

## M4 Bodenprofil Gurmels

---

### M4.1 Themenbereich «Bodenbildungsfaktoren und Profilmorphologie»

---

#### M4.1.1 Zusammenfassende Angaben zum Profil und zu den Bodenbildungsfaktoren

---

Das Bodenprofil ist in [Abb. M4.1](#) dargestellt. Einen Eindruck vom Bestand vermittelt [Abb. M4.2](#). [Tab. M4.1](#) fasst wichtige Angaben zum Boden und Profilort Gurmels zusammen, und [Tab. M4.2](#) orientiert über die Bodenbildungsfaktoren.

#### M4.1.2 Verbreitung gemäss Bodeneignungskarte der Schweiz

---

Das Profil gehört zur Kartierungseinheit H5 (tieferes Molassehügelland mit teilweiser Moränebedeckung; leicht gewellte Plateaus und Hangterrassen, Moräne/Molasse sandig, Westschweiz). 173 Stichproben des Landesforstinventars gehören dieser Kartierungseinheit an. Das Profil repräsentiert damit 1.5% der mit dem LFI insgesamt erfassten 11'863 Stichproben.

#### M4.1.3 Besonderheiten am Profilort

---

Das Bodenprofil repräsentiert den Boden in einer typischen Ausbildung des Waldmeister-Buchenwaldes mit Hainsimse.

#### M4.1.4 Profilmorphologie und Klassierung

---

Die im Profil angesprochenen morphologischen Bodenmerkmale sind in [Tab. M4.3](#) zusammen mit einer Profilskizze dargestellt.

Die Streu stammt vor allem von den Buchen in der Baumschicht, wogegen die übrigen Baumarten und die krautigen Pflanzen nur einen geringen Anteil der Streu liefern. Als Folge des gehemmten Abbaus hat sich unter der Streuschicht ein rund 2 cm mächtiger Fermentationshorizont mit mehrjähriger nur teilweise zersetzter organischer Substanz gebildet. Aufgrund der Horizontfolge L-F-Ah wird die Humusform als Moder klassiert.

Unter der organischen Auflage lassen sich im 130 cm tiefen Bodenprofil aufgrund der morphologischen Merkmale fünf Horizonte unterscheiden.



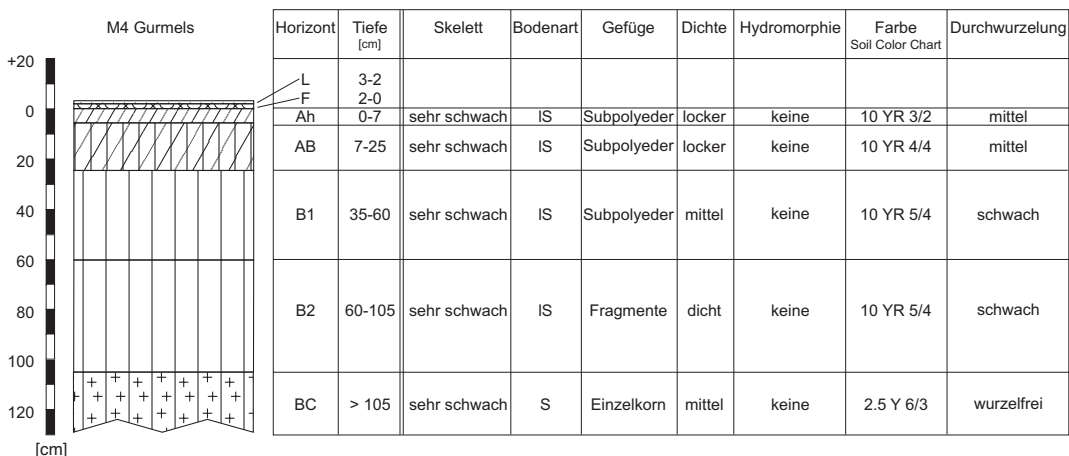
**Abb. M4.1** ([links](#)) Bodenprofil Gurmels

**Abb. M4.2** ([rechts](#)) Bestand am Profilort Gurmels

<b>Tab. M4.1 Zusammenfassende Angaben zum Profil Gurmels</b>	
Lokalname	Gurmels (Kanton Freiburg, Gemeinde Gurmels)
Lage	Landeskarte 1:25000 Blatt 1185, Fribourg Koordinaten 581080 / 193680
Waldgesellschaft (Ellenberg & Klötzli 1972)	Nr. 6: Waldmeister-Buchenwald mit Hainsimse ( <i>Galio odorati-Fagetum luzuletosum</i> )
Horizontfolge	L-F-Ah-AB-B1-B2-BC
Humusform	Moder
Bodentyp	Braunerde
Bodentyp (FAO 1988)	Dystric Cambisol

Tab. M4.2	Bodenbildungsfaktoren am Profilort Gurmels		
Relief	Höhe ü. M.	590 m	
	Exposition	NNW	
	Neigung	10%	
	Geländeform	Oberhang	
Ausgangsgestein	Tektonik/Geologie	Molassebecken; geringmächtige Würmmoräne über oberer Meeresmolasse (Sandstein)	
	Lithofazies (nach Tuchschnid 1995)	Nr. 29: Moräneablagerungen (grobklastisch) physikalische Verwitterbarkeit Gestein: variabel chemische Verwitterbarkeit Gestein: variabel Tongehalt Gestein: sehr niedrig – mittel	
Klima	T/N Jahresmittel	8.5°C/1072 mm	
	T/N Januarmittel	–0.4°C/65 mm	
	T/N Julimittel	18.5°C/93 mm	
	Tage mit Schneedecke	55	
	Wärmegliederung	ziemlich mild	
	Länge der Vegetationsperiode	200–205 Tage	
Pflanzen	Schicht	Deckung	häufigste Arten
	Baumschicht (30 m Höhe)	90%	75–100% Rotbuche ( <i>Fagus sylvatica</i> ) 5–25% Wald-Föhre ( <i>Pinus sylvestris</i> ) <5% Fichte ( <i>Picea abies</i> )
	Strauchschicht	0%	–
	Krautschicht	30%	Gemeiner Sauerklee ( <i>Oxalis acetosella</i> ) Breiter Wurmfarf ( <i>Dryopteris dilatata</i> ) Busch-Windröschen ( <i>Anemone nemorosa</i> ) Schattenblume ( <i>Maianthemum bifolium</i> )
	Moosschicht	1%	–

Tab. M4.3 Profilskizze und Morphologie des Bodenprofils Gurmels  
Bodenart: IS lehmiger Sand, S Sand



Das Bodenprofil ist hinsichtlich Skelettgehalt, Bodenart und Farbe wenig differenziert. Der Boden ist nahezu skelettfrei und die Feinerde ein lehmiger Sand. Ab 105 cm Tiefe kündigt sich das Ausgangsgestein mit sandiger Textur an. Farblich hebt sich die bräunlich schwarze Schicht in 0–7 cm Tiefe von den sonst relativ homogenen Brauntönen des Profils ab. Ab 105 cm Tiefe lässt sich mit matt gelben Farbtönen der Übergang ins Ausgangsgestein auch farblich feststellen. Beim Gefüge und bei der Dichte ist im Boden ein deutlicher Gradient vorhanden. Bis 60 cm Tiefe hält die Subpolyederstruktur die Feinerde relativ locker. In 60–105 cm Tiefe ist der Boden infolge der Fragmentstruktur dicht. An der Profilsohle ist die Dichte aufgrund des Einzelkorngefüges bloss mittel. Trotz des relativ dichten mittleren Profilabschnittes haben sich keine hydromorphen Merkmale gebildet. Der Boden ist bis 105 cm Tiefe durchwurzelt.

Die Horizontfolge des Profils lautet L-F-Ah-AB-B1-B2-BC. Der Boden wird aufgrund seiner Morphologie als Braunerde klassiert.

### **Ergänzende Bodenmerkmale**

Da das Profil zuwenig tief erschlossen ist, kann die genaue Tiefe der Kalkgrenze nicht angegeben werden. Sie liegt aber sicher unterhalb von 130 cm Tiefe. Gemäss pH-Hellige ist die Feinerde im gesamten Profil sehr sauer. Obwohl Wurzeln im Profil nur bis 105 cm Tiefe vorhanden sind, konnten keine unüberwindbaren Hindernisse für das Wurzelwachstum erkannt werden.

## **M4.2 Themenbereich «Physikalische Bodenkennwerte»**

---

### **M4.2.1 Beschrieb einiger physikalischer Bodenkennwerte**

---

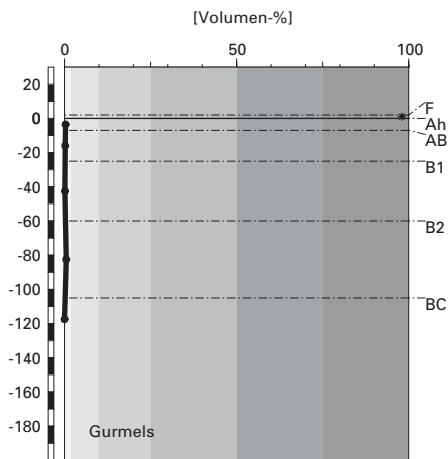
#### **Skelettgehalt**

Diese überwiegend aus Molassesandstein entstandene Braunerde ist nahezu skelettfrei (Abb. M4.3).

#### **Bodenart**

Der Sandstein macht sich auch bei der Bodenart bemerkbar, indem in der Feinerde die Sandfraktion dominiert (Abb. M4.4). Vor allem im BC-Horizont überwiegt der Sandanteil sehr deutlich, was gut mit dem relativ geringen Verwitterungsgrad dieses Horizontes erklärbar ist. In Bezug auf den Tongehalt wird der Boden im BC-Horizont als sehr leicht, in allen übrigen Horizonten als mittelschwer bezeichnet. Bei der Bestimmung der Bodenart im Feld wurde der Tonanteil in nahezu allen Horizonten unterschätzt (Tab. M4.3).

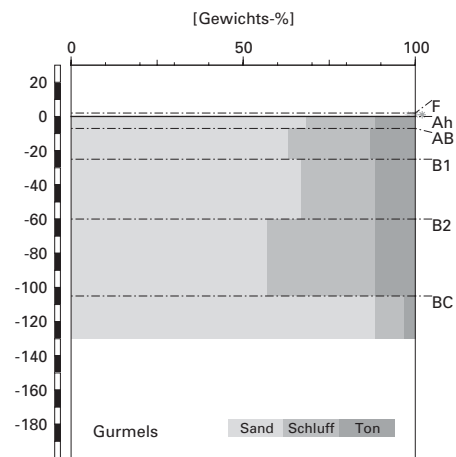
## Skelettgehalt



### Klassierung Skelettgehalt

>75	extrem stark
50-75	sehr stark
25-50	stark
10-25	mittel
2-10	schwach
<2	sehr schwach

## Bodenart



**Abb. M4.3 (links)** Skelettgehalt

**Abb. M4.4 (rechts)** Bodenart

## Dichte der Feinerde

Die Dichte der Feinerde nimmt mit der Tiefe zwar deutlich zu, liegt im Profil aber dennoch bloss zwischen äusserst gering und gering (**Abb. M4.5**). Im BC-Horizont erreicht die Dichte mit  $1.39 \text{ g/cm}^3$  den maximalen Wert.

## Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

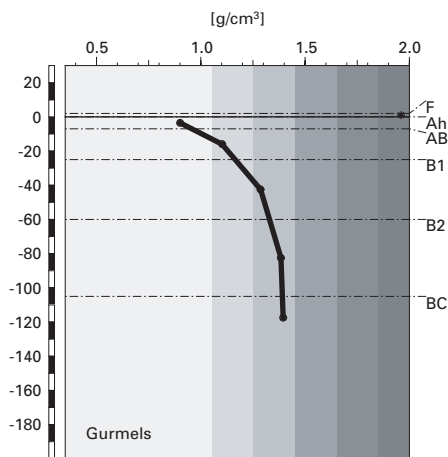
Die Feinerde ist derart sandig und locker gelagert, dass die Durchlässigkeit je nach Horizont hoch bis äusserst hoch ist (**Abb. M4.6**).

## Pflanzenverfügbares Wasser

Die Wasserspeicherkapazität des Bodens bis 120 cm Tiefe wird mit  $264 \text{ l/m}^2$  als äusserst hoch klassiert (**Abb. M4.7**). Das grosse Speichervermögen kommt durch das Fehlen von Skelett und die günstige Porenstruktur in der Feinerde zustande, wo offenbar die mittleren Porengrössen dominieren.



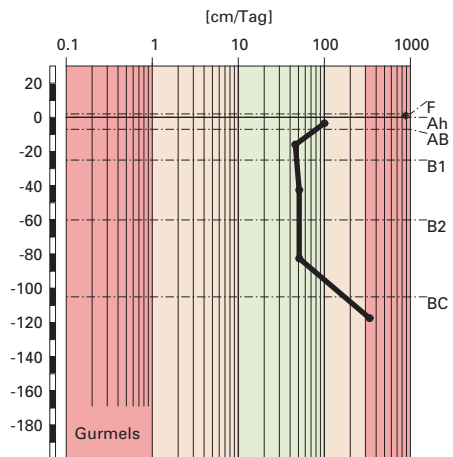
## Feinerde-Dichte



### Klassierung Dichte

>1.85	sehr hoch
1.65-1.85	hoch
1.45-1.65	mittel
1.25-1.45	gering
1.05-1.25	sehr gering
<1.05	äusserst gering

## gesättigte Wasserleitfähigkeit ( $k_{sat}$ )



### Klassierung $k_{sat}$

>300	äusserst hoch
100-300	sehr hoch
40-100	hoch
10-40	mittel
1-10	gering
<1	sehr gering

**Abb. M4.5 (links)** Dichte der Feinerde

**Abb. M4.6 (rechts)** Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

## M4.2.2

### Bodenkundliche und ökologische Interpretationen

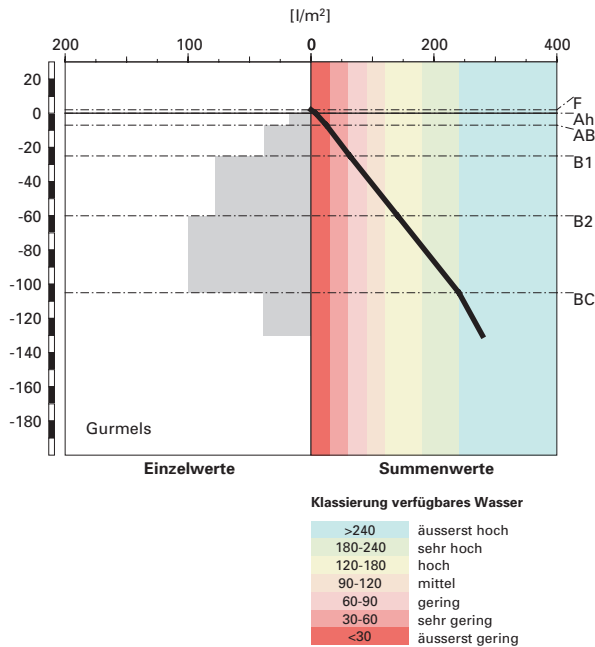
#### Wasser- und Lufthaushalt des Bodens

In dieser Braunerde kommen aufgrund der grossen Durchlässigkeit (**Abb. M4.6**) keine Vernässungsmerkmale vor. Gesättigte Phasen mit ungenügender Durchlüftung sind somit höchstens von kurzer Dauer.

#### Durchwurzelbarkeit des Bodens

Der Boden lässt sich von allen Baumarten uneingeschränkt und mindestens bis zur Profilssole durchwurzeln, da die Dichtewerte überall weniger als 1.4 g/cm³ betragen und die Durchlüftung in allen Horizonten stets ausreichend ist. Der Wurzelraum ist nicht beschränkt und wird mit >120 cm Mächtigkeit als sehr tiefgründig klassiert. Der Boden wird vom aktuellen Bestand aus Buche, Waldfähre und Fichte nicht optimal genutzt, denn Wurzeln sind nur bis 105 cm Tiefe und damit nicht bis zur Profilssole vorhanden.

## pflanzenverfügbares Wasser



**Abb. M4.7** Pflanzenverfügbares Wasser

### Wasserversorgung des Baumbestandes

Bei einer Referenztiefe von 120 cm ist gemäss unseren Berechnungen davon auszugehen, dass der Bestand in Trockenperioden ohne nennenswerte Niederschläge nach rund 35 Tagen an Wassermangel zu leiden beginnt. Da der speicherstarke Boden sogar noch tiefer als 120 cm durchwurzelt werden kann und zudem ein günstiges Klima herrscht, wird das Trockenstress-Risiko an diesem Buchenstandort (E & K 6) als klein beurteilt.

### Bodenbefahrbarkeit

Der Boden reagiert in nassem Zustand sehr empfindlich auf Befahren mit schweren Maschinen, weil er nahezu skelettfrei ist.

### M4.3.1 Charakterisierung der Bodenhauptbestandteile

---

#### Organische Substanz

Der Baumbestand am Profilort bei Gurmels setzt sich vor allem aus Buchen und Wald-Föhren mit einzelnen beigemischten Fichten zusammen. Die Baumschicht weist einen Deckungsgrad von 90% auf. Mit einer Deckung von 30% gedeihen in der Krautschicht vor allem gemeiner Sauerklee, breiter Wurmfarne, Busch-Windröschen und Schattenblume. Die anfallende Streu stammt vor allem von den Buchen und Föhren, der Beitrag der Pflanzen aus der Krautschicht ist von untergeordneter Bedeutung. Die Streu wird insgesamt als mässig bis schlecht abbaubar beurteilt, so dass sich unter einer 1 cm dicken Streuschicht ein Fermentationshorizont von 2 cm Mächtigkeit gebildet hat.

Im F-Horizont ist, entsprechend seiner vorwiegend organischen Zusammensetzung, der Gehalt an organischem Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) mit 41.4% sehr hoch (Abb. M4.8). Der Ah-Horizont hebt sich durch seine bräunlich schwarze Farbe deutlich vom braunen AB-Horizont ab. Sein  $C_{org}$ -Gehalt beträgt 3.3%. Im AB-Horizont geht er auf 2.0% zurück und im B1-Horizont beträgt er noch 0.6%. Im B2-Horizont ist bereits kein organischer Kohlenstoff mehr bestimmbar. Aus diesen  $C_{org}$ -Gehalten ergibt sich ein Vorrat an organischem Kohlenstoff von 102 t/ha (Abb. M4.9), wobei für die Vorratsberechnung im F-Horizont eine Dichte von 0.2 g/cm<sup>3</sup> angenommen wurde.

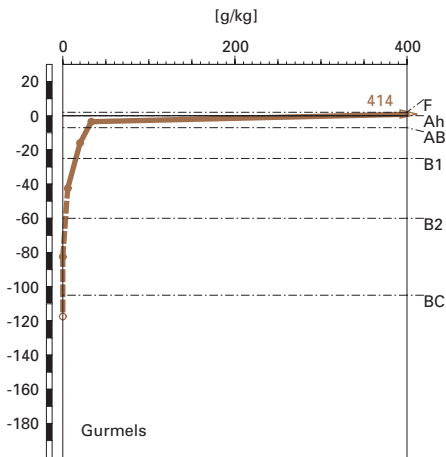
#### Tonverteilung sowie Verteilung von Aluminium- und Eisenoxiden

Der Tongehalt ist vom Oberboden bis in den B2-Horizont praktisch konstant bei 12 bis 13% (Abb. M4.4). Im BC-Horizont ist er mit 3% am kleinsten.

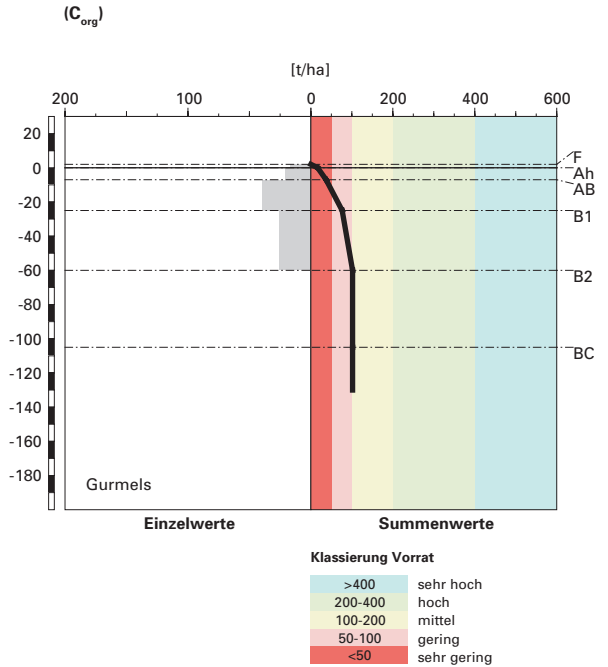
Bei den extrahierbaren Eisengehalten fallen die Maxima von Dithionit- ( $Fe_d$ ) und Oxalat-extrahierbarem Eisen ( $Fe_o$ ) im B2-Horizont auf (Abb. M4.10). Abgesehen von diesem Maximum von 10.1 g/kg variiert  $Fe_d$  im ganzen Profil nur wenig und nimmt von 4.4 g/kg im Ah- auf 4.0 g/kg im BC-Horizont ab.  $Fe_o$  nimmt von 2.3 g/kg im Ah- auf 1.9 g/kg im B1-Horizont ab, besitzt im B2-Horizont mit 3.2 g/kg das Maximum und ist im BC-Horizont nicht mehr bestimmbar. Der Gehalt des Pyrophosphat-extrahierbaren Eisens ( $Fe_p$ ) nimmt von 1.8 g/kg im Ah- auf 0.7 g/kg im B1-Horizont ab (Abb. M4.10). In den tiefer gelegenen Horizonten liegt der Gehalt von  $Fe_p$  unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0.25 g/kg.



### organischer Kohlenstoff



### Kohlenstoff-Vorrat



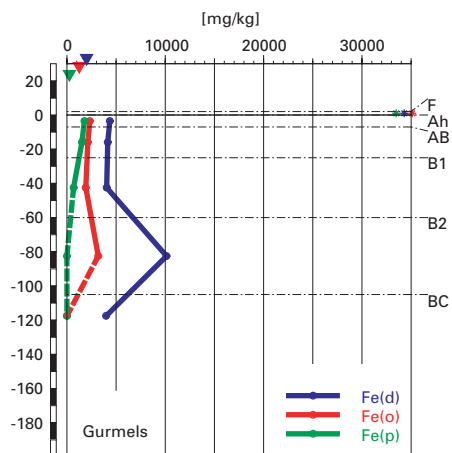
**Abb. M4.8 (links)** Gehalt an organischem Kohlenstoff

**Abb. M4.9 (rechts)** Vorrat an organischem Kohlenstoff

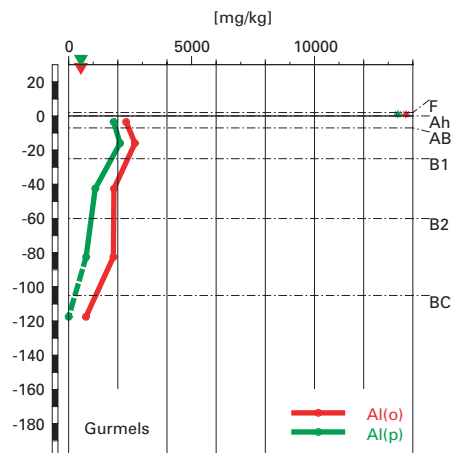
Die Tiefenverteilungen des Oxalat- und Pyrophosphat-extrahierbaren Aluminiums ( $Al_o$  und  $Al_p$ ) zeigen zwei Maxima (**Abb. M4.11**): ein erstes im AB-Horizont und ein sekundäres Maximum im B2-Horizont, in welchem auch die Eisengehalte am grössten sind. Tendenziell nehmen beide Gehalte mit der Tiefe ab:  $Al_o$  von 2.3 g/kg im Ah- auf 0.7 g/kg im BC-Horizont und  $Al_p$  von 1.8 g/kg im Ah- auf einen Gehalt im BC-Horizont, welcher unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0.5 g/kg liegt.

Auch die Verhältnisse der verschiedenen extrahierbaren Aluminium- und Eisengehalte nehmen mit der Tiefe ab (**Abb. M4.12**).

### Eisen-Oxide (Gehalte)



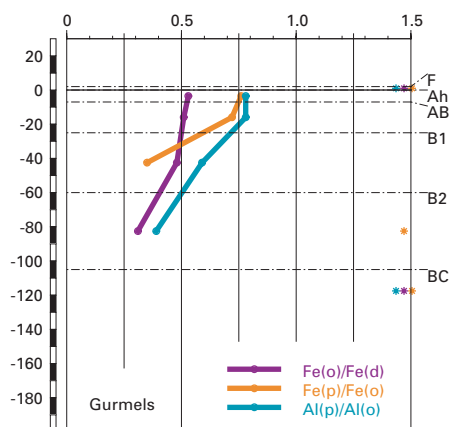
### Aluminium-Oxide (Gehalte)



**Abb. M4.10 (links)** Gehalte an Dithionit- ( $\text{Fe}_d$ ), Oxalat- ( $\text{Fe}_o$ ) und Pyrophosphat- ( $\text{Fe}_p$ ) extrahierbarem Eisen

**Abb. M4.11 (rechts)** Gehalte an Oxalat- ( $\text{Al}_o$ ) und Pyrophosphat- ( $\text{Al}_p$ ) extrahierbarem Aluminium

### Eisen- und Aluminiumoxide (Verhältnisse)



**Abb. M4.12** Verhältnisse der Fe- und Al-Oxide

Die hauptsächlich von Buchen und Wald-Föhren stammende Streu wird innerhalb eines Jahres nicht vollständig abgebaut. Unter einer 1 cm dicke Streuschicht hat sich ein 2 cm mächtiger F-Horizont gebildet. Entsprechend wird die Humusform als Moder klassiert. Der leicht verzögerte Streuabbau wird durch die mässig bis schlecht abbaubare Streu verursacht, deren einseitige Zusammensetzung zu wenig attraktiv für die Bodenorganismen ist. Zudem sind die pH-Verhältnisse im F- und Ah-Horizont sehr stark sauer, was pilzliche gegenüber bakteriellen Mikroorganismen fördert. Pilze bauen die Streu nur unvollständig ab, während Bakterien in der Regel stärker mineralisierend wirken. Insgesamt muss die biologische Aktivität als gering bezeichnet werden.

Das C/N- bzw. C/P-Verhältnis im F-Horizont beträgt 21 bzw. 777 und wird als mässig weit klassiert. Das mässig weite C/N-Verhältnis ist mit einer niedrigen Mineralisierungsrate der organischen Substanz verbunden. Als Folge des unvollständigen Streuabbaus werden Humusstoffe aufgebaut, welche zeitlich verzögert mineralisiert werden. Da der Tongehalt relativ klein ist, Karbonate fehlen und die  $Al_o$ - und  $Fe_o$ -Gehalte im regionalen Vergleich gering bis mittel sind, ist die Humusstabilisierung in diesem Boden nicht sehr stark ausgeprägt. Deshalb konnte sich trotz des verzögerten Streuabbaus und der Humusbildung ein im gesamtschweizerischen Vergleich nur knapp mittlerer Vorrat von 102 t/ha aufbauen ([Abb. M4.9](#)).

Die extrahierbaren Aluminium- und Eisengehalte zeigen die für eine Braunerde typischen Tiefenverteilungen. Die Gehalte nehmen mit der Tiefe ab. Dies ist auf die in den oberen Bodenhorizonten intensiver und seit längerer Zeit wirksamen Bodenbildungsprozesse zurückzuführen. Gestein und Feinerde sind stärker verwittert und mit der Silikatverwitterung, die nach der Entkarbonatung der Feinerde eingesetzt hat, haben sich sekundäre Aluminium- und Eisenoxide gebildet. Dies erklärt den Gradienten in der Tiefenverteilung der Oxalat-extrahierbaren Aluminium- und Eisengehalte.  $Al_o$  nimmt jedoch vom Ah- in den AB-Horizont zuerst leicht zu, bevor die Abnahme bis in den BC-Horizont erfolgt. Offensichtlich hat im Oberboden eine Aluminiumverlagerung eingesetzt. Bei den sehr stark bis stark sauren pH-Verhältnissen wird Aluminium aus seinen oxidischen Verbindungen gelöst und kann als gelöste Metall-organische Verbindung oder in gelöster anorganischer Form verlagert werden. Die beginnende Aluminiumverlagerung schlägt sich in einem Verlagerungsindex für  $Al_o$  von 1.1 nieder. Hingegen kann das Maximum von  $Fe_o$  im B2-Horizont nicht mit Verlagerung erklärt werden, obschon der pH-Wert im Ah-Horizont tief genug ist, so dass Eisen in gelöster anorganischer Form den Horizont verlassen könnte. Auch

die Bedingungen für eine Verlagerung von Eisen als gelöste organische Verbindung wären gegeben. Dass jedoch das verlagerte Eisen nach der Ausfällung als kristalline Verbindung vorliegt, wie dies das Maximum von  $\text{Fe}_d$  im B2-Horizont anzeigt, ist nicht vorstellbar. Deshalb werden diese Maxima als Inhomogenität im bodenbildenden Moränematerial oder als Inhomogenität im Zusammenhang mit einem allfälligen Gesteinswechsel von Würmmoräne zu tiefer liegender oberer Meeresmolasse interpretiert.

Das relativ weite  $\text{Fe}_o/\text{Fe}_d$ -Verhältnis deutet einen hohen Grad der Verbraunung an. Es zeigt, dass bis 60 cm Tiefe rund die Hälfte der extrahierbaren Eisenverbindungen als amorphe Eisenoxide und -hydroxide vorliegen. Gemäss dem  $\text{Fe}_p/\text{Fe}_o$ -Verhältnis sind im Oberboden über 70% der amorphen Eisenverbindungen mit der organischen Substanz assoziiert. Im B1-Horizont geht dieser Anteil auf 35% zurück. Für Aluminium sind diese Anteile im Oberboden ähnlich, bleiben im Unterboden jedoch relativ hoch. Damit folgt das  $\text{Al}_p/\text{Al}_o$ -Verhältnis nicht wie jenes von  $\text{Fe}_p/\text{Fe}_o$  der Tiefenverteilung des organischen Kohlenstoffes, weil der dispergierende Effekt des Pyrophosphatextraktes sich stärker auf Aluminium- als auf Eisenverbindungen auswirkt.

Aufgrund der morphologischen Merkmale wurde dieser Boden als Braunerde klassiert. Die Interpretation der Bodenhauptbestandteile bestätigt diese Klassierung. Allerdings kann im Oberboden eine beginnende Aluminiumverlagerung festgestellt werden. Der Boden befindet sich somit im Übergang von einer Braunerde zu einer podsolierten Braunerde. Die Verlagerung ist jedoch erst schwach ausgeprägt, so dass die Klassierung als Braunerde gerechtfertigt ist.

## M4.4 Themenbereich «Säurezustand»

---

### M4.4.1 Charakterisierung des Säurezustandes

---

#### pH-Wert

Der F- und Ah-Horizont sind sehr stark, alle anderen Horizonte stark sauer (Abb. M4.13). Der tiefste pH-Wert beträgt 3.6 und befindet sich im Ah-Horizont. Bis zur Aufschlusstiefe in 130 cm nimmt er unwesentlich auf 4.2 zu. Die beiden obersten Horizonte befinden sich in der Säureklasse 5, alle übrigen Horizonte in der Säureklasse 4.

### Austauschbare Kationen und Basensättigung

Der Kationenaustauscher ist im F-Horizont überwiegend mit basischen Kationen belegt und die sauren Kationen bestehen vor allem aus Protonen und Mangan (Abb. M4.14). Im Mineralboden bis in 105 cm Tiefe überwiegt Aluminium in der Austauschgarnitur bei weitem. Im B2- und BC-Horizont kommen neben den sauren auch nennenswerte Mengen basischer Kationen am Kationenaustauscher vor. Im B2- Horizont machen diese rund 28% aus und im BC-Horizont übertreffen sie den Anteil von austauschbarem Aluminium um rund das anderthalb fache. Auffallend ist, dass im BC-Horizont viel mehr austauschbares Magnesium als Kalzium vorhanden ist. Die Basensättigung ist im F-Horizont mit über 70% hoch (Abb. M4.15). Sie beträgt aber bereits im Ah-Horizont nur noch rund 10% und nimmt bis in den B1-Horizont auf sehr geringe Werte unter 5% ab. Mit zunehmender Tiefe nimmt die Basensättigung dann allerdings wieder rasch zu. Im B2-Horizont wird sie als mässig und im BC-Horizont als mässig hoch bewertet.

#### M4.4.2 Interpretationen zum Säurezustand

---

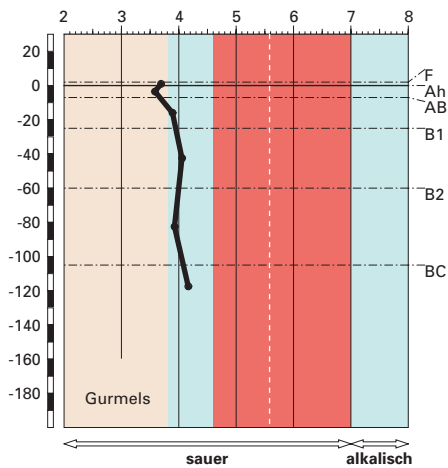
##### Stand der Bodenversauerung

Diese Braunerde ist aus karbonathaltigem Moränenmaterial entstanden, das im Laufe der Bodenentwicklung vollständig entkarbonatet wurde. Zur Beurteilung der Versauerung wird angenommen, dass das nicht erschlossene Ausgangsgestein karbonathaltig ist und die Feinerde dort in der Säureklasse 1 liegt. Der Tiefenverlauf des pH-Wertes erstreckt sich über 5 Säureklassen, womit der Boden als sehr stark versauert beurteilt wird. Die Säurepufferung erfolgt im ganzen Profil hauptsächlich durch Auflösung von Aluminiumverbindungen. Obwohl sich der Ah-Horizont in der Säureklasse 5 befindet, in welcher bei der Säurepufferung auch Eisenverbindungen aufgelöst werden, ist am Kationenaustauscher praktisch kein Eisen vorhanden. Der Boden ist profilumfassend versauert, denn die Versauerungsfront, erkennbar am austauschbaren Aluminium, hat bereits die Profilsohle erreicht.

Die Belegung des Kationenaustauschers und die zunehmende Basensättigung im B2- und BC-Horizont lassen vermuten, dass das karbonathaltige Ausgangsgestein in nicht allzu grosser Tiefe liegt. Weil basische Kationen durch Diffusion in die oberen Bodenhorizonte gelangen, ist die Basensättigung grösser als dies dem pH-Wert entspricht. Die sehr starke Versauerung manifestiert sich in diesem Boden hauptsächlich in den tiefen pH-Werten, viel weniger aber in der Basensättigung. Die Bäume sind in der Lage, die Nährstoffe in den tiefer gelegenen Horizonten zu nutzen. Ein Hinweis dafür ergibt sich aus der hohen Basensättigung im F-Horizont, die durch den Nährstoffkreislauf zustande kommt.

## pH-Wert

(CaCl<sub>2</sub>)



### Säureklassen 1-5

Empfindlichkeit für pH-Abnahme

1: >7.0	klein
2: 5.6-7.0	gross
3: 4.6-5.6	gross
4: 3.8-4.6	klein
5: <3.8	mässig

## austauschbare Kationen

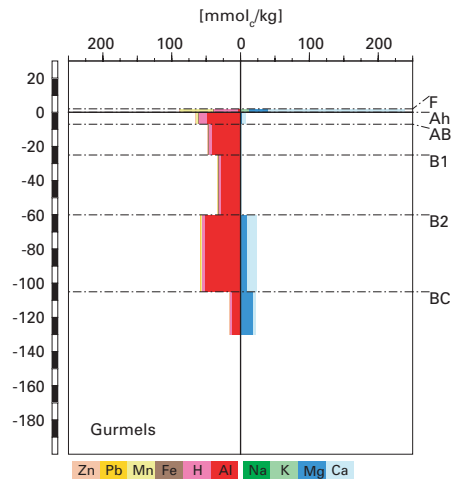
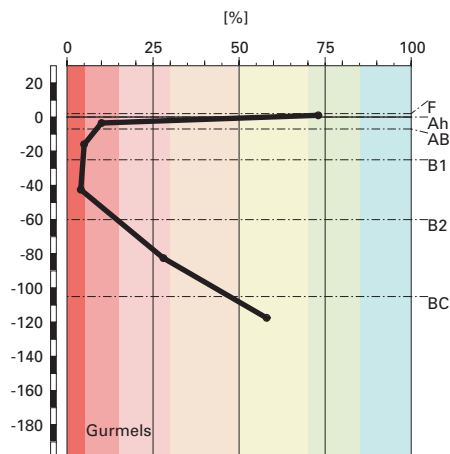


Abb.M4.13 (links) pH-Wert und Säureklassen

Abb.M4.14 (rechts) Belegung des Kationenaustauschers

## Basensättigung



### Klassierung Basensättigung

>85	sehr hoch
70-85	hoch
50-70	mässig hoch
30-50	mittel
15-30	mässig
5-15	gering
<5	sehr gering

Abb.M4.15 Basensättigung



### Risiko für Boden und Pflanzen

Das Risiko einer weiteren pH-Absenkung ist in diesem Boden gering, weil sich der grösste Teil der Feinerde in der Säureklasse 4 befindet, in der die Säuren sehr effizient gepuffert werden. Am ehesten ist in Zukunft mit einer pH-Abnahme im Ah-Horizont zu rechnen. Dieser befindet sich in der Säureklasse 5 mit mässiger Pufferwirkung und die Humusform ist ein Moder, der eine permanente Säurequelle darstellt. Die Versauerung, ausgedrückt in einer pH-Abnahme, dürfte sich somit in den AB-Horizont fortpflanzen, denn dieser Horizont liegt mit einem pH-Wert von 3.89 im untersten Bereich der Säureklasse 4 im Übergang zur Säureklasse 5. Unabhängig von einer pH-Abnahme wird sich die Versauerung vermutlich auch in einer Abnahme der Basensättigung manifestieren.

Für säureempfindliche Pflanzen besteht ein als mittel erachtetes Risiko, dass sie durch Aluminiumtoxizität in ihrem Wachstum beeinträchtigt werden, denn in rund 45 % der gesamten Feinerde ist das BC/Al-Verhältnis  $< 0.2$  und damit im kritischen Bereich. Diese kritische Zone befindet sich zwischen 7 und 60 cm Tiefe und damit im Hauptwurzelraum. Allerdings wird sich diese Zone im Boden auch bei einer weiteren pH-Abnahme nicht wesentlich ausdehnen, solange die Nachlieferung basischer Kationen aus grösserer Bodentiefe anhalten wird. Tief wurzelnde Pflanzen können deshalb die ungünstigen Bedingungen in den oberen Bodenpartien teilweise kompensieren.

## M4.5 Themenbereich «Schwermetalle»

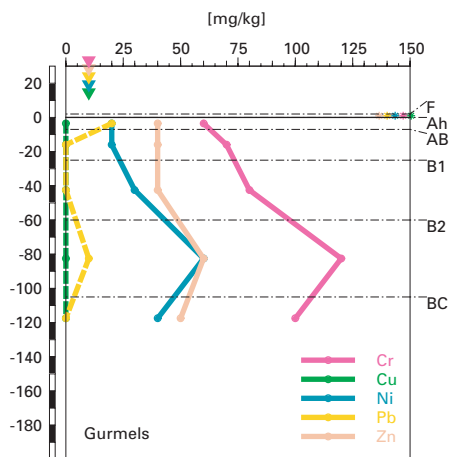
---

### M4.5.1 Tiefenverteilung der Schwermetalle

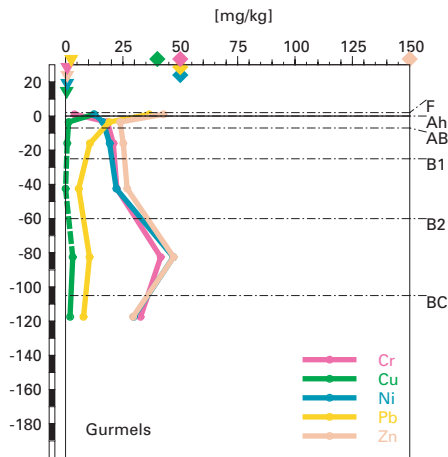
---

Chrom und Ni zeigen in diesem Profil eine ähnliche Tiefenverteilung ([Abb. M4.16](#)). Beide Schwermetalle nehmen mit der Tiefe bis zum Maximum im B2-Horizont stark zu. Im BC-Horizont sind die Gehalte wieder etwas niedriger. Kupfer ist im ganzen Profil nicht nachweisbar. Zink verhält sich ähnlich wie Cr und Ni, allerdings sind die Zu- und Abnahmen des Gehaltes viel weniger stark ausgeprägt. Der Pb-Gehalt ist im Ah-Horizont maximal. In grösserer Tiefe liegt Pb meist unterhalb der Bestimmungsgrenze und ist nur gerade im B2-Horizont nachweisbar, wo Cr, Ni und Zn ihre maximalen Gehalte aufweisen.

**Cr, Cu, Ni, Pb, Zn**  
(effektive Totalgehalte)



**Cr, Cu, Ni, Pb, Zn**  
(HNO<sub>3</sub>-extrahierbare Gehalte)



**Abb. M4.16 (links)** Schwermetalle: effektive Totalgehalte

**Abb. M4.17 (rechts)** Schwermetalle: Salpetersäure-extrahierbare Gehalte

#### M4.5.2

#### Wertung der Schwermetallgehalte im untersten Mineralerde-Horizont im geochemischen Vergleich

Bezogen auf das Ausgangsgestein aus Würmmoräne liegen der Cu- und Pb-Gehalt im BC-Horizont unterhalb, der Ni- und Zn-Gehalt innerhalb, und der Cr-Gehalt oberhalb typischer Wertebereiche. Da für Moräne (Lithofazies 29) keine geochemischen Angaben vorhanden sind, wurde die geologisch nächstverwandte Lithofazies mit geochemischen Angaben (Lithofazies 24, Glaziallehme und -tone) für die Beurteilung beigezogen. Im Vergleich zu den Angaben für das Gebiet Mittelland sind der Cu- und Pb-Gehalt sehr niedrig, der Zn-Gehalt niedrig, der Ni-Gehalt erhöht und der Cr-Gehalt hoch.

Anmerkung: Weil das Ausgangsgestein, aus dem sich der Boden entwickelt hat, nicht aufgeschlossen werden konnte, werden für den geochemischen Vergleich die Schwermetallgehalte im BC-Horizont beigezogen. Die Verteilung der Oxide (Abb. M4.10 und M4.11) deutet darauf hin, dass in dieser Braunerde noch keine Verlagerungen bis in den BC-Horizont stattgefunden haben. Deshalb dürften die auf diesem Horizont basierenden Bewertungen in etwa richtig sein.

Für den F-Horizont wurden wegen seines hohen Humusgehaltes (Abb. M4.8) die volumenbezogenen Konzentrationen ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ; Tab. A30 in Zimmermann et al. 2006) beurteilt. Diese sind niedriger als die massenbezogenen Gehalte ( $\text{mg}/\text{kg}$ ; Abb. M4.17), da die Dichte kleiner ist als  $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ . Mangels Messwert wurde eine Dichte von  $0.2 \text{ g}/\text{cm}^3$  angenommen.

Bezogen auf die VBBo sind die Konzentrationen der Schwermetalle in der organischen Auflage sehr niedrig. In den obersten drei Horizonten des Mineralbodens sind der Cr- und Ni-Gehalt niedrig, in grösserer Tiefe erhöht bis hoch. Die Gehalte der übrigen Schwermetalle sind im ganzen Mineralboden sehr niedrig bis niedrig. Die Richtwerte der VBBo werden nicht überschritten.

Weil das Ausgangsgestein, aus dem sich der Boden entwickelt hat, nicht aufgeschlossen werden konnte, wurden die Anreicherungsfaktoren relativ zum BC-Horizont berechnet. Deshalb können keine Aussagen bezüglich Anreicherung oder Verarmung relativ zum Ausgangsgestein gemacht werden.

Dieser Boden ist durch starke Verarmung an Cr, Ni und Zn gekennzeichnet (Tab. M4.4). Dies ist wohl in erster Linie auf die profilumfassend stark bis sehr stark sauren Verhältnisse (Abb. M4.13) zurückzuführen, unter denen die meisten Schwermetalle eine mittlere bis sehr grosse Mobilität aufweisen (Abb. M4.18). Die profilumfassend tiefen Cu-Gehalte unter der Bestimmungsgrenze (Abb. M4.16) und eine Tiefenverteilung der Salpetersäure-extrahierbaren Cu-Gehalte, die ähnlich ist wie diejenige von Cr, Ni und Zn (Abb. M4.17) sind ein Hinweis darauf, dass auch dieses Schwermetall im Laufe der Bodenbildung unter den sauren Verhältnissen ausgewaschen wurde. In wie weit gelöste organische Substanz bei der Auswaschung der Schwermetalle beteiligt ist, lässt sich mit den vorhandenen Daten nicht sagen. Der gegenüber dem Unterboden erhöhte Pb-Gehalt in der organischen Auflage und im Oberboden deutet auf anthropogenen Eintrag hin.

**Tab. M4.4****Anreicherungsfaktoren**

Horizont	Tiefe [cm]	Anreicherungsfaktor				
		Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Ah	0 – 7	0.27	n.b.	0.22	n.b.	0.36
AB	7 – 25	0.33	n.b.	0.24	n.b.	0.38
B1	25 – 60	0.38	n.b.	0.35	n.b.	0.38
B2	60 – 105	0.51	n.b.	0.63	n.b.	0.51
BC	> 105	1.00	n.b.	1.00	n.b.	1.00

**M4.5.5****Schätzung der Mobilität der Schwermetalle**

Dieser Boden ist profilumfassend stark bis sehr stark sauer (Abb. M4.13). Im ganzen Mineralboden wird denn auch die Mobilität von Ni und Zn als gross bis sehr gross, diejenige von Cr und Cu als mittel bis gross, und die Pb-Mobilität als gering bis mittel beurteilt (Abb. M4.18). Dabei reduziert der hohe Gehalt an organischer Substanz (Abb. M4.8) die Schätzung für Cr, Cu und Pb im Oberboden. In der organischen Auflage wird die geschätzte Mobilität aller Schwermetalle mit Ausnahme derjenigen von Zn durch Bindung an feste organische Substanz verringert.

Aufgrund der tiefen pH-Werte besteht eine relativ grosse Gefahr, dass Schwermetalle in den Untergrund ausgewaschen werden. Berücksichtigt man die Gehalte im untersten Horizont, so ist die Gefahr besonders gross für Cr, Ni und Zn.

**M4.5.6****Schätzung der Gefährdung von Mikroorganismen**

Im Oberboden liegen alle Schwermetalle in Gehalten vor, welche für pflanzliche und tierische Mikroorganismen in Waldböden unkritisch sind.

## Schwermetallmobilität

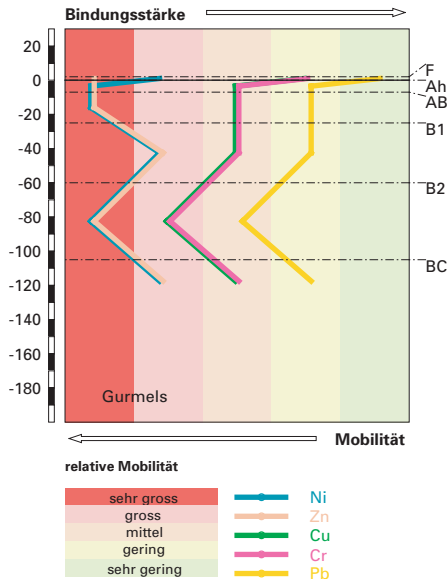


Abb. M4.18 Mobilität der Schwermetalle

## M4.6 Themenbereich «Nährstoffe»

### M4.6.1 Nährstoffverfügbarkeit im Oberboden

Die Nährstoffverfügbarkeit wird aufgrund von Humusform und Bodengefüge als nicht optimal klassiert. Die Bodenorganismen bauen die anfallende Streu, welche vor allem von Buche und Föhre anfällt, innerhalb eines Jahres nicht vollständig ab. Es hat sich ein F-Horizont gebildet und die Humusform ist ein Moder. Die Streu ist mässig bis schlecht abbaubar und die biologische Aktivität ist aufgrund der sehr stark sauren pH-Verhältnisse im F- und Ah-Horizont gering. Dies widerspiegelt sich in der Subpolyederstruktur im Oberboden.

Das C/N-Verhältnis beträgt im 2 cm mächtigen F-Horizont 21 und liegt damit in einem Bereich, der für Moder typisch ist. Es wird als mässig weit klassiert und ist mit einer niedrigen Mineralisierungsrate der organischen Substanz verbunden. Die anhand des C/N-Verhältnisses gemachten Aussagen stehen damit in Einklang mit den morphologischen Beobachtungen. Auch das als mässig weit klassierte C/P-Verhältnis von 777 im F-Horizont bestätigt die geringe Nährstoffverfügbarkeit.

Die Kationenaustauschkapazität (KAK) wird mit Ausnahme der organischen Auflage im gesamten Profil als sehr gering bis gering eingestuft (Abb. M4.19). Im F-Horizont ist sie mit rund 330 mmol<sub>c</sub>/kg sehr hoch. Ihr Verlauf im Mineralboden ist mit Ausnahme eines erhöhten Wertes im B2-Horizont relativ konstant und damit eher mit dem Tongehalt als mit der organischen Substanz korreliert. Hingegen ist die sehr hohe KAK im F-Horizont auf die Austauschigenschaften der organischen Substanz zurückzuführen.

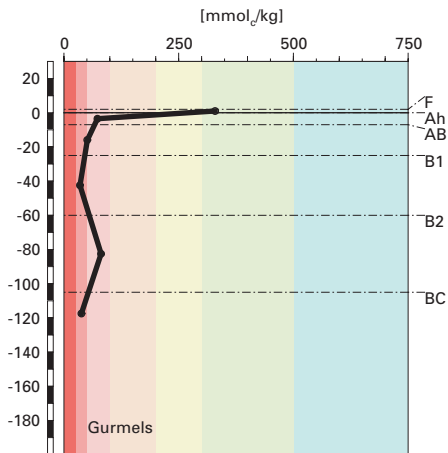
Entsprechend der stark bis sehr stark sauren pH-Verhältnisse im Mineralboden ist die Al-Belegung mit Ausnahme des BC-Horizontes grösser als 50 % (Abb. M4.20). Sie hat ihr Maximum mit rund 84 % im stark sauren B1-Horizont. Im BC-Horizont geht sie auf rund 36 % zurück. Die Versauerung ist vor allem in den obersten 105 cm des Profils so weit fortgeschritten, dass die Nährstoffkationen in grösserem Ausmass vom Austauscher verdrängt wurden. Das Minimum der Ca-Belegung liegt mit 1.4 % im B1-Horizont. Sie steigt in den B2-Horizont auf rund 17 % an und beträgt andererseits im Ah-Horizont 7 %. Magnesium ist, in Abhängigkeit der Konkurrenz von Ca und Al, im F- und Ah-Horizont sowie vor allem im B2- und BC-Horizont vorhanden. Seine Belegung übertrifft mit rund 45 % im BC-Horizont jene von Ca und ist sehr hoch. Dies ist vermutlich gesteinsbedingt. Die K-Belegung des Kationenaustauschers ist im gesamten Mineralboden relativ konstant zwischen 1 und 2 %. Im F-Horizont erreicht sie etwas mehr als 3 % was auf den Nährstoffkreislauf zurückgeführt werden kann, wie dies auch auf die übrigen Nährstoffe zutrifft.

In den Abb. M4.21 bis M4.23 sind die Vorräte an Ca, Mg und K dargestellt. Die Vorräte nehmen entsprechend der tiefen Basensättigung bis in eine Tiefe von 60 cm nur wenig zu. Danach erfolgt bei allen eine deutlichere Zunahme, wobei nur der Mg-Vorrat vom B2- in den BC-Horizont nochmals deutlich grösser wird. Die Zunahme vom Ca- und K-Vorrat ist in diesem Bereich nur noch gering. Im Hauptwurzelraum (0–60 cm Tiefe) wird das Angebot an Nährstoffen wie folgt beurteilt:

Ca    gering  
Mg    gering  
K     gering



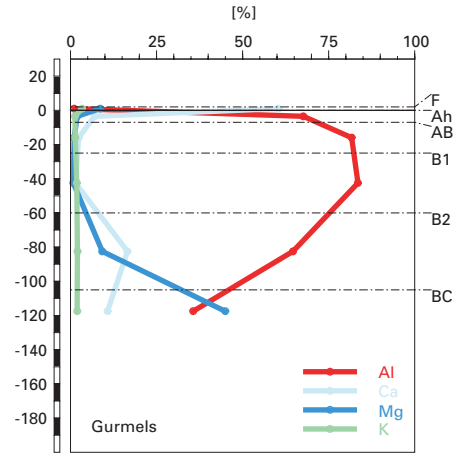
### Kationenaustauschkapazität (KAK)



#### Klassierung KAK

>500	extrem hoch
300-500	sehr hoch
200-300	hoch
100-200	mittel
50-100	gering
25-50	sehr gering
<25	extrem gering

### Austauscherbelegung mit Ca, Mg, K und Al (in % der KAK)



**Abb. M4.19** (links) Kationenaustauschkapazität

**Abb. M4.20** (rechts) Belegung des Kationenaustauschers

Der Boden ist jedoch bis mindestens zur Aufschlusstiefe von 130 cm potentiell durchwurzelbar. Unter Berücksichtigung der gesamten durchwurzelbaren Tiefe werden die Vorräte etwas optimistischer bewertet. Der Kalziumvorrat ist mässig hoch, der Mg-Vorrat hoch und der K-Vorrat mittel. Insgesamt werden die Nährstoffvorräte in diesem Boden als mässig hoch bewertet. Die Nährstoffversorgung ist abhängig vom Wasserhaushalt des Bodens. Diesbezüglich herrschen optimale Bedingungen, da das Risiko für Trockenstress klein ist. Die Nutzung der Nährstoffvorräte durch die Pflanzen dürfte damit praktisch uneingeschränkt möglich sein.

## Kalzium-Vorrat

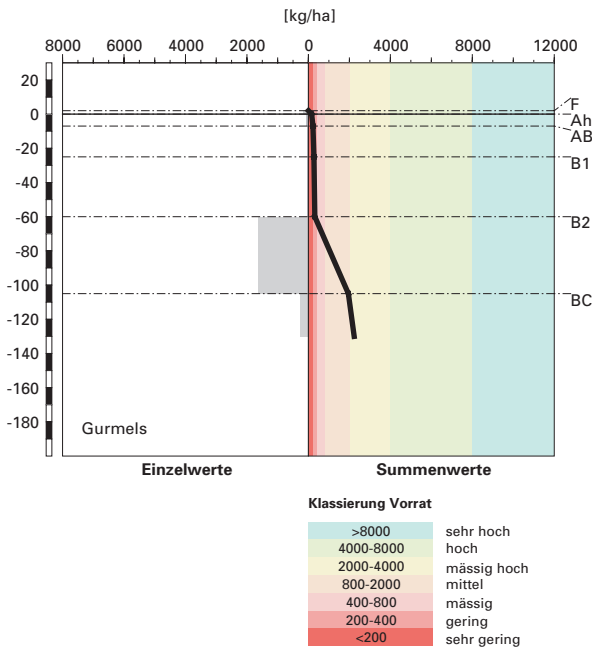


Abb.M4.21 Vorrat an Kalzium

## Magnesium-Vorrat

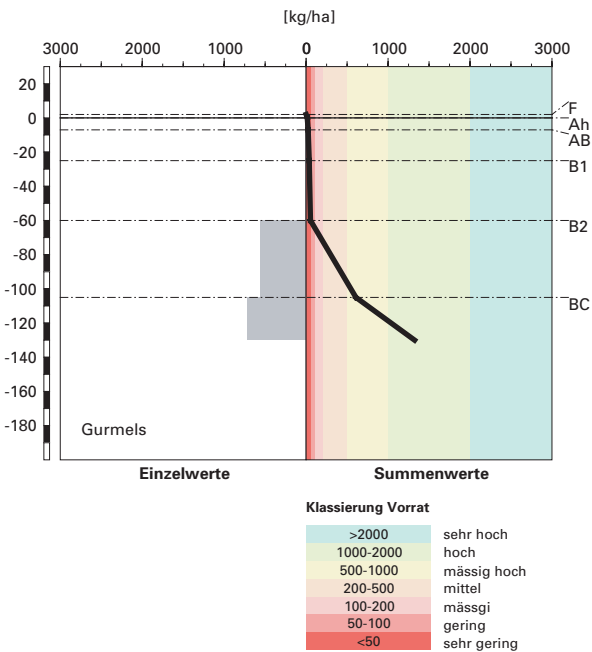


Abb.M4.22 Vorrat an Magnesium

## Kalium-Vorrat

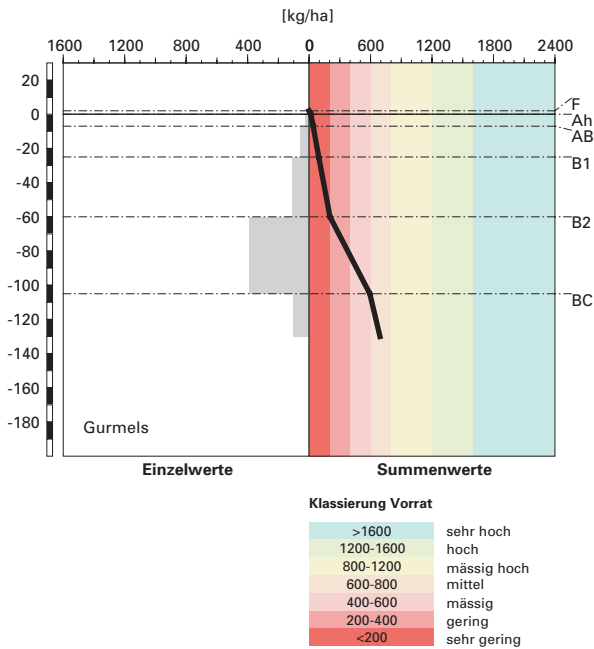


Abb.M4.23 Vorrat an Kalium

## M4.7 Themenbereich «Waldbaulich relevante Bodenkennwerte und Baumartenwahl»

### M4.7.1 Steckbrief für die Waldbehandlung

Der Steckbrief (Tab.M4.5) orientiert über waldbaulich relevante Standortfaktoren und Bodenkennwerte.

### M4.7.2 Baumartenwahl

#### Naturnähe von Bestand und Oberboden

In diesem von der Buche dominierten Bestand sind einige Waldföhren und Fichten beigemischt. Diese Baumartenzusammensetzung ist ziemlich naturnah. Nach Burger et al. (1996) ist an diesem Buchenstandort (Einheit 6) häufig Mull oder Moder anzutreffen. Den vorhandenen Moder bewerten wir demnach als standorttypisch.

<b>Tab. M4.5      Steckbrief für die Waldbehandlung (Gurmels)</b>		
<b>Standortangaben</b>		
Relief	Höhe	590 m ü. M.
	Exposition	NNW
	Neigung	10 %
Klima	Jahresniederschlag	1072 mm
	Jahrestemperatur	8.5 °C
Ausgangsgestein	geringmächtige Würmmoräne über Sandstein	
Baumbestand	Struktur	mehrheitlich einschichtig
	Schlussgrad	90 %
	Baumarten (Deckung)	75–100 % Rotbuche, 5–25 % Wald-Föhre, <5 % Fichte
	Oberhöhe	30 m
Waldgesellschaft	nach E & K 1972	Nr. 6: Waldmeister-Buchenwald mit Hainsimse
	nach Burger et al. 1996	Einheit 6: Waldmeister-Buchenwald mit Hainsimse
<b>Bodenkennwerte</b>		
Bodensystematik	Humusform	Moder
	Bodentyp	Braunerde
	Vernässungsgrad	keine Vernässung
Wasser- und Lufthaushalt	Durchlüftung	Der Boden ist so gut durchlüftet, dass keine Vernässungsmerkmale vorkommen.
	Durchwurzelbarkeit	Der Boden ist für alle Baumarten uneingeschränkt und mindestens profilumfassend durchwurzelbar. Der Wurzelraum wird mit mehr als 120 cm Mächtigkeit als sehr tiefgründig klassiert. Wurzeln wurden bis 130 cm Tiefe beobachtet.
	pflanzenverfügbares Wasser	Unter den gegebenen klimatischen Bedingungen besteht für alle Baumarten ein kleines Risiko für Trockenstress.
Säurezustand	pH-Wert/Kalkgrenze	Die organische Auflage und die obersten 7 cm des Mineralbodens sind sehr stark sauer. Weiter unten im Profil ist die Feinerde stark sauer. Die Kalkgrenze verläuft unterhalb der Profilsohle, also unterhalb von 130 cm Tiefe.
	Aluminium-Toxizität	In den obersten 60 cm des Mineralbodens besteht ein Risiko für Al-Toxizität.
Nährstoffe	Verfügbarkeit im Oberboden	Wie die Humusform Moder weist auch das mässig weite C/N-Verhältnis im F-Horizont auf eine gehemmte Mineralisierung hin. Unterstützt wird diese Aussage durch das mässig weite C/P-Verhältnis im F-Horizont. Die biologische Aktivität wird gesamthaft als niedrig beurteilt.
	Nährstoffvorräte (Ca, Mg, K)	Die Vorräte der Nährstoffkationen sind recht gross. Der Ca-Vorrat ist mässig hoch, der Mg-Vorrat hoch und der K-Vorrat ist mittel. Die obersten 60 cm des Mineralbodens sind relativ arm an Nährstoffen.
Verankerung	Da der Boden sehr tiefgründig ist, wird die Verankerung des Baumbestandes als gut bewertet.	
Befahrbarkeit	Der Boden reagiert in nassem Zustand empfindlich auf Befahren mit schweren Maschinen.	

### **Baumartenwahl gemäss standortkundlichen Grundlagenwerken**

Das ziemlich milde Klima lässt dem Waldbauer grundsätzlich einen grossen Spielraum bei der Baumartenwahl. Gemäss Burger et al. (1996) können an diesem Buchenstandort (Einheit 6) denn auch zahlreiche Baumarten für die Waldverjüngung verwendet werden, nämlich Buche, Traubeneiche, Birke, Kirschbaum, Spitzahorn, Waldföhre, Lärche und Fichte. Ob und inwieweit allerdings ungünstige Bodeneigenschaften die Baumartenauswahl einschränken, wird gleich anschliessend gezeigt.

### **Bodenkundliche Kriterien für die Baumartenwahl**

#### ■ **Durchwurzelbarkeit des Bodens**

Da diese Braunerde von allen Baumarten uneingeschränkt und tief durchwurzelt werden kann, schränkt dieses Kriterium die Baumartenauswahl nicht ein.

#### ■ **Entwässerung des Bodens durch die Bäume**

Der Boden ist gut durchlüftet und sehr durchlässig. Daher muss das Kriterium der biologischen Entwässerung des Bodens bei der Baumartenwahl nicht berücksichtigt werden.

#### ■ **Trockenstress-Risiko für die Bäume**

Es besteht lediglich ein kleines Risiko für Trockenstress. Im Boden dürfte für alle Baumarten meist ein ausreichender Wasservorrat verfügbar sein. Dieses Kriterium schränkt die Baumartenauswahl nicht ein.

#### ■ **Säurezustand und Aluminium-Toxizität**

Die organische Auflage ist sehr stark sauer und der Mineralboden ist selbst in 130 cm Tiefe noch stark sauer. In den obersten 60 cm des Mineralbodens besteht ein Risiko für Al-Toxizität. Eine Verbesserung des Säurezustandes ist in diesem Boden erwünscht. Zwar liesse sich der Versauerung mit einer entsprechenden Baumartenwahl entgegenwirken. Da die Humusform Moder jedoch standorttypisch und die Baumartenmischung naturnah sind, würden durch eine derartige Beeinflussung des Systems naturfremde Verhältnisse angestrebt. Im Hinblick auf den Säurezustand des Bodens können sich waldbauliche Eingriffe auf den Erhalt der aktuellen naturnahen Baumartenmischung beschränken.

#### ■ **Nährstoffangebot im Boden**

Die Mineralisierung der Nährstoffe im Oberboden ist niedrig, die Nährstoffumsetzung also gehemmt. Eine Erhöhung der Mineralisierung ist erwünscht. Eine solche Erhöhung könnte mit geeigneten Baumarten, das heisst Laubhölzer mit gut abbaubarer Streu, angestrebt werden. Da die Humusform Moder jedoch standorttypisch und die Baumartenmischung

naturnah sind, würden durch diesen waldbaulichen Eingriff naturfremde Verhältnisse angestrebt. In Bezug auf die Mineralisierung im Oberboden ist es also ausreichend, die vorhandene naturnahe Baumartenmischung zu erhalten.

Viele Baumarten haben bezüglich Nährstoffversorgung des Bodens eine weite ökologische Amplitude. Das Nährstoffangebot für sich allein betrachtet wird daher an diesem Standort für die meisten Baumarten ausreichend sein. Eine Ausnahme bilden, trotz dem insgesamt recht grossen Vorrat an Nährstoffkationen, die nährstoffbedürftigen Edellaubhölzer. Wir gehen davon aus, dass deren Wachstum aufgrund der relativ nährstoffarmen obersten 60 cm des Mineralbodens und dem damit verbundenen Risiko für Al-Toxizität im Vergleich zu den anspruchsloseren Baumarten zuwenig konkurrenzkräftig ist. Dies dürfte vor allem für die jungen Bäume zutreffen, während der Zeit, in der sie ausschliesslich die nährstoffarmen, oberen Bodenhorizonte durchwurzeln.

### M4.7.3      **Baumartenempfehlung**

Das ziemlich milde Klima lässt grundsätzlich einen grossen Spielraum bei der Baumartenwahl zu. Einige der von uns betrachteten bodenkundlichen Kriterien schränken die Baumartenauswahl jedoch ein, namentlich der Säurezustand des Bodens, die Mineralisierung im Oberboden und das Angebot an Nährstoffkationen. Die in **Tab.M4.6** enthaltene Baumartenempfehlung von Burger et al. (1996) ist hinsichtlich dieser einschränkenden Kriterien zu hinterfragen.

Aus bodenkundlicher Sicht sind an diesem Waldstandort Laubbaumarten mit nicht zu hohen Ansprüchen an die Nährstoffversorgung zu fördern. Im Hauptbestand sehen wir vor allem die Buche und die Traubeneiche, im Nebenbestand die Hagebuche und die Vogelbeere. Diese Baum-

<b>Tab.M4.6      Baumartenempfehlung für den Hauptbestand</b>	
<b>Referenz</b>	<b>Baumarten</b>
Grundlagenwerke (Einheit 6; Burger et al. 1996)	Buche, Traubeneiche, Birke, Kirschbaum, Spitzahorn, Waldföhre, Lärche, Fichte
Bodenkundliche Kriterien	Buche, Traubeneiche (Kirschbaum, Spitzahorn, Waldföhre, Lärche, Fichte)



arten ertragen die von uns als kritisch erachteten Bodeneigenschaften und wirken sich positiv auf die Bodenqualität aus. Ihre relativ gut abbaubare Laubstreu fördert die biologische Aktivität im Oberboden, was sich günstig auf den Säurezustand des Bodens und die Verfügbarkeit der Nährstoffe auswirkt.

Von den in [Tab. M4.6](#) empfohlenen Baumarten (Burger et al. 1996) scheinen uns aus bodenökologischer Sicht der Kirschbaum, der Spitzahorn, die Waldföhre, die Lärche und die Fichte wenig geeignet. Den Nährstoffbedarf von Kirschbaum und Spitzahorn kann der Boden nach unserer Auffassung nicht befriedigend decken. Die saure Streu der Nadelhölzer ist an diesem Standort nicht erwünscht.

## M4.8      Literatur

---

Burger, T. / Danner, E. / Kaufmann, G. / Lüscher, P. / Stocker, R., 1996: Standortskundlicher Kartierungsschlüssel für die Wälder der Kantone Bern und Freiburg. Teil 1: Kommentare zu den Waldgesellschaften. Teil 2: Anwenderschlüssel. Teil 3: Anwenderschlüssel, Anhang. Solothurn/Lenzburg/Birmensdorf, ARGE Kaufmann + Partner / Burger + Stocker / Forstliche Bodenkunde WSL. Herausgeber: Amt für Wald und Natur, Kanton Bern und Kantonsforstamt, Kanton Freiburg.

---

Ellenberg, H. / Klötzli, F., 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Mitt. Eidgenöss. Forschungsanst. Wald Schnee Landsch. 48, 4: 587–930.

---

FAO, 1988: FAO/Unesco Soil Map of the World, Revised Legend, with corrections and updates. World Soil Resources Report 60, FAO, Rome. Reprinted with updates as Technical Paper 20, ISRIC, Wageningen, 1997. 140 S.

---

Tuchschmid, M.P., 1995: Quantifizierung und Regionalisierung von Schwermetall- und Fluorgehalten bodenbildender Gesteine der Schweiz. Umweltmaterialien 32, BUWAL, Bern. 130 S.

---

Zimmermann, S. / Luster, J. / Blaser, P. / Walthert, L. / Lüscher, P., 2006: Waldböden der Schweiz. Band 3. Regionen Mittelland und Voralpen. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Bern, Hep Verlag. 848 S.

---