

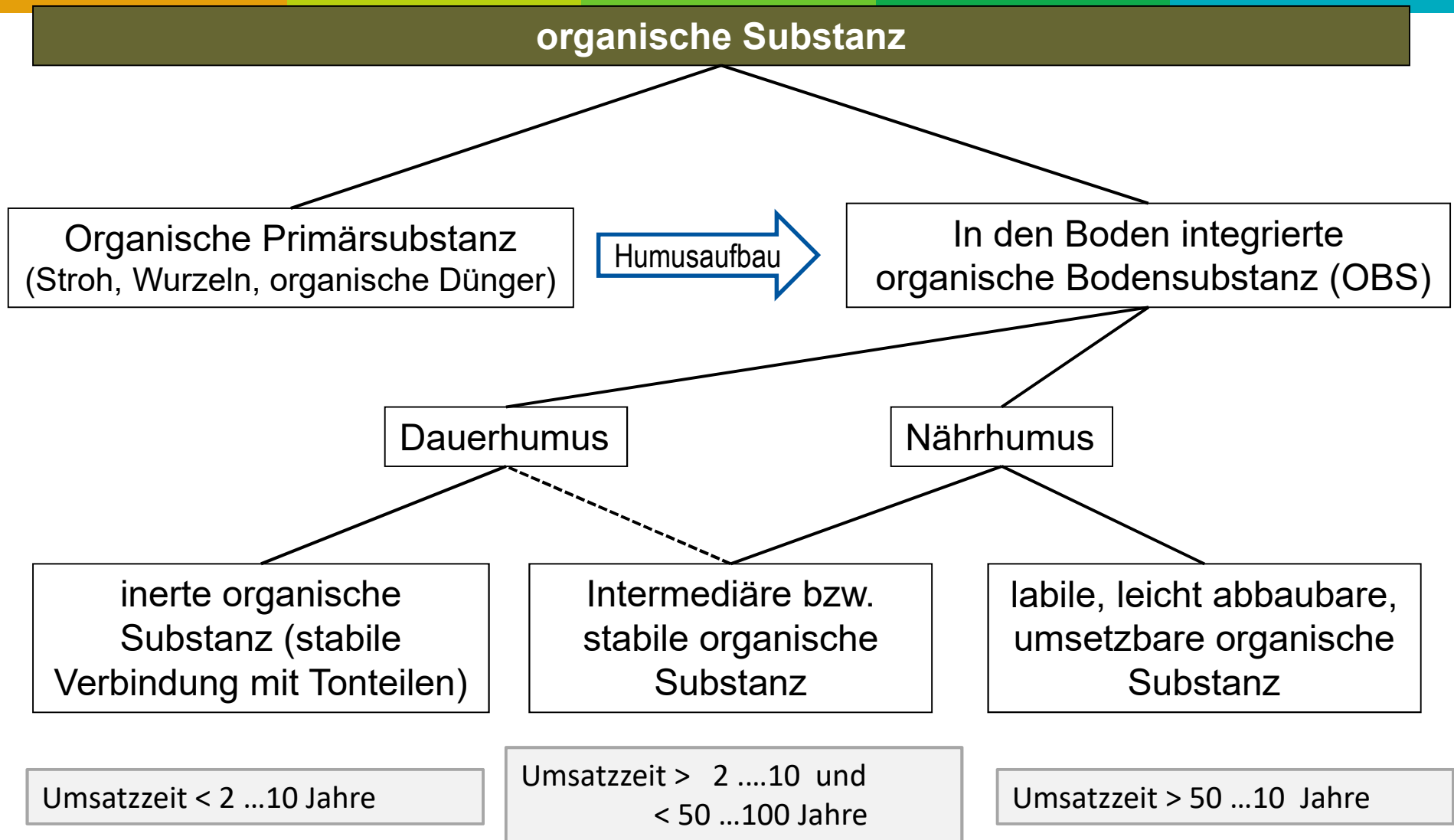


HUMUS AUFBAUEN UND ERHALTEN

Carmen Feller und Sandra Münzel

Gartenbautag 2023 Boden- und Substratmanagement mit Zukunft
Güstrow - 06.12.2023

Was ist Humus ?



nach Körschens, et al. 1997 u.a.

Warum ist Humus wichtig?

Humus: abgestorbene pflanzliche und tierische Stoffe sowie deren Umwandlungsprodukte (60 % C)

a. *größter terrestrische Speicher für Corg*

- Böden speichern 4 x C wie oberirdische Vegetation,
- > 2 x C als Atmosphäre (global, Ciais et al. 2013)

b) *Verbesserung der Bodenstruktur*

- Schutz vor Erosion und Schadverdichtungen
- Steigerung der Luft- und Wasserkapazität
- Höhere Nährstoffnachlieferung, Nährstoffpufferung
- Förderung der biologischen Aktivität, Dynamisierung des Bodenlebens
- Suppressive Wirkung



Quantifizierungsmöglichkeiten für die organische Substanz bzw. Humus

C_{org} - organisch gebundener Kohlenstoff im Boden oder organischen Dünger

$$\text{Humus-C} = C_{\text{org}} * 1,72$$

Häq – Humusäquivalente: $\text{kg Humus-C} * \text{ha}^{-1} * \text{a}^{-1}$

Einheit zur Bewertung des Humusreproduktionsbedarfs (Humusbedarfs)

Quantifizierung von Humus

Mittleren Gehalte und Schwankungsbreite der Corg-Werte von Ackerflächen (n = 114.178 Analysen)

Bodengruppe	Mittelwert Corg %	Spanne Corg %
Leichte Böden	1,24	0,56 – 3,59
Mittlere Böden	1,48	1,48 – 3,78
Schwere Böden	1,91	1,07 – 4,08

Kolbe et al., 2015

Standorttypische Humusgehalte in der Ackerkrume von Ackerböden in Bayern (CAPRIEL 2012)

Bodengruppe	Bodenart	Tongehalt %	Höhenlage NHN	Corg %
1, 2	S, l'S	≤ 12	< 350	0,7 - 1,4
3, 4	lS, sL,	12 – 25	< 350	1,0 - 1,5
5	t'L, tL,	> 25	< 350	1,2 - 2,1

Humusklassen nach Bodenkundlicher Kartieranleitung, 5. Aufl. [KA5]

Stufe	Humus /%	C _{org} (%)	Bezeichnung
H1	< 1	< 0,58	sehr schwach humos
H2	1 - 2	0,58 - 1,15	schwach humos
H3	2 - 4	1,16 - 2,31	mittel humos
H4	4 - 8	2,32 - 4,63	stark humos
H5	8 - 15	4,64 - 8,69	sehr stark humos

