

Präsentation

Phosphor im Boden Versteckt? Ungenutzt?

Univ. Lek. DI Hans Unterfrauner
Frühjar 2013

www.bodenoeekologie.com

Umrechnungsfaktoren

$$\text{P} \rightarrow \text{PO}_4 = 3,067$$

$$\text{PO}_4 \rightarrow \text{P} = 0,326$$

$$\text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 = 2,291$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{P} = 0,436$$

$$\text{PO}_4 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 = 0,747$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{PO}_4 = 1,334$$

$$\text{K} \rightarrow \text{K}_2\text{O} = 1,205$$

$$\text{K}_2\text{O} \rightarrow \text{K} = 0,830$$

$$\text{Mg} \rightarrow \text{MgO} = 1,658$$

$$\text{MgO} \rightarrow \text{Mg} = 0,603$$

Überschüsse an P und K



von 1950 bis 2000: P 1.350 kg/ha
kumulativ K 2.550 kg/ha

Quelle: Köster und Nieder, 2007

Wo hat sich der Phosphor versteckt?



Phosphor im Boden

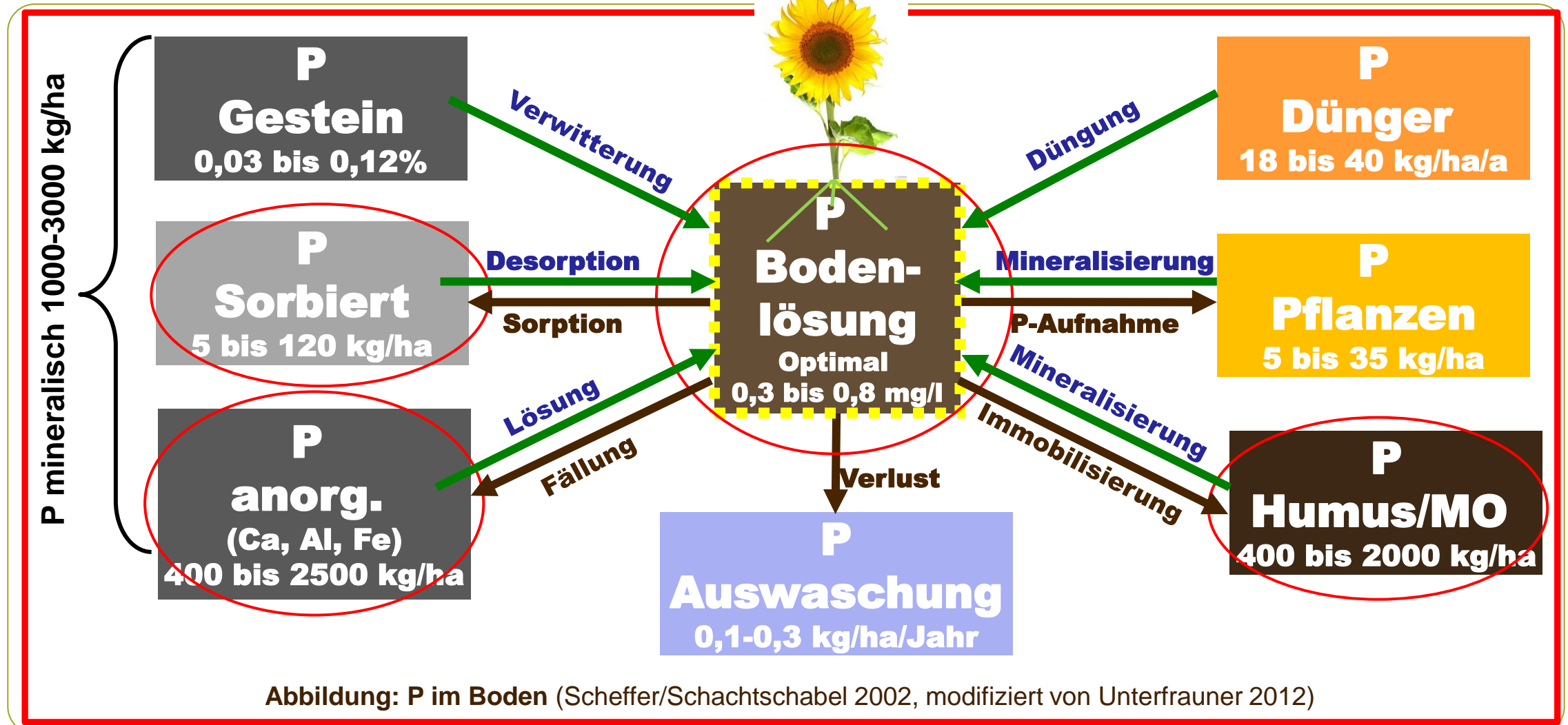


Abbildung: P im Boden (Scheffer/Schachtschabel 2002, modifiziert von Unterfrauner 2012)

○ P Pool vom TB Unterfrauner analysiert

Phosphor Pool

P Bodenlösung (optimal 0,3 bis 0,8 mg/l = 1,5 bis 2,5 kg/ha): Pflanze nimmt P nur in gelöster Form aus der Bodenlösung auf.

P Dünger mineralisch / organisch (18 bis 40 kg/ha/Jahr): Konzentration in der Bodenlösung steigt. Momentaner Überschuss kann Zn, Fe, Mn, Cu festlegen. Rasche Immobilisierung (Triphosphate = P_{anorg.}).

P Pflanzen (Entzug 5 bis 35 kg/ha): Pflanzenwurzeln nehmen P auf, die Konzentration in der Bodenlösung sinkt. Pflanzenreste werden mineralisiert, P freigesetzt, die Konzentration in der Bodenlösung erhöht.

P Humus (400 bis 2000 kg/ha), **P Mikroorganismen** (60 bis 120 kg/ha): 20 bis 75% des P_{gesamt} liegen in organischer Bindungsform vor, ein Teil davon kann in eine pflanzenverfügbare Form überführt werden.

P sorbiert (5 bis 120 kg/ha): das Anion Phosphat (PO₄) kann sich im Boden austauschbar an Oxiden und Hydroxide anlagern.

P anorganisch (400 bis 2500k g/ha): ist die große P Senke. P aus verschiedenen Quellen (z.B. Dünger) wird je nach pH-Wert zu stabilen Ca-, Fe-, und Al-Phosphaten umgewandelt. P kann zudem von mineralischen Teilchen „absorbiert“ oder „okkludiert“ werden.

P Gestein (0,03 bis 0,12%): Ausgangsmaterialien zur Bodenbildung können P-haltige Mineralien enthalten. Durch natürliche Prozesse der Bodenbildung und Verwitterung wird P in eine lösliche Bindungsform überführt.

P Gesamtgehalte (1500 bis 3000 kg/ha): Von 1950 bis 2000 wurde ca. P 1100 kg/ha mehr zugeführt, als entzogen (Köster und Nieder, 2007).

Mobilisierung/Bemerkung:

Bei pH 6,5 bis 7,5 liegt P in einer für die Pflanze günstigen Spezies vor.

Organische Dünger enthalten P als Phytin, welches von Mikroorganismen erst aufgeschlossen werden muss, damit die Pflanze das P nutzen kann.

Entzugszahlen sind oft zu hoch.

- ✓ biologische Aktivität fördern
- ✓ Bodenleben füttern
- ✓ Luft/Wasserverhältnisse optimieren
- ✓ Spurenelemente ergänzen (z.B. Mo)
- ✓ P Bakterien

✓ Konkurrenz-Ionen z.B. Kieselsäure

- ✓ pH Wert optimieren (6,5 bis 7,2)
- ✓ P aufschließende Pflanzen anbauen (z.B. Buchweizen, weiße Lupine)
- ✓ Zwischenfrüchte anbauen

- ✓ sauer wirkende Dünger verwenden
- ✓ Bodenleben fördern

P Pools analysieren, Reserven nutzen und mobilisieren, anstatt P düngen!

