

Hintergrund DOK

Foliensammlung



Hintergrund DOK

Links

[DOK-Versuch \(FiBL Website\)](#)

[Film DOK-Versuch \(SWR\): «Input/Output von Bio und konventionell im Vergleich»](#)

[Film «Der DOK-Versuch: Ein Juwel für die Bodenforschung»](#)

[Film «DOK-Versuch: Biologische und konventionelle Landwirtschaft im Langzeitvergleich»](#)

[FiBL-Dossier DOK «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»](#)

DOK-Versuch

Weltweit einzigartiger Langzeit-Feldversuch

DOK-Versuch: weltweit bedeutendste Langzeit-Feldversuch zum Vergleich biologischer und konventioneller Anbausysteme

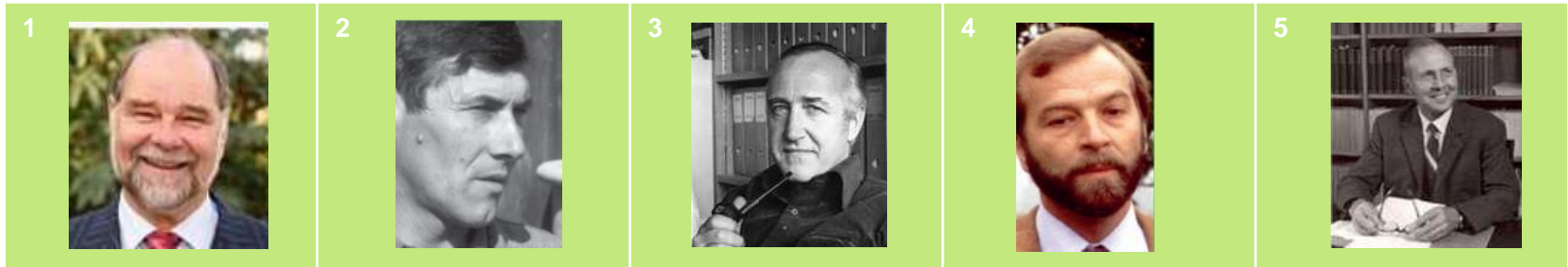
- › seit 1978
- › praxisnahes Versuchsdesign am selben Standort
- › biologisch-dynamisch (D), organisch-biologisch (O), konventionell (K)
- › konventionelles, rein mineralisches Verfahren (M)
- › ungedüngte Variante (N)
- › Ackerkulturen wie Weizen, Kartoffeln, Mais, Soja oder Klee gras

Anbausysteme des Versuchs unterscheiden sich vor allem bezüglich Düngung und Pflanzenschutz

Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Sortenwahl bei allen Verfahren gleich

DOK-Versuch

Praxis, Wissenschaft und Politik



Initiative für Systemvergleich

- › Pioniere des Biolandbaus (*Hardy Vogtmann*¹, *Fritz Baumgartner*²)
- › Forscher der ETH (*Philippe Matile*³) und FAC (*Jean Marc Besson*⁴)
- › Verhandlungen im Nationalrat (*Heinrich Schalcher*⁵)

Agroscope (FAC Liebefeld) und FiBL 1973 mit Planung und Ausführung des DOK-Versuchs beauftragt

Ziel: Ist Bio überhaupt machbar?

Seit 1990er Jahren biologische Parameter der Bodenqualität ermittelt

DOK-Versuch

Die wichtigsten Ergebnisse in Kürze 1

Ertragsniveau

- › Bio 20 % niedriger als konventionell
(bei 65 % weniger mineralischem Stickstoff, 40 % weniger Phosphor, 45 % weniger Kalium)

Langjährige Bilanz von Nährstoffzufuhr und -entzug

- › Negative Nährstoffbilanz für alle Verfahren
- › Bio für Phosphor und Kalium noch stärker negativ als konventionell

Energieverbrauch

- › Bio 30-50 % weniger Verbrauch (bezogen auf die Fläche)
- › Bio 19 % weniger Verbrauch (pro Ertragseinheit; Energie zur Herstellung von Düngern/Pestiziden mit eingerechnet)

Gehalt an organischer Substanz (Humus)

- › Abnehmend in allen Verfahren
- › Bei biodynamisch die ersten 21 Jahre stabil
- › Signifikante Differenz zwischen biodynamisch und mineralisch

DOK-Versuch

Die wichtigsten Ergebnisse in Kürze 2

Bodenqualität

- › chemische, physikalische und biologische Parameter der Bodenqualität durch biologische Verfahren verbessert
- › Bodenfruchtbarkeit und Bodenbiodiversität in biologischen Verfahren höher

Biodiversität

- › Biodiversität in biologischen Verfahren höher (Regenwürmer, Insekten, Beikräuter, Mykorrhizapilze)

DOK-Versuch

Systemansatz und Fragestellungen

DOK-Versuch ist nicht statisch, sondern semistatisch/dynamisch

- › Hauptverfahren (D, O, K, M, N) über Jahrzehnte gleich gehalten
- › Anpassung an neueste Entwicklungen in der Produktionstechnik der jeweiligen Systeme (Fruchtfolge, Pflanzenschutz, Sortenwahl, Gründüngungen) nach jeder Fruchtfolgeperiode alle sieben Jahre

DOK-Versuch folgt integrativem Systemansatz. Es werden nicht einzelne Faktoren, sondern Landwirtschaftssysteme verglichen.

- › biologischer Landbau als Gesamtsystem (ist mehr als die Summe seiner Teile)

Fragestellungen des DOK-Versuchs haben sich verändert.

- › Ursprünglich: Funktioniert Biolandbau? (u.a. Interesse an den Erträgen)
- › Zunehmend: Ausweitung auf zentrale ökologische Fragestellungen und Bodenprozesse

DOK-Versuch

Aktuelle Forschungsthemen

Agronomische, ökologische und ökonomische Leistungsfähigkeit des Anbausystems

- › Lebens- und Futtermittelqualität
- › Stabilität der Produktion über lange Zeiträume
- › Ressourceneffizienz (Energie und Nährstoffe)

Nährstoff- und Energiekreisläufe

- › Wurzel-Bodeninteraktionen (z.B. Rhizodeposition)
- › Nährstofftransformation (Mikrobielle Prozesse)
- › Selbstregulierungsprozesse (z.B. Kontrolle von bodenbürtigen Schaderregern)
- › Populationen denitrifizierender Mikroorganismen (NFP 68)

Auswirkungen neuer Techniken auf die Bodenqualität

- › Biocontrol-Organismen (z.B. Bakterien zur Unterdrückung von Wurzelkrankheiten)
- › Neue Züchtungen (z.B. konventionelle/biologische Weizensorten)

DOK-Versuch

Aktuelle Forschungsthemen

Methodenentwicklung (neue Methoden prüfen)

- › Bodenbiodiversität
- › Protein-und Aminosäurezusammensetzung (von Lebens-, Futtermitteln)
- › Degustation von Weizen aus dem DOK-Versuch
- › Bildschaffende Methoden (Johannes Kahl)

Klima

- › Boden als Kohlenstoff-Speicher
- › Boden als Quelle von Treibhausgasen
(Treibhausgasquellen und -senken in Landwirtschaftsböden der Schweiz)

DOK-Versuch

Forschung am DOK

Allgemein

- › Bisher mehr als 200 Publikationen aus dem DOK-Versuch
- › Gegenwärtig mehrere Doktorarbeiten aus Projekten des Nationalen Forschungsprogramm NFP68
- › DOK wird genutzt von zahlreichen EU-Projekten
- › DOK wurde vom Bund aufgenommen in die Liste der national bedeutsamen Forschungsinfrastrukturen

DOK-Versuch

Die Versuchsanlage – detaillierte Informationen

Standortbedingungen

- › Versuchsstandort: Leimental bei Basel auf 300m ü. M.
- › Jahresmitteltemperatur 9.5°C, Jahresniederschlag 792mm
- › Boden: schwach pseudovergleyte Parabraunerde auf Löss

randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen

- › 96 Parzellen von je 100m² (5 x 20m)
- › jeweils drei Feldfrüchte der insgesamt siebenjährigen Fruchtfolge pro Jahr
- › jeweils zwei Düngungsstufen (D1/D2, O1/O2, K1/K2)
- › konventionelles, rein mineralisches Verfahren M (nur Düngungsstufe 2)
- › ungedüngte Variante (N)
- › erste Düngungsstufe: 0.7 DGVE/ha
- › zweite Düngungsstufe: 1,4 DGVE/ha (praxisüblich, seit 1991)
- › K1, K2, M seit 1985 gemäss Anforderungen ÖLN

DOK-Versuch

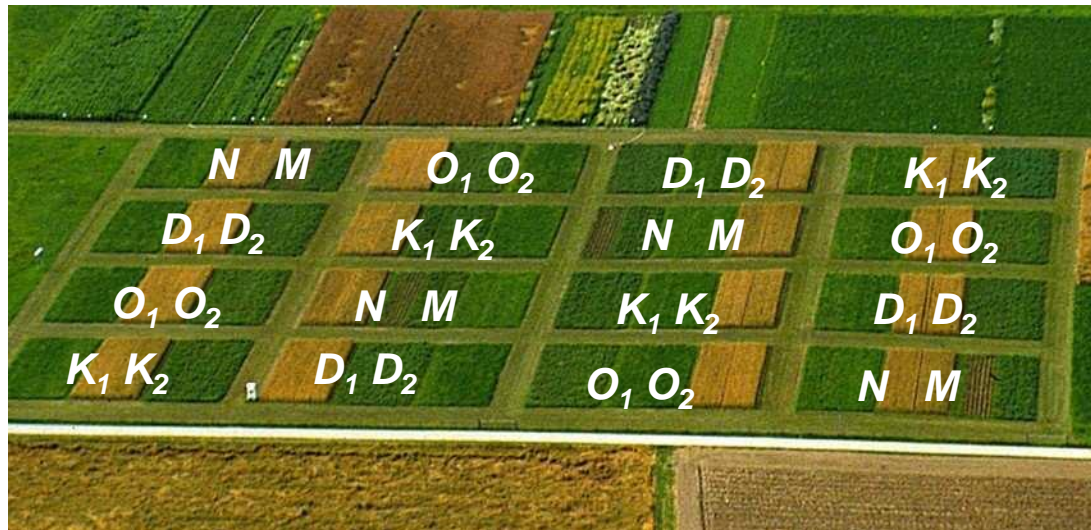
Die Versuchsanordnung

8 Verfahren

3 Kulturen je Jahr

4 Wiederholungen

96 Parzellen à 100m²



Fruchtfolge

Mais

Soja (Gründüngung)

Winterweizen (Gründüngung)

Kartoffeln

Winterweizen

Kunstwiese

Kunstwiese

D_{1,2}: bio-dynamisch

O_{1,2}: bio-organisch

K_{1,2}: konventionell

M: konventionell, mineralisch

N: ungedüngt

1: erste Düngungsstufe: 0.7 DGVE/ha

2: zweite Düngungsstufe: 1.4 DGVE/ha

K erhält zusätzlich zu Mist und Gülle
Mineraldünger

DOK-Versuch

Die Verfahren

Verfahren	ungedüngt	Biologisch-dynamisch		Biologisch-organisch		Konventionell (IP)		Mineralisch (IP)
	N	D1	D2*	O1	O2*	K1	K2*	M*
(englisch)		BIODYN		BIOORG		CONFYM		CONMIN
Düngung								
Hofdünger	-	Mistkompost, Gülle		Rottemist, belüftete Gülle		Stapelmist, Gülle		-
DGVE	-	0.7	1.4	0.7	1.4	0.7	1.4	-
Mineraldünger	-	-		Gesteinsmehl, Kalimagnesia		Ergänzende NPK-Dünger		Nur NPK-Mineraldünger
Pflanzenschutz								
Unkräuter	mechanisch	Mechanisch			Mechanisch und chemisch			
Krankheiten	vorbeugend	Vorbeugende Massnahmen			Chemisch (nach Schadschwelle)			
Schädlinge	Pflanzen-extrakte, Antagonisten	Pflanzenextrakte, Antagonisten			Chemisch (nach Schadschwelle)			
Spezielles	Bio-dyn. Präparate	Bio-dyn. Präparate			Halmverkürzer			

* praxisübliche Düngung

DOK-Versuch

Die Fruchtfolge

Jahr	1. FFP 1978-1984	2. FFP 1985-1991	3. FFP 1992-1998	4. FFP 1999-2005	5. FFP 2006-2012	6. FFP 2013-2019
1	Kartoffeln Gründungung	Kartoffeln Gründungung	Kartoffeln	Kartoffeln	Silomais	Silomais
2	Winterweizen 1 Zwischenfutter	Winterweizen 1 Zwischenfutter	Winterweizen 1 Zwischenfutter	Winterweizen 1 Gründungung	Winterweizen 1 Gründungung	Soja Gründungung
3	Weisskohl	Randen	Randen	Soja Gründungung	Soja Gründungung	Winterweizen 1 Gründungung
4	Winterweizen 2	Winterweizen 2	Winterweizen 2	Silomais	Kartoffeln	Kartoffeln
5	Wintergerste	Wintergerste	Kunstwiese I	Winterweizen 2	Winterweizen 2	Winterweizen 2
6	Kunstwiese I	Kunstwiese I	Kunstwiese II	Kunstwiese I	Kunstwiese I	Kunstwiese I
7	Kunstwiese II	Kunstwiese II	Kunstwiese III	Kunstwiese II	Kunstwiese II	Kunstwiese II

DOK-Versuch

Die Nährstoffe

DOK: durchschnittlicher Nährstoff-Input 1978-2005

Quelle: Mäder et al., 2006, ISO FAR

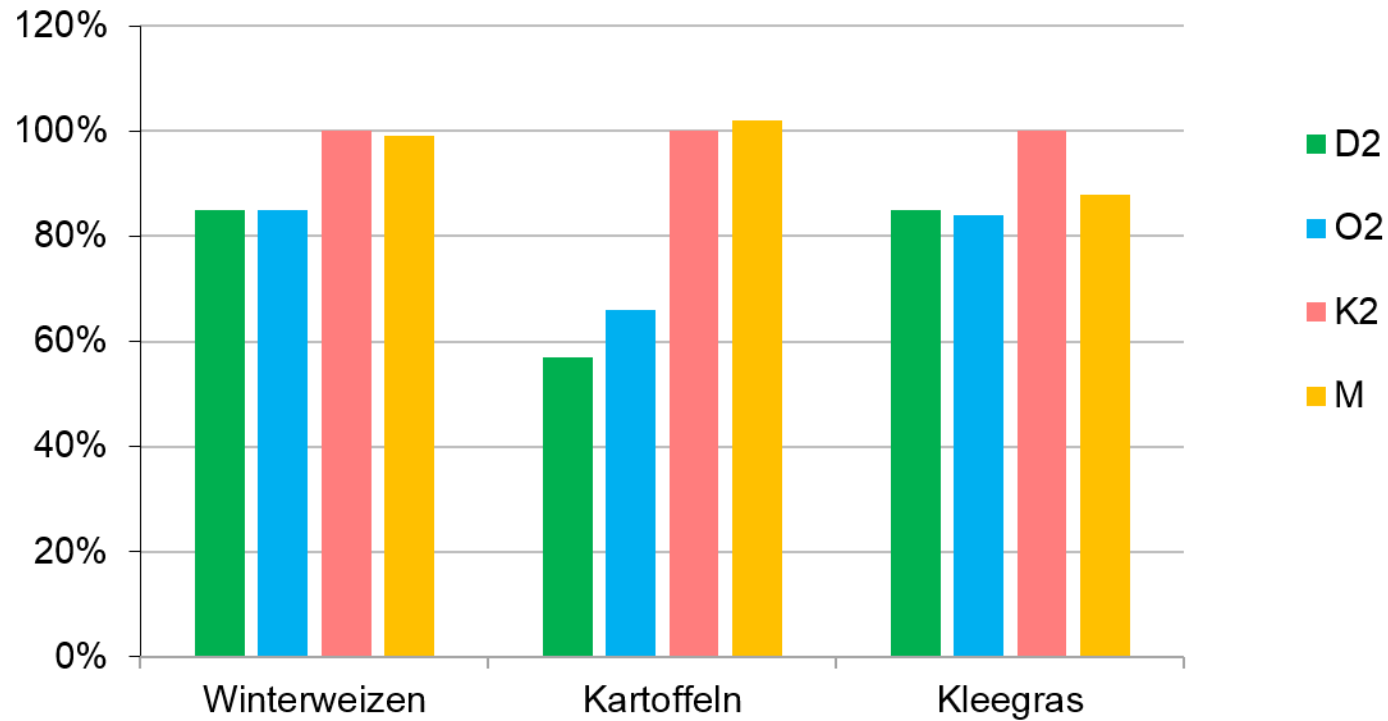


DOK-Versuch: Erträge

Überblick

Relativer Ertrag 1978-1998 (K = 100%)

Quelle: Jossi et al., 2009

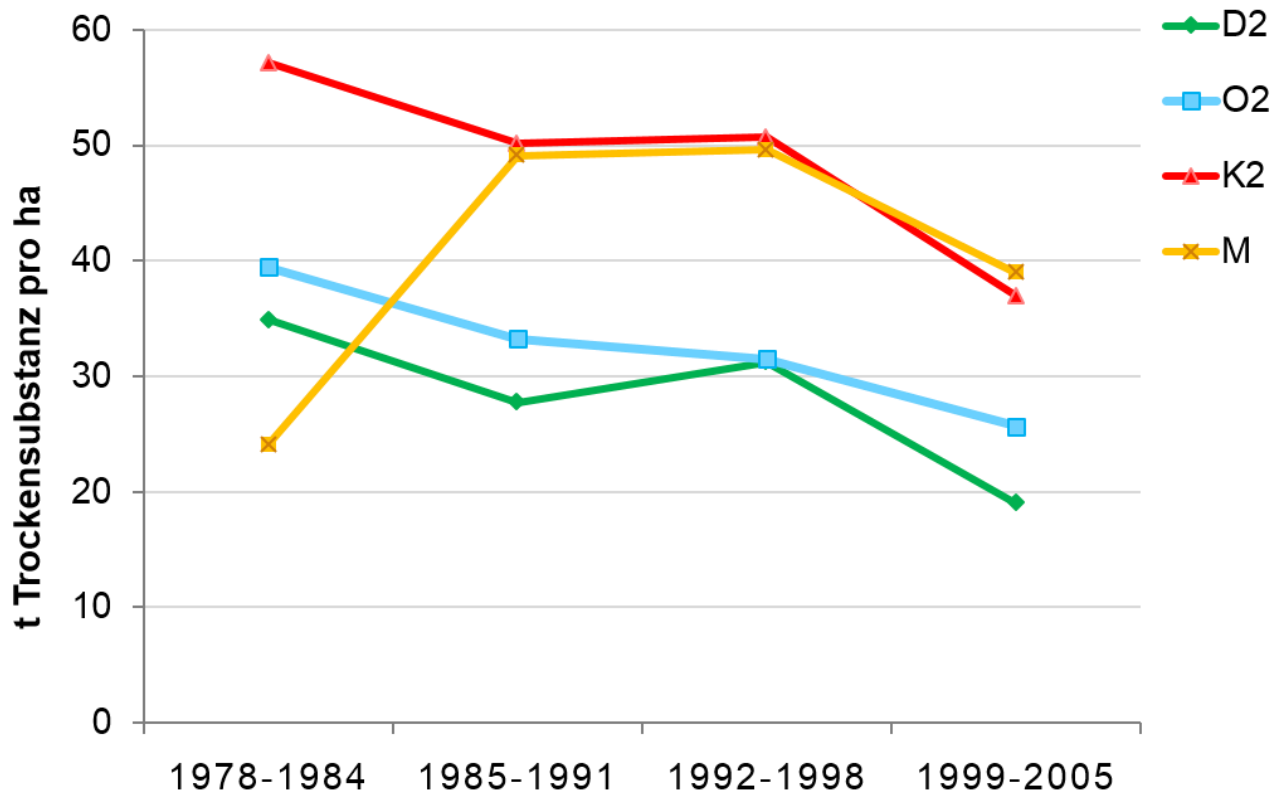


DOK-Versuch: Erträge

Kartoffeln

DOK: Erträge Kartoffeln 1978-2005

Quelle: FiBL



Bio im Durchschnitt 40% weniger Ertrag

Gründe: hoher Nährstoffbedarf bei kurzer Kulturdauer, hohe Krankheitsanfälligkeit

M in 1. FFP ungedüngt

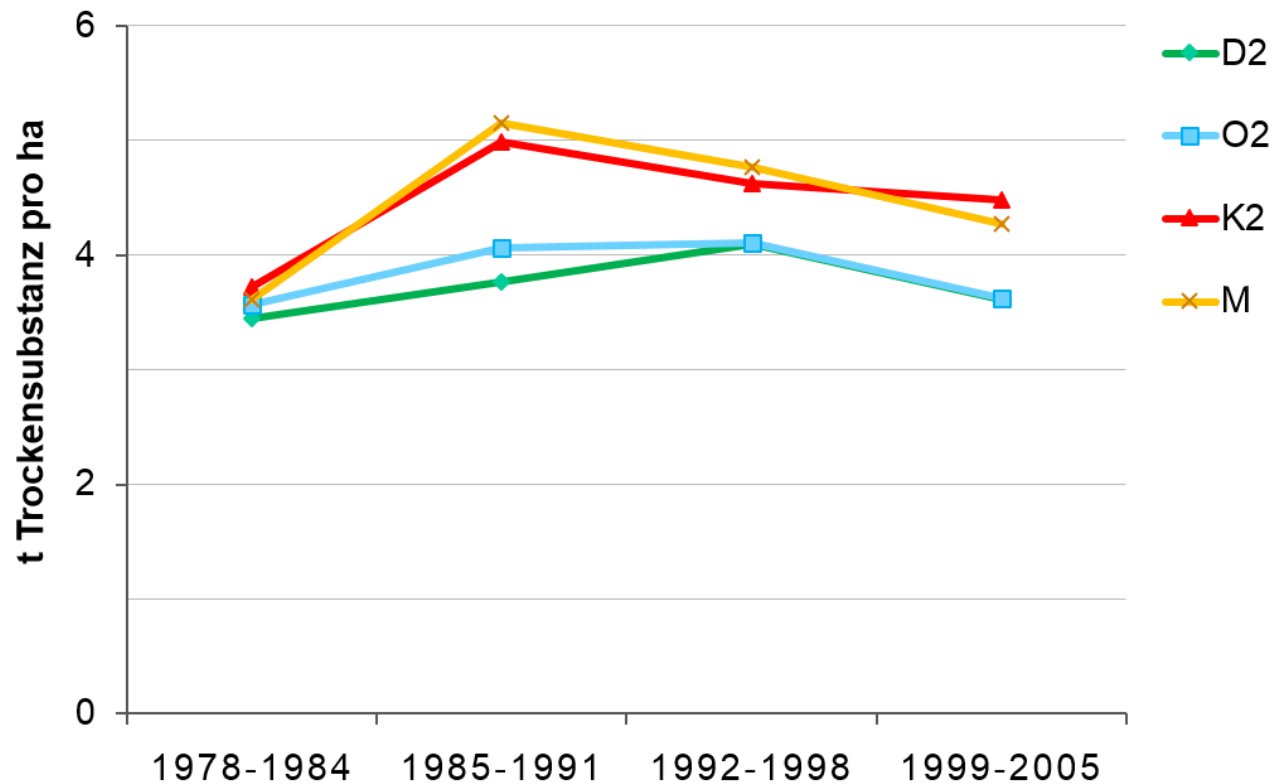
Seit 1998 Abnahme

DOK-Versuch: Erträge

Winterweizen

DOK: Erträge Winterweizen 1978-2005

Quelle: FiBL



Weizen stabil

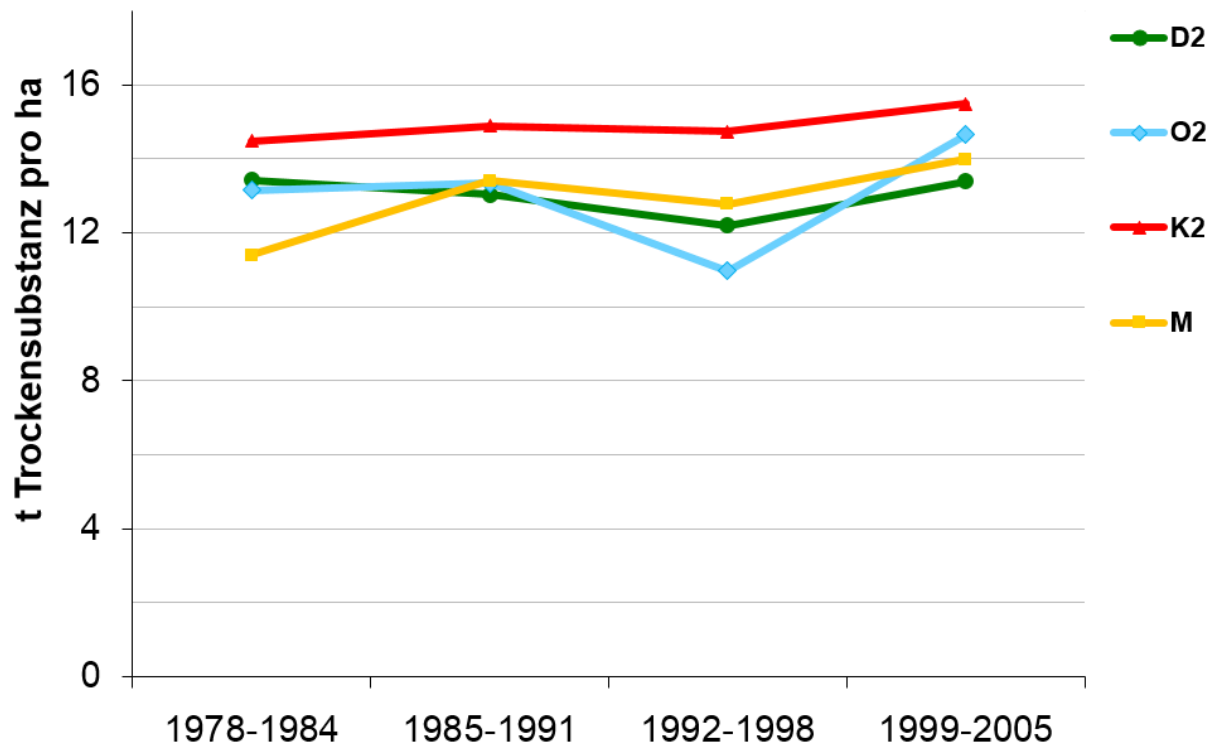
Bio im
Durchschnitt
22% weniger
Ertrag

DOK-Versuch: Erträge

Kleegras

DOK: Erträge Kleegras 1978-2005 im 1. und 2. Hauptnutzungsjahr

Quelle: FiBL

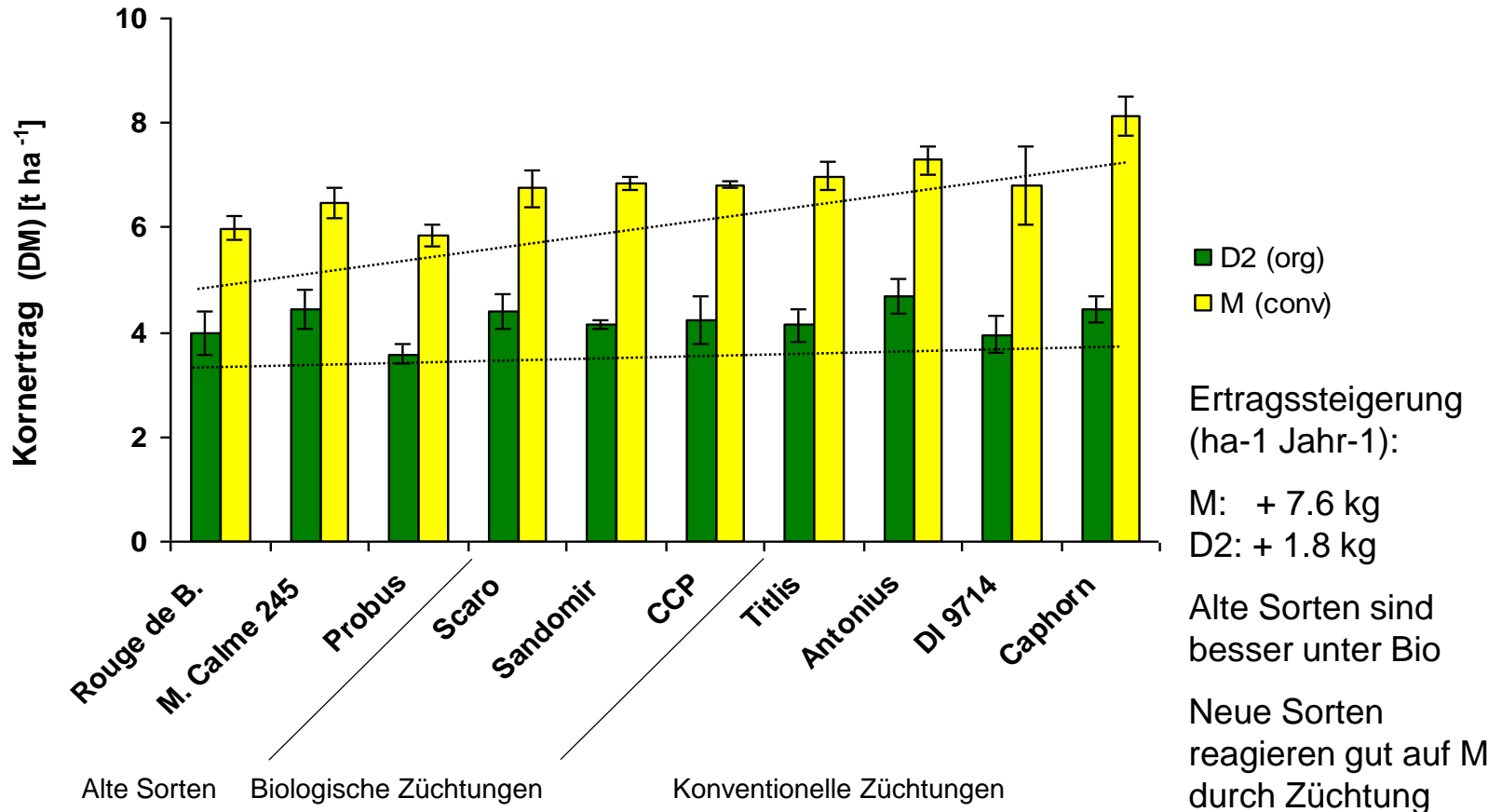


Relativ stabile
Erträge

Über alle
Verfahren
kaum
Unterschiede

DOK-Versuch: Erträge

Weizenerträge unterschiedlicher Sorten

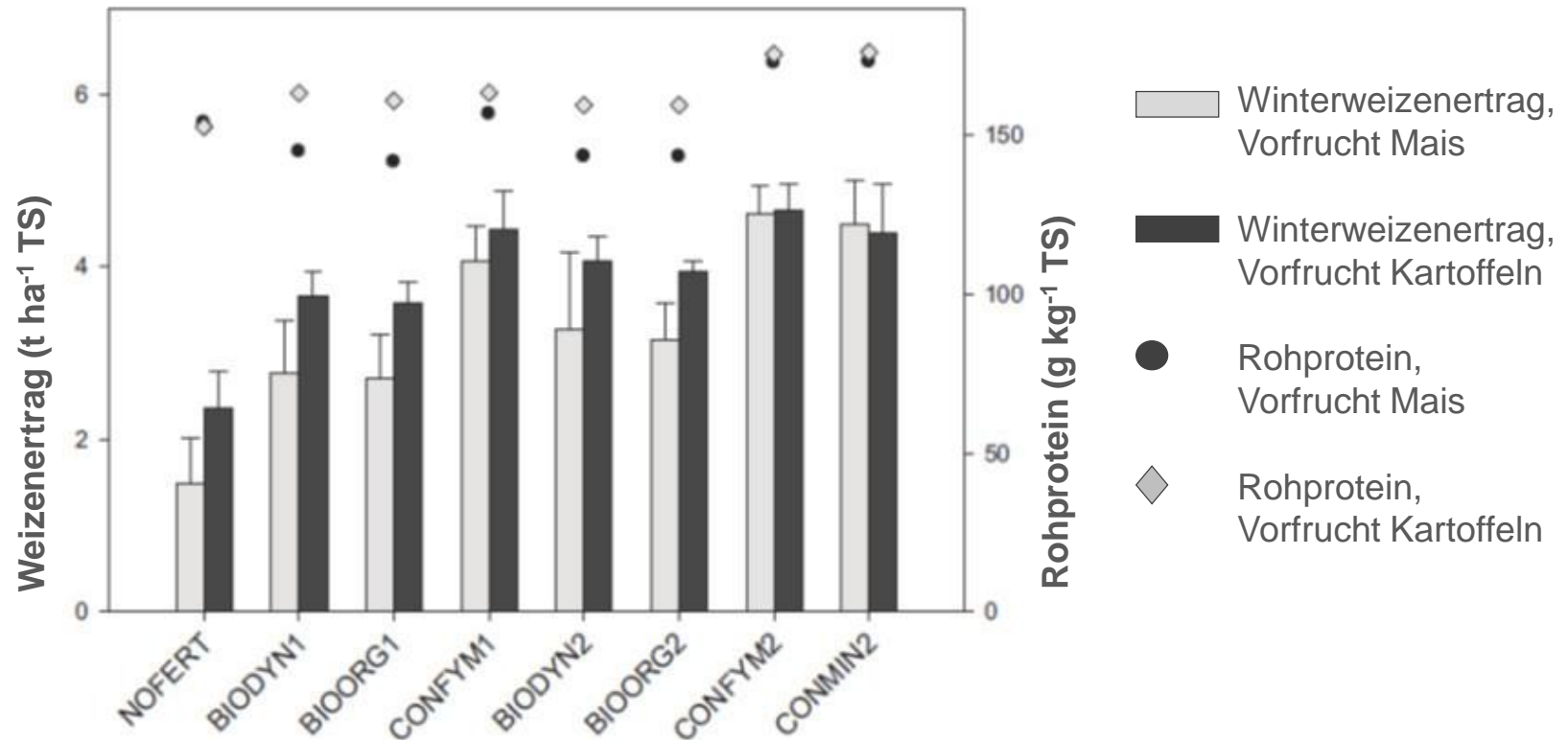


Quelle: Hildermann et al., 2009

DOK-Versuch: Erträge

Wirkungen unterschiedlicher Vorfrüchte

**Winterweizenertrag und Rohproteingehalt nach Mais und Kartoffeln
Mittelwert und Standardabweichung (n=4) von 2003 und 2010**

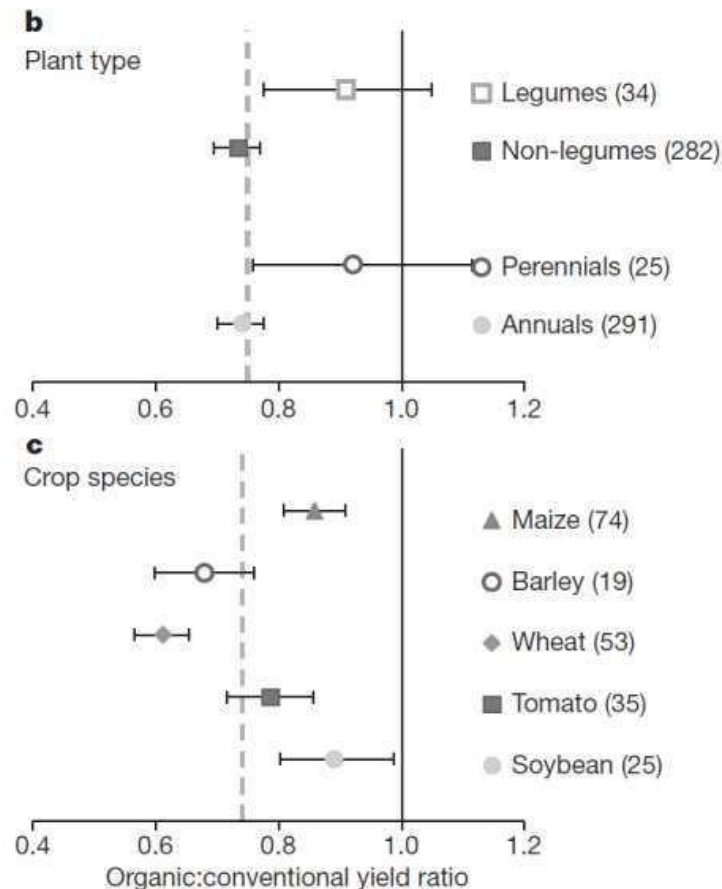


Quelle: Mayer et al. EJA, 2015

DOK-Versuch: Erträge

Ertragsunterschiede Bio – Konventionell

Ertragsunterschiede zwischen Bio und Konventionell weltweit



Quelle: Seufert et al., 2012, Nature 485

DOK-Versuch: Erträge

Zusammenfassung

Das Ertragsniveau ist bei den biologischen Verfahren um durchschnittlich 20% tiefer. Gründe:

- › Rund 50% geringerer Einsatz an Düngern und fossiler Energie
- › Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel

Die über Erwarten hohen Erträge in Bio sind zurückzuführen auf:

- › Wurzelsymbiosen mit Rhizobien
- › Wurzelsymbiosen mit Mykorrhizapilzen

Die Fruchtfolge hat entscheidenden Einfluss auf Ertragshöhen.

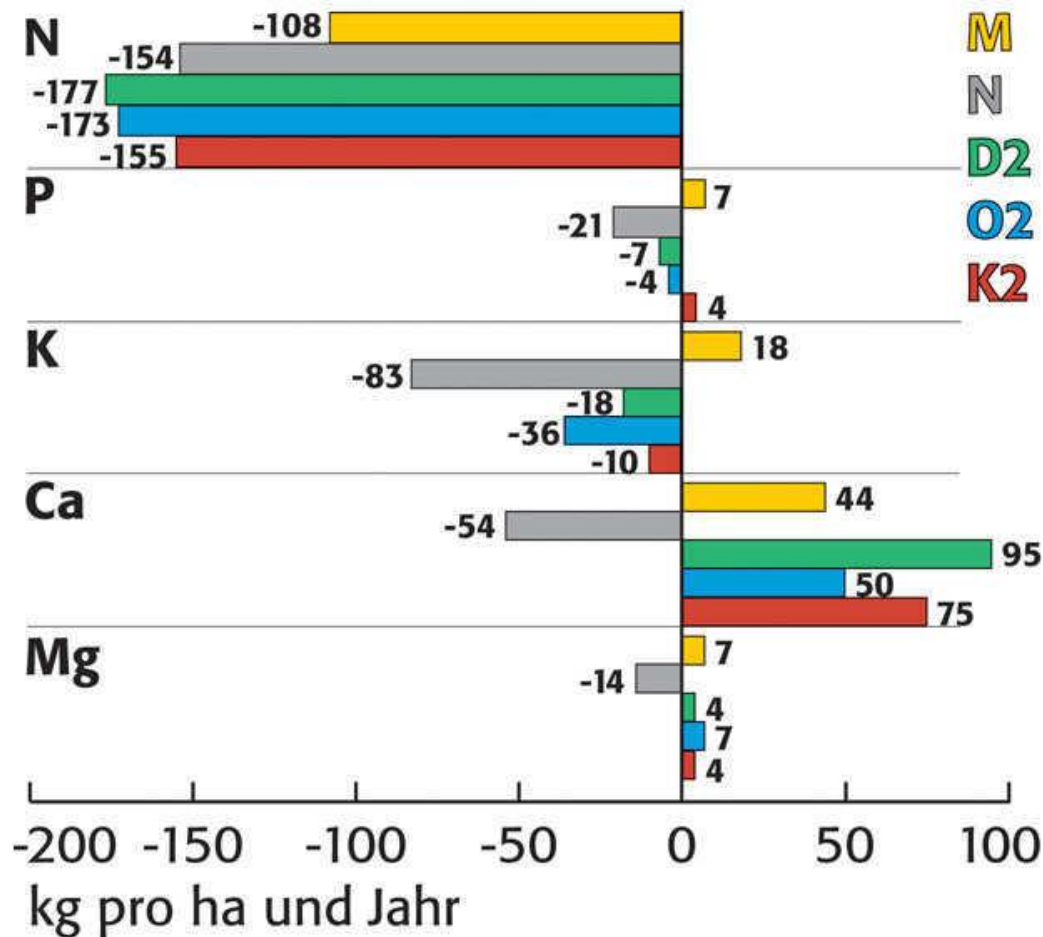
- › Mais nach Klee gras: Bio 9% tiefer als Konventionell
Mais nach Soja: Bio 13% tiefer als Konventionell.

Die Sojaerträge sind in allen Verfahren ähnlich. Biokartoffelerträge waren im Verhältnis zu konventionell sehr tief. Gründe:

- › Hoher Nährstoffbedarf der Kultur in kurzer Kulturdauer (N, K)
- › Hohe Krankheitsanfälligkeit der Kartoffeln (Krautfäule, Alternaria)

DOK-Versuch: Nährstoffgleichgewicht

Nährstoffzufuhr und -entzug im Gleichgewicht?



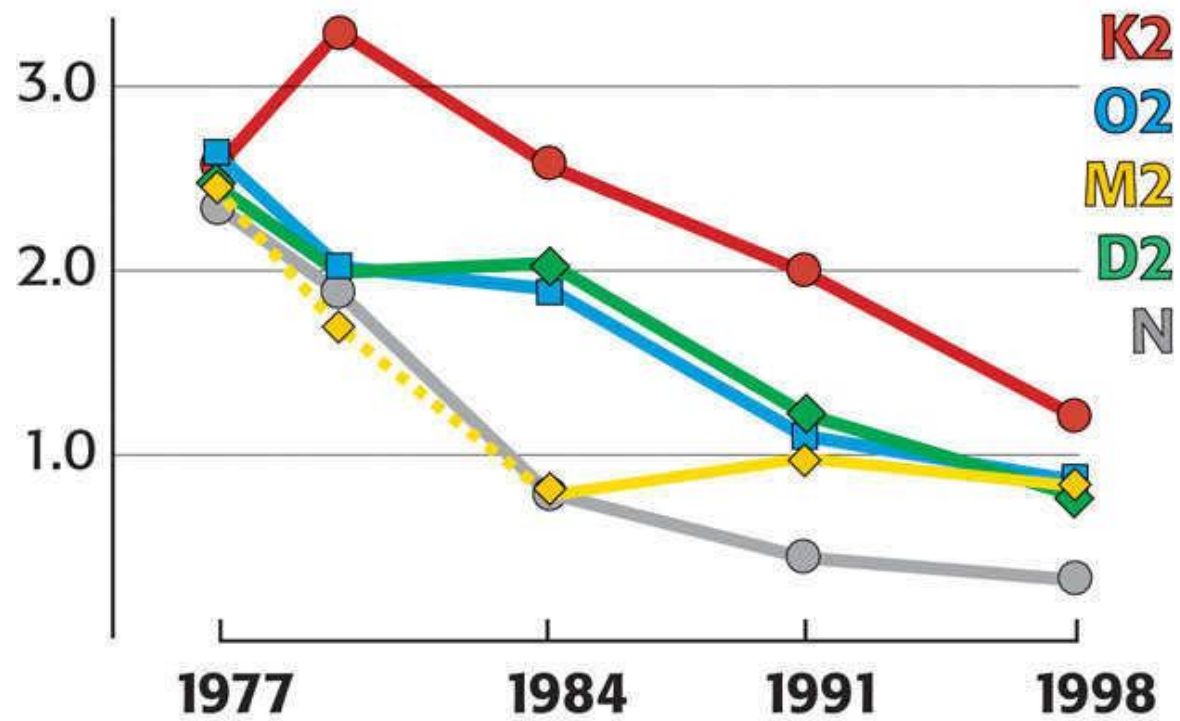
Erklärung zu Stickstoff:
 Mineralisation,
 Fixierung durch
 Leguminosen und
 Einträge aus der
 Atmosphäre sind
 nicht berücksichtigt

Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch: Nährstoffe

Phosphor

mg P pro kg Boden



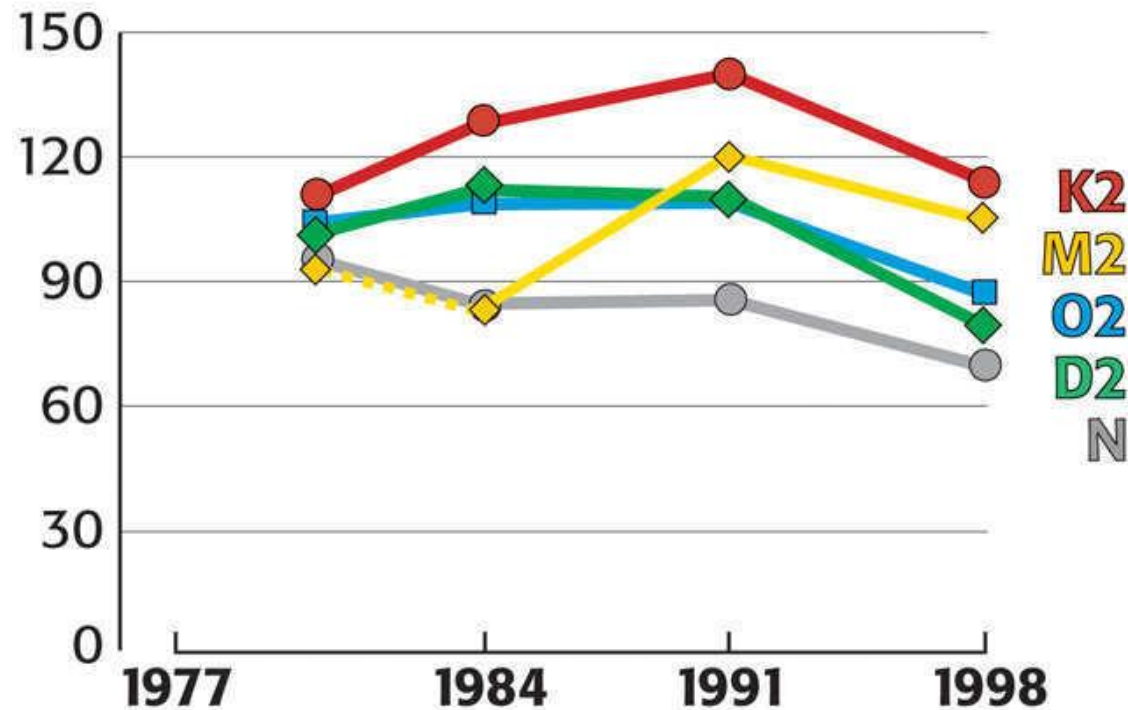
Spitze bei K2 wegen Phosphor-Aufdüngung zu Beginn des Versuchs

Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch: Nährstoffe

Phosphor

mg P pro kg Boden



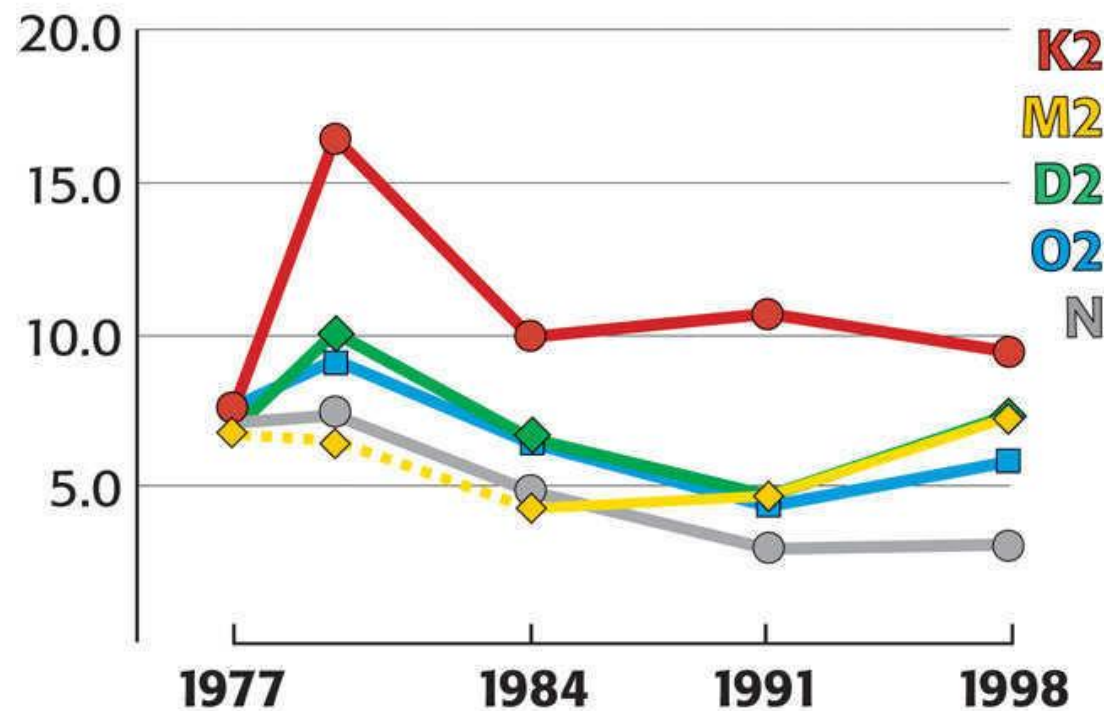
Zitronensäure-lösliche
Fraktion weniger gut
sichtbar, spiegelt
Phosphorreserve
wieder

Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch: Nährstoffe

Kalium

mg K pro kg Boden



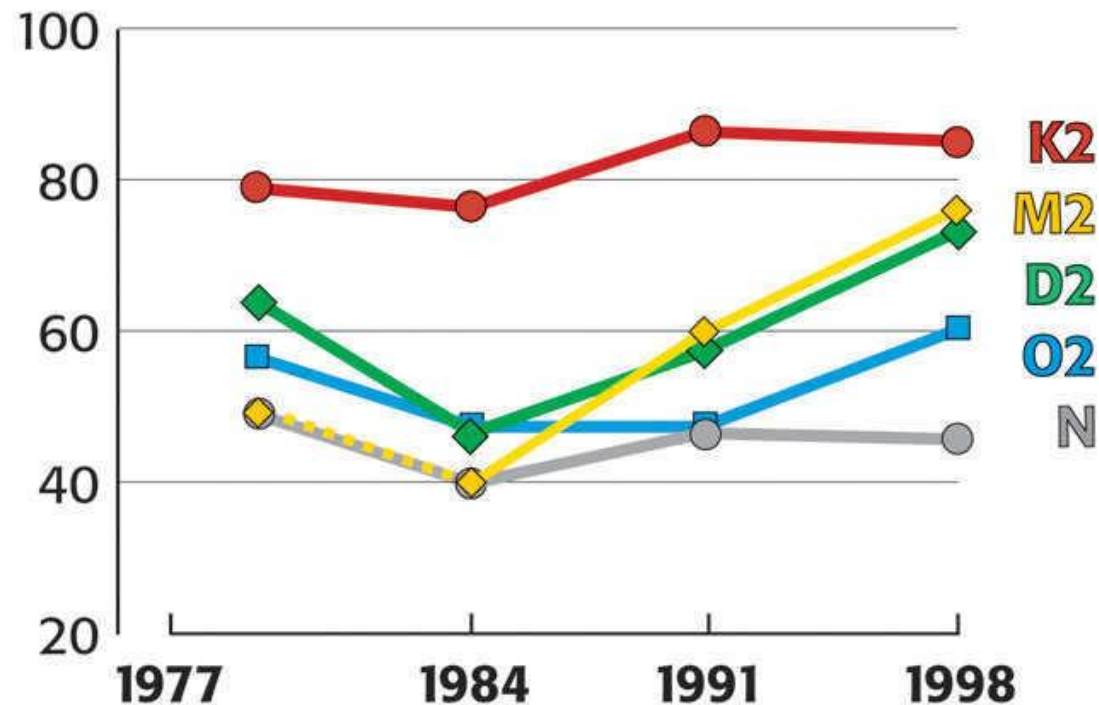
Spitze bei K2 rührt von Kalium-Aufdüngung zu Beginn des Versuchs her

Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch: Nährstoffe

Kalium

mg K pro kg Boden

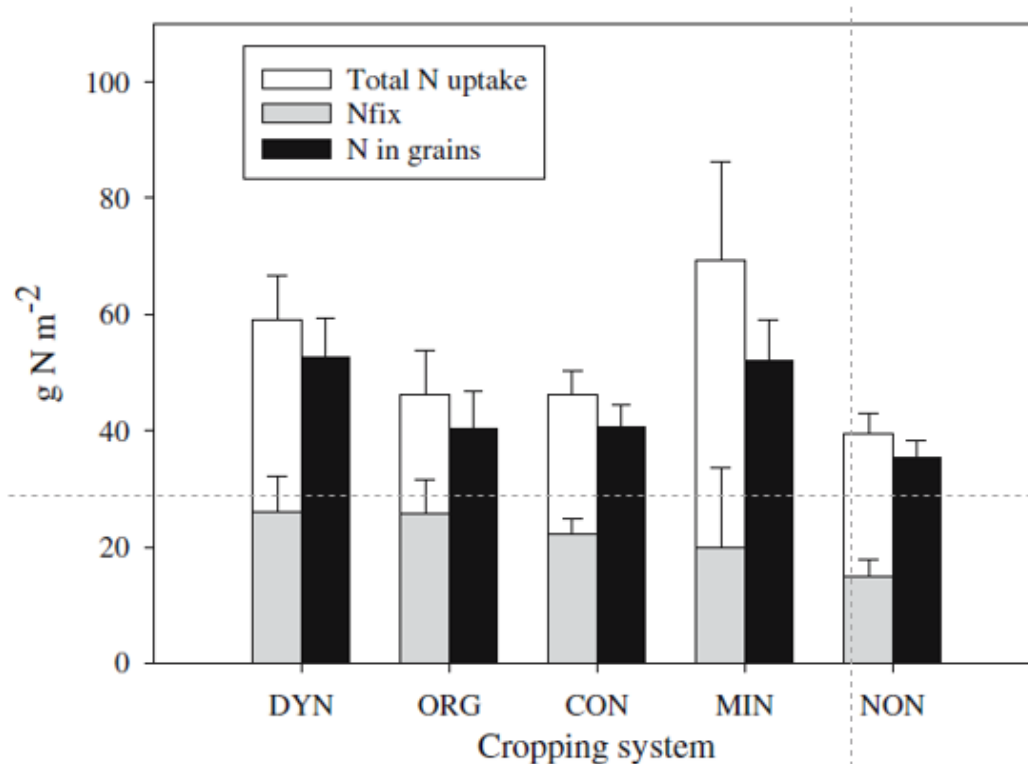


Doppellactat-lösliches
Kalium =
nachlieferbare
Kalium-Fraktion

Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch: Nährstoffe

N₂-Fixierung der Sojabohne im DOK Versuch



Mengen an dem symbiotisch fixierten Stickstoff (*Nfix*) in Spross und Wurzel, der totalen Stickstoffaufnahme (*total N uptake*) und des in vollentwickelten Körnern enthaltenen Stickstoffs (*N in grains*) in verschiedenen Anbausystemen.

Fehlerbalken kennzeichnen die Standardfehler des Mittelwertes.

Quelle: Oberson et al., 2007

DOK-Versuch: Nährstoffe

Stickstoff: Fixierung und Transfer von Klee

N-Fixierung (N_{SYM}) von Klee und N Transfer (N_{Trans}) zu Gras in Klee-graswiese im DOK

Verfahren (N Düngung)	Produktivität (Klee+Gras) t/ha/Jahr	Klee %	N_{SYM} kg/ha/Jahr	$N_{\text{SYM}}+N_{\text{Trans}}$ kg/ha/Jahr
D1 (50 N/ha/J)	10.2	49	147	194
D2 (100 N/ha/J)	10.6	46	128	183
O1 (50 kg/ha/J)	9.8	51	142	191
O2 (100 kg/ha/J)	11.6	53	161	218
K1 (80 kg N/ha/J)	12.5	39	140	214
K2 (160 kg/ha/J)	13.2	28	104	197
N (0kg/ha/J)	6.5	51	100	135

Quelle: Oberson et al., 2013, Plant & Soil, modifiziert nach Andreas Lüscher, ART

DOK-Versuch: Nährstoffe

Zusammenfassung

Entwicklung der verfügbaren Nährstoffe und Nährstoffvorräte

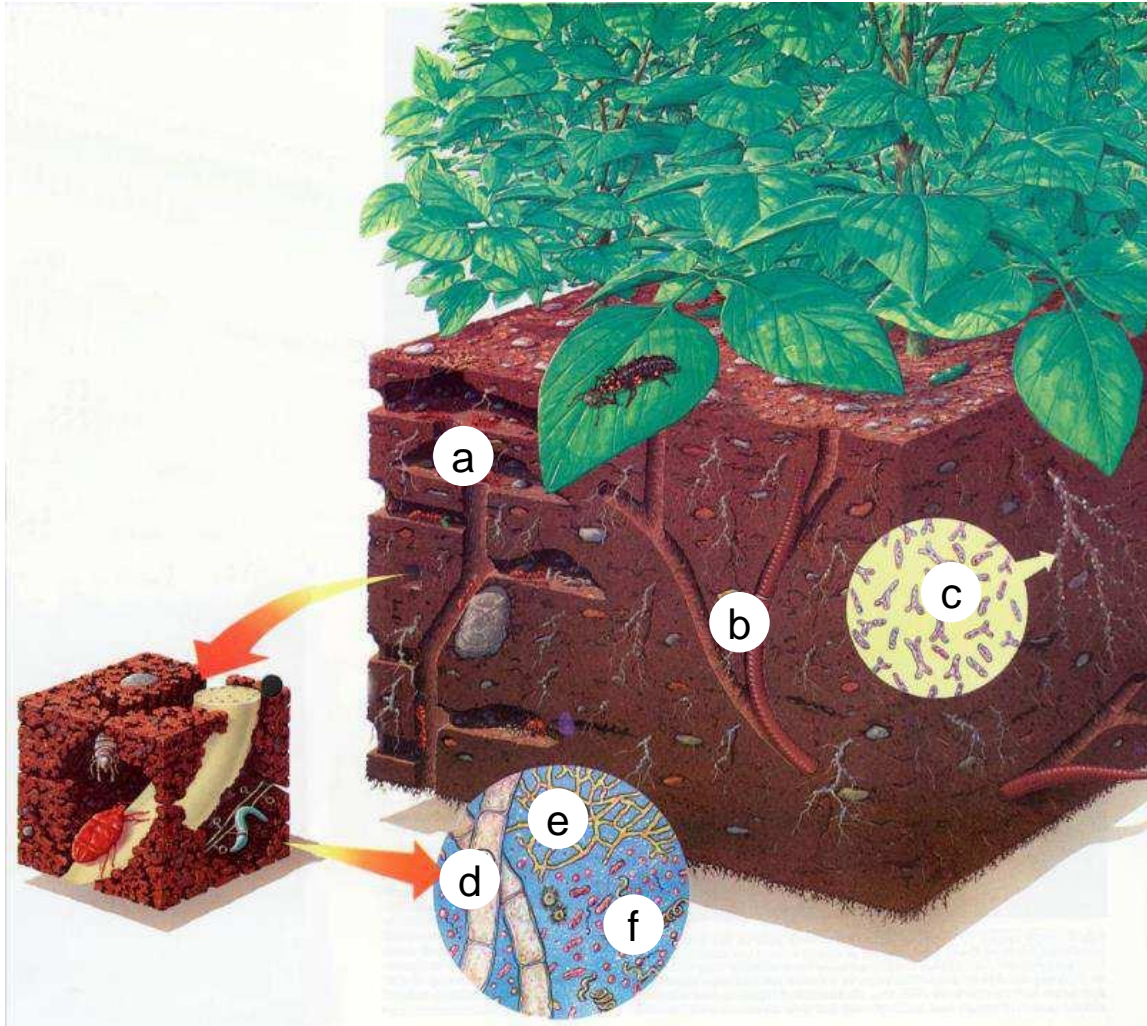
- › deutliche Wirkung der Verfahren
- › Grösste Unterschiede zwischen den Düngungsstufen 1 und 2 bei allen Verfahren (Düngungsstufe 1 mit 0.7 DGVE ist kritisch)

Biologische Verfahren

- › P-Versorgung: bei praxisüblicher Düngung (Stufe 2) noch ausreichend
- › K-Versorgung: bei praxisüblicher Düngung (Stufe 2) kritisch
- › Ursache: negative Nährstoffbilanzen

DOK-Versuch: Bodenstruktur

Der Boden – ein komplexes System



- a. Ameisen
- b. Regenwürmer
- c. Rhizobien
- d. Pilze
- e. Actinomyceten
- f. Bakterien

Bild: Reganold et al., 1990

DOK-Versuch: Bodenstruktur

Stabilität der Bodenstruktur durch Hofdünger

Der Einsatz von Hofdünger wirkt sich positiv auf die im Boden lebenden Mikroorganismen, also die Biodiversität der Böden, aus.

Belebte Böden sind stabiler.

Konventionell
(nur mineralische Düngung)



Bio-dynamisch
(mit Kompostdüngung)



Bilder: FiBL

DOK-Versuch: Bodenstruktur

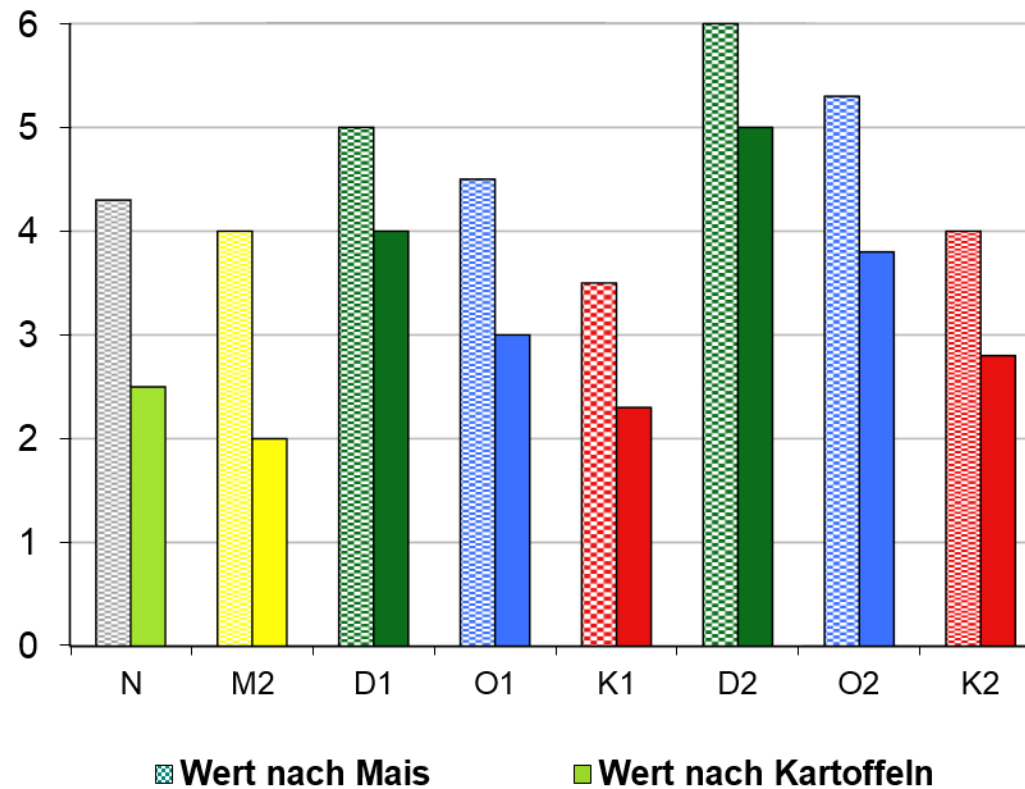
Bodenstrukturstabilität

Bodenstrukturstabilität

Quelle: FiBL

hohe Stabilität

tiefe Stabilität

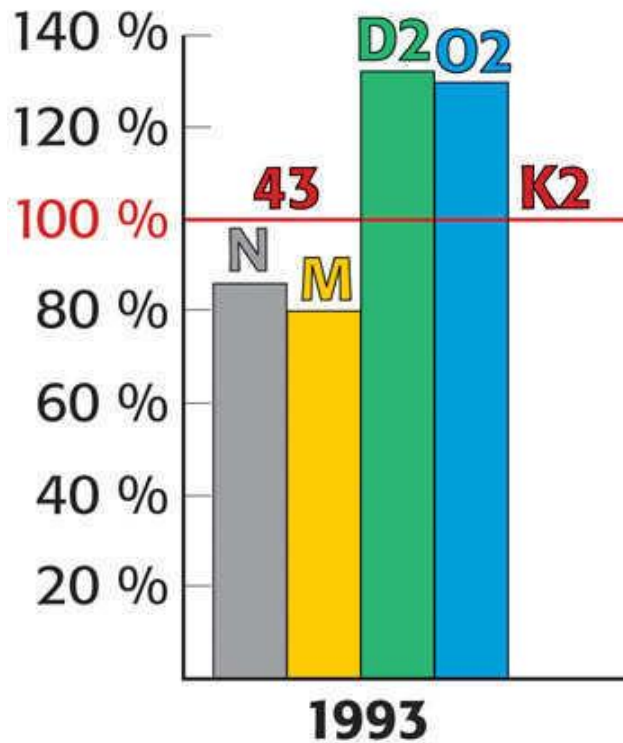


DOK-Versuch: Bodenstruktur

Bodenstrukturstabilität

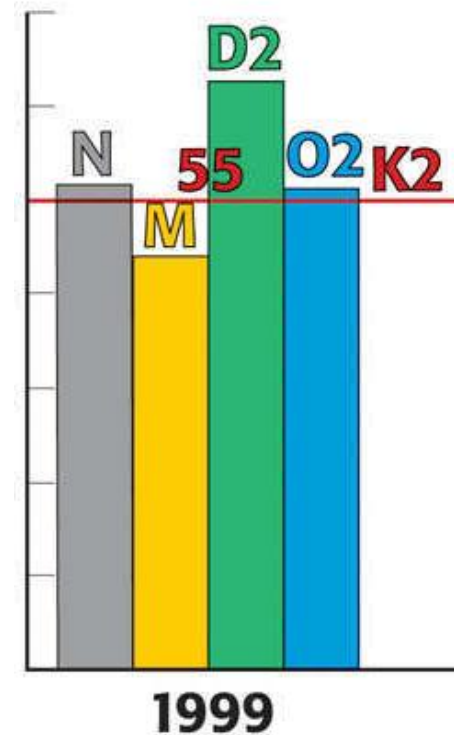
Perkolationsstabilität

ml pro min



Krümestabilität

% stabile Aggregate >250 µm



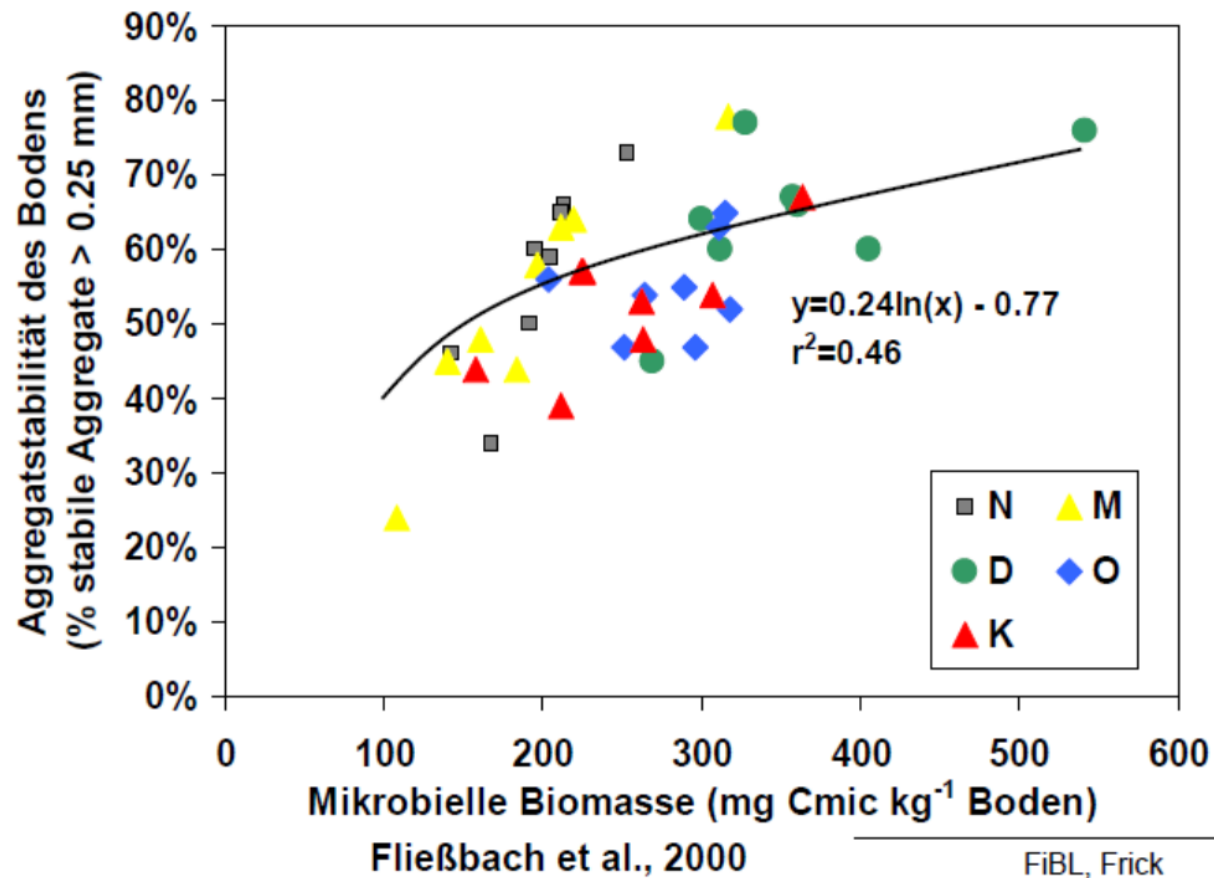
Perkolationsstabilität = «Nicht-Erosionsneigung»

Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch: Bodenstruktur

Strukturstabilität

Mikroorganismen stabilisieren den Boden

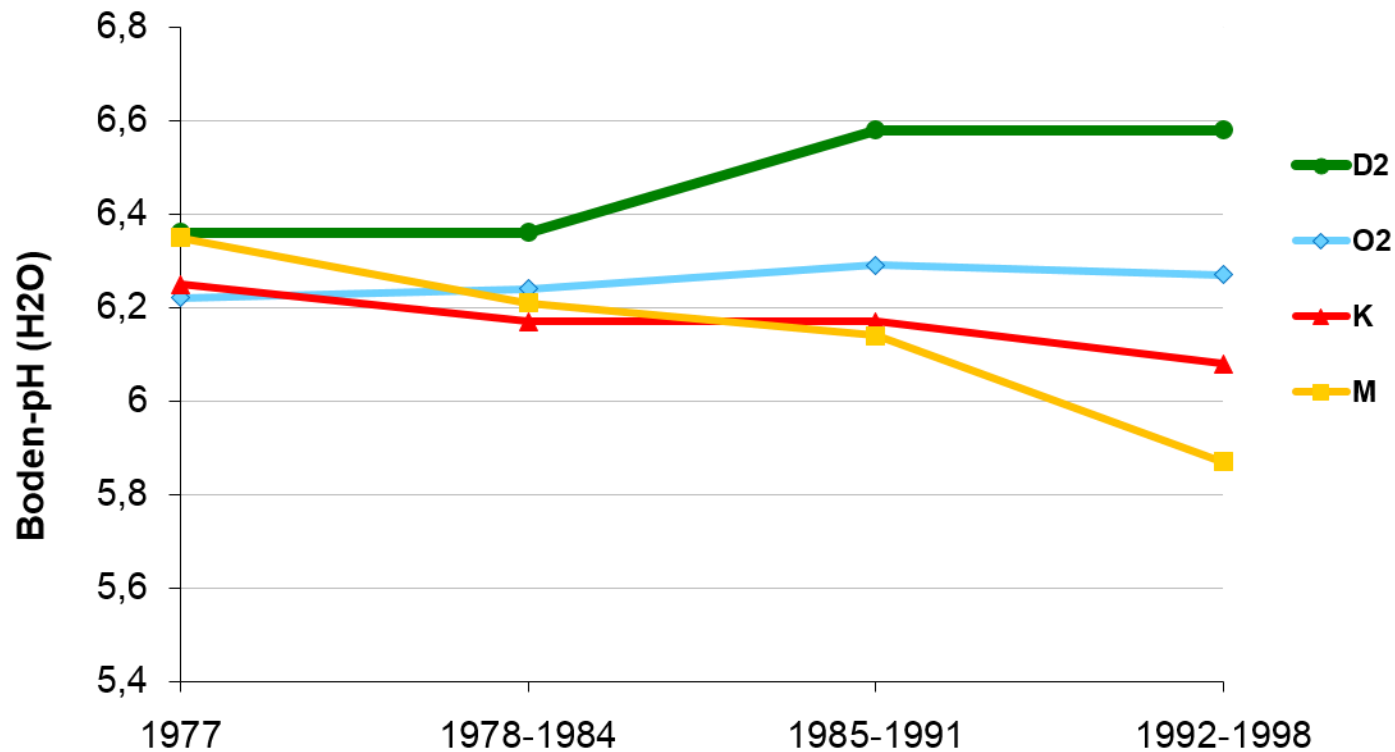


DOK-Versuch: Bodenstruktur

Boden-pH

Veränderungen im Boden-pH

Quelle: FiBL

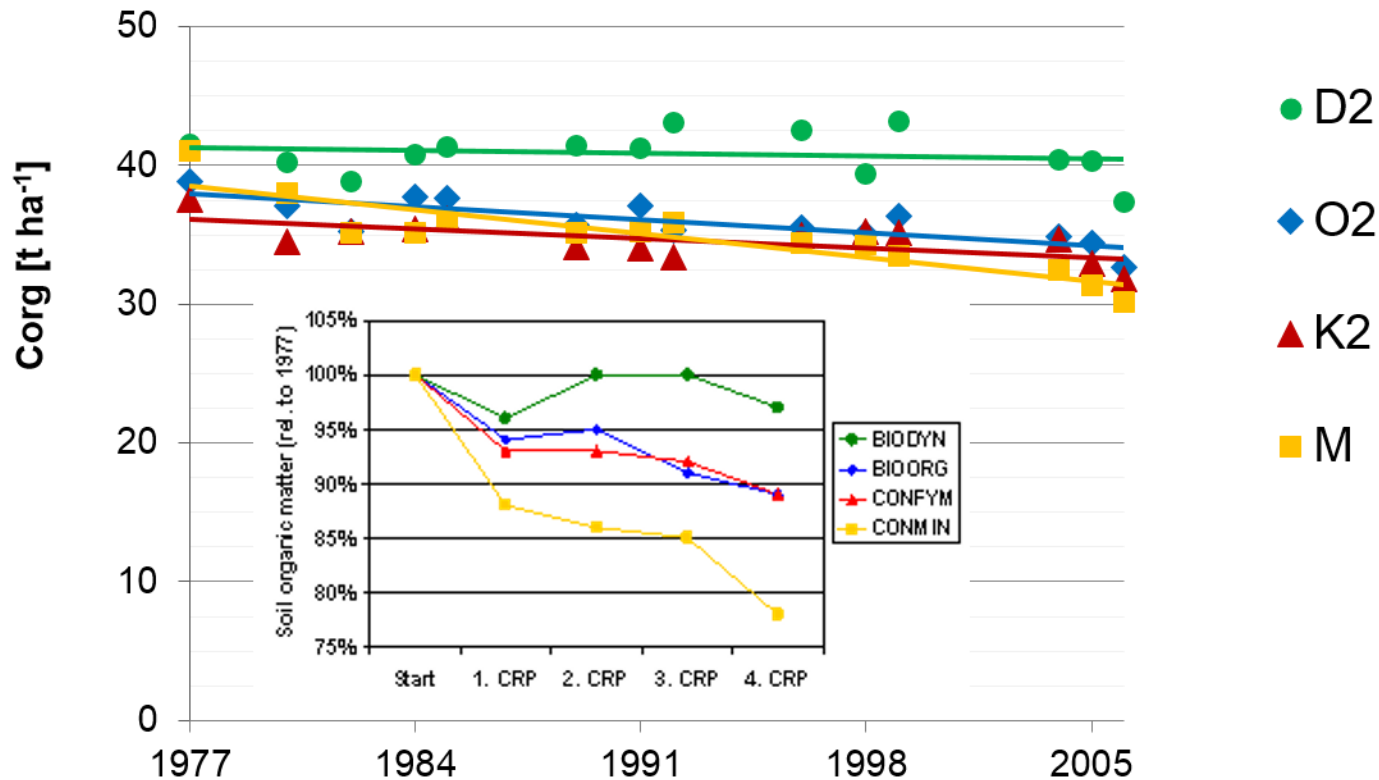


DOK-Versuch: Bodenstruktur

Kohlenstoffgehalt

Veränderungen im Kohlenstoffgehalt des Bodens

Quelle: Fließbach et al., 2007, AGEE und Leifeld et al., 2009, AJ

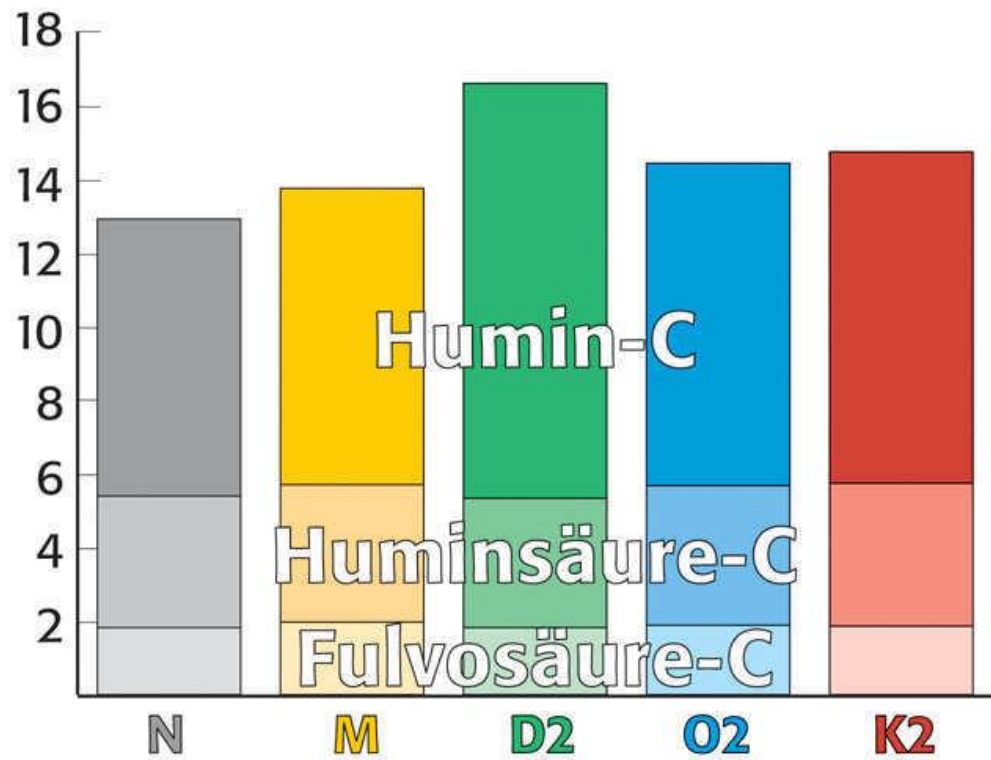


DOK-Versuch: Bodenstruktur

Kohlenstoffverteilung

Kohlenstoffverteilung in den Huminstoff-Fractionen

g Corg pro kg Boden



Höherer Gehalt an organischer Substanz bei D2 beruht auf höherem Anteil stabiler organischer Verbindungen, die durch Huminfraction repräsentiert

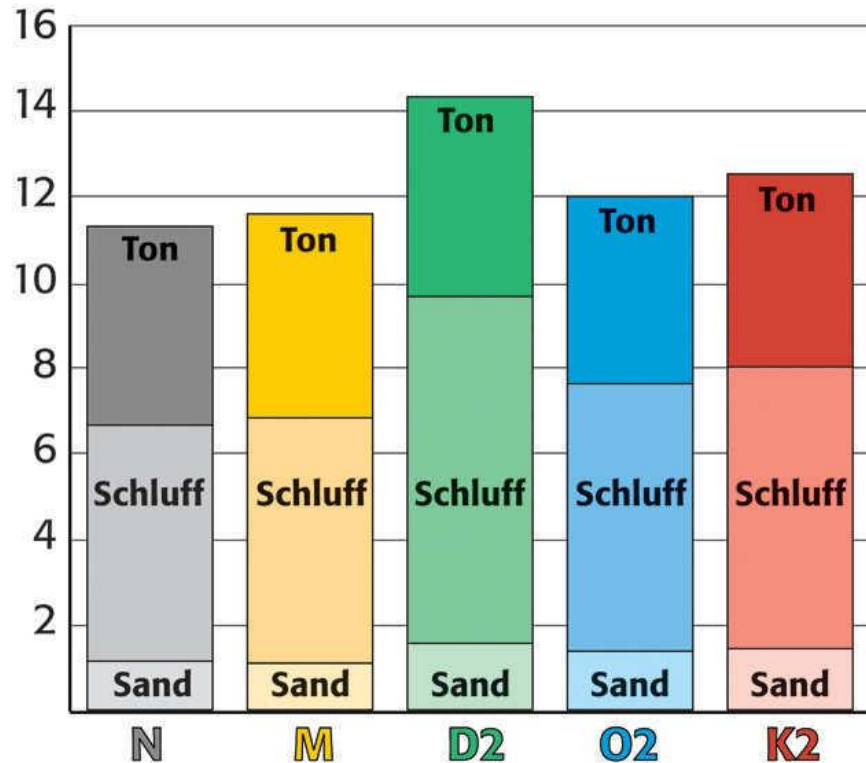
Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch: Bodenstruktur

Kohlenstoffverteilung

Kohlenstoffverteilung in den Korngrößenfraktionen

(mg Corg pro g Boden)



Auf höheren C-Gehalt im Schluff beruht geringere Verschlammungsneigung der biologisch-dynamischen Böden

Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch: Bodenstruktur

Zusammenfassung

Entwicklung des Humusgehalts

- › Konstant: D2
- › Langsame Abnahme: O2, K2
- › Starke Abnahme: M, N, D1, O1, K1
- › Reduktion der Hofdüngergaben beschleunigt den Humusschwund

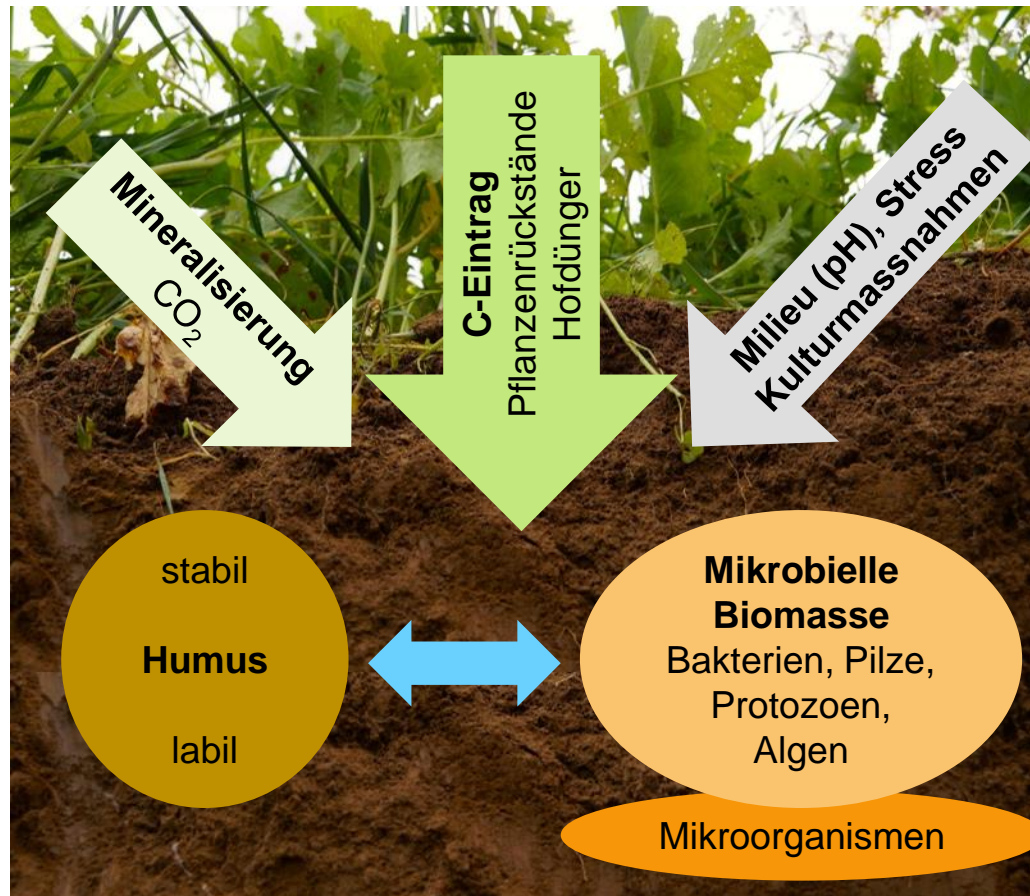
Krümelstabilität wird beeinflusst durch

- › Humusgehalt
- › Kalkzustand (pH?)

Geringere Verschlammungsneigung dank höherem C-Gehalt im Schluff bei bio-dynamisch

DOK-Versuch: Bodenbiologie

Mikroorganismen bilden Humus



Zersetzung des organischen Materials durch Mikroorganismen in

- › Humus (Humifizierung)
- › Nährstoffe (Mineralisierung)

Bild: FiBL

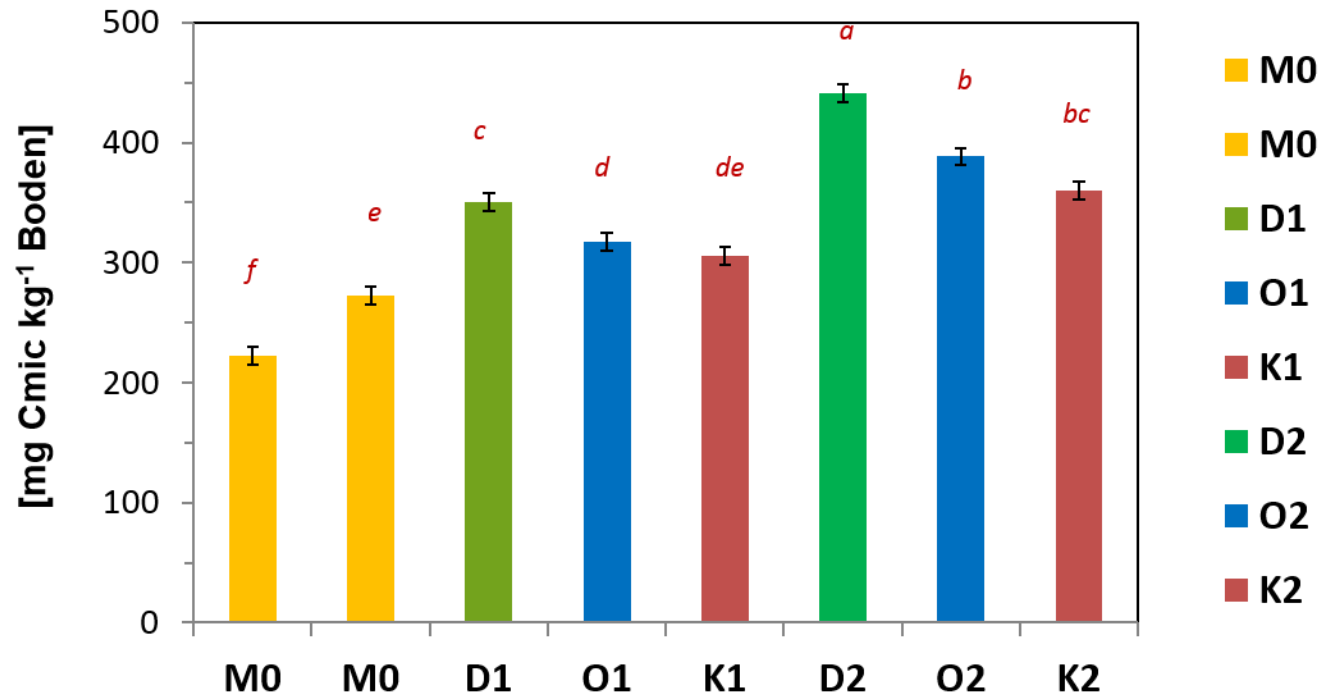
DOK-Versuch: Bodenbiologie

Mikrobielle Biomasse

DOK: Mikrobielle Biomasse 1998, 2006 und 2012

Standardfehler und Unterschiede pro Untersuchungsjahr

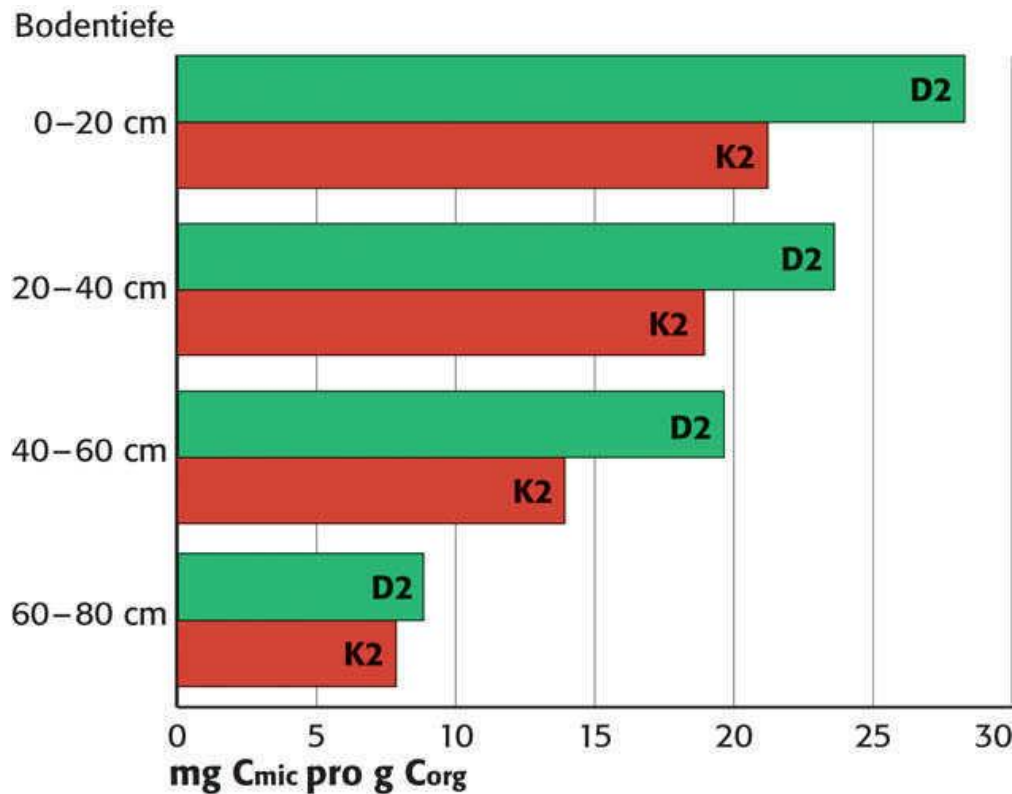
Quelle: FiBL



DOK-Versuch: Bodenbiologie

Kohlenstofffraktionen

Verhältnis von mikrobiellem Kohlenstoff zum gesamten organischen Kohlenstoff



Anteil Mikroorganismen an organischer Substanz zeigt Belebtheitsgrad des Bodens

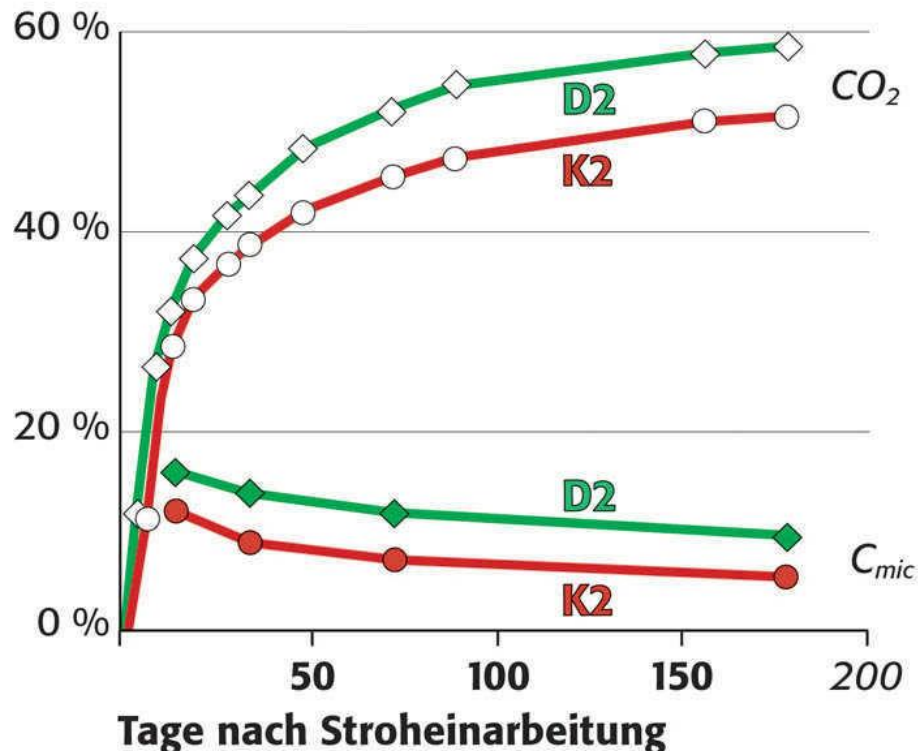
Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch: Bodenbiologie

Kohlenstofffraktionen

Veratmung und Zunahme der mikrobiellen Biomasse nach Strohzugabe

% abgebautes (CO_2) und eingebautes (C_{mic}) Stroh



In Bioverfahren laufen Mineralisierungs- und Humusaufbauprozesse intensiver ab.

Über die Jahre akkumuliert sich die Kohlenstoffmenge im Boden.

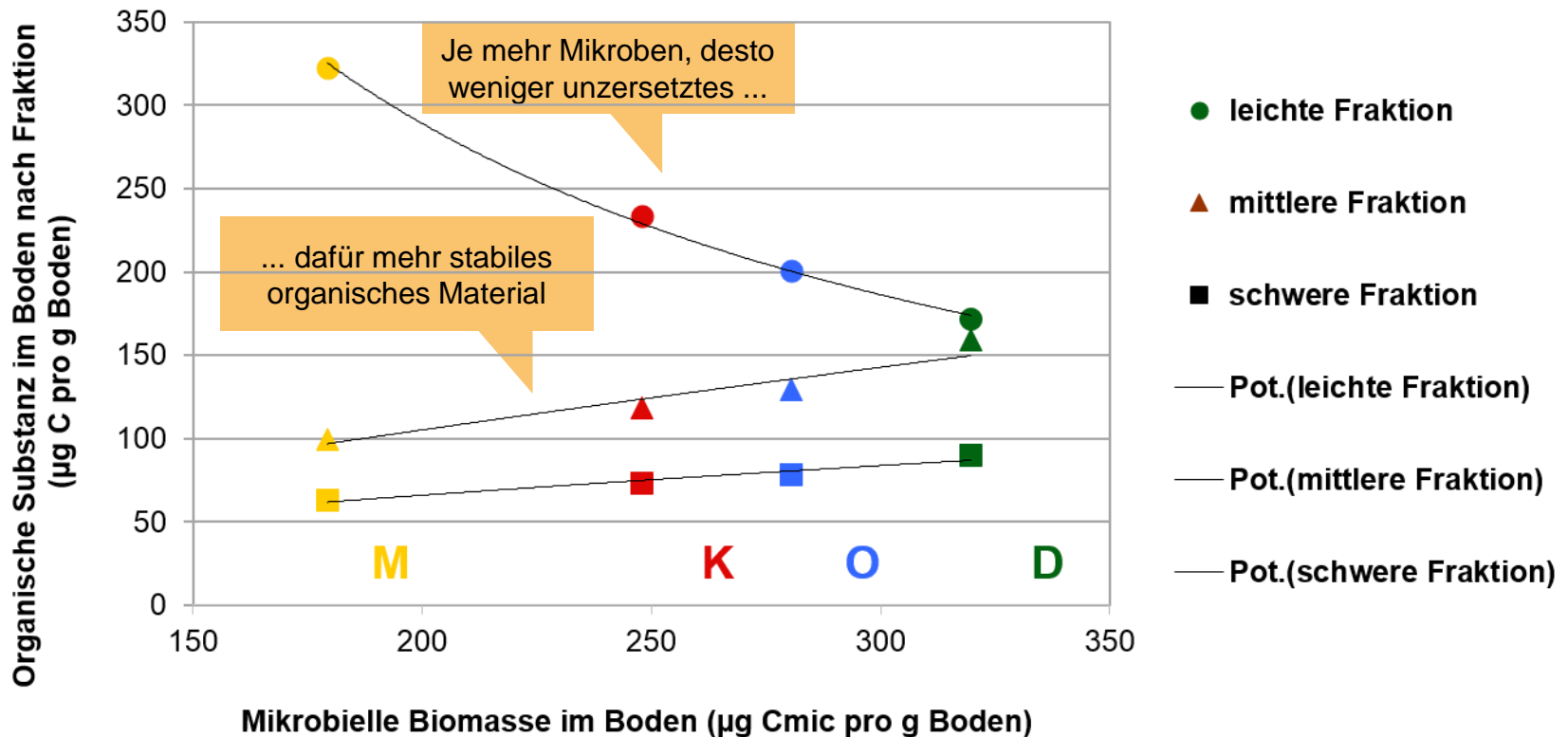
Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch: Bodenbiologie

Dichtefraktionen

Dichtefraktionen

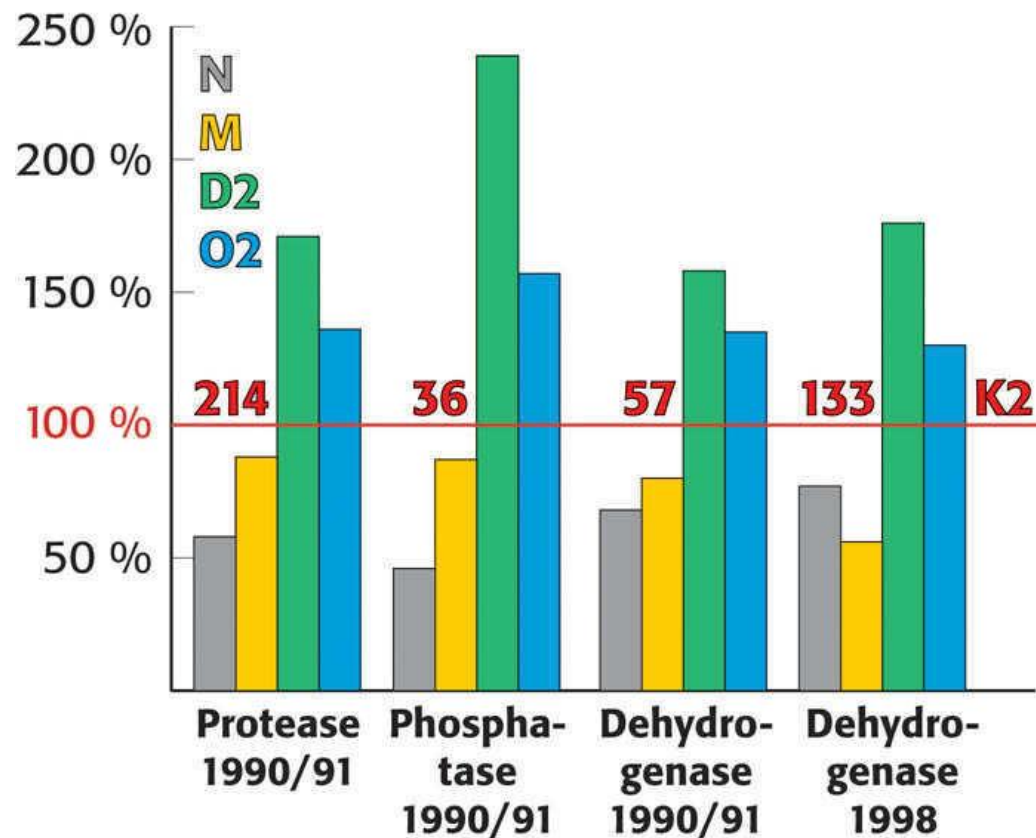
Quelle: Fließbach und Mäder, 2000, SBB



DOK-Versuch: Bodenbiologie

Bodenenzyme

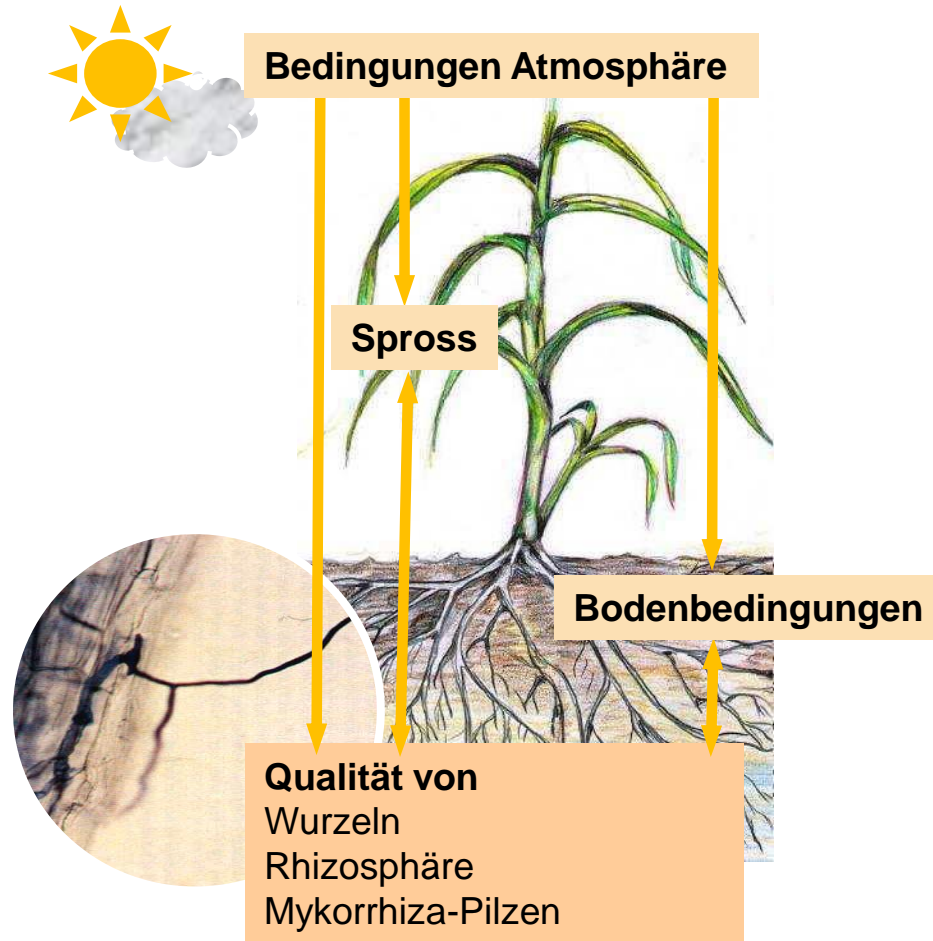
Bodenenzyme als Zeiger mikrobieller Funktionen



Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch

Bodenleben beeinflusst Pflanzeigenschaften



Bodenbedingungen bestimmen das Sprosswachstum.

Je höher die unterirdische Diversität (Bodenlebewesen, Nährstoffe) desto besser das oberirdische Wachstum.

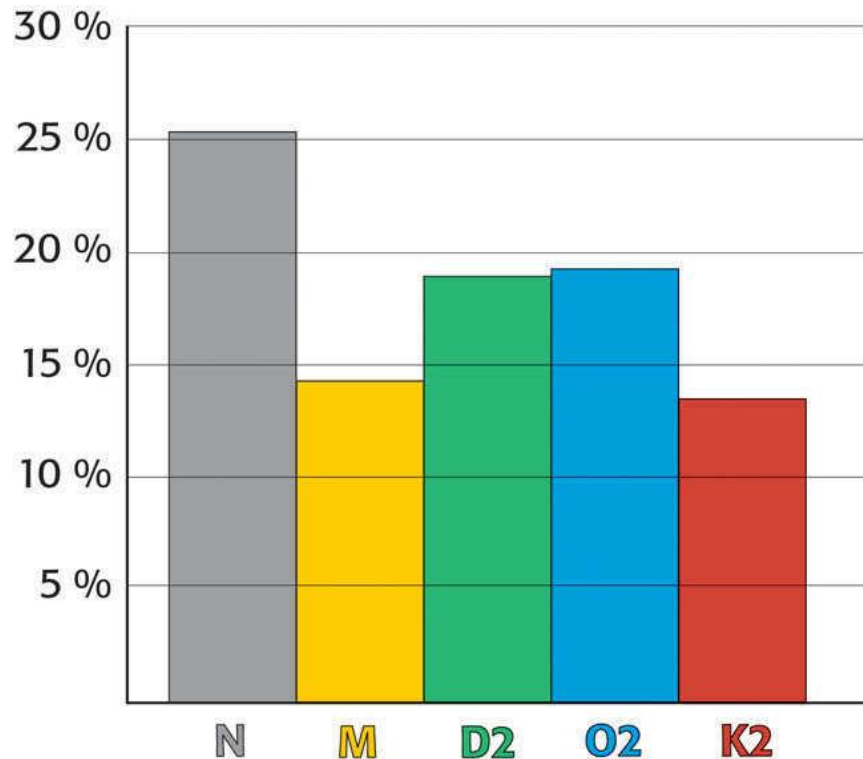
Bild: IGZ, Grossbeeren

DOK-Versuch: Bodenbiologie

Mykorrhiza-Pilze

Wurzelbesiedlung mit symbiotischen Mykorrhiza-Pilzen (1989-1993)

% mykorrhizierte Wurzellänge



Grafik zeigt Mittel aller Kulturen.

Am stärksten wurde Klee gras mykorrhiziert, gefolgt von Wickroggen.

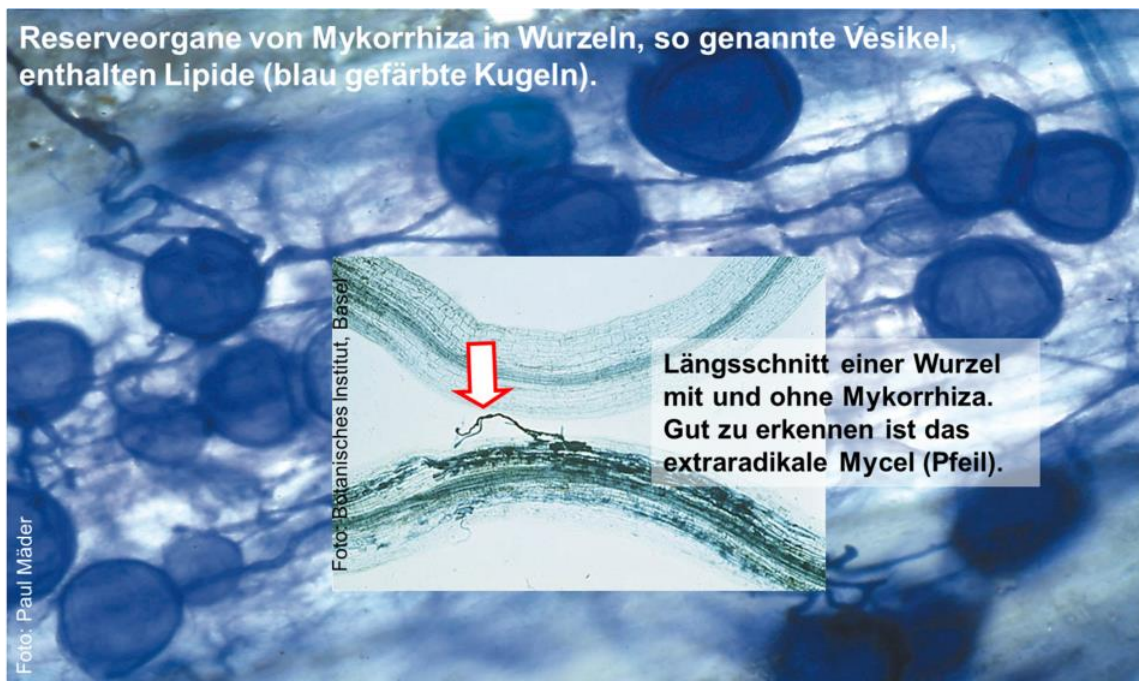
Winterweizen wurde wenig mykorrhiziert.

Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch: Bodenbiologie

Mykorrhiza-Pilze

Reserveorgane von Mykorrhiza in Wurzeln



Mykorrhizapilze erleichtern Wurzeln dank vermehrter Symbiose Erschließung von Nährstoffen aus dem Boden

Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch: Bodenbiologie

Fruchtfolge fördert Mykorrhiza-Pilze

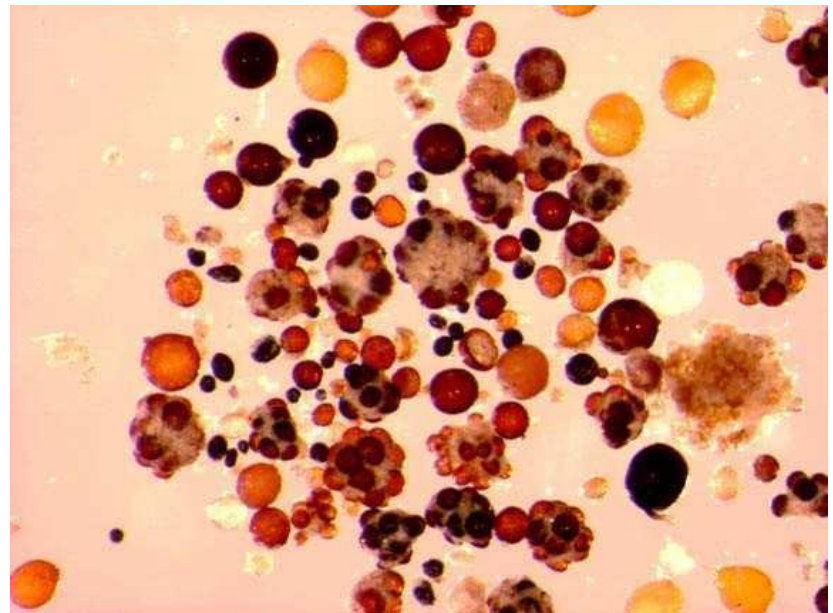
Mykorrhiza (Vielfalt an Sporentypen)

Grasland

	Standort 1	26
	Standort 2	27
	Standort 3	26

Ackerland

Fruchtfolge	DOK: BIOORG	26
	IP: CONFYM	18
Monokulturen	Standort 1	13
	Standort 2	10
	Standort 3	8

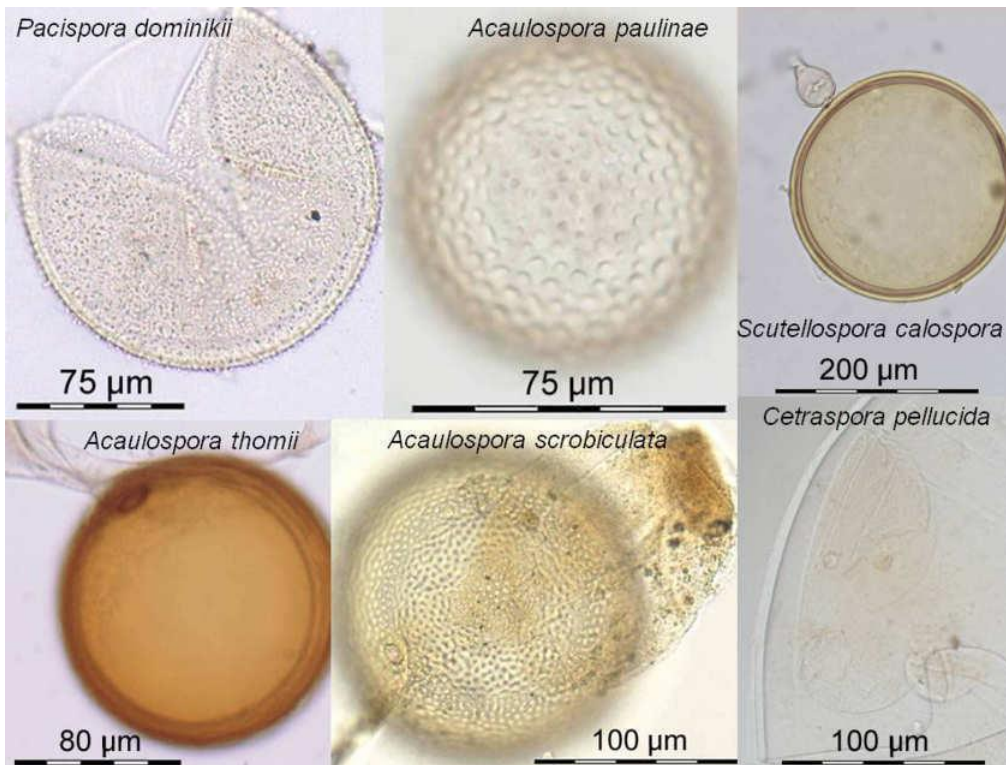


Quelle: Oehl et al., 2003, AEM, 2816. Daten: Daten: Bot. Inst. Uni Basel

DOK-Versuch: Bodenbiologie

Mykorrhiza-Pilze

Gewisse AM-Pilzarten reagieren empfindlich auf häufigen Pflugeinsatz und hohe Düngung



Beispiele von AM-Pilzarten (AMF), die besonders empfindlich auf intensive ackerbauliche Nutzung im Vergleich zu den organisch-biologischen und biologisch-dynamisch bewirtschafteten Verfahren des DOK-Versuchs reagierten

Quelle: Oehl et al, 2011; Agrarforschung Schweiz, 304-311

DOK-Versuch: Bodenbiologie

Zusammenfassung

Deutliche Unterschiede zwischen Verfahren

Positive Auswirkungen der biologischen Verfahren auf Belebtheit und Stabilität der Böden

Biokulturen erschliessen dank vermehrter Symbiose mit Mykorrhizapilzen Boden besser

Hauptwirkungen durch

- › Bewirtschaftungsintensität (Düngungsintensität 1 oder 2)
- › Organische Düngung
- › pH Regulation

DOK-Versuch: Bodenzoologie

Regenwürmer



Funktionen von Regenwürmern

- › Durchlüftung, verbesserte Wasseraufnahme und Wasserabfluss
- › Abbau von totem Pflanzenmaterial
- › Verbesserung der Verfügbarkeit von Nährstoffen für Pflanzen
- › Bindung von Kohlenstoff im Boden, etc.

Bild: L. Pfiffner, FiBL

DOK-Versuch: Bodenzoologie

Regenwürmer

Regenwurmexkreme: ein wertvolles Produkt

Regenwurmexkreme

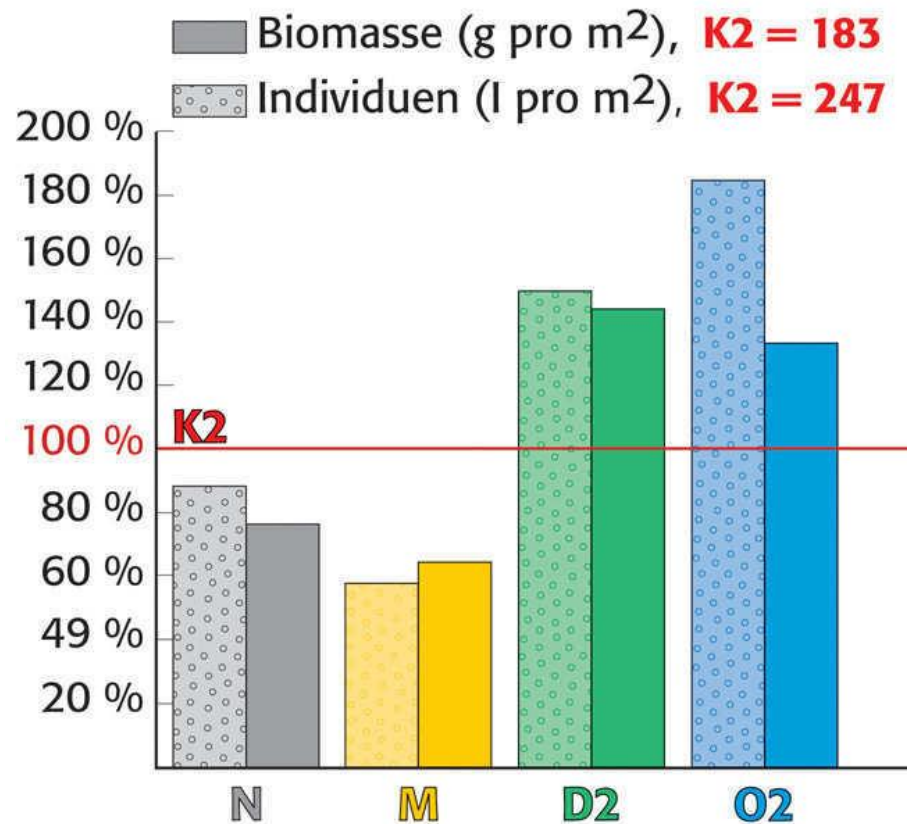
- › 40-100 Tonnen pro Hektar und Jahr im Boden und auf der Bodenoberfläche
- › Reich an Humus
- › pH-neutral
- › Angereichert mit Stickstoff (5x), Phosphor (7x) und Kalium (11x) im Vergleich zum Boden
- › Stabile Bodenaggregate
- › Durch Ton-Humus-Komplexbildung



DOK-Versuch: Bodenzoologie

Regenwürmer

Biomasse und Individuenzahl der Regenwürmer



Mittelwerte
1990, 1991 und 1992

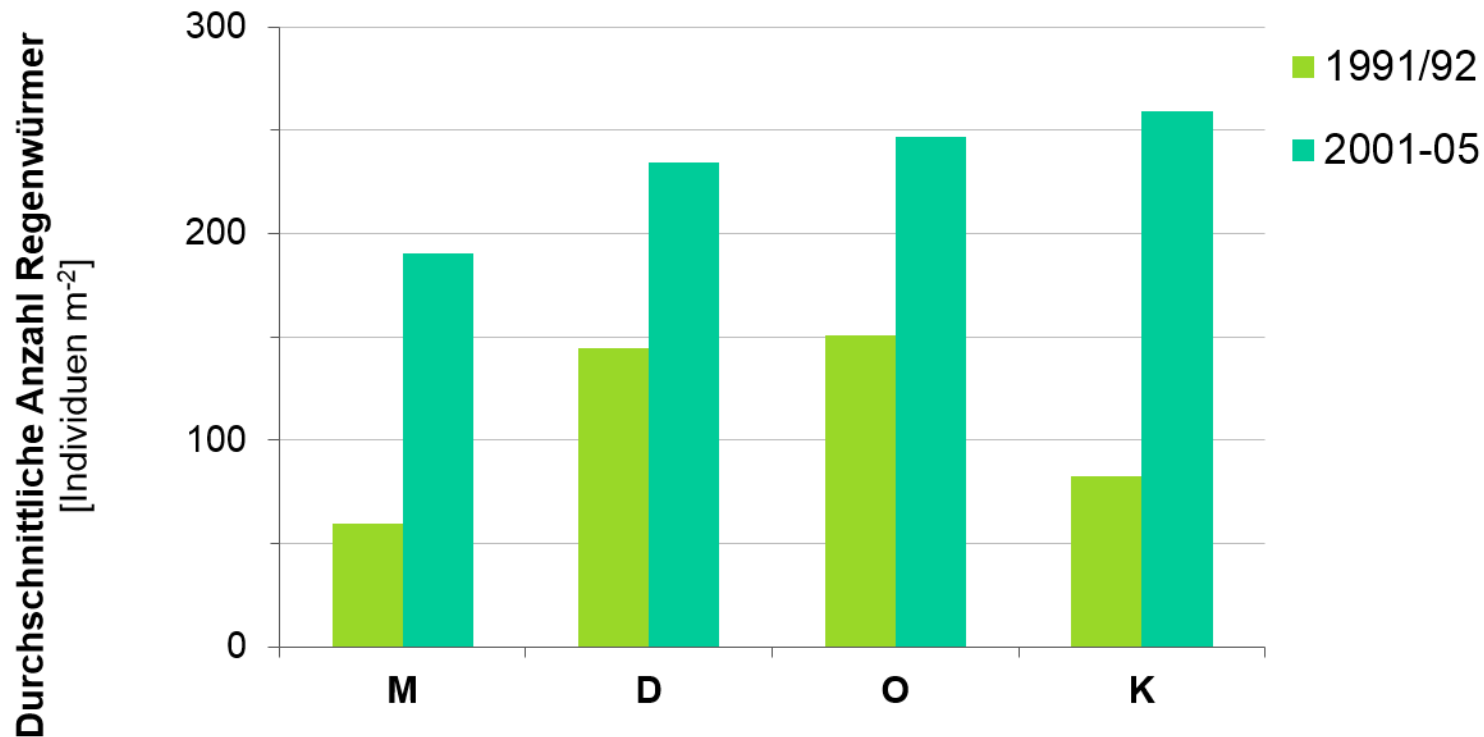
Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch: Bodenzoologie

Regenwürmer

Anzahl Regenwürmer vor und nach Umstellung der konventionellen Verfahren auf IP (ÖLN)

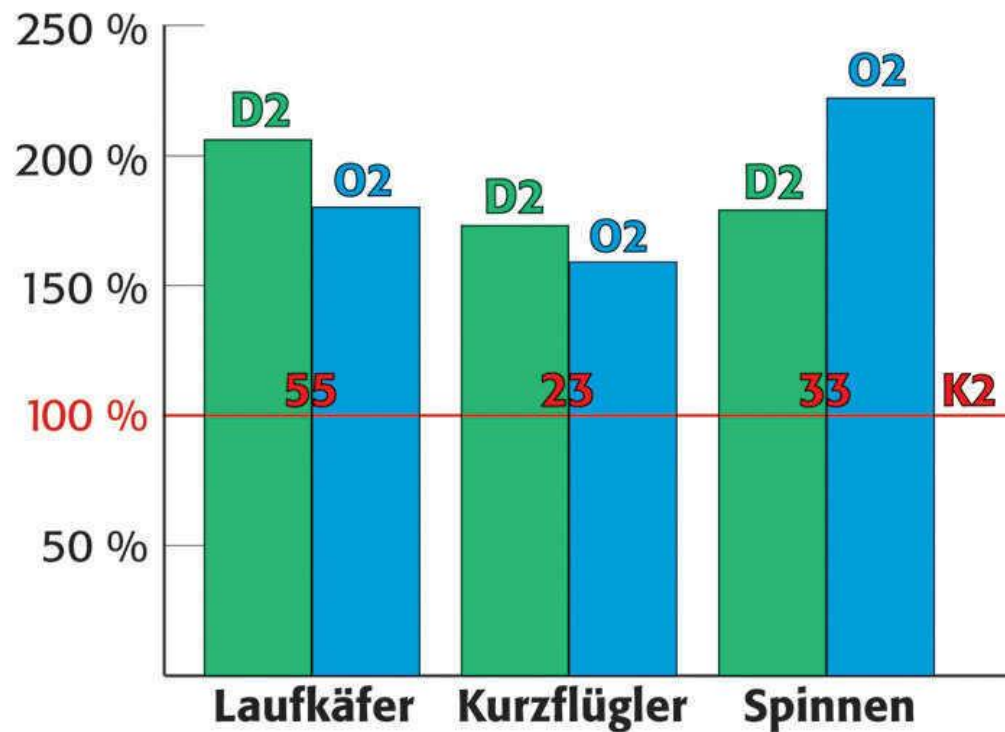
Quelle: Pfiffner, 1993 und Jossi et al., 2007



DOK-Versuch: Bodenzoologie

Regenwürmer

Häufigkeit von Laufkäfern, Kurzflüglern und Spinnen



Mittelwerte
1988, 1990 und 1991
Gefährdete Laufkäfer-
arten und mikroklima-
tisch anspruchsvolle
Arten meist nur in
Bioparzellen

Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch

Zusammenfassung Bodenzoologie

Höhere Diversität in biologischen Verfahren

- › Unkräuter und Samen
- › Laufkäfer, Spinnen und andere oberirdische Arten

Biomasse von Regenwürmern

- › Gleich bei Verfahren mit Hofdüngergaben

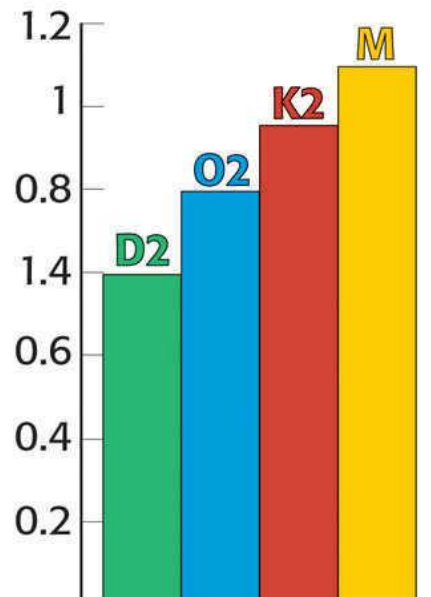
Die mikrobiellen Bodenlebewesen unterscheiden sich in den Verfahren

DOK-Versuch: Bodenbiodiversität

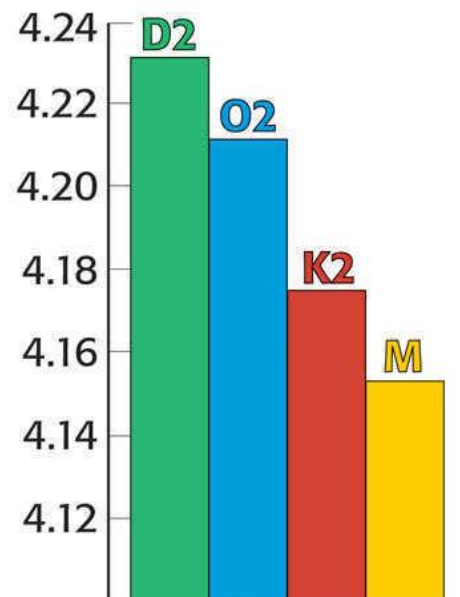
Artenvielfalt

Energienutzung und mikrobielle Diversität (1995/96)

metabolischer Quotient
($\mu\text{g CO}_2$ - pro g Cmic und h)



Shannon-Index



Mit steigender Vielfalt benötigt die Mikroorganismenpopulation weniger Energie pro Einheit Biomasse.

