

# 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**

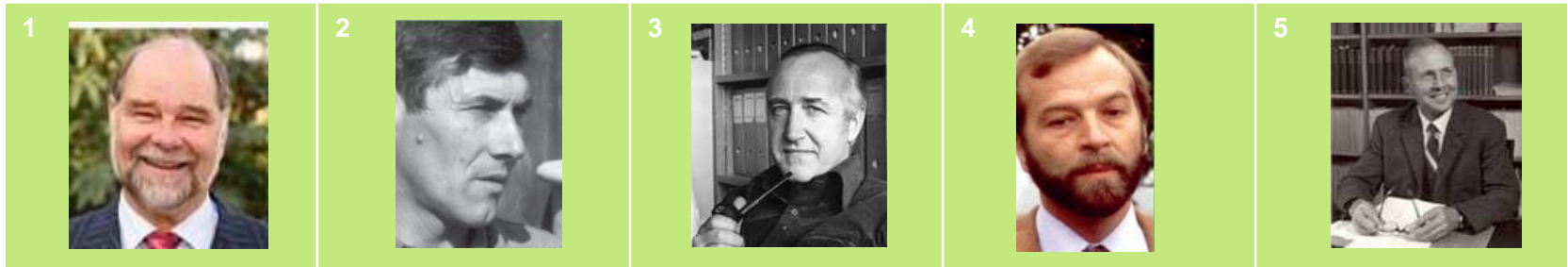
- › seit 1978
- › praxisnahes Versuchsdesign am selben Standort
- › biologisch-dynamisch (D), organisch-biologisch (O), konventionell (K)
- › konventionelles, rein mineralisches Verfahren (M)
- › ungedüngte Variante (N)
- › Ackerkulturen wie Weizen, Kartoffeln, Mais, Soja oder Klee gras

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*<sup>1</sup>, *Fritz Baumgartner*<sup>2</sup>)
- › Forscher der ETH (*Philippe Matile*<sup>3</sup>) und FAC (*Jean Marc Besson*<sup>4</sup>)
- › Verhandlungen im Nationalrat (*Heinrich Schalcher*<sup>5</sup>)

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

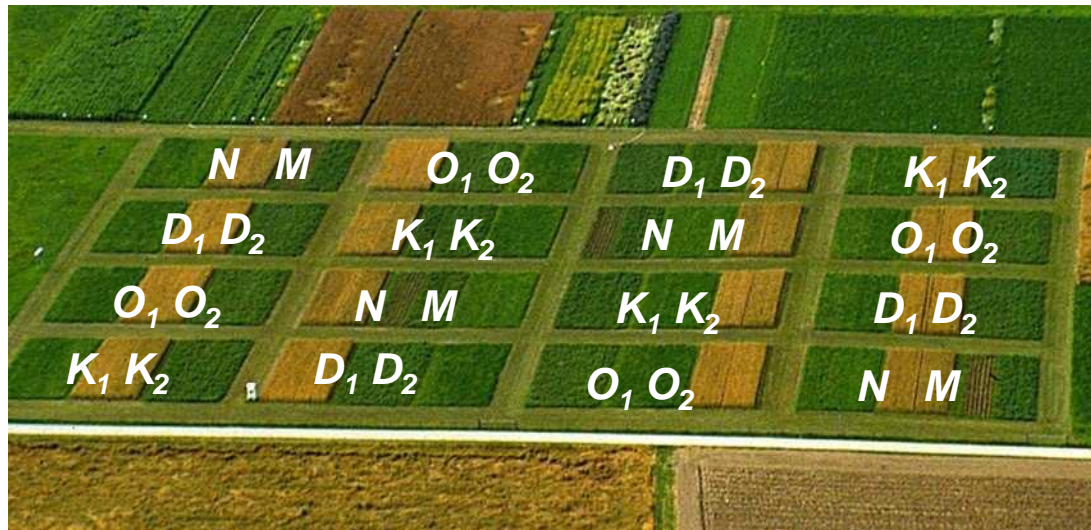
### randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen

- › 96 Parzellen von je 100m<sup>2</sup> (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 100m<sup>2</sup>



### Fruchtfolge

Mais

Soja (Gründüngung)

Winterweizen (Gründüngung)

Kartoffeln

Winterweizen

Kunstwiese

Kunstwiese

D<sub>1,2</sub>: bio-dynamisch

O<sub>1,2</sub>: bio-organisch

K<sub>1,2</sub>: 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
<b>Düngung</b>								
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
<b>Pflanzenschutz</b>								
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

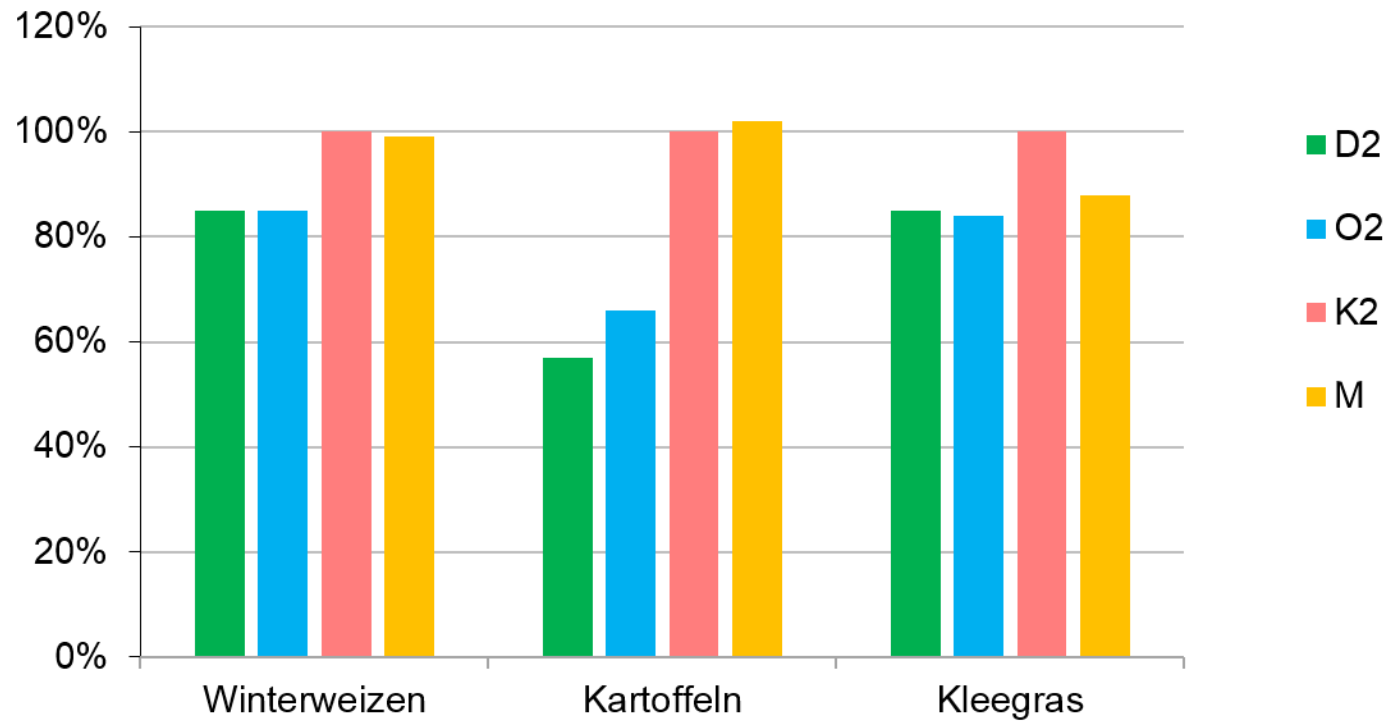


# DOK-Versuch: Erträge

## Überblick

### Relativer Ertrag 1978-1998 (K = 100%)

Quelle: Jossi et al., 2009



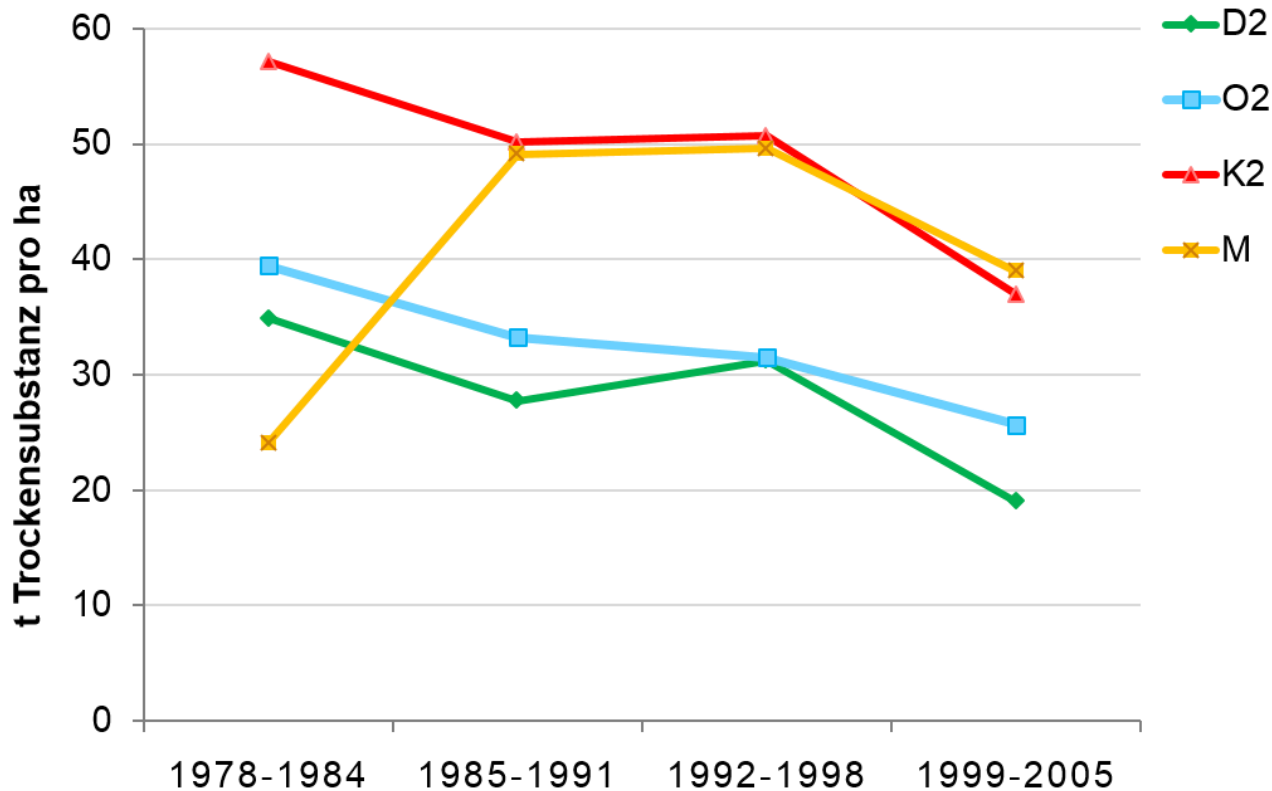


# DOK-Versuch: Erträge

## 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

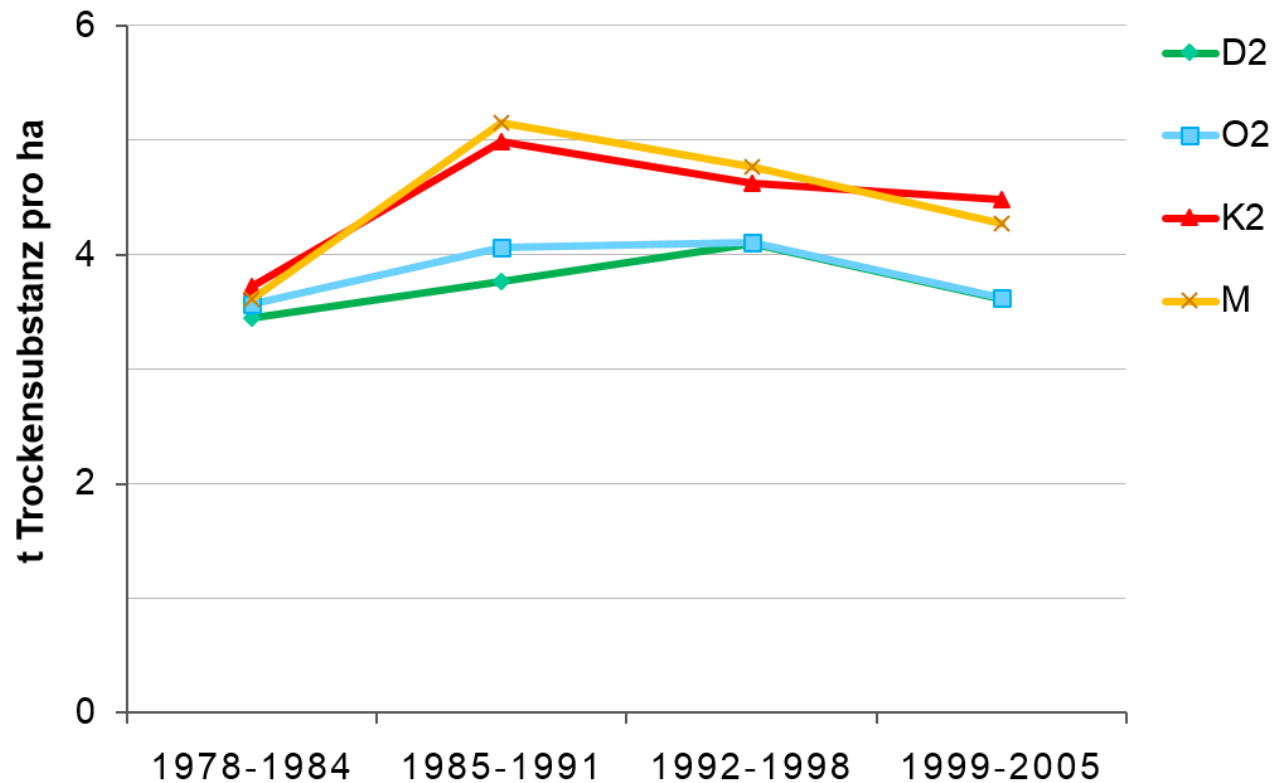
Seit 1998 Abnahme

# DOK-Versuch: Erträge

## Winterweizen

### DOK: Erträge Winterweizen 1978-2005

Quelle: FiBL



Weizen stabil

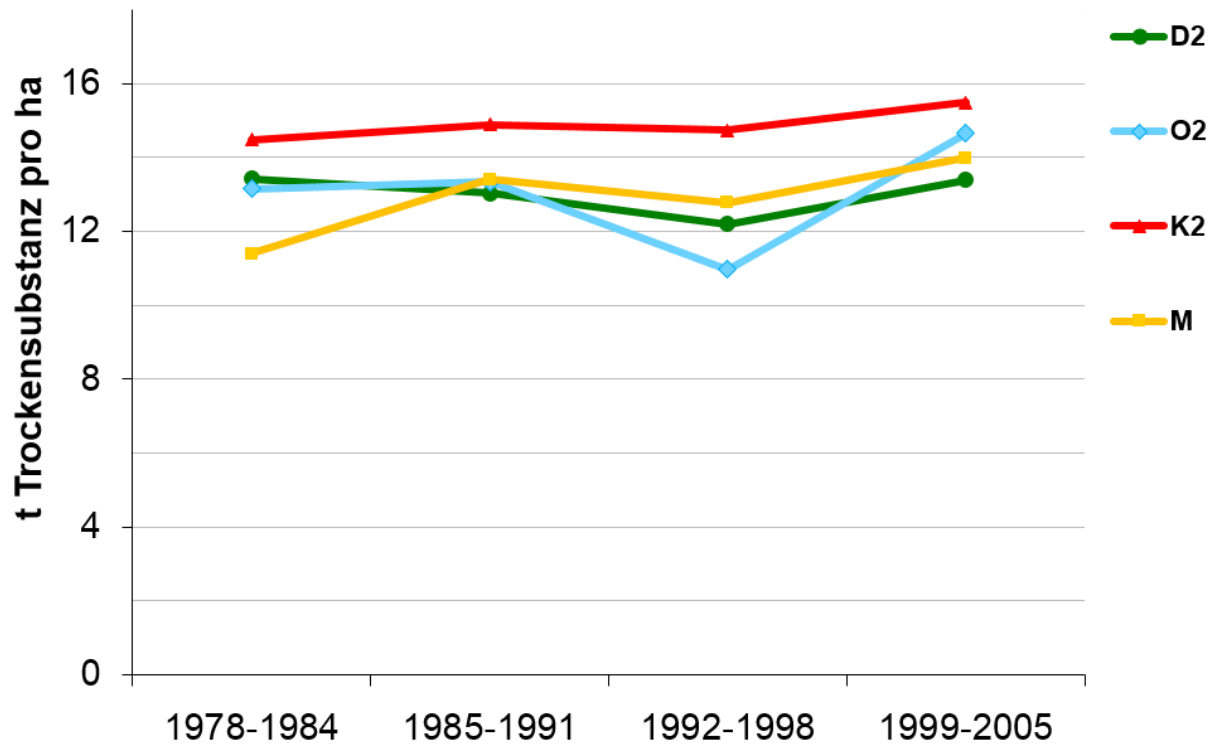
Bio im  
Durchschnitt  
22% weniger  
Ertrag

