

Bodenkultur und Düngung – Phosphor und Kalium

AT3 – Wintersemester 2025/26

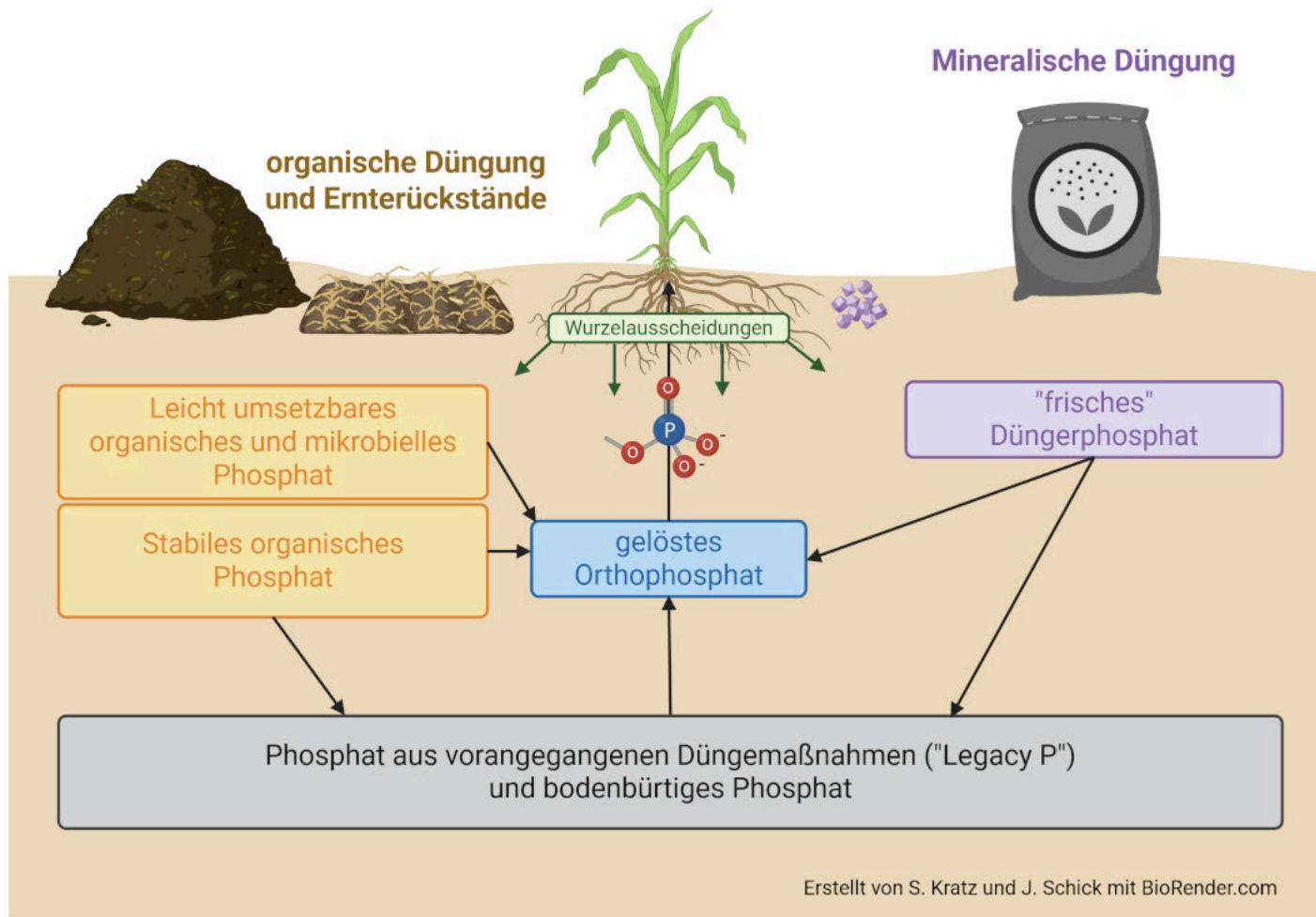
Prof. Dr. Carl-Philipp Federolf

26.11.2025

Aufgaben von Phosphor in der Pflanze

- **Energietransfer**
 - Adenosintriphosphat – wesentliches Molekül zu Speicherung und Transport von Energie
- **Baustein der Nukleinsäuren (DNA und RNA)**
- **Zellmembran**
 - Phospholipide – Strukturbildner, Permeabilität der Membran
- **Enzymaktivierung**





