



# Herzlich Willkommen bei „Pflanzenbau aktuell“ der LLG

Vortragsthema:

## **Mit Kalk und Humus den Boden fit machen**

Referent: Max Schmidt  
Kalk- und Bodenspezialist



# Ertragssicherheit im Klimawandel

## Gefährdungsfaktoren und Gegenmaßnahmen

- Dürrestress
- Strahlungsstress
- Starkregen
- Verschlämmung
- Bodenerosion
- Wasserspeicherung
- Bodenverdichtung
- Versauerung
- Humusschwund
- Biostimulanzien
- Eff. Mikroorganismen
- Biokohle
- Algenkalk
- Terra Preta
- Gesteinsmehle/Ceolithe
- Komposttee
- Fulvo- und Huminsäuren
- Gentechnik

# Was braucht die Pflanze vom Boden?

1. Wurzelraum
2. Wasser und Nährstoffe
3. Sauerstoff für die Wurzelatmung (Wärme)



# Daraus besteht ein Mineralboden

	Korngröße in mm	Anteil in Gew. %
Sand	2,00 – 0,063	10 – 85
Schluff	0,063 – 0,002	10 – 80
Ton (Kolloide)	< 0,002	5 – 50
Kalk		0 - 10
Humus (C und N, Kolloide)		1 – 4 (3 – 10 vol.)

Bodenarten: Sand, lehmiger Sand, sandig/schluffige  
Lehme, toniger Lehm, Ton

Mineralien: Quarz, primäre und sekundäre Silikate  
(Glimmer, Feldspäte, Tonminerale)



# Kolloide (Austauscher)

- Tonminerale und Huminstoffe
- Kleinste Bestandteile des Bodens  $<0,002\text{mm}$
- Negative Ladung kann basische Kationen austauschbar speichern (  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  )
- In sauren Böden  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{+++}$
- Potentielle und effektive KAK (Kationenaustauschkapazität)
- Höhe der effektiven KAK = Maßstab für die Bodenfruchtbarkeit



**Parabraunerde aus Löss**  
(Löss: Kalkgehalt 20 – 30%)

Optimaler Bodenzustand  
Basen- und Nährstoffreich  
Tiefgründig  
Optimale Luft- und  
Wasserführung

Feste Bodenbestandteile

50 - 55 %

Porenvolumen

45 - 50 %

Grobporen > 10  $\mu$

10 - 20 %

Mittelporen 0,2-10  $\mu$

15 - 25 %

Nutzbare Feldkapazität  
(nFK) 180 - 220 l/m<sup>2</sup>

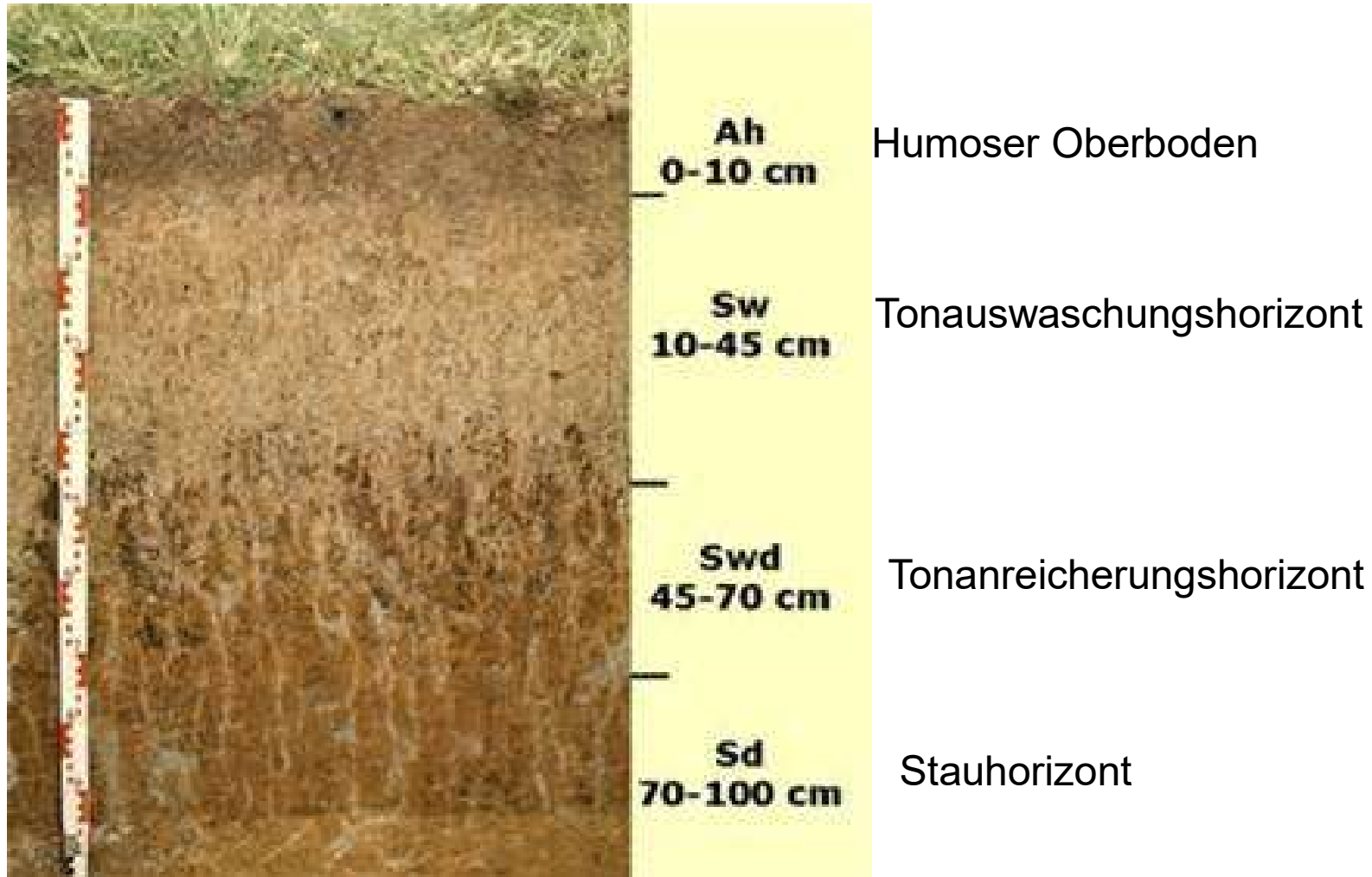




# Prozesse der Bodenentwicklung

- Entbasung (Entkalkung), Tonmineralbildung
- Humusanreicherung und Gefügebildung
- Versauerung
- Tonverlagerung und Gareschwund
- Unterbodenverdichtung
- Vernässung
- Bildung von Moder- und Rohhumus
- Tonmineralzerstörung

