

Ökopedologie III

Magnesium und Calcium in Böden

Mg als Pflanzennährstoff

☒ Funktionselement in der Pflanze:

- zentraler Bestandteil des Chlorophylls
- beteiligt an Phosphorilierungsprozessen
- Aktivierung von Acetyl-CoA (Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel)
- Aktivator in der Aminosäuresynthese

☒ Bewertung der Mg-Ernährungssituation

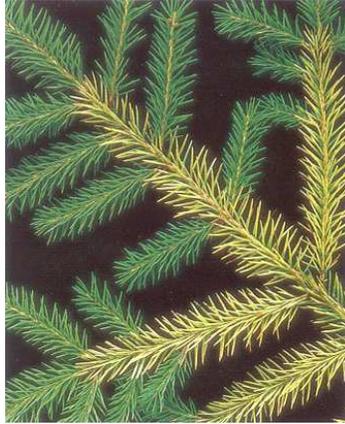
- Mangelsymptome: Intercostalchlorosen an älteren Blättern, Vergilbung und Vertrocknen der Nadelspitzen (Goldspitzigkeit)
- Blatt- bzw. Nadelanalyse (Mg in mg/g TS)

Bewertung	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Buche ⁽¹⁾	< 0.7	0.70-0.8	0.8-1.00	1.00-1.4	>1.4
Fichte ⁽²⁾	< 0.75	0.75-1.0	1.0-1.25	1.25-1.5	>1.5
Kiefer ⁽²⁾	< 0.75	0.75-1.0	1.0-1.25	1.25-1.5	>1.5

⁽¹⁾Blätter von Neutrieben der Lichtkrone

⁽²⁾1 NJ 7. Quirl bei Fichte, 1 NJ Oberkrone bei Kiefer

Mg- Mangelsymptome



- Vergilbung der älteren Nadeljahrgänge bei Fichte



- Vergilbung der älteren Nadeljahrgänge bei Tanne

Mg-Formen im Boden - Primäre Silikate

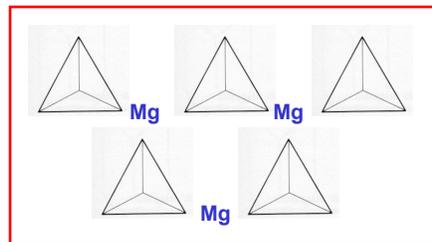
1. Primäre Silikate:

☒ Pyroxene, Amphibole:

- Augit $(Ca, Mg, Fe, Al, Ti)_2(Si, Al)_2O_6$, Kettensilikat, isomorpher Ersatz wird durch Einbau von Ca-, Mg-, Fe-, Al-, Ti-Ionen zwischen die Ketten ausgeglichen, die Kationen bewirken den Zusammenhalt der Ketten, 10-18%_(Gew.) MgO.
- Hornblende, Bandsilikat, 3-25%_(Gew.) MgO.

☒ Olivin:

- $(Mg, Fe)_2SiO_4$, Inselsilikat, SiO_4 -Tetraeder sind nicht über gemeinsame O-Ionen sondern über Mg-Ionen miteinander verbunden, 38-47%_(Gew.) MgO.



Mg-Formen im Boden - Primäre Silikate

☒ Biotit:



- $K(Mg, Fe, Mn)_3(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$, Schichtsilikat, trioktaedrischer Aufbau, 0,3-28%_(Gew.) MgO.
- Mg-Freisetzung durch Auflösung im sauren Milieu

➤ Granit:

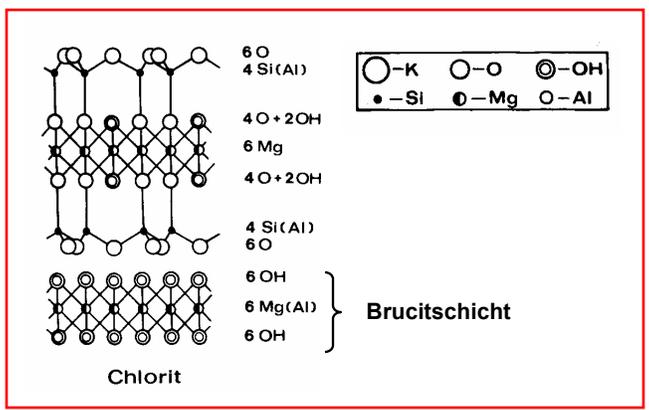
- K-Feldspat
- Quarz
- Biotit



Mg-Formen im Boden - Primäre Silikate

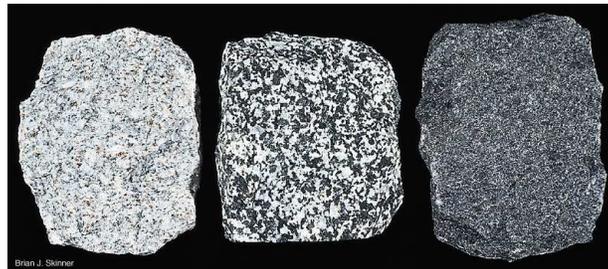
☒ Primärer Chlorit

- Dreischichtsilikat mit einer $Mg(OH)_2$ -Schicht (Brucitschicht) zwischen den Silikatschichten
- 12-34%_(Gew.) MgO.



Mg-Gehalte in Magmatiten

Gestein	MgO (%)	Gestein	MgO (%)
Granit	0.26	Gabbro	8.1
Rhyolith	0.32	Peridotit	34
		Basalt	6.3



Granit

Diorit

Gabbro

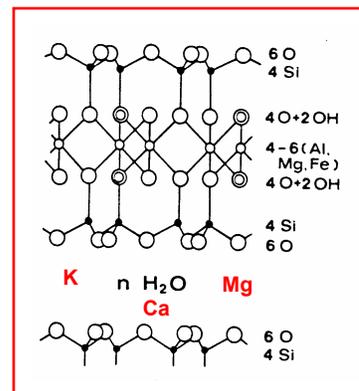
Mg-Gehalt →

Mg-Formen im Boden - Sekundäre Silikate

2. Sekundäre Silikate (Tonminerale):

☒ Vermiculit:

- Entstehung aus Biotit oder Illit durch Aufweiten der Zwischenschichten
- Aufweitbares Dreischichtsilikat
- Kationen im Zwischenschichtbereich sind austauschbar gebunden
- Bis zu 28%_(Gew.) MgO.



☒ Smectit:

- Aufbau wie Vermiculit
- Bis zu 2.5%_(Gew.) MgO.

Mg-Formen im Boden - Carbonate und Sedimente

☒ Magnesit:

➤ MgCO_3

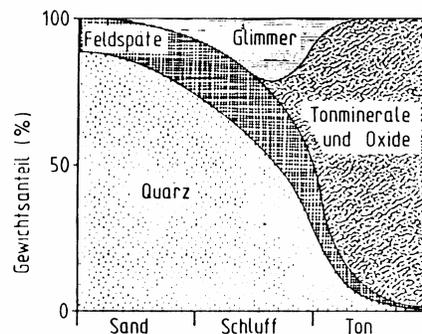
☒ Dolomit

➤ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

☒ Calcit:

➤ CaCO_3 oft 1-3 % MgCO_3 -Anteil

Gestein	MgO (%)
Geschiebemergel	1.0
Tonschiefer	2.6
Flugsand	0.1
Löß	0.9



➤ Mg-haltige Minerale gibt es überwiegend in der Ton- und Schluffraktion

Mg-Formen im Boden - Austauschbares Mg

3. Austauschbar gebundenes Magnesium:

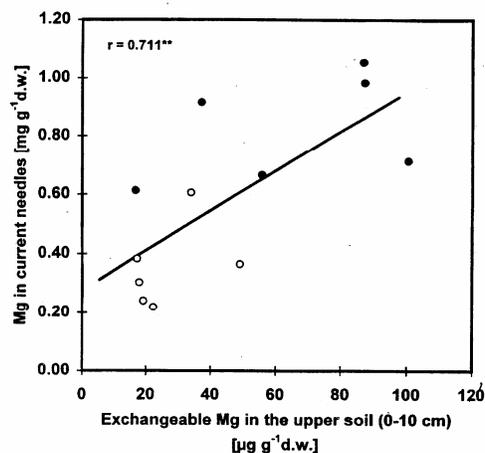
➤ kurz bis mittelfristig pflanzenverfügbarer Mg-Vorrat

➤ Austauschbares Mg im Oberboden (0-10 cm) und Mg-Gehalt von Fichten-nadeln:

- Mangelsymptome
- ohne Mangelsymptome

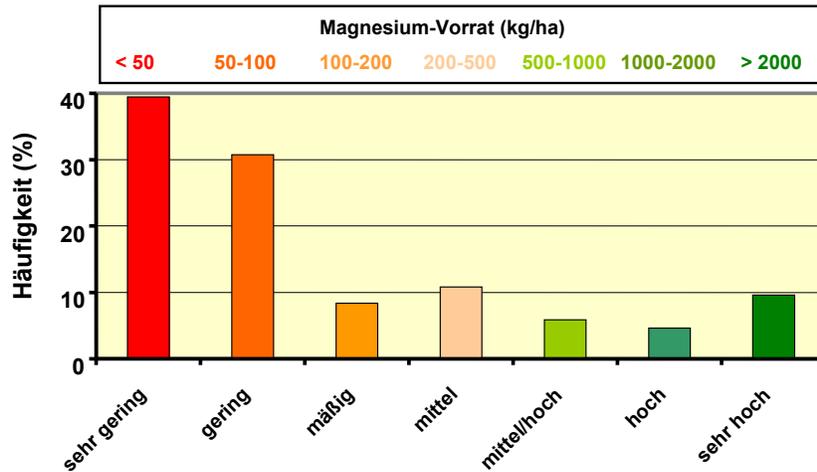
➤ Austauschbares Mg als Indikator der Mg-Verfügbarkeit im Boden:

- < 50 kg/ha: sehr gering
- 50-100 kg/ha: gering
- 100-200 kg/ha: mäßig
- > 2000 kg/ha: sehr hoch

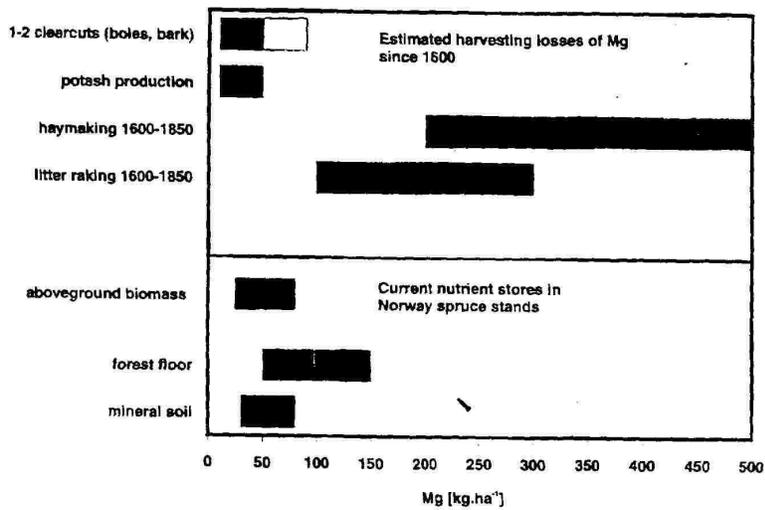


Mg-Formen im Boden - Austauschbares Mg

- Austauschbares Magnesium im Mineralboden (0-60 cm) sowie Mg-Vorrat in der Humusaufgabe. (BZE-Auswertung, n=1221)

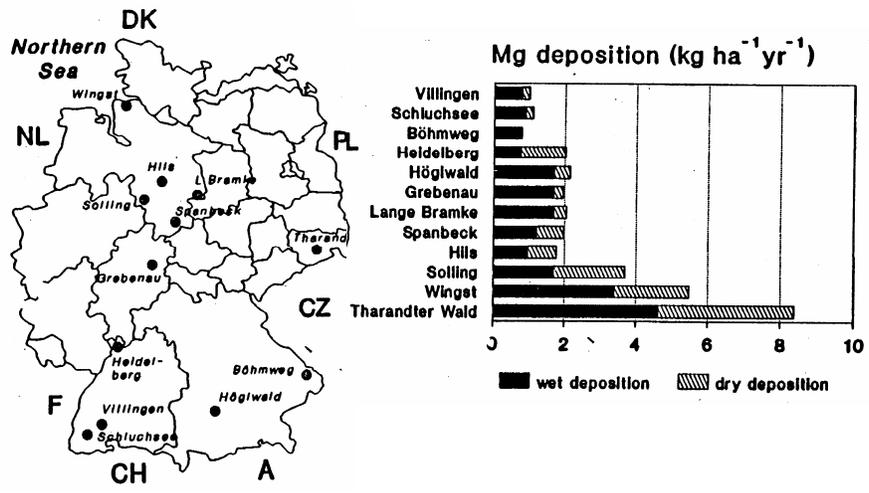


Historische Waldnutzung und Mg-Versorgung



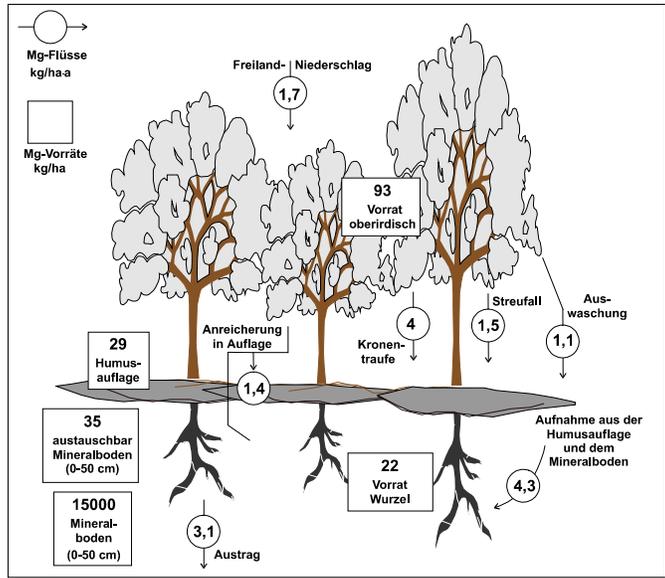
- Mg-Export und Mg-Vorräte einer Versuchsfläche im Böhmerwald

Mg-Eintrag über Deposition



- Trockene Deposition durch Flugasche oder Zementstäube
- Nasse Deposition durch Meerwasserspray (N → S-Gradient)

Mg-Vorräte und Flüsse (Solling, Buche 120 Jahre)



Ca als Pflanzennährstoff

☒ Bau- und Funktionselement in der Pflanze:

- Beeinflussung osmoregulatorischer Prozesse
- beteiligt am Aufbau von Zellmembranen
- unspezifischer Aktivator zahlreicher Enzyme, große Bedeutung für das Wachstum meristematischer Gewebe

☒ Bewertung der Ca-Ernährungssituation

- Mangelsymptome: Chlorosen und Nekrosen an jungem, meristematischem Gewebe
- Blatt- bzw. Nadelanalyse (Ca in mg/g TS)

Bewertung	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Buche ⁽¹⁾	< 4	4-5.0	5.0-7.0	7.0-8.5	> 8.5
Fichte ⁽²⁾	< 1	1-2.0	2.0-3.0	3.0-5.0	> 5.0
Kiefer ⁽²⁾	< 2	2-2.6	2.6-3.3	3.3-4.0	> 4.0

⁽¹⁾ Blätter von Neutrieben der Lichtkrone

⁽²⁾ 1 NJ 7. Quirl bei Fichte, 1 NJ Oberkrone bei Kiefer

Ca-Formen im Boden - Primäre Silikate

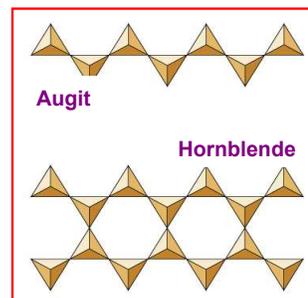
1. Primäre Silikate:

☒ Ca-Feldspäte (Anorthit):

- $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$, Gerüstsilikat aus $(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_4$ -Tetraedern, isomorpher Ersatz wird durch den Einbau von Ca^{2+} in das Mineralgitter ausgeglichen
- Plagioklasse: Mischung zwischen Ca- und Na-Feldspäten
0-19,5%_(Gew.) CaO

☒ Pyroxene, Amphibole

- Augit $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al}, \text{Ti})_2(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$, Kettensilikat, isomorpher Ersatz wird durch Einbau von Ca-, Mg-, Fe-, Al-, Ti-Ionen zwischen die Ketten ausgeglichen, 13-22%_(Gew.) CaO.
- Hornblende, Bandsilikat, 10-14 %_(Gew.) CaO



Ca-Gehalte in Magmatiten

Gestein	CaO (%)	Gestein	CaO (%)
Granit	0.72	Gabbro	11.1
Rhyolith	1.10	Peridotit	3.5
		Basalt	10.4



Granit

Diorit

Gabbro

Ca-Gehalt →

Ca-Formen im Boden - Sekundäre Silikate

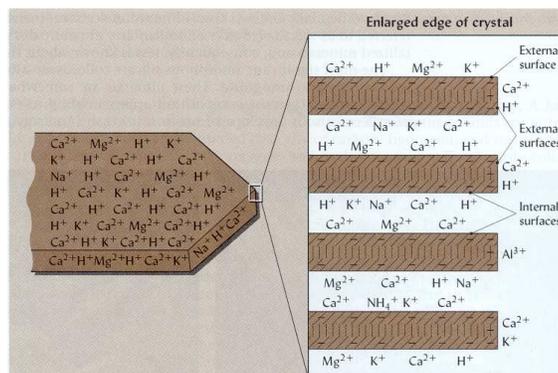
2. Sekundäre Silikate (Tonminerale):

☒ Vermiculit:

- Aufweitbares Dreischichtsilikat bis zu 2%_(Gew.) CaO
- Ca austauschbar gebunden

☒ Smectit:

- Aufweitbares Dreischichtsilikat bis zu 3%_(Gew.) CaO
- Ca austauschbar gebunden

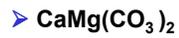


Ca-Formen im Boden - Carbonate und Sedimente

☒ Calcit:



☒ Dolomit



Sediment	CaO (%)
Geschiebemergel	9.7
Tonschiefer	2.2
Flugsand	0.1

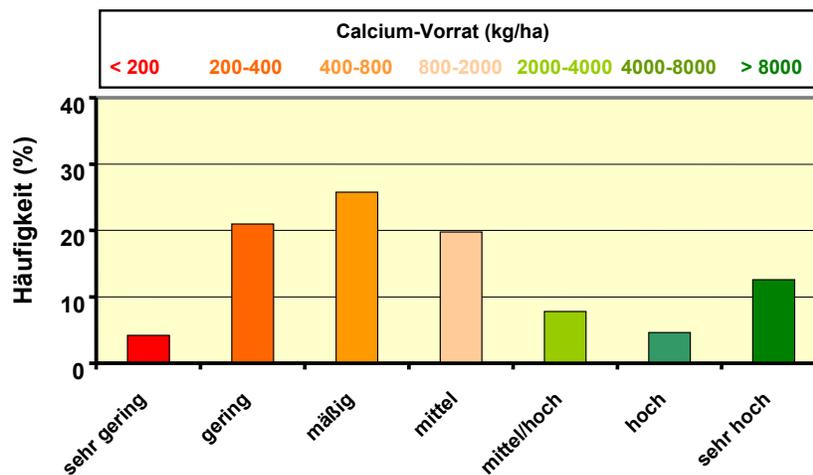


Rendzina aus Kalkstein

Kalk (%)	Ton (%)	Gesteinsbezeichnung
95-100	0-5	Kalk, Kalkstein
85-95	5-15	Mergeliger Kalk
75-85	15-25	Mergelkalk
65-75	25-35	Kalkmergel
65-35	35-65	Mergel
25-35	65-75	Tonmergel
15-25	75-85	Mergelton
5-15	85-95	Mergeliger Ton
0-5	95-100	Ton, Tonstein

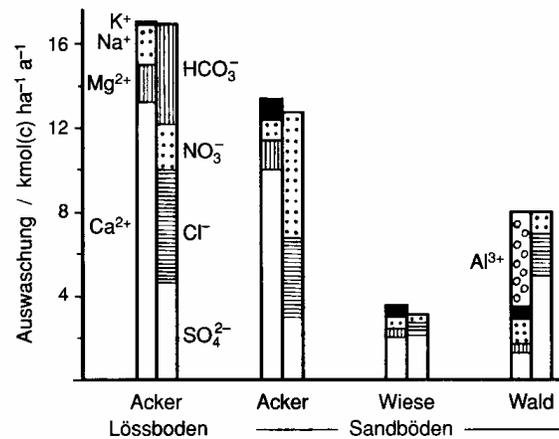
Ca-Formen im Boden - Austauschbares Ca

- Austauschbares Calcium im Mineralboden (0-60 cm) sowie Ca-Vorrat in der Humusauflage. (BZE-Auswertung, n=1187)

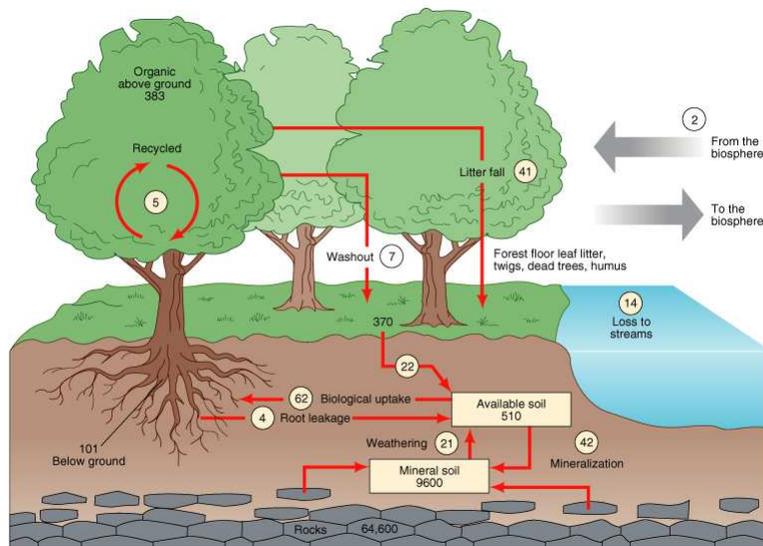


Auswaschung von Kationen und Anionen

- Auswaschung verschiedener Kationen und Anionen aus einer Löss-Parabraunerde und 3 Podsolen bei verschiedener Nutzung

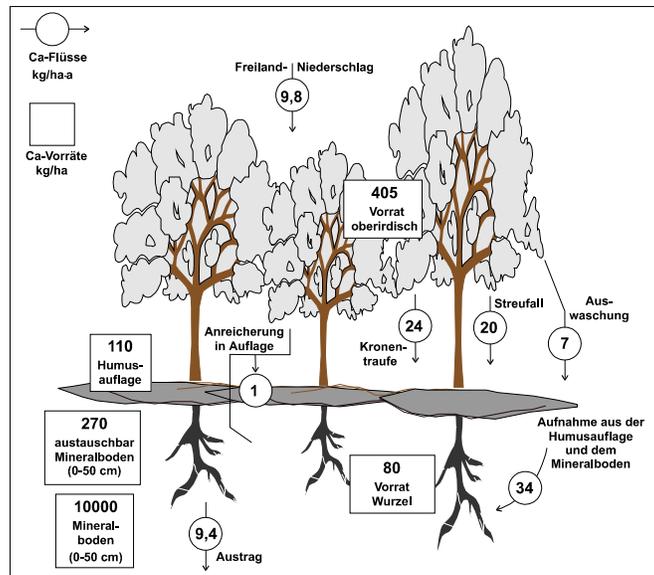


Ca-Vorräte und Flüsse im Waldökosystem



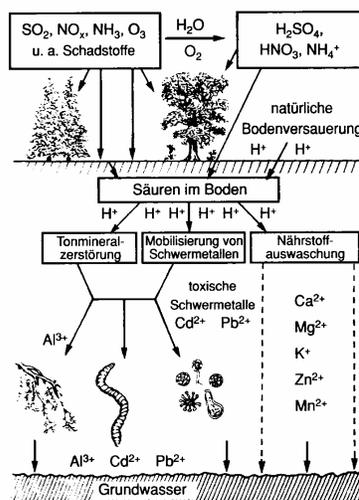
Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

Ca-Vorräte und Flüsse (Solling, Buche 120 Jahre)



Bodenversauerung und Kalkung

☒ Wirkungspfade der Bodenversauerung:



- Wurzelschäden (phytotoxische Al^{3+} -Konzentration)
- Schädigung der Bodenfauna (keine Regenwürmer in sauren Böden)
- Auswaschung wichtiger Nährstoffe (z.B. Mg, Ca), → Nährstoffmangel
- Tonmineralzerstörung (hohe Verwitterungsraten, Al-Chloritisierung)
- Wasserbelastung (Kationensäuren, Schwermetalle)

Bodenversauerung und Kalkung

☒ Kriterien für die Waldkalkung nach Ulrich:

Kalkung erforderlich		
O _H -Horizont	Ca-Sättigung	< 10 %
Mineralboden	pH (Salz)	< 4.2
	Ca-Sättigung	< 15 %
	molares Ca/Al in Bodenlsg.	< 1
Kalkung edringend erforderlich		
O _H -Horizont	Ca-Sättigung	< 5 %
	pH (H ₂ O)	< 3
Mineralboden	pH (Salz)	< 3.8
	Ca-Sättigung	< 5 %
	molares Ca/Al in Bodenlsg.	< 0.3
	% (Fe + H) am Austauscher	> 2– 5 %