

Präsentation

Phosphor im Boden

(K)ein Grund zur Panik?

Univ.Lek.DI Hans Unterfrauner

www.landschaftsoekologie.at

Umrechnungsfaktoren

$$\mathbf{P \rightarrow PO_4 = 3,067}$$

$$\mathbf{PO_4 \rightarrow P = 0,326}$$

$$\mathbf{P \rightarrow P_2O_5 = 2,291}$$

$$\mathbf{P_2O_5 \rightarrow P = 0,436}$$

$$\mathbf{PO_4 \rightarrow P_2O_5 = 0,747}$$

$$\mathbf{P_2O_5 \rightarrow PO_4 = 1,334}$$

$$\mathbf{K \rightarrow K_2O = 1,205}$$

$$\mathbf{K_2O \rightarrow K = 0,830}$$

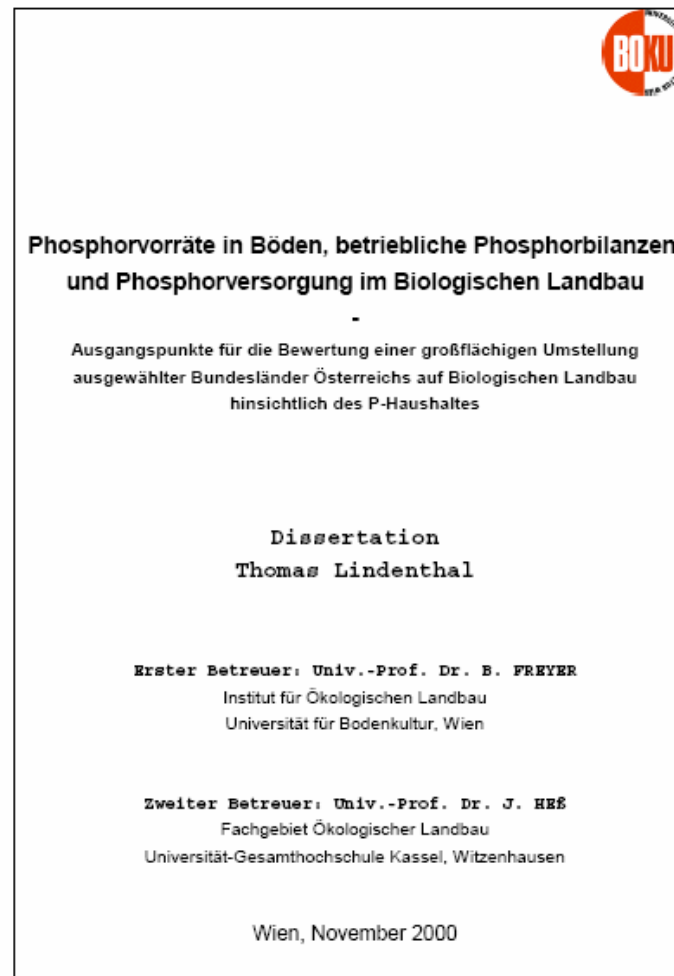
$$\mathbf{Mg \rightarrow MgO = 1,658}$$

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

Inhalt

- Auswertung von 3 P Steigerungsversuchen (40Jahre)
- Dynamik im Boden
- P Formen
- P Analytik
- P Mobilisierung

Ergebnisse von 3 Dauerversuchsflächen



Standortsbeschreibung

	Fuchsenbigl Marchfeld	Rottenhaus Alpenvorland	Zwettl Waldviertel
Seehöhe [m]	150	290	510
Niederschlag [mm]	532	778	663
Jahresmitteltemp. [°C]	9,5	8,4	6,4
Bodentyp	Tschernosem	Braunerde	Braunerde
pH CaCl2	7,5	6,6	5,3
Corg %	1,1	1,4	1,0

Versuchsbeschreibung

1956 bis 1975

P Dünger: Hyperphosphat, Superphosphat, Thomasphosphat

Mengen jährlich: 0kg/ha, 44kg/ha, 175kg/ha

Düngung: N und K nach üblicher Praxis

1976 bis 1995

P Dünger: Hyperphosphat, Superphosphat, Thomasphosphat

Mengen jährlich: 0kg/ha, 44kg/ha, 175kg/ha

Düngung: N und K nach üblicher Praxis

Jede Parzelle geteilt und 1 Teil davon blieb ab 1976 ungedüngt

Fruchtfolge

Kulturart	Fuchsenbigl	Rottenhaus	Zwettl
Getreide [Weizen, Gerste, Roggen, Hafer]	47,5%	42,5%	42,5%
Hackfrüchte [ZR, Kartoffel, Mais]	37,5% [ZR 15%]	40% [ZR 22,5]	22,5% [keine ZR]
Leguminosen [Erbse, Ackerbohne, Luzerne, Rotklee, Gemenge]	12,5%	15%	35%
Ölfrüchte [Raps]	2,5%	2,5%	0,0%

Meßdaten

Boden jährlich:

- P CAL im Boden 0 bis 20cm Tiefe (jährlich)
- P pH Werte

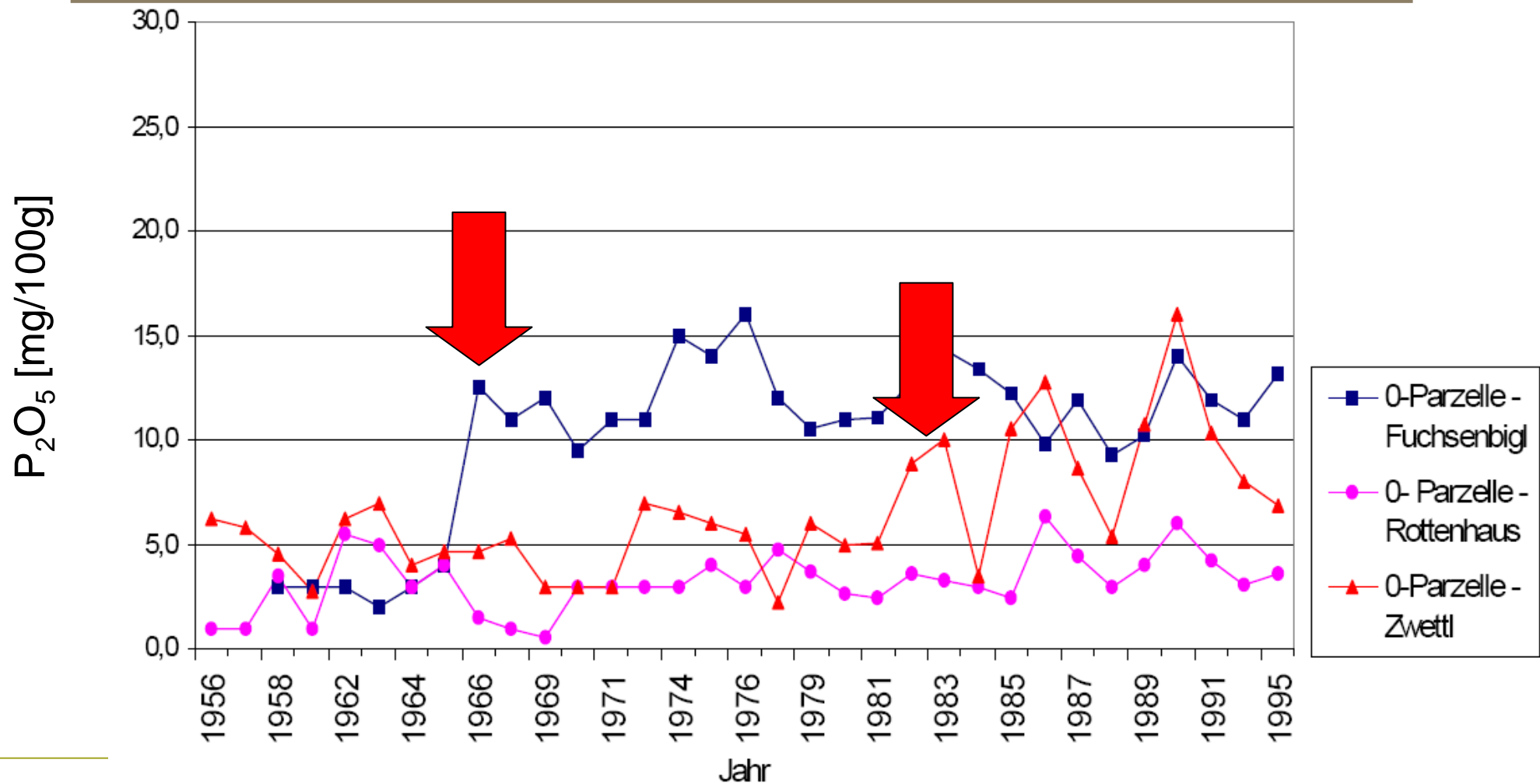
Pflanzen:

- Ertrag (Erntegut und Erntereste)
- P Gehalte von Erntegut und Ernteresten



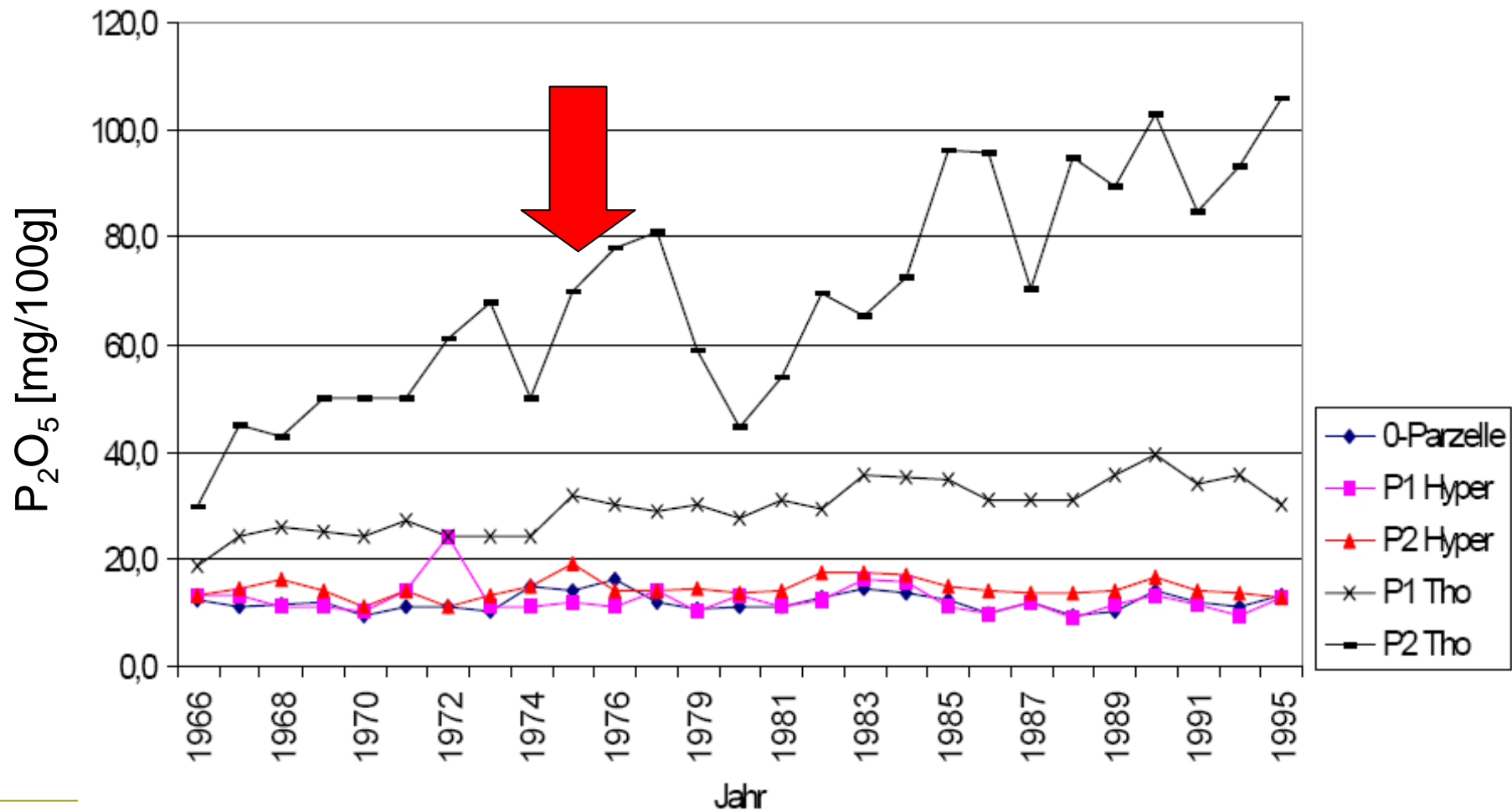
Ergebnisse

Veränderung der CAL Gehalte der Nullparzellen von 1956 bis 1996



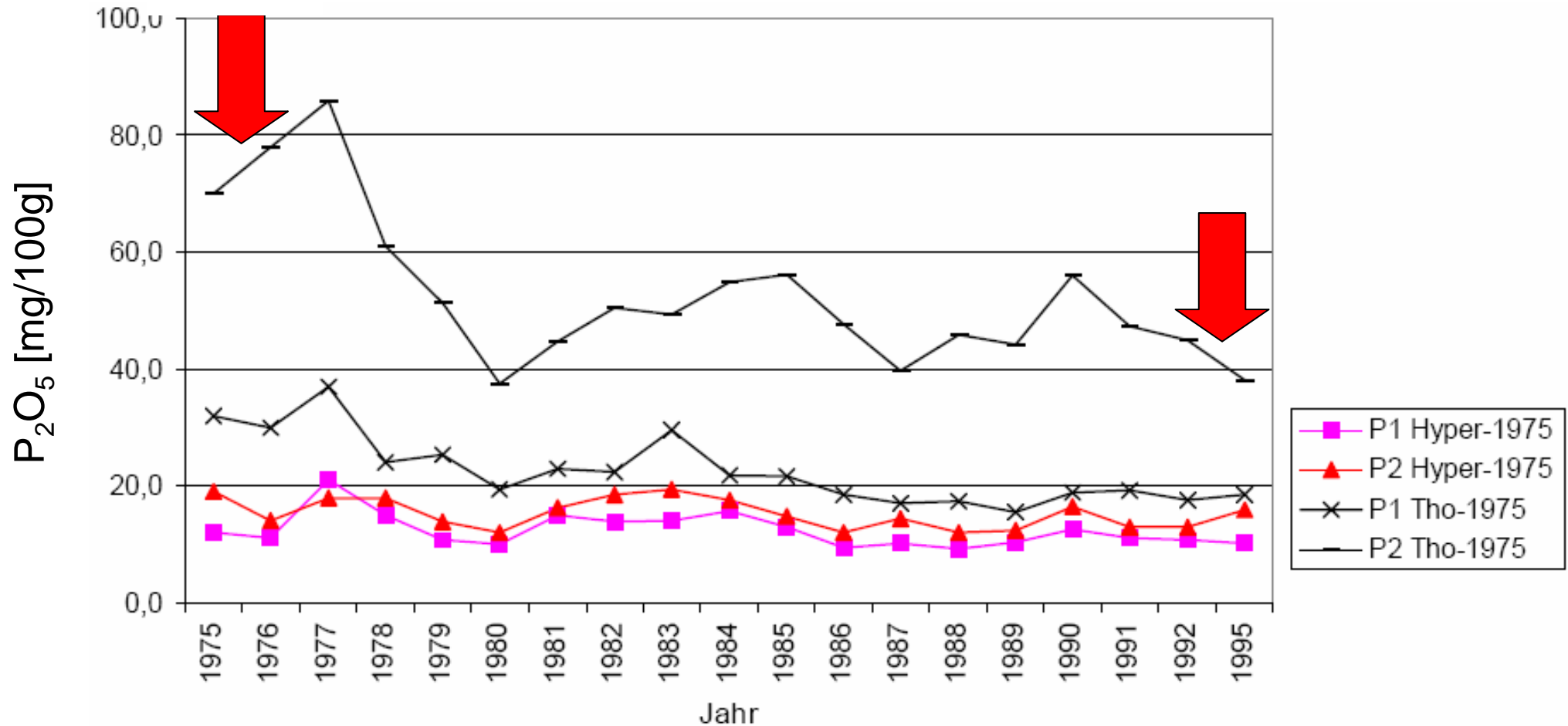
Ergebnisse

Veränderung CAL Gehalte ausgewählter Parzellen in Fuchsenbigl von 1956 bis 1995



Ergebnisse

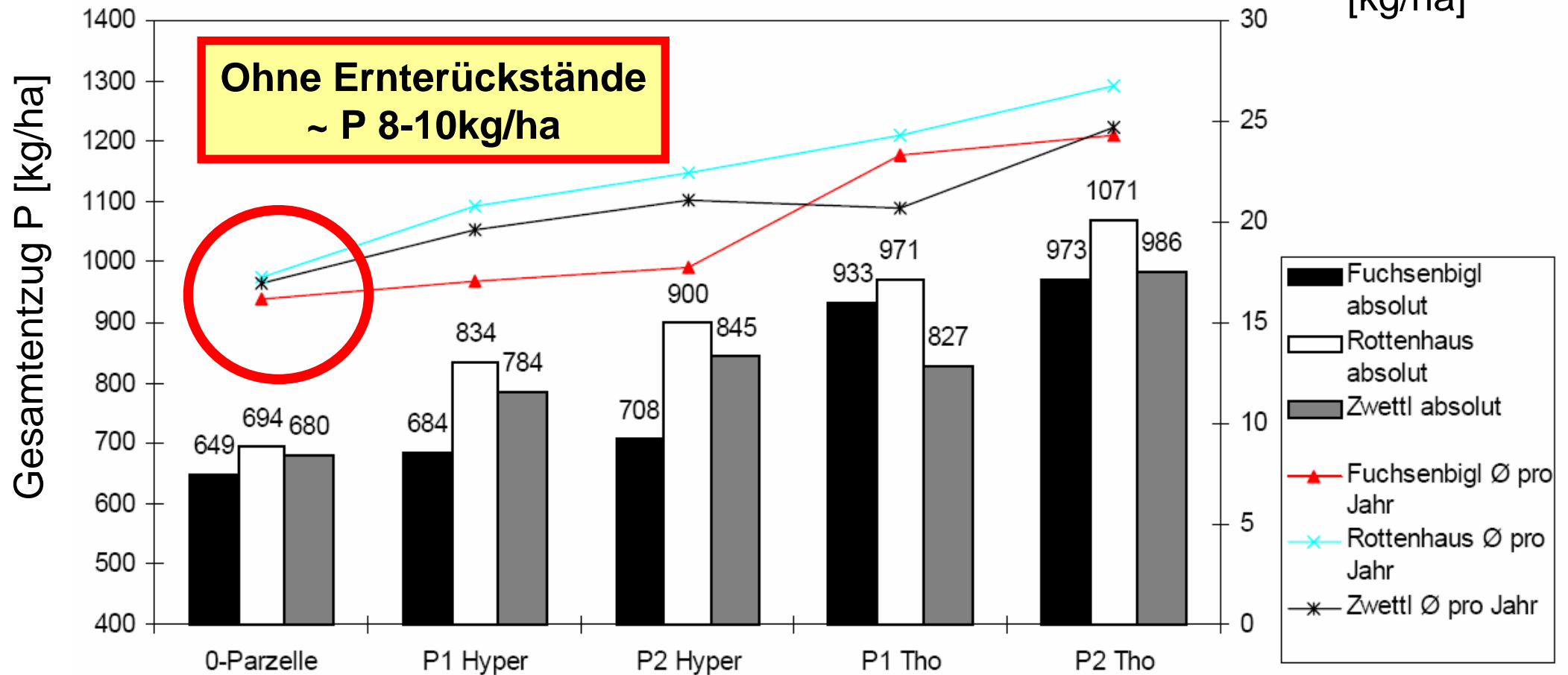
„Nachhaltigkeitswirkung“ in Fuchsenbigl von 1975 bis 1995



Ergebnisse

P Entzug im 40 jährigen Versuchszeitraum

∅ Jährlicher GesamtEntzug [kg/ha]



Ergebnisse

Relativerträge und relative P Entzüge der 0 Parzellen

Kulturart	Fuchsenbigl		Rottenhaus		Zwettl	
	Ertrag [%P1 Tho]	P Entzug [%P1 Tho]	Ertrag [%P1 Tho]	P Entzug [%P1 Tho]	Ertrag [%P1 Tho]	P Entzug [%P1 Tho]
W Weizen	82-86	58	94-96	80	86-94	86
S Gerste	75-81	65	83-84	78	77-78	68
W Roggen	69-80	57	86-88	82	96-98	80
Hafer	91-97	91	96-108	104	84-85	100
Z						
K						
S						
Kartoffel	78-88	55			86-88	85
Raps	78-91	57	109-110	86		
Ackerbohne			81-84	73		
Erbse	82-88	63			74-78	76
Rotklee					95-100	91
Luzerne	99-102	76				

Ergebnisse nur für S Gerste und ZR signifikant

Zusammenfassung

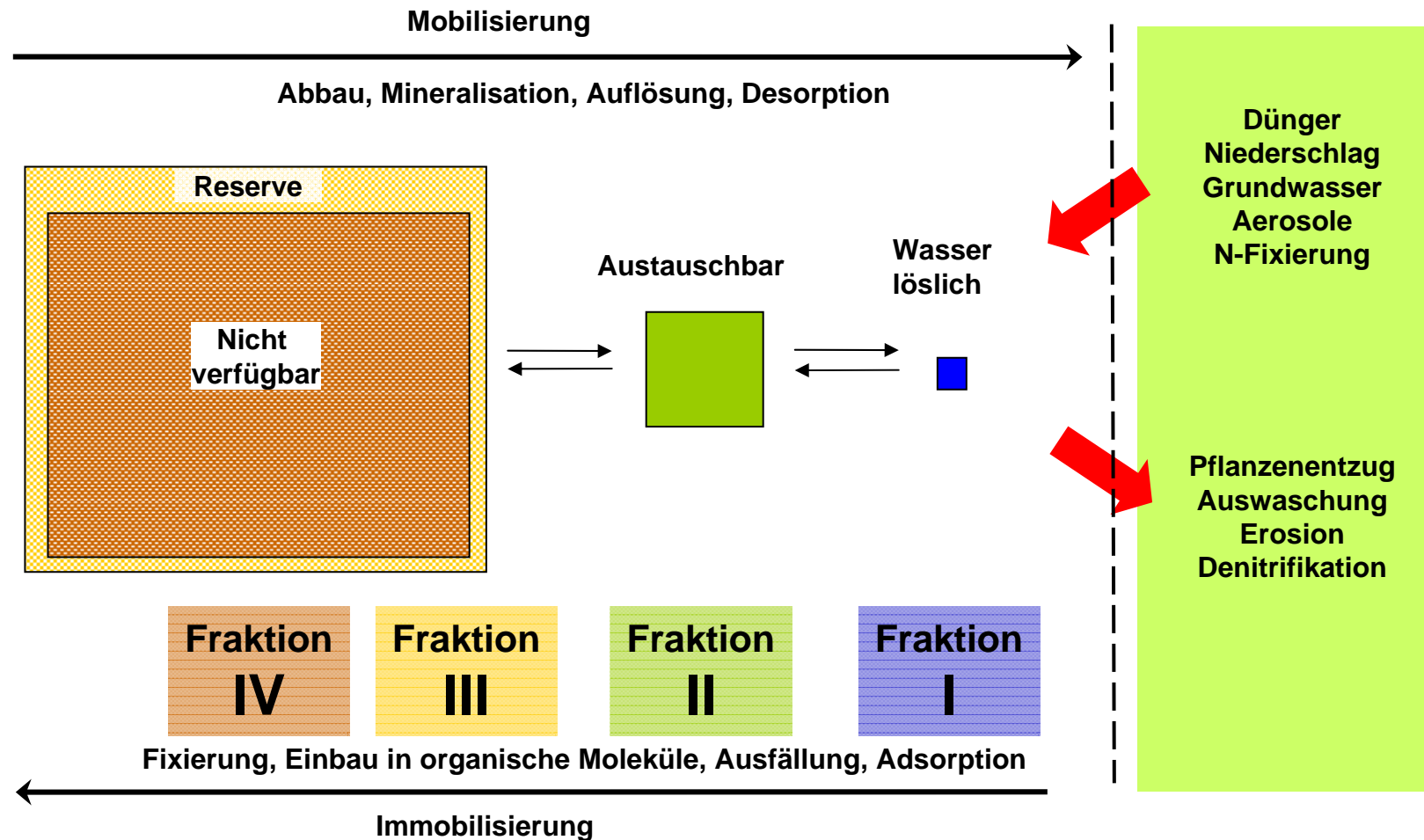
- Die **P**-CAL Gehalte der **0 Parzellen** bleiben auf allen 3 Standorten über **40** Jahre **unverändert** bzw. **steigen** leicht an.
- Vermehrte **P Mobilisierung** auf **0 Parzellen**
- **Ertragsrückgänge nicht signifikant** (1-26%)
 - Ausnahme Sommergerste und Zuckerrüben (Rückgang 16-35%, signifikant)
- **Zusammenhang P Boden CAL zu P Ertrag sehr niedrig**
(**R= 0,023 bis 0,277**)

Fragen:

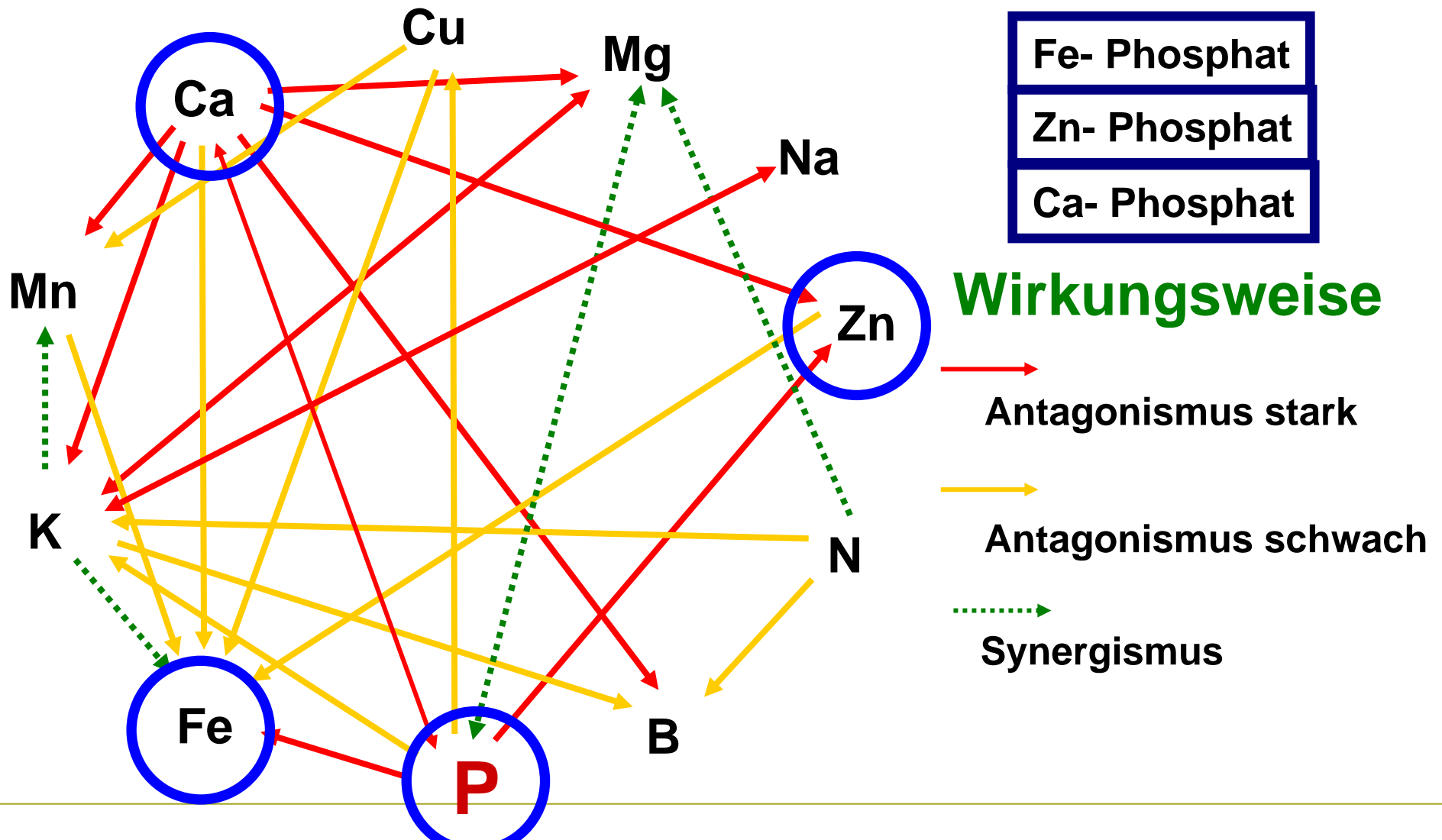
Ist die Aufregung gerechtfertigt?



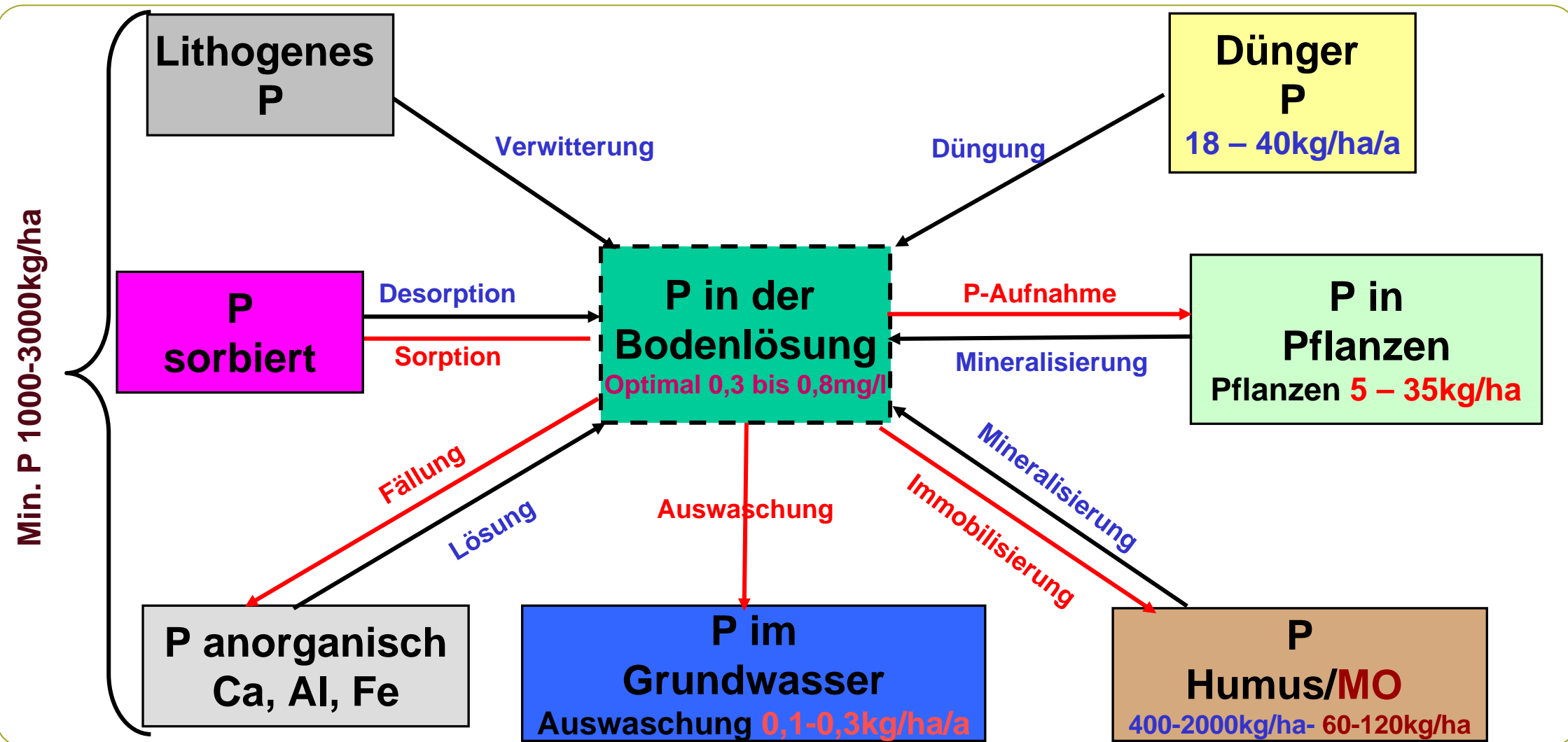
Dynamik im Boden



Wirkungsgefüge



Phosphor im Boden

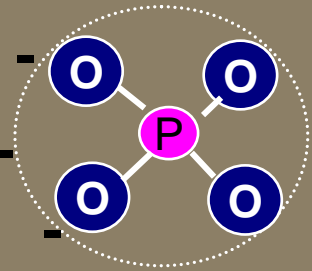


P in der Bodenlösung

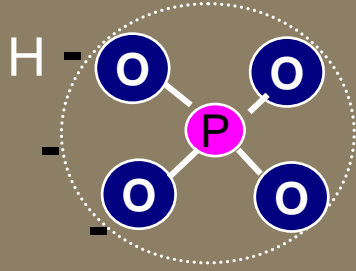
Optimal: 0,3 bis 0,8mg/l

„direkt verfügbares P“

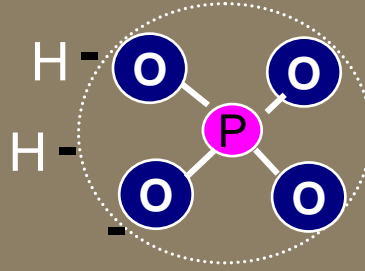
mineralisch



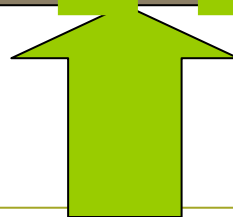
pH > 12



pH 12 bis 7,2



pH 7,2 bis 6,0



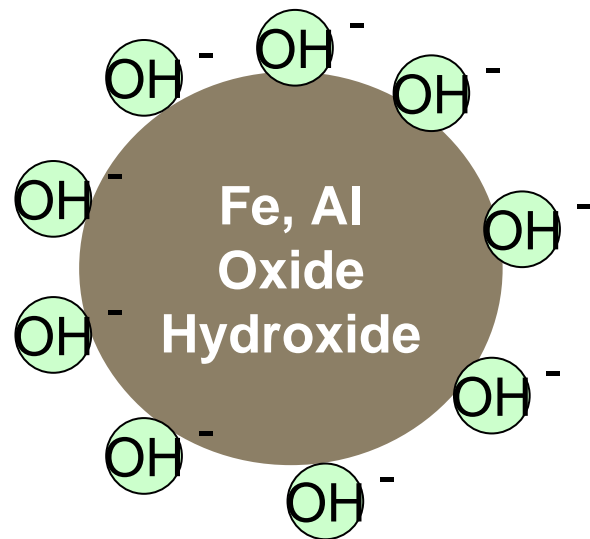
organisch



Phytin

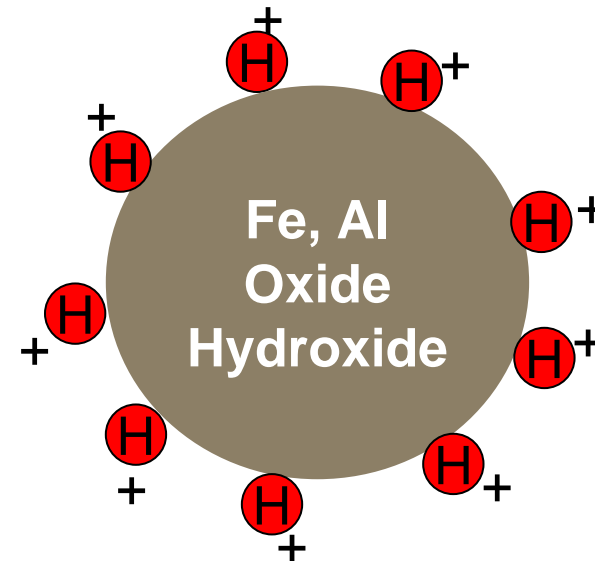
P sorbiert

Negative Überschussladung



> LNP

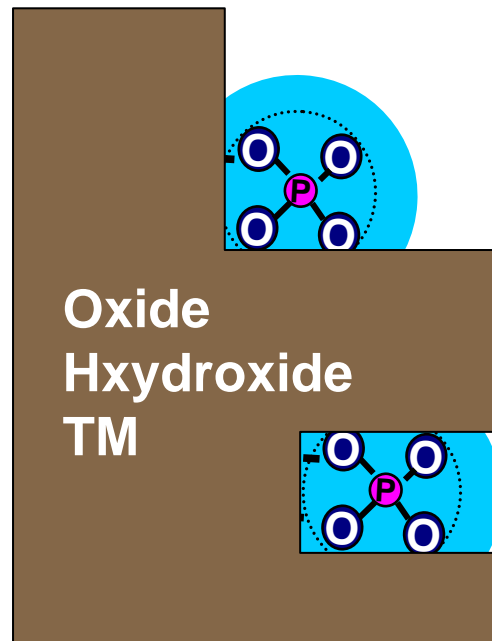
Positive Überschussladung



< LNP

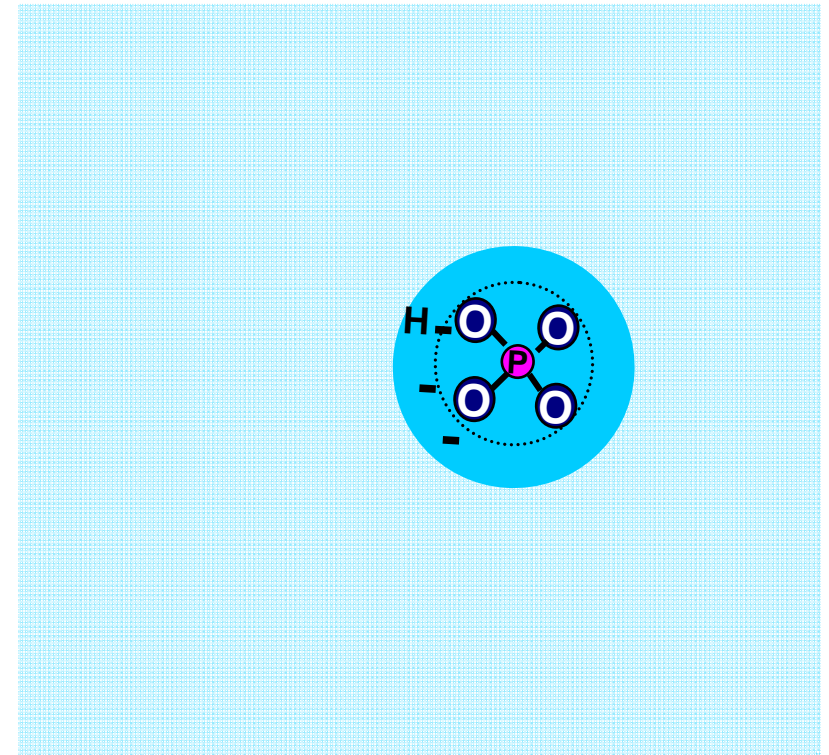
P absorbiert, okkludiert

„stark gebundenes P durch Säure teilweise mobilisierbar“



Absorbiertes P

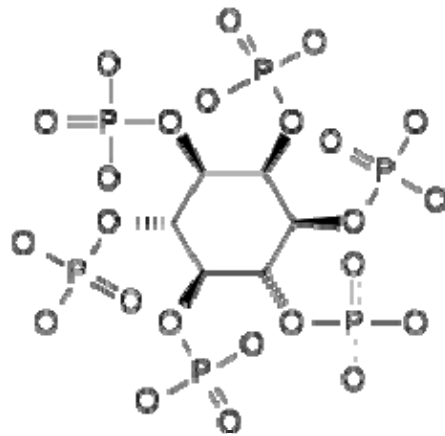
Okkludiertes P



P organisch

„durch Mikrobiologische Prozesse mobilisierbares P“

Phytin

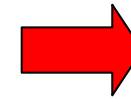


+

Ca

Fe

Al

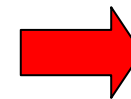
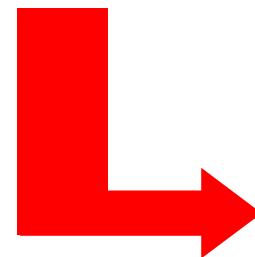
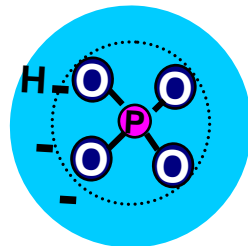


„unlösliche“
Phytate

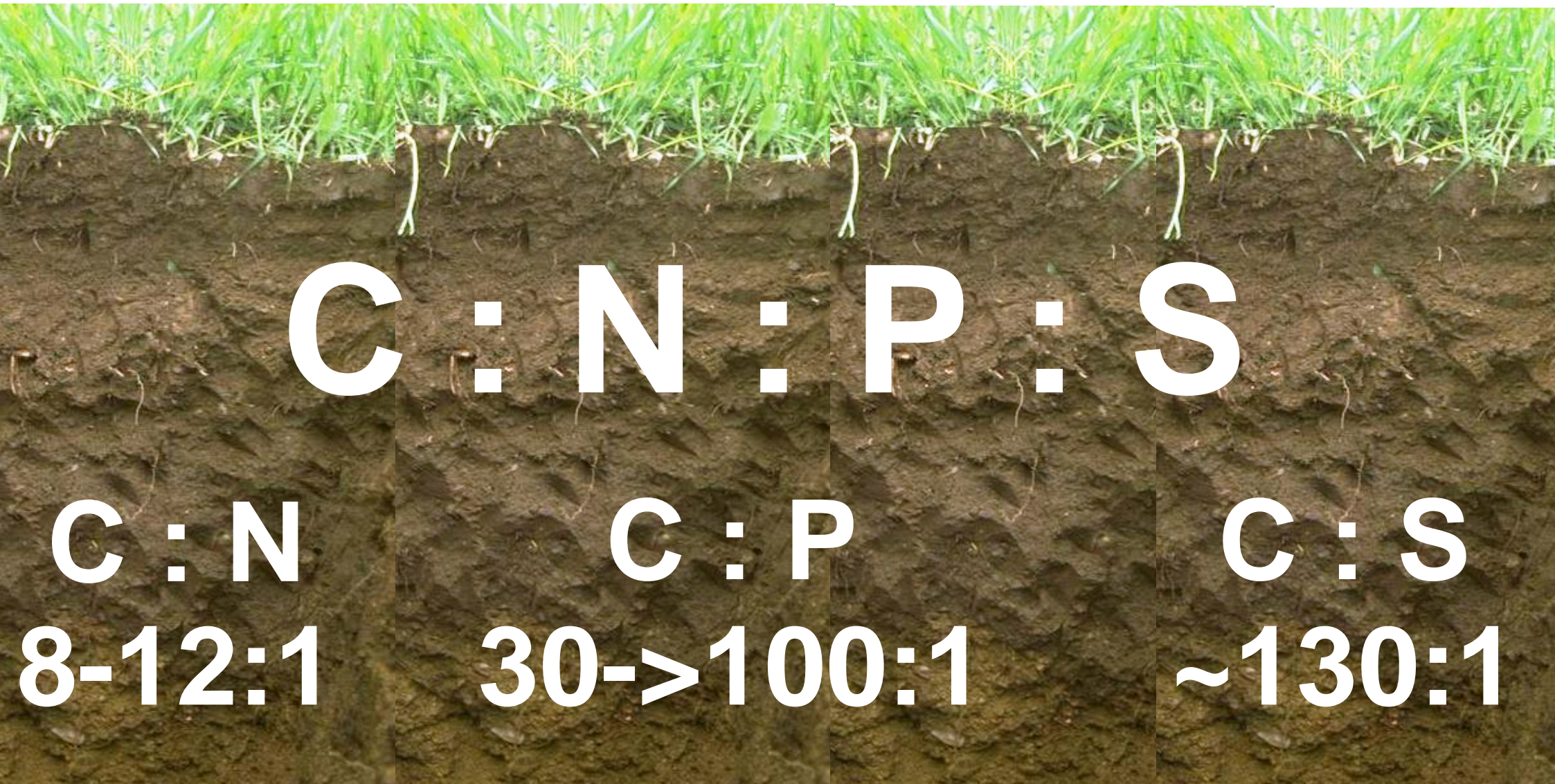


Einbau
im Humus/Mo

Gelöste P_{min}



P organisch



C : N : P : S

C : N

C : P

C : S

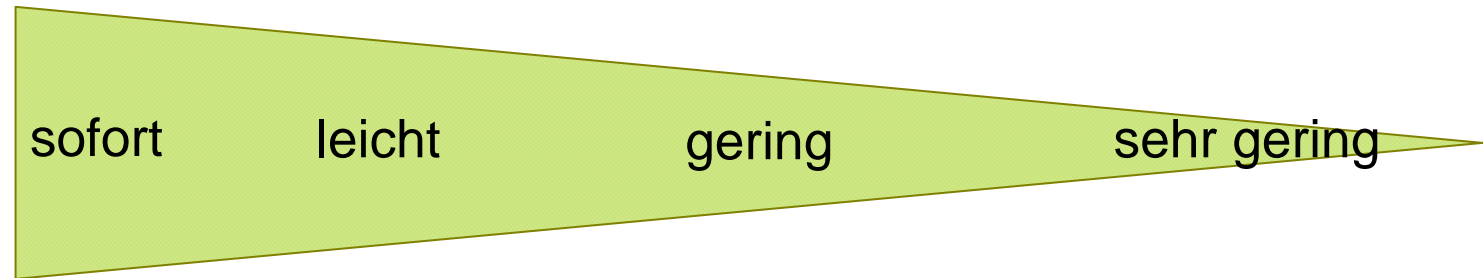
8-12:1

30->100:1

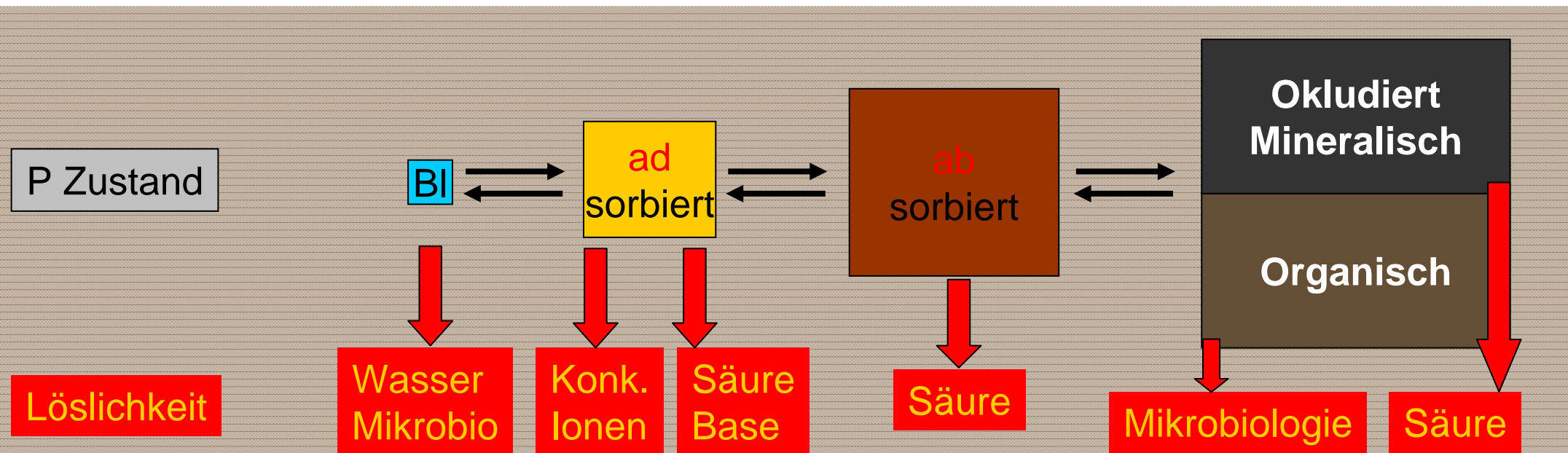
~130:1

Übersicht P Fraktionen

Pflanzen
verfügbarkeit



P Zustand



P- Analytik, ein Dilemma



P- Projekt

Topfversuch



- 50 verschiedene Böden aus Deutschland und Österreich
- 10 verschiedene Extraktionsverfahren (P pflanzenverfügbar)
- 2 verschiedene Messmethoden (ICP, Photometer)

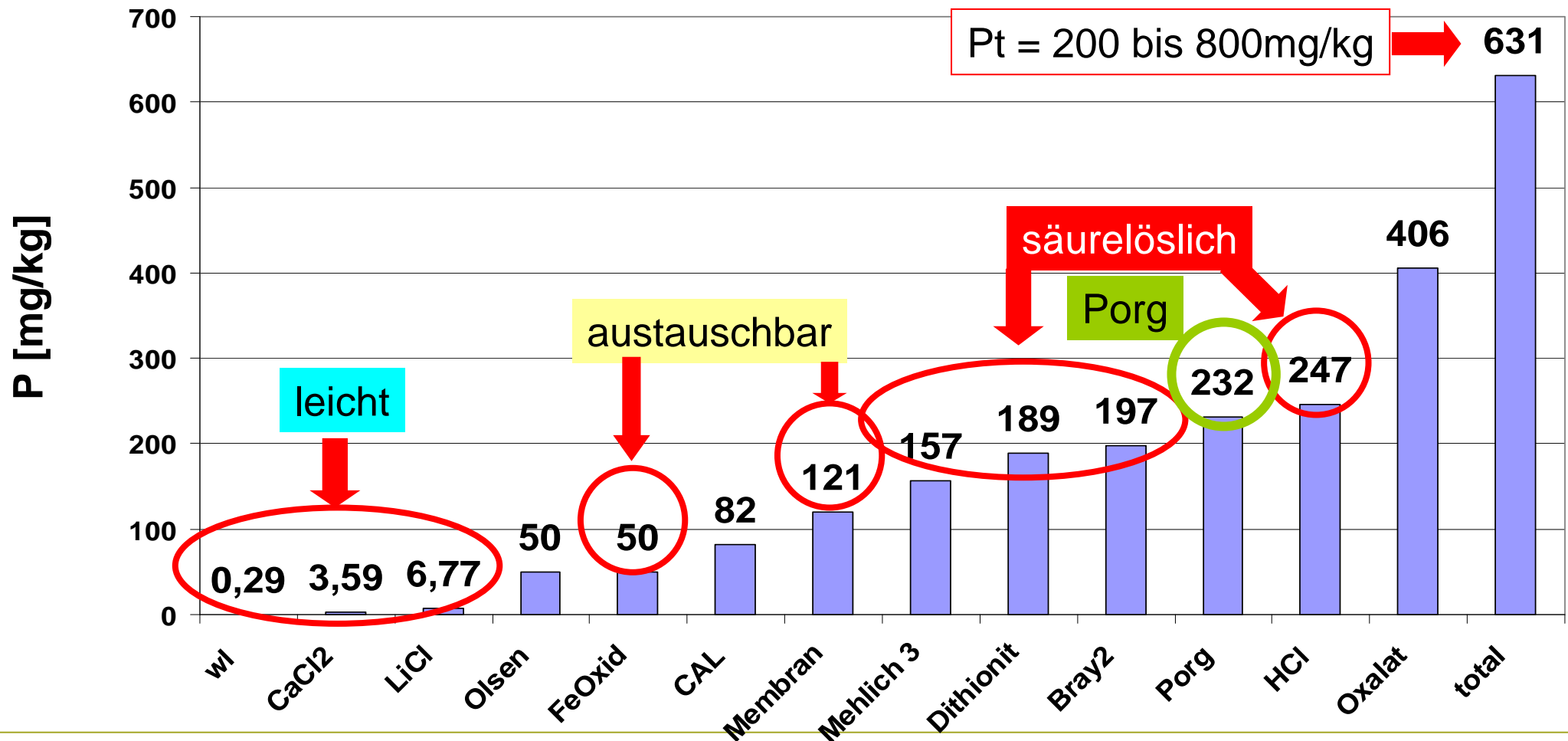


- Sommerweizen
- Wasserversorgung optimal
- Nährstoffversorgung „üblich“ (P nicht manipuliert)

Vergleich P Extrakte Boden zu P Entzug Pflanze

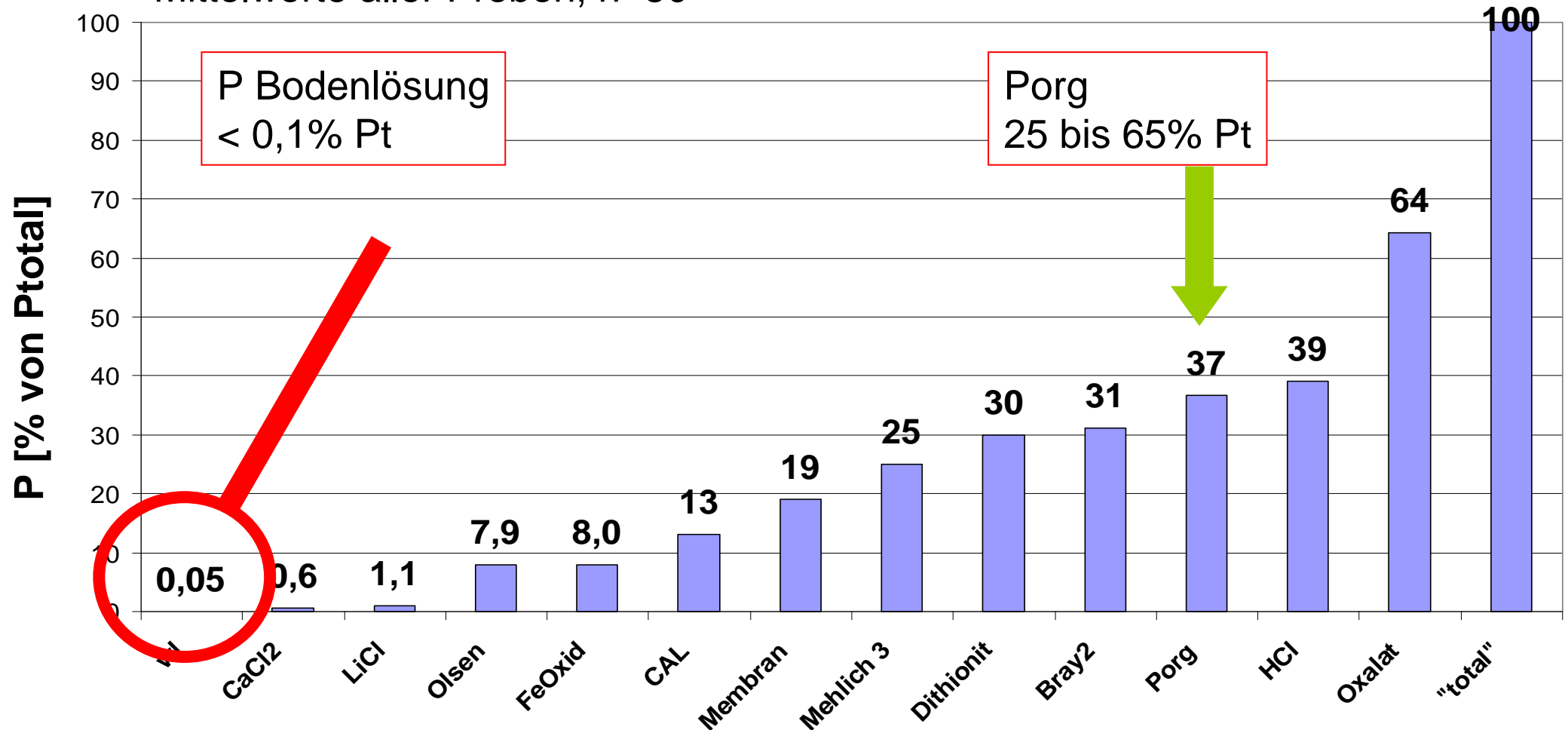
P Fraktionen im Boden mg/kg

Mittelwerte aller Proben, n=50

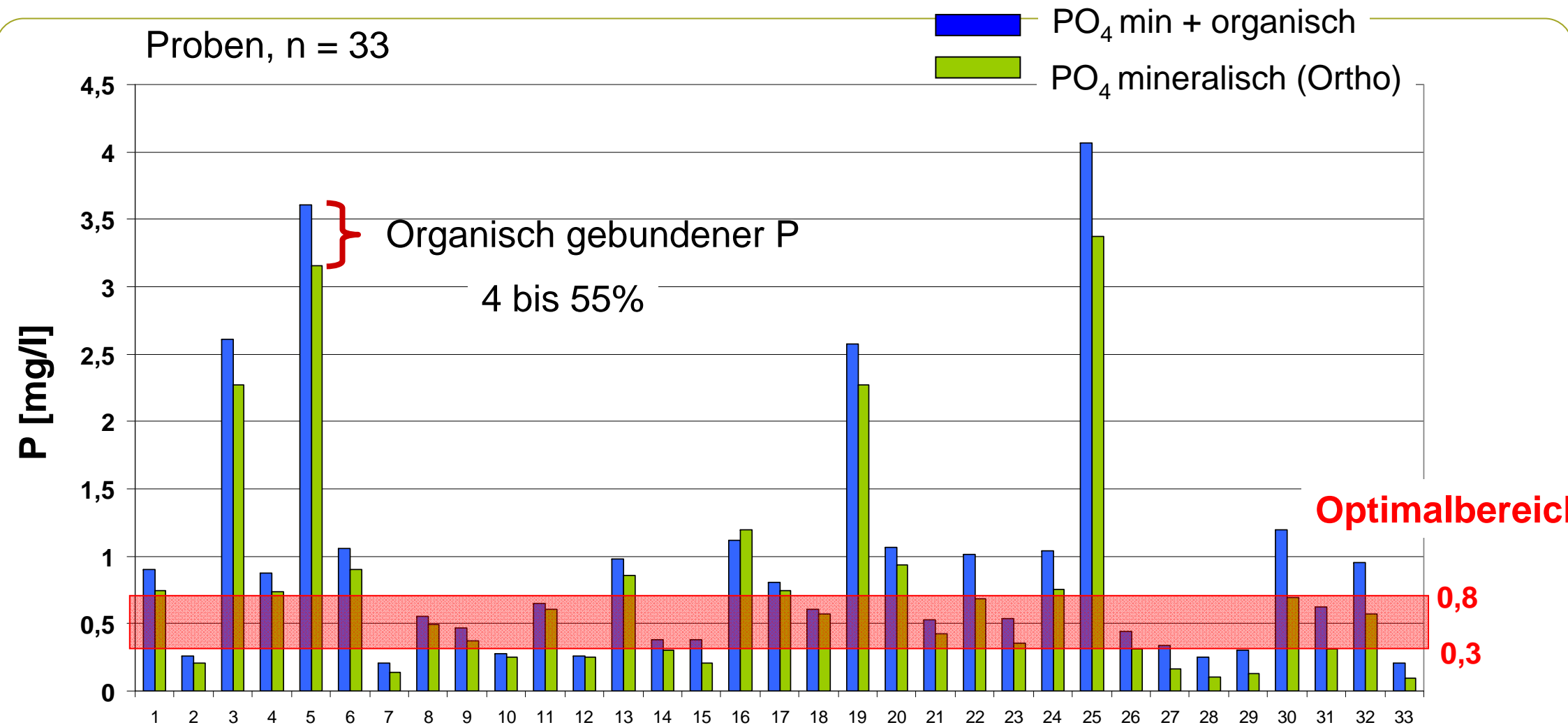


P Fraktionen im Boden in % von Pt

Mittelwerte aller Proben, n=50



Phosphor in der Bodenlösung



P Boden zu P Entzug

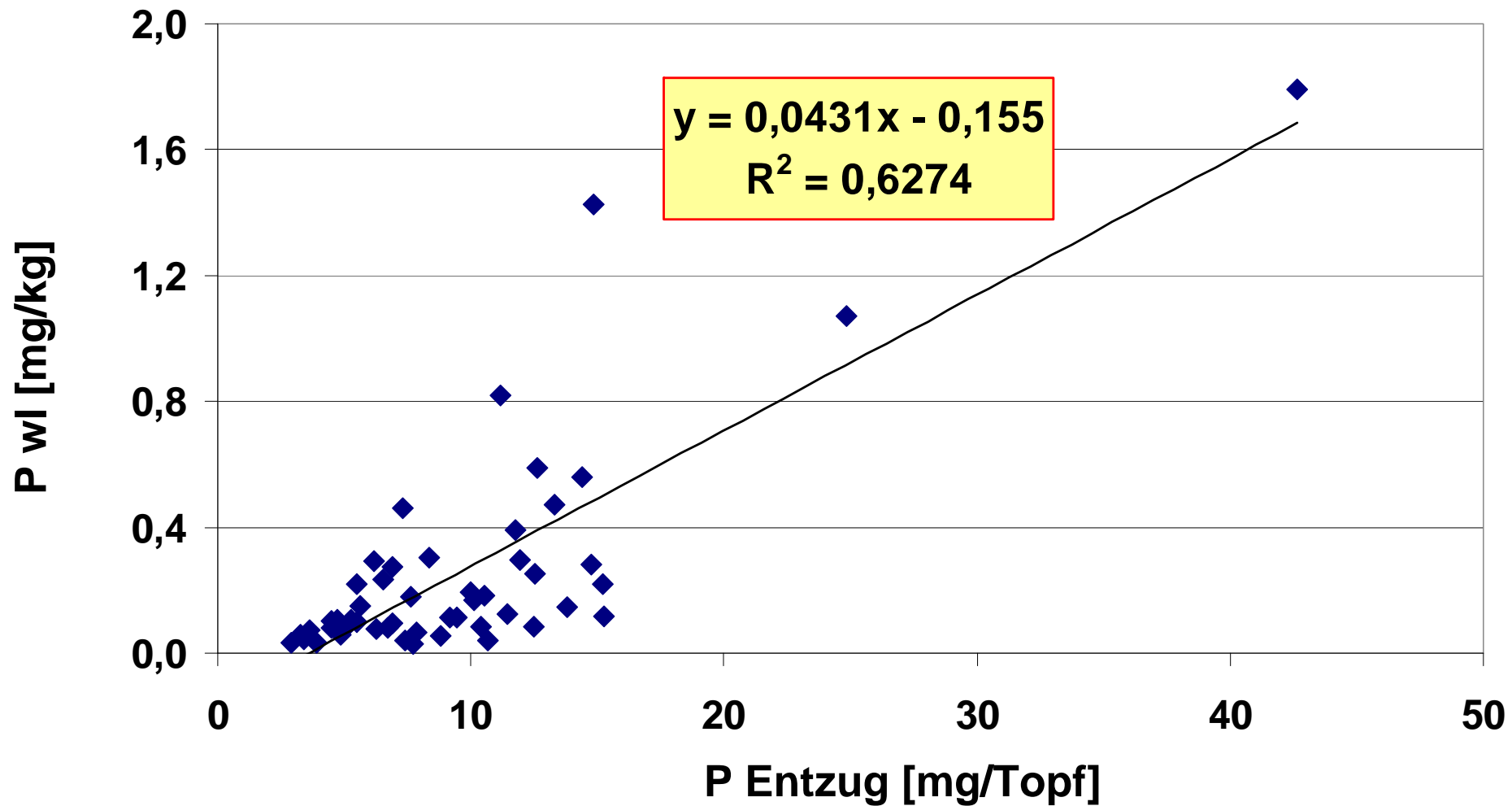
Proben, n=50

P_{Extrakt} zu P_{Entzug}	Best.Maß R^2
Frakt. Analyse wl	0,627
CaCl ₂	0,546
Frakt. Analyse LiCl	0,380
Olsen	0,114
FeOxid	0,277
Aust. Membran	0,265
wl/HCl	0,754

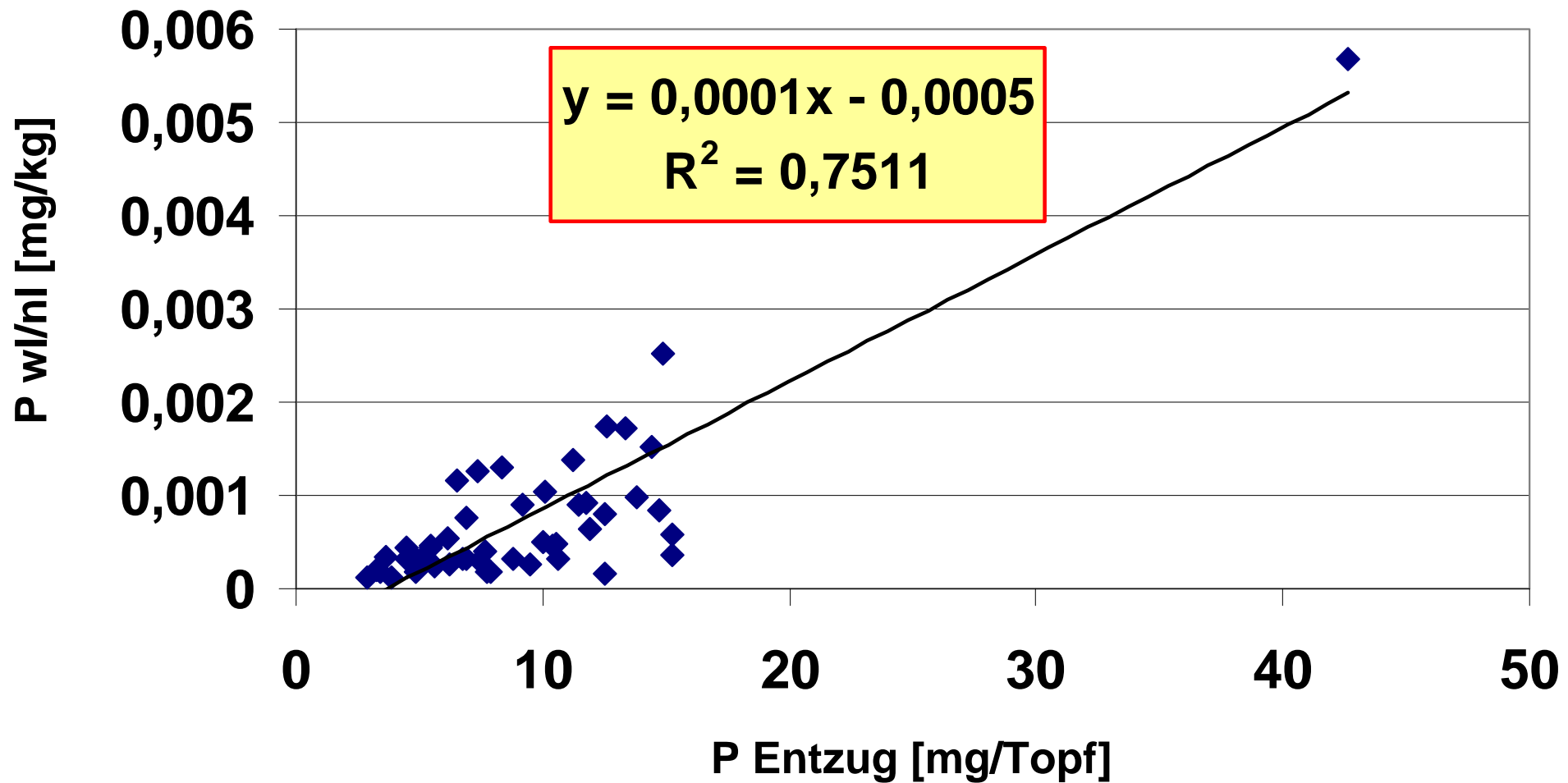
P_{Extrakt} zu P_{Entzug}	Best.Maß R^2
CAL	0,077
Mehlich	0,099
Dithionit	0,009
Bray2	0,089
Frakt. Analyse HCl	0,001
Oxalat	0,007



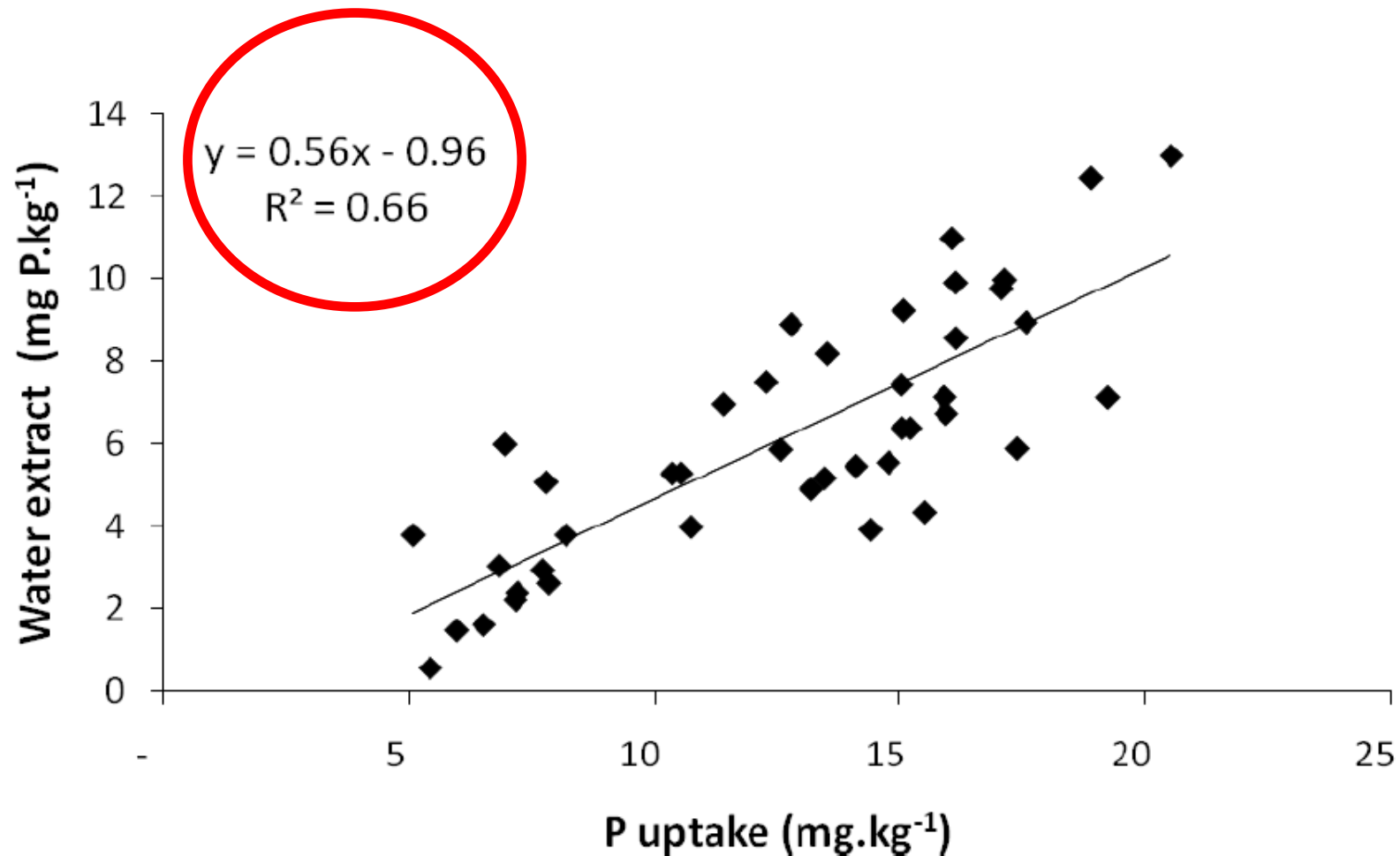
P wl zu P Entzug



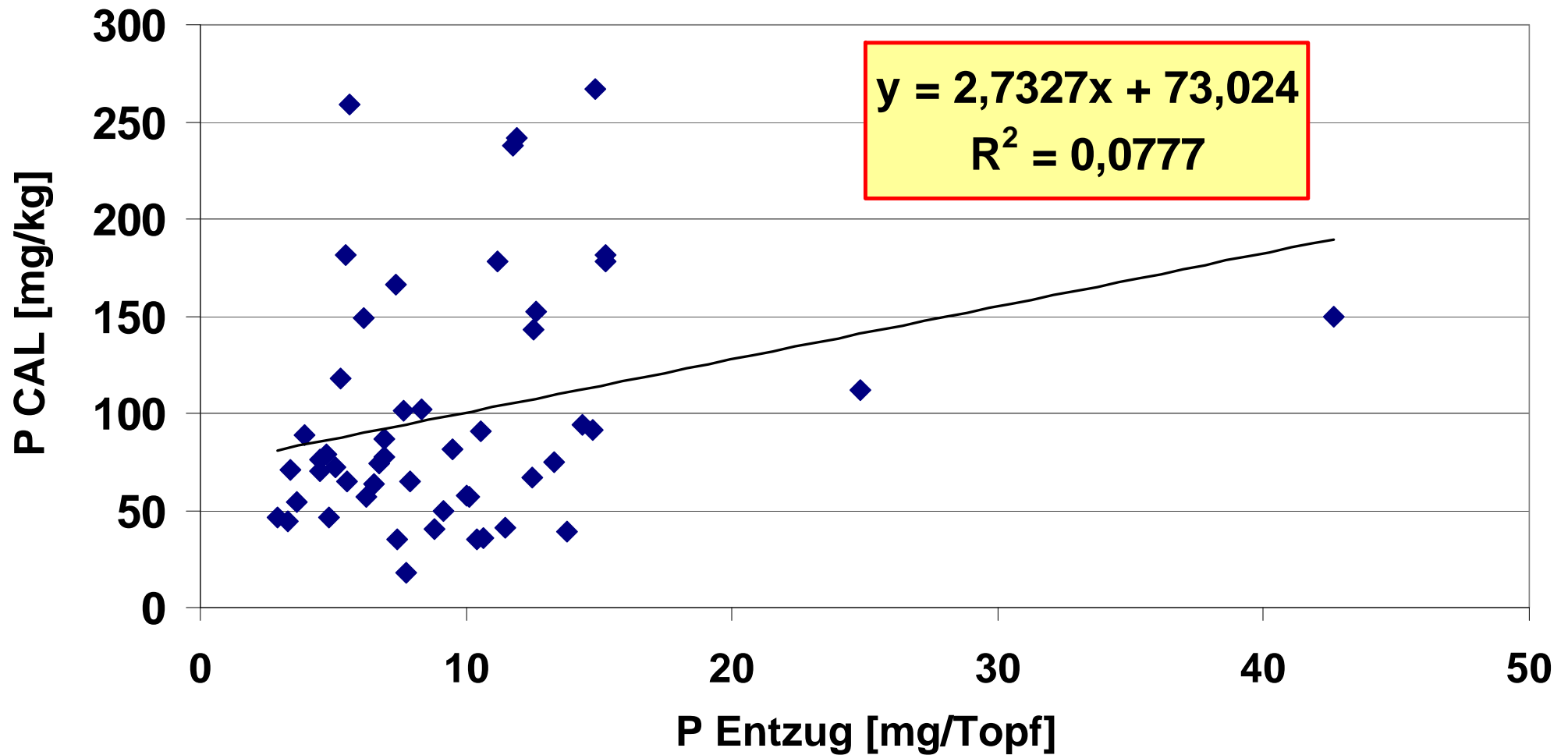
P wI/nI zu P Entzug



P wl zu P Entzug (Kulhanek, 2009)

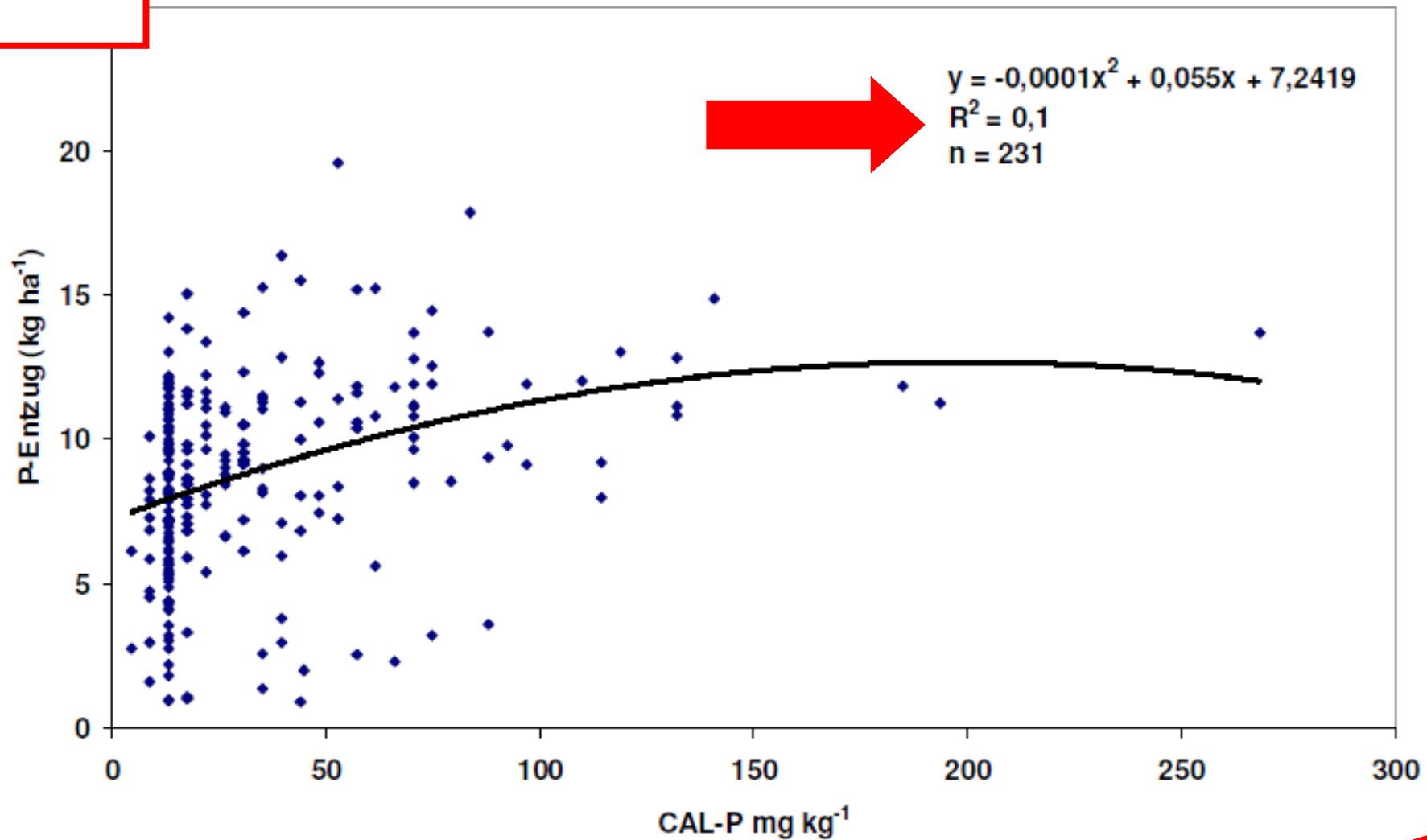


P CAL zu P Entzug



Beziehung P-Entzug (1. Aufwuchs) und CAL-löslicher P-Gehalt im Boden (0-10 cm Bodentiefe) von Grünlandflächen im Mittleren Steirischen Ennstal und Steirischen Salzkammergut

us: Heffterhofer
mweltgespräche
5.02.2010



Berechnung von P Fraktionen

Konkretes Beispiel aus dem Projekt

Dichte: 1,5g/cm³	Humus: 2,5%	Pwl = 0,56mg/kg	KH = 75
Tiefe: 0,30cm	C/P = 40:1	PHCI = 420mg/kg	CAL = 37mg/kg (B)

<u>Bodenvolumen [m³/ha]:</u>	3.000m³/ha
<u>Bodengewicht [t/ha]:</u>	4.500t/ha
<u>Humusgehalt [t/ha]:</u>	112,5t/ha
<u>Corg [t/ha]:</u> Corg = H / 2 =	56,25t/ha

Porg [kg/ha] = 56,25t/ha / 40 =	1.400
PHCI [kg/ha]: = 420 * 4,5 =	1.890
	Pt = 3.290kg/ha



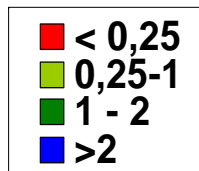
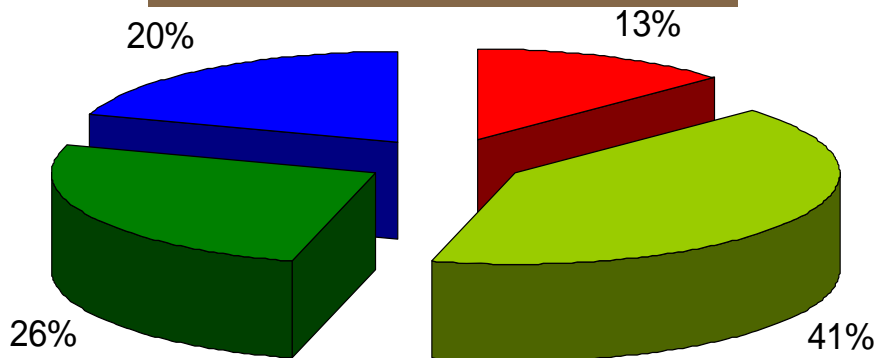
Entzüge: P 5 bis 35kg/ha

2,5kg/ha = Pwl = 0,74mg/l

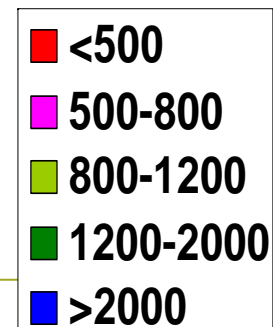
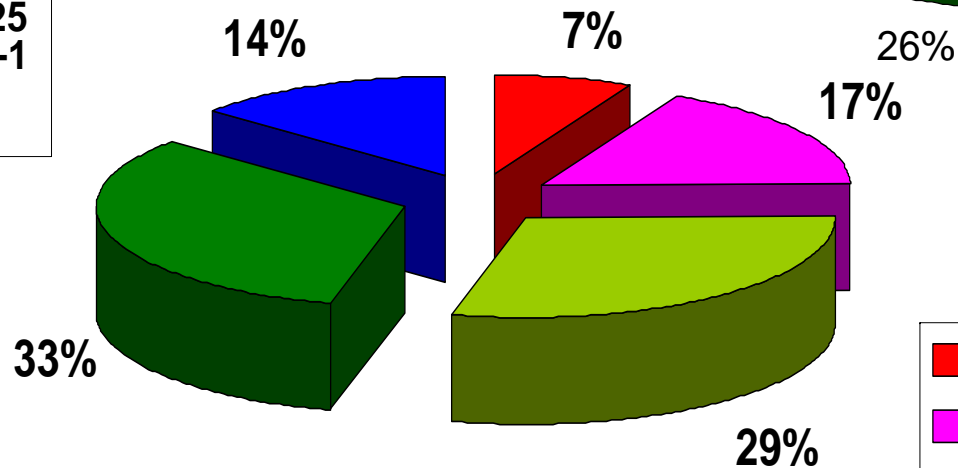
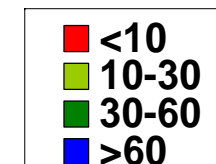
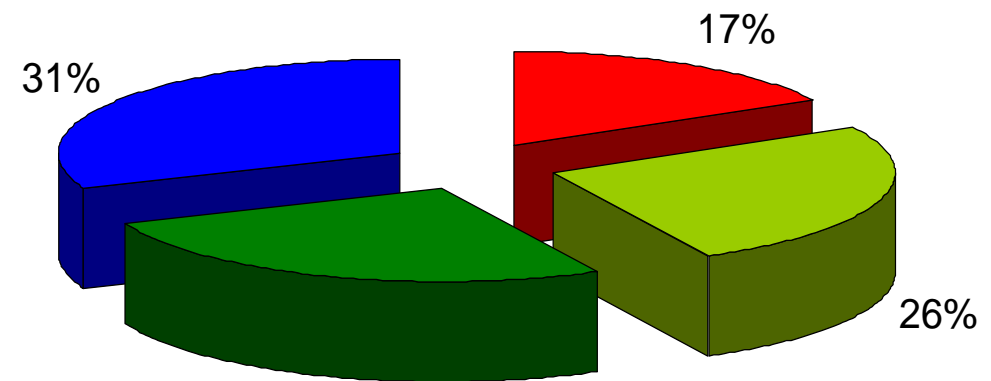
Auswertung Bodenproben Frakt. A.

N = 1600

P Bodenlösung [mg/l]



P Pflanzenverfügbar [kg/ha]

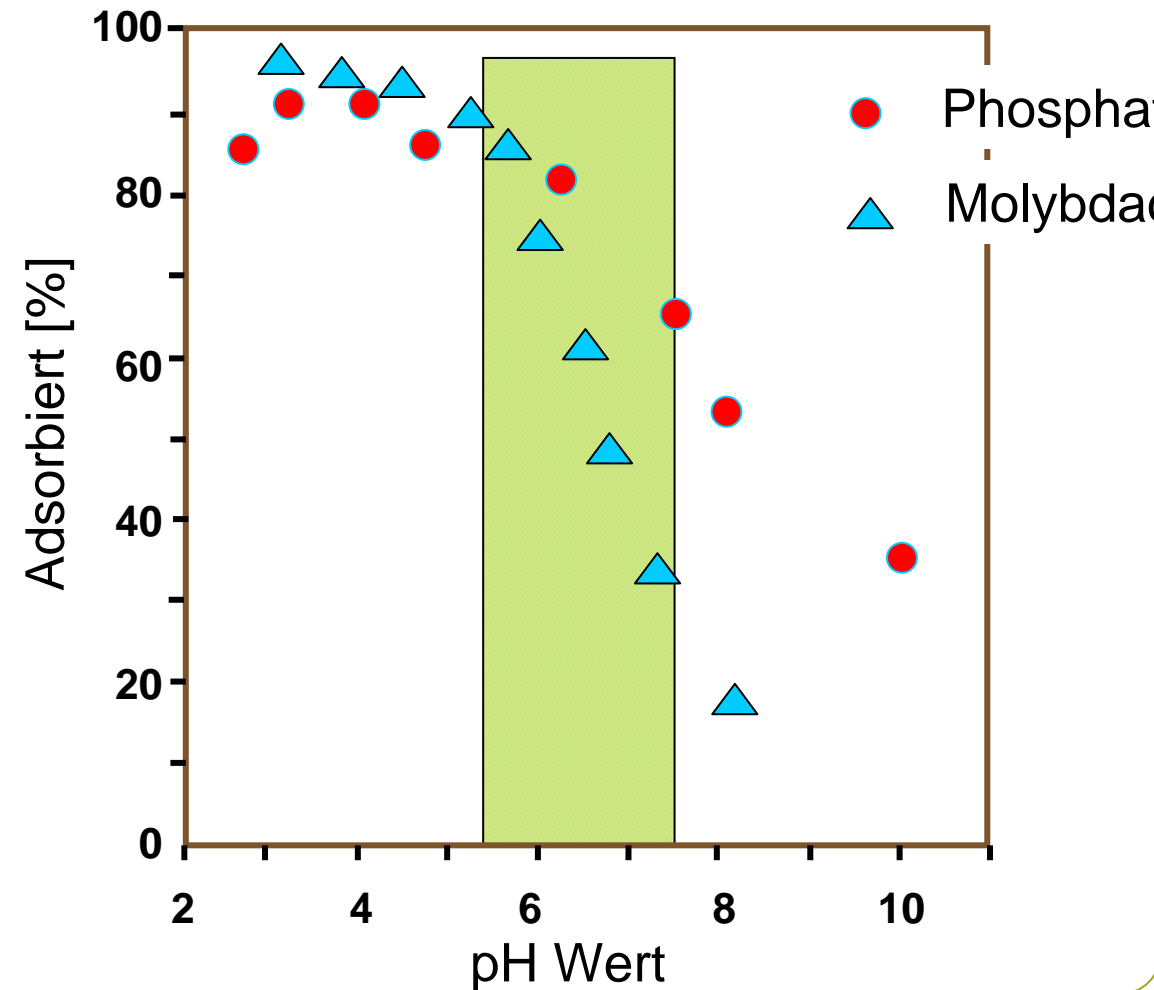
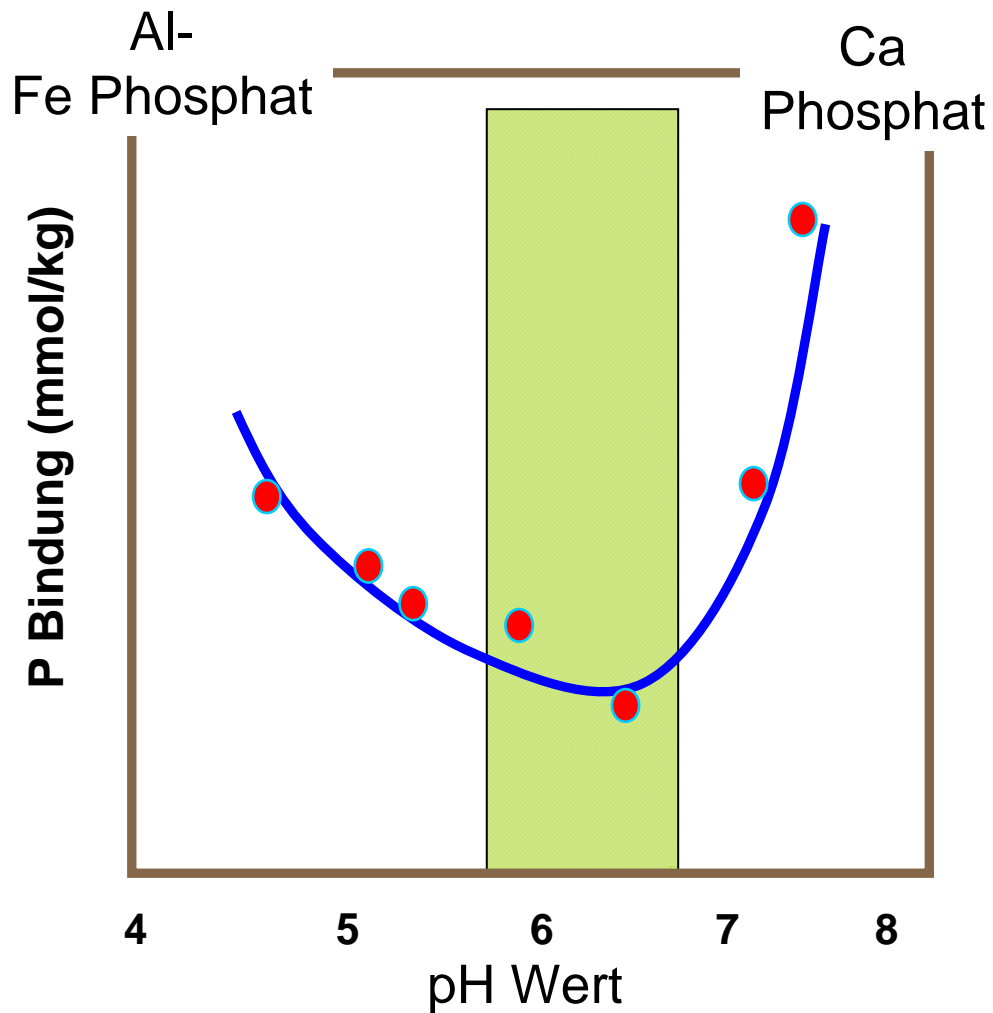


P Reserve mineralisch [kg/ha]

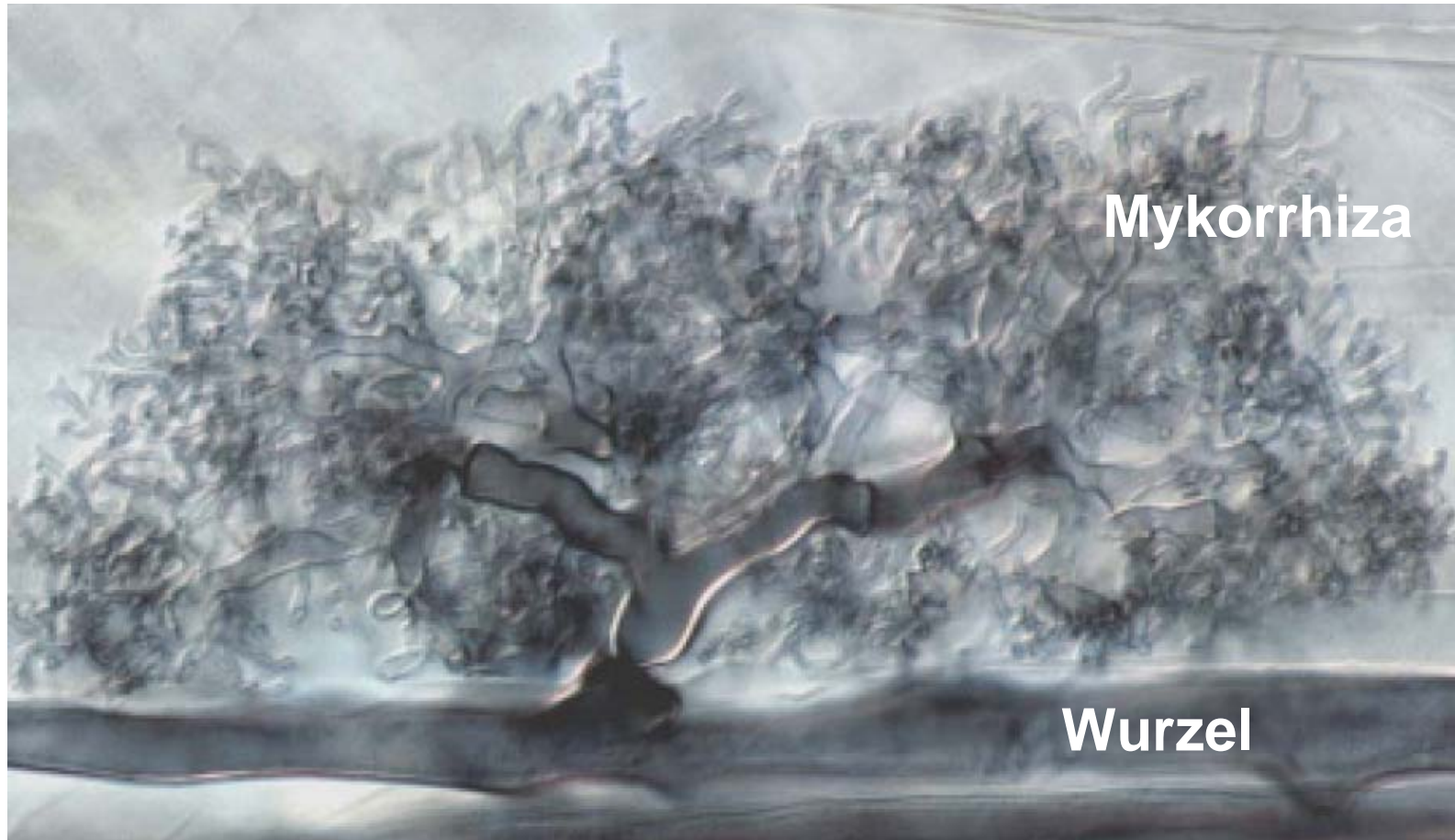
P Mobilisierung

- **pH Wert**
- **Erhöhung der biologischen Aktivität**
 - Förderung der mikrobiologischen Aktivität
 - Wurzelsymbiosen (Mykorrhiza Pilz)
 - Förderung des Regenwurms
 - Vermeiden von Verdichtungen, Erhöhen des durchwurzelbaren Volumens
 - P Aufschließende Pflanzen als Zwischenfrüchte/Gründüngungen
- **Ionenkonkurrenz**

pH Abhängigkeit P Verfügbarkeit



Mykorrhiza




Mykorrhiza

Wurzel

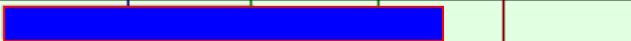

















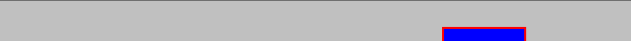
Boden versus Regenwurm Kot

 Regenwurm Kot

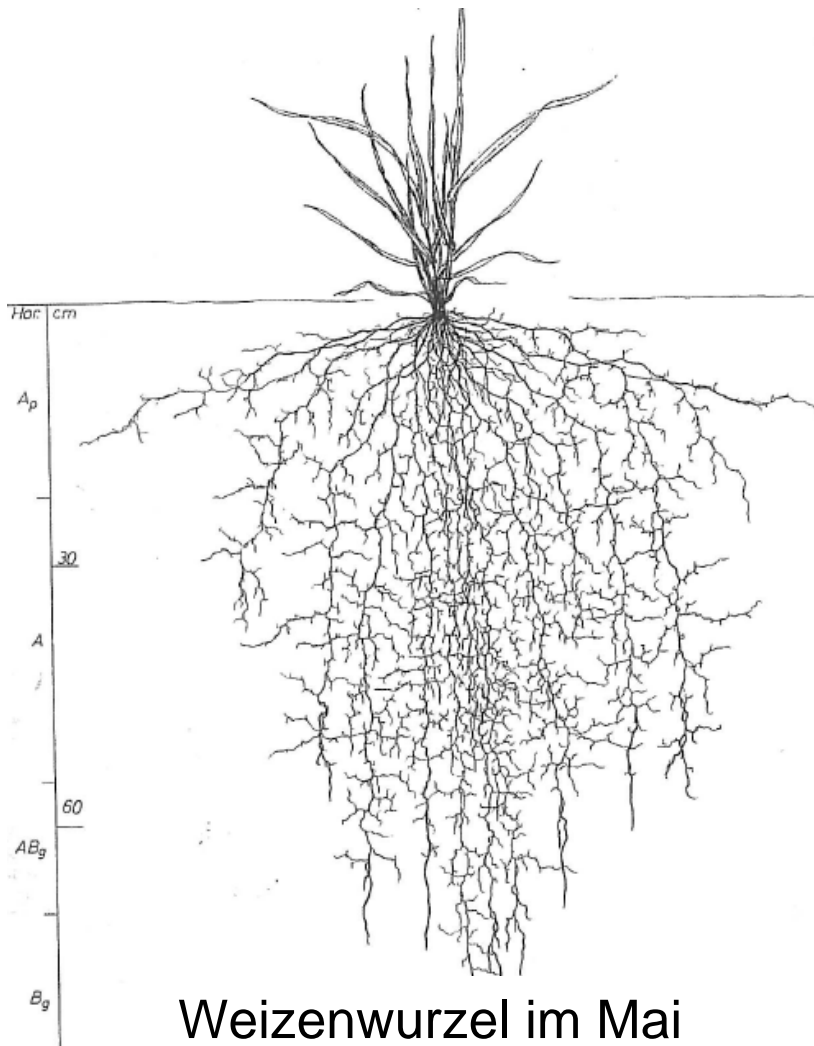
Bodeneigenschaften, Tiefe 0 - 20 cm		Wert	sehr niedrig	niedrig	günstig	hoch	sehr hoch	Bemerkung
Basisparameter	Bodenschwere (KH)		[Bar chart: ~15% in 'niedrig' range]					
	pH Wert KCl [-log H+]		[Bar chart: ~45% in 'niedrig' range]					
	pH Wert H2O [-log H+]		[Bar chart: ~40% in 'niedrig' range]					
	Kalkgehalt CaCO3 [%]		[Bar chart: ~15% in 'niedrig' range]					
	gelöste Stoffe [eL, mS/cm]		[Bar chart: ~85% in 'hoch' range]					
	Humusgehalt [%]		[Bar chart: ~65% in 'hoch' range]					
	Humusqualität [C/N]		[Bar chart: ~25% in 'niedrig' range]					
Sorptionskomplex	T-Wert = CEC pot [mmolc/kg]		[Bar chart: ~45% in 'niedrig' range]					
	CECakt [mmolc/kg]		[Bar chart: ~55% in 'niedrig' range]					
	Basensättigung [% CEC]		[Bar chart: ~50% in 'niedrig' range]					
	Ca am Magnet [Ca%CECp]		[Bar chart: ~40% in 'niedrig' range]					
	Mg am Magnet [Mg%CECp]		[Bar chart: ~40% in 'niedrig' range]					
	K am Magnet [K%CECp]		[Bar chart: ~45% in 'niedrig' range]					
	Na am Magnet [Na %CECp]		[Bar chart: ~35% in 'niedrig' range]					
	Al am Magnet [Al %CECp]		[Bar chart: ~75% in 'hoch' range]					
	NH4N am Magnet [NH4N %CECp]		[Bar chart: ~45% in 'niedrig' range]					
	Fe am Magnet [Fe %CECp]		[Bar chart: ~45% in 'niedrig' range]					
	Mn am Magnet [Mn %CECp]		[Bar chart: ~45% in 'niedrig' range]					
	H am Magnet [H %CECp]		[Bar chart: ~5% in 'sehr niedrig' range]					
	Säure am Magnet [pS%CECp]		[Bar chart: ~5% in 'sehr niedrig' range]					

Boden versus Regenwurm Kot

 Regenwurm Kot

Stoff pflanzenverfügbar ¹⁾		Wert	sehr niedrig	niedrig	günstig	hoch	sehr hoch	Zufuhr ²⁾ kg/ha	Reserve kg/ha	Bemerkung
Pflanzenernährung	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 (CaCO ₃) kg/ha	400	7710	Magnesium (Mg) kg/ha		70	620	Corg kg/ha		8800
	Gips (CaSO ₄ * 2 H ₂ O) kg/ha			Kalium (K) kg/ha			90			

Wurzelraum



Quelle: Wurzelatlas (Kutschera, Lichtenegger, Sobotka)

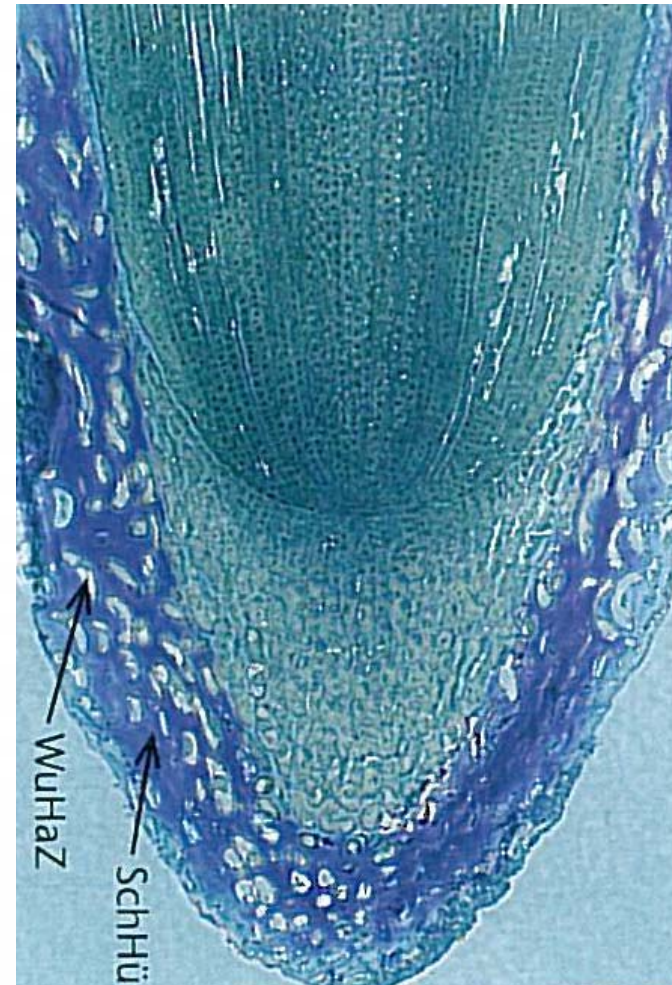
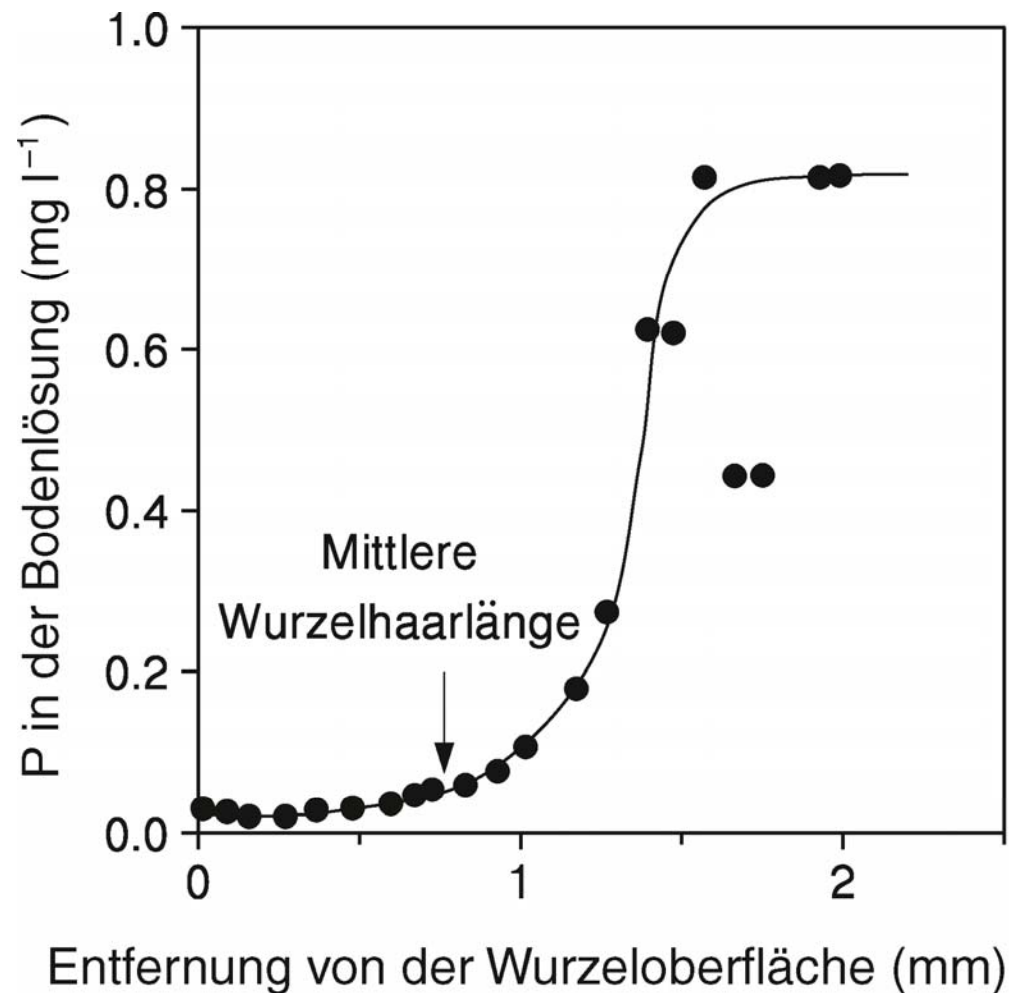


Quelle: Wurzelatlas (Kutschera, Lichtenegger, Sobotka)

Wurzellänge:
bis 80km

Oberfläche:
bis 300km²

Wurzelexsudate



Aufwand

~ 30%
 Assimilate

Menge BBM [kg/ha]

bis 5.000

Quelle: Wurzelatlas (Kutschera, Lichtenegger, Sobotka)

P aufschließende Pflanzen



Weißer Lupine



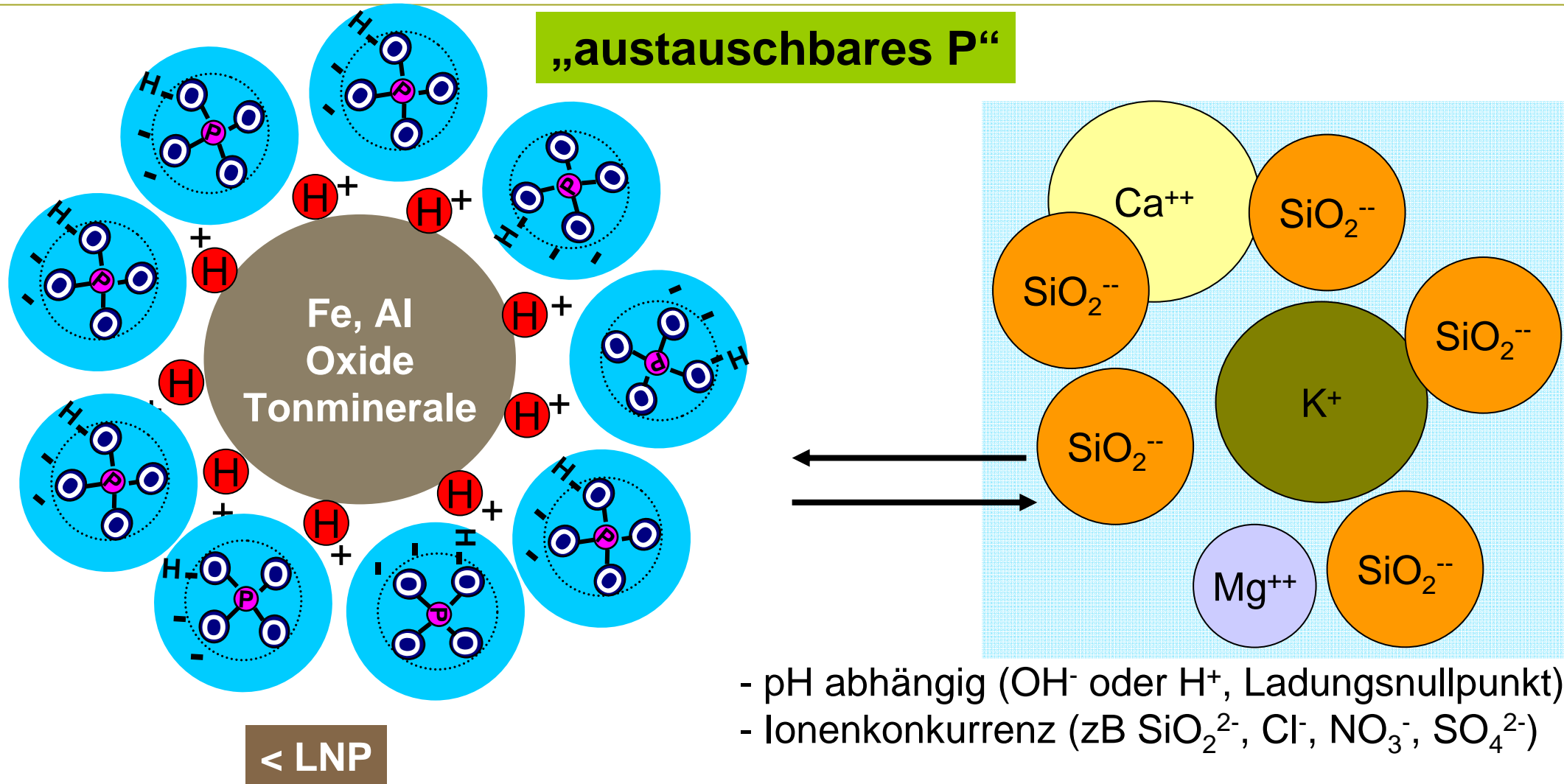
Buchweizen



Silberbaumgewächs/Protea

Proteoidwurzeln

P sorbiert



Zusammenfassung

- Ausreichend P in meisten landwirtschaftlich genutzten Böden
- Verschiedene P Formen, Pflanzenverfügbarkeit unterschiedlich
- CAL Extrakt zur Prognose des P Entzuges beschränkt geeignet
- Dynamische-intelligente Analytik notwendig
 - P_{wl}, P_{at}, P_{min} Reserve und P_{org} (wichtig **C:P**) **TBU**
- Vorräte mobilisieren
- Entzugszahlen kritisch hinterfragen