P Fraktionen im Boden

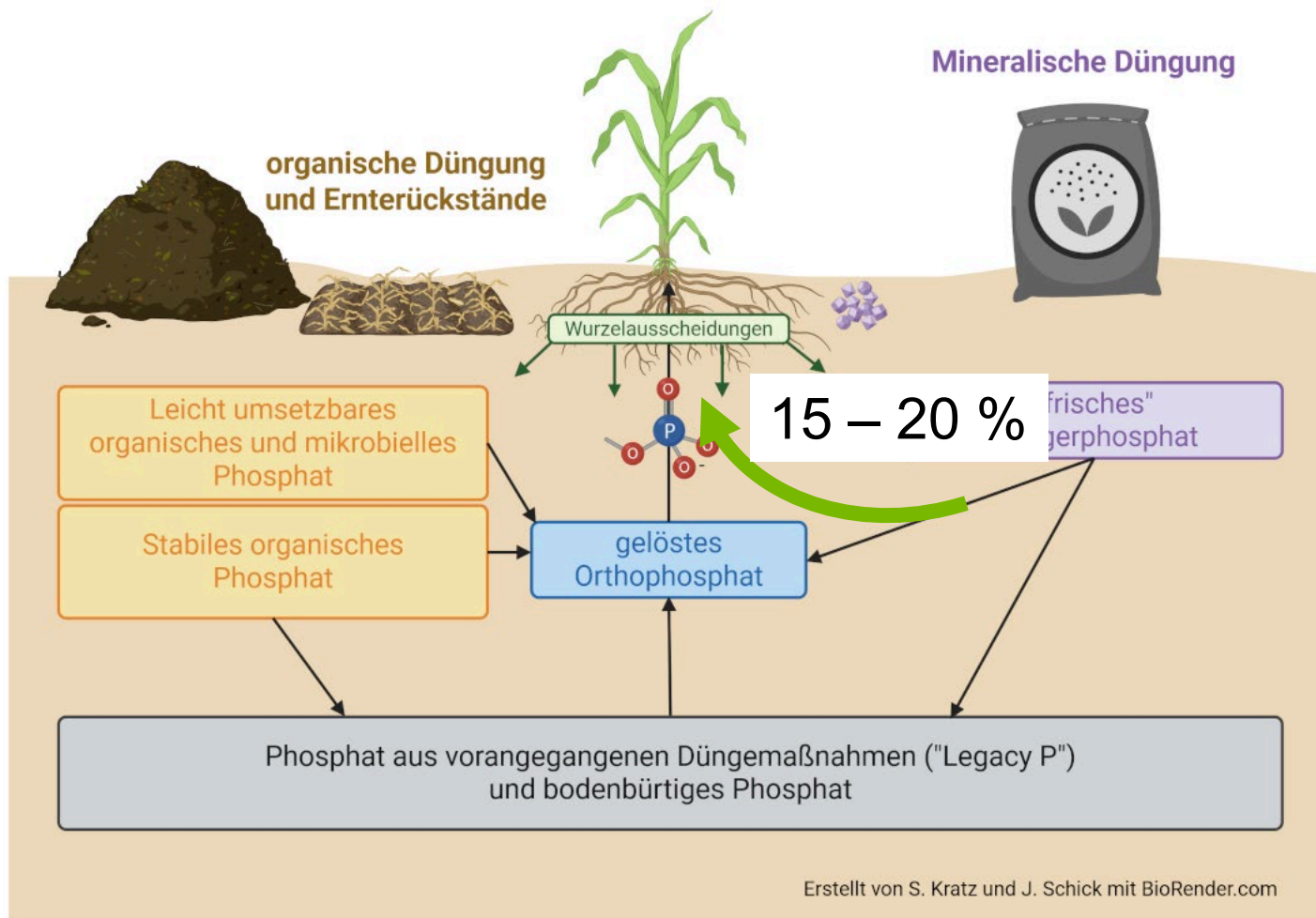
- P in der Bodenlösung (anorganisch und organisch, gelöst oder kolloidal; zusammen $<0,1$ % des P-Gehaltes).
- Organisches P, in Form von
 - mikrobiellem P (i. d. R. 1–5 % des P-Gehaltes)
 - organischem P in pflanzlichen und mikrobiellen Rückständen (partikulär, sorbiert an Minerale, okkludiert an Oberflächen; i. d. R. 10–40 % des gesamten P-Gehaltes),
- Anorganisches P
 - in Sekundärmineralen bzw. sorbiert an Fe- und Al-Oxide
 - oder als fixiertes P bzw. okkludiertes P in Aggregaten, teilweise in Al- und Fe-Oxiden eingeschlossen.
- Residuales P in Primärmineralen und nicht einfach aufschließbaren Konkretionen.

