

Was hat Kalkung mit

**Wasser- und
Erosionsschutz
zu tun ???**

Kalkung fördert

Erosionsschutz durch

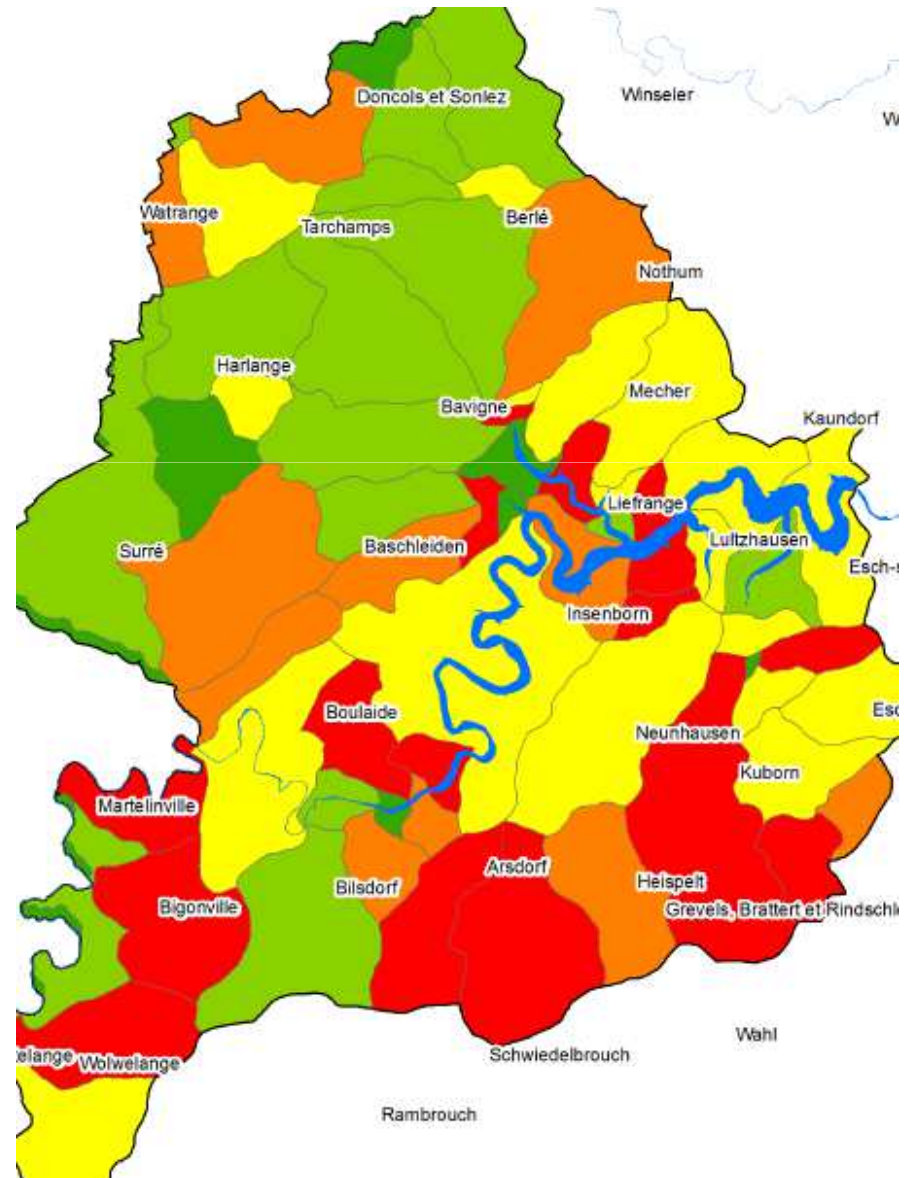
- **Aufbau des Bodengefüges**
- **Verminderung der Verschlämmungsneigung**
- **Verbesserung der Infiltrationsrate**
- **Förderung der Porung des Bodens durch Calciumbrücken**

Wasserschutz durch

- **Verbesserung der Nährstoff-Speicherfähigkeit des Bodens**
- **Verbesserung der Wasserhaltefähigkeit**
- **Aufbau von Ton-Humus-Komplexen**
- **Erhöhung der Nährstoff-Effizienz**

Kalkversorgungssituation im Talsperren-Gebiet

**Das Talsperren -
gebiet
Esch-sur-Sûre**



Warum überhaupt Kalkung ???

Ursachen der Bodenversauerung

Ursache	kg CaO/ha	Bemerkungen
Kalk-Auswaschung	-300 – -700 (Acker) -150 – - 450 (Grünland)	Abhängig von den Niederschlägen, Bodendurchlässigkeit, Kalkvorrat, Nutzung
Saure Niederschläge	> -85 (1987*)	
Neutralisierung der bei Reduktionsprozessen gebildeten Säuren	ca. - 50 (1987*)	Abhängig vom Lufthaushalt im Boden
Entzug mit der Ernte	-70 (Getreide) – -350 (Klee, Luzerne)	Kultur, Ertragsniveau, Erntereste
Sauer wirkende Düngemittel	-400 – +250	

Quelle: A. Wiedemann-Sander 1987, verändert

Warum Standort angepasste Kalkung über den pH-Wert

1. (Nutz-) **Pflanzen** erreichen bestes Wachstum und **höchste Erträge bei einem pH-Wert zwischen 5,4 – 7,4**.

Warum?

2. Bei einem pH-Wert zwischen 5,4 und 7,4:
besten Bedingungen für:
 - **Nährstoff-Verfügbarkeit**
 - **Bodenstruktur, (Wasser-, Lufthaushalt)**
 - **Bodenleben, Mikrobiologie**

3. Der richtige pH-Wert (optimale Bodenreaktion; Kalkzustand) ist **um so wichtiger, je höher das Produktionsniveau** liegt.
4. Der Erhalt des Standort-angepassten pH-Wertes sichert die **nachhaltige Bodenfruchtbarkeit und hohe Ertragsfähigkeit.**
5. Der standortspezifisch optimale pH-Wert ist abhängig von:
 - **Bodenart (Ton-, Schluff-, Sand-Gehalt)**
 - **Humusgehalt**
 - **Puffer- und Nährstoffsorptions-Kapazität**
 - **Bodenstruktur und Wasser-/Lufthaushalt**
 - **Nutzungsform (Acker, Grünland, Forst, ...)**
6. Aufgrund von natürlicher Versauerung, Nährstoff-
auswaschung und von Nährstoffentzügen benötigen
(fast) alle Böden eine **Zufuhr von Basen (Kalk)**,
um den optimalen pH-Wert zu erhalten.

Bodenschutz durch Kalk

Der pH-Wert

Definition: pH-Wert ist der negative Logarithmus der H^+ -Konzentration

	pH	3	4	5	6	7	8	9
Feinabstufung	extrem sauer	s. stark sauer	stark sauer	mäßig sauer	schwach sauer	schwach alkalisch	stark alkalisch	extrem alkalisch
Grobabstufung	sauer (viele H^+ -Ionen)				neutral		alkalisch (viele OH^- -Ionen)	

pH-Bereich aller Böden

**pH-Wert = Messwert für
Bodenreaktion und Kalkzustand**

pH-Bereich der
meisten
Kulturböden

Beispiel 1: pH 4 bed. 1×10^{-4} oder 0,0001 Gr. H^+ /l

Beispiel 2: pH 6 bed. 1×10^{-6} oder 0,000001 Gr. H^+ /l

⇒ pH 4 = **100mal saurer** als pH 6

pH-wert abhängige Nährstoff - Verfügbarkeit

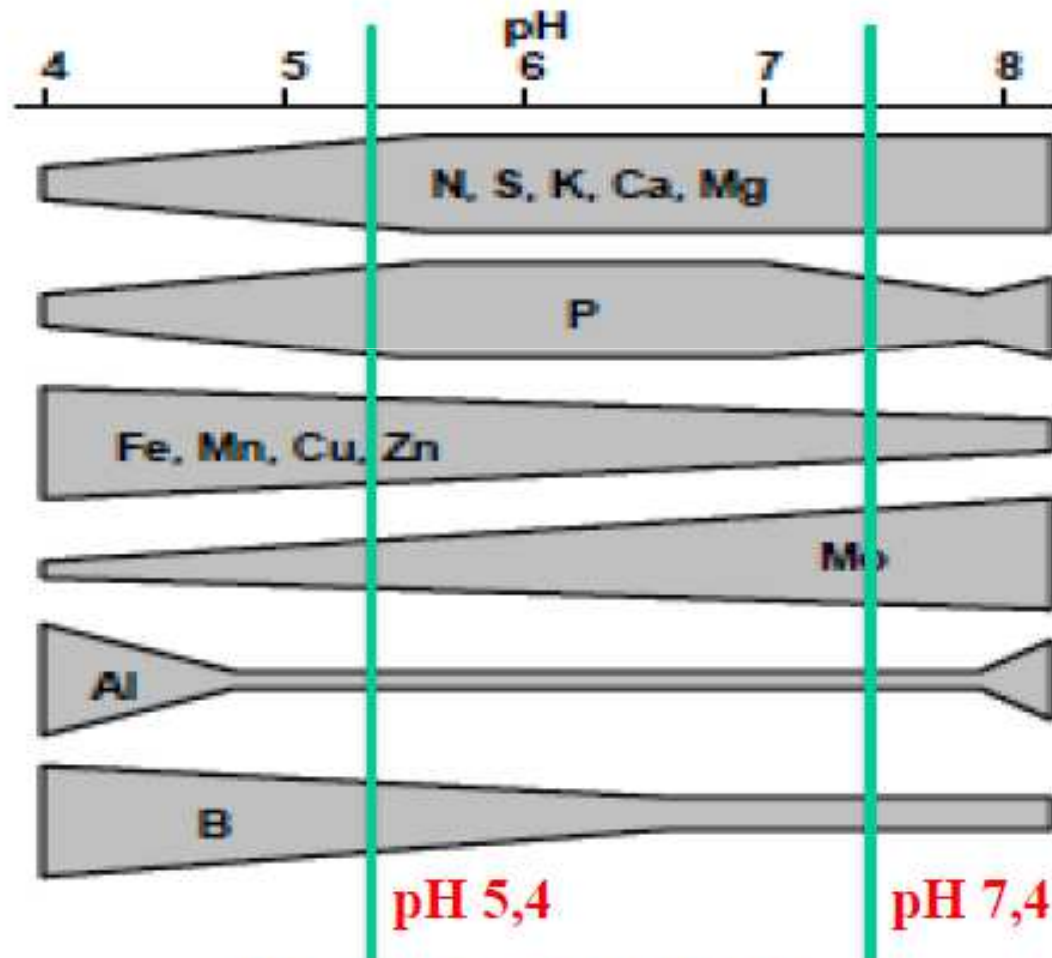


Abb. 8: Schema Mobilität
(in Anlehnung an FINCK, 1979)

Optimale pH-Wert – Gestaltung für Bodenorganismen

<u>Bodenorganismen</u>	<u>pH-Spanne</u>
Bakterien	6,0 – 9,0
Regenwürmer	6,5 – 8,0
Einzeller	6,5 – 7,5
Ringelwürmer	5,5 – 7,5
Pilze	< 5,5

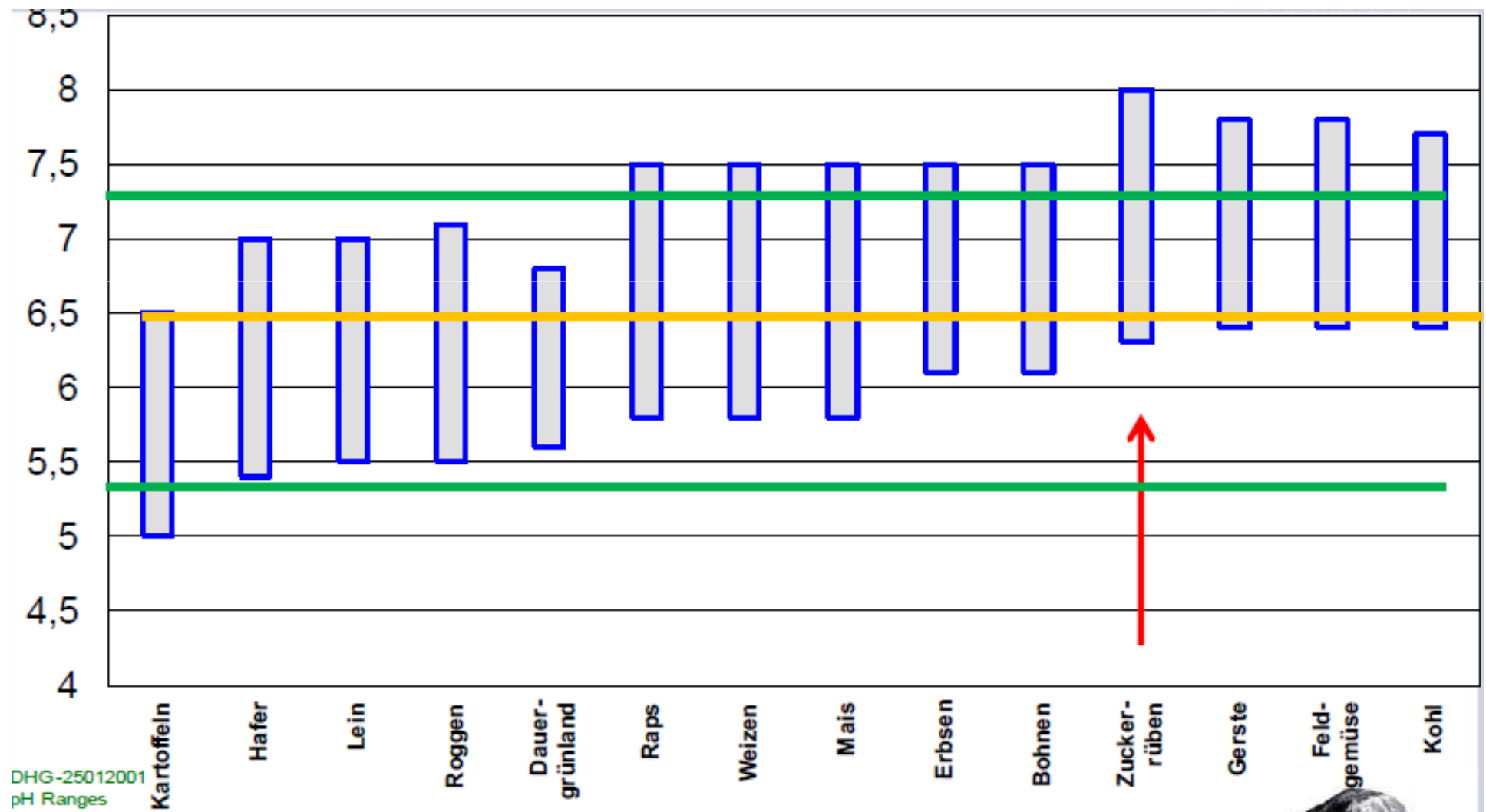
Ansprüche wichtiger Kulturpflanzen an den pH-Wert

vorwiegend kalkanspruchsvoll	vorwiegend kalkanspruchslos
<u>Winter- und Sommergerste</u> Futter- und Zuckerrübe Luzerne, Rotklee Mais Winter- und Sommerraps Senf Ackerbohne Weiße Lupine	Kartoffel Winter- und Sommerroggen Hafer Gelbe Lupine Lein

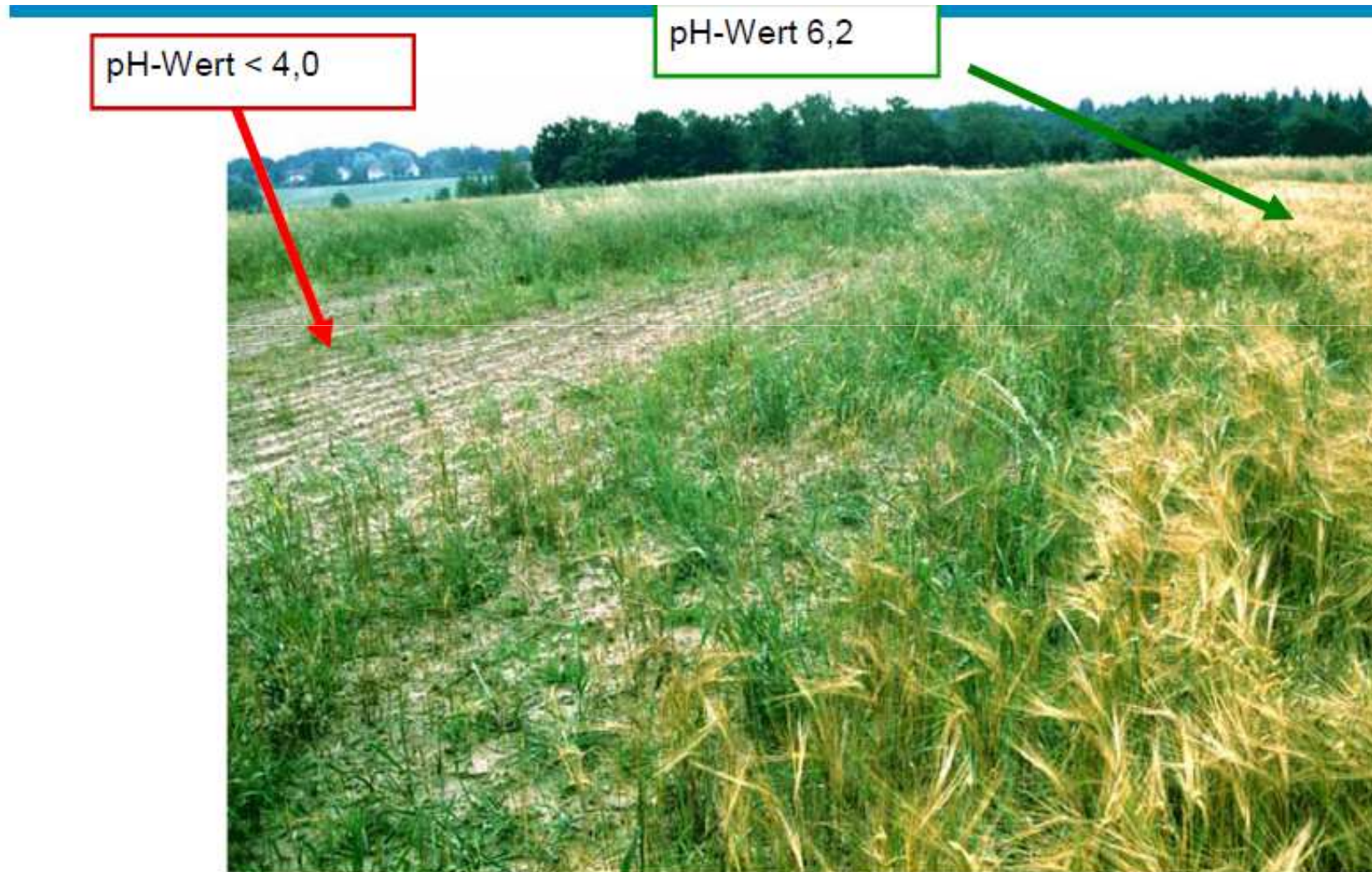
Quelle: Schilling (2000)

Kalkung im Rahmen der Fruchtfolge bevorzugt zu kalkanspruchsvollen Kulturen

Optimale pH-Werte für Kulturpflanzen

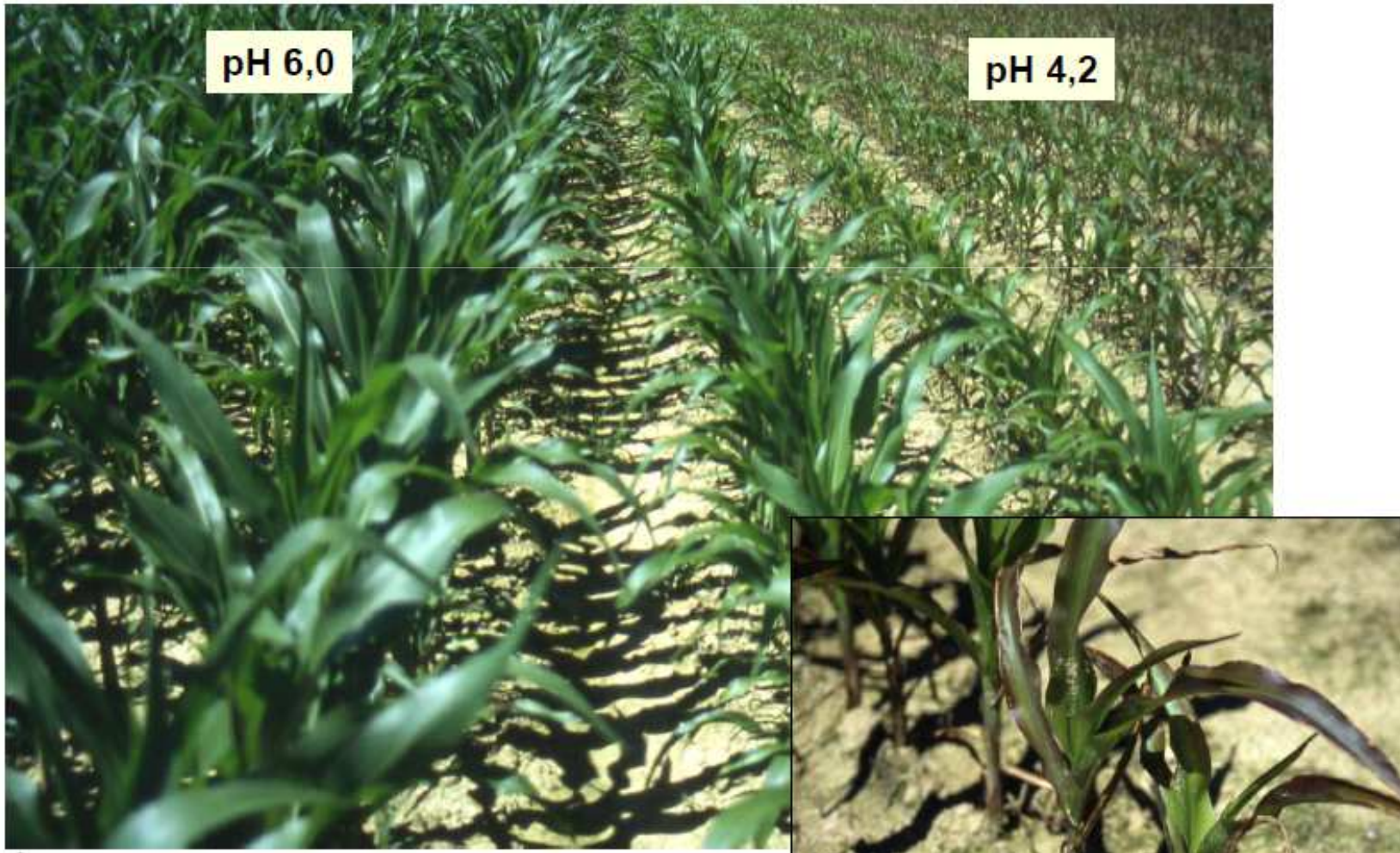


Säureschäden an Sommergerste



Beispiel Mais

Wirkung der Aufkalkung eines sauren Bodens auf das Pflanzenwachstum



Definition der pH-Wert-Klassen nach VDLUFA

pH-Klasse	Kalkversorgung	Zustand/Maßnahme	Kalkdüngungsbedarf
A	sehr niedrig	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit - signifikante Ertragsverluste – Ertragsausfall - Pflanzenverfügbarkeit von Schwermetallen • Kalkung hat 1. Priorität 	Gesundungskalkung
B	niedrig	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit - meist signifikante Ertragsverluste bei anspruchsvollen Kulturen - erhöhte Verfügbarkeit von Schwermetallen • Kalkung in Fruchtfolge 	Aufkalkung

Definition der pH-Wert-Klassen nach VDLUFA

pH-Klasse	Kalkversorgung	Zustand/Maßnahme	Kalkdüngungsbedarf
C	anzustreben/ optimal	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit • geringer Kalkbedarf • Kalk zu anspruchsvollen Kulturen 	Erhaltungskalkung
D	hoch	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenreaktion ist höher als anzustreben • Unterlassung der Kalkung 	keine Kalkung
E	sehr hoch	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenreaktion ist wesentlich höher als anzustreben - Nährstoffverfügbarkeit • physiologisch saure Düngung 	keine Kalkung saure Düngung

Optimale pH-werte = Klasse C für Ackerland

Bodengruppen	Humusgehalt des Bodens (%)			
	≤ 4	4,1 bis 8,0	8,1 bis 15,0	15,1 bis 30
	pH-Werte der Klasse C			
BG 1	5,4 bis 5,8	5,0 bis 5,4	4,7 bis 5,1	4,3 bis 4,7
BG 2	5,8 bis 6,3	5,4 bis 5,9	5,0 bis 5,5	4,6 bis 5,1
BG 3	6,1 bis 6,7	5,6 bis 6,2	5,2 bis 5,8	4,8 bis 5,4
BG 4	6,3 bis 7,0 ¹⁾	5,8 bis 6,5	5,4 bis 6,1	5,0 bis 5,7
BG 5	6,4 bis 7,2 ¹⁾	5,9 bis 6,7	5,5 bis 6,3	5,1 bis 5,9

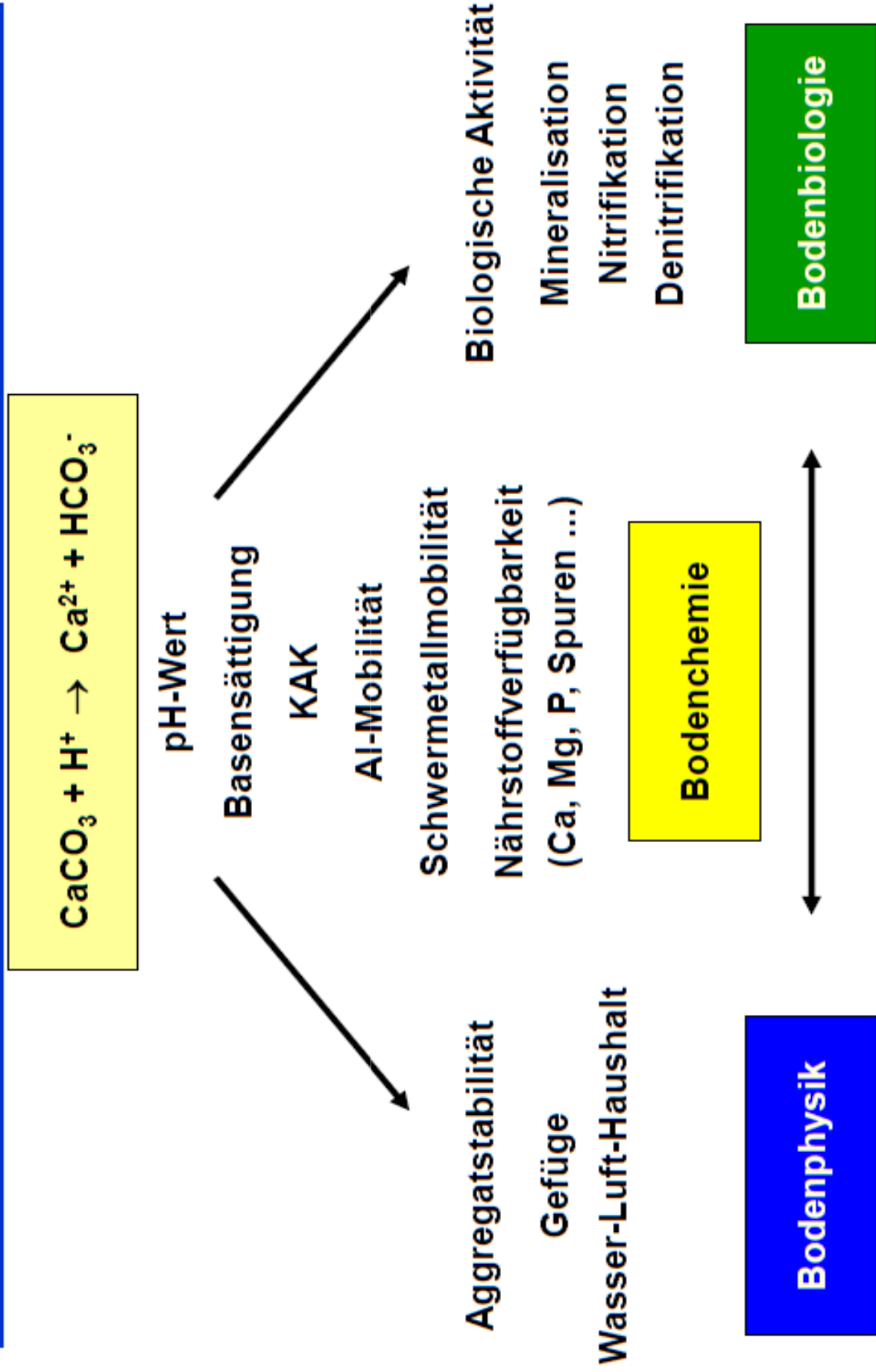
Optimale pH-werte = Klasse C für Grünland

Bodengruppen der Düngung	Humusgehalt des Bodens	
	≤ 15	15,1 bis 30
	pH-Werte der Klasse C	
BG 1	4,7 bis 5,2	4,3 bis 4,7
BG 2	5,2 bis 5,7	4,6 bis 5,1
BG 3	5,4 bis 6,0	4,8 bis 5,4
BG 4	5,6 bis 6,3	5,0 bis 5,7
BG 5	5,7 bis 6,5	5,1 bis 5,9

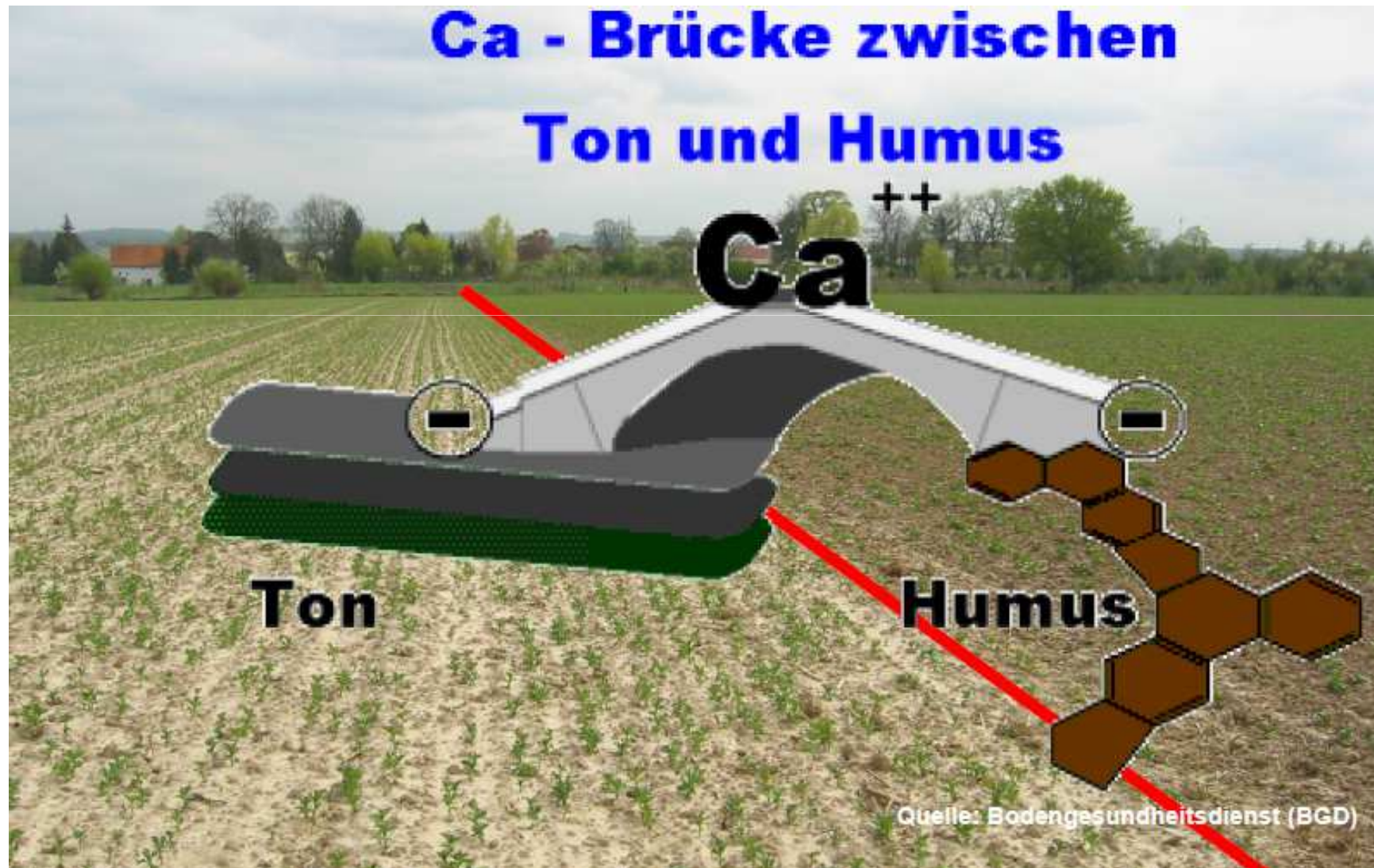
Wie opt. pH erreichen zur Erhaltungskalkung in 3–4 Jahre FF

Bodenartengruppe/vorwiegende Bodenart pH-Klasse C		Humusgehalt des Bodens (%)				
		≤ 4	4,1 bis 8,0	8,1 bis 15,0	15,1 bis 30	> 30
		pH-Werte der Klasse C und Erhaltungskalkung				
1/Sand	pH-Klasse C dt CaO/ha	5,4 bis 5,8 6	5,0 bis 5,4 5	4,7 bis 5,1 4	4,3 bis 4,7 3	
2/schwach lehmiger Sand	pH-Klasse C dt CaO/ha	5,8 bis 6,3 10	5,4 bis 5,9 9	5,0 bis 5,5 8	4,6 bis 5,1 4	
3/stark lehmiger Sand	pH-Klasse C dt CaO/ha	6,1 bis 6,7 14	5,6 bis 6,2 12	5,2 bis 5,8 10	4,8 bis 5,4 5	
4/sandiger/schluffiger Lehm	pH-Klasse C dt CaO/ha	6,3 bis 7,0 ¹⁾ 17	5,8 bis 6,5 15	5,4 bis 6,1 13	5,0 bis 5,7 6	
5/toniger Lehm bis Ton	pH-Klasse C dt CaO/ha	6,4 bis 7,2 ¹⁾ 20	5,9 bis 6,7 18	5,5 bis 6,3 16	5,1 bis 5,9 7	

Wirkung einer Kalkung auf den Boden



Effekte der Kalkung



Einfluss einer Kalkung auf die Nährstoff- und Schadstoffverfügbarkeit im Boden

Bodenchemie

➤ Erhöhung der Kationenaustauschkapazität	Nährstoffverfügbarkeit
➤ Erhöhung der Basensättigung	
➤ Phosphat-Mobilität	
➤ Spurenelement-Mobilität	
➤ Verminderung der Mobilität von <ul style="list-style-type: none">▪ Schwermetallen▪ Aluminium	Toxizität

Einfluss einer Kalkung auf Bodengefüge und Strukturstabilität

Bodenphysik

➤ Ca-Sättigung der Austauscher	Flockung von Bodenkolloiden
➤ hohe Konzentration an Ca-Salzen in Bodenlösung	
➤ Bildung von Ca-Brücken zwischen Bodenkolloiden	Stabilisierung der Aggregate und des Gefüges
➤ Verkittung von Primärteilchen durch CaCO_3	
➤ auf Ton-Böden:	
➤ 'Trocknungsstabilisierung' durch CaO	
➤ indirekt: Erhöhung der biologischen Aktivität	

Einfluss einer Kalkung auf die biologische Aktivität im Boden

➤ Regenwurmaktivität	Bodenstruktur
➤ Zusammensetzung der Bodenflora	Nährstoffverfügbarkeit
➤ mikrobielle Umsetzungsprozesse z.B - Nitrifikation - Denitrifikation	Emissionen

Auf den Punkt gebracht:

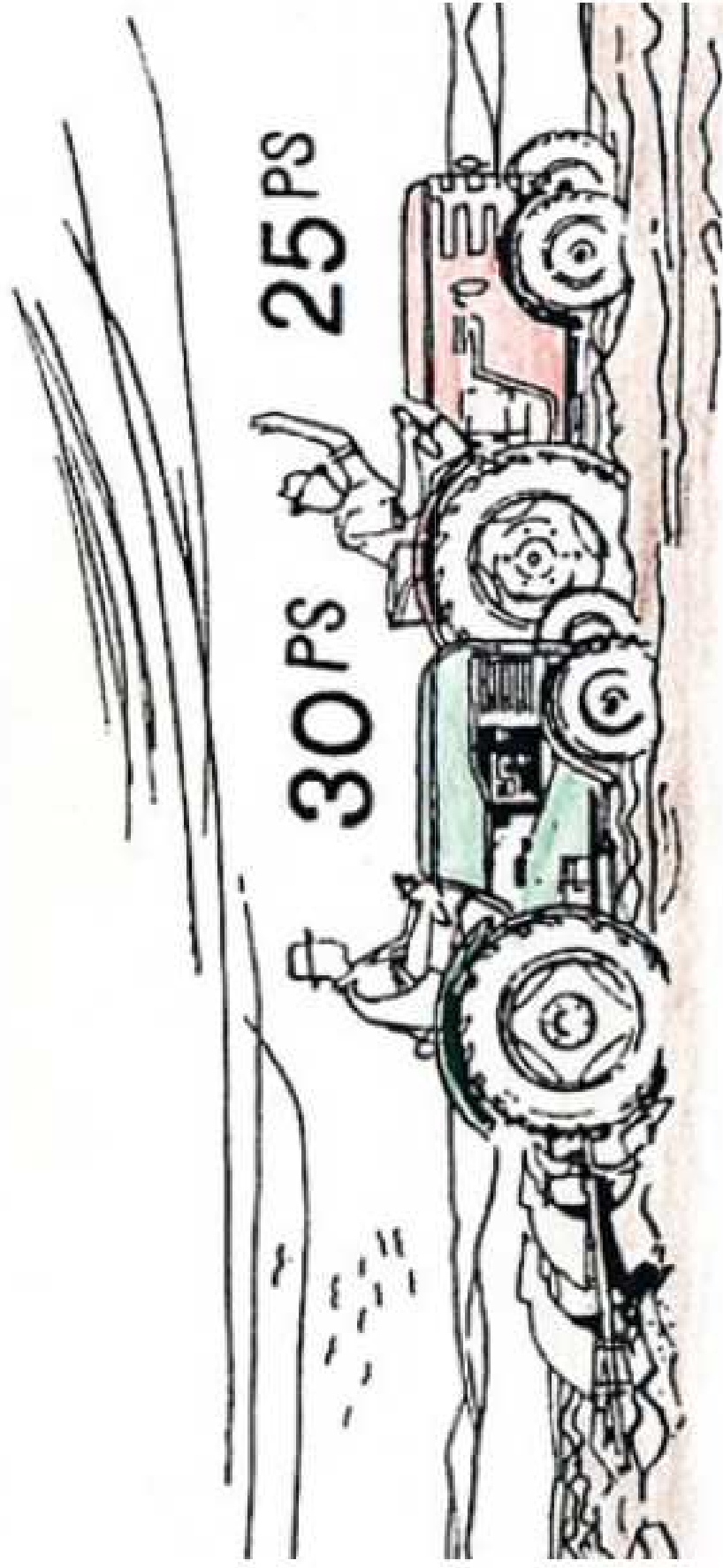
Der Standort-angepasste pH-Wert bzw. der richtige Kalkzustand des Bodens bewirkt:

- 1. Optimale Verfügbarkeit von Nährstoffen**
- 2. Erhöhung der Aggregatstabilität und des Porenvolumens der Böden und damit Verbesserung des Wasser- und Lufthaushaltes**
- 3. Reduzierung der Verfügbarkeit von Schwermetallen**

Auf den Punkt gebracht:

4. **Förderung eines aktiven, nützlichen Bodenlebens**
5. Der standort-angepasste pH-Wert bzw. der richtige Kalkzustand des Bodens ist für den **Erhalt der Bodenfruchtbarkeit** und der **hohen Ertragsfähigkeit** unerlässliche Voraussetzung.
6. Zur Erhaltung des standort-angepassten pH-Wertes , **Versauerung mittels Kalkung entgegenwirken.**

- Bodenschutz durch Kalk -



Reduzierter Zugkraftbedarf von gekalkten Böden

Wie sieht die Wirtschaftlichkeit einer Kalkung aus – Großversuch Mattfeldele 1997 – 2003

Versuchsjahr	mit Kalk in dt / ha	ohne Kalk in dt / ha	Erlösdifferenz in EUR / ha	Kosten der Kalkung
1997	122	121	7,20	262,50
1998	115	102	108,90	157,50
1999	133	72	549,00	
2000	140	134	54,00	108,50
2001	132	115	153,00	
2002	119	88	279,00	
2003	84	61	207,00	
Summe 7 Jahre	845	694	1358,10	528,50
Durchschnitt	121	99	194,0	75,60

Gewinnsteigerung von 118 EUR / ha und Jahr im Durchschnitt

Düngekalk-Gruppen und -Typen

Gruppe	Typen- bezeichnung	Mindest- gehalte	Mindest- feinheit	Bemerkungen
Naturkalk	Kohlensaure Kalke	90 % CaCO ₃ bzw. 56 % CaO	100% <1mm 80% <0,3 mm	direkt aus natürlichen Kalk- und Dolomit-Rohstoff-Lagerstätten gewonnen
	Branntkalk	90 % CaO	< 8 mm	
	Mischkalk	60 % CaO	100% <1mm 80% <0,3mm	
Industriekalke	Hüttenkalke	42 % CaO	100% <1mm	aus der Eisen- und Stahlindustrie
	Konverterkalk	40 % CaO	80% <0,3mm	
Rückstandskalke	Carbokalk	30 % CaO		Fällungsprodukt aus Zuckersaftreinigung
	Schwarzkalk	38 % CaO		Kalkstickstoff-Prod.
	Zelka	43 % CaO		Zellstoffherzeugung
	Wasserkalk	30 % CaO		Wasseraufbereitung
	Kalkwaschschlämme	40 % CaO		aus der Kalksteinwäsche

*Für Kalkdünger gelten die in der Tabelle angeführten Mindestgehalte an CaO bzw. CaCO₃, wobei ein Teil durch Magnesium ersetzt werden kann. Ab einem Magnesiumanteil von 15 % MgCO₃ bzw. 7 % MgO darf die Typenangabe um den Begriff „Magnesium“ ergänzt werden.

Umrechnung der verschiedenen Kalkbindungsformen in Reinkalk (CaO) (Quelle: DLG 2009)

CaO	x	1,785	→	CaCO ₃
Ca	x	2,497	→	CaCO ₃
Ca	x	1,399	→	CaO

CaCO ₃	x	0,560	→	CaO
CaCO ₃	x	0,400	→	Ca
CaO	x	0,715	→	Ca

MgO	x	2,092	→	MgCO ₃
Mg	x	3,468	→	MgCO ₃
Mg	x	1,658	→	MgO

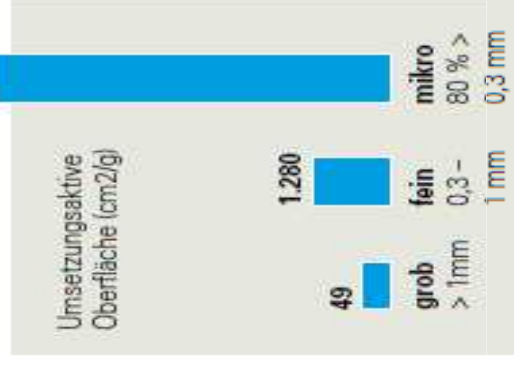
MgCO ₃	x	0,478	→	Mg
MgCO ₃	x	0,288	→	Mg
MgO	x	0,603	→	Mg

Qualitätskriterien von Düngekalken

Düngerkalke werden nach folgenden Parametern bewertet:

- Gehalte an Reinkalk (CaO) bzw. an CaCO_3 oder MgCO_3
- Nach der Bindungsform (Oxid, Hydroxid, Carbonat, Silikat)
- Gehalt an basisch wirksamen Bestandteilen berechnet als Reinkalk (CaO), was dem Säureneutralisationsvermögen (SNV) entspricht
- Gehalte an unerwünschten Nebenbestandteilen (z. B. Schwermetalle)
- Nach der Reaktivität bei carbonatischen Kalken als ein Indiz für die Umsetzungsgeschwindigkeit
- Nach der Mahlfinheit bei ungebrannten Naturkalken (je feiner Naturkalke gemahlen sind, desto rascher und vollständiger die Umsetzung im Boden)

Beachte: Auch die technischen Eigenschaften wie das Schüttgewicht und vor allem der Feuchtigkeitsgehalt sind von Bedeutung, da diese Eigenschaften maßgeblich die Streueigenschaften (u.a. Verteilung und Staubbildung) sowie die Lagerfähigkeit beeinflussen. Die natürliche Färbung des Düngekalkes hat keinen Einfluss auf die Qualität bzw. dessen Wirksamkeit.



Mahlfeinheit beachten

Die Mahlfeinheit beeinflusst bei ungebrannten Kalken die Löslichkeit und damit Wirksamkeit und ist somit ein wichtiges Qualitätskriterium. Eine stärkere Vermahlung bedeutet eine größere Oberfläche für die Reaktion mit Säuren und damit eine raschere Kalkwirkung. Nur wenn sich der Kalk zwischen den Fingern mehlig anfühlt, ist die Qualität in Ordnung. Grob sandige Produkte haben nur eine geringe Oberfläche und damit eine schlechte Löslichkeit. Dadurch ist auch die Kittfunktion zwischen Ton und Humus nicht ausreichend. Nur bei 80 % Mahlfeinheiten < 0,3 mm ist eine absehbar gute Wirkung zu erwarten. So sind Körnungen über 1 mm auch nach mehreren Monaten nicht bzw. kaum wirksam.

Die österreichische Düngemittelverordnung (2004) schreibt eine Mahlfeinheit (Körnung) von 80 % kleiner 0,3 mm und 100 % kleiner 1 mm vor, um in absehbarer Zeit eine gute Wirkung erzielen zu können. Carbonate und Silikate sind nur bodensäurelöslich, weshalb bei diesen Kalken eine Feinvermahlung besonders wichtig ist.

Wirkung von Kohlensäurem Düngemitteln

kalk: Feinvermahlung schafft eine große umsetzungsaktive Oberfläche

**Ein wunderbarer Platz...
...um Kalk zu streuen!**



Günstige Kalkungszeiträume (Kalken, wenn der Boden trägt, DHG, 2006)

	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
zu Stoppelfrüchten	Vorsaat											
zu Raps	Vorsaat											
zu Wintergerste	Vorsaat					Kopfkalkung						
zu Roggen			Vorsaat			Kopfkalkung						
zu Weizen			Vorsaat			Kopfkalkung						
zu Sommergerste und Hafer			Stopper			Winter			Vorsaat			
zu Zucker- und Futterrüben			Stopper			Winter			Vorsaat			
zu Mais			Stopper						Vorsaat			
zu Körnerhülsenfrüchten			Stopper			Winter			Vorsaat			
zu Feldgemüse									Vorsaat			
zu Kartoffeln										Kopfkalkung		
zu Luzerne					Vorsaat	Bestandskalkung						
zu Klee-Einsaaten									Vorsaat			
auf Wiesen						in der Vegetationsruhe					nach 1. Schnitt	
auf Weiden	nach dem Umtrieb					in der Vegetationsruhe					Kopfkalkung	
im Garten					Beete Kompost	Baumstämme Rasen						

***Kalk ist
nicht Alles . . .
. . . aber ohne Kalk ist
Alles nichts!***