

Präsentation

Bodenfruchtbarkeit/Nährstoffdynamik im Boden

Univ.Lek.DI Hans Unterfrauner

Download

www.landschaftsoekologie.at

Inhalt

- Bodenfruchtbarkeit
- Erfassen
 - Zusammensetzung von Pflanzen und Böden
 - Interaktionen von Nährelementen
 - Dynamik in Böden
- Bewerten, Optimieren

Bodenfruchtbarkeit

Definitionen

Uni Münster: Hypersoil.Uni-muenster.de

Der Begriff Bodenfruchtbarkeit wird hauptsächlich in der Landwirtschaft verwendet und in der Literatur vielfältig diskutiert. Gisi definiert Bodenfruchtbarkeit als " ... die Fähigkeit eines Bodens, Frucht zu tragen, d.h. den Pflanzen als Standort zu dienen und nachhaltig regelmäßige Pflanzenerträge von hoher Qualität zu erzeugen". Synonym dazu werden die Begriffe Ertragsfähigkeit oder Produktivität des Bodens (Schröder) verwendet.

Scheffer/Schachtschabel 2002

„... ist die Fähigkeit von Natur- und Kulturböden, den Pflanzen als Standort zu dienen“

Meyers Lexikon

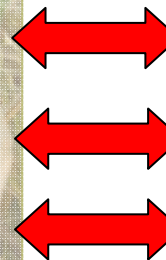
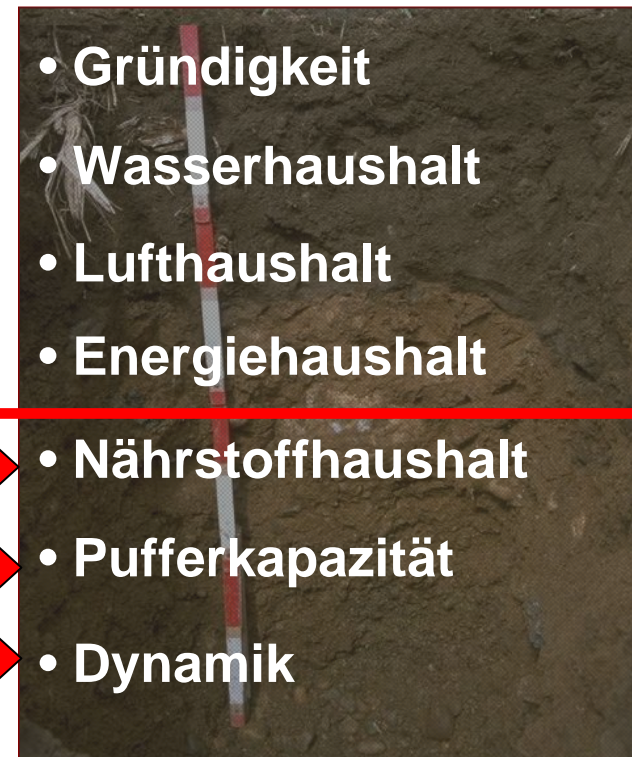
„...Maß für die Eignung eines Bodens für das Pflanzenwachstum; ausgedrückt wird seine Fähigkeit, die Lebensbedürfnisse der Pflanzen zu befriedigen, z. B. ihre Wurzeln mit Wasser, Luft und Nährstoffen zu versorgen“

Bodenfruchtbarkeit

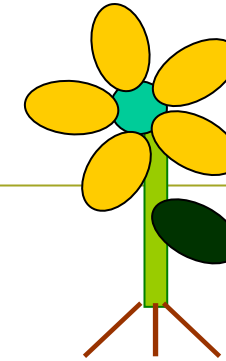
Pflanzen anspruch



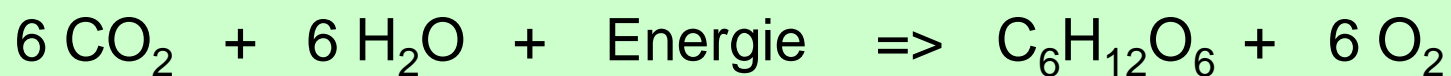
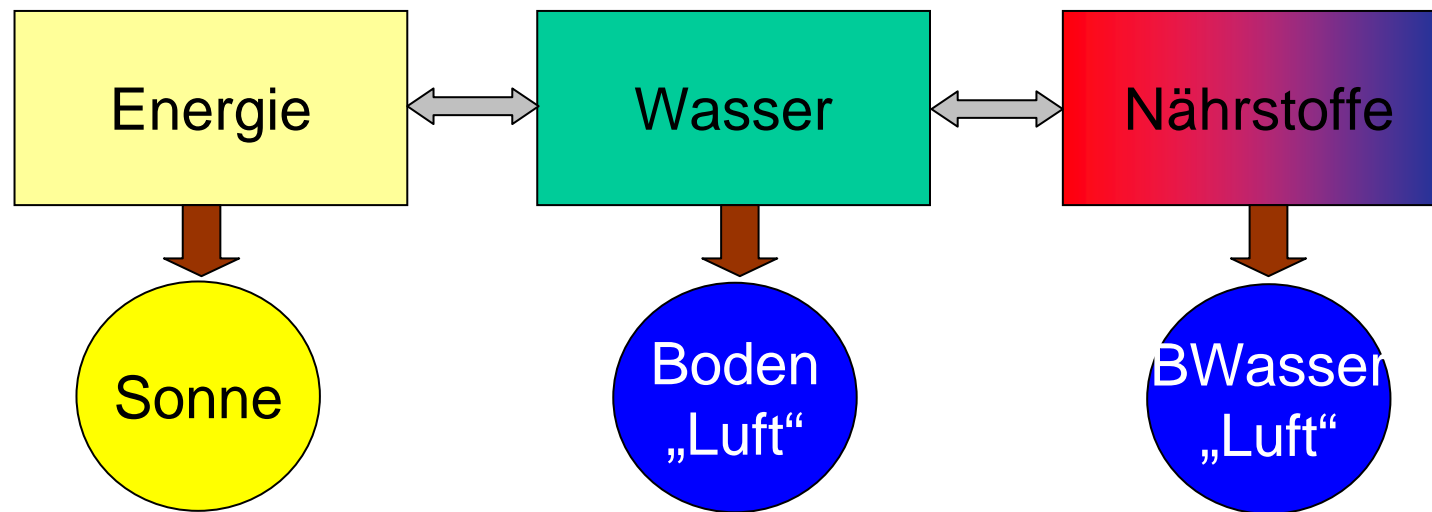
Boden eigenschaften



Nährstoffe



Was benötigt eine Pflanze....



