



## Bodenuntersuchung / Pflanzenanalyse

Dr. Friedhelm Fritsch, DLR R-N-H, Abt. Landwirtschaft, Bad Kreuznach

### Prinzip der Bodenuntersuchung zur Ermittlung des Düngedarfs:

- **Nährstoffmangel** frühzeitig **erkennen** (auch mit Pflanzenanalyse)
- "Nährstoffverfügbarkeit" erfassen -> Basis zur **Ermittlung des Düngedarfs**

In der Regel Einsatz von **Routineanalytik**: relativ geringer Aufwand

Mit **Bodenuntersuchungen** werden entweder Konzentrationen (**Intensitäten**) oder Vorräte (**Quantitäten**) von Nährstoffen im Boden gemessen, meist aber (je nach Stärke des Extraktionsmittels), ein "Zustand dazwischen".

Daraus folgt: Das Nachlieferungsvermögen des Bodens wird je nach Methode mehr oder weniger berücksichtigt.

**Ausnahme:**  $N_{\min}$ -Methode erfasst mineralisierten N (insbes.  $NO_3^-$ ), aber keine N-Nachlieferung

## Standard-Bodenuntersuchung in Deutschland

### pH-Wert

Bestimmung in Boden - 0,01 m  $\text{CaCl}_2$ -Suspension

**Doppellaktatmethode (DL-Methode):** P, K (neue Bundesländer)

Extraktion mit Calciumlaktat + HCl (pH 3,7); löst Ca-Phosphate incl. eines großen Teils der Apatite (wg. niedrigem pH), auch Desorption von P sowie K

**Calcium-Acetat-Laktat (CAL-Methode):** P, K (alte Bundesländer, Österreich)

Extraktion mit Ca-Acetat + Ca-Laktat + Essigsäure (pH 4,1) löst leichter lösliche Ca-Phosphate, aber nicht Apatit. Erfasst desorbierbares P besser als DL (wg. höherem pH), Desorption von K

**$\text{CaCl}_2$ -Methode:** Mg

relativ leicht lösliche Mg-Verbindungen, desorbierbares Mg

**EUf-Methode:** N, P, K, Mg u.a.

Extraktion mit Wasser, elektr. Spannung, Unterdruck, Temperatur erfasst leicht lösliches und desorbierbares K, Mg sowie P, ähnlich CAL-Methode

## Bodenuntersuchung auf "pflanzenverfügbares" P

### Doppellaktatmethode (DL-Methode)

Calciumlaktat + HCl (pH 3,7) löst Ca-Phosphate einschließlich eines großen Teils der Apatite (wg. niedrigem pH), auch Desorption von P.

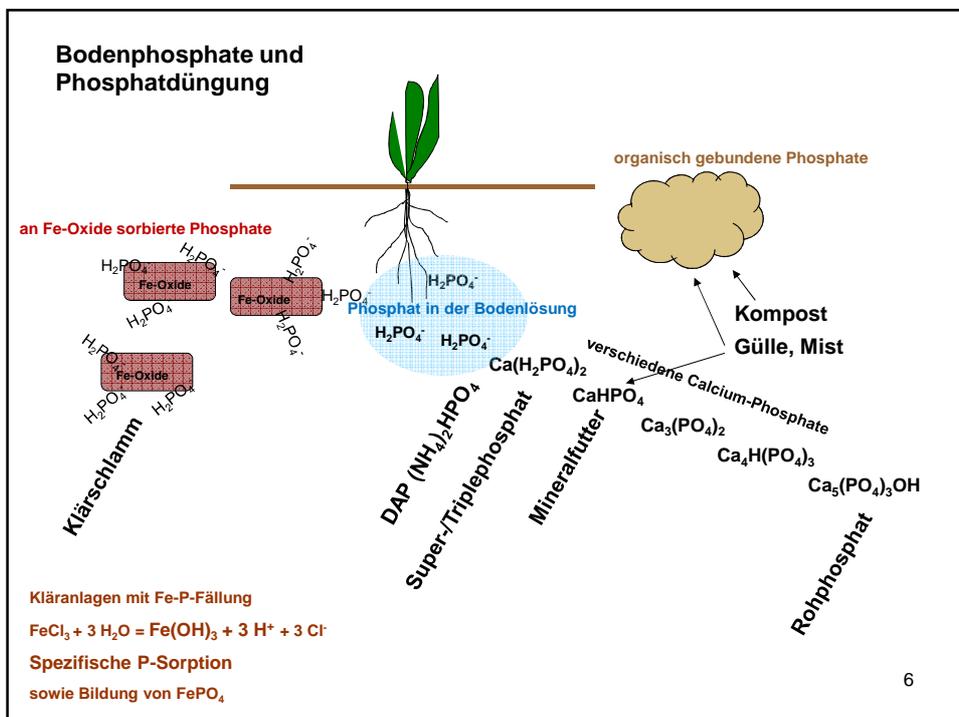
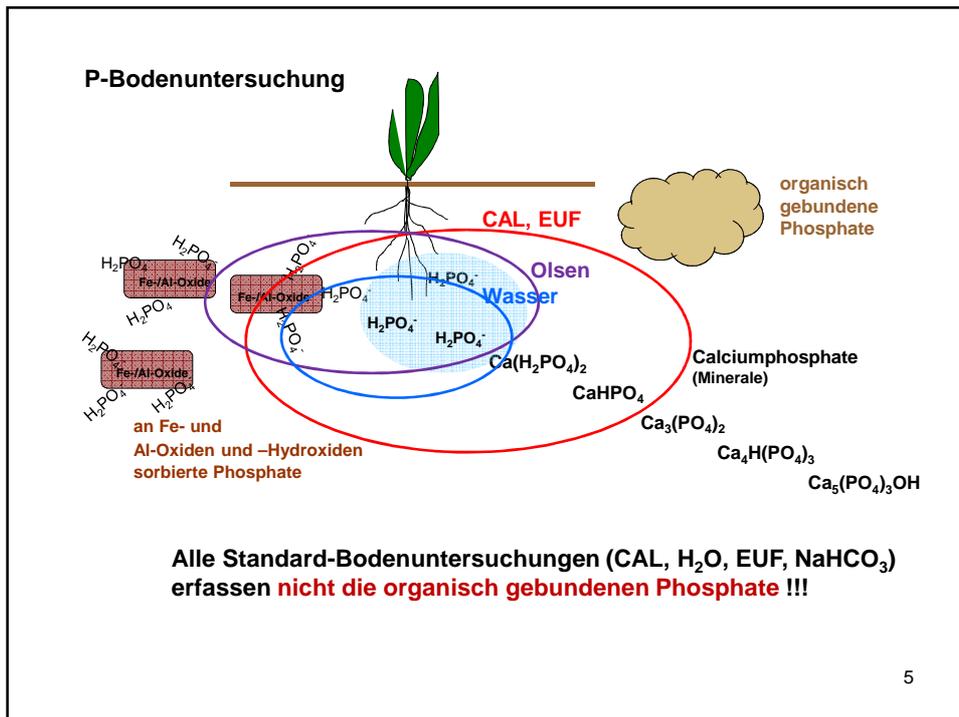
### Calcium-Acetat-Laktat (CAL-Methode, Standard in West-D)

Calcium-Acetat-Laktat + Acetat (pH 4,1) löst nicht Apatit, aber die leichter löslichen Ca-Phosphate. Erfasst desorbierbares P besser als DL (wg. höherem pH)

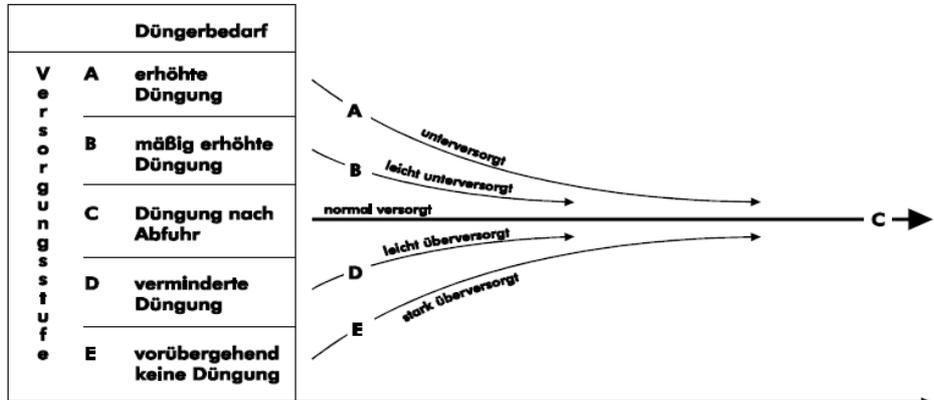
**Extraktion in  $\text{H}_2\text{O}$  (P-Wasser):** leicht desorbierbares P und "wasserlösliche" Düngerphosphate

**EUf-Methode** ("Bodengesundheitsdienst"): erfasst (leicht) desorbierbares P und Nachlieferung aus Ca-Phosphaten, ähnlich CAL-Methode

**Olsen-Methode:**  $\text{NaHCO}_3$  (pH 8,5), erfasst adsorbiertes P, kein Apatit<sup>4</sup>



**Düngungsempfehlungen in Abhängigkeit von den Nährstoff-Versorgungsstufen des Bodens**  
(nach VDLUFA)



Ermittlung Grundnährstoffbedarf – System RP

In der **anzustrebenden** Versorgungsstufe C Düngung nach **Nährstoffabfuhr** (mit dem Erntegut)

**Entzug:** Nährstoffe in erntbaren Pflanzenteilen (Korn + Stroh, Knolle + Blatt)  
**Abfuhr:** Nährstoffe in tatsächlich geernteten Pflanzenteilen

**Tab. 1: Einteilung der Gehaltsklassen**

Gehaltsklasse	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg
= Versorgungsstufe für mittlere Verhältnisse	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g
<b>A</b> sehr niedrig	bis 5	bis 5	bis 2
<b>B</b> niedrig	6 - 11	6 - 11	3 - 5
<b>C</b> anzustreben	12 - 20	12 - 20	6 - 10
<b>D</b> hoch	21 - 30	21 - 30	11 - 15
<b>E</b> sehr hoch	ab 31	ab 31	ab 16

Die standortspezifischen **Versorgungsstufen** werden ausgehend von den Gehaltsklassen (siehe Tab. 1) unter Berücksichtigung der in Tabelle 2 aufgeführten Zu- und Abschläge für Bodenart, Durchwurzelbarkeit, Steinanteil sowie Ackerzahl abgeleitet. Zumindest die Bodenart sollte in jedem Fall berücksichtigt werden (siehe Bsp. in Tab.3).

**Tab. 2: Zu- und Abschläge zur Ermittlung der Versorgungsstufe C**

	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg
leichte Böden	-	-2 -5	-2 -4
schwere Böden	-	+2 +5	+2 +4
Durchwurzelbarkeit < 60 cm	+1	+1	+1
Steinanteil > 30 %	+2	+2	+1
Ackerzahl < 40 <sup>1</sup>	+2	+2	+1

<sup>1</sup> Nicht bei leichten Böden

Die Zu- und Abschläge gelten nur für Versorgungsstufe C. Erst wenn diese für den Standort ermittelt ist, werden die Grenzen der übrigen Stufen errechnet.

Ermittlung Grundnährstoffbedarf – System RP

### Ermittlung des Nährstoffbedarfs

Der **Nährstoffbedarf** einer Fruchtfolge wird unter Berücksichtigung der **Nährstoffversorgungsstufen** aus der **Nährstoffabfuhr** ermittelt.

