Fortbildung zur Pflanzenschutz-Sachkunde

„Erfolgreiche Grünlandbewirtschaftung“

www.dueka.de

Kalkdüngung im Grünland

Markus Kreh
Landwirtschaftsamt Ravensburg
07.12.2023 Gasthof zur Post, Wolfegg

Wie war es früher?

- Historie
  - seit über 2000 Jahren Einsatz von Kalkmergeln um das Degradieren der Böden zu verhindern und Böden fruchtbar zu halten
  - Beginn vor über 100 Jahren Einsatz von kalkhaltigen Düngern wie Thomasmehl und Kalkstickstoff → nicht mehr verfügbar bzw. nicht mehr stark im Einsatz
  - in den letzten Jahren vermehrter Einsatz von kalkfreien bis sauer wirkenden Düngemitteln → Erhöhung der Kalkverluste, die nicht ausgeglichen wurden

www.industrie.lu

Sauer macht lustig??

- „Säure“ wird angegeben über pH-Wert (Konzentration der H^2-Ionen)
  - je mehr H^2-Ionen vorhanden sind, desto geringer der pH-Wert
- Bodenuntersuchung (Pflicht spätestens alle 6 Jahre!)

P_2O_5-, K_2O- und Mg-Gehaltsangaben für Mineralböden in Milligramm/100g Boden, für Moorböden in Milligramm/100 Milliliter Boden. Untersuchung nach der CAL-Methode. Programmversion: 5.0.2

Feldstück-Bezeichnung	Pr.-Nr.	Flächen-Identifikator (FID) /Teilschlag-Nr.	Bodennutzung	Bodenart	pH-Wert ($CaCl_2$)	freier Kalk	KALK Versorgung	PHOSPHAT P_2O_5 mg	PHOSPHAT Gehaltsstufe	KALI K_2O mg	KALI Gehaltsstufe	MAGNESIUM Mg mg	MAGNESIUM Gehaltsstufe	Analysenummer
[redacted]	11	[redacted]	Ü	15	6,2			116		28				347742
[redacted]	1	[redacted]	G	15	5,0		niedrig	11	C=optimal	46	E=sehr hoch			347731
[redacted]	8	[redacted]	A	05	6,1		niedrig	20	C=optimal	17	C=optimal			347738
[redacted]	9	[redacted]	A	05	6,1		niedrig	19	C=optimal	13	C=optimal			347739
[redacted]	10	[redacted]	A	05	6,0		niedrig	19	C=optimal	20	C=optimal			347741
[redacted] Mittelwert		[redacted]	A	05	6,1		niedrig	19	C=optimal	17	C=optimal			
[redacted]	7	[redacted]	A	04	5,2		niedrig	21	D=hoch	32	E=sehr hoch			347737
[redacted]	6	[redacted]	G	05	5,6		optimal	25	D=hoch	28	D=hoch			347736
[redacted]	5	[redacted]	G	05	5,4		niedrig	20	C=optimal	24	D=hoch			347735
[redacted]	4	[redacted]	G	05	5,4		niedrig	19	C=optimal	28	D=hoch			347734
[redacted]	3	[redacted]	G	05	4,8		niedrig	16	C=optimal	38	E=sehr hoch			347733
[redacted]	2	[redacted]	G	04	5,1		niedrig	23	D=hoch	48	E=sehr hoch			347732

- Schnelltest „Hellige pH-Meter“

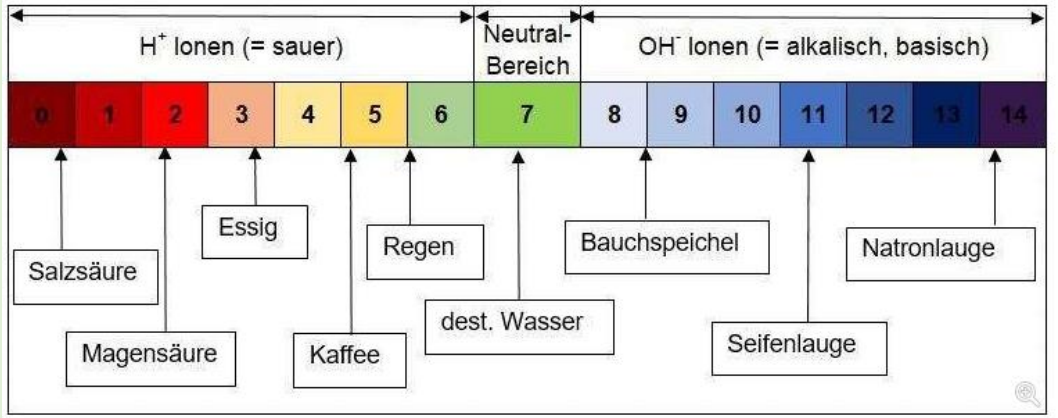


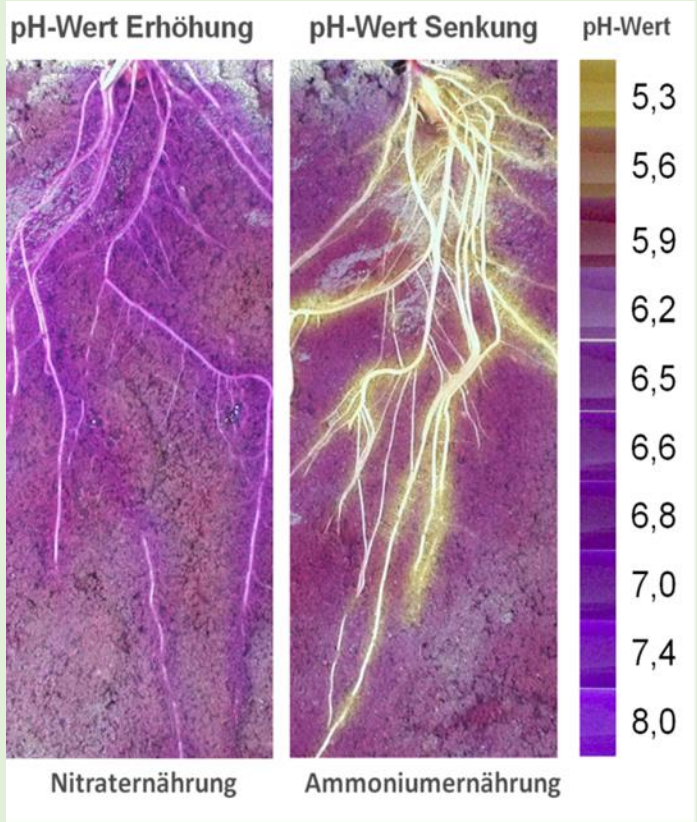
Abbildung 1: ungefähre pH-Werte gängiger Stoffe. © BWSB (eigene Darstellung)

Ziel der Kalkung sollte ein optimaler pH-Wert der Ackerkrume sein.

Eine schlechte Kalkversorgung führt unweigerlich zu einem verschlechterten Betriebsergebnis.

Warum versauern Böden?

- Anreicherung von H^2-Ionen durch
  - Atmung von Pflanzen und Bodenlebewesen mit Bildung von Kohlensäure ($CO^2 + H_2O = HCO_3 + H^+$)



Warum versauern Böden?

- Anreicherung von H^2-Ionen durch
  - Säure-Eintrag durch Regenwasser pH-Wert 5,6
  - Bildung organischer Säuren aus Wurzelausscheidungen und Umbau organischer Substanz (Humusbildung)
  - Säurebildung durch sauer wirkende Düngemittel, Freisetzung von H^+ bei der Nitrifikation von Ammonium zu Nitrat bei mineralischen und organischen Düngern

Kalkwert bzw. Kalkzehrung mineralischer N-Dünger

Dünger	Kalkgewinn bzw. -Verlust in kg CaO	
	je 100 kg Dünger	je 100 kg N
Kalkstickstoff PERLKA 19,8% N	+ 30	+ 152
Kalksalpeter, 15.5% N	+ 13	+ 80
Kalkammonsalpeter, 27% N	- 16	- 58
Harnstoff, 46% N	- 46	- 100
NPK, z.B. 13-13-21	- 13	- 100
Ammonsulfatsalpeter	- 51	- 196
DAP 18 - 46	- 37	- 205
Ammonsulfat 21%	- 63	- 300

Warum versauern Böden?