Nährelemente/Nährstoffe

Nährelement: Element ohne dem Pflanzenwachstum unmöglich ist

Nährstoff: Für Wurzeln aufnehmbare Form der Nährelemente

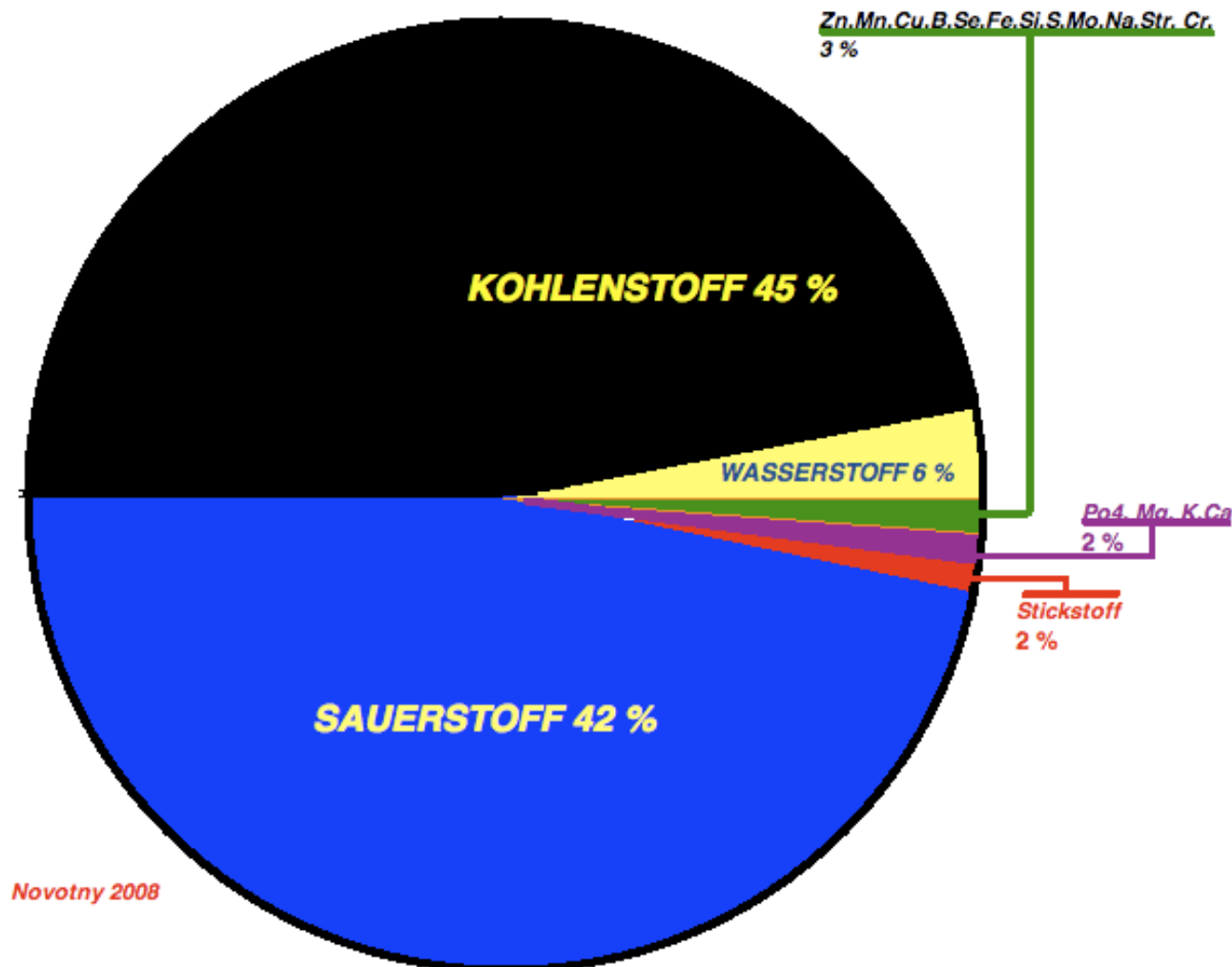
Grundnährelemente: C, H, O

Makronährelemente: N, K, Ca, Mg, P, S

Mikronährelemente: Cl, Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo, Ni

Nützlichen Elemente: Si, Na, Co, V, andere

Zusammensetzung einer Pflanze



Zusammensetzung eines Bodens



„Kalkboden“

- Ca, (Mg), CO₃,
- Organische Substanz (C,O,H, N, P, K,)

„Silikatboden“

- Si, Al, Fe, K, Mg, Ca, P, S, Zn
Cu, Zn, Mn, Mo, Ni,...
- Organische Substanz (C,O,H, N, P, K,)

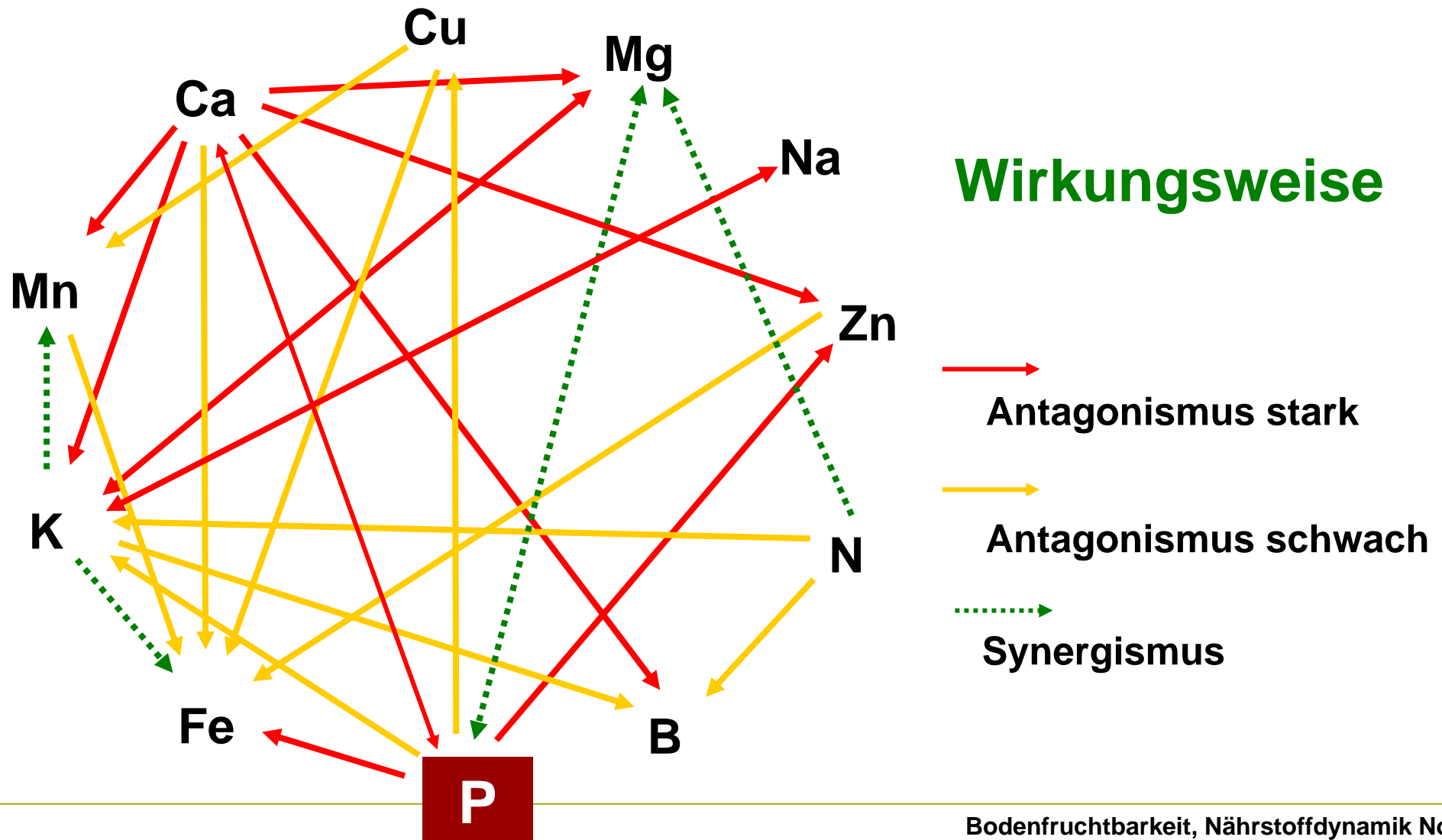
Makronährelemente

| Kultur | Ertrag t/ha | N [kg/ha] | P [kg/ha] | K [kg/ha] | Ca [kg/ha] | Mg [kg/ha] |
|------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Getreide | 5,0 | 120 | 25 | 73 | 25 | 15 |
| ZR | 50,0 | 270 | 43 | 350 | 72 | 51 |
| Mais | 8,0 | 180 | 42 | 200 | 45 | 38 |
| Kartoffeln | 30,0 | 135 | 30 | 213 | 63 | 21 |
| Grünland | 8,0 | (250) | 38 | 280 | 64 | 24 |
| Gemüse | 40,0 | 270 | 35 | 290 | 60 | 64 |

Mikronährelemente

| Kultur | Ertrag t/ha | B [kg/ha] | Mn [kg/ha] | Zn [kg/ha] | Cu [kg/ha] |
|------------|----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Getreide | 5,0 | 0,03 | 0,50 | 0,43 | 0,07 |
| ZR | 50,0 | 0,60 | 1,28 | 0,72 | 0,10 |
| Mais | 8,0 | 0,13 | 0,80 | 0,60 | 0,24 |
| Kartoffeln | 30,0 | 0,43 | 0,84 | 0,36 | 0,22 |
| Grünland | 8,0 | 0,06 | 1,20 | 0,40 | 0,12 |
| Gemüse | 40,0 | 0,58 | 1,24 | 0,11 | 0,56 |

Wirkungsgefüge



Transportmechanismen

Massenfluss:

Wasserstrom zur Wurzel, durch Transpiration angetrieben

Diffusion:

Ausgleich von Konzentrationsunterschieden

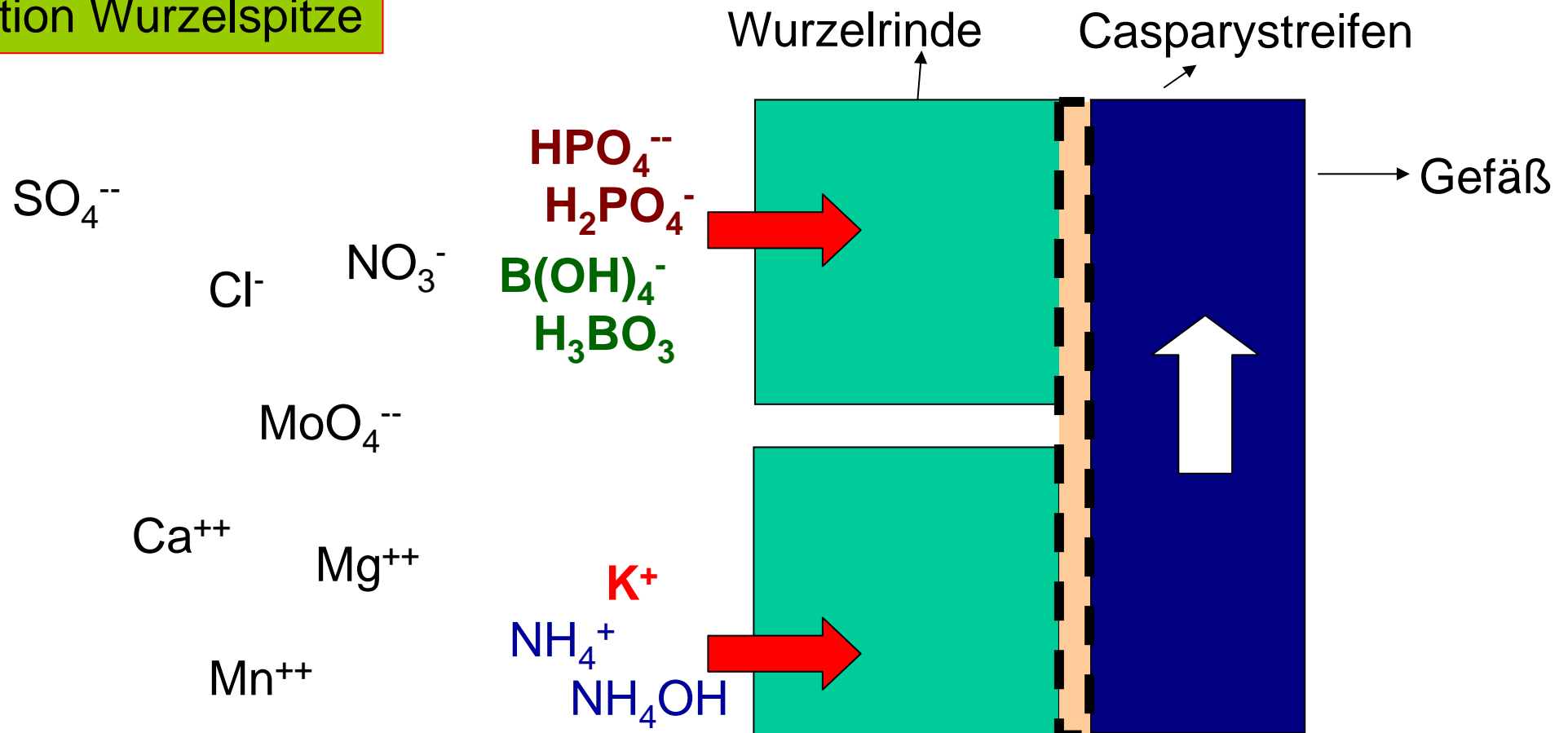
Wurzelwachstum:

Wachsende Wurzeln erschliessen ständig „unberührte“
Bodenbereiche („Abweidung des Bodens durch die Wurzeln“)

Übertritt der Nährstoffe in die Wurzel

Über die Wurzel werden nur im Wasser gelöste Nährstoffe aufgenommen




Situation Wurzelspitze

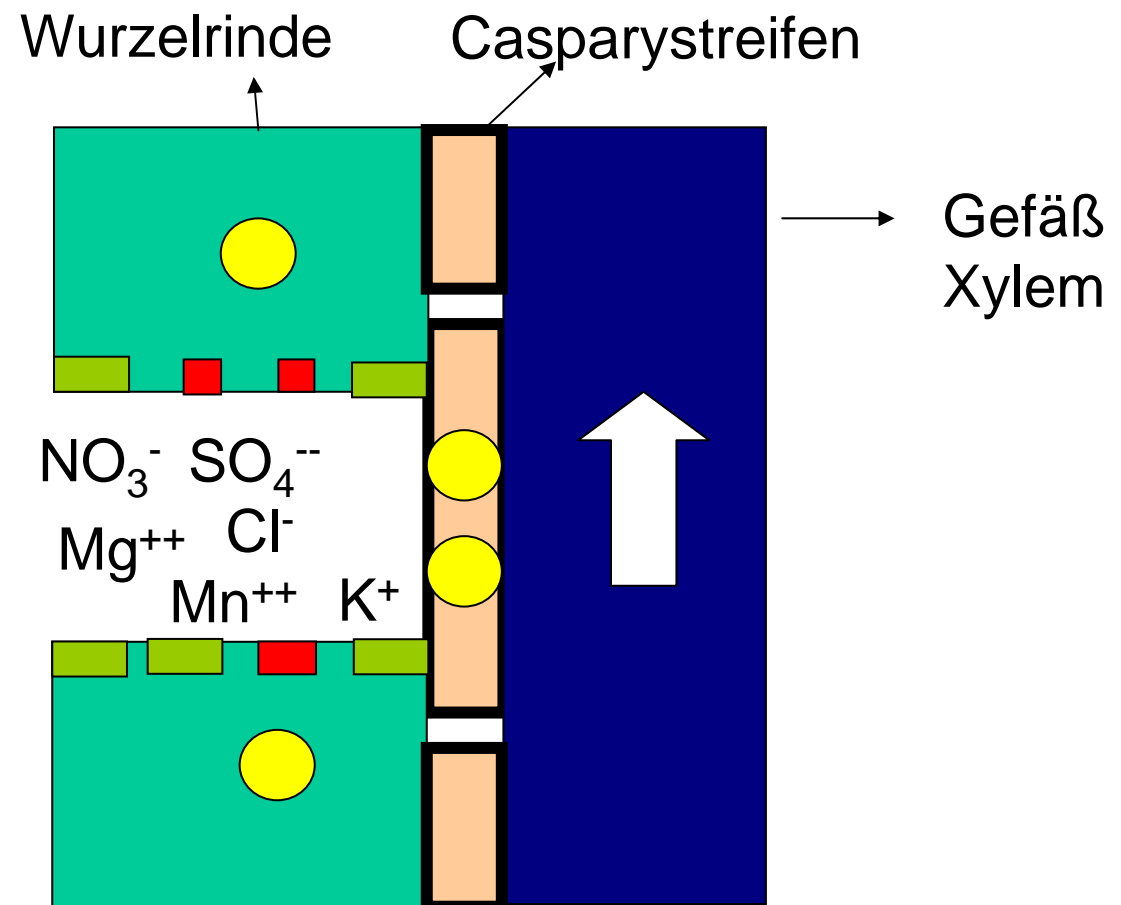


Übertritt der Nährstoffe in die Wurzel

Über die Wurzel werden nur im Wasser gelöste Nährstoffe aufgenommen

Situation Wurzelhaare

-  Kompetitive Sorptionsstellen
-  unspezifische Sorptionsstellen
-  Träger



Definitionen

Kompetitive Bindung:

Prozesse sind nur für chemisch eng verwandte Teilchen möglich:

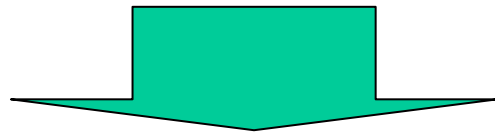
zB: NO_3/Cl , SO_4/MoO_4 , Mg/Mn

Unspezifische Bindung:

Prozesse orientieren sich an Konzentrationen/Verdrängungswirkungen:

zB: Ca, K und NH_4 hemmen die Mg Aufnahme,

Auch untereinander findet man entsprechende Effekte



Wichtig: Zusammensetzung des Sorptionskomplexes

Praktische Konsequenzen

(kompetitive Hemmung)

$\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$:

- Senkung der Nitratgehalte im Erntegut durch Cl^- haltige Dünger (sofern kein hoher Zuckergehalt gefordert)
- Verringerung von Fe Chlorosen durch Cl^- da Nitrat Aufnahme red.

$\text{SO}_4^{--}/\text{MoO}_4^{--}$:

- bei Mo Mangel geringe Mengen SO_4 verwenden
- bei hohen SO_4 Gehalten Mo düngen
- bei hohen Mo Gehalten (Molybdänose) SO_4^{--} düngen

$\text{Mg}^{++}/\text{Mn}^{++}$:

- Mn- Vergiftung durch Mg Düngung auf sauren Böden vermeiden (Mn blockiert die Mg „Transportstellen“)

$\text{Ca}^{++}/\text{Sr}^{++}$:

- Ca Zufuhr setzt Sr Aufnahme herab

$\text{Cu}^{++}/\text{Zn}^{++}$:

- Zn Mangel führt zur Cu Überschuss

Praktische Konsequenzen

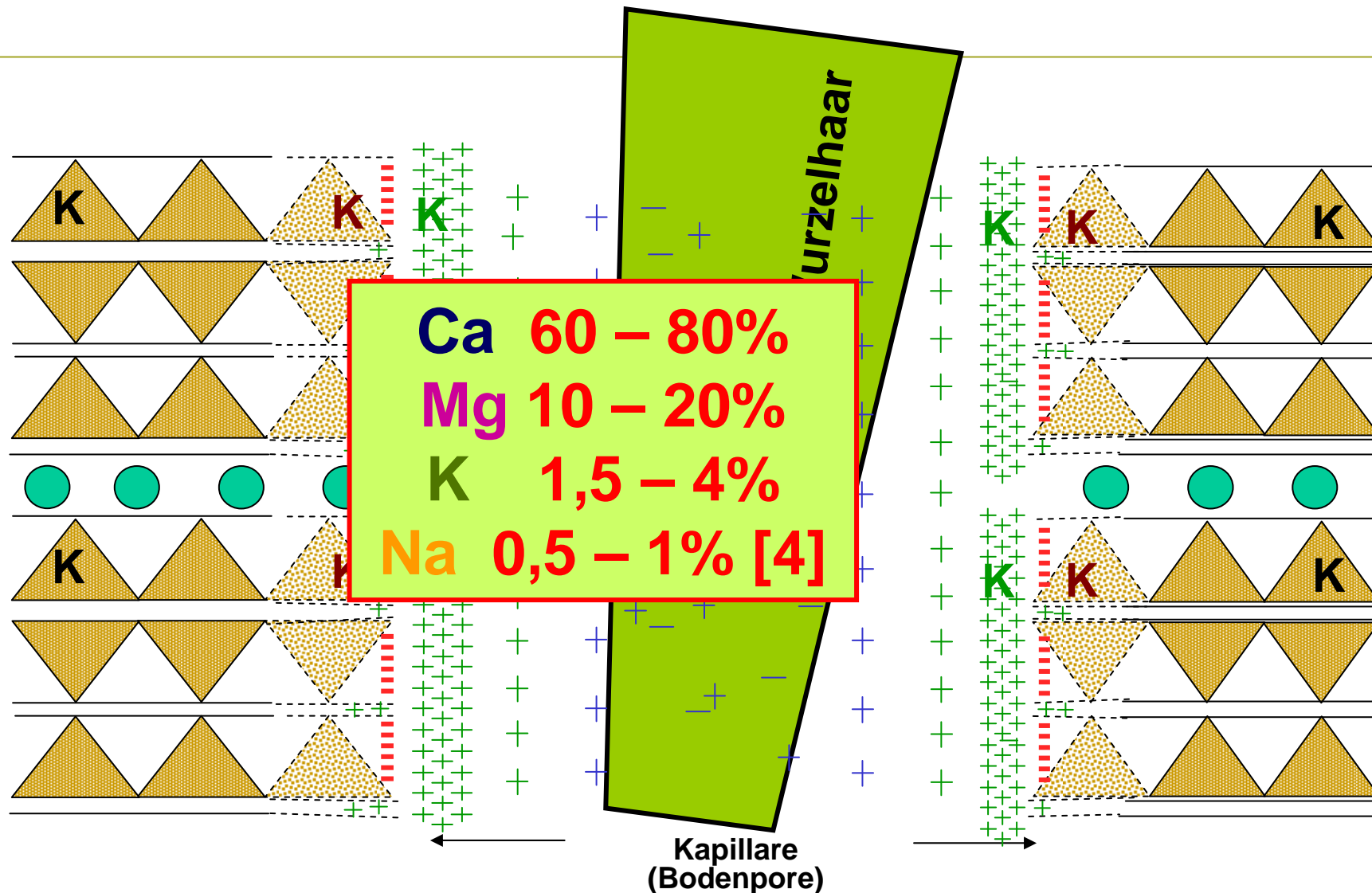
Verdrängungswirkung

- Gleichsinnig geladene Ionen konkurrieren sich gegenseitig.
(zB Ca, Mg, K, Na, NH₄)
- **Mg** Überschuss \Leftrightarrow Mangel an **Ca, K**
- **K** Überschuss \Leftrightarrow Mangel an **Mg, Ca**
- **Ca** Überschuss \Leftrightarrow Mangel an **Fe, B, Mn, Mg, K**
- **K** ist besonders konkurrenzfähig, sinkt das pH, nimmt Aufnahme stark ab, bei Zufuhr von **Ca** nimmt Aufnahme wieder zu
(Synergismus)

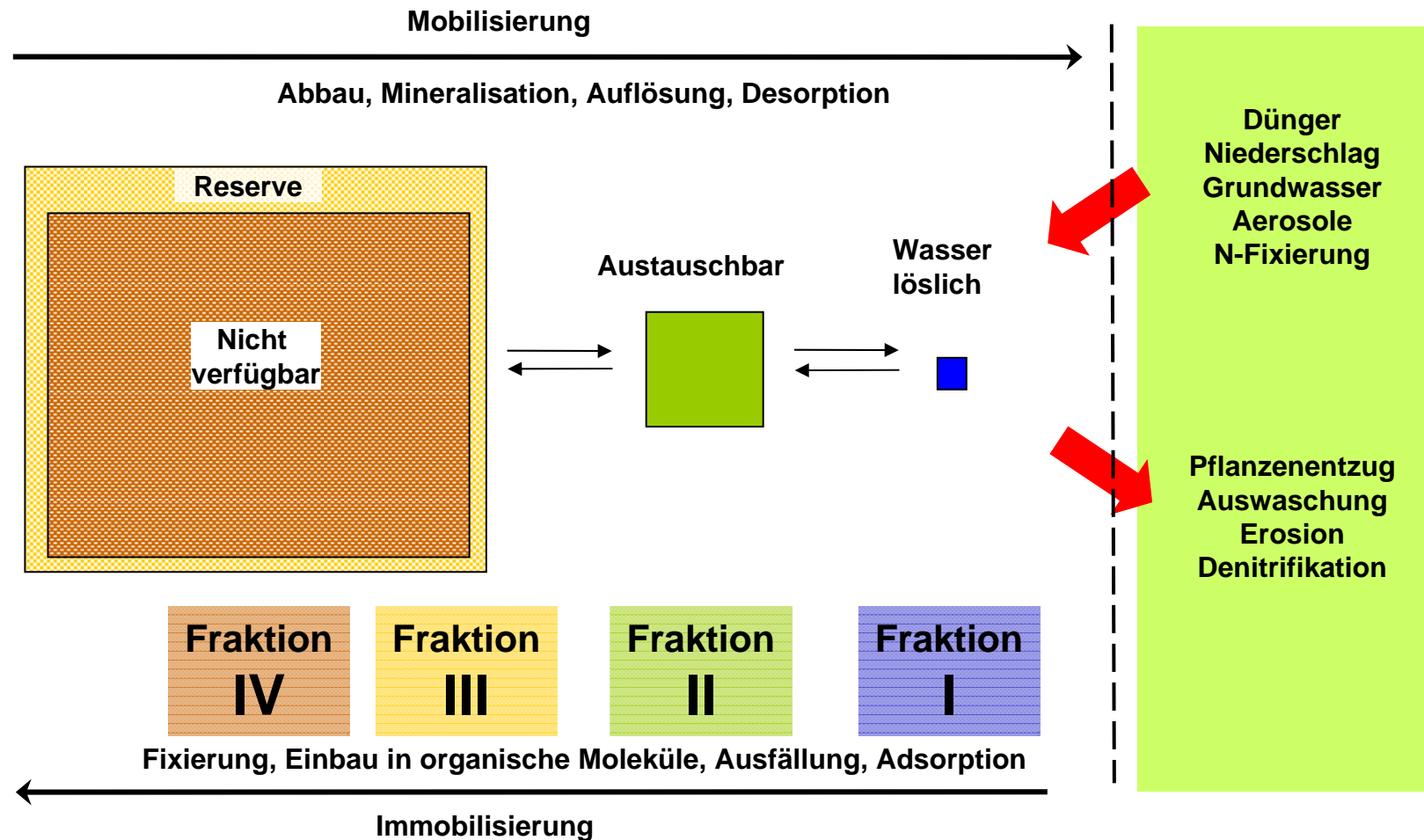
Festlegungen

- Gegenteilig geladene Ionen können stabile Verbindungen bilden
- **PO₄** Überschuss \Leftrightarrow Festlegung **Cu, Zn, Mn**
- **Fe** Überschuss \Rightarrow Festlegung von **PO₄**

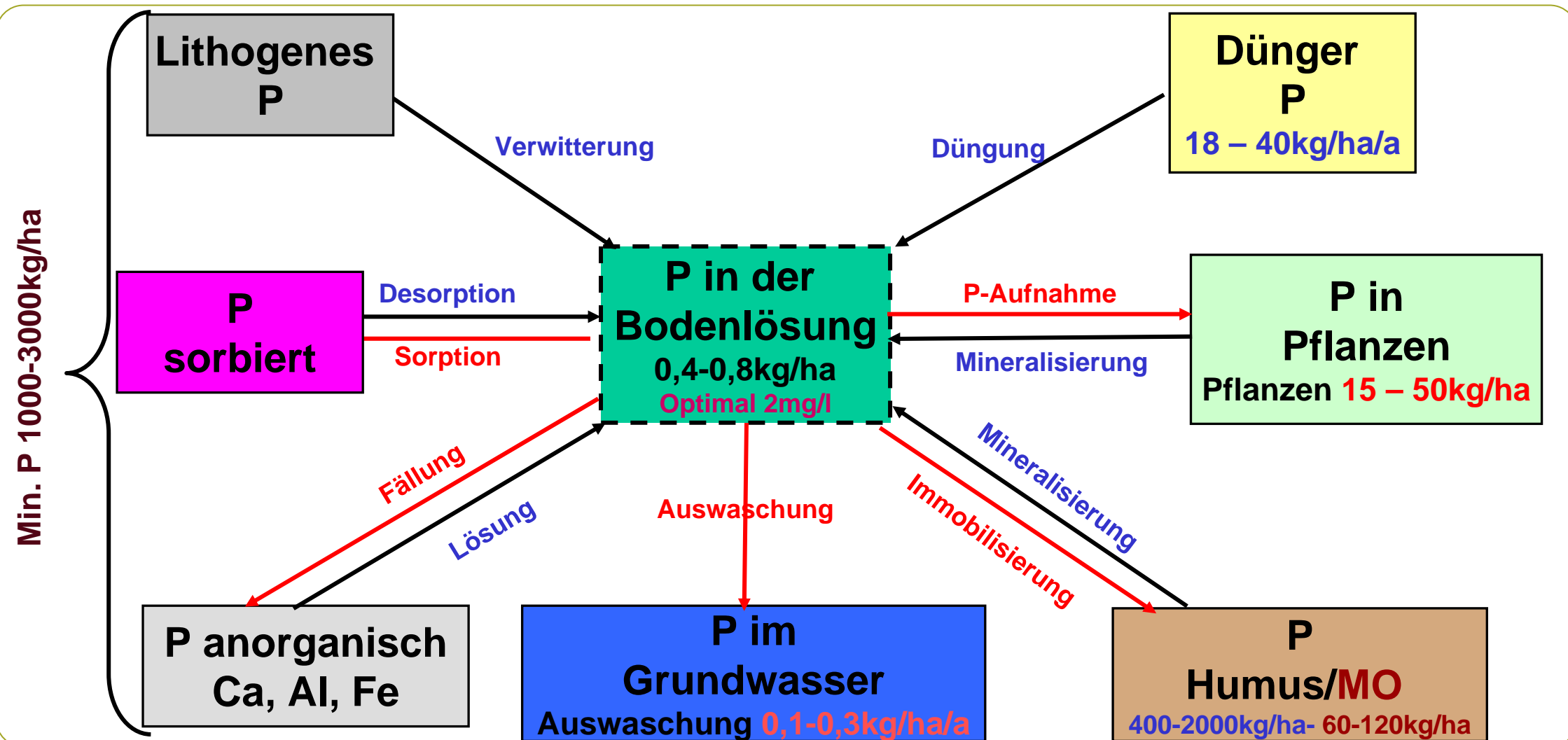
Bindungsstärken der Elemente



Dynamik im Boden



Phosphor im Boden



Puffersysteme im Boden

| pH Bereich | Puffersubstanz | Reaktion (Beispiel) | Veränderung |
|------------|---------------------|---|---|
| 8-6,5 | Carbonat | $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | <ul style="list-style-type: none"> •Verlust von Carbonat |
| 7-5,5 | Austauscher | $\text{AT}]^{-}\text{-M} + 2\text{H}^+ = \text{AT}]^{-}\text{-H}_2 + \text{M}^{2+}$ | <ul style="list-style-type: none"> •Verlust aust. Kationen •Basensättigung sinkt |
| 5,5-4,2 | Silikate | $(\text{SiO})_3 \text{Al} + 3\text{H}^+ = (\text{SiOH})_3 + \text{Al}^{3+}$ | <ul style="list-style-type: none"> •Zerstörung Austauscher •Verlust KAK •Al in Bodenlösung |
| 4,8- 3,0 | Al Oxide, Hydroxide | $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}^+$ | <ul style="list-style-type: none"> •Al in Bodenlösung •Al austauschbar |
| < 3 | Fe Oxide, Hydroxide | $\text{FeOOH} + 3\text{H}^+ = \text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ | <ul style="list-style-type: none"> •Fe, Mn in Bodenlösung •Fe, Mn austauschbar |

| Parameter | Wert | sehr niedrig | niedrig | günstig | hoch | sehr hoch | Bemerkung |
|--|-------|--------------|---------|---------|------|-----------|-----------------------------|
| Bodenschwere (KH) | 56 | | | | | | leicht/mittelschwerer Boden |
| pH Wert KCl [-log H ⁺] | 7,2 | | | | | | schwach alkalisch |
| pH Wert H ₂ O [-log H ⁺] | 7,9 | | | | | | alkalisch |
| Kalkgehalt CaCO ₃ [%] | 2,3 | | | | | | gute Säurepufferung |
| gelöste Stoffe [eL, mS/cm] | 0,473 | | | | | | niedrig |
| Humusgehalt [%] | 2,6 | | | | | | Zwischenfrüchte |
| Humusqualität [C/N] | 9,1 | | | | | | Stroh am Feld |
| T-Wert = CEC pot [mmol/kg] | 104 | | | | | | pot sorptionsstark |
| CECakt [mmol/kg] | 104 | | | | | | akt sorptionsstark |
| Basensättigung [% CEC] | 96 | | | | | | Säurepufferung hoch |
| Ca am Magnet [Ca%CECp] | 83,4 | | | | | | hoch |
| Mg am Magnet [Mg%CECp] | 10,4 | | | | | | niedrig |
| K am Magnet [K%CECp] | 3,6 | | | | | | günstig |
| Na am Magnet [Na%CECp] | 0,3 | | | | | | günstig |
| Al am Magnet [Al%CECp] | 1,6 | | | | | | erhöht |
| NH ₄ N am Magnet [NH ₄ N%CECp] | 0,3 | | | | | | günstig |
| Fe am Magnet [Fe%CECp] | 0,4 | | | | | | günstig |
| Mn am Magnet [Mn%CECp] | 0,0 | | | | | | günstig |
| H am Magnet [H%CECp] | 0,0 | | | | | | aktuelle Säure gering |
| Säure am Magnet [pS%CECp] | 0,0 | | | | | | keine Basenneutralisation |

| Stoff pflanzenverfügbar ¹⁾ | Wert | sehr niedrig | niedrig | günstig | hoch | sehr hoch | Zufuhr ²⁾ kg/ha | Reserve kg/ha | Bemerkung |
|--|-------|--------------|---------|---------|------|-----------|----------------------------|---------------|-----------------------|
| C org in kg/ha | 63750 | | | | | | | | gutes Humusniveau |
| N total in kg/ha | 7000 | | | | | | | | hohe N Reserven |
| Ca pflanzenverfüg [kg/ha] | 4210 | | | | | | | 40200 | Überschuss |
| Mg pflanzenverfüg [kg/ha] | 320 | | | | | | | 3700 | ausreichend |
| K pflanzenverfüg [kg/ha] | 375 | | | | | | | 1900 | Überschuss |
| PO ₄ pflanzenverfüg [kg/ha] | 165 | | | | | | | 3600 | Überschuss |
| NH ₄ -N [kg/ha] | 9,7 | | | | | | (10) | | Mangel |
| NO ₃ -N [kg/ha] | 25,5 | | | | | | (150) | | starker Mangel |
| Nmin [kg/ha] | 35,2 | | | | | | 160 | | starker Mangel |
| SO ₄ pflanzenverfüg [kg/ha] | 107,4 | | | | | | | | Überschuss |
| Fe pflanzenverfüg [kg/ha] | 24,82 | | | | | | | 8100 | Überschuss |
| Mn pflanzenverfüg [kg/ha] | 0,52 | | | | | | 4,50 | 1640 | Mangel |
| Cu pflanzenverfüg [kg/ha] | 0,28 | | | | | | | 35 | ausreichend |
| Zn pflanzenverfüg [kg/ha] | 1,01 | | | | | | | 105 | ausreichend |
| Mo pflanzenverfüg [kg/ha] | 0,01 | | | | | | 0,20 | 0 | Mangel |
| B pflanzenverfüg [kg/ha] | 0,91 | | | | | | | 20 | ausreichend |
| Al pflanzenverfüg [kg/ha] | | | | | | | | | keine Auffälligkeiten |
| Cr, Pb, Cd, Ni | | | | | | | | | keine Auffälligkeiten |

| Melioration | | | | |
|---|--|----------------------|-----|------------|
| Kalk (CaCO ₃) kg/ha | | Magnesium (Mg) kg/ha | 470 | Corg kg/ha |
| Gips (CaSO ₄ * 2 H ₂ O) kg/ha | | Kalium (K) kg/ha | | |

Pflanzenverfügbare Stoffe des Bodens zum Zeitpunkt der Probenahme.

Zufuhr ergibt sich als Differenz des Pflanzenbedarfs (angep. Kultur: KARTOFFEL, Ertrag: 40 t/ha) während der gesamten Vegetationsperiode

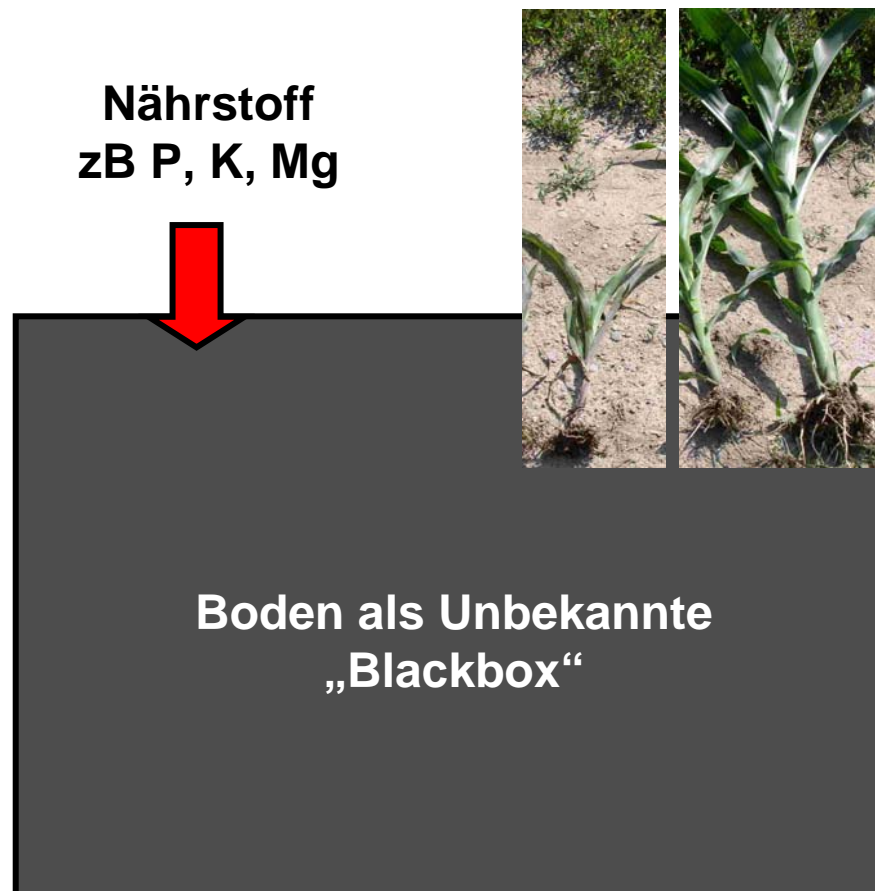
Analytische Bewertung

Analytik

Ansatz

- **VDLUFA**
- **Fraktionierte Analyse nach Husz**

Ansatz der traditionellen Analytik



- **Steigerungsversuche**

- **1 Variable**

- ⇒ Boden bleibt „Black Box“
- ⇒ Kein kausaler Zusammenhang
- ⇒ Ergebnisse **nicht** übertragbar

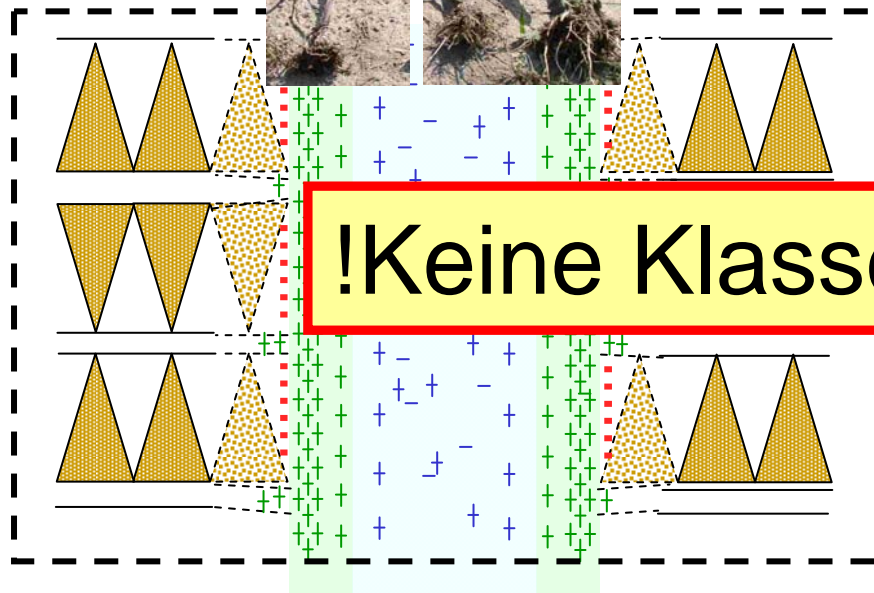
- traditionell abgeleitet:

- **Gehaltsstufen (A-B-C-D-E)**
- **Düngeempfehlung**
(Humus, Ton berücksichtigt)

Ansatz Fraktionierte Analyse

Kausalitätsprinzip

- ✓ Beziehung Ursache-Wirkung
- ✓ Boden als Modell (keine Blackbox)
 - ⇒ keine Steigerungsversuche nötig
 - ⇒ standortsindividuelle Maßnahmen ableitbar
 - ⇒ Ergebnisse übertragbar



!Keine Klasseneinteilung!



Beispiele Landwirtschaft

traditionell

Neues Konzept



Beispiele Landwirtschaft



Beispiele Almsanierung

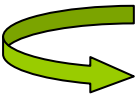
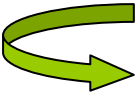
Fläche am 07. Juli 08



Fläche am 07. Oktober 08



Zusammenfassung

- Böden sind komplexe Systeme
- Komplexe Lösungen benötigt
- Forschen/Umsetzen
- Bewertung und schonende Nutzung nur möglich:
 -  Wirkungsgefüge analytisch erfasst wird
 -  individuelle Auswertung/Bewertung

TBU Konzept: Alternative zu anderen Verfahren