Die Nährstoffabfuhr einer Kultur wird durch Multiplikation des tatsächlich abgefahrenen Erntegutes (in dt) mit den Nährstoffgehalten (in kg/dt;) ermittelt. Eine große Auswahl von Nährstoffgehalten in pflanzlichen Produkten und Düngemitteln enthält die Datei „Nährstoffgehaltstabellen“.

gibt. Die Nährstoffabfuhr der Fruchtfolge ergibt sich aus der Summe der einzelnen Ernten. Erntereste oder Erntenebenprodukte, die auf dem Feld verbleiben (z.B. Stroh, Rübenblatt), gelten nicht als abgefahren und werden daher nicht zum Nährstoffbedarf der Fruchtfolge hinzugerechnet.

In Versorgungsstufe A oder B ist ein jährlicher Zuschlag zur Nährstoffabfuhr vorzunehmen, in C entspricht der Bedarf der Abfuhr, in D genügt eine Düngung in Höhe der halben Nährstoffabfuhr und in E ist keine Düngung erforderlich (siehe Tab. 4).

**Tab. 4: Nährstoffbedarf an P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O und MgO**

Versorgungsstufe	kg/ha und Jahr		
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
<b>A</b>	ABFUHR + 60	ABFUHR + 80	ABFUHR + 50
<b>B</b>	ABFUHR + 30	ABFUHR + 40	ABFUHR + 25
<b>C</b>	<b>ABFUHR</b>	<b>ABFUHR</b>	<b>ABFUHR</b>
<b>D</b>	ABFUHR * 0,5	ABFUHR * 0,5	ABFUHR * 0,5
<b>E</b>	0	0	0

Abfuhr = Nährstoffabfuhr durch die Ernteprodukte von der Fläche („Nettoentzug“)

### Ermittlung Grundnährstoffbedarf – System RP

### Nährstoffgehalte im Erntegut

Kultur	Haupt-: Neben- ernte- produkt	Erläuterung Ernte-produkt (% RP in TM)	% TM	kg/dt Haupternteprodukt					kg/dt Haupternteprodukt mit anteiligem Stroh oder Blatt					% TM	kg/dt Stroh oder Blatt				
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S
<b>Getreide und Körnermais</b>																			
Weizen	1:0,8	Korn, 12 % RP	86	1,81	0,8	0,6	0,2	0,2	2,21	1,04	1,72	0,36	0,32	86	0,5	0,3	1,4	0,2	0,15
		Korn, 14 % RP	86	2,11	0,8	0,6	0,2	0,2	2,51	1,04	1,72	0,36	0,32	86	0,5	0,3	1,4	0,2	0,15
		Korn, 16 % RP	86	2,41	0,8	0,6	0,2	0,2	2,81	1,04	1,72	0,36	0,32	86	0,5	0,3	1,4	0,2	0,15
Wintergerste	1:0,7	Korn, 12 % RP	86	1,65	0,8	0,6	0,2	0,2	2,0	1,01	1,79	0,34	0,31	86	0,5	0,3	1,7	0,2	0,15
		Korn, 13 % RP	86	1,79	0,8	0,6	0,2	0,2	2,14	1,01	1,79	0,34	0,31	86	0,5	0,3	1,7	0,2	0,15
Roggen	1:0,9	Korn, 11 % RP	86	1,51	0,8	0,6	0,2	0,2	1,96	1,07	2,4	0,38	0,34	86	0,5	0,3	2,0	0,2	0,15
		Korn, 12 % RP	86	1,65	0,8	0,6	0,2	0,2	2,1	1,07	2,4	0,38	0,34	86	0,5	0,3	2,0	0,2	0,15
Triticale	1:0,9	Korn, 12 % RP	86	1,65	0,8	0,6	0,2	0,2	2,1	1,07	2,13	0,38	0,34	86	0,5	0,3	1,7	0,2	0,15
		Korn, 13 % RP	86	1,79	0,8	0,6	0,2	0,2	2,24	1,07	2,13	0,38	0,34	86	0,5	0,3	1,7	0,2	0,15
Sommer- futtergerste	1:0,8	Korn, 12 % RP	86	1,65	0,8	0,6	0,2	0,2	2,05	1,04	1,96	0,36	0,32	86	0,5	0,3	1,7	0,2	0,15
		Korn, 13 % RP	86	1,79	0,8	0,6	0,2	0,2	2,19	1,04	1,96	0,36	0,32	86	0,5	0,3	1,7	0,2	0,15
Braugerste	1:0,7	Korn, 10 % RP	86	1,38	0,8	0,6	0,2	0,2	1,73	1,01	1,79	0,34	0,3	86	0,5	0,3	1,7	0,2	0,15
		Korn, 11 % RP	86	1,51	0,8	0,6	0,2	0,2	1,86	1,01	1,79	0,34	0,3	86	0,5	0,3	1,7	0,2	0,15
Hafer	1:1,1	Korn, 12 % RP	86	1,65	0,8	0,6	0,2	0,2	2,06	1,13	2,47	0,42	0,36	86	0,5	0,3	1,7	0,2	0,15
		Korn, 11 % RP	86	1,51	0,8	0,6	0,2	0,2	2,2	1,13	2,47	0,42	0,36	86	0,5	0,3	1,7	0,2	0,15
Durum	1:0,8	Korn, 15 % RP	86	2,26	0,8	0,6	0,2	0,2	2,66	1,04	1,96	0,36	0,32	86	0,5	0,3	1,7	0,2	0,15
Dinkel (ohne Spelzen)	1:1,0	Korn, 12 % RP	86	1,81	0,8	0,6	0,2	0,2	2,31	1,1	2,0	0,4	0,35	86	0,5	0,3	1,4	0,2	0,15
		Korn, 14 % RP	86	2,11	0,8	0,6	0,2	0,2	2,61	1,1	2,0	0,4	0,35	86	0,5	0,3	1,4	0,2	0,15
Körnermais	1:1,0	Korn, 10 % RP	86	1,38	0,8	0,5	0,2	0,2	2,28	1,0	2,5	0,6	0,32	86	0,9	0,2	2,0	0,4	0,15
		Korn, 11 % RP	86	1,51	0,8	0,5	0,2	0,2	2,41	1,0	2,5	0,6	0,32	86	0,9	0,2	2,0	0,4	0,15

TM = Trockenmasse

RP = Rohprotein

Umrechnungsfaktoren von Rohprotein zu Stickstoff: bei Weizen 5,7, beim übrigen Getreide 6,25.

Bsp.: 100 dt Weizen mit 14 % Feuchte = 86 dt TM; bei 12 % RP = 10,32 dt RP; geteilt durch 5,7 = 181 kg N  
60 dt Braugerste mit 14 % Feuchte = 51,6 dt TM; bei 10 % RP = 5,16 dt RP; geteilt durch 6,25 = 83 kg N

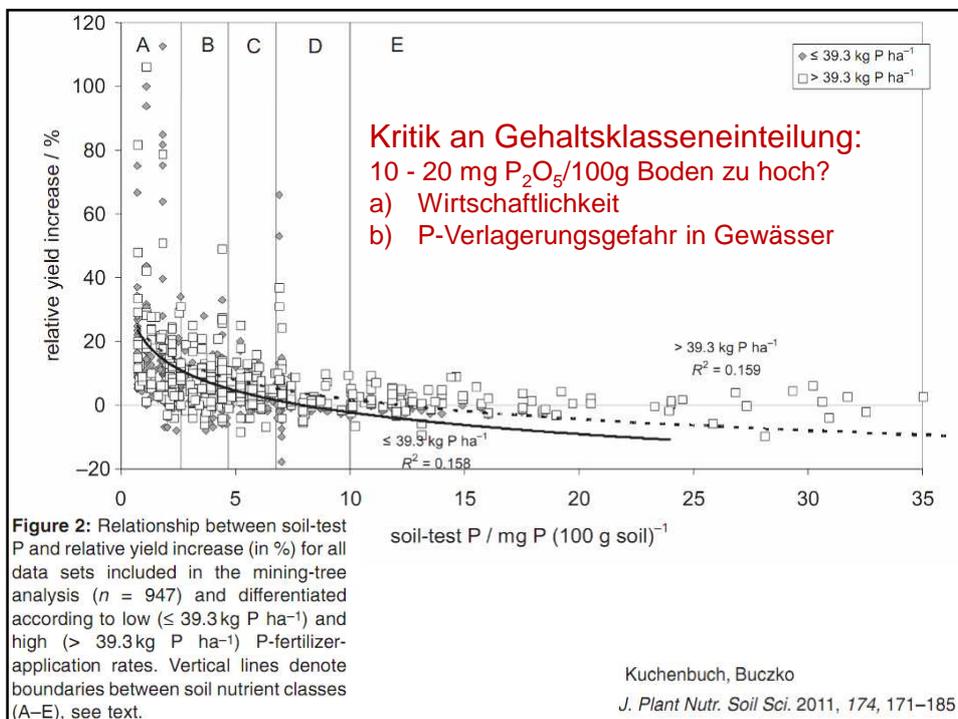
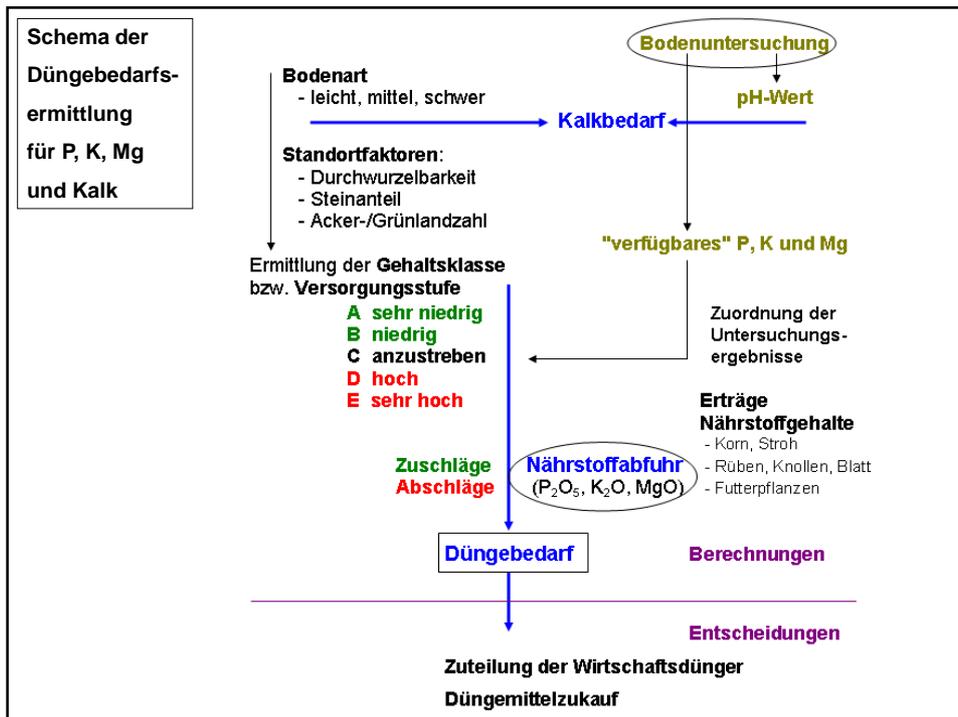
N- und Rohproteingehalte beziehen sich beim Erntegut immer auf die Trockenmasse (bei Futtermitteln beziehen sie sich auf die Frischmasse). Da beim Erfassungshandel die RP-Gehalte meist nur mit einer Schnellmethode ermittelt werden, wird die Bezugsgröße TM oft nicht angegeben.

