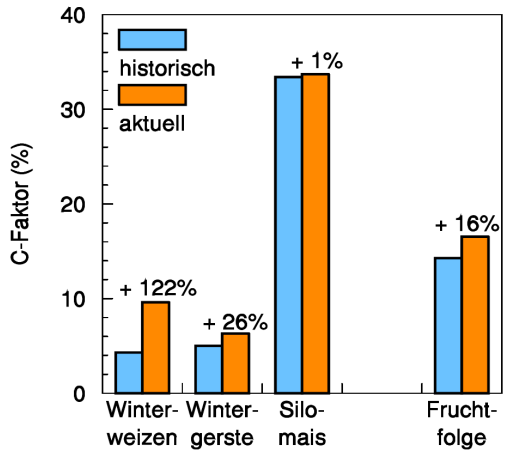
www.öwa.org

141

Klimawandel und Landnutzung Landwirtschaft als Leidtragender und Verursacher

K. Auerswald, Lehrstuhl für Grünlandlehre, TU München

Einfluss des veränderten Jahresgangs der Erosivität



C-Faktor=> Fruchtfolge und Bodenbearbeitung

www.öwa.org

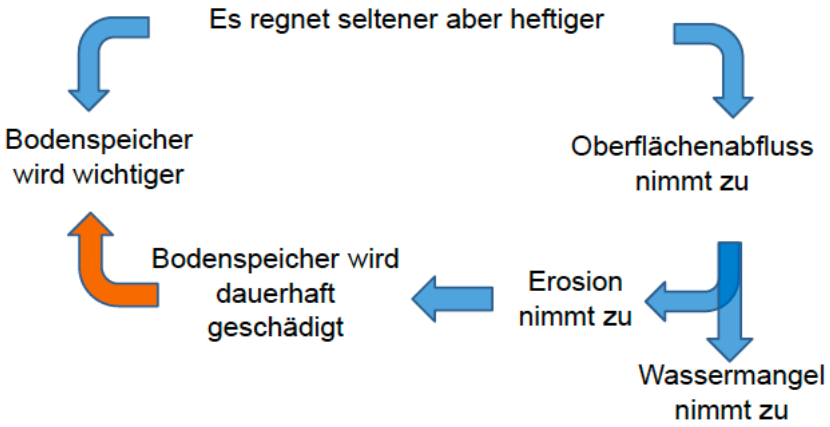
ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

142

Klimawandel und Landnutzung Landwirtschaft als Leidtragender und Verursacher

K. Auerswald, Lehrstuhl für Grünlandlehre, TU München

Ein Grad Temperaturzunahme bedeutet bereits:



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

143

Klimawandel und Landnutzung Landwirtschaft als Leidtragender und Verursacher

K. Auerswald, Lehrstuhl für Grünlandlehre, TU München

Schlussfolgerungen- was ist in Zukunft erwartbar?

1) Die Erosion hat sich etwa verachtfacht
2) Die Erosivität wird weiter stark zunehmen
3) Hagelschäden werden im gleichen Maß zunehmen
4) Der Bodenspeicher ist wichtiger denn je
5) Erosion im Winter wird deutlich zunehmen
   → besseren Schutz während der Vegetationsruhe
6) Verdichtungsschäden werden deutlich zunehmen
   → noch mehr Erosion
   → weitere Schädigung des Bodenspeichers

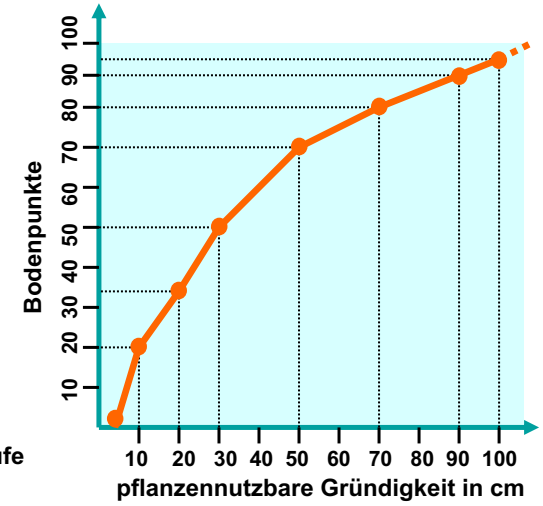
ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

144

Beziehung zwischen pflanzennutzbarer Gründigkeit und Bodenpunktzahl bzw. Fruchtbarkeitsstufen

I	bevorzugt
II	ausgezeichnet
III	sehr gut
IV	gut
V	genügend
VI	ungenügend
VII	gering
VIII	sehr gering

Bodenfruchtbarkeitsstufe



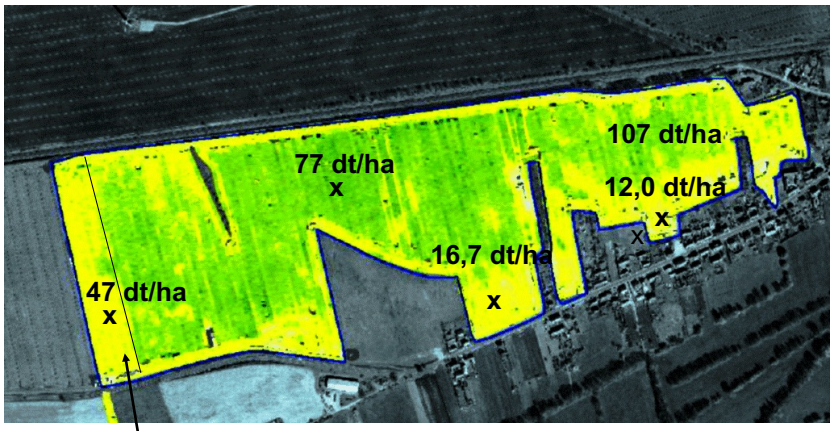
Quelle: Gisi,1997

Quelle: Jäggli, 1986 in Gisi

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

145

Ertragskartierung Ernte 2008 (Triticale)



Tauschfläche
Frühj. 06 (3,7 ha)

12,0 dt/ha- 107,0 dt/ha
Ertragsmittel: 67 dt/ha

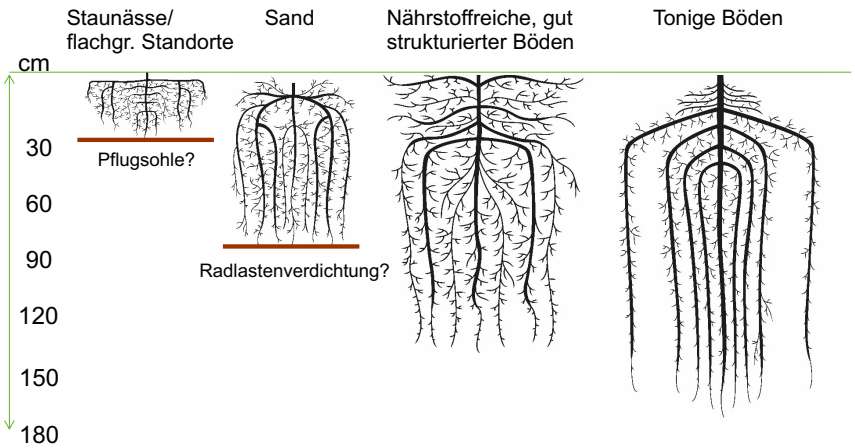
ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

146

Wurzelausprägungen Beispiel Winterraps

stilisierte Zeichnungen (Hamann 2012, ergänzt: Felgentreu 2024)

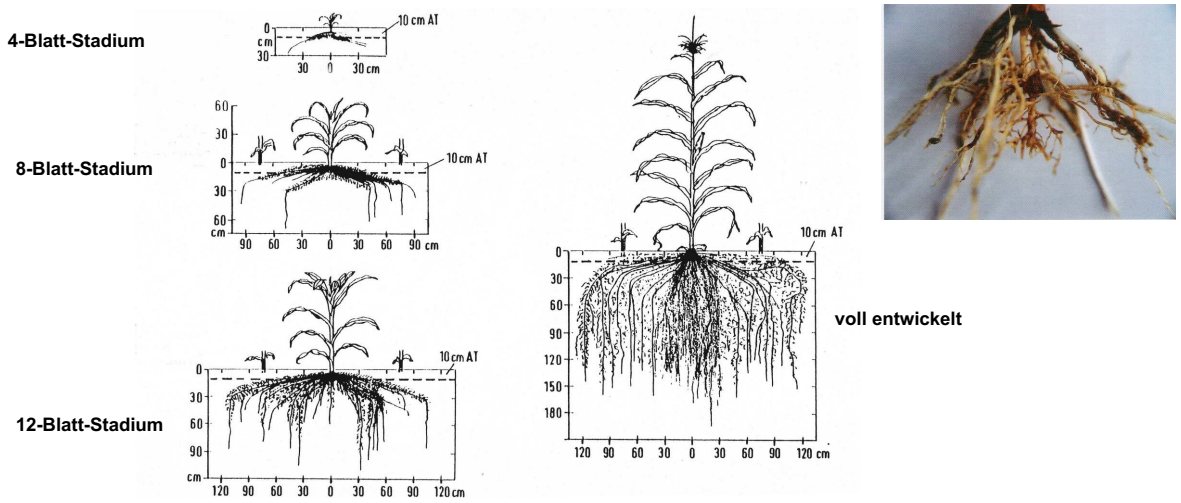


ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

147

Beispiel Mais: Wurzelanlagen einer Maispflanze



Quele: Wurzelanlagen einer Maispflanze (Kisselbach)

www.öwa.org

148

Steigerung der Biodiversität im Ackerbau

Möglichkeiten/Verfahren/Systeme

Zwischenfrüchte	Begleitsaaten	Mischkultursystem	Intercropping
- Erosionsschutz - Verb. Bodenstruktur - Nährstoffrecycling - Temperaturregelung - Akk. org. Substanz - UK-Unterdrückung - Fütterung Bodenleben	- Insekten- Patogenabwehr - Nährstoffakkumulation - Nährstoffnachlieferung - Bodenschutz - Unkrautunterdrückung - max. Fotosynthese	- mehr als eine Hauptkultur - Stabilisierung des Ertrags - UK-Unterdrückung - Insekten- u. Patogenabwehr - max. Fotosynthese	- 2 Hautkulturen im Lichtschachtverfahren

Förderung der humusdynamischen und symbiontischen Prozesse!

www.öwa.org

177

Zwischenfrucht

Untersaaten
(meist winterhart)

- für Futterzwecke
- Erosionsschutz
- Nährstoffspeicherung
- Einsammeln von Tau
- Wasserentzug im Frühjahr
- max. Fotosynthese

Sommerzwischenfrucht
(meist gut abfrierend)

- für Futterzwecke
- Erosionsschutz
- Nährstoffspeicherung
- Einsammeln von Tau-
- max. Fotosynthese

Winterzwischenfrucht
(meist winterhart)