P in der Auswertung

Element	Verfügbarkeit	Konzentration mg/l	Menge kg/ha	Menge in % P total	Bemerkung
P	wasserlöslich	0,42	2,4	0,09	ausreichend
P	austauschbar		25	1	Mangel
P	nachlieferbar		750	27	min. Reserve mittel
P	organisch		1012	36	org. Reserve hoch
P	total		2812		hohe Gesamtgehalte

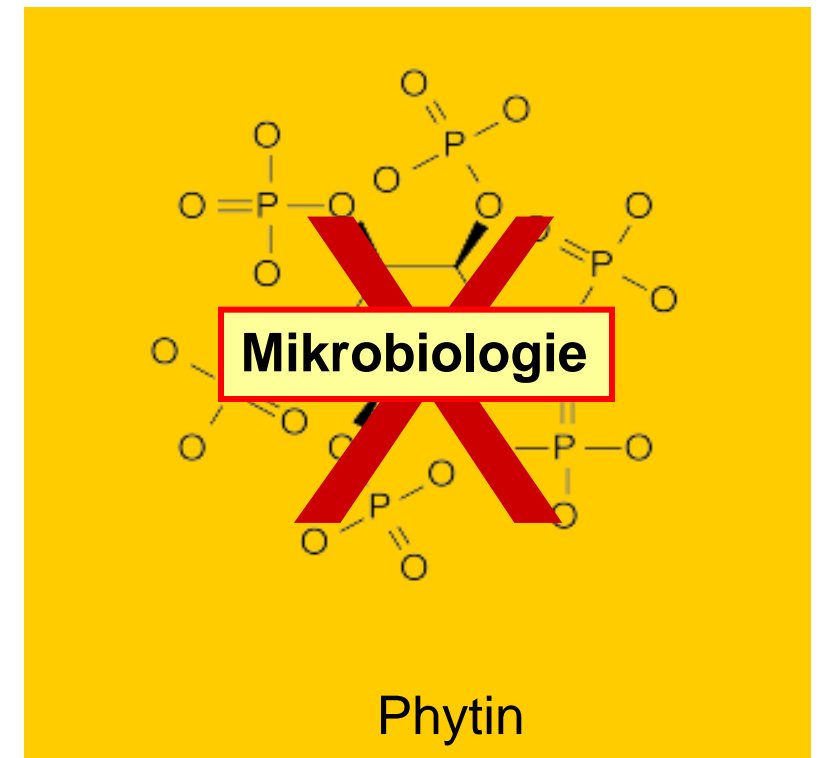
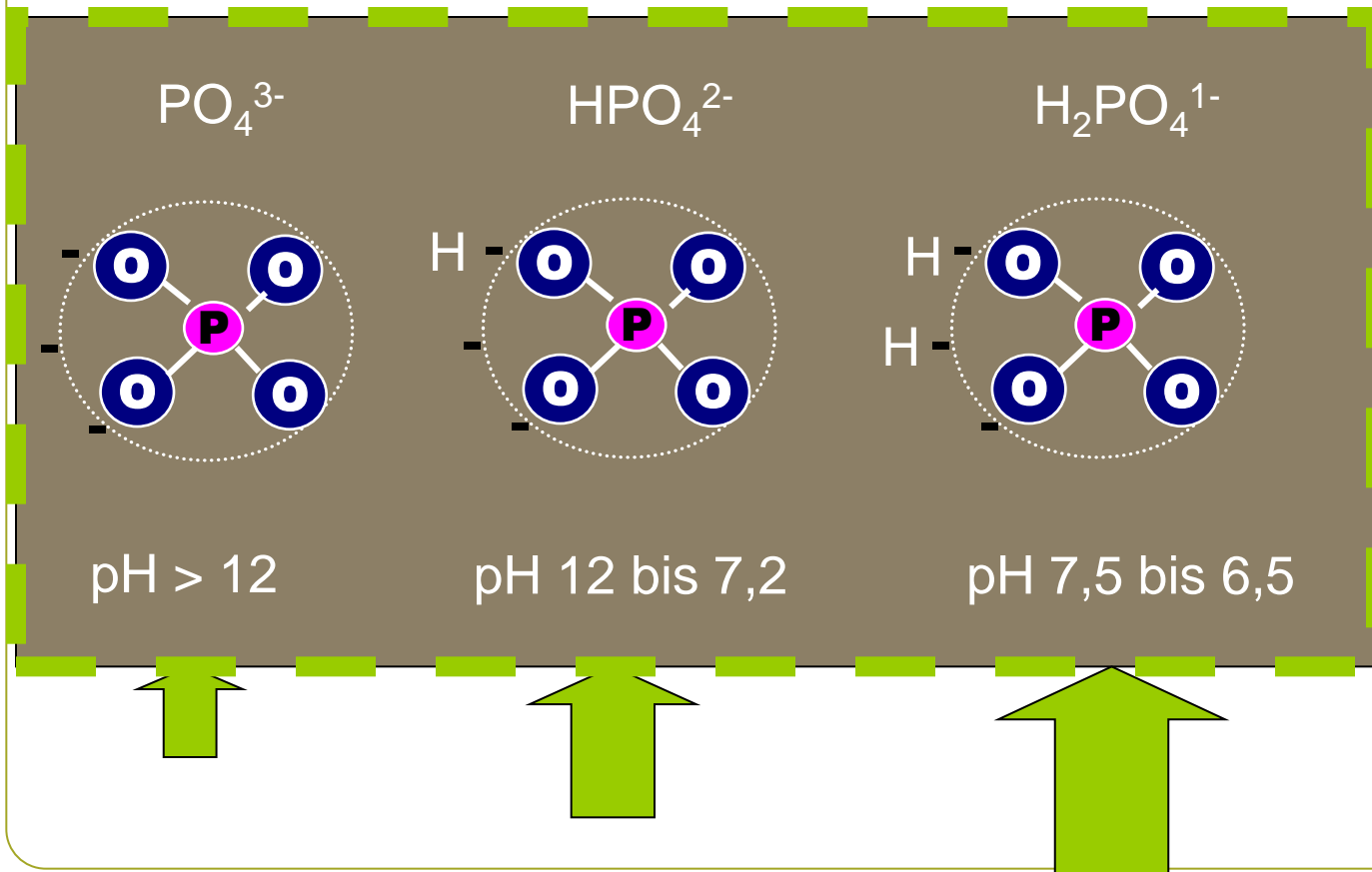
P in der Bodenlösung