Bei 14 % Feuchte im Erntegut kann der Rechengang wie folgt vereinfacht werden:

Weizen: % RP \* 0,15 = kg N/dt Korn; anderes Getreide: % RP \* 0,14 = kg N/dt Korn

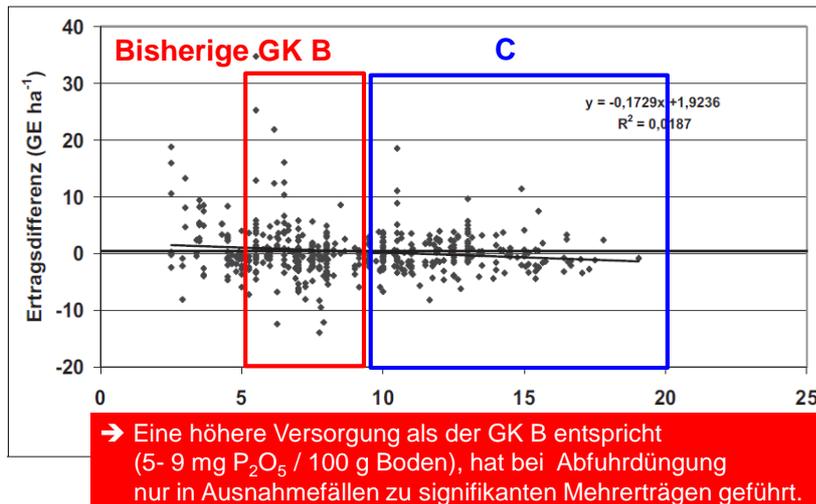
... und weitere Werte im Merkblatt „Nährstoffvergleiche“ oder Merkblatt „Nährstoffgehaltstabellen“

[www.pflanzenbau.rlp.de](http://www.pflanzenbau.rlp.de) / Rubrik Düngung



## Ertragsdifferenz bei P-Abfuhrdüngung in Abhängigkeit von den $P_2O_5$ -Gehalten im Boden

[Hege, Wendland und Offenberger, 2008]

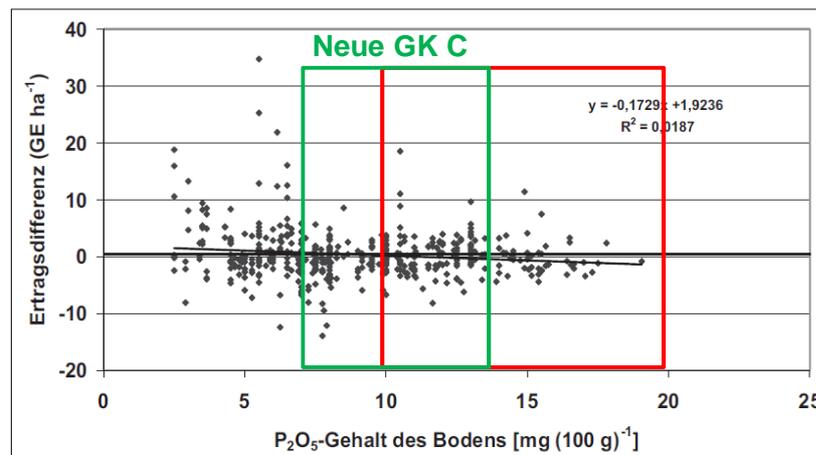


F. Wiesler, LUFA Speyer



## Ertragsdifferenz bei P-Abfuhrdüngung in Abhängigkeit von den $P_2O_5$ -Gehalten im Boden

[Hege, Wendland und Offenberger, 2008]



F. Wiesler, LUFA Speyer



## Die neuen Richtwerte für die P-Gehaltsklassen

[VDLUFA-Standpunkt, 2018]

Gehalts- klasse	Alte Richtwerte		Neue Richtwerte	
	mg P /100 g	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 100 g	mg P /100 g	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 100 g
A	< 2	< 5	<b>&lt; 1,5</b>	< 3,4
B	2,1 – 4,4	6 – 9	<b>1,5 – 3,0</b>	3,4 – 6,9
C	4,5 – 9,0	10 – 20	<b>3,1 – 6,0</b>	7,0 – 13,8
D	9,1 – 15,0	21 – 34	<b>6,1 – 12,0</b>	13,9 – 27,5
E	> 15,1	> 35	<b>&gt; 12,0</b>	> 27,5

\* Die Richtwerte gelten für alle Standorte mit einer Niederschlagsmenge von > ~550 mm/Jahr. In Trockengebieten (< ~550 mm) betragen die Richtwerte in GK A < 2,5, in GK B 2,5 – 5,0 und in Gehaltsklasse C 5,1 – 7,5, in GK D 7,6 – 12,0 und in GK E > 12 mg CAL-P (100 g)<sup>-1</sup> Boden.

**Einführung ab 2019 vorgesehen**

F. Wiesler, LUFA Speyer



P-Düngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf VDLUFA-Standpunkt

Tabelle 1: Gehaltsklassen (GK) für pflanzenverfügbaren Phosphor im Boden, P-Düngeempfehlung in den Gehaltsklassen sowie zu erwartende Wirkung einer P-Düngung auf den Pflanzenertrag und die Entwicklung der P-Gehalte im Boden.

GK	Definition	
A	P-Gehalt im Boden: P-Düngeempfehlung: Düngewirkung auf Ertrag: Düngewirkung auf P-Gehalt im Boden:	sehr niedrig stark erhöht im Vergleich zu GK C Erreichen des Optimalertrags steigt deutlich an
B	P-Gehalt im Boden: P-Düngeempfehlung: Düngewirkung auf Ertrag: Düngewirkung auf P-Gehalt im Boden:	niedrig erhöht im Vergleich zu GK C Erreichen des Optimalertrags steigt an
C	P-Gehalt im Boden: <u>P-Düngeempfehlung:</u> Düngewirkung auf Ertrag: Düngewirkung auf P-Gehalt im Boden:	optimal <u>nach Abfuhr</u> Erreichen des Optimalertrags* bleibt erhalten
D	P-Gehalt im Boden: P-Düngeempfehlung: Düngewirkung auf Ertrag: Düngewirkung auf P-Gehalt im Boden:	hoch vermindert im Vergleich zu GK C Sicherung des Optimalertrags nimmt langsam ab
E	P-Gehalt im Boden: P-Düngeempfehlung: Düngewirkung auf Ertrag: Düngewirkung auf P-Gehalt im Boden:	sehr hoch keine keine nimmt ab

\* Die Wirkung der P-Düngung auf den Ertrag stellt eine Modifikation im Vergleich zur bisherigen Definition der Gehaltsklasse C dar, nach der in der Gehaltsklasse C ein „geringer Mehrertrag“ durch Düngung erzielt werden sollte.

**Acker- und  
Grünland  
mg CAL-P  
pro 100 g  
Boden**

**0 < 1,5**

**1,5 - 3**

**3,1 - 6,0**

**6,1 – 12,0**

**> 12,0**

**...  
Trocken-  
gebiete  
mg CAL-P  
pro 100 g  
Boden**

**0 < 2,5**

**2,5 - 5**

**5,1 - 7,5**

**7,6 - 12,0**

**> 12,0**

Quelle: VDLUFA-Standpunkt zur Phosphor-Düngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf, 2018

## Phosphor und Phosphat - Kalium und Kali



- 3 H<sub>2</sub>O (- „H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>“) = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (enthält 43 % P, Umrechnung P \* 2,29 = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

= Phosphorpentoxid, „wasserfreie Phosphorsäure“

= „Phosphat“ (Phosphate sind aber die Salze der Phosphorsäure H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)

praktische Bedeutung zur Umrechnung von P in Futtermittel für  
„Stoffstrombilanz“ (Hoftorbilanz)



= „Kali“ (wasserfreie Kalilauge), prakt. Bedeutung: s.o.

Tierernährung, internationale/wissenschaftl. Pflanzenernährung:

P, K (Elementform)

Düngerecht, Düngemittel: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K<sub>2</sub>O (Oxidform)

**Bitte nicht P und K als Abkürzungen für P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K<sub>2</sub>O benutzen.**

17

### Nährelemente und ihre chemischen Verbindungen

Element	N	P	K	Mg	Ca	S
	Stickstoff	Phosphor	Kalium	Magnesium	Calcium	Schwefel
Oxid (sofern bei Düngern angegeben)	-	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	-
		„Phosphat“	„Kali“	Mg-Oxid	"Kalk"	
Multiplikation		P * 2,29 = P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K * 1,2 = K <sub>2</sub> O	Mg * 1,66 = MgO		
Säure Basen Salze	HNO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> OH Nitrate	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Phosphate	KOH Kalisalze	Mg(OH) <sub>2</sub> Mg-Salze	Ca(OH) <sub>2</sub> Ca-Salze	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Sulfate
von Pflanzen aufgenommen als Ion	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>-</sup> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
Verbindungen in Düngemitteln (Beispiele)	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CaCN <sub>2</sub> NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> OH	KCl K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub> MgO Mg(OH) <sub>2</sub> MgCO <sub>3</sub>	CaO Ca(OH) <sub>2</sub> CaCO <sub>3</sub>	CaSO <sub>4</sub> MgSO <sub>4</sub> K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

18

## Gründe für mangelnde **Aussagekraft der Bodenuntersuchung** zur Ermittlung des Düngebedarfs

### potentielles Nährstoffangebot des Bodens

Nachlieferungsvermögen (**Pufferung**)

Einfluss des **pH-Wertes** auf Extrahierbarkeit der unterschiedlichen P-Bindungsformen

**chemische** Standardbodenuntersuchung bzw. Verfügbarkeit:  
**organische** Bodenphosphate werden **nicht** erfasst

„**Alterung**“: Rückgang bei Extrahierbarkeit > Pflanzenverfügbarkeit  
 Beitrag des **Unterbodens**

### aktuelles Nährstoffangebot des Bodens: P-Anlieferung durch Diffusion

Bedeutung von **Feuchte** und **Temperatur**

### Durchwurzelbarkeit (Wurzelraum/Bodenstruktur): **räumliche** Nährstoffverfügbarkeit

Unterschiedliches **Aneignungsvermögen der Pflanzen**

### Heterogenität der Flächen (Bodenart, pH, Tiefgründigkeit, Humus, etc.)

**repräsentative Bodenprobenentnahme**

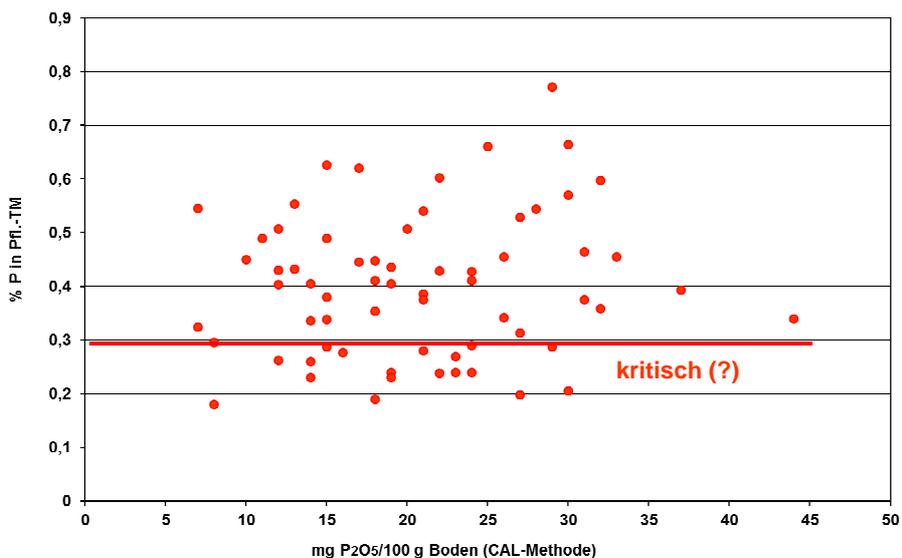
### unterschiedliche **Düngungsvorgeschichte**:

verschiedene organ./mineral. P-Düngerformen, Klärschlamm etc.

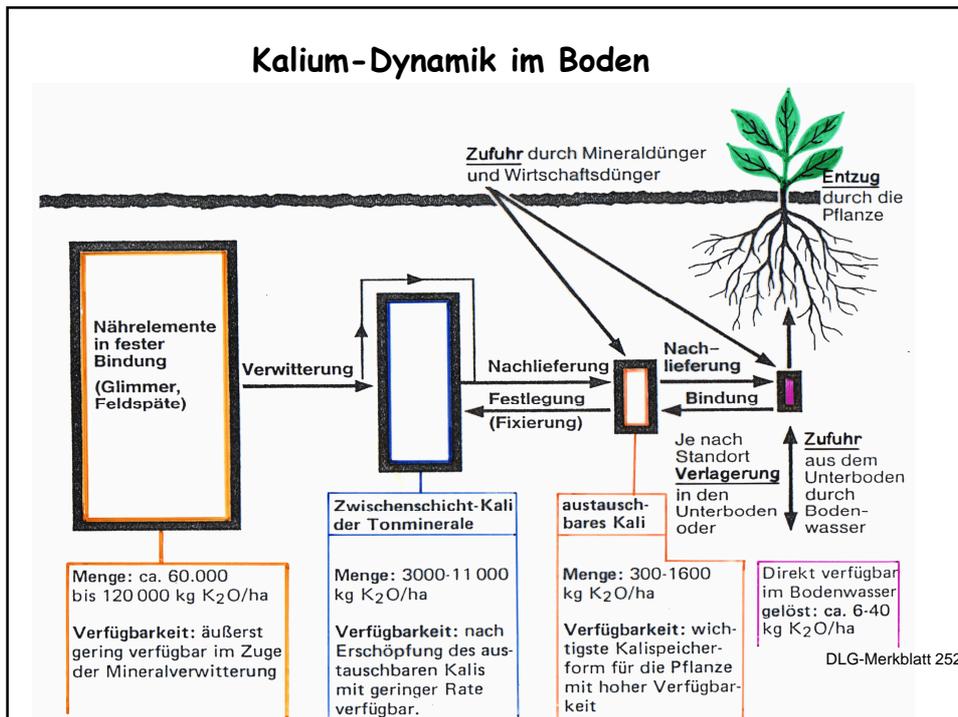
reichern **unterschiedliche P-Bindungsformen** im Boden an  
 Folge: **unterschiedliche P-Verfügbarkeit/Düngebedarfe** bei evtl. gleichen Nährstoffgehalten

## Verfügbarkeit von Phosphor in Boden und Pflanze (bei Winterweizen)

Nährstoffmonitoring 2005-2011, 66 Standorte, Winterweizen, ES 32

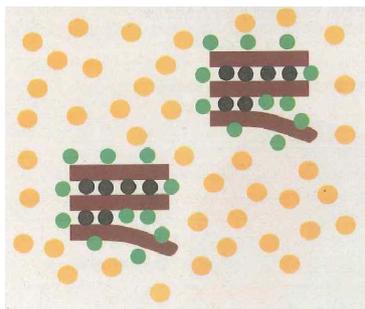


## Kalium-Dynamik im Boden



## Bindungsformen von Kalium

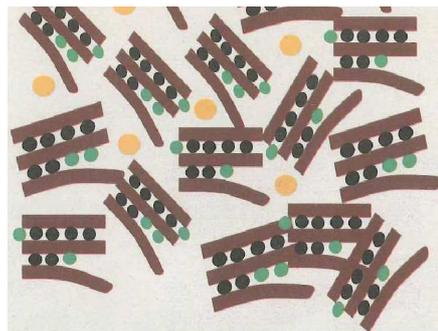
### im leichten Böden



Sandige Böden enthalten wenig Tonminerale, d.h. es kann nur relativ wenig K<sup>+</sup> gebunden oder nachgeliefert werden. Ein relativ großer Anteil des K<sup>+</sup> befindet sich in der Bodenlösung.

Die K-Düngung sollte wegen Verlagerungsgefahr vorzugsweise im Frühjahr erfolgen.

### im schweren Böden



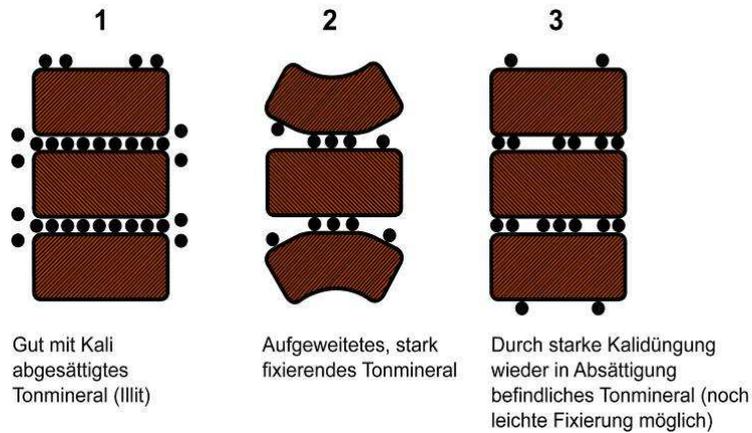
Schwere Böden enthalten viel Tonminerale, d.h. es kann viel K<sup>+</sup> gebunden oder nachgeliefert werden. Nur ein relativ geringer Anteil des K<sup>+</sup> befindet sich in der Bodenlösung. Bei langjährig unterlassener Düngung ist kaum noch K<sup>+</sup> in der Bodenlösung oder in austauschbarer Form vorhanden. Die Tonminerale können so stark an K<sup>+</sup> verarmen, dass sie gedüngtes K<sup>+</sup> festlegen („Kalifixierung“, erfordert Düngung zur Vegetation).

- K<sup>+</sup> in der Bodenlösung
- „austauschbares“ (nachlieferbares) K<sup>+</sup> an den Außenflächen der Tonminerale
- in den Zwischenschichten der Tonminerale fest gebundenes K<sup>+</sup>

22

Grafiken: Hetterich und Fischer, dzz 3/2012, Erläuterungen verändert

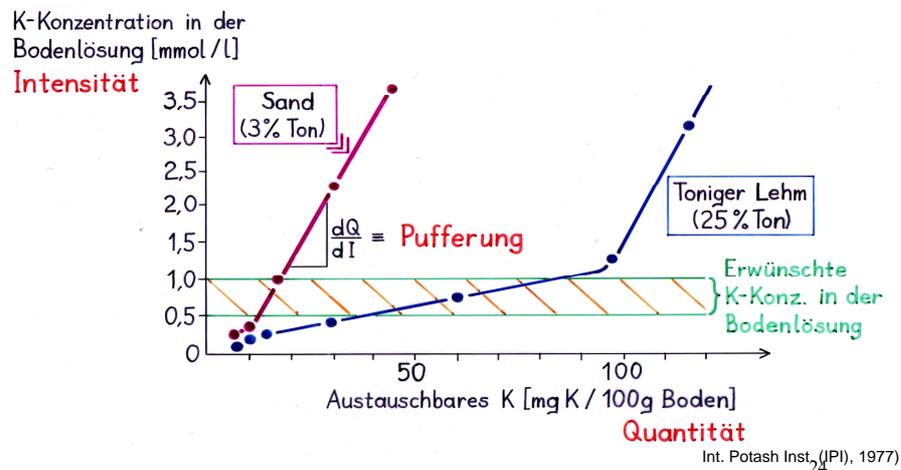
## Kali-Fixierung in den Zwischenschichten der Tonminerale

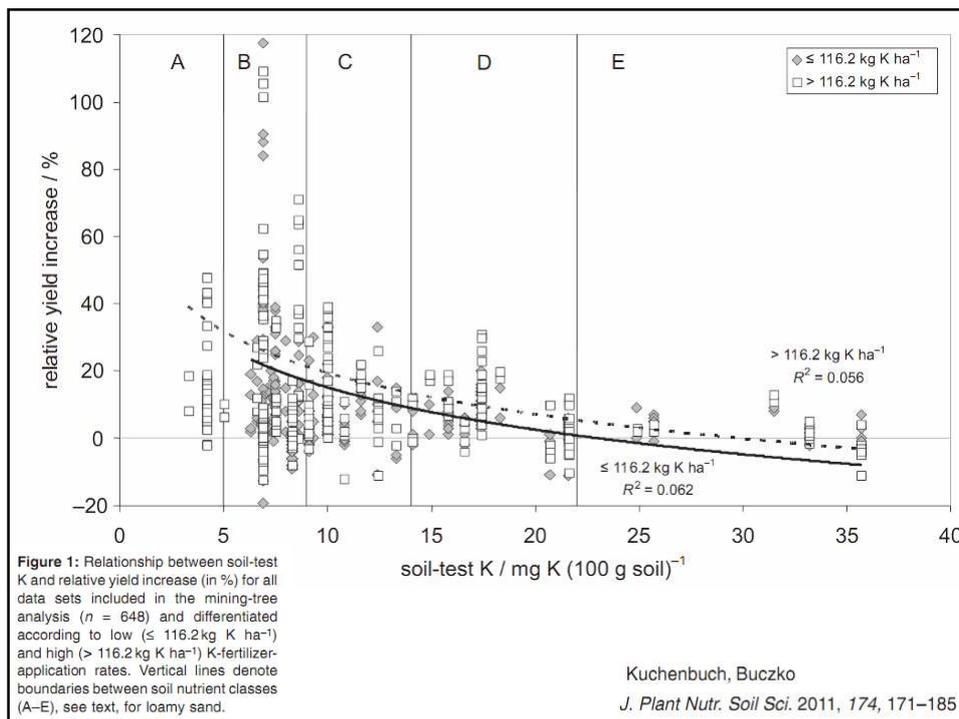


Typisch: Auenböden mit langjähriger Wiesennutzung,  
ohne K-Düngung

23  
Quelle: BAD

## Beziehung zwischen dem austauschbarem K (Quantität) und der K-Konzentration in der Bodenlösung (Intensität) in Abhängigkeit vom Tongehalt des Bodens





**Tab. 1: Einteilung der Gehaltsklassen**

Gehaltsklasse	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	Mg
= Versorgungsstufe für mittlere Verhältnisse	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g
<b>A</b> sehr niedrig	bis 5	bis 5	bis 2
<b>B</b> niedrig	6 - 11	6 - 11	3 - 5
<b>C</b> anzustreben	12 - 20	12 - 20	6 - 10
<b>D</b> hoch	21 - 30	21 - 30	11 - 15
<b>E</b> sehr hoch	ab 31	ab 31	ab 16

Die standortspezifischen **Versorgungsstufen** werden ausgehend von den Gehaltsklassen (siehe Tab. 1) unter Berücksichtigung der in Tabelle 2 aufgeführten Zu- und Abschläge für Bodenart, Durchwurzelbarkeit, Steinanteil sowie Ackerzahl abgeleitet. Zumindest die Bodenart sollte in jedem Fall berücksichtigt werden (siehe Bsp. in Tab.3).

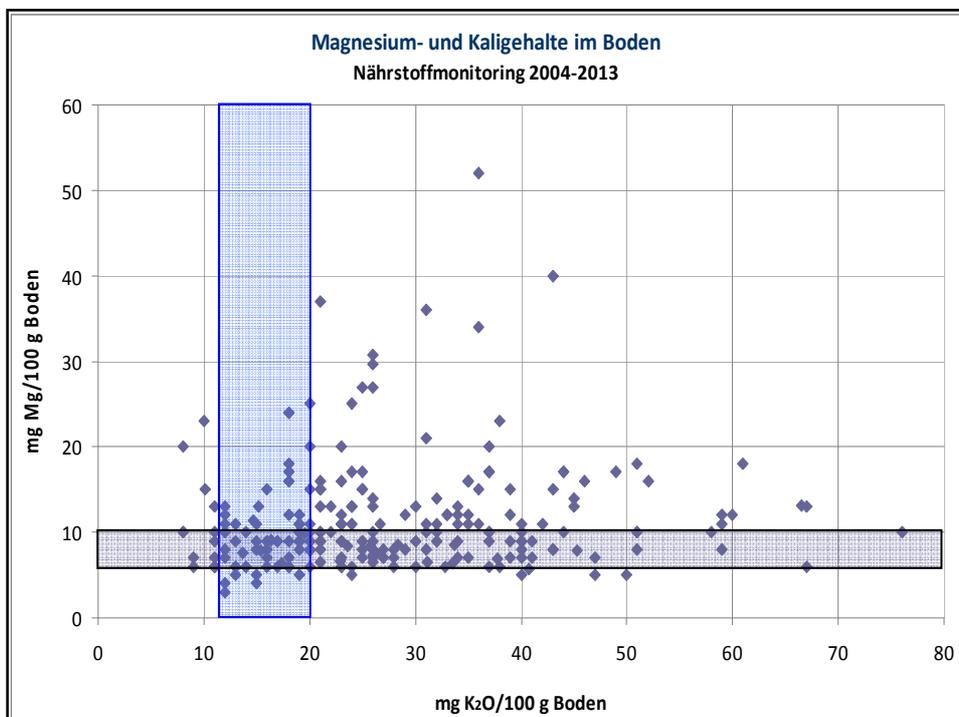
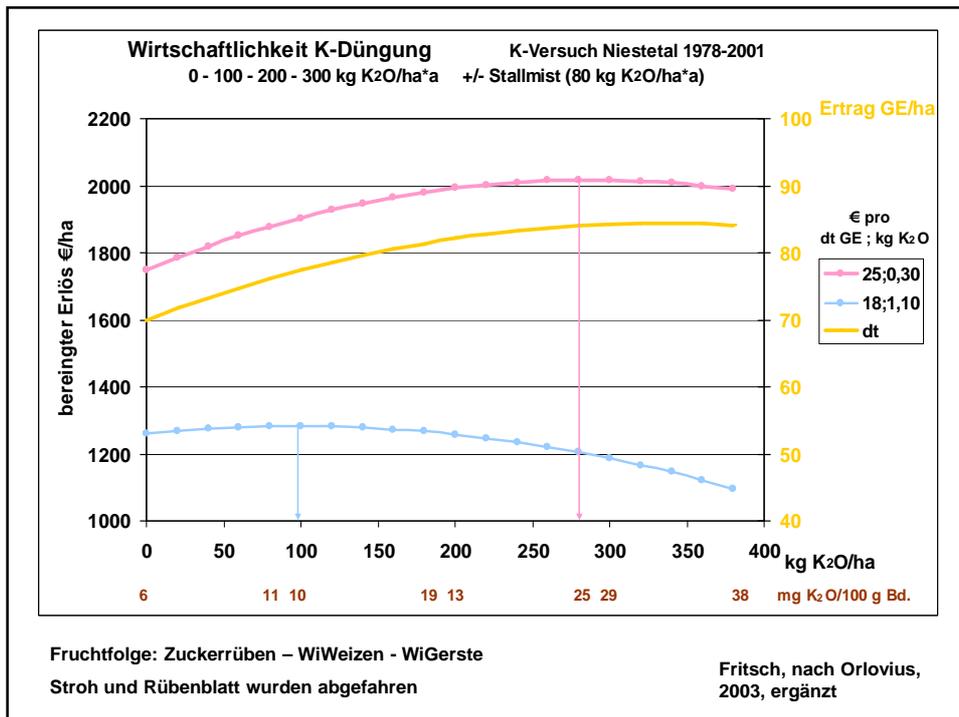
**Tab. 2: Zu- und Abschläge zur Ermittlung der Versorgungsstufe C**

	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	Mg
leichte Böden	-	-2 -5	-2 -4
schwere Böden	-	+2 +5	+2 +4
Durchwurzelbarkeit < 60 cm	+1	+1	+1
Steinanteil > 30 %	+2	+2	+1
Ackerzahl < 40 <sup>1</sup>	+2	+2	+1

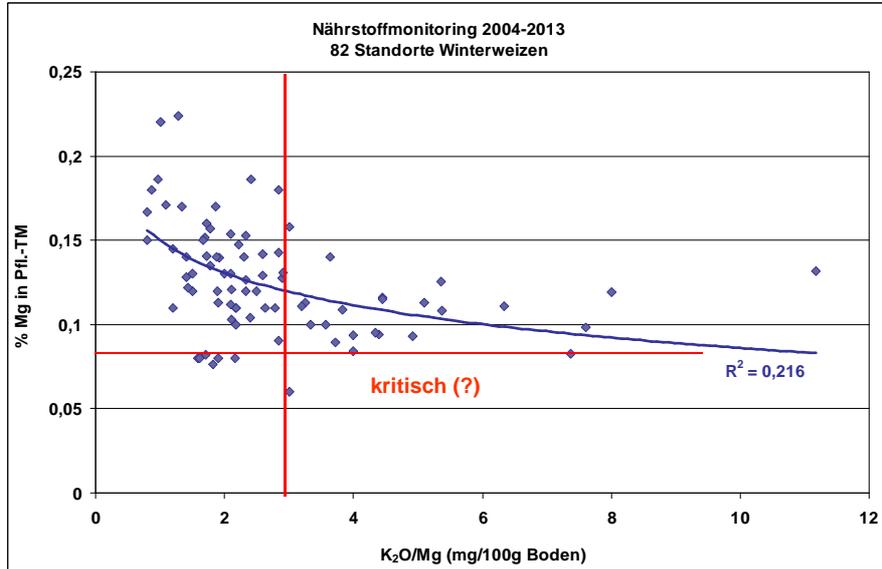
<sup>1</sup> Nicht bei leichten Böden

Die Zu- und Abschläge gelten nur für Versorgungsstufe C. Erst wenn diese für den Standort ermittelt ist, werden die Grenzen der übrigen Stufen errechnet.

Ermittlung Grundnährstoffbedarf – System **RP**



## K/Mg-Verh. bei Bodenunters. und Mg-Verfügbarkeit bei Winterweizen



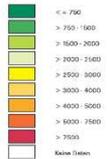
## Geochemische Übersichtskarte Rheinland-Pfalz 1:1000000

Gesamtgehalt von Kalium im Boden  
Tiefenstufe 0 - 30 cm  
(Königswasser-Extraktion)

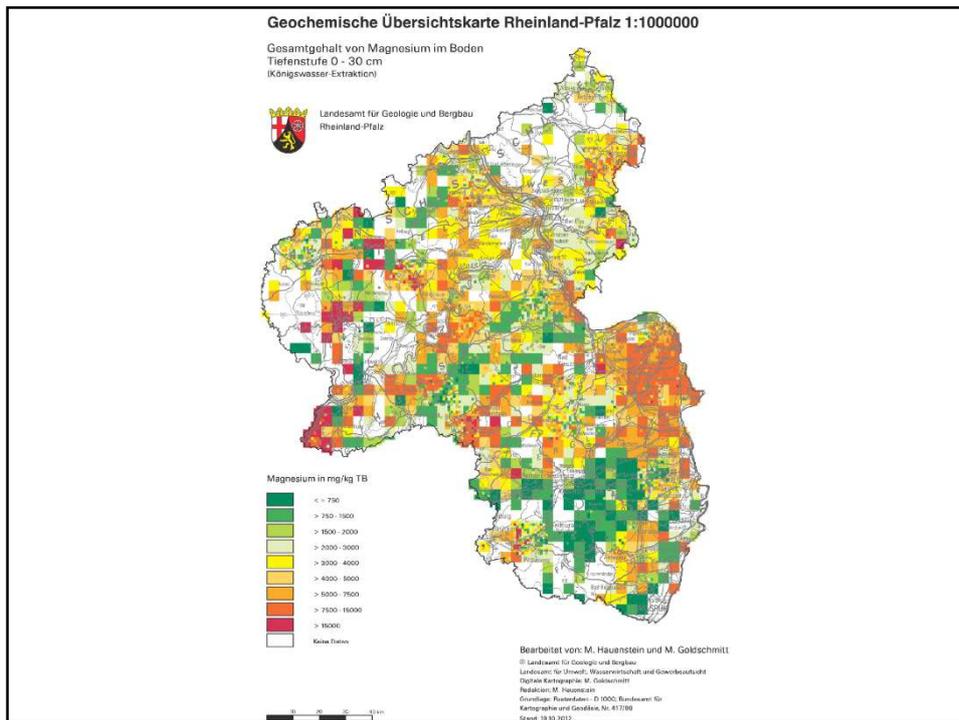


Landesamt für Geologie und Bergbau  
Rheinland-Pfalz

Kalium in mg/kg TB



Bearbeitet von: M. Hauenstein und M. Goldschmitt  
© Landesamt für Geologie und Bergbau  
Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht  
Digitale Kartographie M. Goldschmitt  
Redaktion: M. Hauenstein  
© Geologie, Neudruckdatum: 01.09.2007; Druckdatum: für  
Kartographie und Geodäsie, Nr. 417/06  
Seite 18/19 2012



William A. Albrecht (1888–1974) sah eine direkte Verbindung zwischen Bodenqualität, Lebensmittelqualität und Gesundheit des Menschen. Er zog Direktverbindungen zwischen minderwertigen Futterpflanzen und Gesundheitsschäden bei landwirtschaftlichen Nutztieren und daraus eine Formel für ideale Verhältnisse von Kationen in der Erde (WIKIPEDIA 2013). Darauf aufbauend entwickelte der Pflanzenbauberater Neal Kinsey einen Beratungsansatz, in dem ein Gleichgewicht in der Verteilung der Nährstoffe im Boden angestrebt wird. Die Höhe der erforderlichen Nährstoffmengen hängt von der Kationen-Austausch-Kapazität ab. Unter dem Titel „Beratung-mal-anders.de“ bietet die Bayer Handelsvertretung, York-Th. Bayer, das Beratungssystem Kinsey in Deutschland an, so dass die Empfehlungen auch für Landwirte anwendbar sind.

Landesforschungsanstalt für  
Landwirtschaft und Fischerei

**Mecklenburg  
Vorpommern**

Ertrags- und Qualitätswirkung der N-Düngung  
in Abhängigkeit vom Grunddüngungssystem

**Abschlussbericht 2013**  
Forschungsnummer 10.07

im Forschungskomplex:  
Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie

Stand: 25. März 2013

Wissenschaftlicher Bearbeiter:  
Dr. Eckhard Lehmann

Beteiligte Einrichtungen:  
LMS Agrarberatung – LLFA, Rostock und Zentrale Stelle für landwirtschaftliches Fachrecht  
und Beratung  
Fa. Bayer Handelsvertretung (Kinsey)  
Fa. KARNER Düngemittelproduktion GmbH (AKRA)

Institut für Pflanzengenerierung  
und Betriebswirtschaft

Dortmund 107 Gültew  
18718 Gültew-Pfenne  
www.lfzlv.de

**Die Basis der Bodenanalyse beinhaltet normalerweise:**

- Totale Kationen Austausch Kapazität (T.E.C.)
- Boden pH
- Organische Substanz (Humus) in Prozent
- Stickstoff (ENR vom Kolloidialen Humus) – geschätzte N Menge, die in dieser Vegetation aus dem Kolloidial Humus zu Verfügung steht.
- Schwefel (als S) in ppm
- Phosphor (als P205)
- Olsen Wert (ohne Berechnung, wenn der pH über 7,5 liegt)
- Prozent Basen Sättigung von:
  - Kalzium (Ca)
  - Kali (K)
  - Magnesium (Mg)
  - Natrium (Na)
  - Andere Basen
  - Austauschbarer Wasserstoff
- Kalzium, Magnesium, Kali und Natrium in kg/ha
- Spurenelemente:
  - Bor in ppm                      Eisen in ppm
  - Mangan in ppm      Kupfer in ppm
  - Zink in ppm

**Bayer Handelsvertretung**

Pichelsdorfer Str. 71 – D-13595 Berlin  
 Tel. 030 - 75704620 Fax. 030 - 75704621 e-mail: [bp@beratung-mal-anders.de](mailto:bp@beratung-mal-anders.de)  
[www.beratung-mal-anders.de](http://www.beratung-mal-anders.de)

Grundlagen für die Bodenfruchtbarkeitsberatung nach Prof. Albrecht

**Bayer Handelsvertretung**

Pichelsdorfer Str. 71 – D-13595 Berlin  
 Tel. 030 - 75704620 Fax. 030 - 75704621  
 e-mail: [york.th@beratung-mal-anders.de](mailto:york.th@beratung-mal-anders.de)  
[www.beratung-mal-anders.de](http://www.beratung-mal-anders.de)

Datum \_\_\_\_\_

Ihr Name \_\_\_\_\_

Unternehmen \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

PLZ \_\_\_\_\_ Ort \_\_\_\_\_

Staat \_\_\_\_\_

Tel. \_\_\_\_\_

Fax \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Bitte hier Ankreuzen wenn die Beratung für BIO sein soll

Probennahmetiefe:  
 Standard (17 – 20 cm)  
 No-Till, Grünland (10 cm)

Unterschrift: \_\_\_\_\_

Betrieb	Schlag	Proben Nr.	Alte ID	Informationen zum Anbau				Kalk ausgebracht in den letzten 3 Jahren?			
				Vorfrucht		Aktuelle / Gepl.		Saatzeit Mo/Jahr	Art	Mo/Jahr	dt / ha
				Fruchtart	Ertrag Dt/ha	Fruchtart	Ertrag Dt/ha				
1									<input type="checkbox"/> Cal Carbonat <input type="checkbox"/> Dolomit <input type="checkbox"/> Gips		
2									<input type="checkbox"/> Cal Carbonat <input type="checkbox"/> Dolomit <input type="checkbox"/> Gips		
3									<input type="checkbox"/> Cal Carbonat <input type="checkbox"/> Dolomit <input type="checkbox"/> Gips		
4									<input type="checkbox"/> Cal Carbonat <input type="checkbox"/> Dolomit <input type="checkbox"/> Gips		
5									<input type="checkbox"/> Cal Carbonat <input type="checkbox"/> Dolomit <input type="checkbox"/> Gips		
6									<input type="checkbox"/> Cal Carbonat <input type="checkbox"/> Dolomit <input type="checkbox"/> Gips		
7									<input type="checkbox"/> Cal Carbonat <input type="checkbox"/> Dolomit <input type="checkbox"/> Gips		

**Programm Intensität ( nur eins auswählen )**  
 Die Empfehlungen sollen den Boden in diese Richtung bringen:  
 X Exzellenz \*  
 Aufbauen  
 auf gleichen Level halten  
 Minimum Aufwand  
 \* Exzellenz ist Standard.

Test: X Standard (beinhaltet Fe, B, Mn, Cu, & Zn)  
**Special Tests:**  
 Molybdän       Kobalt  
 Salz Konzentration / Chlorides  
 Aluminium       CaCO<sub>3</sub> z.B. Weinbau  
 Andere (Spezifizieren): \_\_\_\_\_

Falls Kalke eingesetzt wurde Bitte mit uns Rücksprache halten

Copyright © 2013 Bayer Handelsvertretung All rights reserved.

**BAYER HANDELSVERTRETUNG**  
 Pflanzhofstr. 71, D-13569 Berlin  
 Tel.: 49-30-75704620 Fax: 49-30-75704621, email: ymk.hq@beratung.mal.smbv.de

**PLOT ID: D3H7E**

Kunde: \_\_\_\_\_ Ort: \_\_\_\_\_ Datum: 23.04.2002

Ort		"Name Landwirt"		Vorherige Ergebnisse & Düngung				
Kultur		XYZ / D-01						
Lab.Nr.		D0016						
Totale Kationen-Austauschkapazität (M.E.)		14,55						
Gewünschtes Ca : Mg Verhältnis		68 : 12						
pH der Bodenprobe		7,1						
Humusgehalt, Prozent		2,8						
<b>BASENSÄTTIGUNG, PROZENT</b>								
Calcium (60 to 70%)		81,48						
Magnesium (10 to 20%) } 80%		10,02						
Kalium (2 to 5%)		3,02						
Natrium (5 to 3%)		1,18						
Andere Basen (Variable)		4,30						
Austauschbare Wasserstoff (10 to 15%)		0,00						
<b>EMPFEHLUNG</b>								
ANIONEN	Stickstoff kg/ha ENR Wert	85						
		NACH BEDARF						
	SCHWEFEL - S p.p.m. Gefunden	13		17				
		SCHWEFEL 90-92%						
	PHOSPHOR as (P2O5) kg/ha	Gewünschter Wert	841					
		Olsen Wert Gefunden Mangel/Überfluss	730 -111		224 (für die Rohphosphat)			
	CALZIUM kg/ha	Gewünschter Wert	4438					
		Gefunden Mangel/Überfluss	5315 +879		NICHTS			
	MAGNESIUM kg/ha	Gewünschter Wert	470					
		Gefunden Mangel/Überfluss	362 -78		KIESERIT 168			
KALI kg/ha	Gewünschter Wert	954						
	Gefunden Mangel/Überfluss	364 -570		KALI SULFAT 0-0-50 224				
Natrium kg/ha	Gewünschter Wert	75						
	Gefunden Mangel/Überfluss	89 +14		P.P.M. P.P.M. P.P.M.				
SPURENELEMENTE	Bor p.p.m.	0,96		BORSÄURE 17,4% (d) 13				
	Eisen p.p.m.	652						
	Mangan p.p.m.	3,30		KUPFER SULFAT 23% 6				
	Kupfer p.p.m.	12,20		ZINK SULFAT 36% 34				
Zink p.p.m.								
(a) Setze dem AHL 6 kg/ha von Sulfur zusätzlich zu. (b) (c) (d)								
<b>WICHTIGKEIT:</b> Optional, Beispiel von einer anderen Auswertung. <b>PRIORITY:</b> 1) Stickstoff 2) Magnesium 3) Kali 4) Phosphor 5) Kupfer 6) Bor 7) Zink								

Ein Service der York-Th. Bayer bodenberatung. Überprüft durch \_\_\_\_\_  
**EMPFEHLUNG AUF BASIS FLÄCHIGE OBERFLÄCHENDÜNGUNG; AUßER GESONDERT DARAUF HINGEWIESEN**

Ort		"Name Landwirt"		Vorherige Ergebnisse & Düngung				
Kultur		WINTER WEIZEN / WINTER WEIZEN						
Lab.Nr.		XYZ / D-01						
Totale Kationen-Austauschkapazität (M.E.)		14,55						
Gewünschtes Ca : Mg Verhältnis		68 : 12						
pH der Bodenprobe		7,1						
Humusgehalt, Prozent		2,8						
<b>BASENSÄTTIGUNG, PROZENT</b>								
Calcium (60 to 70%)		81,48						
Magnesium (10 to 20%) } 80%		10,02						
Kalium (2 to 5%)		3,02						
Natrium (5 to 3%)		1,18						
Andere Basen (Variable)		4,30						
Austauschbare Wasserstoff (10 to 15%)		0,00						
<b>EMPFEHLUNG</b>								
ANIONEN	Stickstoff kg/ha ENR Wert	85						
		NACH BEDARF						
	SCHWEFEL - S p.p.m. Gefunden	13		17				
		SCHWEFEL 90-92%						
	PHOSPHOR as (P2O5) kg/ha	Gewünschter Wert	841					
		Olsen Wert Gefunden Mangel/Überfluss	730 -111		224 (für die Rohphosphat)			
	CALZIUM kg/ha	Gewünschter Wert	4438					
		Gefunden Mangel/Überfluss	5315 +879		NICHTS			
	MAGNESIUM kg/ha	Gewünschter Wert	470					
		Gefunden Mangel/Überfluss	362 -78		KIESERIT 168			
KALI kg/ha	Gewünschter Wert	954						
	Gefunden Mangel/Überfluss	364 -570		KALI SULFAT 0-0-50 224				
Natrium kg/ha	Gewünschter Wert	75						
	Gefunden Mangel/Überfluss	89 +14		P.P.M. P.P.M. P.P.M.				
SPURENELEMENTE	Bor p.p.m.	0,96		BORSÄURE 17,4% (d) 13				
	Eisen p.p.m.	652						
	Mangan p.p.m.	3,30		KUPFER SULFAT 23% 6				
	Kupfer p.p.m.	12,20		ZINK SULFAT 36% 34				
Zink p.p.m.								
(a) Setze dem AHL 6 kg/ha von Sulfur zusätzlich zu. (b) (c) (d)								
<b>WICHTIGKEIT:</b> Optional, Beispiel von einer anderen Auswertung. <b>PRIORITY:</b> 1) Stickstoff 2) Magnesium 3) Kali 4) Phosphor 5) Kupfer 6) Bor 7) Zink								

ca. 95 kg S/ha

# A Review of the Use of the Basic Cation Saturation Ratio and the "Ideal" Soil

Peter M. Kopittke\*  
Neal W. Menzies

School of Land and Food Sciences  
The Univ. of Queensland  
St. Lucia, Qld  
Australia 4072

The use of "balanced" Ca, Mg, and K ratios, as prescribed by the basic cation saturation ratio (BCSR) concept, is still used by some private soil-testing laboratories for the interpretation of soil analytical data. This review examines the suitability of the BCSR concept as a method for the interpretation of soil analytical data. According to the BCSR concept, maximum plant growth will be achieved only when the soil's exchangeable Ca, Mg, and K concentrations are approximately 65% Ca, 10% Mg, and 5% K (termed the *ideal soil*). This "ideal soil" was originally proposed by Firman Bear and coworkers in New Jersey during the 1940s as a method of reducing luxury K uptake by alfalfa (*Medicago sativa* L.). At about the same time, William Albrecht, working in Missouri, concluded through his own investigations that plants require a soil with a high Ca saturation for optimal growth. While it now appears that several of Albrecht's experiments were fundamentally flawed, the BCSR ("balanced soil") concept has been widely promoted, suggesting that the prescribed cationic ratios provide optimum chemical, physical, and biological soil properties. Our examination of data from numerous studies (particularly those of Albrecht and Bear themselves) would suggest that, within the ranges commonly found in soils, the chemical, physical, and biological fertility of a soil is generally not influenced by the ratios of Ca, Mg, and K. The data do not support the claims of the BCSR, and continued promotion of the BCSR will result in the inefficient use of resources in agriculture and horticulture.

Abbreviations: BCSR, basic cation saturation ratio; CEC, cation exchange capacity.

Soil Sci. Soc. Am. J. 71:259–265

doi:10.2136/sssaj2006.0186

Received Received 11 May 2006.

\*Corresponding author (p.kopittke@uq.edu.au).

© Soil Science Society of America

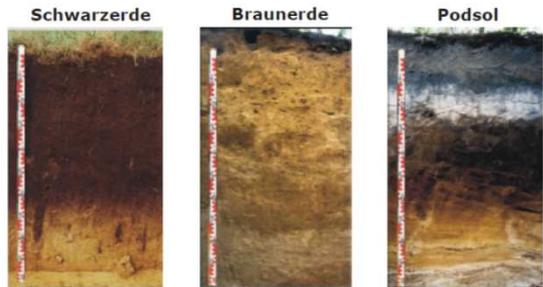
677 S. Segoe Rd. Madison WI 53711 USA

SSSAJ: Volume 71: Number 2 • March–April 2007

## Analysemethoden –

### Kinsey/Albrecht ([www.beratung-mal-anders.de](http://www.beratung-mal-anders.de))

- ▶ Werte: pH-Wert, Humus, N, S, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K, Mg, Ca, Na, Spurennährstoffe (B, Mn, Cu, Zn, Fe) als Gesamtgehalte des Bodens mit Kationen-Austauschkapazität und Basensättigung, Düngeempfehlung, Verhältnisse der Element untereinander berücksichtigt
- ▶ positiv: ganzheitliche Betrachtung (Nährstoff-Balance, Bodendüngung nicht Pflanzendüngung, Pflanzengesundheit), viele Werte (zusätzlich N, S...), Kalkung aus pH-Wert, Ca- & Mg-Gehalte abgeleitet, optimales Ca:Mg-Verhältnis angestrebt, übersichtliche Darstellung
- ▶ negativ: Proben in die USA geschickt, Analyse dauert lange (10 Wochen), Interpretation der vielen Werte?, teurer ca. 75 € + MwSt., Erfahrungen mit Methode in D fehlen (weltweit sehr bekannt), nicht Cross Compliance konform



	Schwarzerde	Braunerde	Podsol
Ton (%)	18	16	4,5
org. Subst. (%)	7	3	6
pH	7	6,1	4,2
Sättigung (%) Ca	91	64	23
Sättigung (%) Mg	8	6	3
(Mg+K+Na)			(Mg+K)
Sättigung (%) H	1	25	74
			(H+Al)
KAK (meq/100g)	28	18	12
Basensättigung (%)	99	75	26

**Beispiel für Höhe der KAK, Zusammensetzung des Kationenbelages und Basensättigung verschiedener Böden (nach Schröder, 1978)**

S. Haneklaus, 2002

**Feldparameter:**

Bodentyp: \_\_\_\_\_ Ackerzahl: \_\_\_\_\_

Bodenart:  leicht  mittel  schwer „Steingehalt“:  <10%  10-20%  20-40%  > 40%

„Humus“:  niedrig  mittel  hoch Regenwürmer:  keine  einzelne  mittel  viele

Struktur:  krümelig  körnig  blockig  plattig  massiv  Klumpen  strukturlos

Gründigkeit:  0-30cm  30-70cm  >70cm Karbonate:  ja  nein

**Fruchtfolge und Düngung:**

Jahr	Hauptfrucht	Stroh am Feld	Ertrag	Zw-Frucht	Dünger	Menge	Dünger	Menge	Dünger	Menge
		ja nein	t/ha			kg - m <sup>2</sup> /ha		kg - m <sup>2</sup> /ha		kg - m <sup>2</sup> /ha

St=Stallmist, (B)G=(Biogas)Gülle, Ko=Kompost, D=Dolomit, G=Gips, C=Kalk P=Phosphor, K=Kalium, Mg=Magnesium, N=Stickstoff, S=Schwefel, Sp=Spurenelemente

**Bodenbearbeitung/Bewässerung:**

Pflug:  ja  nein Alternativgeräte: \_\_\_\_\_ Bearbeitungstiefe (cm): \_\_\_\_\_

Saatbearbeitung: \_\_\_\_\_ Bewässerung:  nein  ja bei folgenden Kulturen: \_\_\_\_\_

**Untersuchungsprogramm: Preise: Stand Jänner 2015 (allfällige Änderungen siehe [www.bodenoekologie.com](http://www.bodenoekologie.com))**

**Basischarakterisierung/Dauereigenschaften inkl. 5 Phosphor Pools (gültig 8 bis 10 Jahre)** ..... Netto € 365,00

- Basisparameter: KH-Wert, Färbung, Trübung, pH<sub>H2O</sub>, pH<sub>KCl</sub>, eL, Kalkgehalt, C<sub>org</sub> (=Humus), N<sub>org</sub>, P<sub>org</sub>, S<sub>org</sub>, CEC<sub>pot</sub>, CEC<sub>akt</sub>
- Wasserlösliche + austauschbare + Reserve-Stoffe (Nährstoffe, Spurenelemente, pot. toxische Stoffe)
- Phosphor Pools: P wasserlöslich, P austauschbar, P säurelöslich, P organisch, P gesamt

**Aktuelle Nährstoffversorgung (gültig für 2 Jahre)** ..... Netto € 270,00

- Basisparameter, Wasserlösliche, austauschbare Stoffe
- ACHTUNG: Reservepools und P Fraktionen sind nicht enthalten!

Versand der Ergebnisse:  e-mail (kostenlos)  Post (+ € 10,00)

Ich bitte, dass meine personenbezogenen Daten samt den Untersuchungsergebnissen zu Vergleichszwecken bei Nachfolgeaufträgen unbefristet verarbeitet werden können. Diese Einwilligung kann ich jederzeit mit Wirkung für die Zukunft widerrufen.

**Firmenmäßige Unterschrift/Stempel (Auftraggeber)** \_\_\_\_\_

TB Unterfranner GmbH, FN 430626z, UID: AT U69409936. [www.bodenoekologie.com](http://www.bodenoekologie.com). Gerichtsstand und Erfüllungsort ist in 1030 Wien. Auftrag Bodenuntersuchung Seite 2 von 2

# Bodeneigenschaften



1

Tabelle 1: Zusammenfassung

Bodeneigenschaften, Tiefe 0 - 30 cm							
Parameter	Wert	sehr niedrig	niedrig	günstig	hoch	sehr hoch	Bemerkung
<b>Basisparameter</b>							
Bodenschwere (KH)	42						leicht mittelschwerer Boden
pH Wert KCl [-log H+]	6,5						schwach sauer
pH Wert H2O [-log H+]	7,4						schwach alkalisch
Kalkgehalt CaCO3 [%]	0,0						nicht nachweisbar
gelöste Stoffe [µL, mS/cm]	1,1						Auswaschung
Humusgehalt [%] = Corg * 1,724	1,5						Gründüngung
Humusqualität [C/N]	13,4						N Nachlieferung aus Humus
Humusqualität [C/P]	48,1						günstig
Humusqualität [C/S]	100,0						eng
<b>Sorptionskomplex</b>							
CEC pot [mmolc/kg]	55						pot sorptionschwach
CEC akt [mmolc/kg]	23						akt sehr sorptionschwach
Basensättigung [BS % CECpot]	42						Gefahr Versauerung
Ca am Magnet [%CECpot]	32,5						sehr niedrig
Mg am Magnet [%CECpot]	7,4						sehr niedrig
K am Magnet [%CECpot]	2,0						günstig
Na am Magnet [%CECpot]	0,2						günstig
Al am Magnet [%CECpot]	0,1						günstig
NH4N am Magnet [%CECpot]	0,0						günstig
Fe am Magnet [%CECpot]	0,0						günstig
Mn am Magnet [%CECpot]	0,0						günstig
H am Magnet [%CECpot]	0,3						aktuelle Säure gering
pot.Säure am Magnet [%CECpot]	57,6						sehr hoch
<b>Melioration (Maßnahmen zur Verbesserung/Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit)</b>							
org. min.	Kalk (CaCO3) kg/ha	2940	Dolomit (mit 40% MgCO3) kg/ha	1820	Katium (K) kg/ha organisch oder mineralisch	170	
	Gips (CaSO4 * 2 H2O) kg/ha	350	Magnesium (Mg) kg/ha				
org.	Aufbau von Dauerhumus kg/ha	54500	Stroh am Feld lassen		Zwischenfrüchte		
			Gründüngungen		Kompost		

Die Belegung des Magneten mit Nährstoffen ist ein wichtiger Parameter zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit. Optimale Verhältnisse herrschen, wenn:

	Ca	Mg	K	Na	(H+Al)
<b>SOLL:</b>	60-80	10-20	1,5-4	< 5	< 10
1	76,6	17,5	4,7	0,4	0,7

Sorptionskomplex "Magnet" aktuell

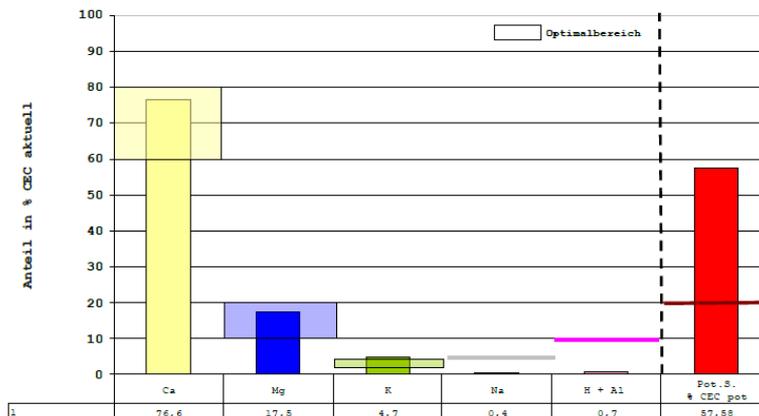


Abbildung 2: Zusammensetzung des aktuellen Sorptionskomplexes



### Fraktionierte Analyse

Das Verfahren der **Fraktionierten Analyse** wurde von Prof. Husz entwickelt und hat die Grundzüge in der **russisch-ungarischen** Bodenkunde, bei der die genetische Sichtweise im Vordergrund steht. Die Methode ist im österreichischen Normungsinstitut **genormt** (ÖNORM 2122-1) und vom Ministerium **akkreditiert**, die „Wissenschaftlichkeit“ steht außer Frage. Zudem ist es keine „statische“ Methode, sondern unterliegt einer **kontinuierlichen** Überprüfung und **Ergänzung!**

Durch die Analyse von **137 Einzelparametern** je Probe werden viele „Zahnradchen“ erfasst und in ihrer Konzentration sowie im Verhältnis zu anderen relevanten Parametern bewertet. Jeder Boden und jedes Analysenergebnis sind somit einzigartig!

Bei Abweichungen der Optimalbereiche werden Empfehlungen erarbeitet um das Getriebe in seiner Gesamtheit zu „schmieren“ und wieder zur vollen Ertragsfähigkeit (standorttypisch) zu bringen. Es geht **nicht** um die Ableitung von **Düngungsmaßnahmen**, sondern von Maßnahmen zur **strukturellen Beeinflussung** der **dynamischen** Prozessen im Boden, welche die Bodenfruchtbarkeit nachhaltig optimieren!

Zur Umsetzung der Maßnahmen ist ein Partner notwendig, der ebenfalls die gesamtheitliche Betrachtung des Systems in den Vordergrund stellt. Es geht eben nicht nur um die Zufuhr von Stickstoff, Phosphor und Kalium!

### Das AKRA (Dünge) System

Beim **AKRA (Dünge) System** steht wie bei der **Fraktionierten Analyse** die **gesamtheitliche Betrachtung** der Bodenfruchtbarkeit (=Ertragsfähigkeit) im Vordergrund!

Die aus der fraktionierten Analyse abgeleiteten Maßnahmen erfordern bestimmte Produkte bzw. Produktkombinationen, die von der Firma **KARNER Düngerproduktion** spezifisch zusammengestellt und gemischt werden können.

**Das AKRA (Dünge) System besteht aus verschiedenen Komponenten, welche sich gegenseitig ergänzen und nur bei vollständiger Anwendung (Umsetzung) den prognostizierten Erfolg bringen.**

Produkte zur Verbesserung und Aufrechterhaltung der Bodenfruchtbarkeit sind das **AKRA D-G-C** und das **AKRA Kombi**.

**AKRA D-G-C** eine feinvermahlene Mischung aus Dolomit, Gips und Calk neutralisiert eine bestimmte kalkulierte Menge Säure und liefert **Calcium** aus 3 verschiedenen chemischen Bindungsformen. Damit steht Calcium als Nährstoff über die gesamte Vegetationsperiode zur Verfügung und kann zudem als Brücke zwischen Ton-Humusteilchen die Stabilität der Aggregate fördern. Des weiteren werden aus dem D-G-C die Nährstoffe **Magnesium** und **Schwefel** freigesetzt. Die Aufwandmenge richtet sich nach den Ergebnissen der Fraktionierten Analyse.

**AKRA Kombi** besteht aus **16** verschiedenen **Einzelkomponenten**. Die enthaltenen Haupt- und Spurenelemente sind in geringen Konzentrationen, aber optimalen Verhältnissen in eine Grundmatrix aus **Zeolith** eingebettet. Sie sind nicht wasserlöslich, sondern werden erst bei geringen Stoffkonzentrationen in der Bodenlösung pflanzenverfügbar. Damit erfolgt eine „Basisversorgung“ der Kulturen mit Spurenelementen über den Boden, ohne dass eine Aufdüngung von Einzelnährstoffen erfolgen muss. Die enthaltene **Kieselsäure** kann verschiedene Phosphorfractionen im Boden mobilisieren und für die Kulturpflanze verfügbar machen. Der hochwertige Zeolith erhöht das Vermögen Nährstoffe in austauschbarer Form zu binden.

## **Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV)**

(4) Vor dem Aufbringen wesentlicher Nährstoffmengen sind die im Boden verfügbaren Nährstoffmengen vom Betriebsinhaber zu ermitteln

2. für Phosphat auf Grundlage der Untersuchung repräsentativer Bodenproben, die für jeden Schlag ab einem Hektar, in der Regel im Rahmen einer Fruchtfolge, mindestens alle sechs Jahre durchzuführen sind. Ausgenommen sind Flächen nach § 8 Absatz 6 Nummer 2.

(6) Auf Schlägen, bei denen die Bodenuntersuchung nach § 4 Absatz 4 Satz 1 Nummer 2 ergeben hat, dass der Phosphatgehalt im Durchschnitt (gewogenes Mittel) 20 Milligramm Phosphat je 100 Gramm Boden nach dem Calcium-Acetat-Lactat-Extraktionsverfahren (CAL-Methode) 25 Milligramm Phosphat je 100 Gramm Boden nach dem Doppel-Lactat-Verfahren (DL-Methode) oder 3,6 Milligramm Phosphor je 100 Gramm Boden nach dem Elektro-Ultrafiltrationsverfahren (EUF-Verfahren) überschreitet, dürfen phosphathaltige Düngemittel höchstens bis in Höhe der voraussichtlichen Phosphatabfuhr aufgebracht werden; im Rahmen einer Fruchtfolge kann die voraussichtliche Phosphatabfuhr für einen Zeitraum von höchstens drei Jahren zu Grunde gelegt werden.

### **Zwischenfazit**

- **York-Th. Bayer übersetzt amerikanische Texte in schlechtes Deutsch**
- **Unterfrauner: umfangreiche Analysen; Nachvollziehbarkeit?**
- **Kationenbelegung der Austauschkapazität: keine Grundlage für Ermittlung des Ca-, Mg- oder K-Düngebedarfs**
- **P-Bedarf mit Olsen-Methode  $\text{NaHCO}_3$ , pH 8,5; nicht für mitteleuropäische Böden kalibriert; löst relativ zu CAL  $> P_{\text{sorbiert}}$  und  $< P_{\text{Ca}}$ , ebenfalls kein  $P_{\text{org}}$**
- **Sättigungsextrakt, Extraktion mit LiCl und HCl ... nicht kalibriert**
- **Düngeempfehlungen Kinsey: hohe S- und Mikronährstoffgaben**
- **Düngeempfehlung Unterfrauner: „AKRA“ von Fa. Karner**
  
- **teuer**
- **nicht leicht bis überhaupt nicht nachvollziehbar**
- **nicht DüV-konform**

Einsatz eines „**Bodenscanners**“: Messung der „scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit“

Ziel: Erstellung von Bodenkarten mit Tongehaltsabstufungen  
zur **Ableitung von Bodenbeprobungsteilflächen**

**Achtung!**  
Das ist keine Bodenanalyse.  
Es geht hier nur um die Zuordnung von Teilflächen für die Bodenbeprobung zur späteren Düngebedarfsermittlung etc.

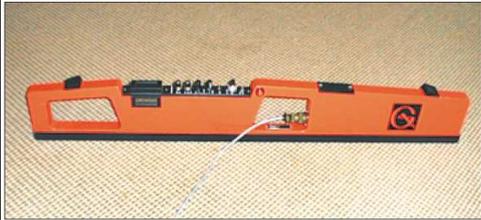


Abbildung 1: EM 38 Messgerät der Firma Geonics in Kanada. Foto: Werkfoto



Abbildung 2: Messschlitten für das EM 38.

Foto: Fa. AgriCon 2004

Prof. Dr. Yves Reckleben  
Tel.: 04331-845-118  
yves.reckleben@fh-kiel.de

**Tabelle 6:** Optimaler Zeitpunkt für die Blattapplikation von Mikronährstoffen

Getreide	Schosserstadium, 10 bis 25 cm Wuchshöhe (vorzugsweise BBCH 31... 37)
Mais	nach 4. Blatt, 30 bis 40 cm Wuchshöhe
Rübe	Schließen der Reihen (Juni/Juli)
Kartoffel	Schließen der Reihen (Juni/Juli)
Luzerne, Rotklee	kurz vor der Blüte
Grünland	10 bis 15 cm Wuchshöhe
Raps, Rübsen	Knospenstadium
Ackerbohne, Erbse	6- bis 8-Blattstadium
Sonnenblume	Ausbildung 6. bis 8. Blatt
Lein	ca. 20 cm Wuchshöhe
Gräser	10 bis 15 cm Wuchshöhe



### Pflanzenanalysen bislang von der Praxis selten veranlasst

**Problem:** optimales Stadium der Probenahme für Pflanzenanalyse liegt nicht (deutlich) vor dem Stadium der Düngung

**Lösung für die Praxis:** Düngung in den Folgejahren, nachdem einige repräsentative Proben untersucht wurden

„**Nährstoffmonitoring**“ als Beitrag zur Problemlösung

### Pflanzenanalyse zur Ermittlung des Düngedarfs

#### Nachteile:

- Ergebnis kommt zu **spät für aktuelle** Düngung
- Aussagekraft über Nährstoffverfügbarkeit in Zukunft
- schwierige Kalibrierung (= Grenzwert für Düngedarf)
- Aussage über Düngermenge ?
- hohe jahres- bzw. witterungsabhängige Variabilität
- richtiges Pflanzenteil zum richtigen Zeitpunkt beproben  
(z.B. ganzen Getreideaufwuchs bei Schossbeginn, gerade voll entwickelte Rapsblätter vor der Blüte)

### Pflanzenanalyse zur Ermittlung des Düngedarfs

#### Vorteile:

- Pflanze zeigt den aktuellen Ernährungszustand an  
(**Mangelsymptome**)
- Precision Farming (teilflächenspezifische Düngung)  
= **Sensorsteuerung**, keine eigtl. Analyse
- Eignung für tiefwurzelnde **Dauerkulturen** (Wein, Obst)
- Nutzung von **Grundfutteruntersuchungen** (Mais, Grassilage)

**Pflanzen- und Bodenuntersuchung können sich ergänzen!**

**Pflanzenanalysen sind deutlich teurer als  
Standardbodenuntersuchungen**

Art:	Grassilage, 1. Schnitt		
Schnittdatum:	20.05.2010		
Probenahme am:	07.07.2010		
Probeneingang am:	15.07.2010		
Bemerkungen:			
<b>Untersuchungsbericht</b>			
<b>Nährstoffe:</b>	g/kgTM		
Trockenmasse	386	g/kgFM	
Rohprotein	151		
Rohfett	37		
Rohfaser	233		
Rohasche	88		
NfE	491		
Gasbildung	49,4	ml/200mg	
ADF <sub>OM</sub>	274		
NDF <sub>OM</sub>	463		
NFC	261		
nXP (nutzb. Protein)	136		
RNB (Rum.N.Bilanz)	+2		
Sand / Ton	11		
<b>Energie:</b>	MJ/kgTM		
ME	10,47		
NEL	6,28		
			<b>kg/dt</b>
			<b>N 2,4</b>
			<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,92</b>
			<b>K<sub>2</sub>O 3,29 sehr hoch</b>
			<b>Mg 0,18 sehr niedrig</b>
			<b>g/kgTM</b>
			Calcium 7,1
			Phosphor 4,0
			Magnesium 1,8
			Natrium 1,0
			Kalium 27,3
			<b>in Trockenmasse</b>
			Strukturwert 2,71
			Zucker 75 g/kg
			<b>Bezug auf eine bestimmte Fläche möglich ?</b>

**Beispiel Grundfutteruntersuchung = Pflanzenanalyse**

## Schlussfolgerungen

### Pflanzenanalyse: Versorgungszustand der Pflanze

wird viel zu selten beauftragt

kann Versorgungsmängel aufzeigen

aber: Interpretation der Ursachen von Mangelsituationen zusätzlich notwendig

### Bodenanalyse: Ermittlung des Düngebedarfs

Gehaltsklassen-Einteilung ist aktuell umstritten

- die zahlreichen Einflussfaktoren erschweren eine Neueinstufung

**Zusätzliche/alternative Bodenuntersuchungsmethoden?**

- verursachen Kosten, sind nicht am Düngebedarf kalibriert

- Glücksritter (z.B. Kinsey-Methode)

- allenfalls fraktionierte Extraktionen zur Erklärung der P-Nachlieferung denkbar, aber sehr aufwändig



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit