

# Mit Kalk die Nährstoffverfügbarkeit verbessern und die Bodenfruchtbarkeit optimieren

Dr. Andreas Weber



Bayerische Düngekalk  
Werbe- und Marketing GmbH  
[andreas.weber@bdg-wm.de](mailto:andreas.weber@bdg-wm.de)

Mobil: 0171-4636824

# Beratungsgebiet der BDG

Vertrieb von

- Düngekalk
  - Kalkprodukten für den Stall
- durch

DüKa Düngekalk Gesellschaft mbH



Ihre Ansprechpartnerin  
in der Region Sachsen, Brandenburg:

**Jörg Leuteritz**

Telefon: (0175) 42 77 504

[leuteritz@dueka.de](mailto:leuteritz@dueka.de)



● Standort BDG-Gesellschafter-Werk

# Definition Bodenfruchtbarkeit

Bodenfruchtbarkeit ist definiert als

... die Fähigkeit des Bodens, Frucht zu tragen,  
d.h.

... die Fähigkeit den Pflanzen als Standort zu dienen  
und nachhaltig regelmäßige Pflanzenerträge von  
hoher Qualität zu erzeugen.

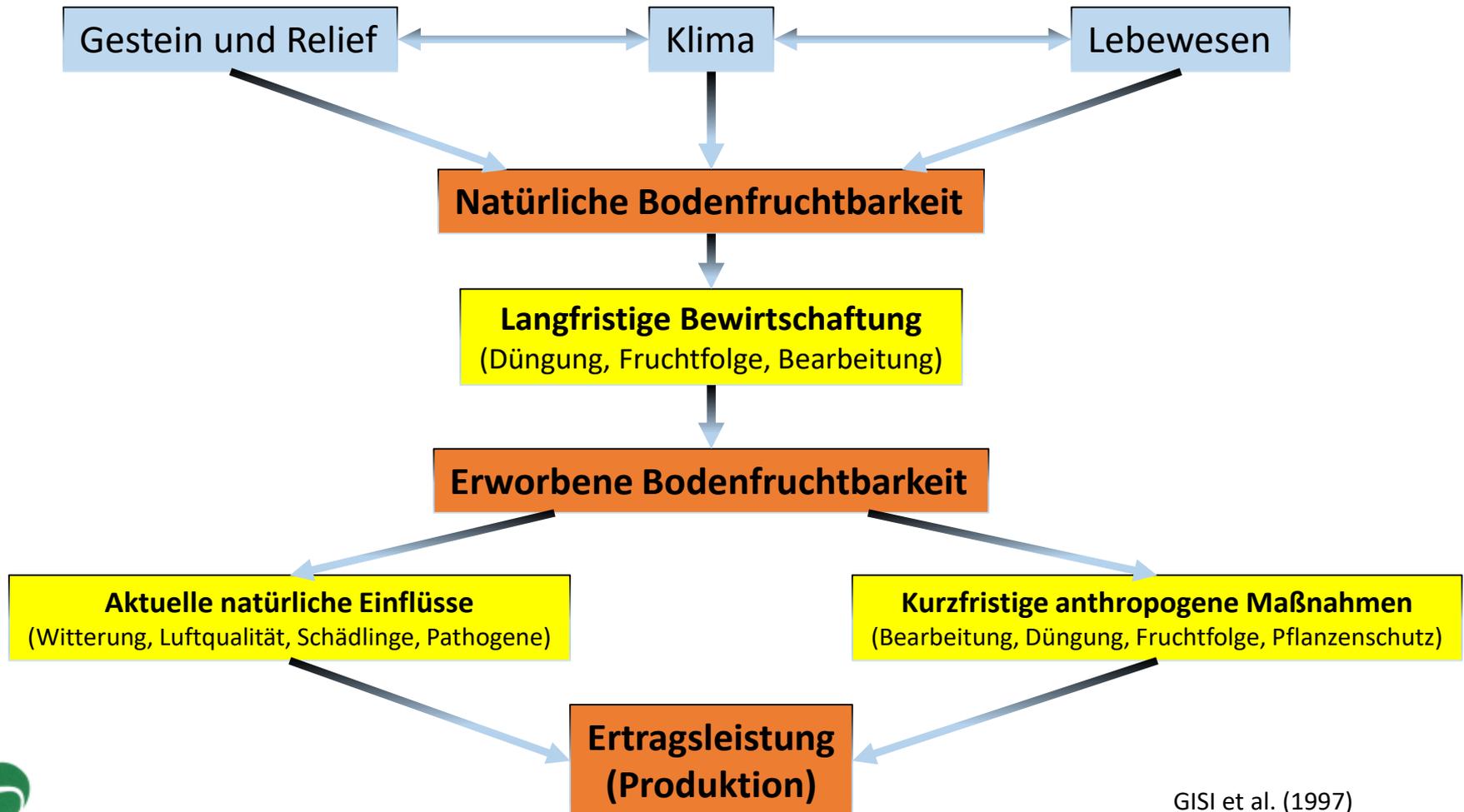
GISI et al. (1997, S. 236)

Synonym:

Ertragsfähigkeit oder Produktivität des Bodens

SCHRÖDER (1992, S. 133)

# Beziehungen zwischen Bodenfruchtbarkeit und Ertragsleistung des Bodens in einem Agrarökosystem



GISI et al. (1997)

# Herausforderung: Schutz vor ...

Austrocknung



# Herausforderung: Schutz vor ...



Foto: Molitor, Juni 2013

# Herausforderung: Schutz vor ...

## Strukturschäden



Foto: Opperer, LfL, 2013

# Idealzustand für eine hohe Bodenfruchtbarkeit

- Tiefgründiger, ausgewogen **strukturierter Bodenkörper**
- **Gute Durchlüftung**
- Ausreichende Bodenfeuchte
- Hoher Huminstoffgehalt
- **Ausgeprägte Krümelstruktur**
- **Schwach saure bis neutrale Bodenreaktion (pH-Wert)**
- Keine Hemm- und Schadstoffe
- **Hohe biologische Bodenaktivität**

Unterstützt durch klimatische Faktoren wie ausreichende Niederschlagsverteilung und Wärmeversorgung während der gesamten Vegetationsperiode.

nach Dabbert (1994)

gute Bodenstruktur

schlechte Bodenstruktur



- + Krümelgefüge
- + Bodenleben
- + Porenvolumen
- + Durchwurzelung
- + ....

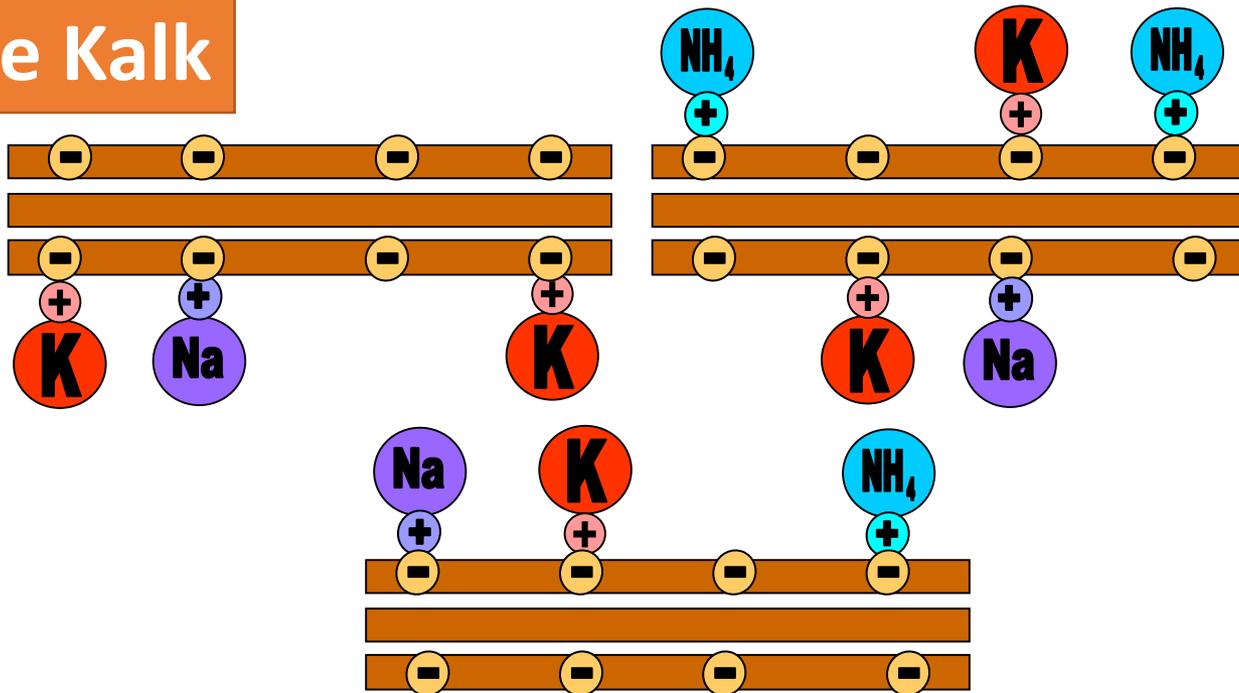
Foto: Demmel, LfL

# Was hat Kalk mit Bodenstruktur zu tun?

Die Basensättigung – Belegung der Bodenaustauscher mit **Ca<sup>2+</sup> und Mg<sup>2+</sup>** – ist ein wichtiger Einflussfaktor für die **Stabilität von Bodenaggregaten** (förderlich für die Ton-Flockung) und wird durch **regelmäßige Kalkung** gewährleistet.

