

A2 Bodenprofil Gsteig

A2.1 Themenbereich «Bodenbildungsfaktoren und Profilmorphologie»

A2.1.1 Zusammenfassende Angaben zum Profil und zu den Bodenbildungsfaktoren

Das Bodenprofil ist in [Abb.A2.1](#) dargestellt. Einen Eindruck vom Bestand vermittelt [Abb.A2.2](#). [Tab.A2.1](#) fasst wichtige Angaben zum Boden und Profilort Gsteig zusammen und [Tab.A2.2](#) orientiert über die Bodenbildungsfaktoren.

A2.1.2 Verbreitung gemäss Bodeneignungskarte der Schweiz

Das Profil gehört zur Kartierungseinheit U8 (alpine Kalk-Berglandschaften, Mulden). 19 Stichproben des Landesforstinventars gehören dieser Kartierungseinheit an. Das Profil repräsentiert damit 0.2% der mit dem LFI insgesamt erfassten 11'863 Stichproben.

A2.1.3 Besonderheiten am Profilort

Durch Sturmereignisse mit anschliessendem Käferbefall wurde der Bestand stark aufgelockert. Die Aufräumarbeiten haben auf der Bodenoberfläche und zweifellos auch im Boden Spuren hinterlassen.

Die geologischen Karten legen nahe, dass das Ausgangsgestein karbonathaltig ist. Bis zur Aufschlusstiefe von 140 cm konnte indessen kein Karbonat nachgewiesen werden. Wir vermuten jedoch, dass das karbonathaltige Ausgangsgestein nahe unterhalb der Aufschlusstiefe folgt und von Pflanzenwurzeln erreicht werden kann.

A2.1.4 Profilmorphologie und Klassierung

Die im Profil angesprochenen morphologischen Bodenmerkmale sind in [Tab.A2.3](#) zusammen mit einer Profilskizze dargestellt.

Der Boden ist durchwegs von einer Streuschicht (L) bedeckt, die von der Fichte und überwiegend von krautigen Pflanzen stammt. Sie wird innerhalb eines Jahres weitgehend zersetzt. Mit der Horizontfolge L-Ah wird die Humusform als Mull klassiert.



Abb. A2.1 (links) Bodenprofil Gsteig

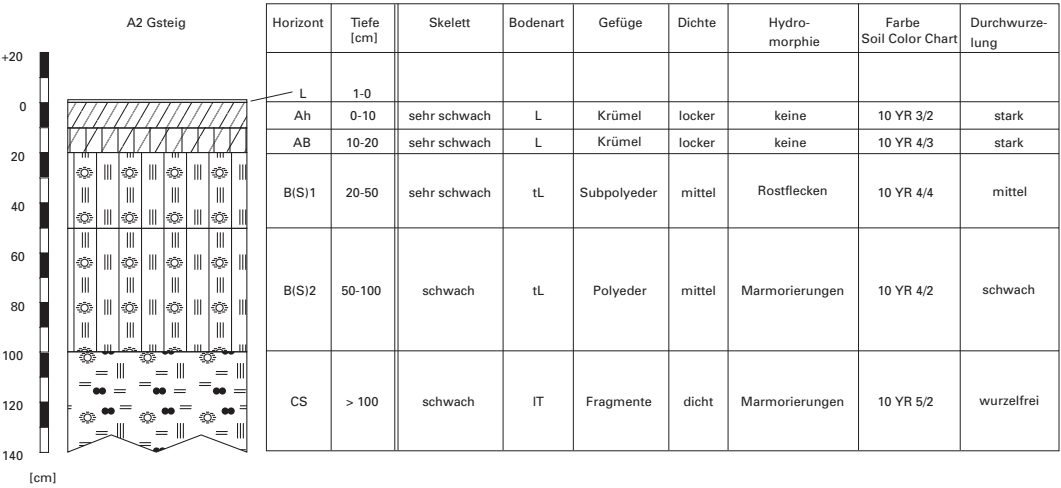
Abb. A2.2 (rechts) Bestand am Profilort Gsteig

Tab. A2.1 Zusammenfassende Angaben zum Profil Gsteig	
Lokalname	Heitibüel (Kanton Bern, Gemeinde Gsteig)
Lage	Landeskarte 1:25 000 Blatt 1265, Les Mosses Koordinaten 584325/ 134550
Waldgesellschaft (Ellenberg und Klötzli 1972)	Nr. 50: Alpendost-Fichten-Tannenwald (<i>Adenostylo-Abietetum</i>)
Horizontfolge	L-Ah-AB-B(S)1-B(S)2-CS
Humusform	Mull
Bodentyp	Braunerde, schwach pseudovergleyt
Bodentyp nach FAO (1988)	Dystric Cambisol, gleyic

Tab. A2.2 Bodenbildungsfaktoren am Profilort Gsteig			
Relief	Höhe ü. M.	1345 m	
	Exposition	ENE	
	Neigung	15 %	
	Geländeform	Hangfuss	
Ausgangsgestein	Tektonik/Geologie	Ultrahelvetische Decke; Trias: Cornieule (Gehängeschutt)	
	Lithofazies (nach Tuchschnid 1995)	Nr.31: Wildbachablagerungen und Gehängeschutt physikalische Verwitterbarkeit Gestein: mittel chemische Verwitterbarkeit Gestein: mittel Tongehalt Gestein: sehr niedrig–niedrig	
Klima	T/N Jahresmittel	4.5°C/1846 mm	
	T/N Januarmittel	–3.8°C/149 mm	
	T/N Julimittel	13.5°C/139 mm	
	Tage mit Schneedecke	150	
	Wärmegliederung	rauh	
	Länge der Vegetationsperiode	135–150 Tage	
Pflanzen	Schicht	Deckung	häufigste Arten
	Baumschicht (20–25 m Höhe)	30 %	30% Fichte (<i>Picea abies</i>)
	Strauchschicht	20 %	–
	Krautschicht	95 %	Gemeiner Waldfarn (<i>Athyrium filix-femina</i>) Echte Goldnessel (<i>Lamium galeobdolon</i>) Breitblättriger Ehrenpreis (<i>Veronica urticifolia</i>) Gemeiner Sauerklee (<i>Oxalis acetosella</i>) Eisenhutblättriger Hahnenfuss (<i>Ranunculus aconitifolius</i>) Ährige Rapunzel (<i>Phyteuma spicatum</i>) Einbeere (<i>Paris quadrifolia</i>) Grauer Alpendost (<i>Adenostyles alliariae</i>)
	Mooschicht	5 %	–

Tab. A2.3

Profilskizze und Morphologie des Bodenprofils Gsteig
 Bodenart: L Lehm, tL toniger Lehm, IT lehmiger Ton



Im Mineralboden können aufgrund der morphologischen Merkmale fünf Horizonte unterschieden werden. Die obersten 10 cm sind deutlich dunkler gefärbt als die tiefer gelegenen Bereiche. Unterhalb 10 cm Tiefe geht die Bodenfarbe in Brauntöne über, ab 50 cm dominieren gelbliche bis graubraune Farben. Der Skelettgehalt ist bis 50 cm Tiefe sehr schwach, in grösserer Tiefe nur noch schwach. Der Boden ist in den obersten 20 cm locker gelagert, weist eine Krümelstruktur auf und die Bodenart entspricht einem Lehm. Unterhalb 20 cm Tiefe nimmt die Dichte zu. Bis 100 cm Tiefe ist sie mittel, darunter dicht. Parallel mit der erhöhten Dichte nimmt der Tongehalt zu und das Bodengefüge besitzt eine Subpolyederstruktur. Von 20 bis 100 cm Tiefe entspricht die Bodenart einem tonigen Lehm, noch tiefer einem lehmigen Ton. Dazu erscheinen bereits ab 20 cm Tiefe Vernässungsmerkmale. Die Rostflecken und Marmorierungen zeigen eine zeitweilige Wassersättigung an. Die Vernässung wird durch Stauwasser verursacht.

Die morphologischen Merkmale führen zur Horizontfolge L-Ah-AB-B(S)1-B(S)2-CS und der Boden wird als schwach pseudovergleyte Braunerde klassiert. Der Wasserstau ab 20 cm Tiefe wird durch die dichtere Lagerung des Bodens hauptsächlich ab 100 cm Tiefe im CS-Horizont verursacht.

Ergänzende Bodenmerkmale

Gemäss pH-Hellige ist die Feinerde sehr sauer. Der Boden ist bis 20 cm stark, in 20–50 cm Tiefe mittel und von 50 bis 100 cm Tiefe schwach durchwurzelt. Ab 100 cm Tiefe ist er wurzelfrei. Die Durchwurzelbarkeit dürfte ab 20 cm durch temporäre Vernässung und erhöhte Dichte eingeschränkt sein. Im Boden ist jedoch kein unüberwindbares Hindernis für das Wurzelwachstum erkennbar. Die Kalkgrenze wurde durch die Aufschlusstiefe von 140 cm nicht erreicht. Nach unserer Einschätzung verläuft sie aber in rund 200 cm Tiefe.

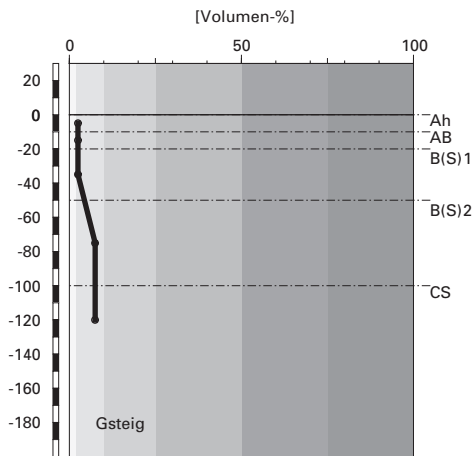
A2.2 Themenbereich «Physikalische Bodenkennwerte»

A2.2.1 Beschrieb einiger physikalischer Bodenkennwerte

Skelettgehalt

Der Skelettgehalt nimmt mit der Tiefe nur leicht zu ([Abb. A2.3](#)). Die obersten 50 cm des Bodens sind fast skelettfrei und weiter unten im Profil ist der Skelettgehalt lediglich schwach.

Skelettgehalt



Klassierung Skelettgehalt

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

Bodenart

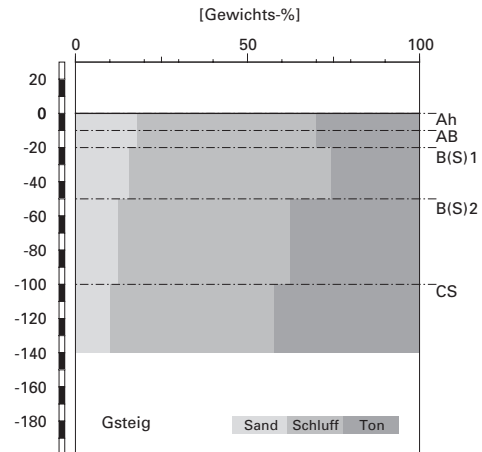


Abb. A2.3 (links) Skelettgehalt

Abb. A2.4 (rechts) Bodenart

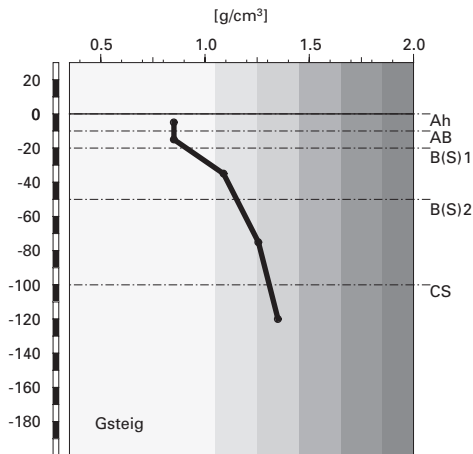
Bodenart

Die Feinerde ist schluff- und tonreich (**Abb. A2.4**). Als Besonderheit ist in diesem Profil erwähnenswert, dass die Feinerde mit zunehmender Tiefe feinkörniger wird. Diese Anomalie ist geologisch bedingt und nicht auf Tonverlagerung zurückzuführen, denn der CS-Horizont (Ausgangsgestein) enthält am meisten Ton, was in Parabraunerden nicht der Fall ist. Gemessen am Tongehalt handelt es sich bis 50 cm Tiefe um mittelschweren, weiter unten um schweren bis sehr schweren Boden. Bei der Bestimmung der Bodenart im Feld wurde der Schluffanteil in den meisten Horizonten leicht unterschätzt (**Tab. A2.3**).

Dichte der Feinerde

Die Dichte der Feinerde wurde in diesem Boden nicht bestimmt. Die Werte der Boden-Dichte, welche in **Abb. A2.5** dargestellt sind, zeigen indessen, dass die Feinerde-Dichte bis 50 cm Tiefe äusserst gering sein muss. Ab

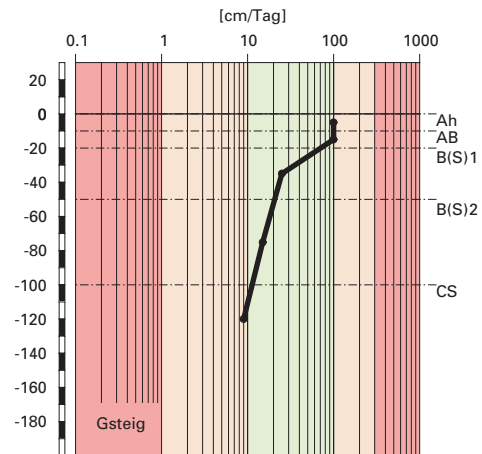
Boden-Dichte



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. A2.5 (links) Dichte des Bodens

Abb. A2.6 (rechts) Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

50 cm Tiefe nimmt die Feinerde-Dichte wahrscheinlich zu, verbleibt aber mit Bestimmtheit unter $1,4 \text{ g/cm}^3$. Dieser Wert gilt als kritischer Grenzwert für die Durchwurzelbarkeit des Bodens.

Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

Der Boden ist in den obersten 50 cm sehr locker und daher hoch durchlässig (Abb. A2.6). Im tonreichen und etwas dichteren B(S)2-Horizont ist die Durchlässigkeit mittel, im CS-Horizont gering.

Pflanzenverfügbares Wasser

Die Wasserspeicherkapazität des Bodens bis 120 cm Tiefe wird mit 216 l/m^2 als sehr hoch klassiert (Abb. A2.7). Der relativ geringe Skelettgehalt wirkt sich positiv auf die Speicherleistung aus.

pflanzenverfügbares Wasser

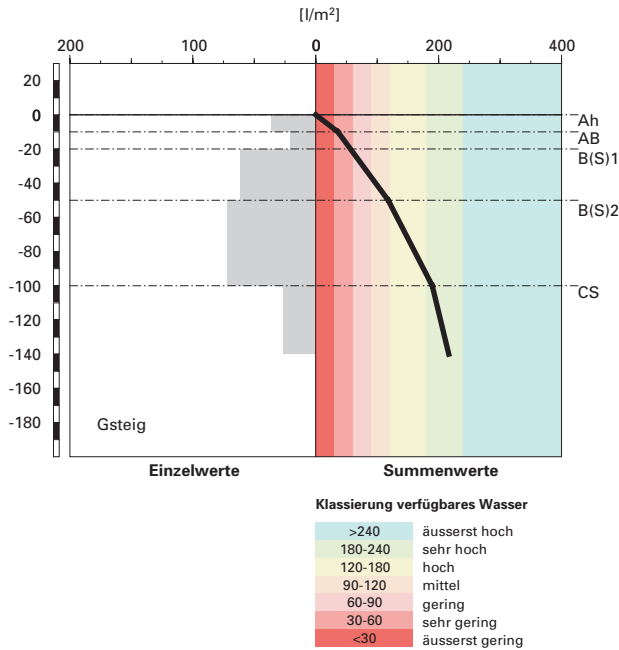


Abb. A2.7 Pflanzenverfügbares Wasser

A2.2.2

Bodenkundliche und ökologische Interpretationen

Wasser- und Lufthaushalt des Bodens

In dieser pseudovergleyten Braunerde kommen ab 20 cm Tiefe Vernässungsmerkmale vor, was bedeutet, dass ab dieser Tiefe in gesättigten Phasen mit mangelnder Durchlüftung und in der Folge mit Sauerstoffarmut zu rechnen ist. Die auf morphologischen Kriterien basierende Einschätzung der Durchlüftung wird durch den Verlauf der Leitfähigkeitskurve bestätigt (Abb. A2.6). Sie zeigt, dass das Sickerwasser im schlecht durchlässigen CS-Horizont gestaut wird, wobei es dadurch auch in den oberen Horizonten zu Wassersättigung mit entsprechend gehemmter Durchlüftung kommen kann.

Durchwurzelbarkeit des Bodens

Diesen Boden können alle Baumarten mindestens profilumfassend durchwurzeln, da die Dichtewerte durchwegs kleiner als 1.4 g/cm^3 sind und die Durchlüftung in allen Horizonten ausreichend ist. Der Wurzelraum ist nicht begrenzt und wird mit $>120 \text{ cm}$ Mächtigkeit als sehr tiefgründig klassiert. Der Boden wird vom aktuellen Fichtenbestand nicht optimal genutzt, denn Wurzeln sind nur bis 100 cm Tiefe vorhanden.

Die hydromorphen Merkmale ab 20 cm Tiefe deuten darauf hin, dass die Durchwurzelbarkeit dort in gesättigten Phasen infolge schlechter Durchlüftung für diesbezüglich empfindliche Baumarten wie beispielsweise die Fichte eingeschränkt ist. Da die hydromorphen Merkmale jedoch eine nur mässig intensive Vernässung des Bodens zeigen, vermuten wir, dass das Wurzelwachstum selbst für empfindliche Baumarten nicht vollständig unterbunden ist. Wir gehen deshalb davon aus, dass auch der wurzelfreie CS-Horizont durchwurzelt werden kann, insbesondere von der Tanne, die jedoch zurzeit an diesem Standort fehlt.

Oberhalb 20 cm Tiefe ist die Durchwurzelbarkeit des Bodens nicht eingeschränkt.

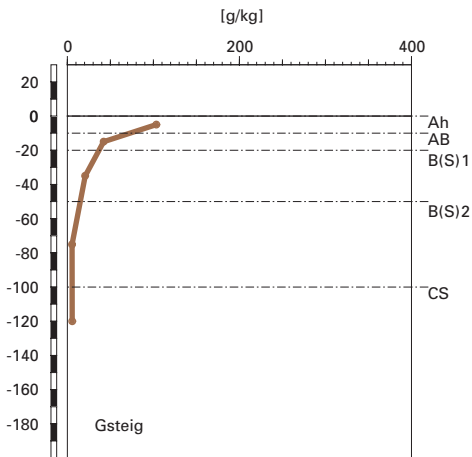
Wasserversorgung des Baumbestandes

Bei einer Referenztiefe von 120 cm kann gemäss unseren Berechnungen davon ausgegangen werden, dass der Bestand in Trockenperioden ohne nennenswerte Niederschläge nach rund 25 Tagen an Wassermangel zu leiden beginnt. Da der Boden sehr tiefgründig ($>120 \text{ cm}$) ist und ein günstiges Klima herrscht, besteht an diesem Fichten-Tannen-Standort kein Risiko für Trockenstress.

Bodenbefahrbarkeit

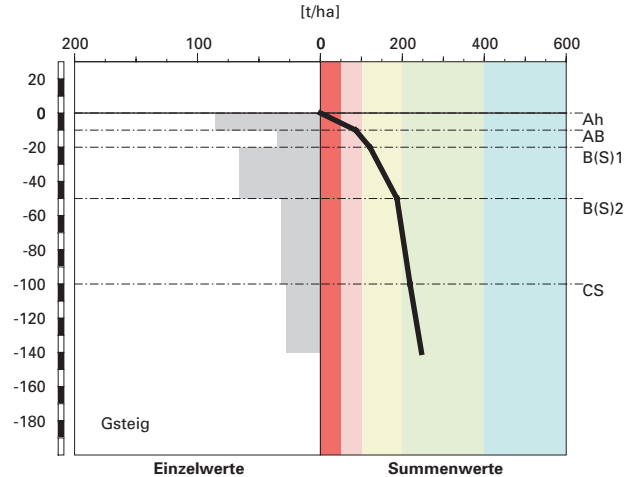
Dieser relativ ton- und schluffreiche Boden reagiert in nassem Zustand empfindlich auf Befahren mit schweren Maschinen, weil er wenig Skelett enthält.

organischer Kohlenstoff



Kohlenstoff-Vorrat

(C_{org})



Klassierung Vorrat	
>400	sehr hoch
200-400	hoch
100-200	mittel
50-100	gering
<50	sehr gering

Abb. A2.8 (links) Gehalt an organischem Kohlenstoff

Abb. A2.9 (rechts) Vorrat an organischem Kohlenstoff

A2.3 Themenbereich «Bodenhauptbestandteile»

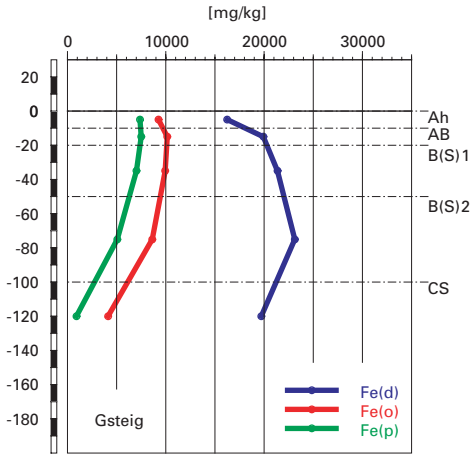
A2.3.1 Charakterisierung der Bodenhauptbestandteile

Organische Substanz

Das Bodenprofil bei Gsteig liegt in einem reinen Fichtenbestand, dessen Baumschicht einen Deckungsgrad von 30% hat. Damit fällt viel Licht auf den Boden, womit eine üppige Krautvegetation vor allem von gemeinem Waldfarn, echter Goldnessel und breitblättrigem Ehrenpreis gedeihen kann. Die Streu stammt somit nicht nur von der Fichte, sondern zu einem beträchtlichen Anteil aus der artenreichen Krautschicht. Reine Fichtenstreu ist schlecht abbaubar. Durch den Beitrag der Krautschicht verbessert sich der Streuabbau, der insgesamt als mässig bis gut einzuschätzen ist.

Der Ah-Horizont ist etwas dunkler gefärbt als der darunter anschliessende AB-Horizont. Zusammen heben sich diese beiden Horizonte jedoch

Eisen-Oxide (Gehalte)



Aluminium-Oxide (Gehalte)

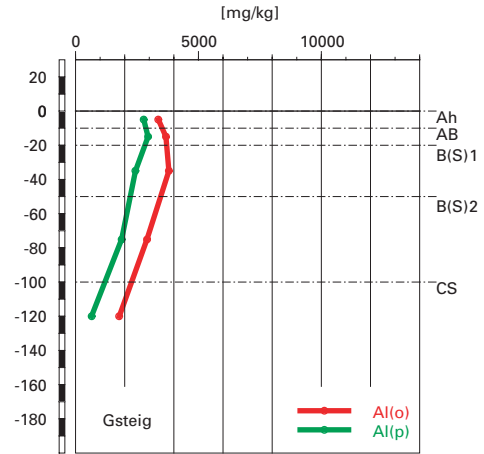


Abb. A2.10 (links) Gehalte an Dithionit- (Fe_d), Oxalat- (Fe_o) und Pyrophosphat- (Fe_p) extrahierbarem Eisen

Abb. A2.11 (rechts) Gehalte an Oxalat- (Al_o) und Pyrophosphat- (Al_p) extrahierbarem Aluminium

Eisen- und Aluminiumoxide (Verhältnisse)

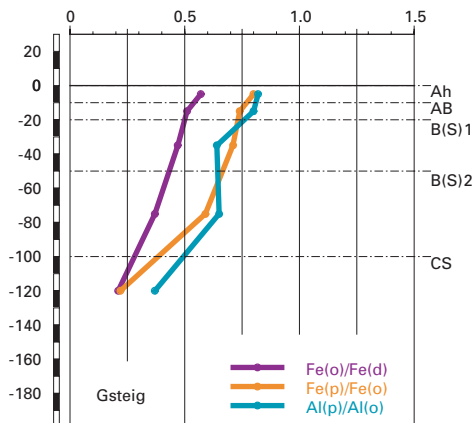


Abb. A2.12 Verhältnisse der Fe- und Al-Oxide

deutlich von dem gelblich- bis grau-braun gefärbten Unterboden ab. Ihr Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org}) ist mit 10.3 bzw. 4.2% mindestens doppelt so gross wie in den tiefer gelegenen Horizonten (Abb. A2.8). Der C_{org} -Gehalt nimmt mit der Tiefe kontinuierlich ab. Im B(S)1-Horizont beträgt er noch 2.1%, im B(S)2- und CS-Horizont nur noch je rund 0.6%. Aus diesen Gehalten an organischem Kohlenstoff resultiert ein Vorrat von 247 t/ha (Abb. A2.9).

Tonverteilung sowie Verteilung von Aluminium- und Eisenoxiden

Das Maximum der Tonfraktion beträgt 42% und befindet sich im CS-Horizont (Abb. A2.4). In den höher gelegenen Horizonten nimmt der Anteil der Tonfraktion bis auf das Minimum von 26% im B(S)1-Horizont ab. Im Oberboden ist der Tongehalt mit 30% wieder etwas grösser.

Das Dithionit-extrahierbare Eisen (Fe_d) zeigt eine konvexe Tiefenverteilung (Abb. A2.10). Die beiden kleinsten Gehalte sind im Ah- und im CS-Horizont zu finden. Zwischen diesen Minima nimmt der Fe_d -Gehalt bis zum Maximum von 23 g/kg im B(S)2-Horizont zu. Auch die Oxalat- und Pyrophosphat-extrahierbaren Eisengehalte (Fe_o bzw. Fe_p) haben eine ähnliche Tiefenverteilung wie die Fe_d -Gehalte (Abb. A2.10) mit jeweils minimalem Gehalt im CS-Horizont. Wird die Verdünnung durch die organische Substanz berücksichtigt, so nehmen die Fe_o - und Fe_p -Gehalte mit der Tiefe linear ab, was bei Fe_d nicht der Fall ist.

Die Oxalat- und Pyrophosphat-extrahierbaren Aluminiumgehalte (Al_o bzw. Al_p) sind ähnlich über die Profiltiefe verteilt wie die entsprechenden Eisengehalte (Abb. A2.10 und A2.11), sind jedoch durchwegs geringer als diese. Bei Aluminium sind die Unterschiede der Gehalte zwischen oberstem und unterstem Horizont kleiner als bei den Eisengehalten.

Alle Verhältnisse der extrahierbaren Eisen- und Aluminiumgehalte, die wir hier betrachten, sind im Ah-Horizont am grössten und werden mit der Profiltiefe kleiner (Abb. A2.12).

A2.3.2 Bodenkundliche Interpretation

Die mässig bis gut abbaubare Streu, welche von den Fichten und den zahlreichen Krautpflanzen stammt, wird innerhalb eines Jahres vollständig abgebaut. Als Humusform hat sich ein Mull gebildet. Dies kann mit der Qualität der Streu und den Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen begründet werden. In der Krautschicht gedeihen viele Pflanzen, welche stickstoffreiche Standorte bevorzugen und zum Teil, wie beispielsweise der graue Alpendost, ausgesprochene Stickstoffzeiger sind. Die sehr leicht abbaubare, nährstoffreiche Streu dieser Krautpflanzen ist ein attraktives

Nährstoffangebot für die Bodenorganismen und erhöht durch die Stimulierung der biologischen Aktivität die Abbaugeschwindigkeit der schwer abbaubaren Fichtenstreu. Ausserdem herrschen beim sehr feuchten Klima an diesem ENE-exponierten, auf 1345 m.ü.M. gelegenen Standort auch klimatisch gute Abbaubedingungen. Mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 4.5°C und einer durchschnittlichen Julitemperatur von 13.5°C ist genügend Wärme für eine hohe biologische Aktivität vorhanden. Die durchschnittlichen jährlichen Niederschläge von 1846 mm sorgen für einen stets gut durchfeuchteten Boden, so dass immer genügend Feuchtigkeit für die biologischen Abbauprozesse zur Verfügung steht. Im Oberboden ist durch die hohe biologische Aktivität eine Krümelstruktur entstanden. Trotz dem relativ tiefen pH-Wert von rund 3.6 im Oberboden sind Würmer zu beobachten. Das C/N- bzw. C/P-Verhältnis ist im Ah-Horizont mit 14 bzw. 233 mässig eng bzw. mittel. Die Mineralisierungsrate der organischen Substanz ist deshalb hoch. Es hat sich ein im gesamtschweizerischen Vergleich mittlerer Vorrat an organischem Kohlenstoff von 247 t/ha gebildet (Abb. A2.9).

Der Tongehalt ist mit einem Anteil zwischen 26 und 42% gross. Das Bodenprofil befindet sich am Hangfuss im Bereich eines Gehängeschuttkegels und damit in einer Zone, wo viel Feinmaterial abgelagert wird. Beim Graben des Bodenprofils wurde der Gehängeschutt geologisch näher charakterisiert und festgestellt, dass das Gestein relativ tonreich ist. Dies steht im Gegensatz zu der sehr verallgemeinernden Angabe zu «Wildbachablagerungen und Gehängeschutt» in Tab. A2.2. Der Tongehalt nimmt im Profil von oben nach unten zu, was nicht in Zusammenhang mit einer Tonverlagerung steht, sondern durch eine inhomogene Schichtung des Ausgangsgesteins zu erklären ist.

Diese Inhomogenitäten sind in gleicher Weise für die konvexe Tiefenverteilung der Fe_d-Gehalte verantwortlich. Weder die Oxalat- noch die Pyrophosphat-extrahierbaren Aluminium bzw. Eisengehalte zeigen eine auf Verlagerungsprozesse hinweisende Tiefenverteilung (Abb. A2.10 und A2.11). Somit ist das Fe_d-Maximum im B(S)2-Horizont vermutlich durch Inhomogenitäten im Ausgangsgestein verursacht.

Alle anderen extrahierbaren Aluminium- und Eisenfraktionen nehmen unter Berücksichtigung der Verdünnung durch die organische Substanz mit der Profiltiefe linear ab. Die leicht abnehmenden Gehalte im Oberboden sind nicht die Folge einer Verlagerung sondern sie gehen mit abnehmendem Verwitterungsgrad und abnehmender Verwitterungsintensität im Tiefenprofil des Bodens einher. Der relativ ausgeprägte Gradient der Oxalat-extrahierbaren Al- und Fe-Gehalte zwischen Ober- und Unterboden zeigt an, dass der Boden in den obersten 50 cm stark verbraunt ist.

Das Tiefenprofil des Fe_o/Fe_d -Verhältnisses ist ebenfalls typisch für eine Braunerde. Es ist im Oberboden relativ gross, was bedeutet, dass über 50% der extrahierbaren Eisenverbindungen in amorpher Form vorliegen (Abb. A2.12). Gegen den CS-Horizont hin wird dieses Verhältnis immer kleiner, weil der Kristallinitätsgrad gegen unten zunimmt. Damit liegen im Unterboden die Eisenoxide vorwiegend in ihren primären, lithogenen Formen vor, während der Anteil der durch die Bodenbildungsprozesse entstandenen amorphen Formen noch nicht sehr gross ist.

Ähnlich wie das Fe_o/Fe_d -Verhältnis verhalten sich auch die Verhältnisse von Pyrophosphat- zu Oxalat-extrahierbaren Al- und Fe-Gehalten. Der Tiefenverlauf dieser Verhältnisse folgt demjenigen der organischen Substanz (Abb. A2.8 und A2.12). Im Oberboden sind die in amorpher Form vorliegenden Aluminium- und Eisenverbindungen zu über 70% mit der organischen Substanz assoziiert. Dieser Anteil wird mit abnehmendem Humusgehalt mit der Tiefe kleiner, womit auch die entsprechenden Verhältnisse von Al_p/Al_o bzw. Fe_p/Fe_o kleiner werden (Abb. A2.12).

Die auf morphologischen Kriterien basierende Klassierung des Bodens als Braunerde kann aufgrund der Tiefenverteilung der extrahierbaren Aluminium- und Eisenverbindungen bestätigt werden. Die Pseudovergleyung unterhalb 20 cm ist nicht so stark ausgeprägt, dass durch das gestaute Sickerwasser eine Umverteilung der Eisenverbindungen in reduzierter Form stattfinden würde. Die Eisengehalte sind über die gesamte Bodentiefe ohne einen allfälligen Einfluss von Stauwasser interpretierbar.

A2.4 Themenbereich «Säurezustand»

A2.4.1 Charakterisierung des Säurezustandes

pH-Wert

Die Feinerde ist bis in den B(S)1-Horizont sehr stark sauer (Abb. A2.13). Der Ah-Horizont ist mit einem pH-Wert von 3.5 am sauersten. Vom B(S)1-Horizont bis zur Profilsohle nimmt der pH-Wert linear von 3.7 auf 4.7 zu. In den obersten 50 cm Tiefe ist die Feinerde sehr stark sauer und befindet sich in der Säureklasse 5. Der B(S)2-Horizont ist stark sauer und liegt in der Säureklasse 4. Der CS-Horizont in der Säureklasse 3 ist nur noch mässig sauer.

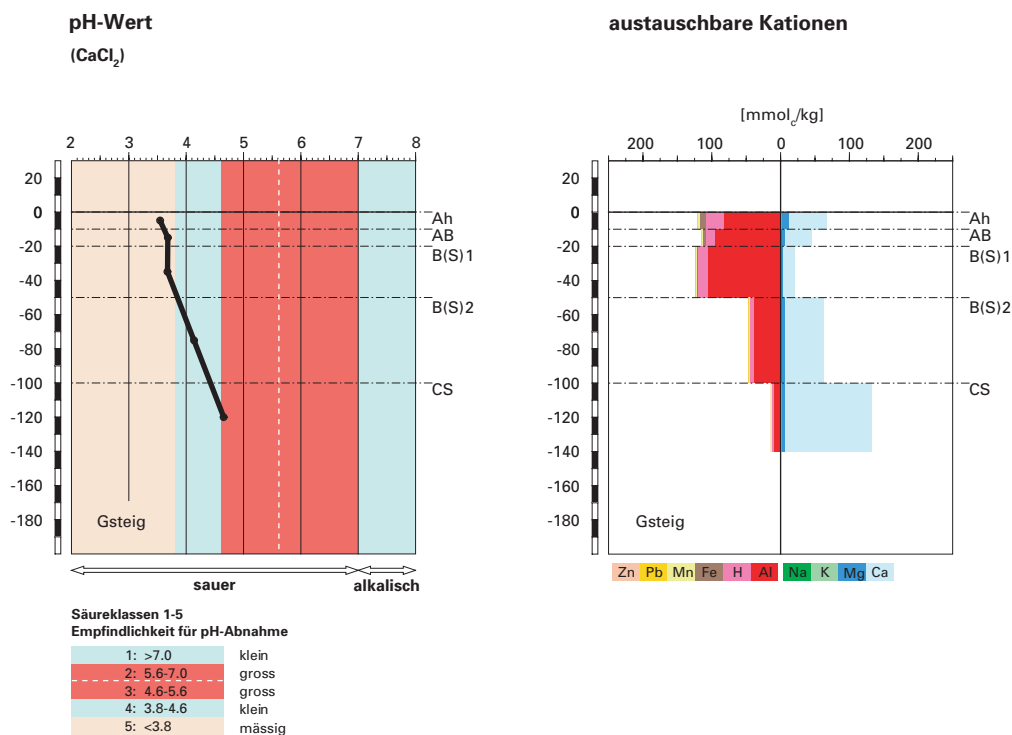


Abb. A2.13 (links) pH-Wert und Säureklassen

Abb. A2.14 (rechts) Belegung des Kationenaustauschers

Austauschbare Kationen und Basensättigung

Der Kationenaustauscher ist bis in den B(S)1-Horizont überwiegend mit sauren Kationen belegt. Entsprechend der Säureklasse 5 sind in diesem Teil des Bodenprofils neben austauschbarem Aluminium bemerkenswerte Mengen Protonen und Eisen am Kationenaustauscher gebunden (Abb. A2.14). Mit zunehmender Tiefe geht der Anteil von austauschbaren sauren Kationen am Kationenaustauscher zu Gunsten der Nährstoffkationen rasch zurück. Ab 50 cm Tiefe überwiegen die austauschbaren Nährstoffkationen am Kationenaustauscher. Trotz dem sehr niedrigen pH-Wert im Ah-Horizont ist die Basensättigung mit rund 35% im Vergleich zu anderen Böden hoch und als mittel zu klassieren (Abb. A2.15). Der Anteil austauschbarer Nährstoffkationen ist im B(S)1-Horizont mit rund 15% am kleinsten, nimmt dann aber zur Tiefe hin sehr rasch auf einen Wert von rund 90% im CS-Horizont zu.

Basensättigung

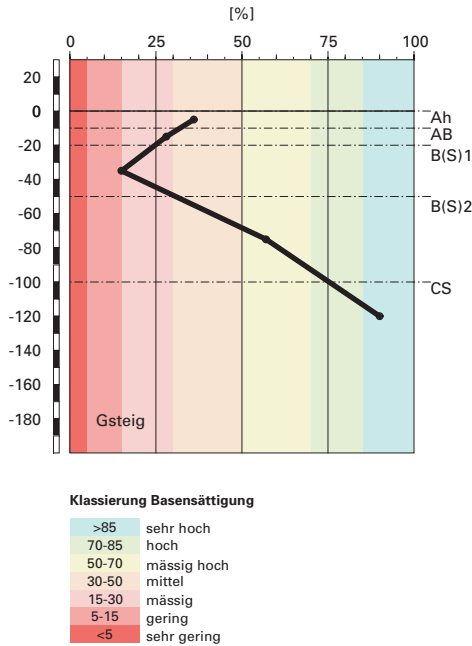


Abb. A2.15 Basensättigung

A2.4.2 Interpretationen zum Säurezustand

Stand der Bodenversauerung

Diese schwach pseudovergleyte Braunerde ist aus karbonathaltigem Gestein entstanden. Das Profil wurde aber nicht tief genug ausgehoben, so dass der karbonathaltige Untergrund nicht erschlossen ist. Wir gehen davon aus, dass der pH-Wert im Ausgangsgestein grösser als 7 ist und die Basensättigung 100 % beträgt. Die Kalkgrenze dürfte etwa in einer Tiefe von 200 cm liegen.

Der Stand der Bodenversauerung wird in diesem Boden anhand des pH-Gradienten zwischen Ober- und Unterboden beurteilt, wobei angenommen wird, dass der Unterboden in der Säureklasse 1 liegt. Mit diesen Kriterien wird der Boden insgesamt als sehr stark versauert bewertet. Bis 50 cm Tiefe werden Säuren überwiegend durch Auflösung von Eisenverbindungen neutralisiert. Bis 20 cm Tiefe ist denn auch austauschbares Eisen am Kationenaustauscher gebunden (Abb. A2.14). Ab 50 cm Tiefe liegt der pH-Wert in oder sehr nahe an der Säureklasse 4, wo überwiegend Aluminium-

verbindungen puffern. Die Versauerungsfront, erkennbar an messbaren Anteilen von Aluminium am Kationenaustauscher, liegt tiefer als 140 cm (Abb. A2.14).

Auffällig ist die starke Zunahme der Basensättigung ab einer Tiefe von 50 cm (Abb. A2.15). Wir gehen davon aus, dass in gesättigten Phasen nährstoffreiches Bodenwasser aus dem karbonathaltigen Untergrund die Basensättigung im CS- und B(S)2-Horizont erhöht. In den obersten 20 cm wird die Basensättigung durch die Nährstoffnachlieferung mit dem Streufall erhöht (Abb. A2.15).

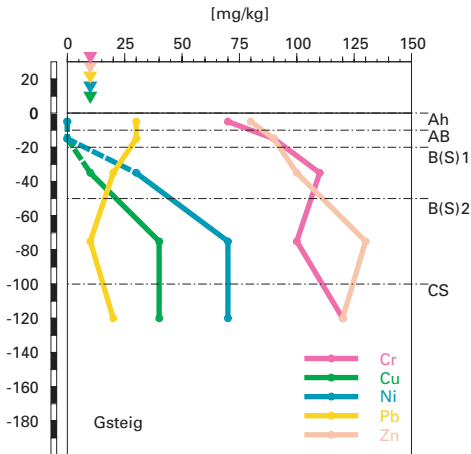
Risiko für Boden und Pflanzen

Das Risiko für eine weitere pH-Abnahme wird in diesem Boden insgesamt als klein beurteilt, denn nur der CS-Horizont mit 28% der gesamten Feinerde befindet sich in der schlecht puffernden Säureklasse 3. Allerdings ist zu beachten, dass sich die Feinerde in den obersten 50 cm Tiefe des Profils in der Säureklasse 5 mit mässiger Pufferwirkung befindet. Dieser Teil des Bodens ist dem grössten Versauerungsdruck ausgesetzt, so dass hier die Empfindlichkeit für eine weitere pH-Abnahme erhöht ist.

Eine weitere pH-Abnahme insbesondere im B(S)1-Horizont wird dazu führen, dass die Verdrängung von Nährstoffkationen anhalten und sich die Zone mit niedriger Basensättigung in den B(S)2-Horizont ausdehnen wird. Dies geschieht aber nur so weit, wie die erneute Aufsättigung des Austauschers mit Nährstoffkationen durch Stauwasser aus dem karbonathaltigen Unterboden nicht Schritt halten kann.

Das Risiko für eine Beeinträchtigung des Wachstums säureempfindlicher Pflanzen ist insgesamt klein, denn der als kritisch erachtete Grenzwert des BC/Al-Verhältnisses von 0.2 wird nur im B(S)1-Horizont erreicht. Als Folge der Staunässe und der dadurch gehemmten Auswaschung von Nährstoffkationen aus dem Wurzelraum dürfte sich dieser Zustand auch bei einer weiteren pH-Abnahme im Oberboden nur langsam ändern, weil mit dem Nährstoffkreislauf die Umlagerung von basischen Kationen vom Unter- in den Oberboden erhalten bleibt.

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



Cr, Cu, Ni, Pb, Zn
(HNO₃-extrahierbare Gehalte)

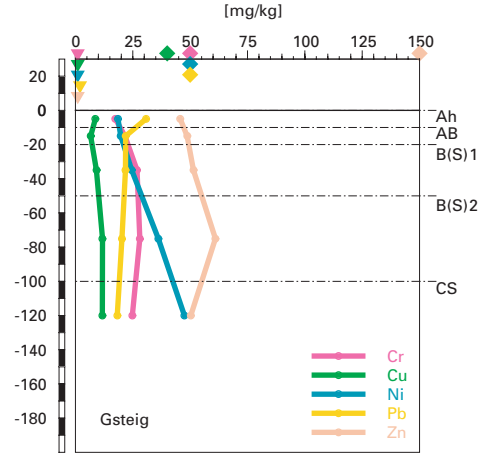


Abb. A2.16 (links) Schwermetalle: effektive Totalgehalte

Abb. A2.17 (rechts) Schwermetalle: Salpetersäure-extrahierbare Gehalte

A2.5 Themenbereich «Schwermetalle»

A2.5.1 Tiefenverteilung der Schwermetalle

Chrom nimmt vom Ah- bis zum B(S)1-Horizont stark zu und bleibt dann praktisch konstant (Abb. A2.16). Nickel, Cu und Zn verhalten sich sehr ähnlich. Die Gehalte dieser drei Schwermetalle nehmen vom Ah- bis zum B(S)2-Horizont stark zu und bleiben darunter praktisch konstant. Der Pb-Gehalt variiert im ganzen Profil nur wenig, wobei der Oberboden einen etwas höheren Gehalt aufweist als der Unterboden.

A2.5.2 Wertung der Schwermetallgehalte im untersten Mineralerde-Horizont im geochemischen Vergleich

Bezogen auf das Ausgangsgestein, karbonathaltigem Gehängeschutt, liegen alle Schwermetallgehalte im CS-Horizont weit oberhalb typischer Wertebereiche. Da für Gehängeschutt (Lithofazies 31) keine geochemischen Angaben vorhanden sind, wurde die geologisch nächstverwandte Lithofazies mit geochemischen Angaben (Lithofazies 18, Kalk- und Kieselkalksteine,

Seekreide) für die Beurteilung beigezogen. Da der CS-Horizont mässig sauer und karbonatfrei ist, lassen sich die für die Lithofazies 18 sehr hohen Gehalte mit Anreicherung im Rückstand der Karbonat-Verwitterung erklären.

A2.5.3 **Beurteilung der quellenunabhängigen Belastung nach VBBo**

Für den Ah-Horizont wurden wegen seines hohen Humusgehaltes (Abb. A2.8) die volumenbezogenen Konzentrationen (mg/dm^3 ; Tab. A15 in Blaser et al. 2005) beurteilt. Diese sind niedriger als die massenbezogenen Gehalte (mg/kg ; Abb. A2.17), da die Dichte kleiner ist als $1 \text{ g}/\text{cm}^3$. Mangels Messwert wurde für den Ah-Horizont eine Dichte von $0.8 \text{ g}/\text{cm}^3$ angenommen.

Bezogen auf die VBBo sind die Konzentrationen bzw. Gehalte aller Schwermetalle im Oberboden sehr niedrig bis niedrig. Der Unterboden weist in den B(S)-Horizonten erhöhte Cr-Gehalte auf. Der Ni-Gehalt ist im B(S)2- und CS-Horizont hoch.

Die Richtwerte der VBBo werden nicht überschritten.

A2.5.4 **Anreicherungs-faktoren**

Einerseits ist das Ausgangsgestein karbonathaltig. Andererseits ist der CS-Horizont mässig sauer und karbonatfrei. Dies bedeutet, dass dieser Horizont durch Anreicherung im Rückstand der Karbonatverwitterung geprägt ist. Somit erlauben die relativ zum CS-Horizont berechneten Anreicherungs-faktoren keine Aussage über Anreicherung oder Verarmung gegenüber dem Ausgangsgestein.

Dieser Boden ist im oberen Teil bis zum B(S)1-Horizont deutlich an Ni und Cu und etwas an Cr und Zn verarmt (Tab. A2.4). Der B(S)2-Horizont ist leicht an Cr und stark an Pb verarmt. Letzteres ist im Oberboden etwas angereichert. Die Anreicherungs-faktoren widerspiegeln damit die Tiefen-verteilung der Schwermetalle (Abb. A2.16), ein Sachverhalt, der durch den innerhalb des Profils konstanten Zr-Gehalt erklärt wird.

Die durch die Anreicherungs-faktoren angezeigte Auswaschung praktisch aller Schwermetalle ist auf zwei Faktoren zurückzuführen. Einerseits ist die Mobilität von Schwermetallen wie Ni und Zn unter den bis zum B(S)2-Horizont stark bis sehr stark sauren Verhältnissen gross bis sehr gross. Andererseits kann die Auswaschung von Cr und insbesondere von Cu durch die Verlagerung mit gelöster organischer Substanz erklärt werden. Dies ist bemerkenswert, da weder Aluminium noch Eisen verlagert wurden (Abb. A2.10 und A2.11). Die erhöhten Anreicherungs-faktoren für Pb im Oberboden dürften auf anthropogenen Eintrag und dessen Anreiche-

Tab. A2.4 Anreicherungsfaktoren						
Horizont	Tiefe [cm]	Anreicherungsfaktor				
		Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Ah	0– 10	0.55	<0.24	<0.14	1.42	0.63
AB	10– 20	0.64	<0.21	<0.12	1.29	0.64
B(S)1	20– 50	0.75	0.20	0.35	0.82	0.68
B(S)2	50–100	0.79	0.95	0.95	0.47	1.03
CS	>100	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

rung in der festen organischen Substanz des Bodens zurückzuführen sein. Die Verarmung des B(S)2-Horizontes an Pb kann mit der Wirkung gelöster organischer Substanz erklärt werden und deutet auf eine Auswaschung auch dieses Metalls aus dem Profil hin.

A2.5.5 Schätzung der Mobilität der Schwermetalle

Dieser Boden ist bis zum B(S)2-Horizont stark bis sehr stark sauer (Abb. A2.13). Der CS-Horizont befindet sich auf der Grenze von stark zu mässig sauer. Die Mobilität von Ni und Zn wird deshalb bis zum B(S)2-Horizont als gross bis sehr gross, im CS-Horizont als mittel eingestuft (Abb. A2.18). Zu-

Schwermetallmobilität

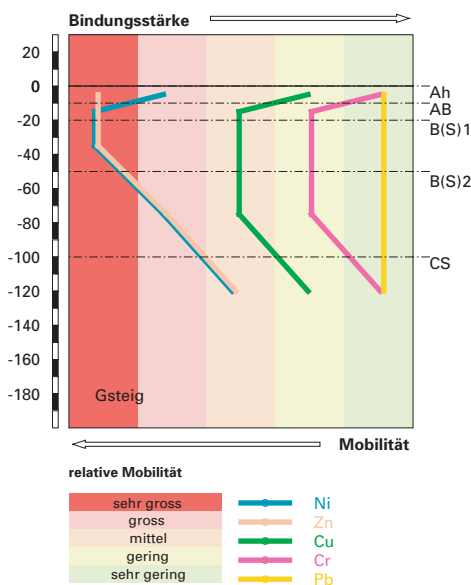


Abb. A2.18 Mobilität der Schwermetalle

sätzlich zur vergleichsweise kleinen pH-bedingten Löslichkeit von Cr, Cu und Pb wird die Mobilität dieser Schwermetalle vom Ah- bis zum B-Horizont durch Bindung an feste organische Substanz verringert. Der profilumfassend hohe Tongehalt erniedrigt die Mobilität von Cr und Pb zusätzlich.

Die aufgrund der Tiefenverteilung der Gehalte und Anreicherungs-faktoren festgestellte Auswaschung von Cr, Cu und vermutlich auch von Pb zeigt allerdings eine viel grössere effektive Mobilität dieser Schwermetalle innerhalb des Profils an, als sie aufgrund von Eigenschaften der Bodenfest-phase (pH, Humus- und Tongehalt) geschätzt wird und in **Abb. A2.18** dargestellt ist. Die grössere Mobilität ist auf Verlagerung der Schwermetalle mit gelöster organischer Substanz zurückzuführen.

Da der Untergrund karbonathaltig ist, besteht trotz der eher grossen Mobilität einiger Metalle innerhalb des aufgeschlossenen Profils für das Grundwasser kein Risiko einer Belastung mit Schwermetallen.

A2.5.6 Schätzung der Gefährdung von Mikroorganismen

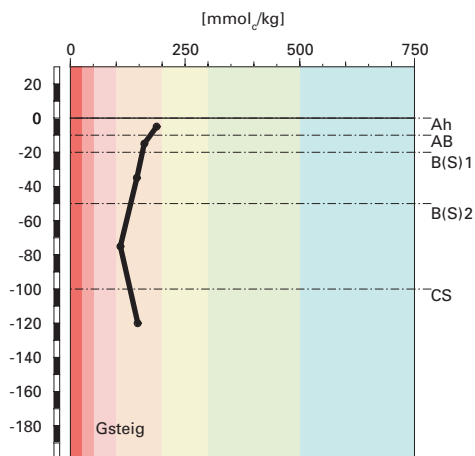
Im Ah-Horizont liegen alle Schwermetalle in Gehalten vor, welche für pflanzliche und tierische Mikroorganismen in Waldböden unkritisch sind.

A2.6 Themenbereich «Nährstoffe»

A2.6.1 Nährstoffverfügbarkeit im Oberboden

Die Nährstoffverfügbarkeit im Oberboden wird aufgrund der Humusform und des Bodengefüges als gut beurteilt. Trotz des rauen Klimas auf 1345 m. ü. M. in ENE-Exposition konnte sich in diesem Fichtenbestand, der eine schwer abbaubare Streu liefert, ein Mull bilden. Zusammen mit der Krümelstruktur im Oberboden lässt dies auf eine hohe biologische Aktivität schliessen, was angesichts der sehr stark sauren pH-Verhältnisse erstaunt. Es scheint, dass sich in diesem lockeren Nadelholzbestand die üppige Krautschicht, die einen Deckungsgrad von 95% aufweist, günstig auf die Aktivität der Bodenorganismen auswirkt. Das mässig enge C/N-Verhältnis von 14 im Ah-Horizont, das für die Humusform Mull typisch ist, bestätigt den morphologischen Befund, denn es deutet wie die Humusform und das Gefüge auf eine hohe Mineralisierungsrate der organischen Substanz hin. Das C/P-Verhältnis von 234 im Ah-Horizont wird als mittel klassiert und lässt im Vergleich zum C/N-Verhältnis etwas ungünstigere Verhältnisse vermuten.

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)

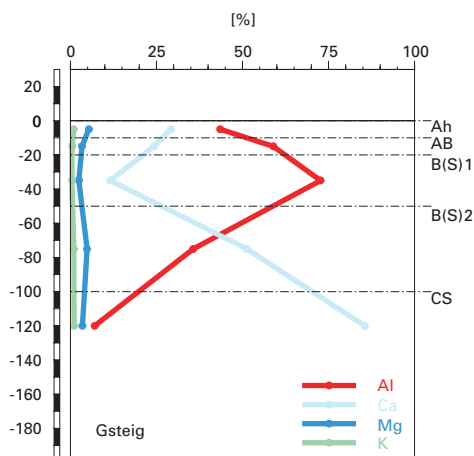


Abb. A2.19 (links) Kationenaustauschkapazität

Abb. A2.20 (rechts) Belegung des Kationenaustauschers

A2.6.2

Nährstoffgehalte

Die Kationenaustauschkapazität wird im ganzen Profil als mittel klassiert. Sie nimmt vom Ah-Horizont bis zum B(S)2-Horizont von 36% auf 15% ab. Im CS-Horizont ist sie wieder etwas grösser (Abb. A2.19). Der Verlauf der Kationenaustauschkapazität widerspiegelt damit einigermaßen den Tongehalt des Bodens. Obwohl der Boden bis in eine Tiefe von 100 cm stark bis sehr stark sauer ist und der pH-Wert auch im CS-Horizont nur 4.7 beträgt, dominiert Aluminium lediglich in den obersten 50 cm am Kationenaustauscher und die Belegung mit Nährstoffkationen, vor allem mit Kalzium, ist vergleichsweise hoch (Abb. 2.20). Die Kalium- und Magnesiumanteile variieren im Tiefenverlauf nur wenig. Die grössten Anteile dieser beiden Nährstoffe finden sich im Ah-, die geringsten im B(S)1-Horizont. Das austauschbare Kalzium ist im B(S)1-Horizont minimal und nimmt nach oben und nach unten im Profil stark zu. Im B(S)1-Horizont sind am wenigsten

Kalzium-Vorrat

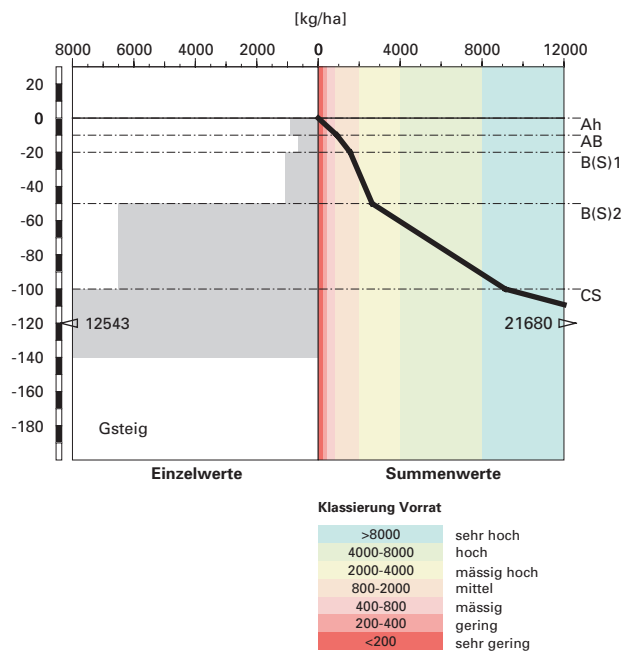


Abb. A2.21 Vorrat an Kalzium

Magnesium-Vorrat

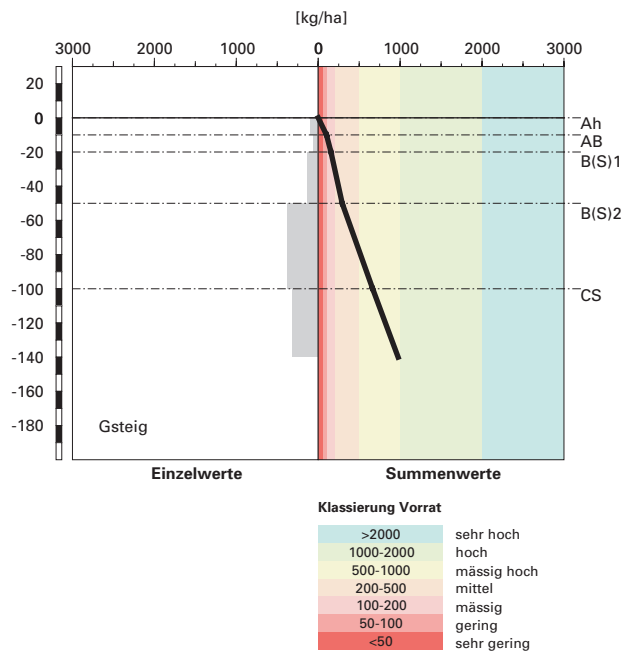


Abb. A2.22 Vorrat an Magnesium

Kalium-Vorrat

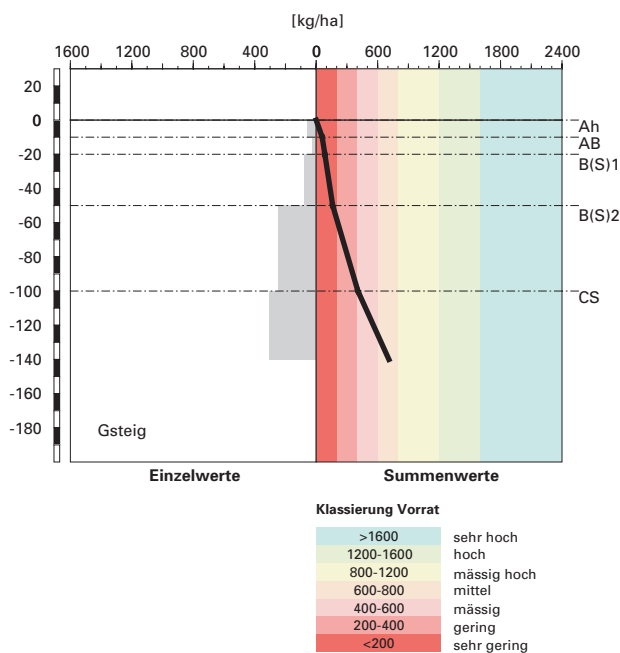


Abb. A2.23 Vorrat an Kalium

Nährstoffe in austauschbarer Form gebunden, weil die meisten Austauscherplätze mit Aluminiumkationen belegt sind.

A2.6.3

Nährstoffvorräte

In Abb. A2.21 bis A2.23 sind die Vorräte von austauschbar gebundenem Ca, Mg und K dargestellt. Der Kalium- und Magnesiumvorrat nimmt mit der Profiltiefe langsam und gleichförmig zu, wogegen die Zunahme von Kalzium vor allem ab 50 cm Tiefe deutlich stärker ist. Die Vorratsbeurteilung bis zur Vergleichstiefe von 60 cm lautet wie folgt:

Ca mässig hoch

Mg mittel

K gering

Der Wurzelraum ist mindestens 120 cm mächtig, so dass die potentiellen Nährstoffvorräte besser beurteilt werden. Für die mit Wurzeln erschlossene Profiltiefe sind die Vorräte für Ca, Mg und K als sehr hoch, mässig hoch und mittel zu bewerten. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass dieses

potentielle Angebot vom aktuellen Baumbestand nicht optimal genutzt wird. Der Boden ist zeitweise durch Stauwasser vernässt, so dass die Fichte den Boden nur eingeschränkt durchwurzeln kann. Die Nutzbarkeit der Nährstoffvorräte durch die Bäume dürfte aber während der ganzen Vegetationsperiode gewährleistet sein, denn an diesem Fichten-Tannen-Standort besteht kein Risiko für Trockenstress.

A2.7 Themenbereich «Waldbaulich relevante Bodenkennwerte und Baumartenwahl»

A2.7.1 Steckbrief für die Waldbehandlung

Der Steckbrief (Tab.A2.5) orientiert über waldbaulich relevante Standortfaktoren und Bodenkennwerte.

A2.7.2 Baumartenwahl

Naturnähe von Bestand und Oberboden

Der Bestand ist ein fast reiner Fichtenwald. Im Naturwald wären zusätzlich zur Fichte die Tanne und etwas Laubholz vertreten. Die Fichte wurde vermutlich durch den Menschen gefördert. Nach Ott et al. (1997) trifft man an diesem Standort (EK Nr. 50) je nach Kleinstandort unterschiedliche Humusformen an. Auf Kuppen kommt meistens Moder oder Rohhumus und in biologisch aktiveren Muldenlagen Mull vor. Das Bodenprofil liegt am Hangfuss und repräsentiert damit die Muldenlage. Die beim Profil vorhandene Humusform Mull dürfte standorttypisch sein.

Baumartenwahl gemäss standortkundlichen Grundlagenwerken

Gemäss BUWAL (2005) sind an diesem Tannen-Fichten-Standort (Nr. 50) folgende Baumarten für die Waldverjüngung geeignet: Tanne, Fichte, Vogelbeere und unter alkalischen Verhältnissen zusätzlich der Bergahorn. Diese relativ kleine Auswahl ist vor allem durch das rauhe Klima bedingt.

Bodenkundliche Kriterien für die Baumartenwahl

■ Durchwurzelbarkeit des Bodens

Die Fichte kann die hydromorphen Horizonte infolge des zeitweiligen Sauerstoffmangels nicht optimal durchwurzeln. Es sind daher tief wurzelnde Baumarten wie die Tanne zu fördern, welche Sauerstoffarmut besser ertragen.

Tab. A2.5 Steckbrief für die Waldbehandlung (Gsteig)		
Standortangaben		
Relief	Höhe	1345 m
	Exposition	ENE
	Neigung	15 %
Klima	Jahresniederschlag	1846 mm
	Jahrestemperatur	4.5 °C
Ausgangsgestein	Gehängeschutt aus karbonathaltigem Gestein	
Baumbestand	Struktur	mehrheitlich einschichtig
	Schlussgrad	30 %
	Baumarten (Deckung)	30 % Fichte
	Oberhöhe	20–25 m
Waldgesellschaft	nach E&K 1972	Nr. 50: Alpendost-Fichten-Tannenwald
	nach BUWAL 2005	Nr. 50: Typischer Hochstauden-Tannen-Fichtenwald
Bodenkennwerte		
Bodensystematik	Bodentyp	Braunerde, schwach pseudovergleyt
	Humusform	Mull
Wasser- und Lufthaushalt	Durchlüftung	Die hydromorphen Merkmale an der Profilwand zeigen, dass ab 20 cm Tiefe zeitweise Sauerstoffmangel herrscht. Insgesamt beurteilen wir den Vernässungsgrad des Bodens als schwach bis mässig. Die Durchlüftung dürfte daher meistens gut sein. Die Vernässung wird durch Stauwasser verursacht.
	Durchwurzelbarkeit	Der Boden ist trotz Vernässung für alle Baumarten mindestens profilumfassend durchwurzelbar. Bei empfindlichen Baumarten wie der Fichte ist jedoch in den hydromorphen Horizonten infolge des zeitweiligen Sauerstoffmangels mit einer eingeschränkten Durchwurzelbarkeit zu rechnen. Der Wurzelraum wird mit mehr als 120 cm Mächtigkeit als sehr tiefgründig klassiert. Er wird vom aktuellen Fichtenbestand nicht optimal genutzt, denn Wurzeln sind nur bis 100 cm Tiefe vorhanden.
	pflanzenverfügbares Wasser	Unter den gegebenen klimatischen Verhältnissen besteht an diesem Standort kein Risiko für Trockenstress.
Säurezustand	pH-Wert/Kalkgrenze	Der Boden ist bis 100 cm Tiefe stark bis sehr stark sauer, tiefer im Profil mässig sauer. Die Kalkgrenze liegt unter der Profilsohle, also tiefer als 140 cm.
	Aluminium-Toxizität	In 20 bis 50 cm Tiefe besteht ein Risiko für Al-Toxizität.
Nährstoffe	Verfügbarkeit im Oberboden	Wie die Humusform Mull weist auch das mässig enge C/N-Verhältnis im Ah-Horizont auf eine hohe Mineralisierungsrate hin. Aufgrund des mittleren C/P-Verhältnisses im Ah-Horizont erfolgt eine etwas pessimistischere Einschätzung der biologischen Aktivität. Sie wird gesamthaft als mittel bis hoch beurteilt.
	Nährstoffvorräte (Ca, Mg, K)	Die Vorräte der Nährstoffkationen sind relativ gross. Der Ca-Vorrat ist sehr hoch, der Mg-Vorrat mässig hoch und der K-Vorrat mässig. Kalzium und K sind vor allem im Unterboden gespeichert.
Verankerung	Da der Boden sehr tiefgründig ist, wird die Verankerung des Baumbestandes als gut bewertet.	
Befahrbarkeit	Dieser relativ ton- und schluffreiche Boden reagiert in nassem Zustand empfindlich auf Befahren mit schweren Maschinen, weil er wenig Skelett enthält.	

■ Entwässerung des Bodens durch die Bäume

Die Entwässerung des temporär vernässten Unterbodens mit tief wurzelnden Baumarten bewirkt eine Bodenverbesserung.

■ Trockenstress-Risiko für die Bäume

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

■ Säurezustand und Aluminium-Toxizität

Die Feinerde ist bis 100 cm Tiefe stark bis sehr stark sauer und in 20 bis 50 cm Tiefe besteht ein Risiko für Al-Toxizität. Eine Verbesserung des Säurezustandes ist in diesem Boden erwünscht. Da die Humusform ein Mull ist, besteht jedoch keine Möglichkeit, den Säurezustand mit der Baumartenwahl wesentlich zu verbessern.

■ Nährstoffangebot im Boden

Die Mineralisierung der Nährstoffe verläuft trotz der Humusform Mull nicht optimal. Die biologische Aktivität lässt sich durch eine besser abbaubare Streumischung leicht erhöhen. Da der aktuelle Bestand nur aus Fichten besteht, ist ein Verbesserungspotential durch Einbringen von Tannen und Laubhölzern gegeben.

Viele Baumarten haben bezüglich Nährstoffversorgung des Bodens eine weite ökologische Amplitude. Das Nährstoffangebot dürfte daher an diesem Standort für die meisten Baumarten ausreichend sein. Dies gilt selbst für die nährstoffbedürftigen Edellaubhölzer. Hier scheint uns der Bergahorn konkurrenzfähig zu sein, denn die Vorräte an Kalzium und Magnesium sind relativ hoch.

A2.7.3

Baumartenempfehlung

Dem Waldbauer stehen vor allem wegen dem rauen Klima nur wenige Baumarten für die Waldverjüngung zur Verfügung. Die zu einem grossen Teil durch das Klima gegebene Baumartenauswahl (Tab. A2.6, BUWAL 2005) ist aus bodenkundlicher Sicht vor allem aufgrund der Durchwurzelbarkeit und der biologischen Entwässerung des Bodens zu hinterfragen. Aber auch der Säurezustand und die Nährstoffumsetzung im Oberboden verlangen nach einer selektiven Baumartenwahl.

Tab. A2.6

Baumartenempfehlung für den Hauptbestand

Referenz	Baumarten
Grundlagenwerke (Einheit 50; BUWAL 2005)	Tanne, Fichte, Vogelbeere, Bergahorn (alkalisch)
Bodenkundliche Kriterien	Tanne, Fichte, Vogelbeere, Bergahorn

Die Tanne ist zu fördern, weil sie den vernässten Boden tiefgründig erschliessen und drainieren kann, was die Bestandesstabilität gegenüber mechanischen Einwirkungen wie beispielsweise Sturm erhöht. Mit ihrem tief greifenden Wurzelwerk bringt sie zudem das vor allem im Unterboden reichlich gespeicherte Kalzium und Kalium in Umlauf. Ein erhöhter Anteil von Tanne, Vogelbeere und Bergahorn liefert eine besser abbaubare Streumischung. Dadurch kann die biologische Aktivität im Oberboden etwas erhöht werden und die in der Streu gebundenen Nährstoffe werden noch rascher mineralisiert. Obwohl der Boden sehr stark versauert und in 20 bis 50 cm Tiefe relativ nährstoffarm ist, gehen wir davon aus, dass der Bergahorn ein ausreichendes Angebot an Nährstoffkationen vorfindet, denn die Vorräte an Kalzium und Magnesium sind relativ hoch.

A2.8 Literatur

Blaser, P. / Zimmermann, S. / Luster, J. / Walther, L. / Lüscher, P., 2005: Waldböden der Schweiz. Band 2. Regionen Alpen und Alpensüdseite. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Bern, Hep Verlag.

BUWAL, 2005: Nachhaltigkeit im Schutzwald und Erfolgskontrolle. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, in Vorbereitung.

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.

Ott, E./Frehner, M./Frey, H.-U./Lüscher, P., 1997: Gebirgsnadelwälder. Ein praxisorientierter Leitfaden für die standortgerechte Waldbehandlung. Haupt, Bern. 287 S.

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