

Nährstoffverfügbarkeit - Vergleich von Analysemethoden

Jörn Breuer

LTZ Augustenberg

Referat 12 – Ökologischer Landbau und Agrarökologie

Tagungsveranstaltung zu „Nährstoffverfügbarkeit und Düngung beim
pfluglosen Ackerbau“ des AK Konservierende Bodenbearbeitung und
Direktsaat Baden-Württemberg, am 23. Januar 2014



Überblick

- Bodenuntersuchung – wozu und wie?
- Standardverfahren in Baden-Württemberg
- Alternative Methoden zu Bodenuntersuchung im Vergleich
 - EUF
 - KAK-Methoden
- Exkurs: Für Spezialfragen Pflanzenanalyse



Überblick

- **Bodenuntersuchung – wozu und wie?**
- Standardverfahren in Baden-Württemberg
- Alternative Verfahren im Vergleich
 - EUF
 - KAK-Methoden
- Exkurs: Für Spezialfragen Pflanzenanalyse



Bodenfruchtbarkeit

- Produktivität eines Bodens
- d.h. die Fähigkeit des Bodens, Pflanzen als Standort zu dienen und ihnen ein gesundes Wachstum zu ermöglichen

Hängt ab von chemischen, physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften, sowie weiteren Standorteigenschaften (v.a. Klima) und der Bodennutzung (Bewirtschaftung)



Chemische Bodenuntersuchung:

Charakterisierung von Teilaspekten der Bodenfruchtbarkeit

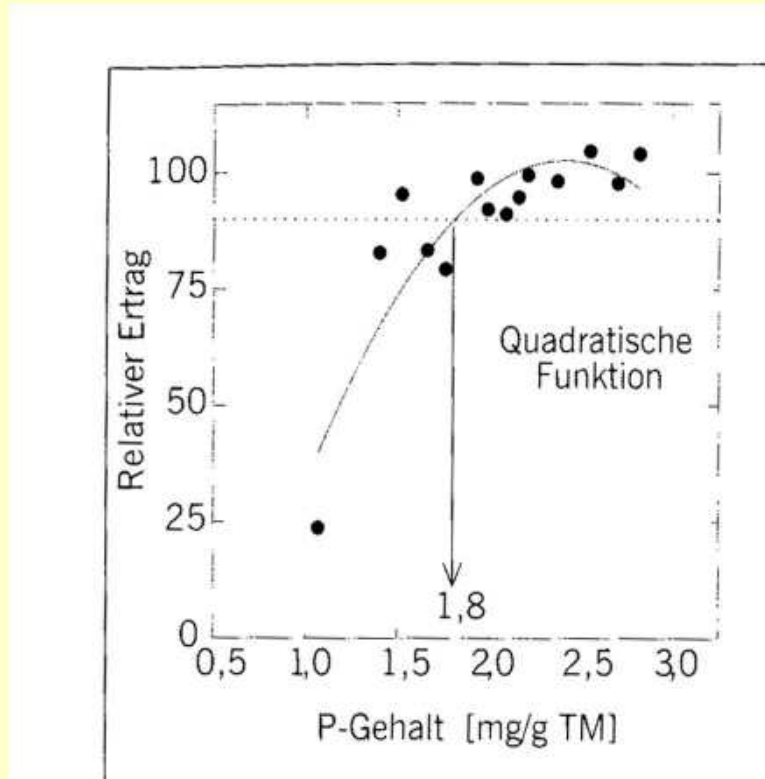
Nährstoffe / pH-Wert / Humus



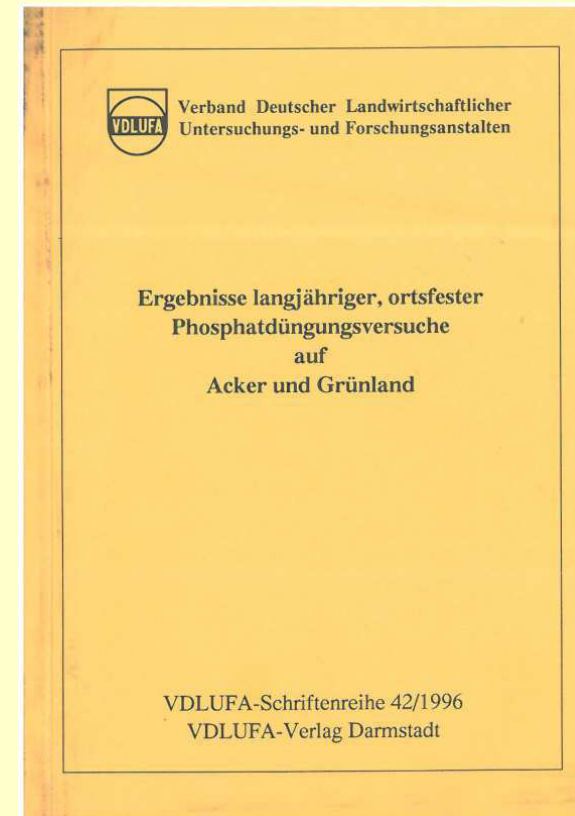
Foto: LTZ (Weeber)



Ermittlung von Grenzwerten und Düngeempfehlungen aus Versuchen



**Ermittlung des Ertragsgrenzwertes für P
aus einem Feldversuch mit Luzerne**
(Wissemeier, 2003 in Anlehnung an Dow und Roberts, 1983)

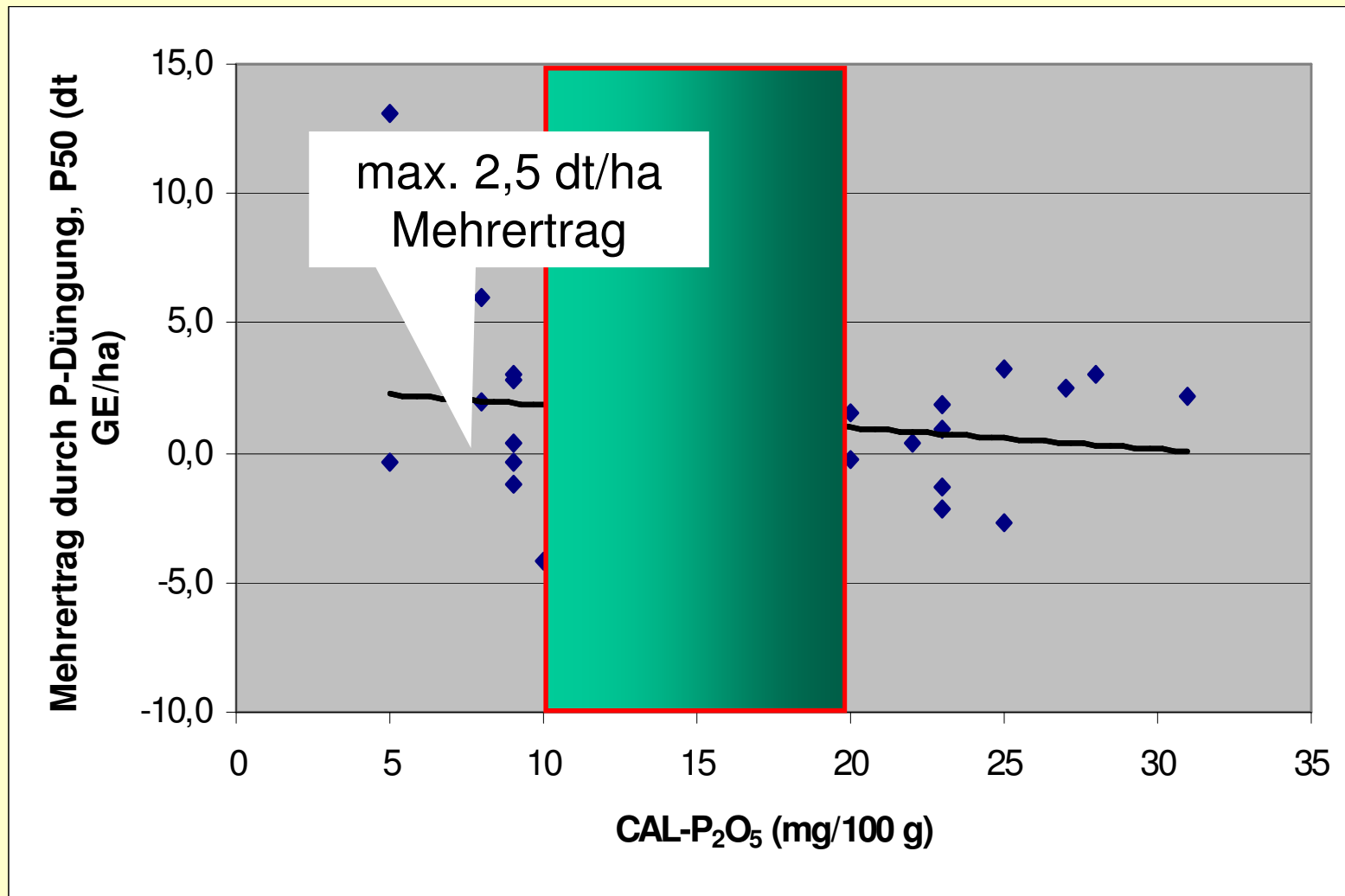


Auswertung für Acker:
Phosphor: 204 Versuche
Kalium: 192 Versuche

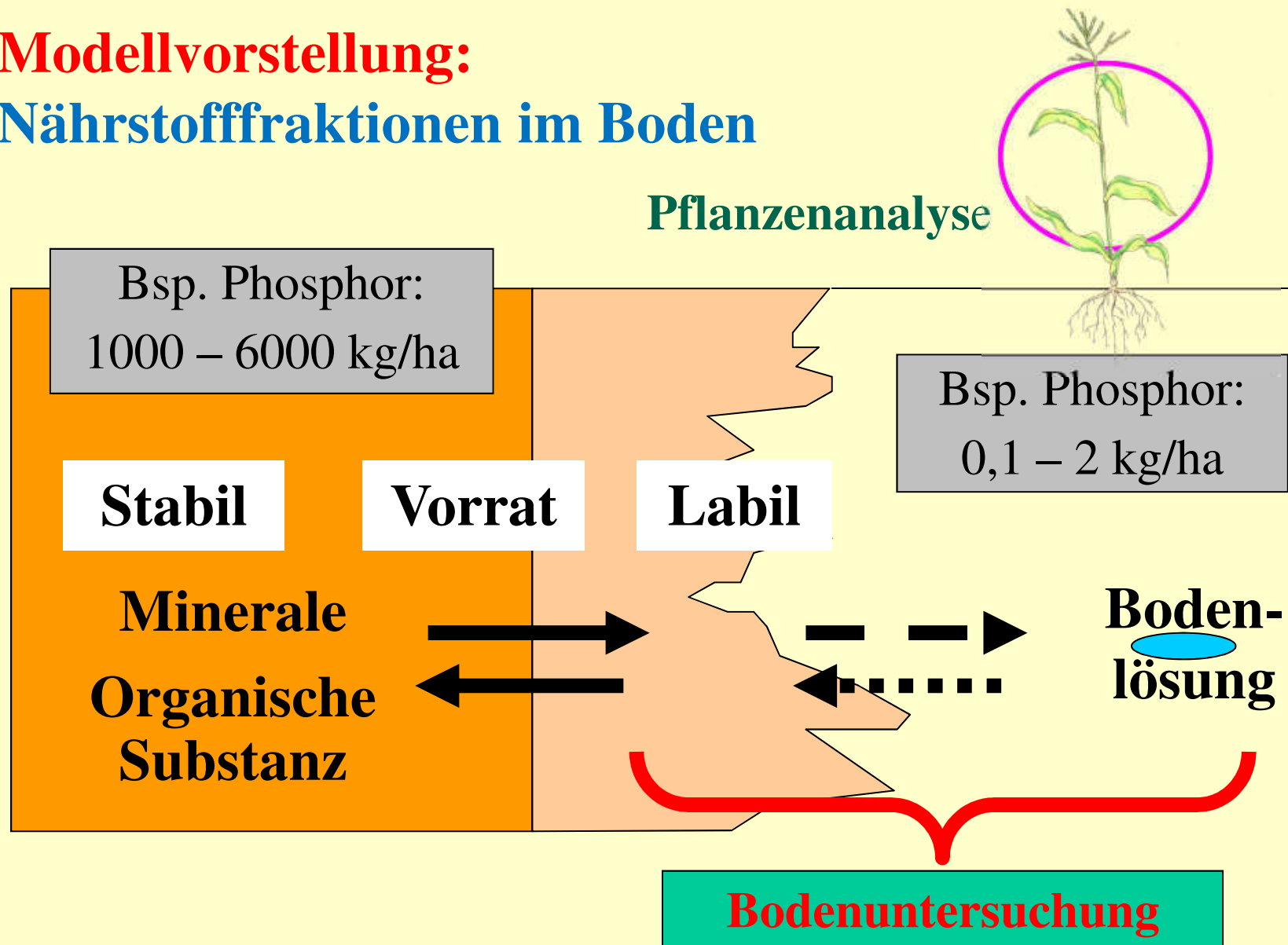


Festlegen von Gehaltsklassen

Ergebnisse der P-Eichversuche in B.-W. P0 P50 (1984 - 1993)



Modellvorstellung: Nährstofffraktionen im Boden



Vielfalt der Methoden zur Bodenuntersuchung:

Pflanzennährstoffe werden mit einem **Extraktionsmittel** aus dem Boden extrahiert

- **Wasser:** lösliche Salze (z.B. EUF Methode)
- **Organische Säuren:** „Simulation“ von Nährstoffentzug durch Pflanzen (z.B. CAL-Methode)
- **Komplexbildner:** Spurenelemente (z.B. CAT-Methode)
- **Salzlösungen** (Austausch-Lösungen): Kationen im Überschuss tauschen Kationen von Sorptionsflächen (KAK-Methoden (z.B. Forstböden, Standortcharakterisierung), verwendet z.B. auch von Kinsey und BoWaSan.
- Auch **Kombinationen** sind üblich



Vergleich von Extraktionsmethoden am gleichen Boden

Extraktionsmittel	Löslicher Phosphor (mg kg ⁻¹)
Ammoniumfluorid (pH 7.0)	148
Ammoniumfluorid (pH < 2)	74
Truog, H ₂ SO ₄ + (NH ₄) ₂ SO ₄ (pH 3.0)	36
Essigsäure (pH 2.6)	25
Bicarbonat, NaHCO ₃ (pH 8.5)	24
Calciumlaktat (pH 3.8)	12



