

Präsentation

Bodenfruchtbarkeit/Nährstoffdynamik im Boden

Univ.Lek.DI Hans Unterfrauner

Inhalt

- **Bodenfruchtbarkeit**
- **Erfassen**
 - **Zusammensetzung von Pflanzen und Böden**
 - **Interaktionen von Nährelementen**
 - **Dynamik in Böden**
 - **Phosphorkreislauf**
- **Bewerten, Optimieren**
- **Rechenbeispiel**
- **Ergebnisse bisheriger Untersuchungen (NDB)**

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

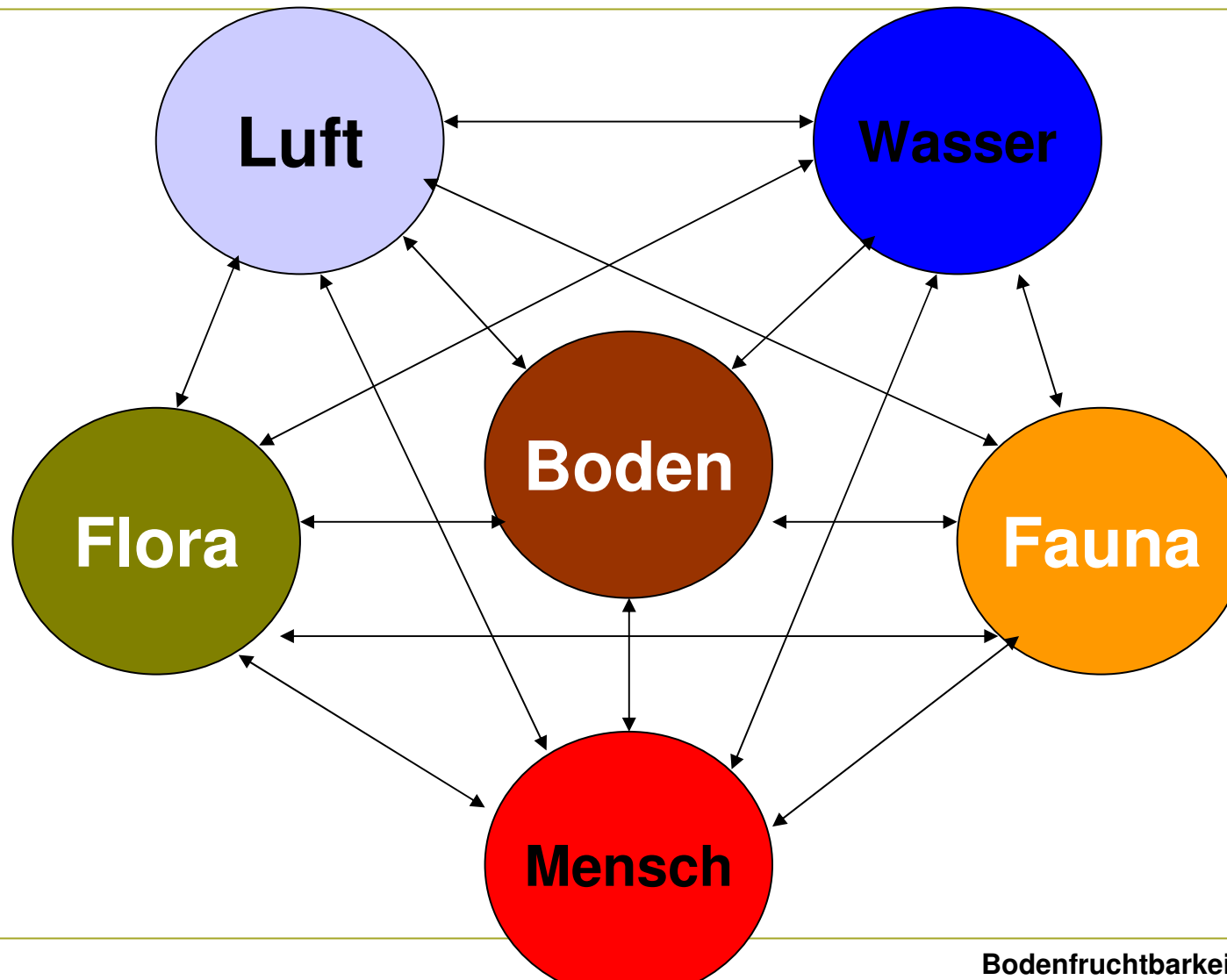
„... ist die Fähigkeit von Natur- und Kulturböden, den Pflanzen als Standort zu dienen“

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

Einflussfaktoren



Bodenfruchtbarkeit

Pflanzen anspruch

- Wurzelraum
- Wasser
- Luft
- Energie (Licht, Wärme)
- Nährstoffe
- Säurezustand
- Stabilität

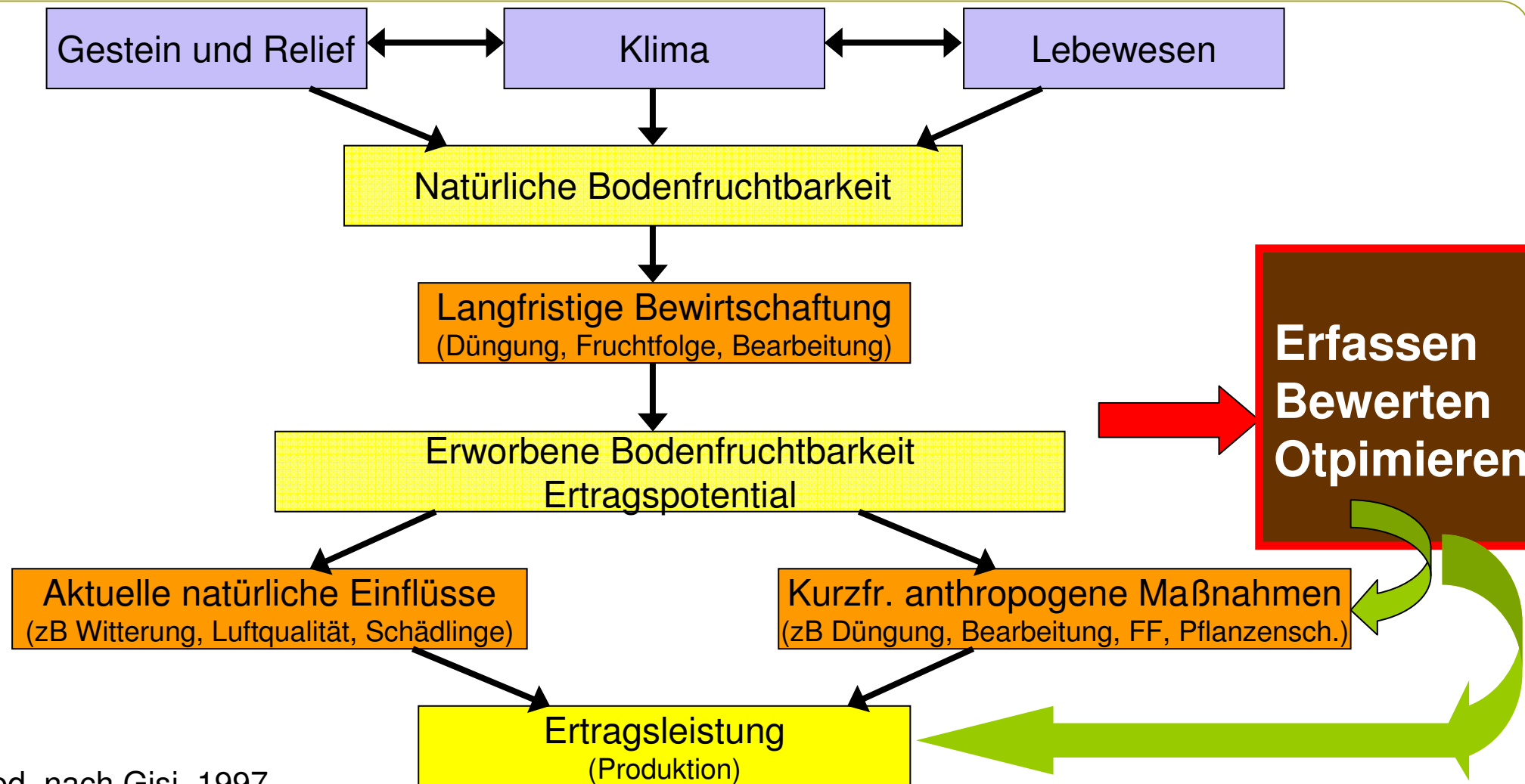
Boden eigenschaften

- Gründigkeit
- Wasserhaushalt
- Lufthaushalt
- Energishaushalt
- Nährstoffhaushalt
- Pufferkapazität
- Dynamik



Bodenfruchtbarkeit

natürliche-erworbene



Quelle: mod. nach Gisi, 1997

Bodenfruchtbarkeit

Erfassen – Bewerten - Optimieren

Erfassen:

...durch Kenntnis möglichst vieler Elemente und deren Interaktionen

$$S_Q = f(E_i, I_i)$$

TBU

Bewerten:

- Deutschland (zB Reichsbodenschätzung, Acker- Grünlandschätzrahmen Scheffer/Schachtschabel:...“charakterisieren nur Ertragsfähigkeit, Gründe ... einer schlechten oder guten Bewertung...nicht zu entnehmen“
- International zB SIR: Storie Index Rating, FCC: Fertility Capability Classification LCC: Land Capability Classification
- **TBU: ökologische Bodenbewertung**

TBU

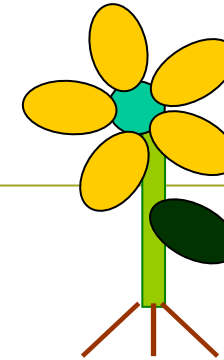
Optimieren/Umsetzen:

Ertragspotential = Ertragsleistung, standortsindividuelle Optimierung der Maßnahmen (zB. Düngung, Bearbeitung, Fruchtfolge, Pflanzenschutz)

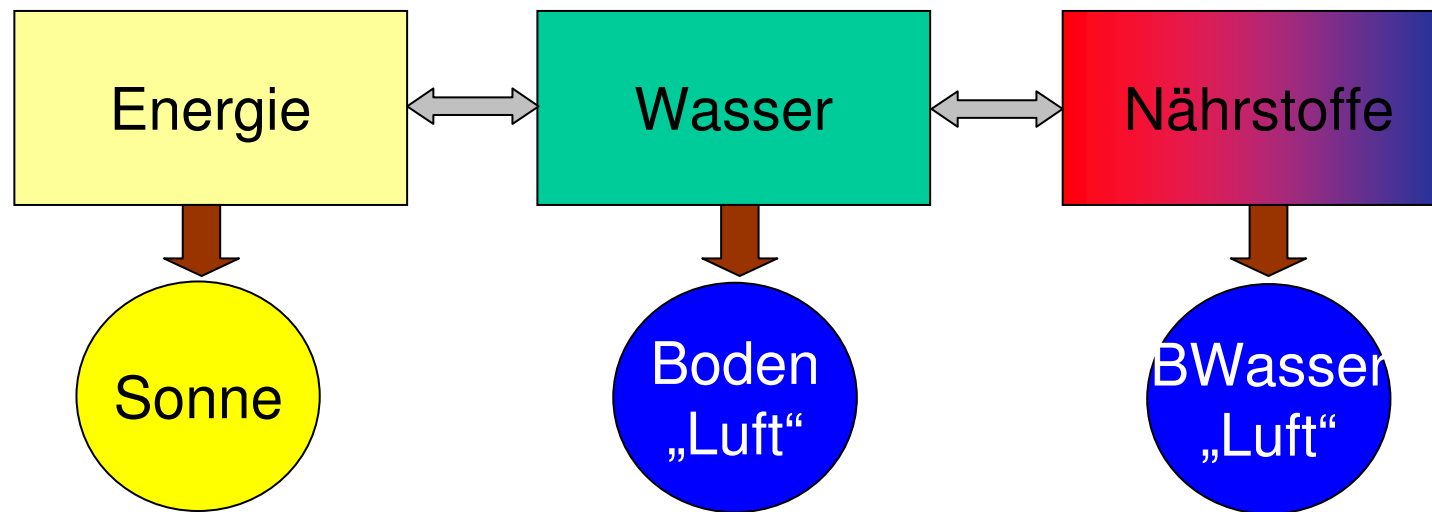
TBU+

???