Orientierungswerte für anzustrebende Humusgehalte (Körschens/Schulz 1999)

Tongehalt (%)	Gehalte an Corg %	Gehalte an Humus %
< 6,0	0,55 – 0,85	0,96 – 1,46
6,1 – 10,0	0,65 – 1,00	1,12 – 1,72
10,1 - 15,0	0,70 – 1,20	1,20 – 2,10
15,1 - 20,0	0,95 – 1,41	1,63 – 2,43

Standortfaktoren

- Bodenart
- Organische Düngung
- Mineralische Düngung
- Höhenlage
- Art der Bodenbearbeitung
- Häufigkeit der Bodenbearbeitung
- Niederschlag, Beregnung

Bewirtschaftungshistorie

- Kulturartenspektrum
- Zwischenfruchtanbau
- Grünland



Humuszehrende Arten

Humusmehrende Arten

Änderungen des Humusgehaltes im Boden verlaufen sehr langsam



Einstellung eines neuen Fließgleichgewichtes kann mehr als 50 Jahre dauern

aber

Humusversorgung **Indikator** für eine nachhaltige Bodennutzung



Methoden der Humus**bilanzierung** weiterentwickelt

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Humusbilanz} \\ \text{(Saldo)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Humusreproduk-} \\ \text{tionsleistung aus} \\ \text{organischer} \\ \text{Düngung} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Humusreproduk-} \\ \text{tionsleistung der} \\ \text{humusmehrenden} \\ \text{Fruchtarten} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Humusreproduk-} \\ \text{tionsbedarf der} \\ \text{humuszehrenden} \\ \text{Fruchtarten} \\ \hline \end{array}$$

1. Humusreproduktionsleistung aus organischer Düngung

	kg Humus-C t ⁻¹ FM	
Stroh	+80	+110
Stallmist frisch	+28	+40
Fertigkompost	+46	+70
Abgetragene Pilzkultursubstrate (Möller und Schultheiß, 2014)	+50	+60

2. Humusreproduktionsleistung der humusmehrenden Fruchtarten

	kg Humus-C ha ⁻¹ a ⁻¹
Körnerleguminosen als Hauptfrucht	+160
Winterzwischenfrüchte (Aufwuchs abgefahren)	+140
<i>Ackergras, Leguminosen, Leguminosen-Gras-Gemenge, Vermehrung</i>	
je Hauptnutzungsjahr	+ 600 bis + 800
Im Ansaatjahr als Sommerblankfrucht	+ 100 bis + 150

3. Humusreproduktionsbedarf der humuszehrenden Fruchtarten

Hauptfrüchte	kg Humus-C ha ⁻¹	
(VD_LUFA)	untere Werte	obere Werte
Blumenkohl, Brokkoli, Chinakohl, Gurke, Knollensellerie, Kürbis, Porree, Rhabarber Rotkohl, Stabtomate, Stangensellerie Wirsingkohl, Zucchini	-760	-1000
Chicorée (Wurzel), Kohlrübe Meerrettich, Paprika, Pastinake, Schwarzwurzel, Zuckermais	-560	-800
Eichblattsalat, Eisbergsalat, Endivie, Feldsalat, Grünerbse, Grünkohl, Kohlrabi, Salate, Radies, Rettich, Rote Rübe, Stangenbohne, Wurzelpetersilie, Zwiebel	-280	-400

?? bei Gemüse

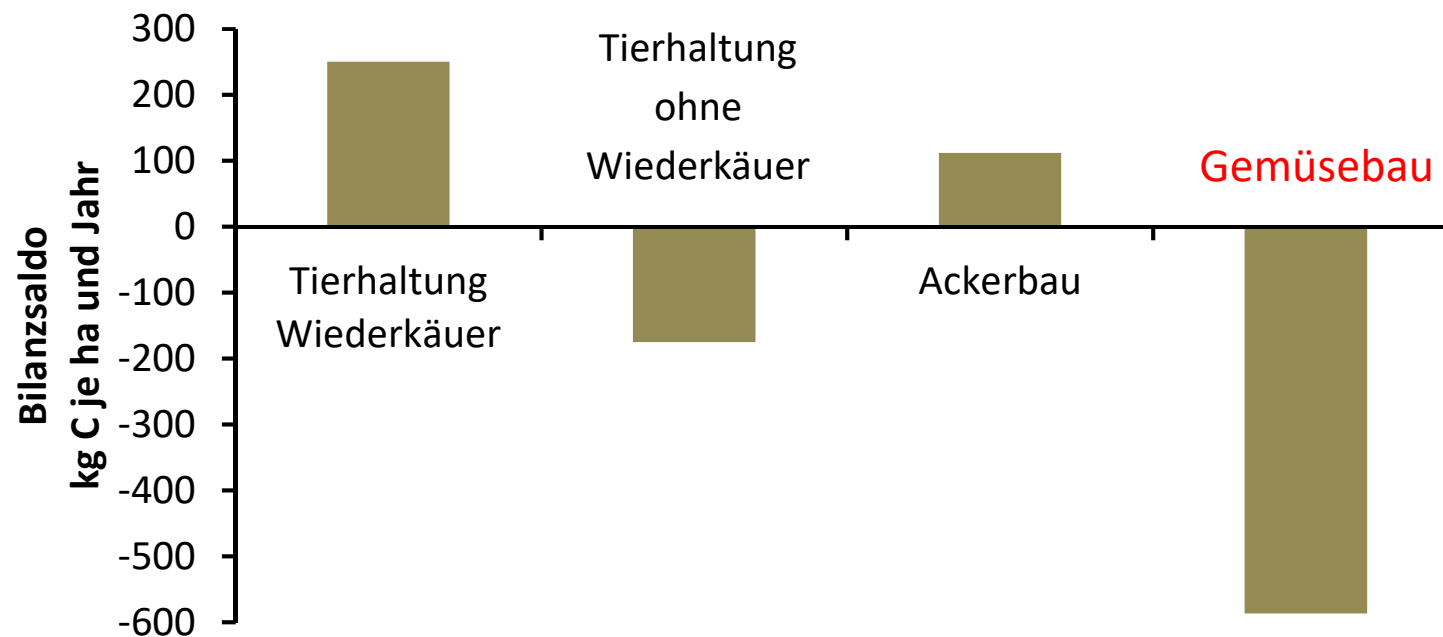
Humussaldo		Bewertung
kg Humus-C ha ⁻¹ a ⁻¹	Gruppe	
< -200	A sehr niedrig	ungünstige Beeinflussung von Bodenfunktionen und Ertragsleistung
-200 bis -76	B niedrig	mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus angereicherten Böden
-75 bis 100	C optimal	optimal hinsichtlich Ertragssicherheit bei geringem Verlustrisiko; langfristig Einstellung standortangepasster Humusgehalte
101 bis 300	D hoch	mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus verarmten Böden
>300	E sehr hoch	erhöhtes Risiko für Stickstoff-Verluste, niedrige Stickstoffeffizienz

Humusbilanzierung - Gemüsebau

Aussage Breitschuh et al. (2012):

Ein hoher Anteil von Gemüse- und Kartoffelflächenanteilen können zu einer bedenklichen Absenkung der Humussalden führen.

Humusbilanzsalden von vier ökologisch wirtschaftenden Betrieben nach der VDLUFA-Methode nach Stumm et al. (2011)



Humusmehrung

- reduzierte Bodenbearbeitung
- Fruchtfolge
- Zufuhr organischer Substanz (Wirtschaftsdünger, Ernterückstände)
- Zwischenfruchtanbau
- Mineraldünger indirekt positiv durch Erreichen höhere Erträge
- Vermeidung von Erosion



Ursachen für zu erwartende negative Bilanzsalden:

- Humuszehrende Fruchtarten
- Wenig organische Düngung
- Arbeit mit Folien und Vliesen zur Temperaturerhöhung
- Intensive Bodenbearbeitung, teilweise mehrmals im Jahr
- Intensive Beregnung

- Hohes Ertragspotential
- Teilweise große Mengen an Ernterückständen
- Erdpresstöpfe

Gesunder Boden => Gesunde Pflanzen => Gesunde Lebensmittel

- Ressource Boden für Nahrungsmittelproduktion
- Gemüseanbau intensive Nutzung: Abbau organischer Substanz durch: Ernteabfuhr, Beregnung, Erwärmung durch Fleece, Pflügen
- Boden soll für weitere Jahre nutzbar bleiben

Erhalt und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit durch Maßnahmen zum Humusaufbau und zur Erhöhung der Biodiversität (11/2020 bis 06/2025)

Ziel: Maßnahmenkatalog für Freilandanbau von Gemüse und Obst



FELDERER

Analytica
Alimentaria

 eurofins

Bodengesundheit:

⇒ Boden optimale ökologische Funktion

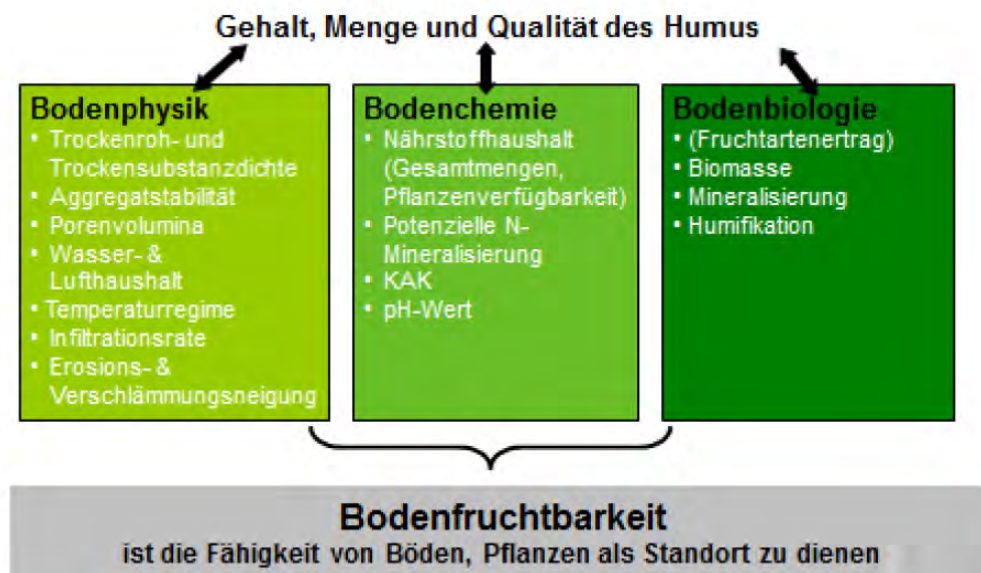
Bodenfruchtbarkeit:

⇒ Bezug auf Ertrag und gute Pflanzenentwicklung

⇒ Bereitstellung essenzieller Nährstoffe für das Wachstum, aktive biologische Lebensgemeinschaft und ungestörte Abbaufähigkeit

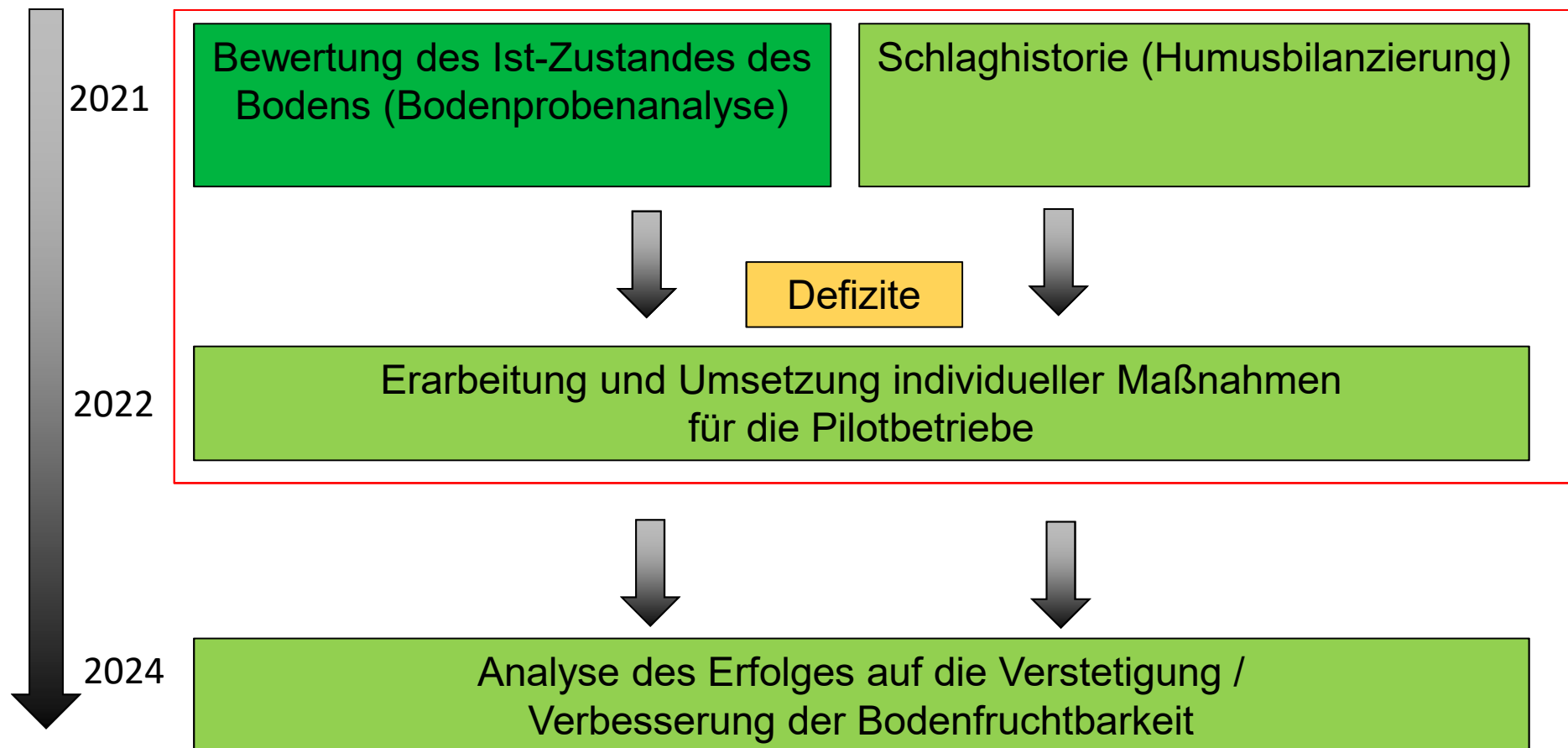


Intakter Moorboden



Vorgehen – Herangehensweise

Wissenschaftliche Begleitung von Pilotbetrieben (4 Jahre)
aus dem Gemüsefreiland- und Obstanbau



Vorgehen – Methodik

- umfangreiche bodenkundliche Untersuchungen (Nährstoffe, Mikrobiom, Schadstoffe)
- Informationen zur Bewirtschaftung der letzten 5 Jahre

insgesamt: 18 Betriebe

- 13 mit jährlichen Ackerbaukulturen (Gemüse, 49 Schläge)



Lage der beteiligten Pilotbetriebe

Probeneingang:	17.11.21	Bio-Kultur:	11m
Kulturart (Sorte):	Kreuz-Ananas	Schicht:	0-20 cm

ALLGEMEINE BODENEIGENSCHAFTEN	
Bodenart	sehr leichter Boden (sehr leicht) (sandig, mittel, tonig)
Humus (%)	2,2 (sehr niedrig) (niedrig, mittel, hoch)
pH-Wert (in CaCl ₂)	6,6 (neutral) (sauer, basisch)
Kalk, Gesamtgehalt (%)	< 0,6 (carbonatfrei) (carbonatig, stark carbonatig)
Kalk freilegend	
Calcium (mg Ca/kg)	201
Magnesium (mg Mg/kg)	8

NÄHRSTOFFGEHALTE *		GESAMTBURTEILUNG
	A B C D E	
Phosphor	P ₂ O ₅ -Lsgl. 3,3 P ₂ O ₅ -Reserve 55	D (hoch)
Kalium	K ₂ O-Lsgl. 7,0 K ₂ O-Reserve 23	E (sehr hoch) keine Angabe
Magnesium	Mg-Lsgl. 0,6 Mg-CAT (leicht austauschbar) 6	C (mittel) keine Angabe
Bor	B-CAT (leicht verfügbar) 0,56 B-Reserve 0,56	B (niedrig)
Calcium	Ca-Lsgl. 7,3	
Stickstoff	Gesamtstickstoff in % N 0,14 (mittel) (niedrig, hoch)	
SPURENELEMENTE		
Mangan mg Mn/kg	Mn-CAT 62,2	
Kupfer mg Cu/kg	Cu-CAT 12,11	
Zink mg Zn/kg	Zn-CAT 8,40	
ERGÄNZENDE BODENPARAMETER (Störfaktoren)		
Chlorid mg Cl/kg	Fe-Reserve 15,0	
Aluminium mg Al/kg	Al-Reserve 14	
Natrium mg Na/kg	Na-Lsgl. 0,4	
Leitfähigkeit (EC)	in µS/cm 120	

Beprobung:

- außerhalb der Hauptanbauzeit
- Mischprobe aus ca. 20 Einstichen
- Probennahme: 0-30 u. 30-60 cm



Ergebnisse der Bodenzustandserhebung - Humusgehalt

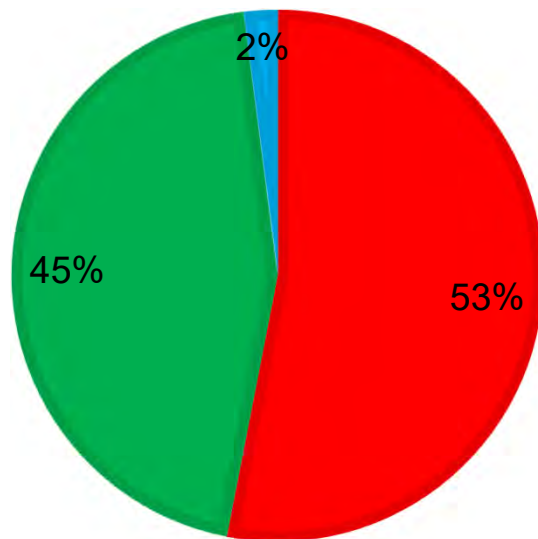
Humus:

- Basis der biologischen Aktivität, Nährstofflieferung, Aggregatstabilität, Wasserspeicherung



Humusgehalt - Gemüse

■ <2% ■ 2 bis 4% ■ >4%



50% der Felder haben zu geringen Humusgehalt für die Bodenart

Tab. 2: Standorttypischer Humusgehalt in der Ackerkrume von Ackerböden in Süd- und Ostdeutschland ¹

Boden- gruppe	Boden- art	Tongehalt [%]	C _{org} [%]	OBS [%]
<i>Höhenlage: < 350 mm NHN</i>				
1	S	< 5	0,5 - 0,7	1,7 - 2,0
		5 - 12	0,7 - 1,4	2,0 - 3,5
2	I'S	< 8	0,5 - 0,9	1,7 - 2,5
		8 - 17	0,7 - 1,4	2,0 - 3,5
3	IS	8 - 17	0,7 - 1,4	2,0 - 3,5
		17 - 25	1,3 - 1,6	3,3 - 3,9

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) 2010

=>Steigerung der organischen Substanz:

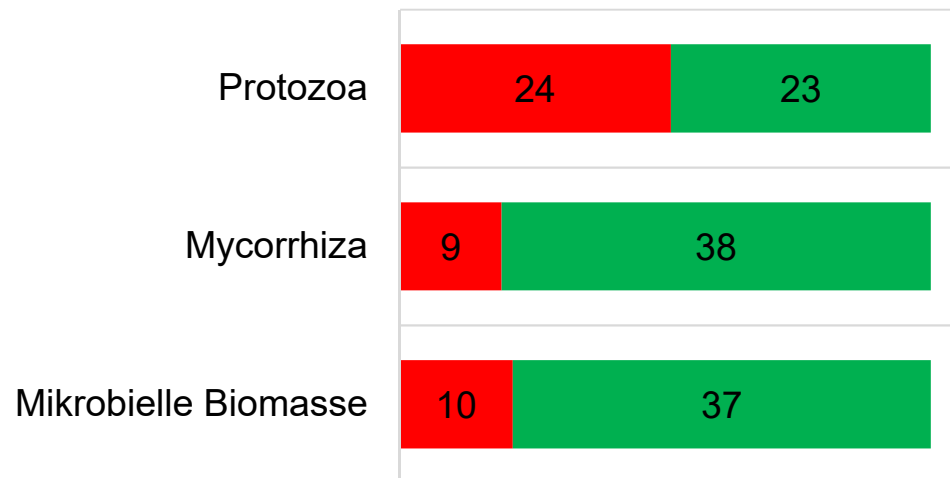
- organische Dünger: Bodenbalsam-H, Novihum, Humintech, Mist, Kompost
- Zwischenfrüchte

Mikrobiom:

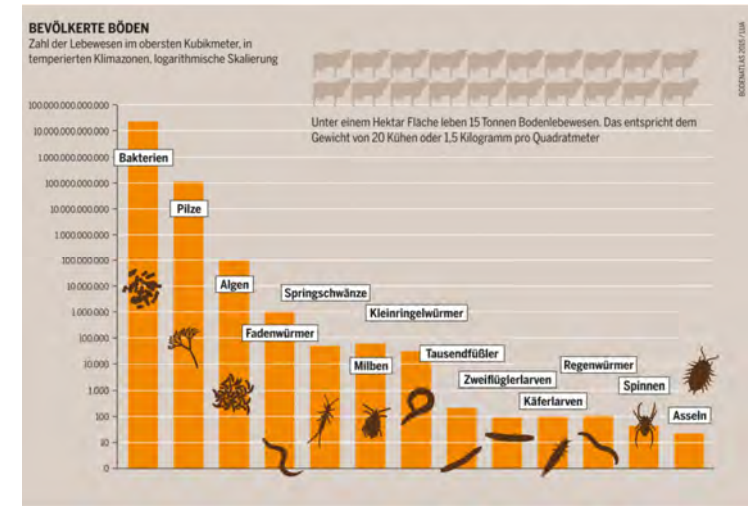
- Stoffkreislauf, Nährstoffumsatz, Schadstoffabbau

Mikrobiom - Gemüse

■ gering ■ optimal



20% der Böden weisen geringe mikrobiologische Biomassen auf



=> Zugabe von mikrobiellen Organismen

- Trillus
- Microsat (Mykorrhiza)
- EMIKO
- AMNpromot

Organische Düngung



Art organischer Dünger	Betriebe
keine	4 /13
Kompost	1 /13
Gärrest	3 /13
Gülle	4 /13
Mist (Pferd, Rind, Geflügel)	5 /13

- 25% der Betriebe KEINE organischen Dünger
- ABER Unterpflügung von Stroh

- ALLE Betriebe, ABER nicht alle Schläge Einsatz von Zwischenfrüchten
 - Gelbsenf, Phacelia, Terra Life, Sandhafer, Sudangras, Ölrettich, Klee gras, Buchweizen, Getreidesorten
 - Anbau tiefwurzelnder Arten
- => längere Standzeiten (Anbau über Winter)

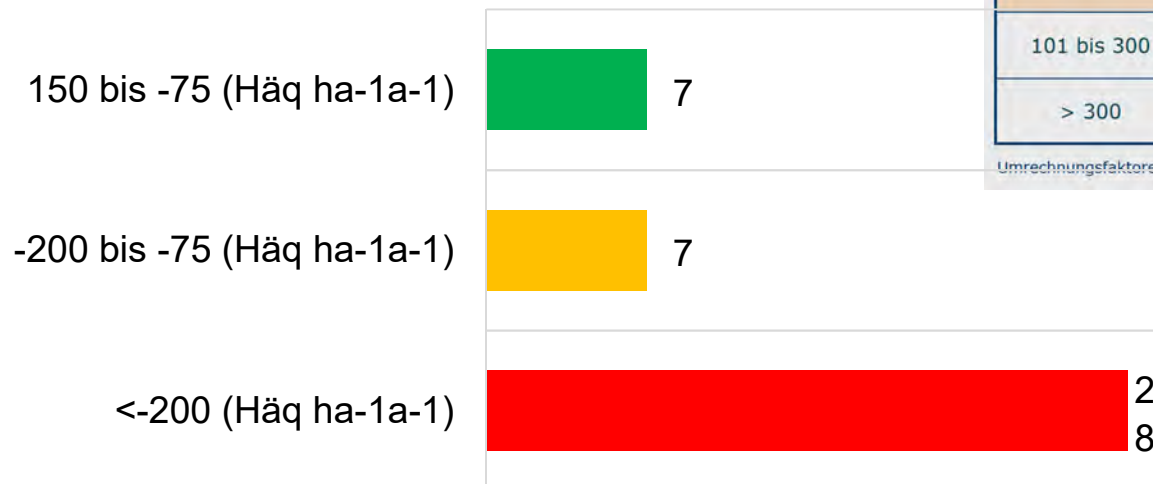
Zwischenfrüchte



Ergebnisse der Bodenzustandserhebung - Humusbilanz

- aus Ackerschlagkarteien:
Bewirtschaftung der letzten 5 Jahre

Humusbilanzierung



Bewertung der Humussalden		
Humussaldo		Bewertung
Humus-C kg ha ⁻¹ a ⁻¹	Gruppe	
< -200	A sehr niedrig	ungünstige Beeinflussung von Bodenfunktionen und Ertragsleistung
-200 bis -76	B niedrig	mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus angereicherten Böden
-75 bis 100	C optimal	optimal hinsichtlich Ertragssicherheit bei geringem Verlustrisiko langfristig Einstellung standortangepasster Humusgehalte
101 bis 300	D hoch	mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus verarmten Böden
> 300	E sehr hoch	erhöhtes Risiko für Stickstoff-Verluste, niedrige N-Effizienz