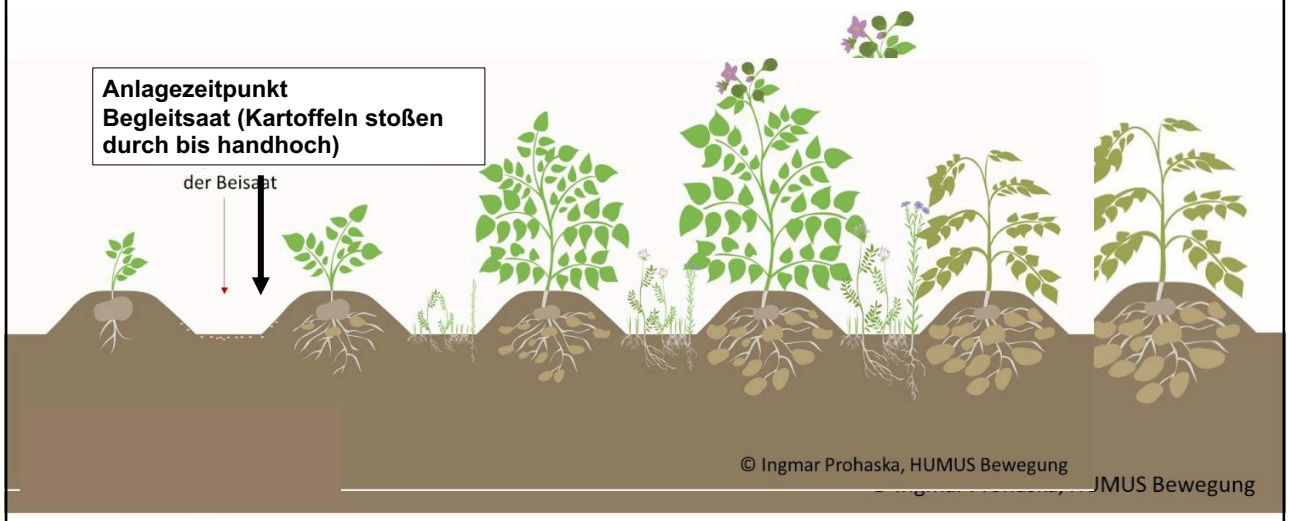
- für Futterzwecke
- Erosionsschutz
- Nährstoffspeicherung
- Einsammeln von Tau
- Wasserentzug im Frühjahr
- max. Fotosynthese

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

178

Kartoffelbegleitsaaten



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

179





ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

180

Rapsbegleitsaaten



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

181

Biowinterraps mit Begleitsaat+ M“



Fotos: Josef Hägler

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

182

Untersaaten in Winterraps









ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

183

Untersaat

Vorteile

- Arbeitswirtschaft
- preiswert
- Nährstoffrecycling
- lange Bodenruhe
- Temperaturregulierung
- Stabilisierung Bodengefüge
- gute Infiltration
- Verbesserung der Befahrbarkeit
- max. Fotosynthese

Nachteile

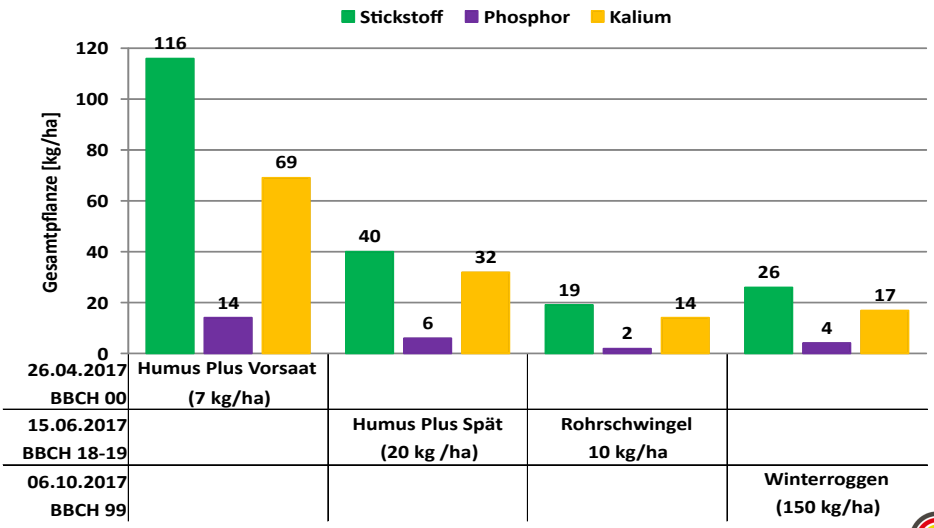
- weniger biodivers
- Gräser können stressen
- PSM kann kneifen
- Etablierung unter trockenen Bedingungen birgt gew. Risiko

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

184

Untersaaten/Zwischenfrüchte
Nährstoffaufnahme (Blatt u. Wurzel) Standort: Stapel (Amboss, 25.04.17)
Auswertung: 12.04.2018



Quelle: LWK NDS; H. Romundt

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

185

Beispiel Untersaat im Winterraps

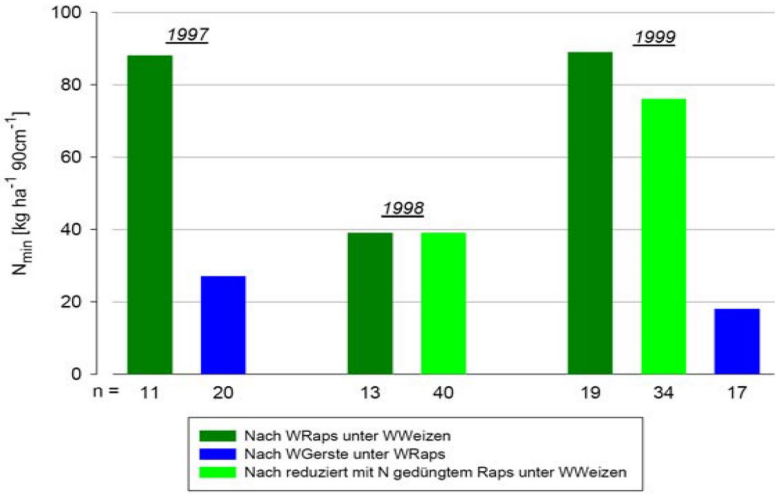


186

Blattabwurf ist Ursache für hohe N-$_{min}$ Werte nach Raps

„Herbst-N_{min}“ in Fruchtfolgen mit Winterraps

(Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Northeim, Beratung Wasserschutz)



187

Rapsernte mit Grasuntersaat (Demo Thüle)





188

Raps mit und ohne Grasuntersaat (Demo Thüle)





10.08.2016: nach dem Mulchen

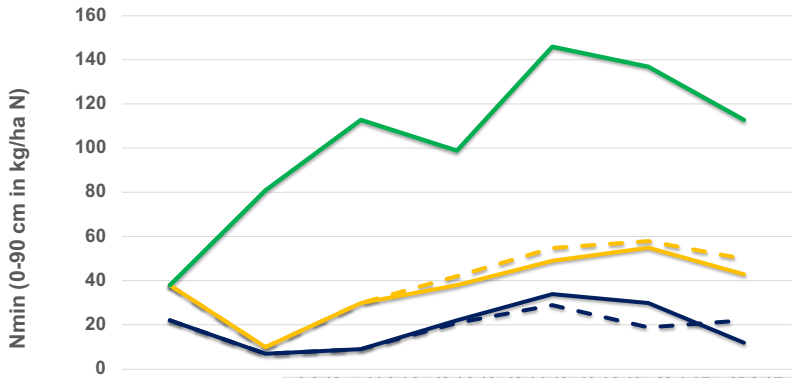


30.08.2016: ca. 20 Tage nach dem Mulchen

189

Bodenstickstoff (Nmin) nach Raps

Betrieb A, südl. Soester Börde, 2016/2017



	9.8.16	14.9.16	13.10.16	12.11.16	16.12.16	28.1.17	25.2.17
MIT US, 1x BB, MS	22	7	9	22	34	30	12
MIT US, DS	22	7	9	21	29	19	22
OHNE US, 1x BB, MS	38	10	30	38	49	55	43
OHNE US, DS	38	10	30	42	55	58	50
OHNE US, 3 x BB, MS	38	81	113	99	146	137	113

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

190

geeignete Arten für Untersaaten

Gräser

- DW früh-spät
- Welsches Weidelgras
- Einjähriges Weidelgras
- Wiesenschwingel
- Knaulgras
- Wiesenlieschgras
- Wiesenrispe
- Schafschwingel
- Rotschwingel =>Festuca rubra rubra (ausläuferb.)
  Festuca r. trichophylla (kurzausläuferb.)
  Festuca r. commutata (horstbildend)

Kleearten

- alle Kleearten

Kräuter

Mischungen

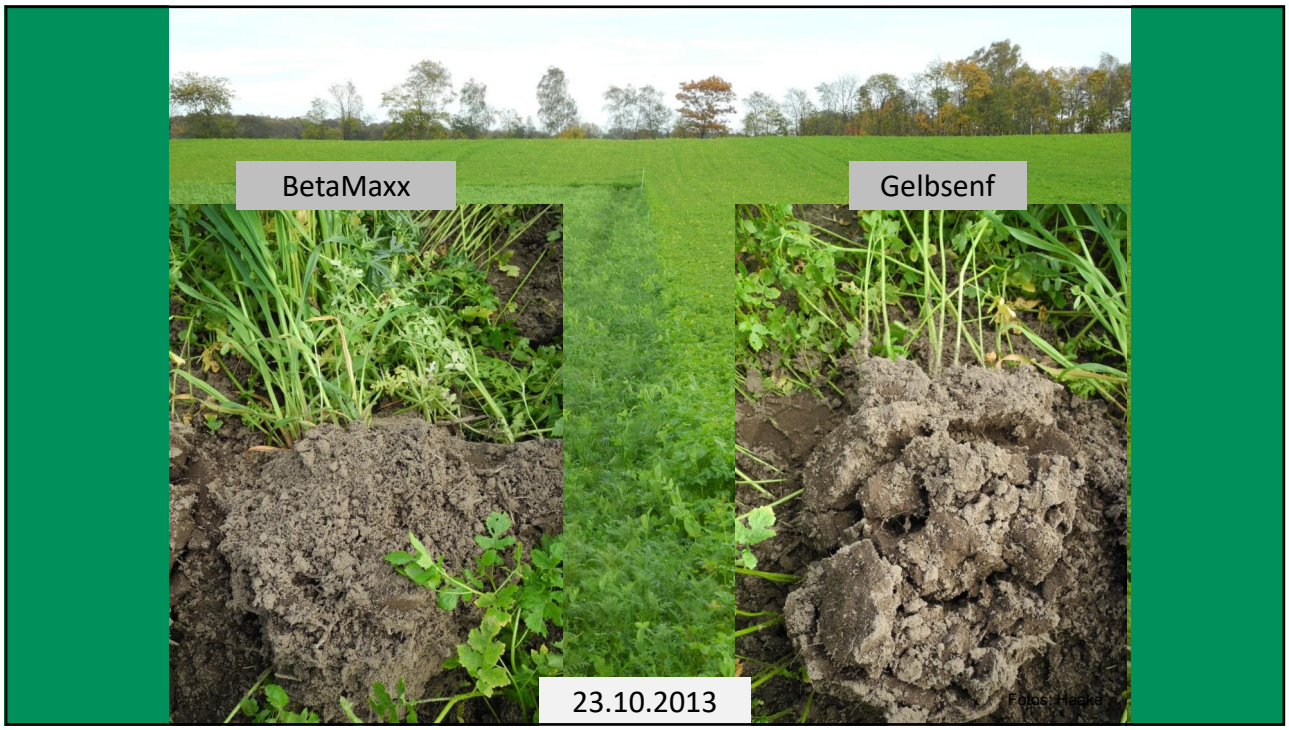
z. B.:M1; M2; M3 M4; M5

DSV Untersaat M2 Plus	Gew %
Dt. Weidelgras	58
Lieschgras	10
Hornklee	5
Weißklee	10
Inkarnatklee	4
Phacelia	3
Leindotter	2
Öllein	6
Spitzwegerich	2

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

191



192

Einfluss der Zwischenfrucht auf die Bodenstruktur eines ZR- Ackers

Senf + Phacelia | **BetaMaxx 30** | **AquaPro o. BW**



Fotos: Haake

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

193



194



195

TerraLife MaisPro TR Maismischung einfach Vor der Rübe TerraLife N-Fixx „Greening einfach“



Foto: C. Felgentreu



Foto: H. Haake

17.6.2021 / 13.00 Uhr / 33 Grad

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

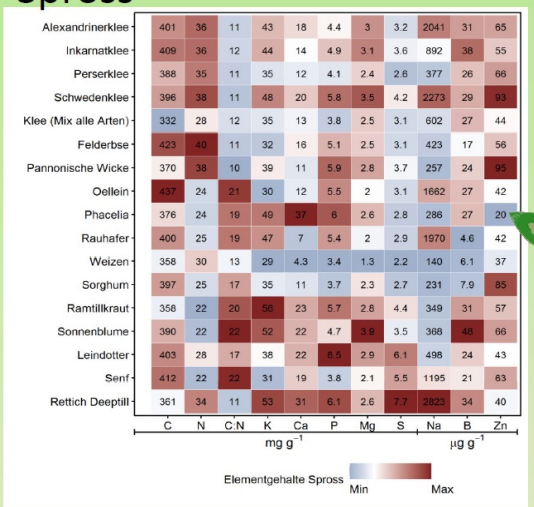
196

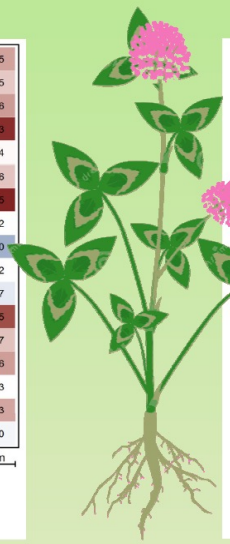
CATCHY

Zwischenfrüchte und ihre Nährstoffkonzentrationen

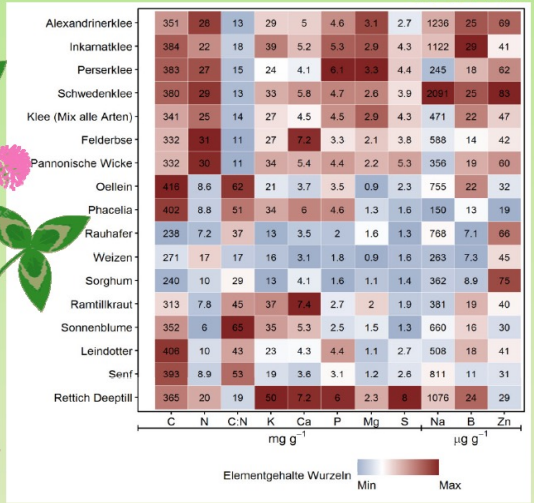
BONARES

Spross





Wurzel

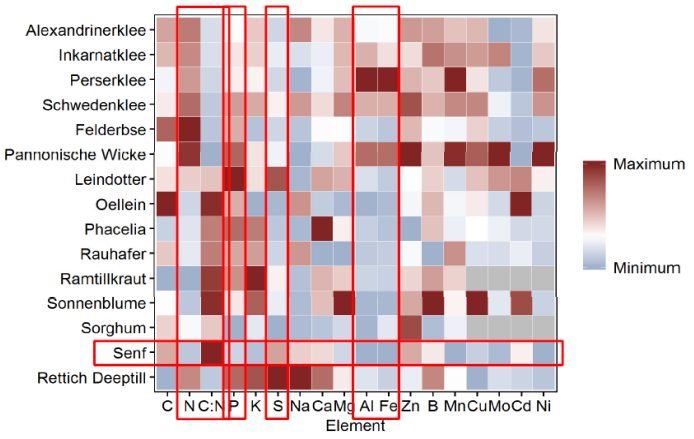


197

Nährstoffgehalte in Zwischenfrüchten

CATCHY

❖ Nährstoffzusammensetzung der Sprossbiomasse in Zwischenfrüchten



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

198

Sattgutbehandlung von Tomaten mit Nickel

Behand-lung	Ni Konz. Blatt (mg/kg)	Ni Konz. Frucht (mg/kg)	Bio-masse (g pro Pflanze)	Frucht-ertrag (t/ha)	Vitamin C Konz. Frucht (mg/kg)	Zucker Konz. Frucht (%)	Säure-Konz. Frucht (%)
Kontrolle	0.4	0.15	101	12.9	1.4	2.42	4.79
15 mg /kg Nickel	10.2	1.71	124	19.1	1.8	2.5	5.82
30 mg/kg Nickel	21.6	3.12	131	25.5	2.4	2.98	6.68
			+30 %	+97 %	+71 %	+23 %	+39 %

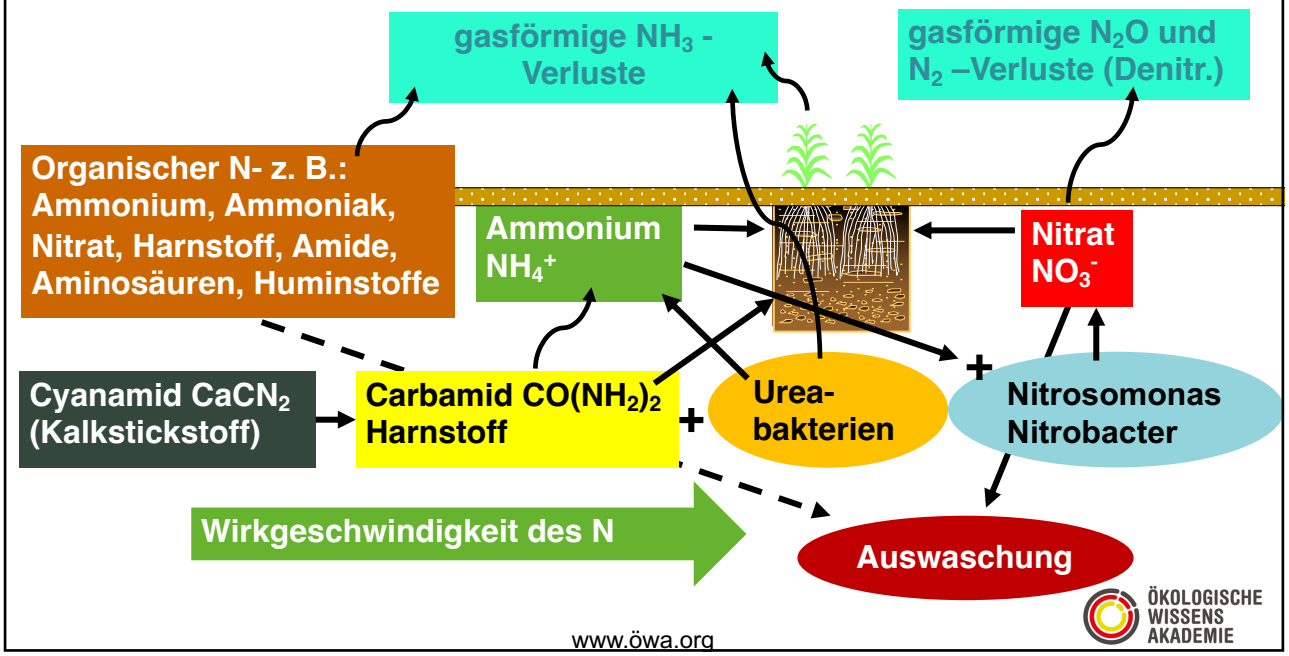
Quelle: Dr. S. Hügel

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

199

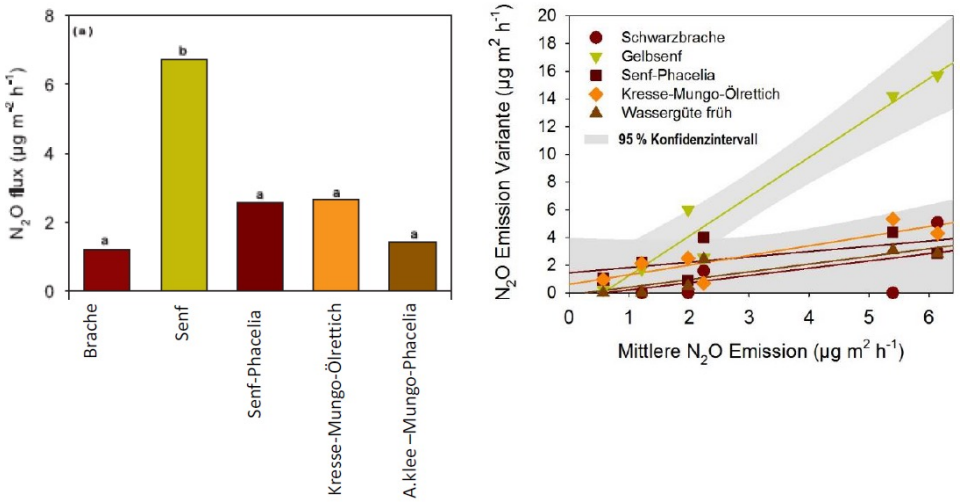
Stickstoffformen und deren Verlustquellen (vereinfachte Darstellung)



www.öwa.org

200

Lachgasemission von Gelbsenf

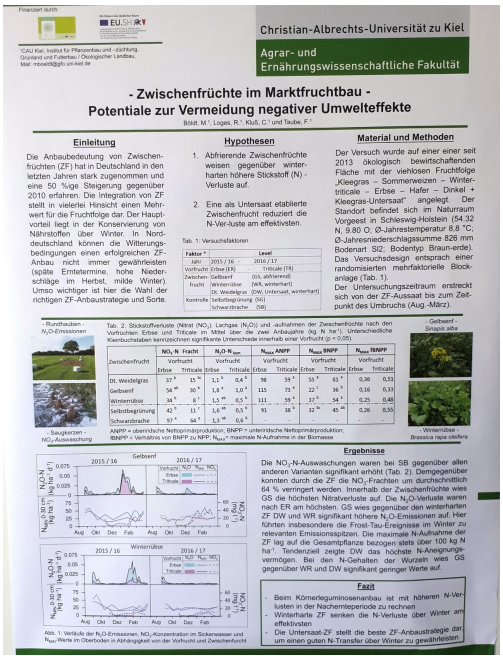


Quelle: Gernot Bodner

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

201



Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät

- Zwischenfrüchte im Marktfruchtbau -
Potentiale zur Vermeidung negativer Umwelteffekte

Einleitung

Die Anbaubedeutung von Zwischenfrüchten (ZF) hat in Deutschland in den letzten Jahren stark zugenommen und eine 50 %ige Steigerung gegenüber 2010 erfahren. Die Integration von ZF stellt in vielerlei Hinsicht einen Mehrwert für die Fruchtfolge dar. Der Hauptvorteil liegt in der Konservierung von Nährstoffen über Winter. In Norddeutschland können die Witterungsbedingungen einen erfolgreichen ZF-Anbau nicht immer gewährleisten (späte Erntetermine, hohe Niederschläge im Herbst, milde Winter). Umso wichtiger ist hier die Wahl der richtigen ZF-Anbaustrategie und Sorte.

Hypothesen

1. Abfrierende Zwischenfrüchte weisen gegenüber winterharten höhere Stickstoff (N_3^-) - Verluste auf.
2. Eine als Untersaat etablierte Zwischenfrucht reduziert die N-Ver-luste am effektivsten.

Material und Methoden

Der Versuch wurde auf einer einer seit 2013 ökologisch bewirtschafteten Fläche mit der viehlosen Fruchtfolge „Kleegras – Sommerweizen – Wintertriticale – Erbse – Hafer – Dinkel + Kleegras-Untersaat" angelegt. Der Standort befindet sich im Naturraum Vorgeest in Schleswig-Holstein (54.32 N, 9.80 O, Ø-Jahrestemperatur 8.8 °C, Ø-Jahresniederschlagssumme 826 mm Bodenart Sl2, Bodentyp Braun-erde). Das Versuchsdesign entsprach einer randomisierten mehrfaktorielle Blockanlage (Tab. 1).
Der Untersuchungszeitraum erstreckt sich von der ZF-Aussaat bis zum Zeitpunkt des Umbruchs (Aug.-März).

Tab. 1: Versuchsfaktoren

Faktor *	Level
Jahr	2015 / 16 ; 2016 / 17
Vorfrucht	Erbse (ER) ; Triticale (TR)
Zwischenfrucht	Gelbsenf (GS, abfrierend) ; Winterrübse (WR, winterhart) ; Dt. Weidelgras (DW, Untersaat, winterhart) ; Kontrolle Selbstbegrünung (SG) ; Schwarzbrache (SB)

Tab. 2: Stickstoffverluste (Nitrat (NO_3)- Lachgas (N_2O)) und -aufnahmen der Zwischenfrüchte nach den Vorfrüchten Erbse und Triticale im Mittel über die zwei Anbaujahre (kg N ha^{-1}). Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Vorfrucht ($p < 0.05$).

Zwischenfrucht	NO_3 N Fracht		N_2O-N $_{WPS}$		N_{max} ANPP		N_{max} BNPP		N_{max} fBNPP	
	Vorfrucht		Vorfrucht		Vorfrucht		Vorfrucht		Vorfrucht	
	Erbse	Triticale	Erbse	Triticale	Erbse	Triticale	Erbse	Triticale	Erbse	Triticale
Dt. Weidelgras	37 b	15 bc	1,1 b	0,4 b	98	59 b	53 b	61 a	0,36	0,51
Gelbsenf	54 ab	30 b	1,8 a	1,0 a	115	73 a	22 c	36 b	0,16	0,33
Winterrübse	34 b	8 c	1,5 ab	0,5 b	111	59 b	37 b	34 b	0,25	0,46
Selbstbegrünung	42 b	11 c	1,6 ab	0,5 b	91	38 b	32 bc	45 ab	0,26	0,35
Schwarzbrache	97 a	64 a	1,3 ab	0,6 b	-	-	-	-	-	-

ANPP = oberirdische Nettoprimärproduktion; BNPP = unterirdische Nettoprimärproduktion; fBNPP = Verhältnis von BNPP zu NPP; N_{max} = maximale N-Aufnahme in der Biomasse

Ergebnisse

Die NO_3-N-Auswaschungen waren bei SB gegenüber allen anderen Varianten signifikant erhöht (Tab. 2). Demgegenüber konnten durch die ZF die NO_3-Frachten um durchschnittlich 64 % verringert werden. Innerhalb der Zwischenfrüchte wies GS die höchsten Nitratverluste auf. Die N_2O-Verluste waren nach ER am höchsten. GS wies gegenüber den winterharten ZF DW und WR signifikant höhere N_2O-Emissionen auf. Hier führten insbesondere die Frost-Tau-Ereignisse im Winter zu relevanten Emissionsspitzen. Die maximale N-Aufnahme der ZF lag auf die Gesamtpflanze bezogen stets über 100 kg N ha^{-1}. Tendenziell zeigte DW das höchste N-Aneignungsvermögen. Bei den N-Gehalten der Wurzeln wies GS gegenüber WR und DW signifikant geringer Werte auf.

Fazit

- Beim Körnerleguminosenanbau ist mit höheren N-Verlusten in der Nacherntepeiode zu rechnen
- Winterharte ZF senken die N-Verluste über Winter am effektivsten
- Die Untersaat-ZF stellt die beste ZF-Anbaustrategie dar, um einen guten N-Transfer über Winter zu gewährleisten

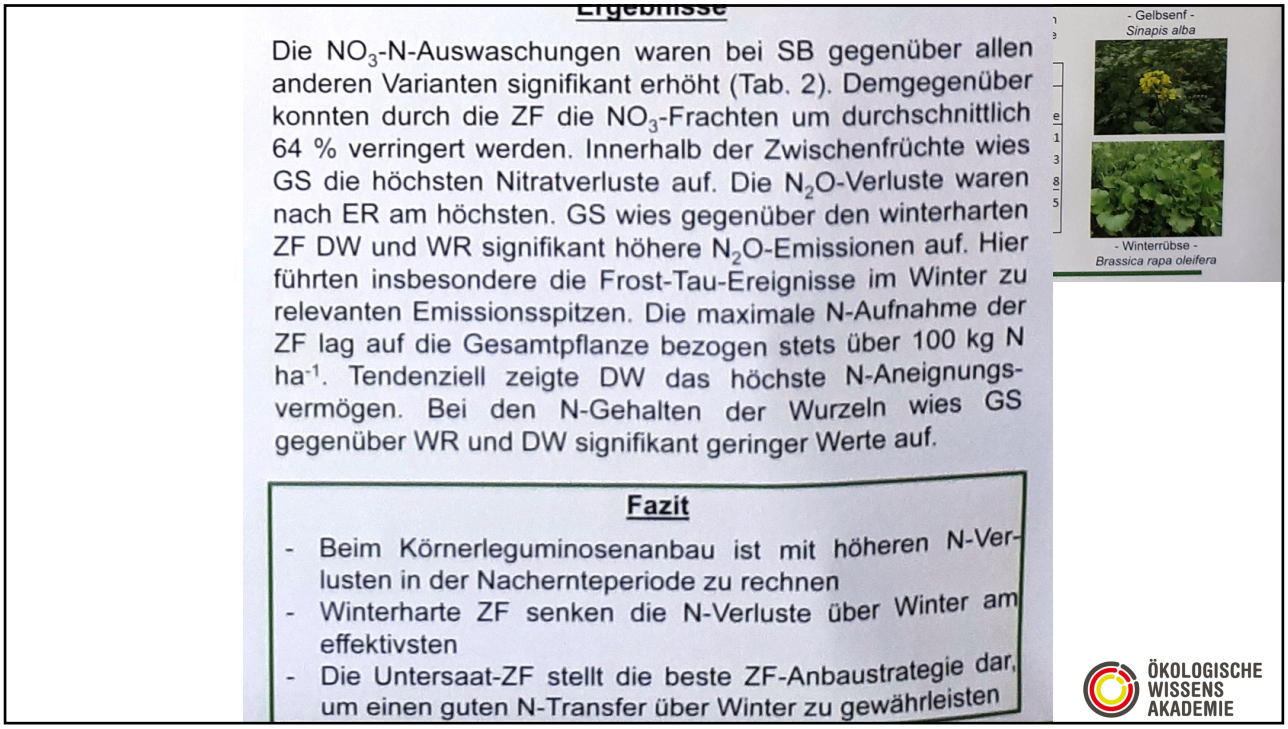
Abb. 1: Verläufe der N_2O-Emissionen, NO_3-Konzentration im Sickerwasser und N_{min}-Werte im Oberboden in Abhängigkeit von der Vorfrucht und Zwischenfrucht

- Gelbsenf - *Sinapis alba*
- Winterrübse - *Brassica rapa oleifera*

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

202



Die NO_3-N-Auswaschungen waren bei SB gegenüber allen anderen Varianten signifikant erhöht (Tab. 2). Demgegenüber konnten durch die ZF die NO_3-Frachten um durchschnittlich 64 % verringert werden. Innerhalb der Zwischenfrüchte wies GS die höchsten Nitratverluste auf. Die N_2O-Verluste waren nach ER am höchsten. GS wies gegenüber den winterharten ZF DW und WR signifikant höhere N_2O-Emissionen auf. Hier führten insbesondere die Frost-Tau-Ereignisse im Winter zu relevanten Emissionsspitzen. Die maximale N-Aufnahme der ZF lag auf die Gesamtpflanze bezogen stets über 100 kg N ha^{-1}. Tendenziell zeigte DW das höchste N-Aneignungsvermögen. Bei den N-Gehalten der Wurzeln wies GS gegenüber WR und DW signifikant geringer Werte auf.

Fazit

- Beim Körnerleguminosenanbau ist mit höheren N-Verlusten in der Nacherntepeiode zu rechnen
- Winterharte ZF senken die N-Verluste über Winter am effektivsten
- Die Untersaat-ZF stellt die beste ZF-Anbaustrategie dar, um einen guten N-Transfer über Winter zu gewährleisten

- Gelbsenf - *Sinapis alba*
- Winterrübse - *Brassica rapa oleifera*

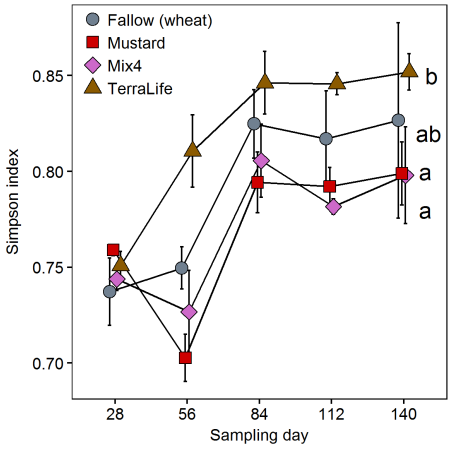
ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

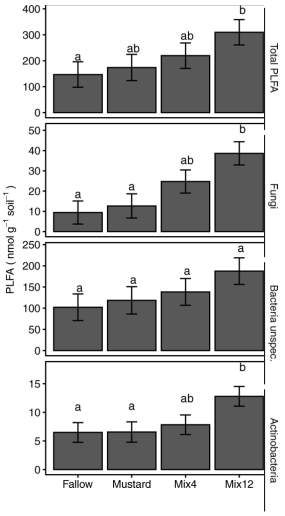
203

BONARES Centre for Soil Research

CATCHY

Mikrobielle Diversität im Boden steigt mit zunehmender Diversität der Zwischenfruchtmischungen







Vielfalt statt Einfalt



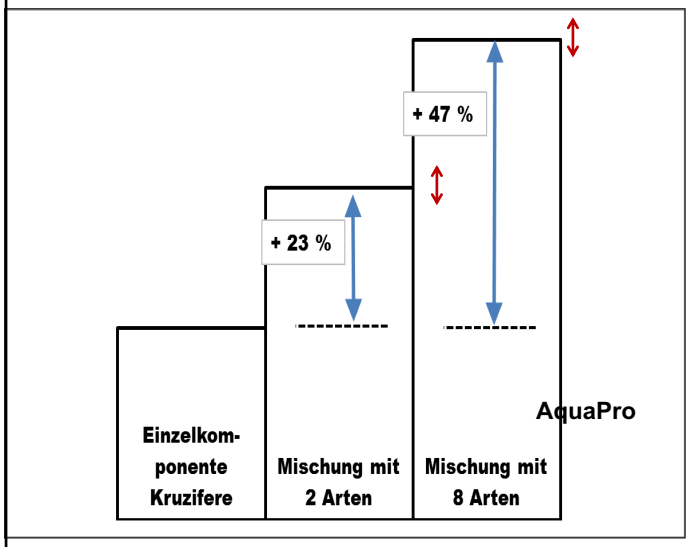
Bundesministerium für Bildung und Forschung

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

204

N-Akkumulation durch Biomasseerfassung
Ernte- und Analyseergebnisse 2014-2016, IGLU 2016



Die relative N- Akkumulation über alle Referenzstandorte, ist immer annähernd gleich (sehr geringe Streuung)!

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

207

links Gelbsenf- rechts Landsberger Gemenge



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

208

links Gelbsenf- rechts Landsberger Gemenge



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

209



210

Maiswurzelausbildung in Abhängigkeit von der Zwischenfrucht vor Mais



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

211

Wachstumsdauer als wichtiger Faktor

- Versuch des IfÖL (Ing.-Büro für Ökologie und LW), 2012
- TerraLife AquaPro vs. Senf
- Aussaat:
  - Senf: 10.08.2012
  - TL AquaPro: 15.08.2012
- Parameter:
  - Biomasseaufwuchs zu verschiedenen Zeitpunkten
  - N-Effizienz
- **Fruchtfolge**
  - Gerste – AquaPro/Senf – Mais

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

212

20 bzw. 15 Tage nach der Aussaat



Senf



TerraLife AquaPro

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

213

20 bzw. 15 Tage nach der Aussaat



Senf TerraLife AquaPro

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

214

42 bzw. 37 Tage nach der Aussaat



Senf TerraLife AquaPro

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

215

60 bzw. 55 Tage nach der Aussaat



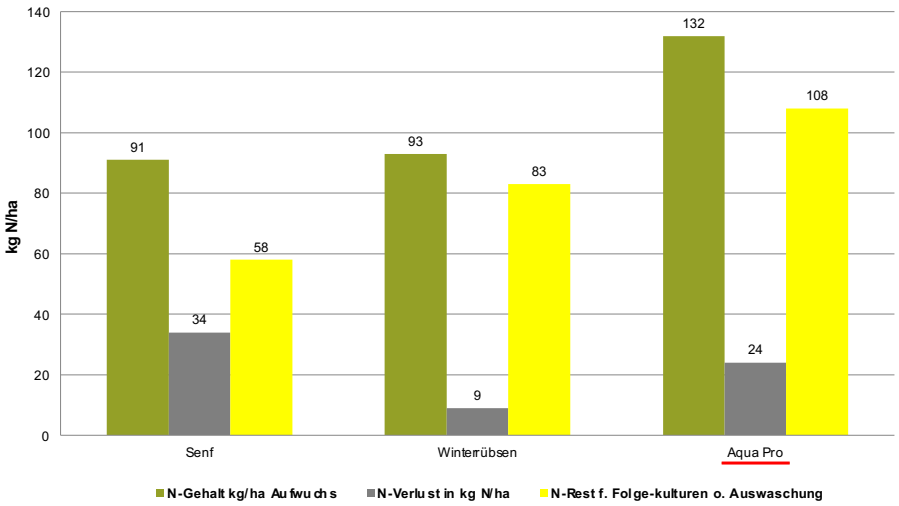
Senf TerraLife AquaPro

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

216

AquaPro - der ideale Nährstoffspeicher



Quelle: IGLU 2013

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

218

Der „Ertrag“ durch AquaPro



- Ausweitung der Fruchtfolge
- Schutz vor Aushagerung der Standorte
- Ausgleich der Humusbilanz
- Ertragsleistung sichern
- Pfl.- und Wurzelmasse binden Nährstoffmengen
  - ∴ Senken die Auswaschungen in das Grundwasser
- ganzjährige Bodenbedeckung
  - ∴ Erfüllt die Vorgabe
  - ∴ mindert den Bodenabtrag durch Erosion
  - ∴ senkt die Phosphatausträge durch Oberflächenwasser

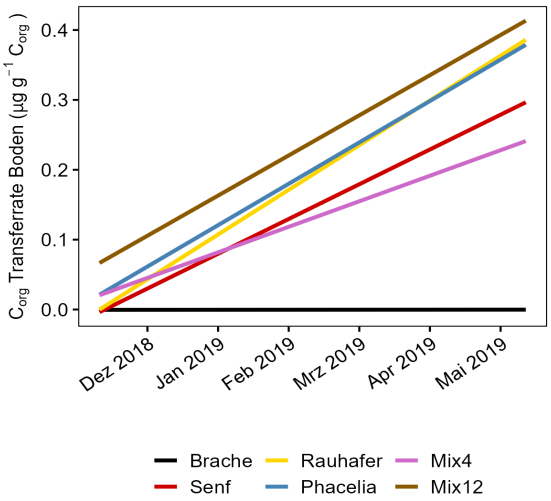
ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

219

Netto - Ökosystem- C -Produktion steigt mit zunehmender Diversität

CATCHY



Transferrate von C_{org} aus der Zwischenfruchtstreu in den Boden. Die Daten wurden mit Hilfe stabiler Kohlenstoffisotope bestimmt und repräsentieren kurzfristige Änderungen des Boden-C_{org} Pools im Verlauf der Zersetzung von Zwischenfruchtstreu.

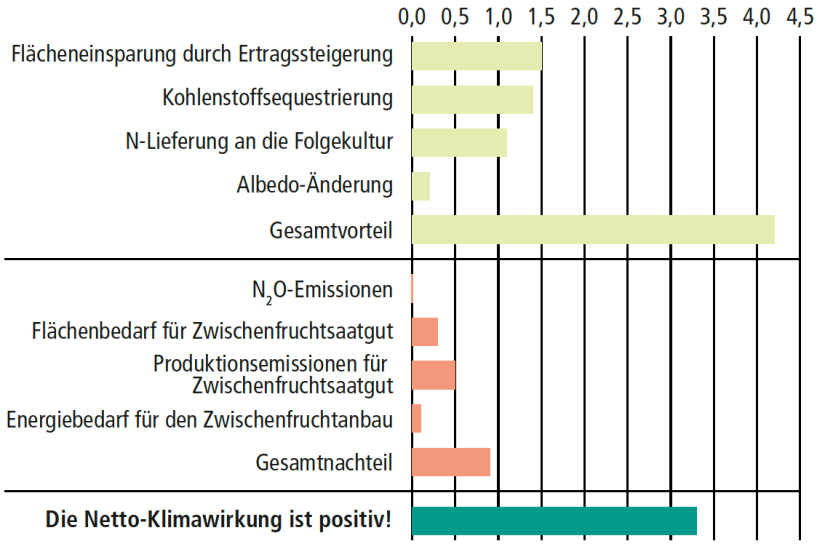
(Gentsch et al., unveröff.)

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

220

Klimawirkung von Zwischenfrüchten vor Mais (t CO_2 E/ha)



„Zwischenfrüchte vor Mais könnten Vorteile für das Klima einbringen, die 13% der CO2- Emissionen der EU- Landwirtschaft entsprechen!“
Jonas Schön

Quelle: DSV-Innovation 3/2024

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

221

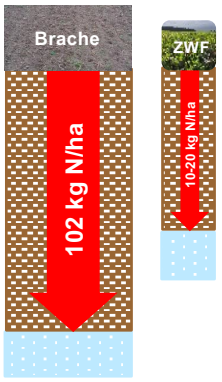
Wie wirken Zwischenfrüchte auf den Wasser- & Nährstoffhaushalt?

Nährstoffhaushalt

Zwischenfruchtanbau minimiert Nährstoffauswaschung

Größenordnung:
(Standort Asendorf)

Reduktion > 80-90%
- Reinsaaten & Mischungen
- Klee als Reinsaat ist weniger geeignet



Wesentliches Instrument für den Gewässerschutz (insb. in roten Gebieten)

Akkumulierter N muss nicht zugekauft werden!

CATCHY



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

222

Die Kuh ein Akrobat?



www.beratung-mal-anders.de

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

225

DSV-Zuchtstation: Qualitäts (Mineralstoffgehalt?)- und Schmackhaftigkeitsprüfung



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

226



How I Feed My Cows Minerals

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

227

Kühe stürzen sich als erstes auf den Ampfer



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

228



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

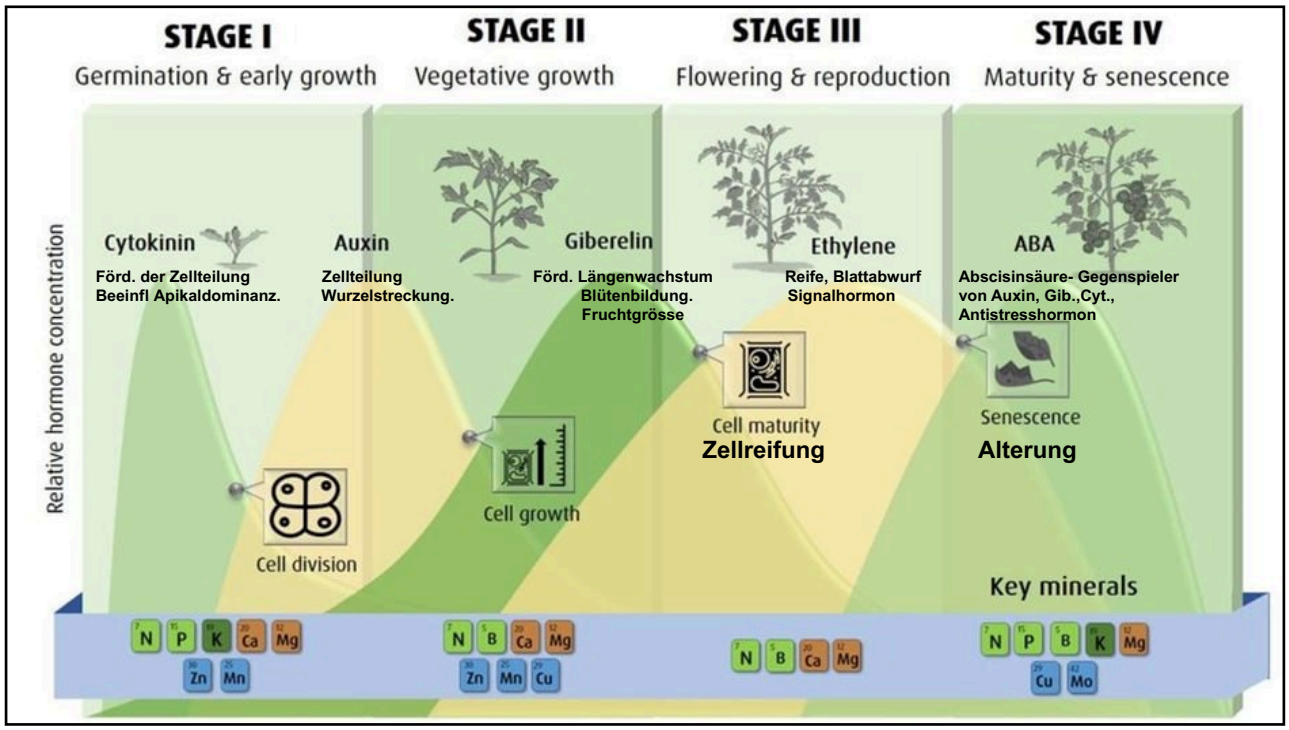
229



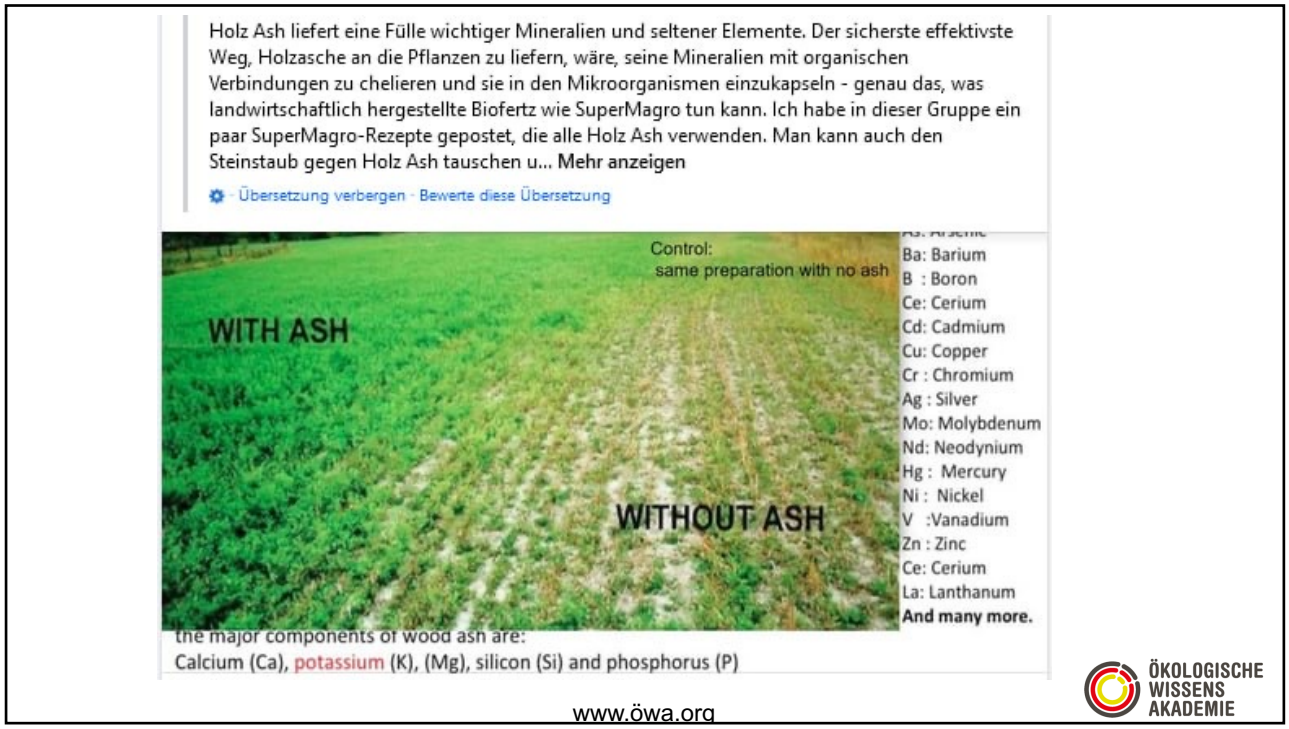
www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

230


STAGE I
Germination & early growth
STAGE II
Vegetative growth
STAGE III
Flowering & reproduction
STAGE IV
Maturity & senescence
Relative hormone concentration
Cytokinin
Förd. der Zellteilung
Beeinfl Apikaldominanz.
Auxin
Zellteilung
Wurzelstreckung.
Giberelin
Förd. Längenwachstum
Blütenbildung.
Fruchtgrösse
Ethylene
Reife, Blattabwurf
Signalhormon
ABA
Abscisinsäure- Gegenspieler
von Auxin, Gib.,Cyt.,
Antistresshormon
Cell division
Cell growth
Cell maturity
Zellreifung
Senescence
Alterung
Key minerals
N P K Ca Mg Zn Mn
N B Ca Mg Zn Mn Cu
N B Ca Mg
N P B K Mg Cu Mo

231


Holz Ash liefert eine Fülle wichtiger Mineralien und seltener Elemente. Der sicherste effektivste Weg, Holzasche an die Pflanzen zu liefern, wäre, seine Mineralien mit organischen Verbindungen zu chelieren und sie in den Mikroorganismen einzukapseln - genau das, was landwirtschaftlich hergestellte Biofertz wie SuperMagro tun kann. Ich habe in dieser Gruppe ein paar SuperMagro-Rezepte gepostet, die alle Holz Ash verwenden. Man kann auch den Steinstaub gegen Holz Ash tauschen u... Mehr anzeigen
Übersetzung verbergen · Bewerte diese Übersetzung
Control:
same preparation with no ash
WITH ASH
WITHOUT ASH
Ba: Barium
B : Boron
Ce: Cerium
Cd: Cadmium
Cu: Copper
Cr : Chromium
Ag : Silver
Mo: Molybdenum
Nd: Neodynium
Hg : Mercury
Ni : Nickel
V :Vanadium
Zn : Zinc
Ce: Cerium
La: Lanthanum
And many more.
the major components of wood ash are:
Calcium (Ca), potassium (K), (Mg), silicon (Si) and phosphorus (P)
www.öwa.org
ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

232

Was immer der Vater einer Krankheit gewesen ist- die Mutter war eine schlechte Ernährung!

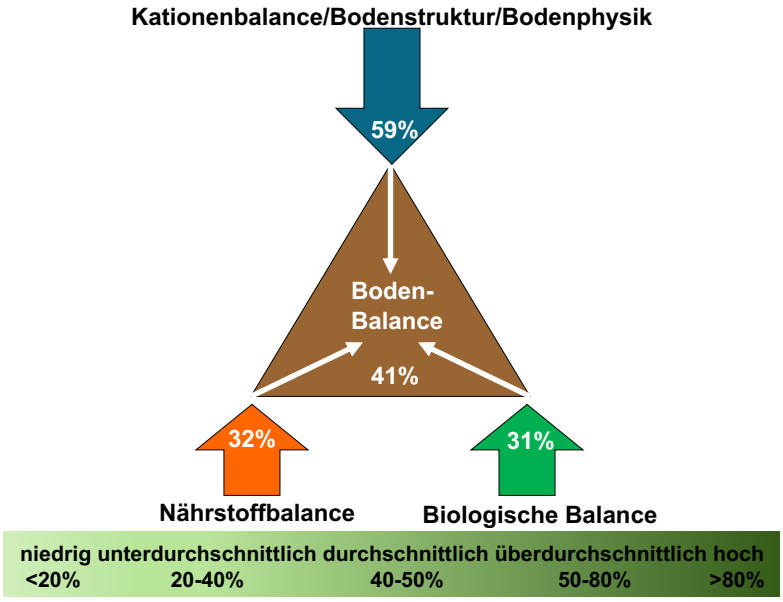
altes chinesisches Sprichwort

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

233

Indikatoren für die bodenbiologische Aktivität



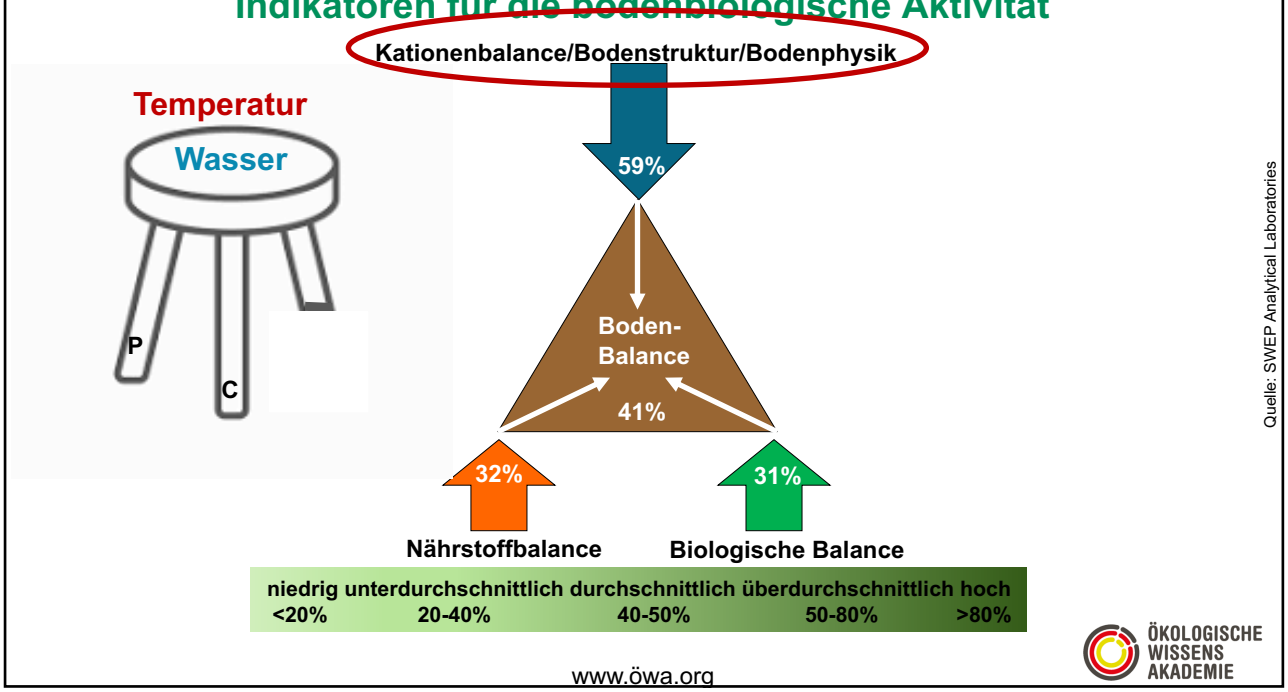
Quelle: SWEP Analytical Laboratories

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

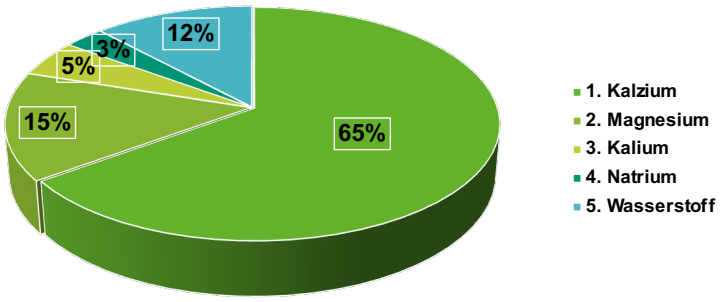
234

Indikatoren für die bodenbiologische Aktivität

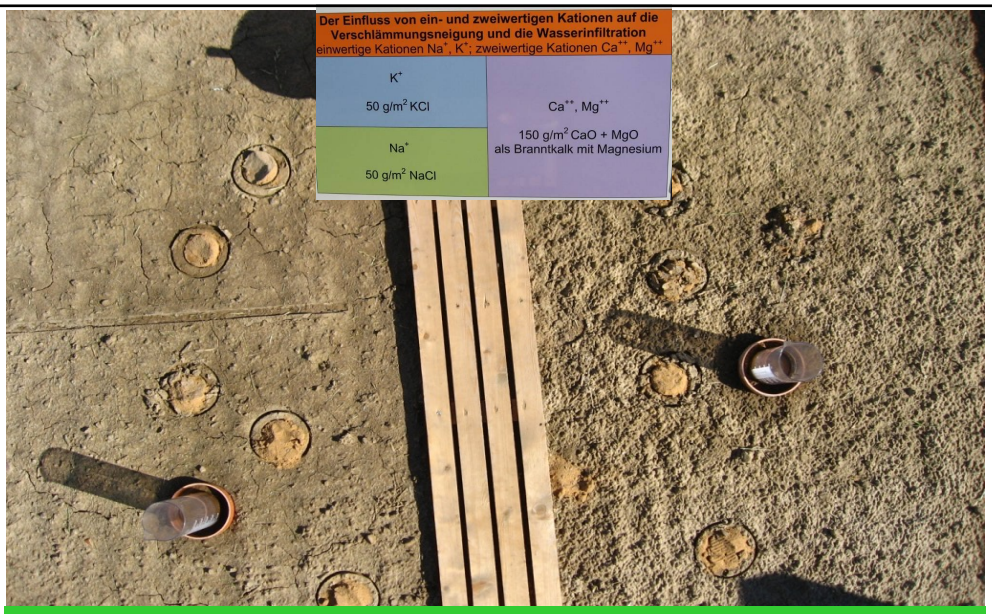


235

Anzustrebende Kationenbalance



236



Nährstoffbalancen sind wichtig für die Offenporigkeit

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

237



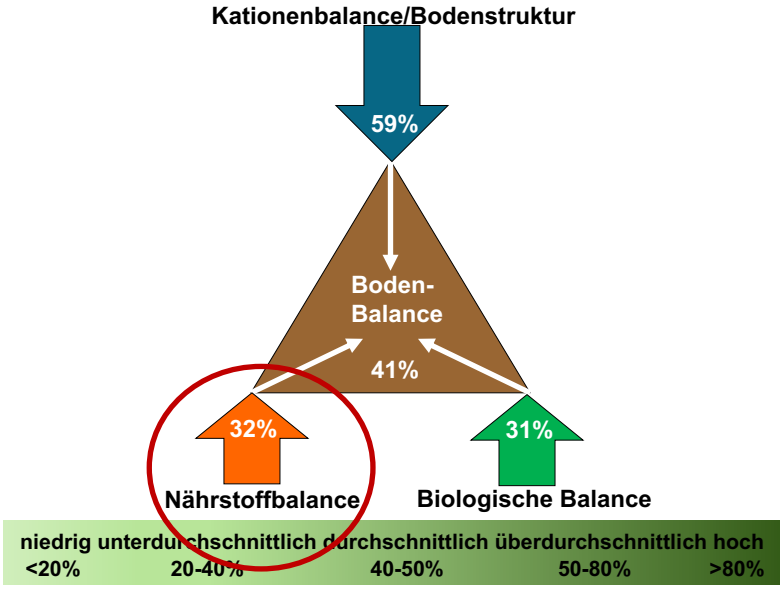
Rapsacker 2011
Verschlämmung durch Kalium- Überschuss

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

238

Indikatoren für die bodenbiologische Aktivität



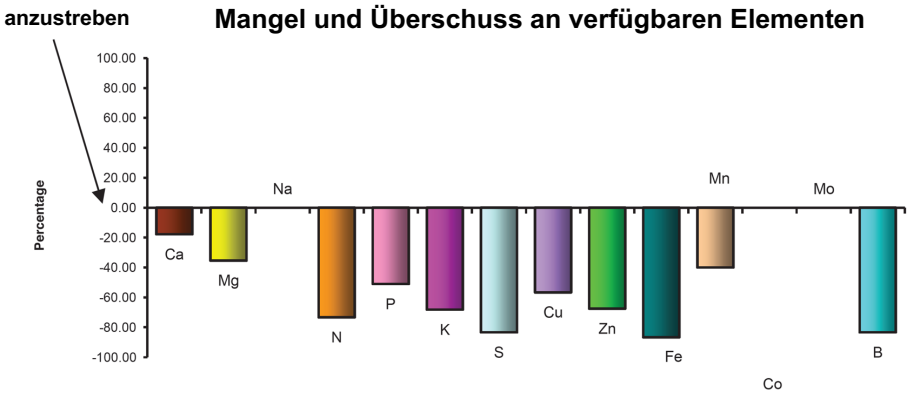
Quelle: SWEP Analytical Laboratories

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

239

Anzustrebende Nährstoffbalance



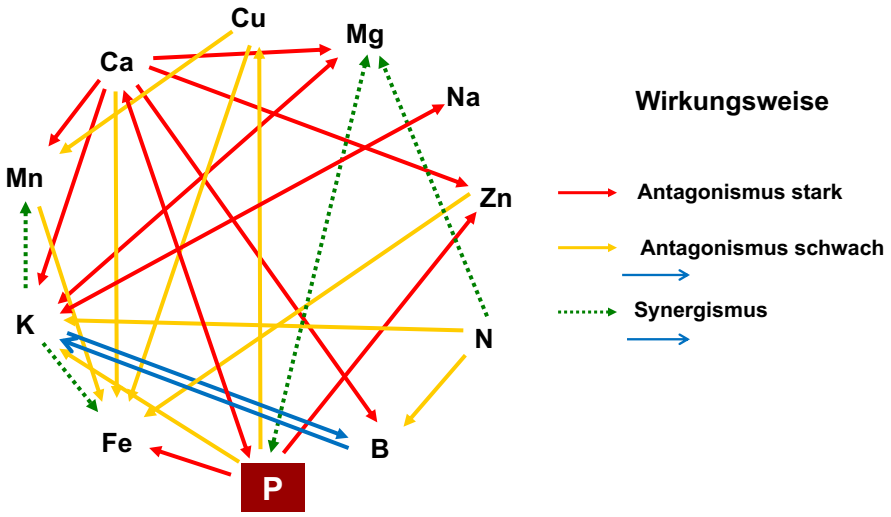
Quelle: SWEP Analytical Laboratories

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

240

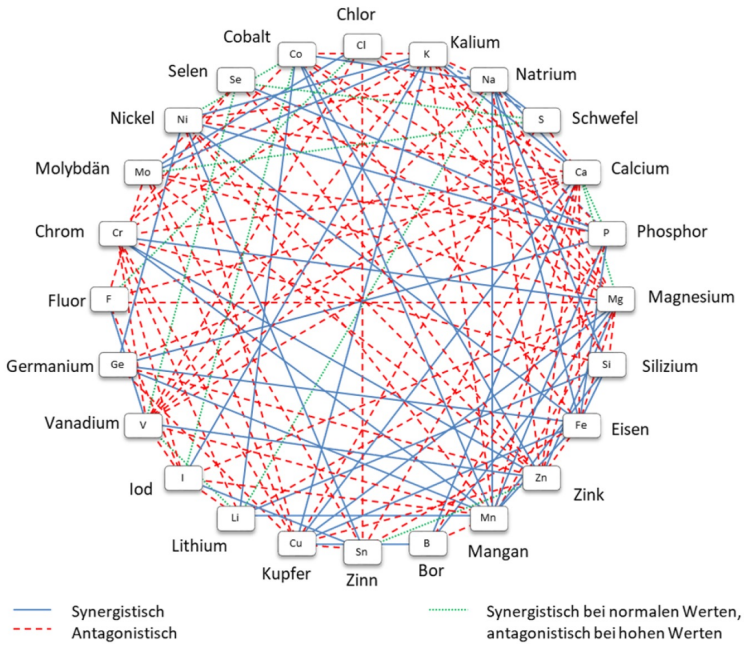
Beziehungen der Nährstoffe untereinander



Quelle: Unterfrauner, verändert

www.öwa.org

241



Quelle: Dr. S. Hügel

www.öwa.org

242

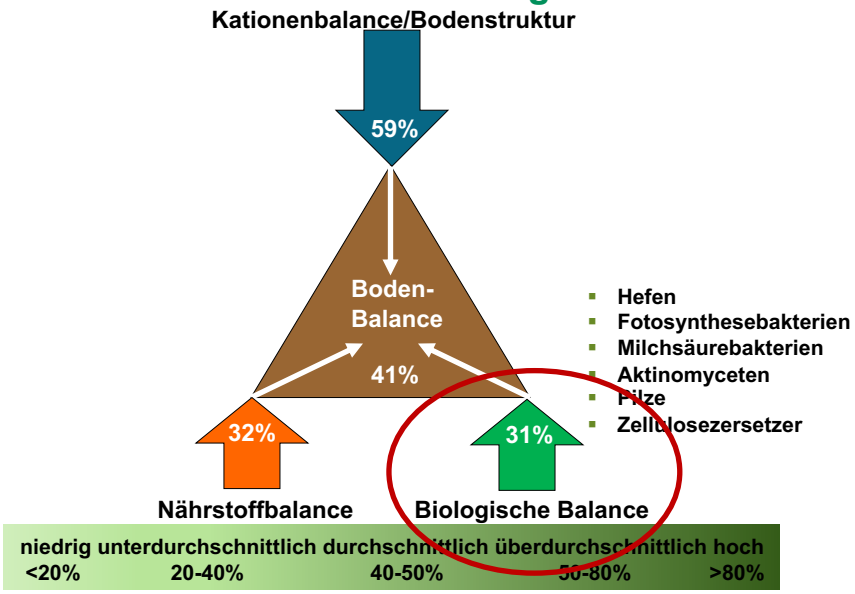
„Die Mikrobe ist nichts, das Milieu ist alles!“

Prof. Dr. Antoine Béchamp, *1816 †1908

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

243

Indikatoren für die bodenbiologische Aktivität

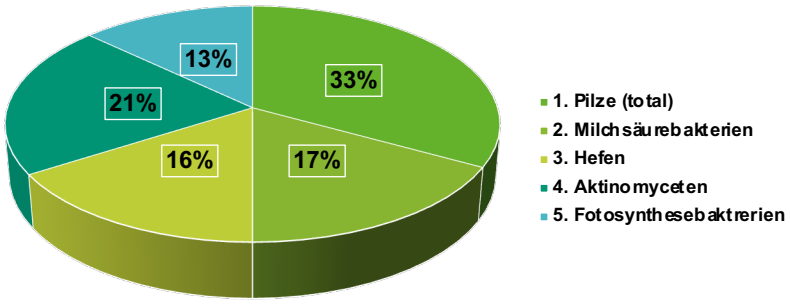


Quelle: SWEP Analytical Laboratories

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

244

Anzustrebende aktive mikrobielle Balance



Quelle: SWEP Analytical Laboratories

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

245

K- Bedeutung für die Pflanzen

Enzymaktivierung & Stoffwechsel:

- **K ist Kofaktor/Modulator vieler Enzyme (z. B. in Protein- und Kohlenhydratstoffwechsel), stabilisiert pH/Elektroneutralität und fördert Assimilattransport (Phloem)**

Stressresilienz (abiotisch/biotisch):

- **gute K-Versorgung erhöht Dürre-, Hitze- Kälte- und Salztoleranz, u. a. über stomatäre Kontrolle, Redox-Balance und Ion-Homöostase; zahlreiche aktuelle Studien zeigen verbesserte Erträge und Qualität unter Stress**

Merksatz:

- **K „arbeitet“ mechanisch (Turgor), hydraulisch (Stomata), metabolisch (Enzyme/Phloem) und als Stress-Puffer.**

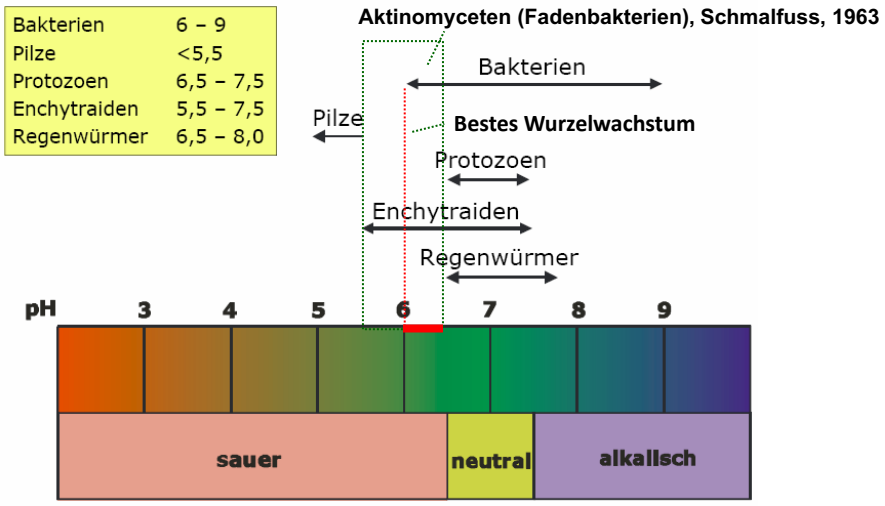
Kalium bleibt mobil in der Pflanze und wird aus älteren in jüngere Organe verlagert, wodurch ältere Teile verarmen.

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

251

Kalkung und Bodenleben nach FAL- Kalkinformationstag 2002



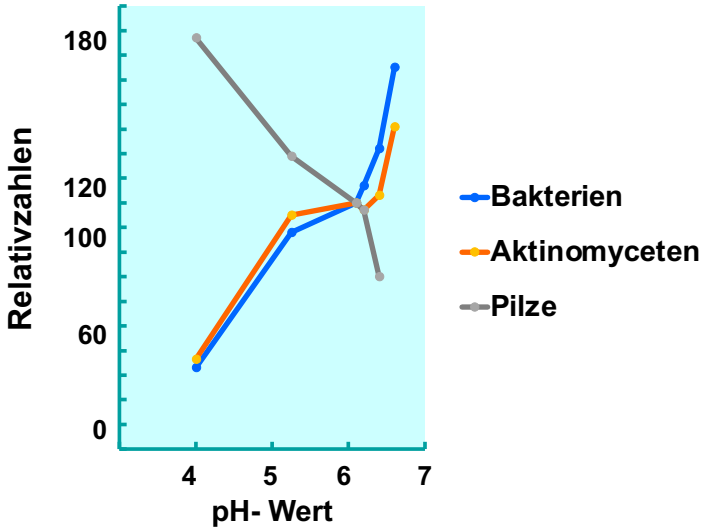
Quelle: A. Böbe

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

253

Relative Abhängigkeit der Anzahl der Mikroorganismen von der Bodenreaktion (pH- Wert)



Quelle: Steinbrenner

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

254

K- Spätdüngung => Bedeutung für die Pflanzen

Kalium verbessert die Anpassung an Trockenheit, Hitze und Salzstress, indem es:

- **den Stomatadruck reguliert → geringerer Wasserverlust**
- **die Hydraulik und Wasseraufnahme über Wurzeln stützt**
- **ROS-Stress (oxidativen Stress) mindert (Schutz von Membranen und Enzymen)**
- **Temperaturschäden an Chloroplasten begrenzt**

- **besonders unter Hitze/Dürre stabilisiert eine K-Spätdüngung die Assimilatversorgung der Körner oder Speicherorgane**

- **Studien (**z. B. Hussain et al., Agronomy Journal 2022**) zeigen, dass K-Spätgaben in Trockenphasen Erträge um 10–20 % steigern können**

Kali ist die Beregnung der armen Bauern!

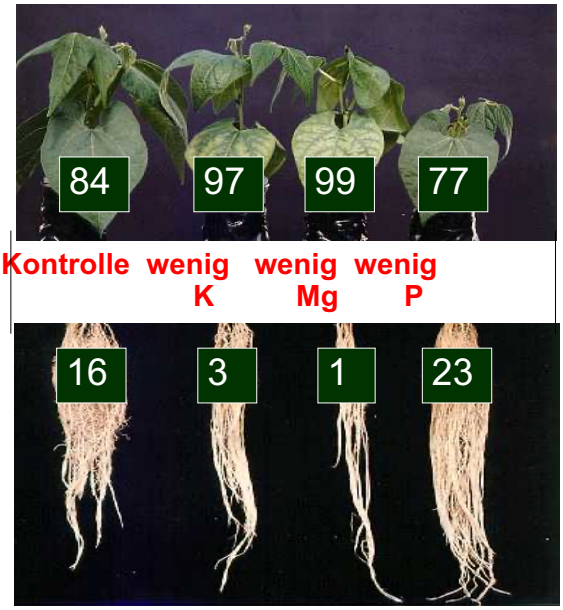
K- Spätdüngung => Bedeutung für die Pflanzen

Unter K-Spätdüngung versteht man die gezielte Nachlieferung von Kalium in der zweiten Vegetationshälfte, also nach der Hauptwachstumsphase, z. B.:

- **bei Getreide: ab Schossen bis Kornfüllung**
- **bei Kartoffeln: Knollenbildungsphase**
- **bei Zuckerrüben: Wurzelwachstum**
- **bei Obst/Gemüse: Fruchtbildung und Reife**

Ziel: ausreichende Kaliumversorgung während der Qualitäts- und Speicherbildungsphase sowie Stärkung gegen abiotischen Stress (Hitze, Dürre)

Relative Verteilung der Kohlenhydrate zwischen Spross und Wurzeln (%)



Quelle: Cakmak et al., 1994

257

K- Spätdüngung => Qualitäts- und Ertragswirkung

Kultur	Wirkung der K-Spätdüngung
Getreide	höherer Kornfüllungsgrad, Fallzahl, Proteinkonzentration; stabilere Halme
Kartoffel	bessere Knollengröße, Trockensubstanz, Stärkegehalt, Schalenfestigkeit
Zuckerrübe	höherer Zuckergehalt, verbesserte Saftreinheit
Obst/Gemüse	größere Früchte, bessere Lagerfähigkeit, weniger physiologische Störungen (z. B. Blütenendfäule bei Tomate)

258

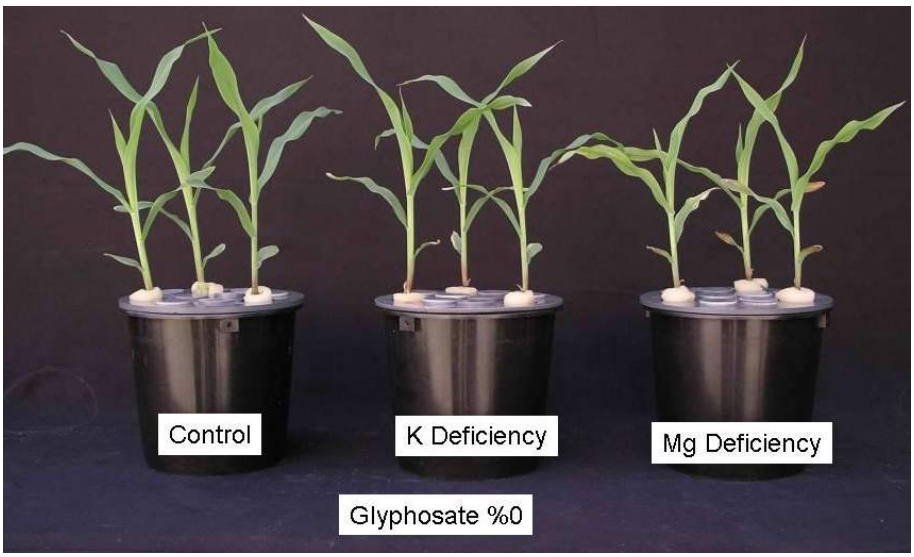
K- Spätdüngung => Praktische Empfehlungen

Maßnahme	Begründung/Termin
Zeitpunkt	je nach Kultur: ab Schossen / Blüte / Knollenbildung
Form	wasserlösliche Kaliumsalze (KCl, K_2SO_4) oder Blattapplikation (KNO_3, KH_2PO_4)
Dosierung	30–60 kg K_2O ha^{-1} (Ergänzung, nicht Grunddüngung)
Blattdüngung	rasche Wirkung, sinnvoll bei Trockenheit (keine Bodenaufnahme möglich)
Bewässerungsintegration	K-Zufuhr über Tropfbewässerung (Fertigation) steigert Effizienz

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

259

Mais mit K-und-Mg-Mangel ohne Glyphosateinsatz

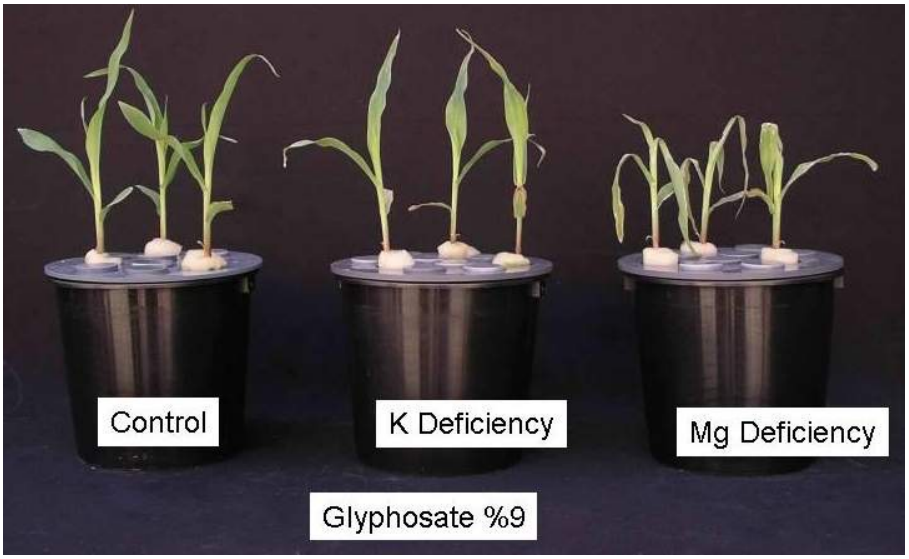


Hande et al., 2008

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

260

Mais mit K-und-Mg-Mangel mit Glyphosateinsatz



Hande et al., 2008

www.öwa.org

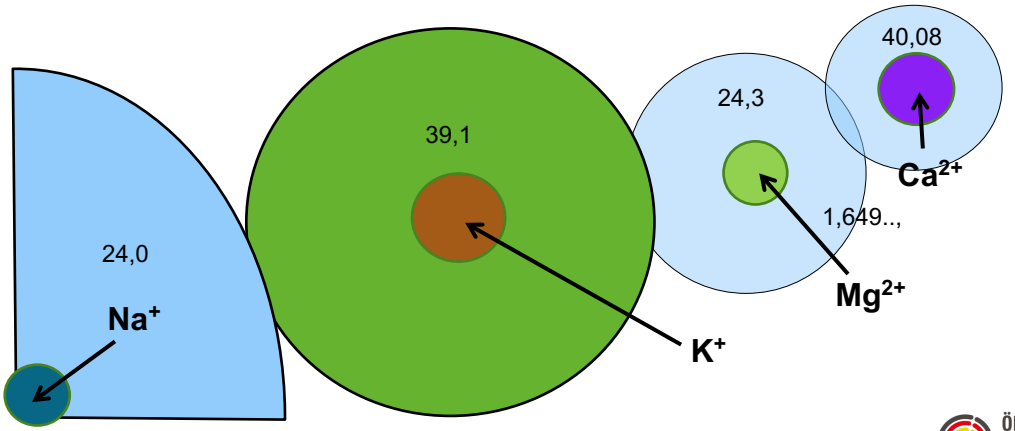
ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

261

Die Hoffmeister´sche Reihe

Na^+ H^+ K^+ Mg^{2+} Ca^{2+} Al^{3+}

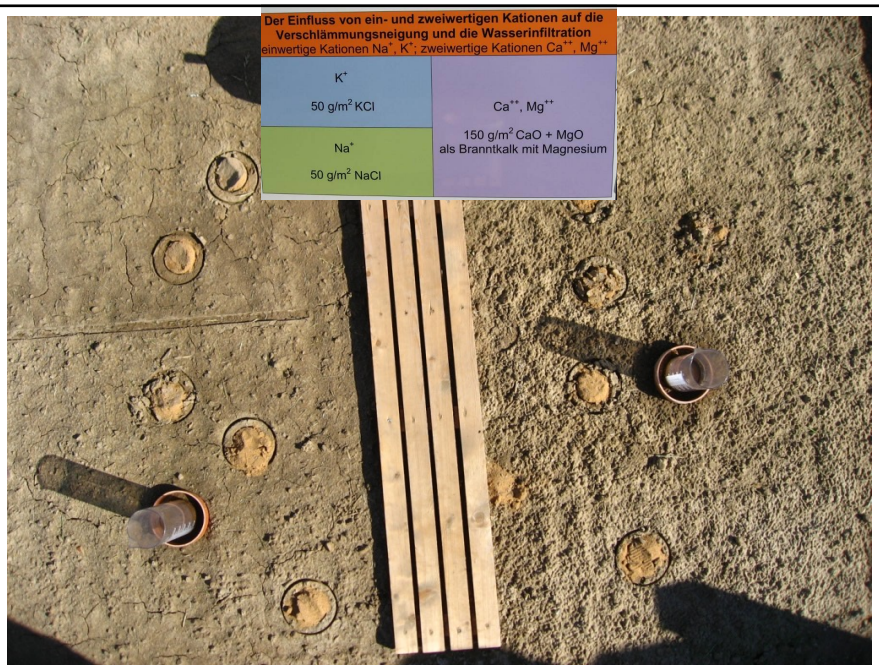
Zunahme der Wasserhülle um das Ion



www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

262



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

263



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

www.öwa.org

264

Der Weg ist das Ziel!
Bauern lernen, befassen sich mit ihrem Boden, sammeln Erfahrungen und tauschen diese aus



Foto: Christoph Felgentreu

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

265

"Wer als Werkzeug nur einen Hammer hat, sieht in jedem Problem einen Nagel." Paul Watzlawick



ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

267

Vielen Dank für`s Zuhören!



Foto: C. Felgentreu

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

268

Humus 365-ab Winter online

Online Methode: lernen, wie du Böden systematisch aufbauen kannst

- Wissen-Vermittlung UND praktische Umsetzung

- viele Jahre Erfahrung

- Warum?: Landwirtschaft muss sich anpassen und und unsere Böden sind meist verbesserungswürdig

- allein Probleme aufzeigen reicht nicht!

- wir bieten Lösungen an, die funktionieren und die auch praktisch umsetzbar sind.

Lösungen, die du als Landwirt selbst in der Hand hast!

Systematischer Bodenaufbau ist notwendiger denn je!

www.öwa.org

ÖKOLOGISCHE WISSENS AKADEMIE

269