Optimal: 0,3 bis 0,8 mg/l

„direkt verfügbares P“

mineralisch

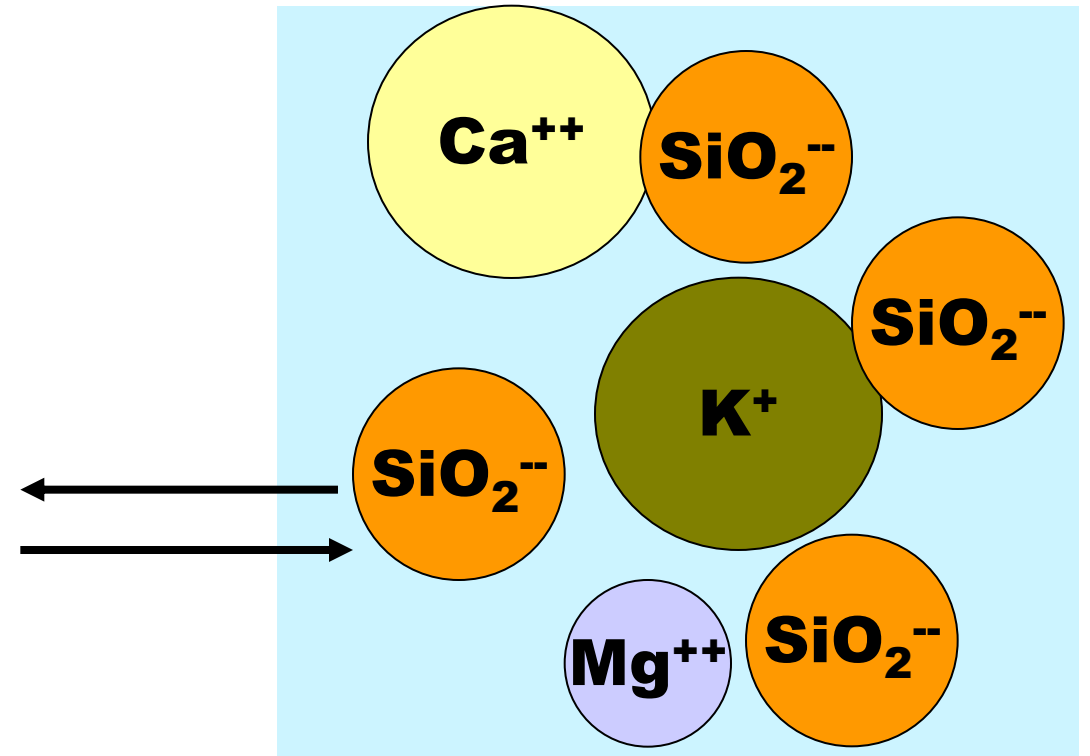
organisch



P sorbiert

5 bis 120kg/ha

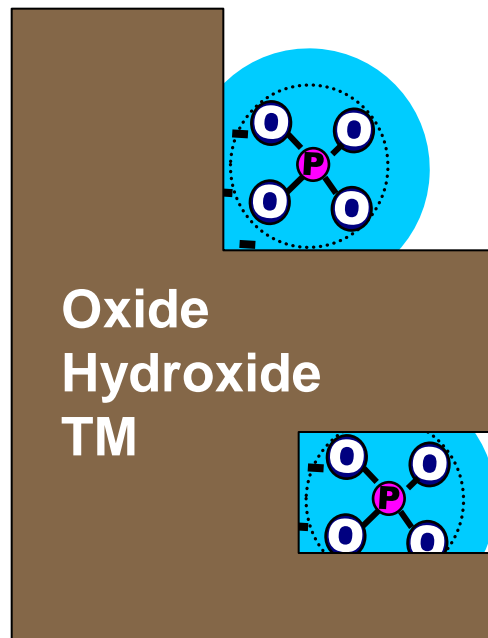
„austauschbares P“



- pH abhängig (OH⁻ oder H⁺, Ladungsnulldpunkt)
- Ionenkonkurrenz (z.B. SiO₂²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻)

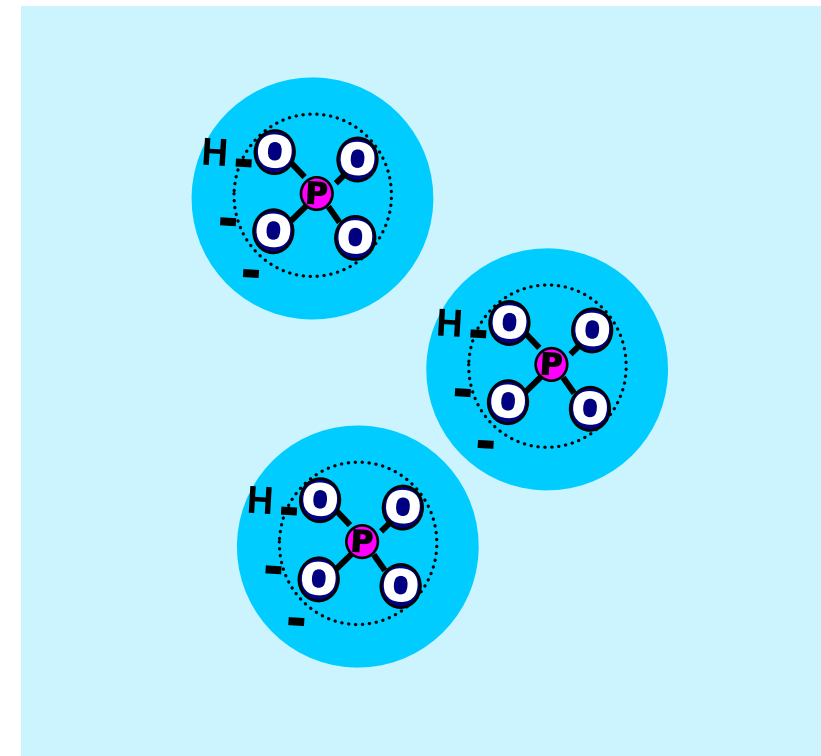
P absorbiert, okkludiert

„stark gebundenes P durch Säure teilweise mobilisierbar“



Absorbiertes P

Okkludiertes P

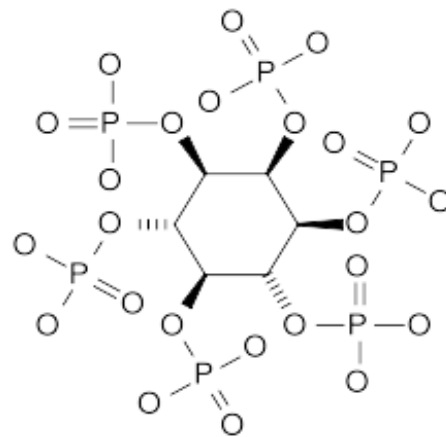


P organisch

400 bis 2000kg/ha

„Durch mikrobiologische Prozesse mobilisierbares P“

Phytin

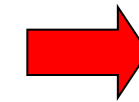


+

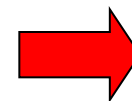
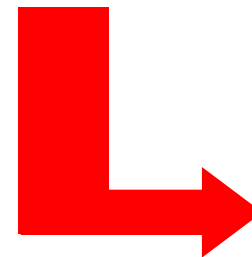
Ca

Fe

Al

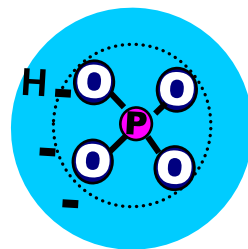


„unlösliche“
Phytate



Einbau
im Humus/Mo

Gelöste P_{min}

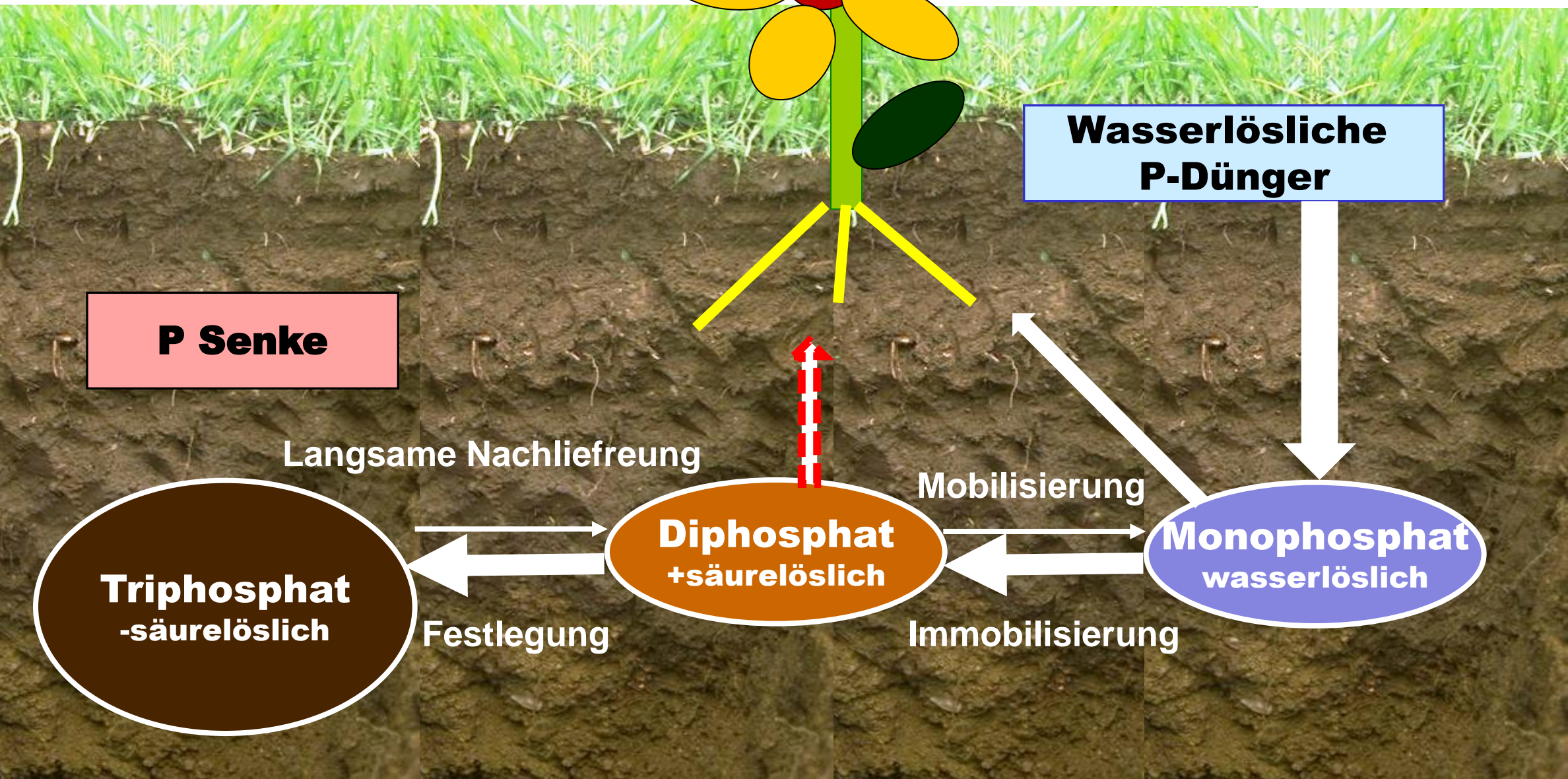


P organisch

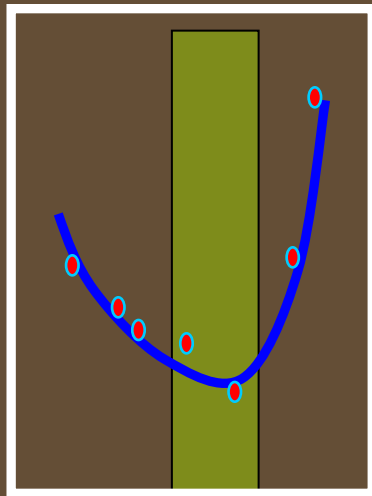
C : N : P : S

Humus ist P-Speicher, P_{org} 25-65% P_t
~ 400 bis 2000 kg/ha

Alterung P Dünger



P Mobilisierung

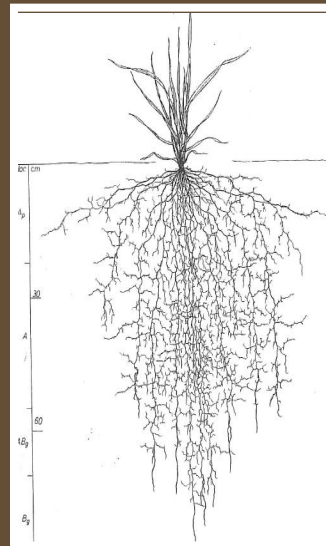


4 5 6 7 8

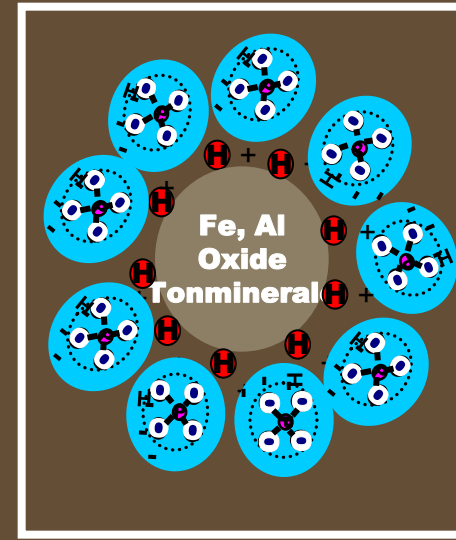
pH Wert



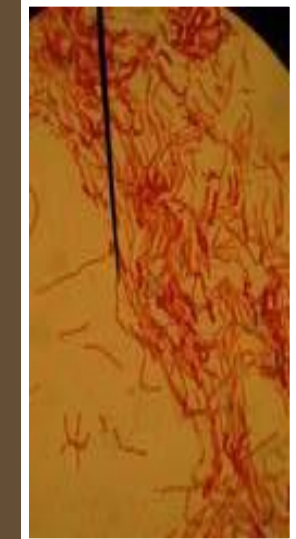
Bodenleben



Wurzelraum

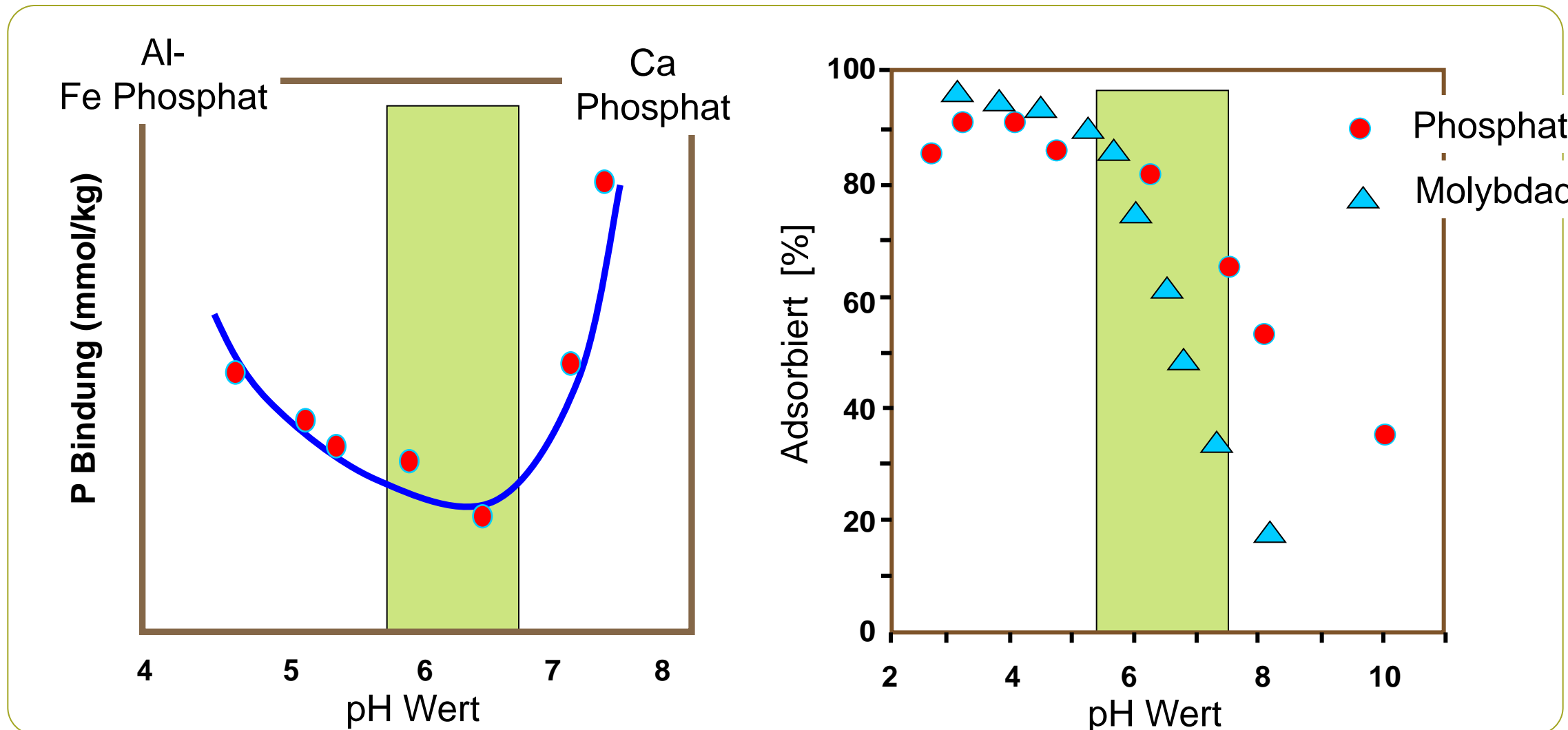


Ionenkonkurrenz

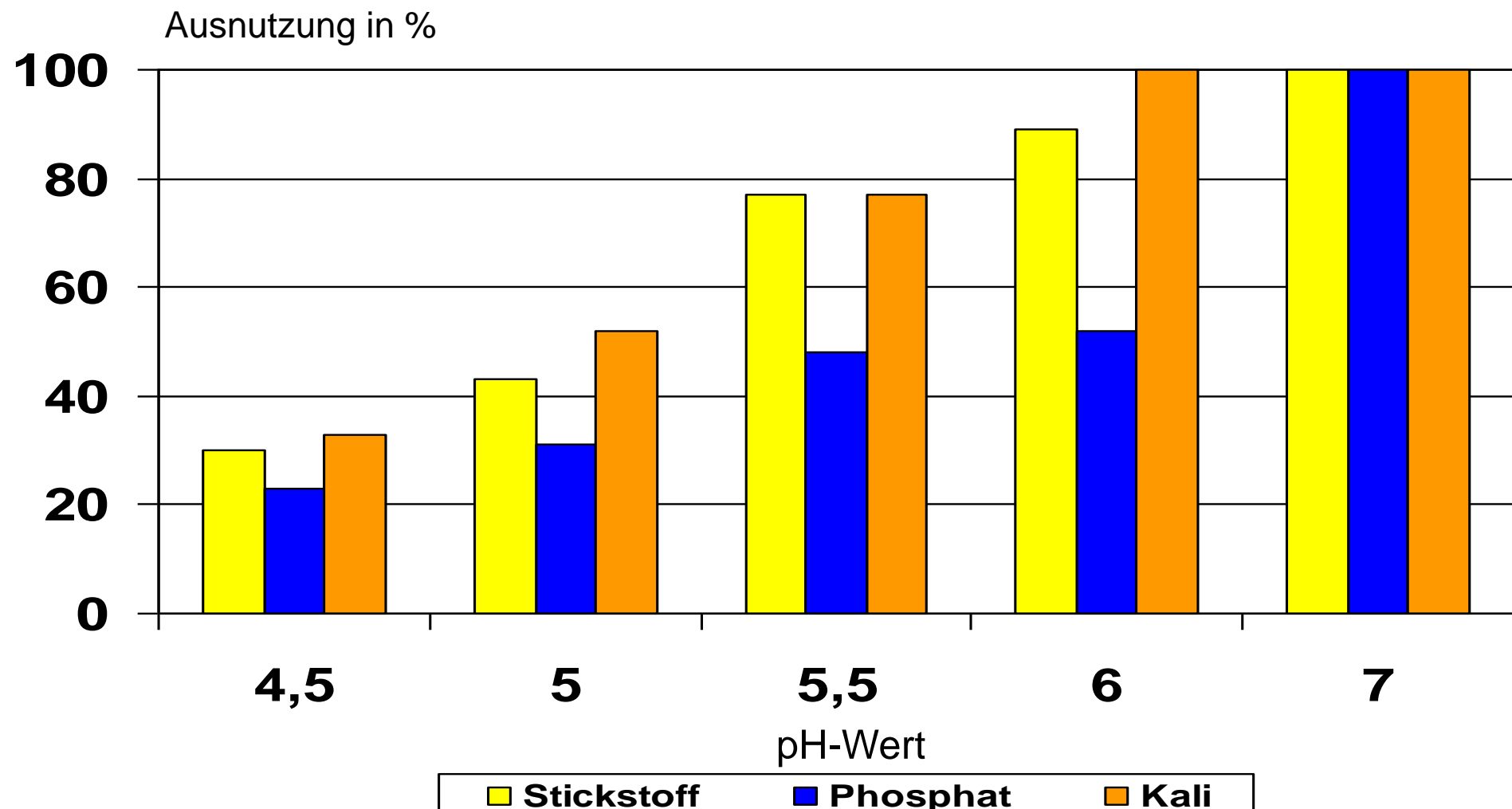


Bakterien

pH und P Verfügbarkeit




pH und Ausnutzung von P Düngern



Quelle: CELAC; Les Amendements Calciques et Magnesiens


Bodenleben: Regenwurm

Regenwurm Kot

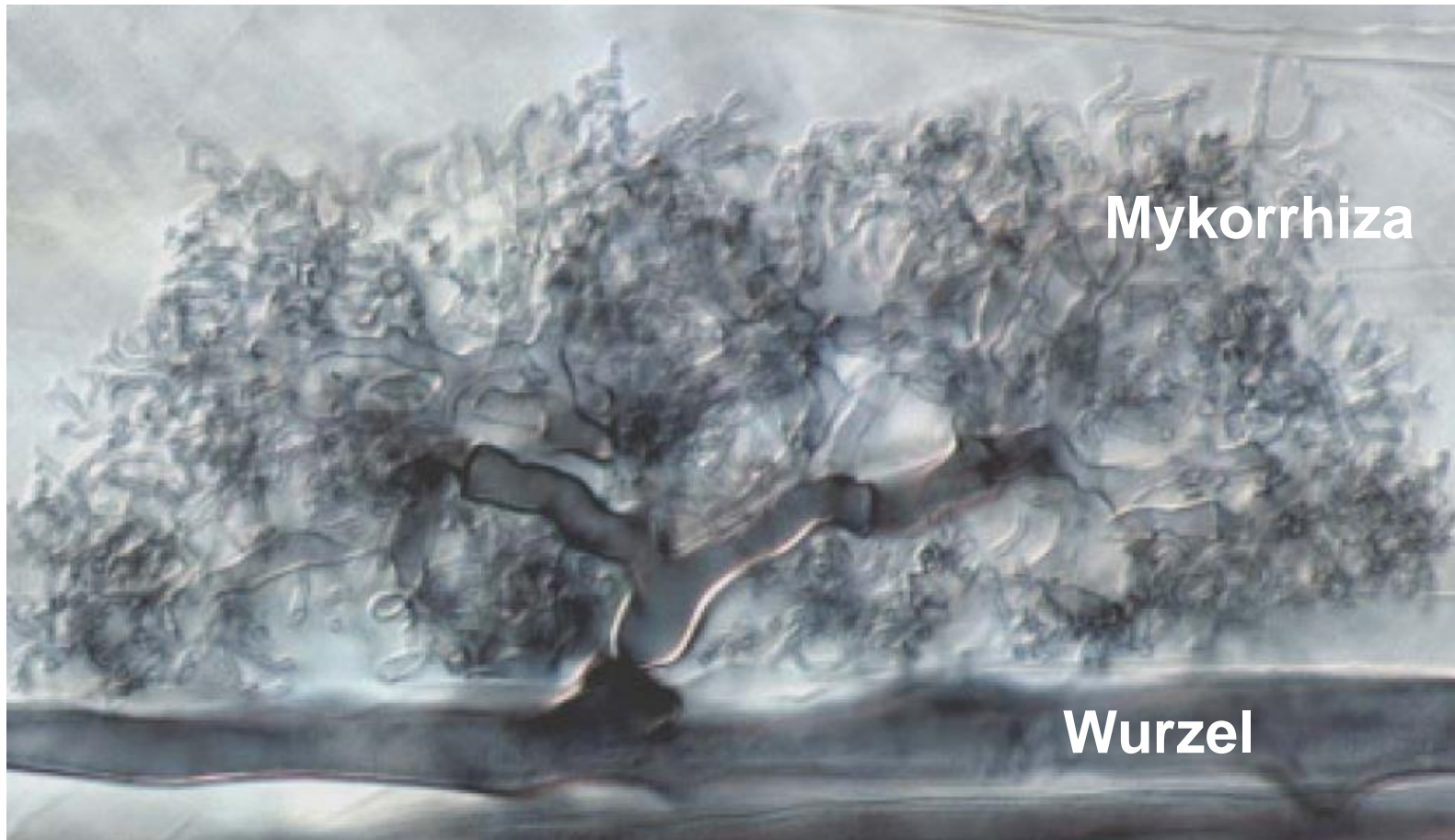
Bodeneigenschaften, Tiefe 0 - 20 cm		Wert	sehr niedrig	niedrig	günstig	hoch	sehr hoch	Bemerkung
Basisparameter	Bodenschwere (KH)		[Bar chart: low]					