Umrechnungsfaktoren: 1t ROS ~ ca. 200 kg Humus-C 1HE ~ ca. 580 kg Humus-C

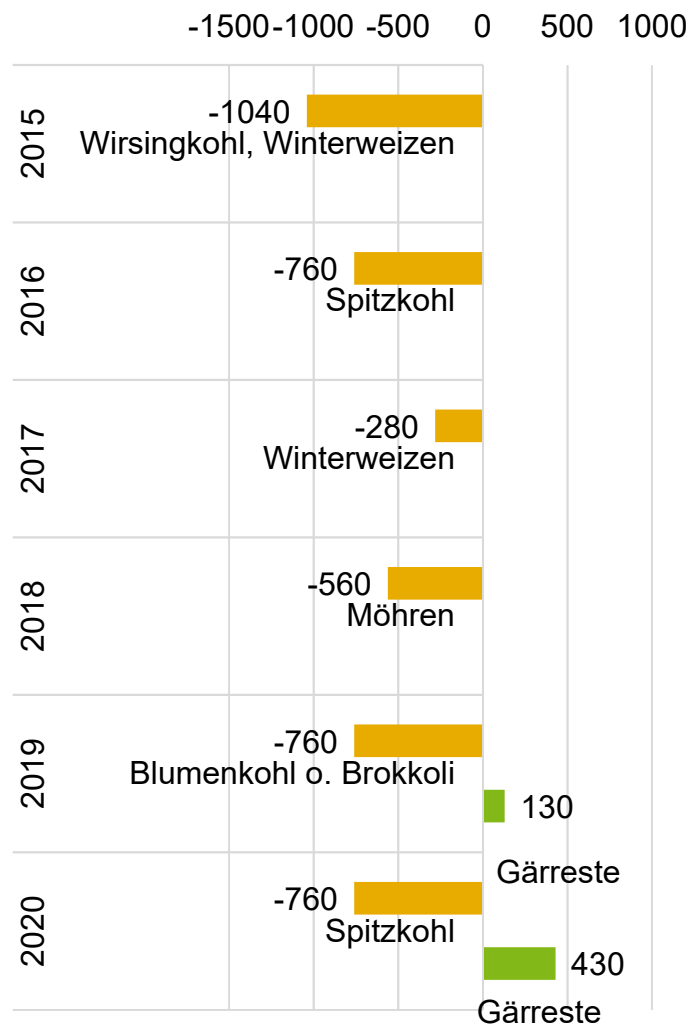
⇒ Anbau von Zwischenfrüchten oder Einsatz organischer Dünger

- Abbau organischer Substanz in >75% der Schläge
- 1/6 sehr gute Humusbilanz

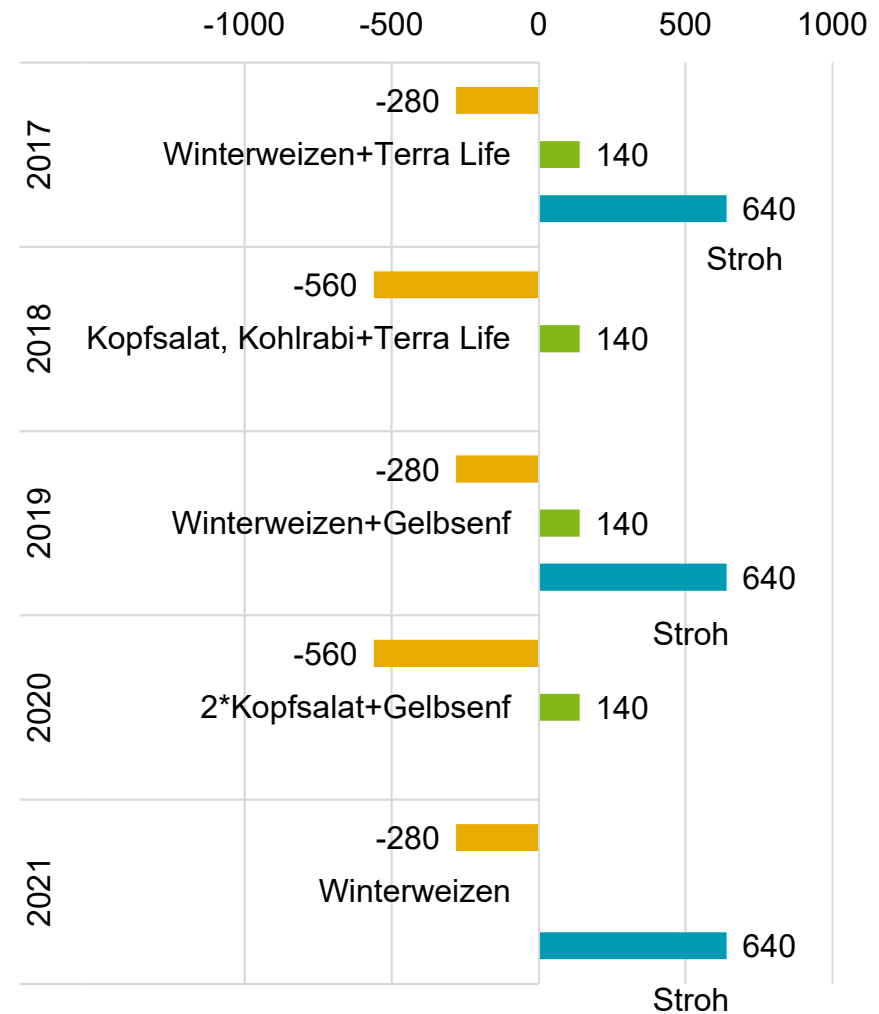
Humusbilanzierung zweier Betriebe (VDLUFA)



Bsp: [HÄQ/ha]: Einsatz Gärreste



Bsp: [HÄQ/ha]: Zwischenfrucht und Strohreste



Summe= -3600 HÄQ in 6 J.=> **-600 HÄQ/ha*a** Summe = -40 HÄQ in 5 J.=> **-8 HÄQ/ha*a** 26

Resultierende Maßnahmenvorschläge

Maßnahme	Anzahl	Produkte
Zugabe organischer Substanz	16	Bodenbalsam-H, Novihum, Mist, Kompost
Zugabe von Kalkreserven	6	Granugips, TIMAC, Patentkali
Ausgleich der Nährstoffgehalte	16	Excello, Borsäure, Reduzierung von P und K
Reduzierung der Brachzeiten	5	Winterroggen, Blühmischung, Sandhafer
Zugabe mikrobieller Organismen	8	Trillus, Microsat, EMIKO, AMNpromot
Nur Beobachtung	4	



neuer Blühstreifen

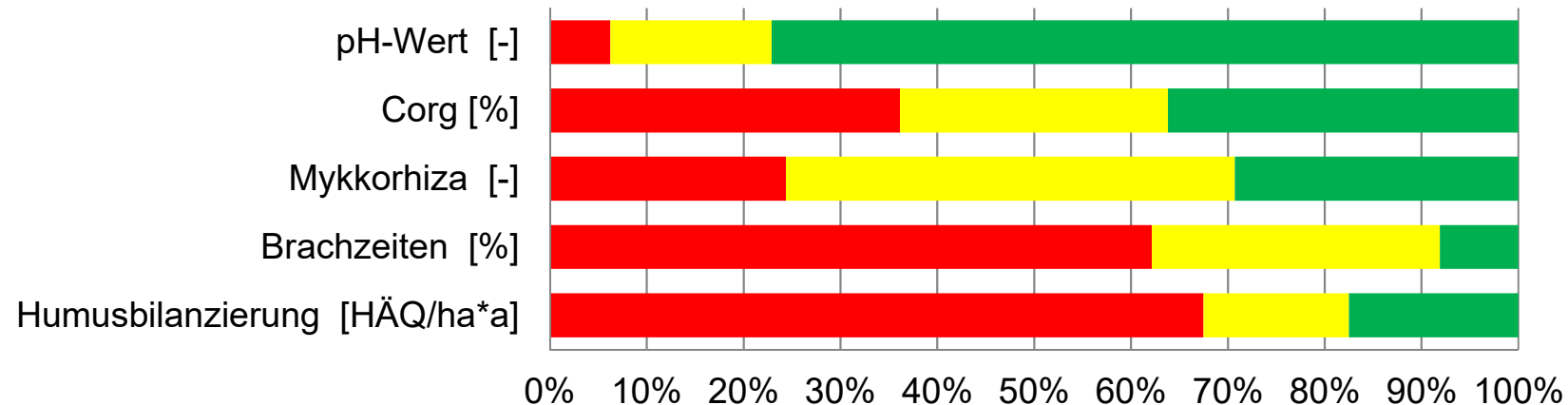


Einsatz von Kompost



Kalkung

Bewertung der untersuchten Schläge



Defizite:

- **Verschlämmte Böden: hohe Eisenreserven**
- **Niedrige pH-Werte**
- **Sehr hoher Sandanteil**

Positives:

- **Nutzung zahlreicher Zwischenfrüchte, z.B. Phacelia, Senf, Wermut, Terra Life, Buchweizen, Ölrettich**
- **Anbau tiefwurzelnder Arten**
- **Einsatz organischer Dünger: Mist, Kompost, Gülle, Gärrest, Geflügelkot, Haarmehlpellets**

Projektantrag MuD Humus

Bewertung des Humusgehaltes und Humusbilanzierung

Potential zum Humuserhalt und -aufbau

Maßnahmen zum Humuserhalt und -aufbau

- **Reduzierte Bodenbearbeitung**
- **Permanente Fahrspur**
- **Mulchverfahren**
- **Optimierung der Fruchtfolgen (tiefreichendes Wurzelsystem)**
- **Ernterückstände**
- **Streifenbewirtschaftung** (Gemüse im Wechsel mit Getreide)
- **C-Zufuhr** (Zugabe von organischem Material und Düngern)
- **Agroforstwirtschaft.**

Projektantrag MuD Humus



Region	LWG (Süd)	DLR (West)	LFA (Nord)	LfULG (Ost)	TLLLR (Mitte)
Betriebsstruktur	Klein- bis mittelstrukturiert	große Betriebe > 800 ha	große und mittlere Betriebe	Landwirtschaftsbetriebe, kleinstrukturiert	Klein- bis mittelstrukturiert
Anbaumethode	Konventionell und Öko	Konventionell und Öko	Konventionell und Öko	Konventionell und Öko	Konventionell und Öko
Absatzwege	Direktvermarktung Indirekter Absatz Industriegemüse	Indirekter Absatz Vielfältiges Kulturartenspektrum	Indirekter Absatz Vielfältiges Kulturartenspektrum	Market Gardening / SoLawis Industriegemüse	Market Gardening Indirekter Absatz vielfältiges Spektrum
Humusgehalt	Schwach – mittel	Mittel humos	Schwach humos	Schwach – mittel	Schwach – mittel
Betriebe/Schläge	5 Betriebe 2 Schläge	2 Betriebe 5 Schläge	4 Betriebe 2 Schläge	8 Betriebe 2 Schläge	5 Betriebe 2 Schläge
Kulturen im Fokus	Einlegegurken, Rote Bete, Salate, Knollenfenchel, Kohl, Spargel	Sellerie, Salate, Fenchel, Möhren	Blumenkohle, Salate, Kopfkohl	Gemüsebohnen, Gemüseerbsen, Salate, Kohl	Blumenkohle, Spargel, Salate

Wir sollten alle Möglichkeiten nutzen die
Humusversorgung unserer Böden zu sichern!

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Ergebnisse der Bodenzustandserhebung – pH-Wert

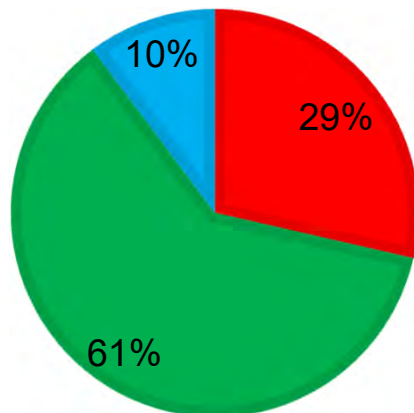
Bodenreaktion:

- Einfluss auf Verwitterung, Zersetzung, biologischen Aktivität, Gefügebildung und Kationen- und Anionendynamik

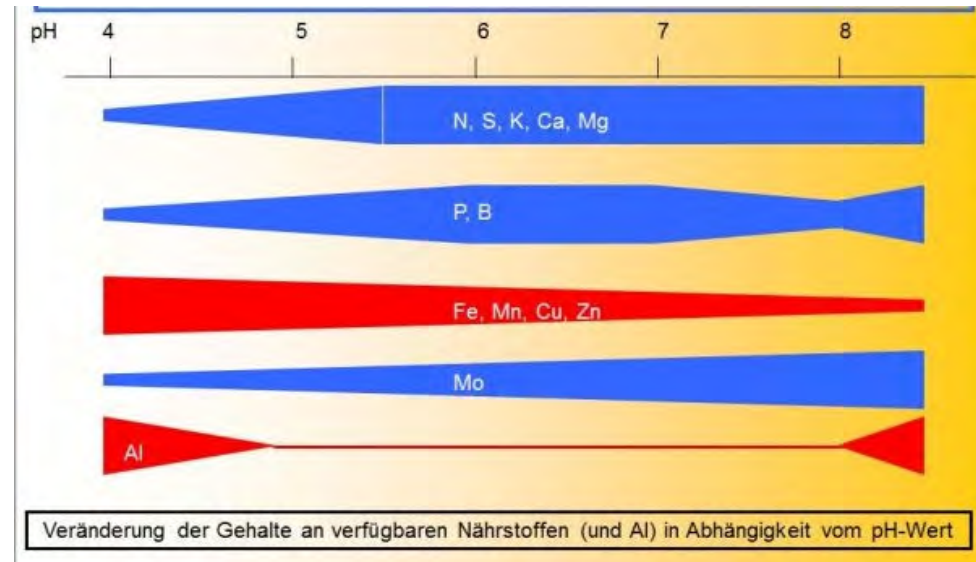
Kultur [-]	Min	MW	Max
jährlich (Gemüse)	3,9	6,4	7,5

pH-Wert

■ ≤6 ■ 6-7,5 ■ >7,5



30% der Schläge mit geringem pH-Wert



⇒ Anhebung des pH-Wertes auf 5,5 bei Sandböden und 6,5 bei Lehm Böden

Ergebnisse der Bodenzustandserhebung – CaO-gehalt



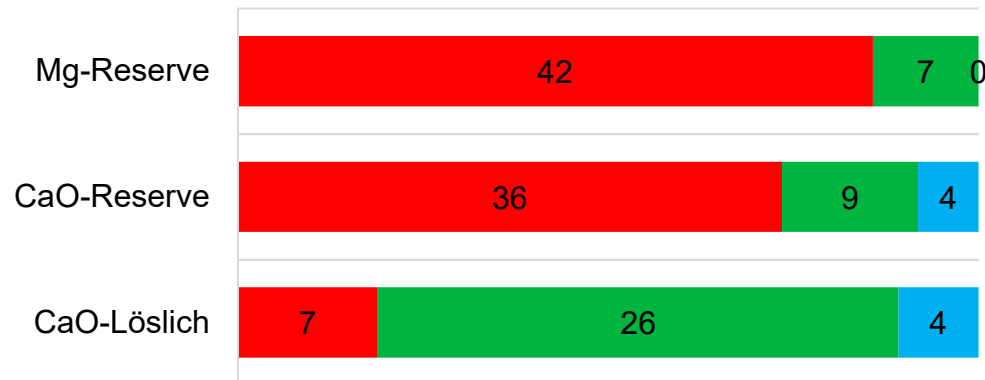
Gehalt an austauschbaren basisch wirksamen Kationen:
- Pufferung gegen Bodenversauerung



Kultur [mg CaO/kg]	Min	MW	Max
Jährlich (Gemüse)	0,8	7,8	38,2

Basisch wirksame Kationen

■ gering ■ optimal ■ hoch



=>Zugabe entsprechender Dünger:

- Granugips
- TIMAC
- Patentkali

>70% der Schläge haben ein Defizit an CaO und Mg

Mikronährstoffe:

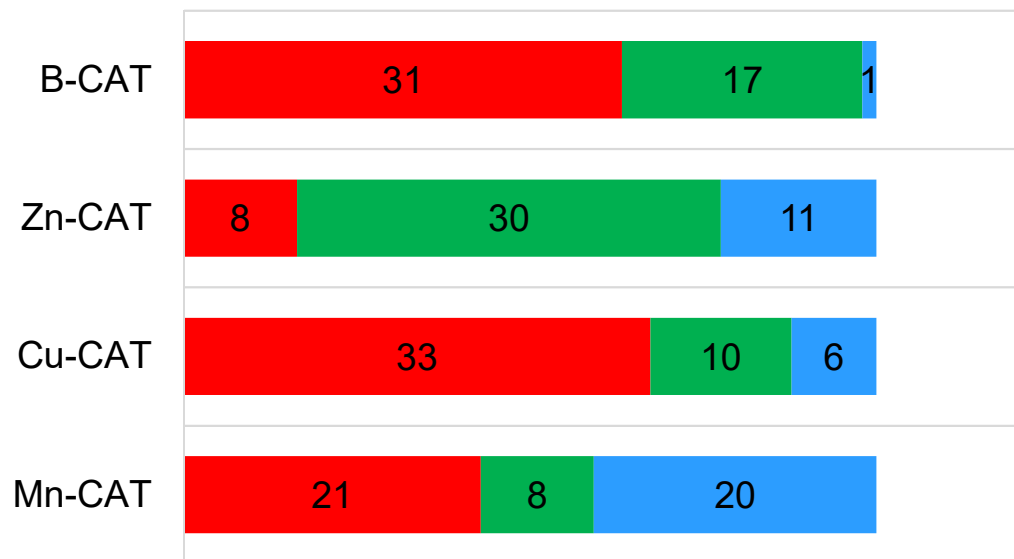
- Stoffwechselprozesse, enzymatische Prozesse (Proteinsynthese) => Wuchsschäden



www.cosmacon.de/mikronaehrstoffe/

Mikronährstoffe - Gemüse

■ gering ■ optimal ■ hoch



=> Düngerzugabe von Mn und B

➤ Excello

➤ Borsäure

ca. 50% der Schläge: Defizit an Mikronährstoffen, vor allem B und Mn