

Rochuspark I Erdbergstraße 10/33 I 1030 Wien T (+43 1) 236 10 30 33 I M (+43 0) 676 364 10 30 E office@bodenoekologie.com I www.bodenoekologie.com

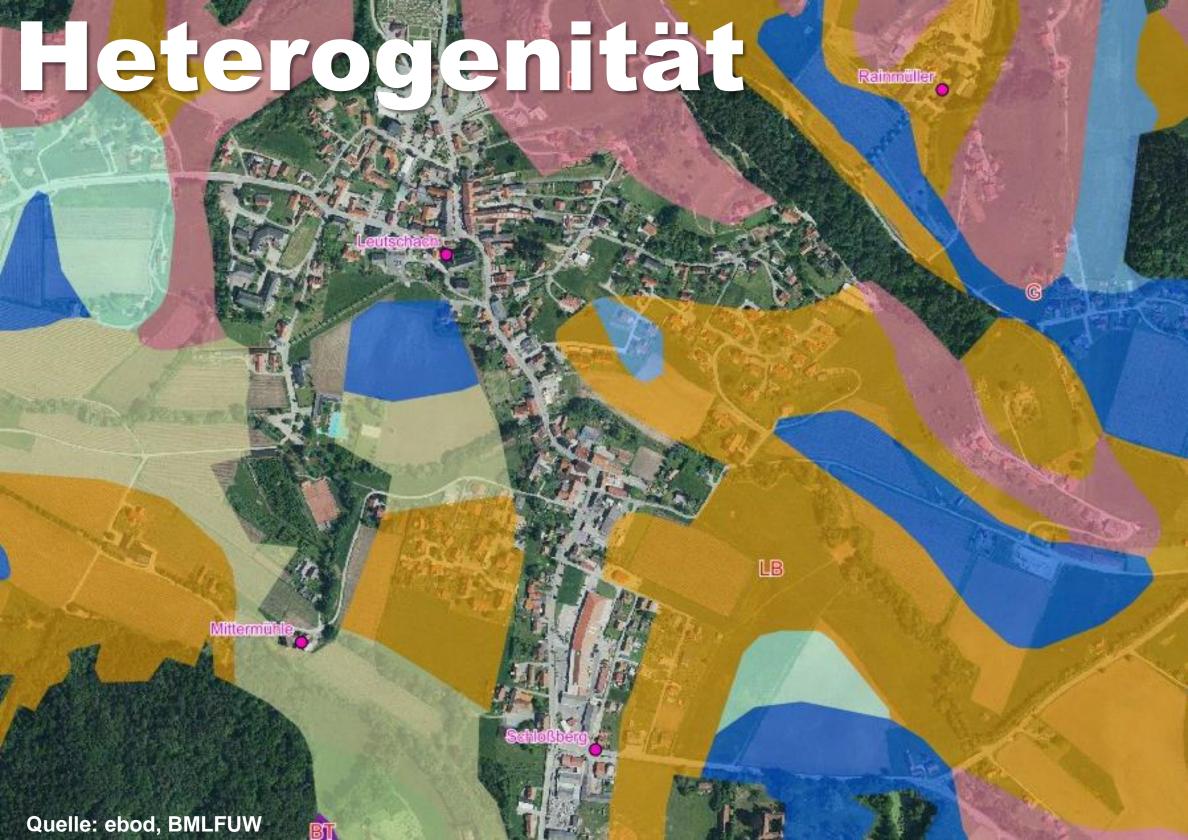
Präsentation

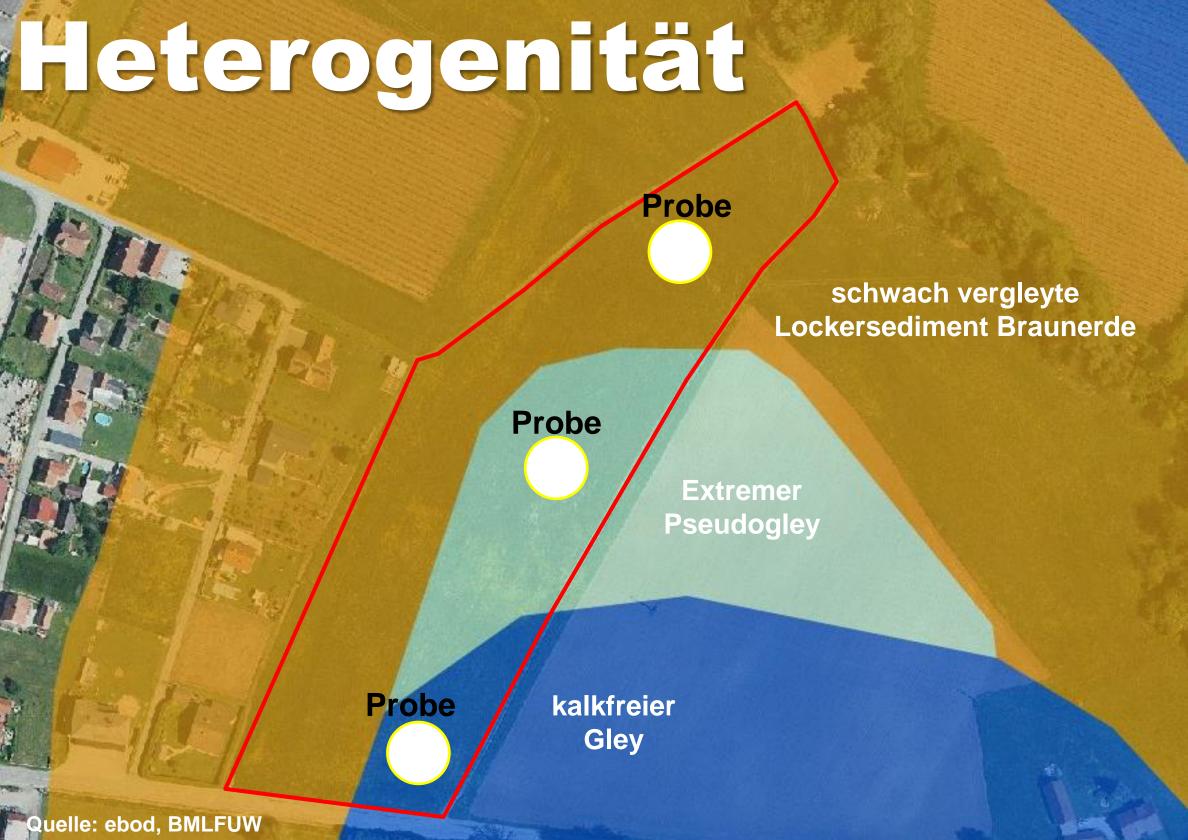
Bodenfruchtbarkeit Nährstoffdynamik/Analytik

Univ. Lek. DI Hans Unterfrauner

Silberberg, 15. Jänner 2018

www.bodenoekologie.com





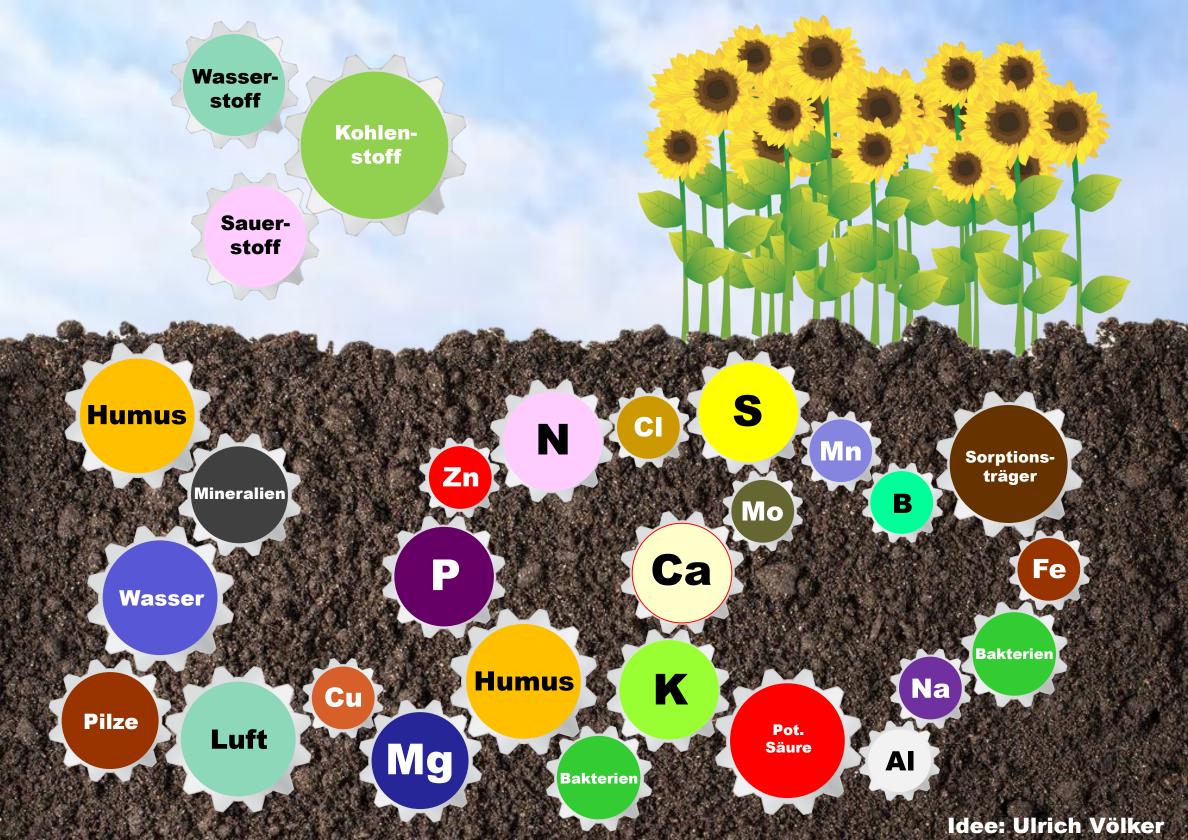














Bodenfruchtbarkeit

Definitionen

Uni Münster: Hypersoil.Uni-muenster.de

Gisi definiert Bodenfruchtbarkeit als " ... die <u>Fähigkeit eines</u> <u>Bodens, Frucht zu tragen, d.h. den Pflanzen als Standort zu dienen und nachhaltig regelmäßige Pflanzenerträge von hoher Qualität zu erzeugen</u>". Synonym dazu werden die Begriffe Ertragsfähigkeit oder Produktivität des Bodens (Schröder) verwendet.

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

Pflanzen anspruch

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

Boden eigenschaften

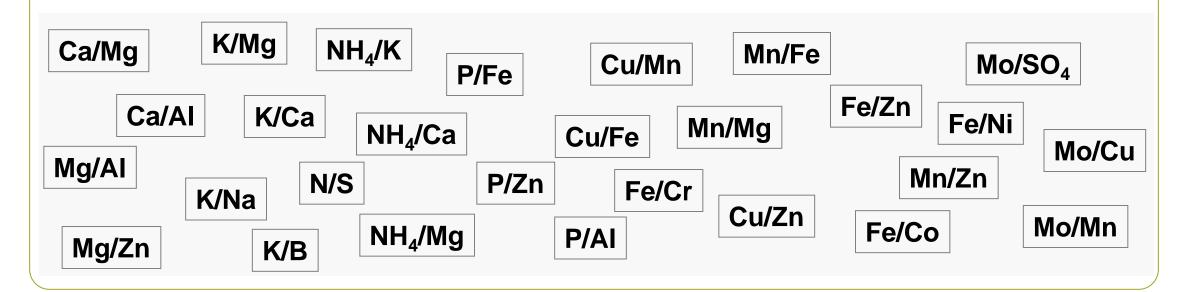
- Gründigkeit
- Wasserhaushalt
- Lufthaushalt
- Energiehaushalt
- Nährstoffhaushalt
- Pufferkapazität
- Dynamik



Stoff-Verhältnisse

Auf die Verhältnisse kommt es an!

Es gibt keinen MANGEL ohne gleichzeitigen ÜBERSCHUSS!





Nährelement: Element ohne dem Pflanzenwachstum unmöglich ist

Nährstoff: Für Wurzeln aufnehmbare Form der Nährelemente

Grundnährelemente: C, H, O

Makronährelemente: (Ca) M

Ca, Mg, S, N, P, K



Calcium (Ca) - Mangel

Abgeknickte Blütenstängel

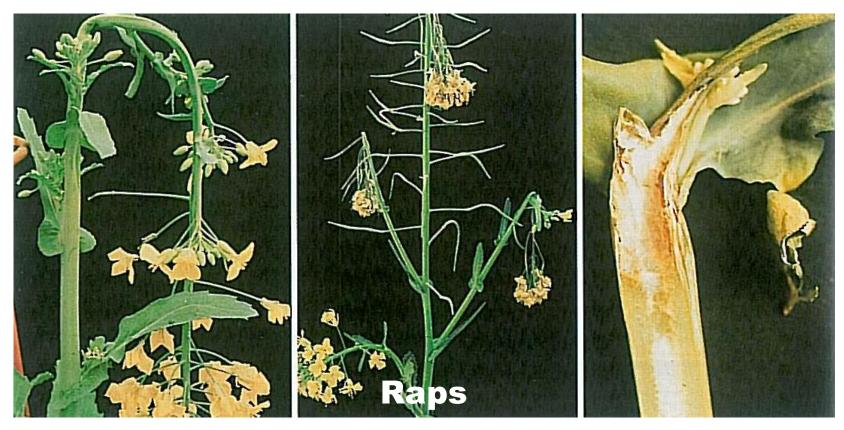


Abb. 202 bis 204: Bergmann, Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen



Calcium (Ca) - Mangel

Glasigkeit



Stippigkeit



Abb.: Bergmann, Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen



Nährelement: Element ohne dem Pflanzenwachstum unmöglich ist

Nährstoff: Für Wurzeln aufnehmbare Form der Nährelemente

Grundnährelemente: C, H, O

Makronährelemente: (Ca)(Mg) S, N, P, K



Magnesium (Mg) - Mangel

Tigerung, Marmorierung



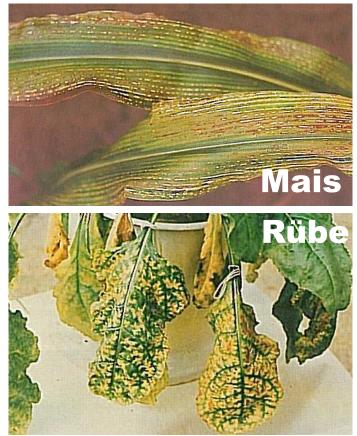


Abb. 238, 245, 256: Bergmann, Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen



Magnesium (Mg) - Mangel

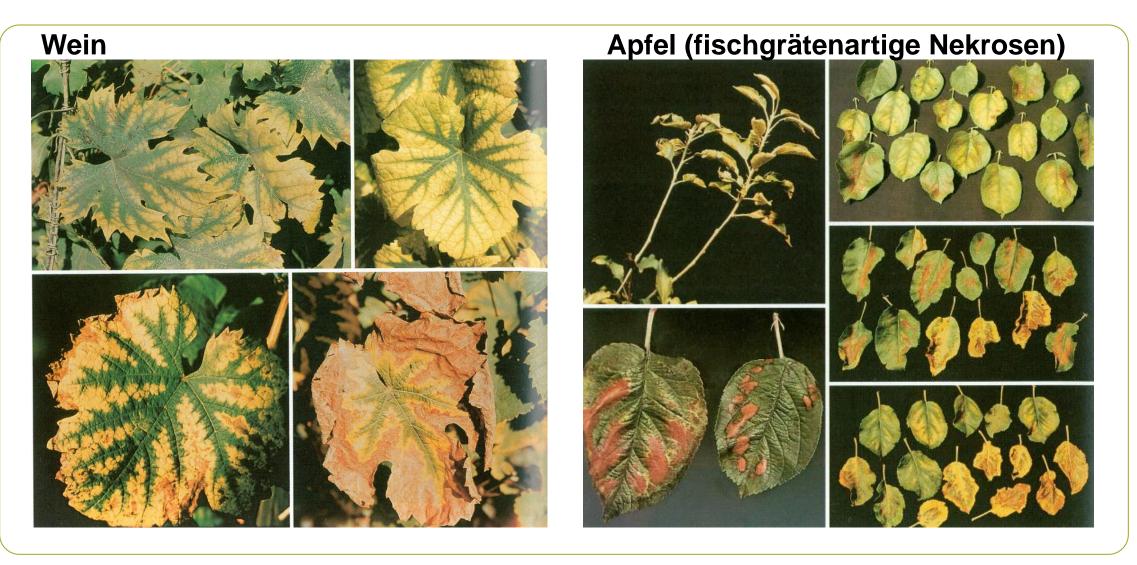


Abb.: Bergmann, Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen



Nährelement: Element ohne dem Pflanzenwachstum unmöglich ist

Nährstoff: Für Wurzeln aufnehmbare Form der Nährelemente

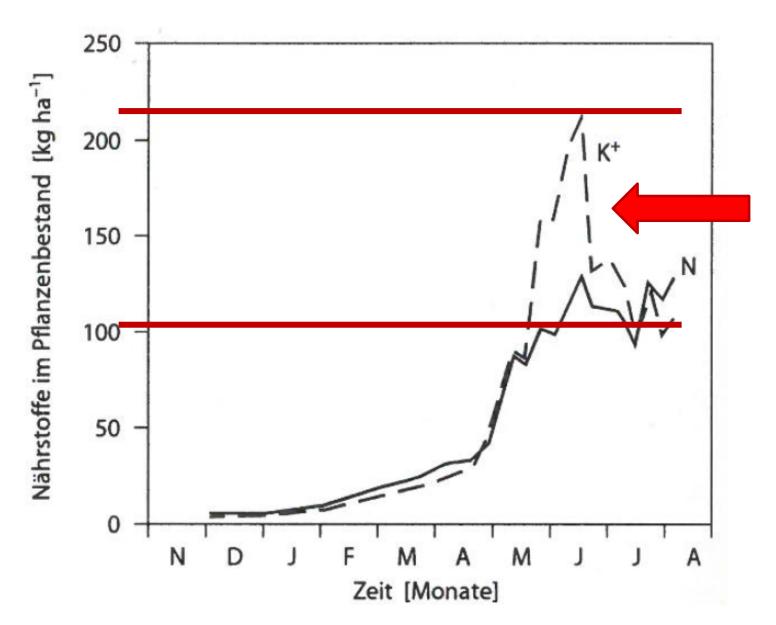
Grundnährelemente: C, H, O

Makronährelemente: (Ca, Mg) S, N, P, K



Nährstoffe von Winter Weizen 8t/ha

(Gesamtpflanze, inkl. Wurzel)



Quelle: David L. Rowell, Bodenkunde, 1994



K/Mg Gehalte von Blättern gesunder und mit Stiellähme befallener Reben

Symptome an	% i. d	Verhältnis		
Fruchtstiel und Blatt	Mg	K	K/Mg	
1. gesund	0,18	1,12	6,2	
krank	0,07	1,61	23,0	
gesund	0,21	1,21	5,8	
krank	0,12	1,84	15,3	
gesund	0,12	1,58	13,1	
krank	0,05	1,68	33,2	

Quelle: Bergmann, 1992



Kalium (K) - Mangel

"Blattrandverbrennungen" beim Apfelbaum



Abb.: Bergmann, Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen



Nährelement: Element ohne dem Pflanzenwachstum unmöglich ist

Nährstoff: Für Wurzeln aufnehmbare Form der Nährelemente

Grundnährelemente: C, H, O

Makronährelemente: Ca, Mg S, N, P, K

Mikronährelemente: CI, Fe, Mn, Zn B, Cu, Mo, Ni



Bor (B) - Mangel

Herz-Trockenfäule, Verrieselung, abgestorbener Vegetationspunkt



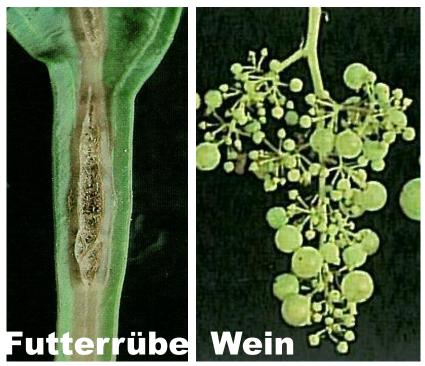




Abb. 394, 348, 413, 442: Bergmann, Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen

Achtung Weinrebe/Apfel Borempfindlich, Bewässerungswasser < 0,3 mg/l B



Nährelement: Element ohne dem Pflanzenwachstum unmöglich ist

Nährstoff: Für Wurzeln aufnehmbare Form der Nährelemente

Grundnährelemente: C, H, O

Makronährelemente: Ca, Mg, S, N, P, K

Mikronährelemente: CI, Fe, Mn, Zn B, Cu, Mo Ni





Nährelement: Element ohne dem Pflanzenwachstum unmöglich ist

Nährstoff: Für Wurzeln aufnehmbare Form der Nährelemente

Grundnährelemente: C, H, O

Makronährelemente: Ca, Mg S, N, P K

Mikronährelemente: CI, Fe, Mn, Zn B, Cu, Mo Ni

Nützlichen Elemente: Si, Na, Co, V, andere



Mineralstoffgehalte in Weinreben/Apfel

Ausreichende Mineralstoffgehalte Weinrebe (Blätter gegenüber Gescheinen zur Blüte)

N %	P %	K %	Ca %	Mg %	B ppm	Mo ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm
2,3 - 2,8	0,25 - 0,45	1,2 - 1,6	1,5 - 2,5	0,25 - 0,6	30 - 60	0,15 - 0,5	6 - 12	30 - 100	20 - 70
	K/Mg 3	,5 bis 7	N/K 1,9	bis 2,4	P/Zn 15	50 bis 190			

Ausreichende Mineralstoffgehalte Apfel (mittlere Blätter einjähr. Triebe Juli/August)

N %	P %	K %	Ca %	Mg %	B ppm	Mo ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm
2,2 – 2,8	0,18 - 0,3	1,1 – 1,5	1,3 – 2,2	0,2 - 0,35	25 - 50	0,1-0,3	5 - 12	35 - 100	15 - 50

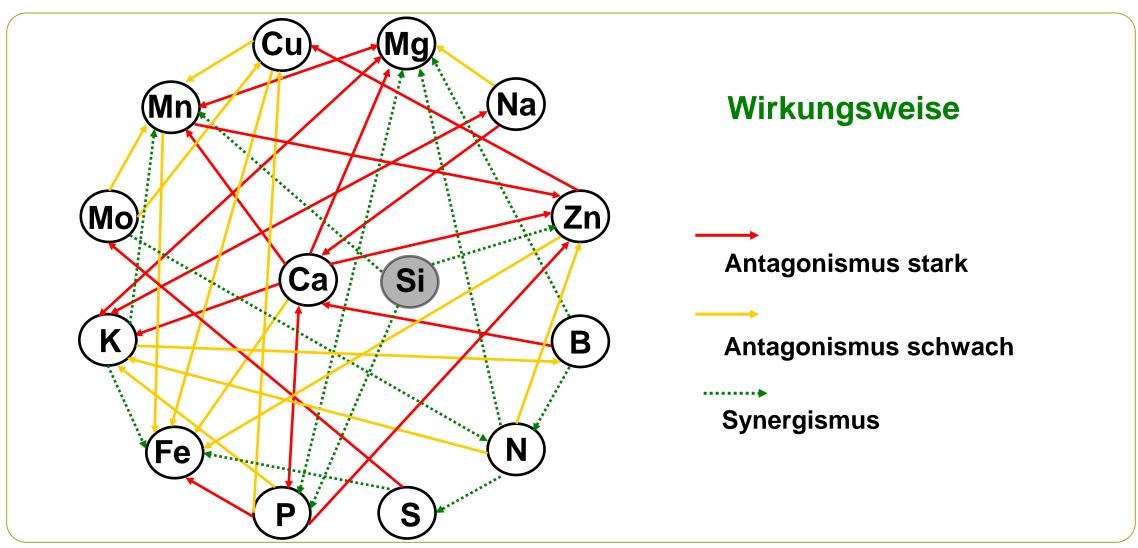
Ausreichende Mineralstoffgehalte **Apfel** (Frucht bei 14%TS)

N %	P %	K %	Ca %	Mg %	B ppm
0,3 - 0,5	mind. 0,09	0,93 – 1,2	> 0,03	< 0,035	10 - 20

Quelle: Bergmann, Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen



Wechselwirkung zwischen Nährstoffen



Quelle: SGD Weinbau, 2003 mod. Unterfrauner 2015

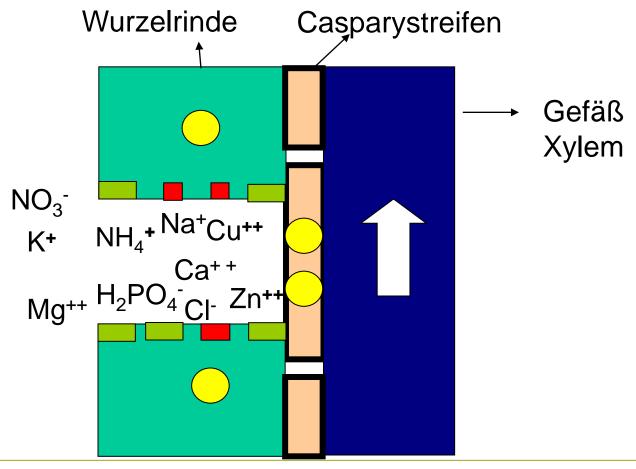


Übertritt der Nährstoffe in die Wurzel

Über die Wurzel werden nur im Wasser gelöste Nährstoffe aufgenommen

Situation Wurzelhaare Wurzelrinde Casparystreifen

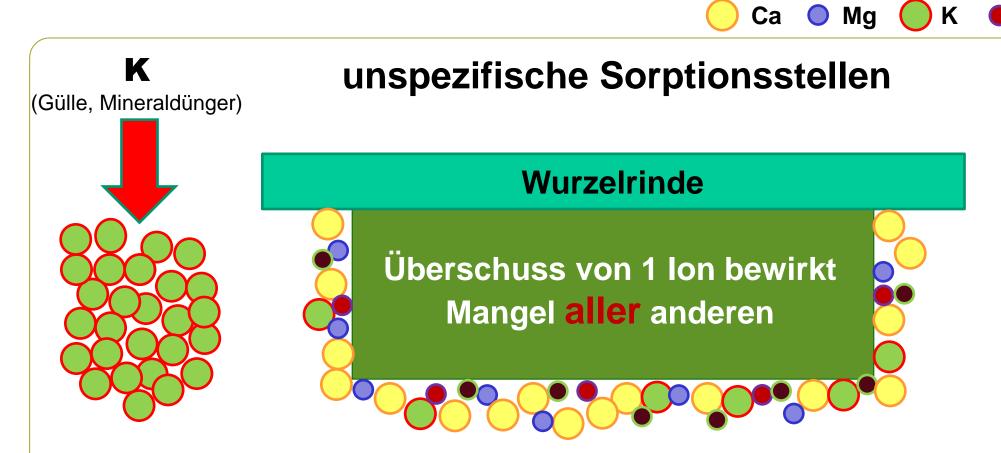
- Kompetitive Sorptionsstellen
- unspezifische
 Sorptionsstellen
- Träger





andere

Konkurrenz von Ionenpaaren

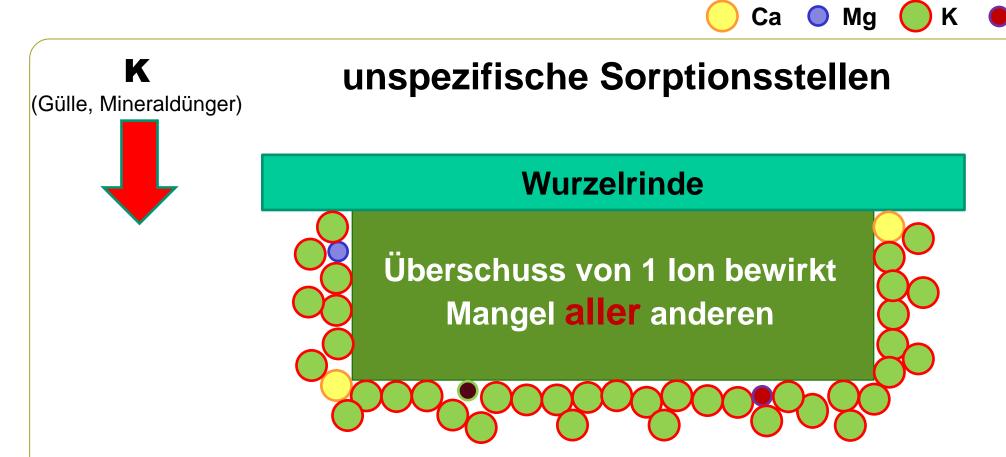


K+ - Ca++ - Mg++ - Na+ - NH₄+ - Mn++ - Cu++ - Zn++ - Fe++ - Al+++ -



andere

Konkurrenz von Ionenpaaren





Sichtbare "Auswirkungen"

Ca:K Blütenendfäule, Stippe



Mg:K Weidetetanie





Konkurrenz von Ionenpaaren

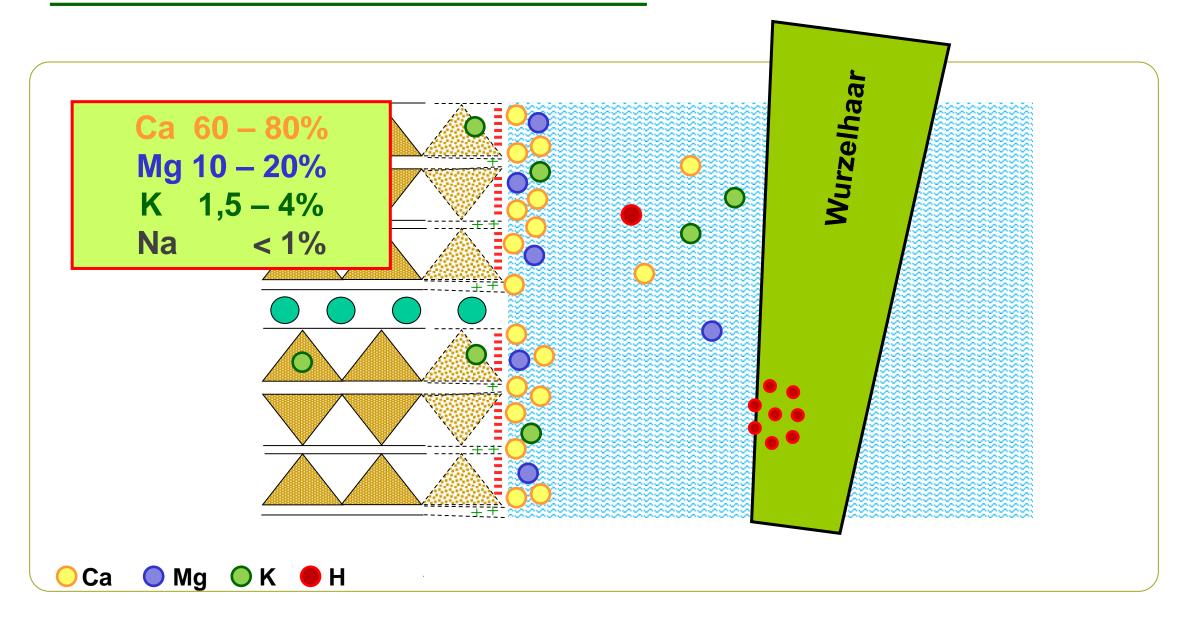


unspezifische Sorptionsstellen





Austauscherreaktion





Belegung des Sorptionskoplexes

Optimale Bereiche

Ca 60 – 80% Mg 10 – 20% K 1,5 – 4% Na < 1%

Husz, Fraktionierte Analyse

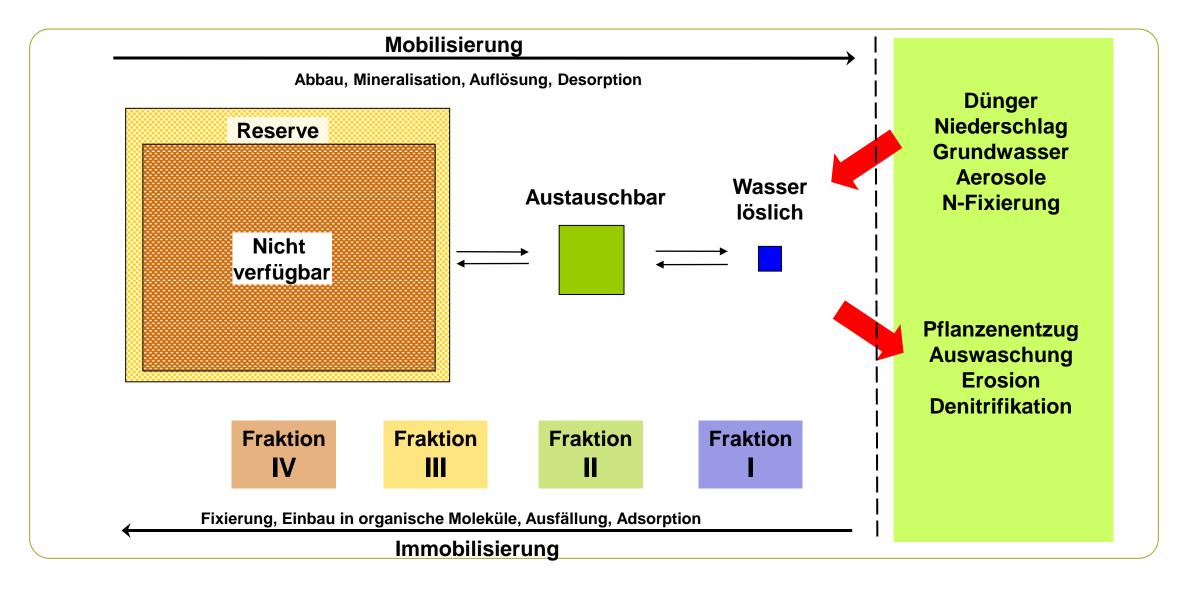
Tabelle 16: Optimalbereiche der austauschbaren Kationen.

Calcium	Magnesium	Kalium	Natrium
80 - 90 %	8 - 12 %	3 - 4 %	<1 %

SGD Weinbau (2014), Seite 51



Dynamik im Boden





Bodenbeprobung/Analyse Natur – Labor – Maßnahme



BODENUNTERSUCHUNG

Abt. Agrar- und Bodenkur

uftraggeber: TB Unterfrauner GmbH
dresse: Erdbergstraße 10/33
1030 Wien
AR5179

Labor Nr.: agr15-1275.1 Bezeichnung: 5172 Boden Kulturart: S Gerste

Gerste Scm Ertrag: 6.00

PARAMETER	SYMBOL	EINHEIT	WERT	PARAMETER		II II	III	IV
	KH	EINHEIT			H ₂ O	Ausb	Nachl	Gesamt
Bindig.Schwere		- 0.	91,8	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Leitfähigkeit	eL	mS/cm	0,316	Ca	30,15	2576	1958	
Kalkgehalt	CaCO ₃	%		Mg	6,85	418,20	689,95	
Wassergehalt	WGF	%	18,13	K	4,41	90,11	313,18	
Reaktion (w)	pH-H ₂ O	-	6,78	Na	4,02	22,03	100,85	
Reaktion (n)	pH-CaCl ₂	-		NH ₄ -N	0,25	1,89		
Reaktion (a)	pH-KCI	-	5,61	H	0,04	0,97		
Austauschkap. (T)	CECp	mmolc/100g	25,23	Al	9,88	<0,2323	2687	
Basensättigung	BS	% CECp	65,95	Ba	0,06	2,32	47,22	
aktiver T-Ant.	Ta/Tp		0,66	PO ₄	3,92	<0,0001	1138	
Ca- Anteil an T	Ca%	% CECp	50,96	P	1,28		371,20	
Mg- Anteil an T	Mg%	% CECp	13,63	NO ₃ -N	17,85			
K- Anteil an T	K%	% CECp	0,91	SO4	8,60			
Na- Anteil an T	Na%	% CECp	0,38	CI	2,52			
NH ₄ -N- Anteil an T	NH ₄ -N%	% CECp	0.05	HCO ₃	< 0.01			
H+- Anteil an T	H ⁺	% CECp	0.39	SiO ₃	309.17	< 0.01	4757	
Al- Anteil an T	AI%	% CECp	< 0.01	BO ₃	0.47	< 0.63	< 5.44	
Ba- Anteil an T	Ba%	% CECp	0.01		-,	-,	-,	
Pot Säureanteil	Sp%	% CECp	34,09	Aq	< 0.0064	<0.0516	<2.00	
Abb.org.Substanz	AOS	%	3.26	Fe	29.70	< 0.6194	6540	
Org. Kohlenstoff	Com	%	1.90	Mn	0.08	<0.0001	312.72	
Ges. Stickstoff	N _t	mg/kg	2070	Cu	0.04	<0.0529	11.25	
Org. Stickstoff	Nora	ma/ka	2050	Zn	0.06	<0.0645	23.71	
Min. Stickstoff	N _{min}	mg/kg	20.2	Co	0.0075	<0.0219	4.93	
H ₂ O-lösl.Stickstoff	Nı	mg/kg	18.1	Mo	<0.0037	<0.0516	<0.0700	
Ges. Schwefel	St	mg/kg	320.0	B	0.09	<0.1161	<1.00	
Ges. Phosphor	P _t	mg/kg	805.0	Sn	<0.0064	<0.0903	<0.70	
Org. Phosphor	Porg	mg/kg	246,0	Se	< 0.0551	<1.5485	<3.60	
Min. Phosphor	P _{min}	mg/kg	559.0	As	<0.0330	<1,0323	1.52	
C/P-Verhältnis	C/P	m/m	77.1	Ni Ni	0.03	<0.0465	7.20	
C/S-Verhältnis	C/S	m/m	59.3	Cr	0.03	0.08	4.18	
C/S-vernaitnis C/N-Verhältnis	C/S C/N	m/m m/m	9.2	Pb	0.02	<0,1290	16.36	
Rel.H ₂ O-Kapaz.	RWK	%Gew.	5,2	Cd	< 0.0006	0.02	0.16	
Feuchtdichte	FDICHTE				<0,0006	0,02	0,16	
Trockendichte		g/l		Hg Ti	< 0.0551	-4 2004	<4.00	
	TDICHTE	g/l	0.92	V		<1,2904		
Extrverh. I	EXI	I/kg		V	0,05	<0,0116	12,37	
Extrverh. II		I/kg	12,90					
Färbung/Trübung	FT		23					
							l	