Nährstoffe



Was benötigt eine Pflanze....



Nährelemente/Nährstoffe

Nährelement: Element ohne dem Pflanzenwachstum unmöglich ist

Nährstoff: Für Wurzeln aufnehmbare Form der Nährelemente

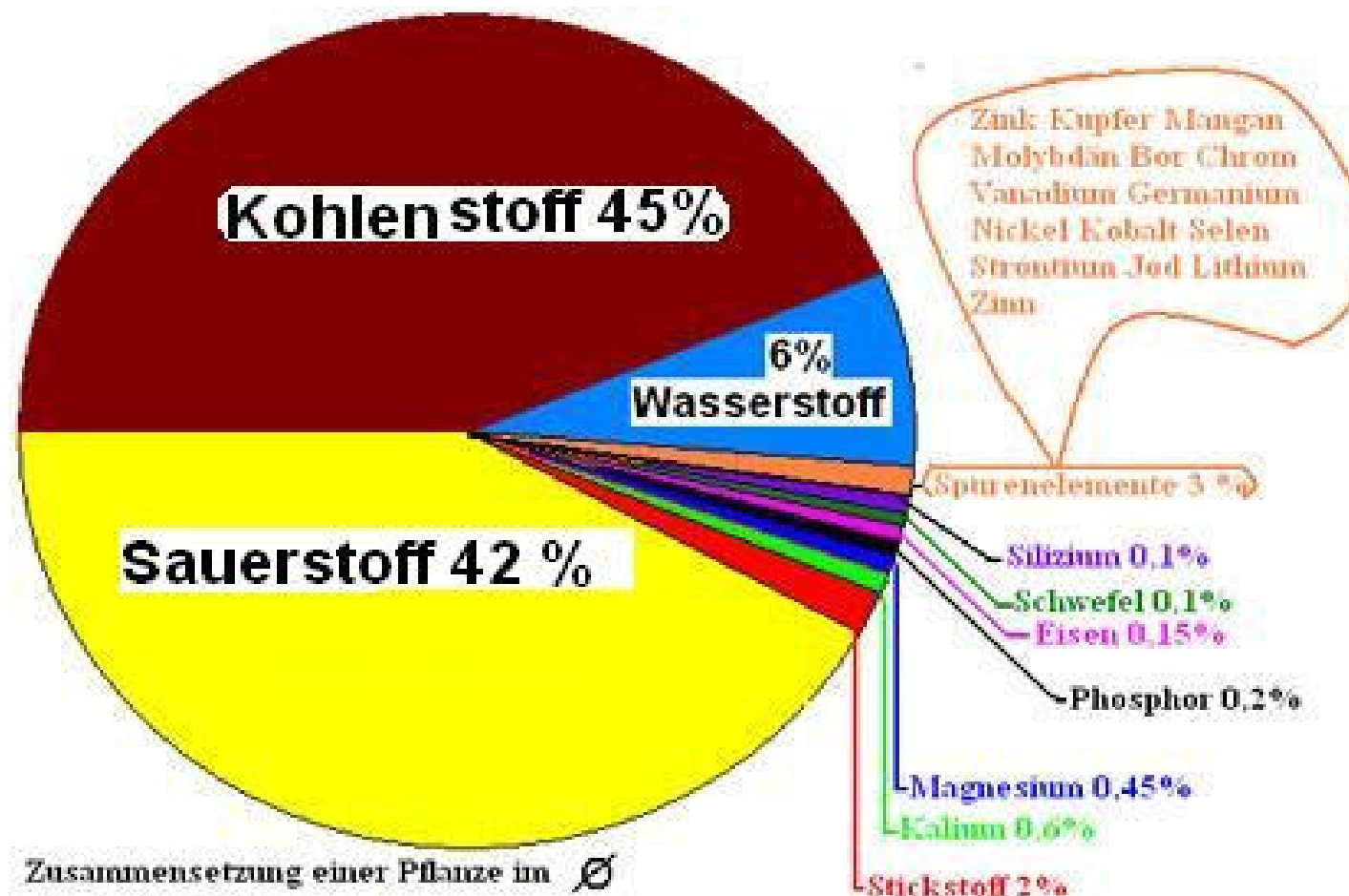
Grundnährelemente: C, H, O

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 einer Pflanze im \emptyset

Novotny Dez. 2005

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,)

Transportmechanismen

Massenfluss:

Wasserstrom zur Wurzel, durch Transpiration angetrieben

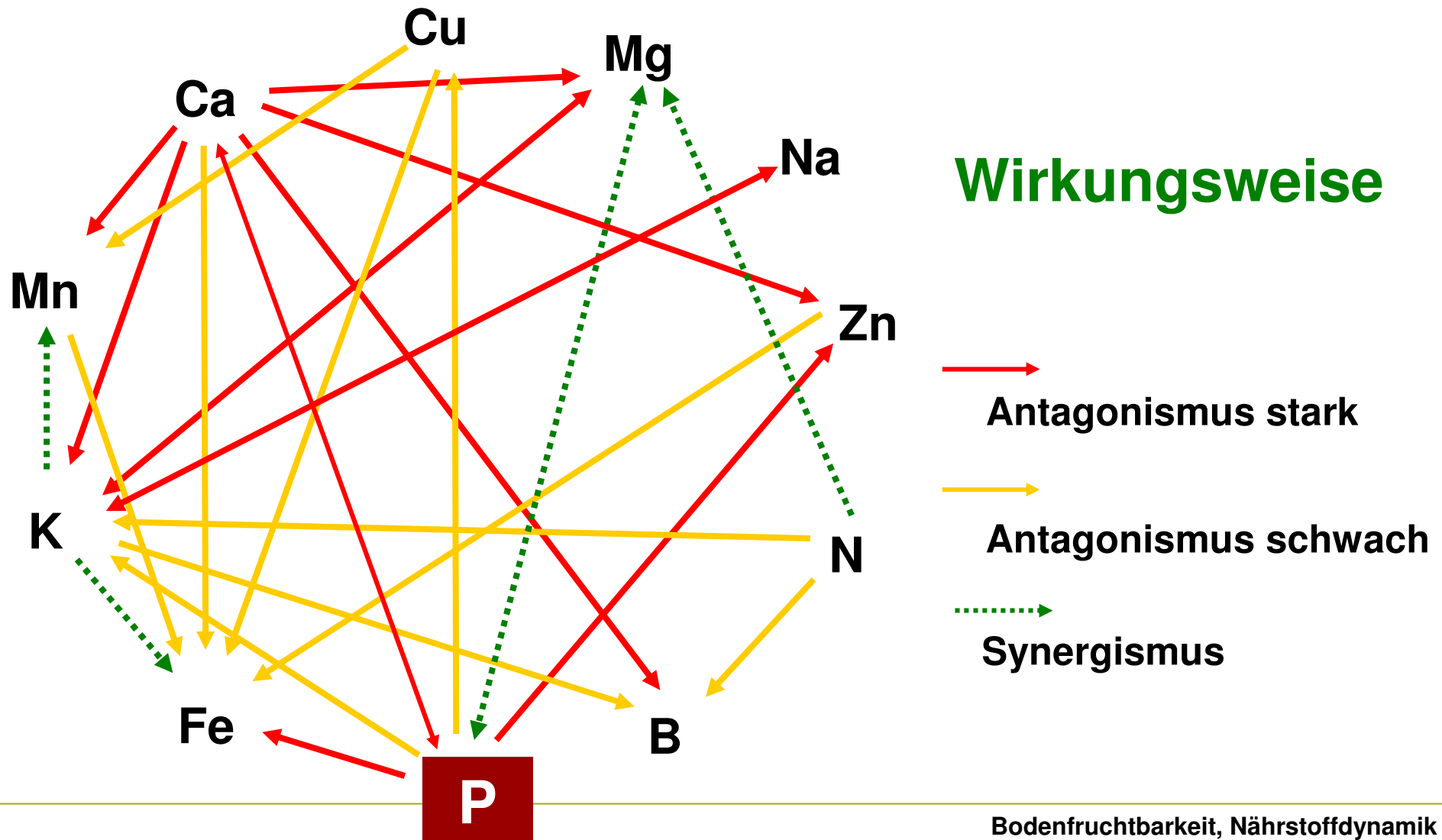
Diffusion:

Ausgleich von Konzentrationsunterschieden

Wurzelwachstum:

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

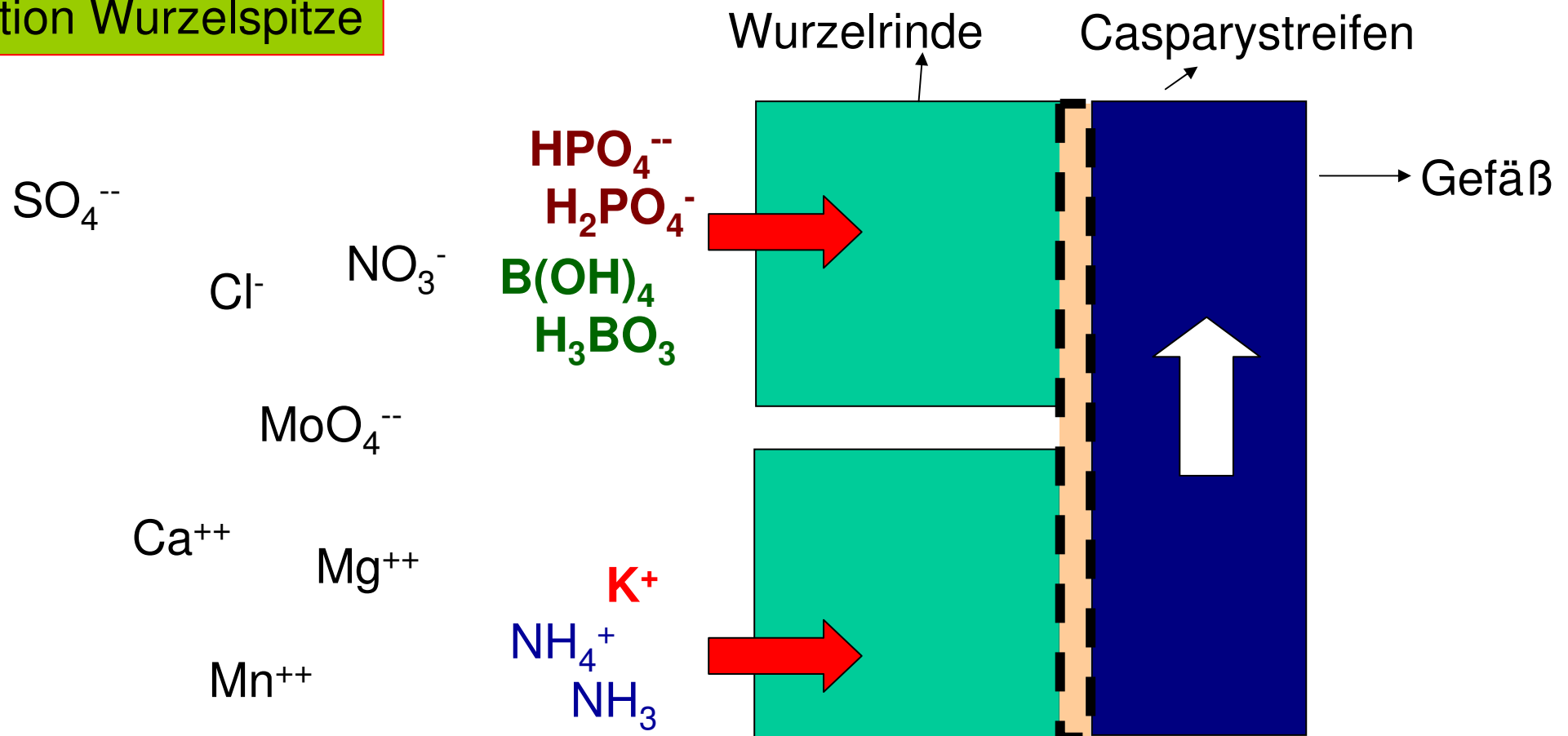
Wirkungsgefüge



Übertritt der Nährstoffe in die Wurzel

Über die Wurzel werden nur im Wasser gelöste Nährstoffe aufgenommen




Situation Wurzelspitze

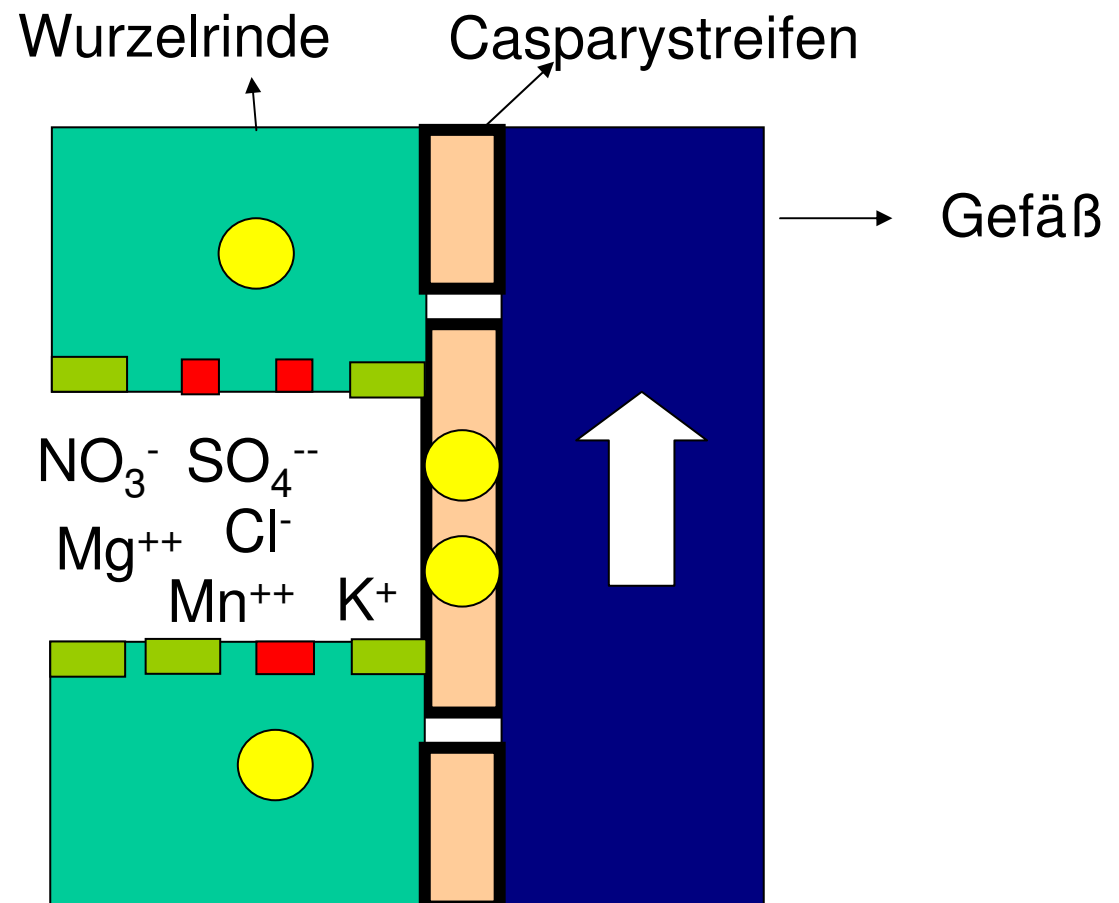


Übertritt der Nährstoffe in die Wurzel

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:

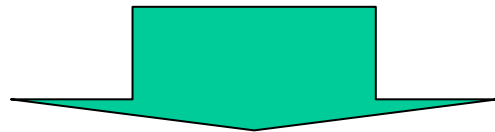
zB: NO_3/Cl , SO_4/MoO_4 , Mg/Mn

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

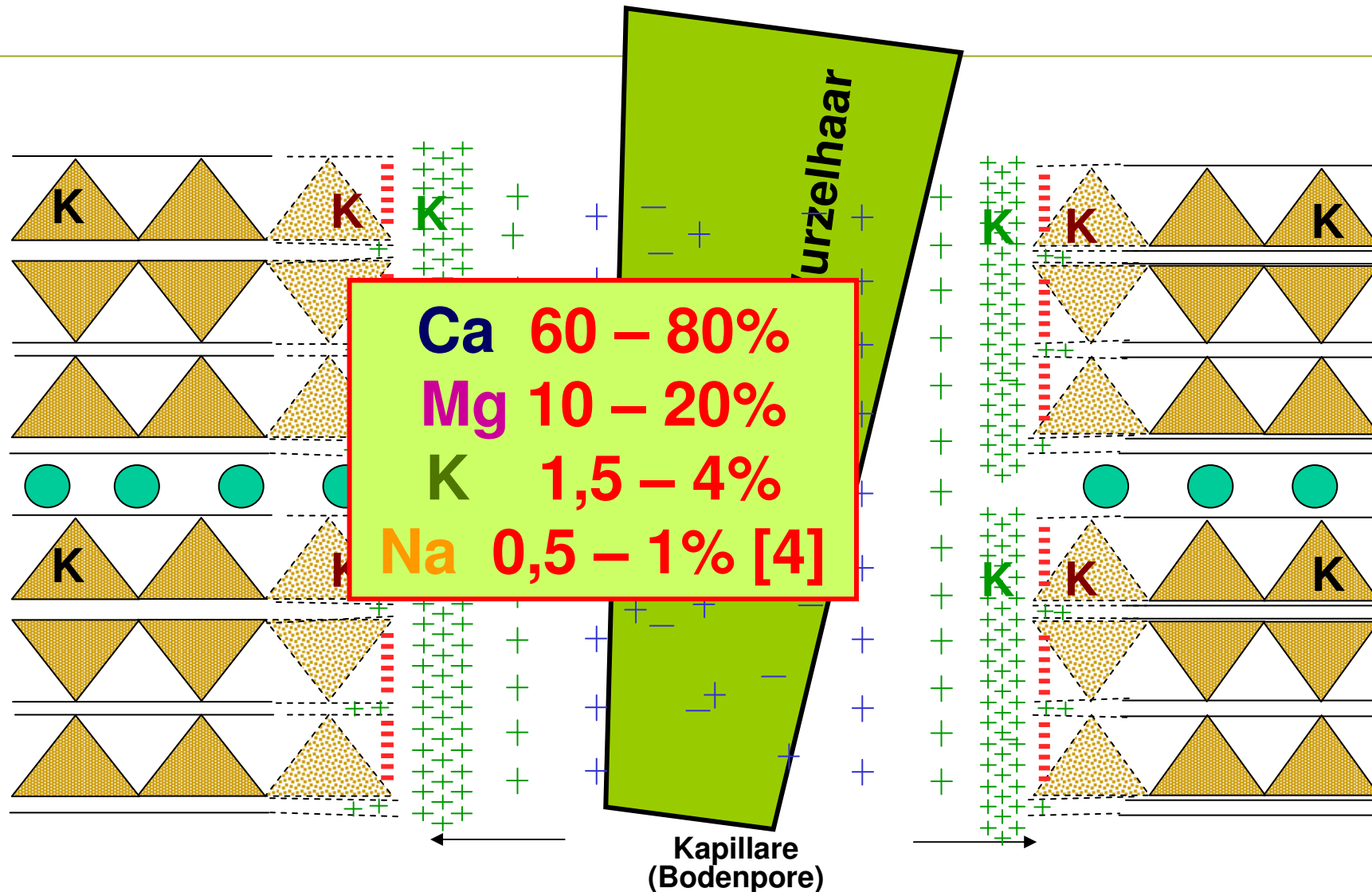
Verdrängungswirkung

- 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)

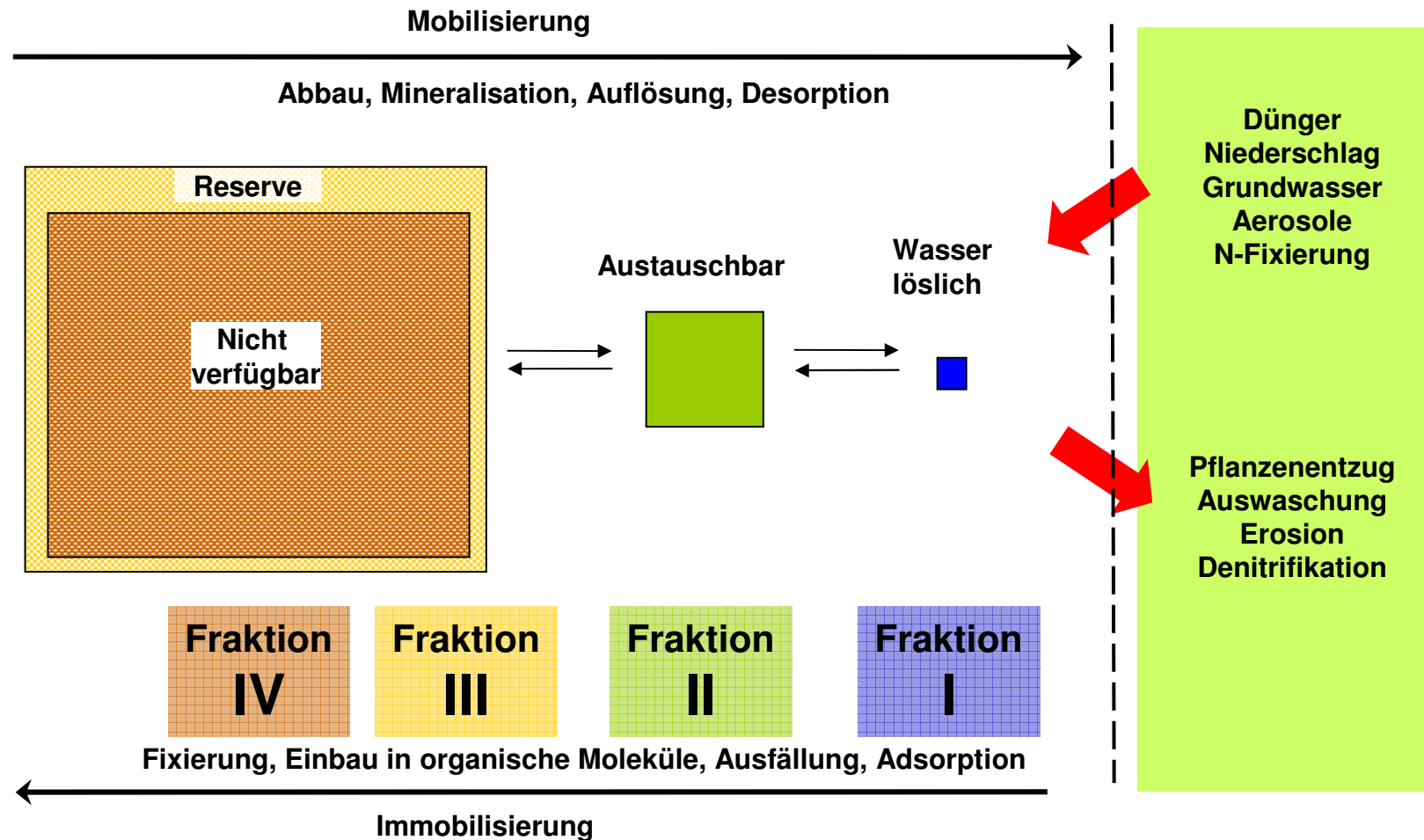
Festlegungen

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

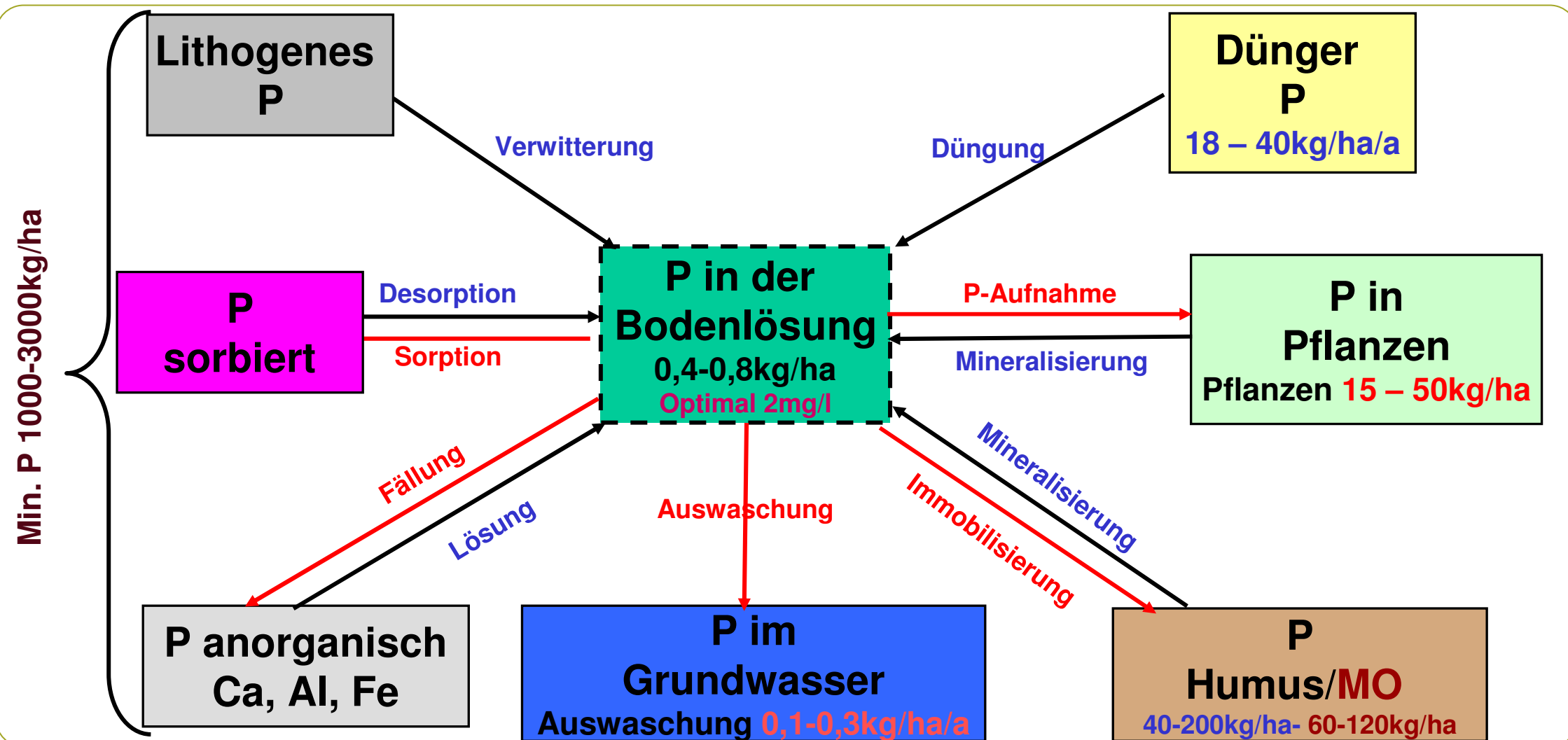
Bindungsstärken der Elemente



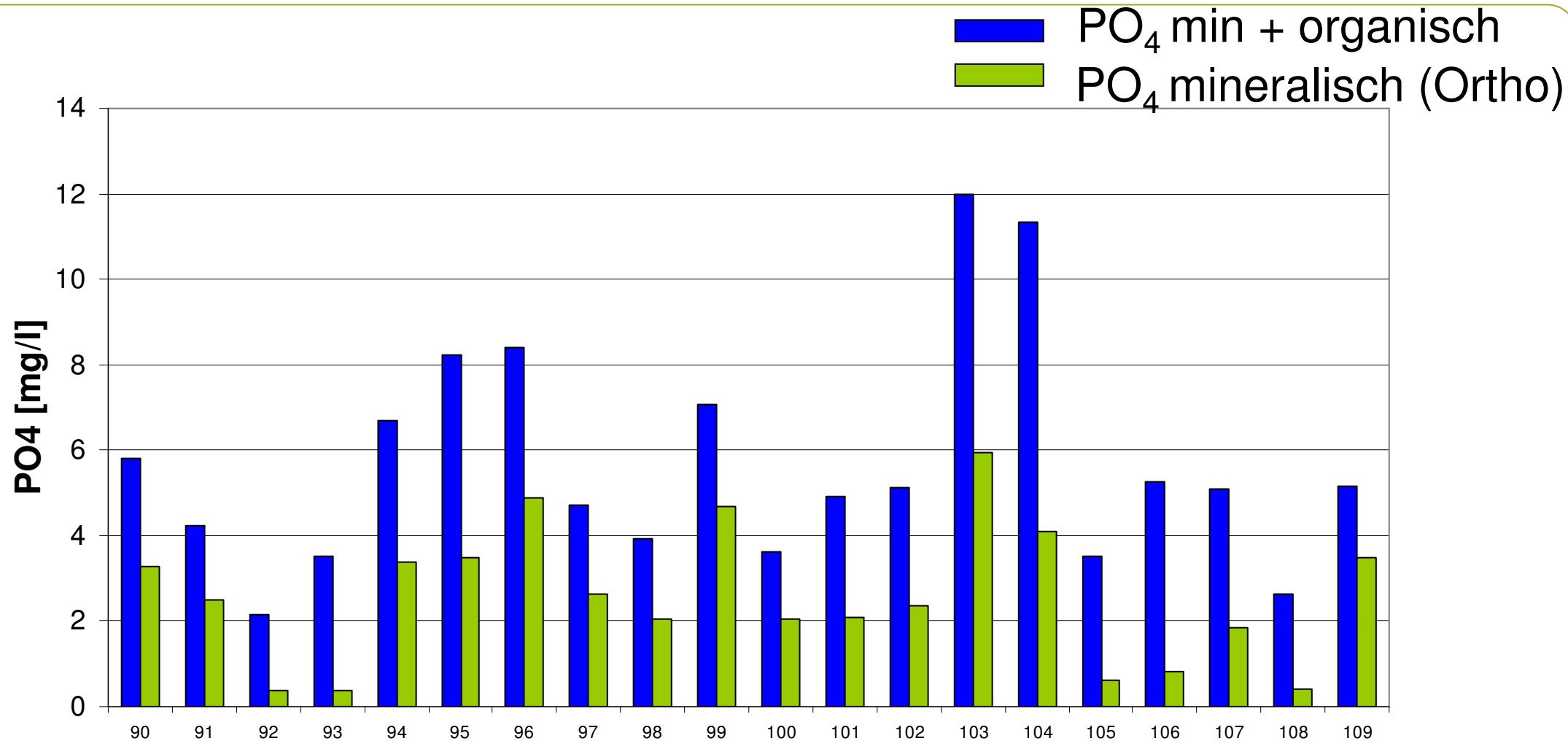
Dynamik im Boden



Phosphor im Boden



Phosphor in der Bodenlösung



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 |

Analytische Bewertung

| Bodiparameter | Wert | sehr niedrig | niedrig | gering | hoch | sehr hoch | Bemerkung |
|---|-------|--------------|---------|--------|------|-----------|-----------------------------|
| Antonschwere (pH) | 100 | | | | | | extrem saurer Boden |
| pH Wert KCl (ang. H ₊) | 3,5 | | | | | | sehr stark sauer |
| pH Wert NaCl (ang. H ₊) | 5,7 | | | | | | mäßig sauer |
| Kalkgehalt CaCO ₃ (%) | 0,4 | | | | | | sehr schwach |
| gelbe Stoffe (d ₄ , mG/cm) | 0,505 | | | | | | sehr niedrig |
| Humusgehalt (%) | 4,8 | | | | | | Zwischentyp |
| Humusqualität (C/N) | 7,3 | | | | | | ausgezeichnet |
| Ullatant = CEC per (minokg) | 300 | | | | | | sehr saure organisch |
| CEC _{cl} (minokg) | 142 | | | | | | sehr saure organisch |
| Säurebindung (%) CEC _{cl} | 48 | | | | | | stark Versauerung |
| Ca am Magnet (Ca _{am} CEC) | 28,4 | | | | | | gering |
| Mg am Magnet (Mg _{am} CEC) | 10,7 | | | | | | gering |
| K am Magnet (K _{am} CEC) | 0,2 | | | | | | sehr niedrig |
| Na am Magnet (Na _{am} CEC) | 0,2 | | | | | | gering |
| Al am Magnet (Al _{am} CEC) | 1,6 | | | | | | erhöht |
| NH ₄ am Magnet (NH ₄ CEC) | 0,1 | | | | | | gering |
| Fe am Magnet (Fe _{am} CEC) | 0,1 | | | | | | gering |
| Mn am Magnet (Mn _{am} CEC) | 0,2 | | | | | | gering |
| N am Magnet (N _{am} CEC) | 0,9 | | | | | | absolute Säure gering |
| Säure am Magnet (S _{am} CEC) | 62,7 | | | | | | Dickhaut Sorptionskapazität |

| Stoff pflanzenverfügbar II | Wert | sehr niedrig | niedrig | gering | hoch | sehr hoch | Substanz- lg/ha | Reserve- lg/ha | Bemerkung |
|--|-------|--------------|---------|--------|------|-----------|--------------------|-------------------|---------------------|
| C _{org} (kg/ha) | 6310 | | | | | | | | Zwischenklasse |
| N _{tot} (kg/ha) | 370 | | | | | | | | Schwachen hoch |
| C _{org} pflanzenverf. (kg/ha) | 2370 | | | | | | 1400 | | Überschuss |
| Mg pflanzenverf. (kg/ha) | 476 | | | | | | 1300 | | Ausreichend |
| K pflanzenverf. (kg/ha) | 25 | | | | | | 180 200 | | stark Mangel |
| PO ₄ pflanzenverf. (kg/ha) | 20 | | | | | | 130 200 | | stark Mangel |
| NH ₄ -N (kg/ha) | 4,7 | | | | | | 130 | | stark Mangel |
| NO ₃ -N (kg/ha) | 1422 | | | | | | 190 | | Mangel |
| N _{min} (kg/ha) | 1469 | | | | | | 130 | | Mangel |
| SO ₄ pflanzenverf. (kg/ha) | 1003 | | | | | | | | Überschuss |
| Fe pflanzenverf. (kg/ha) | 4,86 | | | | | | 4200 | | ausreichend |
| Mn pflanzenverf. (kg/ha) | 20,15 | | | | | | 460 | | extremes Überschuss |
| Cupfer pflanzenverf. (kg/ha) | 0,12 | | | | | | 0,06 20 | | Mangel |
| Zn pflanzenverf. (kg/ha) | 2,10 | | | | | | 30 | | extremes Überschuss |
| Mo pflanzenverf. (kg/ha) | 0,06 | | | | | | 0,18 0 | | stark Mangel |
| B pflanzenverf. (kg/ha) | 0,07 | | | | | | 0,14 0 | | Mangel |
| Al pflanzenverf. (kg/ha) | | | | | | | | | Extremmangelgefahr |
| Cr, Pb, Cd, Ni | | | | | | | | | keine Auswertungen |

| Mikrobiotax | Wert | sehr niedrig | niedrig | gering | hoch | sehr hoch |
|---|------|--------------|---------|--------|------|-----------|
| Kalk CaCO ₃ (kg/ha) | 1400 | | | | | |
| Magnesium (Mg) (kg/ha) | 150 | | | | | |
| Säure CaCO ₃ + 2H ₂ O (kg/ha) | 680 | | | | | |
| Ca (kg/ha) | | | | | | |


**ÖKOLOGIE
PLANUNG
PFLEGE**
 TECHNISCHES BÜRO DI HANS UNTERFRAUNER

 Ruchspark 1 Erdbergstrasse 10231 1020 Wien
 T (+43) 1 236 10 30 33 F (+43) 1 236 10 30 66
 M (+43) 676 366 10 30 E h.ull@landschafts-oekologie.at
 www.landschafts-oekologie.at

Ökologische BODENBEWERTUNG

Kunde: Max Mustermann
Anschrift:
Datum: 27. Jänner 2009
Probennehmer:
Schlag:
Probe: Speyerle
Probe-Nr.: ED 833
Lage: Hüdm: 360 m
Klima: NS: 550 mm, D°C: 7,5
Kultur/Ertrag: Triticale 6,5 t/ha
Labor: 21.12009

Bank Austria Creditanstalt | Kontonr: 50146 028 388 182 | IBZ: 12000 | IBAN: AT86 1200 0501 4602 8388 | BIC: BKAT3333 | UID: ATU111790

Beispiel: Optimierung

- 1) Umrechnen von Analysenwerten [mg/kg, %] auf kg Nährstoff pro Hektar
- 2) Kalkulieren des Nährstoffbedarfes
- 3) Bewerten und Optimieren

Annahmen:

Annahme:

| | |
|------------------------|----------------------------|
| Bodenart: | sandiger Lehm |
| Dichte: | 1,5g/cm³ |
| Porenvolumen: | 45% |
| Humusgehalt: | 2,0% |
| Durchwurzelung: | 30cm |
| KAK: | 80mmolc/kg |

Ergebnisse 1:

| | |
|------------------------------|--------------|
| BV [m³/ha] | 3.000 |
| BG [t/ha] | 4.500 |
| WK [m³] | 1.350 |
| HG [t/ha] | 90 |

Rechenbeispiel/Nährstoffe

Weizen, Ertrag 5t/ha

| | | | IST | Pf. Entzug | Differenz | Bemerkung |
|--------------------------------|------------------------|---------|--------|------------|-----------|----------------|
| Parameter | Einheit | Wert | kg/ha | kg/ha | kg/ha | |
| pH _{CaCl₂} | -log [H ⁺] | 6,9 | | | | Verfügbarkeit? |
| Humus | % | 2,00 | 90.000 | | | Qualität? |
| C/N - Nt | | 8,80 | 5.114 | | | N-Nachlief. |
| N _{min} | mg/kg | 17,00 | 76,5 | 120,00 | - 43,5 | Wann? |
| Ca | mg/kg | 1332,00 | 5.994 | 25,00 | + 5.969 | "Magnet"? |
| Mg | mg/kg | 43,60 | 196 | 15,00 | + 181 | "Magnet"? |
| K | mg/kg | 77,80 | 350 | 75,00 | + 275 | "Magnet"? |
| P | mg/kg | 3,15 | 14,1 | 27,50 | - 13,4 | Wann? |
| Cu | mg/kg | 0,04 | 0,18 | 0,07 | + 0,11 | Reserven? |
| Zn | mg/kg | 0,07 | 0,31 | 0,43 | - 0,12 | Wie? |
| Mn | mg/kg | 0,10 | 0,45 | 0,50 | - 0,05 | Wie? |

Rechenbeispiel

Sorptionskomplex/Magnet

| Parameter | Anteil mmolc/kg | Anteil %KAK | Optimal % KAK | Bewertung | Zugabe kg/ha |
|-----------|--------------------|----------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Ca | 66,6 | 83,3 | 60 – 80 | ok | 0 |
| Mg | 3,6 | 4,5 | 10 – 20 | zu niedrig | 345 |
| K | 2,0 | 2,5 | 1,5 - 4 | ok | 0 |

Optimierte Zufuhr

- **N** **43,50kg/ha**
- **P** **13,40kg/ha**
- **Zn** **0,12kg/ha (Blatt)**
- **Mn** **0,05kg/ha (Blatt)**

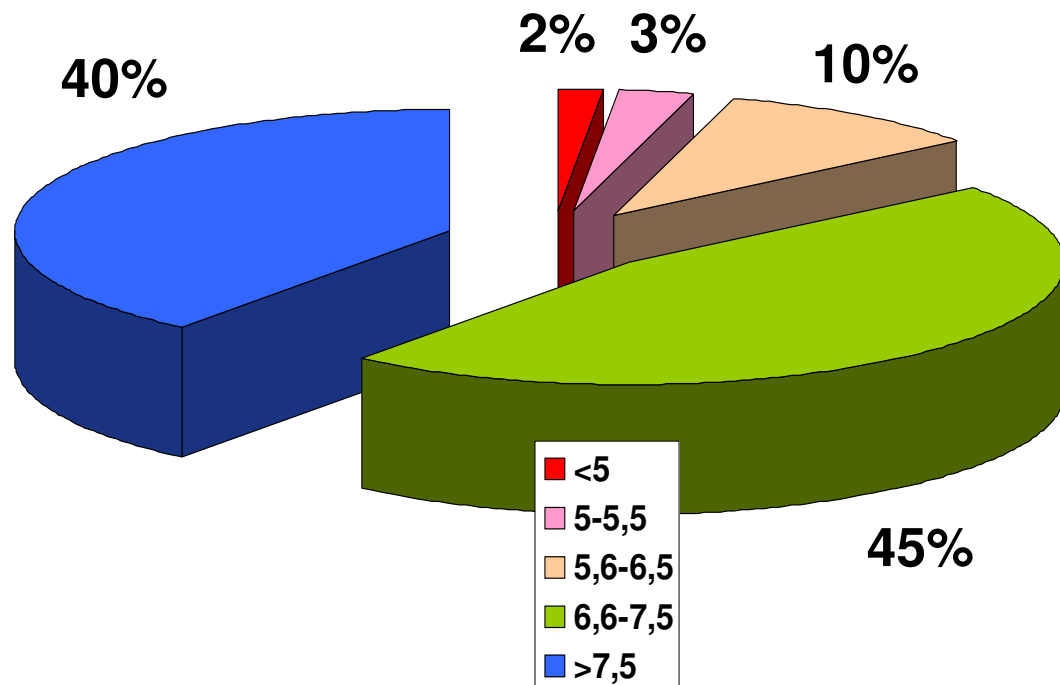
- **Mg** **345,00kg/ha**

Auswertungen 2007/2008

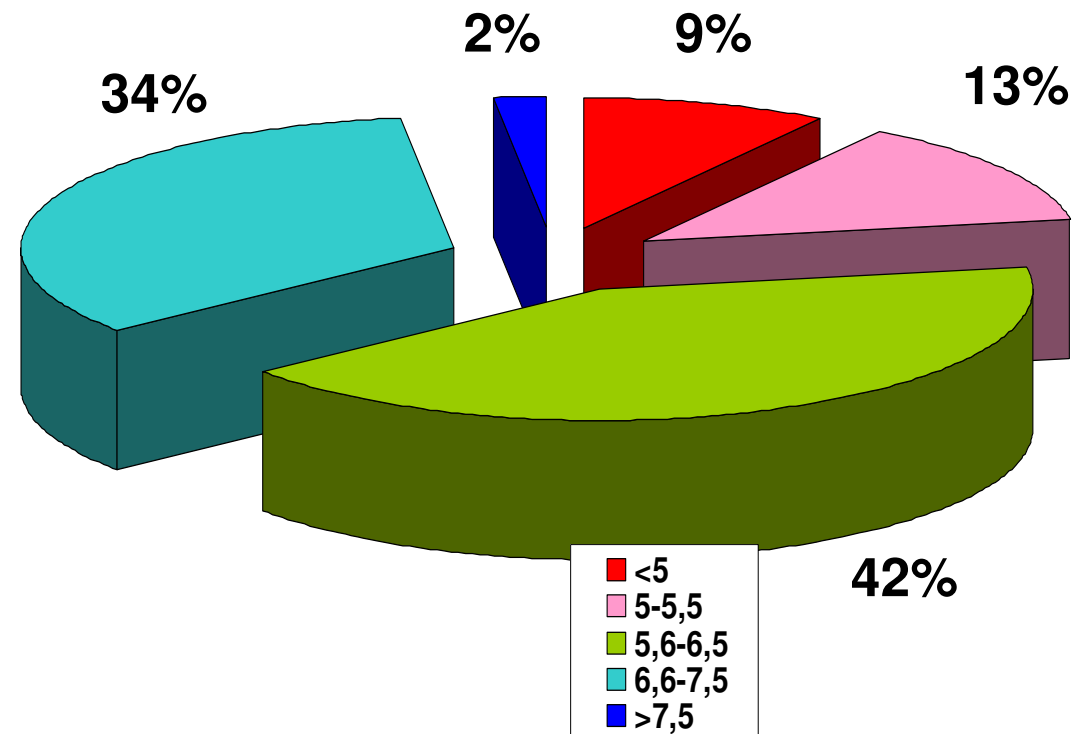
pH Werte

316 Proben

pH Wasser

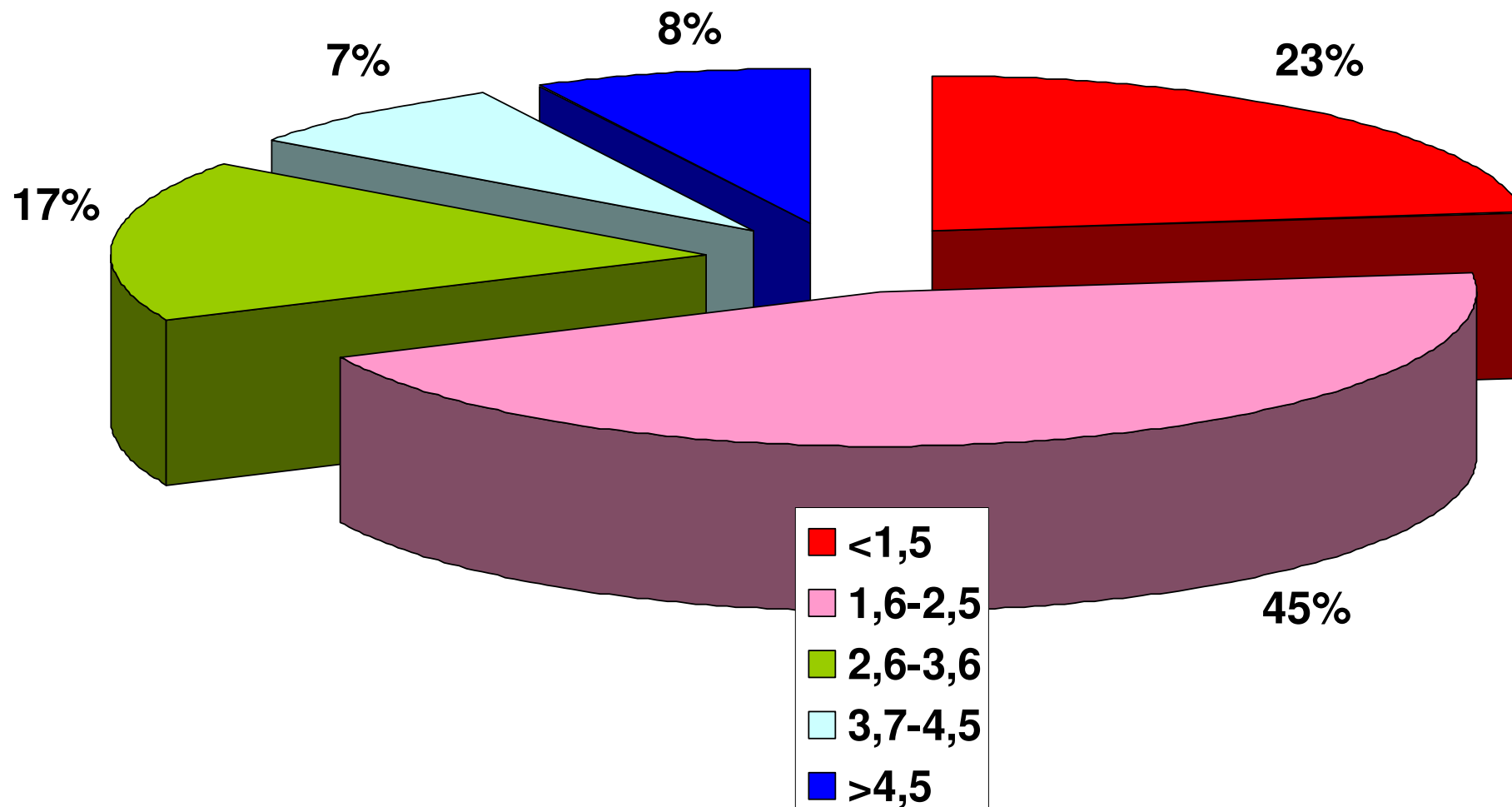


pH KCl



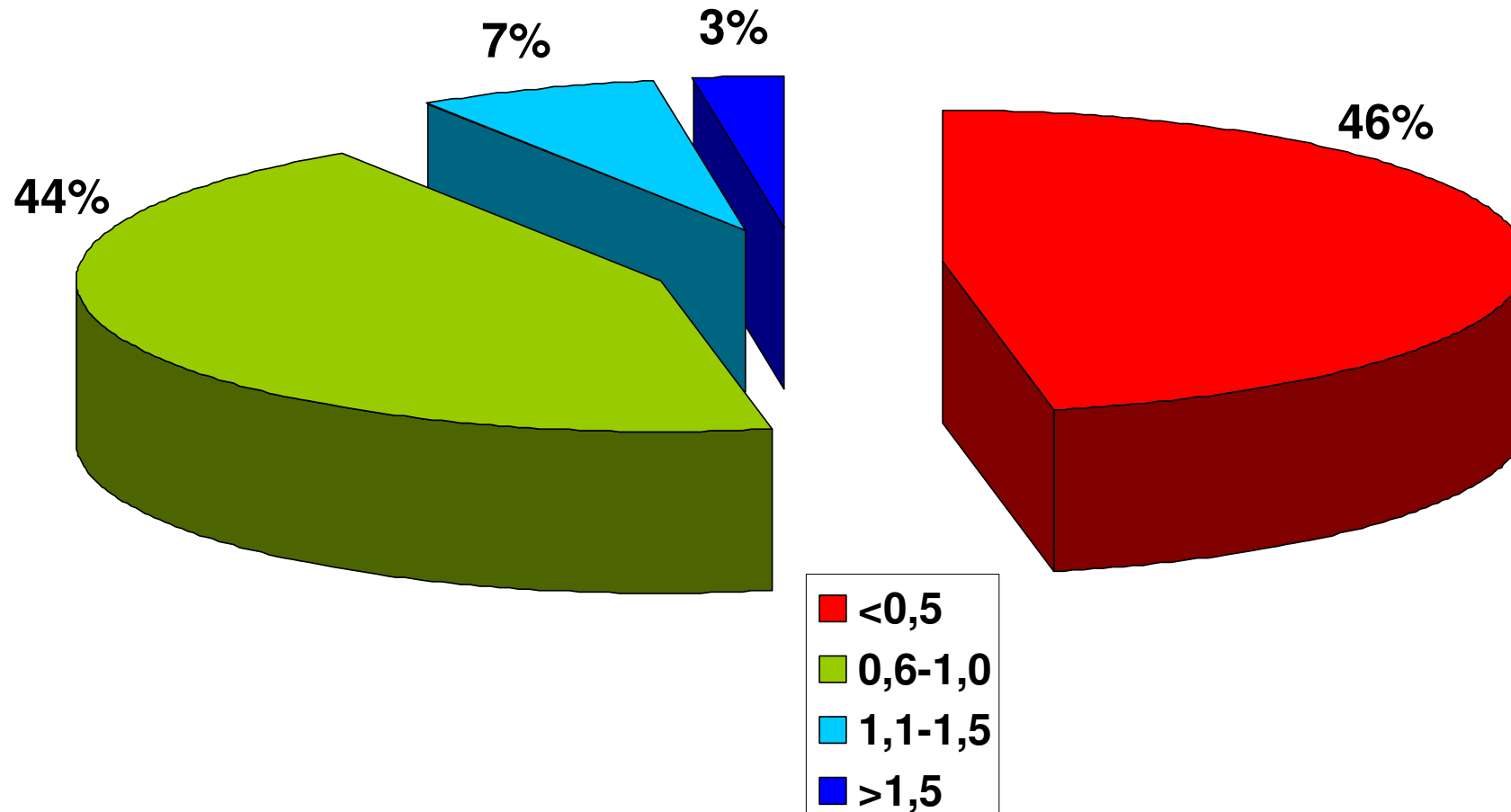
Humusgehalt [%]

316 Proben



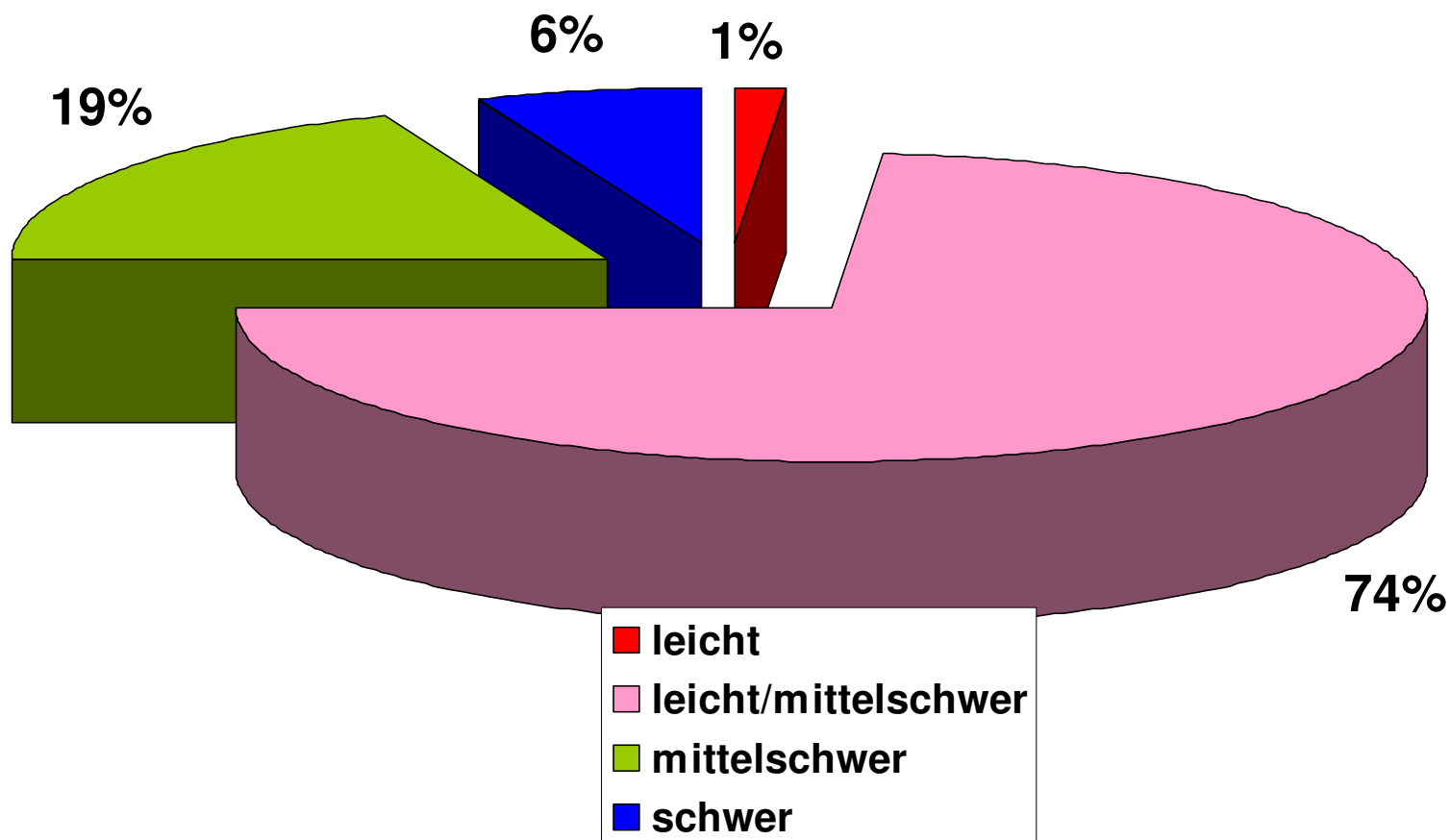
Elektr. Leitfähigkeit [mS/cm]

316 Proben



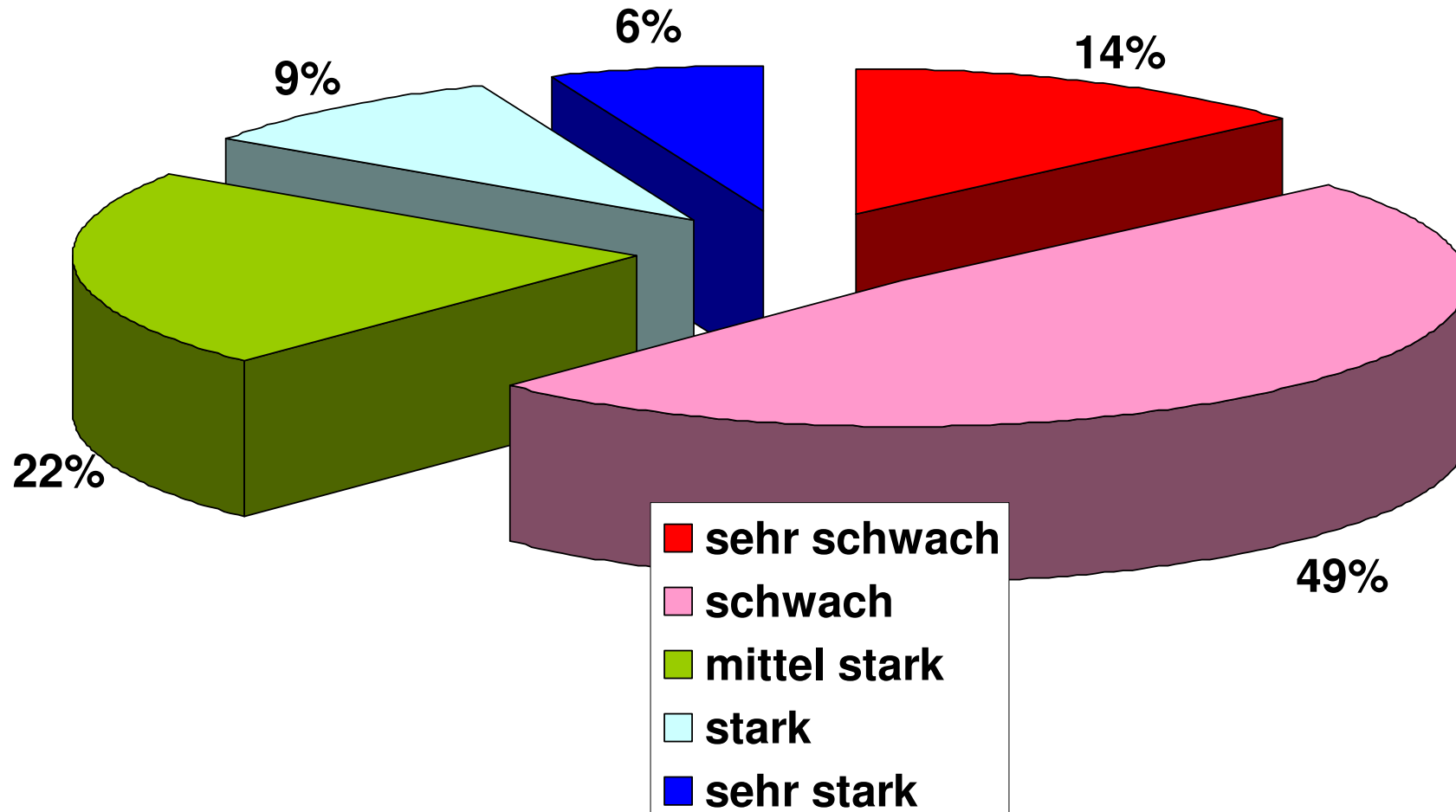
Bodenschwere

316 Proben



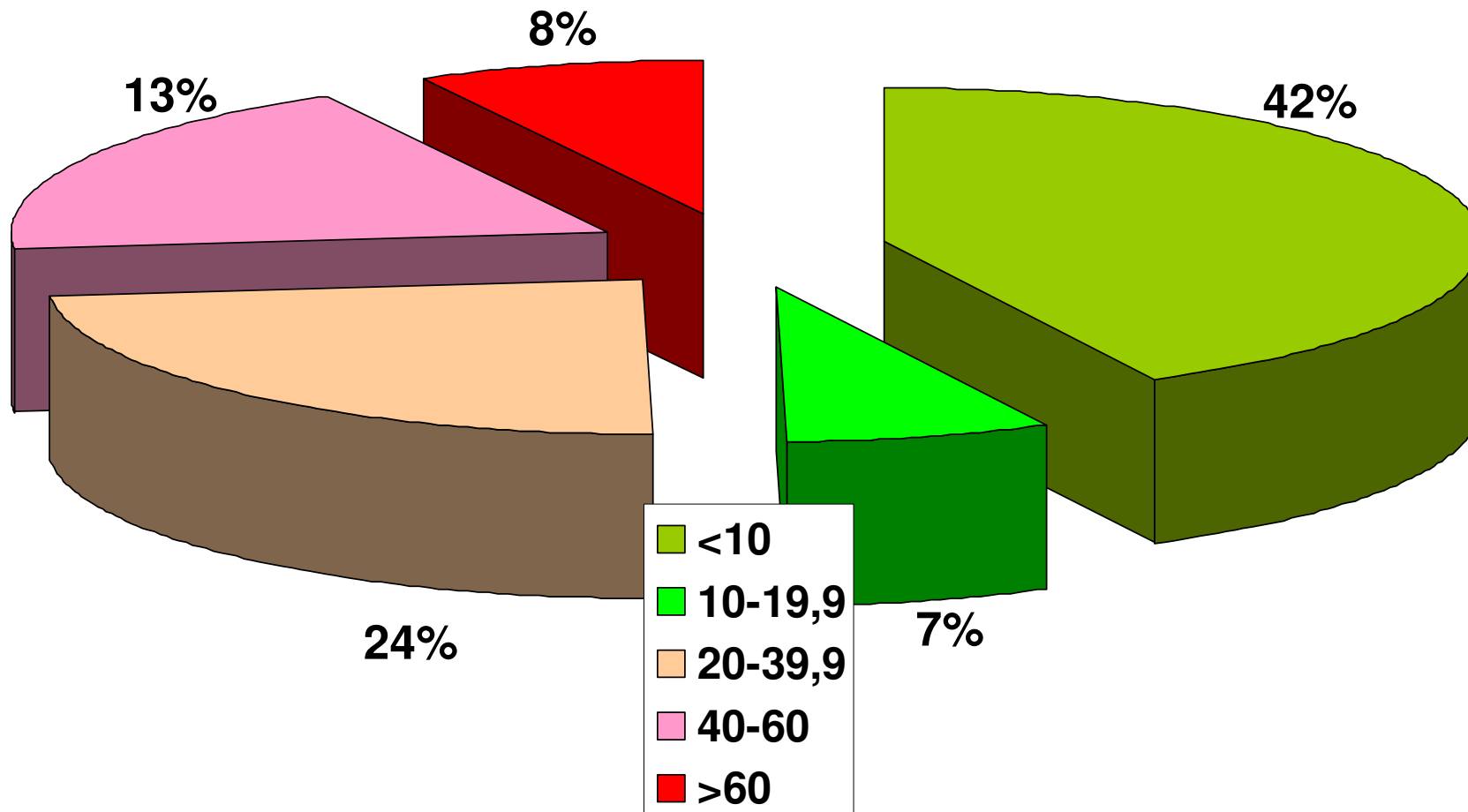
CEC Pot [mmolc/kg]

316 Proben



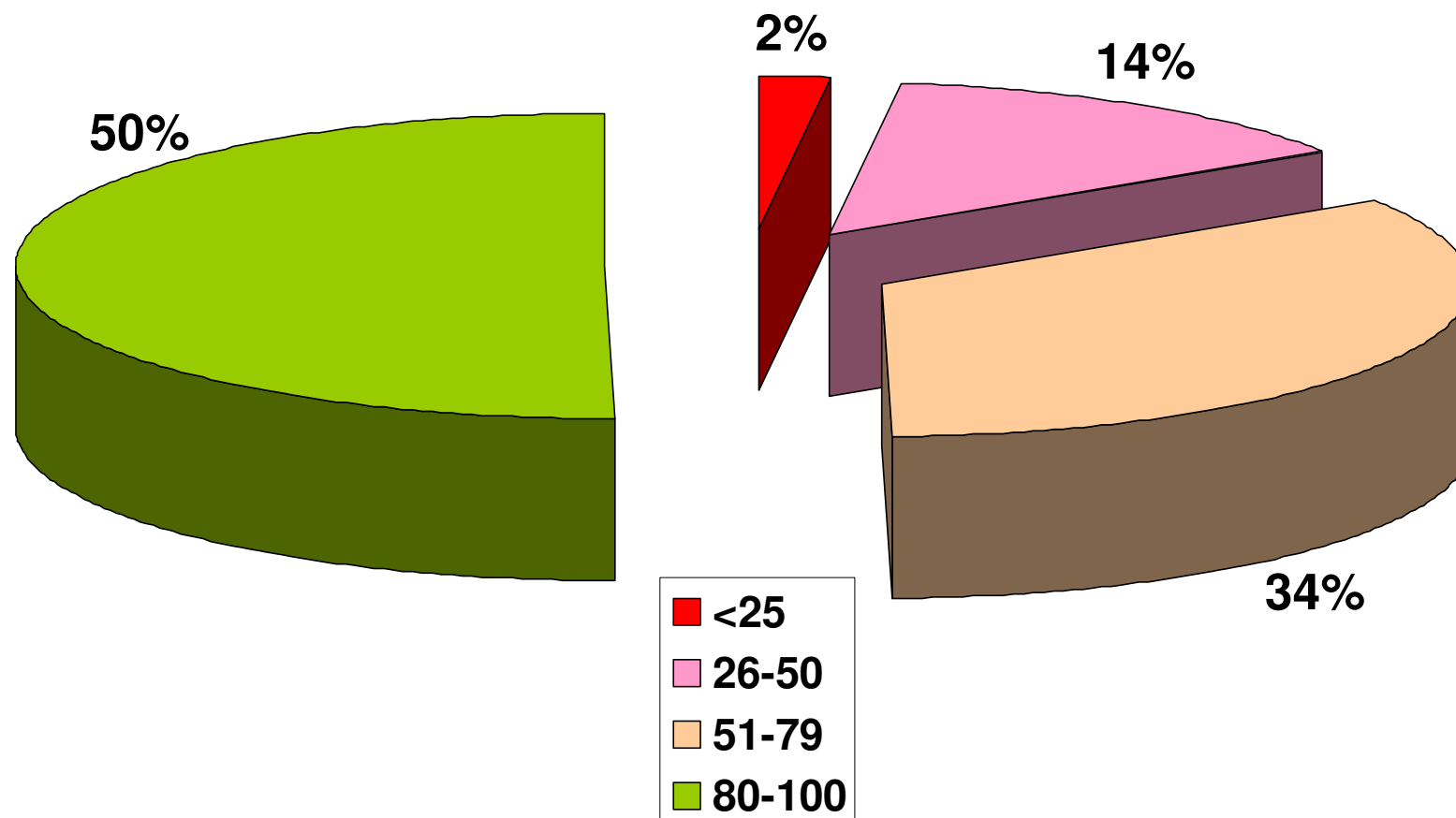
Potentielle Säure

316 Proben



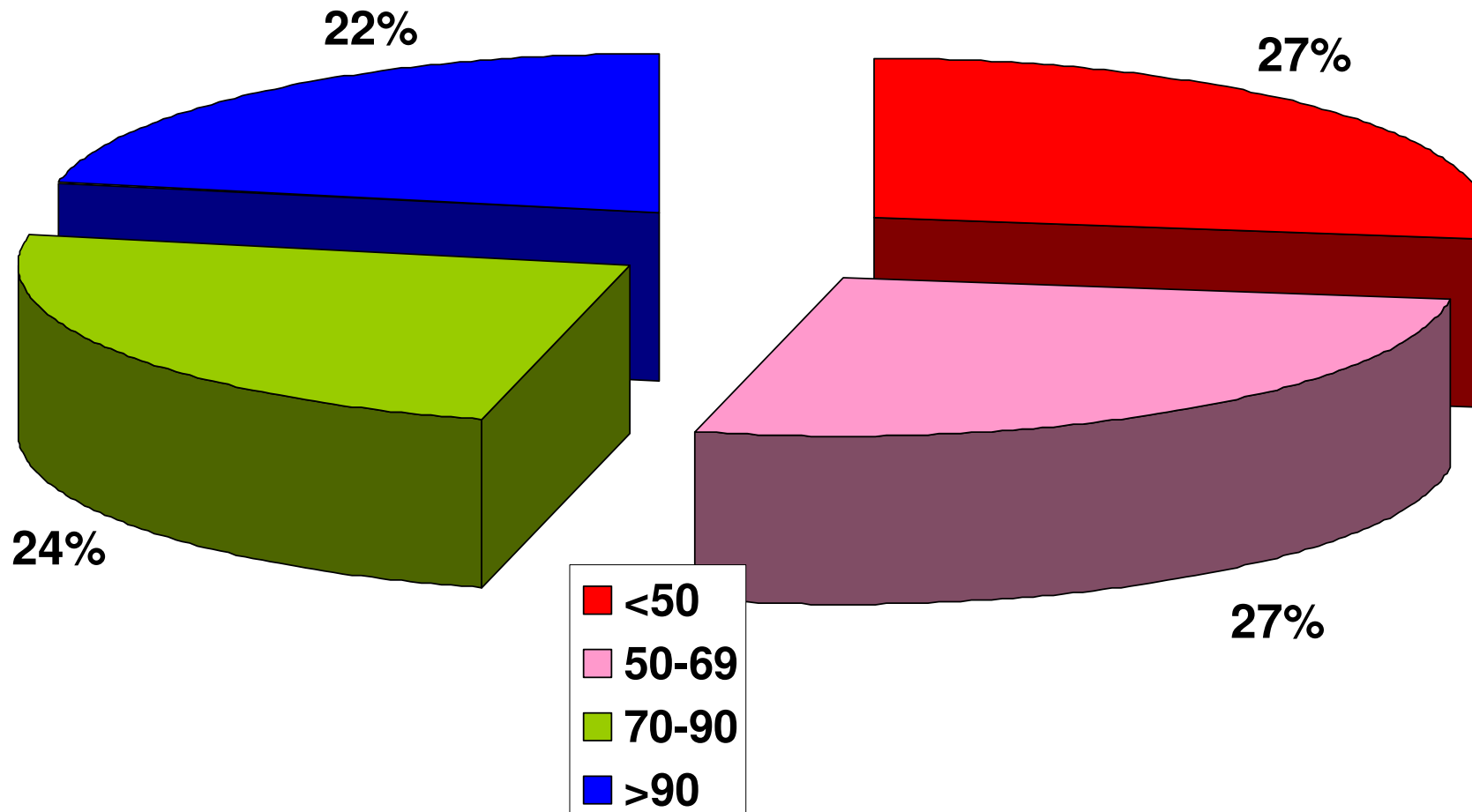
Ungenutztes Sorptions-Potential

316 Proben



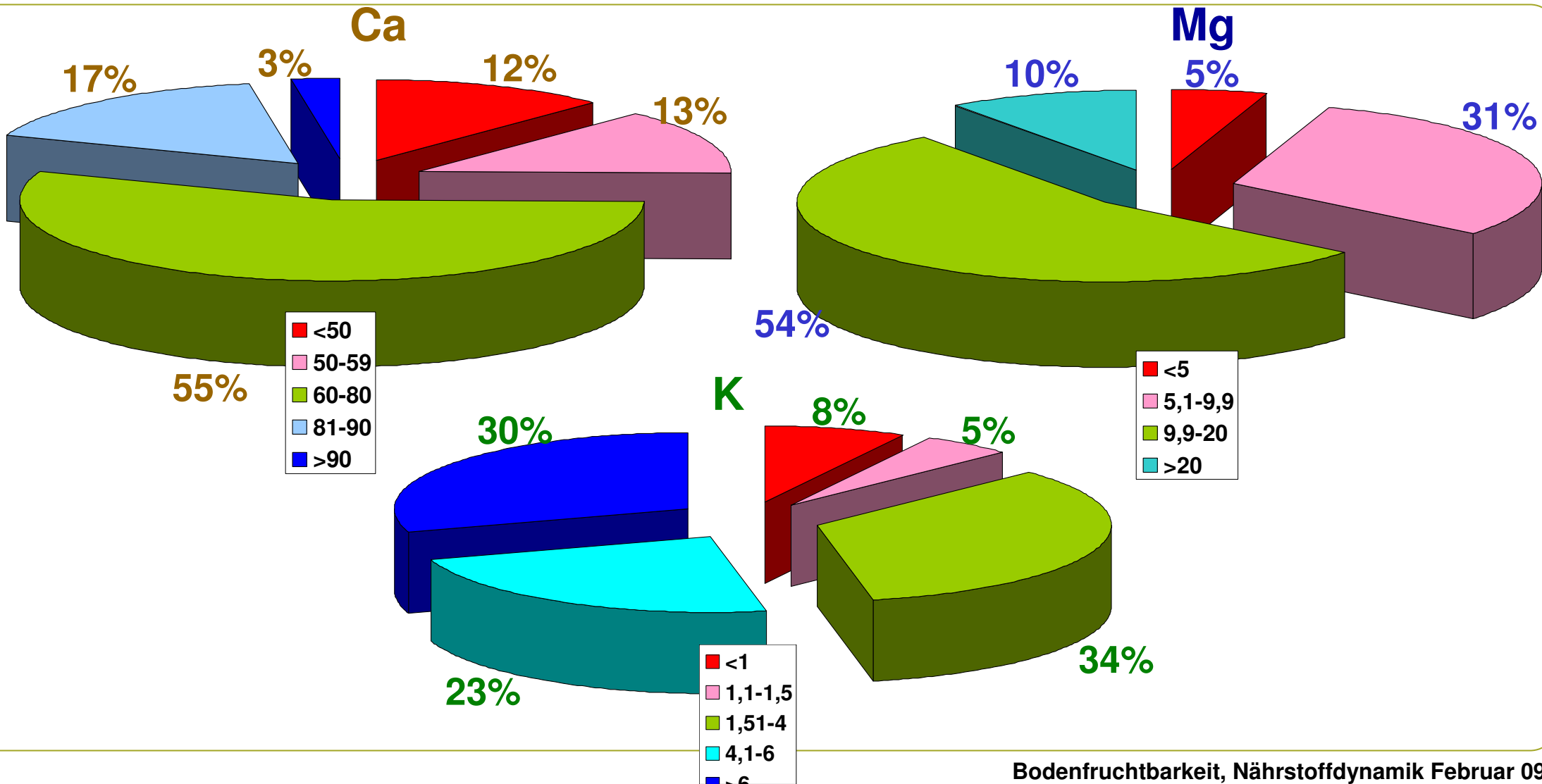
Basensättigung [%Tp]

316 Proben



Sorptionskomplex

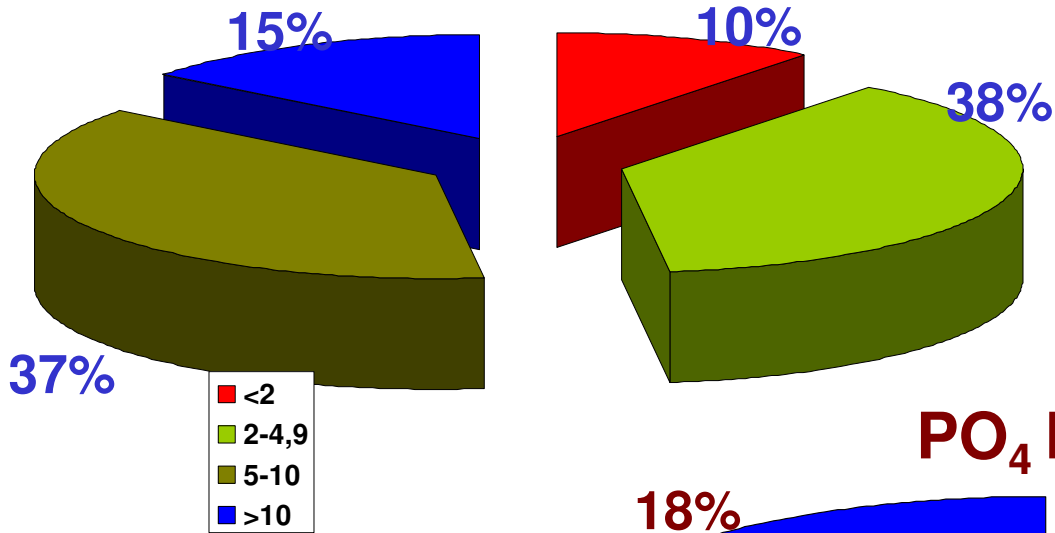
316 Proben



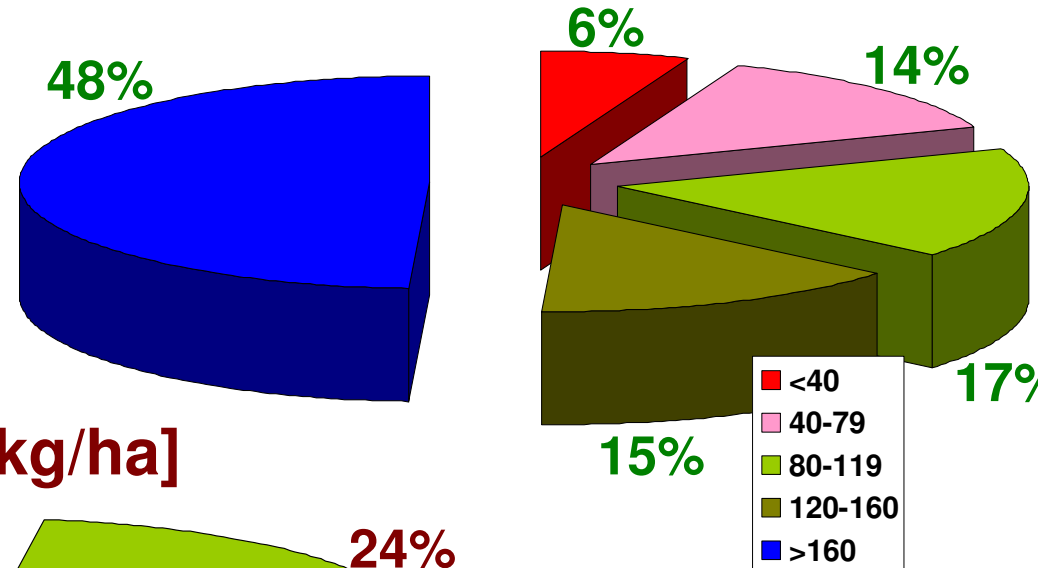
Phosphor-PO₄

316 Proben

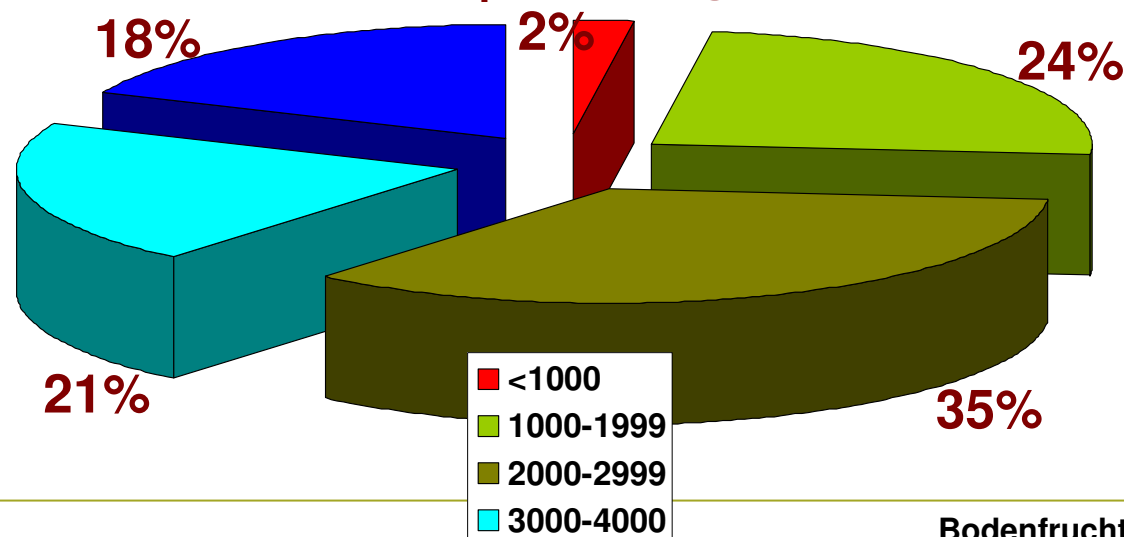
PO₄ [mg/l]



PO₄ pfl [kg/ha]



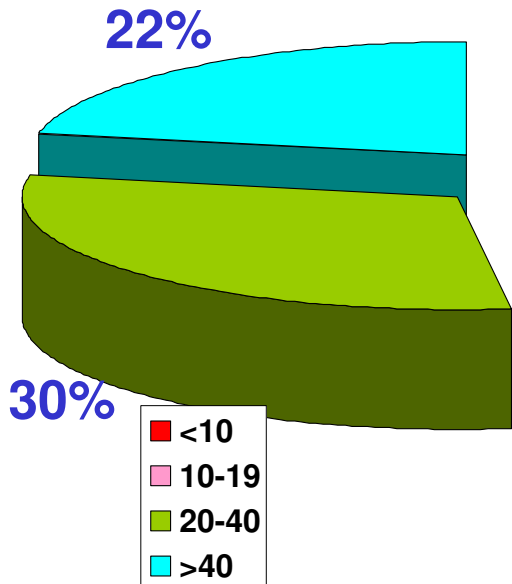
PO₄ Res [kg/ha]



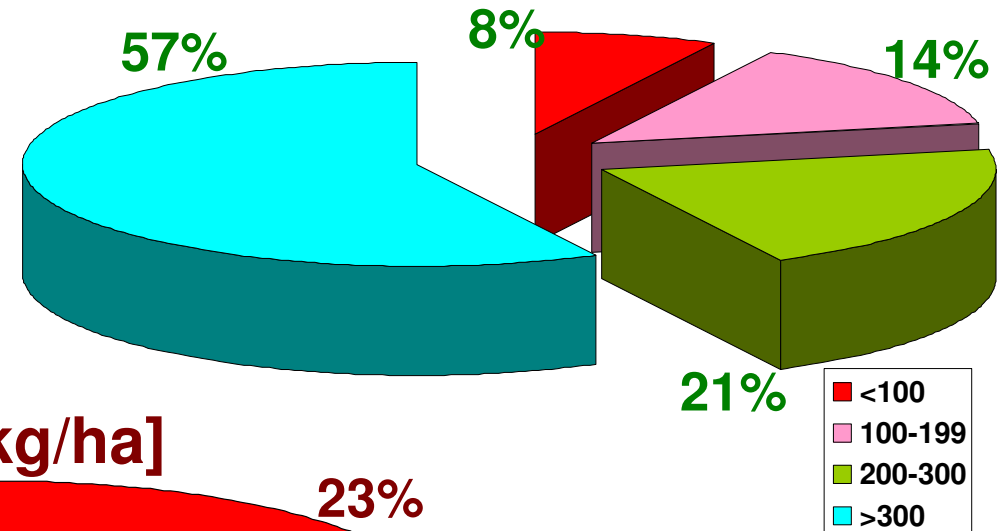
Kalium - K

316 Proben

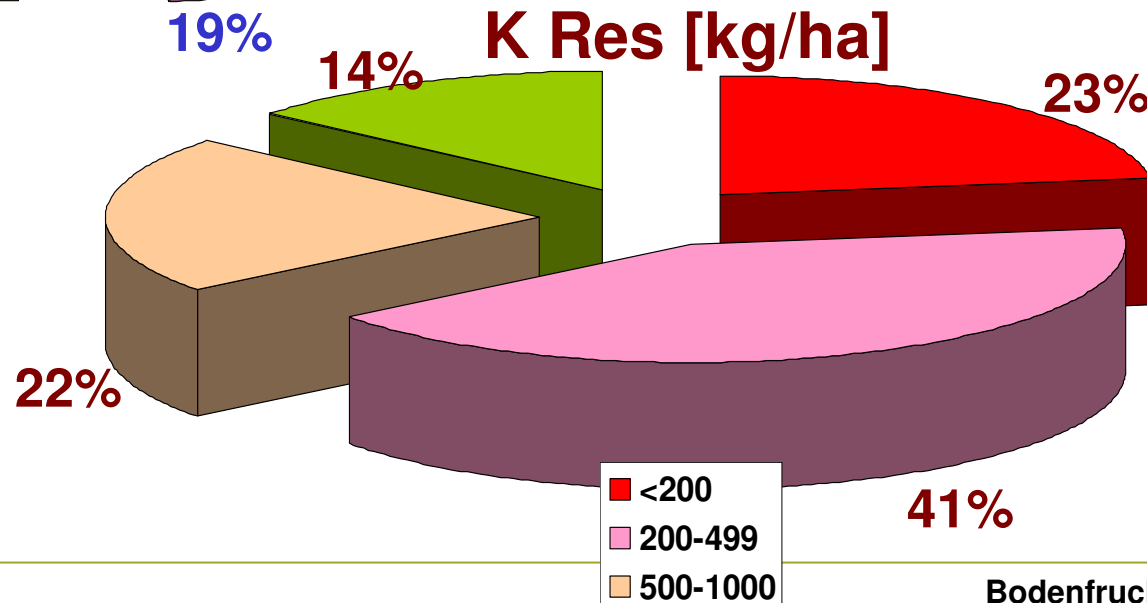
K [mg/l]



K pfl [kg/ha]



K Res [kg/ha]



Download

www.landschaftsoekologie.at