# DOK-Versuch: Erträge

## Kleegras

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

Quelle: FiBL

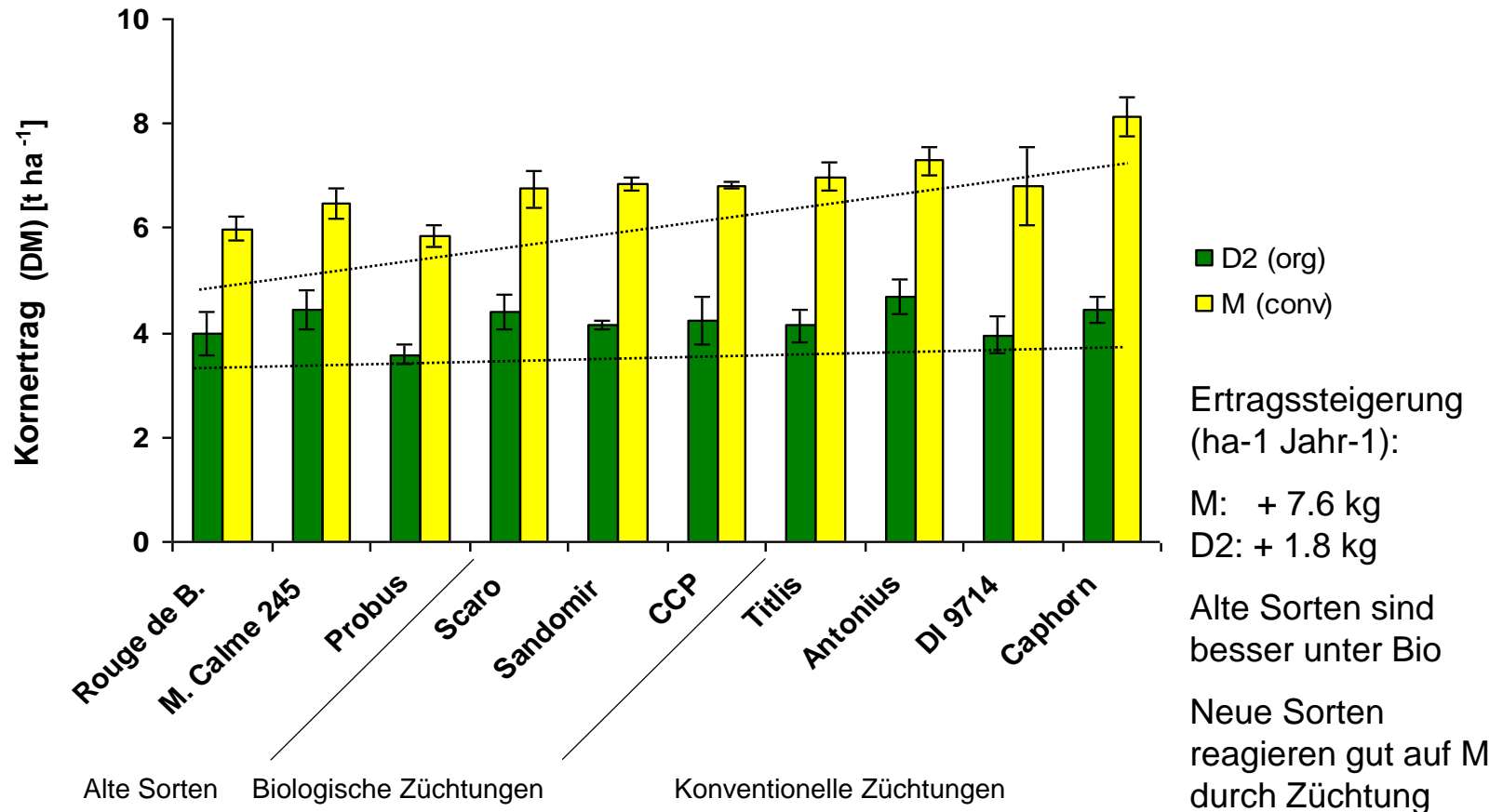


Relativ stabile  
Erträge

Über alle  
Verfahren  
kaum  
Unterschiede

# DOK-Versuch: Erträge

## Weizenerträge unterschiedlicher Sorten

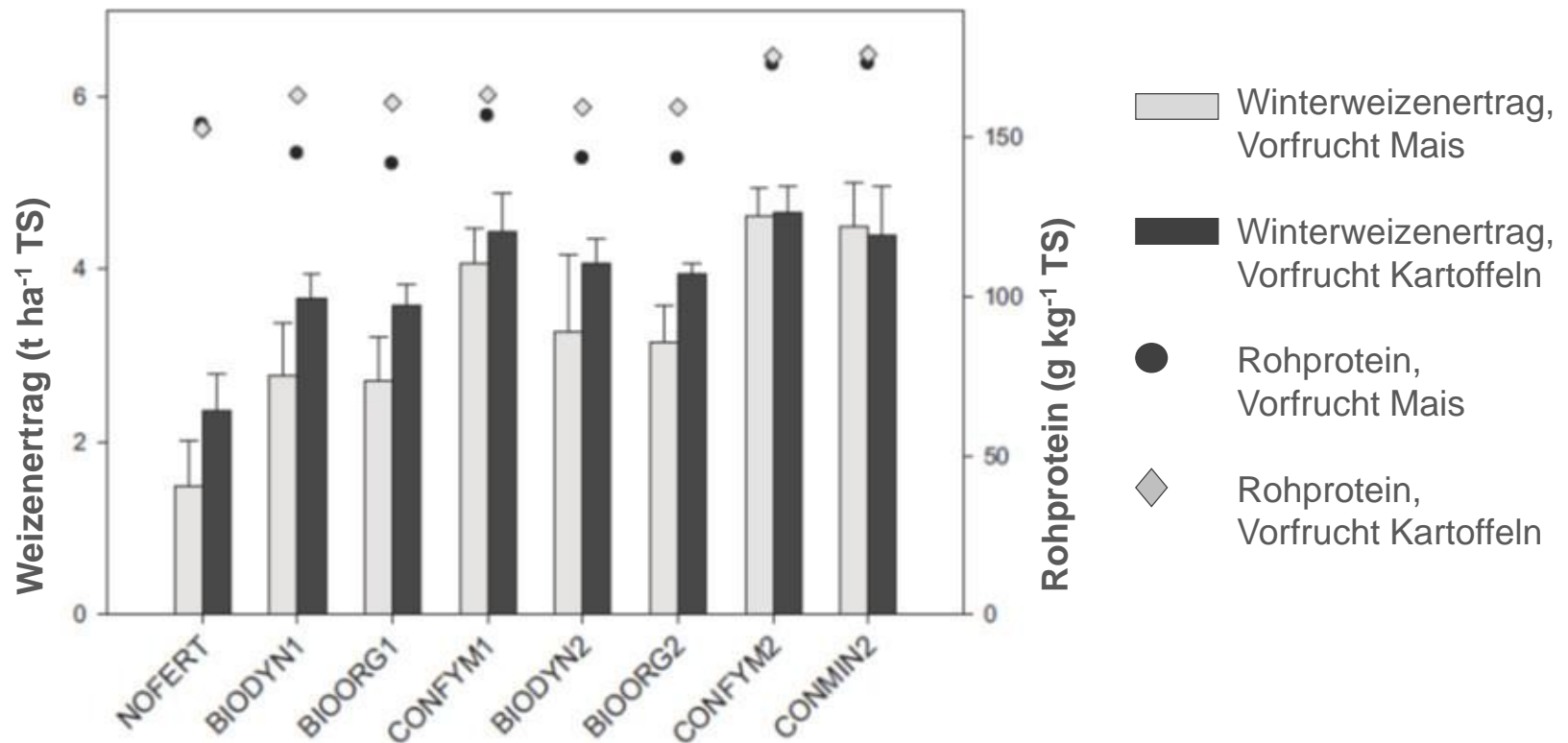


Quelle: Hildermann et al., 2009

# DOK-Versuch: Erträge

## Wirkungen unterschiedlicher Vorfrüchte

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

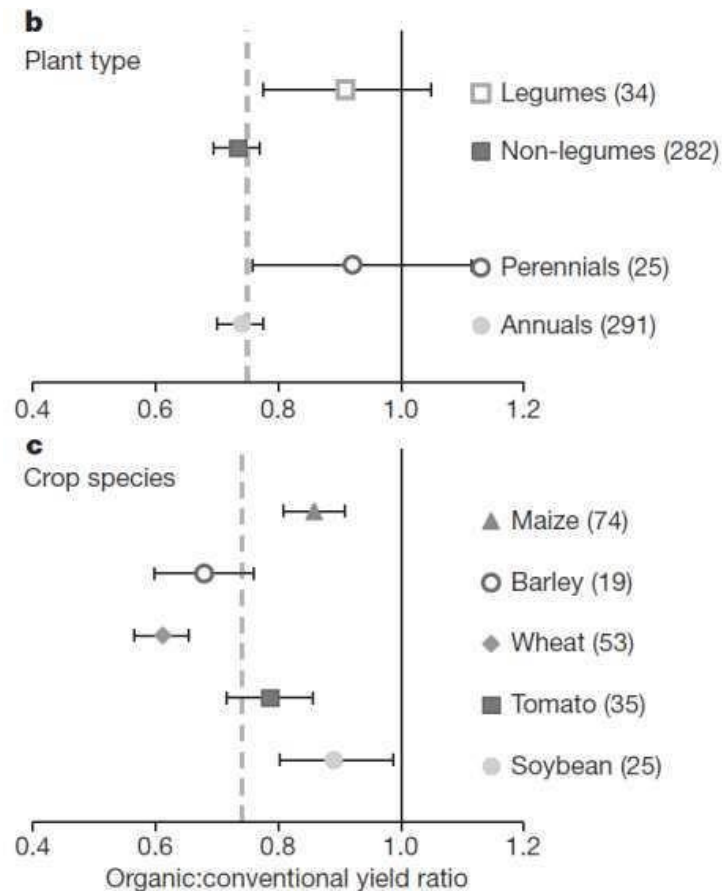


Quelle: Mayer et al. EJA, 2015

# 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.

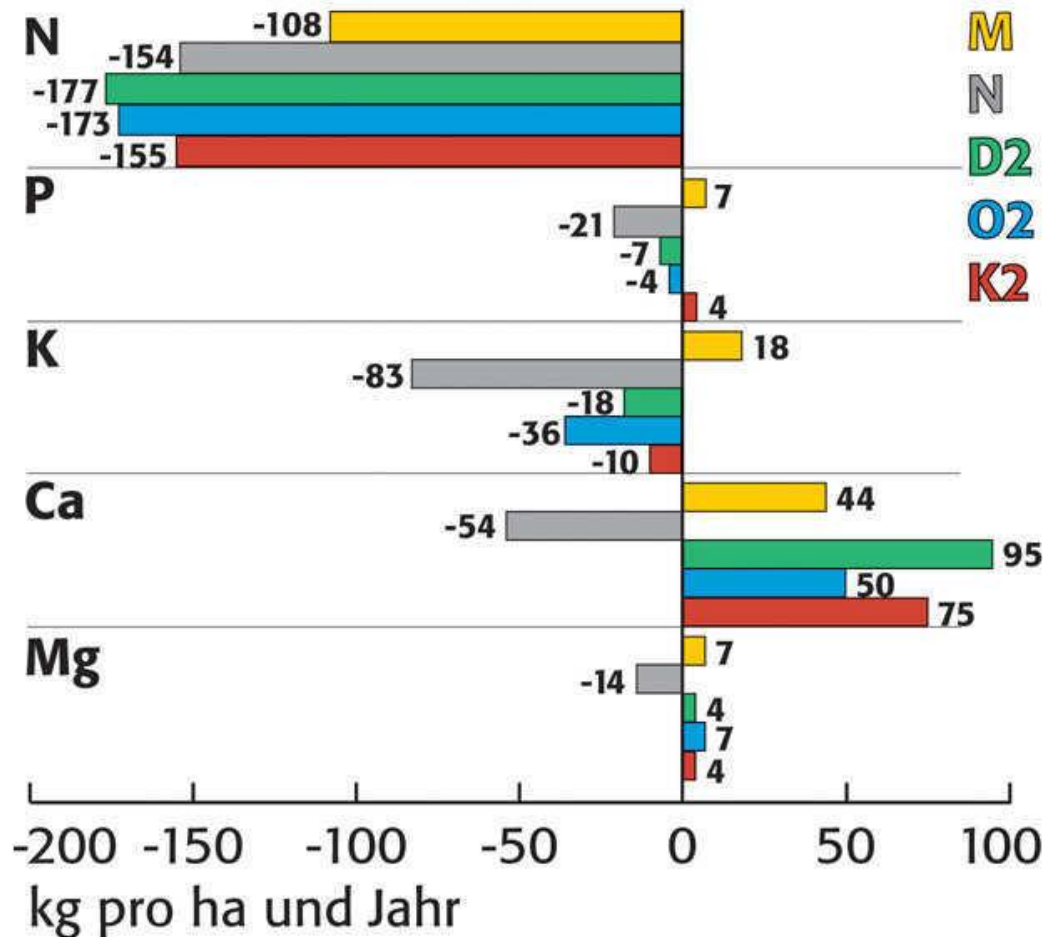
- › Mais nach Klee gras: Bio 9% tiefer als Konventionell  
Mais nach Soja: Bio 13% tiefer als Konventionell.

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

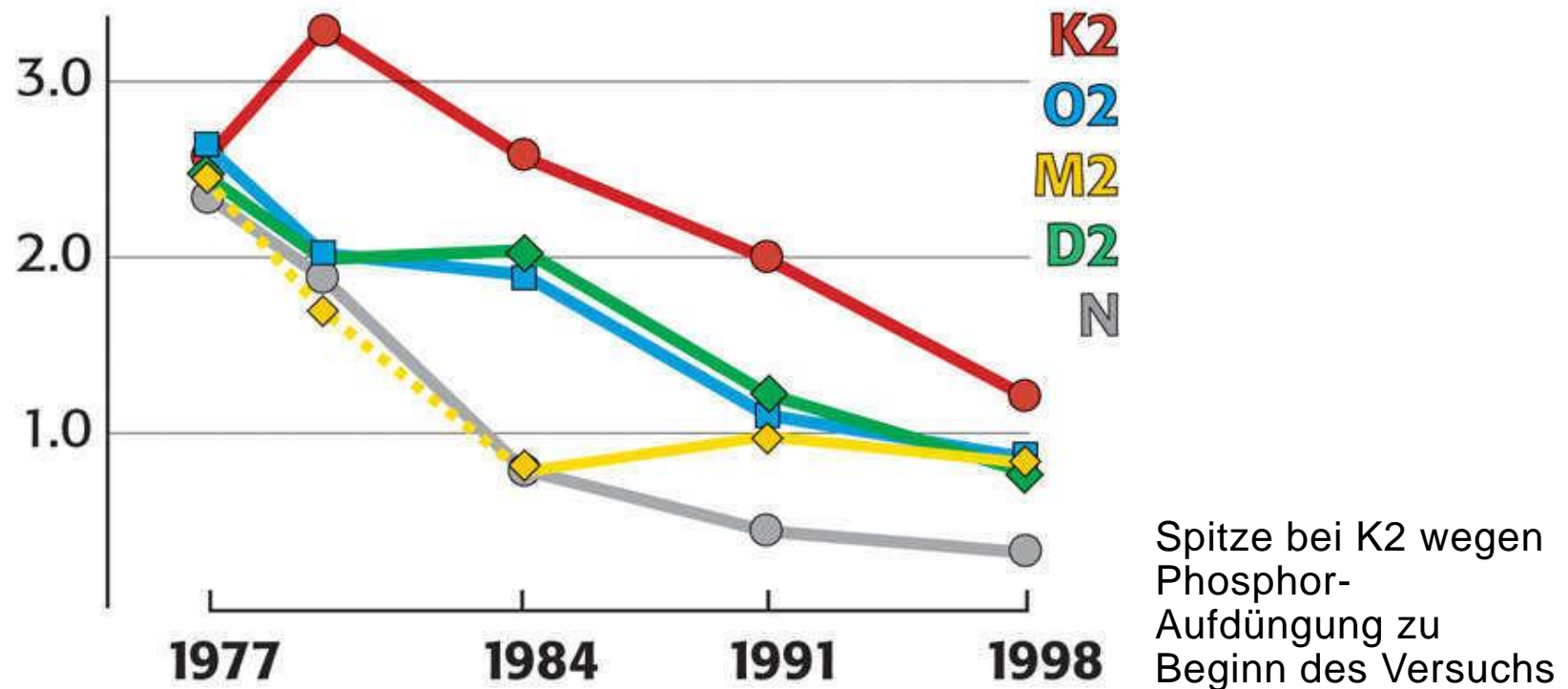
Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»