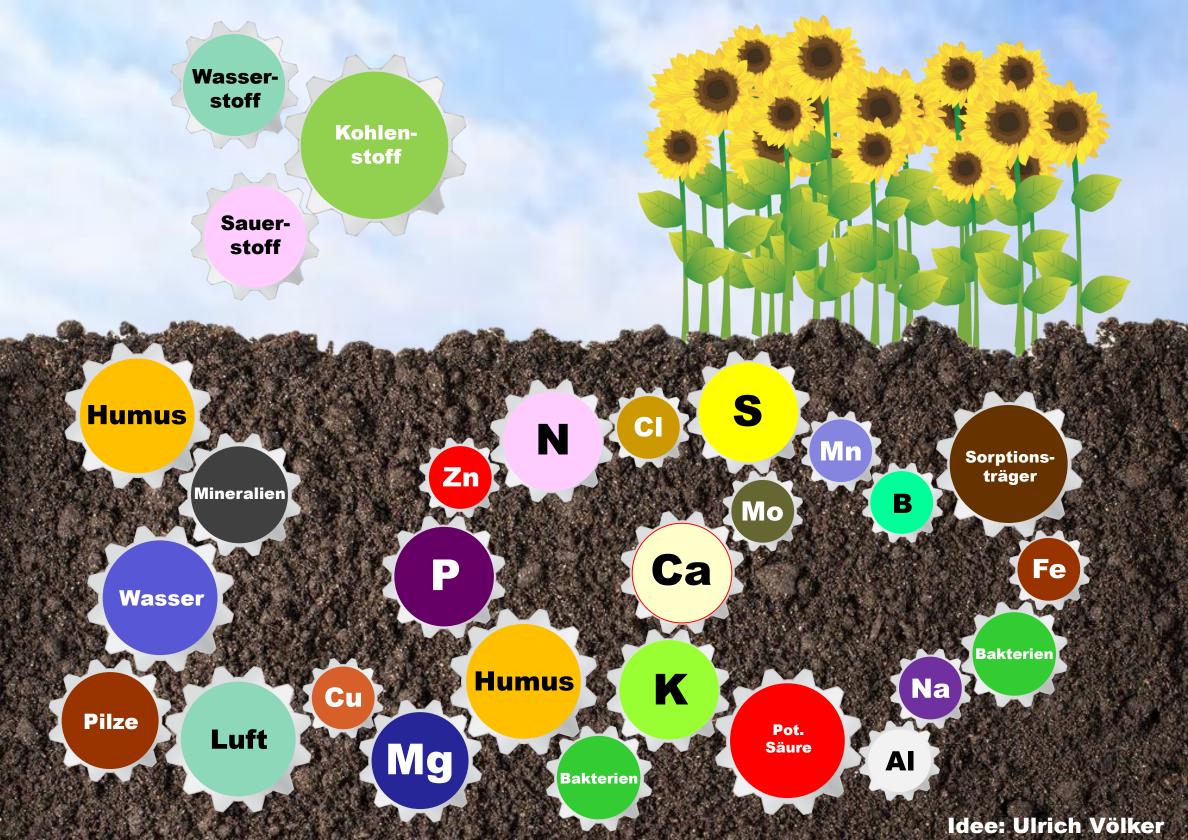




Gründe für eine Bodenuntersuchung

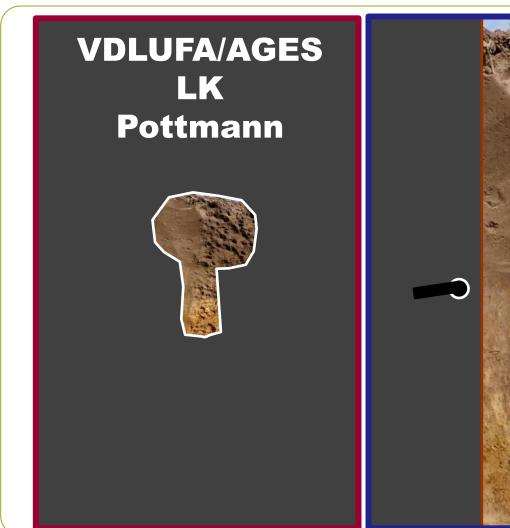


- o Steigerung des Ertragsniveaus
- o Steigerung der Produktqualität
- o Anbau neuer Kulturen
- o Geld sparen
- o Einhalten von Vorschriften
- o Feststellen von Belastungen
- o Bodengesundheit
- o Bodenfruchtbarkeit
- o Bodenmüdigkeit
- o Ökologische Funktionalität
- o Festhalten des aktuellen Zustandes
- O





Analysenkonzepte mit +- Einblick









VDLUFA – AGES Methode: CAL Extrakt

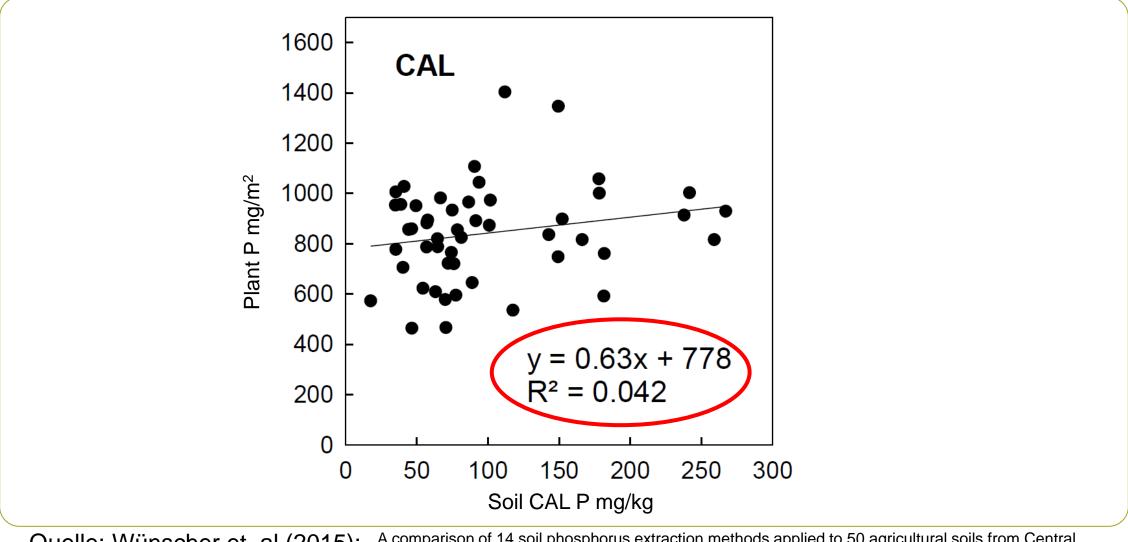
CAL Calcium Acetat Laktat

(Schüller 1969)

Zur Analyse des "pflanzenverfügbaren" Phosphor und "pflanzenverfügbaren" Kalium ...



Beziehung P aus CAL zu P in Pflanzen



Quelle: Wünscher et. al (2015): A comparison of 14 soil phosphorus extraction methods applied to 50 agricultural soils from Central Europe, Plant Soil Environment Vol 61 No 2, pp 86 – 96.



Zitat aus der ÖNORM L 1087 CAL (2012)

Begriffe

"...die Ergebnisse bedürfen zu ihrer Interpretation der

Kalibration am Feldversuch unter Berücksichtigung der

Besonderheiten von Standort und Pflanze"



Gehaltsklasse Phosphor (P) Österreich

Alle Werte in mg P/kg

	Acker, Wein, Obst	Grünland	Bemerkung
A	< 25	< 26	sehr niedrig
В	26 – 46	26 – 46	niedrig
С	47 – 111	47 – 68	ausreichend
D	112 – 174	69 – 174	hoch
E	> 174	> 174	sehr hoch

Quelle: Sachgerechte Düngung 6. Auflage, 2006, BMLFUW



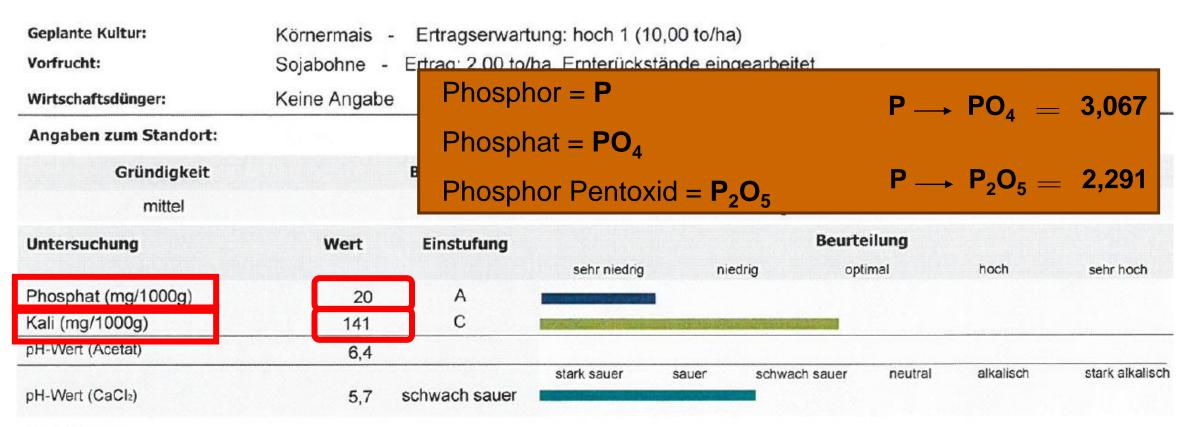
"AGES" Methode Prüfbericht

Prüfergebnisse

Parameter	Tiefe (cm)	Ergebnis	Einheit	Bewertung	N	U
pH-Wert: CaCl2	0 - 25	5,7		schwach sauer		1
pH-Wert: Ca-Acetat	0 - 25	6,42		für Ermittlung Kalkbedarf		2
Phosphor (P): CAL	0 - 25	20	mg/kg	A - sehr niedrig		3
Kalium (K): CAL	0 - 25	141	mg/kg	C - ausreichend		3



"AGES" Methode Empfehlung



Anmerkungen

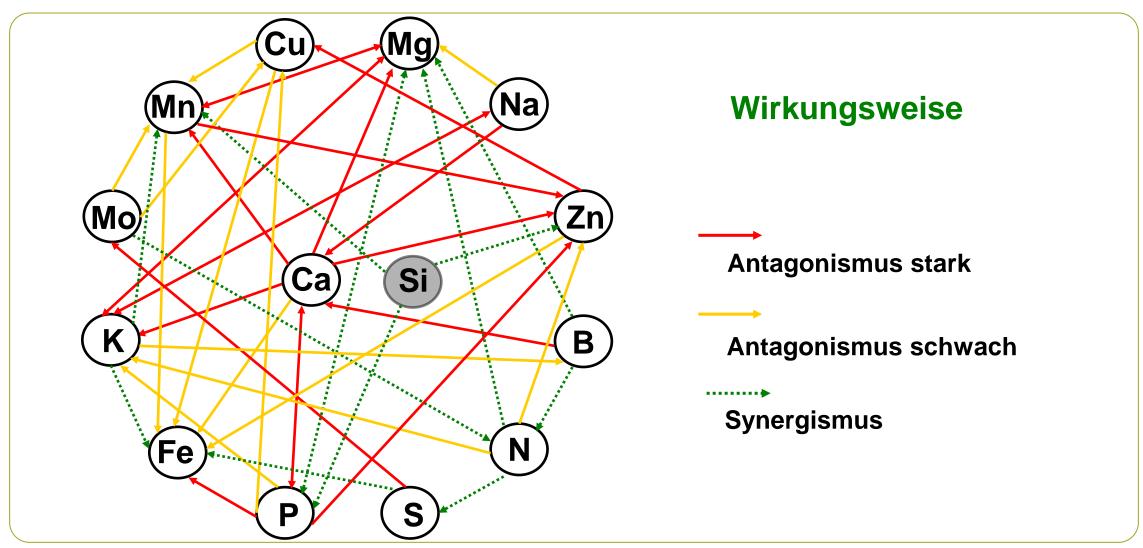
Keine

Nährstoffempfehlung in kg/ha (für die angegebene Kultur):