P Fraktionen im Boden

**Größenordnungen:
in kg / ha**

Massenfluss und Diffusion zu langsam

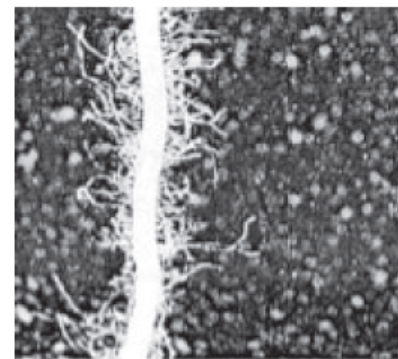
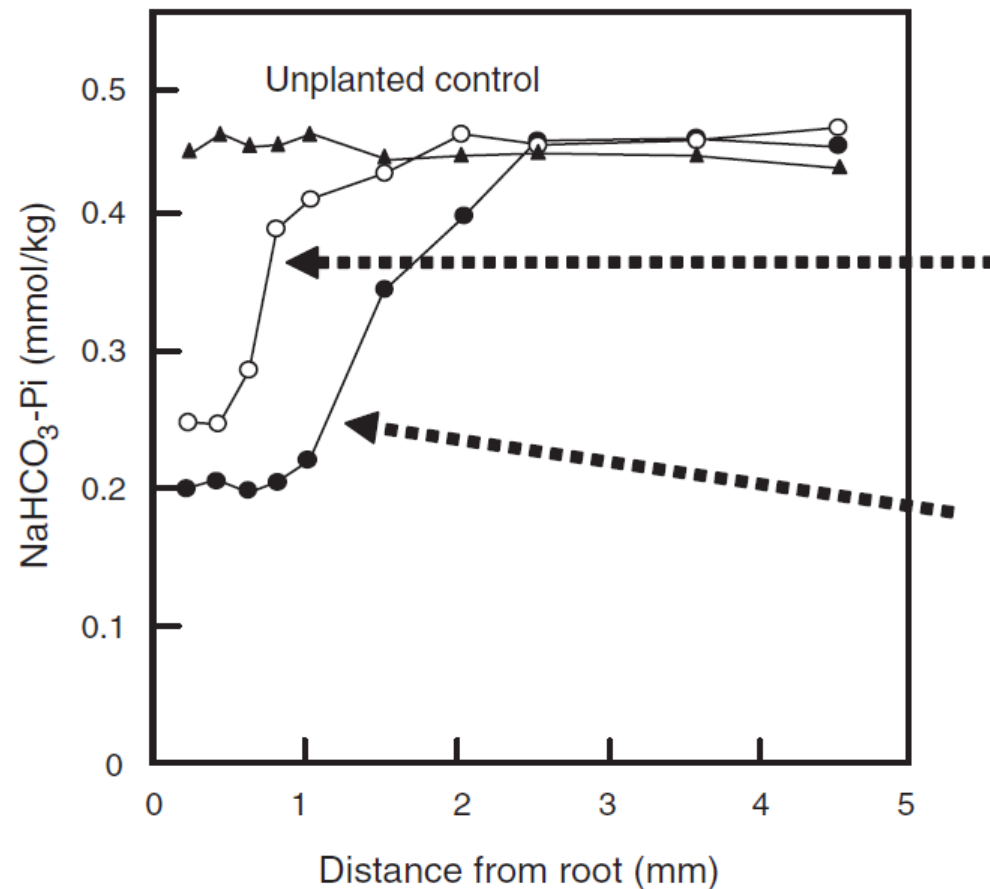
- P in der Bodenlösung (anorganisch und organisch, gelöst oder kolloidal; zusammen <0,1 % des P-Gehaltes). **1,5**
- Organisches P, in Form von **1600**
 - mikrobiellem P (i. d. R. 1–5 % des P-Gehaltes)
 - organischem P in pflanzlichen und mikrobiellen Rückständen (partikulär, sorbiert an Minerale, okkludiert an Oberflächen; i. d. R. 10–40 % des gesamten P-Gehaltes),
- Anorganisches P **← Austauschbar** **800**
 - in Sekundärmineralen bzw. sorbiert an Fe- und Al-Oxide
 - oder als fixiertes P bzw. okkludiertes P in Aggregaten, teilweise in Al- und Fe-Oxiden eingeschlossen.
- Residuales P in Primärmineralen und nicht einfach aufschließbaren Konkretionen. **1600**



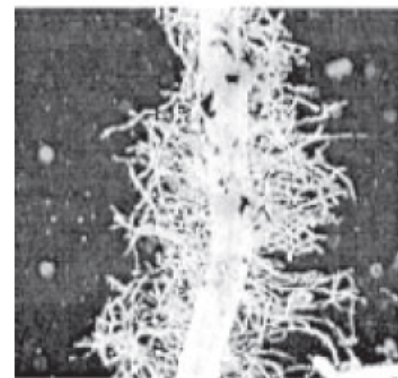
Erstellt von S. Kratz und J. Schick mit BioRender.com

Welche Faktoren wirken auf die P-Aufnahme ?

- Wurzelwachstum und –architektur:
 - Wurzel:Spross Verhältnis, Wurzellänge und –oberfläche, Wurzelverteilung und –verzweigung, Dichte und Länge der Wurzelhaare



cv. Zita
21 hairs/mm
0.6 mm length



cv. Salka
32 hairs/mm
1.1 mm length

Fig. 2. Depletion of NaHCO_3 -extractable inorganic P (mmol P/kg soil) from the rhizosphere of 2 barley cultivars (*Hordeum vulgare* cvv. Zita and Salka) with different root hair morphologies. The cultivars are compared with an unplanted control soil (from Gahoonia and Nielsen 1997).

Welche Faktoren wirken auf die P-Aufnahme ?

- Wurzelwachstum und –architektur:
 - Wurzel:Spross Verhältnis, Wurzellänge und –oberfläche, Wurzelverteilung und –verzweigung, Dichte und Länge der Wurzelhaare
- Wurzelexsudatausscheidung
 - Ansäuerung der Rhizosphäre, Synthese und Ausscheidung von organischen Säuren, Ausscheidung von Phosphatasen

A



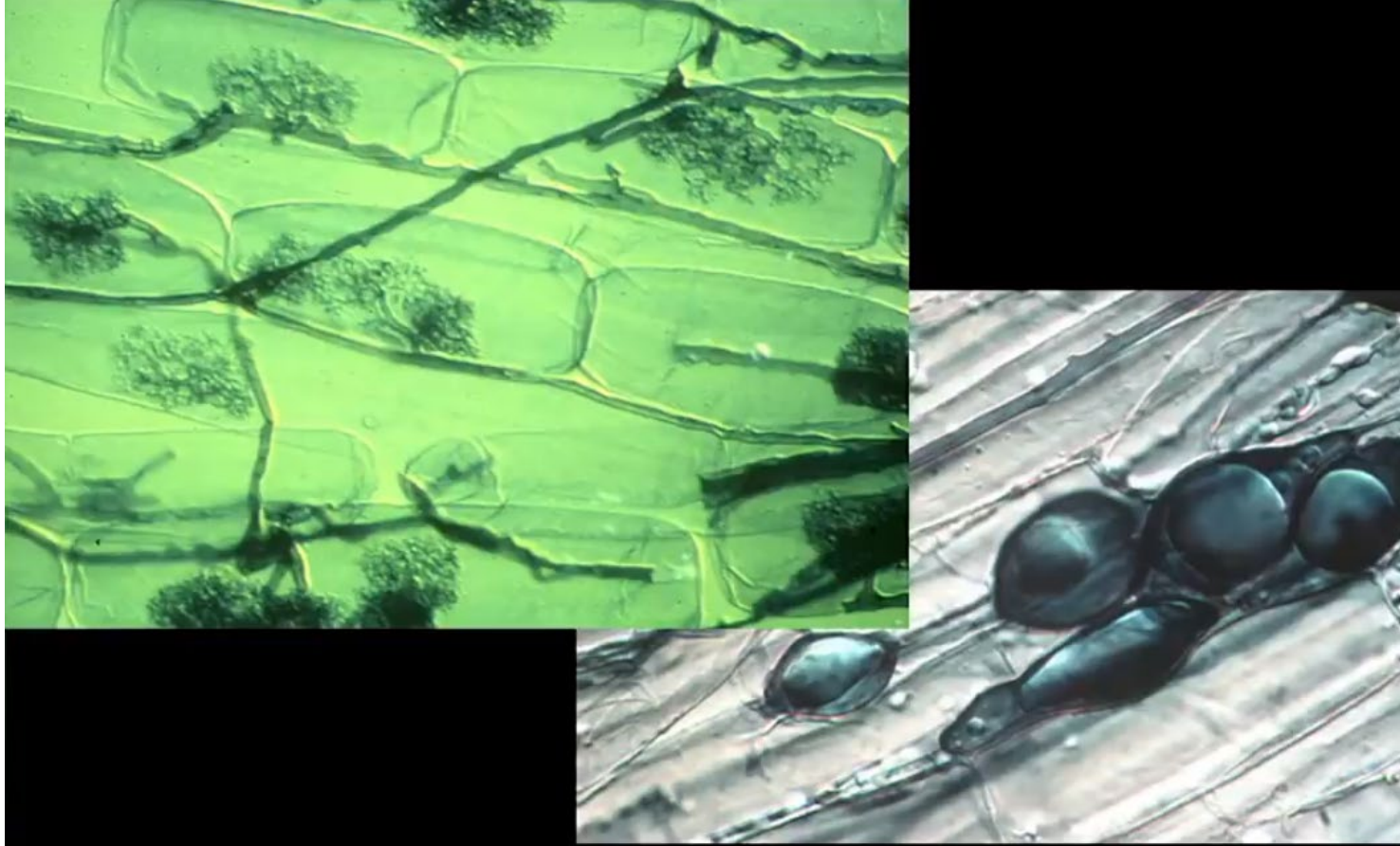
B



Welche Faktoren wirken auf die P-Aufnahme ?

- Wurzelwachstum und –architektur:
 - Wurzel:Spross Verhältnis, Wurzellänge und –oberfläche, Wurzelverteilung und –verzweigung, Dichte und Länge der Wurzelhaare
- Wurzelexsudatausscheidung
 - Ansäuerung der Rhizosphäre, Synthese und Ausscheidung von organischen Säuren, Ausscheidung von Phosphatasen
- Symbiose mit Bodenmikroorganismen
 - Mykorrhiza, P-lösende Mikroorganismen, P-mineralisierende M., Förderung der biologischen Aktivität

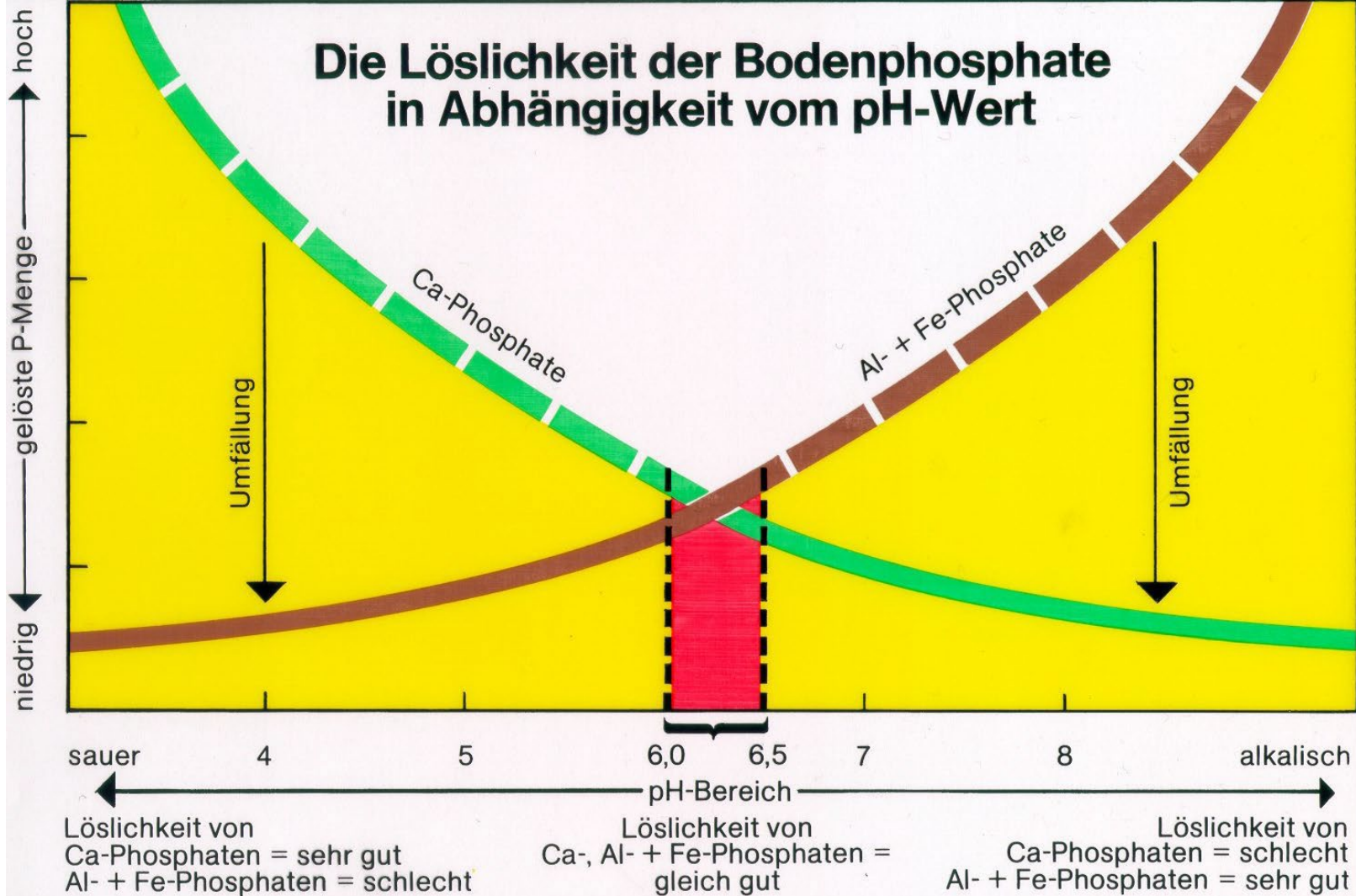
Mykorrhiza mit Hyphen in Pflanzenwurzel – steigert P-Verfügbarkeit



Von Marc-André Selosse - Diversité microbienne & mycorhizes, par Marc-André Selosse, Ver de Terre production, 29 mai 2020, 3 heures video on ligne. Frame at 1 hour, 54 min, 40 s, CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=119146666>

Probleme mit der P-Verfügbarkeit?

- schlechte Bodenstruktur
- eingeschränktes Wurzelwachstum
- niedrige Bodentemperaturen

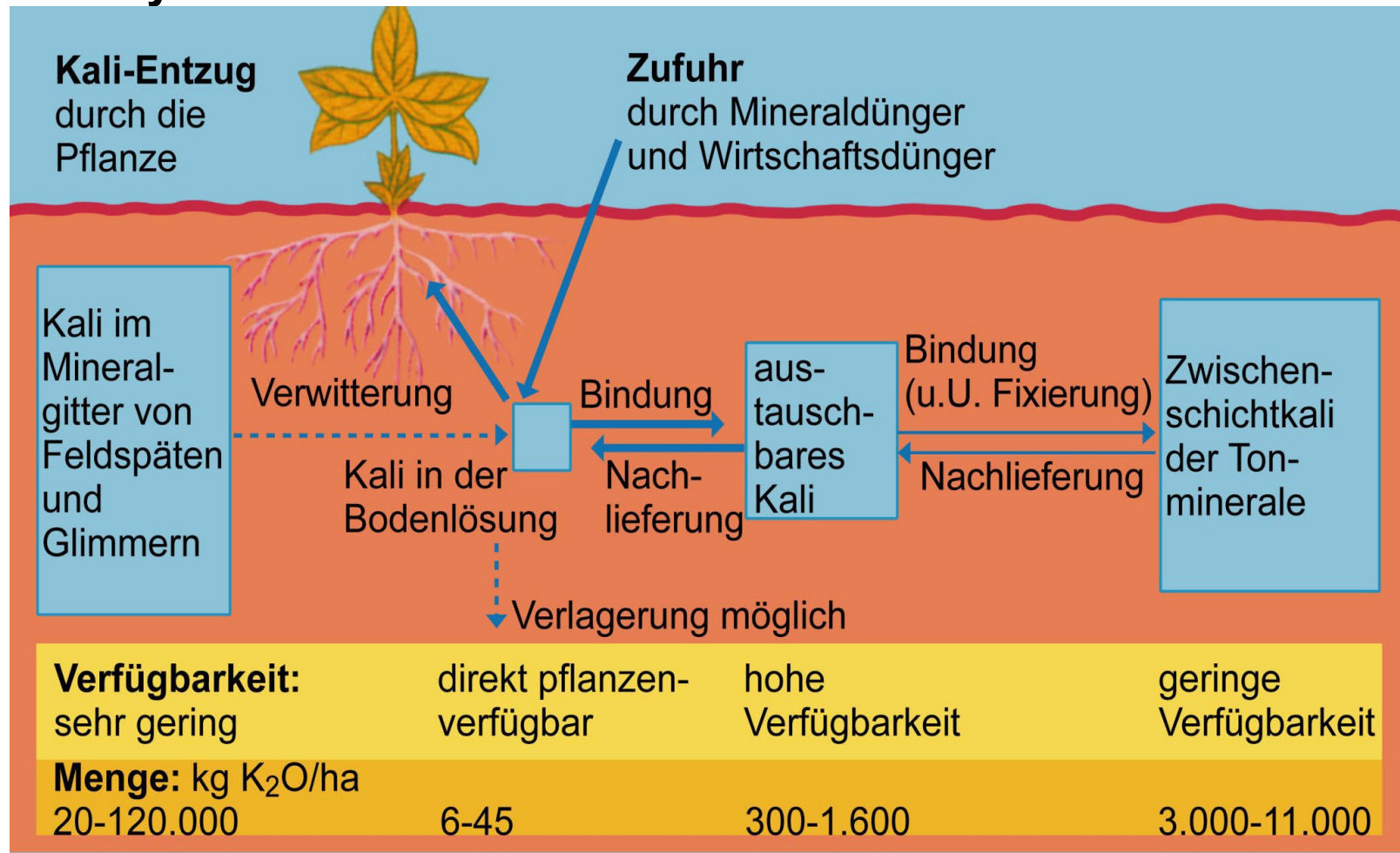


Kalium

Kalium in der Pflanze

- Zweithäufigstes Element in der Pflanze
- Kommt ausschließlich in gelöster Form innerhalb der Pflanze vor
 - Wird nicht in die Zellen eingebaut
- Baut osmotischen Druck auf → Stabilität
- „Salzgehalt“ im Pflanzensaft
 - Bring Frosttoleranz
 - Reguliert die Stomataöffnung → Wasserverbrauch und CO₂-Aufnahme

Kaliumdynamik im Boden



Kaliumdünger

- Kalidüngemittel werden aus Kali-Rohsalzen hergestellt
 - Zusammensetzung $\text{KCl} + \text{NaCl} + \text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ in veränderlichen Anteilen
 - In Deutschland Abbau Untertage in 600 - 1000 m Tiefe
- Rohsalze werden zunächst vermahlen
 - „Magnesia-Kainit grob“
 - 12 % K_2O , vorwiegend als KCl ; 6% MgO
- zur Herstellung höher konzentrierter Dünger müssen Begleitelemente abgetrennt werden
 - Heißlöseverfahren
 - Flotationsverfahren
 - Elektrostatisches (ESTA)-Verfahren

Produkt	K ₂ O-Gehalt [%]	Bindungsform	Sonstige Nährstoffe
40er Kali	40	KCl	6% MgO 3% Na 4% S
60er Kali	60	KCl	
Kali- Rohsalz	11	KCl	5% MgO 20% Na 4% S
Kaliumsulfat	50	K ₂ SO ₄	18% S
Patentkali	30	K ₂ SO ₄	10% MgO 17% S
Kali-Nitrat	45	KNO ₃	13% N

Der Düngbedarf für P und K richtet sich nach...

- ...dem Nährstoffgehalt des Bodens
 - Wird durch vorgeschriebene Bodenuntersuchung ermittelt
- ...der Nährstoffabfuhr der angebauten Fruchtarten
 - Wird durch Tabellenwerte ermittelt
- ...den Standortfaktoren
 - Bodenart
 - Humusgehalt (Gehaltsklasseneinteilung bei Moorböden anders)

Tabelle 11: Gehaltsklassen für Phosphat (P_2O_5) bei Acker- und Grünlandböden (CAL-Methode)

Gehaltsklasse	Phosphatgehalte im Boden			
	Mineralböden und humose Böden ($\leq 15\%$ Humus) mg P_2O_5 /100 g Boden		Anmoor und Moor ($> 15\%$ Humus) mg P_2O_5 /100 ml Boden	
	Ackerland	Grünland	Ackerland	Grünland
A sehr niedrig	< 5	< 5	< 3	< 3
B niedrig	5 - 9	5 - 7	3 - 6	3 - 5
C anzustreben (optimal)	10 - 20	8 - 20	7 - 14	6 - 14
D hoch	21 - 30	21 - 30	15 - 21	15 - 21
E sehr hoch	> 30	> 30	> 21	> 21

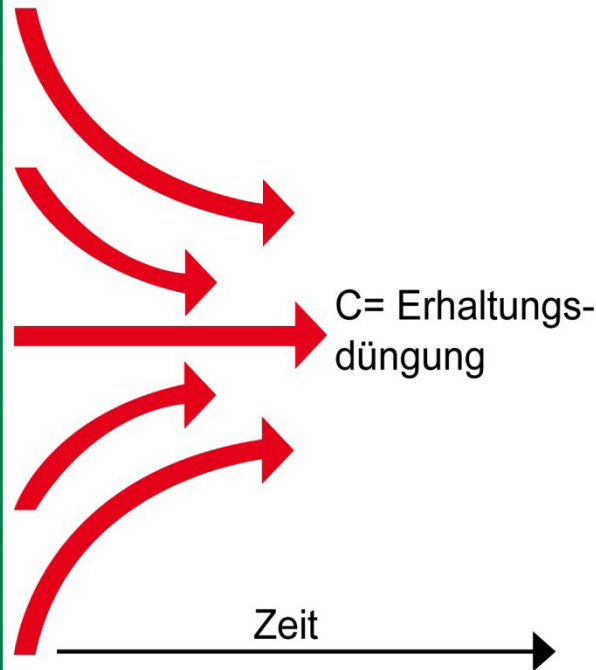
Umrechnungsfaktor: $P = P_2O_5 \times 0,436$

Tabelle 12: Gehaltsklassen für Kali (K_2O) bei Acker- und Grünlandböden

Gehaltsklasse	Kaligehalte im Boden			
	leichte Ackerböden (S, I'S)	mittlere Ackerböden (IS, uL) und Grünland	schwere Ackerböden (tL, T)	Anmoor und Moor bei Ackerböden und Grünland
	$\leq 15\%$ Humus			$> 15\%$ Humus
	mg K_2O /100 g Boden			mg K_2O /100 ml Boden
A sehr niedrig	< 4	< 5	< 7	< 4
B niedrig	4 - 7	5 - 9	7 - 14	4 - 7
C anzustreben (optimal)	8 - 15	10 - 20	15 - 25	8 - 15
D hoch	16 - 25	21 - 30	26 - 35	16 - 25
E sehr hoch	> 25	> 30	> 35	> 25

Umrechnungsfaktor: $K = K_2O \times 0,830$

Gehaltsklassen und Bedeutung

Gehaltsklasse	Düngungsempfehlung	Ziel der Düngung: Gehaltsklasse C
A (niedrig)	stark erhöhte Düngung	 C= Erhaltungsdüngung Zeit
B (mittel)	mäßig erhöhte Düngung	
C (hoch)	Erhaltungsdüngung	
D (sehr hoch)	1/2 Erhaltungsdüngung	
E (besonders hoch)	z. Zt. keine Düngung	

Nährstoffabfuhr aus Tabellenwerten

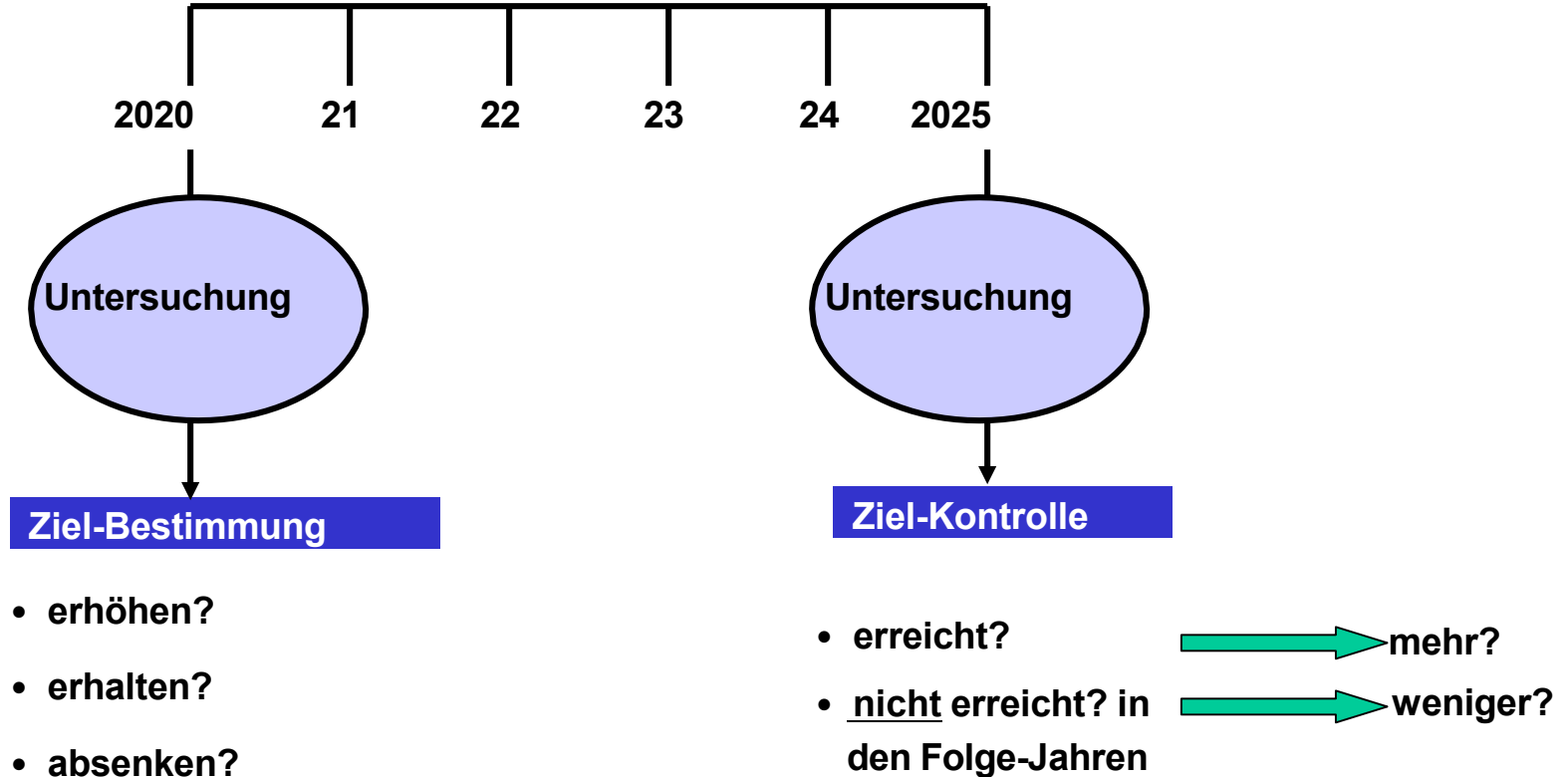
Basisdaten-Tabelle 1a: Nährstoffgehalte von Hauptfrüchten (Stand: Dezember 2021)

Kultur/Nutzung	Ernteprodukt	TM in %	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse				Roh- protein % in TM	Ø Ertrag dt/ha FM	N-Fix kg/dt FM	HNV ¹⁾ 1:x
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO				
Getreide, Körnermais										
Winterweizen C-Sorte	Korn	86	1,81	0,80	0,55	0,20	12	80		0,8
	Stroh	86	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,21	1,04	1,67	0,36				
Winterweizen A/B-Sorte	Korn	86	2,11	0,80	0,55	0,20	14	80		0,8
	Stroh	86	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,51	1,04	1,67	0,36				
Winterweizen E-Sorte	Korn	86	2,41	0,80	0,55	0,20	16	80		0,8
	Stroh	86	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,81	1,04	1,67	0,36				
Winterbrauweizen	Korn	86	1,81	0,75	0,55	0,20	12	80		0,8
	Stroh	86	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,21	0,99	1,67	0,36				
Sommerweizen	Korn	86	2,11	0,75	0,55	0,20	14	70		0,8
	Stroh	86	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh ²⁾		2,51	0,99	1,67	0,36				
Wintergerste	Korn	86	1,65	0,80	0,60	0,20	12	70		0,7
	Stroh	86	0,50	0,30	1,70	0,10				
	Korn + Stroh ²⁾		2,00	1,01	1,79	0,27				
Winterbraugerste (zweizeilig)	Korn	86	1,51	0,80	0,60	0,20	11	70		0,7
	Stroh	86	0,50	0,30	1,70	0,10				
	Korn + Stroh ²⁾		1,86	1,01	1,79	0,27				
Sommerfuttergerste	Korn	86	1,65	0,80	0,60	0,20	12	50		0,8
	Stroh	86	0,50	0,30	1,70	0,10				
	Korn + Stroh ²⁾		2,05	1,04	1,96	0,28				

Tabelle 32: Zu-/Abschlag Bodenuntersuchung für Schema in Tabelle 30

Gehalts- klasse	Acker		Grünland	
	P₂O₅	K₂O	P₂O₅	K₂O
A/B	60	75	30	30
C	0			
D	- halber Nährstoffbedarf			
E	- Nährstoffbedarf			

Welche Aufgabe hat die P/K-Bodenuntersuchung?



P2O5 / K2O- Düngungs-Zeitpunkte

- Stoppel-Düngung
- zur Herbst- oder Winterfurche
- zu Vegetations-Beginn im Frühjahr
 - v.a. bei schlecht versorgten Böden
- vor der Saat der Sommerungen

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit