

# 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](http://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

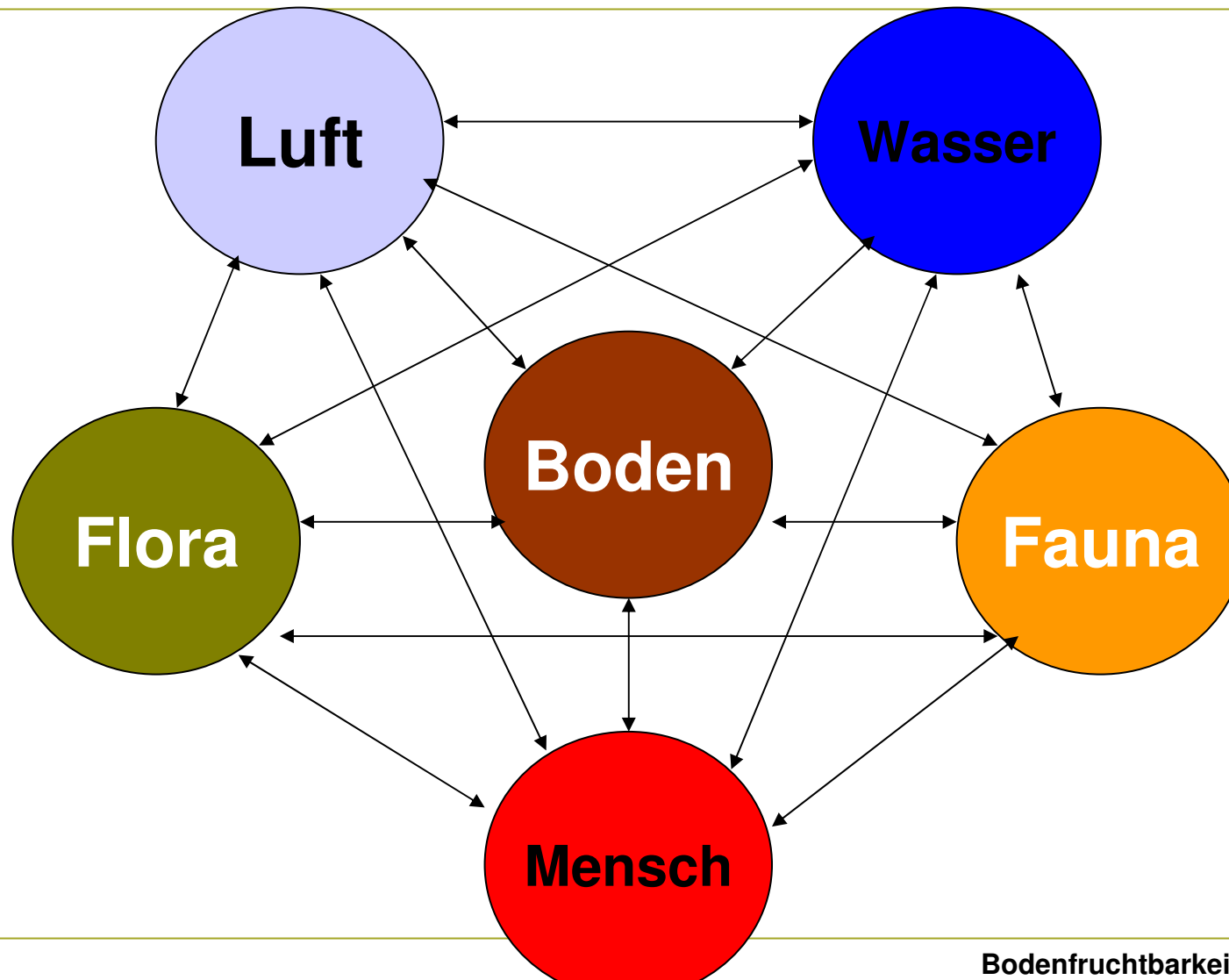
„... ist die Fähigkeit von Natur- und Kulturböden, den Pflanzen als Standort zu dienen“

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

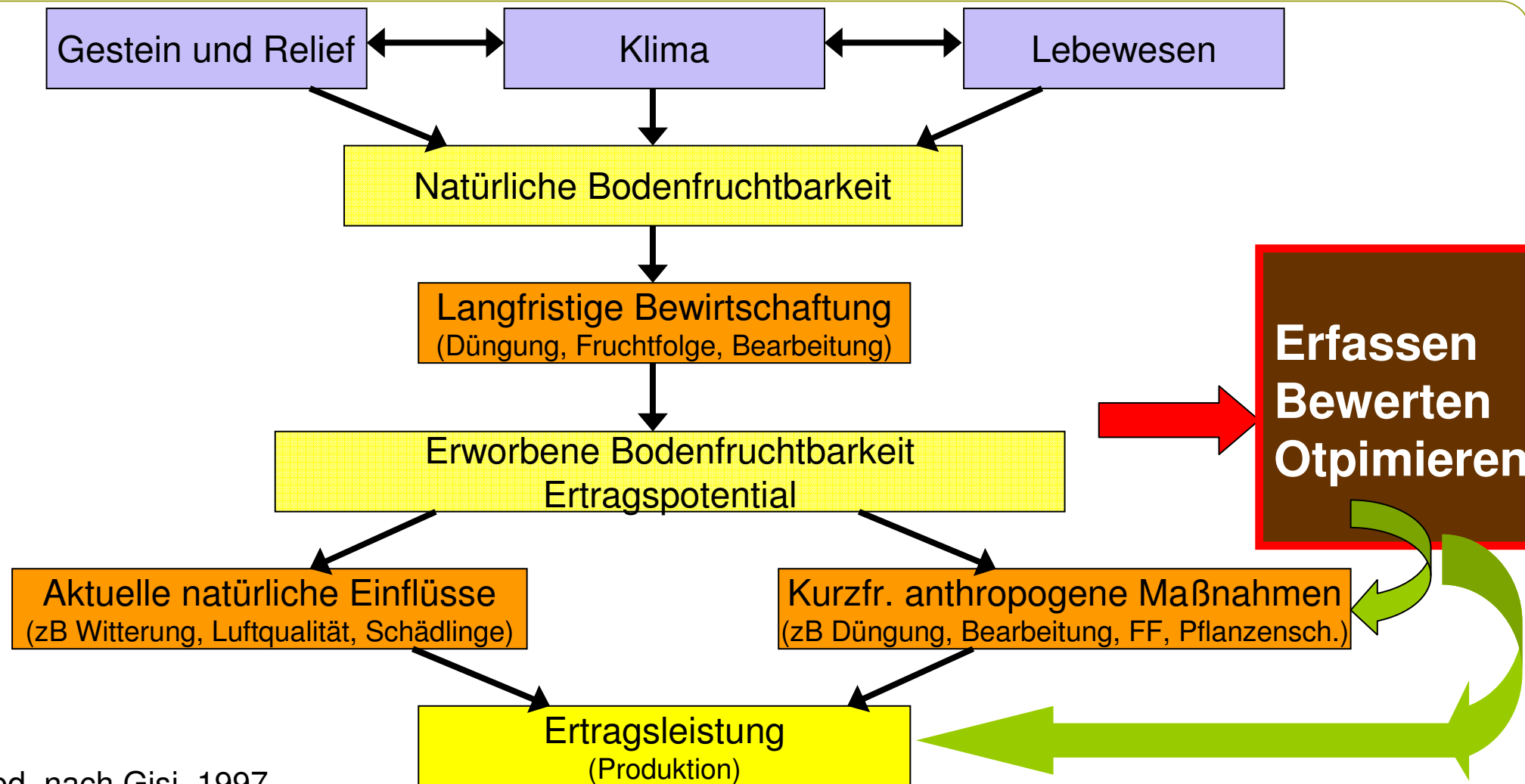
## Boden eigenschaften

- 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

$$S_Q = f(E_j, I_j)$$

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

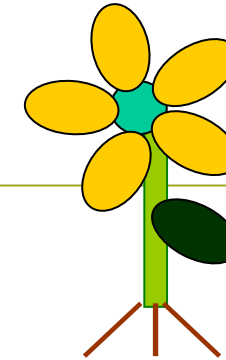
### Optimieren/Umsetzen:

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

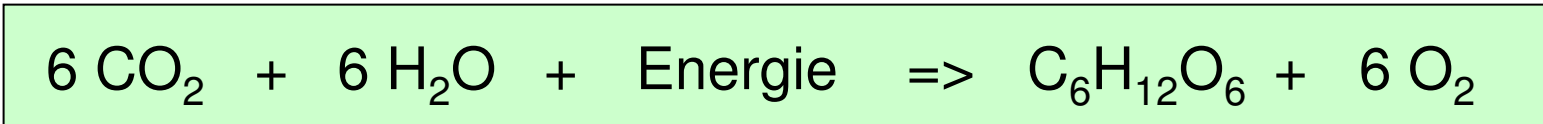
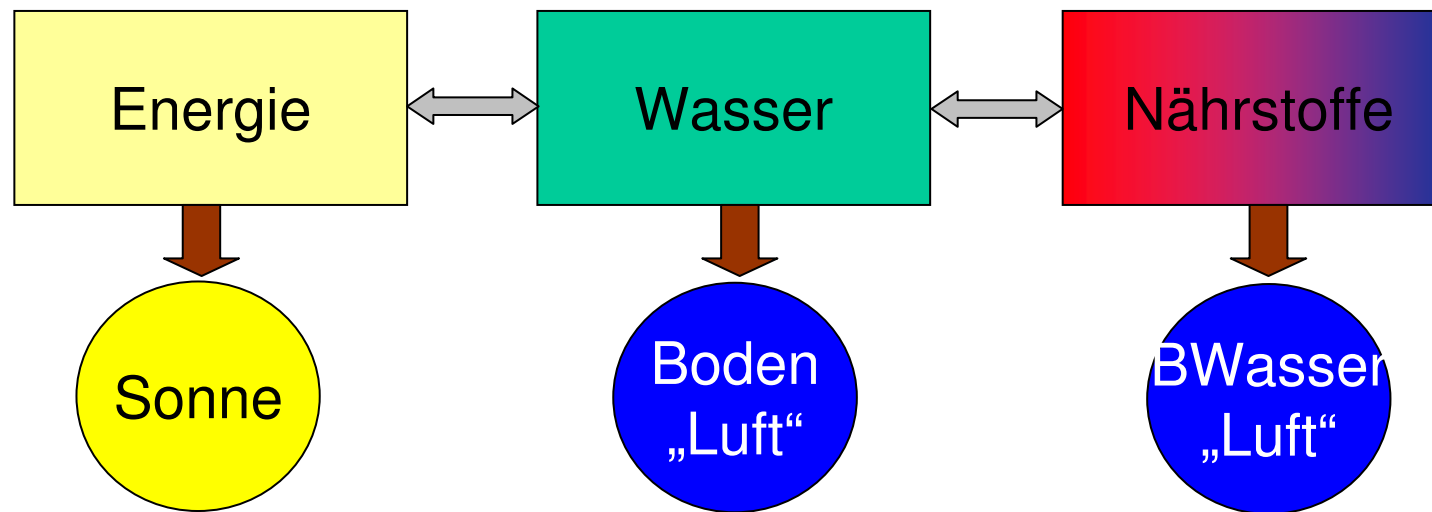
TBU+

???

# Nährstoffe



Was benötigt eine Pflanze....





