

Grundlagen von Humus in Ackerbausystemen und Erkenntnisse eines Dauerfeldversuchs

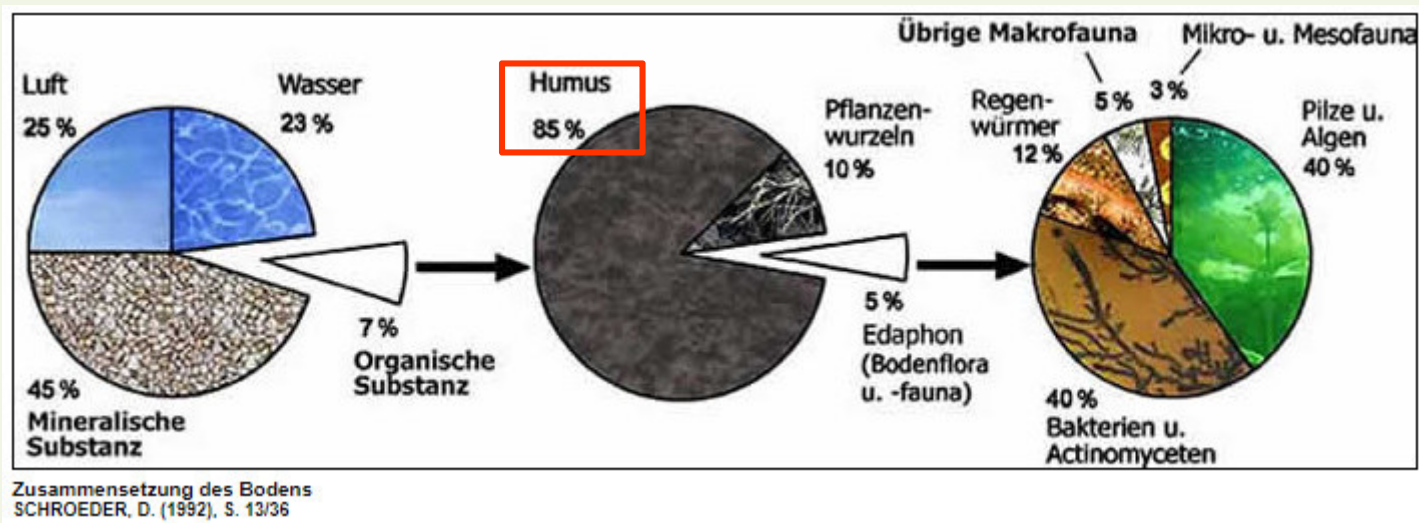
24. Kartoffeltag, Ökolandbau
05.01.2023, Haus Düsse

Lukas Otten
Landwirtschaftskammer NRW
Landbau, Düngung

Übersicht

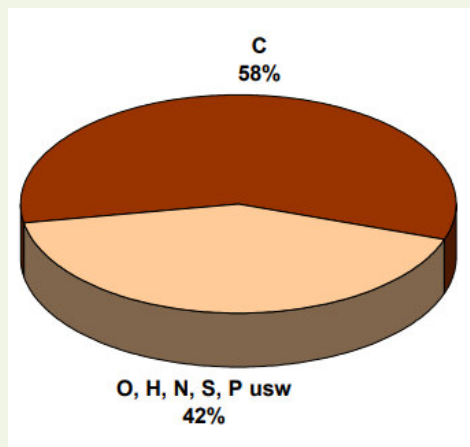
- Was ist „Humus“?
- Humuswirtschaft
- Humusbilanzierung
- Dauerfeldversuch Versuchsstation Kerpen-Buir
- „Humus“ und Kartoffeln

Zusammensetzung des Bodens



Was ist „Humus“?