# Pseudogley aus Lösslehm





# Versauerung und Kalziummangel



links: Wachstumsstörungen  
in Wintergerste, Herbst 2012

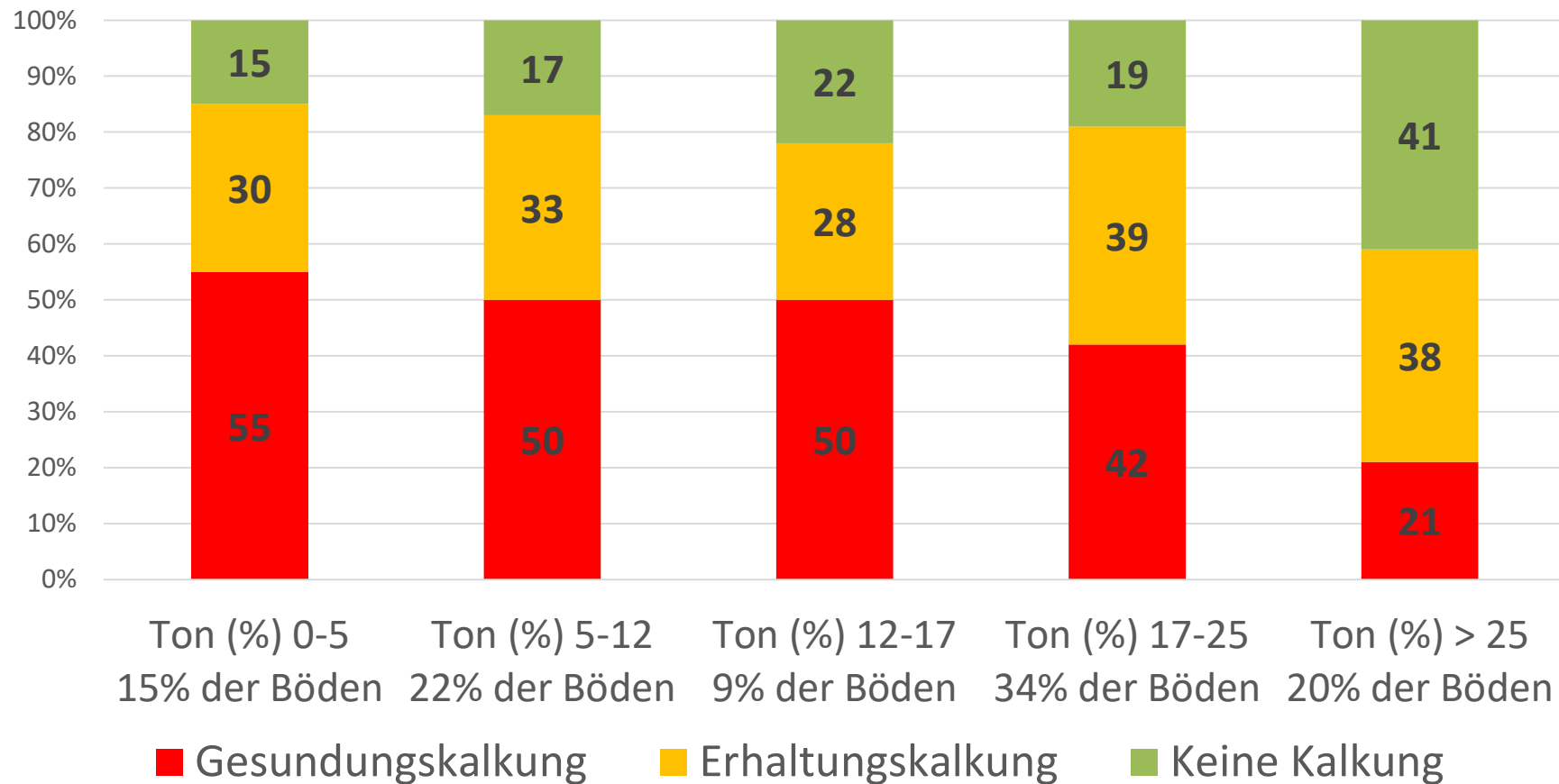


rechts:  
Tribschäden und deformierte Wurzel  
durch Kalkmangel bei pH 4

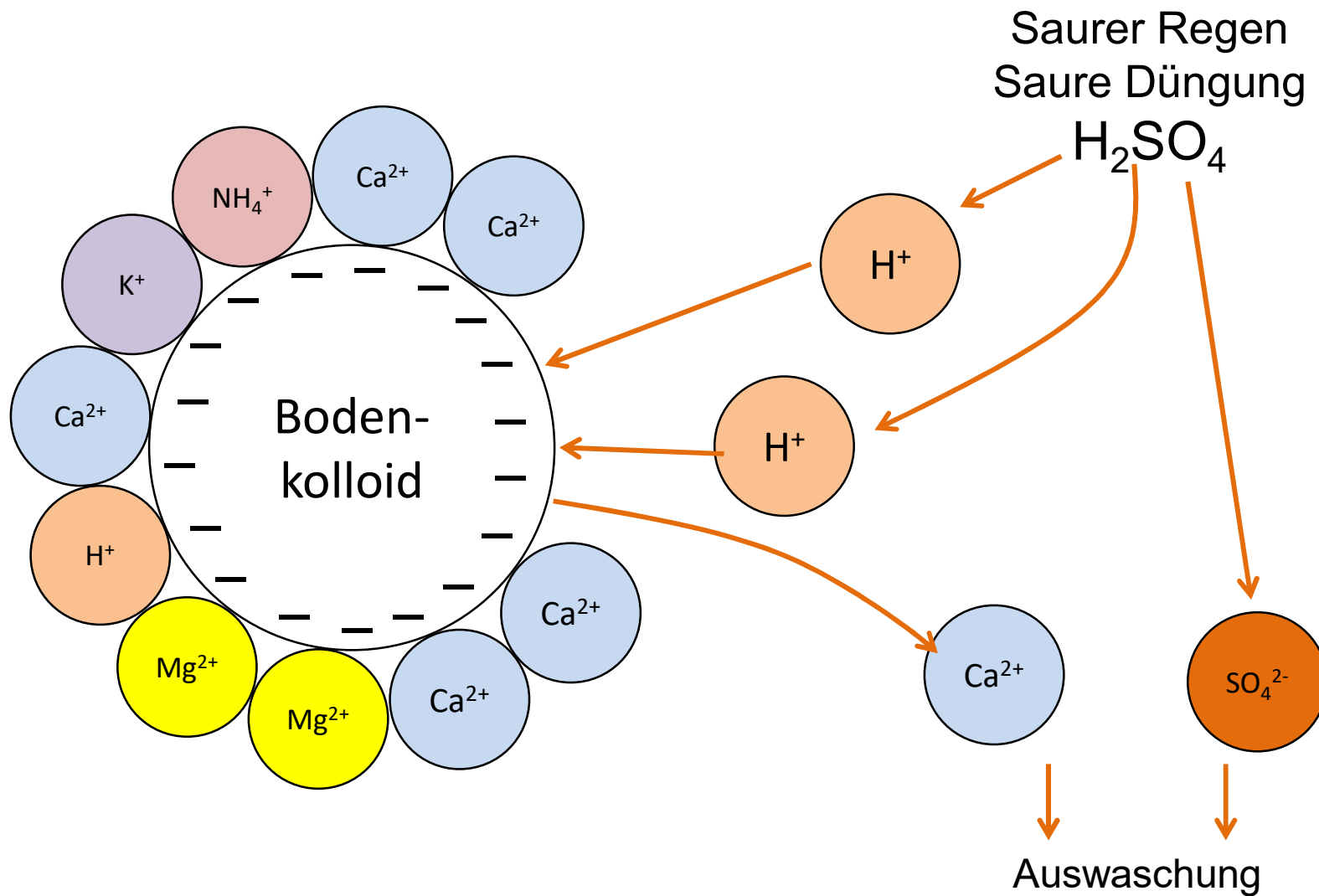
# Bodenzustandsbericht 2018

## Kalkversorgung und pH-Werte

Ca. 12 Mio. ha Ackerland, Raster 8 x 8 km >3.000 Probepunkte

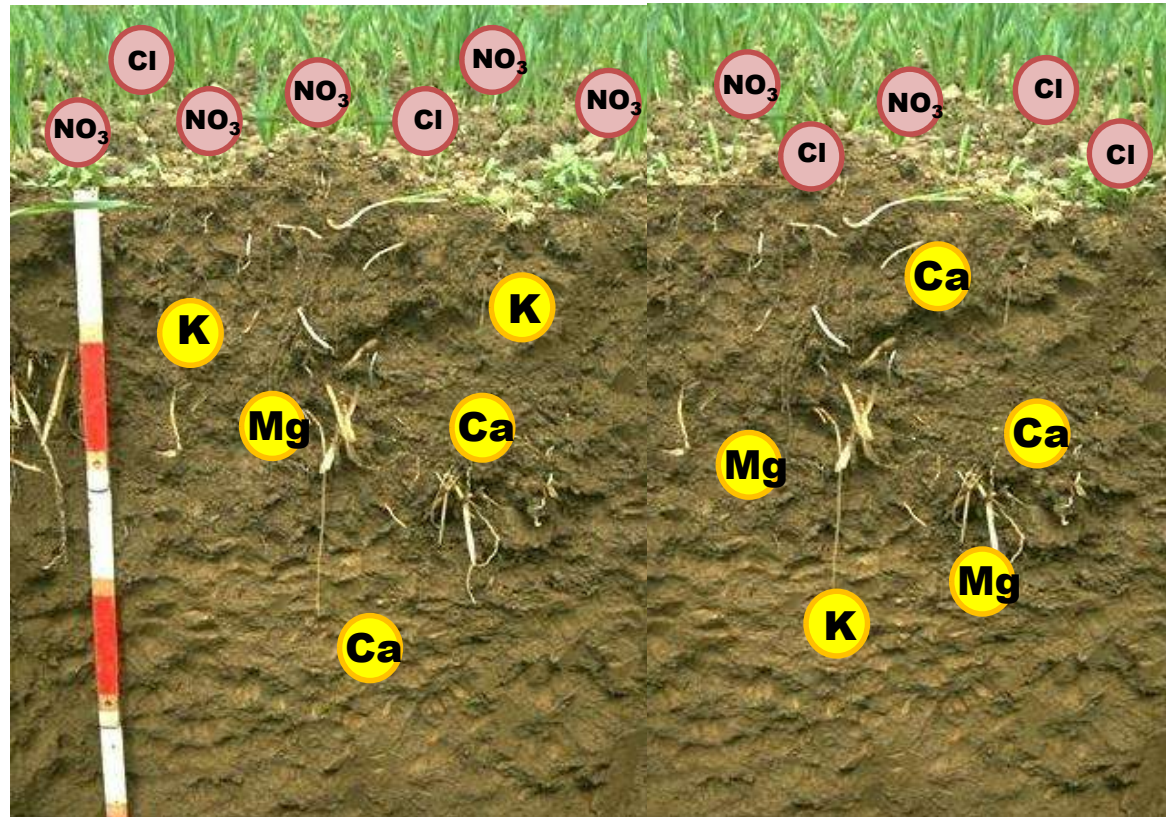


# Versauerung und Auswaschung





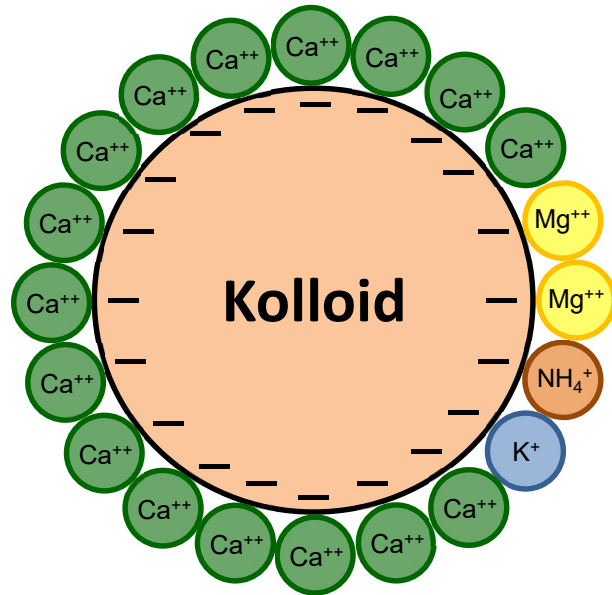
# Düngung/Basenauswaschung



Quelle:  
Prof. Dr. Bernhard Göbel

# Kationenbelegung der Austauscher (Kolloide)

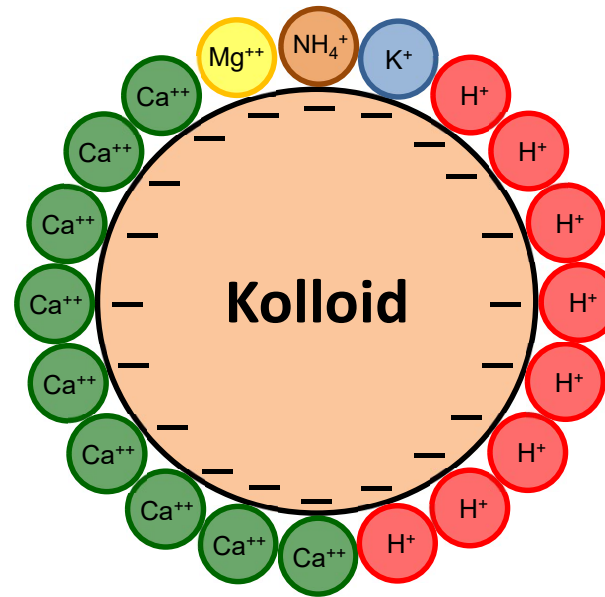
Idealer Boden  
gute Bodenstruktur



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**

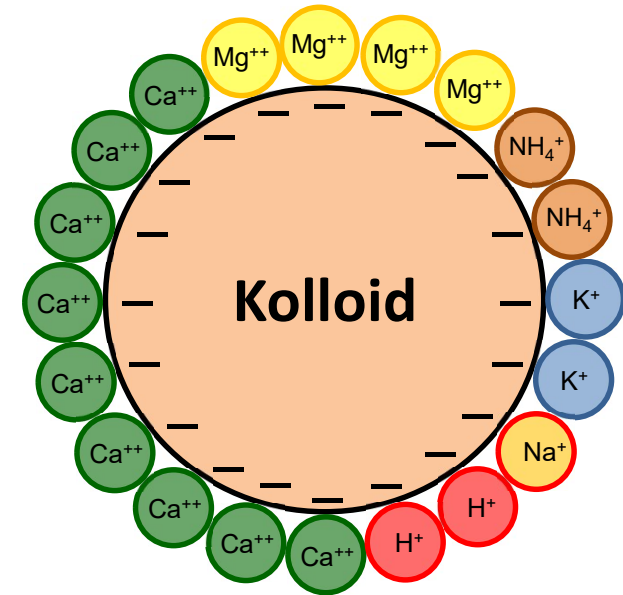
Versauert  
schlechte Bodenstruktur



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**

Überdüngt



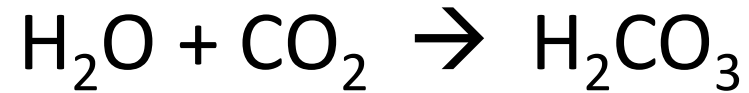
45 % Ca<sup>++</sup>  
20 % Mg<sup>++</sup>  
10 % K<sup>+</sup>  
5 % Na<sup>+</sup>  
10 % NH<sub>4</sub><sup>+</sup>  
**10 % H<sup>+</sup>**

**pH 6,5**





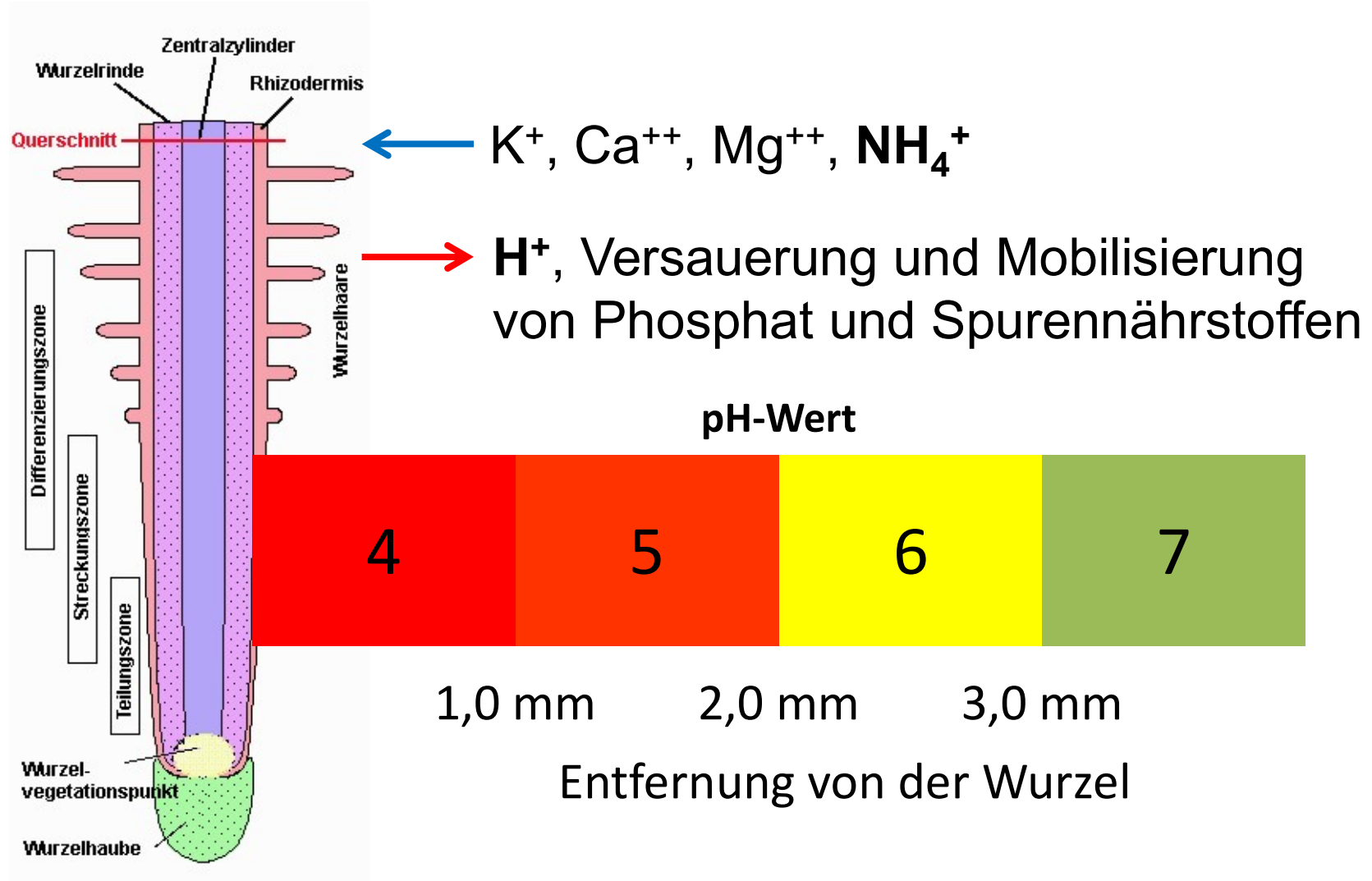
# Die Kohlensäure im Boden



Wichtig für:

- Mineralverwitterung (Glimmer, Feldspäte)
- Nährstofffreisetzung (Kalium, Kalzium)
- Mineralneubildung (Tonminerale)
- Phosphatmobilisierung (Ca-Phosphate)
- Spurennährstoffmobilisierung
- Aufbau des Karbonatpuffersystems

# Nährstoffaufnahme, Protonenabgabe und Nährstoffmobilisierung



# Grundlagen der Ertragssicherheit

## Das Porensystem des Bodens:

- Feinporen ( $< 0,2 \mu\text{m}$ )
  - Mittelporen ( $0,2 - 10 \mu\text{m}$ )
  - enge (langsam dränende) Grobporen ( $10 - 50 \mu\text{m}$ )
  - weite (schnell dränende) Grobporen ( $> 50 \mu\text{m}$ )
  - Kontinuität der Poren
- 
- Totwasser
- nFK
- Luftkapazität
- wichtig für Luftdurchlässigkeit und Wasserleitfähigkeit





Versuch Dürnast  
TU Freising

Zuckerrüben

Vorne pH 5,5  
Hinten pH 6,6

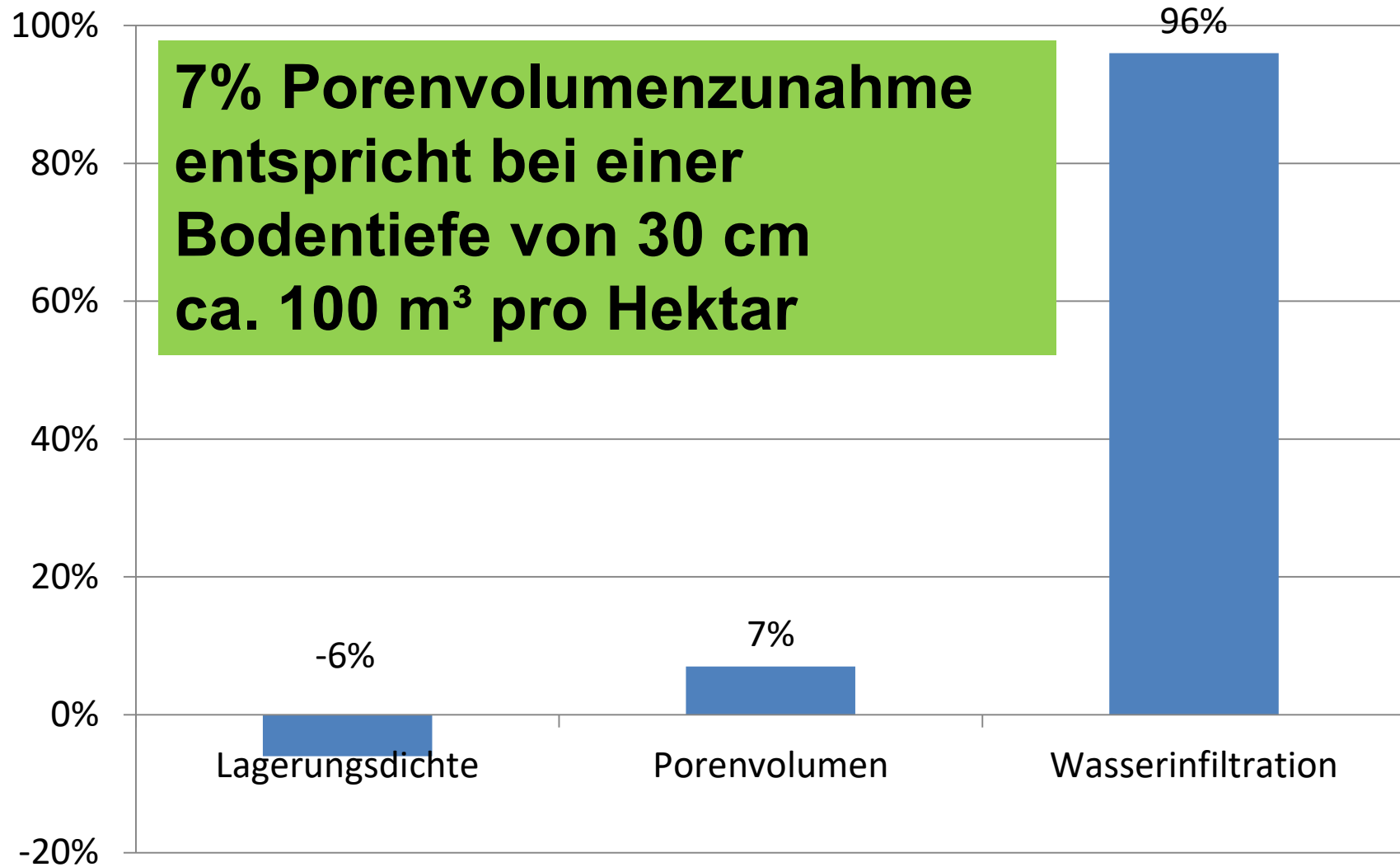
Problem:

Verschlämmung

Dichtlagerung

Sauerstoffmangel





Veränderung wichtiger bodenphysikalischer Kennwerte nach 15 Jahren Kalkanwendung (1978 – 1993). Aufkalkung von pH 5,5 auf pH 6,6 (Quelle: Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Gutser TU München)



## Anzustrebendes Bodengefüge



### Bodenoberfläche

- Mulchauflage
- offene Bioporen

### Oberkrume

- gut aggregiert, locker
- viele tiefreichende Bioporen

### Unterkrume


- Aggregate +/- scharfkantig
- etwas kompakt, daher tragfähig
- ausreichende biog. Perforierung
- unauffällige Wurzelverteilung

### Krumennaher Unterboden

- etwas kompakt, tragfähig
- ausreichende biog. Perforierung
- unauffällige Wurzelverteilung

### Unterboden

- unverdichtet, viele Bioporen



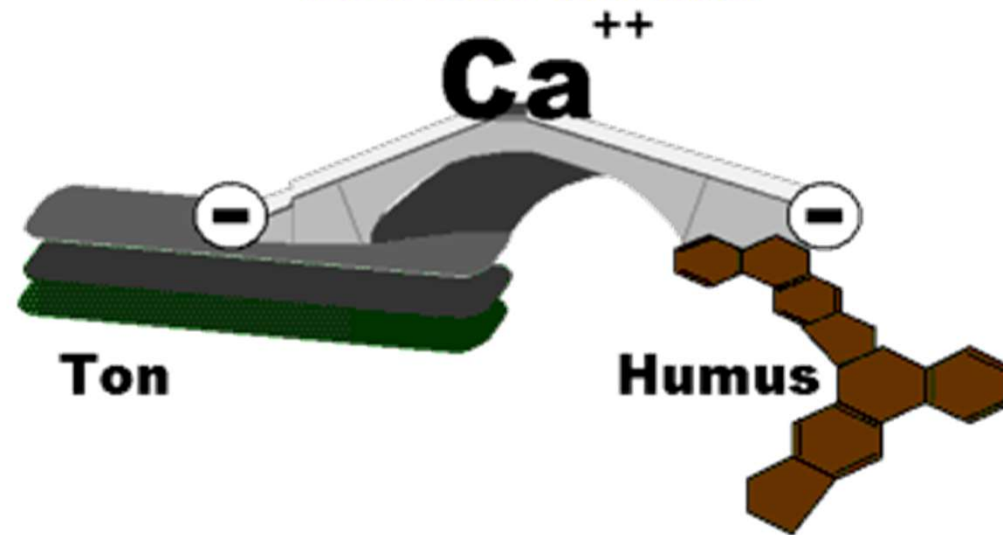
## Voraussetzungen für die Lebendverbauung nach Sekera (Originaltext)

1. Die Primäraggregate müssen wasserbeständig vorgebildet sein, kolloidale mikroskopisch und submikroskopisch kleine Einzelteilchen können von den Mikroorganismen nicht zusammengehalten werden. Je größer und sperriger die Aggregate sind, umso leichter werden sie verbaut. Liegen die Bodenkolloide in peptisierter und beweglicher Form vor, so muss durch eine **Kalk- bzw. Gipsdüngung** der Kalkzustand in Ordnung gebracht und eine **Kolloidausflockung** herbeigeführt werden.



# Ton-Humus-Komplex

**Ca - Brücke zwischen  
Ton und Humus**



# Der Kohlenstoffkreislauf

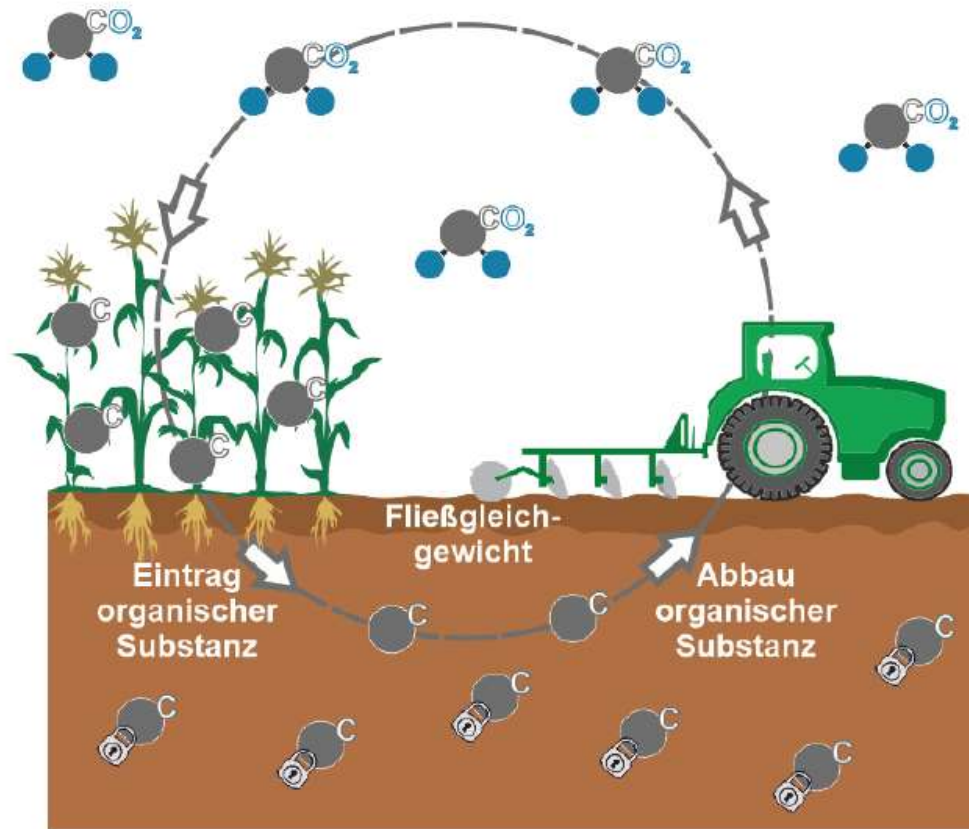
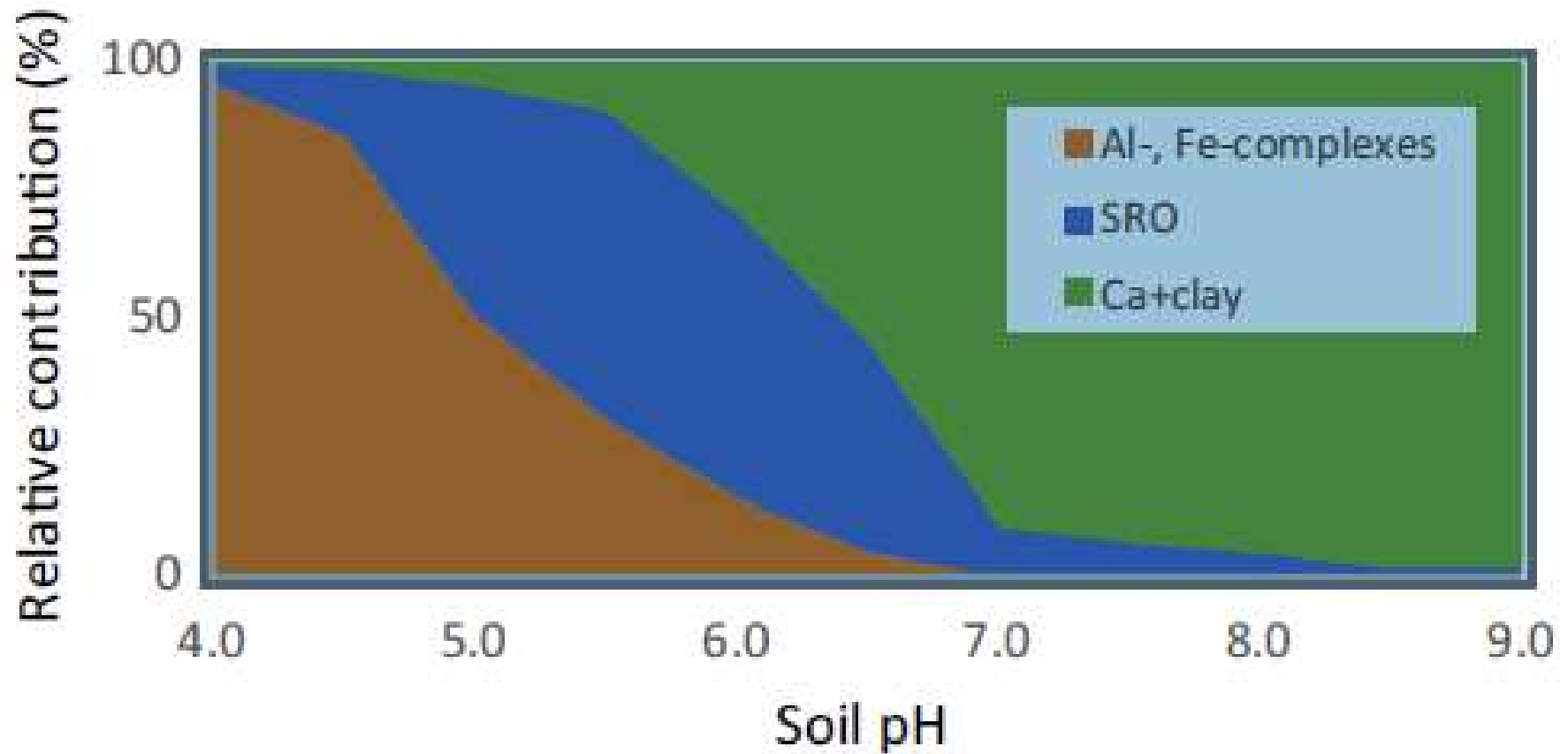


Abbildung 1: Unter konstanten Klima- und Bewirtschaftungsbedingungen nähert sich der  $C_{org}$ -Vorrat im Boden langfristig einem Fließgleichgewicht aus Eintrag (z.B. Ernterückstände, organische Dünger) und Abbau der organischen Substanz an.

# Humusbindungsformen in Abhängigkeit vom pH-Wert



Grafik: Rasmussen et al., 2018

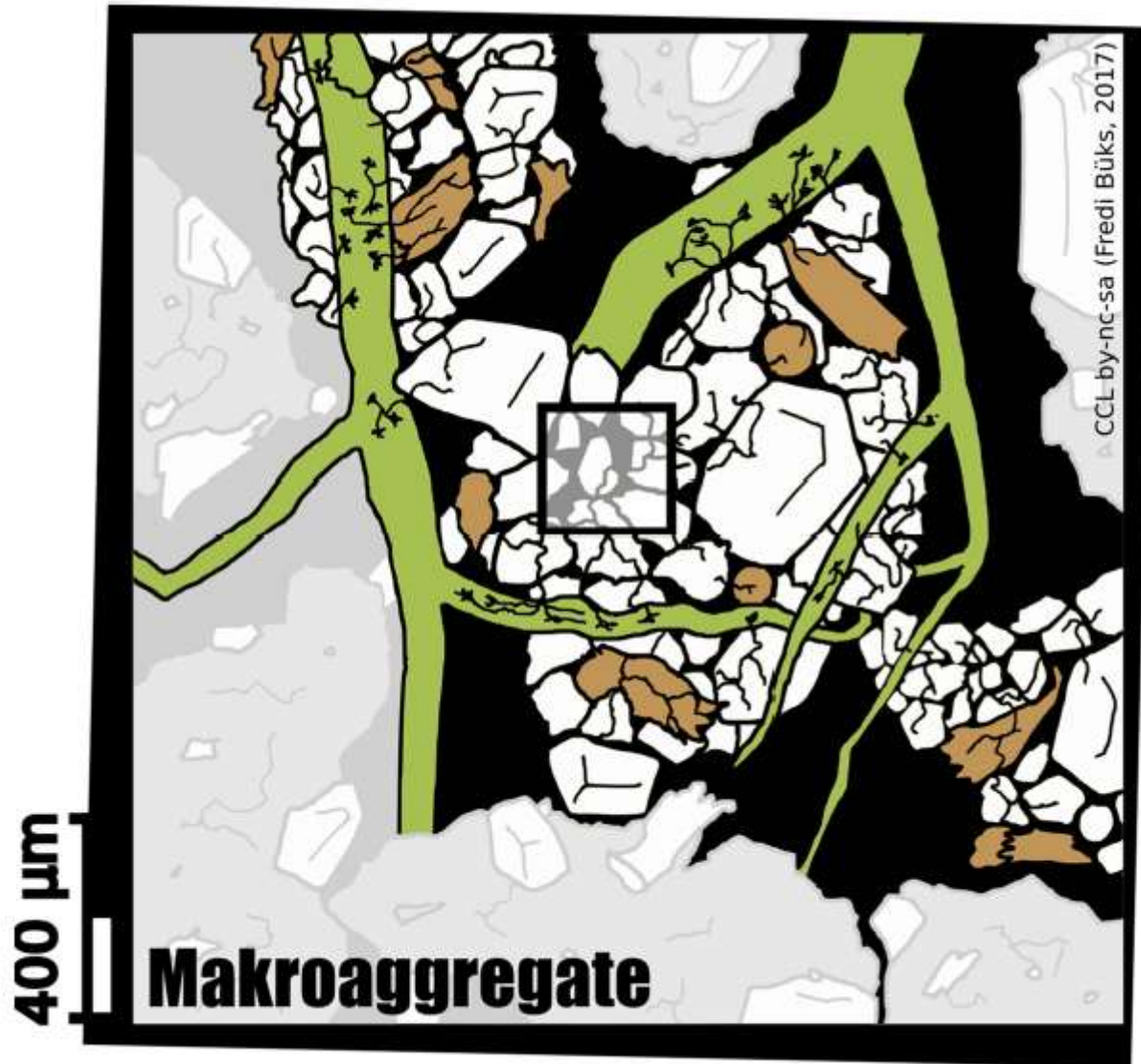


# Die wichtigsten Eigenschaften der Huminstoffe

Eigenschaften	Grahuminsäuren Braunhuminsäuren	Fulvosäuren Hymatomelans.
Bildung	in kalkreichen Böden	in sauren Böden
Säurecharakter	schwach	stark
Bindung an Tonminerale	hoch (Ton-Humuskomplexe)	gering
C- Gehalt in %	bis > 60	~ 45
N-Gehalt in %	bis 8	0,5 – 2 (4)
Stabilität	hoch	gering
Wasserhaltevermögen	hoch	gering
Sorptionsvermögen (KAK)	hoch	gering
Bodentypen	kalkreiche Braunerden Schwarzerden	Podsole saure Braunerden



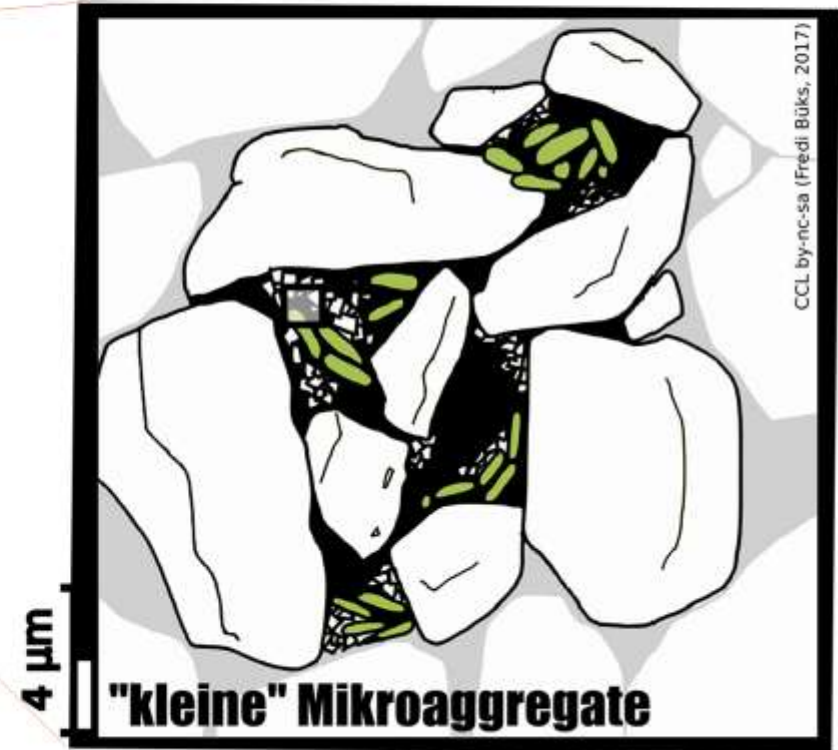
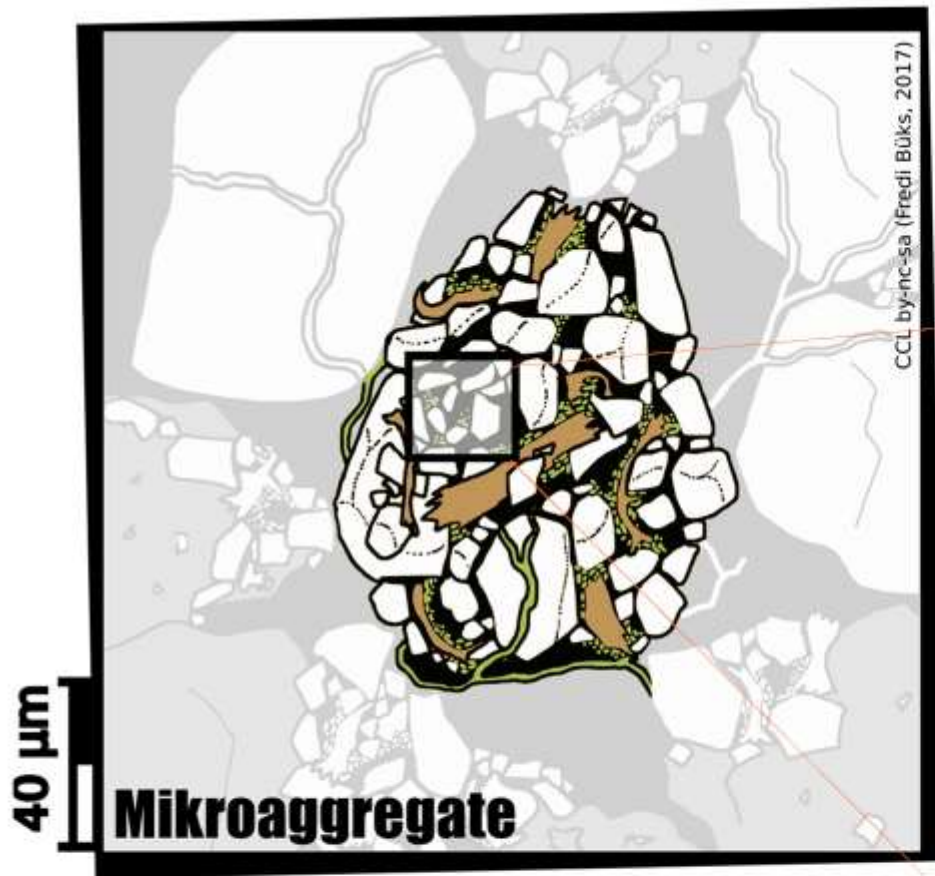
# Ton-Humus-Komplex



*Fredrick Büks 2017*



# Ton-Humus-Komplex



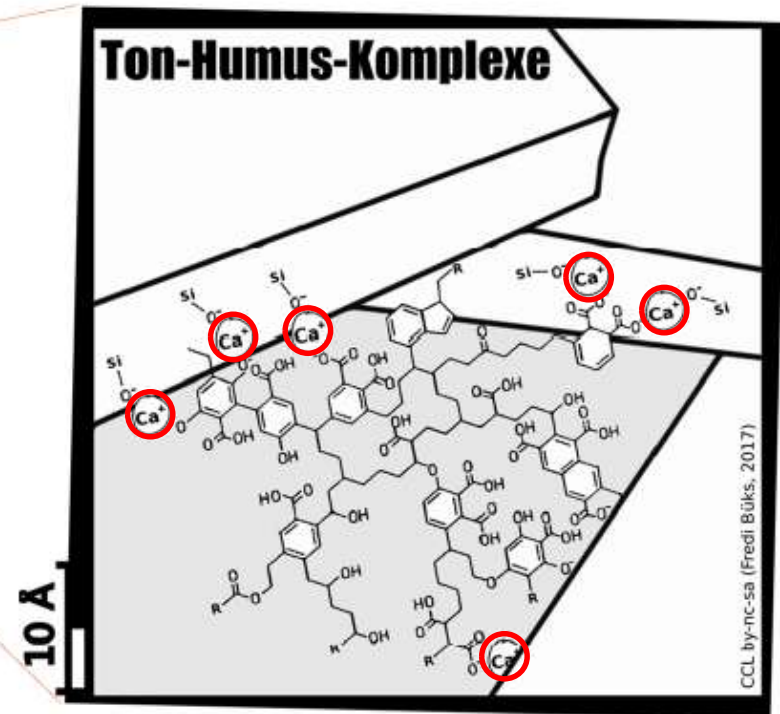
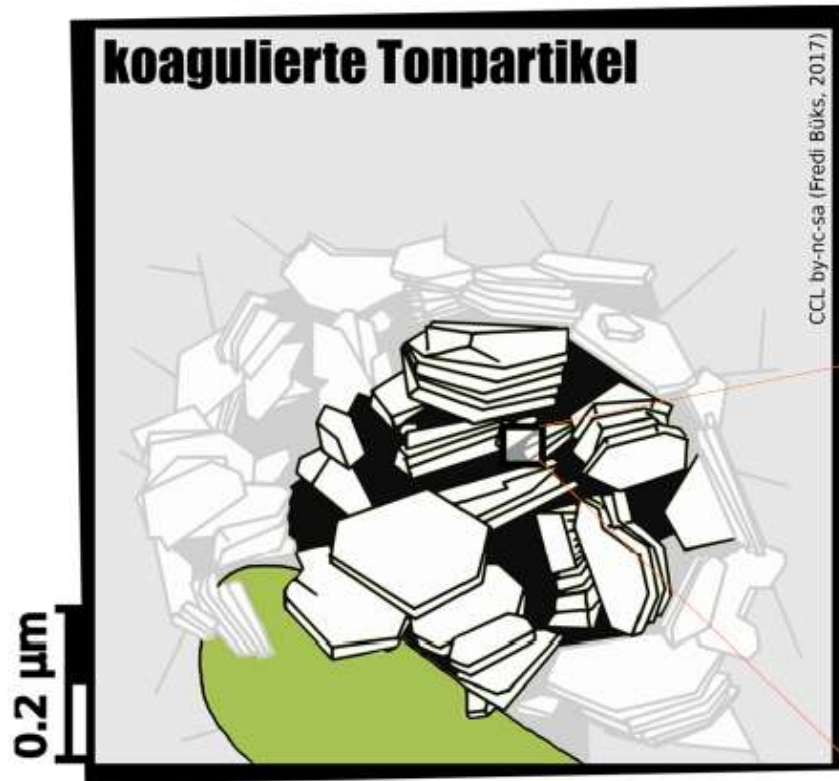
*Frederick Büks 2017*





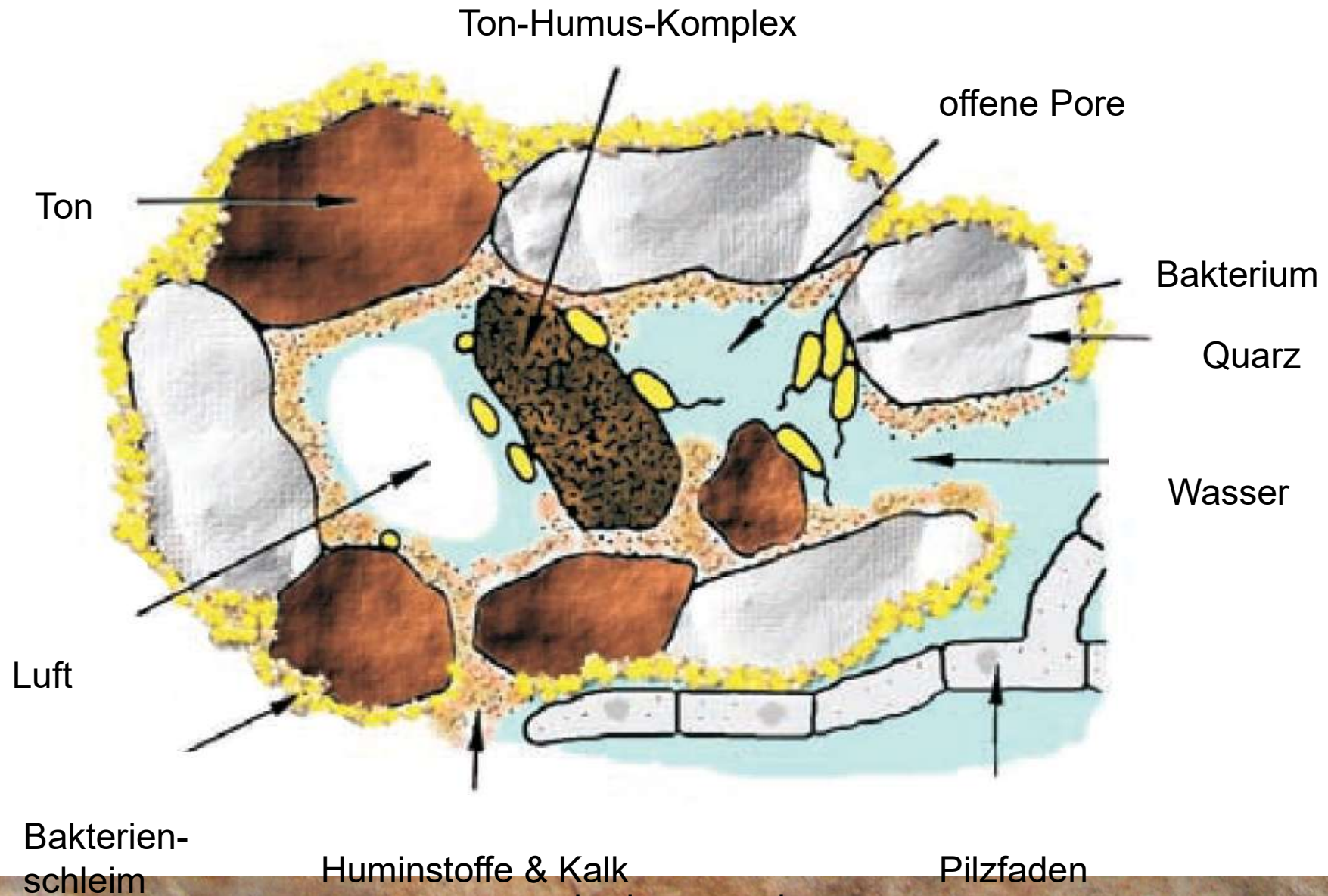


# Ton-Humus-Komplex



*Frederick Büks 2017*

# Aufbau stabiler Bodenkrümel





# Regenwürmer






# Lebendverbauung des Bodens durch Regenwürmer und Mikroorganismen

Gesamtmenge der Boden-  
Fauna auf einem fruchtbaren  
Ackerboden  
**10.000 – 20.000 kg/ha**

Regenwurmmenge auf  
Ackerböden  
0 - > 1.000 kg/ha

Auf Grünland  
1.000 – 2.000 kg/ha  
Bodenumschichtung  
50 – 100 t/ha und Jahr





# Maßnahmen zur Förderung der Regenwürmer und Bodenbiologie

- Optimale Kalkversorgung, pH 6 – 7,5
- Reduzierte Bodenbearbeitung nach dem Grundsatz: nur so tief wie nötig, so selten wie möglich!
- Reiches Nahrungsangebot und Bodenbedeckung
- günstig in der Fruchtfolge: Klee gras oder Raps
- Ungünstig: Mais, Rüben und Kartoffeln



# Starkregen Mai 2013



links: pH 7



rechts: pH 6



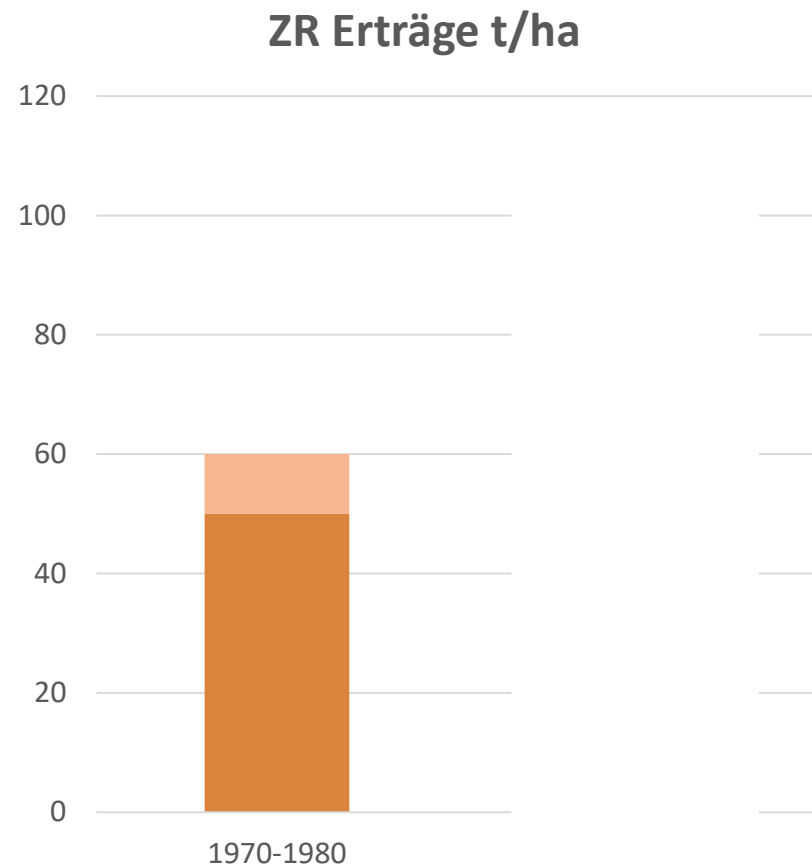
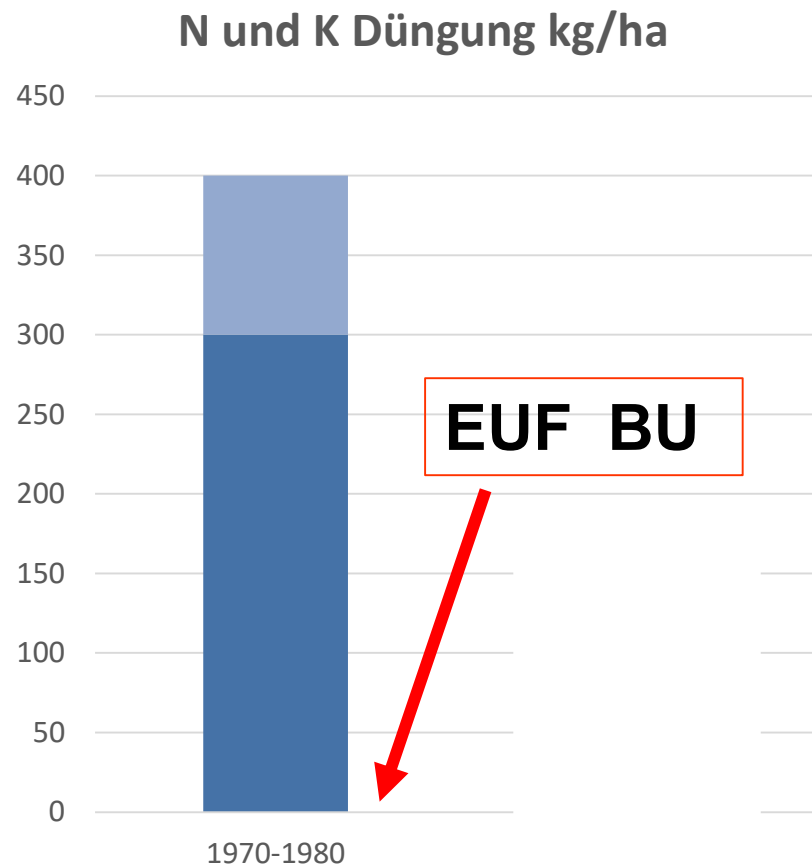


# Ertragsentwicklung im Pflanzenbau

DLG Wintertagung 2016, Prof. Taube CAU Kiel

- Zuchtfortschritt bei allen Kulturen
- Stagnation der Erträge bei Getreide und Raps (Rückgänge in den letzten Jahren)
- Leichte Rückgänge bei Mais
- Zuchtfortschritt wird nicht in die Praxis umgesetzt
- **Ertragssteigerungen nur bei Zuckerrüben**
- Woran liegt es? (Boden, Klima, Düngung)

# Entwicklung der Düngung und Erträge bei Zuckerrüben



**Nach EUF BU: Reduzierung der NPK-Düngung und höhere Kalkempfehlung**




# Maßnahmen für mehr Ertragssicherheit

- Kalkversorgung verbessern (pH-Wert)
- Vorrat an zweiwertigen Kationen aufbauen
- Böden ins Gleichgewicht bringen
- Kalke und Gips liefern zweiwertige Kationen  $\text{Ca}^{++}$
- Humus erhalten und aufbauen (Bodengare!!!)

Für die nachhaltige landwirtschaftliche Nutzung der Böden im humiden Klimabereich ist eine optimale Kalkversorgung unverzichtbar.





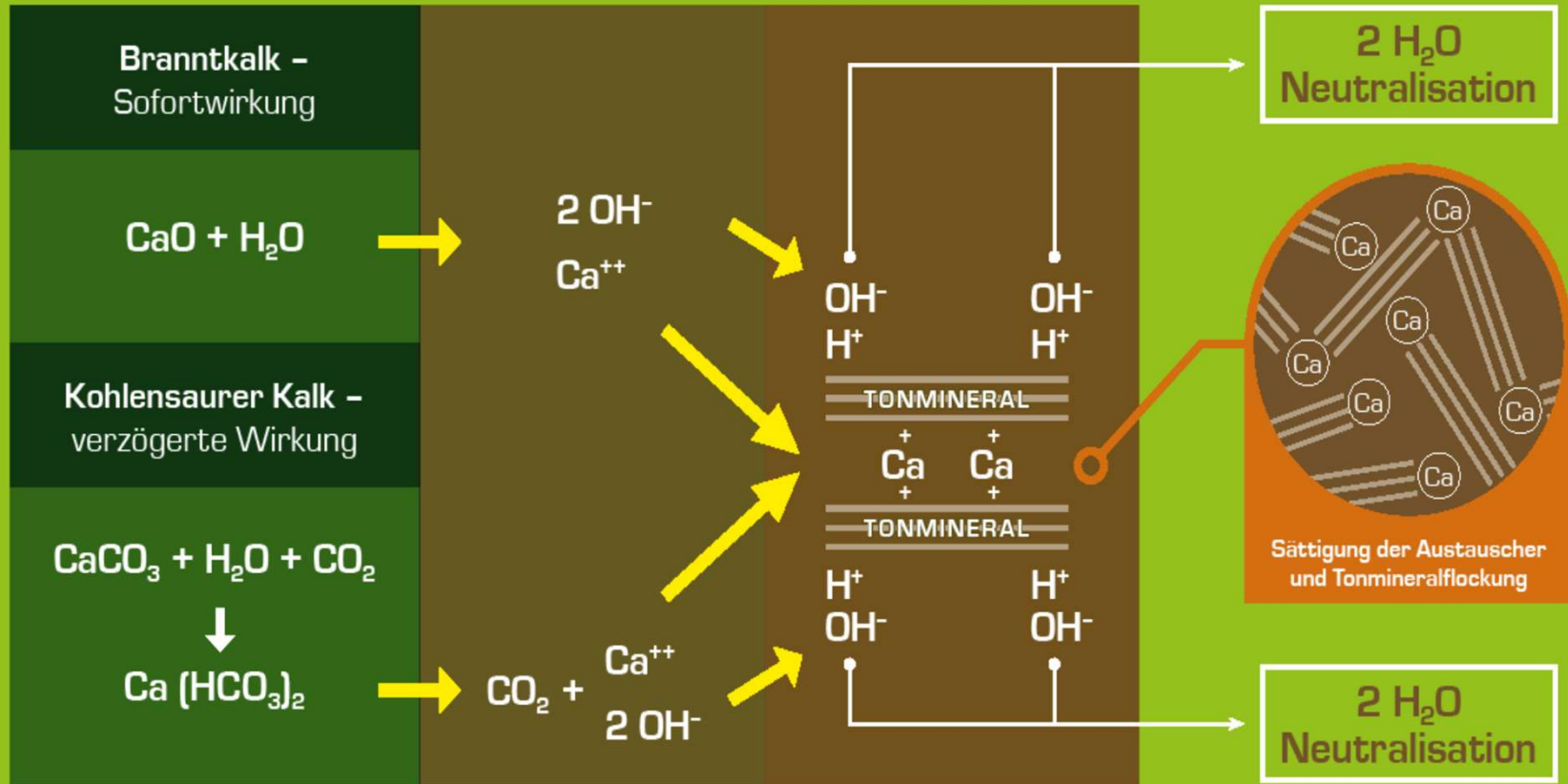
# Kalke liefern $\text{Ca}^{++}$ -Ionen und neutralisieren $\text{H}^+$ -Ionen (pH-Wert)

Brantkalk, Mischkalk (Femikal) und Kalke mit Holzasche (Cinical) wirken sofort nach der Einarbeitung.

Kohlens. Kalke mit und ohne Mg, verzögert je nach Mahlfeinheit und Reaktivität (MF1, Prädikat leicht umsetzbar!!)

Carbokalk + Schwarzkalk wirken sehr schnell

# So wirken Kalkdünger



# Branntkalkstreuer



Ausbringung von Branntkalk gem. mit 12 m Streuschnecke  
Vor der Rapssaat gegen Schnecken und Kohlhernie



# Kalke und Dünger mit Schwefel

Produktname	Nährstoffgehalt	Basisch wirksames CaO
Kohlens. Kalke mit Schwefel gemahlen, trocken und feucht	80% CaCO <sub>3</sub> (MgCO <sub>3</sub> ) 2 % S, 3 % Ca	40-45%
Dolosul Schwefel Magnesium Dünger, granuliert	10% S, 14% Ca 6% MgO, 20% MgO	25%
Granukal S (VKD)	70 CaCO <sub>3</sub> , 4,5 % S, 6 % Ca	40 %
GranuGips (GFR), aus Anhydrit und andere	20% S, 28% Ca	0%
Naturgips gem. (Rotgips)	15% S, 20% Ca	0%

# Feuchtkalkstreuer



Ausbringung einer angefeuchteten Kalk-Holzaschemischung als Kopfkalkung im Frühjahr



## Vorteile von Kalziumsulfat (Gips)

- Löslichkeit im Bodenwasser ca. 2g/Liter
- Ausreichend für eine optimale Schwefelversorgung der Pflanze
- Geringe Gefahr der Schwefelauswaschung
- Neutralsalz, mit sofort verfügbarem Kalzium und Sulfat
- Gips ist der Dünger für den Humusaufbau
- Als Granulat und gemahlen, naturfeucht





# Youtube Erklärvideos Boden

- Luzerne, Boden & Nährstoffe – Teil 1: Luzerne Bodenprofil:  
<https://youtu.be/iPF1MsOxExQ>
- Luzerne, Boden & Nährstoffe - Teil 2: Grundlagen zum Boden:  
[https://youtu.be/nCUo-9s\\_MYk](https://youtu.be/nCUo-9s_MYk)
- Luzerne, Boden & Nährstoffe - Teil 3: Humusbildung und pH-Wert:  
[https://youtu.be/q8HYh\\_WLw7k](https://youtu.be/q8HYh_WLw7k)
- Luzerne, Boden & Nährstoffe - Teil 4: Versauerung, KAK und Tonflockung:  
[https://youtu.be/OVe8F\\_83tcc](https://youtu.be/OVe8F_83tcc)
- Fachvortrag Kalkung HORSCH Live vom 12.12.2022

# Kalkdüngung

Gesunde Ackerböden – optimale Erträge

Die optimale Kalkversorgung ist eine der wichtigen Grundvoraussetzungen für eine erfolgreiche Ernte. Nach dem Motto „Kalk ist nicht alles, aber ohne Kalk ist alles nichts“ behandelt der Praxisratgeber die Kalkdüngung unter aktuellen Gesichtspunkten.

Dabei erläutert der Autor sehr anschaulich die chemischen Grundlagen. Einen besonderen Schwerpunkt legt der Ratgeber auch auf die praktische Bedarfsermittlung, die optimale Kalkauswahl und -ausbringung. Ein separates Kapitel zur Wirtschaftlichkeit der Kalkdüngung weist nach, dass die Kosten der Kalkdüngung vom Mehrertrag durch die Bodenaufbesserung bei Weitem übertroffen werden.

## Der Autor

Max Schmidt ist freiberuflicher Berater und war als Berater beim führenden Kalkvertriebsunternehmen in Süddeutschland und den neuen Bundesländern tätig. Er hat sich in dieser Zeit intensiv mit allen Kalkanwendungsgebieten in der Land- und Forstwirtschaft und der Nutztierhaltung beschäftigt. Er ist Dozent in Triesdorf (HSWT) und Referent bei der DLG-Akademie. Seine Hauptinteressensgebiete sind neben der Bodenkunde die Geologie und Ökologie.



Schmidt · Kalkdüngung · Gesunde Ackerböden – optimale Erträge



Der kleine Helfer von  
Spezialisten für den Praktiker

Die Ratgeber-Reihe packt Probleme bei ihrer Wurzel, schnell und unkompliziert. Dabei untersuchen die Autoren die Grundlagen zum Thema. Und zeigen dann konkrete, praktikable Lösungswege.



Schmidt

# Kalkdüngung

Gesunde Ackerböden –  
optimale Erträge

4. Auflage

ISBN 978-3-7690-2062-5

€ 7,50 (D) · € 7,70 (A) · Sfr 12,00



9 783769 020625





# Den Boden fit machen

## Struktur, Leben, Fruchtbarkeit

Landwirtschaftlich nutzbare Böden sind bei uns in Mitteleuropa knapp. Durch die Düngeverordnung stehen jetzt der Schutz des Bodens, seine Puffer- und Speicherfunktion für Wasser und Nährstoffe und der Gewässerschutz im Vordergrund.

Aber Düngeverordnung und Greeningauflagen sind nicht nur eine Belastung für die Betriebe, die Böden können dadurch auch so verbessert werden, dass diese mehr Bodendruck aushalten, die Nährstoffe effizienter verwerten, überschüssiges Wasser versickern lassen und pflanzenverfügbar speichern.

Die Böden fit zu machen für die verschiedenen Belastungssituationen, ist nicht nur volkswirtschaftlich notwendig, sondern für den Einzelbetrieb eine Chance, nachhaltiger und wirtschaftlicher zu produzieren.

### Die Autoren

**Max Schmidt** ist freiberuflicher Berater und Dozent an der HSWT in Triesdorf. In seiner Beratungstätigkeit beim führenden Kalkvertriebsunternehmen in Süddeutschland hat er sich intensiv mit allen Kalkanwendungsgebieten in der Land- und Forstwirtschaft sowie in der Tierhaltung beschäftigt. Seine Hauptinteressensgebiete sind neben der Bodenkunde die Geologie, die Ökologie und die Agrargeschichte.

**Max Stadler** ist seit über 30 Jahren im Pflanzenbau tätig und leitet neben anderen den Arbeitskreis Südbayern der GKB (Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung). Pfluglose Bodenbearbeitung, Erosions-, Gewässer- und Bodenschutz sind die Arbeitsschwerpunkte. Derzeit im Fachzentrum für Agrarökologie am Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Paffenhofen/Ilm tätig. Außerdem Mitautor im Biogasforum Bayern.

Schmidt · Stadler · Den Boden fit machen · Struktur, Leben, Fruchtbarkeit



## Der kleine Helfer von Spezialisten für den Praktiker

Die Ratgeber-Reihe packt Probleme bei ihrer Wurzel, schnell und unkompliziert. Dabei untersuchen die Autoren die Grundlagen zum Thema. Und zeigen dann konkrete, praktikable Lösungswege.



Schmidt · Stadler

# Den Boden fit machen

## Struktur, Leben, Fruchtbarkeit





**Herzlichen Dank für Ihr Interesse**

**„Für mehr Ertragssicherheit muss dem NPK-Zeitalter  
das Kalk- und Humuszeitalter folgen“**

Max Schmidt, Mobiltel. 0176/94445690

[schmidt@boden-max.de](mailto:schmidt@boden-max.de)

[www.boden-max.de](http://www.boden-max.de)

[www.boden-max.de](http://www.boden-max.de)