

Bestimmung der potentiellen Kationenumtauschkapazität / Basensättigung in Böden mit $\text{pH}_{(\text{Wasser})} \leq 5.9$

Version 1.2 (2020)

Code der Referenzmethode	KUK1		Mögliche Einsatzbereiche
Einsatzbereich	Düngeberatung	Ackerkulturen und Grasland	x
		Gemüsebau (Freiland / Gewächshaus)	
		Weinbau, Obstbau, Beerenanbau, Gewürz- und Medizinalpflanzen	
	Standortcharakterisierung		x
	Schadstoffbeurteilung		x
	Recyclingdünger	Kompost	
		Gärgut fest	
		Gärgut flüssig	
		Klärschlamm	
	Hofdünger	Mist	
		Gülle	
Mineraldünger			
Pflanzkohle			
Forschungsmethoden			
Rechtliche Grundlagen / Vollzugshilfen	Messung der Kationenaustauschkapazität für Düngeberatung laut den Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD).		
Zulassungskriterien für Labors	-		
Analysenprogramm	Probennahme	AF-PN, OW-PN	
	Probenaufbereitung	AF-OW-PA	
	Aufschluss	KUK1-Ex	
	Messung	KUK1, KUK1-H	

Konzentrations- / Messbereich	
Angabe der Ergebnisse	% Basensättigung; keine Dezimalstelle. Ca, Mg, K, Na, H, $\text{KUK}_{\text{pot. m\ddot{a}q}}$ /100 g trockenen Boden; eine Dezimalstelle.
Äquivalente Methoden	Die Resultate dieser Methode unterscheiden sich nicht wesentlich von jenen von KAK, wenn KUK1-Ex mit genügend Überschuss an saurer Tauscherlösung (d.h. mit reduzierter Einwaage) durchgeführt wird.
Sicherheit / Umwelt	Barium ist ein sehr toxisches Element, wenn es eingenommen wird. Es ist ebenfalls schädlich für die Umwelt und muss adäquat entsorgt werden.



Bestimmung der potentiellen Kationenumtauschkapazität / Basensättigung in Böden mit $\text{pH}_{(\text{Wasser})} \leq 5.9$

1. Prinzip

In kalkfreien Böden ist die Kenntnis der austauschbaren Menge Einzelionen an Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , K^+ und allenfalls Na^+ , besonders wichtig. Nebst der Summe der einzelnen Ionen (T-Wert), ist im besonderen der prozentuale Anteil basischer Kationen ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ = \text{S-Wert}$) an der Tauschgarnitur für die pflanzenbaulichen Beurteilungen von Interesse. Dieses Verhältnis wird als Basensättigung (V-Wert) bezeichnet.

$$\text{Basensättigung in \% (V - Wert)} = \frac{\text{S - Wert} \cdot 100}{\text{T - Wert}}$$

Potentielle Kationenumtauschkapazität = T-Wert

2. Durchführung

Apparaturen und Geräte

- (A) Atomabsorptions-Spektrometer.
- (B) Flammenphotometer.
- (C) Messkolben 100 ml, 1000 ml.

Reagenzien

- (1) Demineralisiertes Wasser (H_2O , Leitfähigkeit $< 5 \mu\text{S/cm}$).
- (2) Salzsäure-Lösung, 0.1 N:
8.3 ml Salzsäure (HCl konz., $M = 36.46 \text{ g/mol}$, $d = 1.19$) auf 1000 ml auffüllen.
- (3) Schwefelsäure-Lösung, 0.05 N:
1.4 ml Schwefelsäure (H_2SO_4 konz., $M = 98.08 \text{ g/mol}$, $d = 1.84$) auf 1000 ml auffüllen.
- (4) Tauscherlösung (0.05 N HCl + 0.025 N H_2SO_4):
je 1000 ml 0.1 N HCl (2) und 0.05 N H_2SO_4 (3) zusammengeben.
- (5) Lanthanchlorid-Lösung 10%:
50 g Lanthanchlorid ($\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) in einen 100 ml Messkolben (C) geben, auflösen und mit H_2O (1) zur Marke auffüllen.
- (6) Calcium-Standardlösung I (1 g Ca/l) 1000 ppm:
Inhalt einer Ca-Titrisol-Ampulle (1 g Ca/l) in einen 1000 ml Messkolben (C) geben und mit H_2O (1) zur Marke auffüllen.
- (7) Calcium-Standardlösung II 100 ppm:
10 ml der Calcium-Standardlösung I (6) in einen 100 ml Messkolben (C) geben und mit H_2O (1) zur Marke auffüllen.
- (8) Ca-Kalibrierlösungen:
0 ppm Ca: 0 ml Ca-Standardlösung II (7) + 10 ml LaCl_3 -Lösung (5) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
1.0 ppm Ca: 1 ml Ca-Standardlösung II (7) + 10 ml LaCl_3 -Lösung (5) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
2.0 ppm Ca: 2 ml Ca-Standardlösung II (7) + 10 ml LaCl_3 -Lösung (5) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
3.0 ppm Ca: 3 ml Ca-Standardlösung II (7) + 10 ml LaCl_3 -Lösung (5) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
4.0 ppm Ca: 4 ml Ca-Standardlösung II (7) + 10 ml LaCl_3 -Lösung (5) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
5.0 ppm Ca: 5 ml Ca-Standardlösung II (7) + 10 ml LaCl_3 -Lösung (5) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
- (9) Magnesium-Standardlösung I (1 g Mg/l) 1000 ppm:
Inhalt einer Mg-Titrisol-Ampulle (1 g Mg/l) in einen 1000 ml Messkolben (C) geben und mit H_2O (1) zur Marke auffüllen.

(10) Magnesium-Standardlösung II 50 ppm:

50 ml der Magnesium-Standardlösung I (9) in einen 1000 ml Messkolben (C) geben und mit H₂O (1) zur Marke auffüllen.

(11) Mg-Kalibrierlösungen:

0 ppm Mg: 0 ml Mg-Standardlösung II (10) + 10 ml LaCl₃ (5) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
 0.25 ppm Mg: 0.5 ml Mg-Standardlösung II (10) + 10 ml LaCl₃ (5) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
 0.5 ppm Mg: 1 ml Mg-Standardlösung II (10) + 10 ml LaCl₃ (5) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
 1.0 ppm Mg: 2 ml Mg-Standardlösung II (10) + 10 ml LaCl₃ (5) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
 2.0 ppm Mg: 4 ml Mg-Standardlösung II (10) + 10 ml LaCl₃ (5) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
 3.0 ppm Mg: 6 ml Mg-Standardlösung II (10) + 10 ml LaCl₃ (5) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
 4.0 ppm Mg: 8 ml Mg-Standardlösung II (10) + 10 ml LaCl₃ (5) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen

(12) Kalium-Standardlösung I (1 g K/l) 1000 ppm:

Inhalt einer K-Titrisol-Ampulle (1 g K/l) in einen 1000 ml Messkolben (C) geben und mit H₂O (1) zur Marke auffüllen.

(13) Kalium-Standardlösung II 100 ppm:

10 ml der Kalium-Standardlösung I (12) in einen 100 ml Messkolben (C) geben und mit H₂O (1) zur Marke auffüllen.

(14) K-Kalibrierlösungen:

0	ppm K: 0	ml Kalium-Standardlösung II (13) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
0.5	ppm K: 0.5	ml Kalium-Standardlösung II (13) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
1.0	ppm K: 1.0	ml Kalium-Standardlösung II (13) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
2.0	ppm K: 2.0	ml Kalium-Standardlösung II (13) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
4.0	ppm K: 4.0	ml Kalium-Standardlösung II (13) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
5.0	ppm K: 5.0	ml Kalium-Standardlösung II (13) mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen

(15) Natrium-Standardlösung I (1 g Na/l) 1000 ppm:

Inhalt einer Na-Titrisol-Ampulle (1 g Na/l) in einen 1000 ml Messkolben (C) geben und mit H₂O (1) zur Marke auffüllen.

(16) Natrium-Standardlösung II 100 ppm:

10 ml der Natrium-Standardlösung I (15) in einen 100 ml Messkolben (C) geben und mit H₂O (1) zur Marke auffüllen.

(17) Na-Kalibrierlösungen:

0	ppm Na: 0	ml Natrium-Standardlösung II (16) ml mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
0.5	ppm Na: 0.5	ml Natrium-Standardlösung II (16) ml mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
1.0	ppm Na: 1.0	ml Natrium-Standardlösung II (16) ml mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
2.0	ppm Na: 2.0	ml Natrium-Standardlösung II (16) ml mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
3.0	ppm Na: 3.0	ml Natrium-Standardlösung II (16) ml mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen
5.0	ppm Na: 5.0	ml Natrium-Standardlösung II (16) ml mit Tauscherlösung (4) auf 100 ml (C) auffüllen

Arbeitsvorschrift

Zur Bestimmung der Gehalte an Ca-, Mg-, K- und Na-Ionen wird das Filtrat gemäss Methode KUK1-Ex verwendet.

Die Bestimmungen erfolgen spektrofotometrisch bei folgenden Geräteeinstellungen:

Element:	Gerät:	Wellenlänge:	Kalibrierlösungen
Ca ²⁺	(A)	422.7 nm	(8)
Mg ²⁺	(A)	285.2 nm	(11)
K ⁺	(B)	766.5 nm	(14)
Na ⁺	(B)	589.0 nm	(17)

Üblicherweise müssen die Extrakte verdünnt werden:

Ca-Bestimmung,	Verdünnung	1:40 (1:10)
Mg-Bestimmung,	Verdünnung	1:10
K-Bestimmung,	Verdünnung	1:5

3. Berechnung

3.1. Berechnung der Menge Kationen in mÄq/100 g Boden bei einer Einwaage von 20 g Boden

Berechnungselemente

- Gehaltsangabe der Kalibrierreihe und der Analysenlösung: mg Kation pro 1000 ml = a
- Gewichtungsfaktor = b:

80 ml Filtrat entsprechen 20 g Boden

1000 ml Filtrat entsprechen 250 g Boden

Gesucht: Gehalt in 100 g Boden

$$\frac{100 \text{ g}}{250 \text{ g}} = \frac{1}{2.5} = b$$

- Äquivalentgewichte = c

Kation in mg/mmol	Atomgewicht des Kations	Ladungszahl in mg/mmol = c	Äquivalentgewicht
Ca	40.080	2	20.040
Mg	24.305	2	12.153
K	39.098	1	39.098
Na	22.990	1	22.990

Berechnung austauschbare Kationen

$$\frac{\text{mÄq Kationen}}{100 \text{ g Boden}} = \frac{a \cdot b}{c} = \frac{\text{mg Kationen} / 1000 \text{ ml}}{\text{Äquivalentgewicht des entsprechenden Kations (mg / mmol)} \cdot 2.5}$$

3.2. Berechnung der potentiellen Kationenumtauschkapazität:

$$\text{KUK}_{\text{pot.}} = \text{T-Wert} = (\text{Ca}^{2+}) + (\text{Mg}^{2+}) + (\text{K}^+) + (\text{Na}^+) + (\text{H}^+) \text{ mÄq/100 g Boden}$$

3.3. Berechnung der Basensättigung:

$$\text{S-Wert} = (\text{Ca}^{2+}) + (\text{Mg}^{2+}) + (\text{K}^+) + (\text{Na}^+) \text{ in mÄq/100 g Boden}$$

$$\% \text{ Basensättigung (V - Wert)} = \frac{\text{S - Wert} \cdot 100}{\text{T - Wert}}$$

4. Resultatangabe

% Basensättigung; keine Dezimalstelle.

Ca, Mg, K, Na, H, KUK_{pot.} mÄq/100 g trockenen Boden; eine Dezimalstelle.

5. Bemerkungen

- Na⁺ wird in der Regel nur auf besondere Anordnung hin analysiert.
- Die potentielle Kationenaustauschkapazität wird normalerweise mit einer leicht basischen Tauscherlösung durchgeführt.

6. Historie

Version	Art der Änderung	neu	bisher
Version 1.0 (1995)	Erstellung Methode		
Version 1.1 (1996)	editorisch		
Version 1.2 (2020)	editorisch editorisch	Abschnitt «Bemerkungen» ergänzt mit 2. Bemerkung Elektronische Veröffentlichung mit geändertem Layout	

Impressum

Herausgeber	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich www.agroscope.ch/referenzmethoden
Auskünfte	Diane Bürge
Copyright	© Agroscope 2020