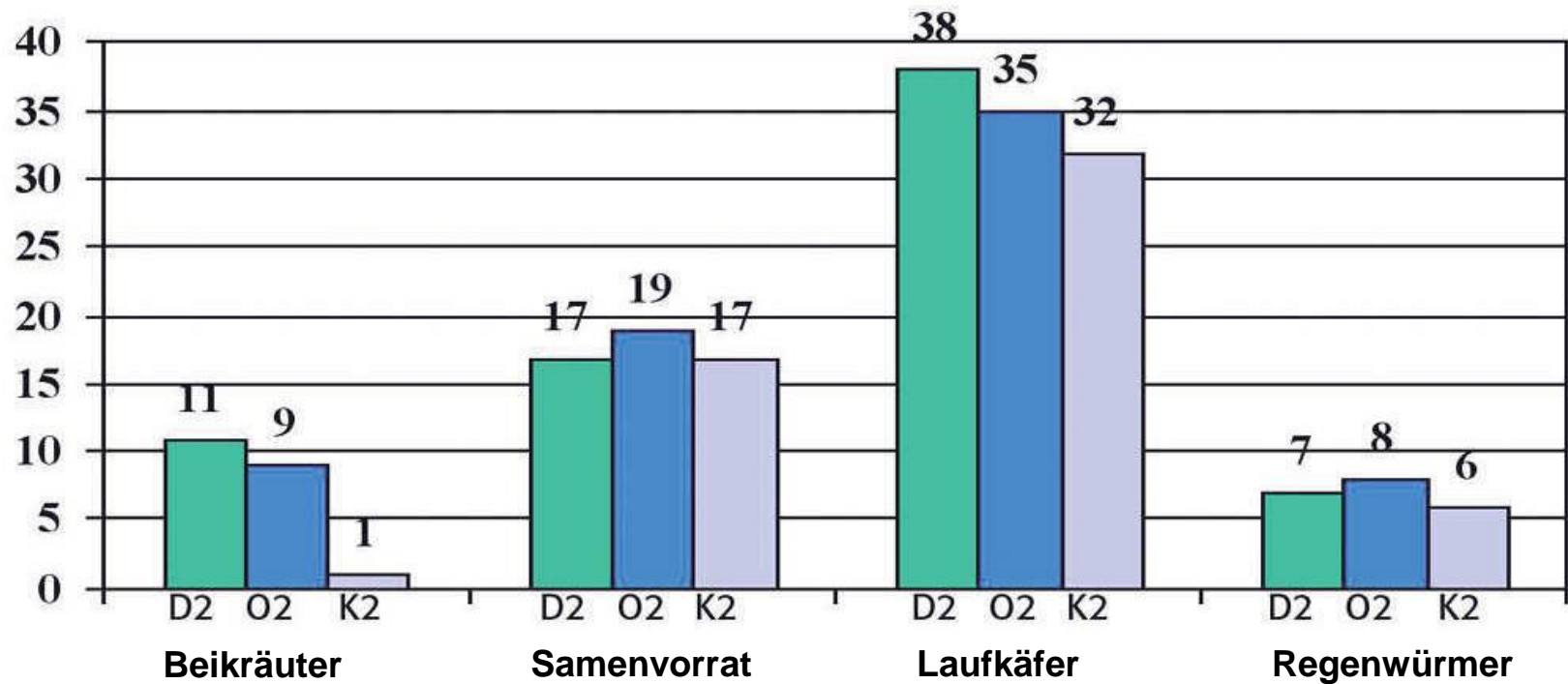
Shannon-Index gibt Mass der mikrobiellen Vielfalt an

Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch: Bodenbiodiversität

Artenvielfalt

Anzahl Arten in den Anbausystemen

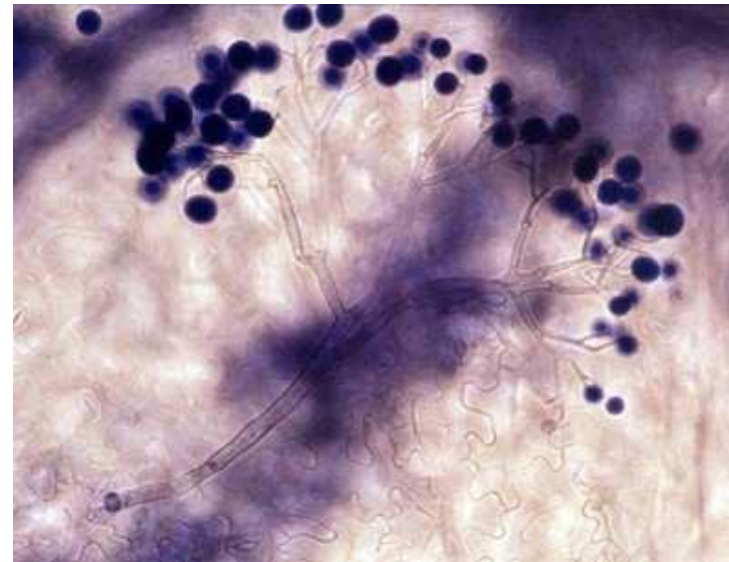
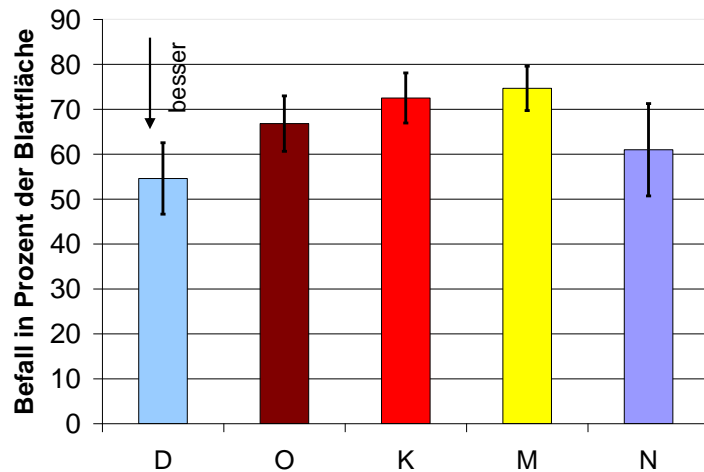


Je mehr Beikrautarten, desto bessere Lebensbedingungen für viele Laufkäferarten

DOK-Versuch: Bodenbiodiversität

Pilzkrankheit «falscher Mehltau»

Befall von Ackerschmalwand mit falschem Mehltau in einem Topf-Versuch mit DOK-Böden



Falscher Mehltau infiziert nur Pflanzen aus der Familie der Kreuzblütler.
Gemüsebau: alle Kohlsorten
Ackerbau: Raps, Senf

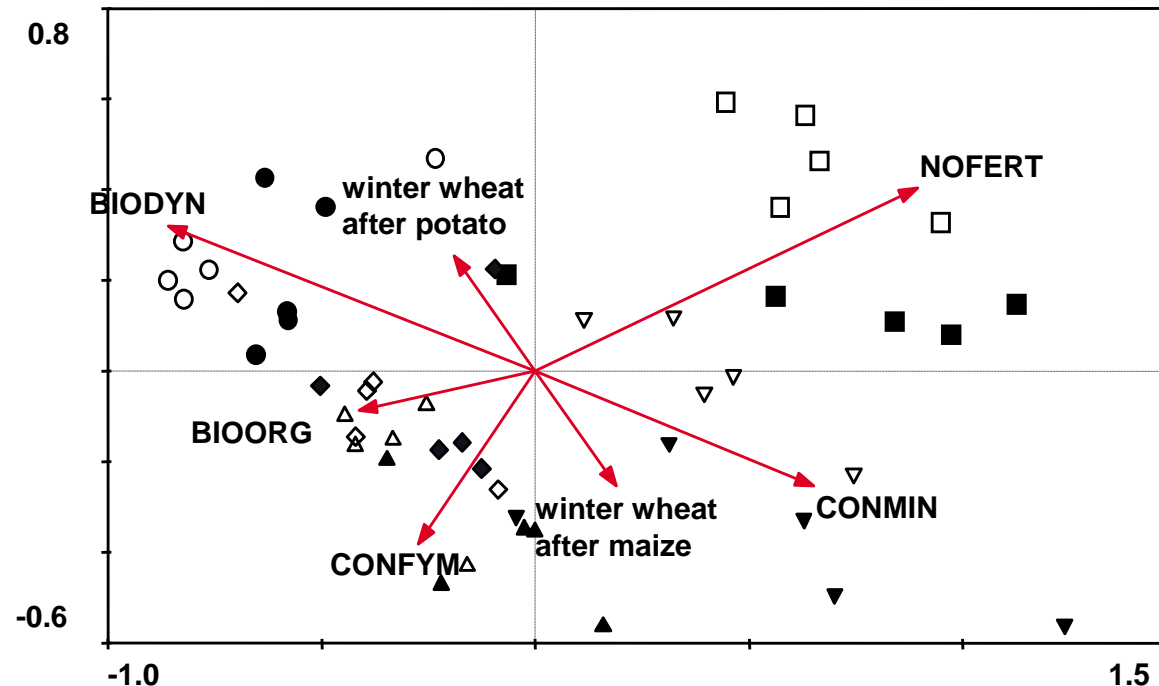


Diagramm: Diplomarbeit Felix Weber ETH, 2005 Bild 1: Mikroskopische Aufnahme eines Sporangium von *Hyaloperonospora parasitica*
Emmanuel Boutet Bild 2: Ackerschmalwand, standard

DOK-Versuch: Bodenbiodiversität

Artenvielfalt

Molekulargenetische T-RFLP Profile



Molekulargenetische T-RFLP Profile unterscheiden organische und nicht organisch gedüngte Böden, sowie auch Vorfrüchte

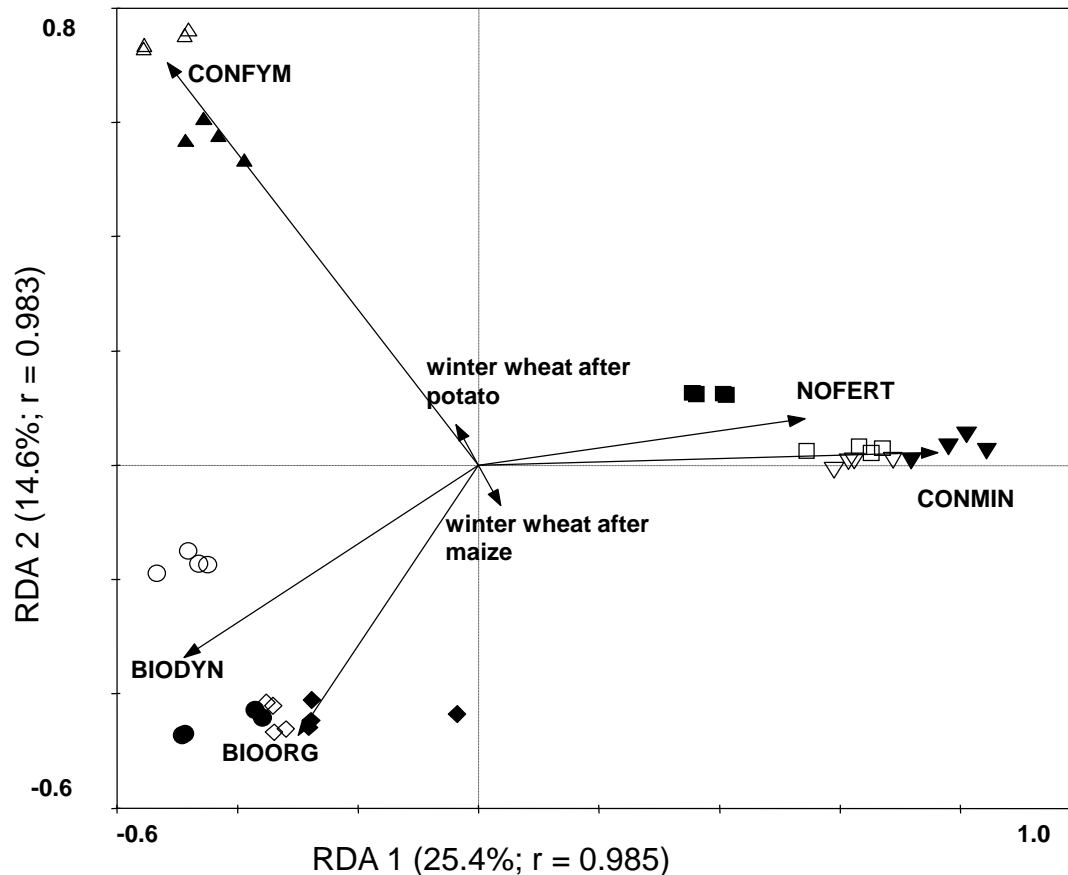
Constrained ordination of T-RFLP profiles in soils under winter wheat after potatoes (empty symbols) and after maize (filled symbols) in the DOK farming systems (□, ■ : NOFERT; ▽, ▼ : CONMIN; ○, ● : BIODYN; ◇, ◆ : BIOORG; △, ▲ : CONFYM)

Quelle: Hartmann et al, 2006, FEMS ME

DOK-Versuch: Bodenbiodiversität

Artenvielfalt

Phospholipidfettsäuren



Phospholipidfettsäuren sind Markermoleküle der Zellmembran von Organismen.

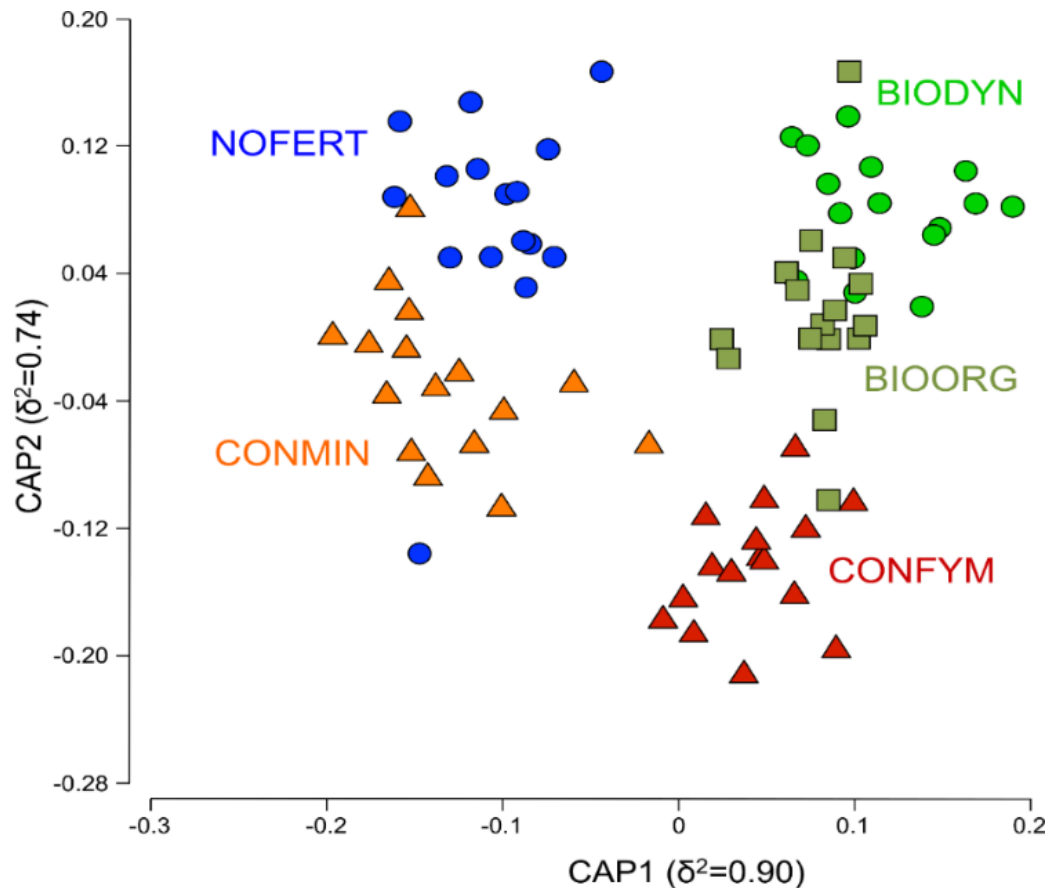
Sie differenzieren zwischen organisch und nicht organisch gedüngten Verfahren aber auch zwischen CONFYM und BIODY, BIOORG

Quelle: Esperschütz et al., 2007 FEMS ME

DOK-Versuch: Bodenbiodiversität

Artenvielfalt

Differenzierung der Mikrofloren



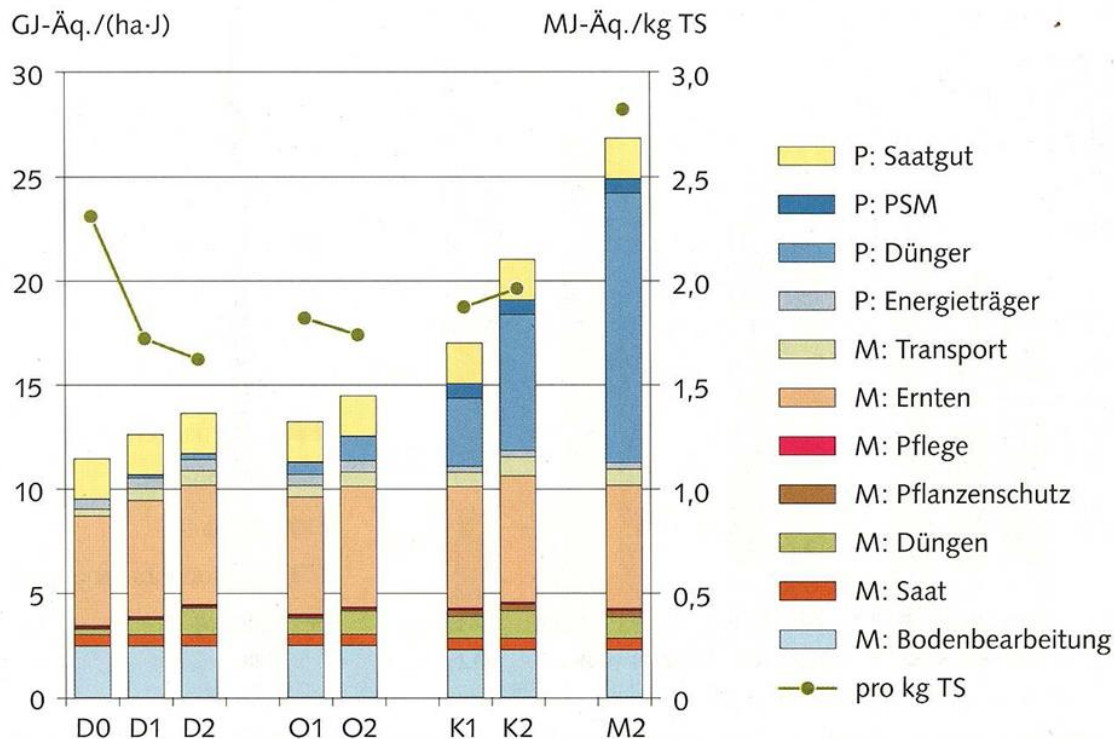
Differenzierung der Mikrofloren mit neuesten high-throughput Verfahren: Jede Bewirtschaftung erzeugt ihre eigene typische Mikroflora

Quelle: Hartmann *et al.*, ISMEJ, 2014

DOK-Versuch: Ökobilanz, Klimawirksamkeit

Energieverbrauch

Energieverbrauch pro Hektar und pro Trockenmasseeinheit



Quelle: Nemecek et al., 2005

DOK-Versuch: Ökobilanz, Klimawirksamkeit

Energieverbrauch

Energieverbrauch und Klimaerwärmungspotential

Field trial	System	Energy use		Global warming potential	
		GJ ha ⁻¹ yr ⁻¹	MJ kg ⁻¹ yield d.m.	kg CO ₂ -eq ha ⁻¹ yr ⁻¹	kg CO ₂ -eq kg ⁻¹ yield d.m.
DOK trial (1985-1998) (Nemecek et al., 2005)	<i>BIODYN</i>	13.6 (65 %)	1.6 (80 %)	2804 (63 %)	0.35 (81 %)
	<i>BIOORG</i>	14.5 (69 %)	1.8 (90 %)	2920 (65 %)	0.36 (84 %)
	<i>CONFYM</i>	21.0 (100 %)	2.0 (100 %)	4474 (100 %)	0.43 (100 %)
	<i>CONMIN</i>	26.9 (128 %)	2.8 (140 %)	4121 (92 %)	0.44 (102 %)

Quelle: Nemecek et al., 2005, Ökobilanzierung, Zürich, 156 p.

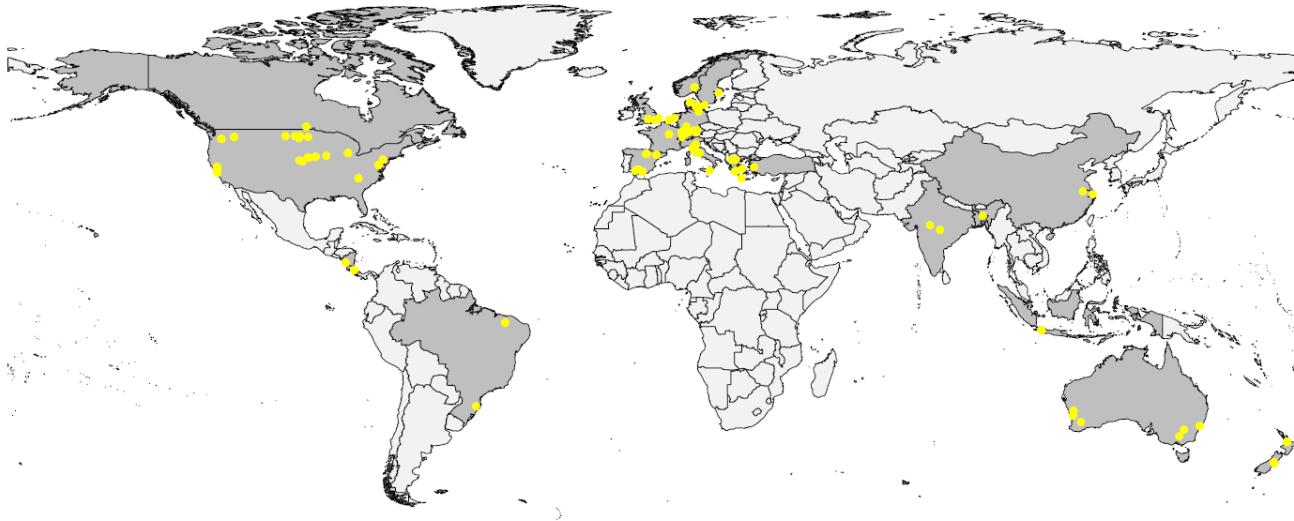
DOK-Versuch: Ökobilanz, Klimawirksamkeit

Bodenkohlenstoff (Metaanalyse) 1

Kohlenstoff in biologischen Landbausystemen

Geografische Verteilung der Orte

74 Studien mit über 211 Vergleichen



Quelle: Gattinger et al., PNAS, 2012

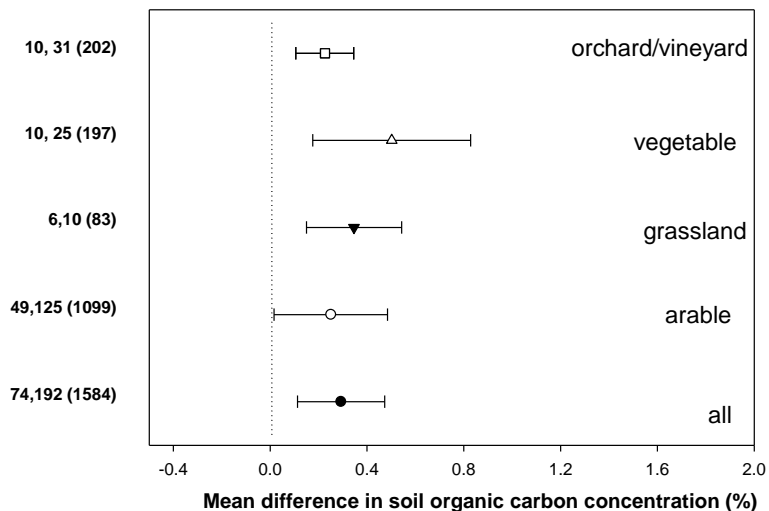
DOK-Versuch: Ökobilanz, Klimawirksamkeit

Bodenkohlenstoff (Metaanalyse) 2

Bodenkohlenstoff in biologischen und konventionellen Anbausystemen weltweit

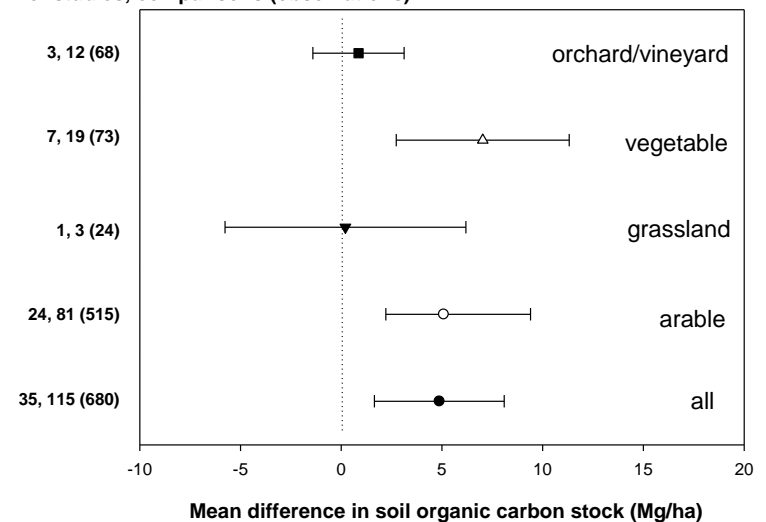
Carbon content (C_{org} , %)

Nr. of studies, comparisons (data points per treatment)



C-stock (t C_{org} /ha)

Nr. of studies, comparisons (observations)



Quelle: Gattinger et al. PNAS (2012)

DOK-Versuch: Ökobilanz, Klimawirksamkeit

Methan und Lachgas Emissionsraten

		CH ₄ fluxes per acreage (kg CH ₄ -C ha ⁻¹ a ⁻¹)				GWP CH ₄ fluxes per acreage (kg CO ₂ -eq. ha ⁻¹ a ⁻¹)			
land-use		Mean	SD	studies	treatments	Mean	SD	studies	treatments
arable	org	-0.61	0.13	3	3	-20.2	4.2	3	3
	non-org	-0.54	0.11		8	-18.0	3.6		8
rice-paddies	org	180.68	27.29	1	3	6023	910	1	3
	non-org	145.70	7.23		3	4857	241		3

		N ₂ O fluxes per acreage (kg N ₂ O-N ha ⁻¹ a ⁻¹)				GWP ^c N ₂ O fluxes per acreage (kg CO ₂ -eq. ha ⁻¹ a ⁻¹)			
land-use		Mean	SD	studies	treatments	Mean	SD	studies	treatments
all (annual) *	org	2.71	1.02	12	44	1270	476	12	44
	non-org	3.14	1.15		58	1437	536		58
arable	org	2.58	1.00	11	41	1209	470	11	41
	non-org	2.97	1.00		55	1392	468		55
grassland	org	3.22	0.85	2	3	1507	398	2	3
	non-org	5.64	2.52		3	2643	1118		3
rice-paddies	org	0.89	0.16	1	3	418	76	1	3
	non-org	2.28	0.30		3	1088	142		3

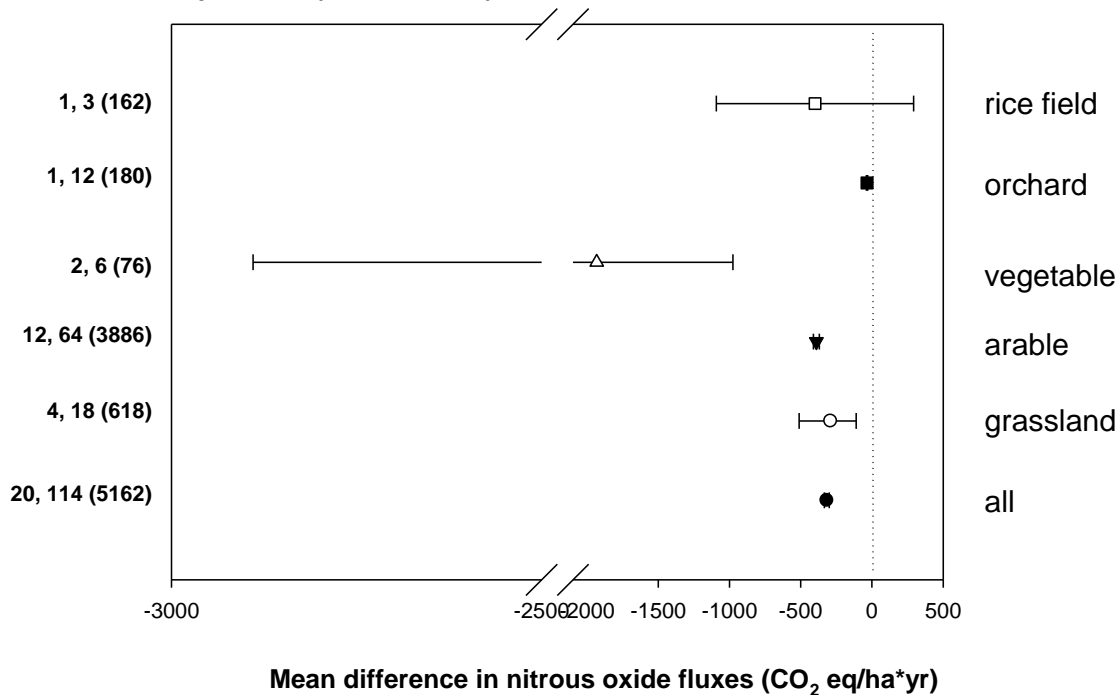
Quelle: Skinner *et al.*, STOTEN, 2014

DOK-Versuch: Ökobilanz, Klimawirksamkeit

Lachgasemissionen

Lachgasemissionen aus biologisch und nicht-biologisch bebauten Böden

Nr. of studies, comparisons (observations)



317 kg CO₂eq ha⁻¹ yr⁻¹ (≈ 0.34 kg N₂O-N ha⁻¹ yr⁻¹)
 weniger Emissionen in organisch bebauten Böden (20 Studien/114 Vergleiche/5162 Datenpunkte; keine Daten aus der Schweiz verfügbar)

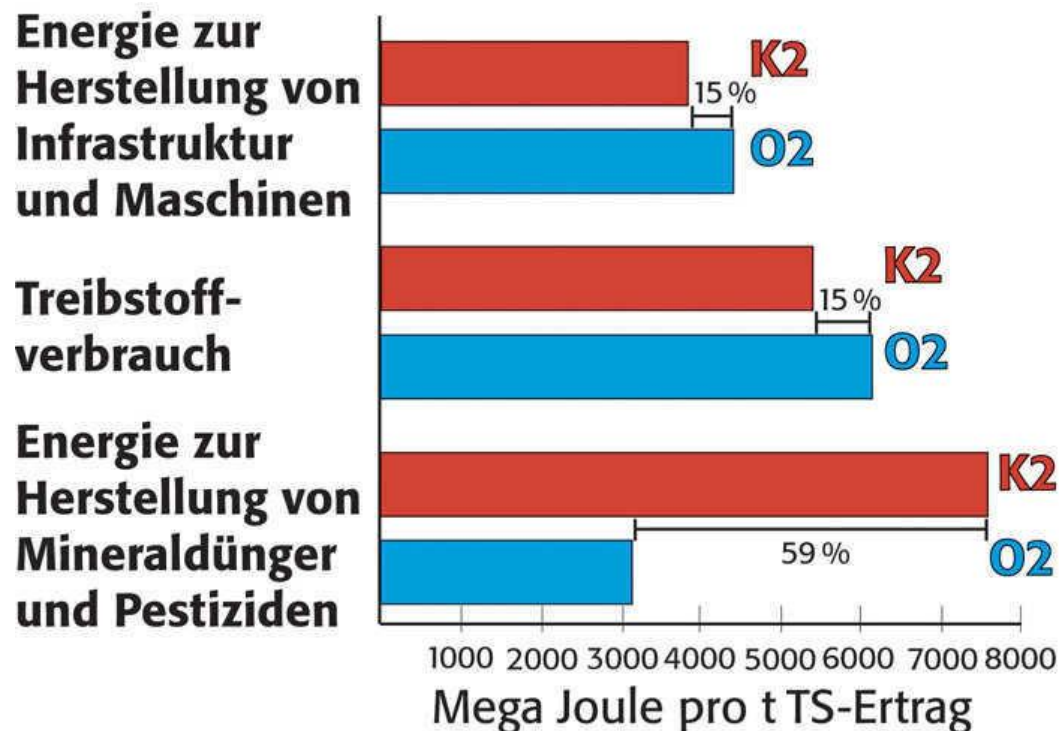
Je negativer die Werte, desto weniger Emissionen aus dem organischen System. Horizontale Balken zeigen das 95% Konfidenzintervall. Signifikanz ist gegeben, wenn Fehlerbalken die 0-Linie nicht berühren.

Quelle: Skinner, Gattinger et al. 2011

DOK-Versuch: Ökobilanz, Klimawirksamkeit

Energie

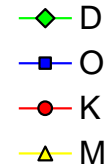
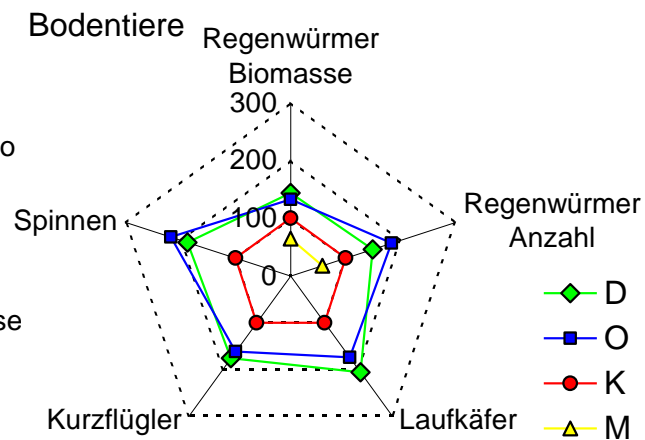
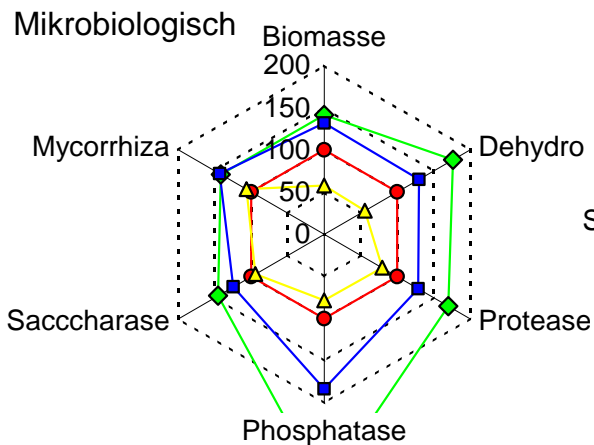
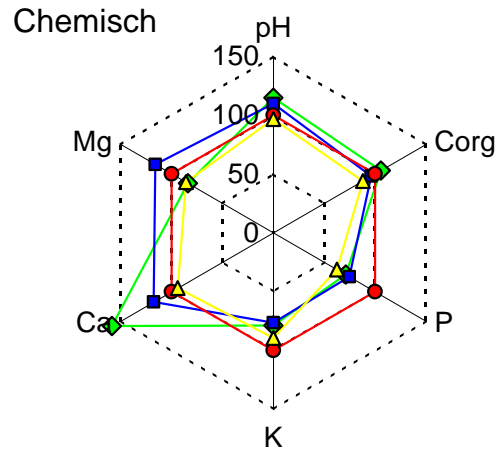
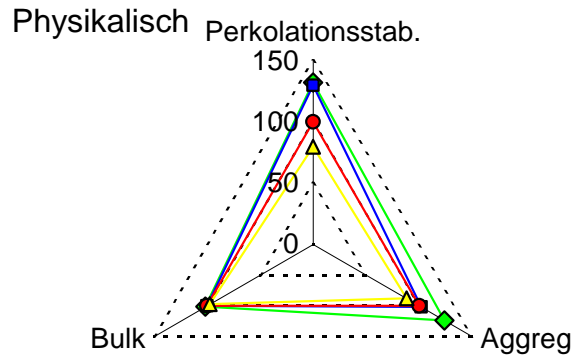
Direkte und indirekte Energiekomponenten



Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

DOK-Versuch

Übersicht Bodeneigenschaften



Quelle: Mäder et al.,
2002: Science 296

Hintergrund DOK

Impressum, Bezug und Nutzungsrechte

Herausgeber und Vertrieb

Forschungsinstitut für biologischen Landbau
(FiBL), Ackerstrasse 113, Postfach 219,
CH-5070 Frick
Tel. +41 (0)62 865 72 72
info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Bio Suisse

Peter Merian-Strasse 34
CH-4052 Basel
Tel. +41 (0)61 204 66 66
bio@bio-suisse.ch, www.bio-suisse.ch

Mitarbeit und Durchsicht:

Urs Guyer (Bio Suisse), Robert Obrist, Pascal Olivier (Bio Suisse)

Redaktion: Andreas Fliessbach, Kathrin Huber,
Paul Mäder

Gestaltung: Daniel Gorba

Fotos: Fotos und Grafiken FiBL,
wo nicht anders erwähnt.

Bezug und kostenloser Download:

www.shop.fibl.org
(Foliensammlung Biolandbau)

Haftung

Die Inhalte der Foliensammlung wurden nach bestem Wissen und Gewissen erstellt und mit grösstmöglicher Sorgfalt überprüft. Dennoch sind Fehler nicht völlig auszuschliessen. Für etwa vorhandene Unrichtigkeiten übernehmen wir keinerlei Verantwortung und Haftung.

Nutzungsrechte

Die Foliensammlung dient Unterrichts- oder Schulungszwecken. Einzelne Inhalte dürfen unter Angabe von Bild- und Textquellen verbreitet und verändert werden. Urheberrechtshinweise jeglicher Art, die in heruntergeladenen Inhalten enthalten sind, müssen beibehalten und wiedergegeben werden. Die Herausgeber übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Links.

2. Auflage 2016

1. Auflage 2004, Redaktion Res Schmutz

Die Foliensammlung wurde mitfinanziert durch Coop, mit einer Spende aus Anlass von 20 Jahre Coop Naturaplan.