



EINFÜHRUNG IN DEN ÖKOLOGISCHEN PFLANZENBAU

Besonderheiten des ökologischen Landbaus im Bereich Pflanzenbau

Pflanzenbau

- Fruchtfolgen
- Düngung
- Bodenbearbeitung
- Beikrautregulierung Kulturartenvielfalt
- Saat- und Pflanzgut
- Saatmenge/Saattermin
- Ertragsniveau
- Grünland

Pflanzenschutz

- Optimierung von Anbau- und Kulturmaßnahmen
- Förderung des antiphytopathogenen Potentials des Bodens
- Erhöhung der Diversität des Pflanzenbestandes
- Biologische Schädlingsbekämpfung
- Anwendung natürlicher Substanzen als Pflanzenpflegemittel

KONSEQUENZEN AUS DER NICHTANWENDUNG INSBESONDERE VON MINERALDÜNGERSTICKSTOFF



Leitbild zur Betriebsorganisation in der ökologischen Landwirtschaft

- » **Der idealtypische Öko-Gemischtbetrieb:**
- » **Ausgewogene Tierhaltung und Düngieranfall:**
~ 1 Großvieheinheit Rind pro Hektar Nutzfläche
- » **Leguminosenanteil als Systembasis:**
~ 25–33 % Leguminosen (Klee gras, Luzerne, Ackerbohnen etc.)
- » **Nährstoffkreislauf schließen:**
Stallmist-/Gülledüngung als zentrale Form der organischen Düngung
- » **Kreislauforientierung als Leitprinzip:**
Pflanzenbau → Futter → Tierhaltung → Mist → Bodenfruchtbarkeit
- » **Ziel: Standortangepasste, ressourcenschonende und nachhaltige Produktion**, die möglichst unabhängig von externen Betriebsmitteln funktioniert

Notwendigkeit des(Futter-) Leguminosenanbaus

Bindung von Luftstickstoff als Ersatz für Mineraldünger-N, Futterversorgung, Unkrautunterdrückung, Biotopfunktion für Nützlinge, Bodenruhe, fördert Bodenleben, steigert Humusgehalt, verbessert Bodenstruktur, Feindpflanzen für Nematoden ...



Foto: KP Wilbois



Pflanzenbauliche Vorteile von Futterleguminosen bei Verzicht auf Mineraldünger-N

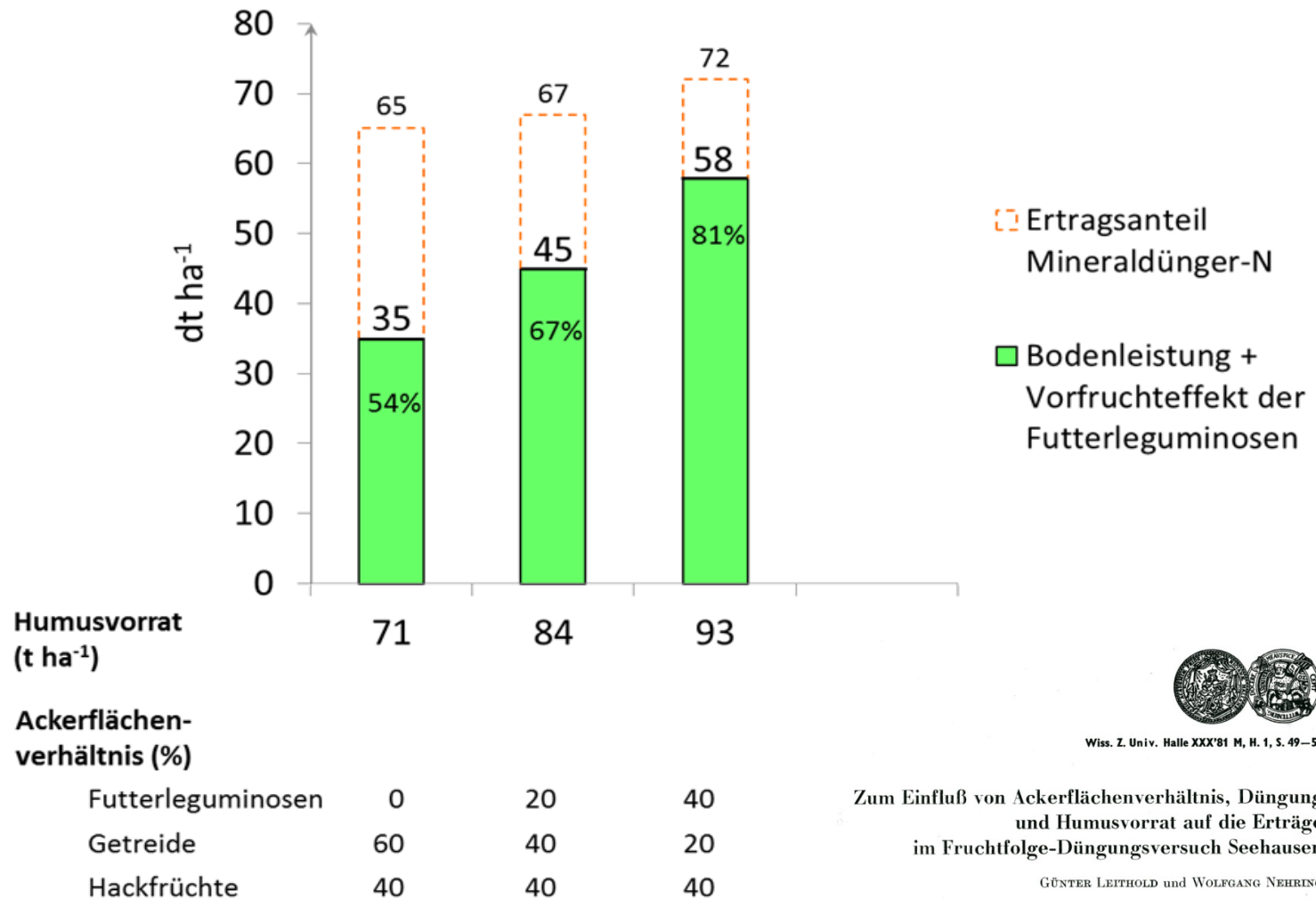


Abbildung 2.1: Ertrag von Winterweizen (t ha⁻¹) in Abhängigkeit vom Anteil an Futterleguminosen in der Fruchtfolge (Fruchtfolge-Düngungs-Versuch Seehausen, 3. Rotation, im Mittel des 16. – 18. Versuchsjahres)



Welche Rolle spielt die Rinderhaltung in diesem klassischen Leitbild?

Rinder verwerten die Biomasse von Klee- und Luzerne-(Gras) und helfen somit den landwirtschaftlichen Stoffkreislauf zu schließen



In der Rinderfütterung zeichnen sich frische und getrocknete Luzerne oder Rotklee durch gute Eiweißverfügbarkeit aus.

dafa: Fachforum Leguminosen, S. 40

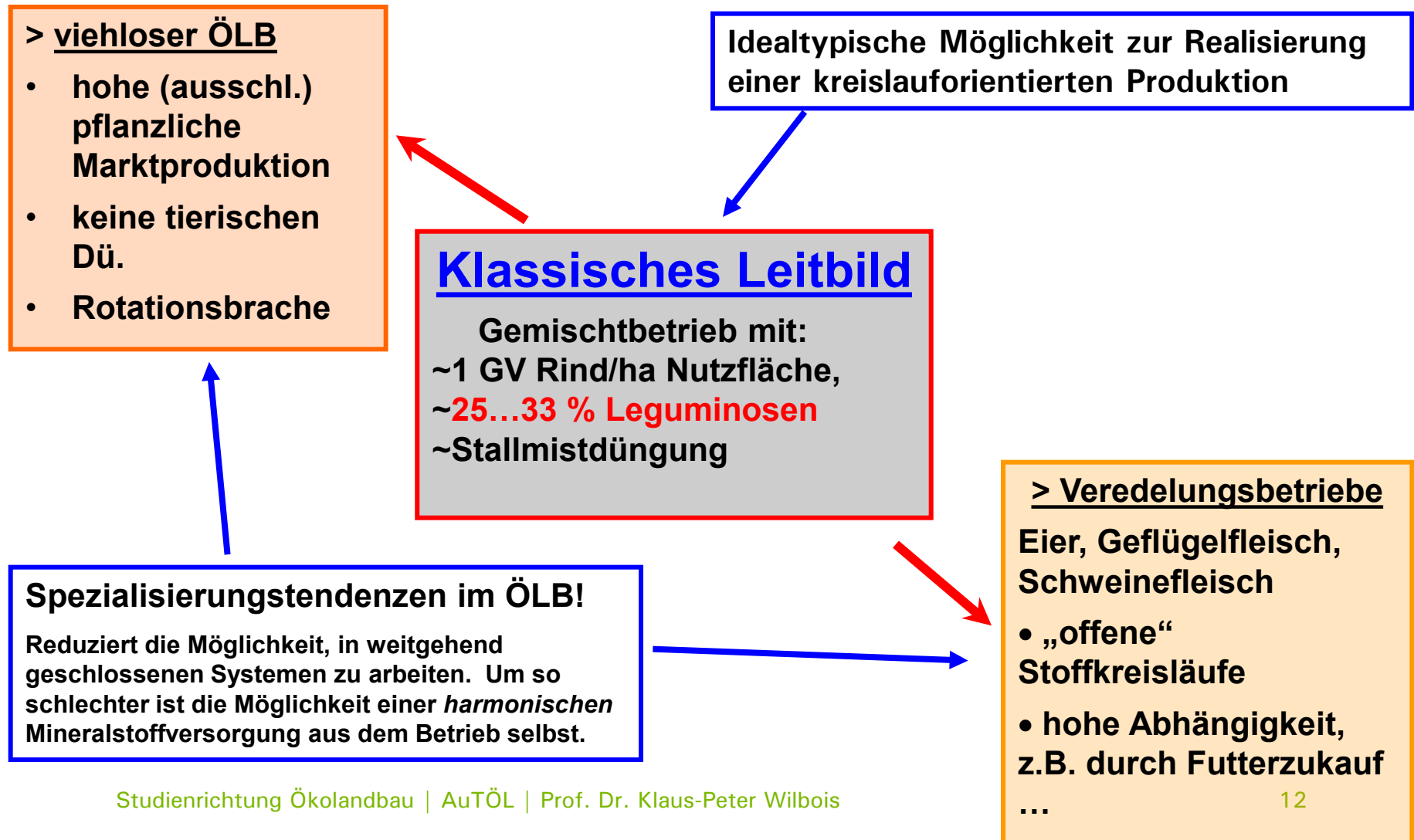
Bedeutung der Rinderhaltung in der Öko-Landwirtschaft

- » Rinder wirken positiv auf die Fruchtbarkeit des Ackerlandes ein: "Rinder als Fruchtbarkeitsspende für das Ackerland"
- » Die Rinderhaltung ermöglicht die Nutzung von rohfaserreichen, vom Menschen nicht direkt verwertbarem Grobfutter
- » Durch ein Jahresfutterregime, das reich ist an Produkten des Futterleguminosenanbaus (Klee, Luzerne ...), werden Überschüsse an Humus und organisch gebundenem N erzeugt. Diese kommen wiederum der Produktion von humuszehrenden und stickstoffverbrauchenden Hackfrüchten und Getreide zugute
- » Futterleguminosen und Rinder tragen erheblich zur Schließung des landwirtschaftlichen Stoffkreislauf bei



SPEZIALISIERUNG UND DAS KLASSISCHE LEITBILDES DES ÖKOLANBAUS

Leitbild zur Betriebsorganisation und Abweichungen davon



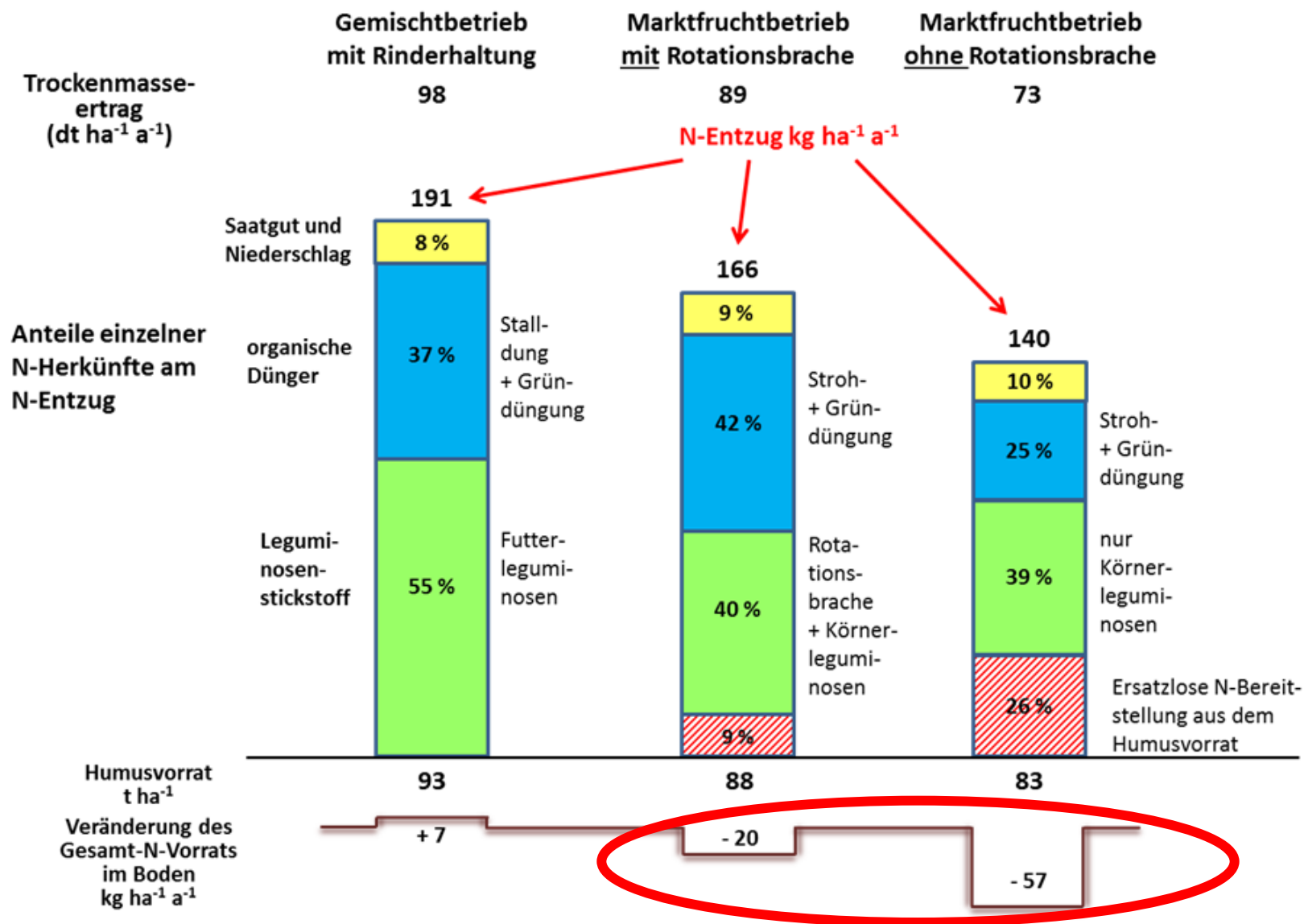


Abbildung 4.2: N-Entzug und N-Ersatz in unterschiedlichen Betriebssystemen im Ökologischen Ackerbauversuch Gladbacherhof, 2. Rotation von 2004–2009, alle Angaben im Rotationsmittel – Fruchtfolgeleistung



DIE NICHTANWENDUNG CHEMISCHER BETRIEBSMITTEL UND DEREN GRÜNDE



Warum ein Verzicht auf chemisch-synthetische Düngemittel und Pflanzenschutzmittel (1)

Aus der Sicht der Pflanzenernährung

Möglichkeit des Verzichtes durch Ersatzwirkungen:

- » Luftstickstoffbindung durch Leguminosenanbau
- » Phosphoraufschluss durch Mykorrhizapilze
- » K- und P-Aufschluss durch organische Säuren aus Pflanzenwurzeln und Bodenorganismen („aktive Nährstoffmobilisierung“)

Leicht lösliche Mineraldünger können diese Effekte stören; einige sind jedoch zulässig, wenn sie aus natürlichen Lagerstätten kommen!

Warum ein strikter Verzicht auf chemisch-synthetische Düngemittel und Pflanzenschutzmittel (2)



Aus der Sicht der menschlichen Gesundheit und des Umweltschutzes

- » **Minimierung schädlicher Rückstände** im Boden, im Trinkwasser, in der Luft und in den Nahrungsmitteln
- » **Senkung des Energieeinsatzes** in der Landwirtschaft
- » **Schonung von Lagerstätten (P)**
- » **Nutzung vorhandener Nährstoffreserven** im landwirtschaftlichen Stoffkreislauf
- » **Transportvermeidung**

Warum ein strikter Verzicht auf chemisch-synthetische Düngemittel und Pflanzenschutzmittel (3)

Aus sozialer Sicht

- » **Schaffung von Arbeitsplätzen im ländlichen Raum**

Aus ernährungsphysiologischer Sicht

- » **gesündere Nahrungsmittel (teilweise nicht belegt) durch:**
 - » „harmonischere“ Zusammensetzung der Lebensmittel
 - » **Rückstandsarmut (belegt)**
 - » höheren/besseren Geruch, Geschmack, Bekömmlichkeit, Sättigungswert
 - » gute Haltbarkeit

BODENFRUCHTBARKEIT UND HUMUSGEHALT

Einfluss des Humus auf wichtige Bodeneigenschaften



physikalische Eigenschaften:

- Bodenwiderstand
- Wasserhaushalt
- Wärmehaushalt
- Krümelstabilität

chemische Eigenschaften:

- Nährstoffhaltevermögen
- Redox-Potential
- Bodenreaktion
- Pufferung

biologische Aktivität:

- Bindung und Freisetzung von Nährstoffen
- Gewährleistung der phytosanitären Regulationsfunktion des Bodens

Humus

Definition Humus:

- die im und auf dem Boden befindliche abgestorbene (postmortale) organische Substanz (Müller, G.)
- Gesamtkomplex aller organischen Substanz im Boden, die dort biochemischen Abbau- und Umwandlungsprozessen unterliegt (Sauerbeck, D.)

Vorrat in mineralischen Ackerböden:

1,0 bis 8 (15) % der Bodentrockenmasse
30 bis 240 (450) t/ha

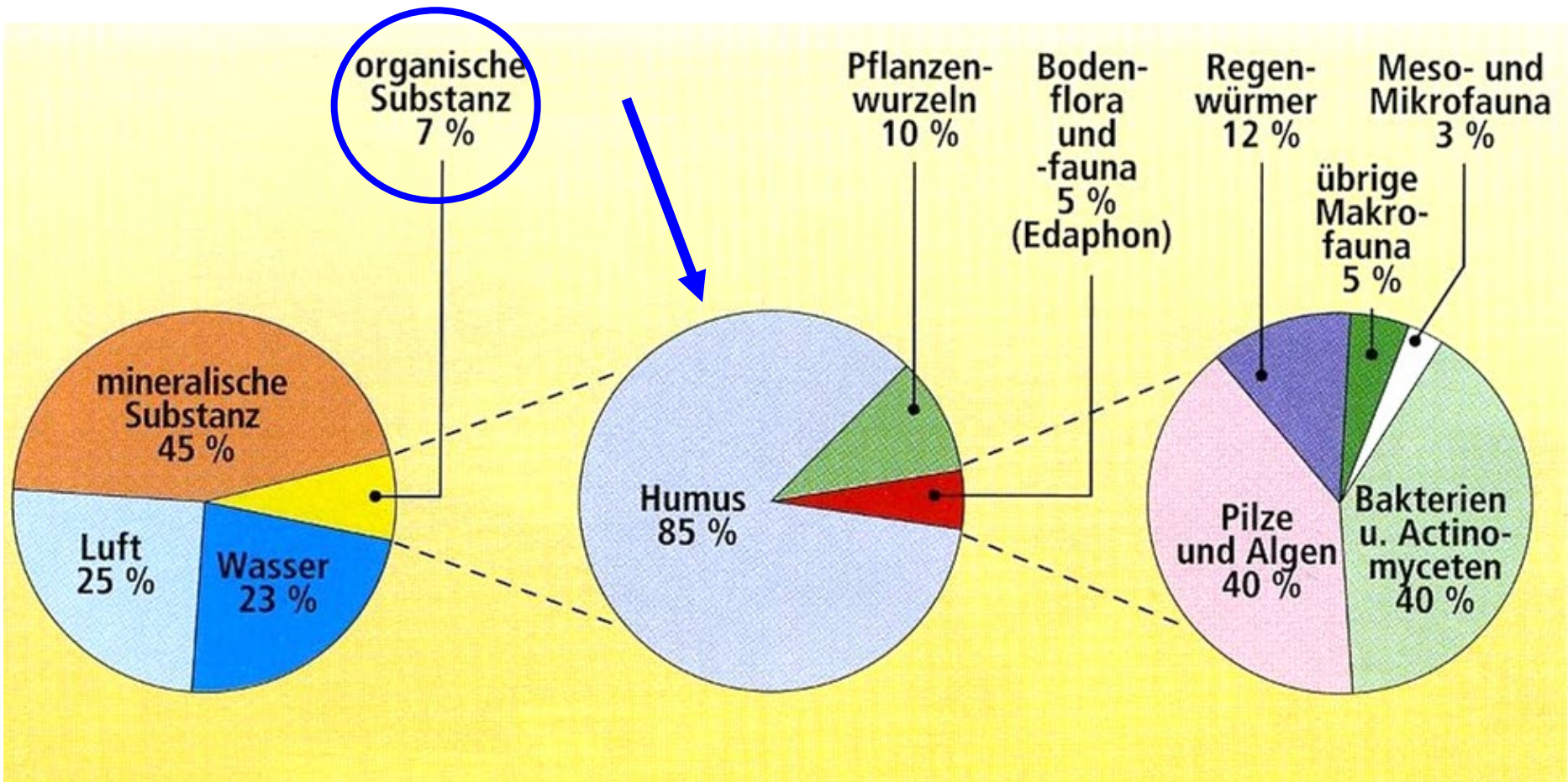
Messung:	$C_t \cdot 1,724$	$[\triangleq 58 \% \text{ C in Humus-TM}]$
	$N_t \cdot 20$	$[\triangleq 5 \% \text{ N in Humus-TM}]$

Tab. 3.23: Einteilung der Böden nach dem Humusgehalt (nach Kartieranleitung)

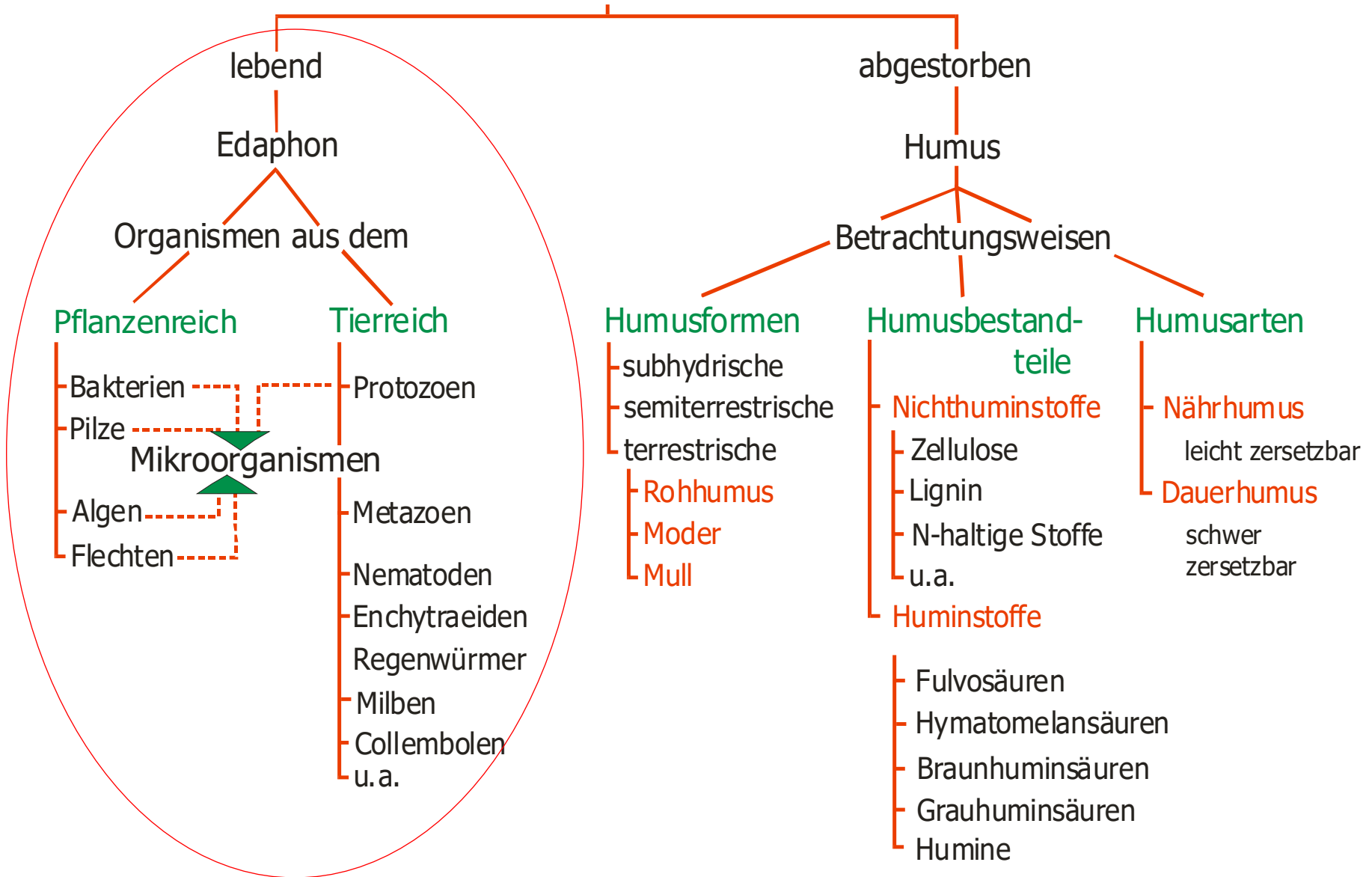
Bezeichnung der Böden	Abkürzung	Färbung	Humusgehalt in % A _p -Horizont	Humusvorrat der Krume T/ha ¹
sehr schwach humos	h''		< 1 Gew.-%	< 30
schwach humos	h'	hellgrau	1 - 2	30 - 60
humos	h	grau	2 - 4	60 - 120
stark humos	$\bar{h}$	dunkelgrau	4 - 8	120 - 140
sehr stark humos	$\bar{\bar{h}}$	schwarz	8 - 15	240 - 450
anmoorig	a		15 - 30	-
Torf	H		30	-

¹ errechnet aus der Durchschnittsmasse der Krume (0 - 20 cm) bei Mineralböden von 3.000.000 kg/ha

Wiesenboden mit 7% Humus (nach Schröder)



Organische Bodensubstanz



Tab. 55. Menge und Gewicht (g) der Kleinlebewesen je m² bis 3 dm Tiefe (in Anlehnung an Lieberoth 1981)



	Anzahl		Gewicht	
	Mittel	Optimum	Mittel	Optimum
Mikroflora			200	2000
Bakterien	10 ¹²	10 ¹⁴	50	500
Aktinomyceten	10 ¹⁰	10 ¹³	50	500
Pilze	10 ⁸	10 ¹²	100	1000
Algen	10 ⁶	10 ¹⁰	1	15
Mikrofauna			10	100
Flagellaten	5 × 10 ¹¹	10 ¹²		
Rhizopoden	10 ¹¹	5 × 10 ¹¹		
Ciliaten	10 ⁶	10 ⁸		
Mesofauna			2,5	50
Nematoden	10 ⁶	2 × 10 ⁷	1	20
Milben	10 ⁵	4 × 10 ⁵	1	20
Springschwänze	10 ⁴	4 × 10 ⁵	0,5	10
Makrofauna			50	500
Enchytraeiden	10 ⁴	2 × 10 ⁵	2	25
Mollusken	5 × 10	10 ³	1	30
Asseln u. Spinnen	10 ²	5 × 10 ²	1	2
Insekten m. Larven	10 ³	2 × 10 ⁴	4	35
Regenwürmer	10 ²	10 ³	40	400
Wirbeltiere	10 ⁻³	10 ⁻¹	2	8

Edaphon ohne lebende Wurzeln

260 ----- 2650

2,6 Tonnen FM je ha

5 GV/ha

1 GV = 500 kg LM

Kuntze, H. et al. (1988):
Bodenkunde, S. 192



Pro Hektar Ackerland
findet man bis zu

5 t

an **lebenden Organismen.**

Waldboden ist fünfmal
lebendiger:

Dort finden sich bis zu 25 t
Lebewesen je Hektar.²⁾

top agrar 4/2016, S. 18



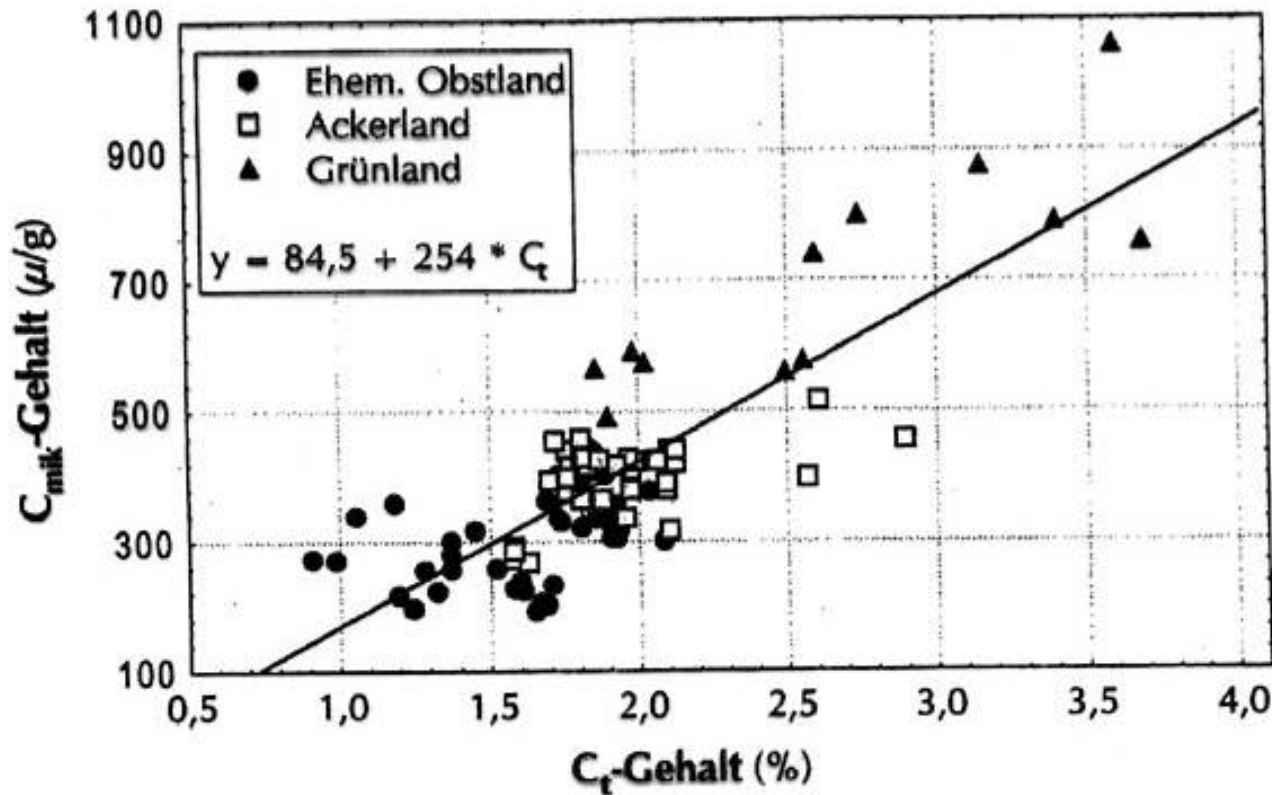
Enzymwirkungen

Dehydrogenase	- zur Oxidation organischer Verbindungen durch Abspalten von H-Ionen
Katalase	- spaltet H_2O_2 in H_2O und O_2
Phosphatase	- zur Mineralisierung org. P-Komponenten zu Orthophosphat
Cellulase	- zum Zelluloseabbau
Xylanase	- zum Xylanabbau
Urease	- Abbau von Harnstoff zu NH_3
Saccharase	- Zuckerabbau
Invertase	- Zuckerabbau
β-Glucosidase	- Zuckerabbau

Chitinase - Abbau von Chitin

Lipase - Abbau von Fetten

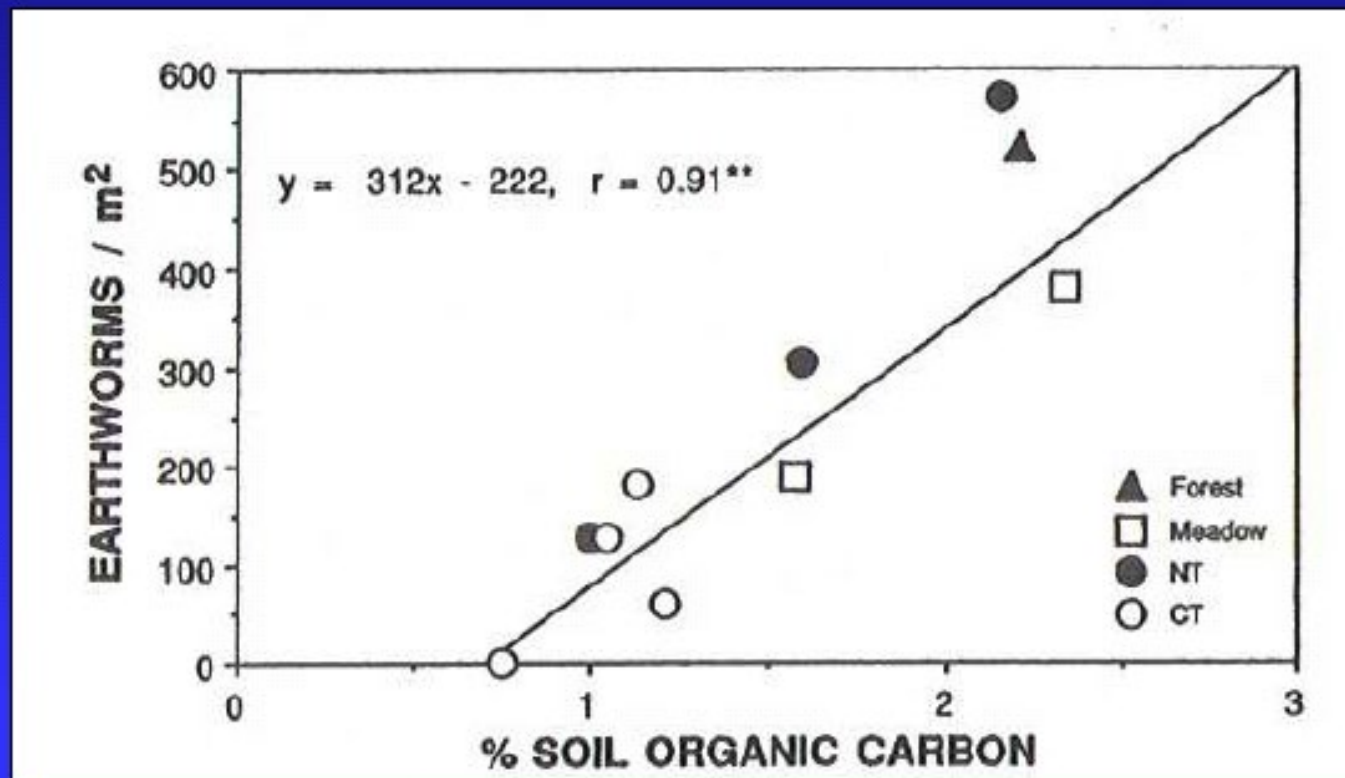
Hoher Humusgehalt - hohe mikrobielle Aktivität



4: Beziehung der N_t - und C_{mik} -Gehalte zu den C_t -Gehalten, Schicht 0-30cm,
Herbst 1998

Hülsbergen, K.-J. u. W. Diepenbrock
(Hrsg.) (2000): Die Entwicklung von
Fauna, Flora und Boden nach
Umstellung auf ökologischen
Landbau. S. 76

Enge Beziehung zwischen dem C_{org} -Gehalt des Bodens und Regenwurmabundanz



Hendrix 1992



Bild 1: Der Regenwurm sucht Nahrung (Pflanzenreste) auf der Bodenoberfläche und schafft offene Röhren (Bioporen), die tief in den Unterboden reichen (Foto Stephan Brand LLH).

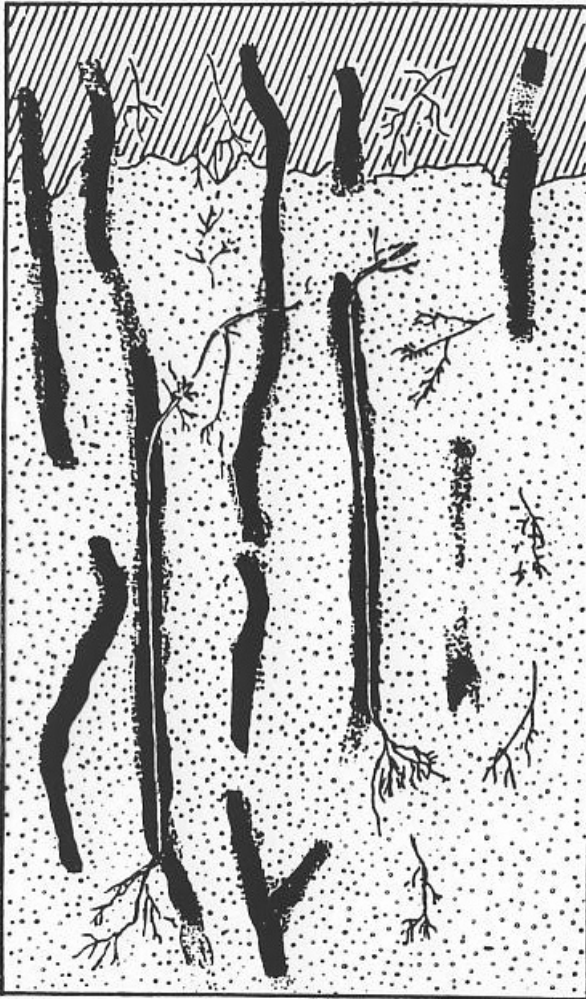


Abb. 41. Profil eines Weidebodens mit Gängen von *Lumbricus terrestris*. Rhizome von *Agropyron repens*

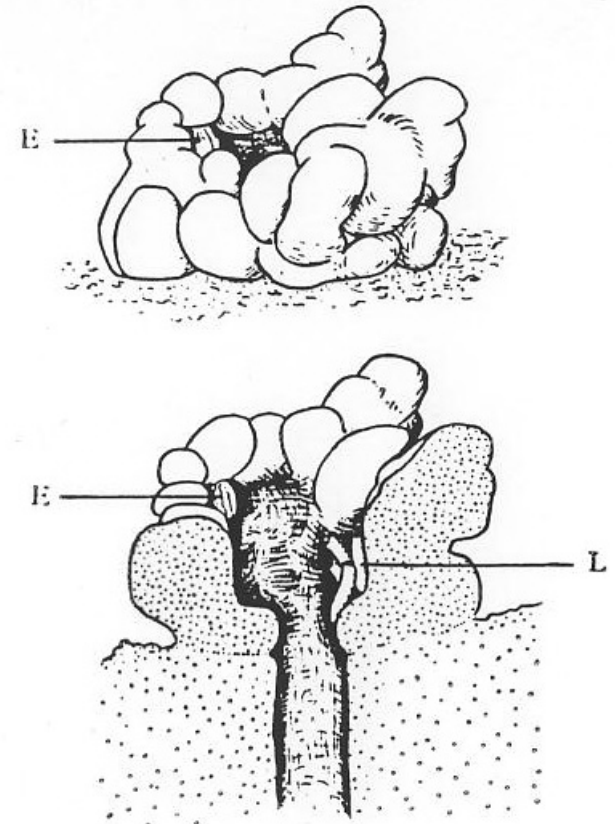


Abb. 40. Lossungskrümel eines Regenwurms mit frisch abgelegten Larven von *Sarcophaga carnaria* (nach A. EBERHARDT 1955)

Oben Aufsicht, unten Längsschnitt, E = Eihüllen, L = Larven

Umlagerung von Boden und Produktion von Losung



100 t/ha (Graff 1983)

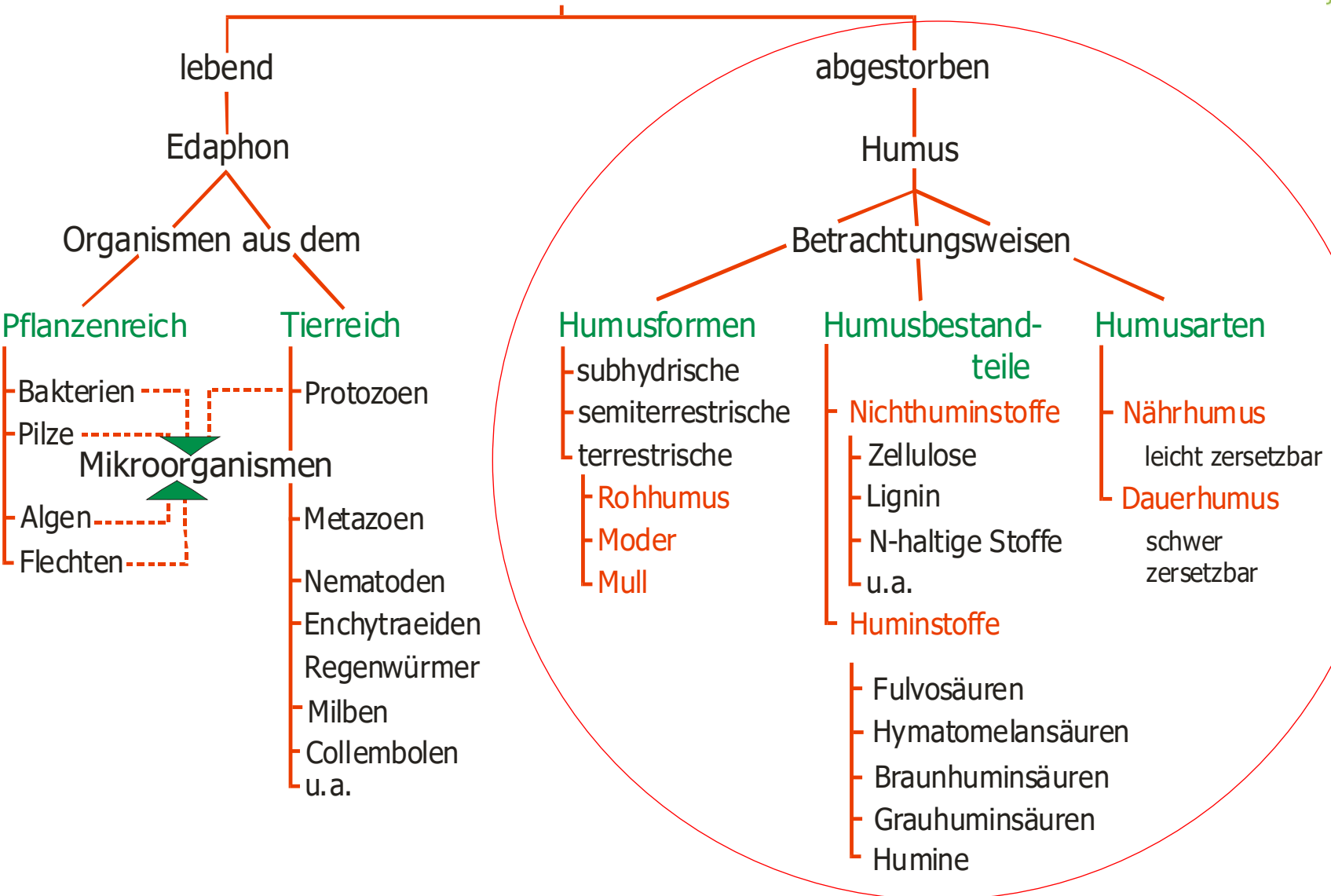
Regenwürmer und ihre Tätigkeit im Acker

(Durchschnittswerte)

	Bodenbearbeitung	
	konventionell (Pflug)	konservierend
Individuen/m²	10	30
Biomasse g/m²	38	62*
Umlagerungsleistung kg/m²/Jahr	3	10
Regenwurmgänge/m² Krume	18	40
Unterboden	32	70

* entspricht 620 kg/ha = 1,24 GVE/ha

Organische Bodensubstanz



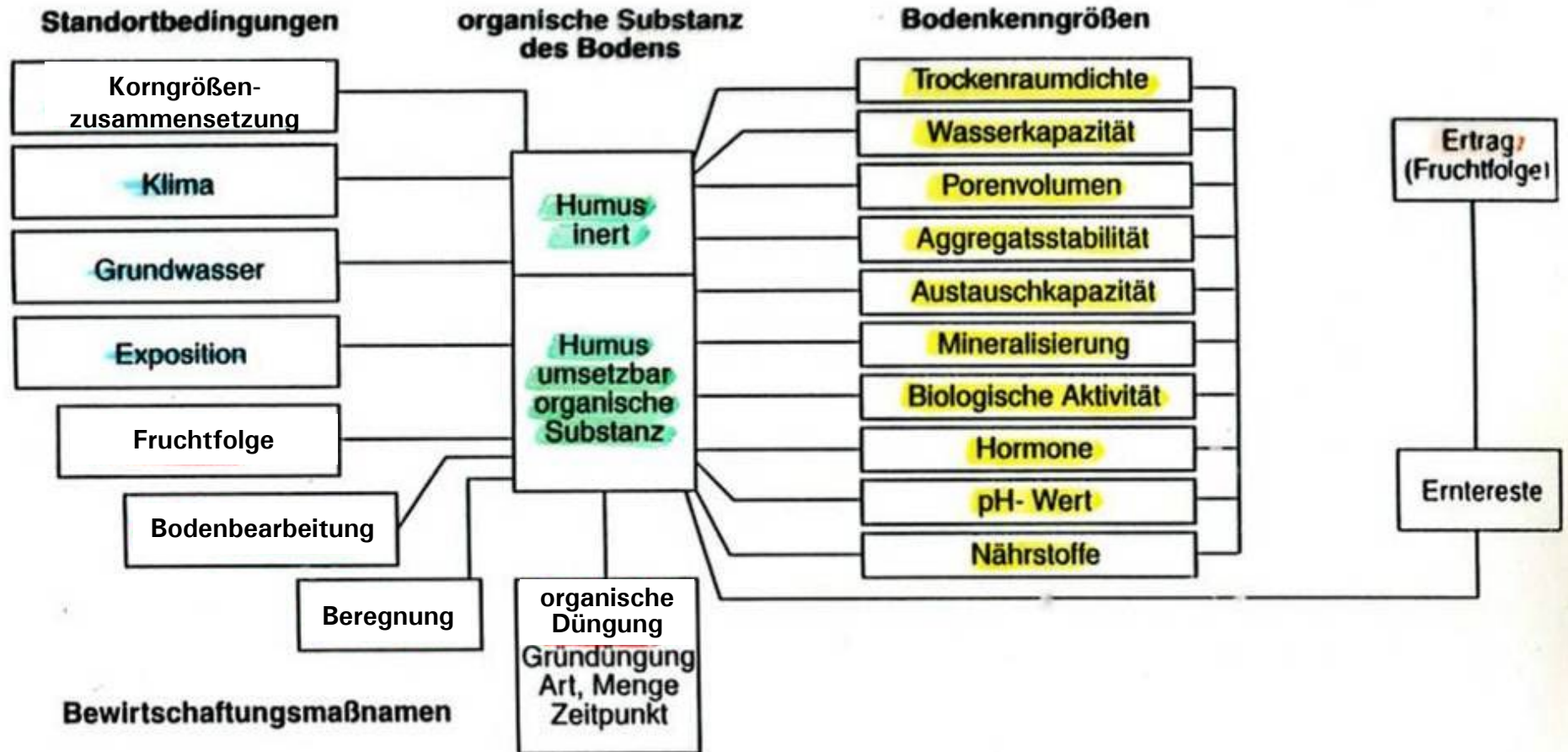
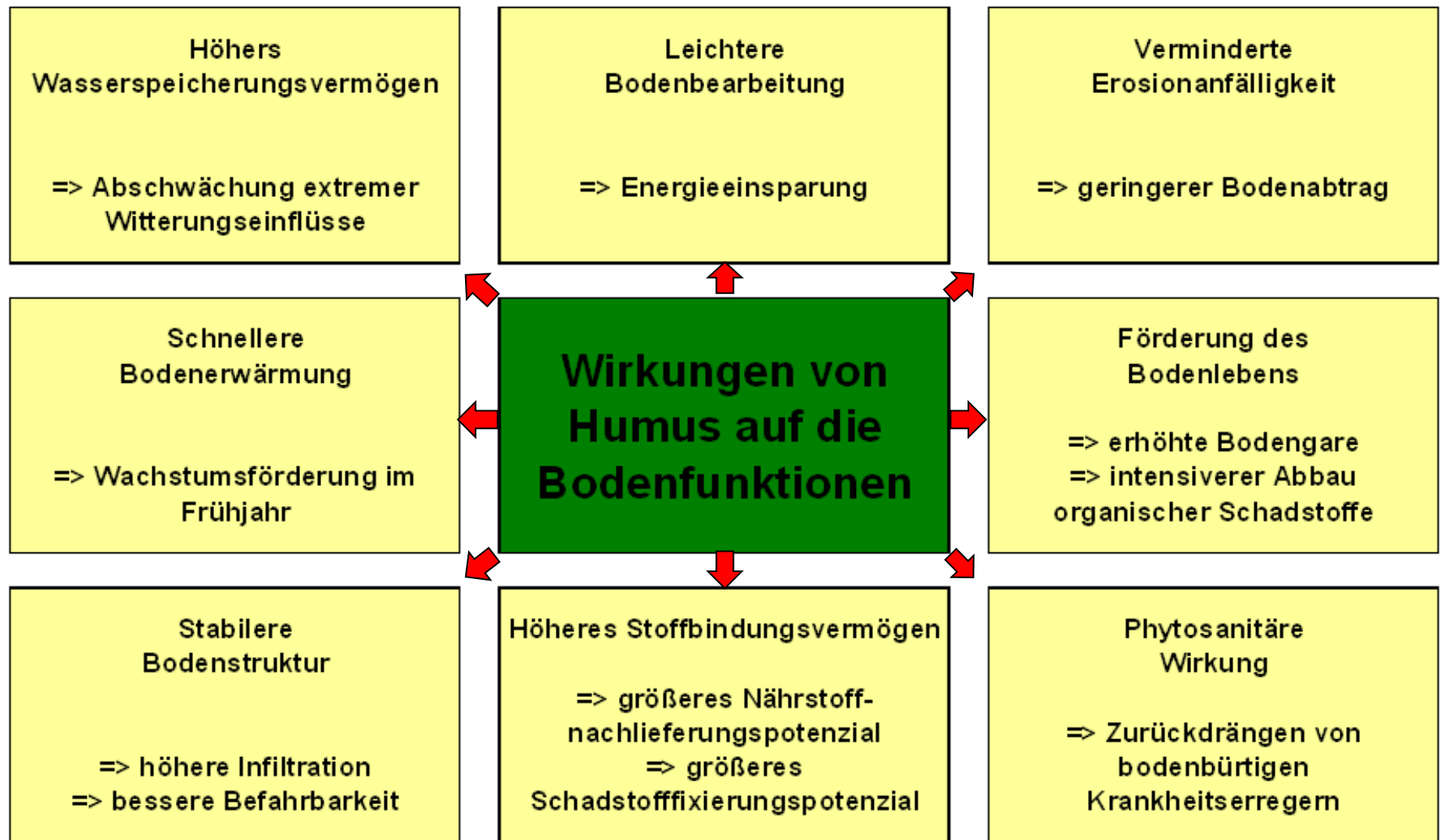


Abb. 9.2. Die organische Substanz des Bodens in ihrer Beziehung zu den Standortbedingungen, den Bewirtschaftungsmaßnahmen und den Bodeneigenschaften (Interaktionen nicht dargestellt) (KÖRSCHENS und BUS 1982).

Abbildung 2: Die acker- und pflanzenbaulichen Funktionen von Humus im Boden (erweitert nach Rogasik & Reinhold, 2006)





EFFEKTE AUF DIE BODENSTRUKTUR

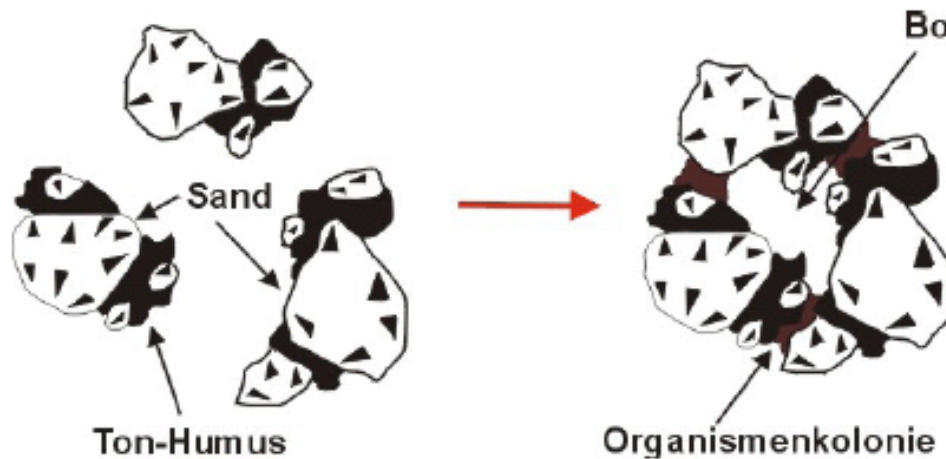


Humusgehalt und Bodenstruktur

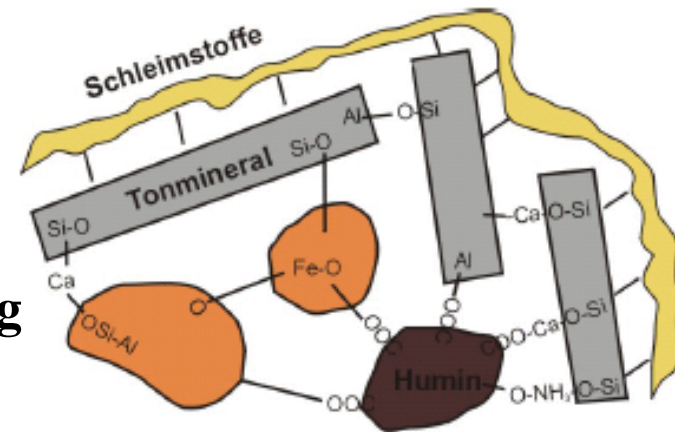
- » Humusgehalt bestimmt das Ausmaß der Krümelbildung und die Stabilität der Aggregate
- » krümelbildende Wirkung beginnt mit dem mikrobiellen Abbau der OPS (Ernte- und Wurzelreste, org. Düng. ...)
- » Lebendverbauung mit Pilzhyphen, Bakterienzellen und Polysacchariden als Bindesubstanz,
 - » nach Absterben der Mikroorganismen allmählicher Rückgang der Aggregatstabilität
- » wurzelreiche Pflanzen, lange Beschattung sowie organische Düngung und Kalkung begünstigen Mikrobentätigkeit und damit Krümelbildung

Beispiel eines Ton-Humuskomplexes mittels Lebendverbauung

(Quelle: www.geo.unizh.ch)



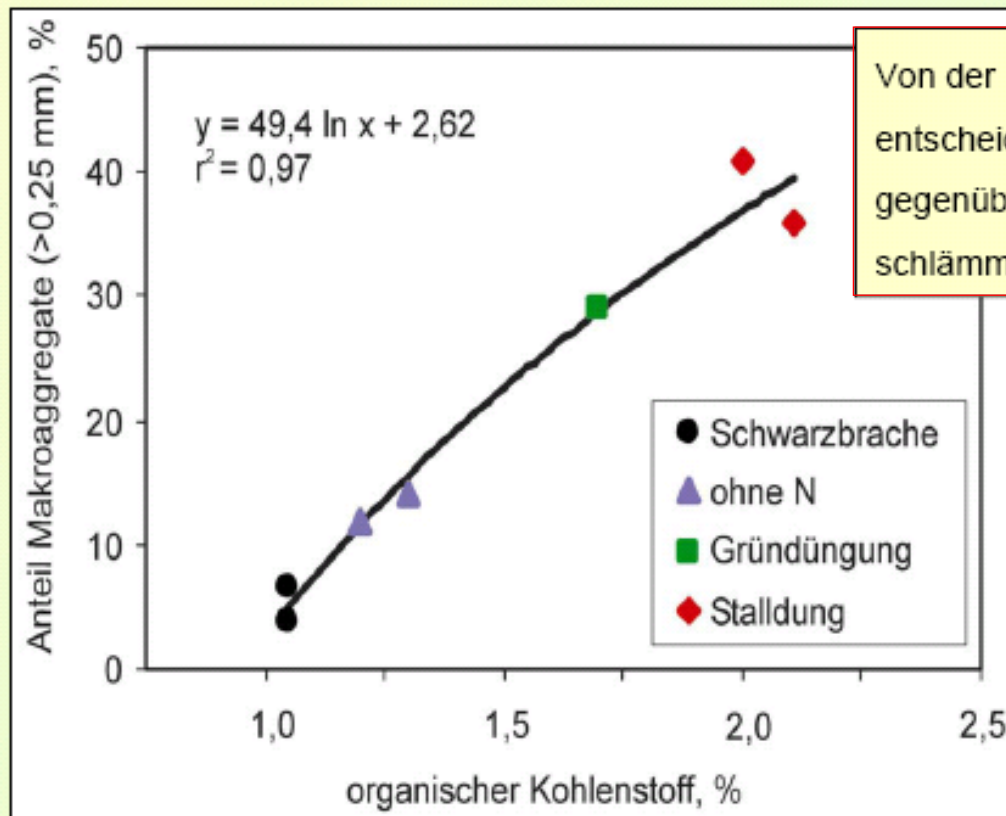
Krümel 2. Ordnung



Bindungstypen von Ton-Humus Komplexen:

- Anionen- und Ligandenaustausch
- Kationen- oder Wasserbrücken
- Van der Waals Kräfte
- Einschluss im Kristallgitter
- Adsorption in Innenschichträumen
- H-Bindung (funktionelle Gruppen)

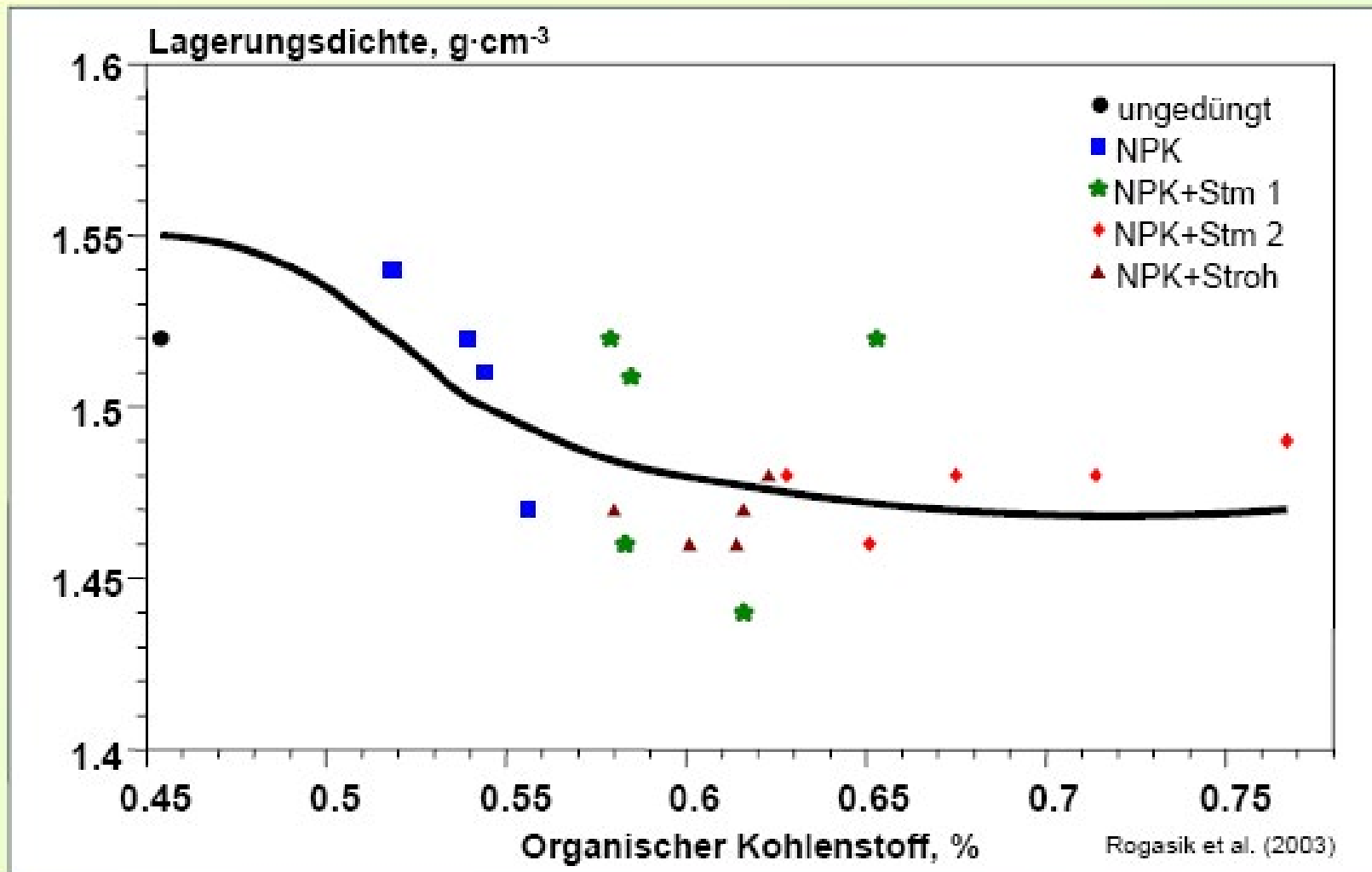
Humusgehalt und Aggregatstabilität



Von der Aggregatstabilität hängt entscheidend die Empfindlichkeit gegenüber Oberflächenver-
schlammung und -verkrustung ab.

modifiz. n. Gerzabek et al. (1995)

Humusgehalt und Lagerungsdichte



Müncheberg: diluvialer Sandboden

**Bodenkonsistenz: Ausdruck der Festigkeit des Bodens.
Sie bestimmt seinen Widerstand gegen Verdichtung,
aber auch gegen die strukturschaffende Wirkung
der Bodenbearbeitungsgeräte**

Bodenkonsistenz = f	(Wasser,	Textur,	Struktur,	Humus)
	hat stärkste aktuelle Wirkung	S,L,T	Einzelstruktur Krümelstruktur Bröckelgefüge	tote organi- sche Boden- substanz + Boden- leben



**Bearbeitbarkeit und Befahrbarkeit
des Bodens verbessert.**

Eine gute Humusversorgung stärkt den Bodenwiderstand gegen Boden(schad)verdichtung

Hohe Wahrscheinlichkeit der Boden(schad)-verdichtung unter Praxisbedingungen durch:

- » hohe Radlasten
- » hohe Kontaktflächendrücke
- » große Überrollhäufigkeit
- » längere Fahrwege durch große Schläge
- » Vorgewende
- » Fahrgassen
- » Befahrung und Bearbeitung häufiger außerhalb der festen und halbfesten Bodenkonsistenz



BEDEUTUNG DES HUMUS FÜR DEN WASSER- UND WÄRMEHAUSHALT DES BODENS

Wasser- und Wärmehaushalt des Bodens in Abhängigkeit vom Humusvorrat

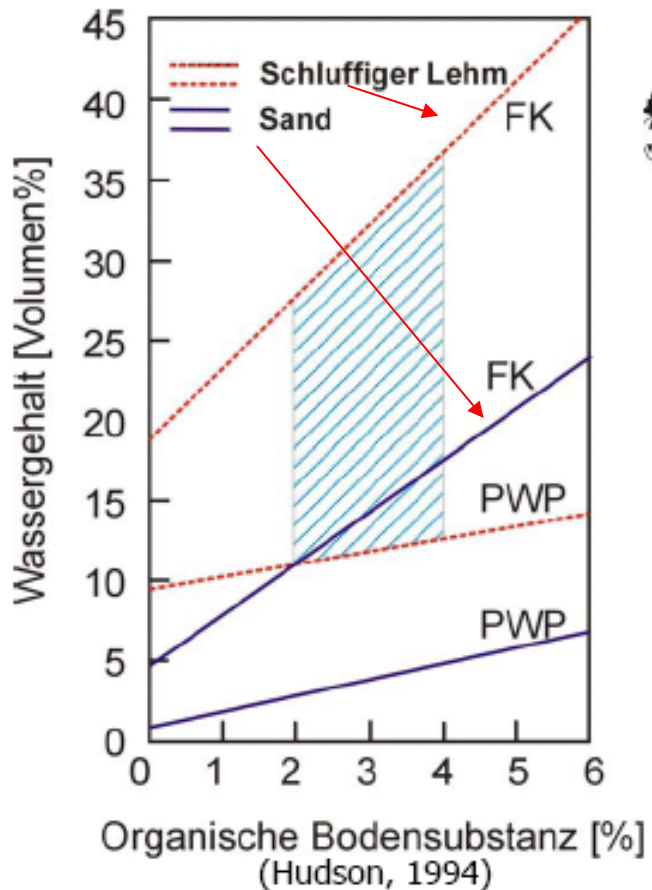


- » Humus speichert 5 bis 10 mal soviel Wasser wie anorganische Bodenbestandteile
- » in leichten Böden (Sand)
 - » Steigerung des Wasservorrates durch Vergrößerung des Humusvorrates (Vergrößerung der nWK)
 - » Anteil wasser- und luftgefüllter Mittelporen (0,2-10 μm) und wassergefüllter Feinporen ($< 0,2 \mu\text{m}$) wird erhöht
 - » bessere Wasserführung begünstigt Wärmehaushalt (spezifische Wärme des Wassers ist 2 bis 5 mal so hoch wie die der festen Bodenpartikel)

Wasser- und Wärmehaushalt des Bodens in Abhängigkeit vom Humusvorrat

- » in schweren Böden (Ton, Schluff)
 - » Verbesserung der Durchlässigkeit des Bodens für Wasser und Luft durch mehr Grob- und Mittelporen infolge eines höheren Humusgehaltes
 - » höhere Wärmeabsorption durch dunklere Farbe gleicht schwerere Erwärmbarkeit des Bodens (teilweise) aus

Ton-Humuskomplexe und Wasserbindung



➔ Ein höherer Gehalt an organischer Bodensubstanz erhöht den pflanzenverfügbaren Wassergehalt im Boden.

$$nWK = FK - PWP$$

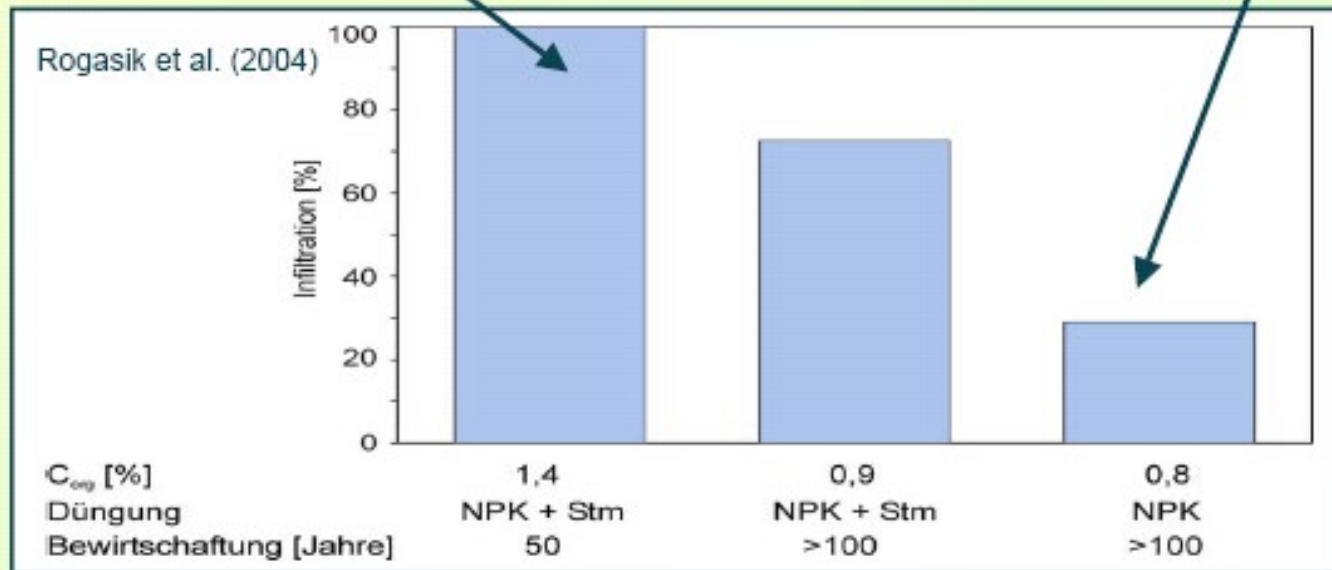
Management und Humusgehalt beeinflussen die Infiltration von Wasser in das Bodenprofil!



Gute Bodenstruktur mit Krümelgefüge und hohem Regenwurmbesatz bei optimalen Humusgehalten



Verdichtete Bodenhorizonte ohne stabiles Porensystem nach langjährig fehlender organischer Düngung



Weniger Erosion bei höherem Humusgehalt!



Humus = ein wichtiger Nährstoffspeicher

...

für Makronährelemente (N, P, S) und Mikronährstoffe (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl)

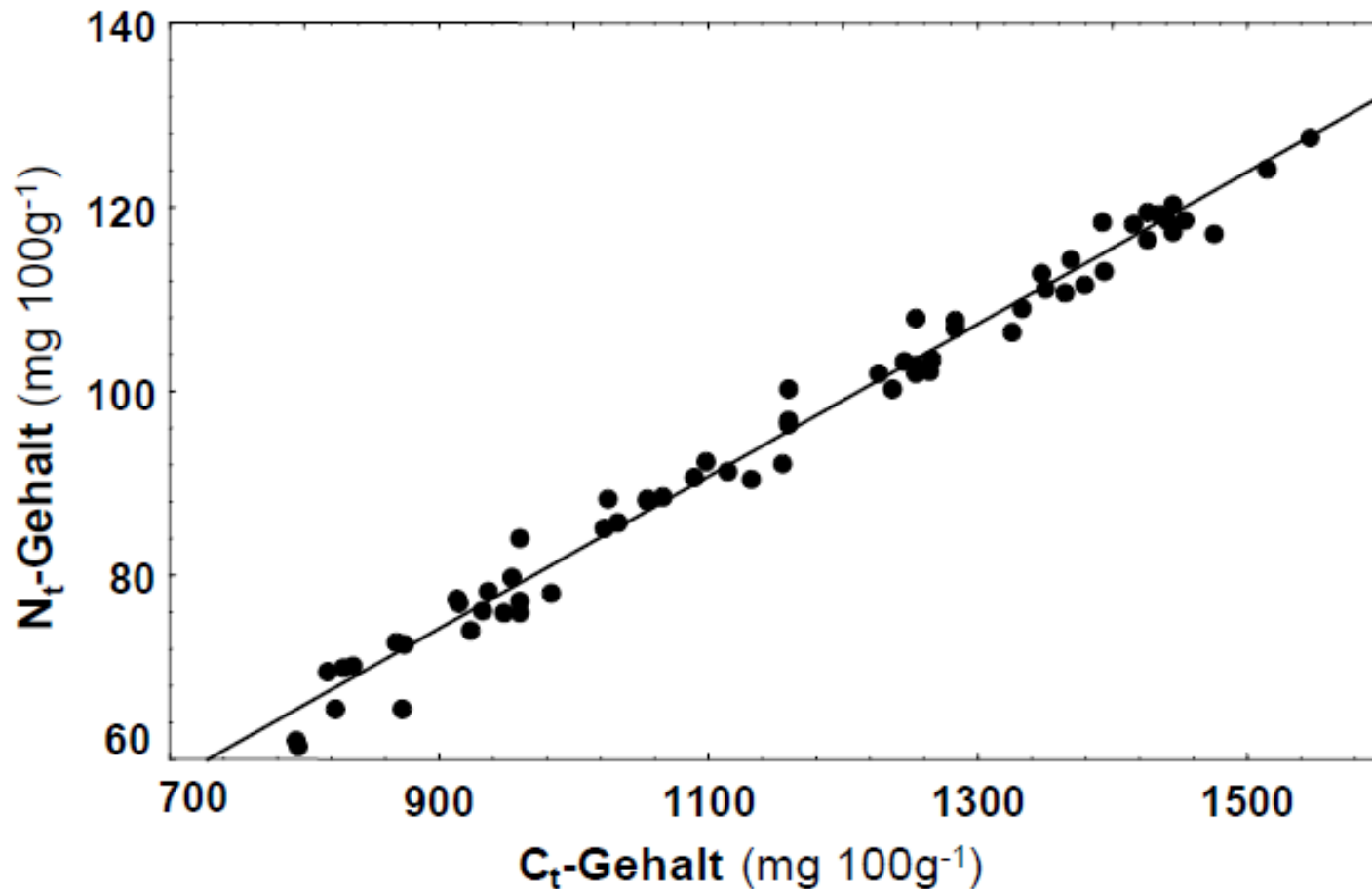
N ist zu >95%, S zu >90% und P zu ~50% in der organischen Bodensubstanz gebunden!

Modellrechnung zum potentiellen Beitrag von Humus zur Nährstoffversorgung

Speicher- und Transformationsfunktion

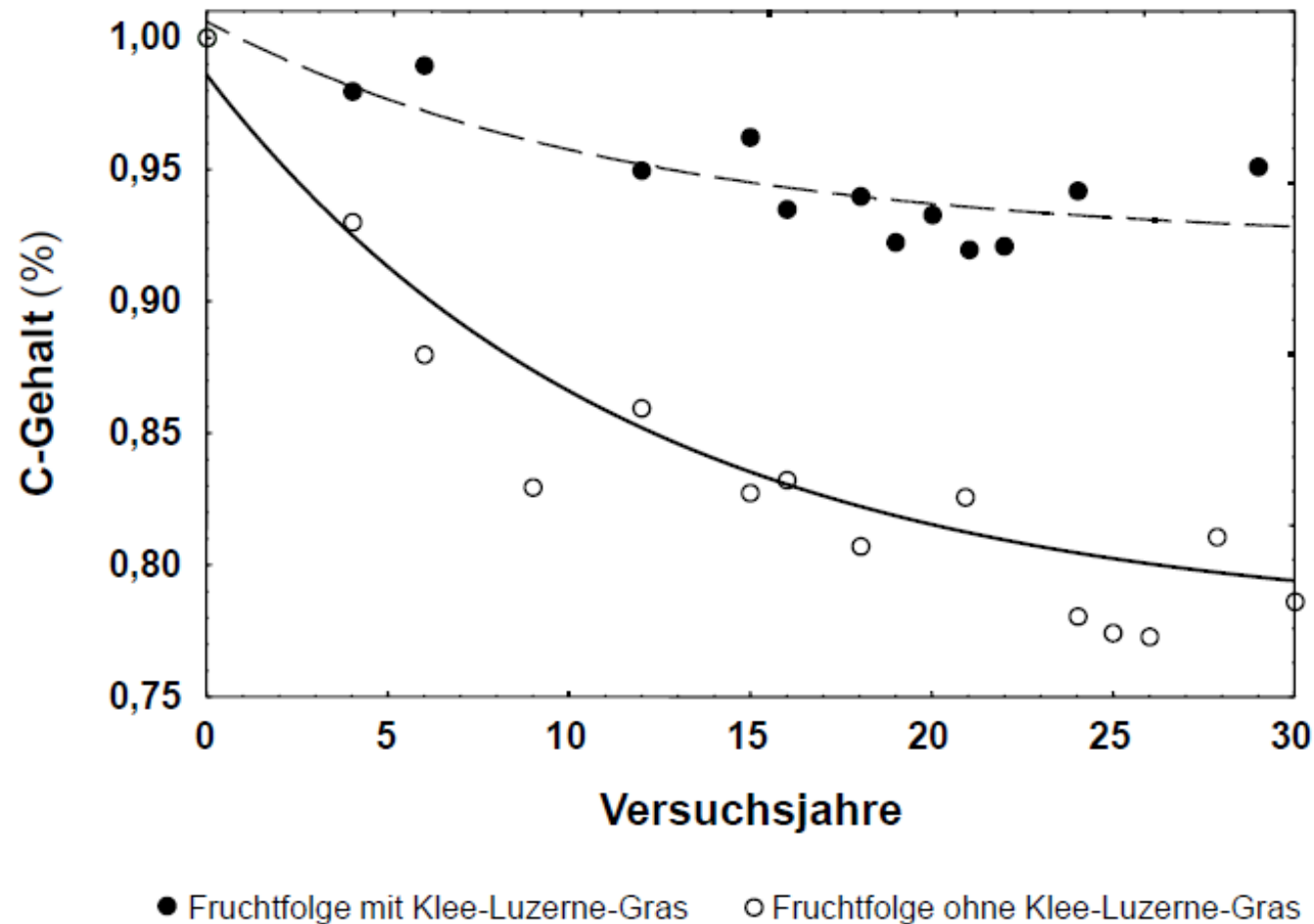
Modellrechnung: 4500 t/ha Boden [0-30 cm] bei LD = 1.5 Mg/m ³ 2 % OBS (90 t/ha)	im Humus enthalten [t/ha]	Freisetzung bei 3% Mineralisierung [kg/ha* a]
C-Gehalt (58%)	52.2	1566 (3*10 ³ m ³ CO ₂)
N-Gehalt (C:N=10)	5.2	157
P-Gehalt (C:P=~100)	0.52	17
S-Gehalt (C:S=80)	0.65	20

Beziehung zwischen C_t - und N_t -Gehalt im Boden



Quelle: Hülsgen, K-J. 2003

Relevanz von Klee gras für die Humusversorgung



Quelle: Hülsbergen, K-J. 2003

Humus als Speicher und Transformator für Stickstoff

- » Bis zu 98 % des Gesamt-N-Vorrates des Bodens ist im Humus organisch gebunden
- » Je nach Humusgehalt und Krümmenmächtigkeit sind dies zwischen 2.000 ... 20.000 kg/ha, die eine langsam fließende N-Ressource darstellen

Humus als Speicher und Transformator für Stickstoff

- » Gut mit Humus versorgte Böden haben ein durchschnittliches jährliches N-Nachlieferungsvermögen von ca. 100 kg/ha
- » Im Ackerbau werden damit ca. 50 % des Gesamt-N-Entzuges der Nichtleguminosen realisiert; dies steht für Wirkungsanteil des Bodens an der Ertragsbildung, Menge muss ständig wieder ersetzt werden – im Sinne der einfachen Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit