

# Aktueller Zustand der Ackerböden des mittleren Waldviertels: Welche Maßnahmen sind zu setzen?

---

Armin Bajraktarevic

Abteilung Bodengesundheit und Pflanzenernährung

# Wie ernährt sich eine Pflanze?

Bei einem Weizenertrag von 8t/ha, werden 4 t/ha Wurzelabscheidungen an den Boden gegeben!

- Was sind Wurzelabscheidungen?

Proteine, Zucker, Aminosäuren, organische Säuren → Pflanze passt diesen „Cocktail“ je nach Witterung, Ernährungszustand und Boden an!

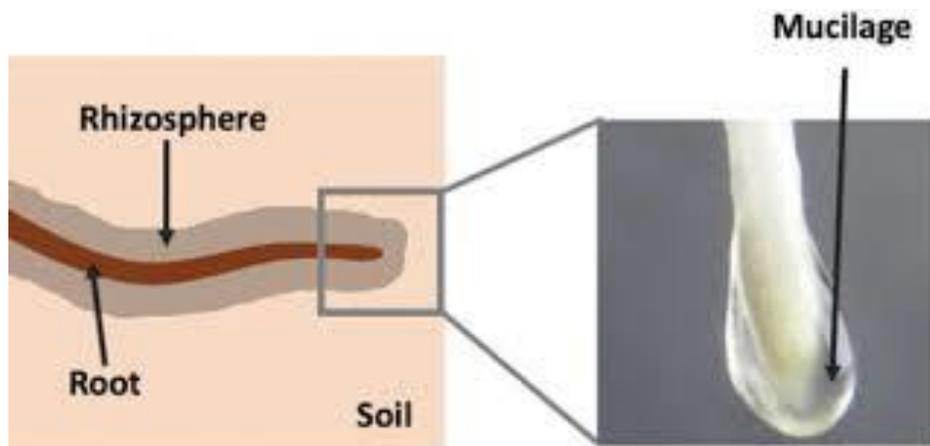
- Was machen Wurzelabscheidungen?

Lösen Nährstoffe aus dem Boden heraus und „füttern“ das Bodenleben, welches dann wiederum Nährstoffe zur Verfügung stellt

- Was sagt das Bild rechts aus?

Wenn Boden an den Wurzeln dranhängt, dann ist die Pflanze „gesund“ und sie scheidet Wurzelabscheidungen aus.



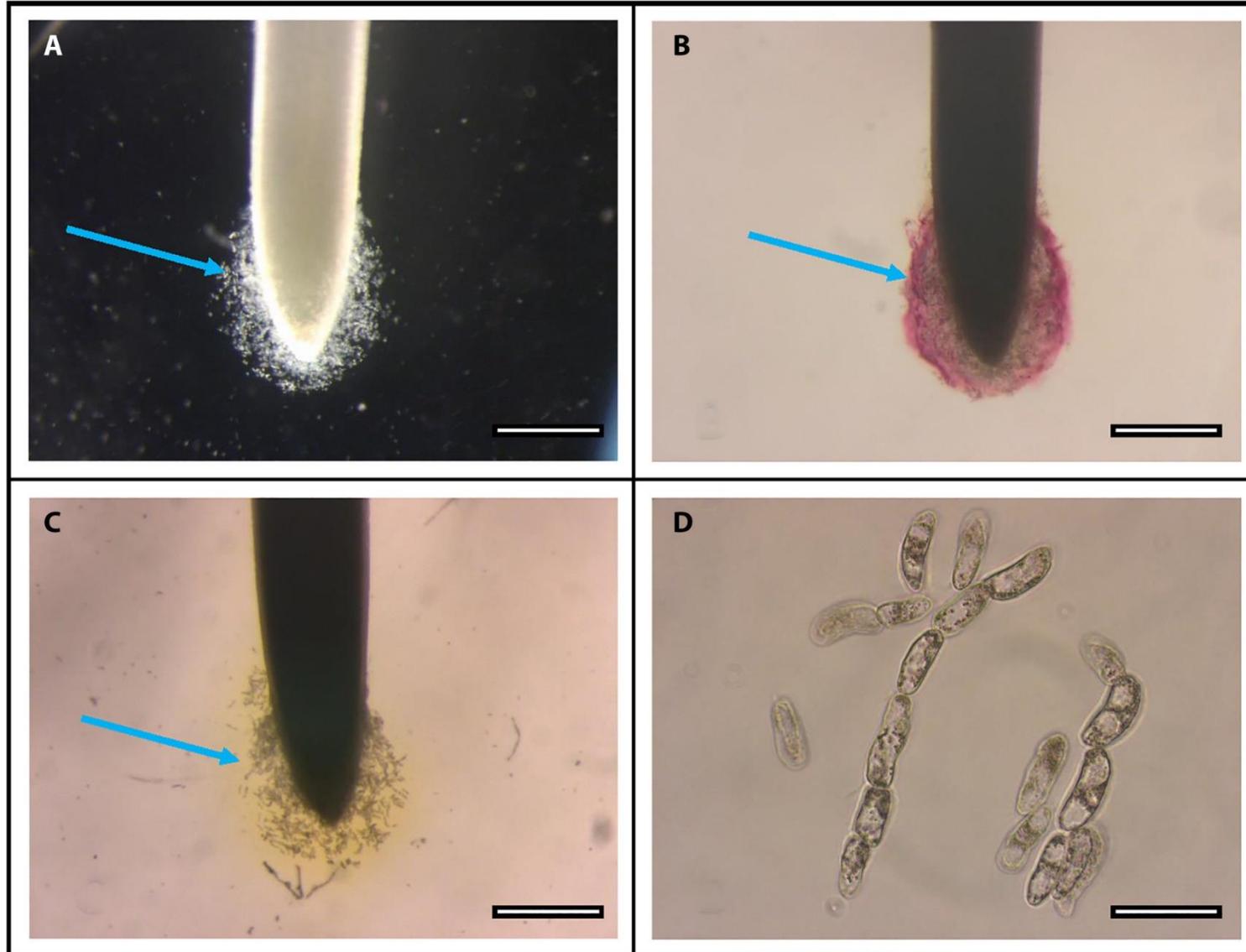


Hauptenthal et al., 2021



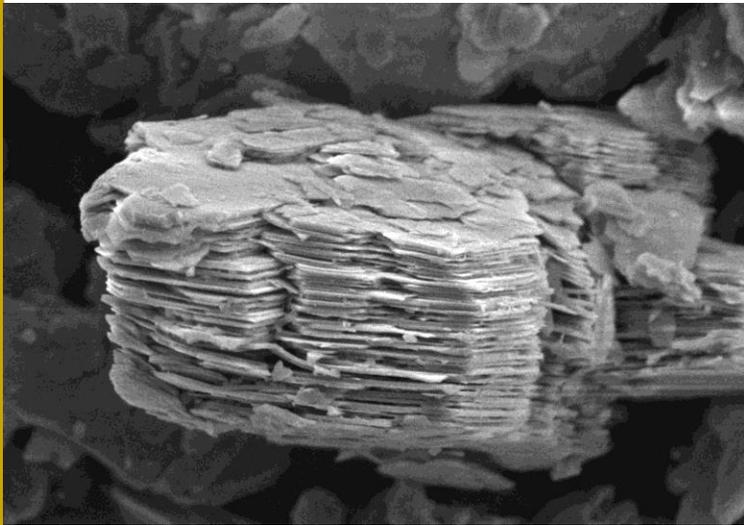
Hinsinger et al., 2009

# Bakterien und Pilze



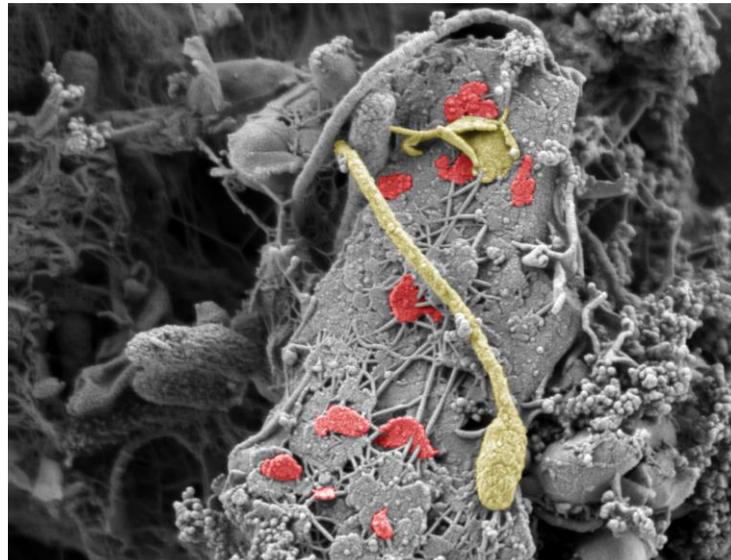
# Wo sind Nährstoffe gespeichert?

Gesteine bzw. Bodenart (Foto Tonmineral)



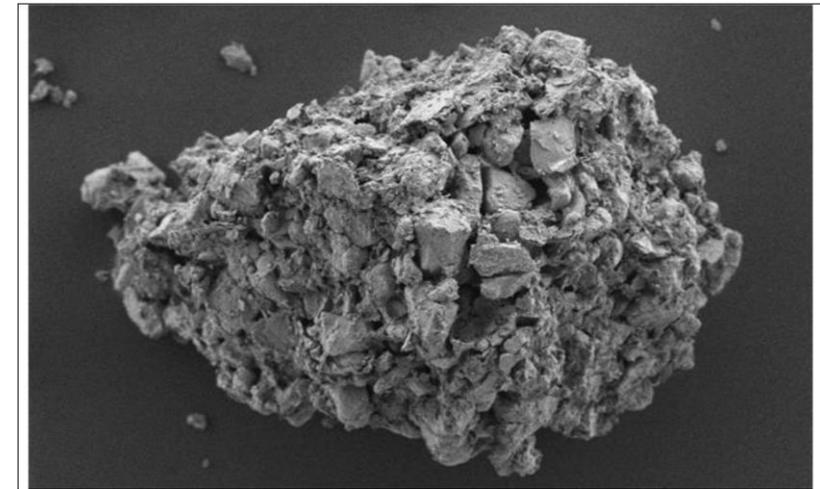
Yonsei University, Yongjae Lee

Bodenlebewesen (Bakterien, Pilze, usw.)



<https://phys.org/news/2012-12-contribution-bacterial-remnants-soil-fertility.html>

Organische Substanz (Humus)



Totsche et al., 2017

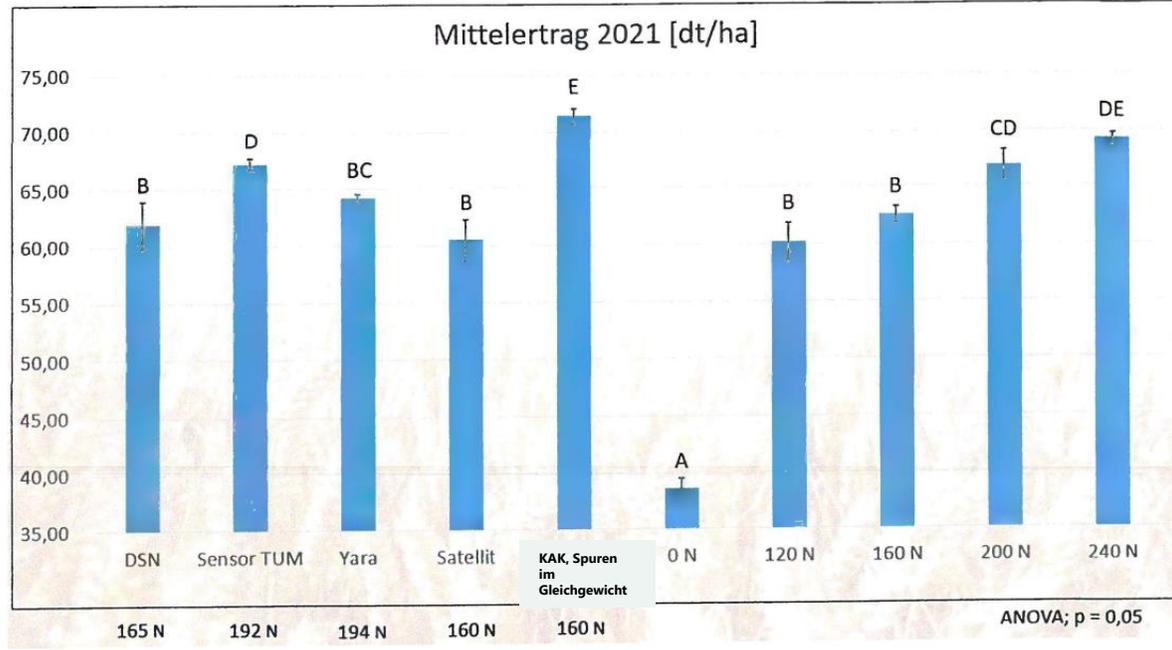
# Beispiel Weizen

Niederbayern – schluffiger Lehm, Ø 9,5°C, Ø 781mm, 3 Jahres-Versuch

Mittelertrag = 9 t/ha



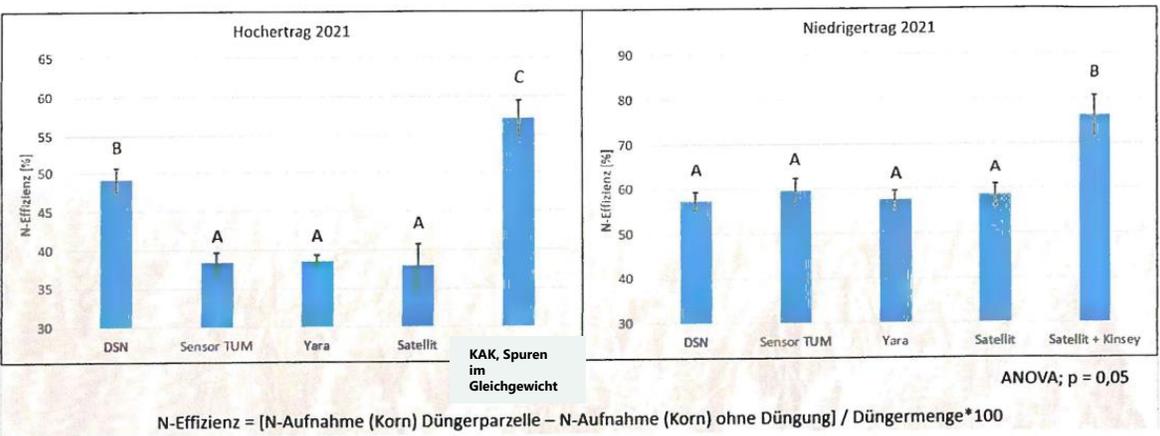
Bezogen auf KAK,  
Spuren und deren  
Verhältnisse



Standard  
(Deutschland)

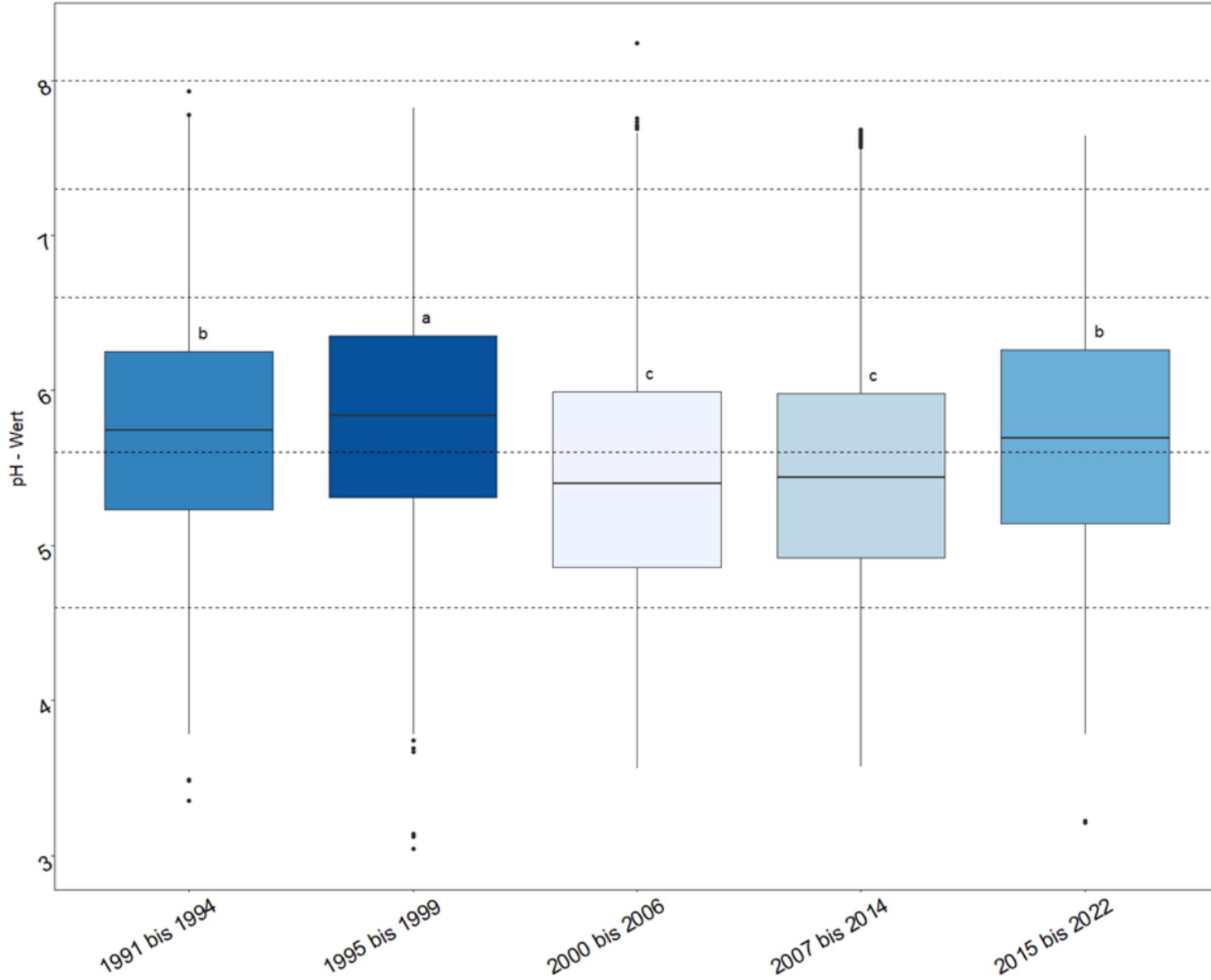
	Empfehlung	Umsetzung	Empfehlung	Umsetzung
<b>S</b>	20 kg S/ha	15 kg S/ha über 1. N-Gabe + 40 kg S/ha aus Kieserit	85 kg/ha ele. Schwefel (90 %)	50 kg/ha ele. Schwefel (90 %) + 15 kg S/ha über 1. N-Gabe + 56 kg S/ha aus Kieserit
<b>Mg</b>	50 kg MgO/ha	50 kg MgO/ha über Kieserit	280 kg/ha Kieserit	280 kg/ha Kieserit
<b>Na</b>	keine Düngung	-	30 kg/ha Natursalz	50 kg/ha Magnesia-Kainit (25 % Na)
<b>Zn</b>	keine Düngung	-	34 kg/ha Zinksulfat (36 %)	2 x 3,2 Liter Zink-Chelat (78 g/l Zn) = 500 g Zink
<b>B</b>	keine Düngung	-	6 kg/ha Borsäure (17 %)	2 x 1,6 Liter Bor 150 (150 g/l B) = 480 g Bor

Stettmer et al., 2023



- 2021: Hitzestress und zur Ernte lange Regenphase
- Über die 3 Jahren war Düngung nach Verhältnissen vorteilhafter als nur „Satellit“





Es befinden sich zwischen 20 – 30% der Proben unter dem pH-Wert von 5!

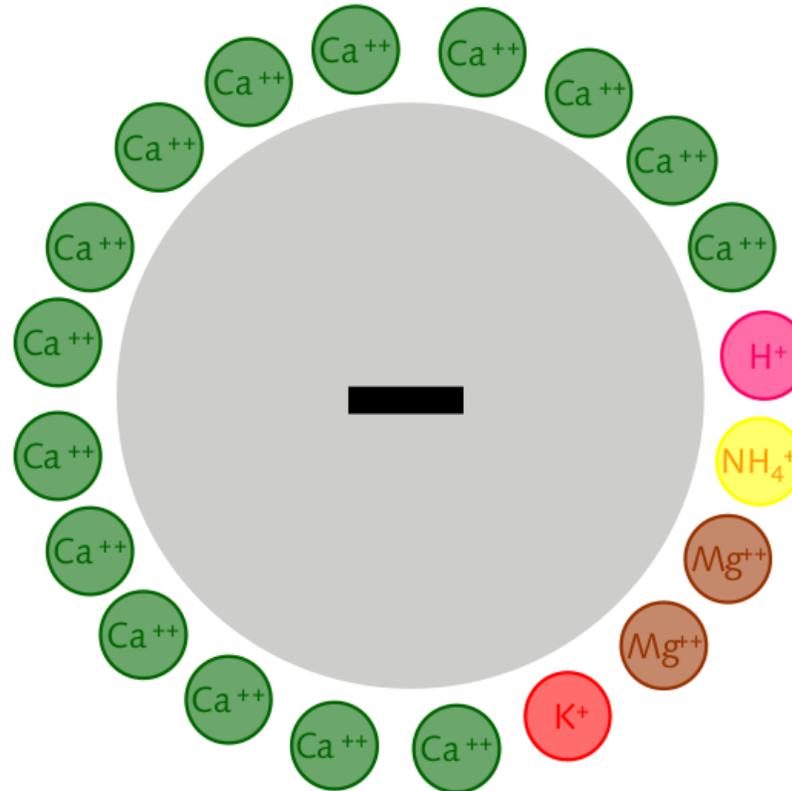
Zeitraum 2000 – 2006 höchste Probenanzahl (daher eher Tendenz sinkend).

Hinweis: Endbericht veröffentlicht!

# Der pH - Wert

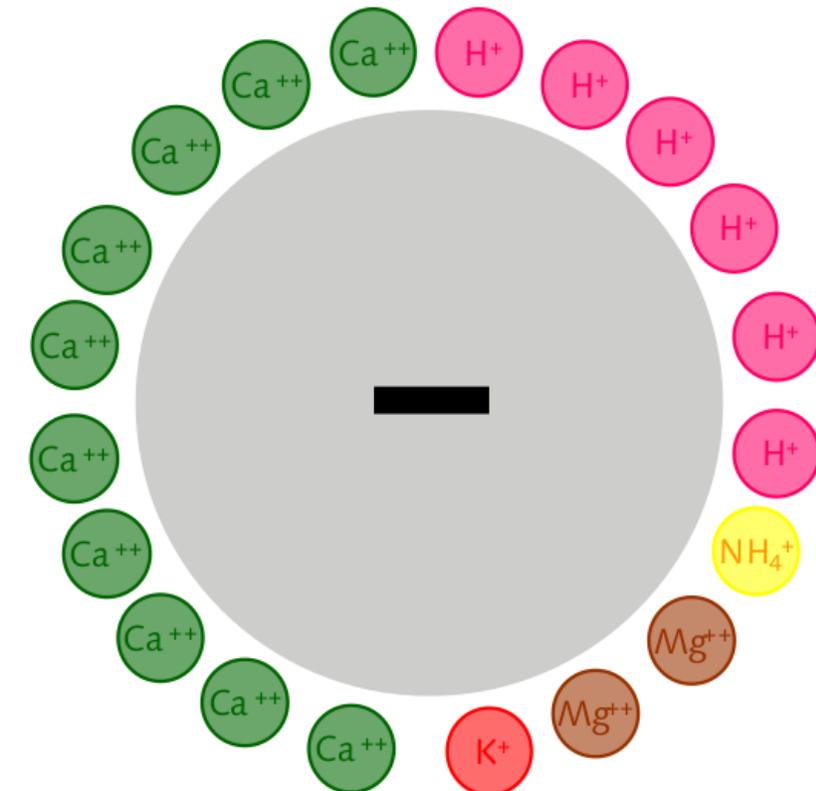
—  $\text{pH} = -\log_{10} (\text{H}^+)$

Gehalt $\text{H}^+$	dek. Log.	pH-Wert
$10^0$	0	0
$10^{-1}$	-1	1
$10^{-3}$	-3	3
$10^{-5}$	-5	5
$10^{-7}$	-7	7
$10^{-9}$	-9	9
$10^{-11}$	-11	11
$10^{-14}$	-14	14



**ph 7**

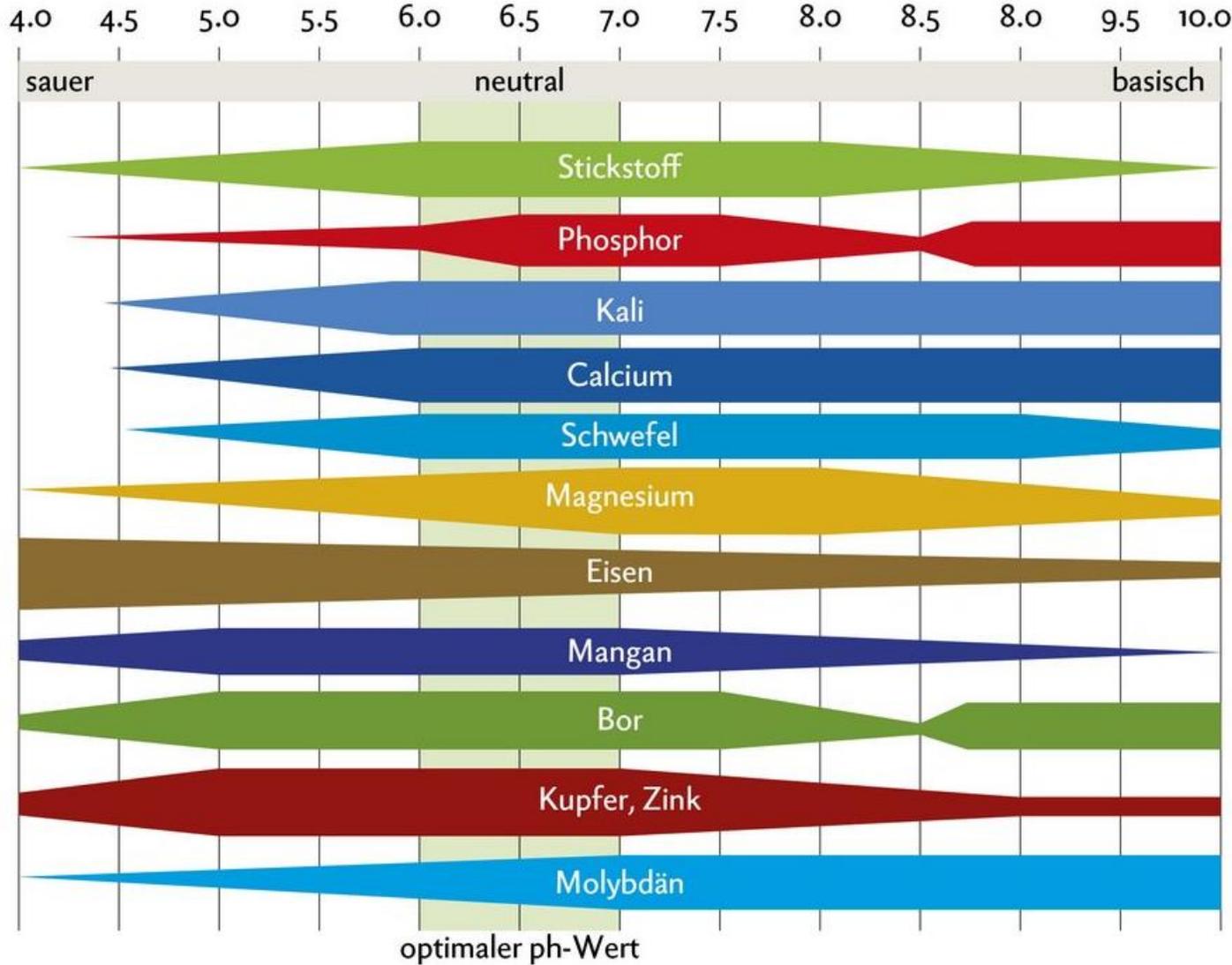
Wenig  $\text{H}^+$  - Ionen



**ph 5**

Viele  $\text{H}^+$  - Ionen

# pH steuert die Pflanzenverfügbarkeit



# Was ist jetzt der richtige pH – Wert?

**Kalk oder nicht Kalk, das ist hier die Frage?**  
**AGES rechnet Bedarf über pH – Acetat aus!**

Tabelle 8: Anzustrebende pH-Werte in Abhängigkeit von Bodenschwere, Nutzungsart und Kultur  
 Mindestwerte je nach Bodenart!

Anzustrebender pH-Wert			
Bodenschwere	Ackerland		Grünland
	Hafer, Roggen, Kartoffel	Übrige Kulturen	
Leicht	über 5	über 5,5	um 5,0
Mittel	über 5,5	über 6	um 5,5
Schwer	über 6	über 6,5	um 6,0

Jedoch kann es bei höheren pH – Werten und auf durchlüfteten/trockenen Böden zu Schorf führen!

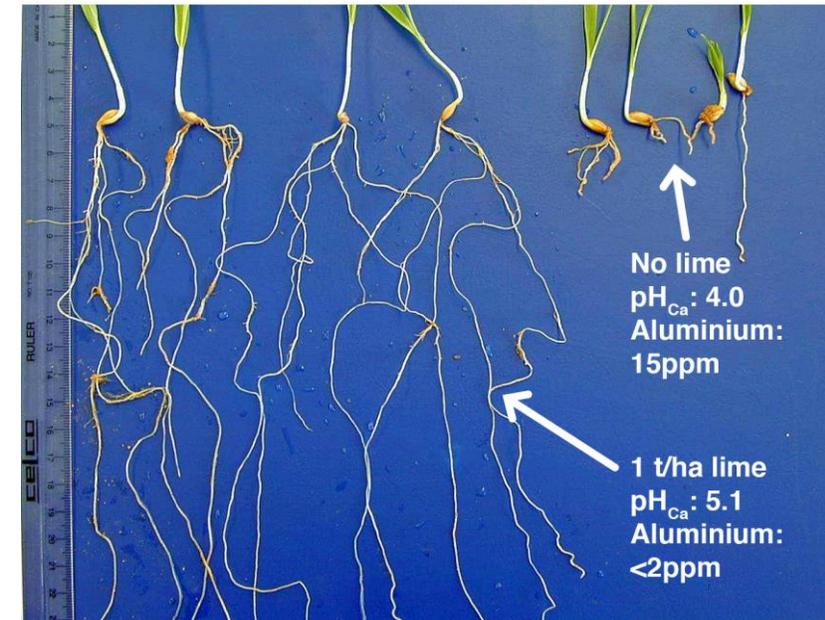


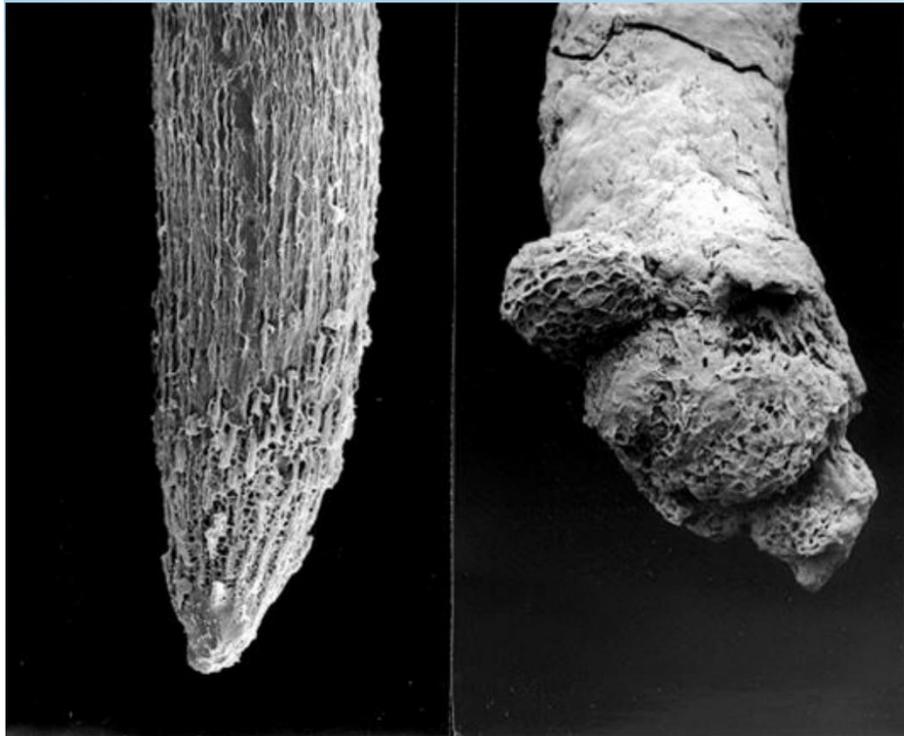
Bodenstruktur wird durch Kalkung verbessert (pH Hebung ergo mehr Calcium am Austauscher)



Jedoch führt ein niedriger pH-Wert bei „kalkliebenden“ Kulturen zu Ertragsminderung und schwachem Wachstum!

**Wichtig: Je niedriger der pH – Wert, desto geringer ist die Stickstoffeffizienz!**





**Wheat**  
(Al 5 mg/kg, pH 5)



<https://www.agric.wa.gov.au/soil-acidity/effects-soil-acidity>

# Langzeitversuch pH-Wert und Roggen (Quelle: Olego et al., 2021)

N,P,K bekamen alle gleich: 12.0 kg/ha N, 22.5 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 22.5 kg/ha K<sub>2</sub>O



Jahr 2007: Extremjahr mit niedrigem Niederschlag und Temperaturen

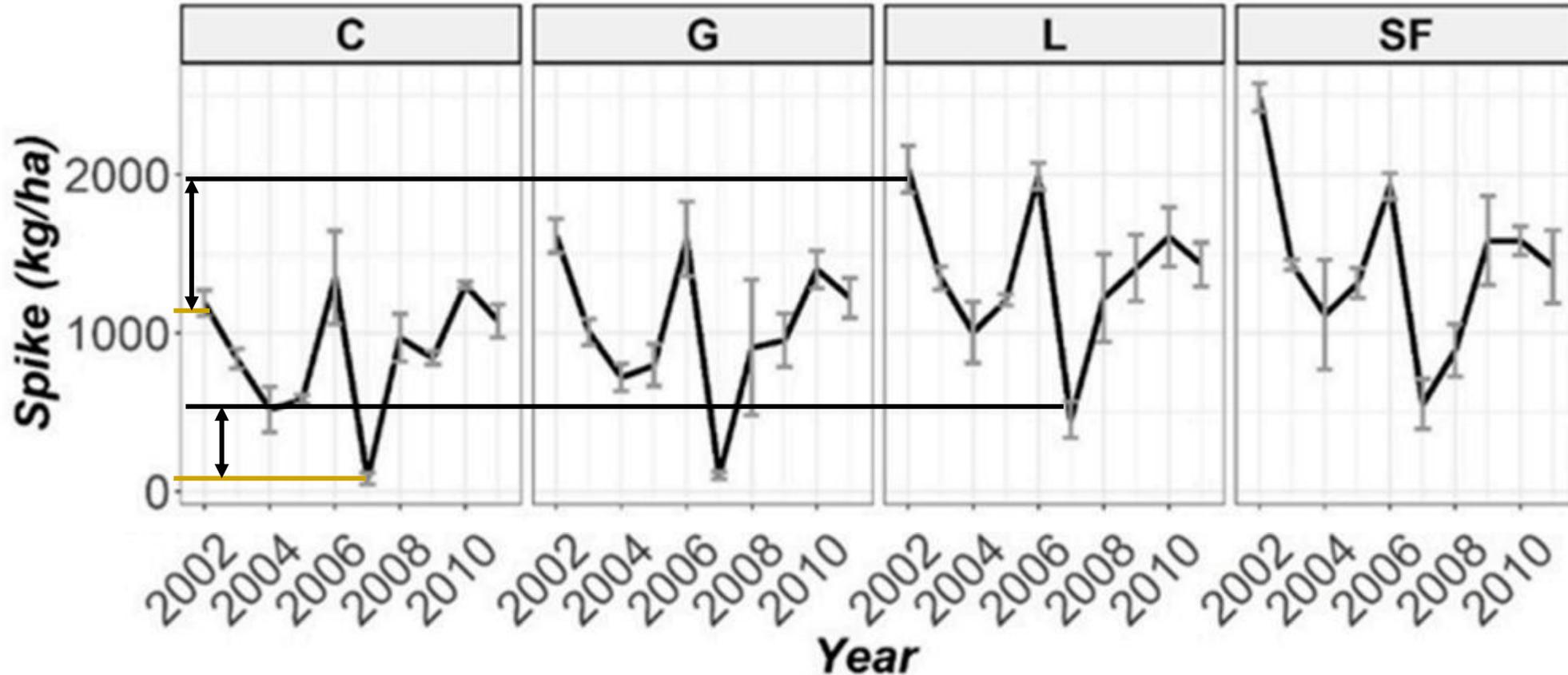
pH: 4

10t/ha Gips  
Ertrag: +16%  
pH: kaum verändert

7,7t/ha CaCO<sub>3</sub>  
Ertrag: +32%  
pH: +1,5

15t/ha Carbokalk  
Ertrag: +38%  
pH: +2,5

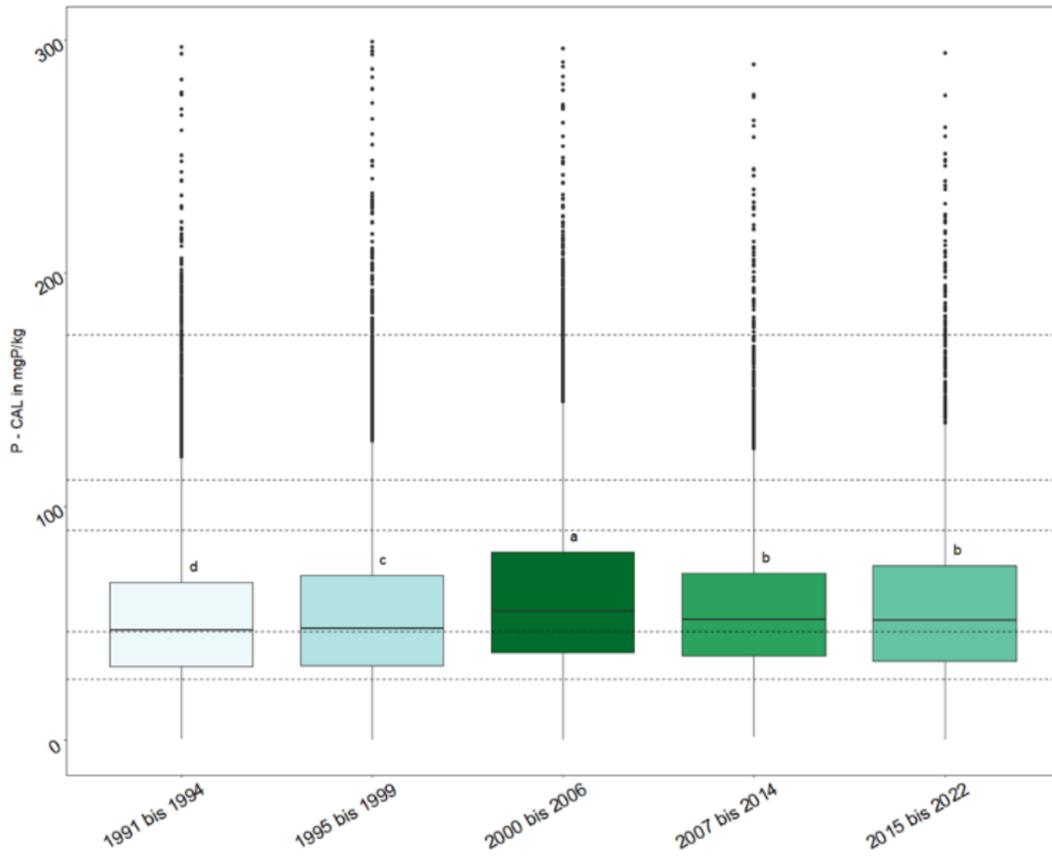
Spike =  
Ähre



# Erhaltungskalkung nicht vergessen!

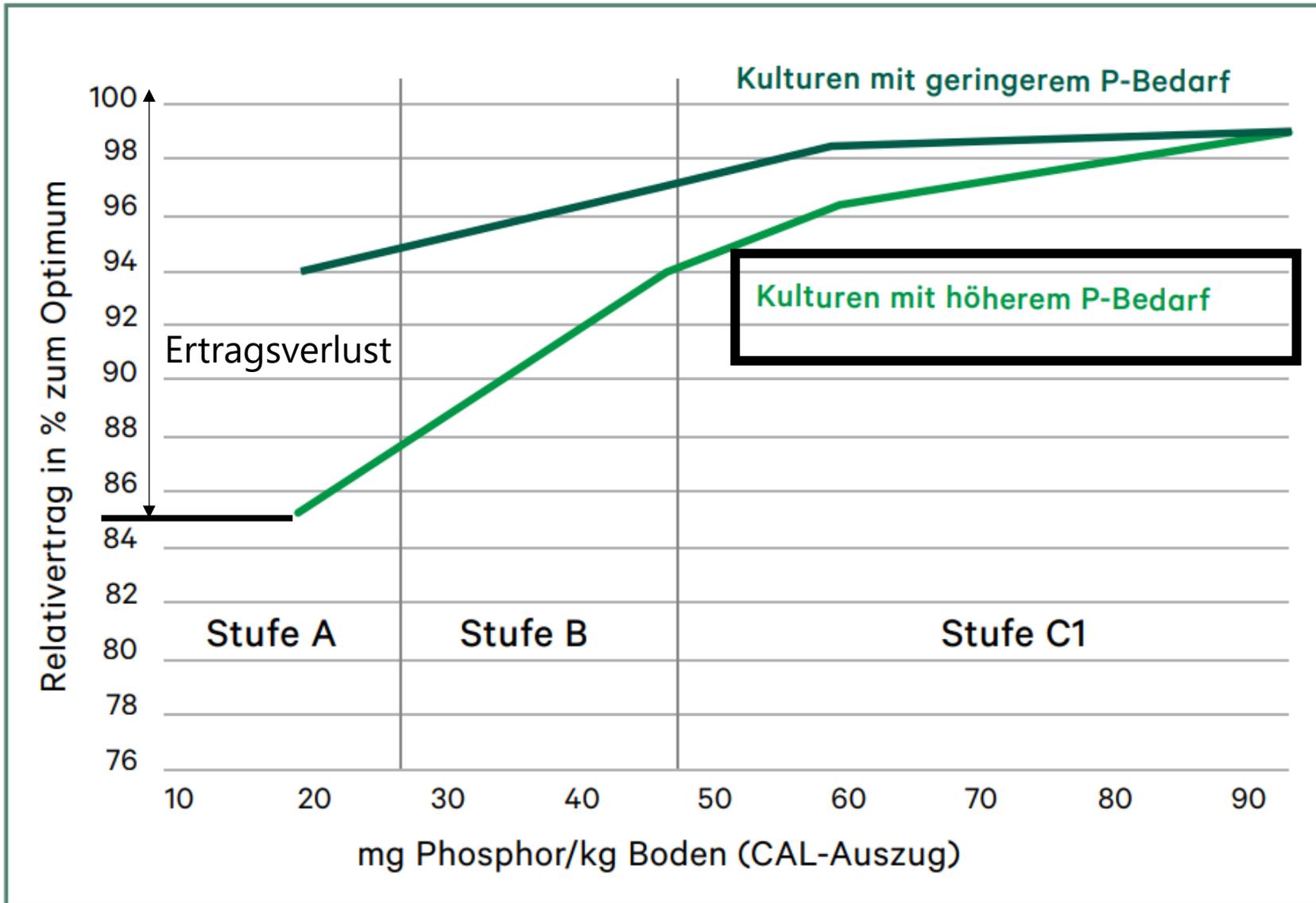
Tabelle 52: Kalkbedarf von Acker- und Grünland in Abhängigkeit von Bodenschwere und pH-Wert im Zeitraum von 4 - 6 Jahren

Bodenschwere	pH-Wert kleiner als	Kalkbedarf (t/ha CaO)
<b>Ackerland</b>		
Leicht	5,75	0,50
Mittel	6,25	1,25
Schwer	6,75	2,00
<b>Grünland</b>		
Leicht	5,25	0,50
Mittel	5,75	0,75
Schwer	6,25	1,00



Es befinden sich in etwa 40% der Proben auf niedrigem Niveau (besonders Futterbau- und Marktfruchtbetriebe).

# Ab wann kann ich mit Mindererträgen rechnen und wann sollte ich P wieder düngen?



Hoher Bedarf: Mais, Kartoffel, Rübe, Sommergerste, Spargel, Sellerie, Kraut/Kohl

Dazwischen: Raps, Leguminosen

Geringer Bedarf: Getreide, Sonnenblume, Ölkürbis

Mod. nach Buzko et al.: Re-evaluation of the yield response to phosphorus fertilization based on meta-analyses of long-term field experiments. Ambio 2018.

# Die neue Methode - Phosphorfreisetzungsrate

Die Phosphorfreisetzungsrate ermöglicht eine genauere Bewertung der Phosphordüngung.

Mehretrag in dt/ha

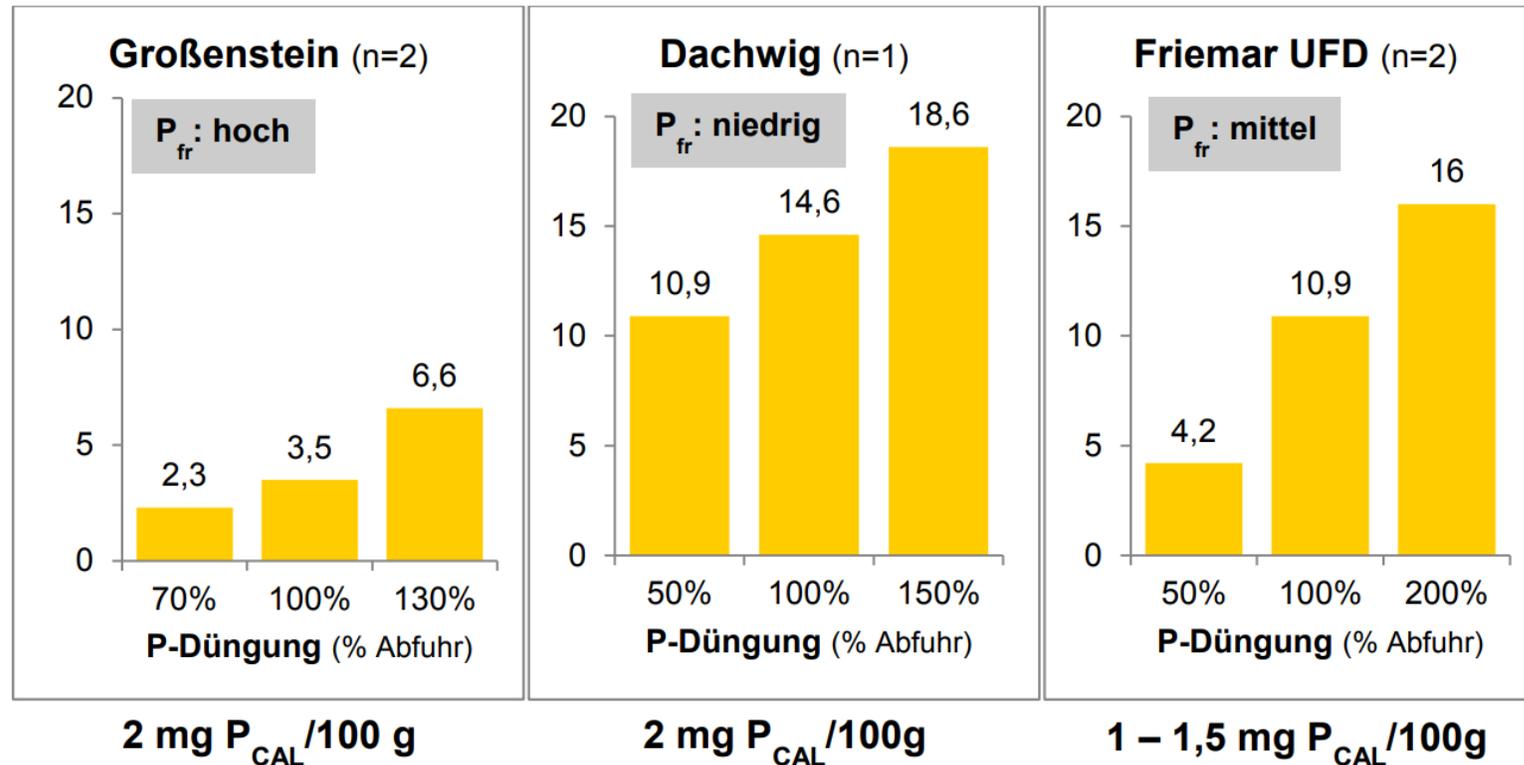


Abbildung 3:

Mehrertrag (dt Korn/ha) durch P-Düngung zu Winterweizen in Thüringer Feldversuchen mit P-Gehaltsklasse A (ZORN et al., 2016)

# Erste Ergebnisse von der AGES ebenfalls vielversprechend!

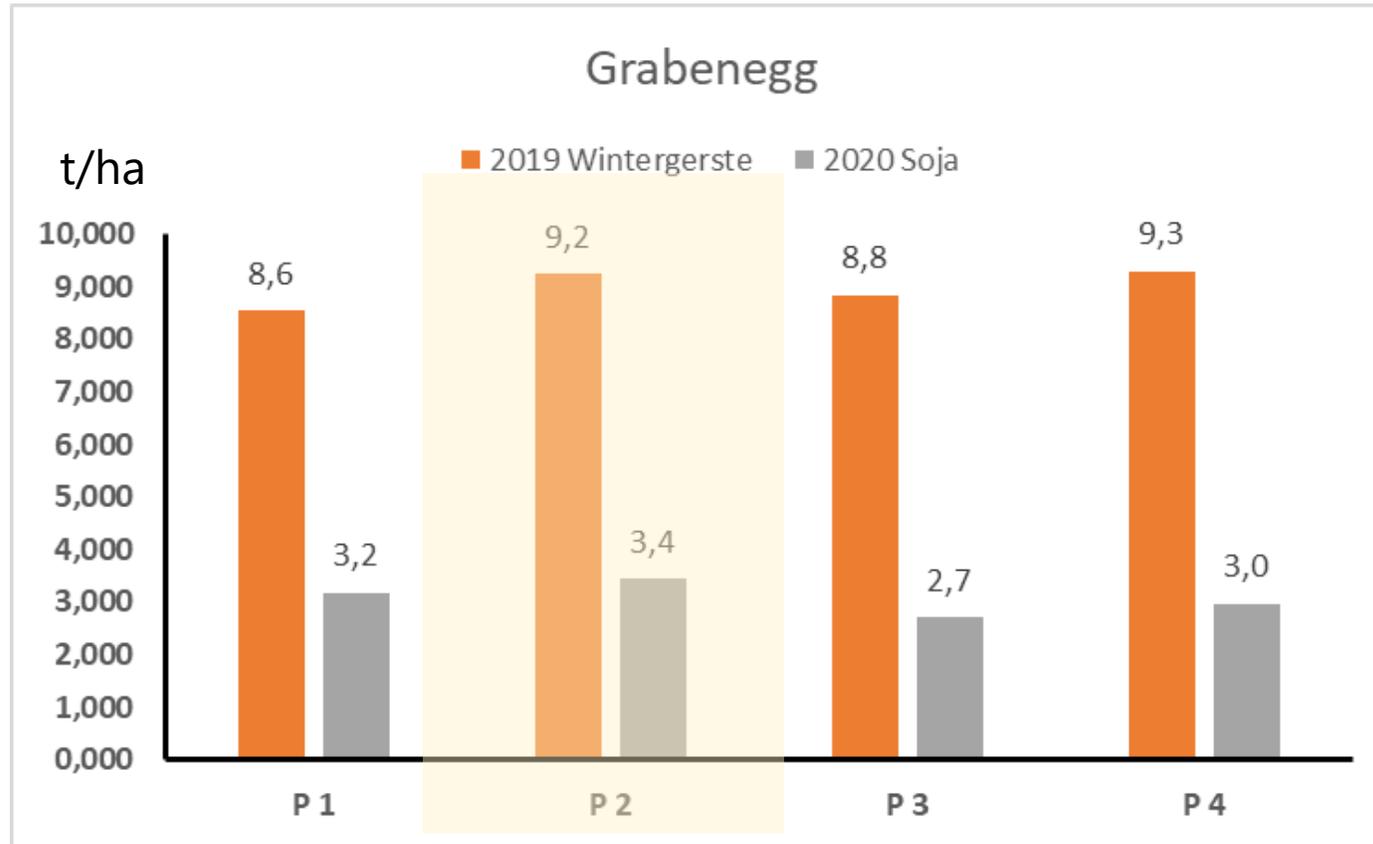


P1= 0 kg / P2= 75 kg / P3= 150 kg / P4= 300 kg P2O5/ha

Düngung nach C –  
ausreichend:

Gerste: 55 kg P2O5/ha

Soja: 65 kg P2O5/ha



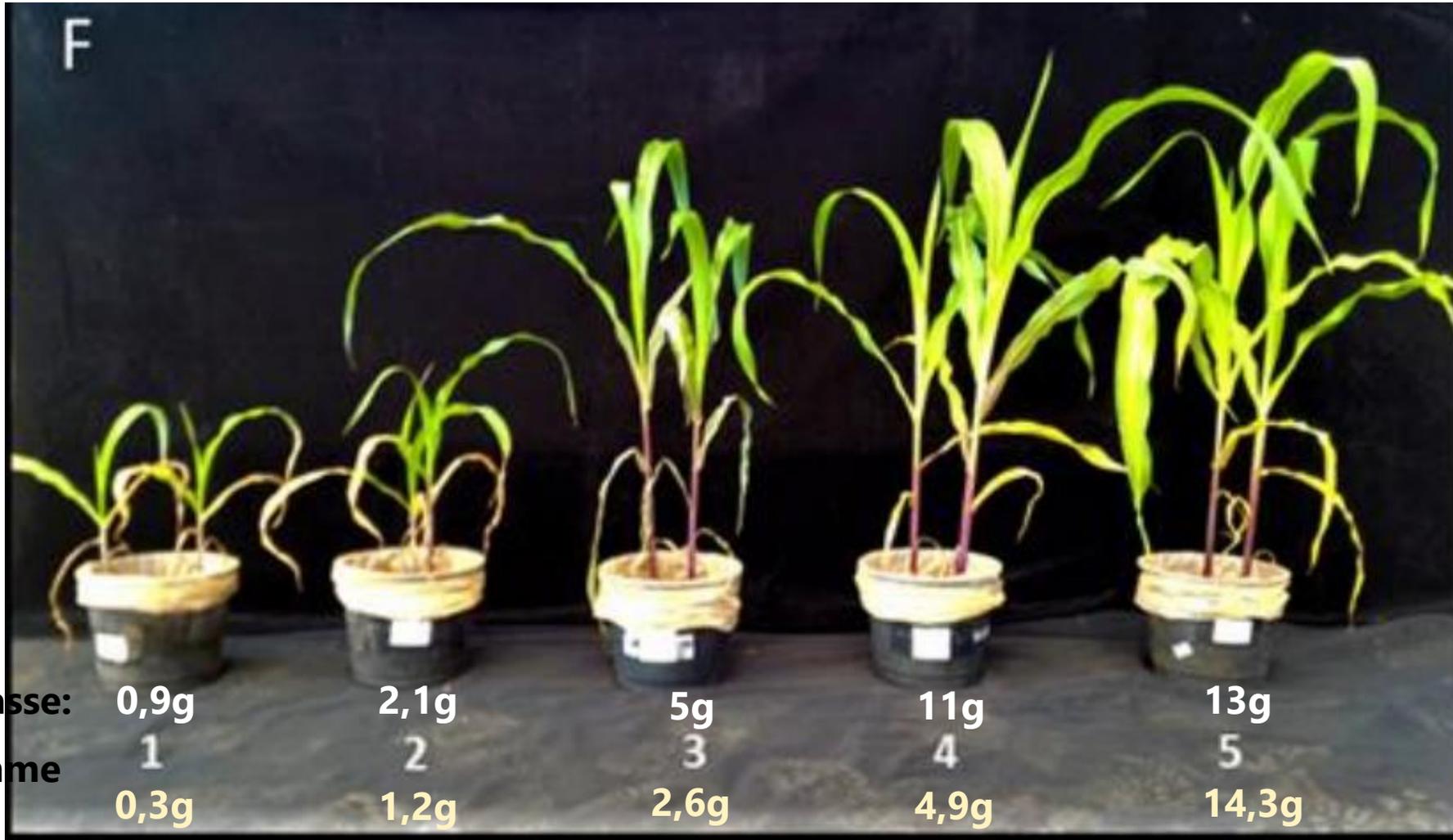
**P – CAL: B - Niedrig 17 mg P/kg**  
**PFR: Hoch**  
**Neue Bewertung: C - Optimal**

 Düngung nach Gehaltsklasse C kann erfolgen!

# Wie kann man Phosphor mobilisieren?

---

# Effekt von Zeolith auf Mais



Teles et al., 2020

pH: 5,2  
Roh-P: 230 kg/ha  
Zeolith: 21 kg/ha

**Achtung**  
**Topfversuch und**  
**Roh-P wurde mit**  
**Zeolith vermischt!**

Trockenmasse:  
P - Aufnahme  
(oberird.):

Kontrolle

Roh-P

Roh-P +  
Zeolith +  
25%  
Ansäuerung

Roh-P +  
Zeolith +  
50%  
Ansäuerung

Triple - Superphosphat

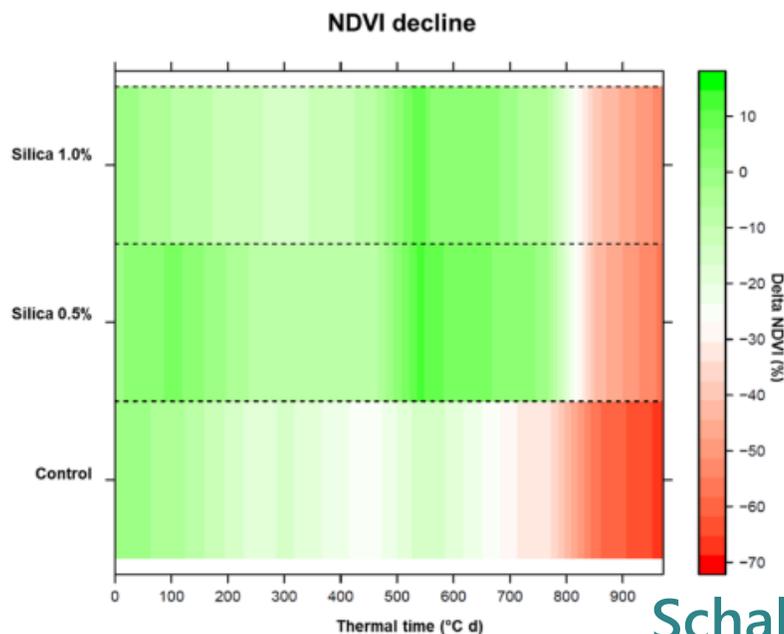
# Meine Empfehlung:



- Empfehlungen:
- Zeolith oder Si – Dünger: 1-3 t/ha (Saatbettbereitung)
- Elementar Schwefel (nur wenn  $\text{pH} > 5,5$  und Schwefelmangel): 30 – 50 kg/ha (mindestens 2 Monate vor der Saat)
- Rohphosphat oder Mineraldünger: Nach Bodenuntersuchung und Bedarf der Pflanze (Saatbettbereitung)
- \* Alternativen für Si – Dünger: Biolit oder Kieselgur aus der Brauerei (nach der Klärung)

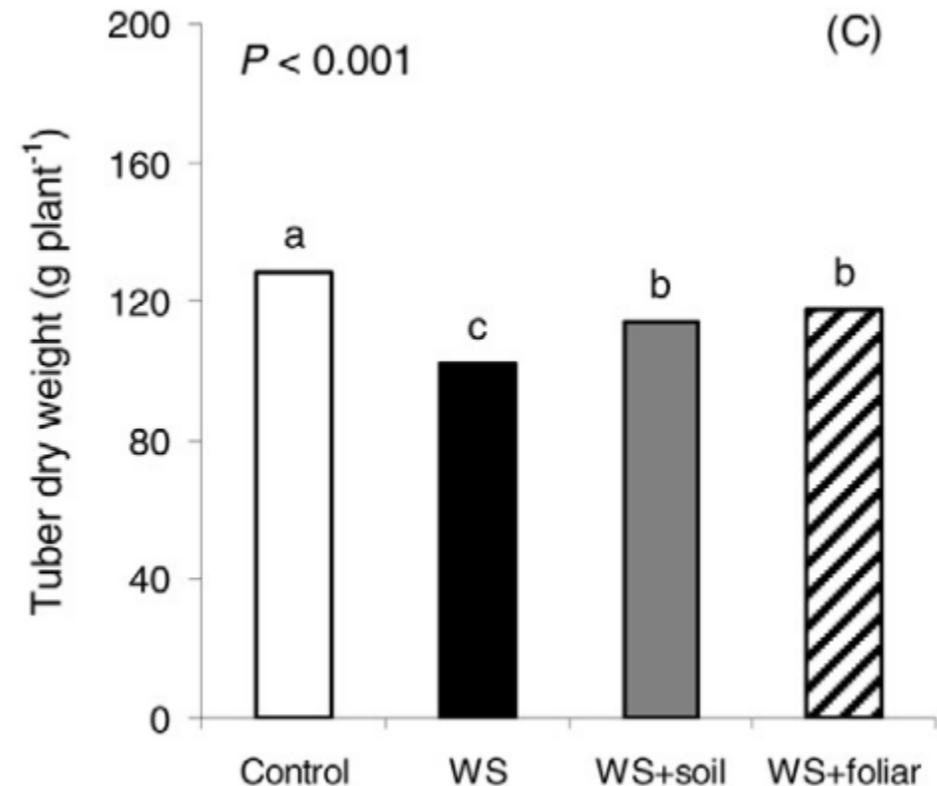
# Was sagt die Wissenschaft noch?

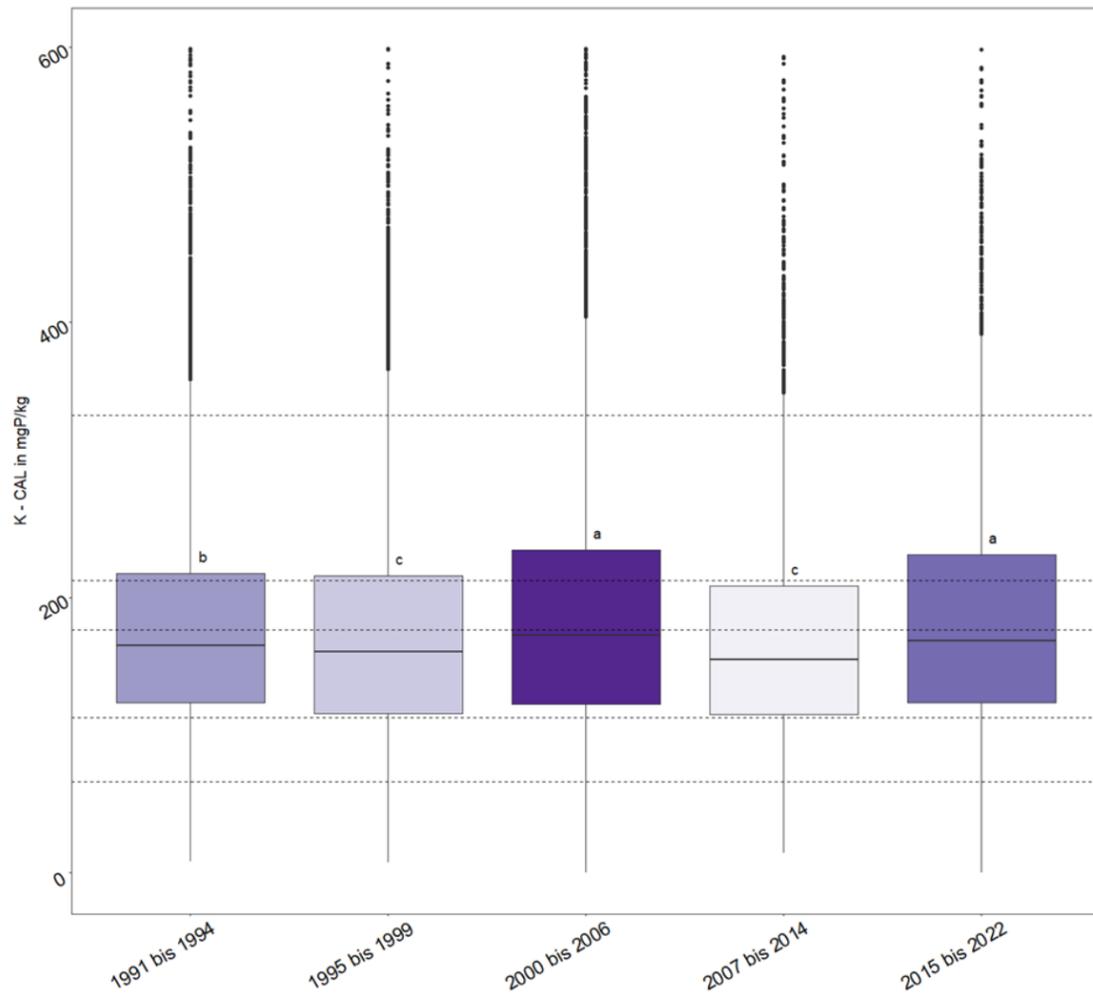
- Siliziumdünger (Biolit, Zeolith) können:
- P-Gehalt in der Pflanze erhöhen
- Wasserstress der Pflanze wird verringert
- Erhöhen den Trockensubstanzgehalt in der Knolle



Schaller et al. 2021

Pilon et al. 2014





Es befinden sich in etwa 20-25% der Proben auf niedrigem Niveau (besonders Marktfruchtbetriebe).

Magnesium befindet sich zwischen 10-20% auf niedrigem Niveau.

# Die vernachlässigten Spurenelemente

- Prozentuelle Anteile an Proben im Mangel
- Zink: 15-25%
- Kupfer: 25%
- Bor (AGES): 40-50%
- Bor (EUF): 90%
- Tendenz: Sinkend
- Eisen und Mangan sind Großteils in Ordnung

Hier könnte das Potential für die Stickstoffeffizienz liegen!

Tabelle 55: Spurennährstoffbedarf wichtiger Ackerkulturen (modifiziert nach Kerschberger und Marks, 2000)

		Bor (B)	Kupfer (Cu)	Mangan (Mn)	Molybdän (Mo)	Zink (Zn)
Getreide	Weizen	0	++	++	0	0
	Roggen	0	+	+	0	0
	Gerste	0	++	+	0	0
	Hafer	0	++	++	+	0
Hackfrüchte	Mais	0	0	+	+	++
	Rübe	++	+	++	+	+
	Kartoffel	+	0	+	0	+
Öl- und Eiweißpflanzen	Erbse, Wicke	0	0	++	+	0
	Ackerbohne	+	+	0	+	+
	Sojabohne	+	0	++	+	0

		Bor (B)	Kupfer (Cu)	Mangan (Mn)	Molybdän (Mo)	Zink (Zn)
	Raps	++	0	+	+	0
	Sonnenblume	++	++	+	0	0
Sonderkulturen	Hanf	+	0	0	+	0
	Flachs, Öllein	+	+	0	0	++
	Mohn	++	0	0	0	0
	Senf	+	++	0	+	0
Futterpflanzen	Rotklee	+	+	+	++	+
	Luzerne	++	++	+	++	+
	Wiese, Weide	0	+	+	0	0

0 niedriger Bedarf  
 + mittlerer Bedarf  
 ++ hoher Bedarf

# Das Verhältnis Phosphor zu Zink

Ova et al, 2015



# Strategien für die Zinkdüngung



- Zinkbedürftige Pflanzen: Mais, Öllein, Leguminosen, Kartoffel
- Bei Zinkmangel oder weiten P:Zn Verhältnissen kann alle 2-3 Jahre eine Gabe von 10 kgZn/ha über den Boden die effektivste Methode sein (eventuell nur Eigenfläche)
- Was ist ein weites Verhältnis? Meine Beobachtung (P-CAL:Zn-EDTA) >25:1 in amerikanischer Beratung 10:1 (jedoch andere Methoden!)
- Bei Pachtflächen oder hohen Carbonatgehalten kann eine Blattdüngung von 0,3 kg Zn/ha empfehlenswert sein oder in Kombination mit der Bodendüngung!
  - Rübe, Kartoffel: Schließen der Reihen
  - Raps: Knospenstadium
  - Luzerne, Klee: kurz vor der Blüte
  - Mais: voll entwickeltes 4. Blatt
  - Sonnenblume: Ausbildung des 6. - 8. Blattes
  - Getreide: Schosserstadium

# Zinkdünger laut Betriebsmittelkatalog



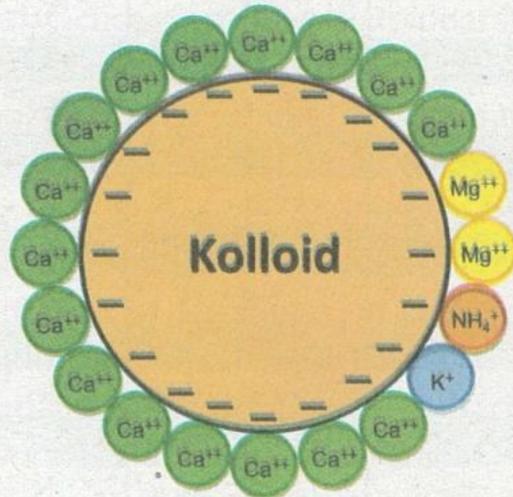
- Bodendünger: Zinksulfat (22,7%) oder Zinksulfatheptahydrat (22,5%)
  
- Blattdünger: In verschiedensten Formulierungen (rein oder in Mischung mit anderen Spurenelementen)

# Die Kationenaustauschkapazität

Ein Maß für die Austauschbarkeit von Nährstoffen in Abhängigkeit vom pH, Humusgehalt und Tongehalt!

## Kationenbelegung der Bodenkolloide

Optimal  
gute Bodenstruktur

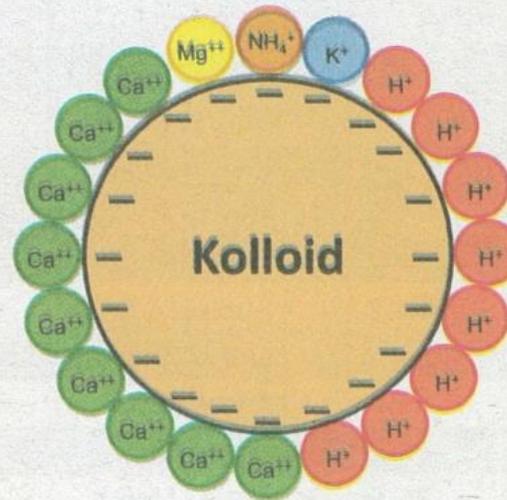


80 % Ca<sup>++</sup>  
10 % Mg<sup>++</sup>  
5 % K<sup>+</sup>  
5 % NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/H<sup>+</sup>

pH 7,0

Versauert

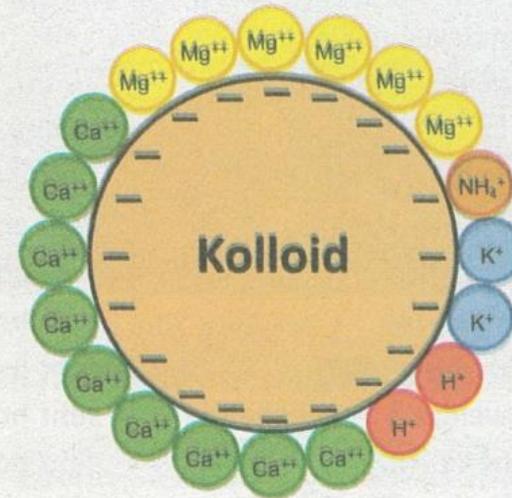
schlechte Bodenstruktur



45 % Ca<sup>++</sup>  
5 % Mg<sup>++</sup>  
5 % K<sup>+</sup>  
5 % NH<sub>4</sub><sup>+</sup>  
40 % H<sup>+</sup>

pH 5,0

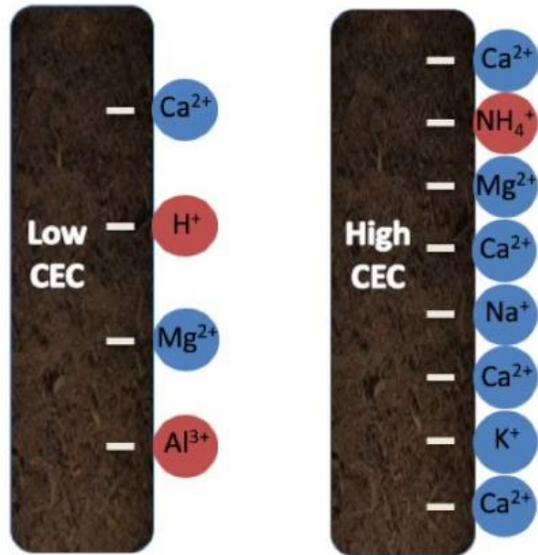
Mg-Übersättigung



45 % Ca<sup>++</sup>  
30 % Mg<sup>++</sup>  
10 % K<sup>+</sup>  
5 % NH<sub>4</sub><sup>+</sup>  
10 % H<sup>+</sup>

pH 6,5

# Kationenaustauschkapazität (KAK)



 = base cations (Ca, Mg, K, Na)

 = acid cations (H, Al, NH<sub>4</sub>)

Optimalen Verhältnisse:

Ca 75 – 90%

Mg 5 – 15% **Optimal 10 – 15%**

K 2 – 5%

Na <1% bei Zuckerrübe 1 – 3%

Je höher der.....

- pH – Wert
- Humusgehalt
- Tongehalt

.... desto höher ist die Austauschkapazität („Speicher“)

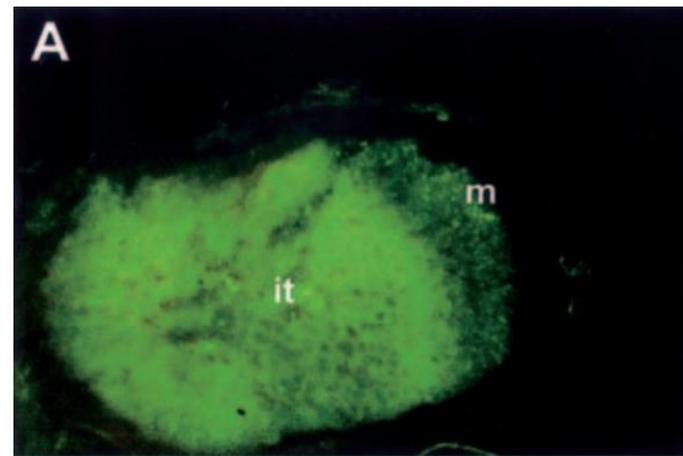
Die KAK ist eine wichtige Information für:

- Verhältnisse zwischen den Kationen (Nährstoffaufnahme)
- Wahl des Kalks und gegebenenfalls eine Bodendüngung
- Bewertung der Bodenstruktur
- **Ableitung verschiedenster Berechnungen: speziell Bor!**

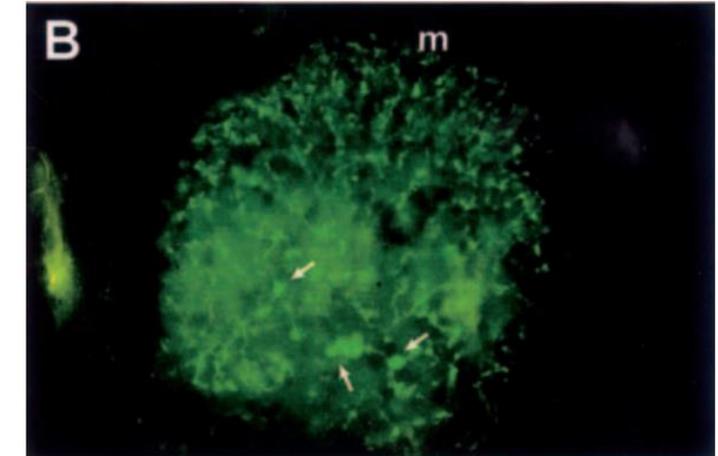
# Calcium/Stickstoff : Bor - Verhältnis



- 1. Bor erhöht die N-Effizienz (Nitratumwandlung in der Pflanze) und 2. Bor hat Einfluss auf die Knöllchenbakterien (N-Fixierleistung)!
- Calcium und Bor interagieren in Wechselwirkung (mal fördernd mal reduzierend!)



+B+Ca

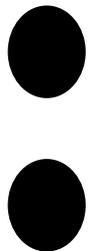
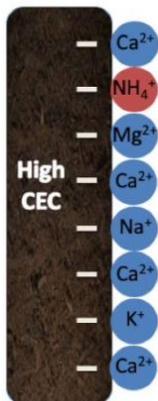


-B+Ca

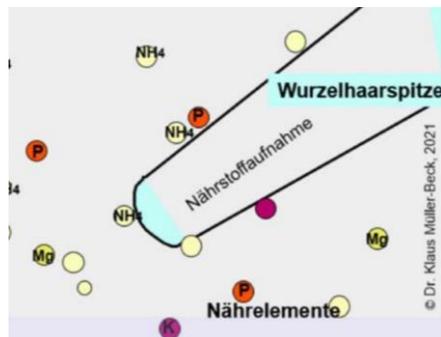
# Anwendung der Bordüngung

- Ohne Bodenuntersuchung ist keine adäquate Empfehlung möglich
- Strategien ändern sich bei viel bzw. wenig pflanzenverfügbarem Bor
- Bei Borüberschuss hilft eine Calciumdüngung
- Pauschal: Versorgung C (ausreichend) 0,5-1 kgB/ha und Versorgung A (niedrig) 1-2,5 kgB/ha
- Blattdüngung: 0,4 kgB/ha
- Ansonsten sollte das Verhältnis aus Calcium (Kationenaustauschkapazität) und Bor beobachtet werden:

Anteil Ca (KAK)



Pflanzenverfügbares Bor



**Ca:B → 1000:1**

# Bordüngung: Kartoffel

Düngungen	Knollenanzahl ( $\times 10^5 \text{ ha}^{-1}$ )		Ertrag t/ha		Bruttorendite	Nettorendite
	Verarbeitungsfähige Knollen >100g	Gesamt	Verarbeitungsfähige Knollen >100g	Gesamt		
RDF (control)	2.71 d	3.33 b	24.72 d	26.02 d	182.1	81.2
RDF + 2.0 kg B ha <sup>-1</sup>	3.23 bc	4.04 a	28.57 bc	30.24 bc	211.7	109.0
RDF + 0.1% boric acid at 40 DAP	2.93 cd	3.61 b	26.88 cd	28.04 cd	196.3	94.8
RDF + 0.1% boric acid at 40 & 60 DAP	3.44 ab	4.15 a	29.59 b	30.91 b	216.4	114.5
RDF + 0.1% boric acid at 40, 50 & 60 DAP	3.70 a	4.44 a	33.49 a	35.05 a	245.4	143.0

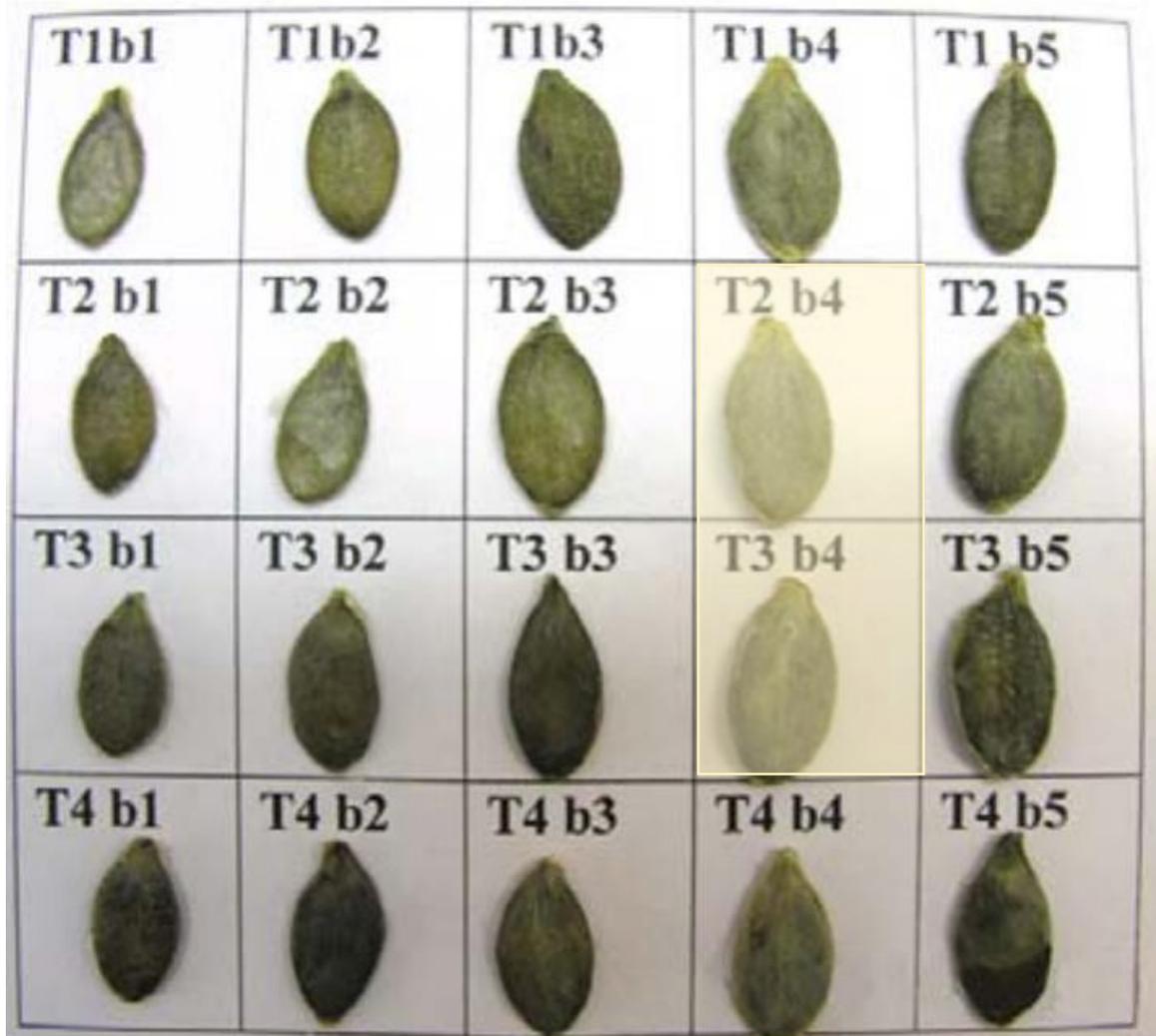
DAP, days after planting; ICBR, incremental cost-benefit ratio; Means followed by a different letter are significantly different at  $p \leq 0.05$

Weiteres ergab Bordüngung eine höhere Widerstandskraft der Knollen, Protein- und Stärkegehalt und weniger Phenole (wichtig für Pommes und Chips)

In Kombination mit Zink und Schwefel (20-50 kg S/ha) verstärken sich die positiven Effekte.

# Bordüngung und Auswirkung auf die Qualität

MOGHADDAM et al 2008



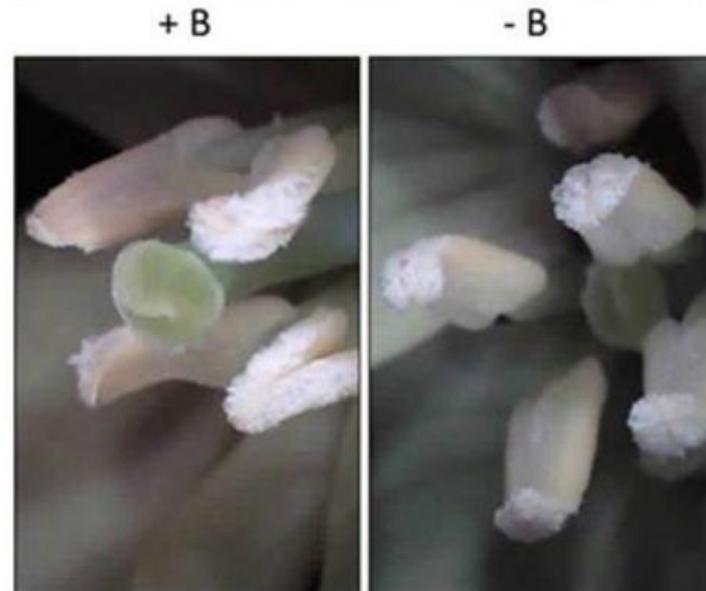
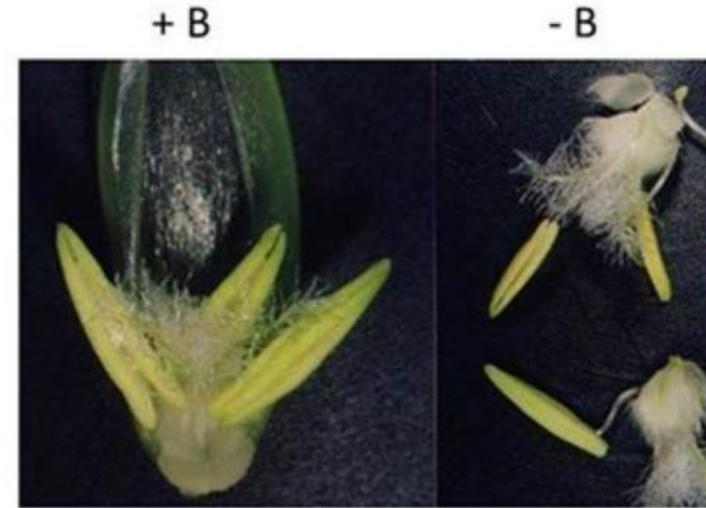
- T1: 3–5 Blattstadium
- T2: Erscheinen männliche Blüte**
- T3: Erscheinen weibliche Blüte**
- T4: Frühe Fruchtbildung
- B1: Keine Blattdüngung
- B2: 100 g/ha
- B3: 200 g/ha
- B4: 300 g/ha**
- B5: 400 g/ha (Wirkung reduziert sich)

- Ergebnis:
- Mehr Früchte, Samen
- Weniger leere Samen
- Bessere Entwicklung hinsichtlich Länge, Breite und Trockengewicht
- Höherer Hektarertrag
- Weitere Ergebnisse: Bordüngung führte zu höheren Protein-, Öl- und Antioxidans - Gehalten (Eltohamy et al. 2023)**



Beste Wirkung

# Bor – Stickstoffverwerter und Blütenbilder



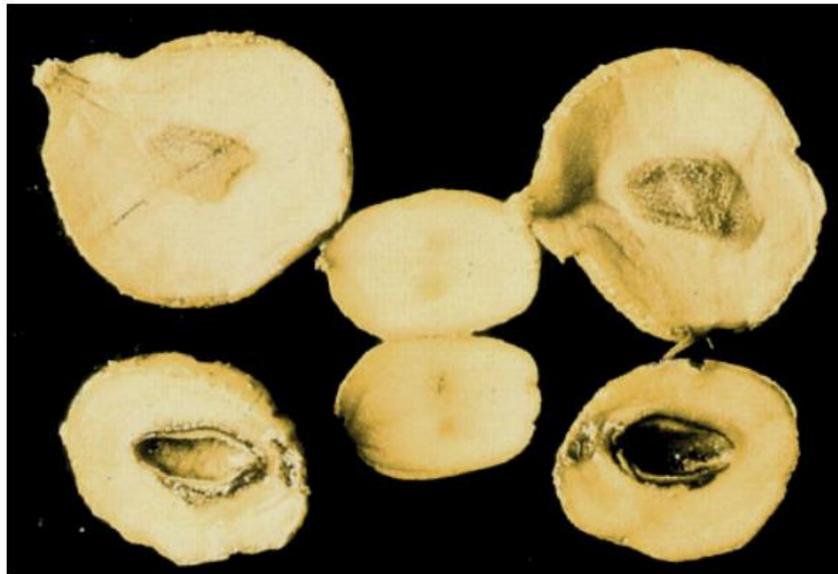
# B - Mangel



449. Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) mit stark ausgeprägtem B-Mangel, Absterben des Vegetationspunktes.



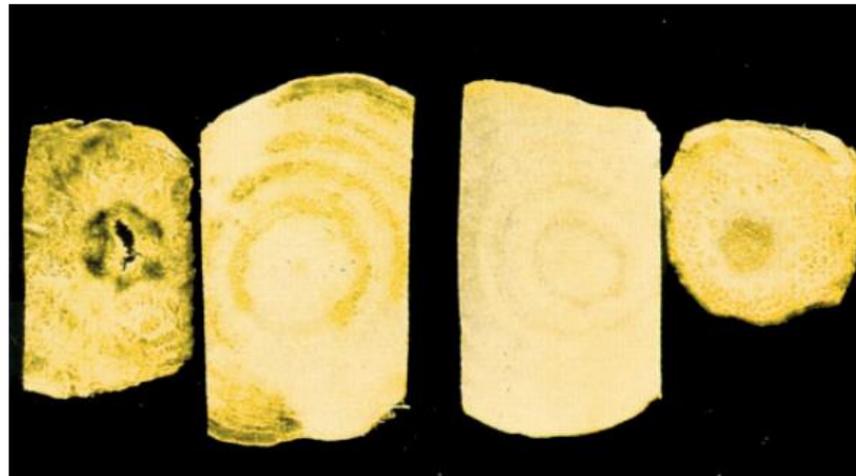
451. Jüngstes Blatt der Kartoffel (*Solanum tuberosum*) mit stark ausgeprägtem B-Mangel.



452. Knollen einer Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) mit stark ausgeprägtem B-Mangel, ähnlich "Herz- und Trockenfäule" und Braunverfärbungen, oft nach längerer Sommer-trockenheit.



445. Aufgeschnittene Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*); links: "wasserfleckiges" Gewebe, Mitte: beginnende Hohlraumbildung, rechts: stark ausgeprägte "Herz- und Trockenfäule" infolge von B-Mangel.



446. Querschnitt durch Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*); rechts: gesunde Rübe (Blatt-B-Gehalte: von kranken Rüben = 21 mg/kg TM; von gesunden Rüben = 54 mg/kg TM).

455. Aufgeschnittene Strünke von Raps (*Brassica napus oleifera*) mit B-Mangelsymptomen: "Hohlherzigkeit".



456. Aufgeschnittene Strünke und Wurzeln von Raps (*Brassica napus oleifera*); links: mit B-Mangelsymptomen; rechts: gesunde Pflanze.



459. Fruchtstände von Rapspflanzen (*Brassica napus oleifera*); rechts: mit B-Düngung; links: bei leichtem B-Mangel Ausbildung verkümmelter Schoten, meist während Trockenperioden zur Zeit der Schotenentwicklung.

**466.** Verdickter, gestauchter und letztlich abgestorbener Vegetationspunkt einer Mohnpflanze (*Papaver somniferum*) infolge von B-Mangel.



**467.** Verkrüppelte Blütenbildung einer Mohnpflanze (*Papaver somniferum*) infolge von B-Mangel; Blatt-B-Gehalt = 8 mg/kg TM.



# Bordünger laut Betriebsmittelkatalog



- Bodendünger: Borsäure (BVG Bor granuliert 17,4%) oder Natriumborat (Borax 11,3%)
- Blattdünger: In verschiedensten Formulierungen (rein oder in Mischung mit anderen Spurenelementen)
- Hinweise:
- Bor ist wie Nitrat leicht auswaschbar! Bei höheren Mengen Teilgaben durchführen.
- Sehr trockene und sandige Böden neigen zu Bormangel

# Molybdän

- 1. Molybdänverfügbarkeit steigt mit Erhöhung des pH – Wertes!
- 2. Molybdänbedürftigkeit nach Kultur abstimmen:

Kultur	niedrig	mittel <sup>1)</sup>	hoch <sup>1)</sup>
<b>Getreide, Mais</b>			
Winter-, Sommerweizen	----->		
Winter-, Sommerroggen	----->		
Winter-, Sommergerste, Mais	----->		
Hafer	----->		
<b>Hülsenfrüchte</b>			
Erbse, Wicke, Trockenspeisebohne	----->		
Ackerbohne, Lupine	----->		
<b>Öl- und Faserpflanzen</b>			
Raps, Rübsen, Senf, Hanf	----->		
Lein, Mohn, Sonnenblume	----->		
<b>Hackfrüchte</b>			
Kartoffel, Futtermöhre	----->		
Rübe, Stoppel- und Kohlrübe	----->		
<b>Futterpflanzen</b>			
Rotklee, Rotklee gras, Luzerne	----->		
Futtergräser, Wiese, Weide	----->		
Futter- und Markstammkohl	----->		
<b>Gemüse</b>			
Salat, Spinat, Tomaten, Blumenkohl	----->		
Weißkohl	----->		



Effekte einer Molybdändüngung auf Böden mit niedriger Mo-Versorgung:

Kultur	Düngungsverfahren	Anzahl der Versuche	Mehrertrag dt GE/ha
Luzerne Futterkohl Blumenkohl	Bodendüngung 0,5 kg Mo/ha	30	3,5 bis 8,1
Winterraps	Blattdüngung 40 g Mo/ha	30	1,0

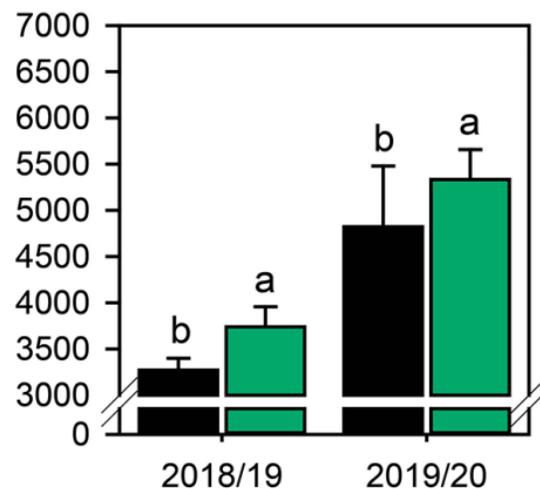
# Zeitpunkt der Blattdüngung

- Empfehlung: 0,3-0,4 kg Mo/ha (Bodendüngung)
- Manche Feldstudien haben auch mit 30 gMo/ha (Blattdüngung) Erfolg gehabt!

Kultur	Entwicklungsstadium bzw. Vegetationszeitpunkt
Getreide	Schosserstadium, Wuchshöhe 10 bis 25 cm
Mais	Volle Entwicklung des 4. Blattes, Wuchshöhe 30 bis 40 cm
Rübe	Schließen der Reihen, Ende Juni
Kartoffel	Schließen der Reihen, Ende Juni
Raps, Rübsen	Knospenstadium
Luzerne, Klee	kurz vor der Blüte
Sonnenblume	Ausbildung des 6. bis 8. Blattes
Ackerbohne, Erbse	Ausbildung des 6. bis 8. Blattes
Grünland, Feldgras	Wuchshöhe 10 bis 15 cm
Blumenkohl, Futterkohl	Ausbildung des 4. bis 7. Blattes
Spinat	Herbst bzw. Frühjahr bei vollentwickelten Blättern

# Weitere Hinweise

- Auch auf kalkhaltigen Böden können niedrige Mo-Gehalte im Boden vorgefunden werden
- Auch Molybdän hat einen positiven Einfluss auf die Knöllchenbildung
- Eine Bodenuntersuchung sollte immer Ausgangspunkt der Düngemaßnahme sein!
- Behandlung des Saatguts mit Molybdän in Kombination mit Rhizobien Innokulation erhöht Erträge, Knöllchenbildung und Nährstoffaufnahme signifikant (Soja)



Ertrag von Soja mit und ohne  
Blattdüngung mit Molybdän  
(30g/ha)



# Weitere Hinweise zur Spurenelementdüngung



- Kupfer (Getreide, Sonnenblume, Leguminosen): Das Verhältnis mit Zink sollte 2(Zink):1(Kupfer) betragen, bei Kupfermangel über Bodendüngung 5 – 10 kg/ha und Blattdüngung 0,5 kg/ha
- Kupferdüngung bereits zur Bestockung durchführen
- Kupferdüngung mit Mangandüngung kombinieren
- Mangan: Bei Mangel über Bodendüngung 10 – 20 kg/ha oder 3 kg/ha Blattdüngung
- Eisen: Bei Mangel über Bodendüngung 10 – 20 kg/ha oder 0,5 – 1,5 kg/ha Blattdüngung

# Was ist eigentlich Humus (auch organische Bodensubstanz) ?

Dauer- und Nährhumus ist Stand des Wissens veraltet!

Alleine durch Einsatz von organischer Substanz, lässt sich der Humusgehalt nicht auf Dauer steigern!

**Labiler Kohlenstoff – Wichtig für die Landwirtschaft**

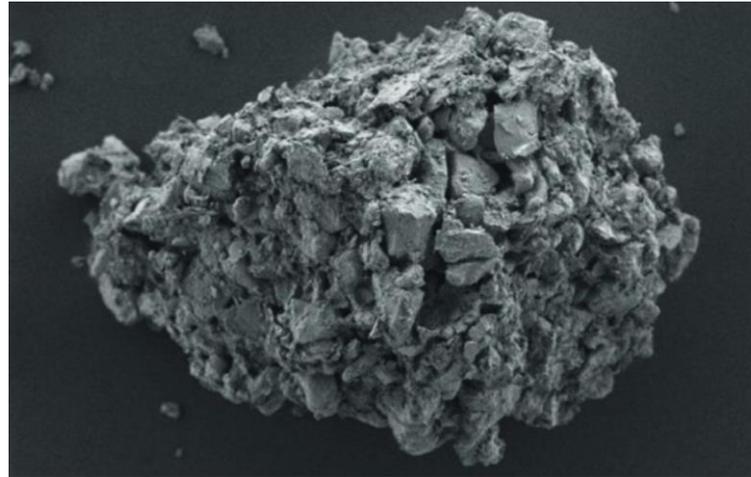
**Stabiler Kohlenstoff – Wichtig für die Klimafraktion**



Freiliegender organische Substanz



Aggregat-assoziierte organische Substanz

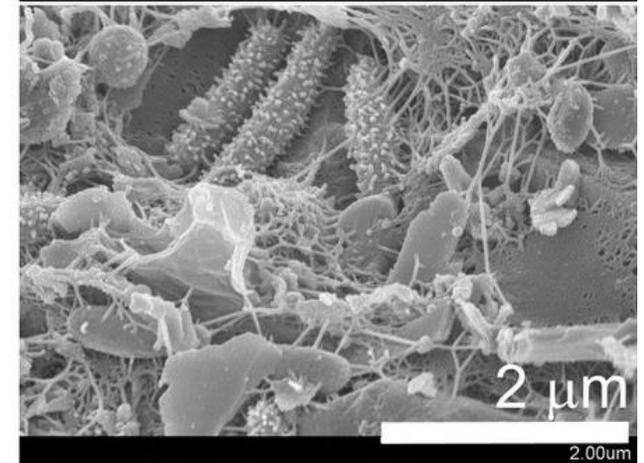
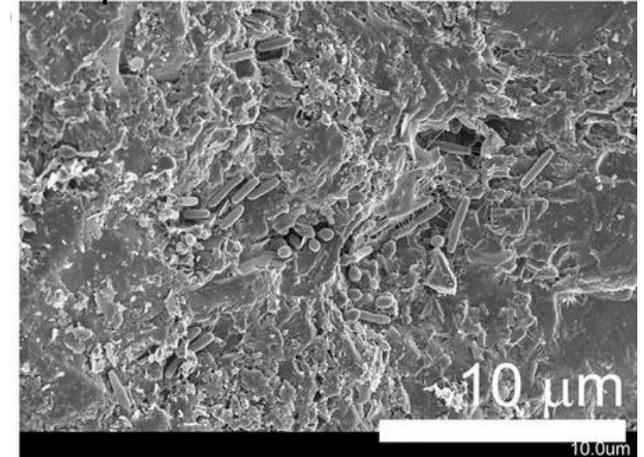


<https://aufbauende-landwirtschaft.de/tag/humus/>



Kravchenko et al., 2014

Ton – Humus (Mikroorganismen Komplex)



Tecon et al., 2017

# Anzustrebende Humusgehalte

Tabelle 4: Einstufung des Humusgehaltes im Acker- und Grünland für Mineralböden

	Gehaltsklasse A	Gehaltsklasse C	Gehaltsklasse E
	niedrig	mittel	hoch
Ackerland	< 2 %	2 - 4,5 %	> 4,5 %
Grünland	< 4,5 %	4,5 - 9 %	> 9 %

Tabelle 5: Gegenüberstellung von Bodenschwere und anzustrebendem Humusgehalt für ackerbaulich genutzte Flächen

Bodenschwere	anzustrebender Humusgehalt in %
Leicht	> 2
Mittel	> 2,5
Schwer	> 3

In den Mittellagen befinden sich Großteiles die Humusgehalte zwischen 3-3,2%. Jedoch muss zwischen den Betriebsformen unterschieden werden:

Futterbaubetriebe: 3,3% (A:2%)

Gemischbetriebe: 2,7% (A:7%)

Veredelungsbetriebe: 2,5% (A:7%)

Marktfruchtbetriebe: 2,5% (A:10%)

# Wie wird „Humus“ eigentlich bestimmt?

Trockenverbrennung: Gemessen wird Corg und Humus = Corg x 1,724



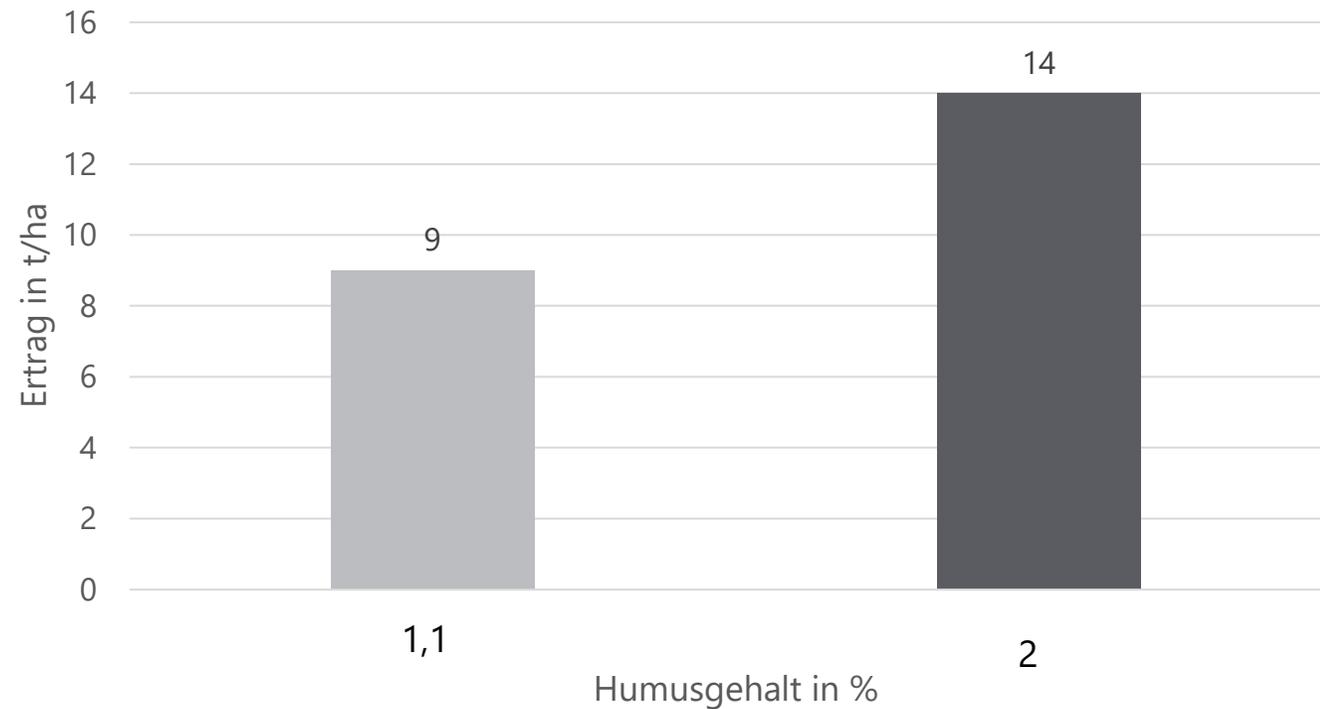
<https://de.leco.com/news/blog/analysis-of-liquid-samples-for-protein-with-leco>

<https://sci-lab.co.uk/consumables>

# Humusgehalt und Ertrag

■ Dauerfeldversuch aus Bayern (LfL)

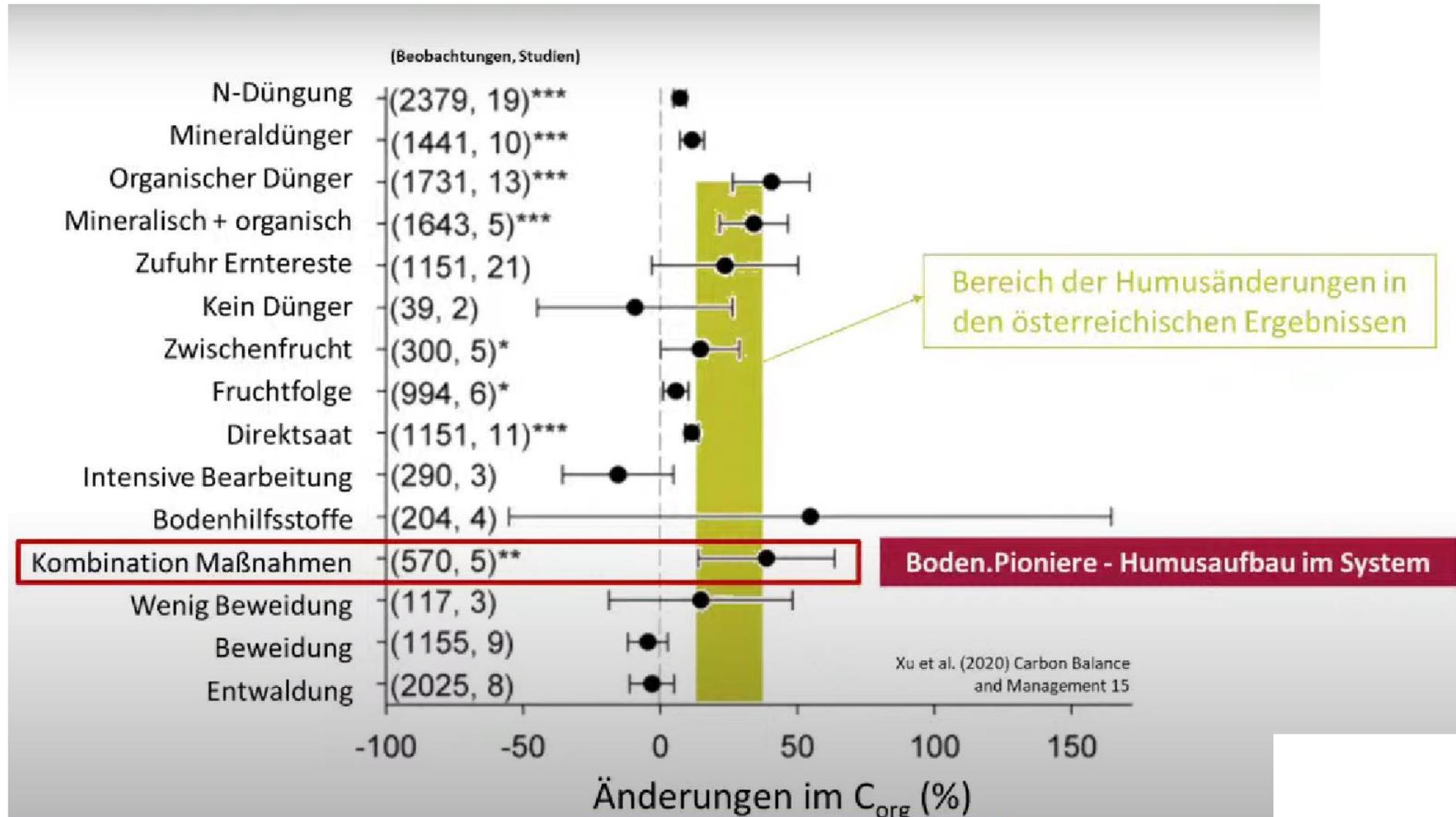
Silomais Ertrag in Abhängigkeit vom Humusgehalt  
(ohne Stickstoffdüngung)



Quelle: <https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/031146/>

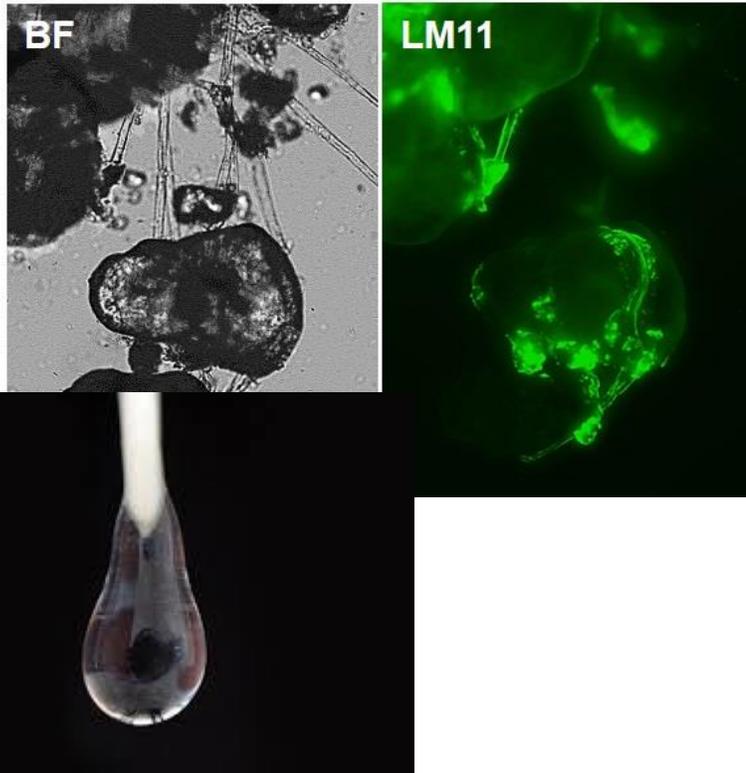
# Welche Maßnahmen fördern Humusaufbau?

Zuerst einmal → Die Kombination an Maßnahmen mach den Humus fett!

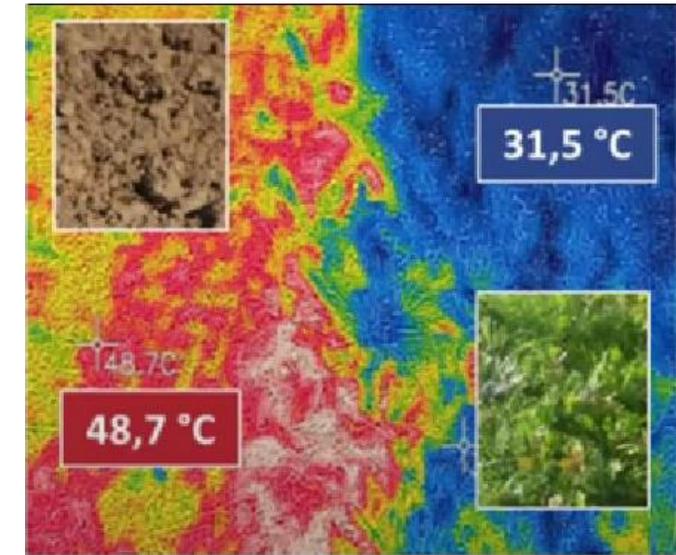


# Bodenbedeckung – Zwischenfruchtanbau

- Boden so lange wie möglich bedeckt halten
- Je mehr Zwischenfruchtarten, desto größer ist der Effekt
- Besonders Zwischenfrüchte mit einem engen C:N in Mischung anbauen (Leguminosen, Ölrettich, Perko)

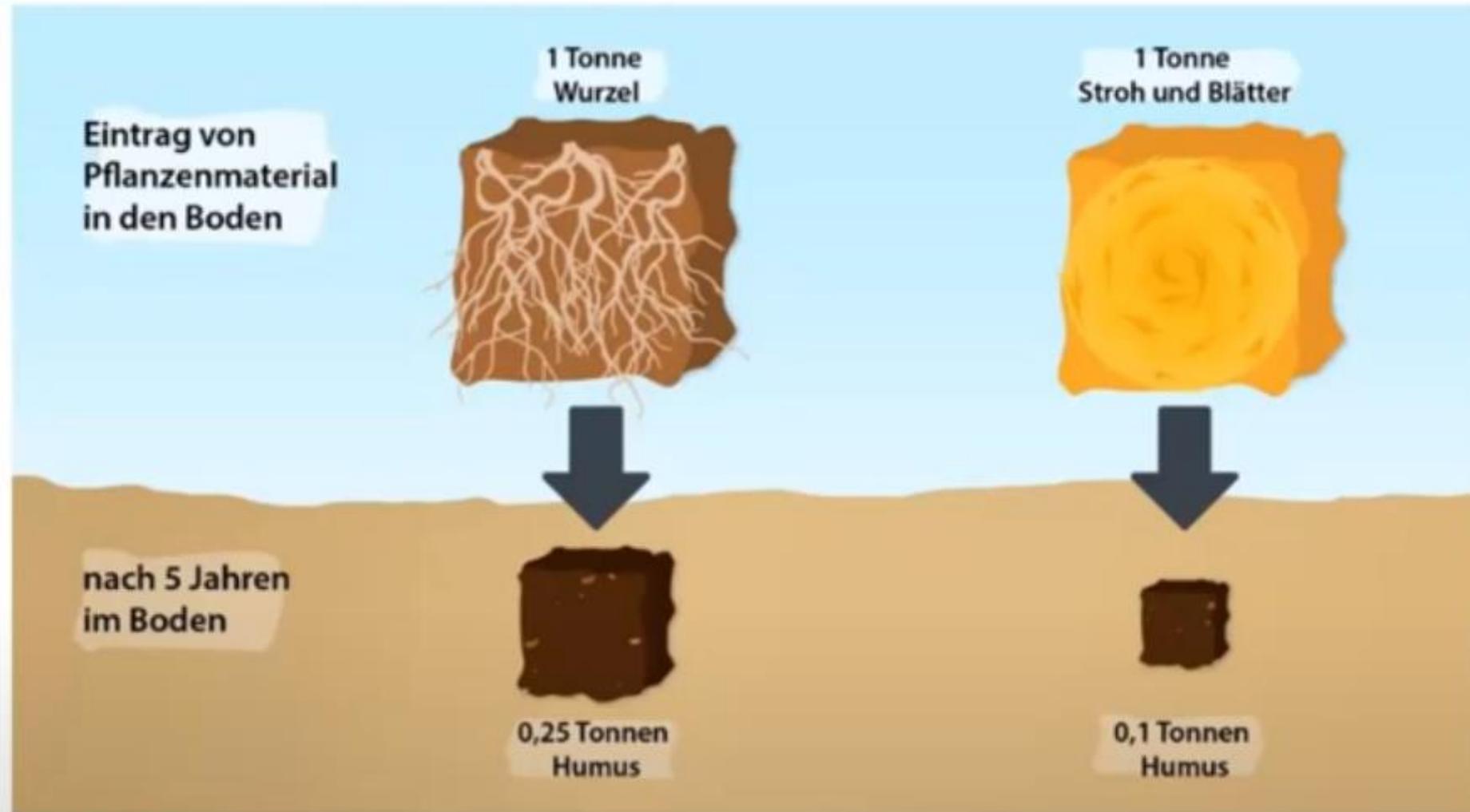


<https://www.soils.org/news/science-news/root-exudates-affect-soil-stability-water-repellency/>



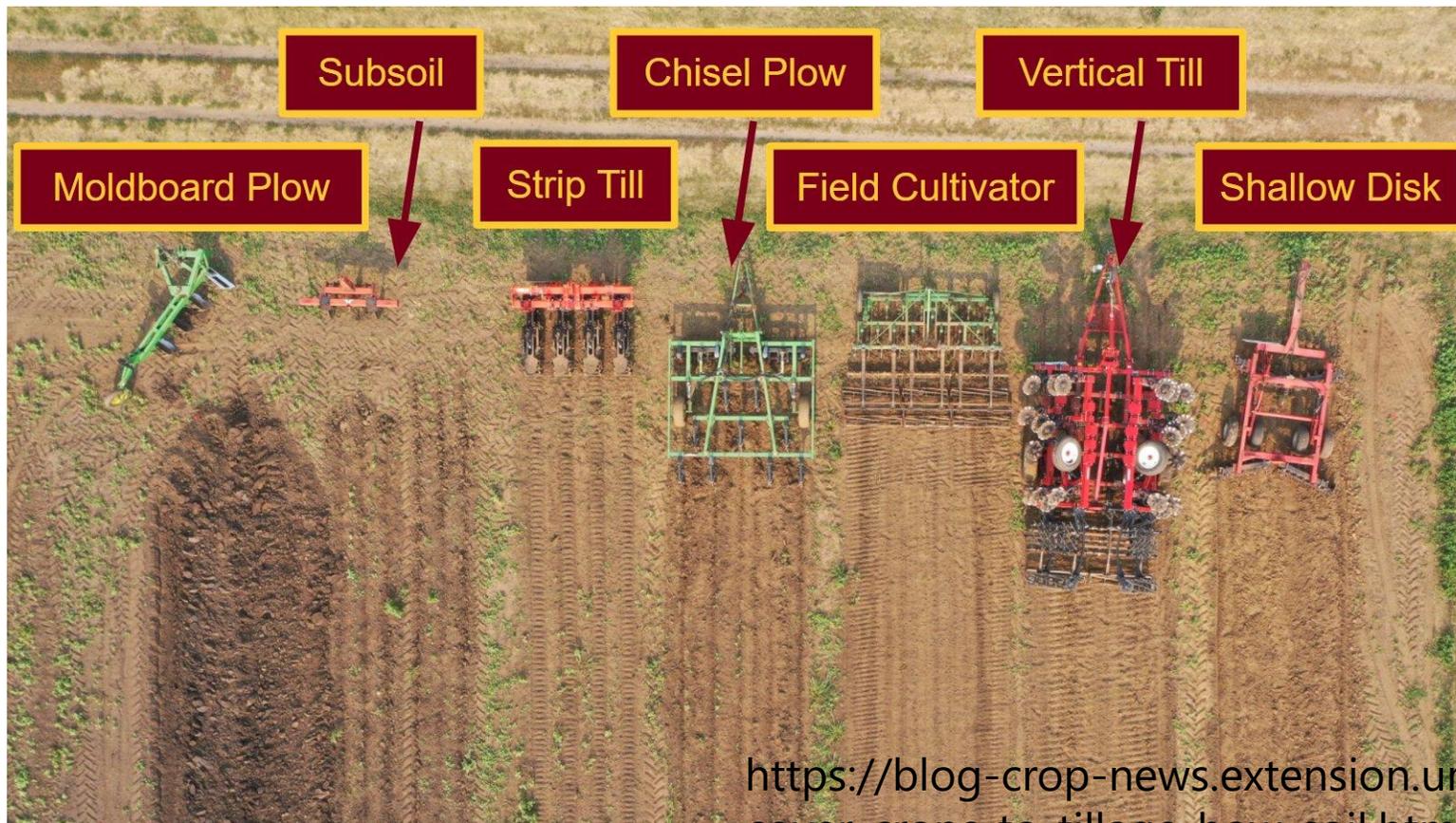
Quelle: Gernot Bodner BOKU

# Die Wurzeln „produzieren“ den Humus



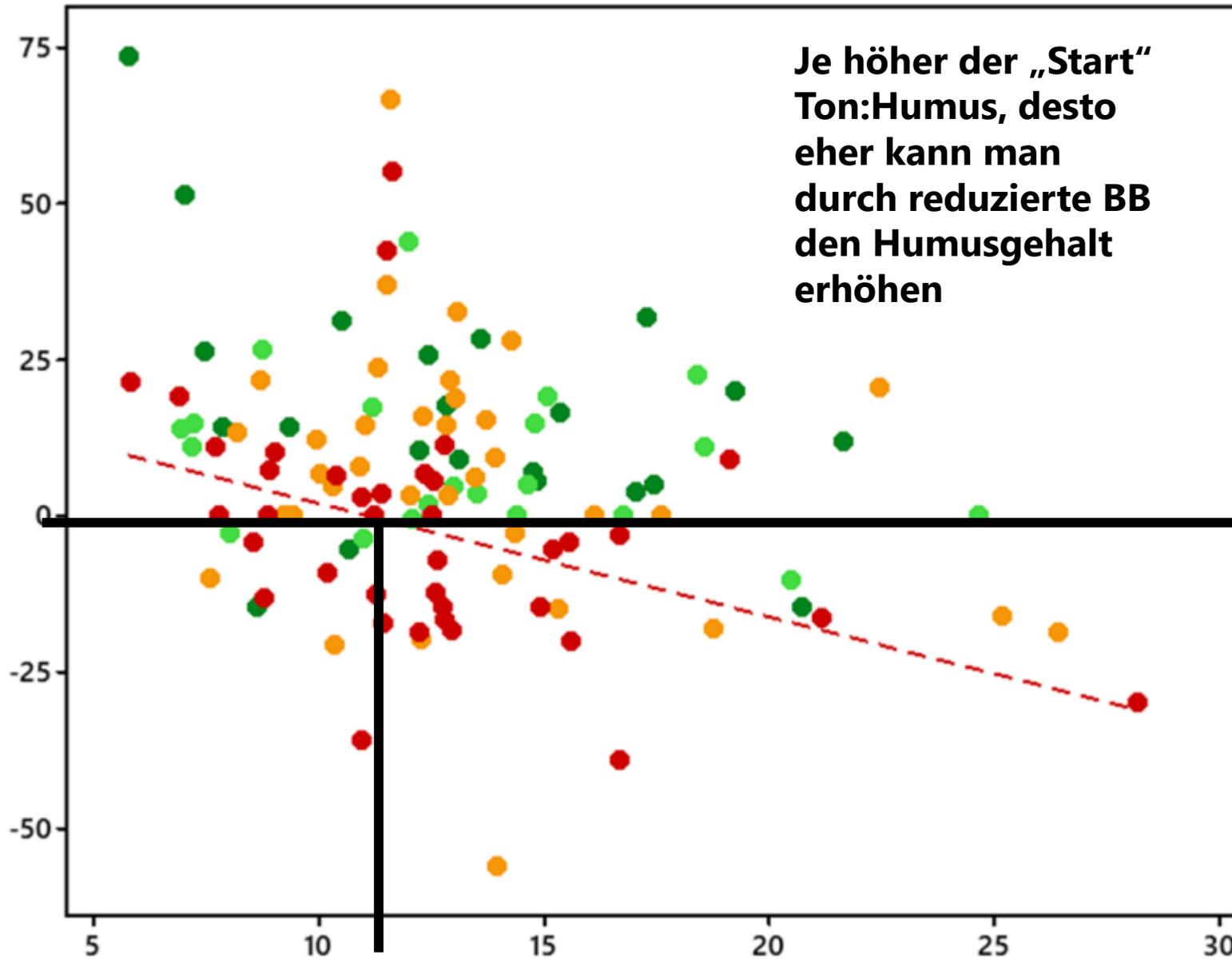
# Bodenbearbeitung

- Je weniger der Boden bewegt wird, desto weniger Humusabbau findet statt
- Jahresniederschlag hat einen großen Einfluss auf die Wahl der Geräte! (Stichwort: Die 650 mm Mauer im Osten)

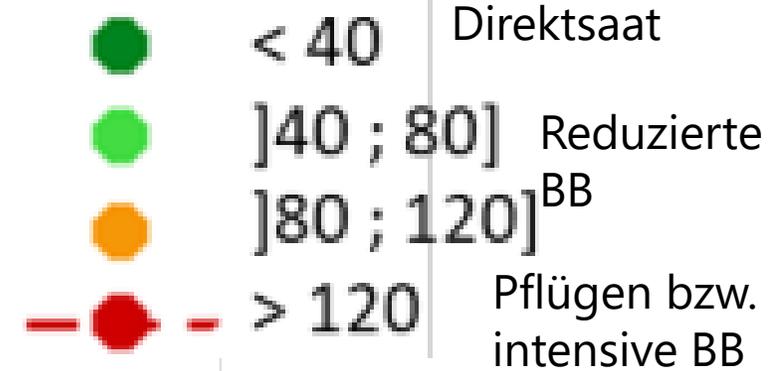
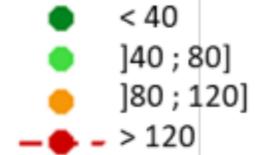


<https://blog-crop-news.extension.umn.edu/2021/10/from-cover-crops-to-tillage-how-soil.html>

Jährliche Veränderung der organischen Substanz



Bearbeitungsintensität

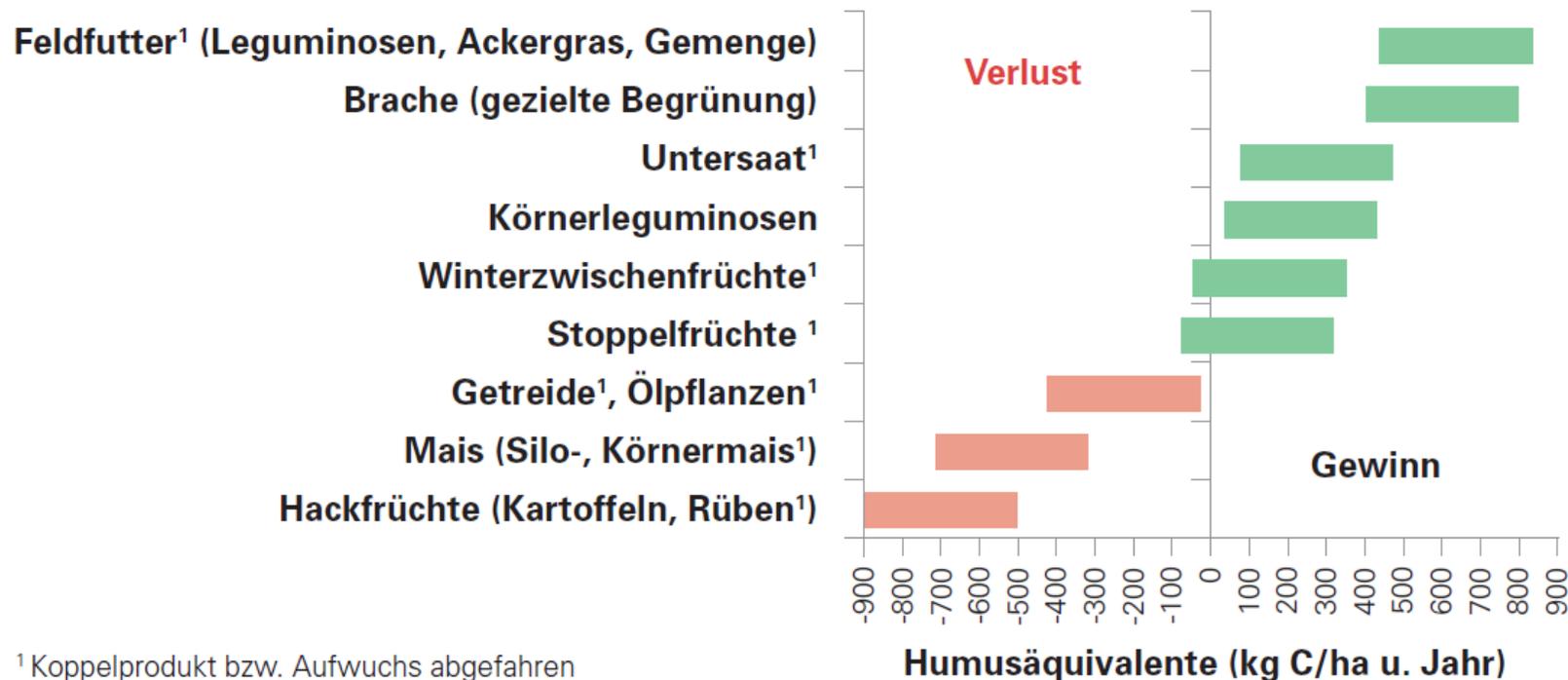


BB...Bodenbearbeitung

Dupla et al.: 2022 in  
Front. Environ. Sci

# Humusbilanz – Denkt an die Wurzelmasse!

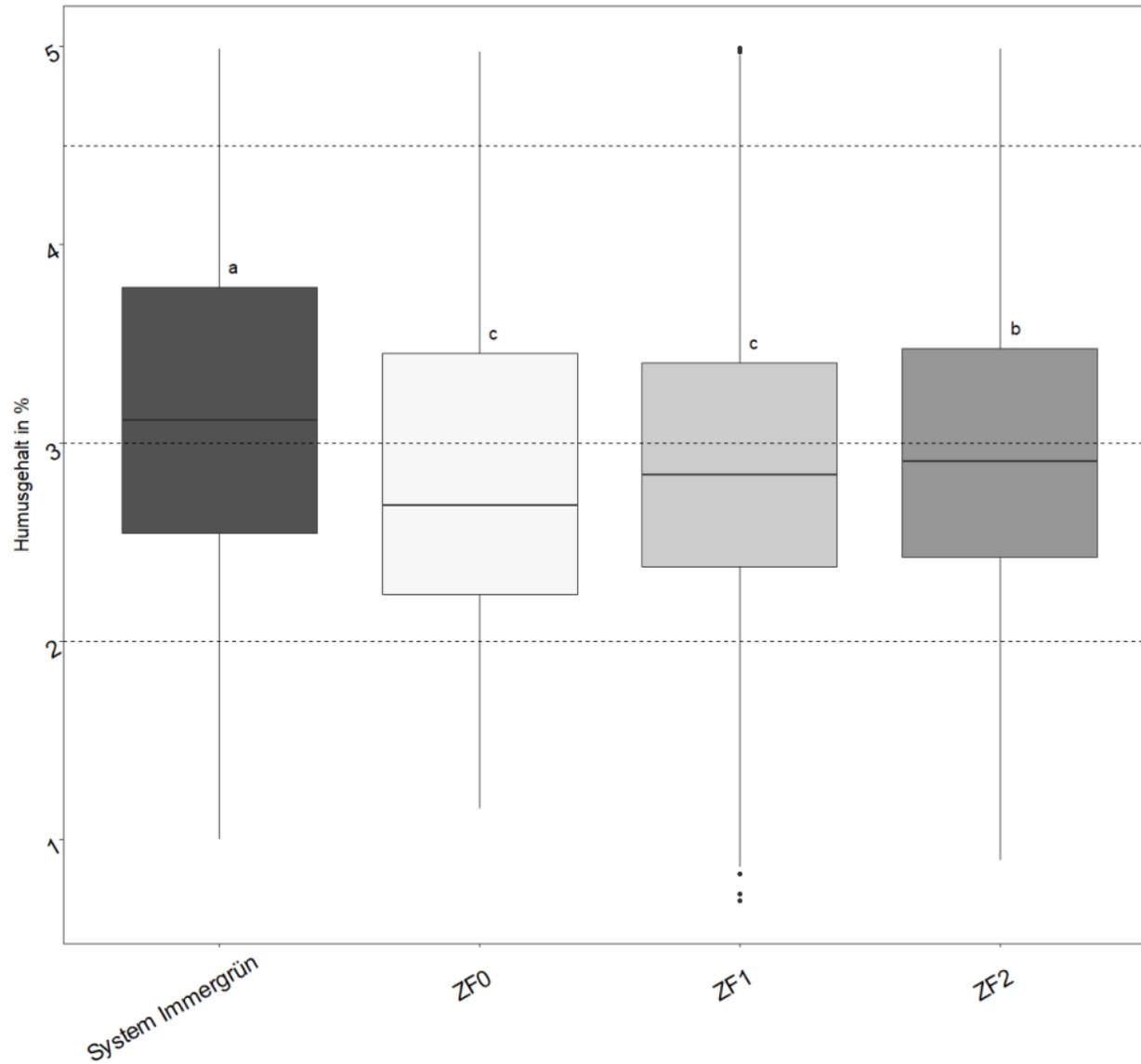
- Fruchtfolge hat einen großen Anteil
- **Ernterückstände und organische Substanz (Wirtschaftsdünger, Kompost) einarbeiten (Vorsicht → dient als Futter für das Bodenleben)**
- Kulturen mit engem C:N – Verhältnis anbauen (Leguminosen)
- Wenn möglich Feldfutter (Klee/Luzerne –Gras) anbauen



Quelle: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2008)

<sup>1</sup> Koppelprodukt bzw. Aufwuchs abgefahren

# Humussteigerung und ÖPUL - Maßnahmen



Österreichische Agentur für Gesundheit  
und Ernährungssicherheit GmbH



## Armin Bajraktarevic

Fachexperte Boden und Düngemittel

---

Spargelfeldstraße 191

1220 Wien

+4350555 34129

armin.bajraktarevic@ages.at

**[www.ages.at](http://www.ages.at)**

Copyright © 2023 AGES/Armin Bajraktarevic

Alle Rechte vorbehalten. Die Inhalte sind geistiges Eigentum der AGES. Diese dürfen ausschließlich für den privaten Gebrauch verwendet werden.

Alle anderen Werknutzungsarten, einschließlich der Vornahme von Änderungen und Bearbeitungen, sowie eine Weitergabe an Dritte sind untersagt.