Überblick

- Bodenuntersuchung – wozu und wie?
- **Standardverfahren in Baden-Württemberg**
- Alternative Verfahren im Vergleich
 - EUF
 - KAK-Methoden
- Exkurs: Für Spezialfragen Pflanzenanalyse



Standardverfahren für die Bodenuntersuchung in Baden-Württemberg

Parameter	Extraktionslösung
pH-Wert	0,01 M CaCl ₂
P and K	CAL-Lösung (Calcium-Acetat-Lactat)
Mg	0.0125 M CaCl ₂
B, Cu, Zn, Fe, Mn	CAT-Lösung: CaCl ₂ /DTPA (Diethylentriaminpentaessigsäure)
Mo	Heißwasser
NO ₃ , NH ₄ , SO ₄	0.01 M CaCl ₂

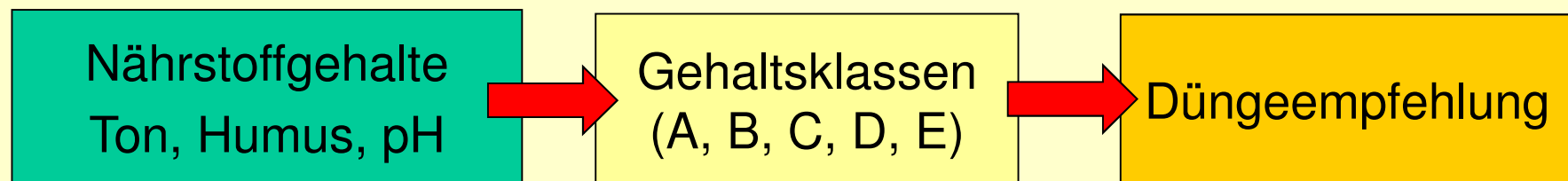
Fingerprobe zur Eingruppierung von Bodenart und Humusgehalt





Untersuchung der Proben im Labor (CAL-Methode):

- Bodenprobe: luftgetrocknet, gemischt, < 2mm gesiebt
- Extraktion: 5 g Boden mit 100 ml Extraktionslösung (Ca-Acetat, Ca-Lactat, Essigsäure, pH-Wert 4,1)
- 90 min Schütteln, Filtration
- Analyse von Kalium und Phosphor - Ergebnisse in mg K_2O und P_2O_5 pro 100g Boden
- Zuordnung zu P- und K-Gehaltsklassen



Große Vielfalt an Methoden, auch weltweit:

- Standardisierung erforderlich, denn
- Ergebnisse verschiedener Methoden sind nicht direkt vergleichbar und nur eingeschränkt umzurechnen
- Düngempfehlungen sollten an Feldversuchen unter regionalen Bedingungen kalibriert sein
- Düngempfehlungen sollten wo erforderlich lokal differenziert sein
- Standpunktpapier des VDLUFA zu Bodenuntersuchungsmethoden in Vorbereitung



Überblick

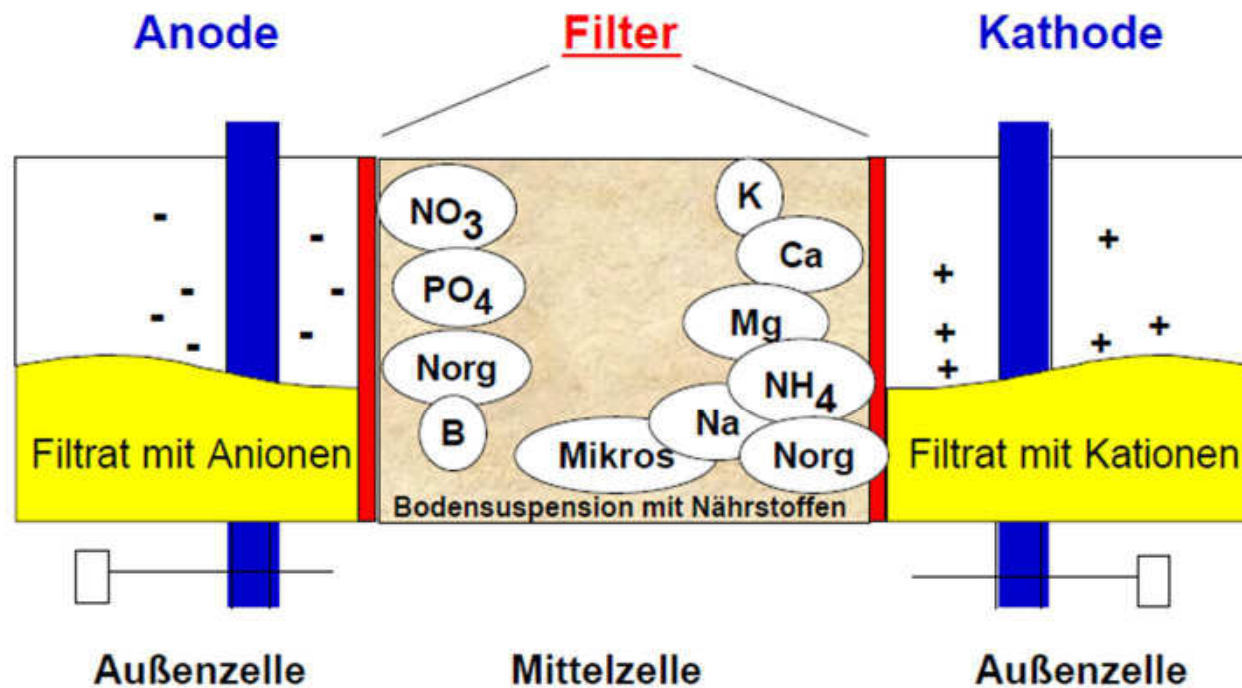
- Bodenuntersuchung – wozu und wie?
- Standardverfahren in Baden-Württemberg
- **Alternative Verfahren im Vergleich**
 - **EUF**
 - **KAK-Methoden**
- Exkurs: Für Spezialfragen Pflanzenanalyse



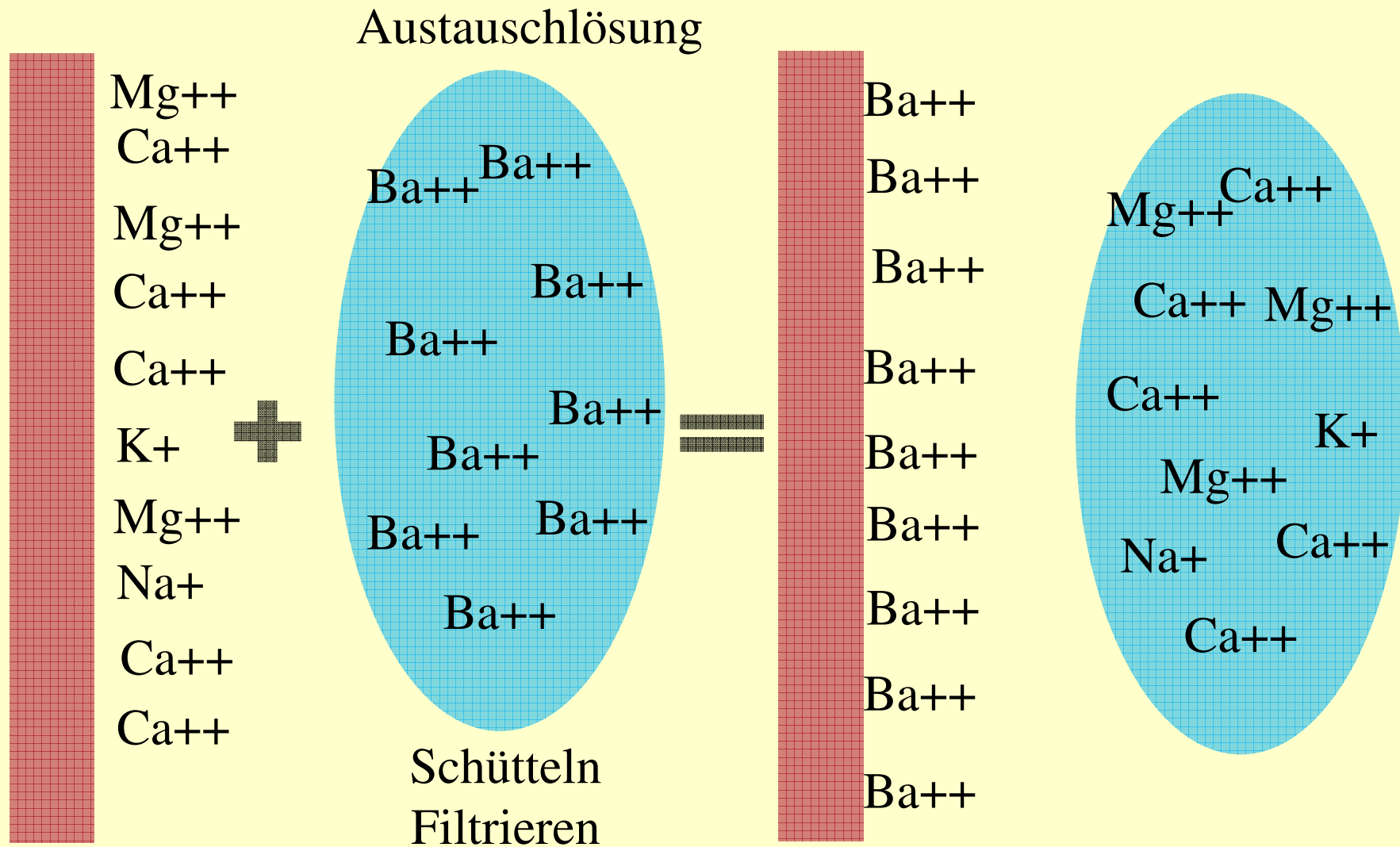
EUF-Methode

Aufbau einer EUF-Zelle

(EUF = Elektro Ultrafiltration)



KAK-Methoden: Kationenaustauschkapazität



Anmerkungen KAK-Methoden (z.B. Kinsey)

- Konzept basiert auf Arbeiten von Prof. W.A. Albrecht 1920 bis 1940
- Bei der Herleitung von Düngungsempfehlungen wird besonderer Wert auf die Kationenverhältnisse eines „idealen Bodens“ gelegt:
 $\text{Ca} + \text{Mg} > 80\%$, $\text{Ca}:\text{Mg} = 6,5:1$, $\text{Ca}:\text{K} = 13:1$, $\text{Ca}:\text{H} = 3,25:1$,
 $\text{Mg}:\text{K} = 2:1$
- Abweichungen sollen ausgeglichen werden (Mg/Ca)
- Die Kationenaustauschkapazität ist jedoch eine Standorteigenschaft, die sich vor allem aus Bodenart, Humusgehalt und pH-Wert ergibt
- Zum Ausgleich von Kationen am Austauscher müssen unrealistisch hohe Mengen an Nährstoffen bewegt werden, das führt zu nicht praxisrelevanten Düngeempfehlungen



Theoretische Betrachtung (nach Bischoff 2010):

Um den Anteil an der KAK um 1 $\text{cmol}_{(\text{c})}/\text{kg}$ zu ändern müssten die folgenden Stoffmengen bewegt werden:

Kation	$\text{cmol}_{(\text{c})}/\text{kg}$	mmol/kg	mg/kg	kg/ha bei einer Tiefe von (TRD Boden 1,5 t/m^3)		
				bis 20 cm	bis 30 cm	bis 100 cm
Ca^{2+}	1	5	200	600	900	3000
Mg^{2+}	1	5	120	360	540	1800
K^+	1	10	390	1170	1755	5850
Na^+	1	10	230	690	1035	3450



Vergleich von Systemen zur Düngbedarfsermittlung

Aspekt	Standard- verfahren	EUf	KAK -basiert
Reproduzierbare, validierte, dokumentierte Analytik	+	(+)	(+)
Laborverfügbarkeit	+	+	- (nur USA)
Interpretation Analysen auf Basis statistisch abgesicherter Feldversuche	+	+	- (nur USA)
Ausreichende Zahl der Versuche (Klimaregion, Bodenart, Fruchtarten etc.)	+	+	-
(Geheimes) Expertenwissen zur Interpretation erforderlich	nein	ja	ja
Kosten	gering	mittel	hoch

Nach Kolbe und Nätscher, erweitert



Vergleich von Systemen zur Düngbedarfsermittlung

Aspekt	Standard- verfahren	EUf	KAK -basiert
Umfassendes Bodenscreening auf Mengen und Spurennährstoffe	-	+	+
Untersuchungen genügen den Anforderungen der Düng-VO	ja	ja	nein
Es werden Aussagen über Nährstoffvorräte gemacht	nein	ja	ja
Es werden Aussagen zur Stickstoffdüngung gemacht	- (N min)	ja	ja

Nach Kolbe und Nätcher, erweitert



Praxistest: Vergleich von Untersuchungssystemen

Daten von Dr. L. Nätscher, Bioanalytik Weißenstephan 2009

Bewertung der Ergebnisse:

- Grundsätzlich vergleichbare bzw. ähnliche Technik und Analytik
- Beurteilung der Untersuchungsergebnisse sehr unterschiedlich
- Bodenart und Kalkbedarf sind wichtige Standorteigenschaften und sollten bestimmt werden
- Umfassende Bodenbewertung auf Basis Bodenart und pH-Wert auch mit der Standard-Bodenuntersuchung möglich
- Konzept der KAK-Bestimmung für die Düngbedarfsermittlung fachlich nicht nachvollziehbar
- Bodenuntersuchung regelmäßig durchführen und das System nicht wechseln
- Bei Bedarf um zusätzliche Untersuchungen oder Standortbeurteilung vor Ort ergänzen



Standardverfahren der Bodenuntersuchung

Liefern Hinweise zur Planung der Düngung:

- Ertragsorientierte Düngung ausreichend?
- Reduzierung der Düngung möglich?
- Erhöhte Düngung erforderlich?

Außerdem:

- Feststellen von Nährstoffmangelstandorten
- Kontrolle des Einflusses von Düngungsmaßnahmen auf den Nährstoffhaushalt (z.B. Umweltrisiken bei Nährstoffanreicherung)
- Steuerung der N-Düngung (in BW NID-System mit Nmin-Analysen)

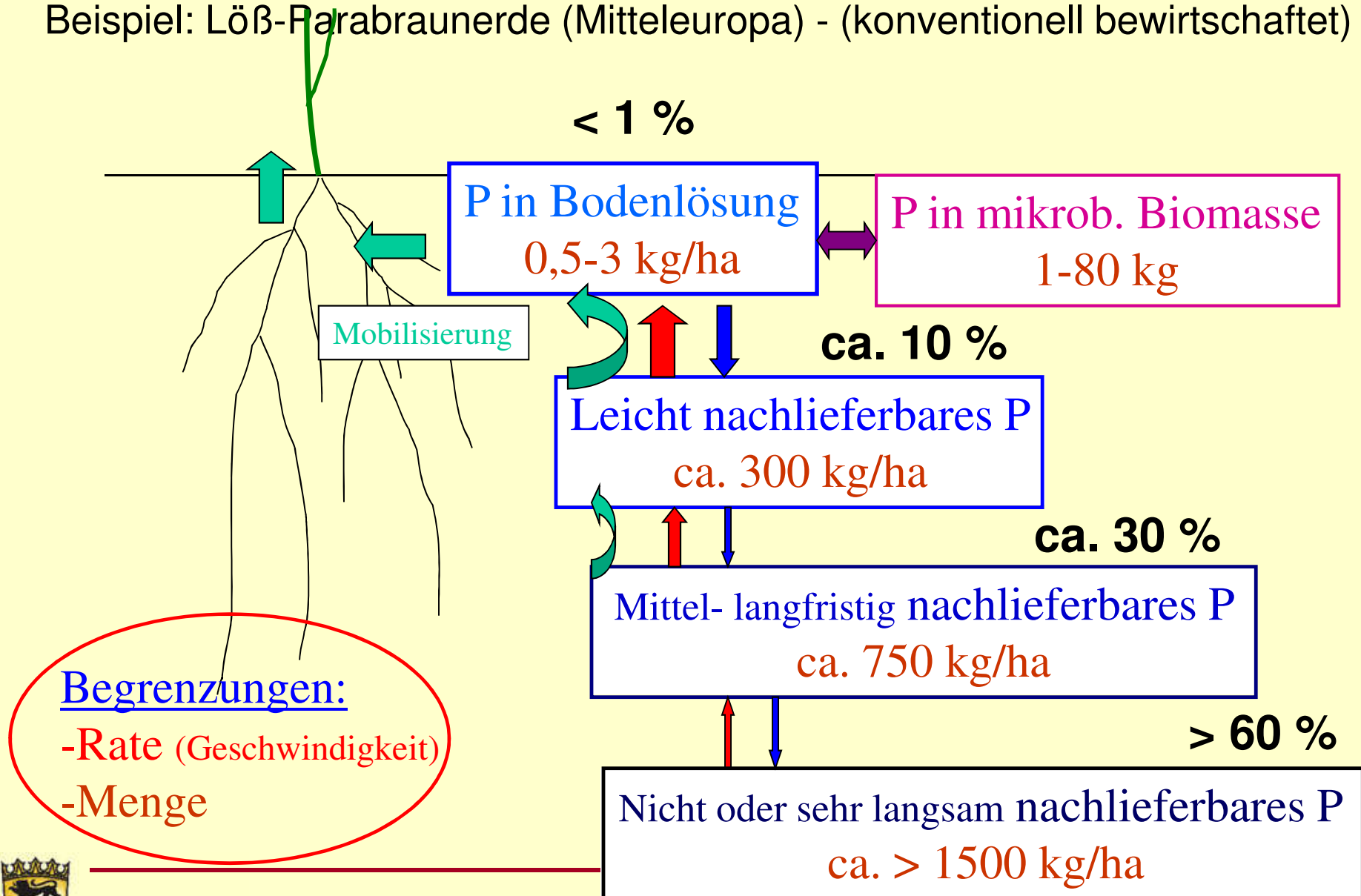
Aber es gibt Fallstricke und Verbesserungsmöglichkeiten:

- Standardisierung der Methode erforderlich
(individuelle Standorte werden evtl. falsch bewertet)
- Nährstoffdynamik und –nachlieferungsvermögen können nicht bestimmt werden



„P-Verfügbarkeit“

Beispiel: Löss-Parabraunerde (Mitteleuropa) - (konventionell bewirtschaftet)

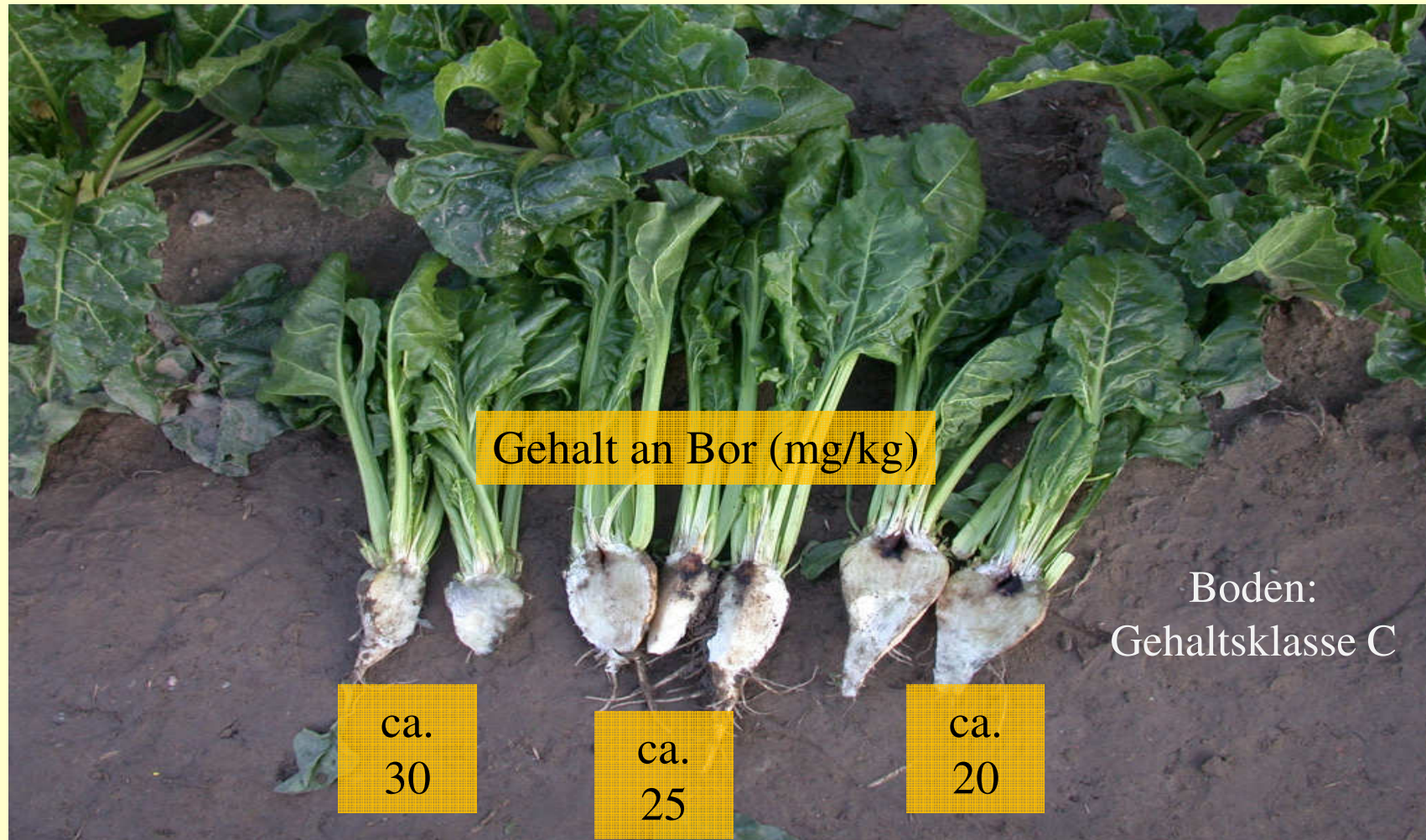


Überblick

- Bodenuntersuchung – wozu und wie?
- Standardverfahren in Baden-Württemberg
- Alternative Methoden zu Bodenuntersuchung im Vergleich
 - EUF
 - KAK-Methoden
- **Exkurs: Für Spezialfragen Pflanzenanalyse**



Pflanzenanalyse: Bormangel bei Zuckerrüben



Ausreichende Gehalte (Ende Juli): 35-120 mg/kg

Foto: Kaupenjohann, 2004



Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg



Einsatz der Pflanzenanalyse

- Düngungsplanung Stickstoff bei intensiven Kulturen (Schnelltests, Vor-Ort-Analysen)
- Dauerkulturen
- Grünland (→ Futtermittel, besondere Fragen z.B. Selen)
- Einjährige Kulturen:
 - Erkennen von latentem Mangel in Intensivkulturen
 - Auf Standorten mit ungünstigen Nährstoffbedingungen
 - Bei Feldfrüchten mit hohem Nährstoffbedarf und hohen Ertragserwartungen
 - Auf Schlägen mit hohen Ertragserwartungen in Gehaltsklasse C
 - Bei ungünstiger Witterung
- v.a. Mikronährstoffe
- Abklären von **Schadensfällen**



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!



Pflanzenverfügbare P-Gehalte – Boden (CAL-Gehalte mg/100g Boden)

Gehaltsklasse	P ₂ O ₅		P-Düngung
	bis 2009	ab 2010	
A	<= 6	<= 5	Entzug + 90
B	6 bis 12	6 bis 9	Entzug + 40
C	13 bis 24	10 bis 20	Entzug
D	25 bis 34	21 bis 34	0,5 * Entzug
E	>= 35	>= 35	keine Düngung

Ausnahme (n. DüV): org. Düngung!



Pflanzenverfügbare K-Gehalte – Boden (CAL-Gehalte mg/100g Boden)

Gehaltsklasse	K ₂ O		
	leicht	mittel	schwer
A	< 5	< 7	< 11
B	5 - 9	7 - 14	11 - 20
C	10 - 15	15 - 25	21 - 30
D	16 - 25	26 - 35	31 - 40
E	> 25	> 35	> 40

