

Studiengang Agrartechnik

Modul Bodenkultur und Düngung

WS 2024/2025

Kapitel 11:

Kalzium-, Schwefel-, Magnesium-, düngung

Gliederung des Moduls (Vorlesung)

Teil Bodenkultur

5. Bodenmechanik

6 . Bodenschutz

- Bodenerosion
- Bodenverdichtung

7. Bodenschätzung

Teil Düngung

8. Grundlagen der Düngung

9. Stickstoffdüngung

10. Phosphor- und Kaliumdüngung

11. Kalzium-, Schwefel- und Magnesium-Düngung

12. Organische Düngung

Ca-Düngung (Kalkung): Gliederung

1. Ca in Boden und Pflanze
2. Kalkwirkungen im Boden
3. Kalkbedarf/anzustrebender pH-Wert
4. Kalkdüngemittel/Kalkformen

Calcium im Boden

- Calcium kommt im Boden in natürlicher Form vorwiegend als CaCO_3 (Calcit in Kalksteinen vor)
- CaCO_3 ist in Wasser kaum löslich; erst in Verbindung mit Kohlensäure stärker löslich: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
 $\rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{CO}_2$
 - ✍ dieses ist im Boden sehr mobil und damit leicht auswaschbar!
 - ✍ aber auch in Ionen-Form wird Ca aufgrund der hohen Konzentrationen in der Bodenlösung in großen Mengen ausgewaschen
 - ✍ Ca wird von allen Nährelementen am stärksten ausgewaschen (100 – 600 kg Ca/ha*a)
 - ✍ Entzug über die Ernte dagegen eher gering

Ziele der Ca- Düngung (Kalkung)

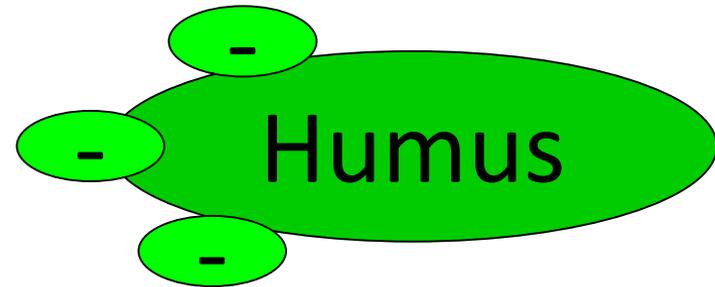
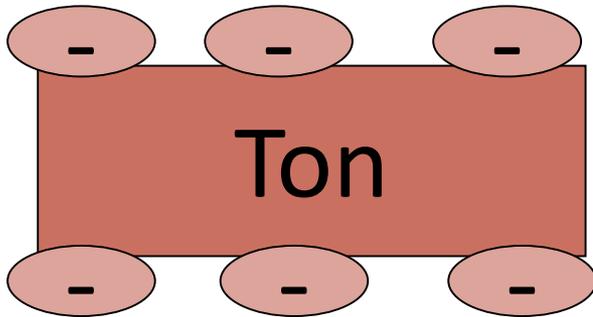
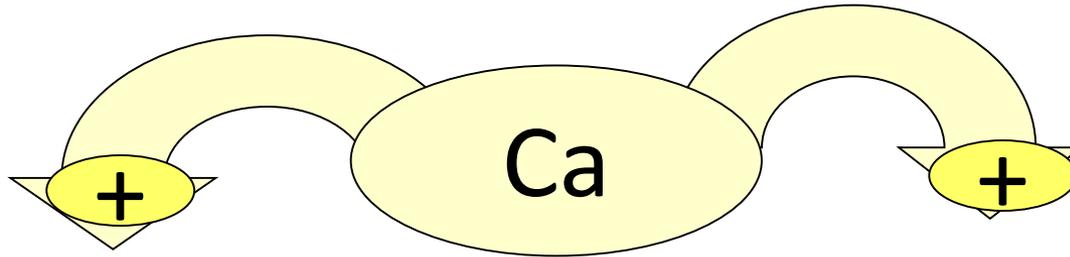
1. Verbesserung der Bodeneigenschaften

- Verbesserung der Bodenstruktur
- Erhöhung des pH-Werts
 - ✍ Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit
 - ✍ Erhöhung der mikrobiellen Aktivität
 - ✍ Verringerung der Schwermetallverfügbarkeit

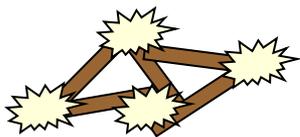
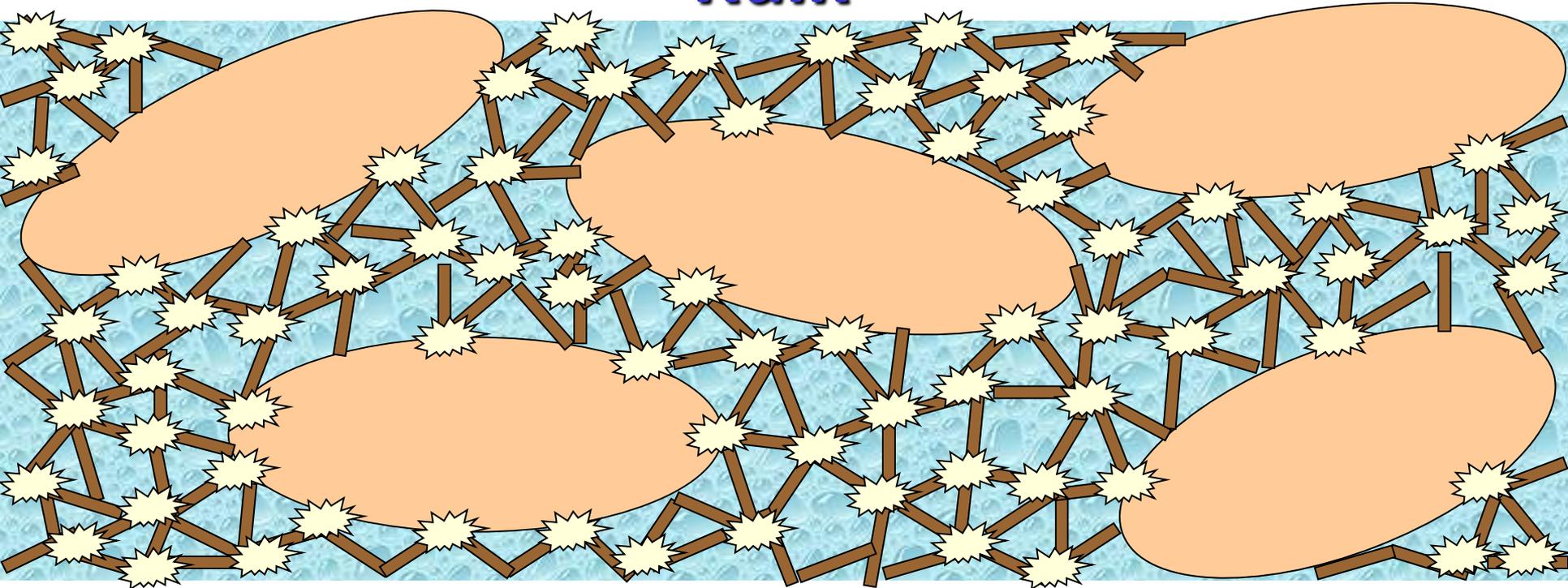
2. Zufuhr von Ca^{2+} -Ionen

- Zur Pflanzenernährung (untergeordnet)

Flockung durch Ca^{++} - Ionen „Kalkgare“



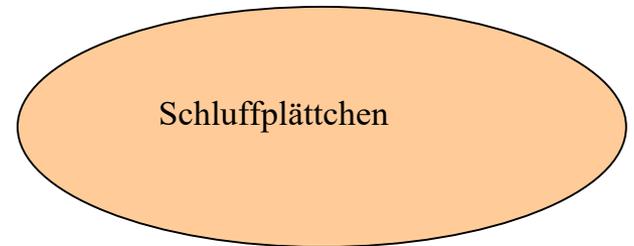
Krümelstabilisierung durch freien Kalk



Kartenhausstruktur der geflockten Tonminerale

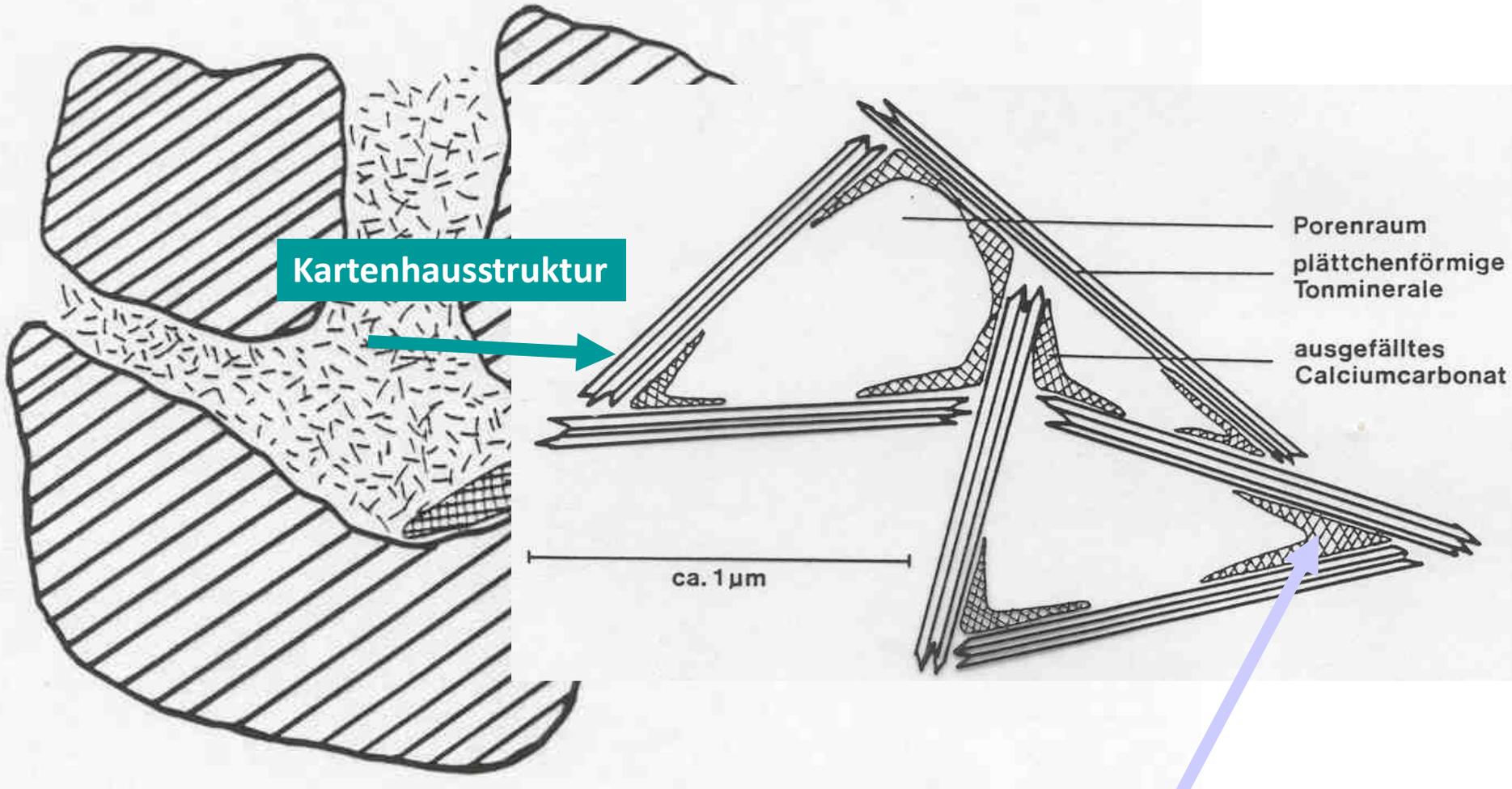


freier Kalk



Schluffplättchen

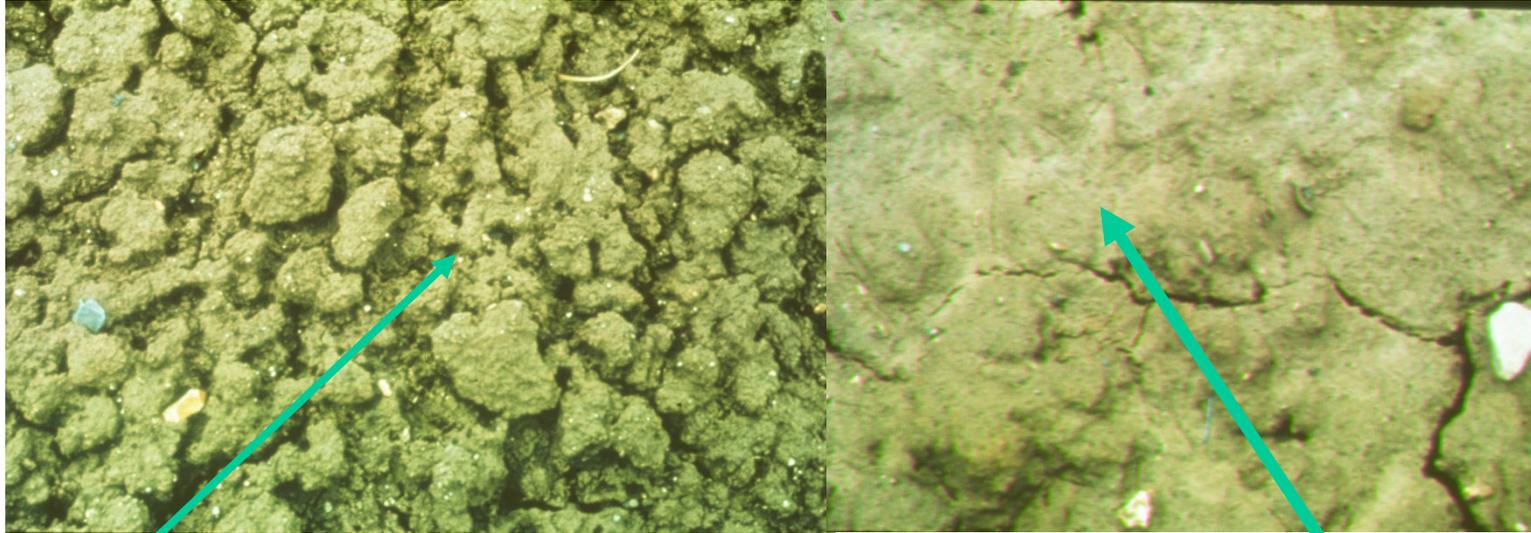
Kalkwirkungen: -Bodenstruktur



Porenwinkelvermörtelung

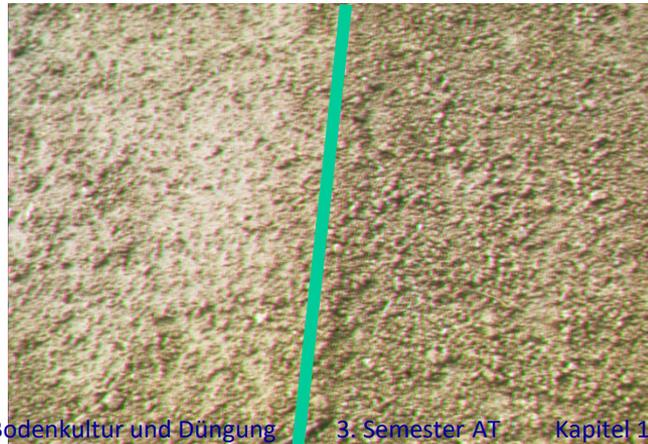
Kalkwirkungen: -Bodenstruktur

Bodenoberfläche nach Winter

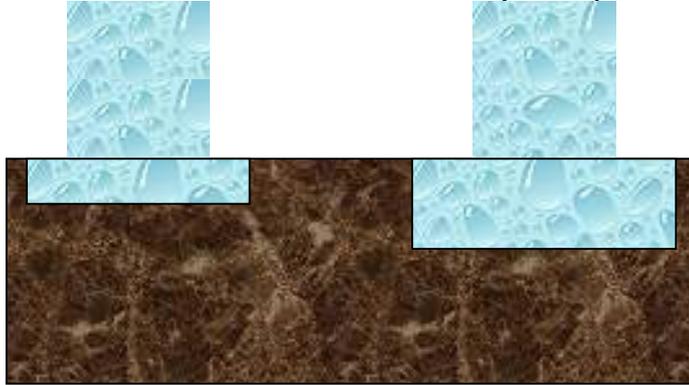


Regelmäßig gekalkt

30 Jahre nicht gekalkt



TU München-Weihenstephan; Dr. Gutser; schluffiger Lehm



pH 5,5

pH 6,3

Versickerungsrate:

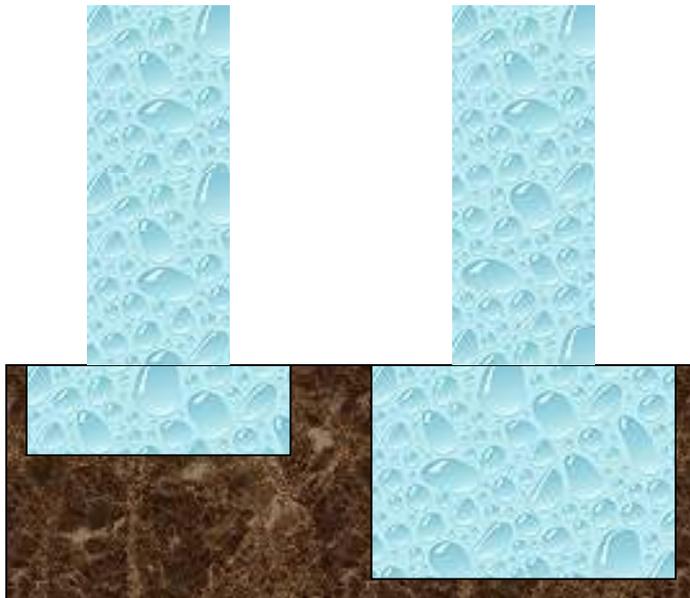
pH 5,5 = 100 %

pH 6,3 = 196 %

Steigerung der Versickerungsrate um

+ 96 %

Dr. Schuhbauer; Löss



pH 6,3

pH 7,0 +

Versickerungsrate:

pH 6,3 = 100 %

pH 7,0+ = 228 %

Steigerung der Versickerungsrate um **+**

128 %

Erosion!

Wasser, Feinerde, Humus,
Nährstoffe, Pflanzenschutzmittel

Ziele der Ca- Düngung (Kalkung)

1. Verbesserung der Bodeneigenschaften

- Verbesserung der Bodenstruktur
- Erhöhung des pH-Werts
 - ✍ Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit
 - ✍ Erhöhung der mikrobiellen Aktivität
 - ✍ Verringerung der Schwermetallverfügbarkeit

2. Zufuhr von Ca^{2+} -Ionen

- Zur Pflanzenernährung (untergeordnet)

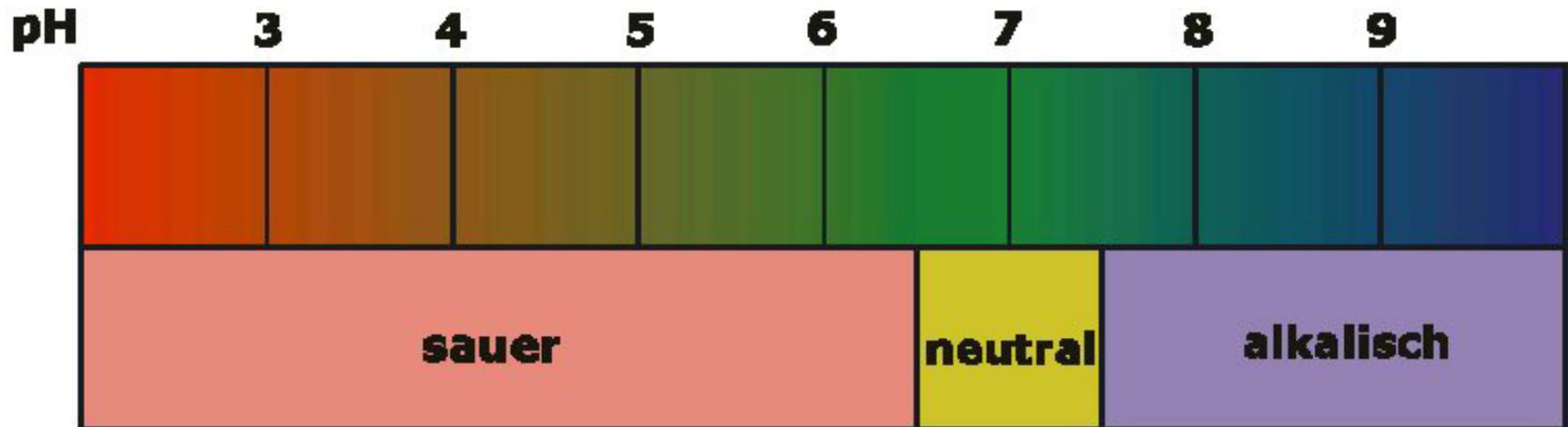
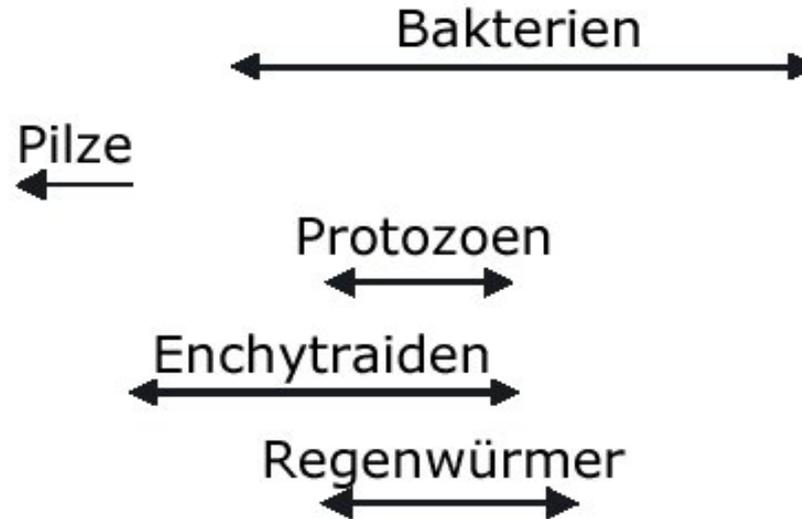
Kalkwirkungen: pH-Wert-Erhöhung

Kalk-form	Auflösung im Boden	Wirkungsgeschwindigkeit
CaCO₃	$\text{CaCO}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{++} + \text{HCO}_3^-$	Benötigt H ⁺ -Ionen zur Auflösung, löst sich langsam → keine schnelle pH-Erhöhung
CaO	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{++} + 2 \text{OH}^-$	Löst sich im Wasser → schnelle pH-Erhöhung → Gefahr der Überkalkung auf schlecht gepufferten = tonarmen Böden
CaSiO₃	$\text{CaSiO}_3 + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{++} + \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$	Benötigt H ⁺ -Ionen zur Auflösung, löst sich noch langsamer als kohlensaurer Kalk
Ca₂SiO₄	$\text{Ca}_2\text{SiO}_4 + 4 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Ca}^{++} + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$	

Ergebnis: es werden immer Protonen abgefangen und damit der pH-Wert erhöht

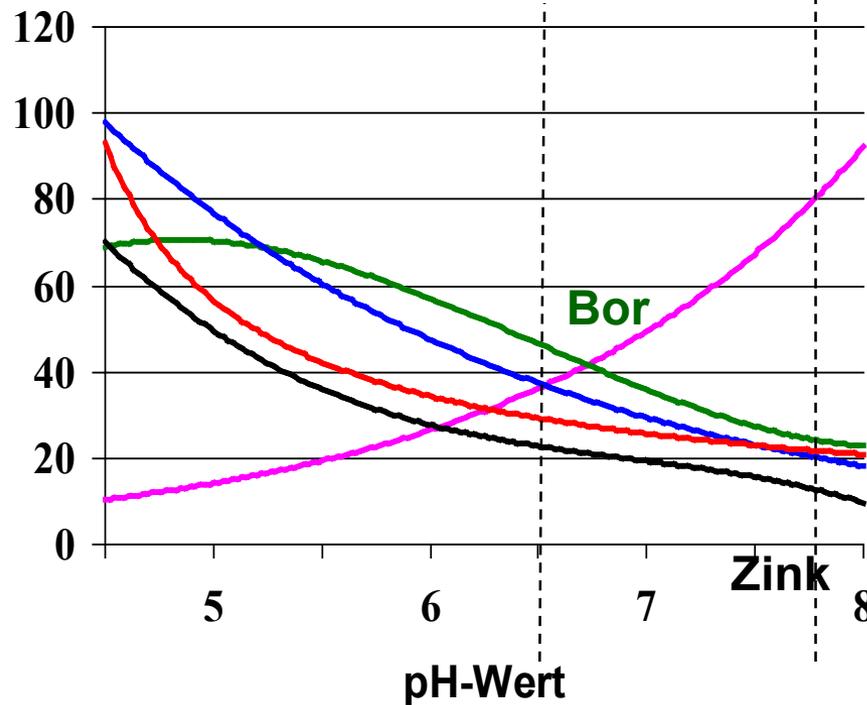
Auswirkung des pH-Wertes auf das Bodenleben

Bakterien	6 – 9
Pilze	<5,5
Protozoen	6,5 – 7,5
Enchytraiden	5,5 – 7,5
Regenwürmer	6,5 – 8,0



Spurennährstoffe: Pflanzenverfügbarkeit im Boden

Optimaler pH- Bereich



Molybdän

Kupfer

Mangan

Bodenversauerung entsteht durch...

- ...Auswaschung basisch wirkender Kationen (Ca, K, Mg, Na)
- ...„saureren Regen“ (HNO₃, H₂SO₄, Oxidation von NH₄⁺ und NH₃ in der Atmosphäre)
- ...Lösung von CO₂ im Bodenwasser
- ...sauer wirkende Düngemittel
- ...Protonenbildung
 - ✍ Bei mikrobiellem Abbau von Biomasse zu organischen Säuren und Kohlensäure
 - ✍ Durch Oxidation von NH₄⁺ und NH₃
$$\text{NH}_4^+ + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$$
$$\text{NH}_3 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$$
 - ✍ Ausscheidung von Protonen durch Pflanzenwurzeln im Austausch gegen aufgenommene Kationen

Unvermeidbare Kalkverluste durch Neutralisation und Auswaschung

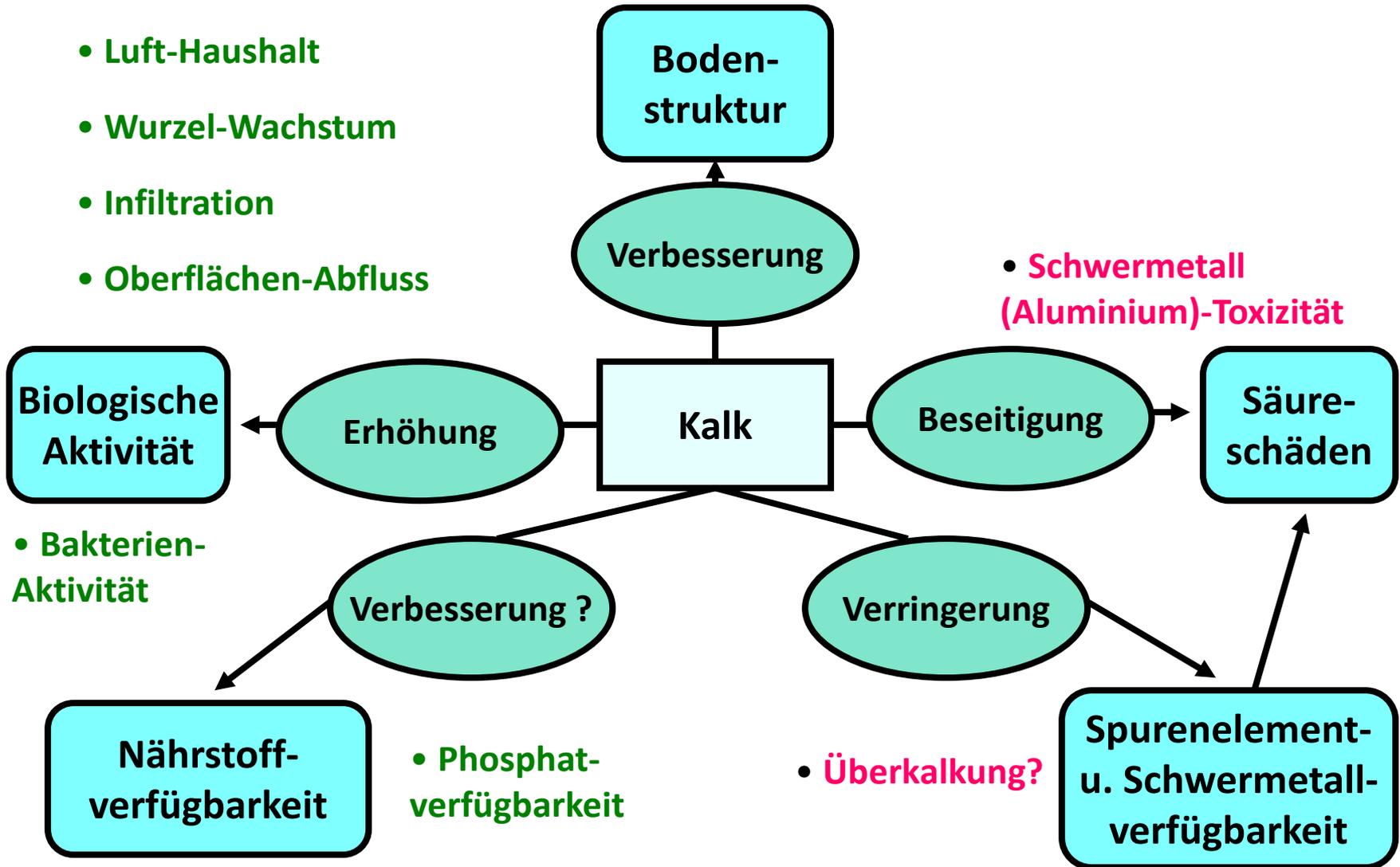
In Abhängigkeit von Bodennutzung und Niederschlagsmenge in kg/ha CaO*a

Bodenarten- gruppe (Symbol)	Nutzungs- form	Niederschläge		
		niedrig (< 600 mm)	mittel (600-750 mm)	hoch (>750 mm)
leicht (S, l`S)	Acker	300	400	500
	Grünland	150	250	350
mittel (sl bis t`L)	Acker	400	500	600
	Grünland	200	300	400
schwer (tL, T)	Acker	500	600	700
	Grünland	250	350	450

DHG 11062001
unvermeidbare Kalkverluste



Kalkwirkungen



Durch ein Absinken von pH 7,0 auf pH 6,0 gehen jährlich ca. 15 Kg N und 30 Kg P₂O₅ je ha verloren! **Kosten: ca. 45,- €.**

Durch ein Absinken von pH 7,0 auf pH 5,0 gehen jährlich ca. 80 Kg N, 40 Kg P₂O₅ und 35 Kg K₂O verloren! **Kosten: ca. 135,- €.**

Eine **einmalige Gesundungskalkung** kostet je ha **ca. 150,- €.**

Die **jährliche Erhaltungskalkung** kostet je ha **ca. 30,- €.**

Kalkung und Mg-Düngung: Gliederung

1. Ca in der Pflanze
2. Kalkwirkungen im Boden
3. Kalkbedarf/anzustrebender pH-Wert
4. Kalkdüngemittel/Kalkformen

Einflussfaktoren auf den anzustrebenden pH-Bereich

Ton und Humus

Bedeutung für den pH-Wert

zunehmender Tongehalt



mehr Ca^{++}
für die **Stabilisierung** der Tonsubstanz



mehr Minerale, aus denen
Aluminium freigesetzt werden kann

zunehmender Humusgehalt



erhöhte Struktur- **Stabilisierung**

pH-Ziel

Tabelle 10: Gehaltsstufen für pH-Werte in Ackerböden (Humusgehalt ≤ 4 %)

Bodenart	pH-Klasse		
	sehr niedrig / niedrig A/B	optimal (anzustreben) C	hoch / sehr hoch D/E
Sand	< 5,4	5,4 - 5,8	> 5,8
schwach lehmiger Sand	< 5,8	5,8 - 6,3	> 6,3
stark lehmiger Sand, sandiger Lehm, schluffiger Lehm (Lößlehm)	< 6,2	6,2 - 6,5 6,6 - 6,8 (-)	> 6,8 6,6 - 6,8 (+)
toniger Lehm bis Ton	< 6,6	6,6 - 6,7 6,8 - 7,2 (-)	> 7,2 6,8 - 7,2 (+)

(-) kein freier Kalk (nach Salzsäure-Test)

(+) freier Kalk (nach Salzsäure-Test)

Quelle: „Gelbes Heft“

pH-Ziel

Tabelle 11: Anzustrebende pH-Werte für humose, anmoorige Böden und Moor bei Ackernutzung und Erhaltungskalkung (dt CaO/ha) für 3 Jahre (Humusgehalt = $C_{org} \times 1,72$)

Bodenart des mineralischen Anteils	Humusgehalt in %					
	4,1 - 15,0		15,1 - 30,0		> 30	
	pH-Bereich	Erhaltungskalkung	pH-Bereich	Erhaltungskalkung	pH-Bereich	Erhaltungskalkung
Sand	4,7 - 5,4	5	4,3 - 4,7	3		
schwach lehmiger Sand	5,0 - 5,9	8	4,6 - 5,1	4		
stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	5,3 - 6,4	13	4,9 - 5,6	6		
toniger Lehm bis Ton	5,7 - 6,7	17	5,3 - 5,9	7		
Hochmoor und saures Niedermoor					4,3	keine

Quelle: „Gelbes Heft“

Beurteilung des Kalkzustandes und Kalkbedarfsermittlung

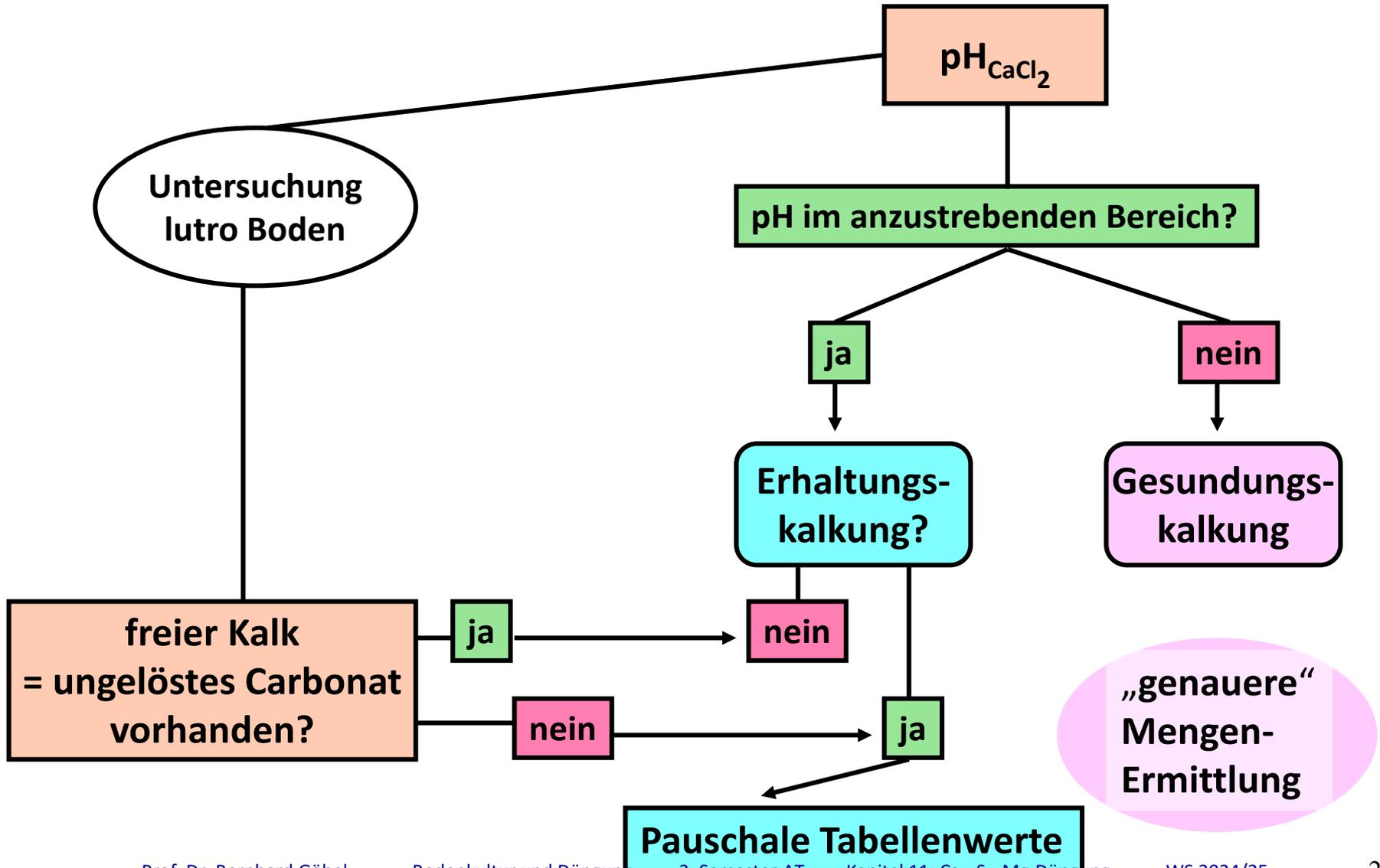


Tabelle 13: Höhe der Gesundungs- und Erhaltungskalkung (Ackerland, Humusgehalt $\leq 4\%$, Humusgehalt = $C_{org} \times 1,72$)

Bodenart	Gesundungskalkung (Gehaltsstufe A/B)		Erhaltungskalkung (Gehaltsstufe C)		keine Kalkung erforderlich (Gehaltsstufe D/E) bei pH-Wert
	bei pH-Wert	einmalige Höchstgabe dt CaO/ha	bei optimalem pH-Wert	Menge für 3 Jahre dt CaO/ha	
Sand	< 5,4	15	5,4 - 5,8	7	> 5,8
schwach lehmiger Sand	< 5,8	20	5,8 - 6,3	12	> 6,3
stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	< 6,2	60	6,2 - 6,5 u. 6,6 - 6,8 (-)	17	> 6,8 u. 6,6 - 6,8 (+)
toniger Lehm bis Ton	< 6,6	100	6,6 - 6,7 u. 6,8 - 7,2 (-)	20	> 7,2 u. 6,8 - 7,2 (+)

(-) kein freier Kalk (nach Salzsäure-Test): Erhaltungskalkung erforderlich

(+) freier Kalk (nach Salzsäure-Test): Erhaltungskalkung nicht erforderlich

Tabelle 14: Kalkdüngungsbedarf in dt CaO/ha von Ackerböden mit einem Humusgehalt von $\leq 4\%$ in Abhängigkeit von pH-Wert und Bodenart (Humusgehalt = $C_{org} \times 1,72$)

pH-Wert	Bodenart			
	Sand	schwach lehmiger Sand	stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	toniger Lehm bis Ton
Bodenartengruppe	01	02	03 - 05	06 - 08
< 4,0	45	77	117	160
4,1	42	73	117	160
4,2	39	69	117	160
4,3	36	65	117	160
4,4	33	61	117	160
4,5	30	57	117	160
4,6	27	53	111	152
4,7	24	49	105	144
4,8	22	46	100	136
4,9	19	42	94	128
5,0	16	38	88	121
5,1	13	34	82	113
5,2	10	30	76	105
5,3	8	26	70	98
5,4	7	22	65	90
5,5	7	19	59	82
5,6	7	15	53	75
5,7	7	13	47	67
5,8	7	12	41	59
5,9	0	12	34	52
6,0	0	12	27	44
6,1	0	12	20	38
6,2	0	12	17	33
6,3	0	12	17	29
6,4	0	0	17	25
6,5	0	0	17	22

Ca-Düngung (Kalkung) : Gliederung

1. Ca in der Pflanze
2. Kalkwirkungen im Boden
3. Kalkbedarf/anzustrebender pH-Wert
4. Kalkdüngemittel/Kalkformen

Wirkung unterschiedlicher Kalkformen

Kalk-form	Auflösung im Boden	Wirkungsgeschwindigkeit
CaCO₃	$\text{CaCO}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{++} + \text{HCO}_3^-$	Benötigt H ⁺ -Ionen zur Auflösung, löst sich langsam → keine schnelle pH-Erhöhung
CaO	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{++} + 2 \text{OH}^-$	Löst sich im Wasser → schnelle pH-Erhöhung → Gefahr der Überkalkung auf schlecht gepufferten = tonarmen Böden
CaSiO₃	$\text{CaSiO}_3 + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{++} + \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$	Benötigt H ⁺ -Ionen zur Auflösung, löst sich noch langsamer als kohlenaurer Kalk
Ca₂SiO₄	$\text{Ca}_2\text{SiO}_4 + 4 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Ca}^{++} + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$	

Kalkdüngemittel

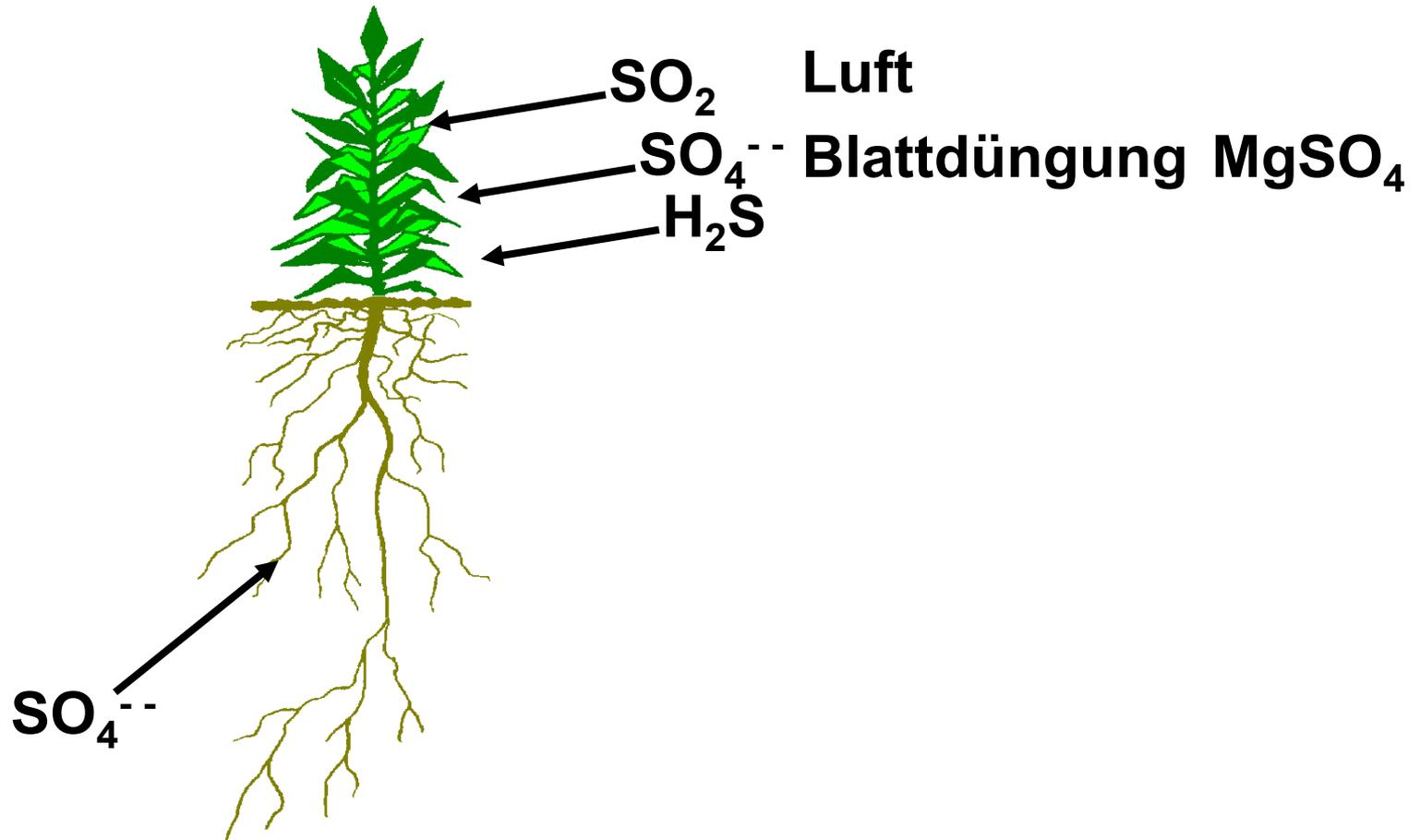
Düngemittel	Kalkform	Kalkgehalt berechnet als CaO %	Nebenbestandteile	Wirkung
Kohlensaurer Kalk	CaCO_3	42–53	MgCO_3	langsam
Kohlensaurer Mg-Kalk	$\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$	42–53	z. T. mit P_2O_5	langsam
Branntkalk	CaO	65–95		rasch
Magnesium-Branntkalk	$\text{CaO} + \text{MgO}$	65–95		rasch
Löschkalk	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	60–70		rasch
Mischkalk	$\text{CaO} + \text{CaCO}_3$	60–65		rasch und langsam
Hüttenkalk	Ca_2SiO_4	40–50	MgO , Spuren- nährstoffe, z. T. P_2O_5	langsam
Konverterkalk	$\text{CaO} + \text{Ca}_2\text{SiO}_4$	35–50	z. T. P_2O_5 z. T. MgO , Spuren- nährstoffe	rasch und langsam
Rückstandkalk	$\text{CaCO}_3, \text{CaO}$	> 30	z. T. N, P_2O_5 , MgO	meist langsam
Carbokalk	CaCO_3	> 25	N, P_2O_5 , MgO	langsam

Gliederung: Düngung von Schwefel

Schwefel

- Schwefel in Pflanze und Boden
- Methoden der S-Bedarfsanalyse
- S-Dünger und S-Düngung

S-Aufnahme in die Pflanze



S-Mangelsymptome



ßert sich zunächst

Quelle: K&S

Schwefel in der Pflanze

Schwefel ist Baustein von:

**Eiweiß
(Aminosäuren, Protein)**

**sekundären Inhaltsstoffen
z.B. Lauchöle, Senföle (z.B.
Glucosinolate)**

Vitaminen

Enzymen

Schwefelmangel führt zu:

**geringen Eiweißgehalten,
geringer Eiweißwertigkeit,
damit zur Verschlechterung
der Backqualität von Getreide
der Wertigkeit von Futter**

Qualitätseinbußen

geringere biolog. Wertigkeit

**gestörtem Stoffwechsel
gestörter N- Verwertung**

Besonders bei:

Getreide

Futterpflanzen

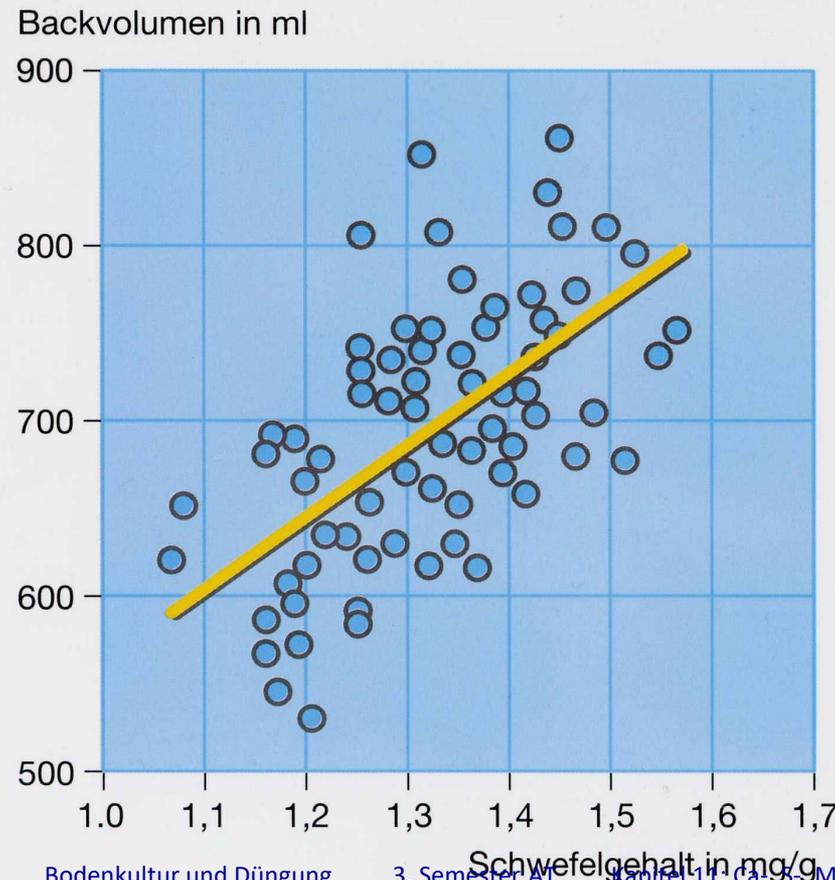
Raps u. Kreuzblütlern

Getreide, Leguminosen

**unspezifiziert bei
allen Pflanzen**

Schwefeldüngung und Qualität

Auswirkung des Schwefelgehaltes von Weizenkörnern auf das Backvolumen von Brot



Nach S. Haneklaus
Quelle: Sulphur in Agriculture, Vol. 16, 1992

Einfluss von Schwefel auf die Krankheitsanfälligkeit von Pflanzen (Schwefel-Induzierte Resistenz (SIR))

Identifikation der Mechanismen die SIR bedingen

- Schwefel Induzierte Resistenz wurde im Feldversuch mit Raps (Sclerotinia) und Wein beobachtet
- Einfluss auf den Schwefelmetabolismus
- Emission von H₂S
- Bildung von elementarem Schwefel in Pflanzen

S-Abfuhr verschiedener Kulturen

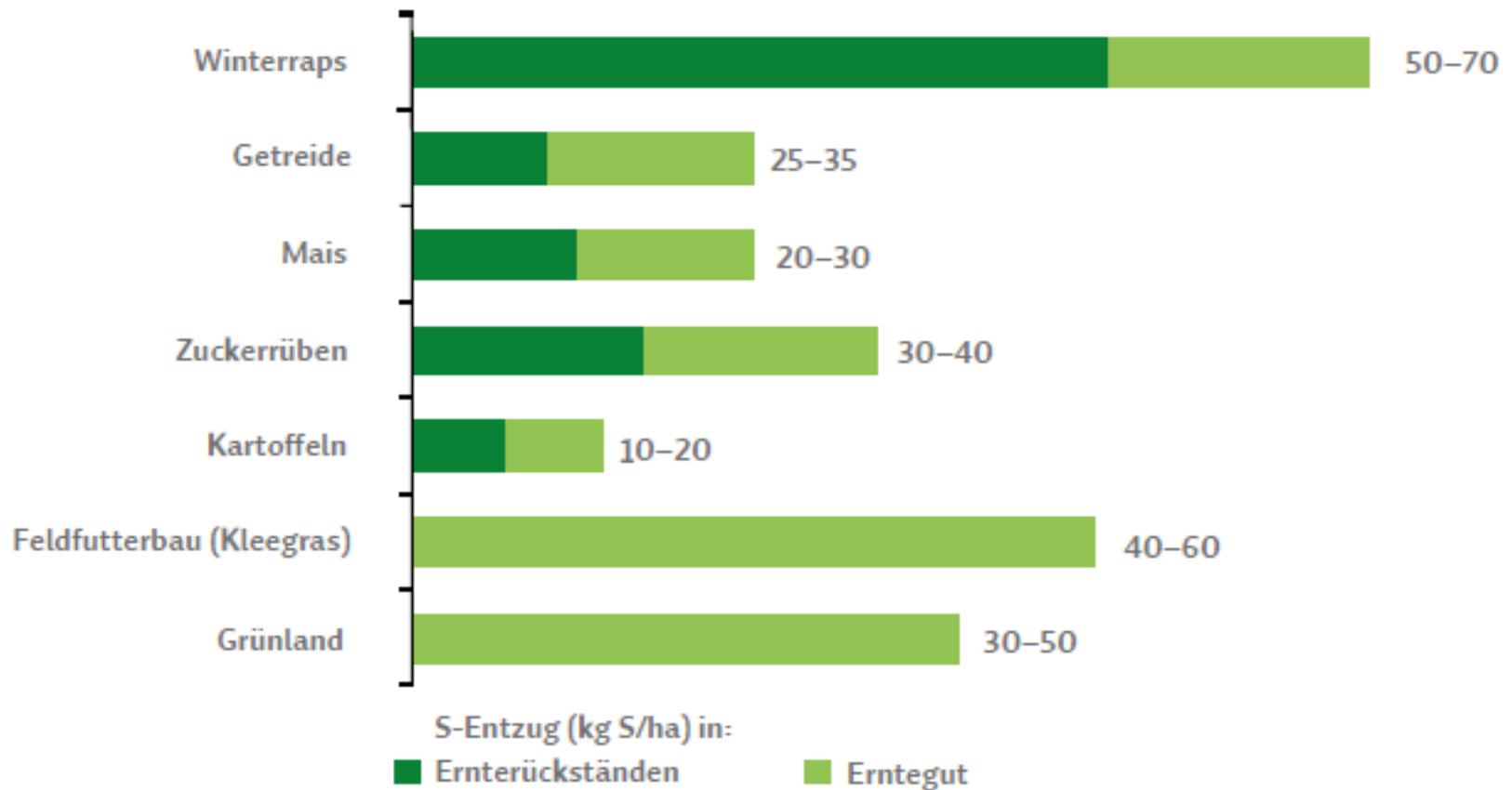
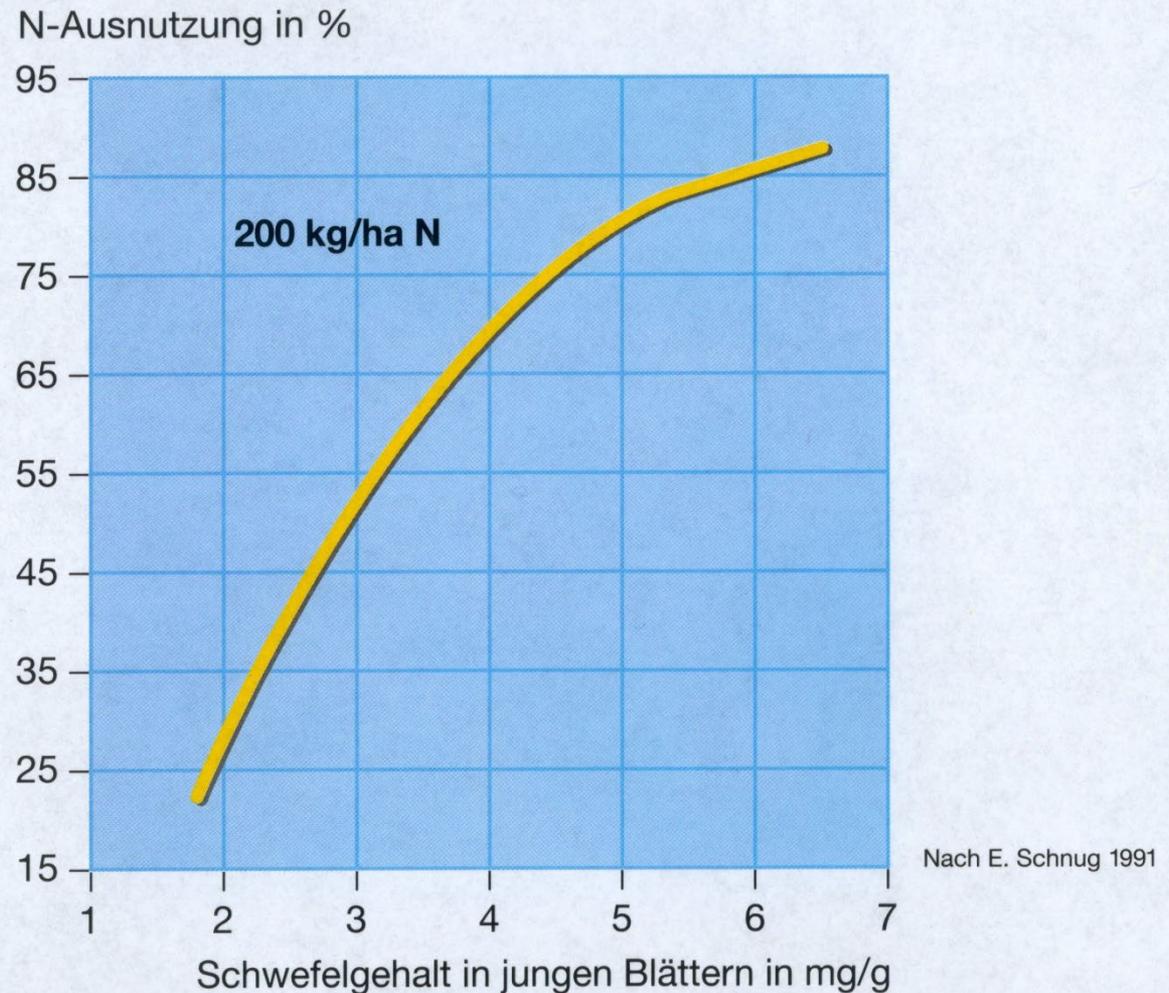


Abb. 1: Schwefelbedarf landwirtschaftlicher Kulturen (Quellen: Faustzahlen für Landwirtschaft und Ackerbau, 12. Auflage: E. Schnug, Habilitationsschrift.)

Ausnutzung von Düngerstickstoff in Abhängigkeit von der Schwefelversorgung bei Raps



Gliederung: Düngung von Schwefel

Schwefel

- Schwefel in Pflanze und Boden
- Methoden der S-Bedarfsanalyse
- S-Dünger und S-Düngung

Methoden der Schwefel-Bedarfsanalyse

- Bodenanalyse
- Blattanalyse
- Schätzrahmen

Vergleichende Bewertung der Methoden zur S-Bedarfsermittlung

Verfahren	Vorteile	Nachteile
Schwefel-Schätzrahmen	<ul style="list-style-type: none"> sehr einfaches Verfahren keine Kosten jederzeit einsetzbar 	<ul style="list-style-type: none"> objektive Beurteilung und Punktevergabe nicht immer gewährleistet
S_{\min} -Bodenuntersuchung	<ul style="list-style-type: none"> Erfassung der tatsächlich verfügbaren Vorräte an Sulfat im Boden gemeinsame Probenahme mit N_{\min} 	<ul style="list-style-type: none"> rel. aufwendige Probenahme Analysekosten keine Informationen über S-Nachlieferungsvermögen aus Bodenpools sichere Bedarfsprognose nur bei Winterraps
Pflanzenanalyse	<ul style="list-style-type: none"> exakte Erfassung des S-Versorgungszustandes der Pflanzen 	<ul style="list-style-type: none"> nicht für alle Pflanzenarten und Wachstumsstadien verlässliche Vergleichswerte aufwendige Probenahme Beratungsergebnis kommt oft zu spät für zeitgerechte S-Düngung Analysekosten



Merkmals	Bewertung mit Punktzahlen	Punktzahl
Standortelgenschaften		
Bodenart <small>1) z. B. Sand, lehmiger oder schluffiger Sand 2) z. B. sandiger, sandig-toniger oder schluffiger Lehm 3) z. B. Ton, sandiger oder lehmiger Ton</small>	sandiger Boden, Schotterboden ¹⁾	1
	lehmiger Boden ²⁾	3
	toniger Boden ³⁾	5
Humusgehalt	arm, < 2% Humus	2
	mittel, > 2-4% Humus	3
Verfügbare Wurzelraum (Krume + durchwurzelter Raum)	flachgründig	2
	tiefgründig	4
Strukturschäden (Verschlammung, Bodenverdichtung, Pflugsohle)	vorhanden	1
	stellenweise vorhanden	3
	nicht vorhanden	4
N _{min} -Gehalt zu Vegetationsbeginn im Vergleich zum langjährigen Mittelwert	unterdurchschnittlich	1
	durchschnittlich	3
	überdurchschnittlich	5
Witterung		
Niederschläge (Oktober-März) im Vergleich zum langjährigen Mittelwert	überdurchschnittlich	1
	durchschnittlich	3
	unterdurchschnittlich	5
Bewirtschaftung		
Schwefelzehrende Kulturen in der Fruchtfolge (Raps, Kohlartern, Leguminosen)	Anbau jedes 3. Jahr	2
	Anbau jedes 4. Jahr	3
	Anbau jedes 5. Jahr	4
In diesem Jahr angebaute Kultur	Raps, Kohl, Leguminosen	1
	Andere Kulturen	3
Schwefelmangel bereits aufgetreten (Ertragseinbussen, Blattanalyse, Mangelsymptome)	Ja	1
	Nein oder Unbekannt	3
Ertragsniveau (dt/ha)	hoch	2
	mittel	3
	niedrig	4
Raps	> 40 30-40 < 30	3
Getreide	> 75 50-75 < 50	4
Düngung		
Einsatz organischer Dünger aus Tierhaltung (keine Gründüngung)	0 GV/ha	1
	≤ 1,5 GV/ha	2
	> 1,5 GV/ha	3
In den letzten 3 Jahren Einsatz nennenswerter Schwefelmengen aus Mineraldüngern (z. B. ass, Nitrophoska® 13+9+16(+4+7), 20+8+8(+3+4), Kaliumsulfat)	Nein	1
	Ja	3

16-29 Punkte: Wahrscheinlichkeit von Schwefelmangel hoch, Düngung mit ass notwendig
30-37 Punkte: Bestände (besonders Raps) genau beobachten, Düngung mit ass empfehlenswert

<https://de.eurochemagro.com/service/schwefel-schaetzrahmen/schwefel-schatzrahmen-fur-ackerbau/>

Gliederung: Düngung von Schwefel

1. Schwefel

1.1 Schwefel in Pflanze und Boden

1.2 Methoden der S-Bedarfsanalyse

1.3 S-Dünger und S-Düngung



Auswahl wichtiger S-haltiger Düngemittel

Dünger	S-Gehalt (%)	S-Bindungsform	Weitere Nährstoffe	Beispiele Handelsware
Ammoniumsulfat	24	(NH ₄) ₂ SO ₄	21 % N	SsA, AS, Domogran
Ammonsulfatsalpeter	13	(NH ₄) ₂ SO ₄	26 % N	ASS 26, ENTEC 26
Ammoniumsulfat-Harnstoff	5 – 12	(NH ₄) ₂ SO ₄	30 – 38 % N	PIAMON 33-S, Urea-S
Ammoniumnitrat mit S	6	(Ca)SO ₄	24 % N	YaraBela Sulfan
N-Düngerlösung mit S	3 – 6	(NH ₄) ₂ SO ₄ + (ATS)	15 – 27 % N	PIASAN-S 25/6, ALZON flüssig-S 25/6, Domamon, NTS
Ammonsulfat-Lösung	6 – 9	(NH ₄) ₂ SO ₄	5 – 8 % N	ASL
Kaliumsulfat	18	K ₂ SO ₄	50 % K ₂ O	KALISOP
Patentkali	17	K ₂ SO ₄ , MgSO ₄	30 % K ₂ O 10 % MgO	Patentkali
Korn-Kali	4	MgSO ₄	40 % K ₂ O 6 % MgO 3 % Na	Korn-Kali
Magnesia-Kainit	4	MgSO ₄	11 % K ₂ O 5 % MgO 20 % Na	
Kieserit (granuliert)	20	MgSO ₄	25 % MgO	ESTA Kieserit gran
Bittersalz	13	MgSO ₄	16 % MgO	EPSO Top
Elementarer Schwefel	60 – 98	S		Schwefellinsen/ -suspensionen
Superphosphat	12	CaSO ₄	18 % P ₂ O ₂	
div. NPK mit S	2 – 12	(NH ₄) ₂ SO ₄		
Kalkdünger mit S	≥ 2	CaSO ₄	≥ 80 % CaO	Kohlensäurer Kalk mit S Magnesiumkalk mit S

Schwefelzufuhr über Gülle:
Faustregel: 1 kg N = 0,07 kg S

Tabelle 16: *Richtwerte für den Schwefeldüngebedarf im Ackerbau (organisch und mineralisch)*

		Schwefeldüngebedarf der Kulturen in kg S/ha			
		gering	mittel		hoch
		z. B.: Z-Rüben, Kartoffeln, Mais, Sommergetreide	z. B.: W-Weizen, W-Roggen	z. B.: W-Gerste, Leguminosen	z. B.: Raps
Bodenart	leicht	20	30	40	60
	mittel	10	20	30	50
	schwer	0	10	20	40

Quelle: „Gelbes Heft“ 2018

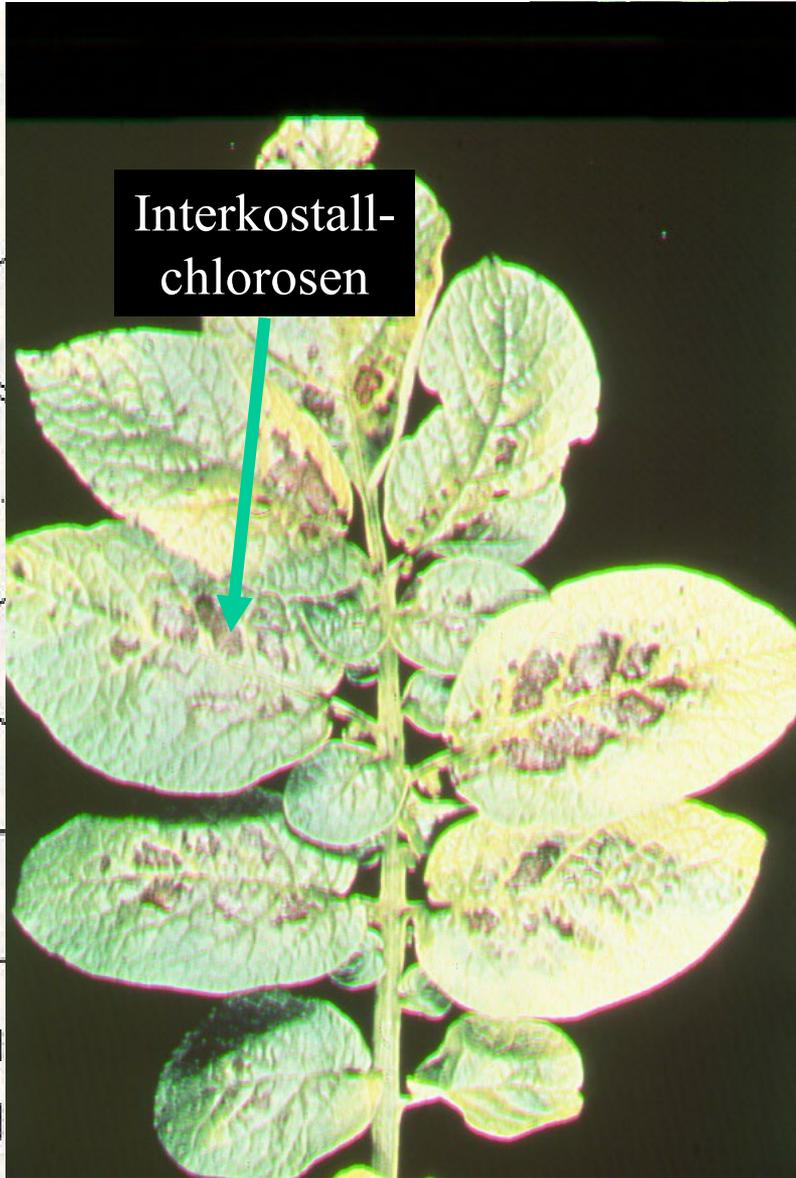
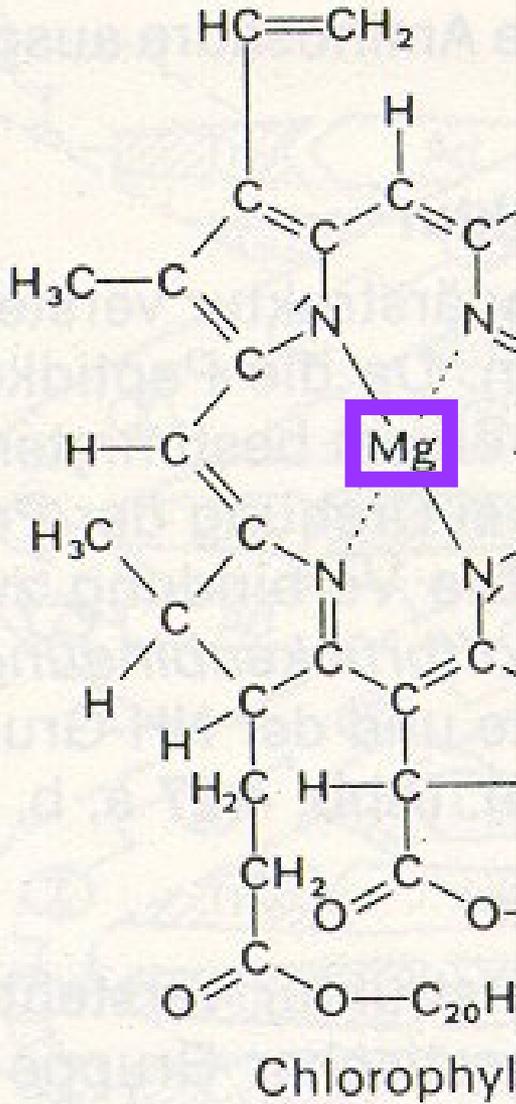
Mg-Düngung: Gliederung

1. Magnesium (Mg) in Boden und Pflanze
2. Mg-Düngung und -dünger

Mg- Funktionen

Mg-Funktionen:

- **Baustein:** Chlorophyll, Phytin
- **Wasserhaushalt**
- **Enzymaktivierung:** Koppelung von Enzym und Substrat, speziell bei Eiweißsynthese und der **Energieübertragung:** Mg⁺⁺ bindet ATP an Enzyme oder Substrate (Brückenfunktion) und wirkt so aktivierend.



Magnesiumdüngungsempfehlung

- Besonders **Hackfrüchte, Mais** und viele Sonderkulturen haben einen relativ **hohen Mg-Bedarf**
- **Durchschnittliche Mg-Entzüge** (Abfuhr) liegen auf dem Ackerland bei **20 - 60 kg MgO/ha**

Tabelle 14: Gehaltsklassen für CaCl₂-lösliches Magnesium und Bemessung der Mg-Düngung bei Acker und Dauergrünland

Gehaltsklasse	Mg-Gehalte (mg/100 g Boden)		Mg-Düngung kg MgO/ha
	(S, I'S)	(IS - T)	
A	< 3	< 5	Abfuhr + 30
B	3 - 6	5 - 9	Abfuhr + 30
C	7 - 10	10 - 20	Abfuhr
D	11 - 30	21 - 30	0
E	> 30	> 30	0

Quelle: „Gelbes Heft“ 2018

Magnesiumdünger

Düngemittel	MgO-Gehalt %	Bindungsform	Eigenschaften, Nebenbestandteile
Kieserit	25–28	Magnesiumsulfat	gut löslich
Bittersalz	16	Magnesiumsulfat	gut löslich, 13% Schwefel
Mg-Branntkalk Kohlensaurer Mg-Kalk	10–35	Magnesiumoxid oder Magnesiumcarbonat	schnell wirkend langsam wirkend
Magnesium-Gesteinsmehl	20	Magnesiumsilikat	schwer löslich, langsam wirkend
Patentkali (Kalimagnesia)	10	Magnesiumsulfat	30% K ₂ O, 17% S als Sulfat
Stickstoffmagnesia	7	Magnesiumsulfat, Magnesiumcarbonat	20% N (7–10% Nitrat, 10–13% Ammonium)
Magnesia-Kainit	5	Magnesiumsulfat	11% K ₂ O, 20% Na
PK-Dünger mit Magnesium	3–10	Magnesiumsulfat, Magnesiumphosphat	
Hüttenkalk	7	Magnesiumsilikat	47% CaO
Korn-Kali	6	Magnesiumsulfat	40% K ₂ O
NPK- Dünger mit MgO	2–4	Magnesiumsulfat, Magnesiumcarbonat	
Thomasphosphat	2	Magnesiumphosphat, Magnesiumsilikat	15% P ₂ O ₅
Thomaskali	3–6	Magnesiumphosphat	8–12% P ₂ O ₅ , 11–20% K ₂ O