... analysiert wird Kohlenstoff (C)

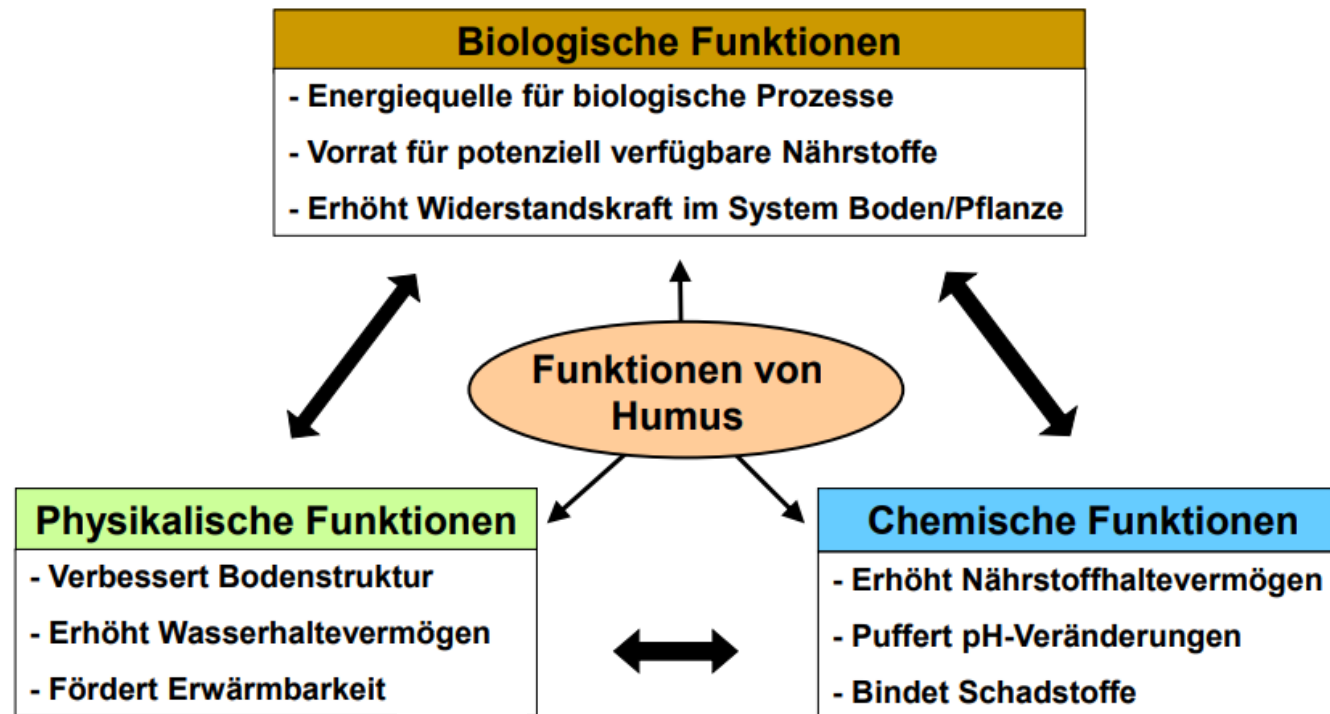


1 % Humus → 0,58 % C_{org}

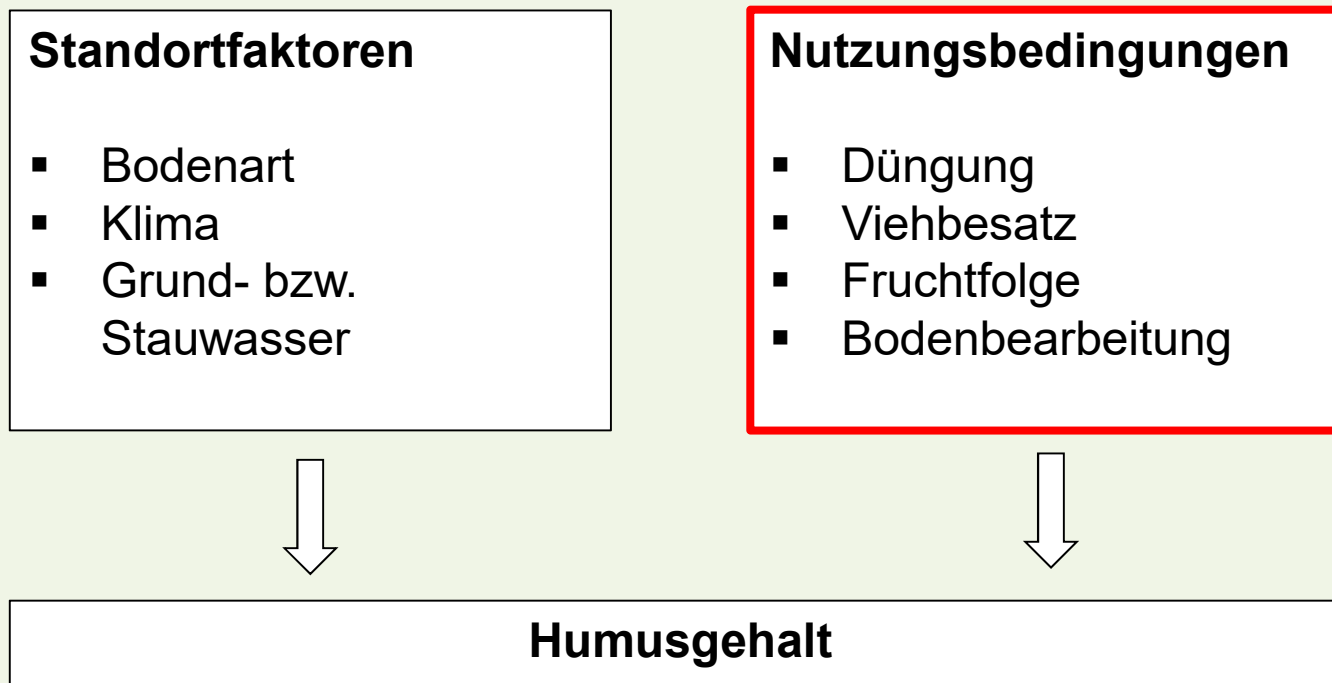
1,72 % Humus → 1,0 % C_{org}

→ Empirischer Faktor 1,72

Was ist „Humus“?

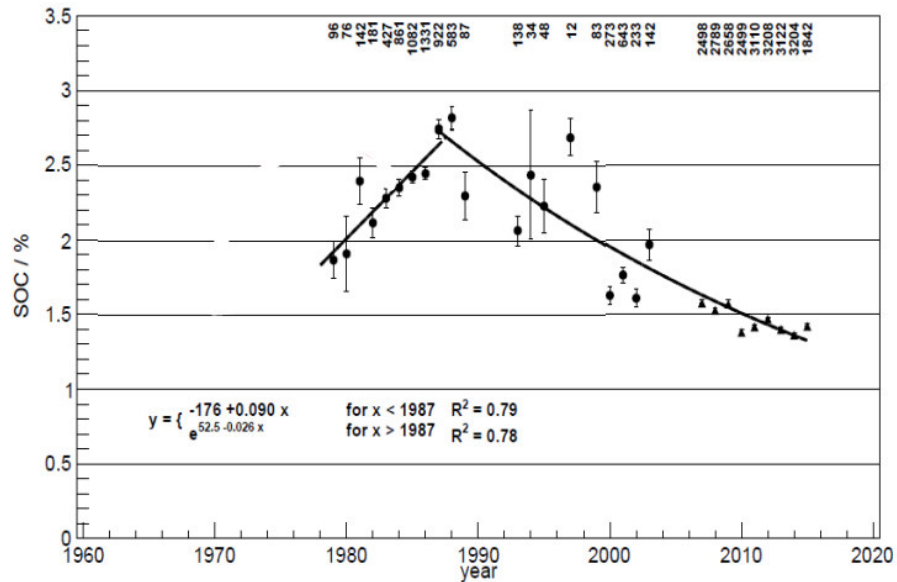


Humusgehalte: Steuergrößen auf Ackerböden



Humusgehalte

Entwicklung der Humusgehalte in Ackerböden
in NRW (Steinmann et al., 2016)



- <1% humusarm
- 1-2% schwach humos
- 2-4% mäßig humos
- 4-8% stark humos
- 8-15% humusreich
- 15-30% anmoorig
- > 30% torfig

Humusreproduktion

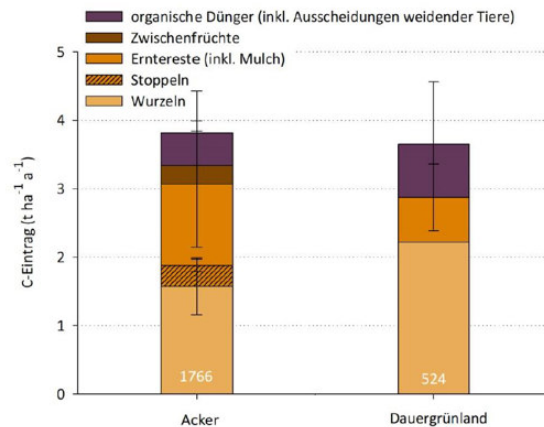


Abbildung 3-30: Eintrag an organischem Kohlenstoff (C) in mineralische Böden unter Acker- und Dauergrünlandnutzung aus verschiedenen Quellen in der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft; Mittelwert und Standardabweichung, weiße Zahlen kennzeichnen den Stichprobenumfang

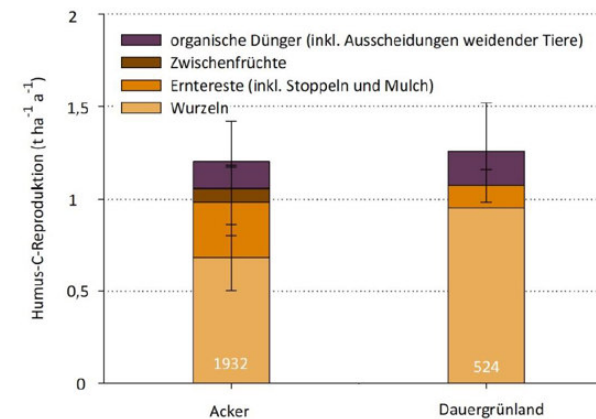


Abbildung 3-31: Mittlere jährliche Reproduktion von Humus-Kohlenstoff (C) aus verschiedenen Quellen in mineralischen Böden unter Acker- und Dauergrünlandnutzung in der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft; Mittelwert und Standardabweichung, weiße Zahlen kennzeichnen den Stichprobenumfang

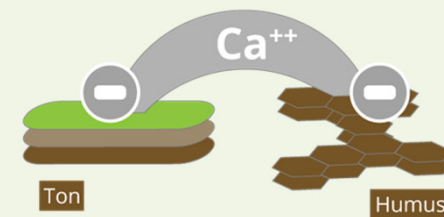
Im Mittel wird 46 % des Wurzelkohlenstoffs in Humus eingebaut und 8 % des Sprosskohlenstoffs

(Kohlenstoffisotop-Studien; Jackson et al., 2017, Ann. Rev. Ecol. Evol. Syste. 48)

Jacobs et al. (2018), Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland -Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 316 p, ThünenRep 64, DOI:10.3220/REP1542818391000

Humuswirtschaft

- Auf ausreichende Calcium-Versorgung achten
 - Optimalen pH-Wert durch regelmäßige Kalkung
 - Hohe punktuelle Kali-Gaben vermeiden
- Bodenstruktur schonen
 - Bodenbearbeitung auf das Notwendigste reduzieren
 - Bodenverdichtungen vorbeugen



Humuswirtschaft

- Eintrag von Streustoffen
 - Wurzelbiomasse
 - Strohmanagement
 - Zwischenfruchtanbau
- Bodenleben fördern/ ernähren
 - Mulchwirtschaft (Stroh)
 - Brachezeiten minimieren → Zwischenfrüchte/Untersaaten
 - Eher langsam-wirkende org. Dünge einsetzen → Rottemist/Kompost

Maß für Zersetzbarkeit

→ Verhältnis von C zu N

- Bei C/N < **20:1** günstiger Abbau, dabei N Freisetzung
- Bei C/N > **25:1** gehemmter Abbau
Strohabbau → N-Sperre

Humusbilanzierung

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher
Untersuchungs- und Forschungsanstalten **VDLUFA**

Standpunkt

Humusbilanzierung

Eine Methode zur Analyse und Bewertung
der Humusversorgung von Ackerland

<https://vdlufa2.kdprojekte.de/wp-content/uploads/2021/05/11-Humusbilanzierung.pdf>

Einfache Bilanzierung basierend auf:

1. Humusreproduktionsbedarf humuszehrender Fruchtarten (alle Ackerkulturen)
2. Humusreproduktionsleistung humusmehrender Fruchtarten (Grünland, Zwischenfrüchte)
3. Humusreproduktionsleistung org. Materialien (Erntereste & org. Dünger)

Berechnungsbasis = $\underline{\underline{H\ddot{a}q}}$ (Humusäquivalente)

Humusbilanzierung

Tabelle 2a: Humusreproduktionsbedarf humuszehrender Früchte

Fruchtarten	Humusreproduktionsbedarf (Häq ha ⁻¹ a ⁻¹)		
	Untere Werte	Mittlere Werte	Obere Werte
Hauptfrüchte			
Zucker- und Futterrübe ²⁾ , einschließlich Samenträger ²⁾	760	1300	1840
Kartoffel ³⁾ und 1. Gruppe Sonderkulturen ¹⁾	760	1000	1240
Silomais, Körnermais ²⁾ und 2. Gruppe Sonderkulturen ¹⁾	560	800	1040
Getreide (Körnernutzung) ²⁾ , Öl- und Faserpflanzen ²⁾ , Sonnenblumen ²⁾ und 3. Gruppe Sonderkulturen ¹⁾	280	400	520
Empfehlung zur Anwendung der Werte:			
Untere Werte:	Anforderung zum Erhalt der Böden in einem guten Kulturzustand und Erhalt der Bodenfruchtbarkeit, Beratungsempfehlung für ertragsschwache Standorte (z. B. grundwasserferne Diluvialstandorte)		
Mittlere Werte:	Beratungsempfehlung zur Förderung der Bodenfunktionen und Aufbau der Bodenfruchtbarkeit bei Reduktion der mineralischen Düngung		
Obere Werte:	Beratungsempfehlung für Böden in schlechtem Kulturzustand (z. B. Rekultivierungsflächen) und Anbausysteme mit hohem Humusbedarf ohne mineralische N-Düngung (z. B. Ökologischer Landbau bei hohem Ertragsniveau)		
Legende			
1) – siehe Zusatztable			
2) – Koppelprodukte sind nicht enthalten (Koppelprodukte siehe Tabelle 1)			
3) – Koppelprodukte sind mit enthalten			

Humusbilanzierung

Tabelle 3: Bewertung der Humussalden

Tabelle 3a: Bewertung der Humussalden für integriert wirtschaftende Betriebe

Humussaldo		Bewertung	Empfehlung
Humusäquivalente (Häq) ha ⁻¹ a ⁻¹	Klasse		
< - 200	A Sehr niedrig	Ungünstige Beeinflussung von Bodenfunktionen und Ertragsleistung möglich	Änderung der Fruchtartenwahl und/oder Erhöhung der Zufuhr organischer Dünger
- 200 bis -76	B Niedrig	Mittelfristig tolerierbar	Ausgeglichene Bilanz anstreben
- 75 bis 100	C Ausgeglichen	Humusabbau wird durch die Humuszufuhr in der Fruchtfolge ausgeglichen	keine
101 bis 300	D Hoch	Mittelfristig tolerierbar	Ausgeglichene Bilanz anstreben
> 300	E Sehr hoch	Erhöhung des Mineralisationspotenzials des Bodens (Möglichkeit erhöhter Verluste und verminderter Düngeeffizienz)	Auf Einhaltung des zulässigen N-Überschusses achten

Humusbilanzierung

	CCM / Körnermais		Silomais		Zuckerrüben		Kartoffel	
	mit ZF	ohne ZF	mit ZF	ohne ZF	mit ZF	ohne ZF	mit ZF	ohne ZF
Humusreproduktionsbedarf								
untere Werte	-560	-560	-560	-560	-760	-760	-760	-760
mittlere Werte	-800	-800	-800	-800	-1300	-1300	-1000	-1000
Humusreproduktion								
1) Erntereste								
Ertrag (dt)	100		450		800		400	
Erntereste (dt)	100	100	0	0	150	150	0	0
Humusproduktion (Häq / t FM)	100	100	100	100	8	8	100	100
	1000	1000	0	0	120	120	0	0
2) Zwischenfrucht								
	140		140		140		140	
3) Org. Düngung								
Düngung Gülle/Gärrest (t)	20	20	20	20	20	20	20	20
Humusproduktion (Häq / t FM)	10	10	10	10	10	10	10	10
	200	200	200	200	200	200	200	200
	CCM / Körnermais mit	CCM / Körnermais ohne	Silomais mit ZF	Silomais ohne ZF	Zuckerrübe mit ZF	Zuckerrübe ohne ZF	Kartoffel mit ZF	Kartoffel ohne ZF
Humusbilanz 1 (Erhalt der Bodenfunktionen)	780	640	-220	-360	-300	-440	-420	-560
Humusbilanz 2 (Förderung der Bodenfunktionen)	540	400	-460	-600	-840	-980	-660	-800

Humusbilanzierung

Beispiel für eine Humusbilanz

Humusbedarf						
Fruchtfolge		ha	Humuswirkung (Häq)			
			je ha	Gesamtbetrieb		
Weizen (Strohverkauf von 37 ha)		49,8	-280	-13.944		
Silomais		25,0	-560	-14.000		
Stilllegung, Selbstbegrünung ab Herbst		6,6	+180	+1.188		
Summe		81,4		-26.756		
Humusreproduktion						
Kultur bzw. Dünger	Ertrag, Menge (t/ha)	Korn-Stroh- Verhältnis	Ertrag Ernte- reste (t/ha)	Humusleistung (Häq)		
				je t Substrat	je ha	Gesamtbetrieb
Weizen	8,5	0,8	6,8	100	+680	+8.704
Bullengülle	1.350			9		+12.150
Summe						+20.854
Bilanz						Häq
Summe Humusbedarf						-26.756
Summe Humusreproduktion						+20.854
Gesamtbilanz						-5.902
Humusbilanz pro Hektar und Jahr						-73

Humustheorie

Dr. Konrad Egenolf
Referent für Bodenkunde

<https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/boden/humustheorie.htm>

Lukas Otten, Köln-Auweiler

20 | HOF & FELD

Was bedeutet die neue Humustheorie für die Praxis?

Neue Forschungsergebnisse stellen das bisherige Verständnis vom Humus grundlegend infrage. Die Vorstellung, dass es sich beim Humus um eine Anreicherung abbaureisistenter Substanzen handle, weicht allmählich der Gewissheit, dass Humus einem kontinuierlichen Abbau unterliegt. Dr. Konrad Egenolf, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, fasst den aktuellen Forschungsstand und die Bedeutung für den Ackerbau zusammen.

Die Diskussion zum Thema Humus wird seit einiger Zeit stark von der hypothetischen Möglichkeit des Humusaufbaus als effektiver Klimaschutzmaßnahme dominiert. Der Gedanke ist durchaus naheliegend: Die Böden der Welt speichern im Humus etwa zwei- bis dreimal so viel Kohlenstoff wie die gesamte Atmosphäre in Form von CO₂ enthält. Bereits durch kleine Steigerungen der Humusgehalte könnten der Atmosphäre jährlich klimarelevante Mengen CO₂ entzogen werden. In ihrer praktischen Umsetzung erweist sich diese bestechende Idee jedoch als deutlich komplexer, zum einen, weil die durch den Klimawandel bedingten Bodentemperaturen den Humusabbau beschleunigen. Zum anderen, weil viele der Humusbildung zugrunde liegenden Prozesse noch nicht vollständig verstanden sind. Die Steigerung, zumindest aber der Erhalt der Bodenhumusgehalte, auch jenseits der Klimadebatte im

ureinsten Interesse der Landwirten und Landwirte, denn der Humusgehalt bestimmt maßgeblich und auf vielfältige Weise die Fruchtbarkeit eines Standorts.

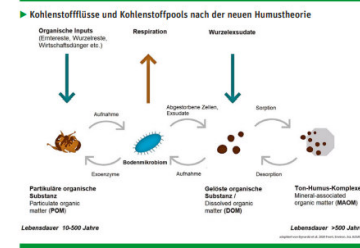
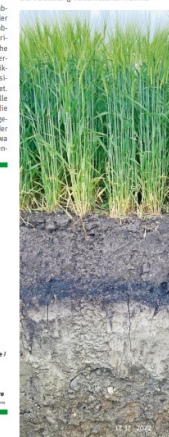
► **Die klassische Humustheorie**

Humus, also die organische Bodensubstanz, bezeichnet die Gesamtheit aller in und auf dem Boden befindlichen, abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Strukturteile und deren organische Umwandlungsprodukte. Der leicht zersetzbare Teil des Humus, der dem mikrobiellen Abbau unterliegt, wird klassischerweise als Nährhumus bezeichnet. Der stabile Teil, der durch mikrobielle Ab- und Umbauprozesse entsteht, die sogenannten Huminstoffe, bildet dagegen den Dauerhumus. Während der Nährhumus, der typischerweise etwa 10 bis 20 % der organischen Boden-

substanz ausmacht, maßgeblich zur Ernährung des Bodenlebens und zur Nachlieferung von Nährstoffen beiträgt, ist der Dauerhumus mit rund 80 bis 90 % der organischen Bodensubstanz für die Aggregatbildung und damit ein stabiles Bodengefüge entscheidend und verbessert außerdem die Wasser- und Nährstoffspeicherfähigkeit des Bodens.

Nach der klassischen Humustheorie trägt leicht zersetzbare organische Substanz mit engem C/N-Verhältnis und niedrigem Lignin Gehalten zum Nährhumus bei. Im Gegensatz dazu fördert schwer zersetzbare organische Substanz mit weitem C/N-Verhältnis oder hohen Lignin Gehalten die Bildung von Dauerhumus.

Bereits auf den ausgehenden 18. Jahrhundert zurückgehende Untersuchungen der im Dauerhumus enthaltenen Huminstoffe haben den Grundstein für die Vorstellung verschiedener Humus-



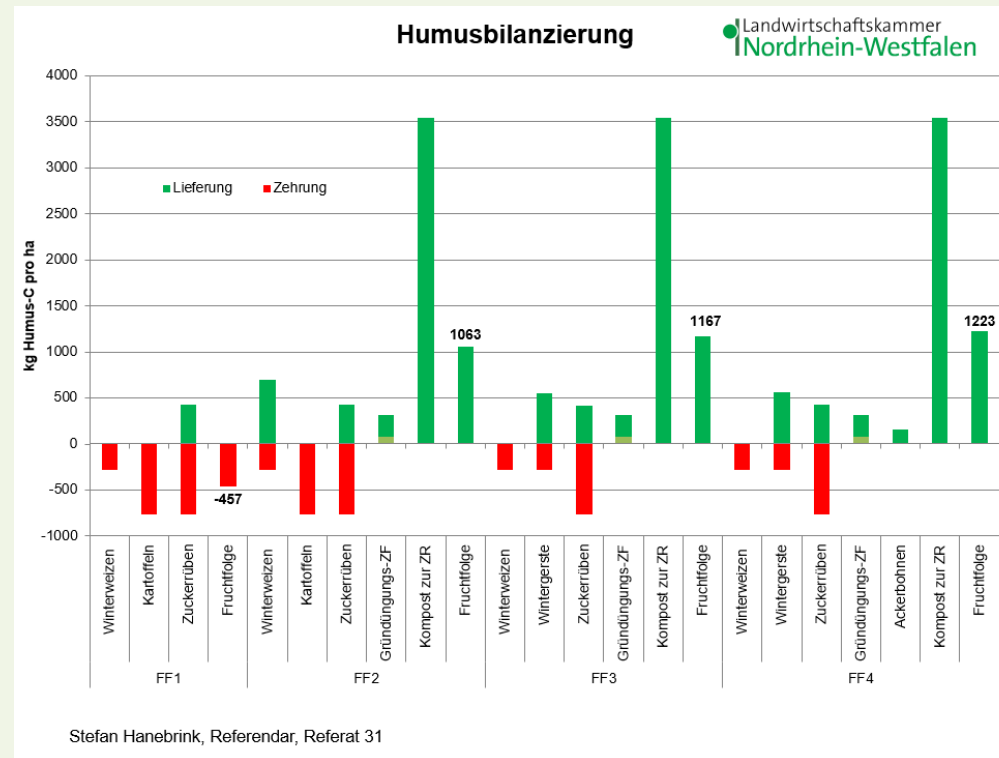
Dauerfeldversuch ZR-FF Kerpen-Buir

▪ Nachhaltigkeit von ZR-FF: Vergleich Anbausysteme und Fruchtfolgen

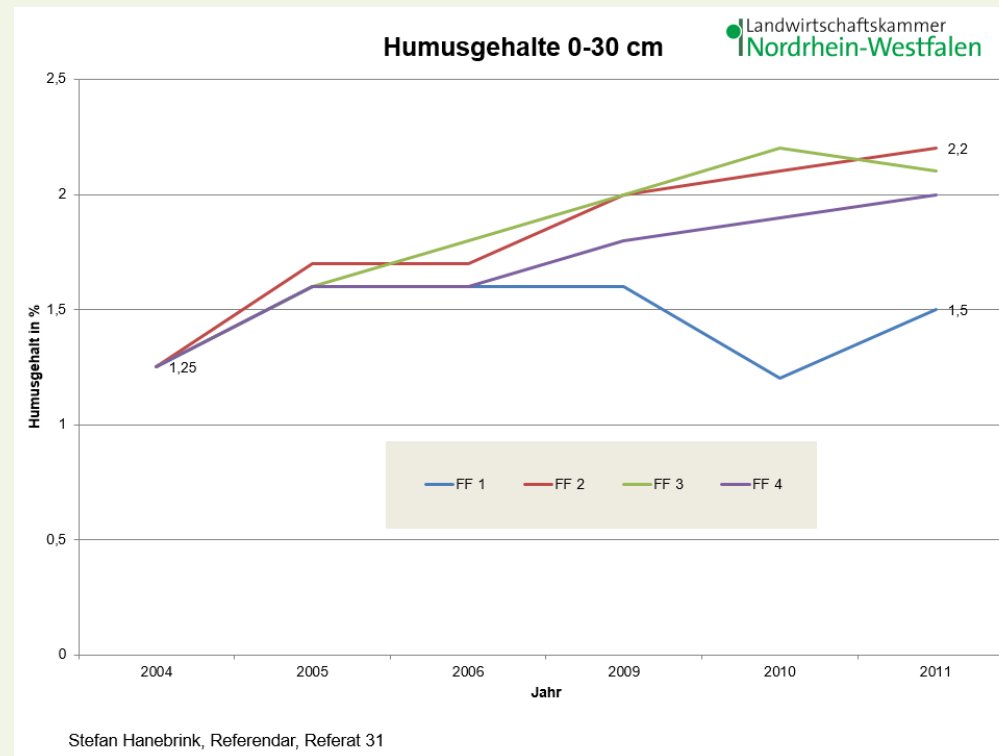
AS	1	2	3	4
	33% ZR	33% ZR	33% ZR	25% ZR
	33% Ka	33% Ka	33% WW	25% AckerB
	33% WW	33% WW	33% WG	25% WW
	keine ZF	ZF	ZF	25% WG
	keine org.Düngung	30t/ha FM Kompost v. ZR	30t/ha FM Kompost v. ZR	ZF
	Strohabfuhr	keine Strohabfuhr	keine Strohabfuhr WW	30t/ha FM Kompost v. ZR
	Wendende BB	Konservieredne BB	Konservieredne BB	keine Strohabfuhr WW
				Konservieredne BB

- seit 2003 etabliert
- 2022 Masterarbeit Kremer-Kreutzer (Universität Bonn, Bodenkunde)

Dauerfeldversuch ZR-FF Kerpen-Buir



Dauerfeldversuch ZR-FF Kerpen-Buir



„Humus“ und Kartoffeln

- Auf ausreichende Calcium-Versorgung achten
 - Optimalen pH-Wert durch regelmäßige Kalkung
 - Optimum 5,5-6,5
 - Kalkung nicht zur, sondern nach Kartoffel
- Bodenstruktur schonen
 - Bodenbearbeitung auf das Notwendigste reduzieren → Wie?
 - Bodenverdichtungen vorbeugen → Ernte

„Humus“ und Kartoffeln

- Eintrag von Streustoffen
 - Wurzelbiomasse
 - Strohmanagement
 - Zwischenfruchtanbau → Große Mengen verholzter Organik im Frühjahr vermeiden
→ Bei ZF auf Nematodenresistenz achten
- Bodenleben fördern/ ernähren
 - Mulchwirtschaft (Stroh) → Zielkonflikt mit Rhizoctonia-Vorbeuge
 - Brachezeiten minimieren → Zwischenfrüchte/Untersaaten

Fazit

- „Humus“ = Bodenfruchtbarkeit
- Humusreproduktion durch viele Faktoren beeinflussbar
- Humusbilanzierung zur Bewertung von Fruchtfolgen
- ZF und org. Düngung haben positiven Effekt auf Humusgehalt
- Kartoffel ist humuszehrende Kultur → Ausgleich über humusmehrende Kulturen

lukas.otten@lwk.nrw.de

Gartenstraße 11

50765 Köln-Auweiler

Tel.: 0221/5340-526