



Düngung als Nahrung für die Bodenfauna und Baustein der Bodenfruchtbarkeit

Elke Bloem

Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde



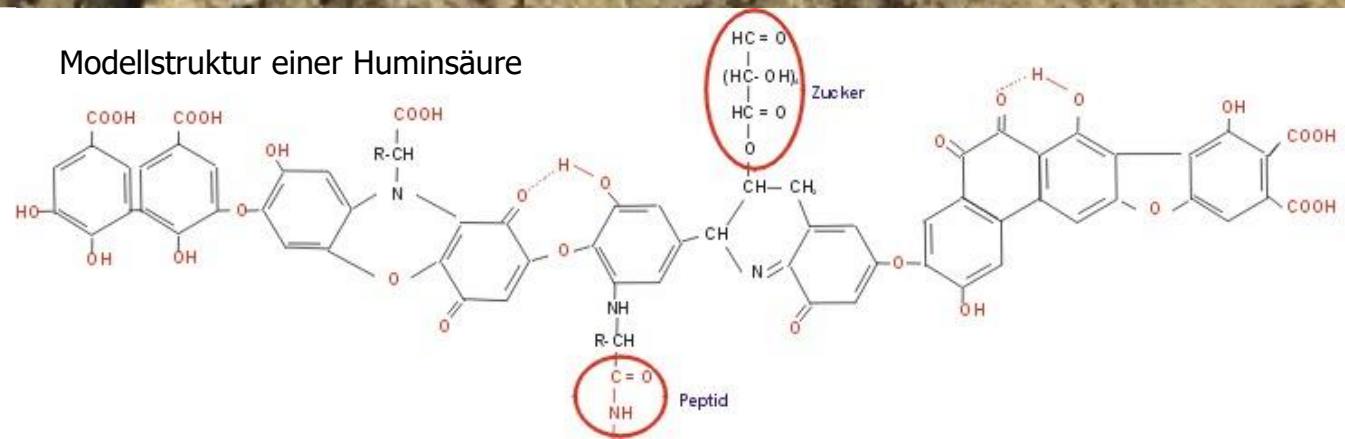
www.julius-kuehn.de

- *Ist die Fähigkeit eines Bodens, Pflanzen und Bodenorganismen als **Lebensraum** zu dienen und Pflanzenerträge zu generieren.*
- *Wichtige Standortfaktoren sind die **Nährstoffversorgung**, der **Wasserhaushalt**, **Durchlüftung** und **Durchwurzelbarkeit**.*
- *„Bodenfremde“ Faktoren wie Klima, Bodenbearbeitung, Düngung, Pflegemaßnahmen, Kulturpflanzen- und Sortenwahl bestimmen ebenfalls den Ertrag.*



Organische Bodensubstanz umfasst die im Boden integrierte lebende und abgestorbene organische Substanz, wobei die bodenbürtigen Kleinlebewesen das **Edaphon** bilden und die stabilisierte abgestorbene Substanz den **Humus** darstellt (Müller, 1980). Alle durch menschliche Tätigkeit in den Boden eingebrachten organischen Stoffe, wie Kompost, Mist oder Torf werden der organischen Substanz zugerechnet. Nach Umwandlungsgrad unterscheidet man zwischen Streu und Huminstoffen.

Modellstruktur einer Huminsäure

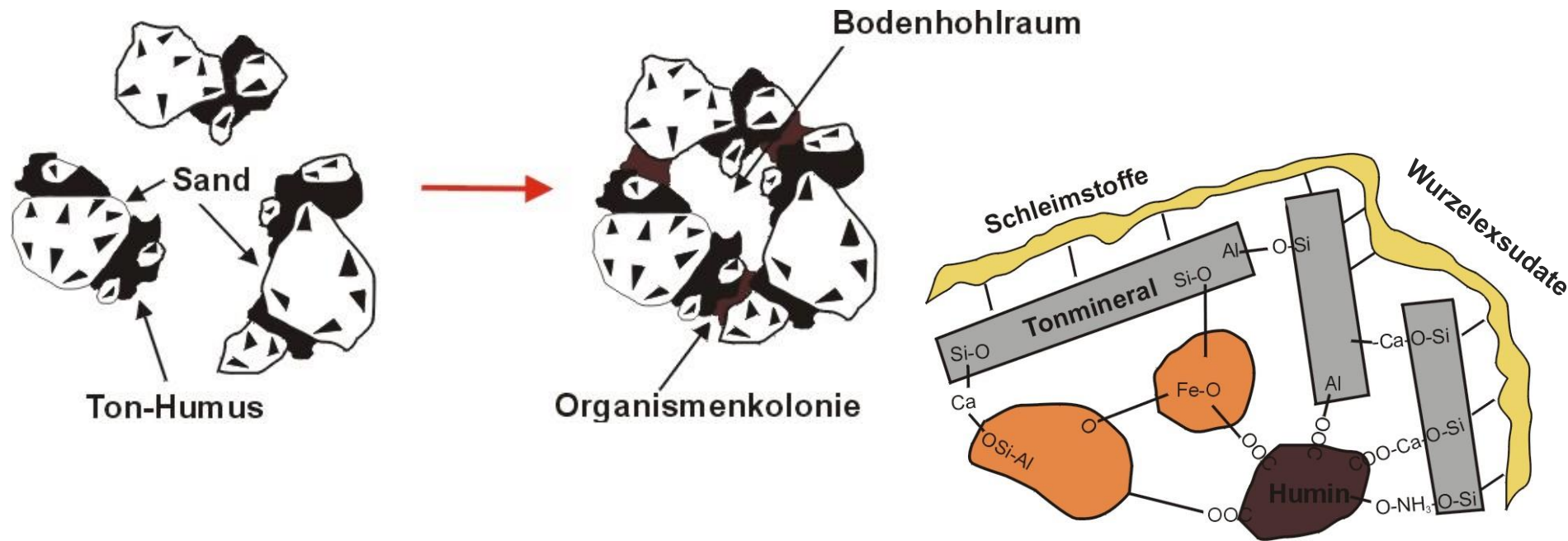


In einer Hand voll gesunder Erde leben Milliarden Mikroorganismen, Makromoleküle, Regenwürmer, Tauwürmer, Springschwänze, Algen, Pilze, Asseln.

In einem Hektar gutem Boden existieren 10 Tonnen Mikroorganismen

Beispiel eines Ton-Humuskomplexes mittels Lebendverbauung

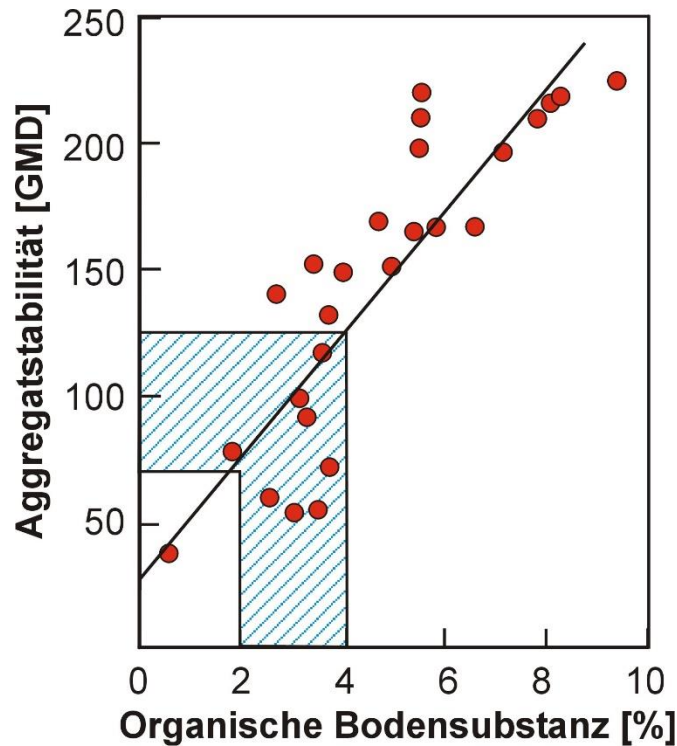
(Quelle: www.geo.unizh.ch)



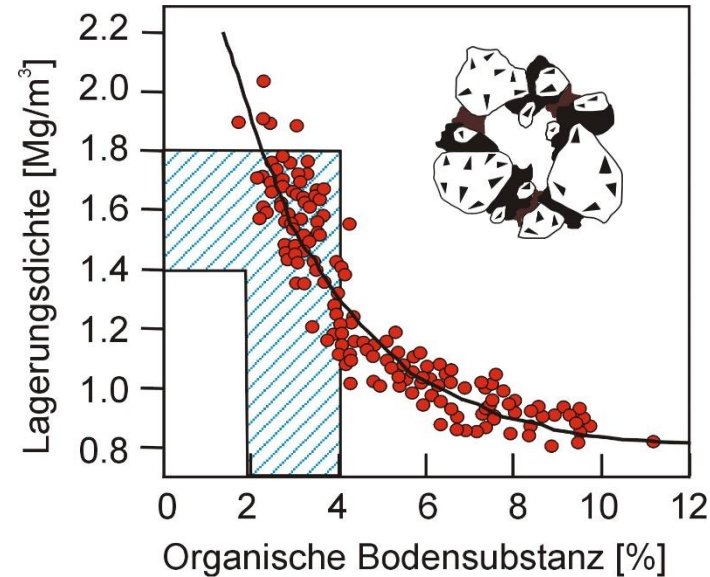
Lebendverbauung: Bodenteilchen und Humus werden unter Beteiligung von Bodenmikroorganismen miteinander verklebt und während der Darmpassage in Regenwürmern verbunden. Schleimstoffe und Wurzelexsudate tragen zu einem guten Krümelgefüge bei.

Ton-Humuskomplexe und Bodenstruktur

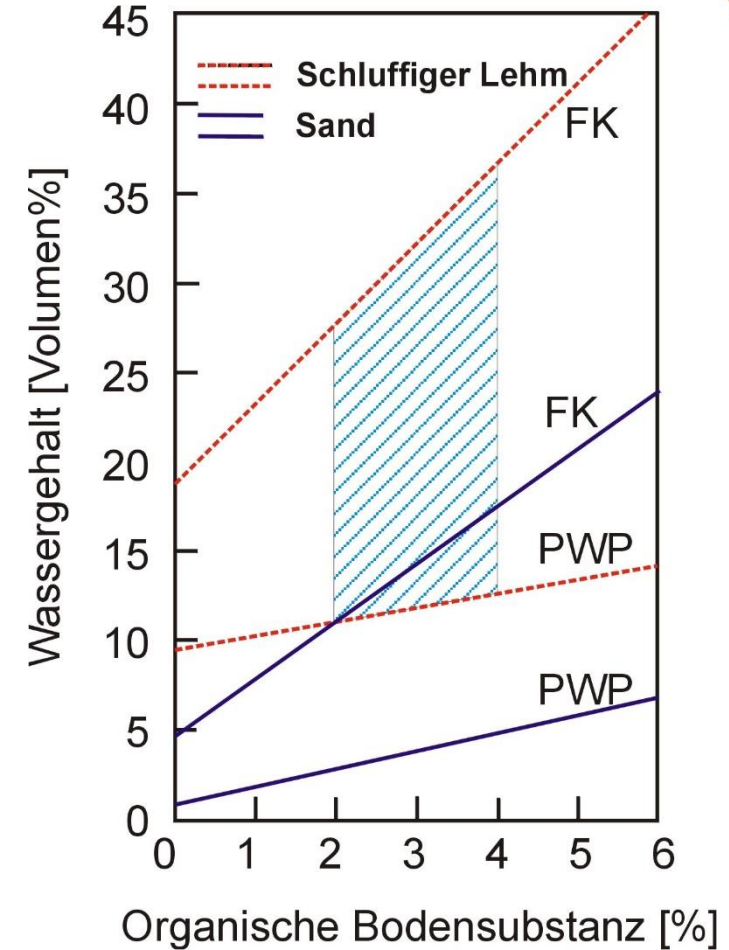
Aggregatstabilität
(Chaney & Swift, 1984)



Lagerungsdichte
(Franzluebbers et al., 2001)

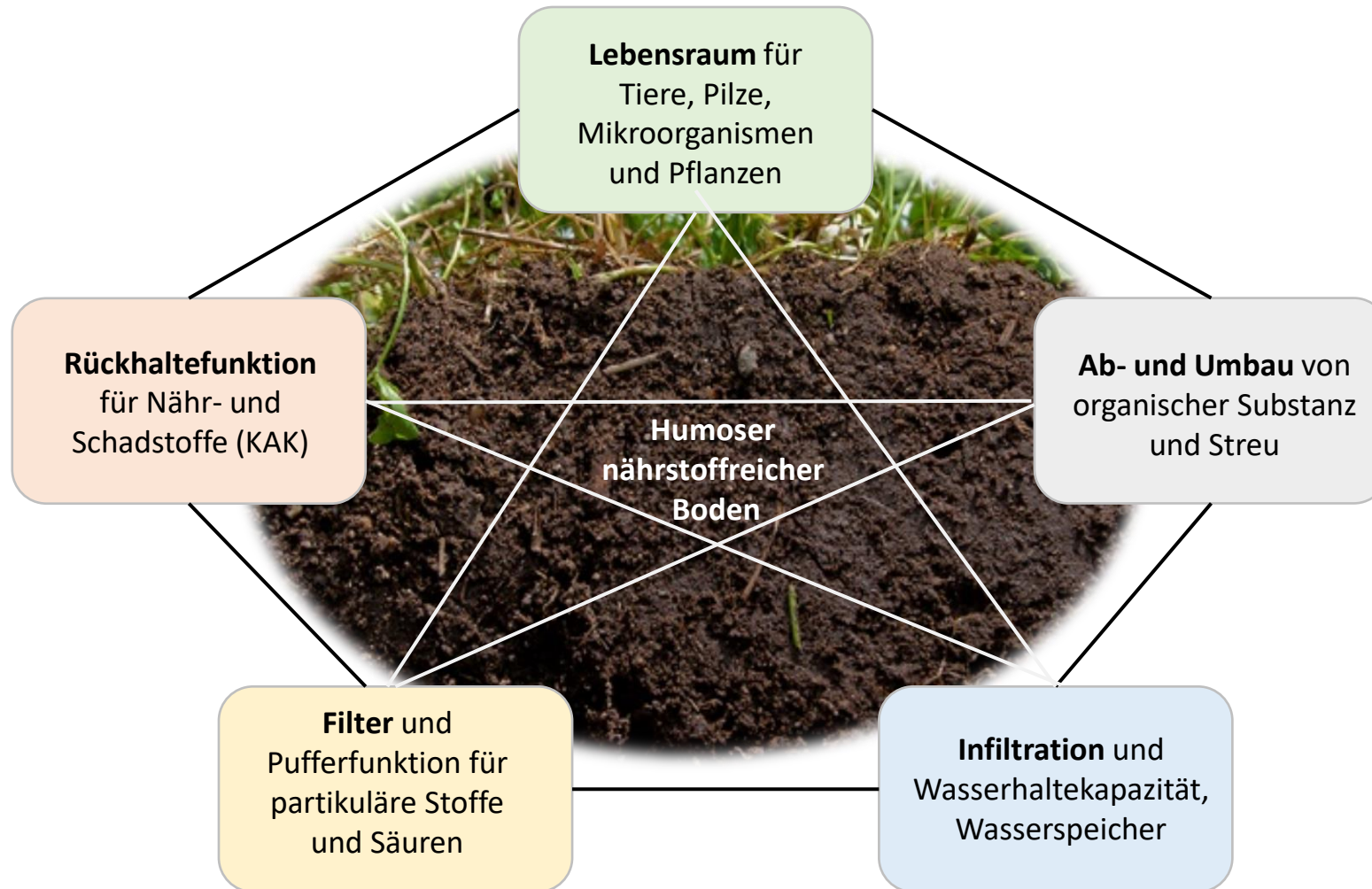


Wasserbindung
(Hudson, 1994)

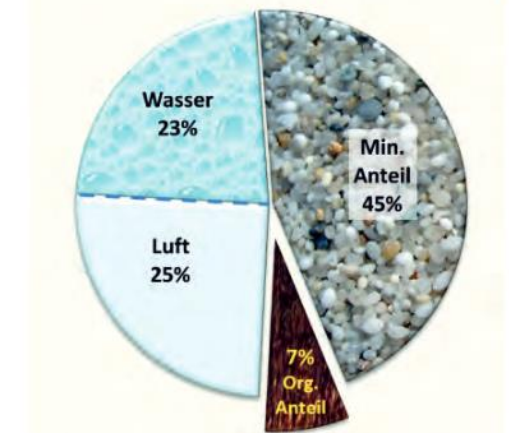


Ein höherer Gehalt an organischer Bodensubstanz erhöht die Aggregatstabilität, verringert die Lagerungsdichte und erhöht somit das Wasserhaltevermögen.

Bodenfunktionen, die über die Bodenfruchtbarkeit entscheiden und mit dem Humusgehalt verknüpft sind



Bodenbestandteile (% Volumen)



Quelle: LfL Merkblatt Humus

Wie unterscheiden sich organische Dünger im Hinblick auf die Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit?

- Möglichkeiten und Grenzen -



Bioabfall-
kompost



Gärrest
Schweinegülle



Klärschlamm-
kompost



Hühnertrockenkot
(HTK)



Grünschnitt-
kompost



Gemischter
Gärrest



Klärschlamm

Ausbringungsmengen der organischen Dünger

Eingesetzter Versuchsdünger	Ausbringungsmenge [kg/36 m ²]			
	Frühjahr 21 Mais (2021)	Frühjahr 22 WW (2022)	Herbst 22 Raps (2023)	Herbst 23 WG (2024)
Bioabfallkompost	37,2	48,2	47,5	32,5
Gärrest Schweinegülle	27,7		9,0	12,3
Gärrest gemischt*	127,5		24,0	51,3
Grünschnittkompost	85,6	78,1	86,8	82,2
Hühnertrockenkot (HTK)	27,2		6,7	12,6
Klärschlamm	61,9		7,5	10,5
Klärschlammkompost	45,3		24,6	14,9
Stroh (Kontrolle)	18,0	18,0	-	18,0

* Gemischter Gärrest enthält Schweinegülle, Hühnermist und zu 74% nachwachsende Rohstoffe

Maximale Ausbringungsmengen bedingen unterschiedliche Kohlenstoffeinträge



Nährstoffdifferenzen zwischen Varianten wurden ausgeglichen!



Untersuchungsparameter



Dünger

- Nähr- & Schadstoffe
- C/N
- Antibiotikarückstände
- Makro- und Mikroplastik
- Faseranalytik
- Abbaustabilität



Pflanzen

- Ertrag
- Wachstumsparameter
- Bodenbedeckung
- Nähr- & Schadstoffe
- C/N
- TKG – Tausendkorngewicht
- Chlorophyllgehalt mittels SPAD
- Qualitätsparameter (Stärke, Rohproteingehalt...)

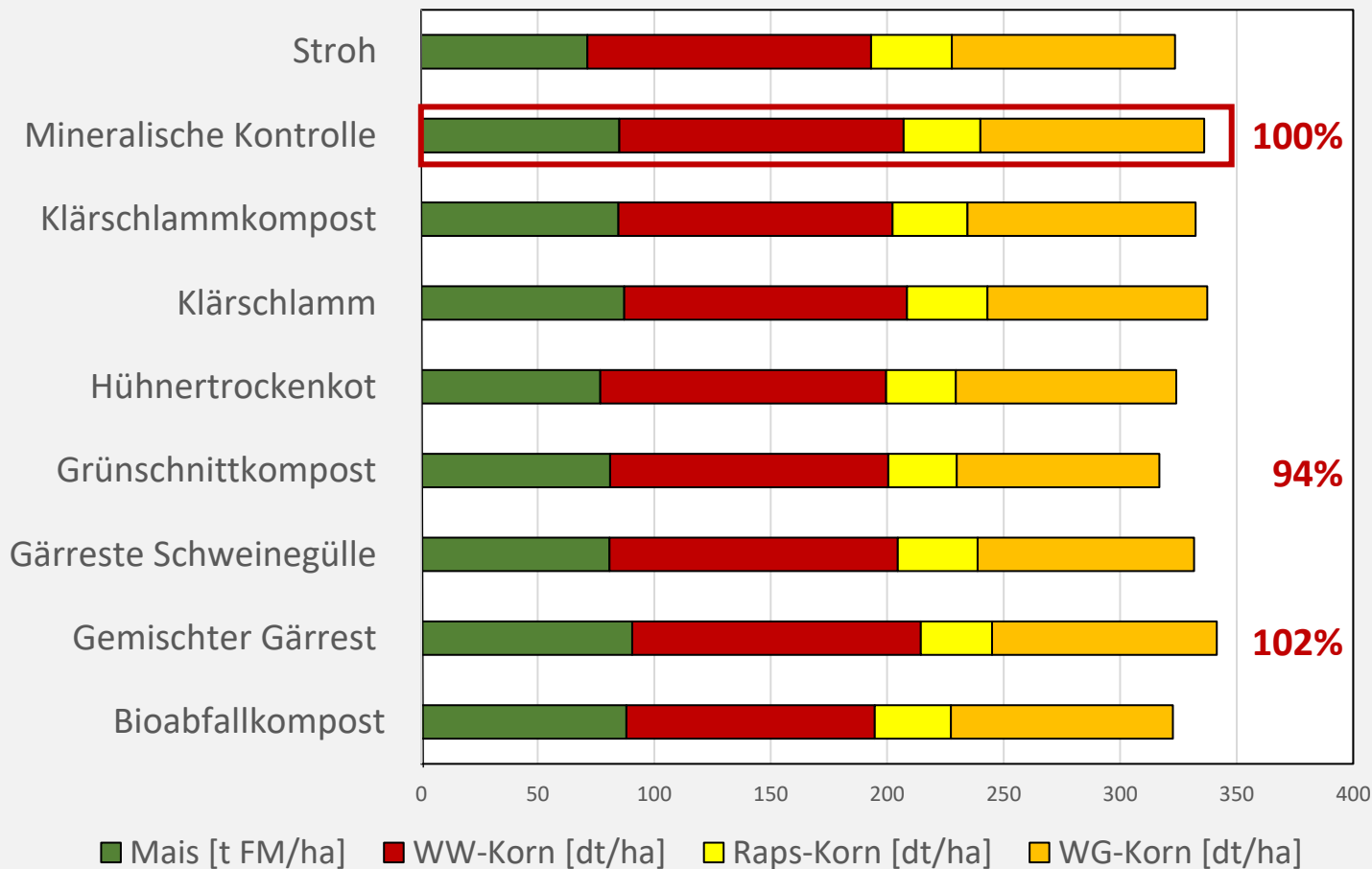


Boden

- Nähr- & Schadstoffe
- C/N
- N_{min}
- pH-Wert
- Bodenbedeckung
- Bodenatmung
- Bodenmikrobiom
- Resistenzgene
- Nematoden-Suppressivität
(LD, Gefügestabilität...)



Erträge aus vier Versuchsjahren



Ertragseffekte sind in den ersten vier Versuchsjahren nicht erkennbar!

Veränderungen im Bodenkohlenstoffgehalt



% C im Boden in 0-15 cm Tiefe nach der Ernte aber vor der nächsten organischen Düngung

Datum der Beprobung	Grünschnitt-kompost	Bioabfall-kompost	Gemischter Gärrest	Klär-schlamm-kompost	Gärrest Schweine-gülle	Klär-schlamm	HTK	Stroh	Mineral-dünger Kontrolle
19.04.21	1,08 c	1,04 c	1,08 b	1,08 b	1,06 b	1,08 b	1,06 b	1,09 b	1,09 b
01.11.21	1,16 b	1,13 b	1,15 b	1,07 b	1,10 b	1,13 ab	1,09 b	1,08 b	1,07 b
24.08.22	1,18 b	1,16 b	1,12 b	1,10 b	1,08 b	1,10 b	1,09 b	1,10 b	1,06 b
14.08.23	1,35 a	1,33 a	1,25 a	1,22 a	1,21 a	1,20 a	1,21 a	1,23 a	1,19 a
LSD _{5%}	0,057 ***	0,057 ***	0,067 **	0,052 ***	0,068 **	0,068 *	0,060 **	0,046 **	0,047 ***

1-faktorielle ANOVA für jeden einzelnen Dünger zeigt einen signifikanten Anstieg mit der Zeit für alle Dünger!

Applikationsmengen: Grünschnittkompost >> gemischter Gärrest > Bioabfallkompost > Klärschlammkompost > Gärrest Schweinegülle > Klärschlamm > Hühnertrockenkot

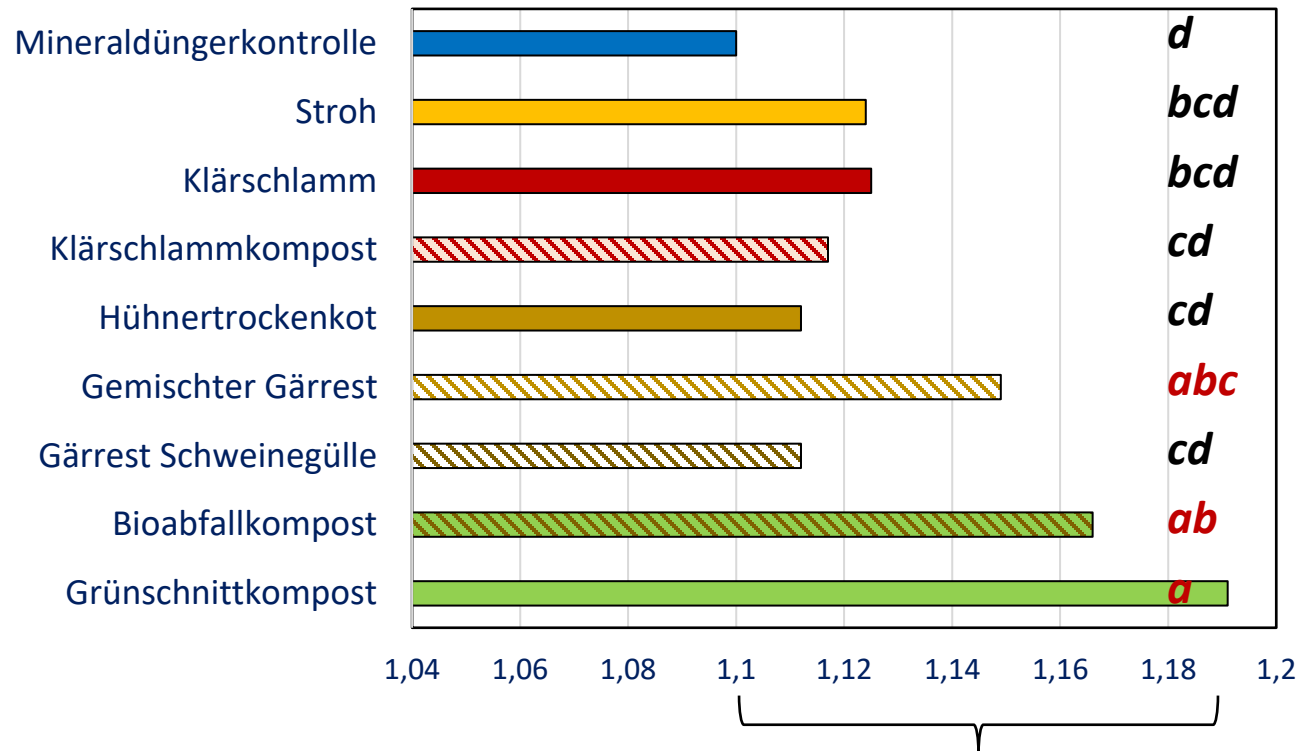


Veränderungen im Bodenkohlenstoffgehalt reflektieren Unterschiede im **Beprobungszeitpunkt** und der angebauten Kultur

Zwei-faktorielle ANOVA des C-Gehaltes in 0-15 cm Tiefe in Abhängigkeit vom organischen Dünger über alle Probenahmen

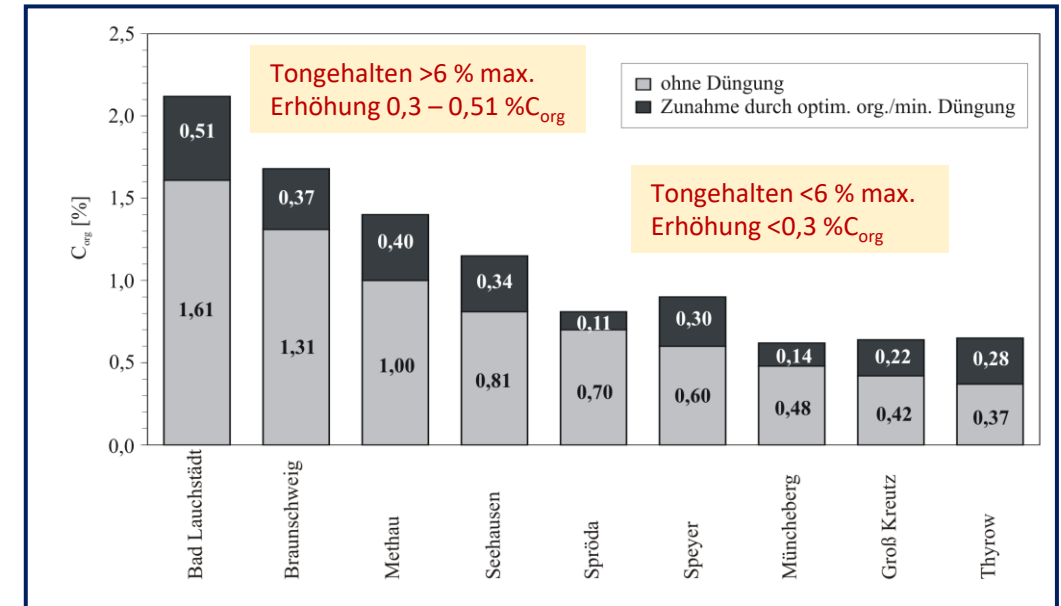


Kohlenstoffgehalt [%C_{org}] in 0-15 cm Bodentiefe



Max. Erhöhung um 0,09% C_{org} in 3 Jahren

Laufzeit der Versuche 20-100 Jahre



Gehalt an org. C (0-30 cm) in Abhängigkeit von der Düngung in 9 Dauerdüngungsversuchen
(aus Körschens et al., 2005)

Der C_{org} Gehalt konnte in den ersten drei Jahren durch die Applikation von Grünschnitt-, Bioabfallkompost und gemischtem Gärrest signifikant erhöht werden!

Mit der organischen Düngung werden nicht nur Nährstoffe und C in den Boden eingebracht, sondern potentiell auch Schadstoffe



Schwermetalle - Antibiotikarückstände - Makro- und Mikroplastik

[mg/kg TM]	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Grenzwert Bioabfall VO	1,5	100	100	50	150	400
Grenzwert EU 2019/1009	1,5	*	300	50	120	800
Bioabfallkompost	<1,3	28,4	58,1	12,8	31,2	185
Grünschnittkompost	<1,3	15,9	32,1	12,8	57,7	216
Klärschlamm	<1,3	10,8	62,8	9,7	6,5	289
Klärschlammkompost	<1,3	20,8	106	17,1	31,4	278
Gärrest Schweinegülle	<1,3	3,9	102	5,8	<3	304
Gemischter Gärrest	<1,3	4,3	59,0	7,4	<3	160
HTK	<1,3	1,6	77,8	6,9	<3	331
Stroh	<1,3	<3	<3	<3	<3	4,3

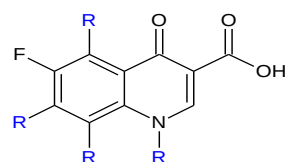
Schwermetallgehalte der organischen Dünger lagen weitestgehend im Rahmen der Grenzwerte der BioAbfV und unterhalb der europäischen GW für organische Dünger!

Rückstandsanalytik auf Antibiotika in organischen Düngern

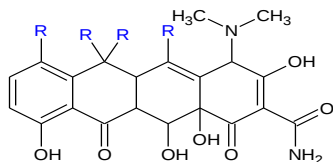
(Albert et al., 2023)



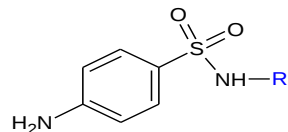
Analytik einer Auswahl von Antibiotikarückständen mit LC/MS/MS



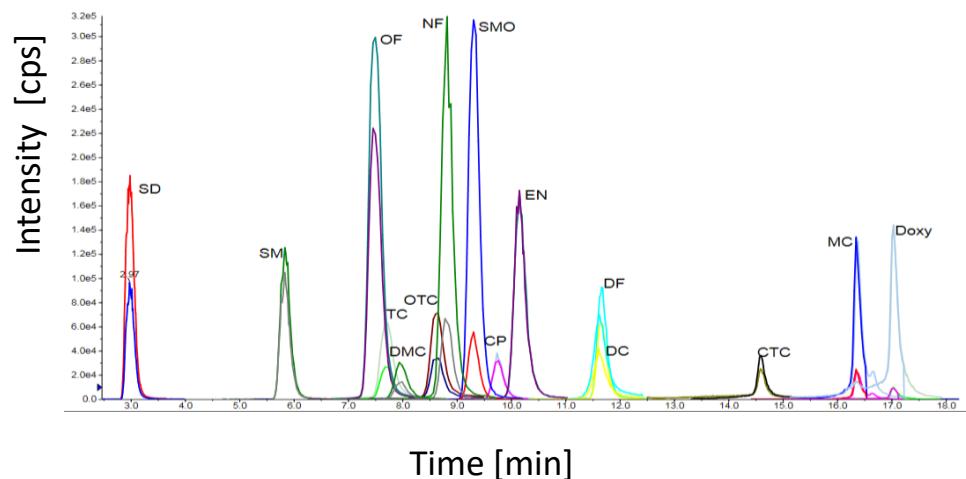
Fluorchinolone (5)



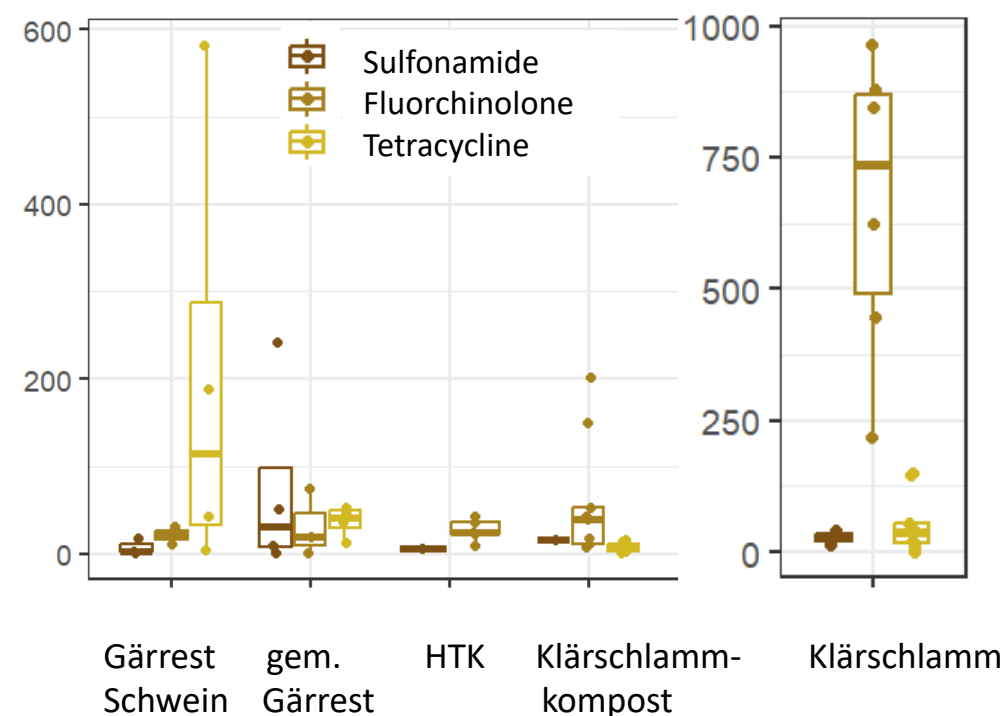
Tetracycline (6)



Sulfonamide (3)



Antibiotikarückstände in organischen Düngern
(Summe Sulfonamide, Fluorchinolone, Tetracycline)



Frei von Antibiotikarückständen waren der Bioabfallkompost, der Grünschnittkompost und das Stroh

Kontamination organischer Dünger mit Makro-Plastik

(Thomas und Bloem, 2024)



Probenahme



ABB 1: Probenahme am 31.08.22. Visuelle Suche nach Störstoffen an der Oberfläche der Düngehaufen.

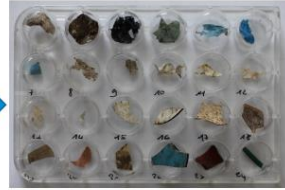
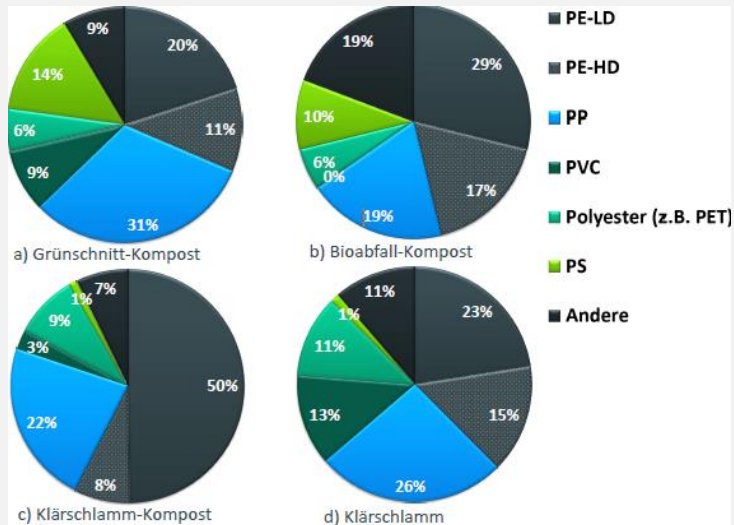


ABB 2: Visuell isolierte Partikel aus Grünchnitt-Kompost.



Im Gärrest aus Schweinegülle und dem gemischten Gärrest (Biogas) sowie dem Hühnertrockenkot (HTK) konnten visuell keine potenziellen Plastikteile oder andere Störstoffe gefunden werden.



Anteil unterschiedlicher Plastikpolymere in den Düngern von 2022 (gemessen mit ATR-FTIR)

Organische Dünger basierend auf tierischen Exkrementen und Pflanzenmaterial waren frei von visuell sichtbaren Kontaminationen mit Plastik oder anderen Fremdstoffen.

2. Visually contaminated organic fertilizers

	Green waste compost		Biowaste compost		Sewage sludge compost		Sewage sludge	
Year	2022	2023	2022	2023*	2022	2023	2022	2023
Application rate [t/year]**	24.1	22.8	13.2	9.0	6.8	4.1	2.1	2.9
Pile surface [m ²]	12	13	12	49	8	20	14	23
Isolated particles	40	42	83	≥ 600	93	111	186	204
Plastic particles	34	39	47	≥ 250	79	76	176	184
Plastic particles/m ²	3	3	4	≥ 5	10	4	13	8
Glass particles	2	3	19	≥ 82	6	11	0	0
Metal Particles	0	0	1	≥ 8	3	3	0	1

*Preliminary data

** Calculated fractions based on nitrogen and phosphorous contents as well as maximum quantities set by law

Ausstehend ist die Messung mit FPA-FTIR, womit der Anteil an Mikroplastik in den organischen Düngern bestimmt wird.

Zusammenfassung

- Humusaufbau = extrem langsamer Prozess
- Organischer Dünger wirken gut - können mineralische Dünger aber nur z.T. ersetzen
- Bodenorganismen benötigen ausgewogenes Nährstoffverhältnis
- Antibiotikarückstände in allen Düngern aus tierischen/menschlichen Exkrementen
- Makroplastik in Komposten und Klärschlamm



Mitwirkende:
Sophia Albert
Daniela Thomas
Hans Vornkahl



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 818309 (LEX4BIO).

This output reflects only the author's view and the European Union cannot be held responsible for any use that may be made of the information contained therein.



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

Kontakt: elke.bloem@julius-kuehn.de