# Lagerungsformen der Tonminerale

ohne Kalk

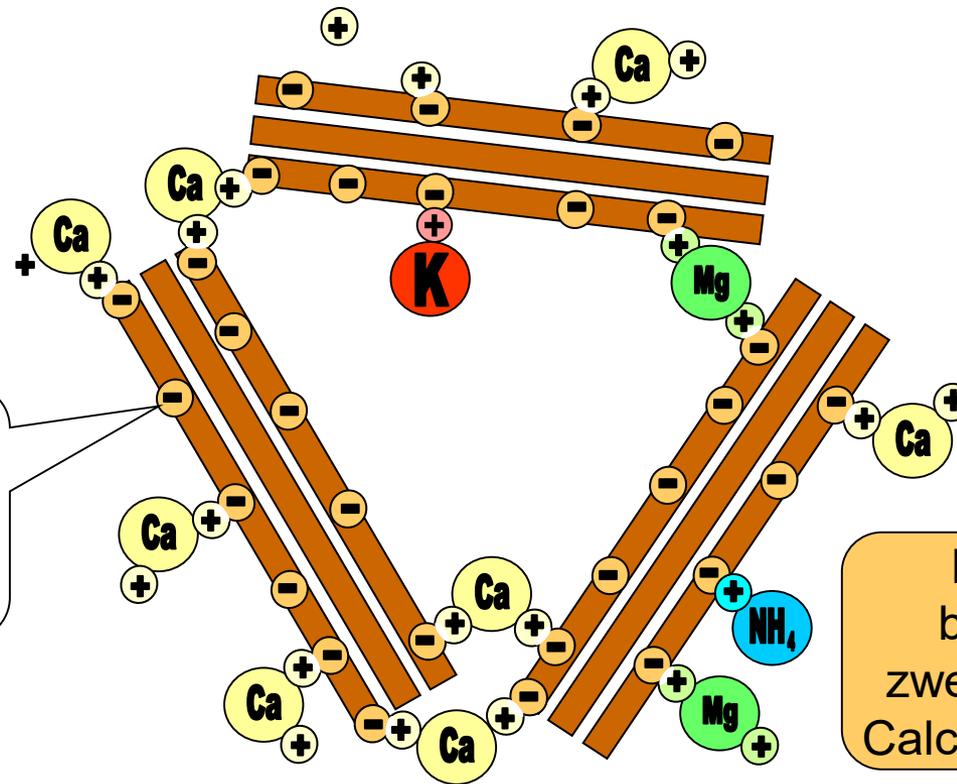


Die Tonteilchen bilden ein „Kante-Kante-Profil“ (sog. Kohärentgefüge)

- Verkleben der Tonteilchen
- Dichte, flächige Struktur (Plattenstruktur)
- Gasaustausch und Wassertransport stark behindert

# Lagerungsformen der Tonminerale

mit Kalk



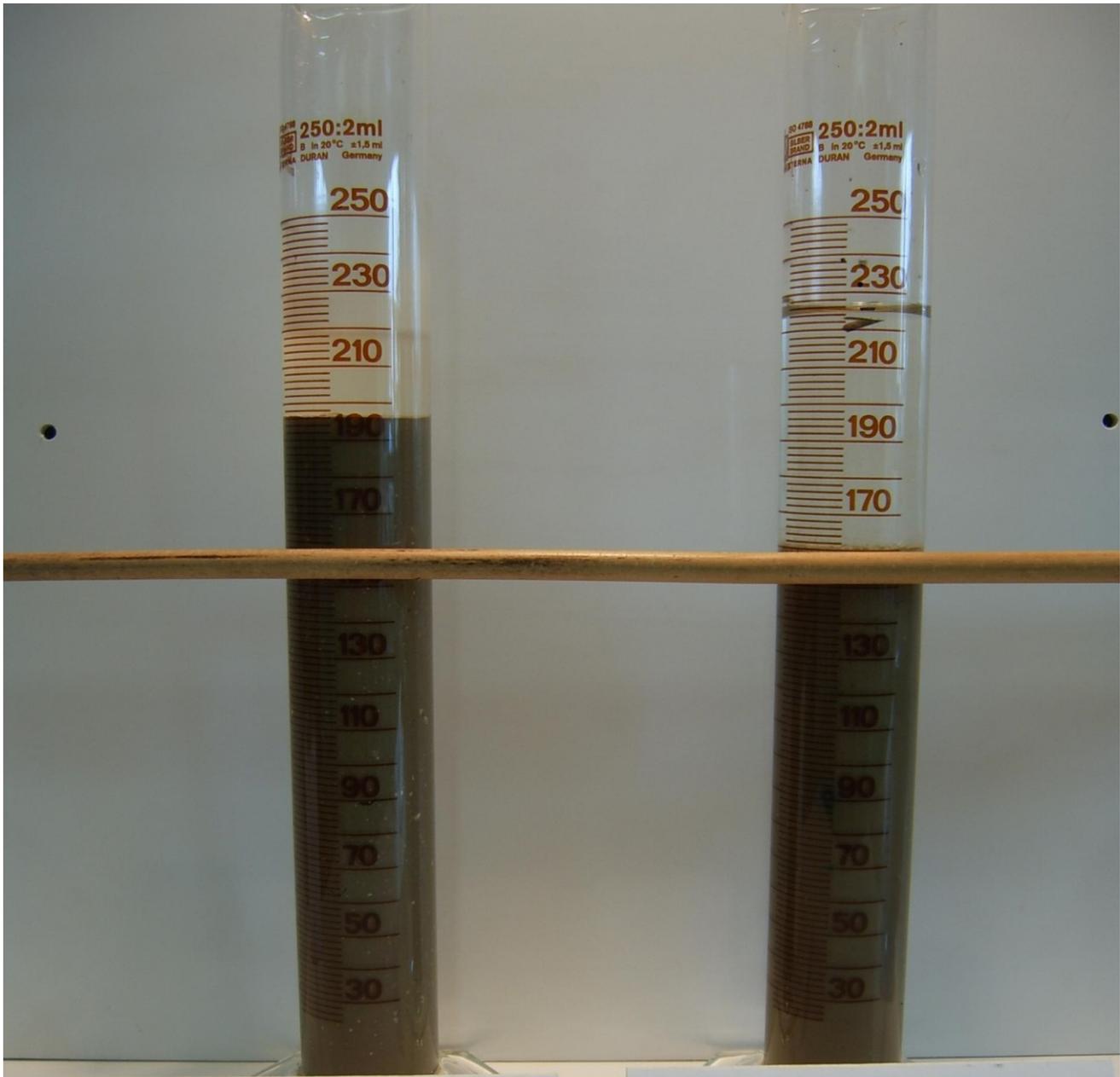
freie Tonladung  
zieht positiv  
geladenen  
Nährstoff an

freie  
Kationenladung  
zieht Ton- oder  
Humusteilchen  
an

lockeres Gefüge  
bei Dominanz der  
zweiwertigen Kationen  
Calcium und Magnesium

- Volumenvergrößerung durch **Tonflockung**
- Bildung einer lockeren aber stabilen Kartenhausstruktur
- anschließend **Porenwinkelvermörtelung** durch **freies Carbonat**





Tonflockung mit Branntkalk

Dichtlagerung ohne Kalk

# Wirkung verschiedener Kationen auf die Flockung

lyotrope Reihe (= Hofmeister'sche Reihe)

positiv	negativ
$[\text{Ba}^{2+} > \text{Sr}^{2+}] > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$	$[\text{Cs}^+ < \text{Rb}^+] < \text{NH}_4^+ < \text{K}^+ < \text{Na}^+ < [\text{Li}^+]$

aggregierend  
strukturbildend

dispergierend  
strukturlösend

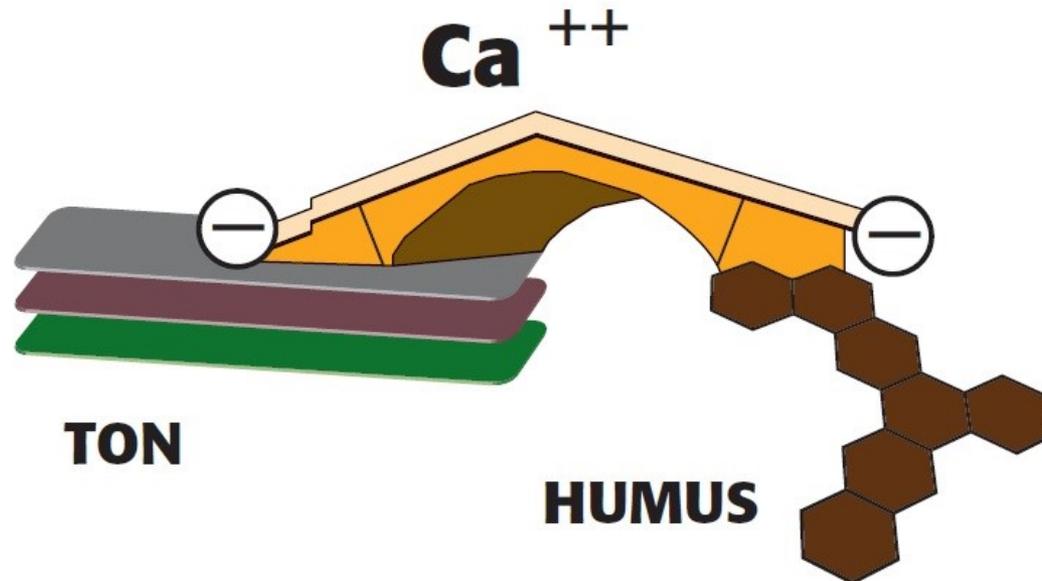
➤ Zunahme des Flockungsvermögens durch steigende Wertigkeit der sorbierbaren Kationen

# Verschlämmung durch Streusalz (NaCl)



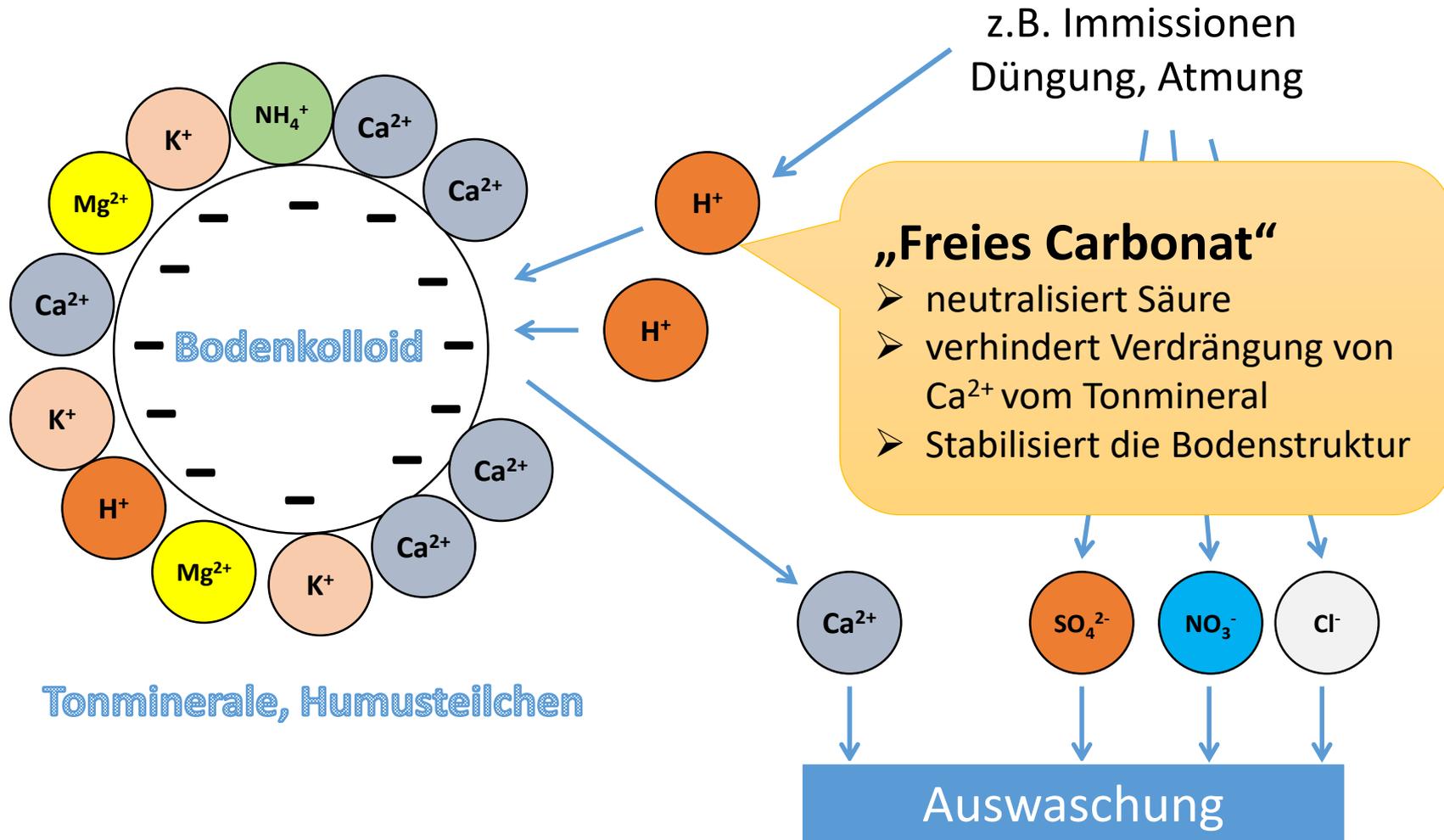
# Bildung von Ton-Humus-Komplexen

## Calcium-Brücke zwischen Ton und Humus



- Aggregatbildung zwischen Humusstoffen und Tonmineralen
- Stabilisierung der Bodenkrümel

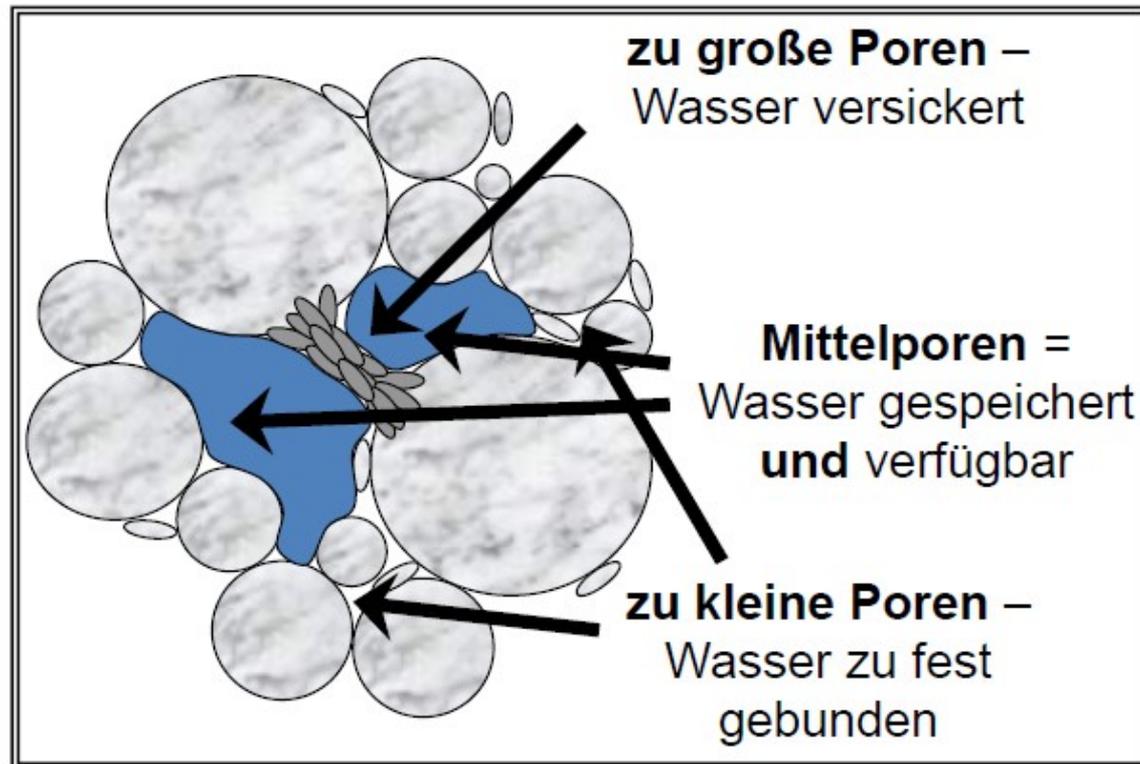
# Kalkverluste durch Auswaschung als Folge der Versauerung



# Salzsäure-Test auf freien Kalk mit 10 %iger Salzsäure



# Porengröße und Wasserhaushalt



Prof. Horn, Uni Kiel (2013)

# Änderung der Porengrößenverteilung durch eine Meliorationskalkung

nach Dr. Schuhbauer, 1981 (in +/- %)

Durchschnitt aus 4 Standorten und 132 Messreihen

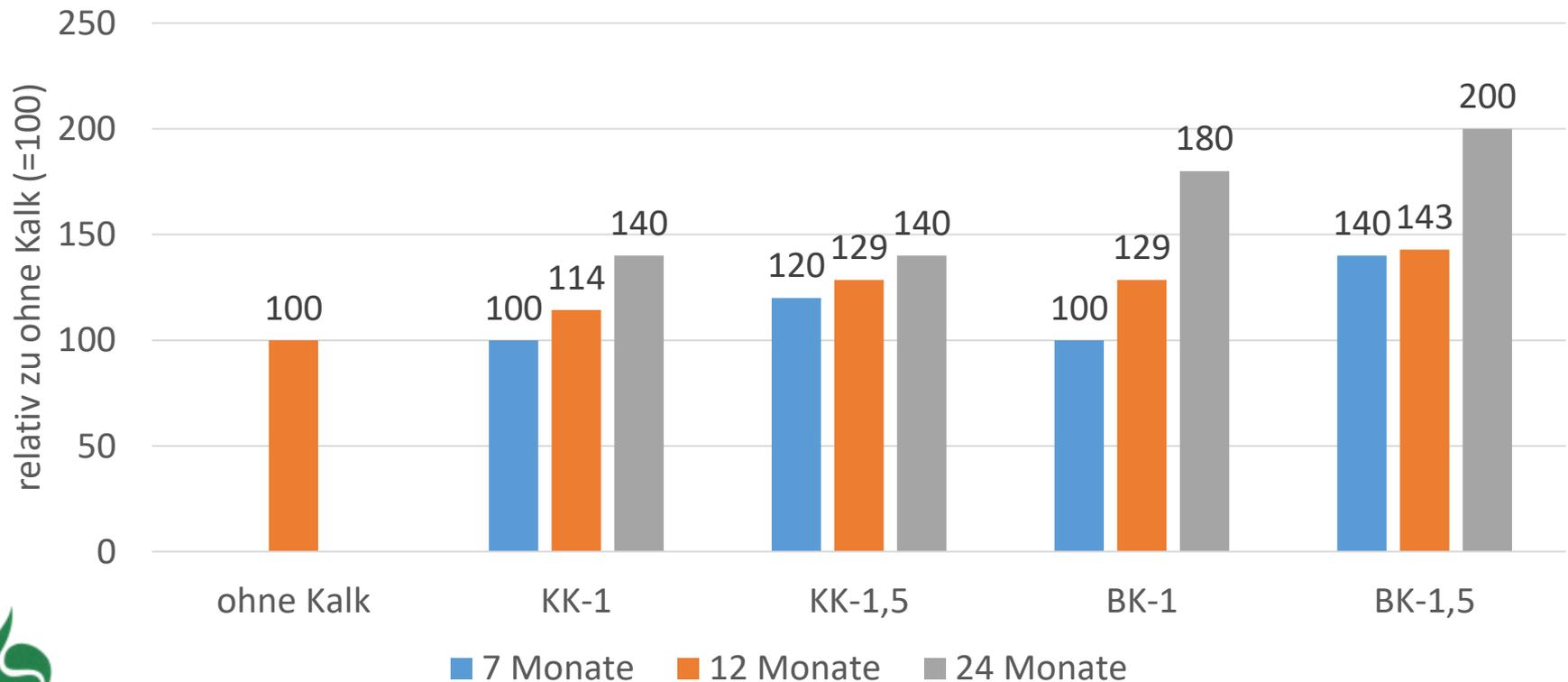
	weite Groporen	enge Groporen	Mittelporen	Feinporen
Porengröße	> 0,05 mm	0,05 – 0,01 mm	0,01 – 0,0002mm	< 0,0002 mm
verantwortlich für:	Wasserversickerung Gasaustausch	Wasserversickerung Wasserspeicherung (Wasser leicht verfügbar) Gasaustausch	Wasserspeicherung (Wasser schwer pflanzenverfügbar)	Totwasser (für Pflanzen nicht verfügbar)
Lebensraum für:	Wurzeln Makroorganismen	Wurzelhaare Pilze Bakterien		
Oberboden	+ 57 %	+ 21 %	- 5 %	- 1 %
Pflugsohle	+ 13 %	+ 53 %	- 5 %	- 2 %
Unterboden	+ 2 %	+ 9 %	- 2 %	- 4 %

# Änderung der nutzbaren Feldkapazität durch Kalkung

nach Hansen, Uni Kiel (2019)

Standort: Struckum (Schleswig-Holstein), Kleimarsch; Ton: 27 %; Schluff: 57 %; Sand: 16 %  
pH-Wert 4,7; Stoppelkalkung mit Kohlensaurem Kalk (KK) und Branntkalk (BK);  
Kalkmenge nach LUFA-Empfehlung einfach und 1,5-fach

10 cm Tiefe

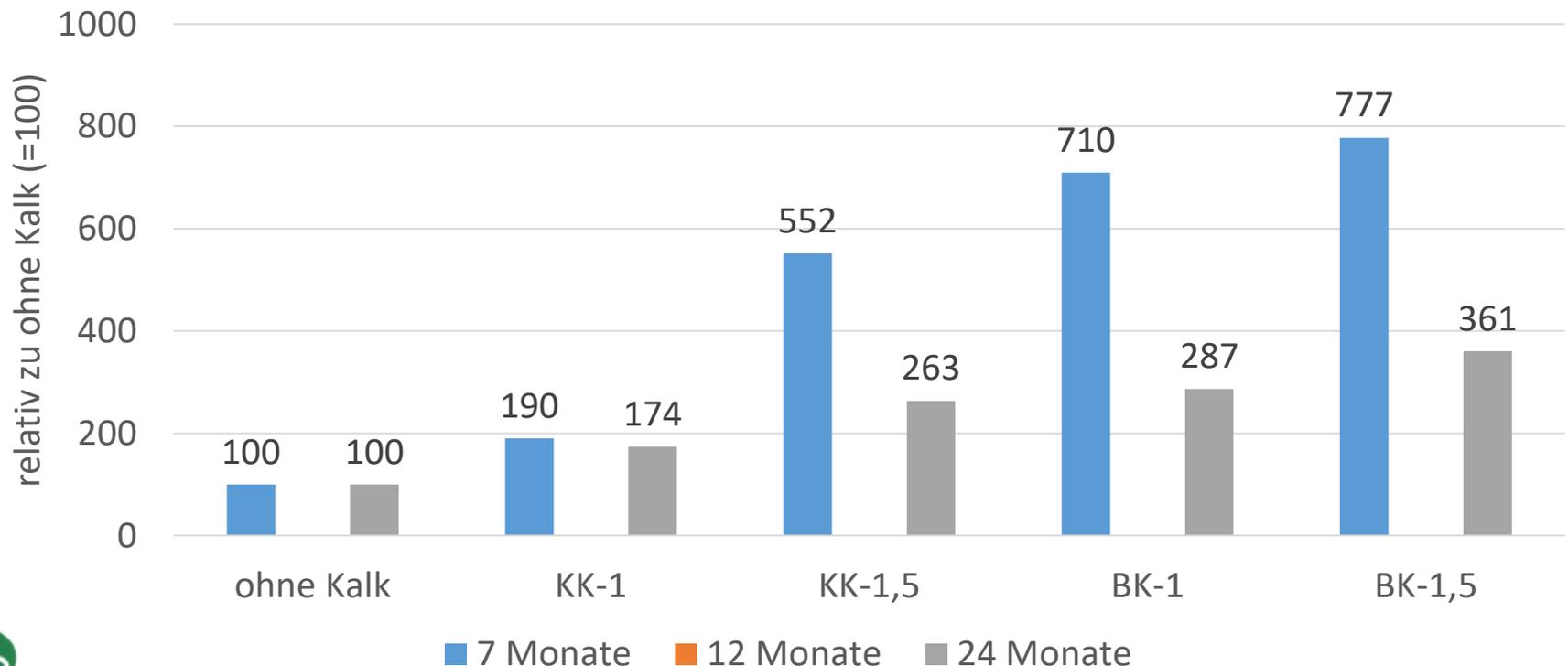


# Änderung der gesättigten Wasserleitfähigkeit durch Kalkung

nach Hansen, Uni Kiel (2019)

Standort: Barlt (Schleswig-Holstein), Kleimarsch; Ton: 45 %; Schluff: 45 %; Sand: 10 %  
pH-Wert 5,5; Stoppelkalkung mit Kohlensaurem Kalk (KK) und Branntkalk (BK);  
Kalkmenge nach LUFA-Empfehlung einfach und 1,5-fach

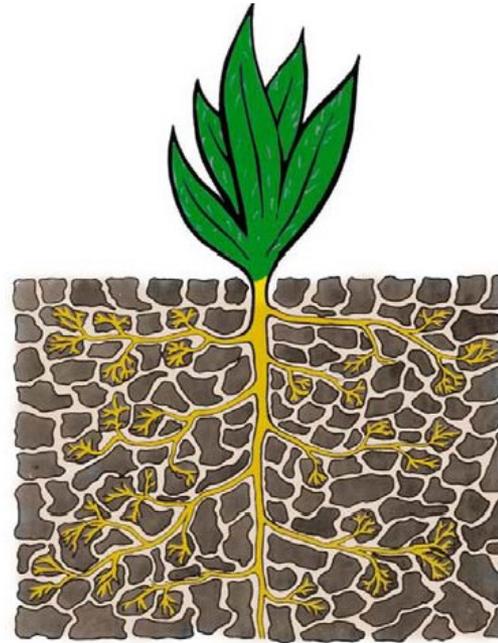
in 10 cm Tiefe



# Nährstoffaufnahme und Bodenstruktur



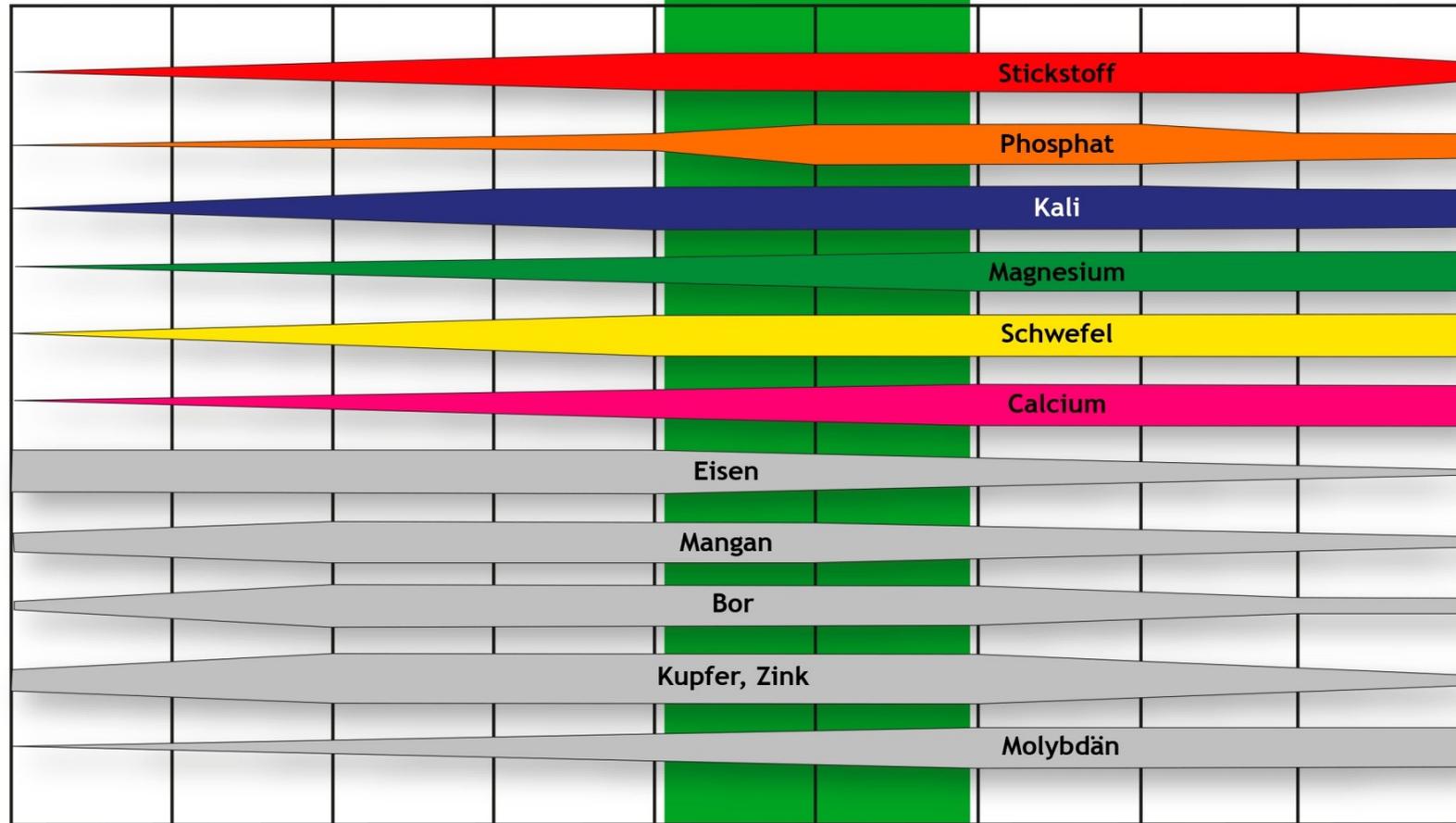
Bei schlechter Struktur ist die Nährstoffaufnahme auf wenige Bereiche beschränkt, so dass ein insgesamt höheres Nährstoffpotenzial vorhanden sein muß.



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

# pH-Wert entscheidet über Nährstoffverfügbarkeit

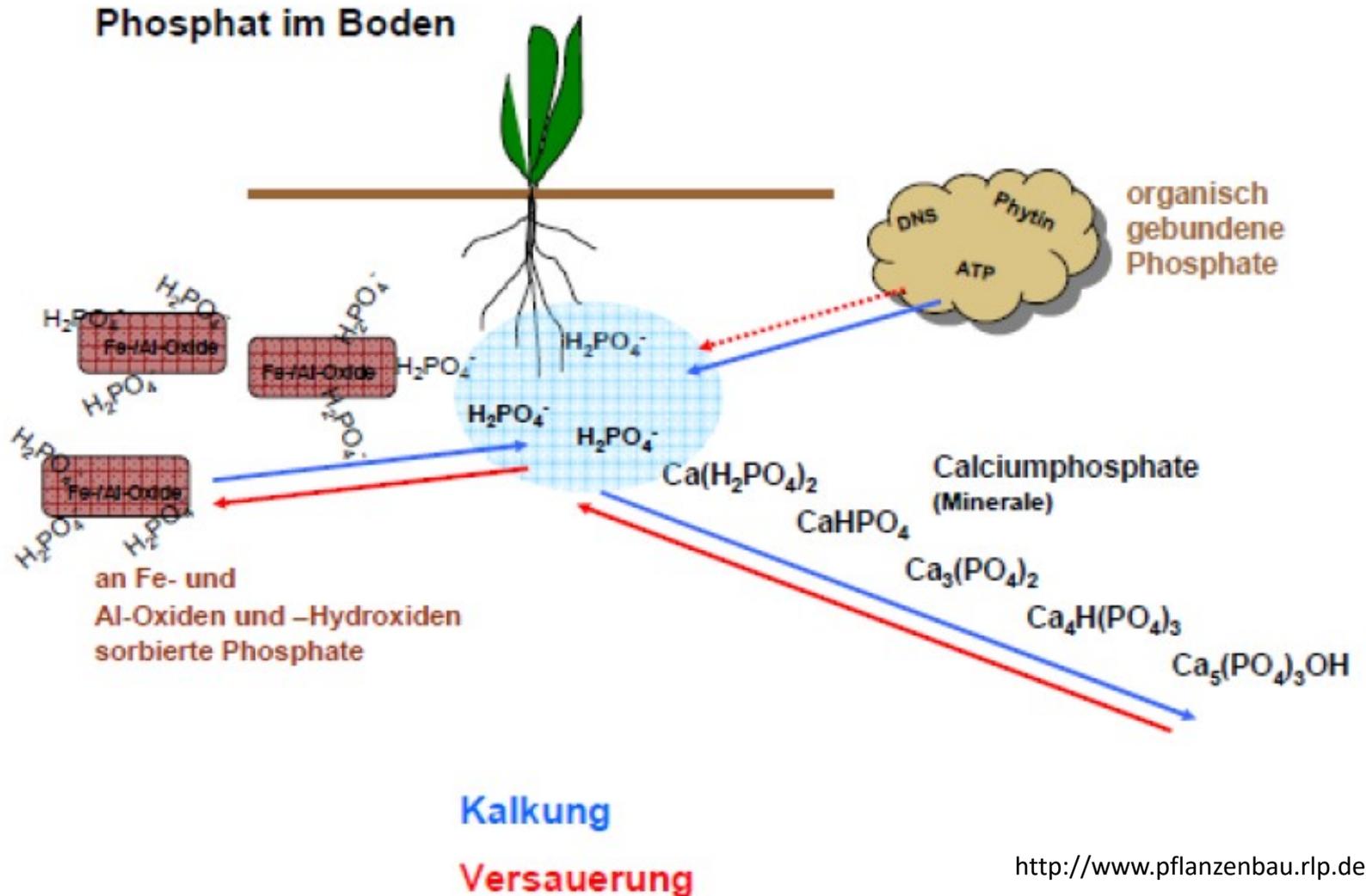
Sauer ----- neutral ----- basisch  
4,0 4,5 5,0 5,5 6,0 6,5 7,0 7,5 8,0 8,5



optimaler pH-Wert

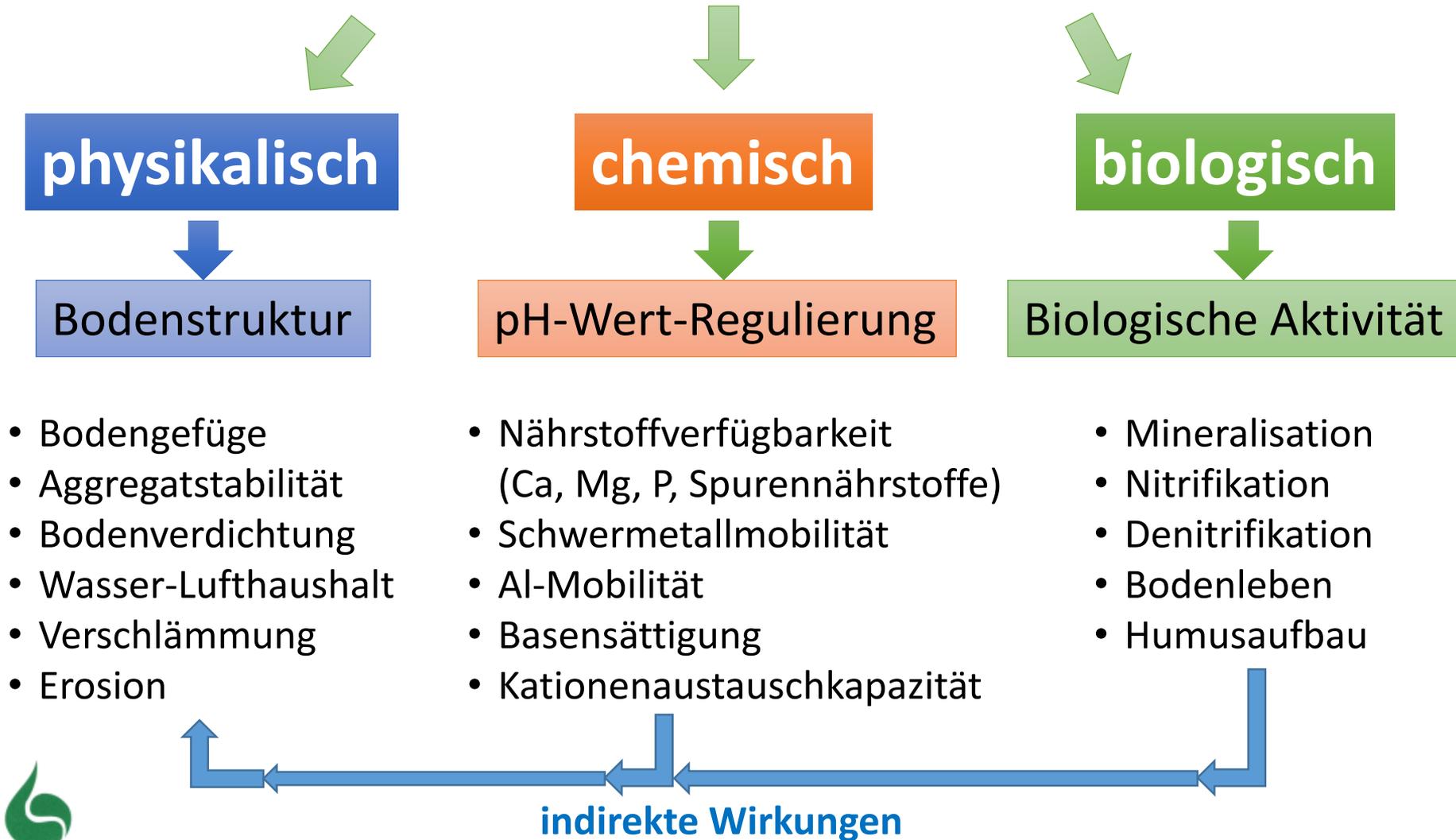
Quelle: BAD, Yara

# Kalkung und Phosphat-Verfügbarkeit



<http://www.pflanzenbau.rlp.de>

# Wirkungsspektrum der Kalkdüngung

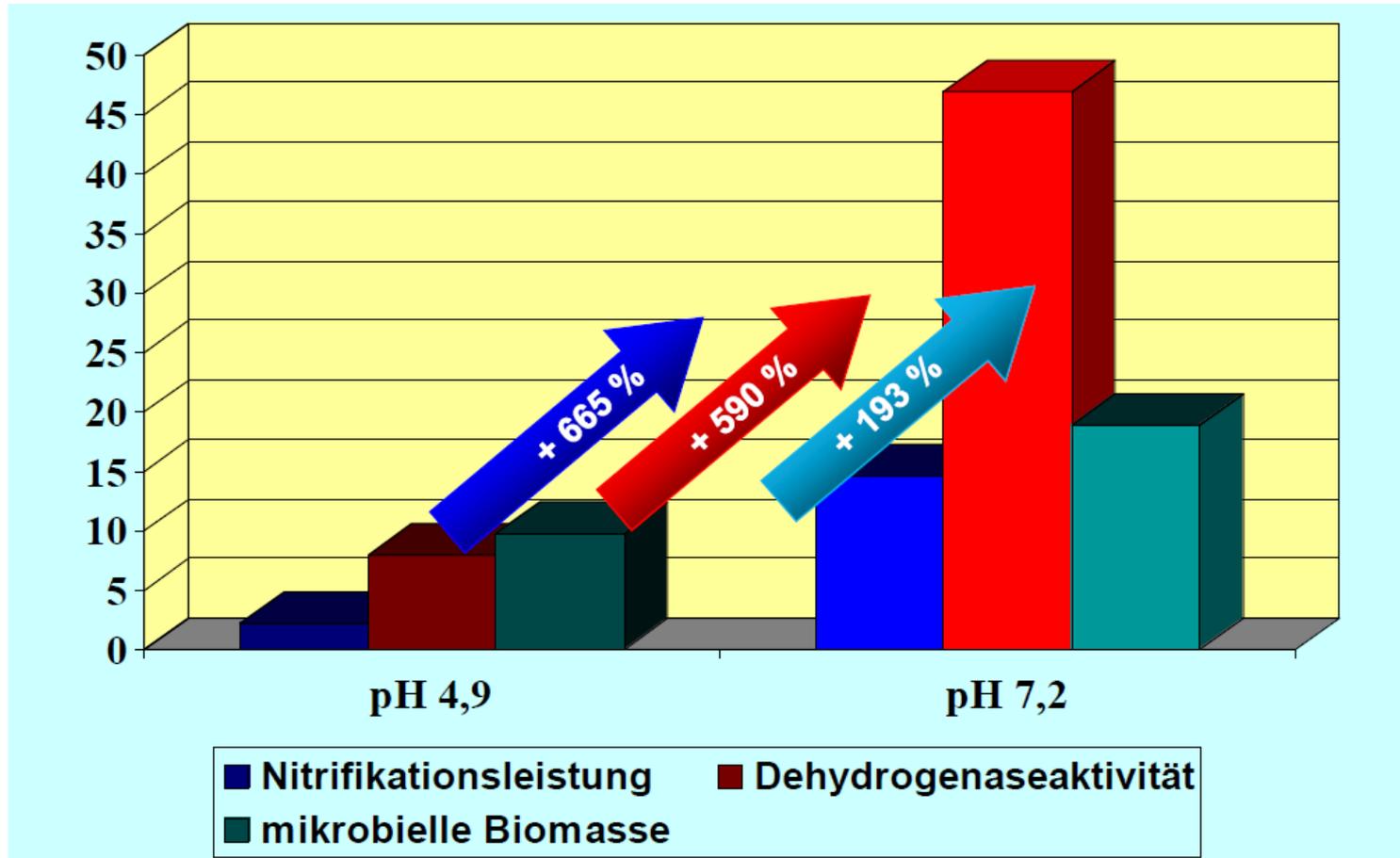


# pH-Ansprüche des Bodenlebens

	optimaler pH-Bereich
Bakterien	6,0 – 9,0
Pilze	< 5,5
Einzeller	6,5 – 7,5
Ringelwürmer	5,5 – 7,5
Regenwürmer	6,5 – 8,0

(nach Stöven, 2002)

# Potentielle Nitrifikationsleistung, Dehydrogenaseaktivität und mikrobielle Biomasse eines Standortes bei unterschiedlichen pH-Werten



Quelle: Genießer, Dissertation, Universität Bonn, 1995

# pH-Wert als **Leitparameter** für die Kalkversorgung des Bodens

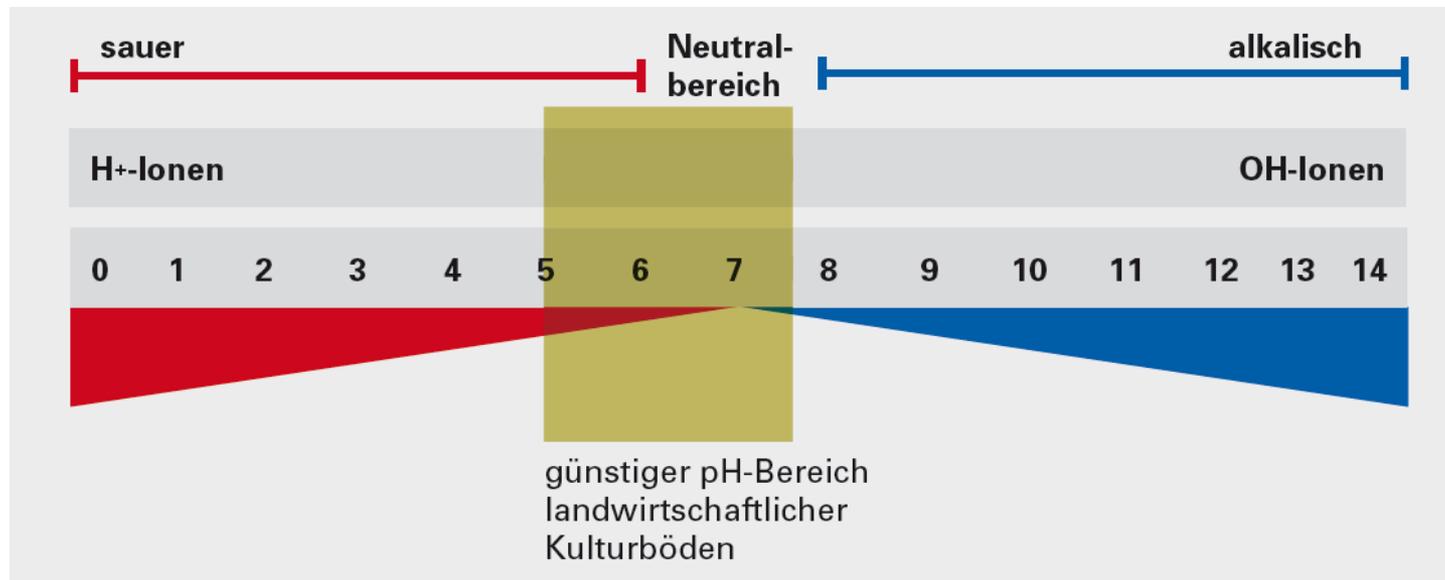
Der pH-Wert ist definiert als der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionen- ( $H^+$ )-Konzentration in der Bodenlösung

$$\text{pH } 7,0 = 10^{-7} = 0,0000001 \text{ g } H^+\text{-Ionen/l}$$

$$\text{pH } 6,0 = 10^{-6} = 0,000001 \text{ g } H^+\text{-Ionen/l}$$

$$\text{pH } 5,0 = 10^{-5} = 0,00001 \text{ g } H^+\text{-Ionen/l}$$

→ pH 5 ist **100 mal** saurer als pH 7



# Definition der pH-Klassen für die Kalkversorgung des Bodens (VDLUFA)

pH-Klasse	Kalkversorgung	Zustand/Maßnahme	Kalkdüngungsbedarf
<b>A</b>	sehr niedrig	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit beeinträchtigt</li> <li>– signifikante Ertragsverluste – Ertragsausfall</li> <li>– Pflanzenverfügbarkeit von Schwermetallen</li> <li>➤ <b>Kalkung hat 1. Priorität</b></li> </ul>	Gesundungskalkung
<b>B</b>	niedrig	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit nicht optimal</li> <li>– signifikante Ertragsverluste bei anspruchsvollen Kulturen</li> <li>– erhöhte Verfügbarkeit von Schwermetallen</li> <li>➤ <b>Kalkung in Fruchtfolge</b></li> </ul>	Aufkalkung
<b>C</b>	anzustreben/ optimal	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit optimal</li> <li>➤ <b>geringer Kalkbedarf</b></li> <li>➤ <b>Kalkung zu anspruchsvollen Kulturen im Rahmen der Fruchtfolge</b></li> </ul>	Erhaltungskalkung
<b>D</b>	hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bodenreaktion ist höher als anzustreben</li> <li>➤ <b>Unterlassung der Kalkung</b></li> </ul>	keine Kalkung
<b>E</b>	sehr hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bodenreaktion ist wesentlich höher als anzustreben</li> <li>– Nährstoffverfügbarkeit von Spurenelementen eingeschränkt</li> <li>➤ <b>Keine Kalkung, physiologisch saure Düngung</b></li> </ul>	keine Kalkung saure Düngung

# Optimale pH-Werte und Höhe der Erhaltungskalkung alle 4 Jahre

Gehaltsklasse C	Ackerland (Humusgehalt ≤ 4 %)	
	Ziel pH-Wert	Erhaltungskalkung (dt CaO/ha)
Sand	5,4 – 5,8	6
Schwach lehmiger Sand	5,8 – 6,3	10
Stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	6,1 – 6,7	14
Lehm	6,3 – 7,0	17
Toniger Lehm bis Ton	6,4 – 7,2	20

# Optimale pH-Werte und Höhe der Erhaltungskalkung alle 4 Jahre

Gehaltsklasse C	Grünland (Humusgehalt ≤ 15 %)	
	Ziel pH-Wert	Erhaltungskalkung (dt CaO/ha)
Sand	4,7 – 5,0	4
Schwach lehmiger Sand	5,2 – 5,5	5
Stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	5,4 – 5,7	6
Lehm	5,6 – 5,9	7
Toniger Lehm bis Ton	5,7 – 6,1	8

# Grundnährstoffversorgung sächsischer Ackerflächen

(Ø 2015-2018, 11.859 Proben mit 105.704 ha)

Gehalts- klasse	Flächenanteile (%) und Trend in Gehalts- u. pH-Klassen				
	<b>A</b> sehr niedrig	<b>B</b> niedrig	<b>C</b> optimal	<b>D</b> hoch	<b>E</b> sehr hoch
<b>P</b>	11,1 ↗	41,7 ↗	25,5 ↓	13,8 ↘	7,9 →
<b>K</b>	5,5 ↗	21,5 →	30,7 ↘	28,0 →	14,3 ↗
<b>Mg</b>	0,8 →	4,3 ↘	7,4 ↘	18,7 ↘	68,8 ↑
<b>pH</b>	2,6 →	26,2 ↘	57,4 ↗	11,1 →	2,7 →

**Trend:** ↘ sinkend  
 ↓ stark sinkend  
 → gleichbleibend  
 ↗ steigend  
 ↑ stark steigend



Foto: Grunert, LfULG

# Grundnährstoffversorgung sächsischer Grünlandflächen

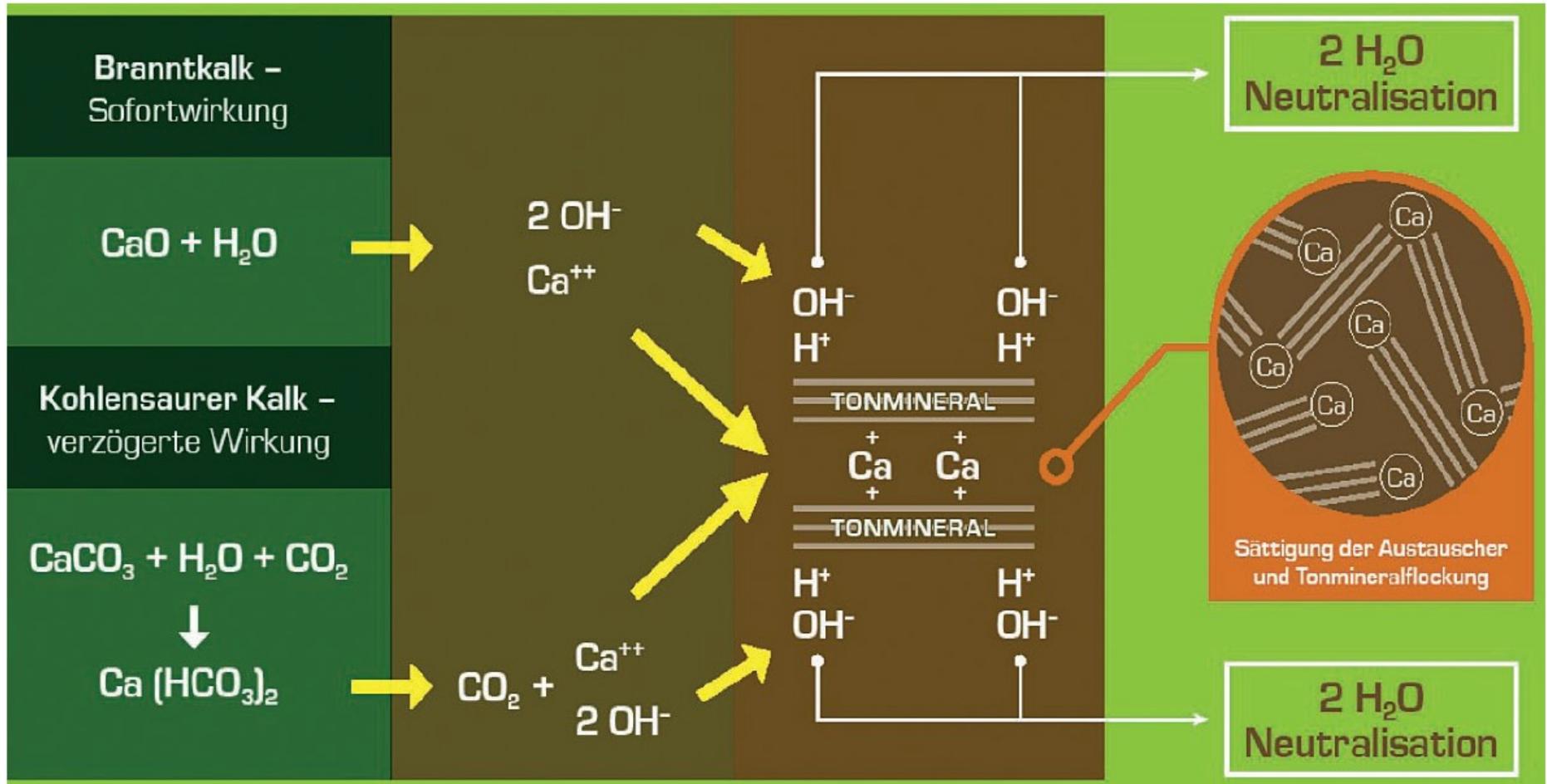
(Ø 2015-2018, 3.502 Proben mit 14.480 ha)

Gehalts- klasse	Flächenanteile (%) und Trend in Gehalts- u. pH-Klassen				
	<b>A</b> sehr niedrig	<b>B</b> niedrig	<b>C</b> optimal	<b>D</b> hoch	<b>E</b> sehr hoch
<b>P</b>	29,5 ↗	36,6 ↗	20,7 →	8,3 ↘	4,9 ↘
<b>K</b>	20,0 ↗	38,1 ↑	20,7 ↘	16,2 →	5,0 ↓
<b>Mg</b>	0,7 →	4,0 →	6,9 →	13,0 ↘	75,4 ↗
<b>pH</b>	2,4 →	29,1 →	41,6 ↘	20,1 ↗	6,8 →

**Trend:** ↘ sinkend  
 ↓ stark sinkend  
 → gleichbleibend  
 ↗ steigend  
 ↑ stark steigend



# Umsetzung von Kalkdüngern im Boden



# Wirkungsgeschwindigkeit verschiedener Kalke und Kalkbindungsformen

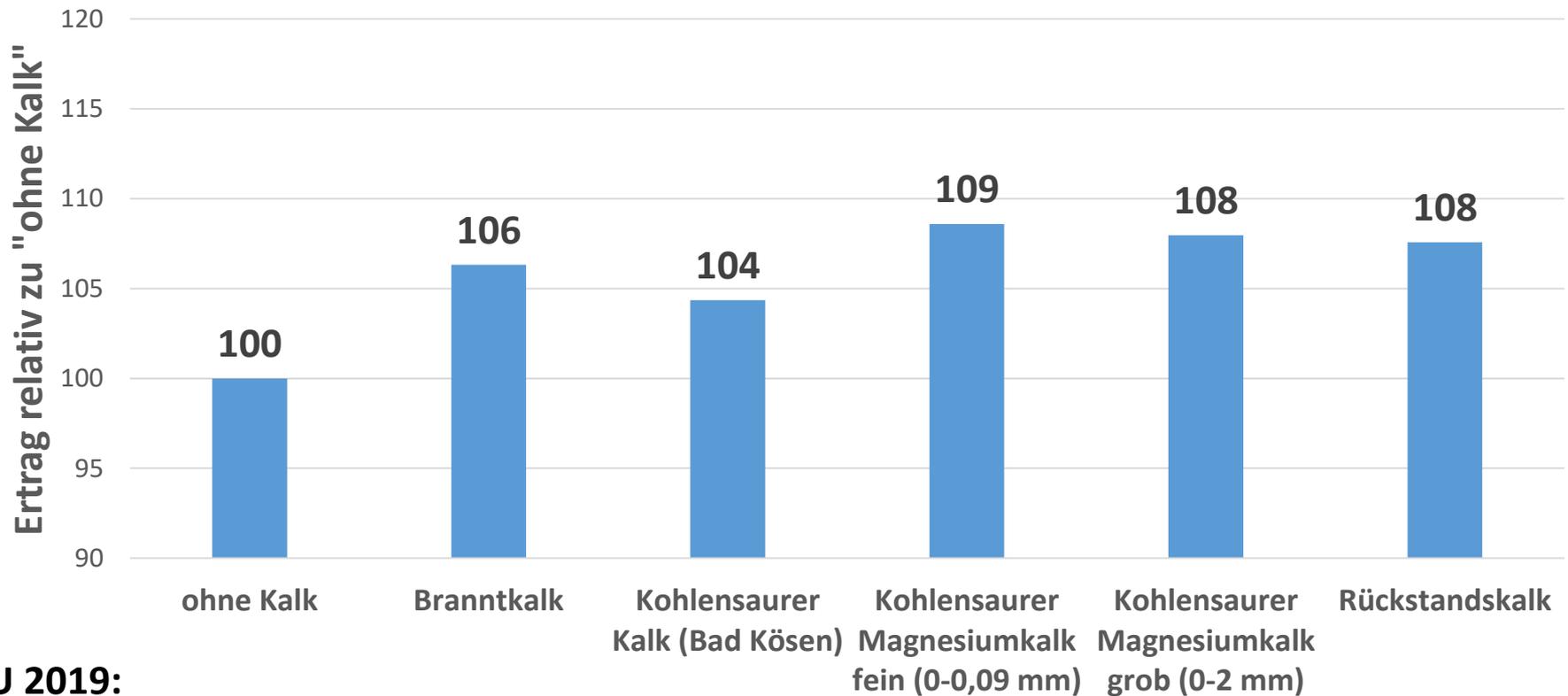
Brantkalk (Calciumoxid $\text{CaO}$ ) Magnesiumbrantkalk Mischkalke	Kohlensaurer Kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) Kalkdünger aus der Verarbeitung von Zuckerrüben (früher: Carbokalk) Kohlensaurer Magnesiumkalk ( $\text{MgCO}_3$ )	Kieselsaure Kalke Hütten- und Konverterkalk (Ca- & Mg-Silikate)*  * Rasche Umsetzung bei niederen Boden pH-Werten
--	---	---



**Je feiner der Vermahlungsgrad von Kohlensäuren Kalken, umso schneller die Wirkung**

# Kalkformen-Dauerversuch Cunnersdorf

Ertrag **aller Kulturen** relativ zu "ohne Kalk"  
Mittel aus 24 Anbaujahren

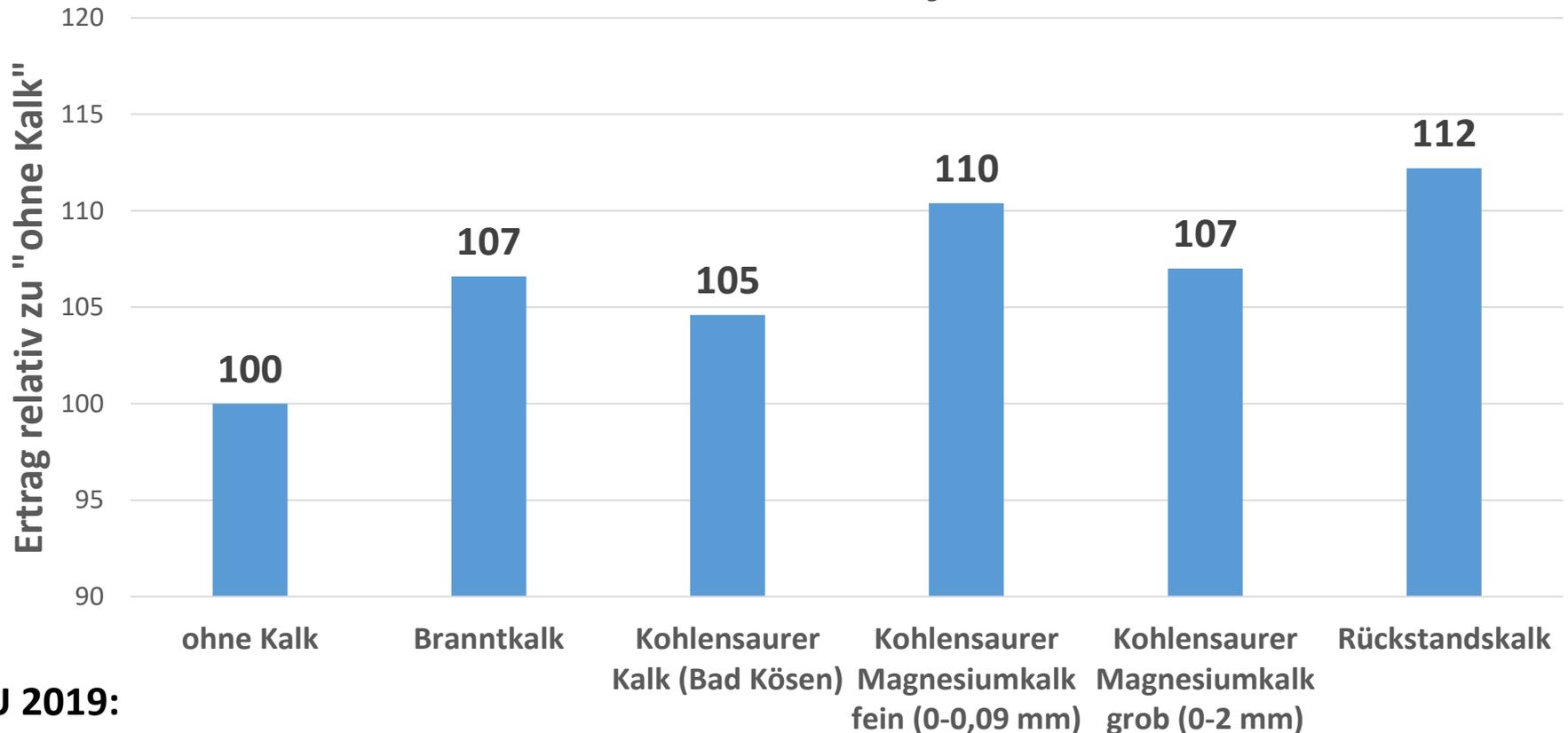


**BU 2019:**

pH-Wert	5,8	6,4	6,5	6,6	6,4	6,5
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

# Kalkformen-Dauerversuch Cunnersdorf

Ertrag von **Sommergerste** relativ zu "ohne Kalk"  
Mittel aus 5 Anbaujahren

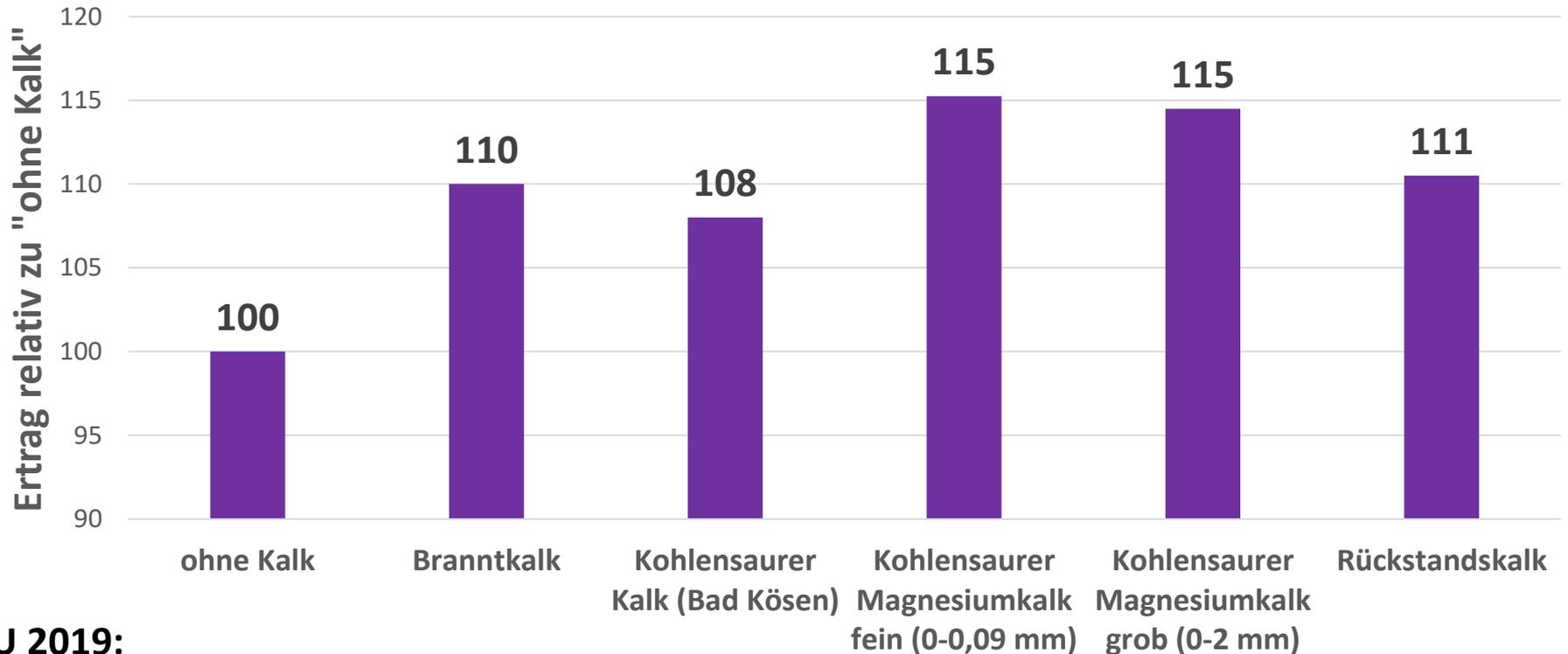


BU 2019:

pH-Wert	5,8	6,4	6,5	6,6	6,4	6,5
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

# Kalkformen-Dauerversuch Cunnersdorf

Ertrag **Ackerbohne** relativ zu "ohne Kalk"  
Mittel aus 4 Anbaujahren



**BU 2019:**

pH-Wert	5,8	6,4	6,5	6,6	6,4	6,5
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

# Tipps und Trends zur Kalkdüngung

- **DOLOPHOS® 6 (LM) „das neue Thomasphosphat“**  
**6 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 % CaCO<sub>3</sub>, 10 % MgCO<sub>3</sub>, 40 % bwB als CaO**
  - Mischdünger aus fein vermahlenden Kohlensäuren Magnesiumkalk und Phosphat aus der Monoverbrennung von kommunalem Klärschlamm
  - Durch hohe Verbrennungstemperatur von ca. 1.000 °C sauber von organischen und anorganischen Schadstoffen
  - Löslichkeit des Phosphats in 2 %iger Zitronensäure von > 60 %
  - Kombi-Wirkung aus Kalk, Phosphor und Spurenelementen
  - Kalk und Phosphor in einer Gabe ausbringen
- Regionales Produkt aus Ostrau

# DOLOPHOS® 6 (LM)

## ➤ eine preiswerte Lösung

- ✓ Lieferung per Kipper-LKW (ca. 25 t)  
flächennah oder am Feldrand
- ✓ Rationelle Ausbringung mit dem Feuchtkalk-  
Großflächenstreuer



## Aufwandmenge zur Erhaltungskalkung:

**Ackerland: 30 dt/ha**  
entspricht: 1.200 kg/ha CaO  
180 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
140 kg/ha MgO

**Grünland: 20 dt/ha**  
entspricht: 800 kg/ha CaO  
120 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
95 kg/ha MgO

# P-Formenversuch auf Dauergrünland



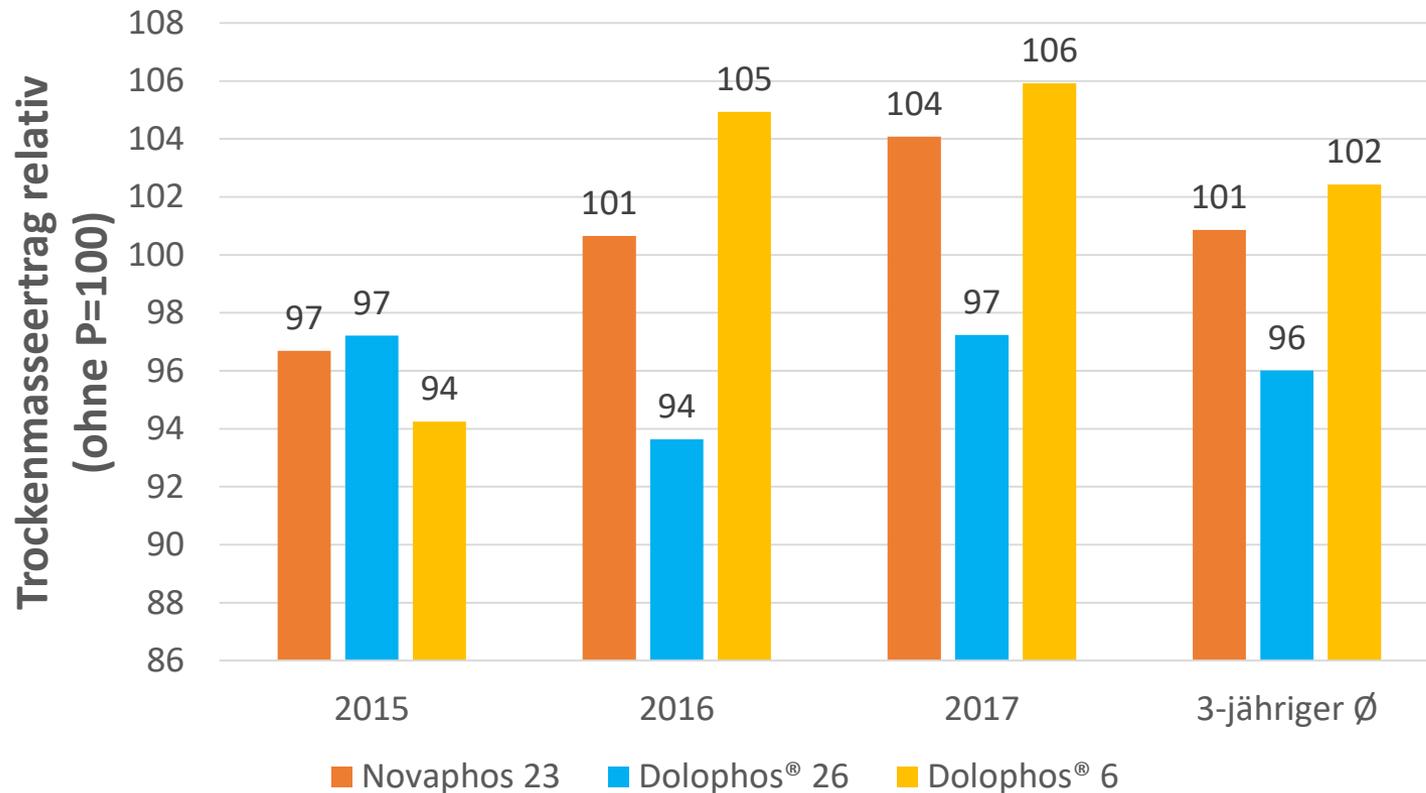
Thüringer  
Landesanstalt  
für Landwirtschaft

Standort: Oberweißbach, 680 m NN, Schieferschutt-Braunerde  
Ø-Jahrestemperatur 6,4 °C, Ø-Jahresniederschlag 902 mm

Nutzung: 3 Schnitte (2015: 4 Schnitte)

Düngung: jährlich 35 kg P/ha (= 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)

Boden: pH-Wert 5,7-6,1 (GHK=C); Kalkausgleich zu Versuchsbeginn



TLL-Versuchsbericht, Aufgabe 25.20, Juni 2018

# Zusammenfassung

- Die **Bodenfruchtbarkeit** kennzeichnet die Ertragsfähigkeit und Produktivität unserer Böden
- Ein **optimaler Kalk-Versorgungszustand** ist die wesentliche Voraussetzung zur Sicherstellung einer guten Bodenfruchtbarkeit
- Die **Kalkdüngung** verbessert
  - die Bodenstruktur
  - die Durchwurzelbarkeit
  - die Nährstoffverfügbarkeit
  - das Nährstoffaneignungsvermögen
  - das Bodenleben

# FAZIT

Ohne geordnete Kalkdüngung ist eine nachhaltige und rentable Pflanzenproduktion nicht möglich.

**„Kalk ist nicht alles,  
aber ohne Kalk ist alles nichts“**

# Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



**Für das Jahr 2020 alles Gute, Gesundheit und Erfolg !**