	pH Wert KCl [-log H+]		[Bar chart: low]					
	pH Wert H2O [-log H+]		[Bar chart: low]					
	Kalkgehalt CaCO3 [%]		[Bar chart: low]					
	gelöste Stoffe [eL, mS/cm]		[Bar chart: high]					
	Humusgehalt [%]		[Bar chart: high]					
	Humusqualität [C/N]		[Bar chart: low]					
Sorptionskomplex	T-Wert = CEC pot [mmolc/kg]		[Bar chart: high]					
	CECakt [mmolc/kg]		[Bar chart: high]					
	Basensättigung [% CEC]		[Bar chart: high]					
	Ca am Magnet [Ca%CECp]		[Bar chart: low]					
	Mg am Magnet [Mg%CECp]		[Bar chart: low]					
	K am Magnet [K%CECp]		[Bar chart: low]					
	Na am Magnet [Na %CECp]		[Bar chart: low]					
	Al am Magnet [Al %CECp]		[Bar chart: high]					
	NH4N am Magnet [NH4N %CECp]		[Bar chart: low]					
	Fe am Magnet [Fe %CECp]		[Bar chart: low]					
Mn am Magnet [Mn %CECp]		[Bar chart: low]						
H am Magnet [H %CECp]		[Bar chart: very low]						
Säure am Magnet [pS%CECp]		[Bar chart: very low]						

Bodenleben: Regenwurm

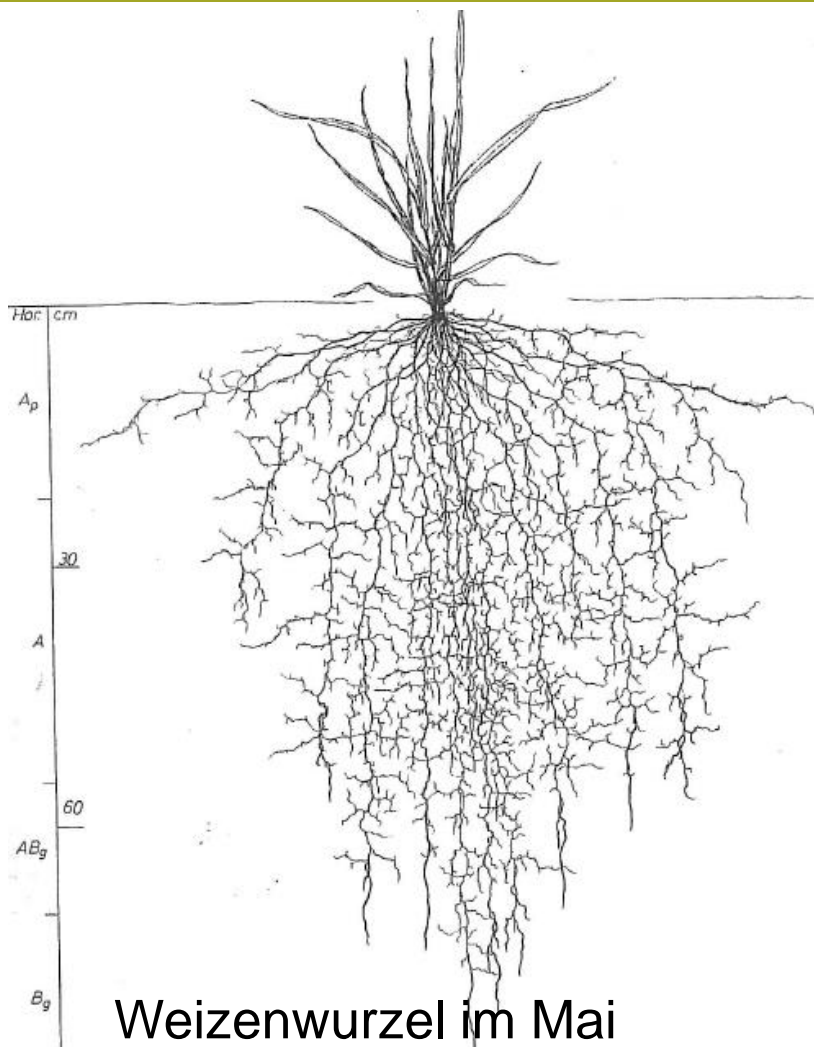
Regenwurm Kot

Stoff pflanzenverfügbar ¹⁾		Wert	sehr niedrig	niedrig	günstig	hoch	sehr hoch	Zufuhr ²⁾ kg/ha	Reserve kg/ha	Bemerkung
Pflanze ernährung	C org in kg/ha									
	N total in kg/ha									
	Ca pflanzenverfüg [kg/ha]									
	Mg pflanzenverfüg [kg/ha]									
	K pflanzenverfüg [kg/ha]									
	PO4 pflanzenverfüg [kg/ha]									
	NH4-N [kg/ha]									
	NO3-N [kg/ha]									
	Nmin [kg/ha]									
	SO4 pflanzenverfüg [kg/ha]							90		
	Fe pflanzenverfüg [kg/ha]									
	Mn pflanzenverfüg [kg/ha]									
	Cu pflanzenverfüg [kg/ha]									
	Zn pflanzenverfüg [kg/ha]							3,00		
	Mo pflanzenverfüg [kg/ha]							0,18		
	B pflanzenverfüg [kg/ha]									
	Al pflanzenverfüg [kg/ha]									
	Cr, Pb, Cd, Ni									
Melioration										
MEL	Kalk (CaCO3) kg/ha	400	Magnesium (Mg) kg/ha		70	Corg kg/ha		8800		
	Gips (CaSO4 * 2 H2O) kg/ha		Kalium (K) kg/ha		90					

Mykorrhiza



Wurzelraum



Weizenwurzel im Mai



Wurzellänge:

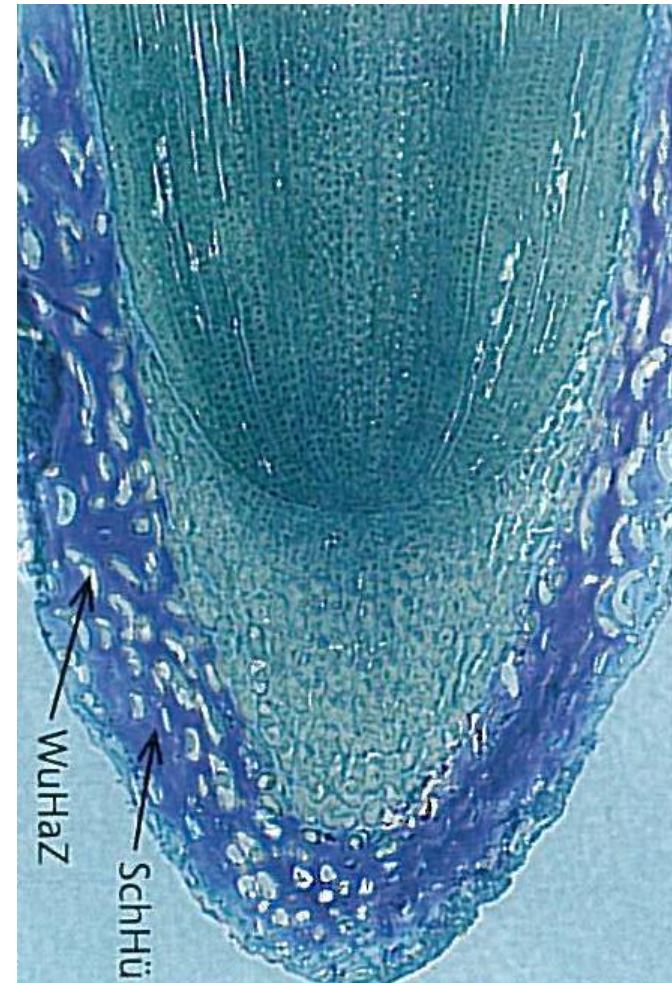
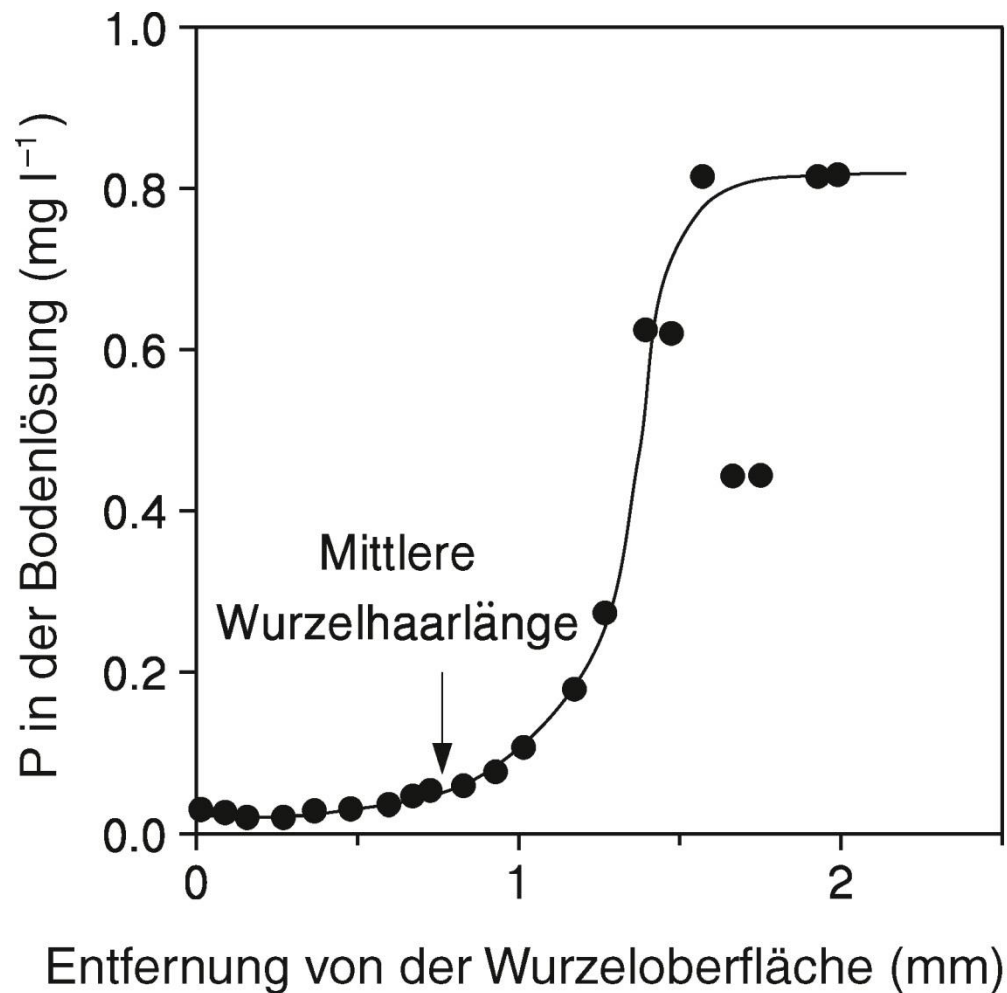
bis 80 km

Oberfläche:

bis 300 km²

(aus: Wurzelatlas der Kulturpflanzen gemäßiger Gebiete mit Arten des Feldgemüseanbaues.
L. Kutschera, E. Lichtenegger, M. Sobotik, 2009.)

Wurzelexsudate/Biofilm



Aufwand

**~ 30%
Assimilate**

Menge BBM [kg/ha]:

bis 5.000

P aufschließende Pflanzen



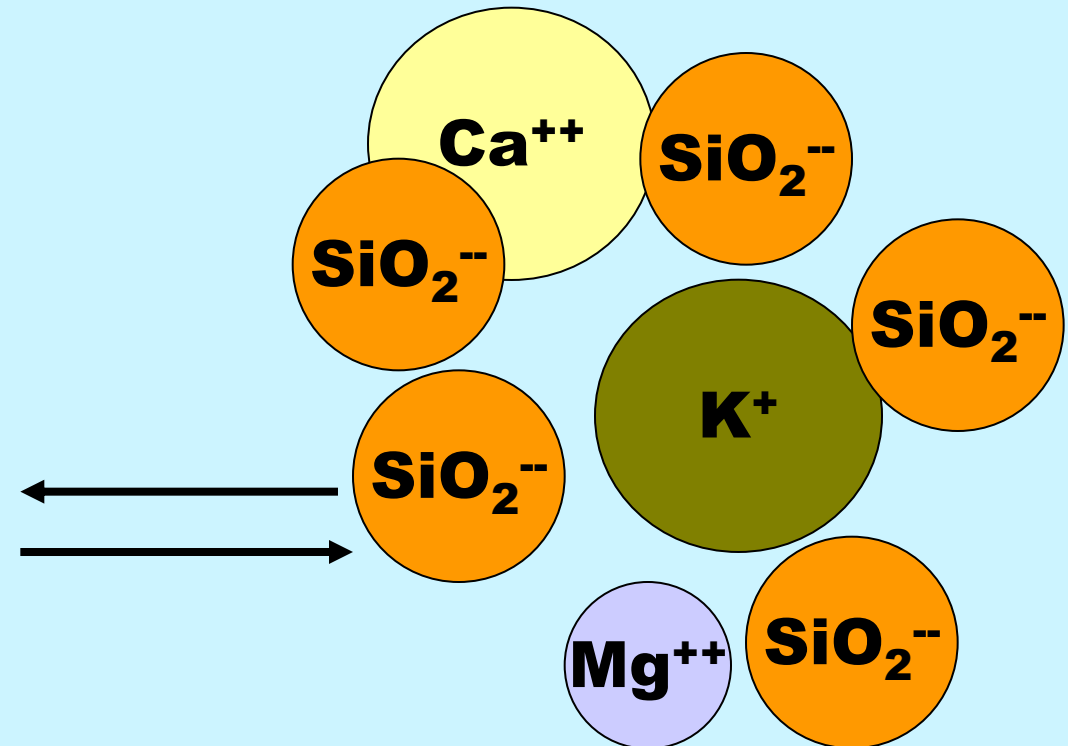
Weißer Lupine



Buchweizen

P sorbiert

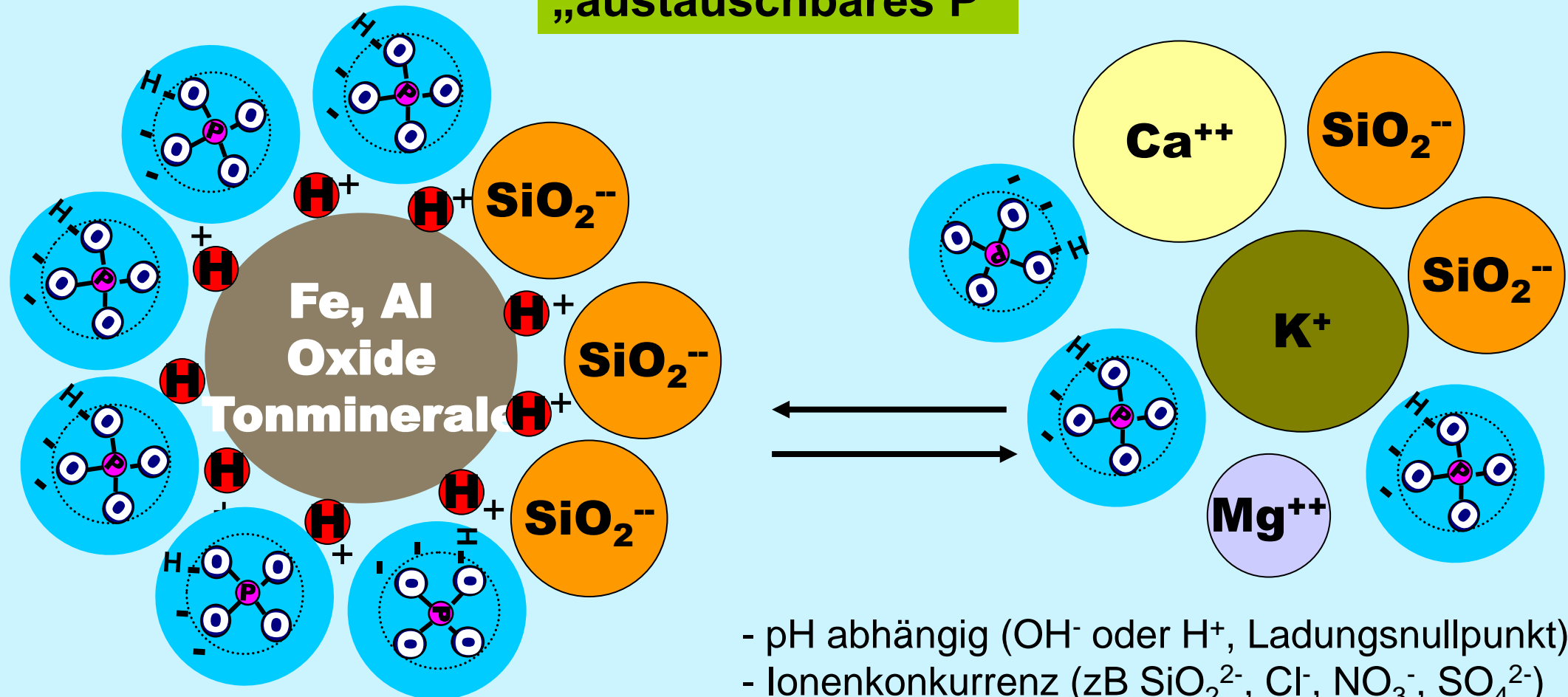
„austauschbares P“



- pH abhängig (OH^- oder H^+ , Ladungsnulldpunkt)
- Ionenkonkurrenz (zB SiO_2^{2-} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-})

P sorbiert

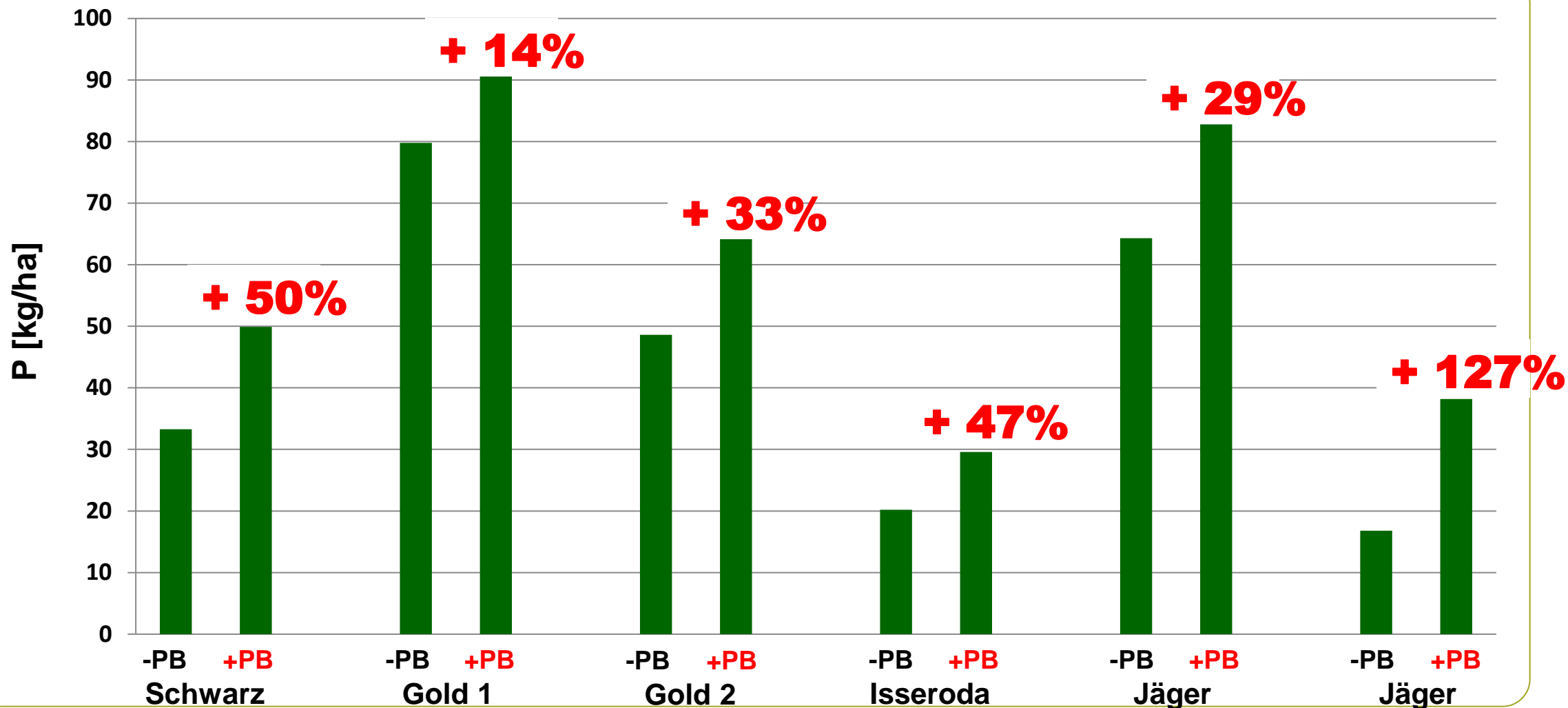
„austauschbares P“



- pH abhängig (OH^- oder H^+ , Ladungsnulldpunkt)
- Ionenkonkurrenz (zB SiO_2^{2-} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-})

P-Bakterien:

Veränderung der pflanzenverfügbaren Fraktion



Zusammenfassung

- Ausreichend P in meisten landwirtschaftlich genutzten Böden
- Verschiedene P Formen, Pflanzenverfügbarkeit unterschiedlich
- Dynamische-intelligente Analytik notwendig
 - P_{wl} , P_{at} , P_{min} Reserve und P_{org} (wichtig **C:P**) **TBU**
- Vorräte mobilisieren mit Maßnahmenpaket
 - Bodenleben fördern
 - pH Wert optimieren
 - Ionenkonkurrenz
 - P aufschließende Pflanzen
 - Wurzelraum erschließen
 - P Bakterien anwenden