# Nährelemente/Nährstoffe

**Nährelement:** Element ohne dem Pflanzenwachstum unmöglich ist

**Nährstoff:** Für Wurzeln aufnehmbare Form der Nährelemente

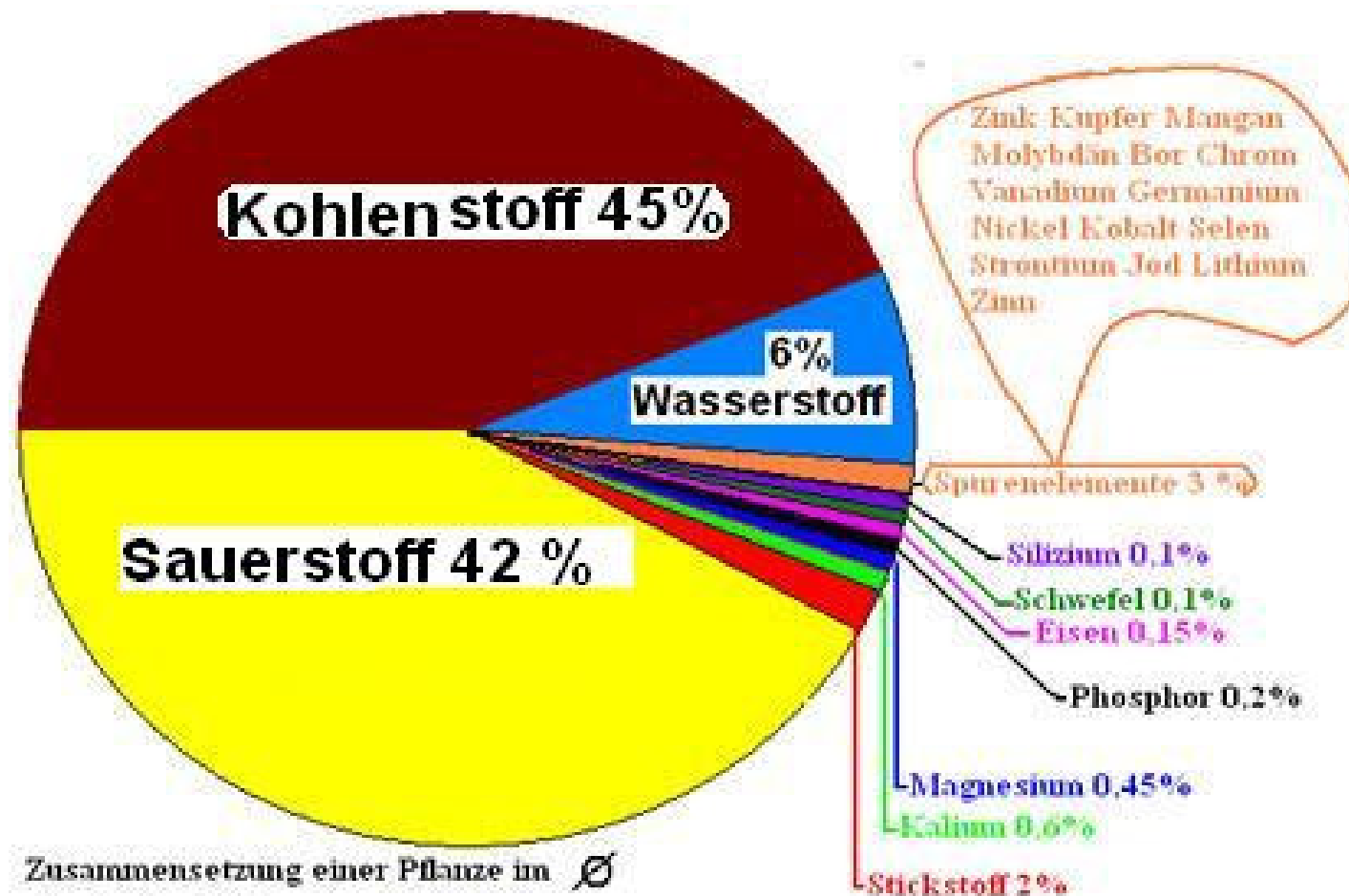
Grundnährelemente: C, H, O

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 Ø

Novotny Dez. 2005

# Zusammensetzung eines Bodens

## „Kalkboden“

- Ca, (Mg), CO<sub>3</sub>,
- 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

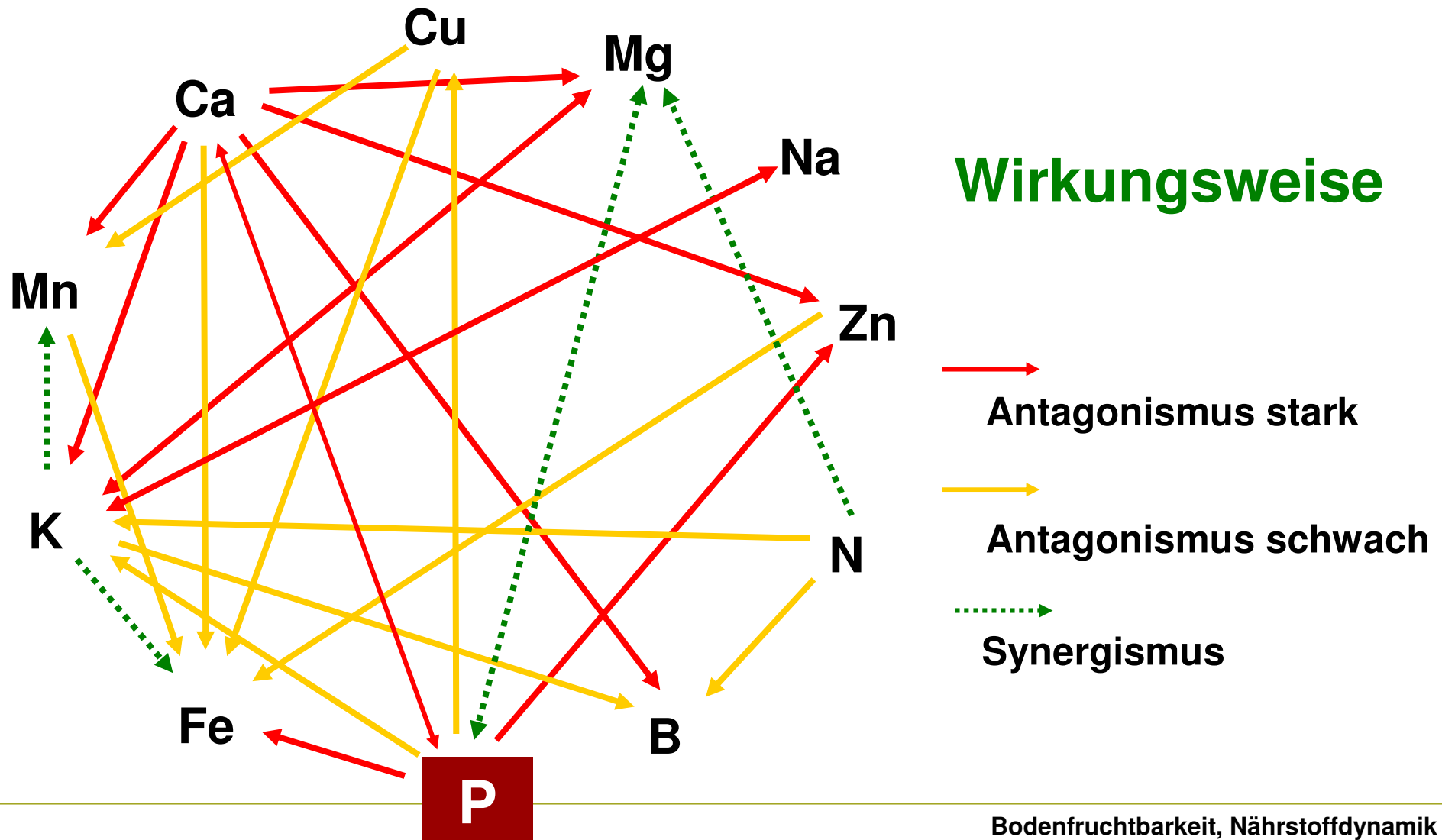
## Diffusion:

Ausgleich von Konzentrationsunterschieden

## Wurzelwachstum:

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

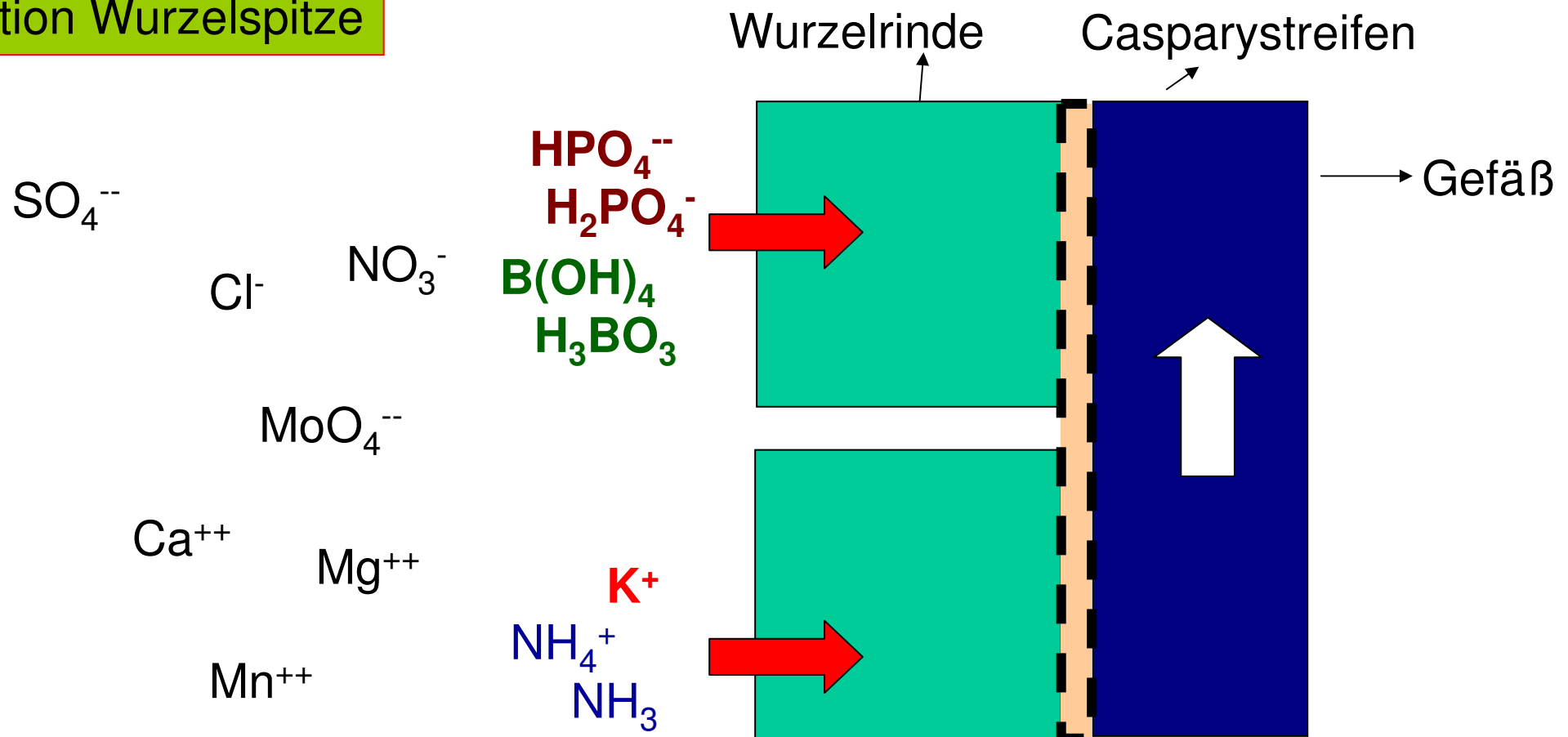
# Wirkungsgefüge



# Übertritt der Nährstoffe in die Wurzel

Über die Wurzel werden nur im Wasser gelöste Nährstoffe aufgenommen




Situation Wurzelspitze

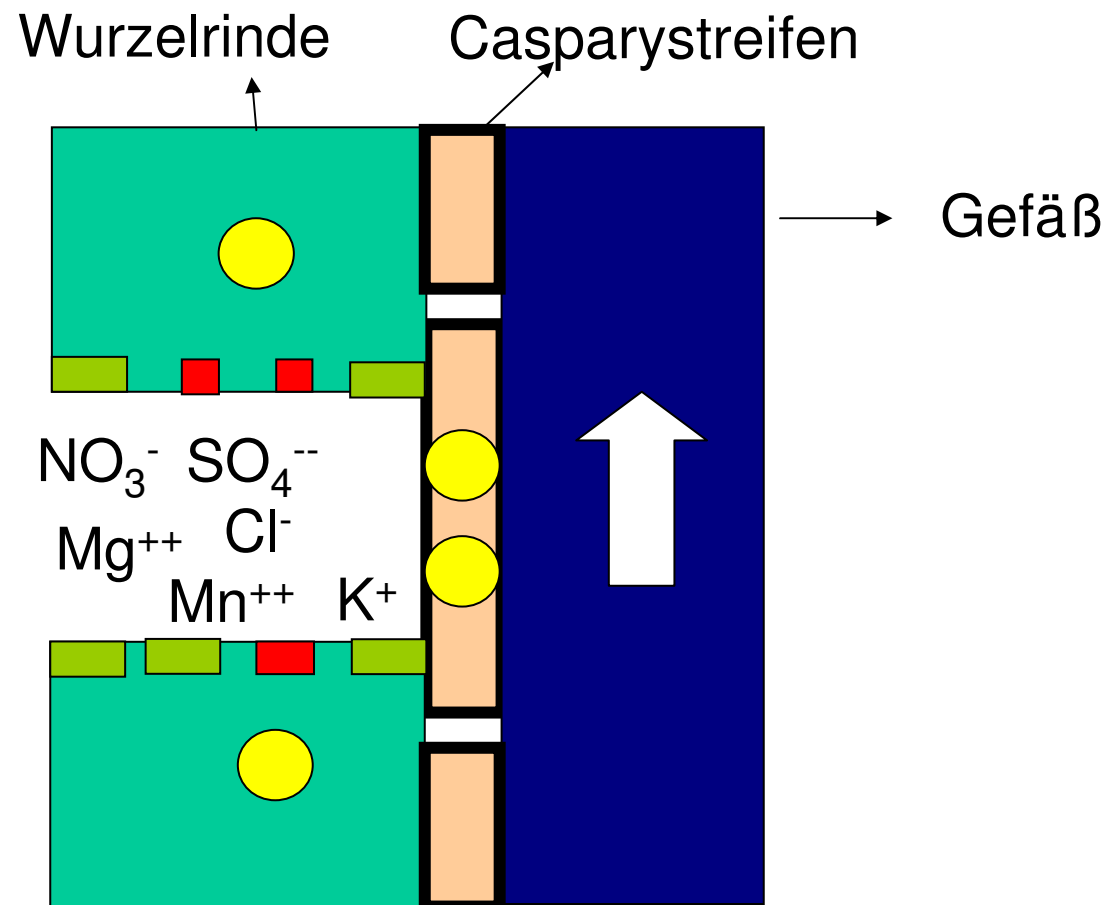


# Übertritt der Nährstoffe in die Wurzel

Über die Wurzel werden nur im Wasser gelöste Nährstoffe aufgenommen

Situation Wurzelhaare

-  Kompetitive Sorptionsstellen
-  unspezifische Sorptionsstellen
-  Träger



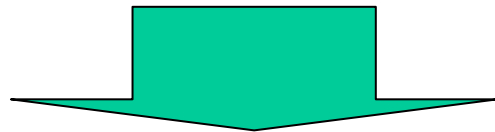
# Definitionen

## Kompetitive Bindung:

Prozesse sind nur für chemisch eng verwandte Teilchen möglich:  
zB:  $\text{NO}_3/\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4/\text{MoO}_4$ ,  $\text{Mg}/\text{Mn}$

## Unspezifische Bindung:

Prozesse orientieren sich an Konzentrationen/Verdrängungswirkungen:  
zB: Ca, K und  $\text{NH}_4$  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  $\text{Cl}^-$  haltige Dünger (sofern kein hoher Zuckergehalt gefordert)
- Verringerung von Fe Chlorosen durch  $\text{Cl}^-$  da Nitrat Aufnahme red.

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

- bei Mo Mangel geringe Mengen  $\text{SO}_4$  verwenden
- bei hohen  $\text{SO}_4$  Gehalten Mo düngen
- bei hohen Mo Gehalten (Molybdänose)  $\text{SO}_4^{--}$  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

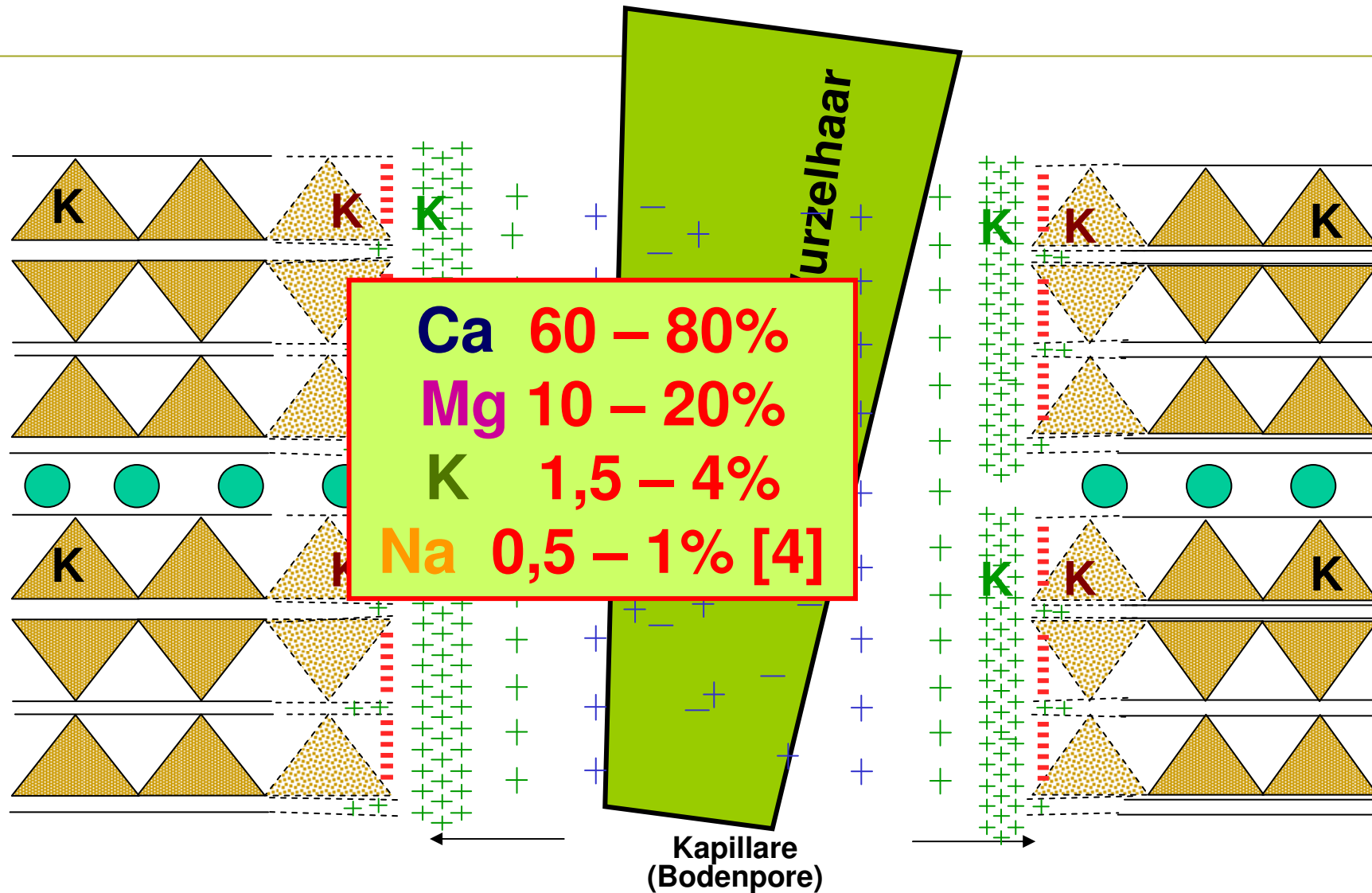
## Verdrängungswirkung

- Gleichsinnig geladene Ionen konkurrieren sich gegenseitig.  
(zB Ca, Mg, K, Na, NH<sub>4</sub>)
- **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)

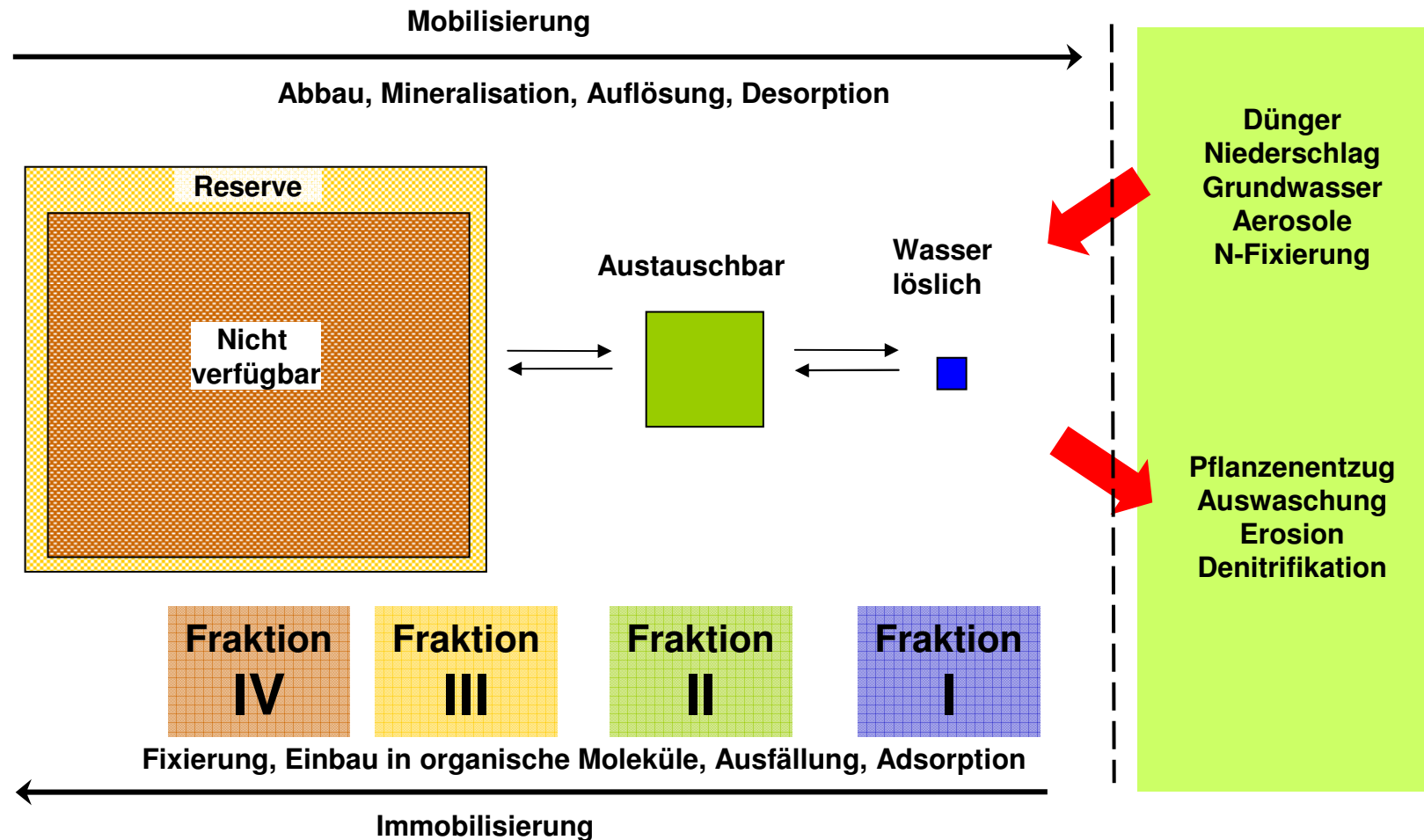
## Festlegungen

- Gegenteilig geladene Ionen können stabile Verbindungen bilden
- **PO<sub>4</sub>** Überschuss  $\Leftrightarrow$  Festlegung **Cu, Zn, Mn**
- **Fe** Überschuss  $\Rightarrow$  Festlegung von **PO<sub>4</sub>**

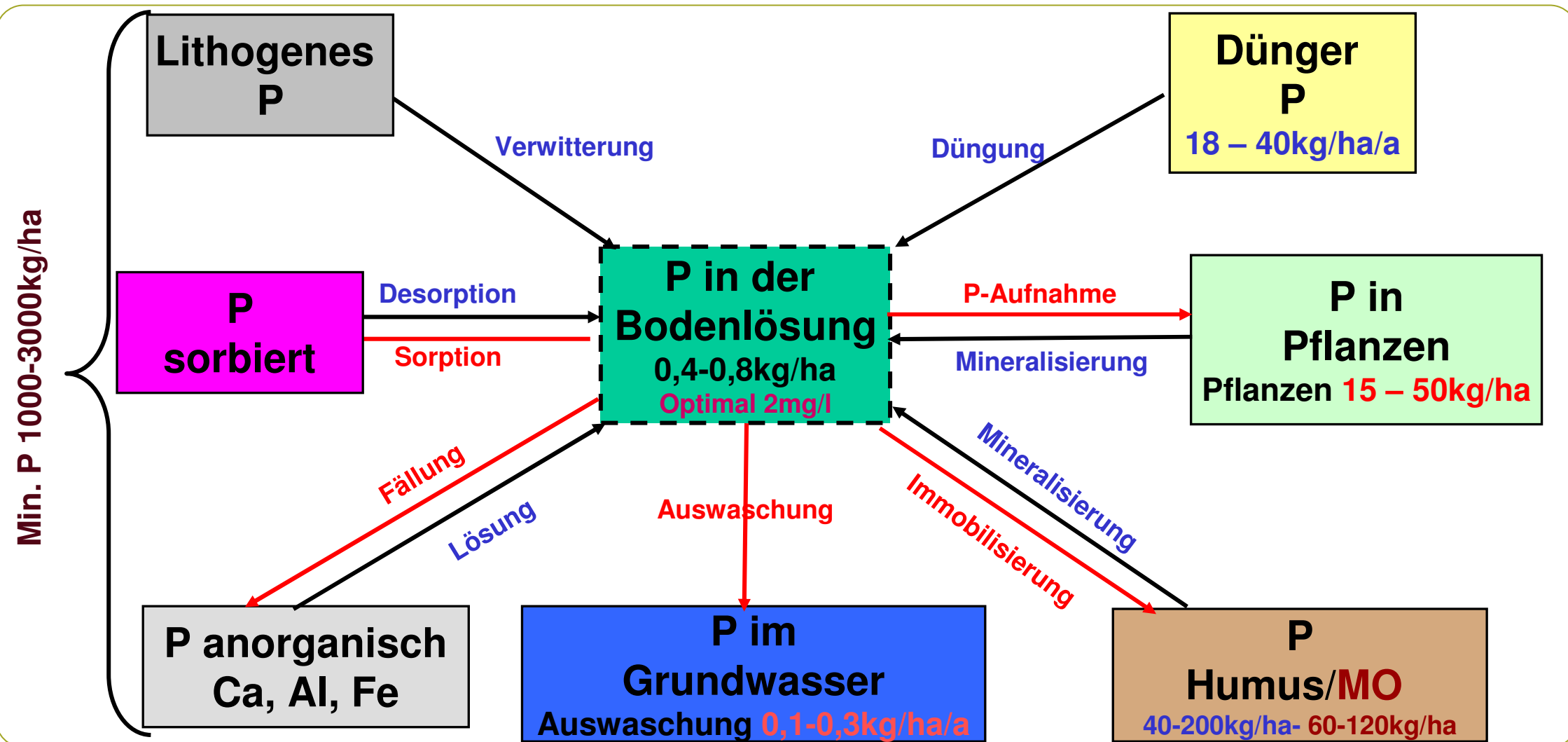
# Bindungsstärken der Elemente



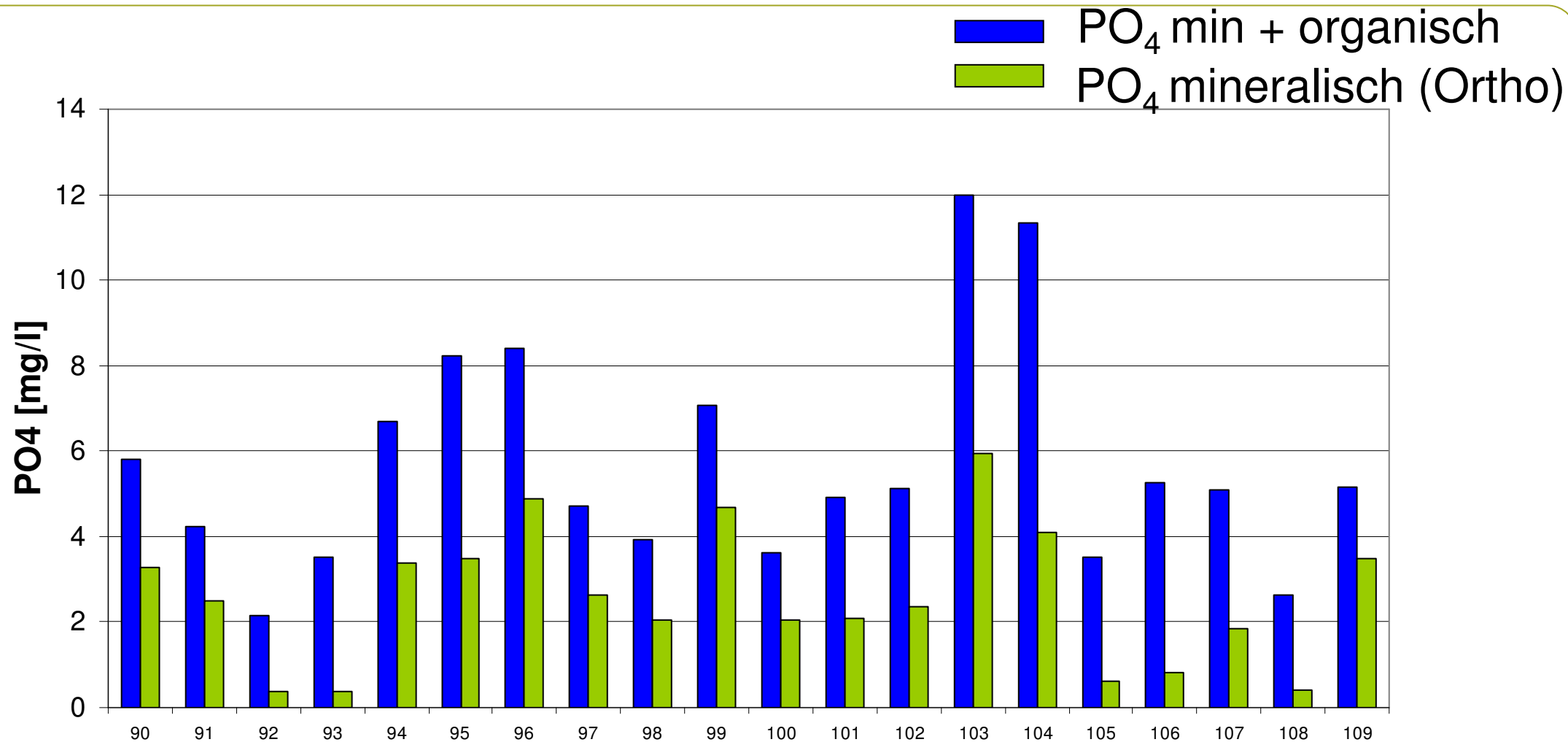
# Dynamik im Boden



# 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"> <li>•Verlust von Carbonat</li> </ul>
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"> <li>•Verlust aust. Kationen</li> <li>•Basensättigung sinkt</li> </ul>
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"> <li>•Zerstörung Austauscher</li> <li>•Verlust KAK</li> <li>•Al in Bodenlösung</li> </ul>
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"> <li>•Al in Bodenlösung</li> <li>•Al austauschbar</li> </ul>
< 3	Fe Oxide, Hydroxide	$\text{FeOOH} + 3\text{H}^+ = \text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Fe, Mn in Bodenlösung</li> <li>•Fe, Mn austauschbar</li> </ul>

# Analytische Bewertung


Bodensparameter	Wert	sehr niedrig	niedrig	gering	hoch	sehr hoch	Bemerkung
Antonschwere (pH)	100						extrem saurer Boden
pH Wert KCl (ang. H <sub>+</sub> )	3,5						sehr stark sauer
pH Wert NaCl (ang. H <sub>+</sub> )	5,7						mäßig sauer
Kalkgehalt CaCO <sub>3</sub> (%)	0,4						sehr schwach
gelbe Stoffe (pL, mg/cm)	0,505						sehr niedrig
Humusgehalt (%)	4,8						Zwischenschicht
Humusgehalt (C/N)	7,3						ausgezeichnet
Ullast = CEC bei (min) (kg)	300						sehr hohe Austauschkapazität
CEC bei (max) (kg)	142						sehr niedrig
Säurebindung (%) CEC	48						hohe Versauerung
Ca am Magnet (Ca <sub>0</sub> CEC) (%)	28,4						gering
Mg am Magnet (Mg <sub>0</sub> CEC) (%)	10,7						gering
K am Magnet (K <sub>0</sub> CEC) (%)	0,2						sehr gering
Na am Magnet (Na <sub>0</sub> CEC) (%)	0,2						gering
Al am Magnet (Al <sub>0</sub> CEC) (%)	1,6						erhöht
NH <sub>4</sub> am Magnet (NH <sub>4</sub> CEC) (%)	0,1						gering
Fe am Magnet (Fe <sub>0</sub> CEC) (%)	0,1						gering
Mn am Magnet (Mn <sub>0</sub> CEC) (%)	0,2						gering
N am Magnet (N <sub>0</sub> CEC) (%)	0,9						absolute Säure gering
Säure am Magnet (Säure <sub>0</sub> CEC) (%)	02,7						Dickhaut Sorptionskapazität

Stoff pflanzenverfügbar	Wert	sehr niedrig	niedrig	gering	hoch	sehr hoch	Substanzgehalt	Reservegehalt	Bemerkung
C org (kg/ha)	6310								Zwischenschicht
N total (kg/ha)	370								Schwachen Boden
C total (kg/ha)	2370						1400		Überschuss
Mg pflanzenverfüg (kg/ha)	476						1300		Ausreichend
K pflanzenverfüg (kg/ha)	25						180	200	starker Mangel
PO <sub>4</sub> pflanzenverfüg (kg/ha)	20						130	200	starker Mangel
NH <sub>4</sub> -N (kg/ha)	4,7						130		starker Mangel
NO <sub>3</sub> -N (kg/ha)	1422						190		Mangel
Nmin (kg/ha)	1869						130		Mangel
SO <sub>4</sub> pflanzenverfüg (kg/ha)	1003								Überschuss
Fe pflanzenverfüg (kg/ha)	4,86						4200		ausreichend
Mn pflanzenverfüg (kg/ha)	20,15						460		extremes Überschuss
Cu pflanzenverfüg (kg/ha)	0,12						0,96	20	Mangel
Zn pflanzenverfüg (kg/ha)	2,10							30	extremes Überschuss
Mo pflanzenverfüg (kg/ha)	0,06						0,18	0	starker Mangel
B pflanzenverfüg (kg/ha)	0,07						0,14	0	Mangel
Al pflanzenverfüg (kg/ha)									Extremmangelgefahr
Cr, Pb, Cd, Ni									keine Auswertungen

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


**Landschafts** 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 [ha@landschafts-oekologie.at](mailto:ha@landschafts-oekologie.at)  
[www.landschafts-oekologie.at](http://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:** [www.landschafts-oekologie.at](http://www.landschafts-oekologie.at) 21.12.2009

Bank Austria Creditanstalt | Kontonr: 50146 028 388 182 | IBZ: 12000 | IBAN: AT86 1200 0501 4602 8388 | BIC: BKAUAT33 | 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:

<b>Bodenart:</b>	<b>sandiger Lehm</b>
<b>Dichte:</b>	<b>1,5g/cm<sup>3</sup></b>
<b>Porenvolumen:</b>	<b>45%</b>
<b>Humusgehalt:</b>	<b>2,0%</b>
<b>Durchwurzelung:</b>	<b>30cm</b>
<b>KAK:</b>	<b>80mmolc/kg</b>

## Ergebnisse 1:

<b>BV [m<sup>3</sup>/ha]</b>	<b>3.000</b>
<b>BG [t/ha]</b>	<b>4.500</b>
<b>WK [m<sup>3</sup>]</b>	<b>1.350</b>
<b>HG [t/ha]</b>	<b>90</b>

# Rechenbeispiel/Nährstoffe

Weizen, Ertrag 5t/ha

			IST	Pf. Entzug	Differenz	Bemerkung
Parameter	Einheit	Wert	kg/ha	kg/ha	kg/ha	
pH <sub>CaCl<sub>2</sub></sub>	-log [H <sup>+</sup> ]	6,9				Verfügbarkeit?
Humus	%	2,00	90.000			Qualität?
C/N - Nt		8,80	5.114			N-Nachlief.
N <sub>min</sub>	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
<b>Ca</b>	<b>66,6</b>	<b>83,3</b>	<b>60 – 80</b>	<b>ok</b>	<b>0</b>
<b>Mg</b>	<b>3,6</b>	<b>4,5</b>	<b>10 – 20</b>	<b>zu niedrig</b>	<b>345</b>
<b>K</b>	<b>2,0</b>	<b>2,5</b>	<b>1,5 - 4</b>	<b>ok</b>	<b>0</b>

# Optimierte Zufuhr

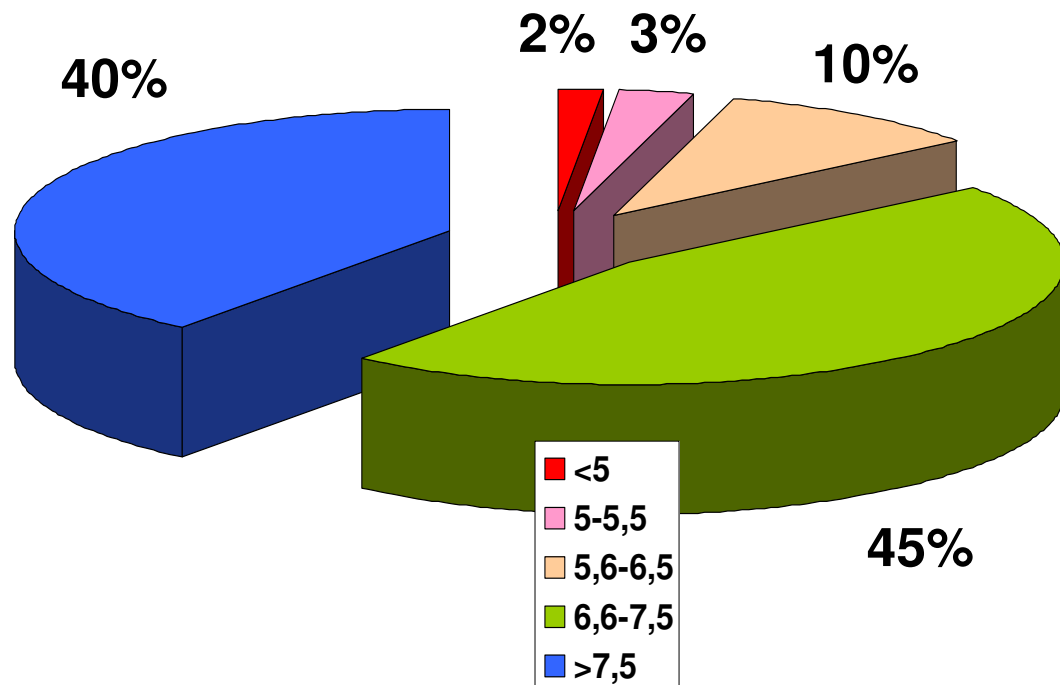
- **N**      **43,50kg/ha**
- **P**      **13,40kg/ha**
- **Zn**     **0,12kg/ha (Blatt)**
- **Mn**     **0,05kg/ha (Blatt)**
  
- **Mg**     **345,00kg/ha**

# Auswertungen 2007/2008

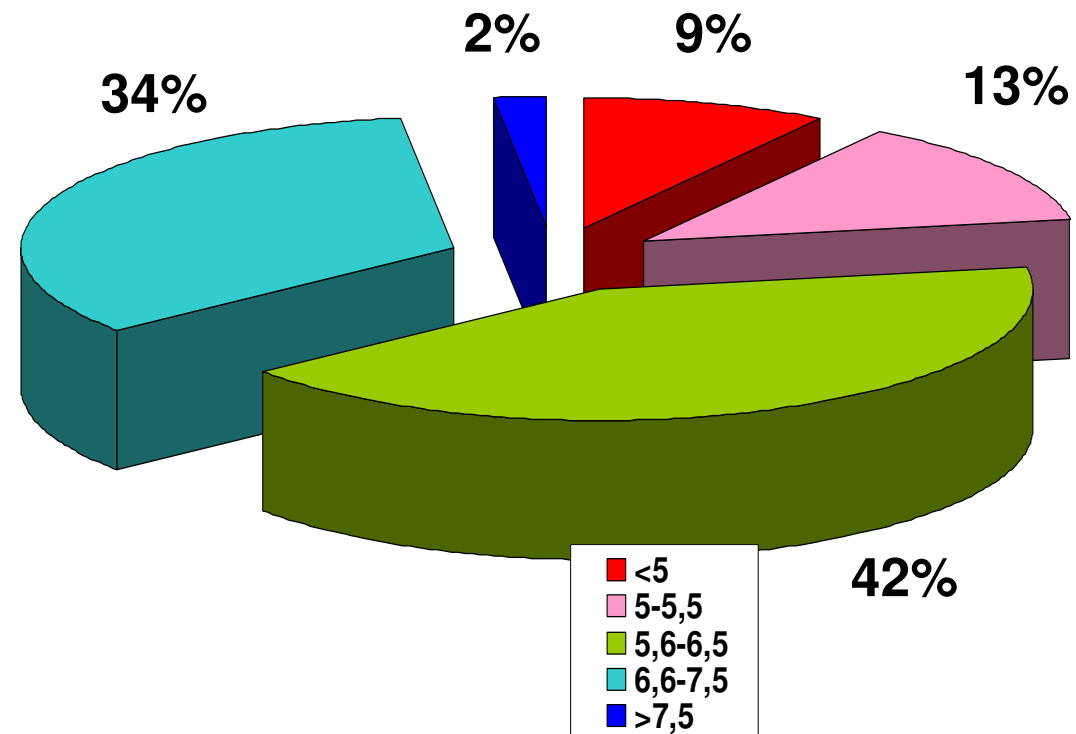
# pH Werte

316 Proben

## pH Wasser

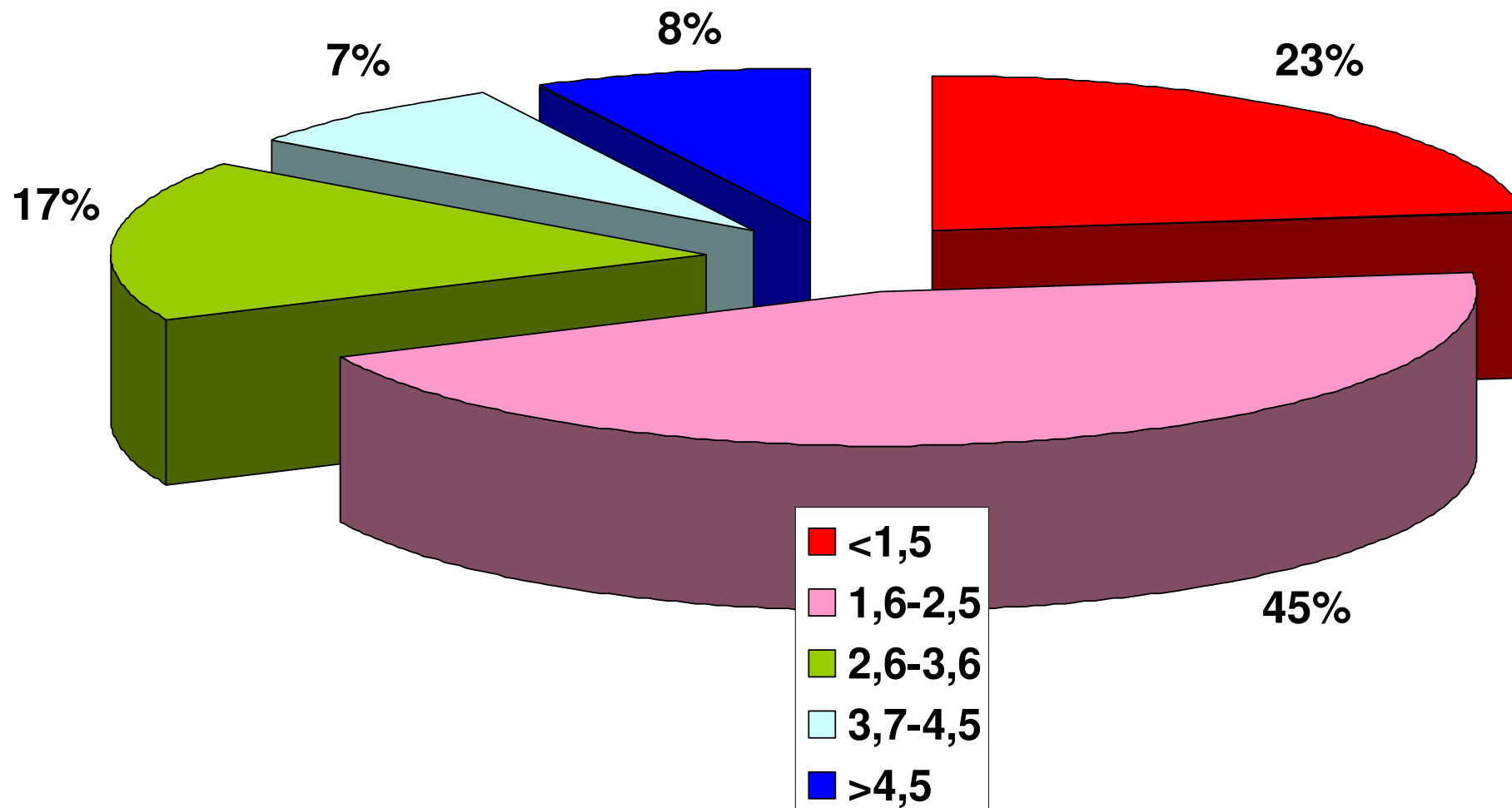


## pH KCl



# Humusgehalt [%]

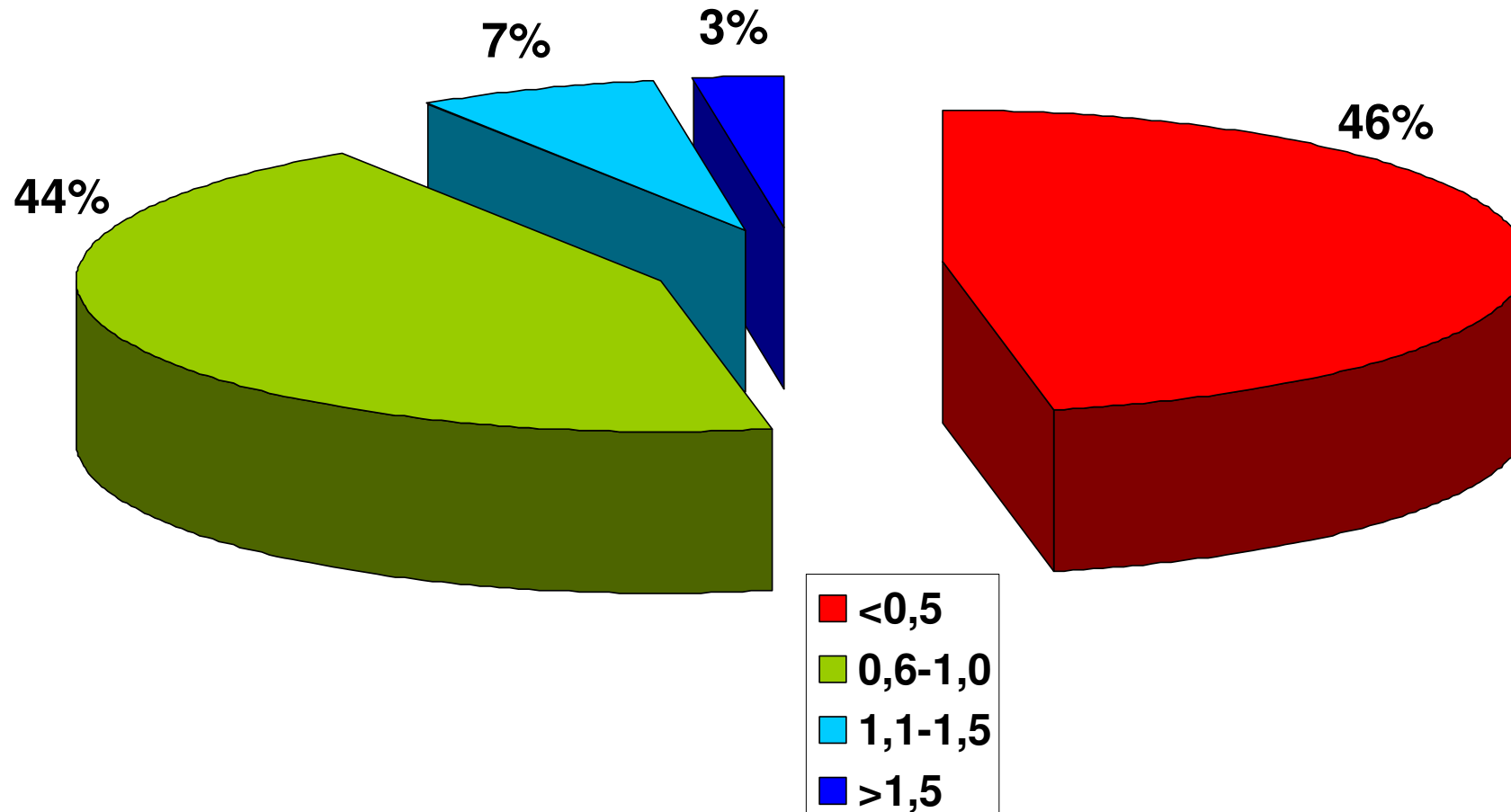
316 Proben





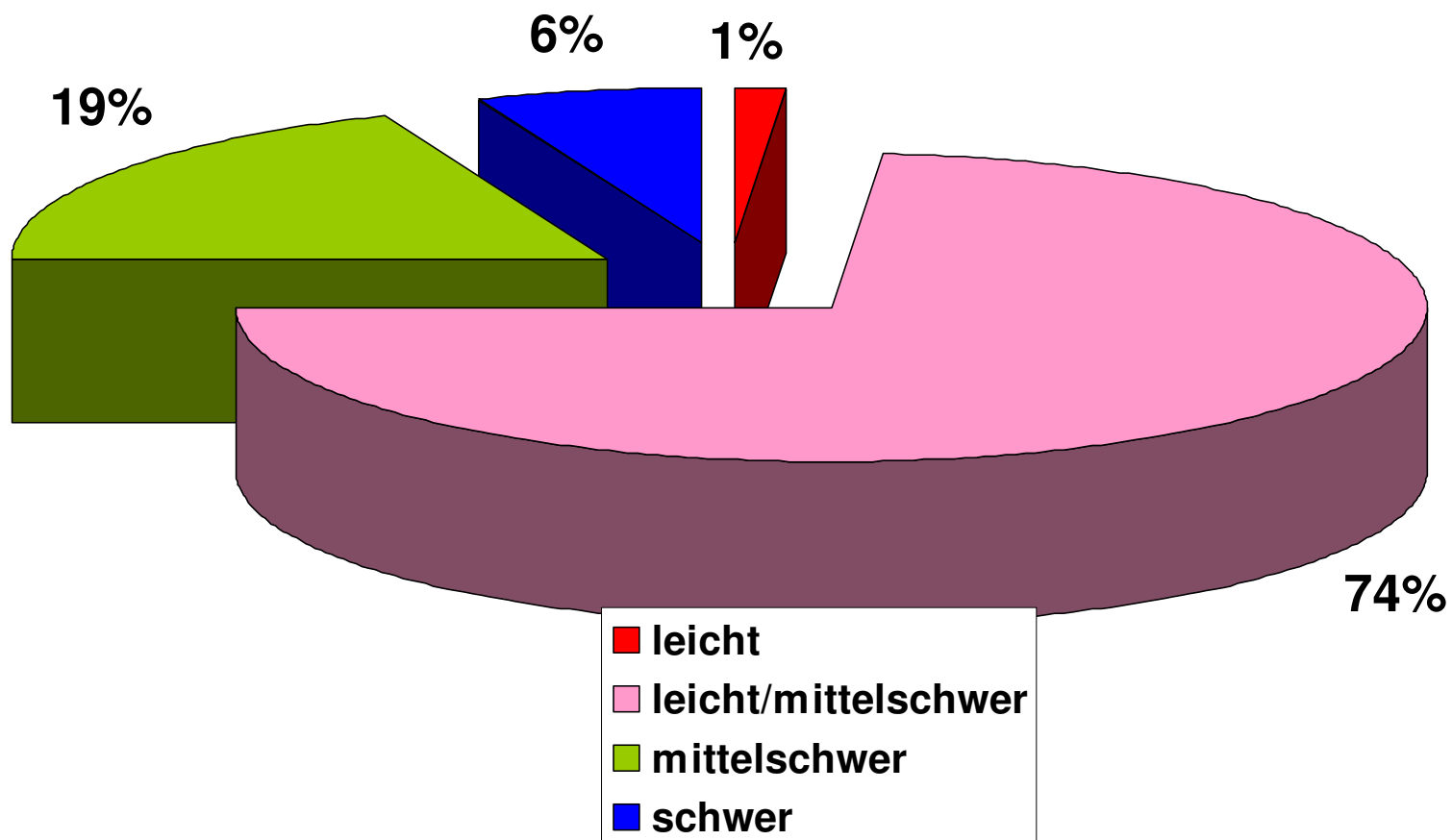
# Elektr. Leitfähigkeit [mS/cm]

316 Proben



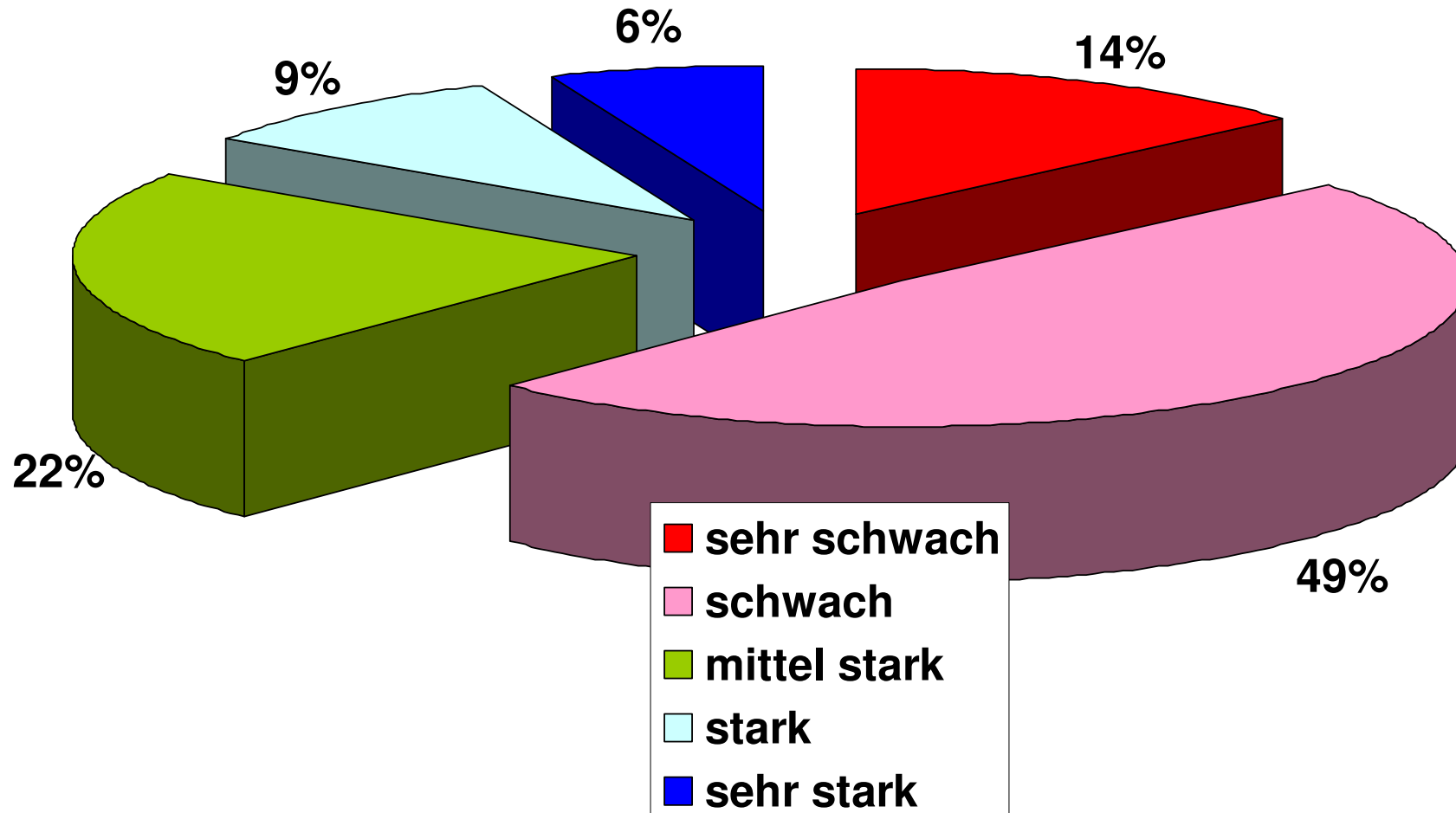
# Bodenschwere

316 Proben



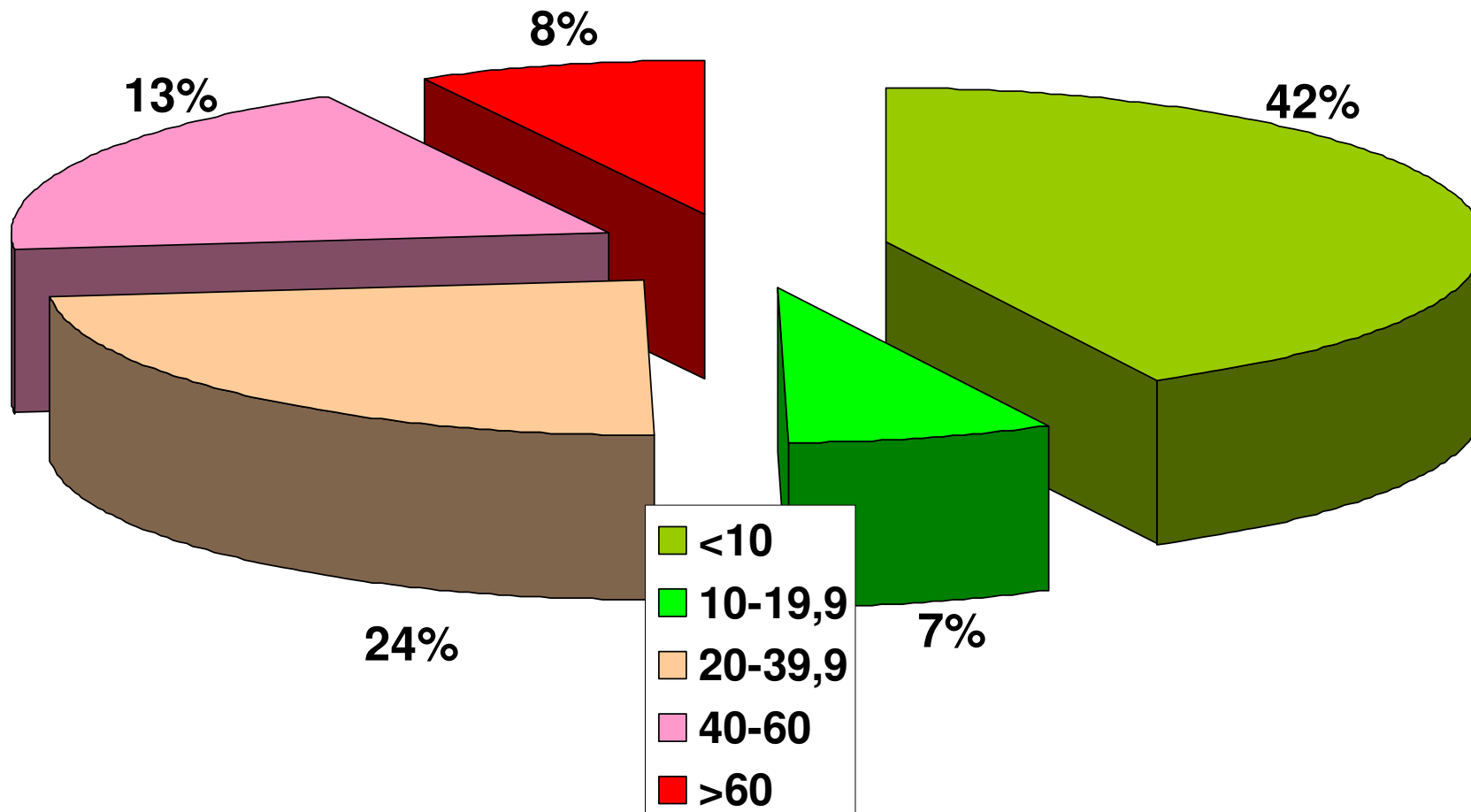
# CEC Pot [mmolc/kg]

316 Proben



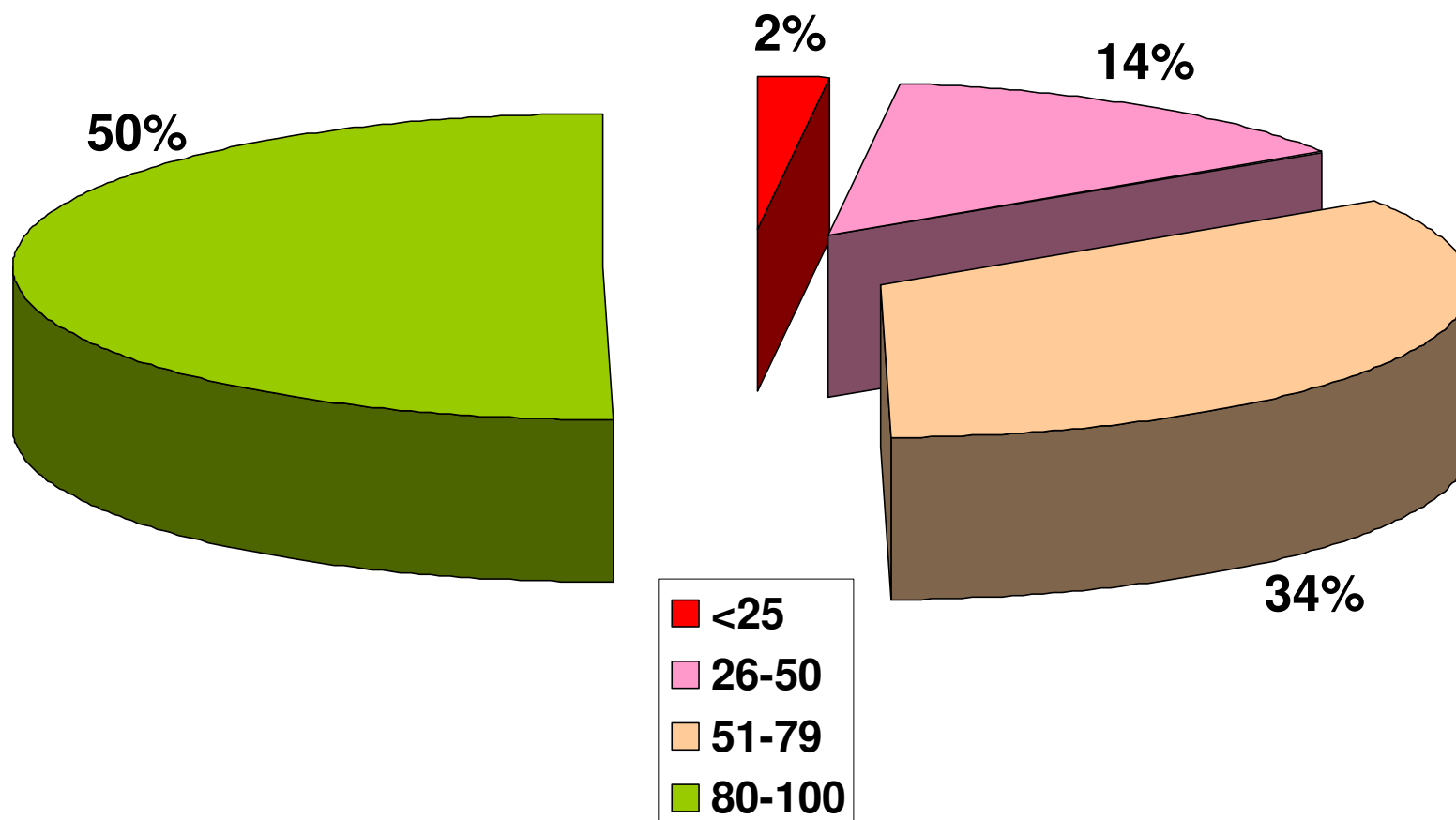
# Potentielle Säure

316 Proben



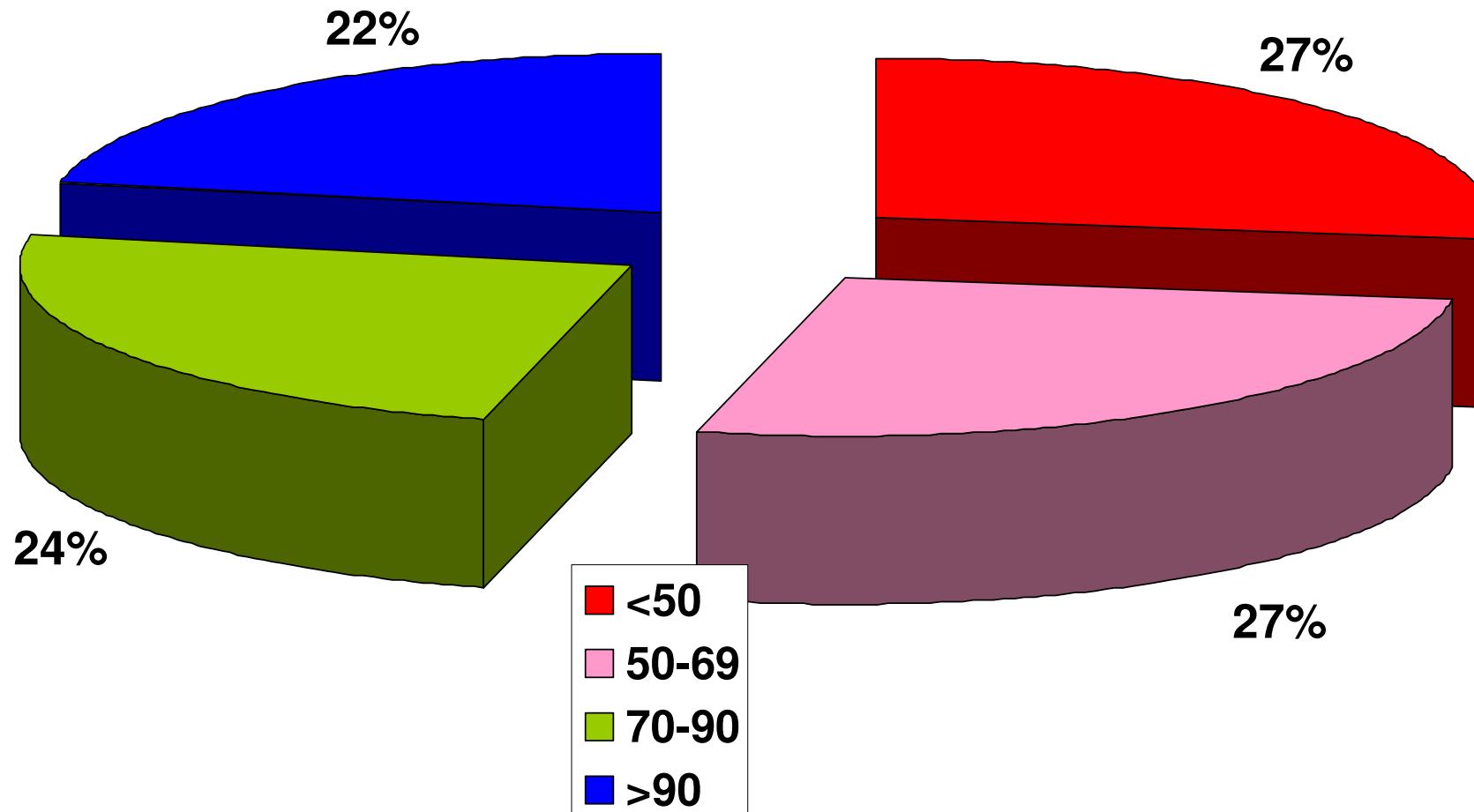
# Ungenutztes Sorptions-Potential

316 Proben



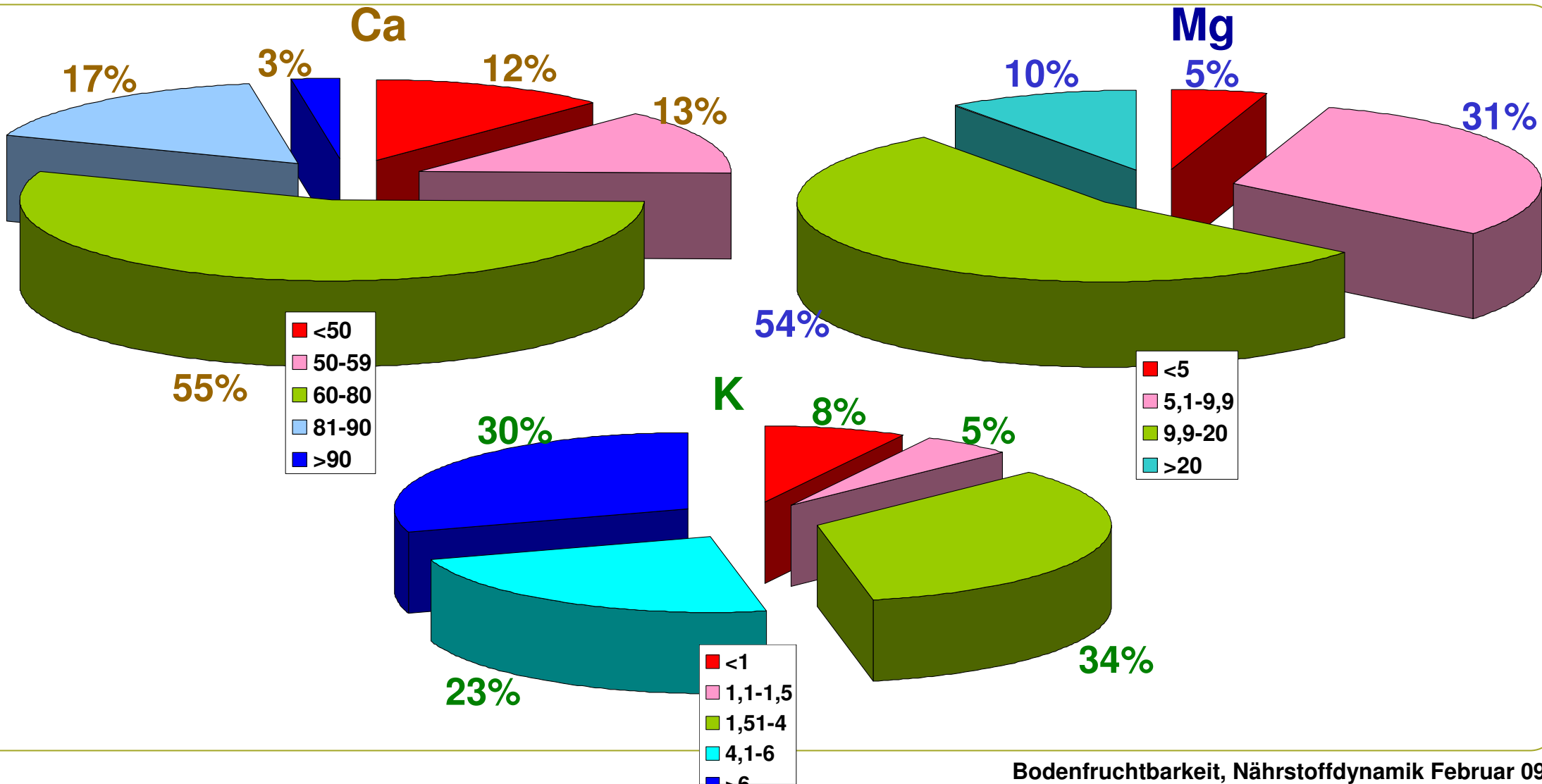
# Basensättigung [%Tp]

316 Proben



# Sorptionskomplex

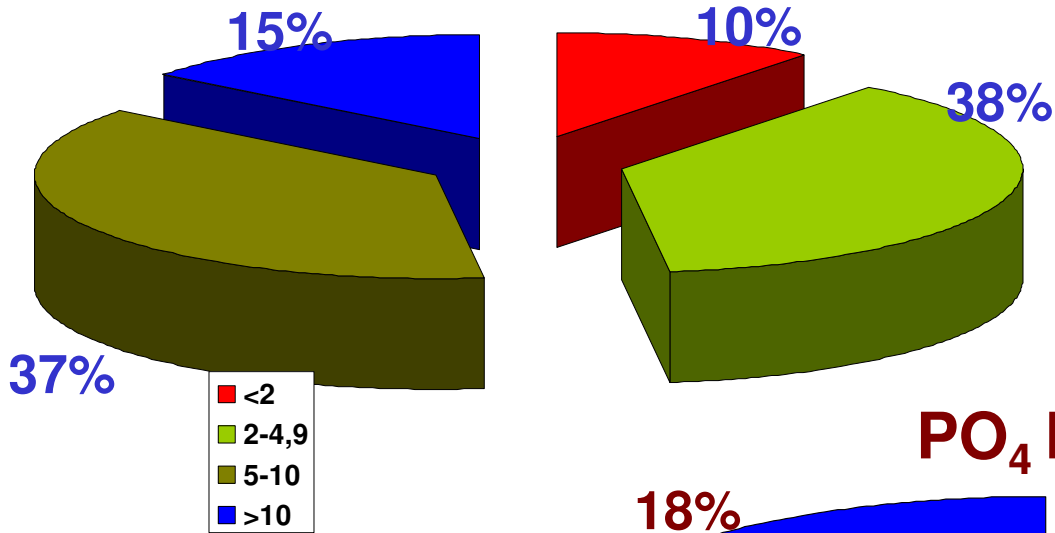
316 Proben



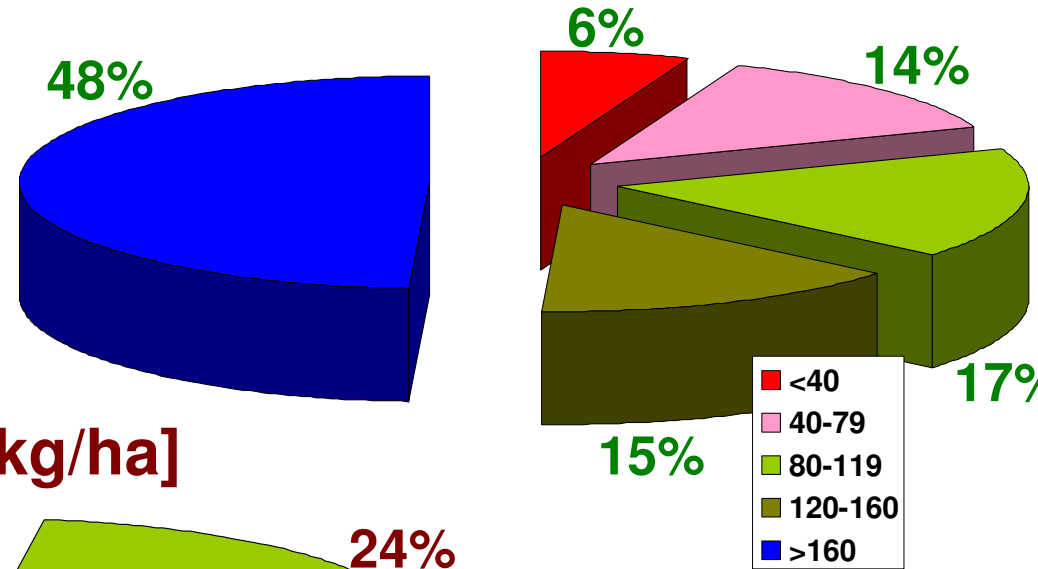
# Phosphor-PO<sub>4</sub>

## 316 Proben

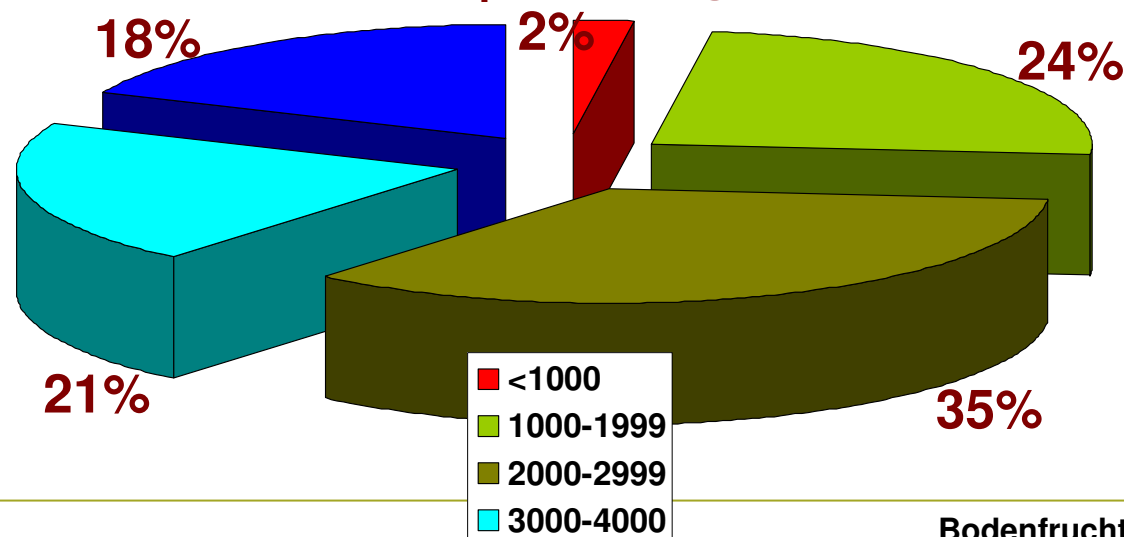
PO<sub>4</sub> [mg/l]



PO<sub>4</sub> pfl [kg/ha]



PO<sub>4</sub> Res [kg/ha]

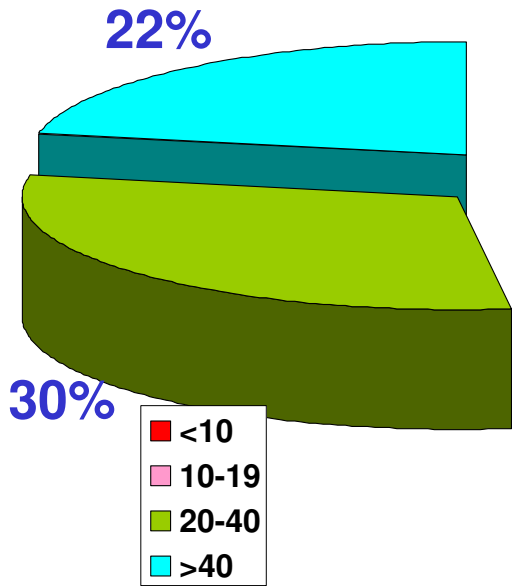




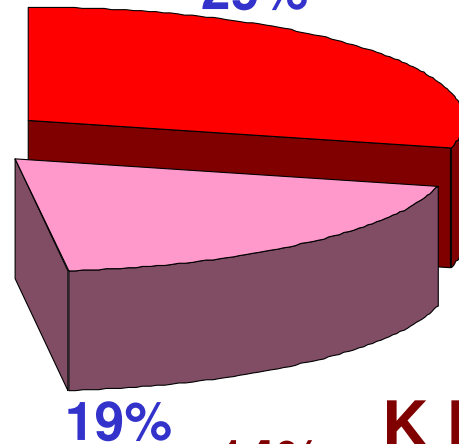
# Kalium - K

316 Proben

**K [mg/l]**



**29%**



**19%**

**K Res [kg/ha]**

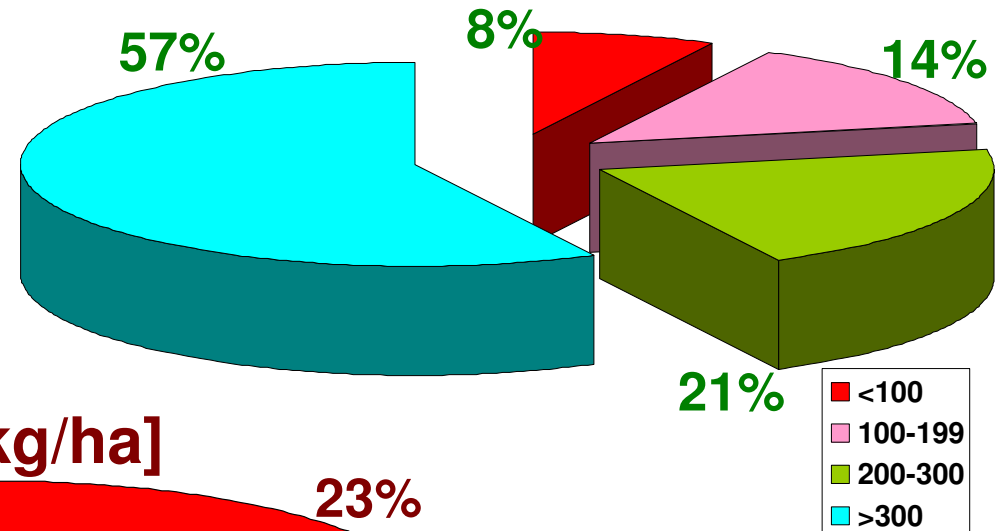
**14%**

**22%**

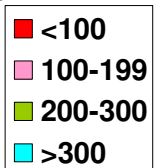


**41%**

**K pfl [kg/ha]**



**21%**



# Download

[www.landschaftsoekologie.at](http://www.landschaftsoekologie.at)