# DOK-Versuch: Nährstoffe

## Phosphor

mg P pro kg Boden

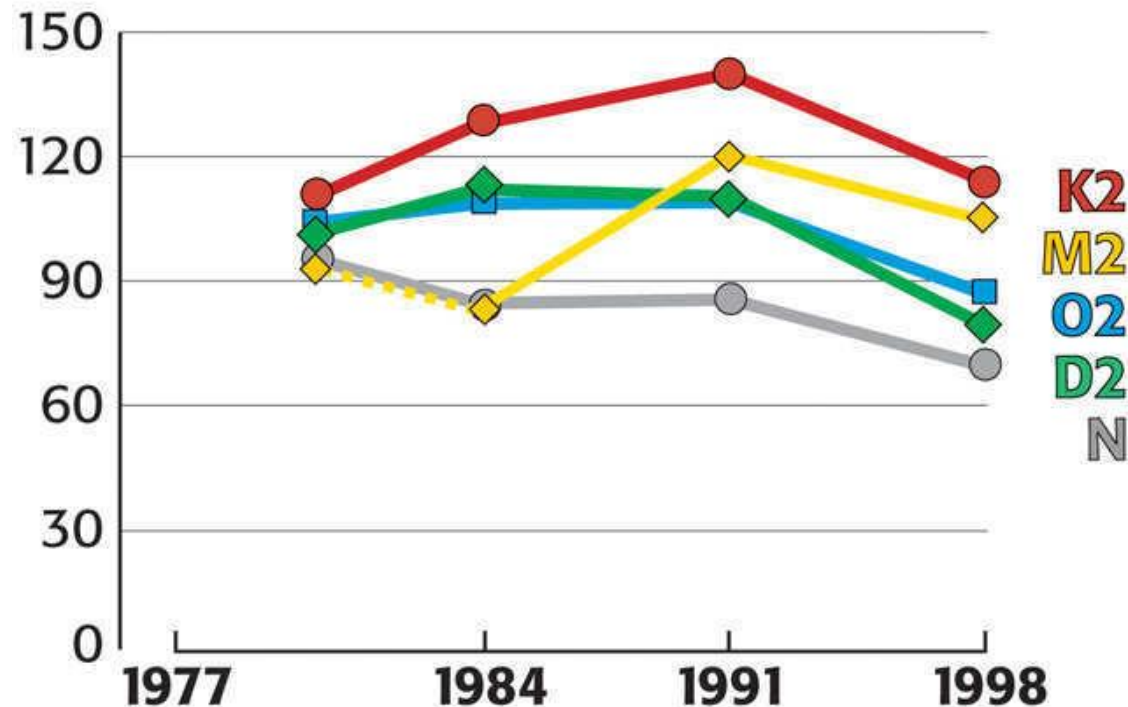


Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

# DOK-Versuch: Nährstoffe

## Phosphor

mg P pro kg Boden



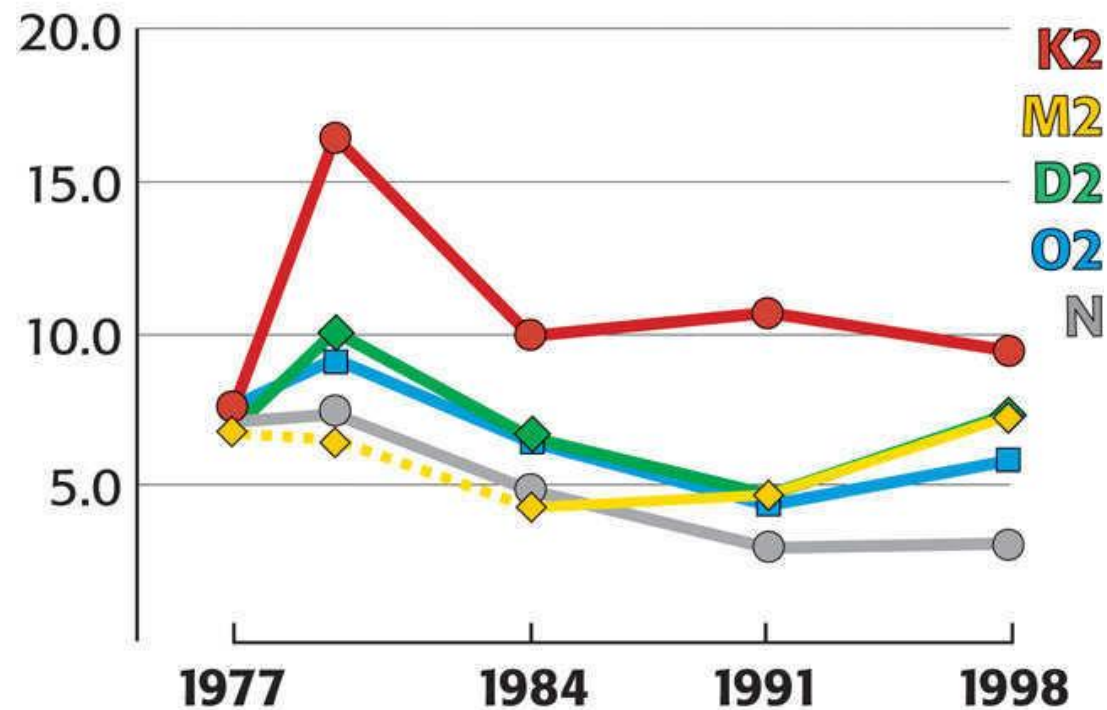
Zitronensäure-lösliche  
Fraktion weniger gut  
sichtbar, spiegelt  
Phosphorreserve  
wieder

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

# DOK-Versuch: Nährstoffe

## Kalium

mg K pro kg Boden



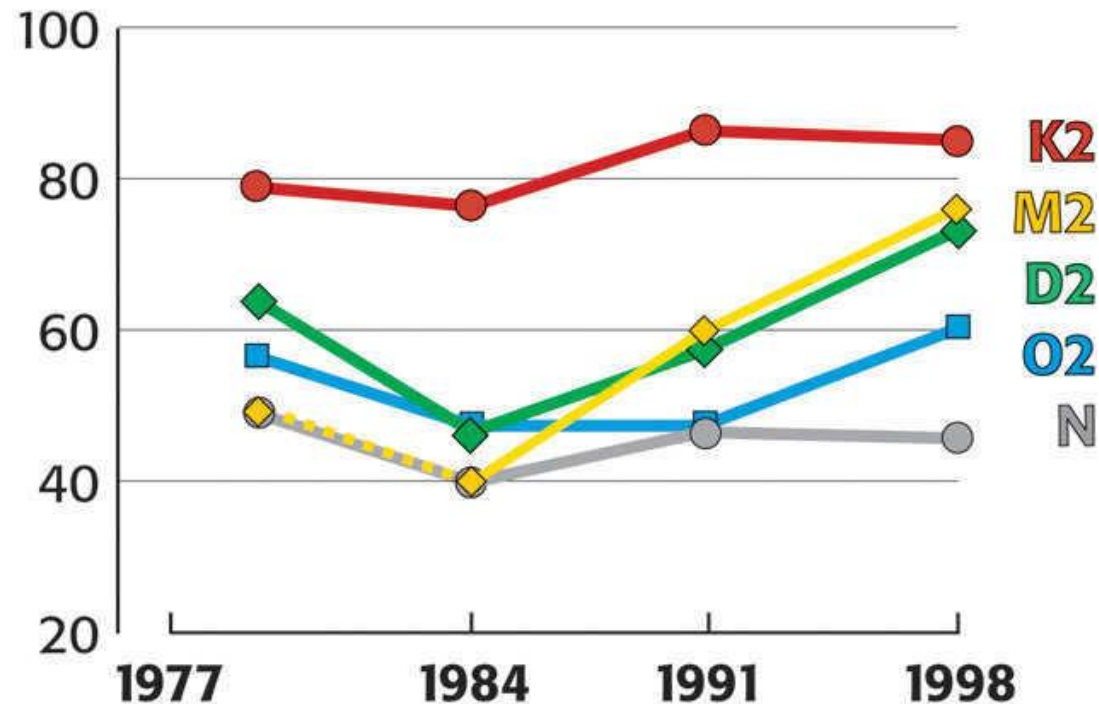
Spitze bei K2 rührt von Kalium-Aufdüngung zu Beginn des Versuchs her

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

# DOK-Versuch: Nährstoffe

## Kalium

mg K pro kg Boden

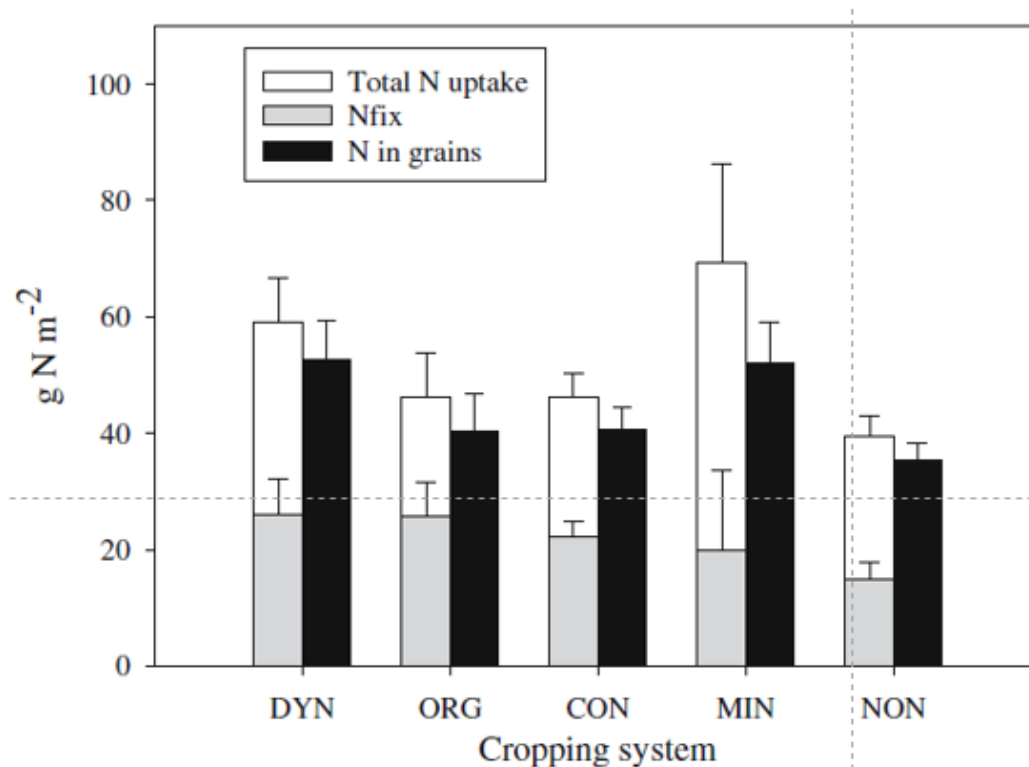


Doppellactat-lösliches  
Kalium =  
nachlieferbare  
Kalium-Fraktion

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

# DOK-Versuch: Nährstoffe

## N<sub>2</sub>-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 ( $N_{\text{SYM}}$ ) von Klee und N Transfer ( $N_{\text{Trans}}$ ) zu Gras in Klee-graswiese im DOK

Verfahren (N Düngung)	Produktivität (Klee+Gras) t/ha/Jahr	Klee %	$N_{\text{SYM}}$ 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)

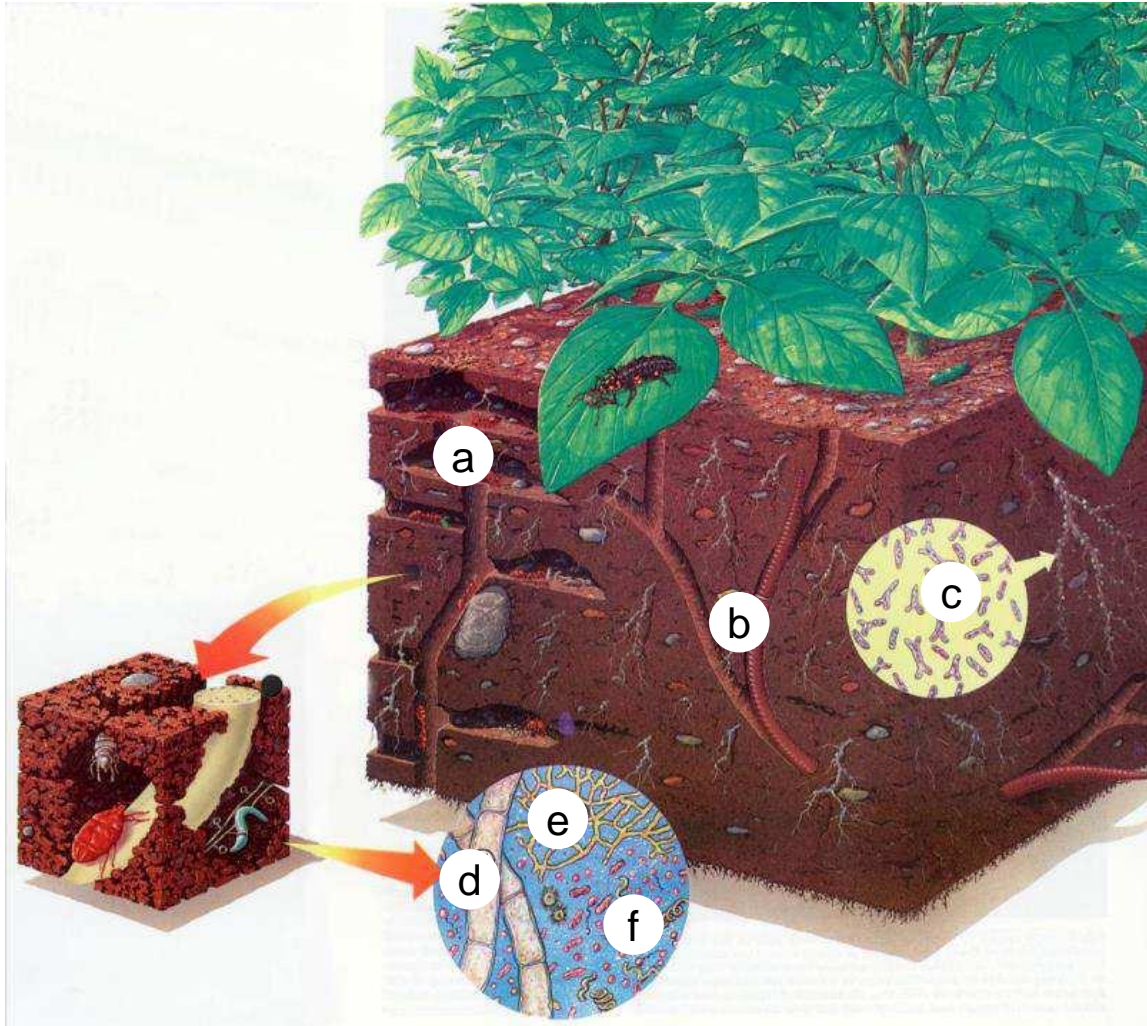
### Biologische Verfahren

- › 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

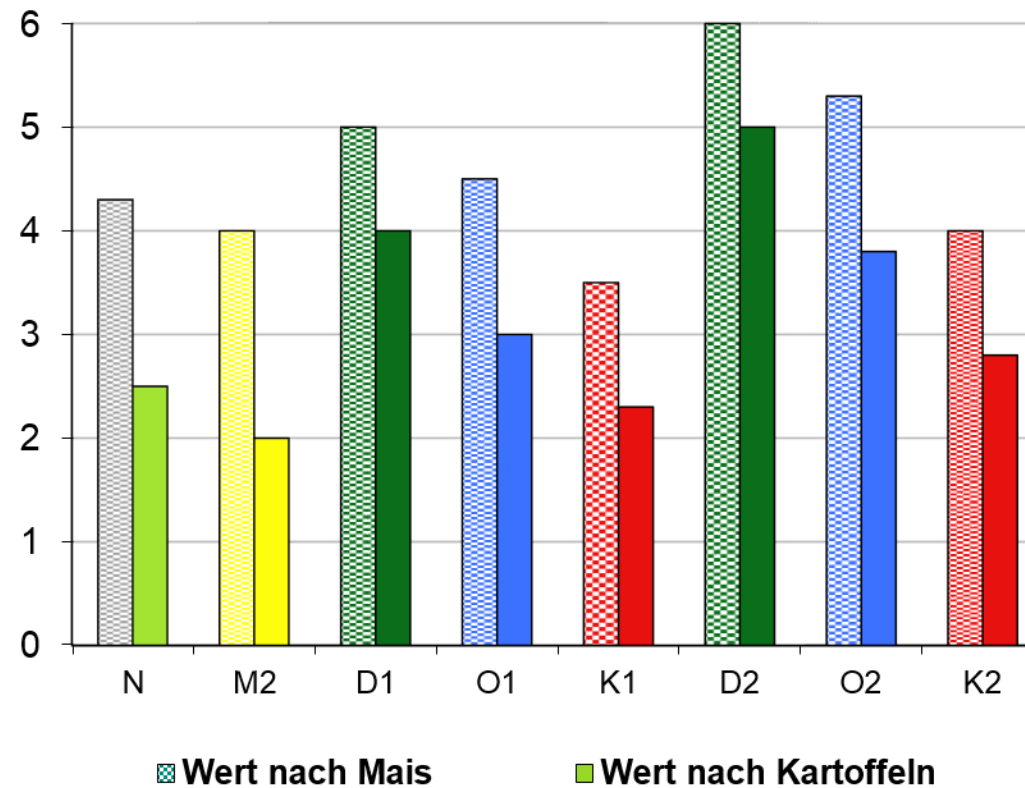
## Bodenstrukturstabilität

### Bodenstrukturstabilität

Quelle: FiBL

hohe Stabilität

tiefe Stabilität

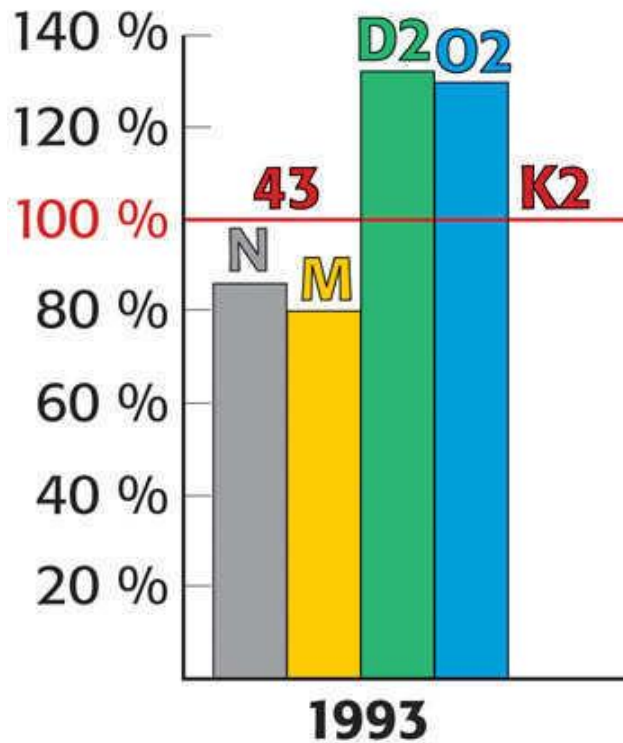


# DOK-Versuch: Bodenstruktur

## Bodenstrukturstabilität

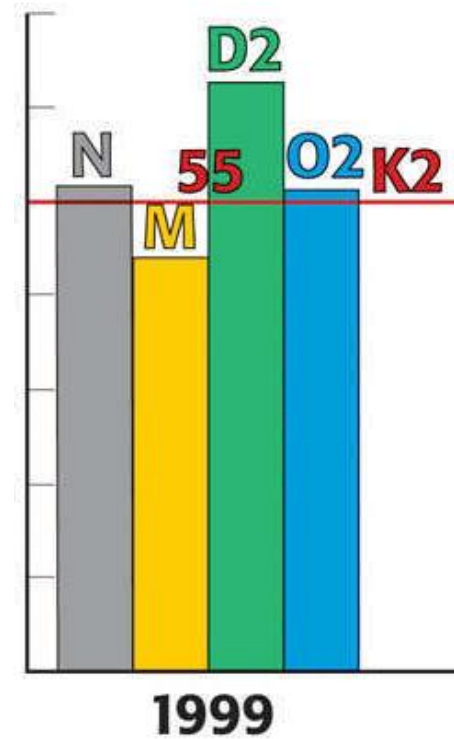
### Perkolationsstabilität

ml pro min



### Krümelstabilität

% stabile Aggregate >250 µm



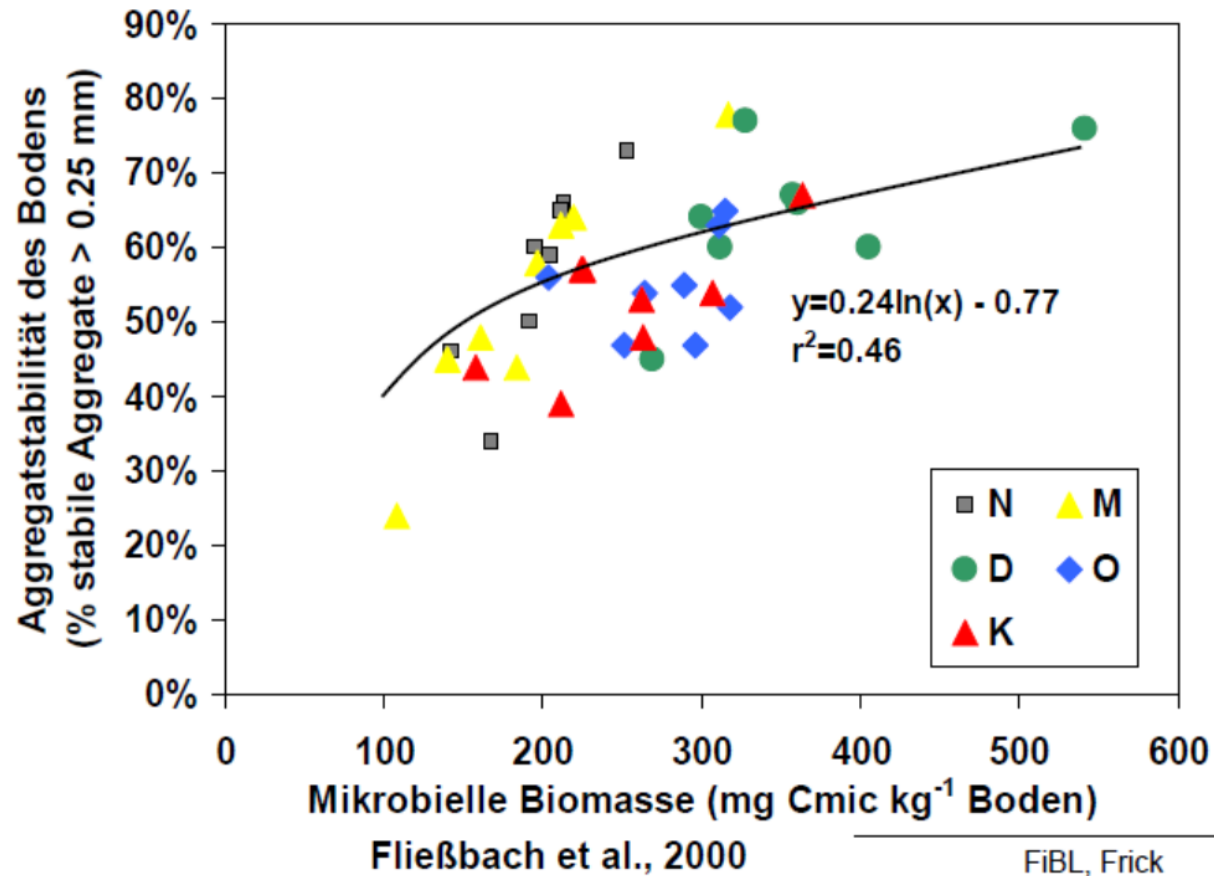
Perkolationsstabilität = «Nicht-Erosionsneigung»

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

# DOK-Versuch: Bodenstruktur

## Strukturstabilität

### Mikroorganismen stabilisieren den Boden

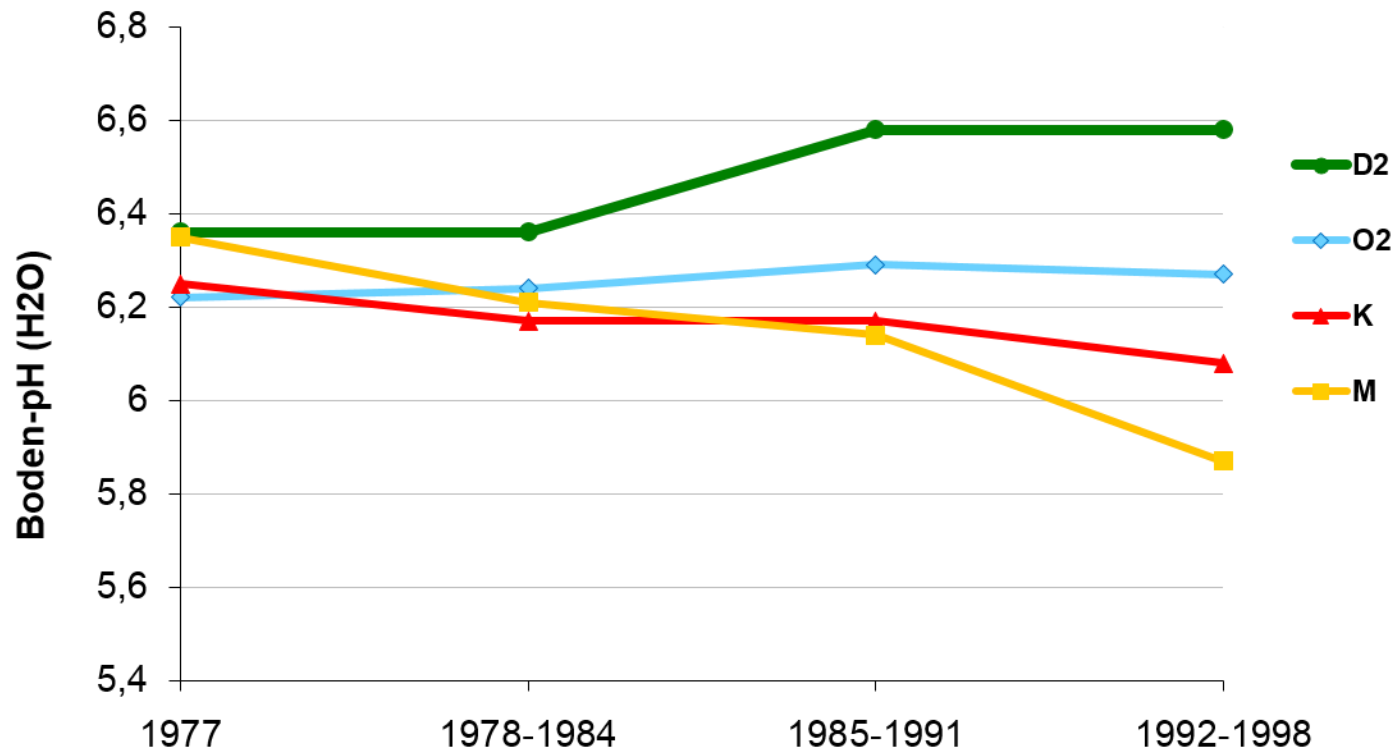


# DOK-Versuch: Bodenstruktur

## Boden-pH

### Veränderungen im Boden-pH

Quelle: FiBL

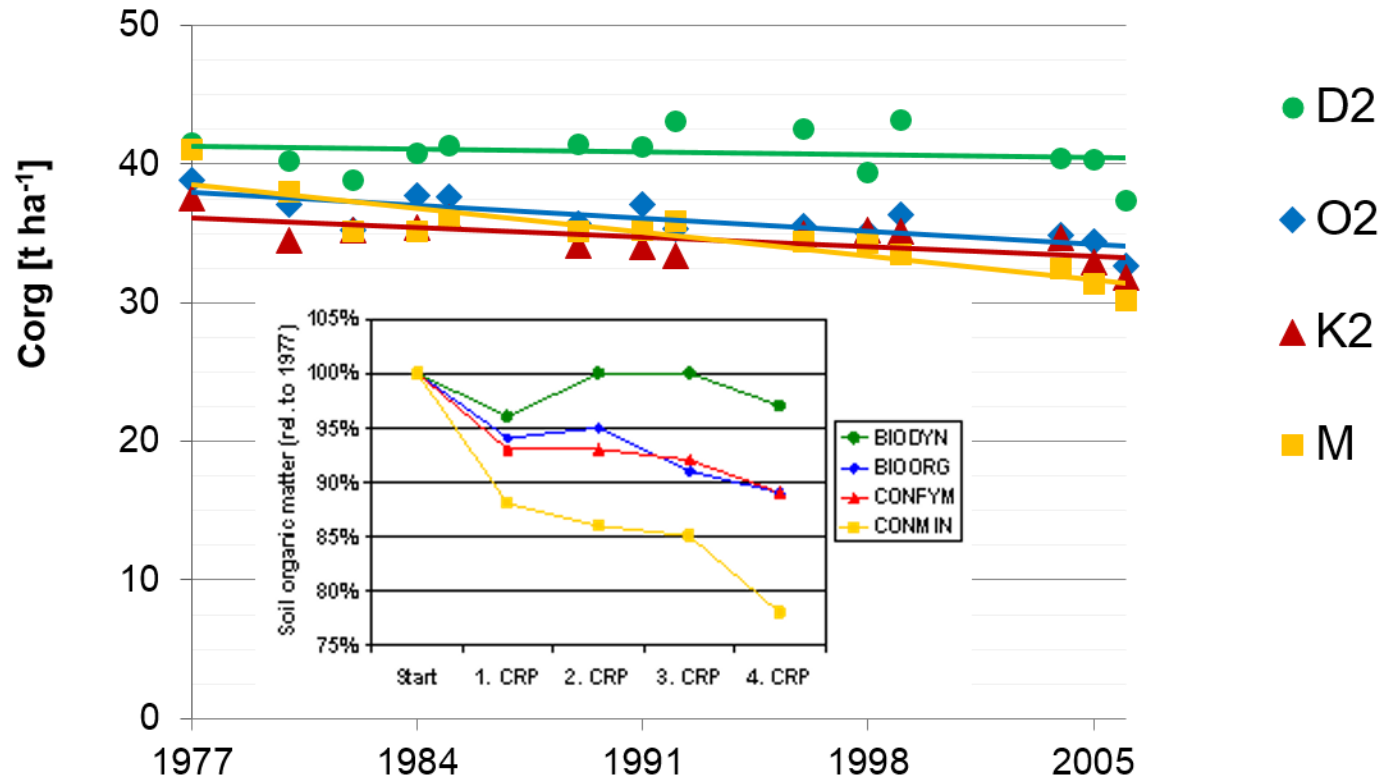


# DOK-Versuch: Bodenstruktur

## Kohlenstoffgehalt

### Veränderungen im Kohlenstoffgehalt des Bodens

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

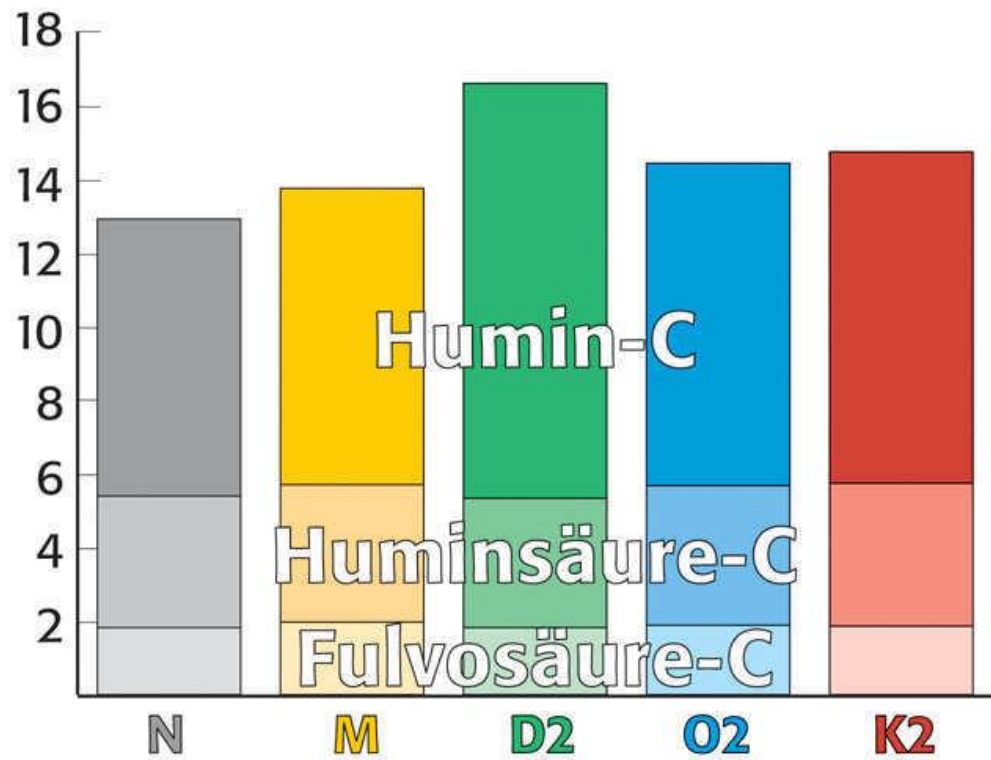


# DOK-Versuch: Bodenstruktur

## 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»

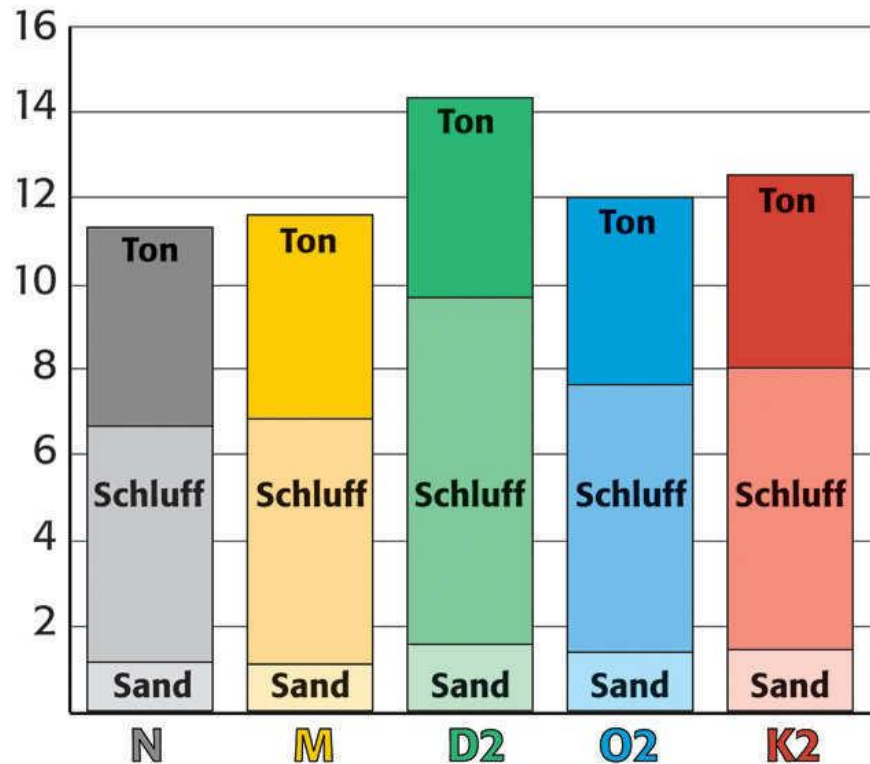


# DOK-Versuch: Bodenstruktur

## 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

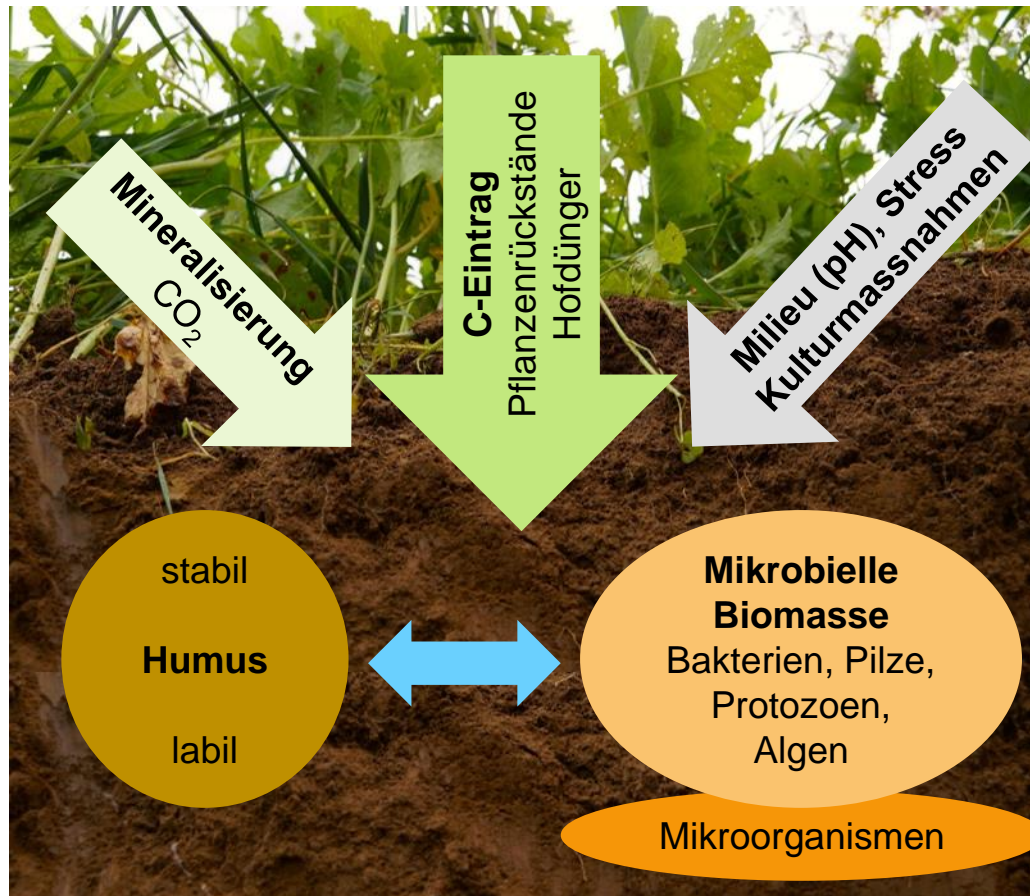
### Krümelstabilität wird beeinflusst durch

- › 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

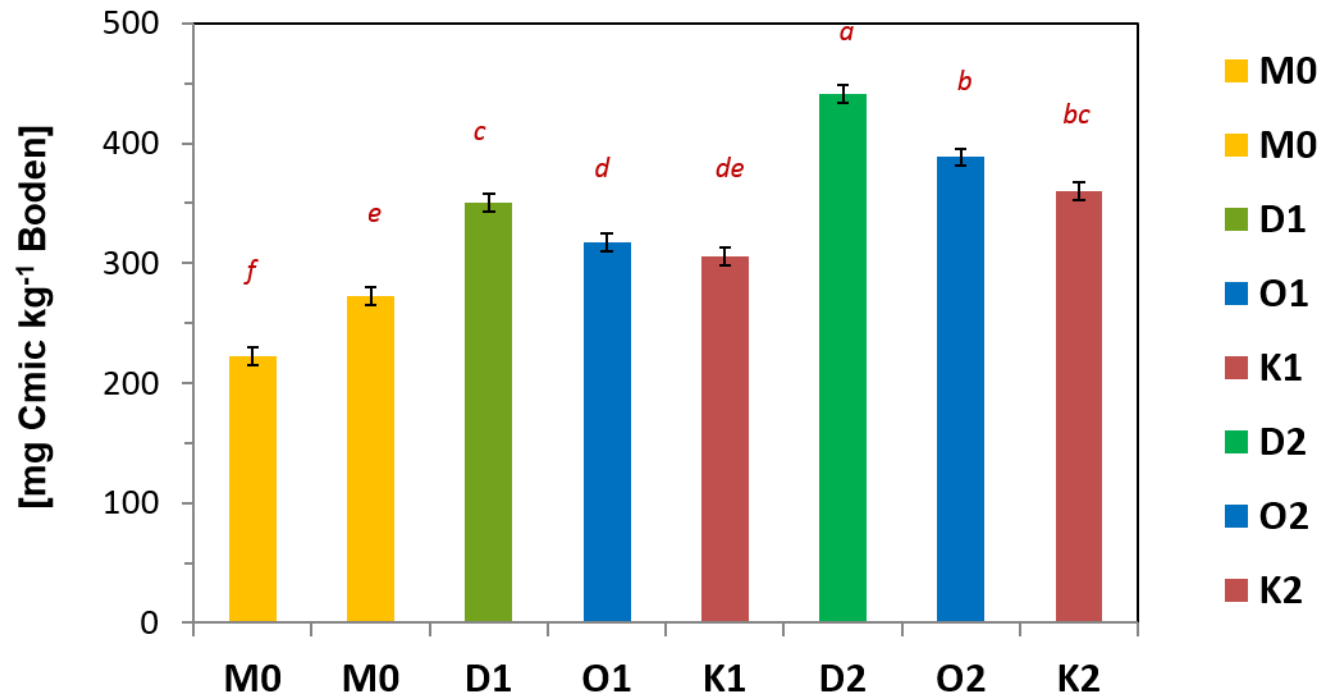
# DOK-Versuch: Bodenbiologie

## Mikrobielle Biomasse

### DOK: Mikrobielle Biomasse 1998, 2006 und 2012

Standardfehler und Unterschiede pro Untersuchungsjahr

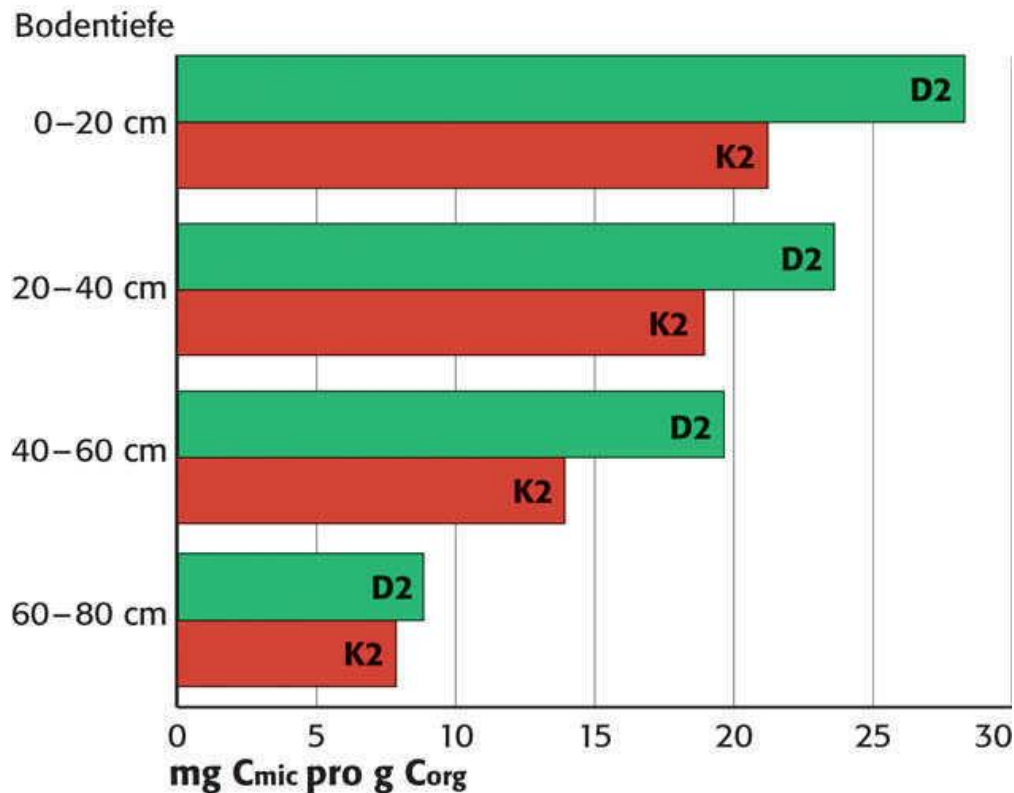
Quelle: FiBL



# DOK-Versuch: Bodenbiologie

## Kohlenstofffraktionen

### Verhältnis von mikrobiellem Kohlenstoff zum gesamten organischen Kohlenstoff



Anteil Mikroorganismen an organischer Substanz zeigt Belebtheitsgrad des Bodens

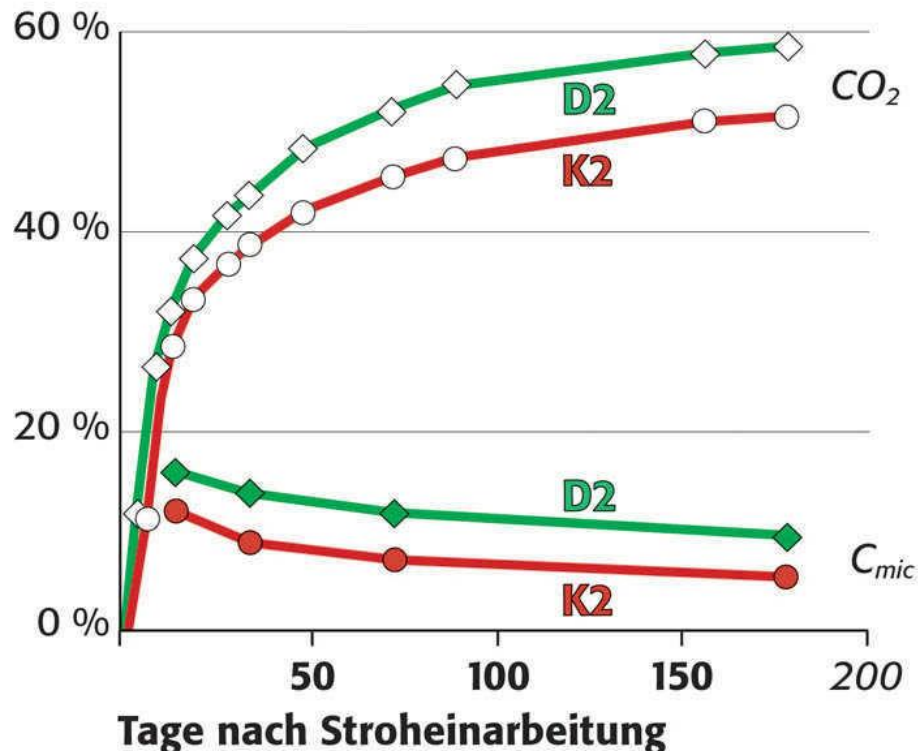
Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

# DOK-Versuch: Bodenbiologie

## Kohlenstofffraktionen

### Veratmung und Zunahme der mikrobiellen Biomasse nach Strohzugabe

% abgebautes ( $\text{CO}_2$ ) und eingebautes ( $\text{C}_{\text{mic}}$ ) Stroh



In Bioverfahren laufen Mineralisierungs- und Humusaufbauprozesse intensiver ab.

Über die Jahre akkumuliert sich die Kohlenstoffmenge im Boden.

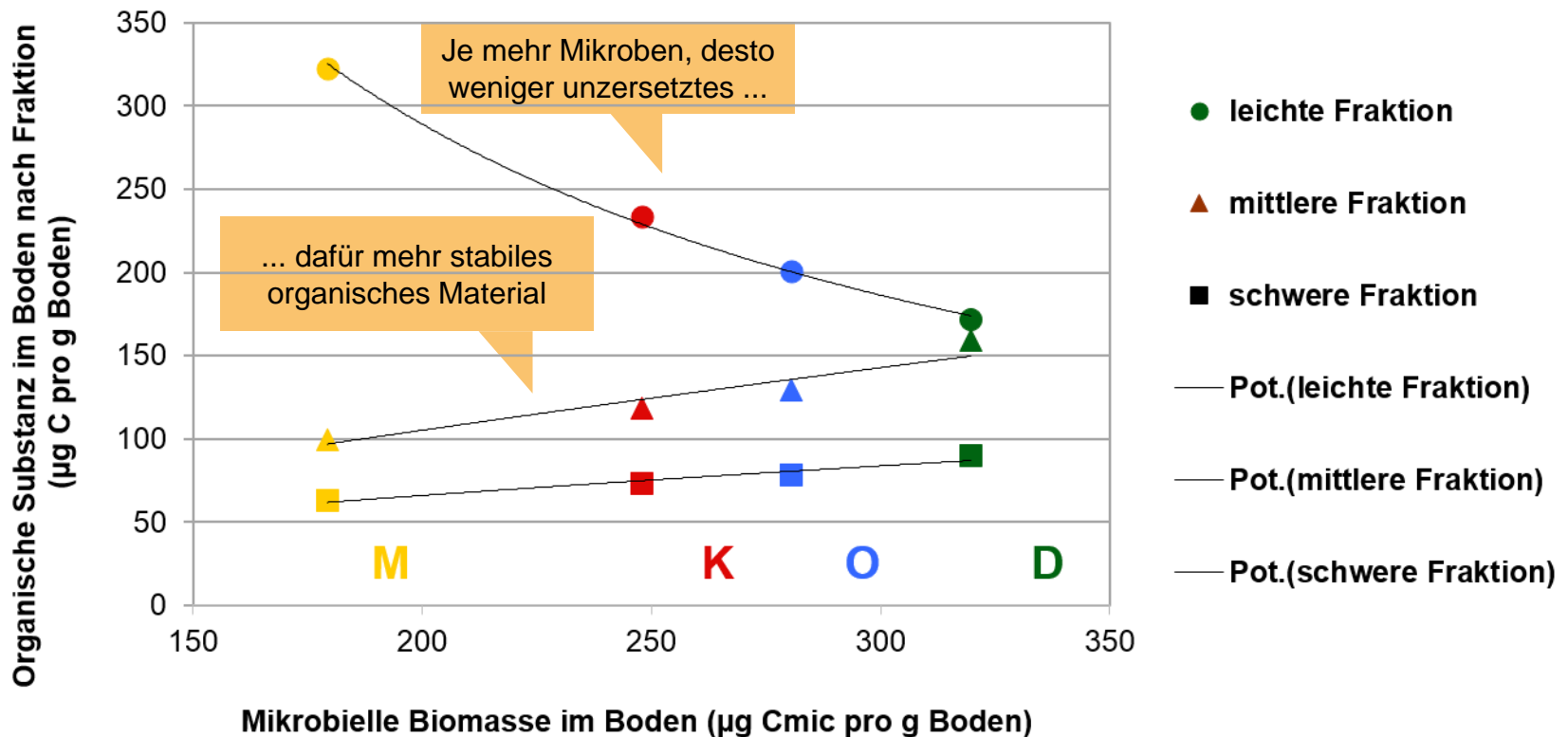
Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

# DOK-Versuch: Bodenbiologie

## Dichtefractionen

### Dichtefractionen

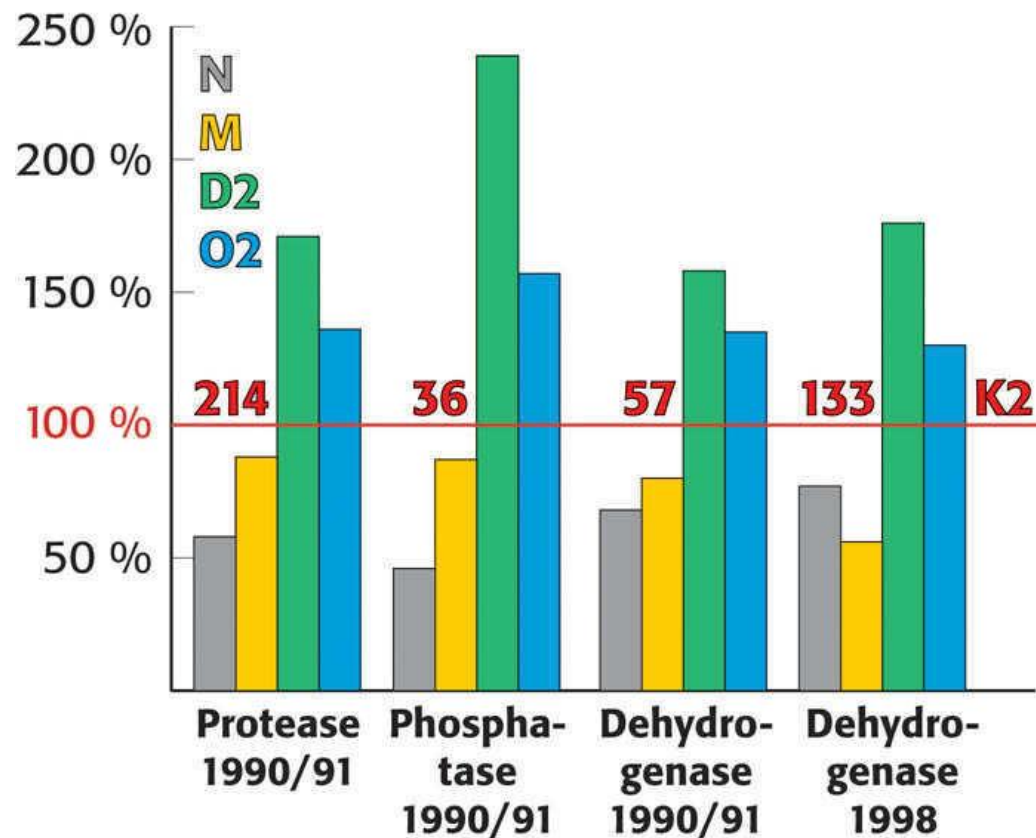
Quelle: Fließbach und Mäder, 2000, SBB



# DOK-Versuch: Bodenbiologie

## Bodenenzyme

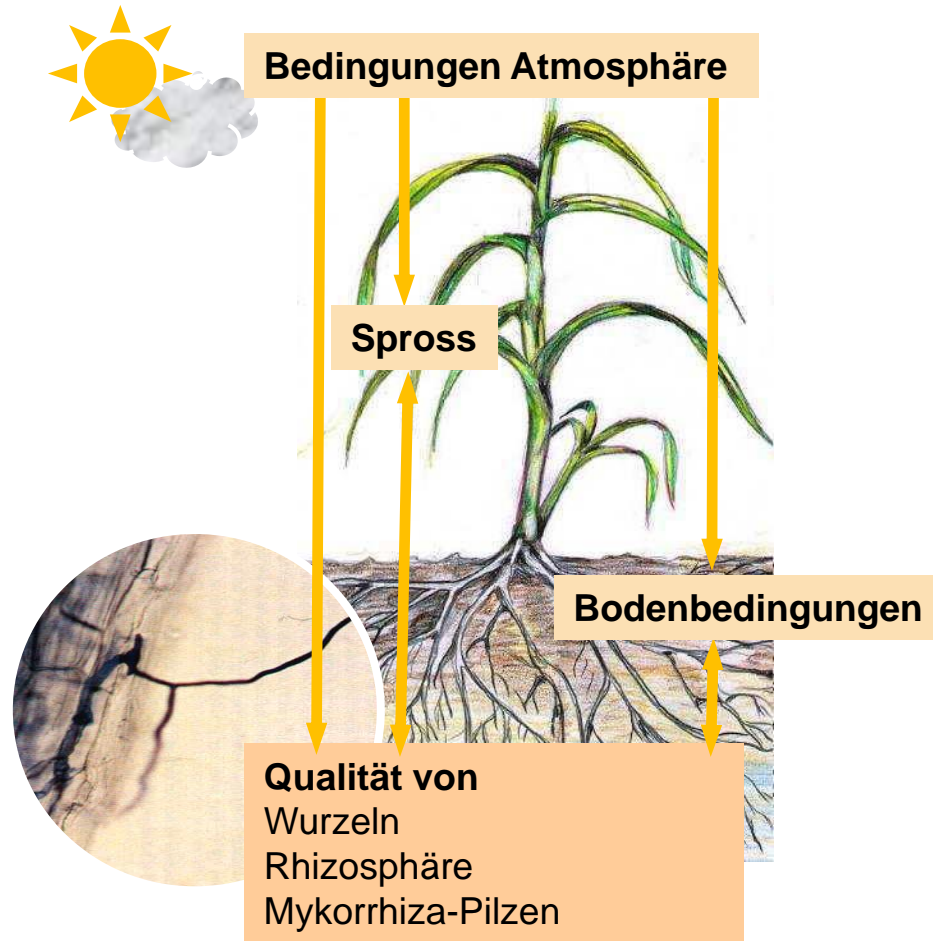
### Bodenenzyme als Zeiger mikrobieller Funktionen



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

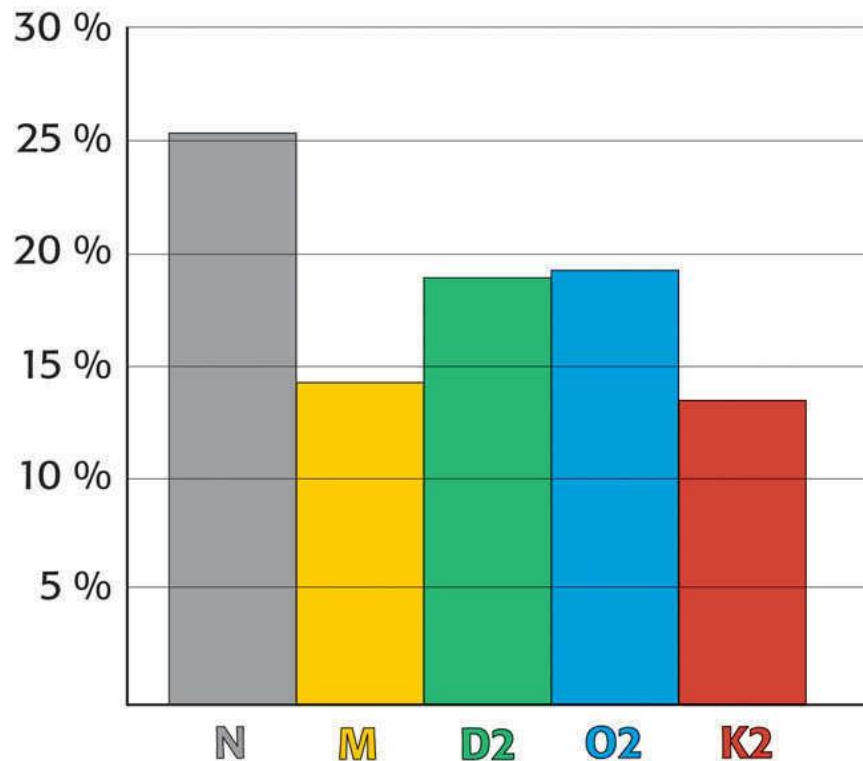


# DOK-Versuch: Bodenbiologie

## 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

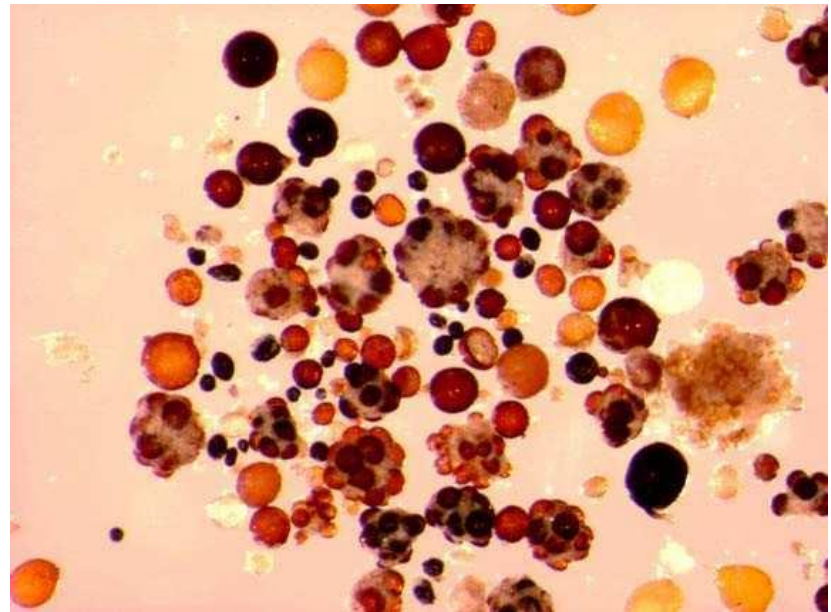
### Mykorrhiza (Vielfalt an Sporentypen)

#### 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

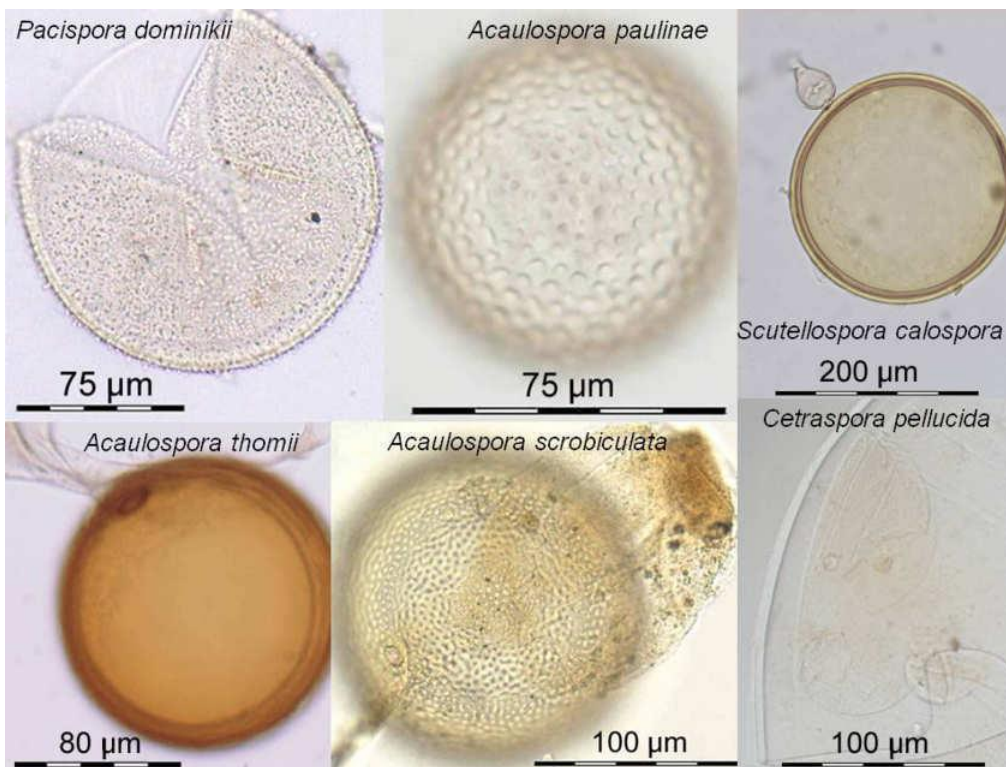


Quelle: Oehl et al., 2003, AEM, 2816. Daten: Daten: Bot. Inst. Uni Basel

# 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: Bodenzologie

## Regenwürmer

### Regenwurmexkreme: ein wertvolles Produkt

#### Regenwurmexkreme

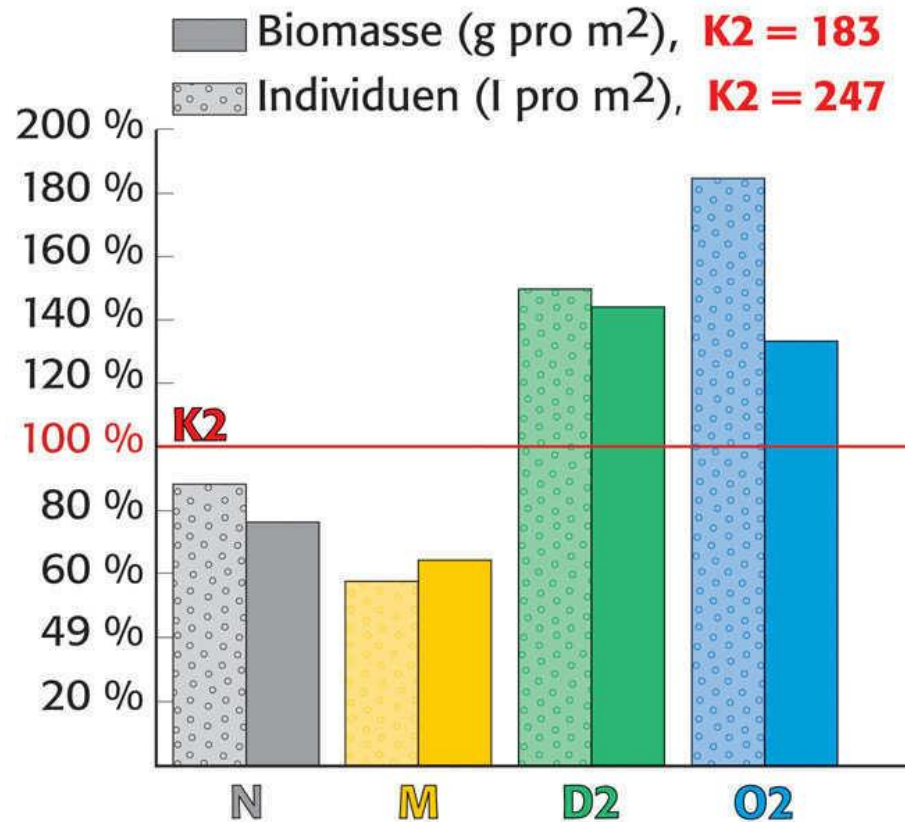
- › 40-100 Tonnen pro Hektar und Jahr im Boden und auf der Bodenoberfläche
- › Reich an Humus
- › pH-neutral
- › Angereichert mit Stickstoff (5x), Phosphor (7x) und Kalium (11x) im Vergleich zum Boden
- › Stabile Bodenaggregate
- › Durch Ton-Humus-Komplexbildung



# DOK-Versuch: Bodenzöologie

## Regenwürmer

### Biomasse und Individuenzahl der Regenwürmer



Mittelwerte  
1990, 1991 und 1992

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

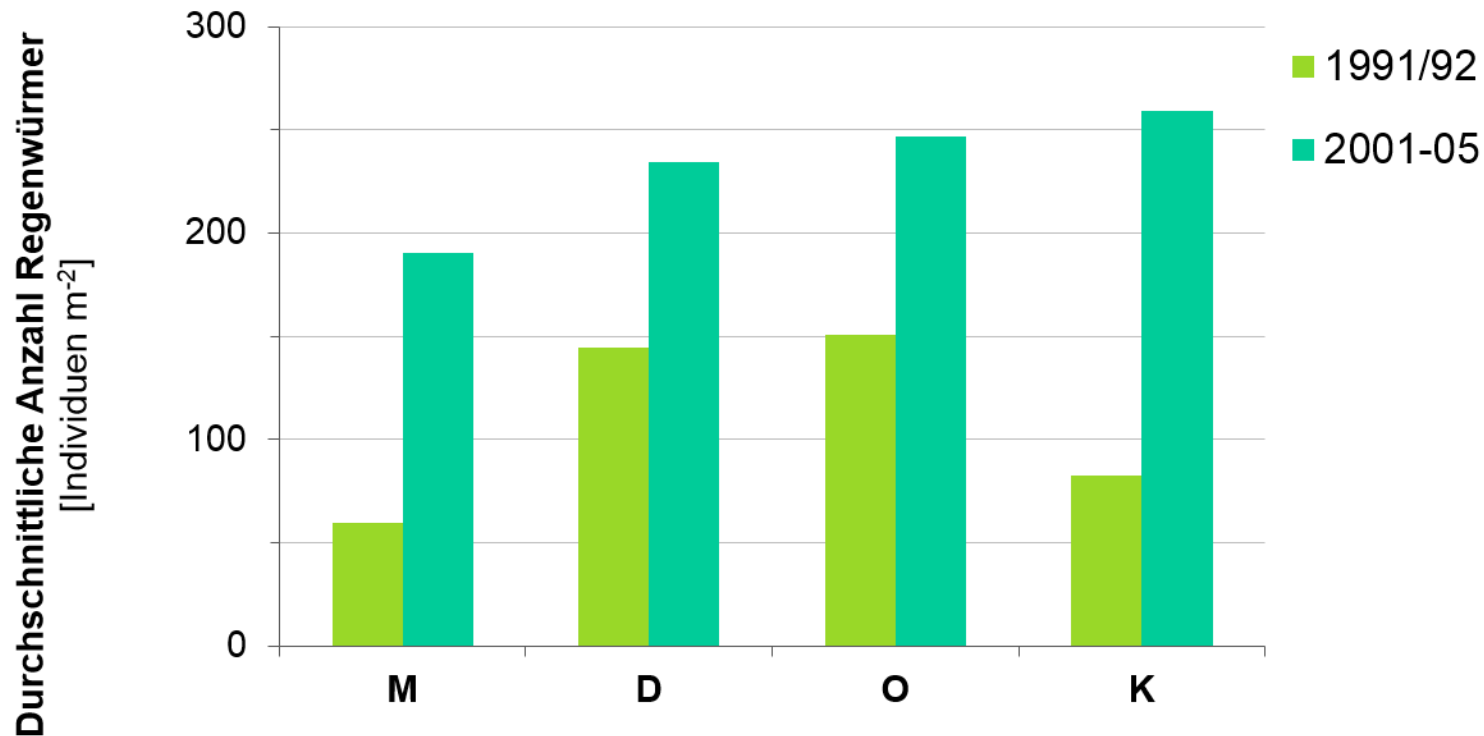


# DOK-Versuch: Bodenzoologie

## Regenwürmer

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

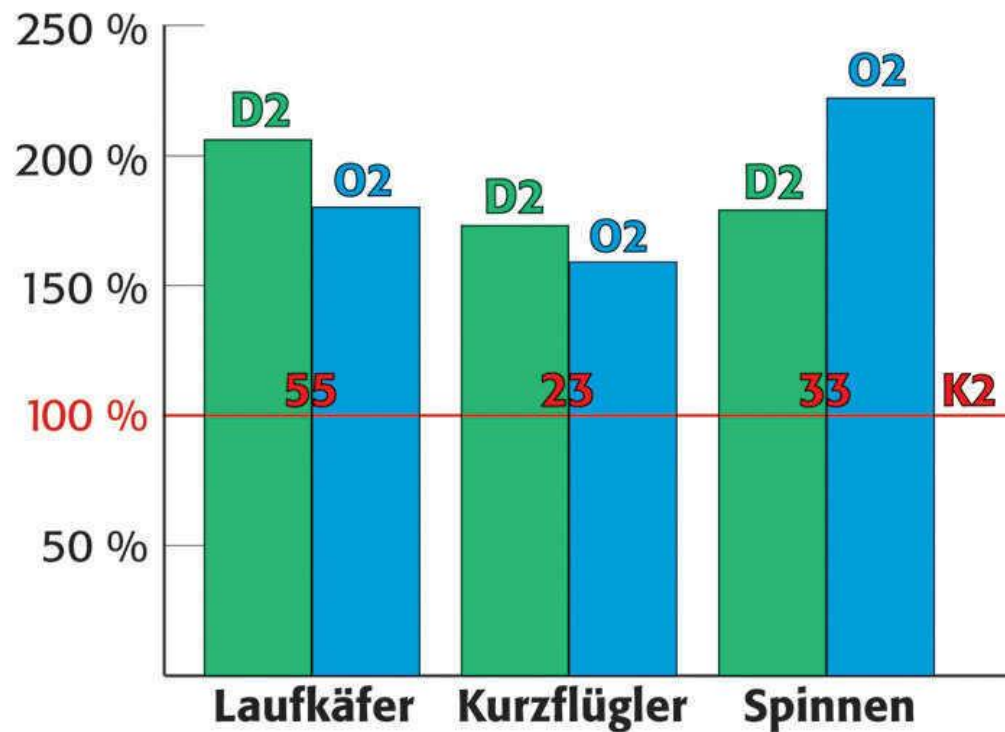
Quelle: Pfiffner, 1993 und Jossi et al., 2007



# 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

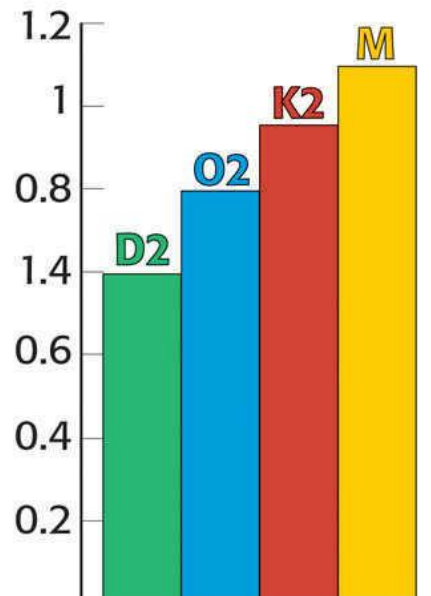
Die mikrobiellen Bodenlebewesen unterscheiden sich in den Verfahren

# DOK-Versuch: Bodenbiodiversität

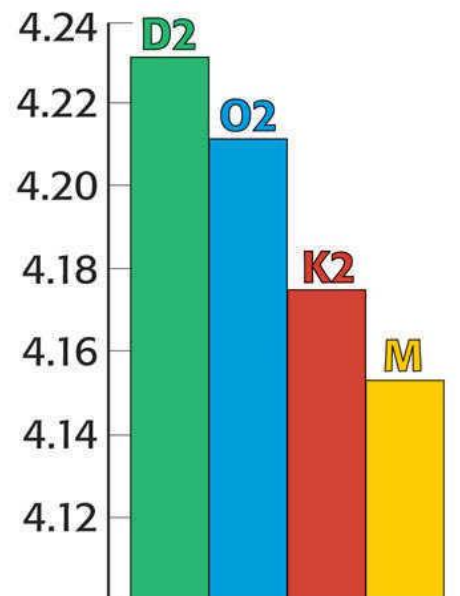
## Artenvielfalt

### 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.

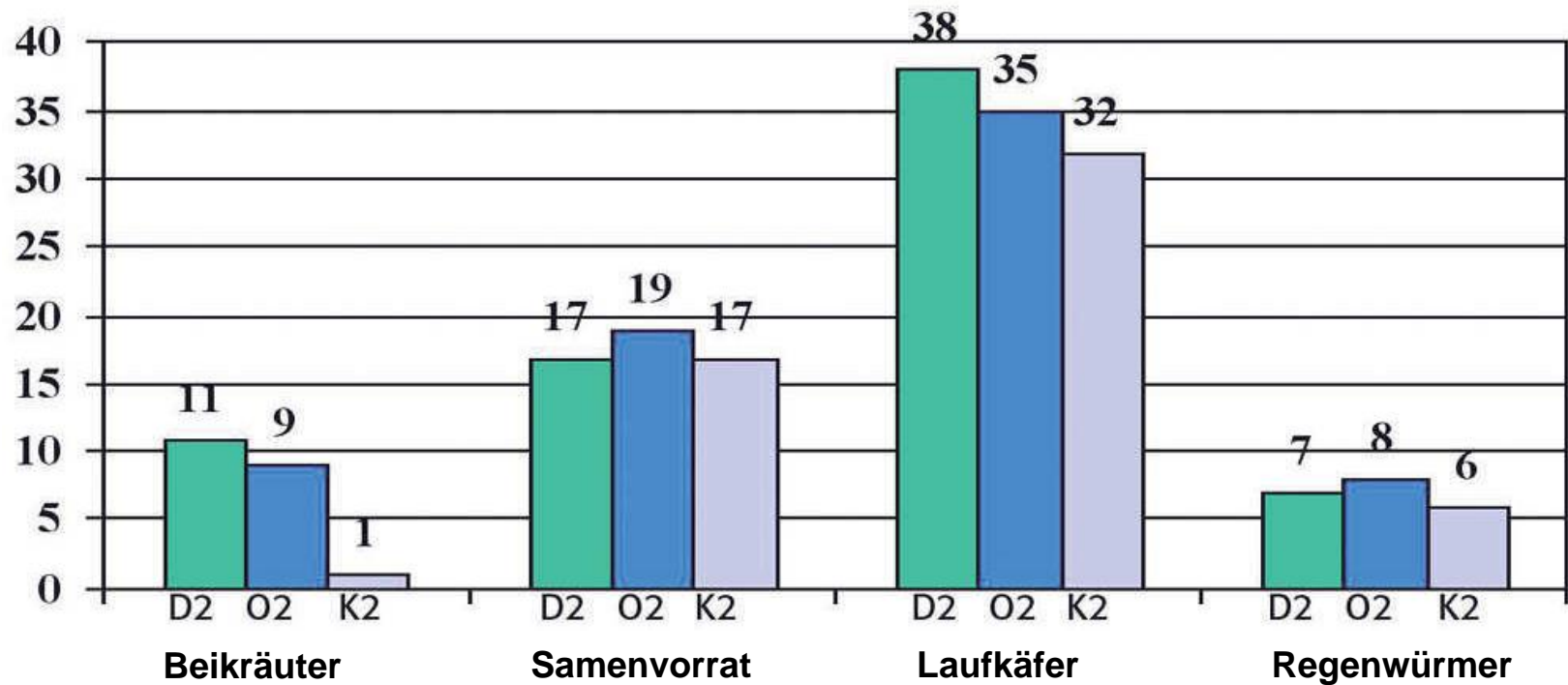
Shannon-Index gibt Mass der mikrobiellen Vielfalt an

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

# DOK-Versuch: Bodenbiodiversität

## Artenvielfalt

### Anzahl Arten in den Anbausystemen

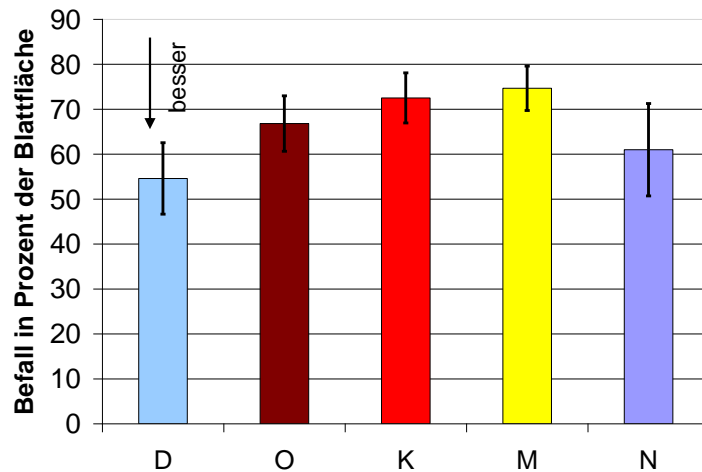


Je mehr Beikrautarten, desto bessere Lebensbedingungen für viele Laufkäferarten

# 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

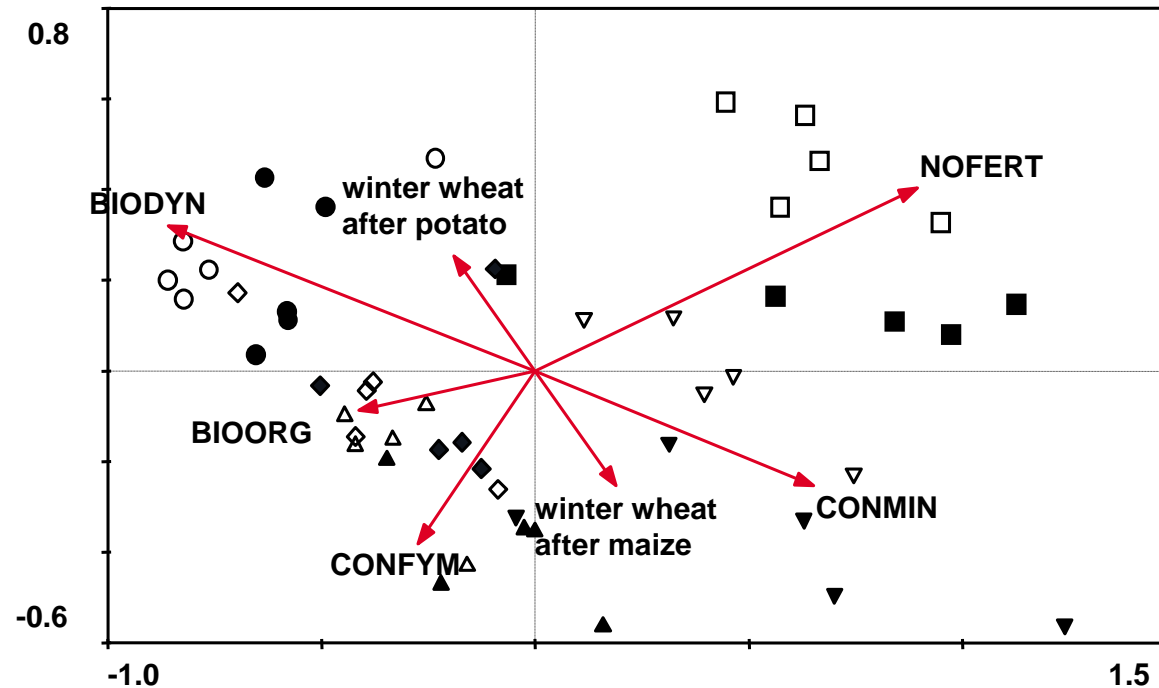


Diagramm: Diplomarbeit Felix Weber ETH, 2005 Bild 1: Mikroskopische Aufnahme eines Sporangium von *Hyaloperonospora parasitica*  
Emmanuel Boutet Bild 2: Ackerschmalwand, standard

# DOK-Versuch: Bodenbiodiversität

## Artenvielfalt

### Molekulargenetische T-RFLP Profile



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

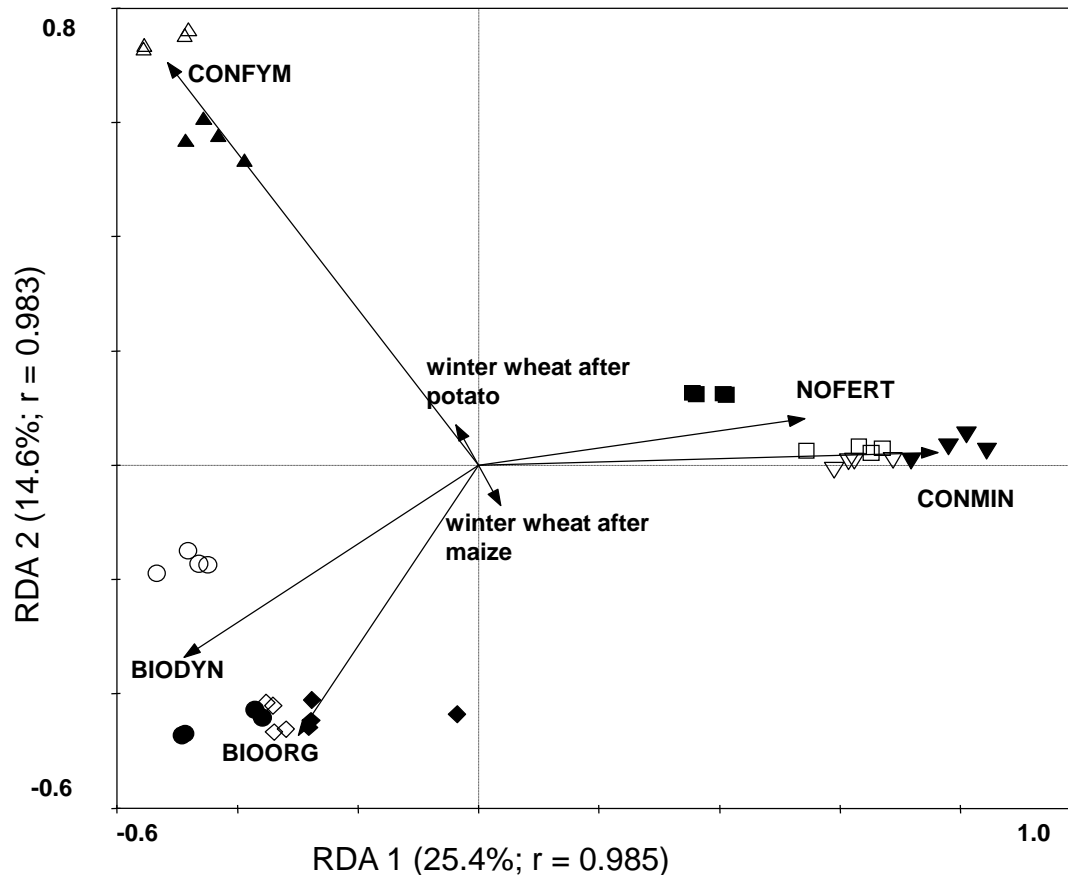
Constrained ordination of T-RFLP profiles in soils under winter wheat after potatoes (empty symbols) and after maize (filled symbols) in the DOK farming systems (□, ■ : NOFERT; ▽, ▼ : CONMIN; ○, ● : BIODYN; ◇, ◆ : BIOORG; △, ▲ : CONFYM)

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

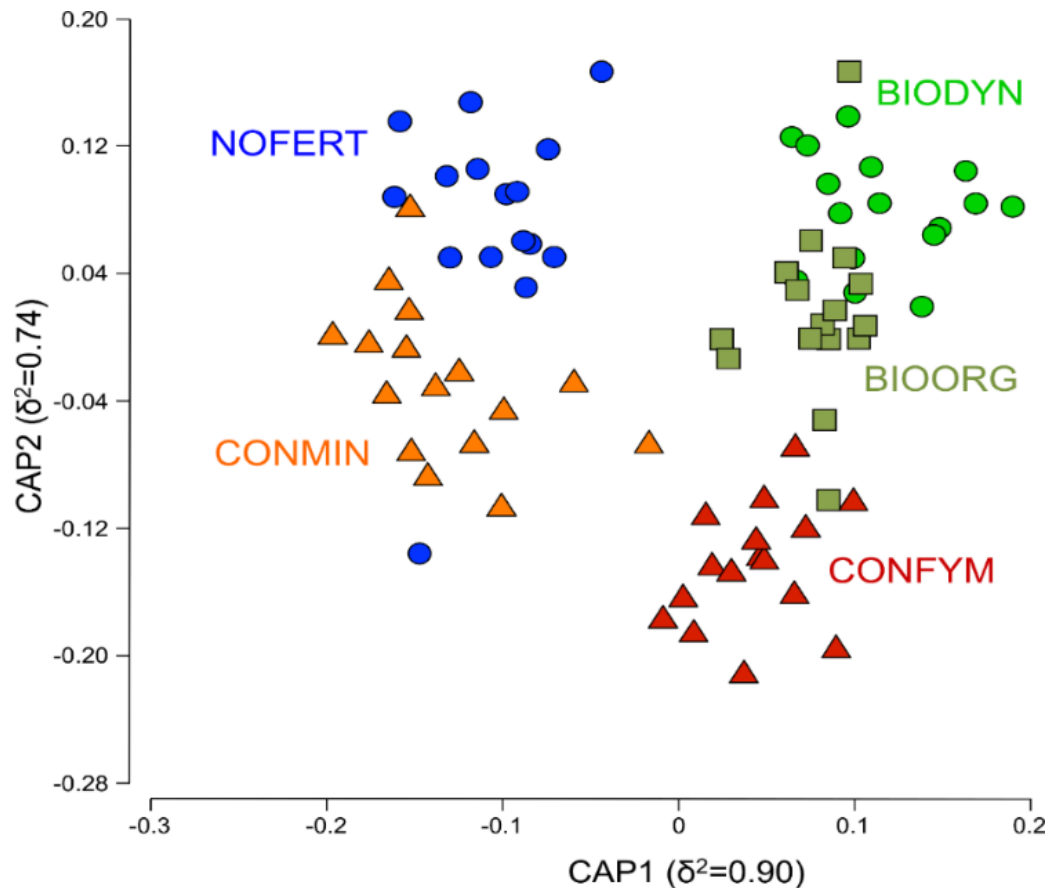
Quelle: Esperschütz et al., 2007 FEMS ME



# DOK-Versuch: Bodenbiodiversität

## Artenvielfalt

### Differenzierung der Mikrofloren



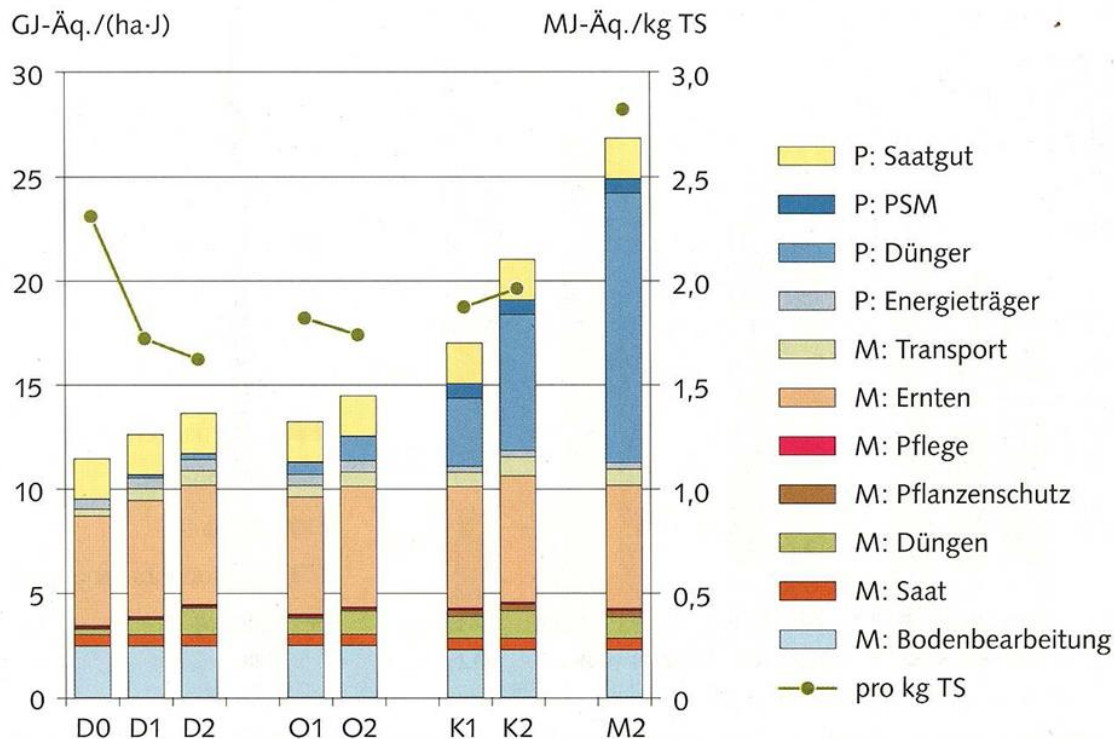
Differenzierung der Mikrofloren mit neuesten high-throughput Verfahren: Jede Bewirtschaftung erzeugt ihre eigene typische Mikroflora

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 <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	MJ kg <sup>-1</sup> yield d.m.	kg CO <sub>2</sub> -eq ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	kg CO <sub>2</sub> -eq kg <sup>-1</sup> 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.

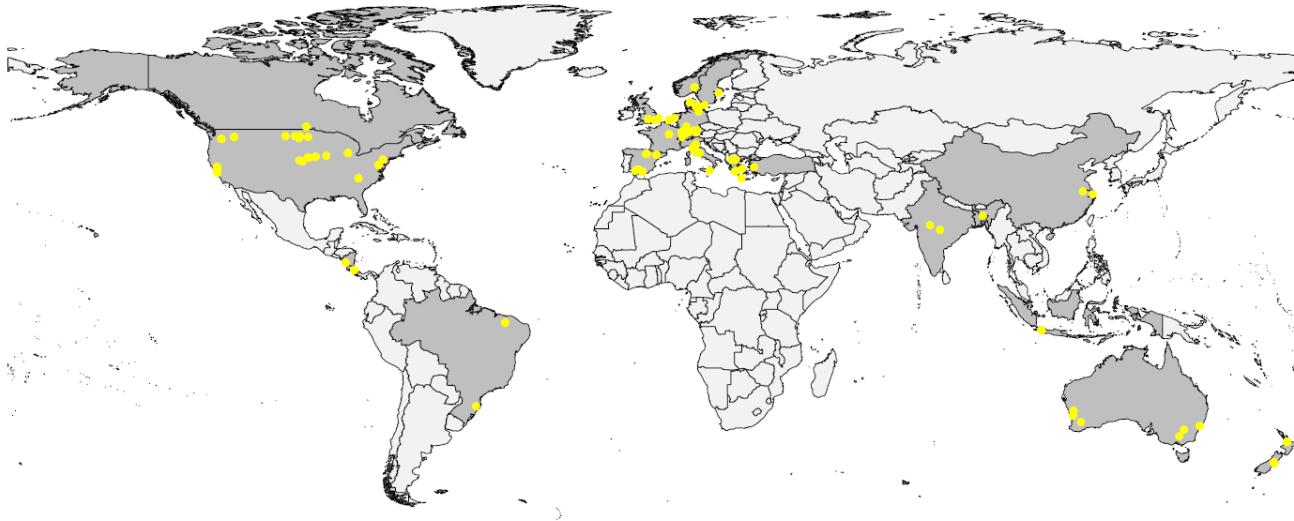
# DOK-Versuch: Ökobilanz, Klimawirksamkeit

## Bodenkohlenstoff (Metaanalyse) 1

### Kohlenstoff in biologischen Landbausystemen

Geografische Verteilung der Orte

74 Studien mit über 211 Vergleichen



Quelle: Gattinger et al., PNAS, 2012

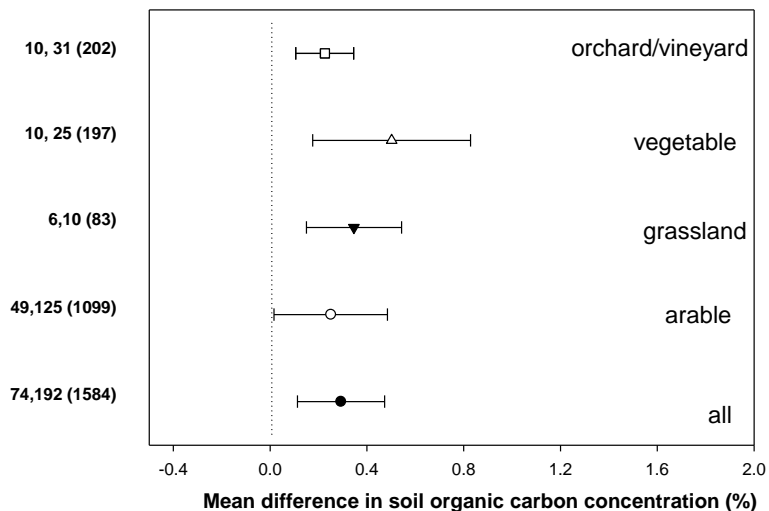
# DOK-Versuch: Ökobilanz, Klimawirksamkeit

## Bodenkohlenstoff (Metaanalyse) 2

### Bodenkohlenstoff in biologischen und konventionellen Anbausystemen weltweit

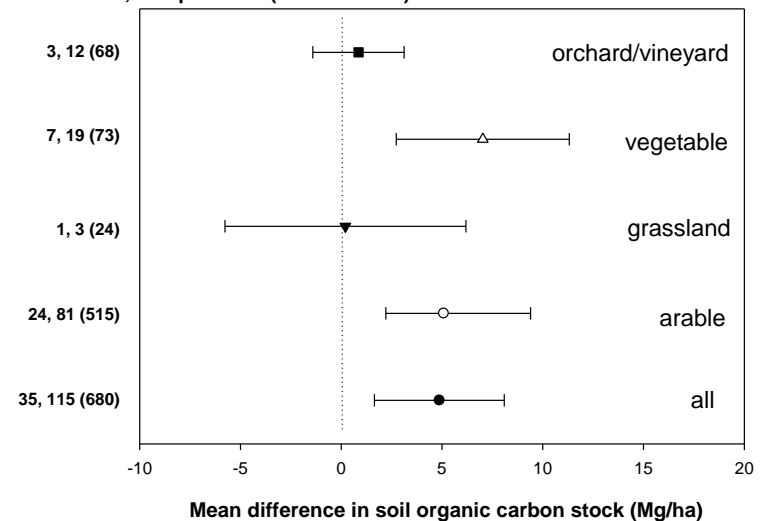
Carbon content ( $C_{org}$ , %)

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 <sub>4</sub> fluxes per acreage (kg CH <sub>4</sub> -C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )				GWP CH <sub>4</sub> fluxes per acreage (kg CO <sub>2</sub> -eq. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )			
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 <sub>2</sub> O fluxes per acreage (kg N <sub>2</sub> O-N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )				GWP <sup>c</sup> N <sub>2</sub> O fluxes per acreage (kg CO <sub>2</sub> -eq. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )			
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

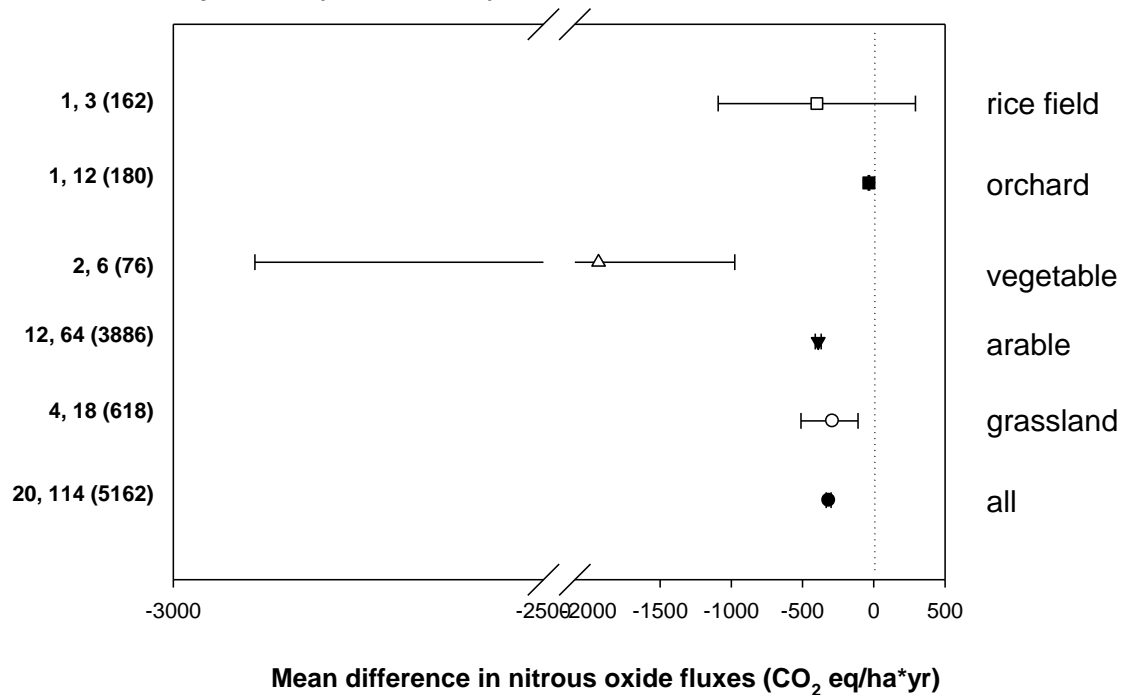
Quelle: Skinner *et al.*, STOTEN, 2014

# DOK-Versuch: Ökobilanz, Klimawirksamkeit

## Lachgasemissionen

### Lachgasemissionen aus biologisch und nicht-biologisch bebauten Böden

Nr. of studies, comparisons (observations)



317 kg CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> (≈ 0.34 kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>)  
 weniger Emissionen in organisch bebauten Böden (20 Studien/114 Vergleiche/5162 Datenpunkte; keine Daten aus der Schweiz verfügbar)

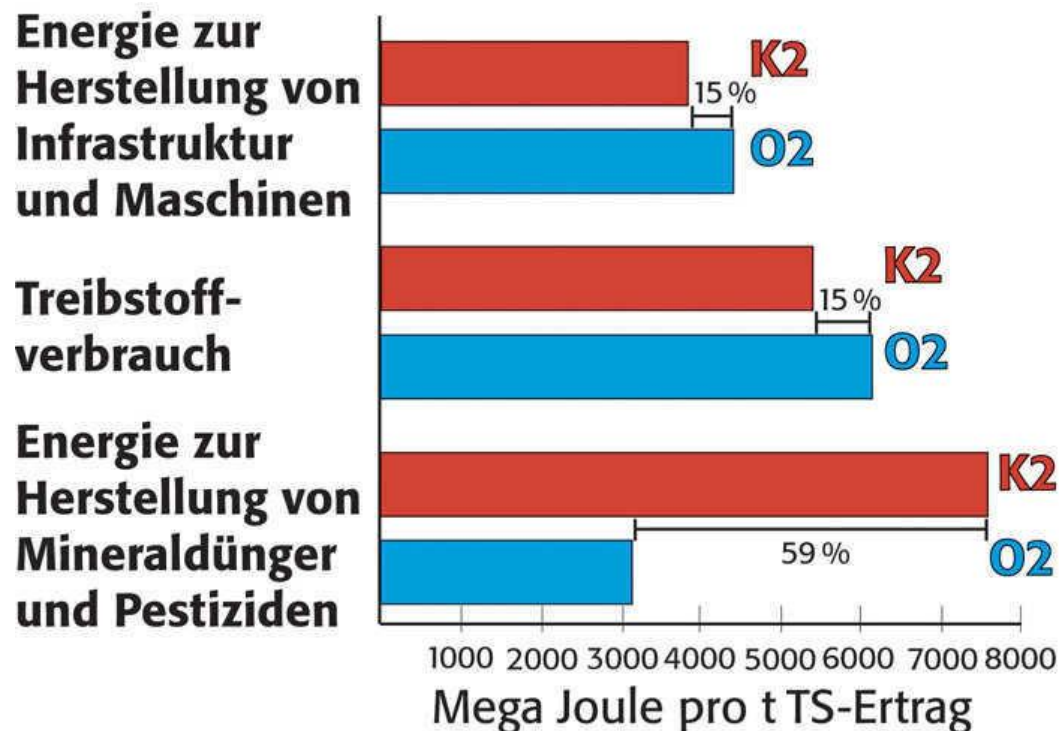
*Je negativer die Werte, desto weniger Emissionen aus dem organischen System. Horizontale Balken zeigen das 95% Konfidenzintervall. Signifikanz ist gegeben, wenn Fehlerbalken die 0-Linie nicht berühren.*

Quelle: Skinner, Gattinger et al. 2011

# DOK-Versuch: Ökobilanz, Klimawirksamkeit

## Energie

### Direkte und indirekte Energiekomponenten

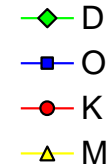
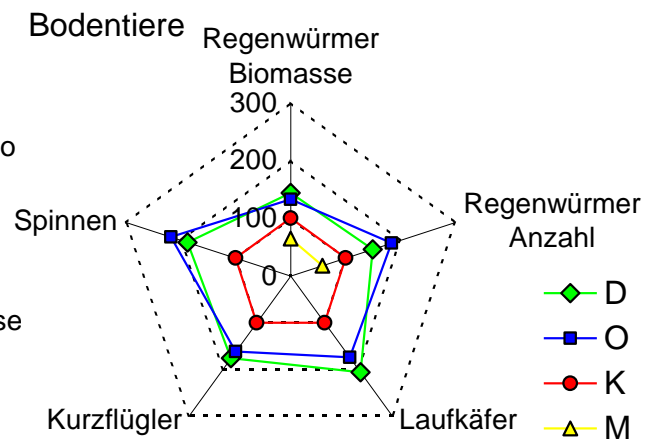
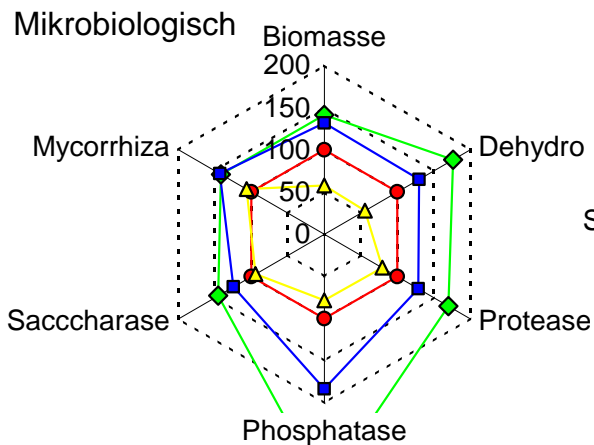
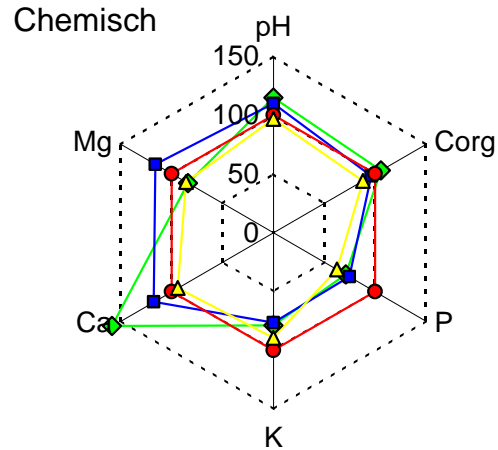
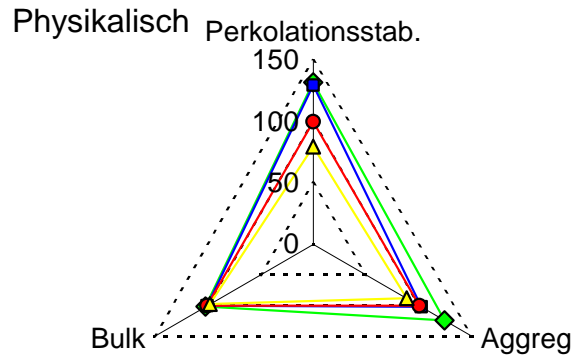


Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»



# 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](mailto:info.suisse@fibl.org), [www.fibl.org](http://www.fibl.org)

Bio Suisse

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