	Gesamt-	Nährstoffe durch	Näh	rstoffe durch Wirtschafts	sdünger	Ergänzungs-	Über-
Nährstoffe kg/ha	Nährstoffbedarf	Vorfrucht	ab Lager kg/ha	feldfallend kg/ha	jahreswirksam kg/ha	bedarf	schuss
Stickstoff N	156	0,00		keine Angabe		156	
Phosphor P2O5	128	10,00				118	
Kalium K2O	230	40,00				190	1
Kalk CaO	872	0,00				872	



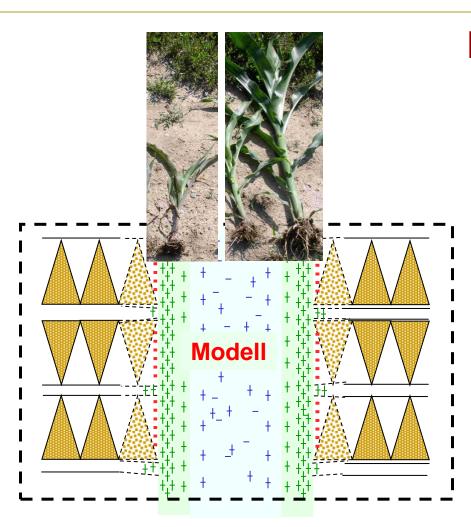
Wechselwirkung zwischen Nährstoffen



Quelle: SGD Weinbau, 2003 mod. Unterfrauner 2015



Fraktionierte Analyse: eine genormte Methode! ÖNORM S 2122



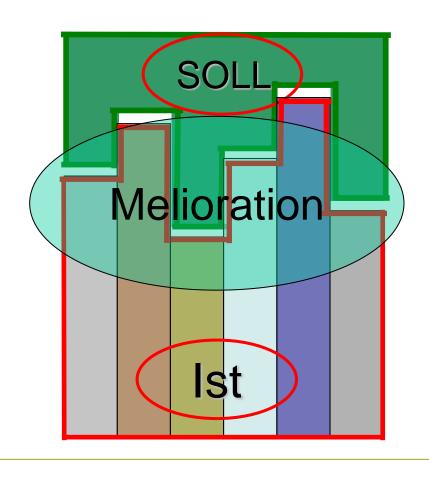
Kausalitätsprinzip

- √ Beziehung Ursache-Wirkung
- ✓ Boden als Modell (keine Blackbox)
 - keine Steigerungsversuche nötig
 - **⇒** standortsindividuelle Maßnahmen ableitbar
 - **⇒** Ergebnisse übertragbar





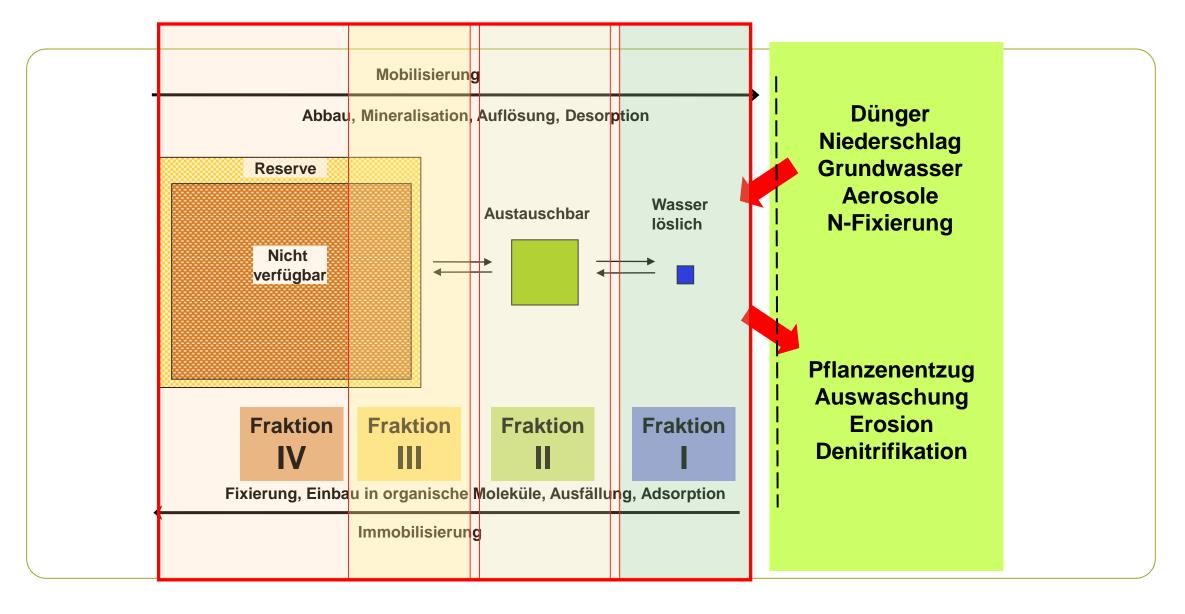
Stecker - Dose - Prinzip



- Erfassen des Wirkungsgefüges
 IST Zustand
- 2) Melioration
- 3) Erreichen des SOLL Zustandes
- 4) Kontrolle (Pflanzenbau, Wissenschaftlich)



Bodenfraktionen und Dynamik



Analysenblatt (BM 024)



							FII		FIV	
	PARAMETER	SYMBOL	EINHEIT	WERT	PARAMETER	I H₂O	II Ausb	III Nachl	IV Gesamt	
	Bindig.Schwere	KH	-	82,1	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	1
	Leitfähigkeit	eL	mS/cm	0,325	Ca	28,01	2428	2198	mgmg	ı
	Kalkgehalt	CaCO ₃	%	,	Mg	4,01	206,00	1161		ı
Basis-	Wassergehalt	WGF	%	20,38	K	10,67	120,90	642,73		ı
parameter	Reaktion (w)	pH-H ₂ O	-	6,62	Na	11,75	29,74	36,13		ı
P	Reaktion (n)	pH-CaCl ₂	-	,	NH ₄ -N	0,15	1,02			ı
	Reaktion (a)	pH-KCI	-	5.52	H	0,06	4,49			ľ
	Austauschkap. (1)	CECp	mmoic/100g	23,22	Al	4,00	<0,0001	4078		ı
	Basensättigung	BS ^r	% CECp	61,41	Ba	0,04	2,17	55,82		1
	aktiver T-Ant.	Ta/Tp		0,63	PO_4	10,93	355,39	2271		1
	Ca- Anteil an T	Ca%	% CECp	52,18	_ ·	3,56	115,91	740,65		1
	Mg- Anteil an T	Mg%	% CECp	7,30	NO ₃ -N	17,41				ı
Sorptions-	K- Anteil an T	K%	% CECp	1,33	SO ₄	15,61				ı
•	Na- Anteil an T	Na%	% CECp	0,56	CI	5,02				ı
eigenschaften	NH₄-N- Anteil an T	NH₄-N%	% CECp	0,03	HCO ₃	<0,01				ı
	H ⁺ - Anteil an T	H ⁺	% CECp	1,93	SiO ₃	55,16	57,42	5994		ı
	Al- Anteil an T	AI%	% CECp	<0,01	BO ₃	0,77	2,71	3,89		ı
	Ba- Anteil an T	Ba%	% CECp	0,01						1
	Pot Säureanteil	Sn%	% CFCp	36 77	∆g	<0,0057	<0,0488	<2,00		ı
	Abb.org.Substanz	AOS	%	3,65	Fe -	9,65	<0,0001	8973		ı
	Org. Kohlenstoff	C _{org}	%	2,12	Mn	0,03	5,27	832,89		1
	Ges. Stickstoff	N _t	mg/kg	2310	Cu	0,03	0,04	16,10		1
	Org. Stickstoff	N _{org}	mg/kg	2291	Zn	0,02	1,12	47,80		1
Organische-	Min. Stickstoff	N _{min}	mg/kg	18,7	Co	0,0016	<0,0207	13,84		1
Substanz	H ₂ O-lösl.Stickstoff	N _I	mg/kg	17,6	Мо	<0,0033	<0,0488	<0,0700		1
	Ges. Schwefel	St	mg/kg	10,0	В	0,14	0,50	0,72		ı
	Ges. Phosphor	Pt	mg/kg	1621	Sn Sn	<0,0057	0,14	<0,70		ı
	Org. Phosphor	Porg	mg/kg	492,0	Se	<0,0493	<1,4643	<3,60		1
	Min. Phosphor	P _{min} C/P	mg/kg	1129	As	<0,0296	<0,9762	1,13		1
	C/P-Verhältnis		m/m	43,1	Ni	0,02	<0,0439	16,15		1
	C/S-Verhältnis	C/S	m/m	2121	Cr	0,01	0,13	11,05		1
	C/N-Verhältnis	C/N	m/m	9.2	Pb	<0,0082	<0,1220	15,18		ı
	Rel.H ₂ O-Kapaz.	RWK	%Gew.		Cd	<0,0005	0,05	0,28		1
	Feuchtdichte	FDICHTE	g/l		Hg					ı
	Trockendichte	TDICHTE	g/l		TI	<0,0493	<1,2203	<4,00		
	Extrverh. I	EXI	l/kg	0,82	V	0,02	0,0007	27,45		1
	Extrverh. II	EXII	l/kg	12,20						ľ
	Färbung/Trübung	FT		22						1



Exemplarische Auswertung BM 024 (BD 6163)

Ergebnis:

Mittelschwerer Boden, kalkfrei, pH-Wert_{Wasser} schwach sauer, pH-Wert_{KCl} mäßig sauer, Gefahr der Versauerung. Aggregatstabilität mittel, Bodenlösung leicht gefärbt, elektrische Leitfähigkeit niedrig, Gehalt organischer Substanz günstig, Qualität organischer Substanz günstig.

Standort aktuell sorptionsstark, Calcium-Anteil am potentiellen Sorptionskomplex niedrig, Magnesium und Kalium sehr niedrig. Neigung zur Kalium-Fixierung. Potentielle Säure sehr hoch.

Mangel an pflanzenverfügbaren Stoffen (Stickstoff, Molybdän), Überschuss an Kalium, Phosphor, Schwefel, Eisen, Mangan, Kupfer, Zink, Bor.

Kontaminationsgefahr durch wasserlösliche Aluminium-Gehalte.

Spuren der potentiell toxischen Elemente Nickel und Chrom.

Maßnahmen:

Zufuhr von Kalk und Dolomit zur Verbesserung und Stabilisierung des Puffersystems.

Zufuhr von Calcium (Kalk, Gips), Kalium und Magnesium (Dolomit) zur Optimierung des Sorptionskomplexes.

Ergänzung von Stickstoff, Molybdän (bei Bedarf über Blattapplikationen). Mobilisierung der Reserven von Phosphor zur nachhaltigen P-Versorgung.

	Parameter	Wert	sehr niedrig	niedrig	günstig	hoch		sehr noch	Bemerkung	
	Bodenschwere (KH)	82							mittelschwerer Boden	
_	pH Wert KCI [-log H+]	5,5							mäßig sauer	
ete	pH Wert H2O [-log H+]	6,6							schwach sauer	
Ě	Kalkgehalt CaCO3 [%]	0,0							nicht nachweisbar	
are	gelöste Stoffe [eL, mS/cm]	0,3							niedrig	
asisp arameter	Org. Substanz [%] = Corg * 1,724	3,7							Begrünung	
	Qualität OS [C/N]	9,2							N Nachlieferung org. Substa	anz
B	Qualität OS [C/P]	43,1							günstig	
	Qualität OS [C/S]	4429,0							sehr hoch	
	CEC pot [mmolc/kg]	232							pot sehr sorptionsstark	
	CEC akt [mmolc/kg]	147							akt sorptionsstark	
U	Basensättigung [BS % CECpot]	61							Gefahr Versauerung	
ê	Ca am Magnet [%CECpot]	52,1							niedrig	
komplex	Mg am Magnet [%CECpot]	7,3							sehr niedrig	
	K am Magnet [%CECpot]	1,3							sehr niedrig	
orptions	Na am Magnet [%CECpot]	0,6							günstig	
ğ	Al am Magnet [%CECpot]	0,0							günstig	
ork	NH4N am Magnet [%CECpot]	0,0							günstig	
S	Fe am Magnet [%CECpot]	0,0							günstig	
	Mn am Magnet [%CECpot]	0,1							günstig	
	H am Magnet [%CECpot]	1,9							aktuelle Säure gering	
	pot.Säure am Magnet [%CECpot]	36,7							sehr hoch	
	Melioration kg/ha (Maßnahmen zur Verbesserung/Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit)									
min.	Dolomit (mit 40% MgCO3)	4130	Gips (CaSO4 * :	2 H2O)	П	49	90	Kalk (CaCO3)	3070
Ε	Magnesium (Mg)		Kaliun	n (K) orga	n./minerali	sch	52	20		
org.	Aufbau von Dauerhumus kg/ha		Begrü	nung, Mul	chsaat				Kompost	

	Pflanzenernährung	Wert	sehr niedrig	niedrig	günstig	hoch	sehr hoch	Diff. 1) kg/ha	Bewertung zur Probenahme	Reserve kg/ha	
ė	C org [kg/ha]	759							Zwischenfrüchte	50600	
ntien.	N org [kg/ha]	83							niedrige Reserven	5500	
Pote	P org [kg/ha]	18							sehr hohe Reserven	1174	
ž	S org [kg/ha]	0							sehr niedrige Reserven	11	
	Ca [kg/ha]	2930							Uberschuss	5200	
	Mg [kg/ha]	250							ausreichend	2800	
	K [kg/ha]	155							Überschuss	1500	
a	P [kg/ha]	285							extremer Uberschuss	1300	
erfügbar	NH4-N [kg/ha]	1,4							starker Mangel		
To E	NO3-N [kg/ha]	33,2						(30)	Mangel		
ens	N min [kg/ha]	34,6						30	Mangel		
anze Prob	SO4 [kg/ha]	37,3							Überschuss		
pfla	Fe [kg/ha]	11,5							extremer Überschuss	21400	
	Mn [kg/ha]	6,33							extremer Überschuss	1990	
Stoff	Cu [kg/ha]	80,0							Überschuss	40	
တ	Zn [kg/ha]	1,36							extremer Überschuss	115	
	Mo [kg/ha]	0,00						80,0	starker Mangel	0	
	B [kg/ha]	0,76							extremer Uberschuss	0	
	Aluminium								Kontaminationsgefahr		
	pot. toxische Stoffe								Kontaminationsgefahr		_
Mol	oilisierung: (Phosphor)							· · · ·			1

Basisparameter KH, pH_{KCI-H2O}, Kalk, eL, Humusgehalt/Qualität

Sorptionskomplex CEC, BS, Ca-Mg-K-Na-Al-NH4-Fe-Mn-H-pS

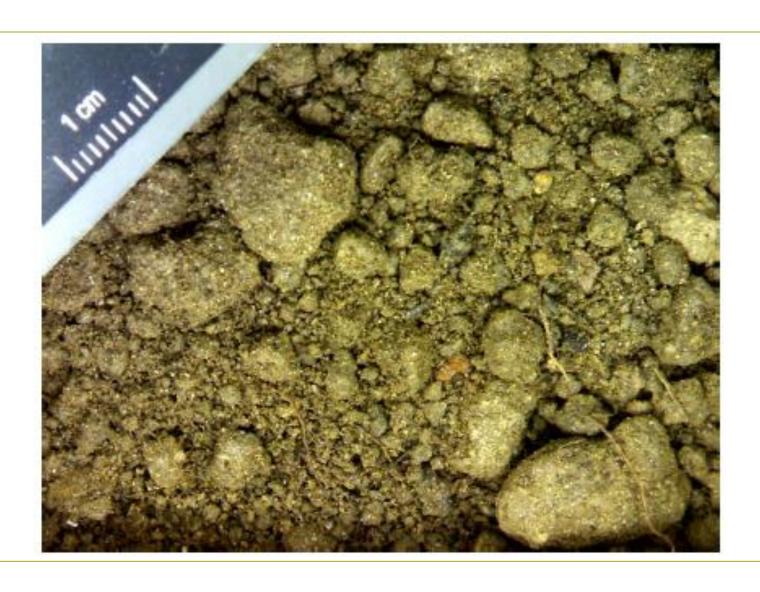
Melioration Mineralisch-organisch

Pflanzenernährung
C-N-P-S org
(= Mineralisierungspotential)
Ca-Mg-K-P-N-SO4-Fe-Mn-Cu
Zn-Mo-BAl-toxische Elemente

Mobilisierung/Zufuhr



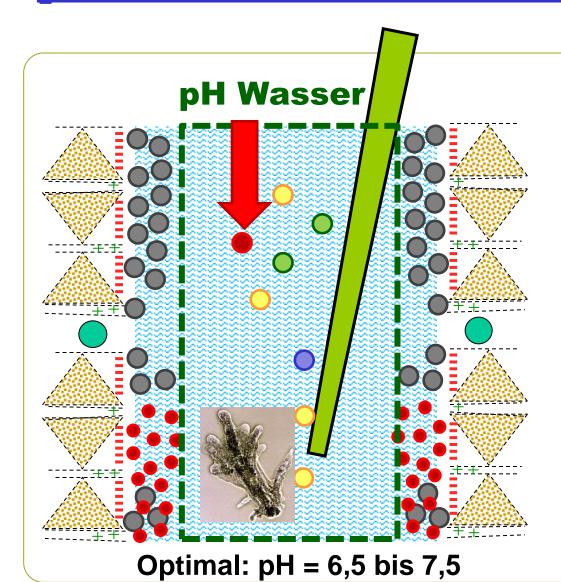
Foto der Bodenprobe



Parameter	Wert	sehr niedrig	niedrig	günstig	hoch			Bemerkung	
Bodenschwere (KH)	82							mittelschwerer Boden	
pH Wert KCl [-log H+]	5,5							mäßig sauer	
pH Wert H2O [-log H+]	6,6							schwach sauer	
Kalkgehalt CaCO3 [%]	0,0							nicht nachweisbar	
gelöste Stoffe [eL, mS/cm]	0,3							niedrig	
Org. Substanz [%] = Corg * 1,724	3,7							Begrünung	
Qualität OS [C/N]	9,2							N Nachlieferung org. Subs	tanz
Qualität OS [C/P]	43,1							günstig	
Qualität OS [C/S]	4429,0							sehr hoch	
CEC pot [mmolc/kg]	232							pot sehr sorptionsstark	
CEC akt [mmolc/kg]	147							akt sorptionsstark	
Basensättigung [BS % CECpot]	61							Gefahr Versauerung	
Ca am Magnet [%CECpot]	52,1							niedrig	
Mg am Magnet [%CECpot]	7,3							sehr niedrig	
K am Magnet [%CECpot]	1,3							sehr niedrig	
Na am Magnet [%CECpot]	0,6							günstig	
Al am Magnet [%CECpot]	0,0							günstig	
NH4N am Magnet [%CECpot]	0,0							günstig	
Fe am Magnet [%CECpot]	0,0							günstig	
Mn am Magnet [%CECpot]	0,1							günstig	
H am Magnet [%CECpot]	1,9							aktuelle Säure gering	
pot.Säure am Magnet [%CECpot]	36,7							sehr hoch	
Melioration kg/ha (Maßnahmen zur Verbesserung/Erhaltung der Bodenfruc				uchtbar	keit	t)			
Dolomit (mit 40% MgCO3)	4130	Gips	(CaSO4 *	2 H2O)		490		Kalk (CaCO3)	3070
Magnesium (Mg)		Kaliur	m (K) orga	n./mineral	isch	520			
Aufbau von Dauerhumus kg/ha Begrünung, Mulchsaat Kompost									
	Bodenschwere (KH) pH Wert KCI [-log H+] pH Wert H2O [-log H+] Kalkgehalt CaCO3 [%] gelöste Stoffe [eL, mS/cm] Org. Substanz [%] = Corg * 1,724 Qualität OS [C/N] Qualität OS [C/P] Qualität OS [C/S] CEC pot [mmolc/kg] CEC akt [mmolc/kg] Basensättigung [BS % CECpot] Ca am Magnet [%CECpot] Mg am Magnet [%CECpot] K am Magnet [%CECpot] Na am Magnet [%CECpot] Na am Magnet [%CECpot] HAN am Magnet [%CECpot] Fe am Magnet [%CECpot] Han Magnet [%CECpot] Han Magnet [%CECpot] Mn am Magnet [%CECpot] Ham Magnet [%CECpot] Hot.Säure am Magnet [%CECpot] Melioration kg/ha (Maßnahr Dolomit (mit 40% MgCO3) Magnesium (Mg)	Bodenschwere (KH) 82	Bodenschwere (KH)	Bodenschwere (KH) 82	Bodenschwere (KH)	Bodenschwere (KH)	Bodenschwere (KH)	Bodenschwere (KH)	Bodenschwere (KH) 82 miledrig means gunsty noch hoch Bemerkung Bodenschwere (KH) 82 mittelschwerer Boden By Wert KCI [-log H+] 5.5 miledrig means gunsty noch maßig sauer By Wert H2O [-log H+] 6.6 miledrig schwach sauer Inicht nachweisbar Ini



pH Werte im Boden



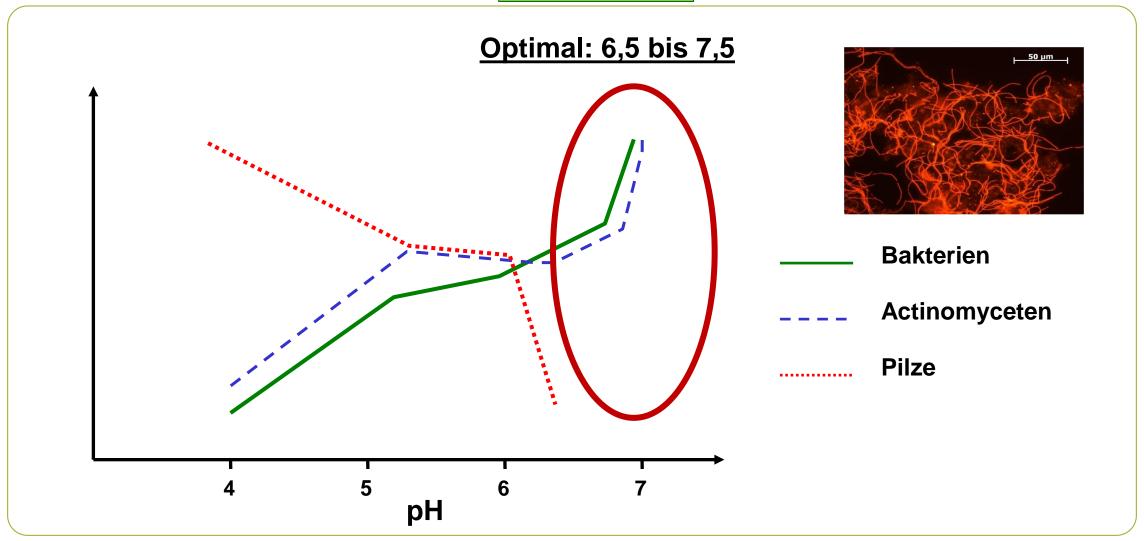
1 Teil Boden wird mit 5 Teilen Aqua dest. versetzt



Säure-Puffersysteme im Boden,

pH_{Wasser}

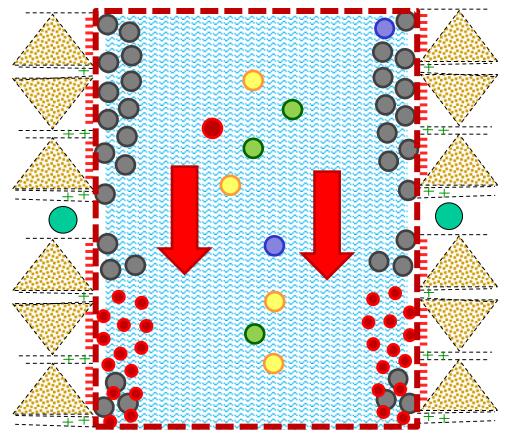
 $pH_{Wasser} = 6.6$





pH Werte im Boden

pH Neutralsalz



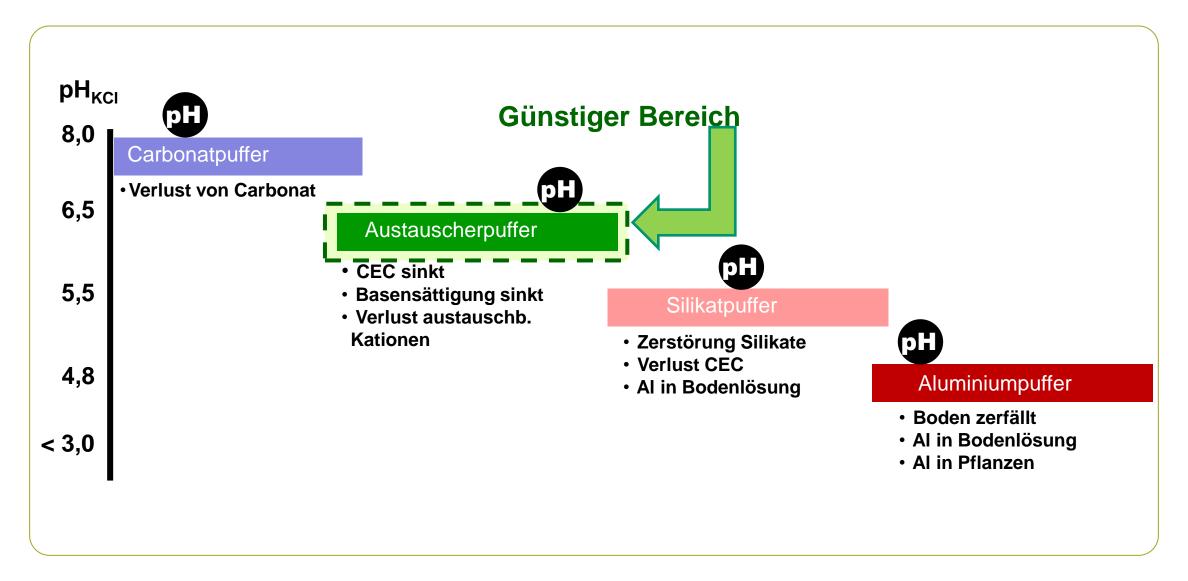
 $pH_{KCI} = 5,5$

1 Teil Boden wird mit 5 Teilen Neutralsalzlösung KCl, CaCl₂ versetzt.

Optimal: pH = 5.9 bis 6.9

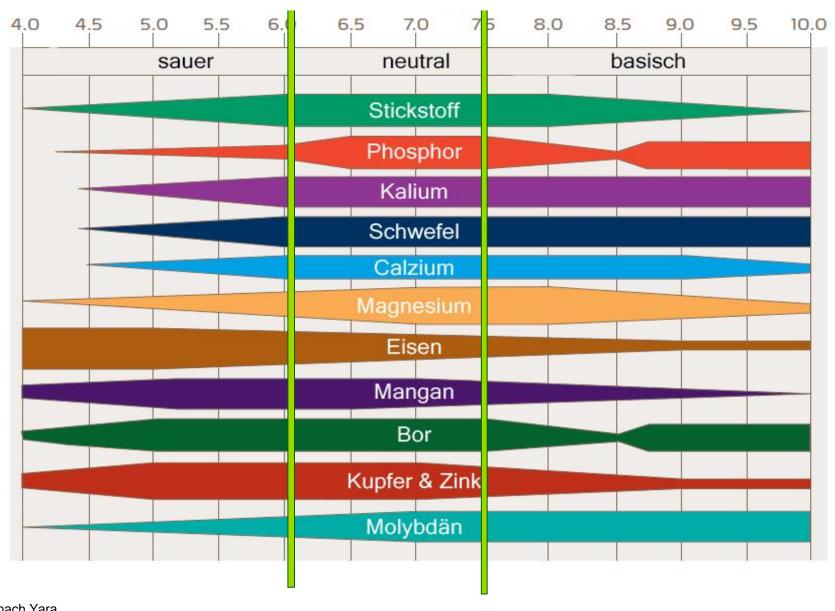


Säure-Puffersysteme im Boden, pH_{KCI} Wert gibt Bereich des Puffersystems an





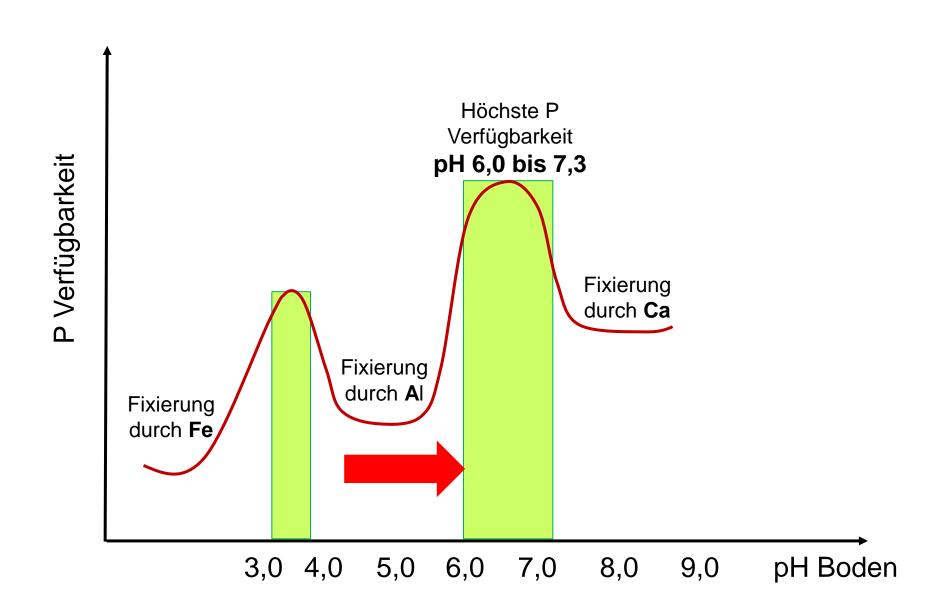
pH-Nährstoffverfügbarkeit



Quelle: Kamptner, mod. nach Yara

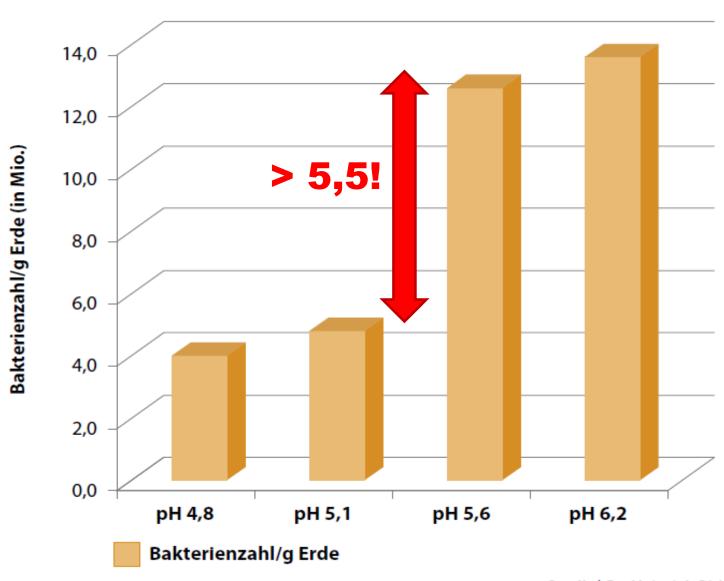


pH und P Verfügbarkeit





pH- biologische Aktivität





pH- Wert und Kalkungsempfehlung

Kann aus dem pH - Wert eine Kalkungsempfehlung abgeleitet werden?



pH- Wert und Kalkungsempfehlung



Neal Kinsey:

"Ich schaue NIE auf den pH Wert um zu bestimmen, wann gekalkt werden sollte und welchen Kalk ich empfehle".

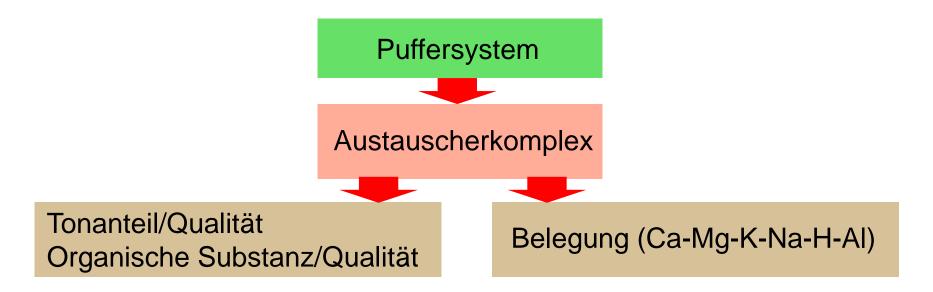


pH- Wert und Kalkungsempfehlung

pH Wert ist ein SUMMENPARAMETER!

(vgl. Fiebermessung bei Menschen)

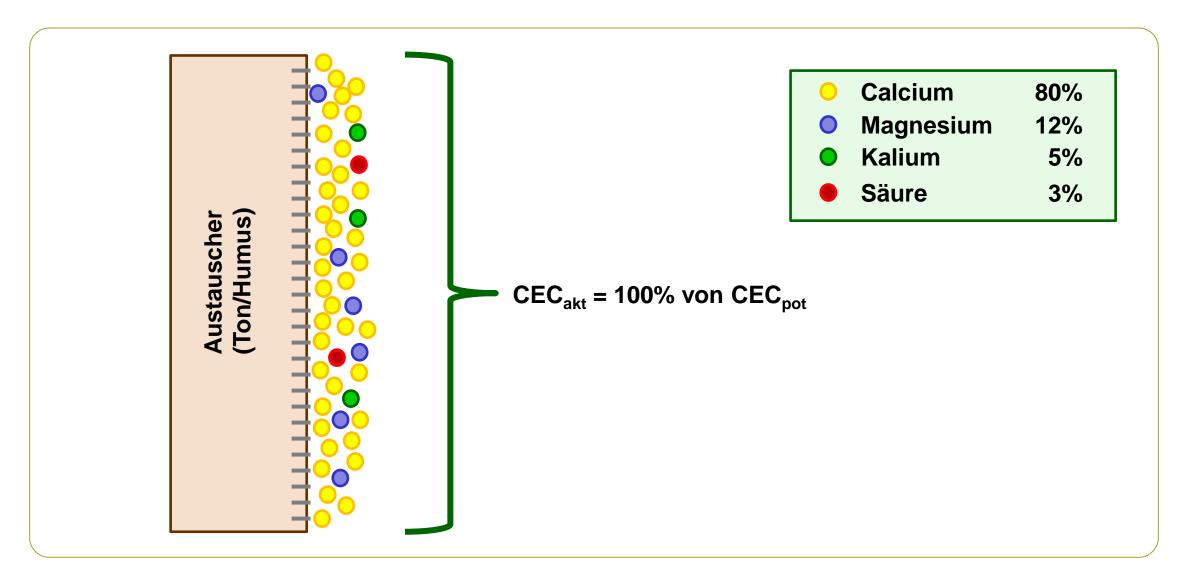
Derselbe pH-Wert kann verschiedene "Ursachen" haben.



Parameter	Wert	sehr niedrig	niedrig	günstig	hoch			Bemerkung	
Bodenschwere (KH)	82							mittelschwerer Boden	
pH Wert KCI [-log H+]	5,5							mäßig sauer	
pH Wert H2O [-log H+]	6,6							schwach sauer	
Kalkgehalt CaCO3 [%]	0,0							nicht nachweisbar	
gelöste Stoffe [eL, mS/cm]	0,3							niedrig	
Org. Substanz [%] = Corg * 1,724	3,7							Begrünung	
Qualität OS [C/N]	9,2							N Nachlieferung org. Subs	tanz
Qualität OS [C/P]	43,1							günstig	
Qualität OS [C/S]	4429,0							sehr hoch	
CEC pot [mmolc/kg]	232							pot sehr sorptionsstark	
CEC akt [mmolc/kg]	147							akt sorptionsstark	
Basensättigung [BS % CECpot]	61							Gefahr Versauerung	
Ca am Magnet [%CECpot]	52,1							niedrig	
Mg am Magnet [%CECpot]	7,3							sehr niedrig	
K am Magnet [%CECpot]	1,3							sehr niedrig	
Na am Magnet [%CECpot]	0,6							günstig	
Al am Magnet [%CECpot]	0,0							günstig	
NH4N am Magnet [%CECpot]	0,0							günstig	
Fe am Magnet [%CECpot]	0,0							günstig	
Mn am Magnet [%CECpot]	0,1							günstig	
H am Magnet [%CECpot]	1,9							aktuelle Säure gering	
ot.Säure am Magnet [%CECpot]	36,7							sehr hoch	
Melioration kg/ha (Maßnah	men zur Ve	rbesseru	ng/Erhalt	tung der l	Bodenfr	uchtbar	keit	t)	
Dolomit (mit 40% MgCO3)	4130	Gips ((CaSO4 * /	2 H2O)		490		Kalk (CaCO3)	3070
Magnesium (Mg)		Kaliur	n (K) orga	n./mineral	isch	520			
Aufbau von Dauerhumus kg/ha Begrünung, Mulchsaat Kompost			Kompost						
	Bodenschwere (KH) pH Wert KCI [-log H+] pH Wert H2O [-log H+] Kalkgehalt CaCO3 [%] gelöste Stoffe [eL, mS/cm] Org. Substanz [%] = Corg * 1,724 Qualität OS [C/N] Qualität OS [C/P] Qualität OS [C/P] Qualität OS [C/S] CEC pot [mmolc/kg] CEC akt [mmolc/kg] Basensättigung [BS % CECpot] Ca am Magnet [%CECpot] Mg am Magnet [%CECpot] Na am Magnet [%CECpot] Na am Magnet [%CECpot] Al am Magnet [%CECpot] Pe am Magnet [%CECpot] HAN am Magnet [%CECpot] Han Magnet [%CECpot] Mn am Magnet [%CECpot] Ham Magnet [%CECpot] Molioration kg/ha (Maßnahr Dolomit (mit 40% MgCO3) Magnesium (Mg)	Bodenschwere (KH) 82 pH Wert KCI [-log H+] 5,5 pH Wert H2O [-log H+] 6,6 Kalkgehalt CaCO3 [%] 0,0 gelöste Stoffe [eL, mS/cm] 0,3 Org. Substanz [%] = Corg * 1,724 3,7 Qualität OS [C/N] 9,2 Qualität OS [C/P] 43,1 Qualität OS [C/S] 4429,0 CEC pot [mmolc/kg] 232 CEC akt [mmolc/kg] 147 Basensättigung [BS % CECpot] 61 Ca am Magnet [%CECpot] 52,1 Mg am Magnet [%CECpot] 7,3 K am Magnet [%CECpot] 1,3 Na am Magnet [%CECpot] 0,6 Al am Magnet [%CECpot] 0,0 NH4N am Magnet [%CECpot] 0,0 NH4N am Magnet [%CECpot] 0,0 Fe am Magnet [%CECpot] 0,0 Mn am Magnet [%CECpot] 0,1 H am Magnet [%CECpot] 1,9 ot.Säure am Magnet [%CECpot] 36,7 Melioration kg/ha (Maßnahmen zur Vel Dolomit (mit 40% MgCO3) 4130 Magnesium (Mg)	Bodenschwere (KH)	Bodenschwere (KH) 82 pH Wert KCI [-log H+] 5,5 pH Wert H2O [-log H+] 6,6 Kalkgehalt CaCO3 [%] 0,0 gelöste Stoffe [eL, mS/cm] 0,3 Org. Substanz [%] = Corg * 1,724 3,7 Qualität OS [C/N] 9,2 Qualität OS [C/P] 43,1 Qualität OS [C/P] 4429,0 CEC pot [mmolc/kg] 232 CEC akt [mmolc/kg] 147 Basensättigung [BS % CECpot] 61 Ca am Magnet [%CECpot] 52,1 Mg am Magnet [%CECpot] 7,3 K am Magnet [%CECpot] 1,3 Na am Magnet [%CECpot] 0,6 Al am Magnet [%CECpot] 0,0 NH4N am Magnet [%CECpot] 0,0 NH4N am Magnet [%CECpot] 0,0 Fe am Magnet [%CECpot] 0,0 Mn am Magnet [%CECpot] 0,1 H am Magnet [%CECpot] 1,9 Pot.Säure am Magnet [%CECpot] 36,7 Melioration kg/ha (Maßnahmen zur Verbesserung/Erhalt Dolomit (mit 40% MgCO3) 4130 Gips (CaSO4 * 2 Kalium (K) organization kg/magnesium (Mg) Magnesium (K) organization kg/magnesium (Mg) Magnesium (K) organization kg/magnesium (Mg) Gips (CaSO4 * 2 Kalium (K) organization kg/magnesium (Mg) Magnesium (Mg)	Bodenschwere (KH) 82	Bodenschwere (KH) 82 82 82 82 83 84 84 84 84 85 85 84 84	Bodenschwere (KH) 82	Bodenschwere (KH) 82	Bodenschwere (KH) 82 miledrig medical miledrig schwach sauer schwach sauer nicht nachweisbar nicht nachweisbar niedrig miledrig m

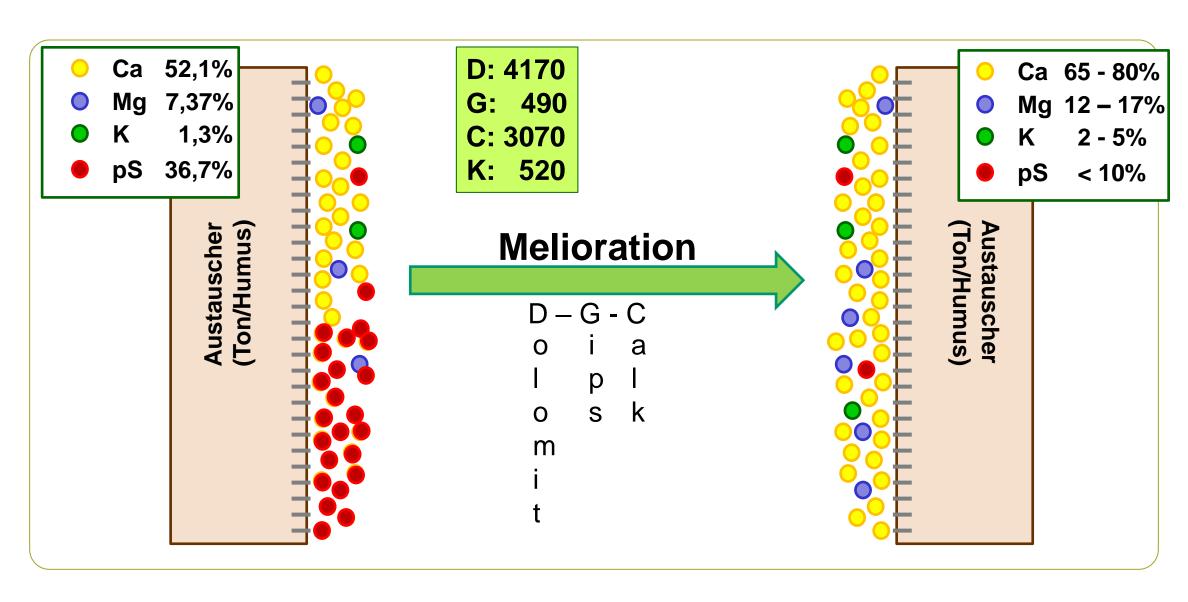


Sorptionskomplex optimal ($CEC_{pot} = CEC_{akt}$)





Sorptionskomplex optimal ($CEC_{pot} = CEC_{akt}$)





Melioration

Veränderung von Dauereigenschaften



Produktkombinationen

Dolomit



 $CaMg(CO_3)_2$

Löslichkeit:

Wasser ---

Säure ++

Gips



CaSO₄

Wasser +++

Säure +

Calk



CaCO₃

Wasser ---

Säure +++



Reaktivität abhängig von Körnung

Körnung

1 mm bis 2 mm



 $\sim 0.00113 \text{ m}^2/\text{g}$

1 mm bis 0,1 mm



 $\sim 0.0113 \text{ m}^2/\text{g}$

 $< 90 \mu m$



 $\sim 1,13 \text{ m}^2/\text{g}$

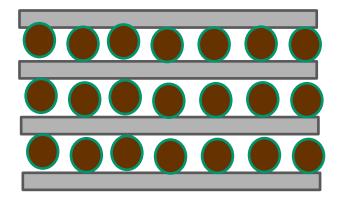
Oberfläche



Kaliumdynamik im Boden

Verwitterung von Glimmern

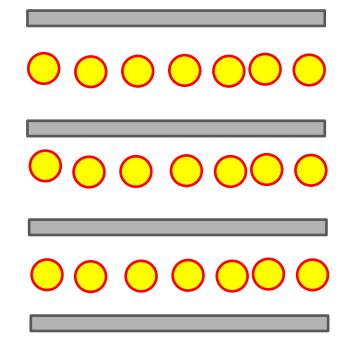
Glimmer/Illit





Muskovit: 0,01mg/l K **Biotit:** 10-15mg/l K

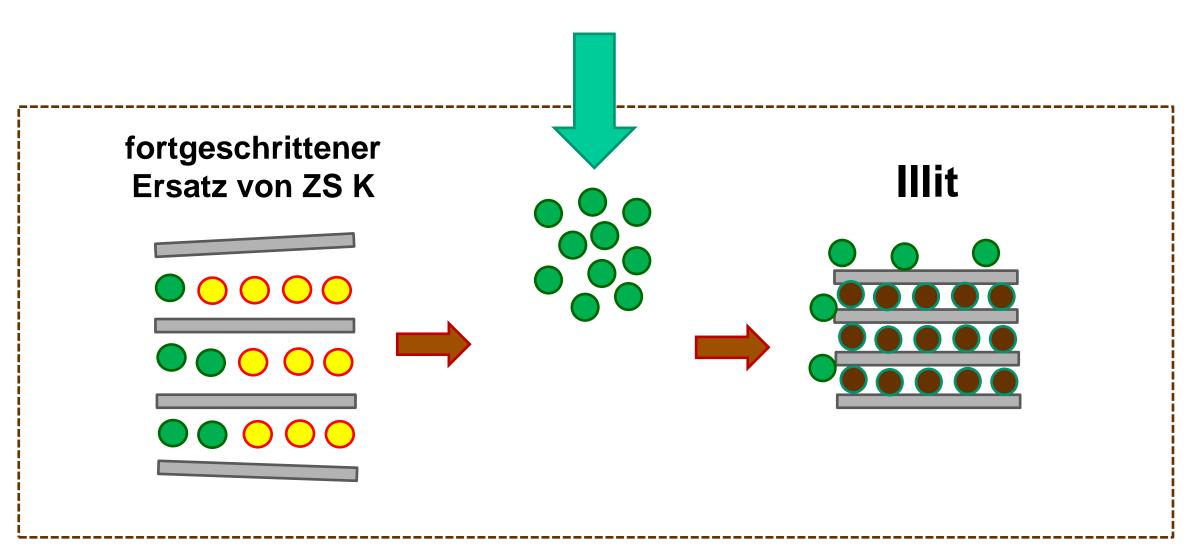
Vermiculit/Smectit



- K Zwischenschichten fest gebunden
- K austauschbar
- Ersatzkationen Ca, Mg



Kaliumfixierung



K Zwischenschichten fest gebunden



Organische Substanz (Menge, Qualität)

Org.Sub. = 3,7%

Org. Substanz [%] = Corg * 1,724 Beurteilt in Abhängigkeit der Bodenschwere

C: N 8 - 14:1 Mineralisierungspotential: N Nachlieferung

C: P 30 - 100: 1 Mineralisierungspotential: P Nachlieferung

C:S 110 - 130:1 Mineralisierungspotential: S Nachlieferung

C: N = 9,2

C: P = 43,1

C : S = 4430

Handwerkzeug Pflanzenernährung

Stickstoff, Molybdän

Zufuhr:



	Pflanzenernährung	Wert	sehr niedrig	niedrig	günstig	hoch	sehr hoch	Diff. 1) kg/ha	Bewertung zur Probenahme	Reserve kg/ha
-sgu	C over kg/hal	759							Zwischenfrüchte	50600
Mineralisierungs- Potential		83							niedrige Reserven	5500
Pote	Р ок култај	18							sehr hohe Reserven	1174
Min	S org [kg/ha]	0							sehr niedrige Reserven	11
	Ca [kg/ha]	2930							Überschuss	5200
	Mg [kg/ha]	250							ausreichend	2800
	K [kg/ha]	155							Überschuss	1500
Jar	P [kg/ha]	285							extremer Überschuss	1300
ügk	NH [" "]	1,4							starker Mangel	
erf	1]	33,2						(30)	Mangel	
s n v	N m. [kg/na]	34,6						30	Mangel	
pflanzenverfügbar zur Probenahme	SO4 [kg/ha]	37,3							Überschuss	
pfla zur P		11,5							extremer Überschuss	21400
	Mn [kg/ha]	6,33							extremer Überschuss	1990
Stoff	Cu [kg/ha]	0,08							Überschuss	40
0)	Zn [kg/ha]	1,36							extremer Überschuss	115
	Mar[ka/ba]	0,00						0,08	starker Mangel	0
	В	0,76							extremer Überschuss	0
									Kontaminationsgefahr	
	pot. sche Stoffe								Kontaminationsgefahr	
Mol	oilisierung: (Phosphor)				'					

Bodenlösung: 0,3mS/cm



Nährstoff	Konzentrationen mg/l
Са	34
Mg	5
K	13
Na	14
NH₄-N	0
NO ₃ -N	21
P	4,3
SO ₄	19
CI	6
Al	4,9
Fe	11,8
Mn	0,04
В	0,17
Zn	0,02
Cu	0,04
Si	24,8
Ni	0,0244
Cr	0,0122



5 Phosphor Pools

Element	Verfügbar keit	Konz. mg/l	Menge kg/ha	Menge in % P total	Bemerkung
P	wasserlöslich	4,3	8,5	0,22	Überschuss
P	austauschbar		277	7	extremer Überschuss
P	nachlieferbar		1350	35	min. Reserven hoch
P	organisch		1174	30	org. Reserven hoch
P	total		3869		Gesamtgehalte sehr hoch

Strategie ableiten

1) Melioration (Fundament Boden)
D: 4130kg/ha G: 490kg/ha C: 3070kg/ha K: 520kg/ha

2) Aufbau von Dauerhumus Kompost, Mulchsaat, Begrünung

3) Pflanzenernährung

- Reserven Mobilisieren (Phosphor, Mangan)
- Gleichgewichte herstellen
- Zufuhr (Boden, Blatt)
 Stickstoff, Molybdän