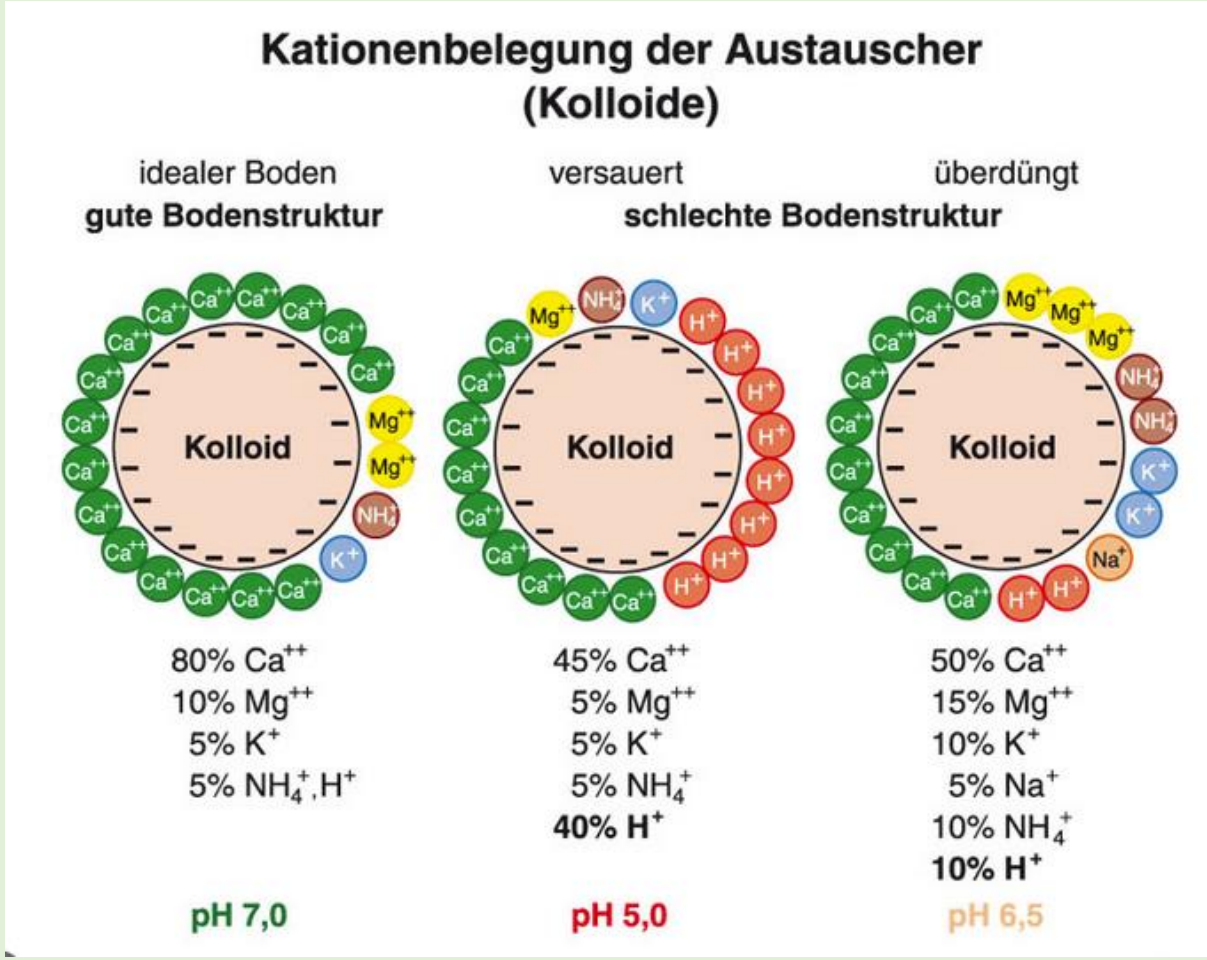
- Anreicherung von H^2-Ionen durch
  - Auswaschung basisch wirksamer Ionen (Ca, Mg) führt zur Reduzierung des Säurepuffers

Jährliche Kalkverluste (in kg CaO je Hektar) nach Bodenart und Nutzungsform

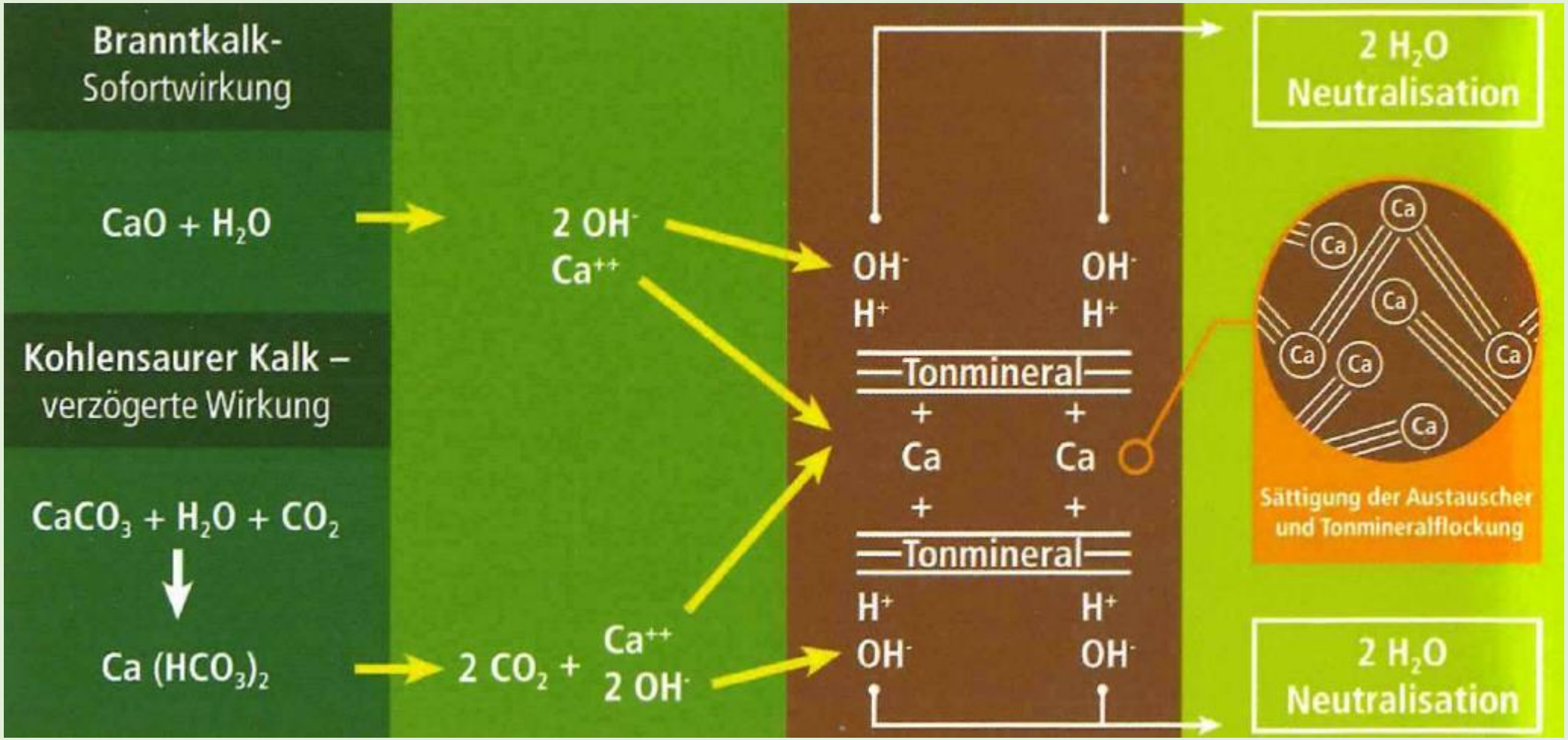
Bodenarten-gruppe	Nutzungs-form	Niederschläge niedrig < 600 mm	mittel 600 – 700 mm	hoch > 750 mm
leicht (S, l'S)	Acker	300	400	500
	Grünland	150	250	350
mittel (sL bis t'L)	Acker	400	500	600
	Grünland	200	300	400
schwer (tL, T)	Acker	500	600	700
	Grünland	250	350	450

Warum versauern Böden?

- Abgabe von H^+-Ionen der Pflanzenwurzeln bei der Nährstoffaufnahme von K^+, NH_4, Ca^{2+} und Mg^{2+}

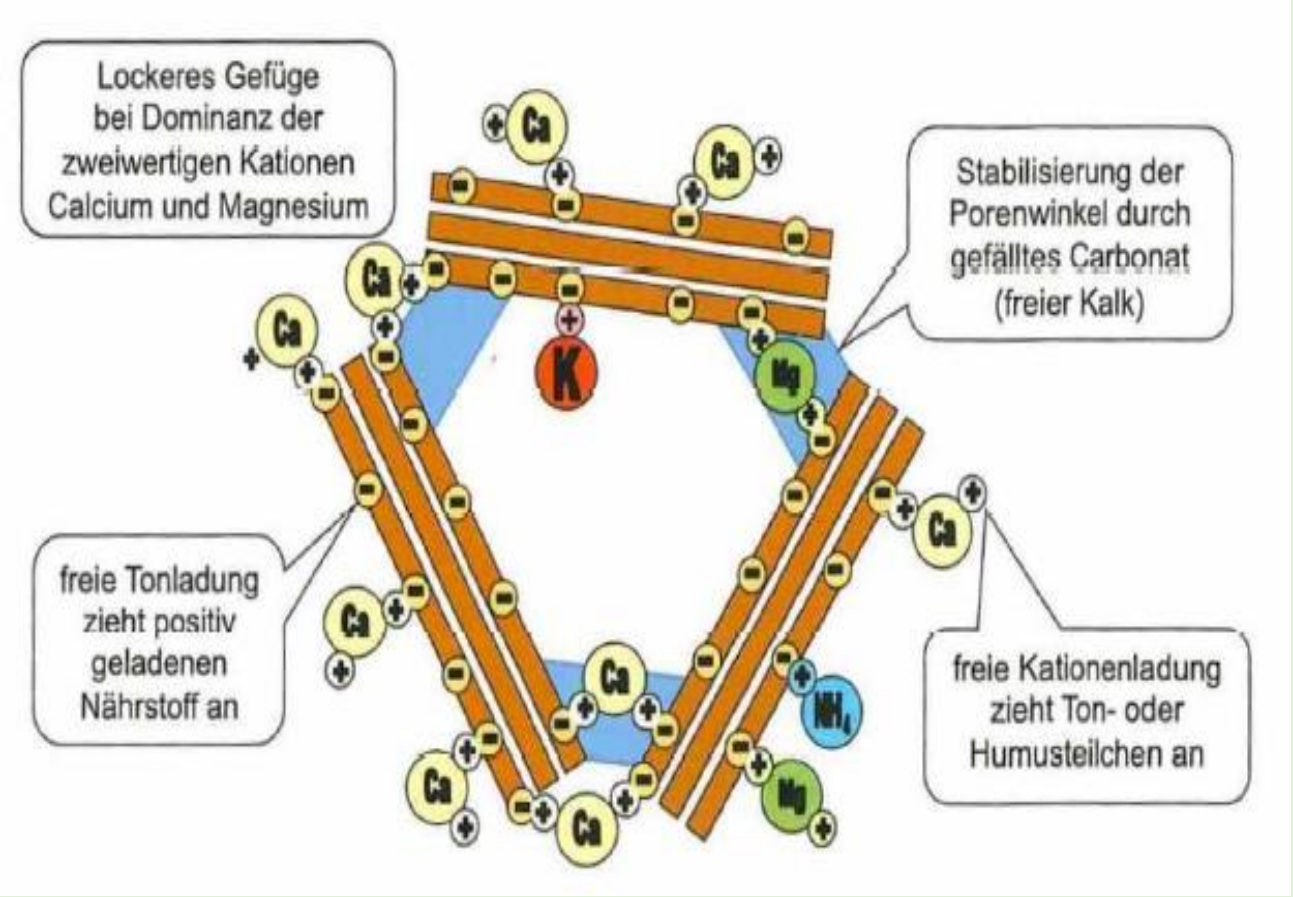


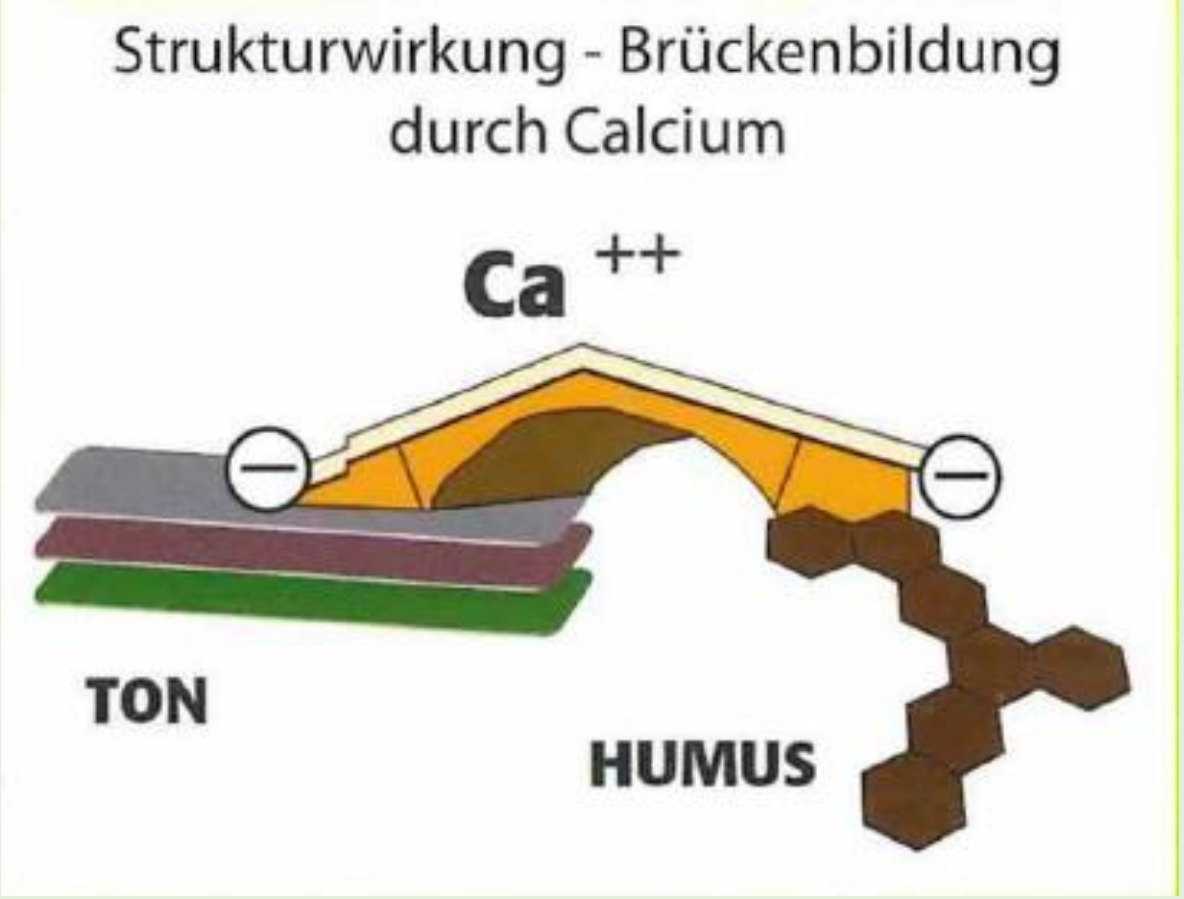
Kalkumsetzung im Boden



www.dueka.de

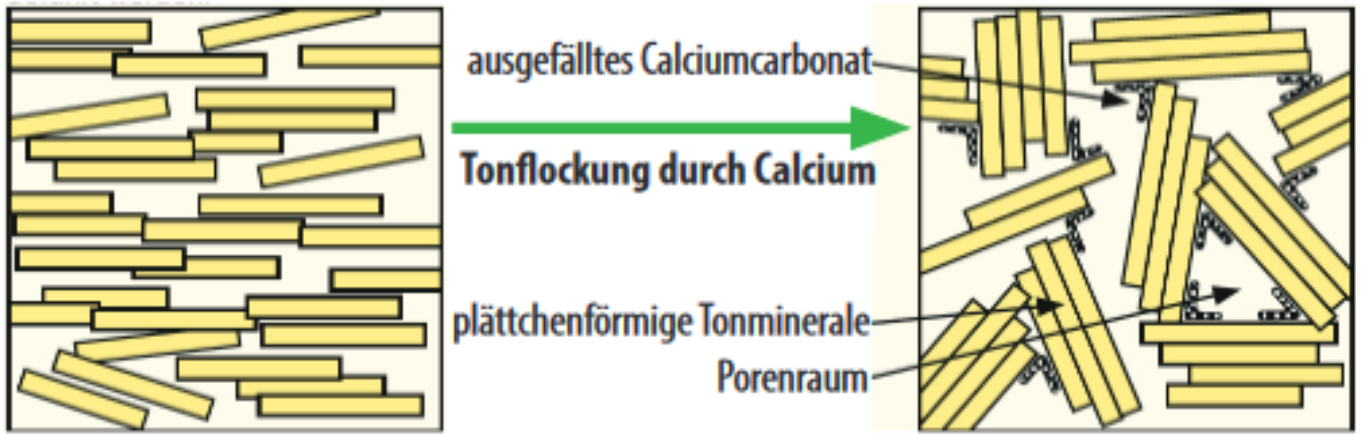
Physikalische Kalkwirkung





www.dueka.de

erhöhte Aggregat-Stabilität



ohne Kalk

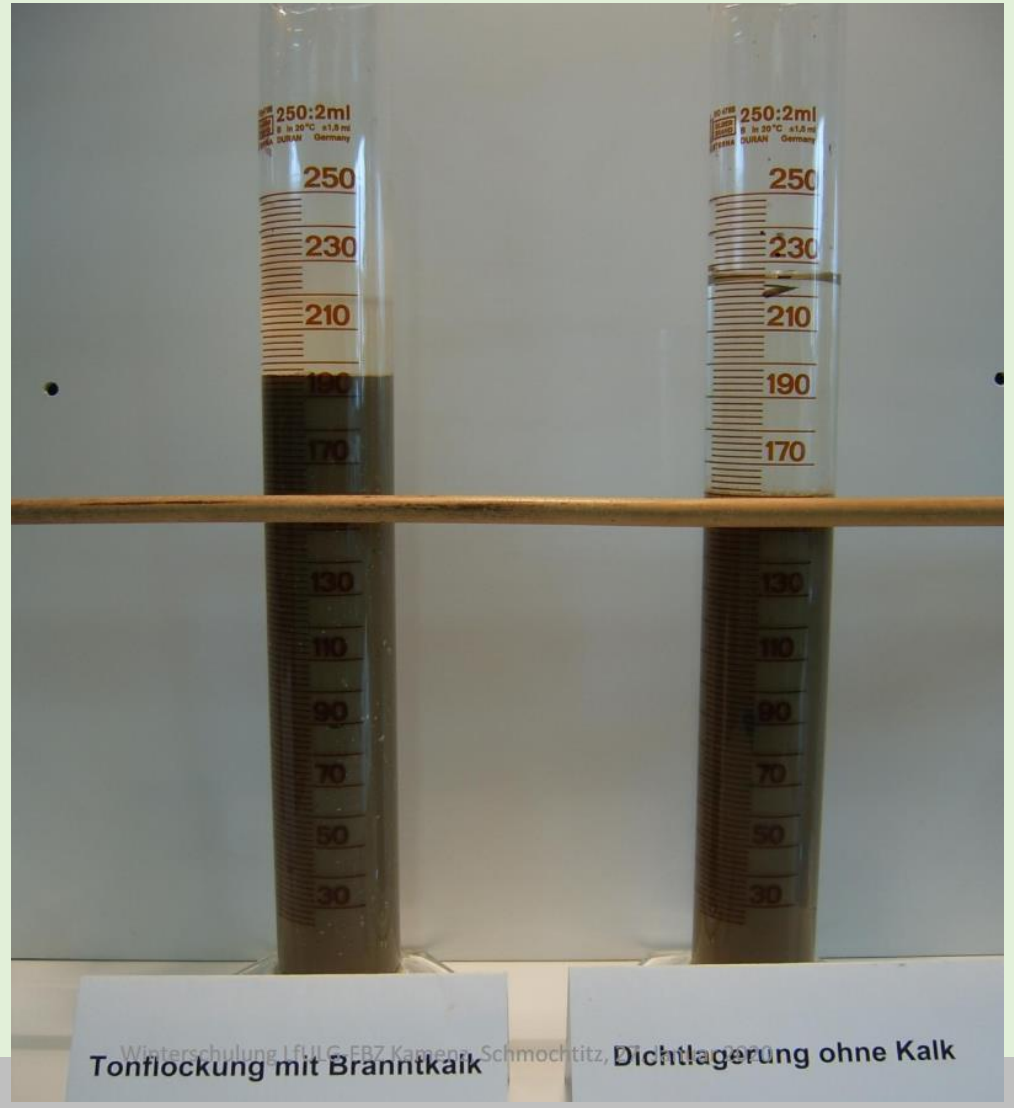
Tonplättchen liegen flach aufeinander.

mit Kalk

Tonplättchen sind durch Calcium zu einer stabilen, dreidimensionalen Struktur verbunden. Das Porenvolumen und damit die Belüftung und Wasserleitfähigkeit des Bodens nimmt zu. Die stabile Struktur schützt den Boden vor Verdichtung, Verschlämmung und Erosion.

www.calciumcarbonat.org

Physikalische Kalkwirkung

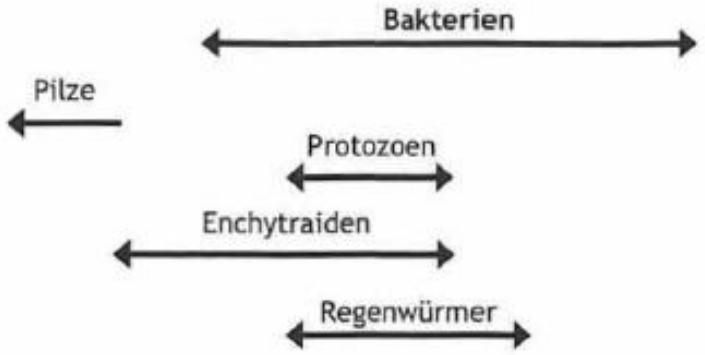


Boden wird lockerer, nutzbares Porenvolumen steigt, Boden „lagert“ nicht so dicht
erhöhte Wasserinfiltration und -speicherfähigkeit

Biologische Kalkwirkung

Optimale pH-Werte für Bodenlebewesen

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



pH-Wert	2	3	4	5	6	7	8	9
Feinab-stufung	extrem sauer	sehr stark sauer	stark sauer	mäßig sauer	schwach sauer	schwach alkalisch	stark alkalisch	extrem alkalisch
Grob-abstufung	sauer (viele H^+-Ionen)				neutral	alkalisch (viele OH^--Ionen)		

Quelle: nach K. Stöven, FAL, 2002

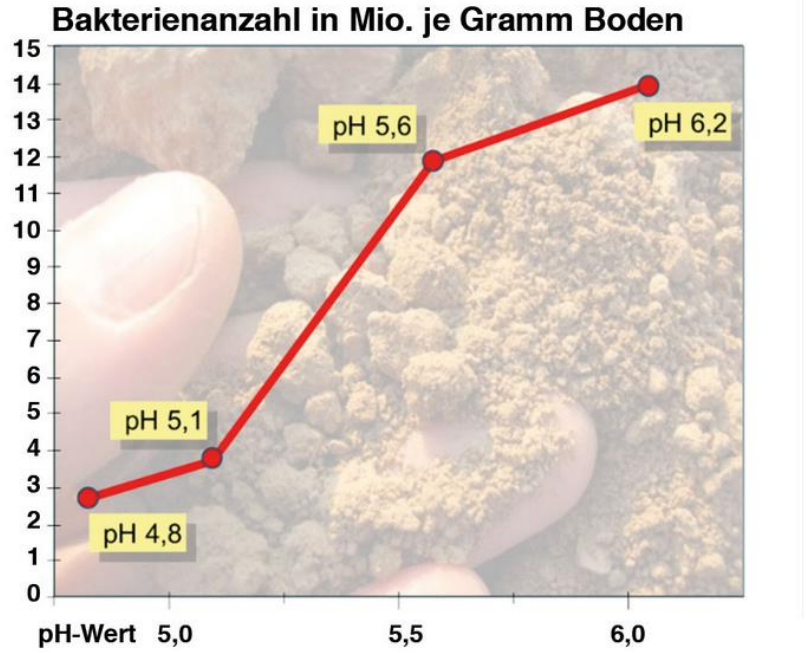
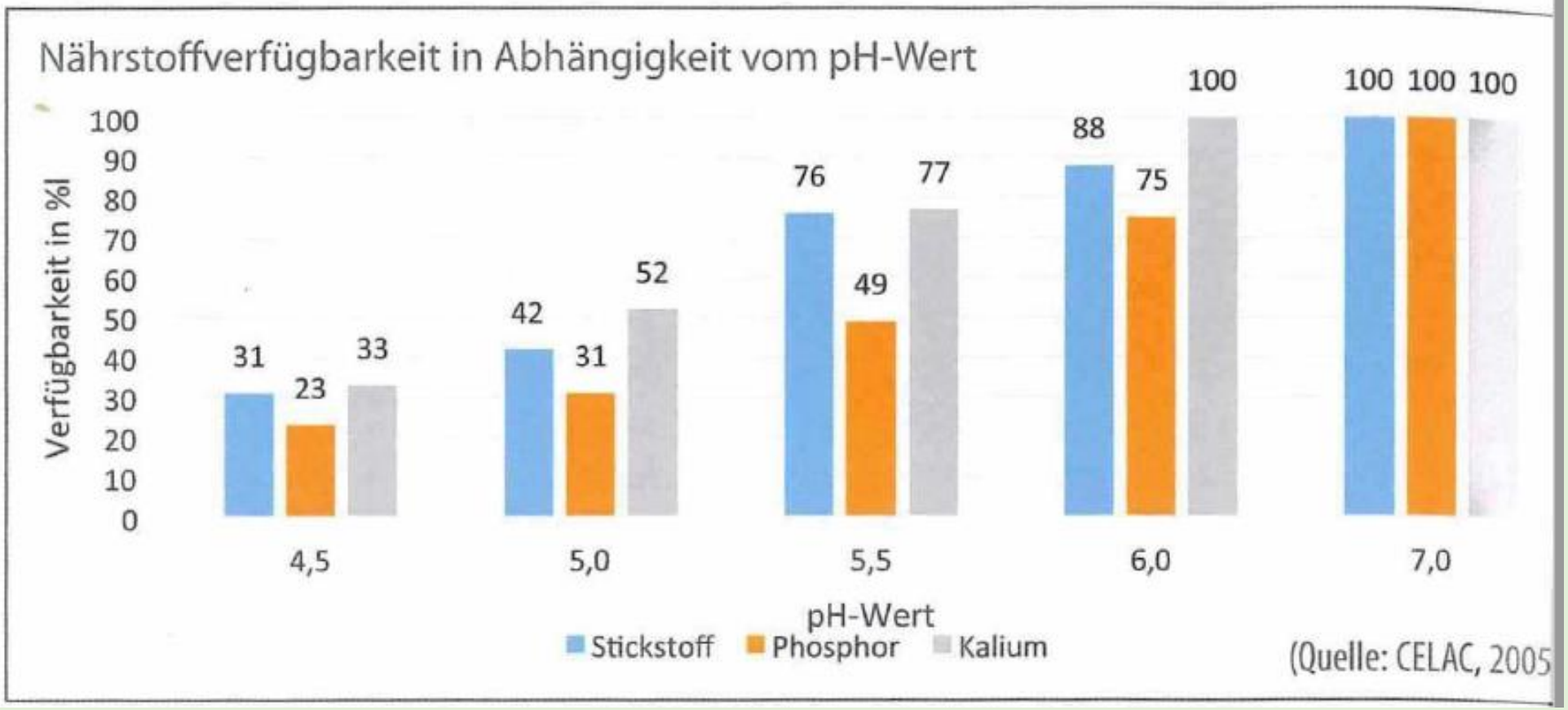
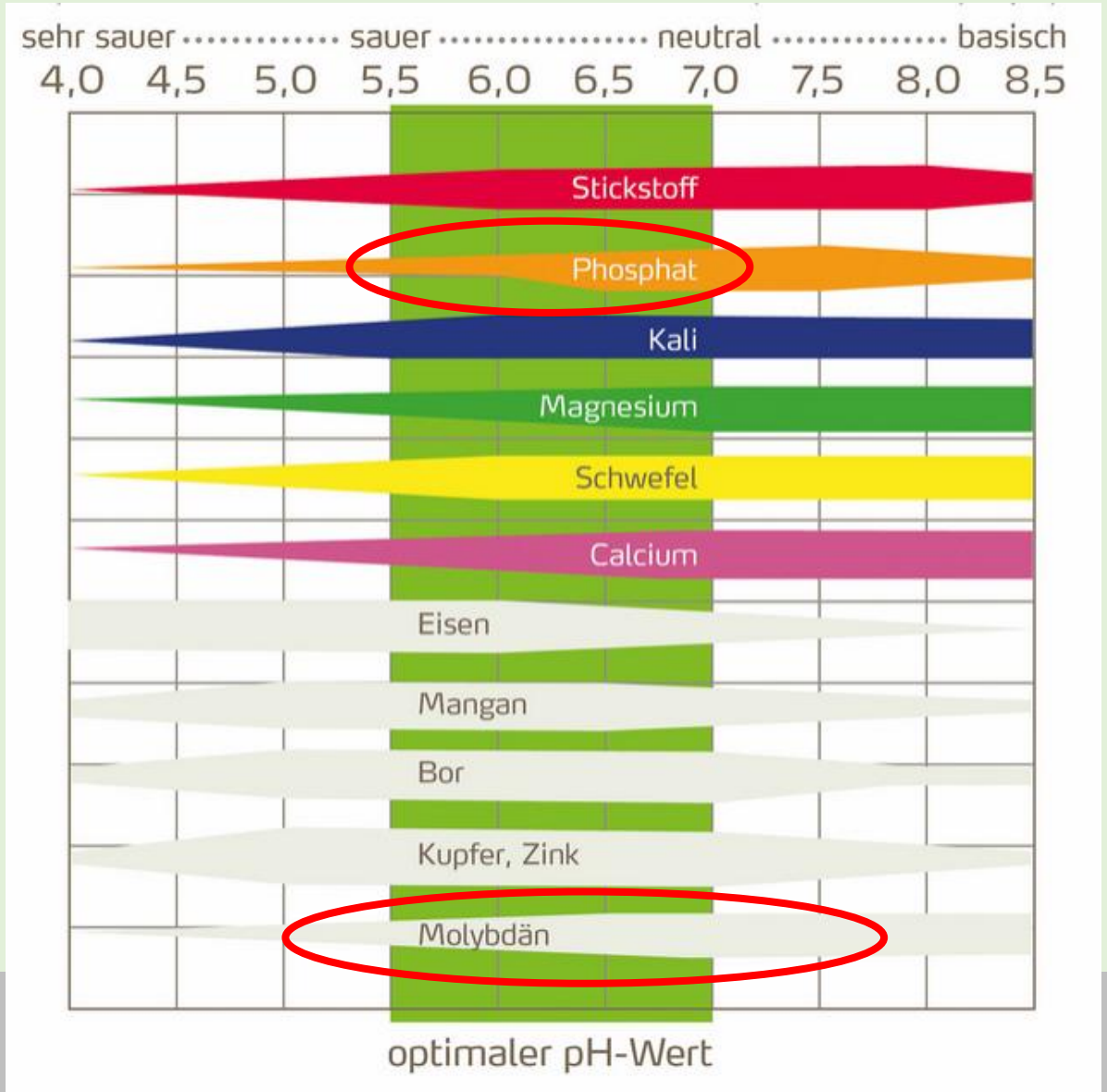


Abbildung 6: Entwicklung der Bakteriendichte im Boden in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens (Quelle: Galler, 2013)

Chemische Wirkung/Nährstoffverfügbarkeit



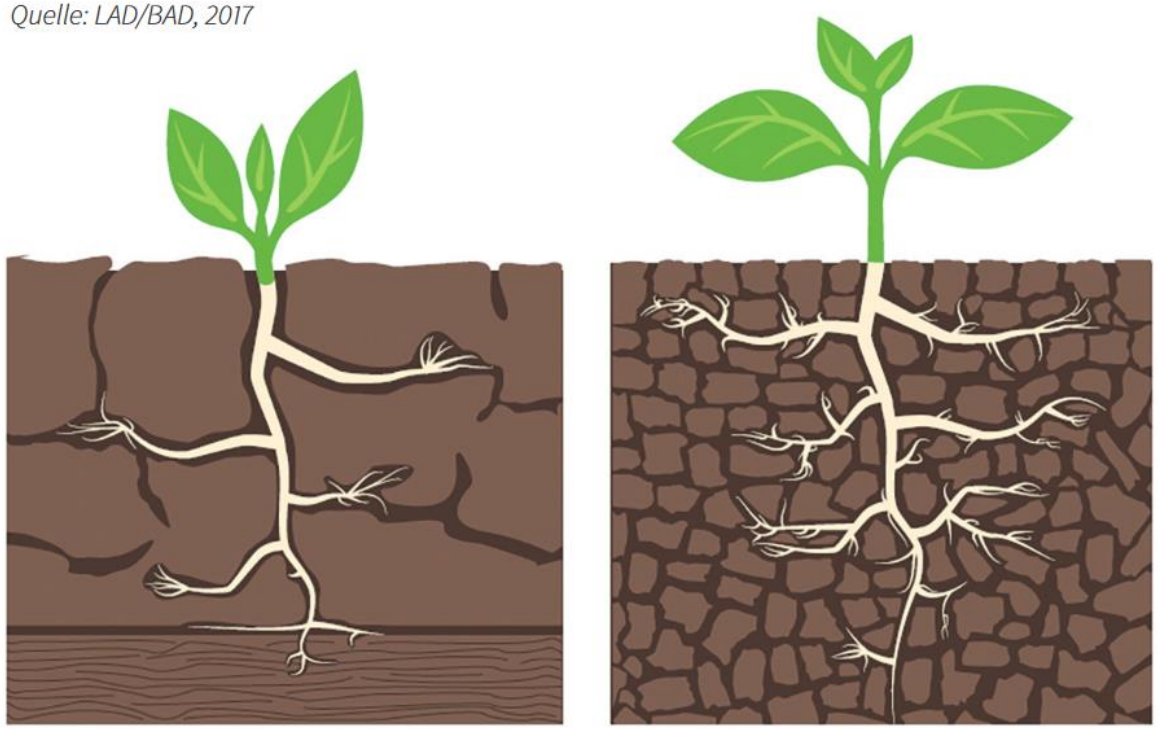
Chemische Wirkung/Nährstoffverfügbarkeit



Molybdän wichtig
für Leguminosen!!

Bodenstruktur Trockenheit

Quelle: LAD/BAD, 2017

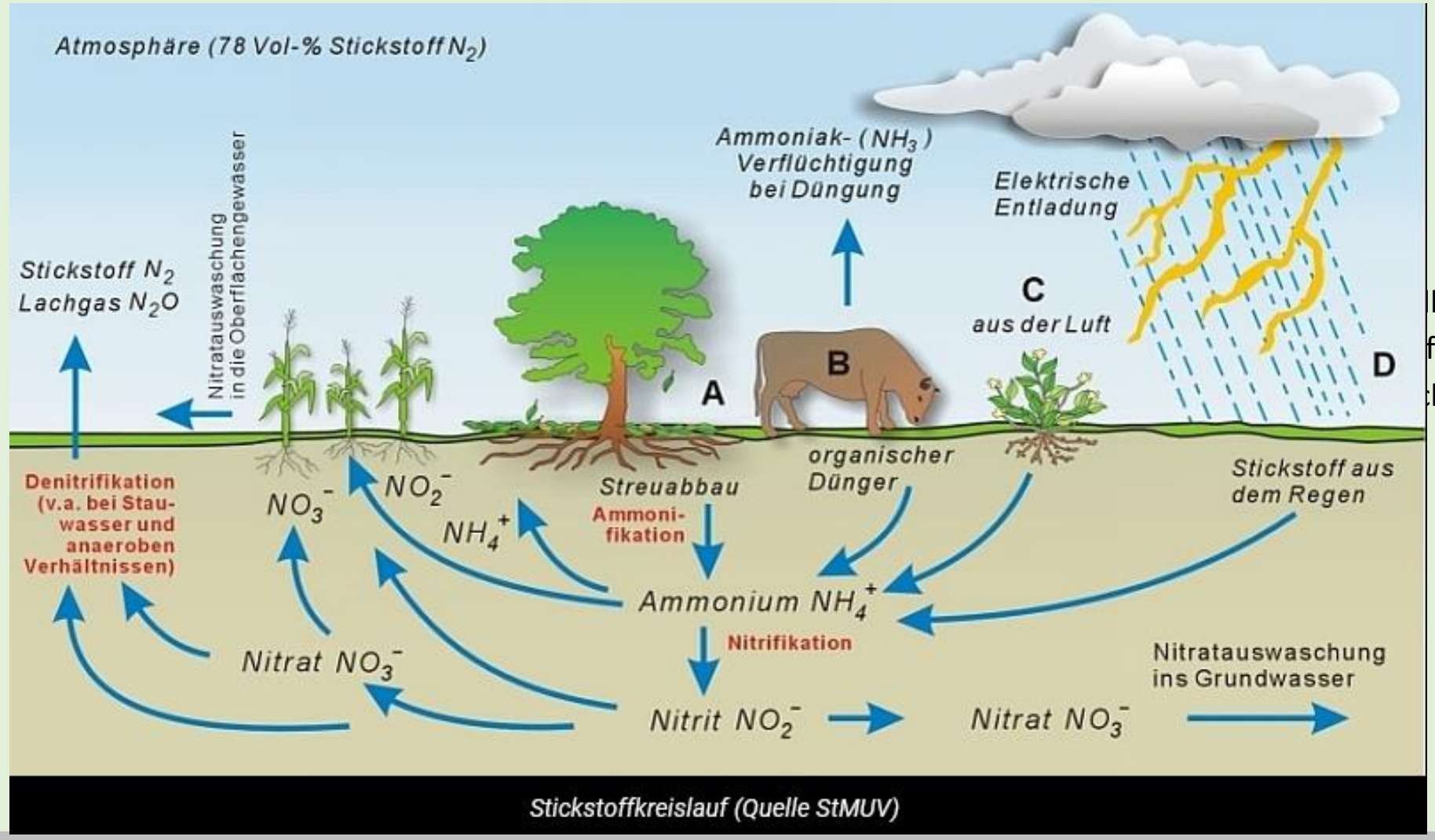


Bei schlechter Struktur ist die Nährstoffaufnahme auf wenige Bereiche beschränkt, so dass ein insgesamt höheres Nährstoffpotential vorhanden sein muss.

Eine gute Bodenstruktur ermöglicht eine optimale Durchwurzelung und damit eine gute Ausnutzung der gesamten Nährstoffe.

Kalk und Klimawandel

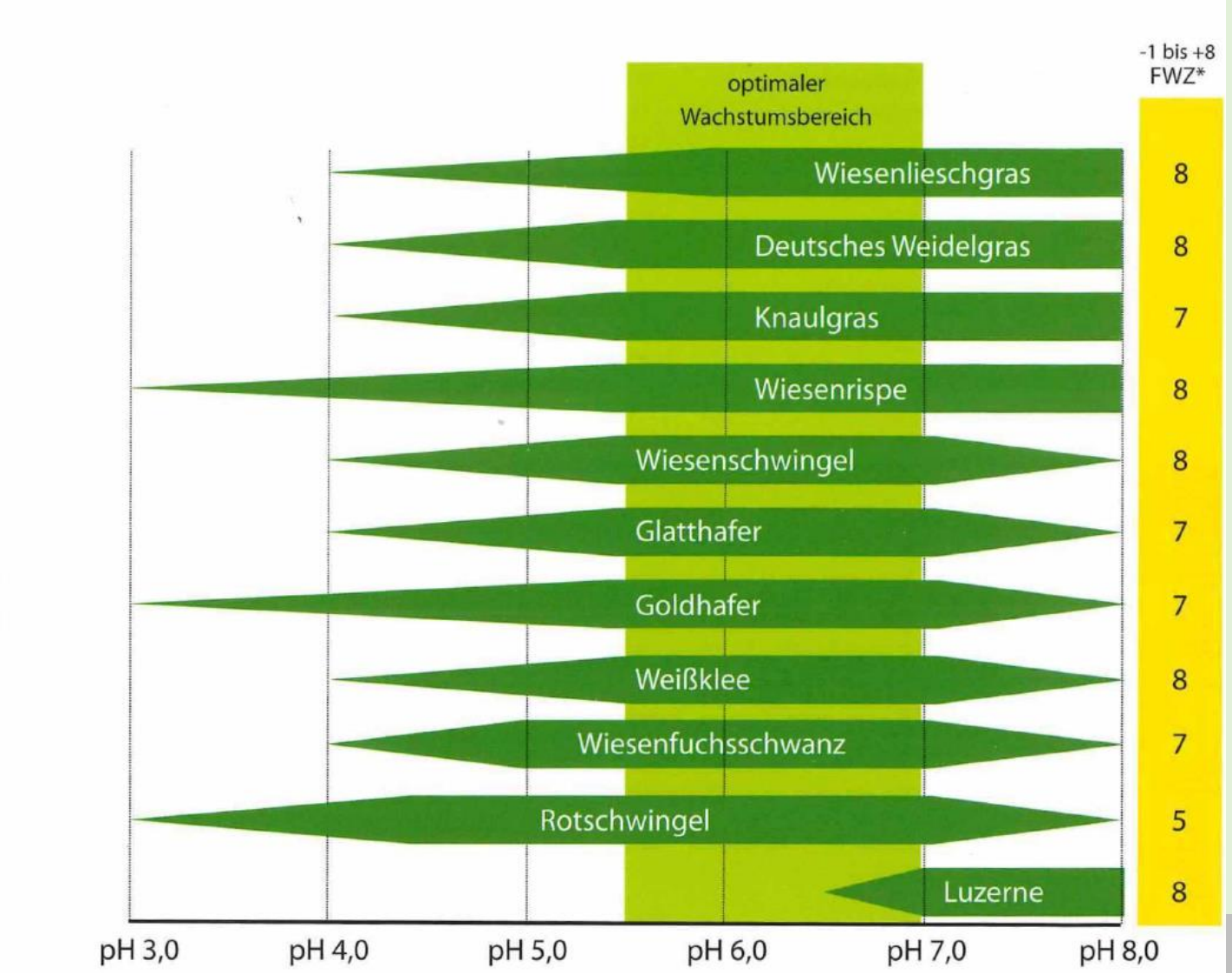
-
-



Stickstoffkreislauf (Quelle StMUV)

lbar
ffwechseln
ckstoff-Überschuss)

Optimale pH-Werte für wertvolle Futterpflanzen



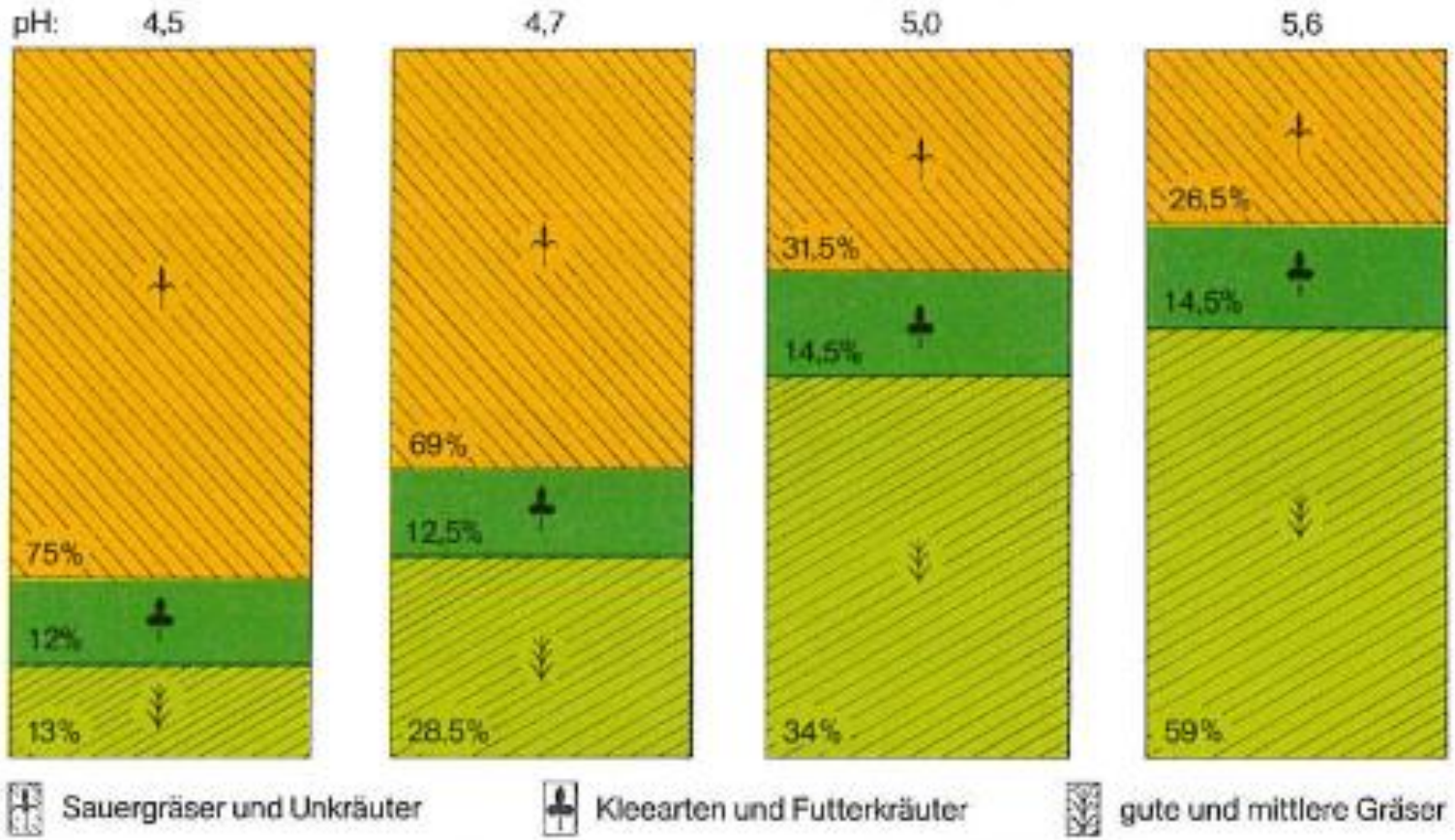
nach Rieder, 1983 ergänzt nach Nöbauer & Opitz, 1986

* Futterwertzahl nach

Gemeine Rispe und Ampfer bevorzugen pH-Werte unter 5,5

www.dueka.de

pH-Wert und Bestandszusammensetzung



Zusammenhang zwischen Pflanzenbestand und Kalkzustand des Bodens (lehmiger Sand)

Wieviel kalken?

Bodenarten -gruppe	Bodenart (Tongehalt in %)	Humusgehalt des Bodens (%)		
		≤ 15	15,1 – 30	> 30
		pH-Werte der Klasse C		
1	Sand (bis 5)	4,7 – 5,2	4,3 – 4,7	
2	Schwach lehmiger Sand (5 – 12)	5,2 – 5,7	4,6 – 5,1	
3	Stark lehmiger Sand (12 – 17)	5,4 – 6,0	4,8 – 5,4	
4	Sandiger/schluffiger Lehm (17 – 25)	5,6 – 6,3	5,0 – 5,7	
5	Toniger Lehm bis Ton (über 25)	5,7 – 6,5	5,1 – 5,9	
6	Moorböden[1)]			4,3[2)]

Je höher der Tongehalt ist, desto höher liegt der optimale pH-Wert

Je höher der Humusgehalt ist, desto niedriger liegt der optimale pH-Wert, da die organische Substanz des Bodens sowohl die Bodenstruktur als auch das Vermögen des Bodens, einen Säureeintrag abzupuffern, positiv beeinflusst

Aufgrund der intensiven Durchwurzelung auf Grünland insbesondere in den oberen 10 cm (die der Probenahmetiefe auf Grünland entsprechen) tritt der Einfluss des Kalkes auf physikalische und biologische Eigenschaften des Bodens im Vergleich zu Ackerland zurück. Deshalb liegt der optimale pH-Wert in der Regel um 0,5 Einheiten niedriger als auf Ackerland.

Wieviel kalken?

- immer mit Maß und Ziel

Kalk regt das Bodenleben auf Grund seiner Einflüsse auf den pH-Wert und das Bodengefüge an. Das Bodenleben sorgt im Boden für den Abbau von organischen Substanzen (Mineralisation). Durch eine verstärkte Aktivierung des Bodenlebens werden auch diese Mineralisationsprozesse deutlich intensiviert und es wird vermehrt organische Substanz (z.B. Humus) abgebaut.

Dabei werden zwar kurzfristig vermehrt Nährstoffe aus der organischen Substanz freigesetzt und pflanzenverfügbar, aber langfristig wird der Humus abgebaut und die Bodenfruchtbarkeit nimmt deutlich ab („Kalk macht reiche Väter und arme Söhne")

Aus diesem Grund wird auf stark humosen Grünland-Böden (ab ca. 15%) nur in Ausnahmefällen eine Kalkgabe empfohlen, um hier den Humuskörper nicht nachhaltig zu schädigen. Dies gilt insbesondere für anmoorige und moorige Böden.

Wieviel kalken?

- Bodenlabor weist pH-Wert und auf Bodenart angepasste Empfehlung in „**dt CaO/ha**“ aus
- oder: nachschlagen des Düngungsbedarf anhand von pH-Wert und Bodenart

Tabelle 8: Kalkdüngungsbedarf Grünland für Böden ≤ 15 % Humusgehalt (Mineralböden und humose Böden); empfohlene Menge in dt CaO/ha nach einer Bodenuntersuchung, unveränderter Stand: Januar 2018

pH-Wert	Bodenart			
	Sand	schwach lehmiger Sand	stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	toniger Lehm bis Ton
	1	2	3 - 5	6 - 8
≤ 4,0	16	28	50	60
4,1	14	26	47	57
4,2	12	24	43	53
4,3	10	22	40	50
4,4	9	20	37	47
4,5	7	18	33	45
4,6	5	16	30	42
4,7	Erhaltungs-kalkung 3	14	27	40
4,8	3	12	24	37
4,9	3	10	20	35
5,0	3	8	17	32
5,1	0	6	14	30
5,2	0	**4**	**5**	25
5,3	0	**4**	**5**	20
5,4	0	**4**	**5**	15
5,5	0	**4**	**5**	10
5,6	0	0	5	8
5,7	0	0	5	**6**
5,8	0	0	5	**6**
5,9	0	0	5	**6**
6,0	0	0	0	**6**
6,1	0	0	0	**6**
6,2	0	0	0	0
> 6,2	0	0	0	0
einmalige Höchstmenge	10	15	25	30

Die Erhaltungskalkung für den jeweils anzustrebenden pH-Bereich (Gehaltsklasse C) ist fett gedruckt

Welchen Kalk wählen

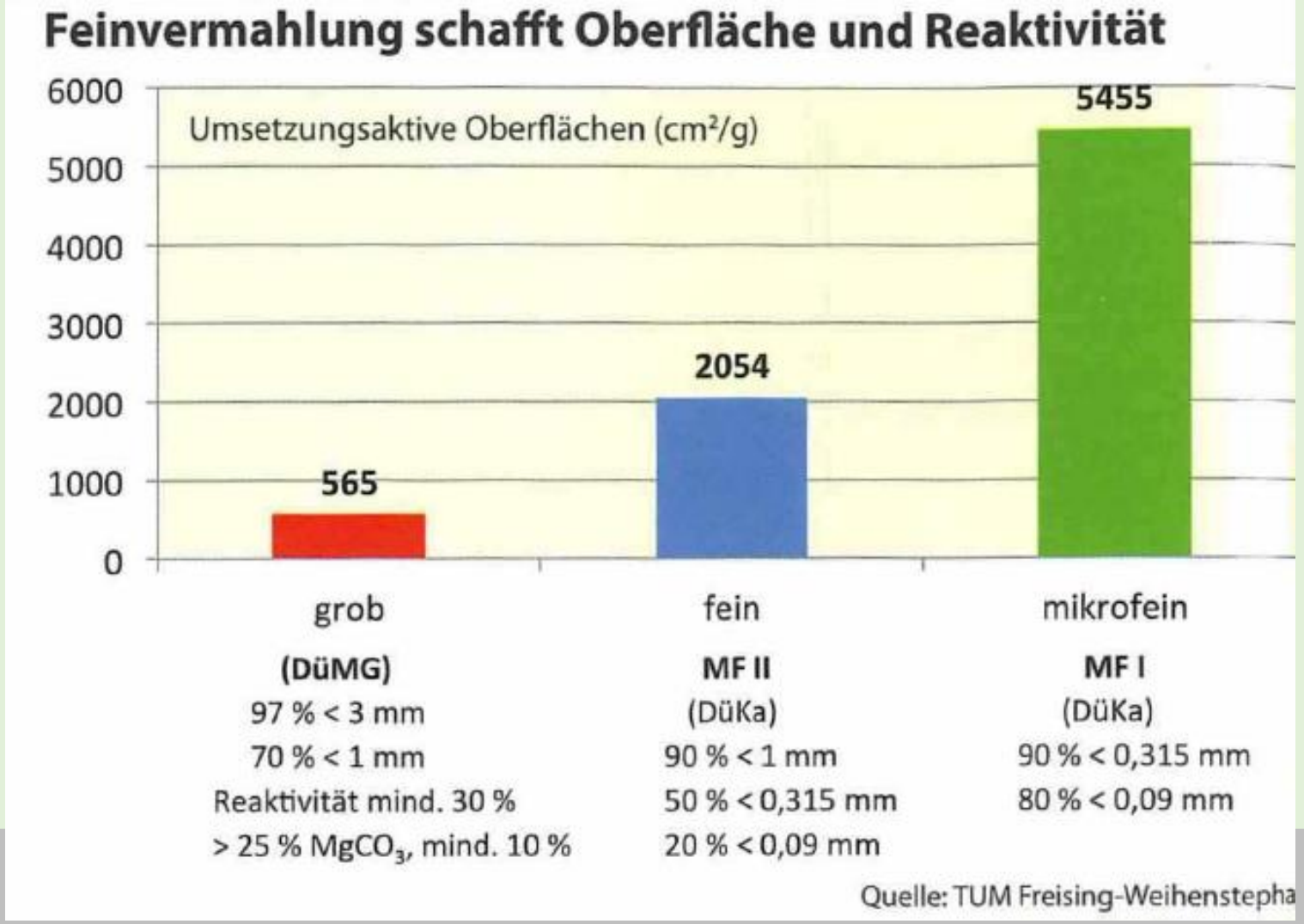
- Kohlensaure Kalke werden am häufigsten eingesetzt
  - natürlicher Rohstoff, in der Urzeit wurde Calciumcarbonat aus Wasse 100 Meter hohe Kalkgebirge
    Abbau im Bergbau, z.B. Schwäbische Alb Nähe Ehingen-Kirchen, Zerkleinerung und Vermahlung
  - Wirkung langsam und nachhaltig
  - eignen sich hervorragend für regelmäßige Erhaltungskalkung
- Branntkalke selten eingesetzt
  - Kalkgestein im Kalkbrennofen bei ca. 1000°C gebrannt→ aus 1t Kalkstein entsteht 560 kg Branntkalk
  - hohe CO2-Emissionen, hoher Energieverbrauch → mittlerweile sehr hoher Preis
  - schnelle Wirkung, als Gesundungskalkung/zur Desinfektion

Typ	Gruppe Mindestgehalt	Durchschnittsgehalt	Anmerkung
Naturkalke			
Kohlensaurer Kalk*	75 % $CaCO_3$	80 – 95 % $CaCO_3$	besonders für Grünland geeignet, langsam wirkend
Kohlensaurer Magnesiumkalk*	50 % CaO	80 – 95 % $CaCO_3$, darin 15 – 40 % $MgCO_3$	bei Mg-Mangel einsetzen, langsam wirkend
Branntkalk*	65 % CaO	75 – 90 % CaO	nur auf schweren Böden und bei Gesundungskalkung, schnell wirkend, stark ätzend, zur Desinfektion
andere basisch wirkende Dünger (z. B.):			
Thomaskali	20 – 24 % CaO, 7 – 14 % P_2O_5, 8 – 21 % K_2O		
Dolophos	65 % $CaCO_3$, 15 % P_2O_5, 15 % $MgCO_3$		
Kalkstickstoff	gemahlen: 20,5 % Gesamt-N; > 60 % CaO* geperlt: 19,8 % Gesamt-N; > 50 % CaO*;		

www.topagrar.de

Welchen Kalk wählen

- Kohlensaurer Kalk - Mahlfeinheit



Wieviel kalken?

- bei Kohlensaurem Kalk:
  - **Umrechnung von dt CaO/ha in dt $CaCO_3$/ha** → Verhältnis ca. 1:2
  - bei Düngeempfehlung von 15 dt Cao/ha ergibt sich ca. 30 dt $CaCO_3$/ha
    → 3t Feuchtkalk/ha alle 3 Jahre
- bei Branntkalk:
  - keine große Umrechnung erforderlich, da zu 75 – 90% aus CaO bestehend

Weitere Informationen

- Kalk ist regionaler Dünger
  - kein Import aus krisengefährdeten Ländern
  - ausreichend Kalkstein verfügbar, Problem: Erlangen der Abbruchgenehmigung
  - kurze Logistikkette, geringe Transportkosten, Emissionen, etc…
- Ausbringung (Feuchtkalk)
  - Anlieferung mit Kipp-Sattel-Lkw des Kalkwerks direkt am Betrieb oder Feld
  - Ausbringung in Eigenregie mit Ausleih-Streuer und eigenem Lader und Traktor
  - Vergabe des Ausbringung an Lohnunternehmer als Komplett-Dienstleistung
- Kosten
  - ca. 3,50 €/dt Feuchtkalk abgekippt bzw. ca. 4,50 €/dt komplett ausgebracht

Weitere Informationen

- Kalk und Gülle
  - bei gleichzeitiger bzw. zeitnaher Ausbringung von Gülle und **Kohlensaurem Kalk** ergeben sich keine nennenswerten gasförmigen Stickstoffverluste
  - bei Einsatz von Branntkalk: zuerst Kalk streuen, dann nennenswerte Niederschläge und einige Tage warten bis Gülle ausgebracht wird → Erhöhung pH-Wert → Erhöhung N-Verluste
- auch bei extensiven Flächen nicht auf Kalkdüngung verzichten
  - Ausnahme: evtl. Einschränkung von Pflege- oder Extensivierungsvertrag
  - Ausnahme: anmoorige und moorige Flächen!! → zu starker Humusabbau

www.gruenland-online.de
Kalk bringt „frische Luft“ in den Boden
Kalk fördert hochwertige Futterpflanzen
Kalk fördert Bodenstruktur, Wasseraufnahme und -speicherfähigkeit

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Markus Kreh
Fachberatung Integrierter Pflanzenbau und Biodiversität
Landwirtschaftsamt Ravensburg
0751/85 6131
m.kreh@rv.de