

# S10      Bodenprofil Isona

---

## S10.1      Themenbereich «Bodenbildungsfaktoren und Profilmorphologie»

---

### S10.1.1      **Zusammenfassende Angaben zum Profil und zu den Bodenbildungsfaktoren**

---

Das Bodenprofil ist in [Abb.S10.1](#) dargestellt. Einen Eindruck vom Bestand vermittelt [Abb.S10.2](#). [Tab.S10.1](#) fasst wichtige Angaben zum Boden und Profilort Isona zusammen und [Tab.S10.2](#) orientiert über die Bodenbildungsfaktoren.

### S10.1.2      **Verbreitung gemäss Bodeneignungskarte der Schweiz**

---

Das Profil gehört zur Kartierungseinheit W7 (alpine kristalline Berglandschaften (Paragneis), steile Nordhänge, Hangneigung >35%). 424 Stichproben des Landesforstinventars gehören dieser Kartierungseinheit an. Das Profil repräsentiert damit 3.6% der mit dem LFI insgesamt erfassten 11'863 Stichproben.

### S10.1.3      **Besonderheiten am Profilort**

---

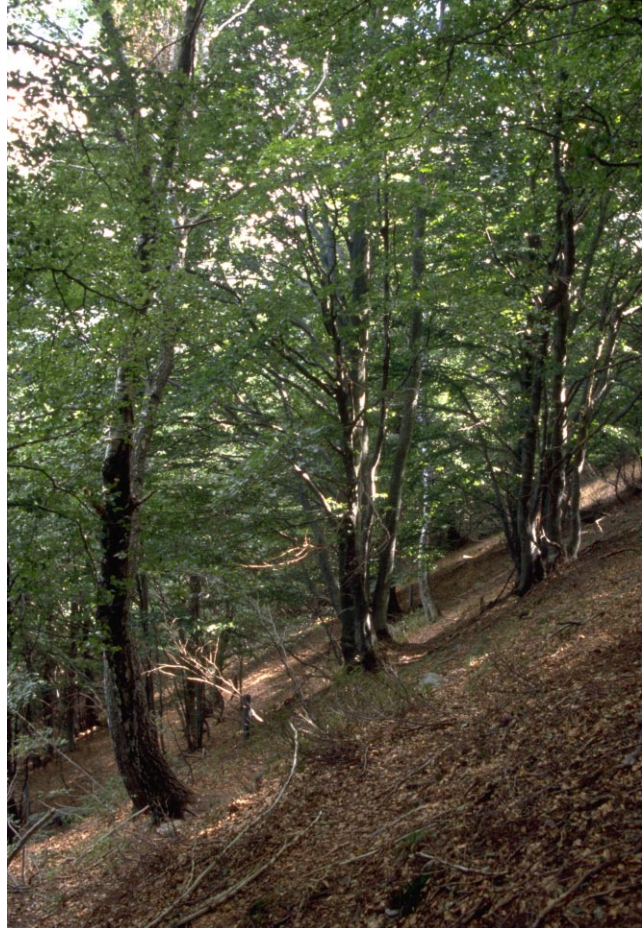
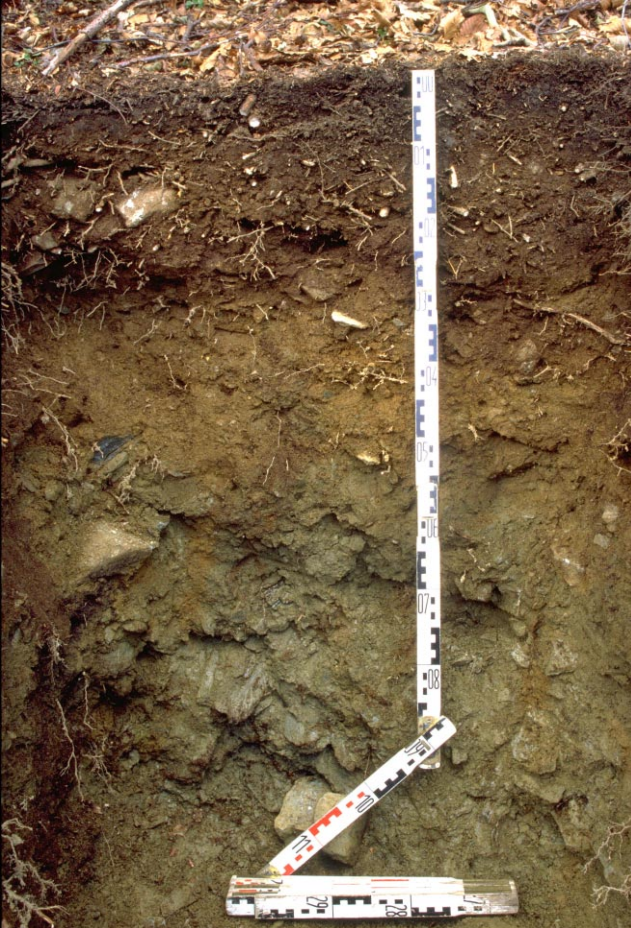
Der Bestand, der früher als Niederwald bewirtschaftet wurde, wird heute nicht mehr gepflegt. Die Stockausschläge der Buche sind rund 15m hoch und stehen sehr dicht beisammen. Mehrere Quellaustritte in der Umgebung des Profils deuten darauf hin, dass der kristalline Felsuntergrund örtlich recht oberflächennah verläuft, so dass das auf ihm abfliessende Wasser an die Oberfläche tritt.

### S10.1.4      **Profilmorphologie und Klassierung**

---

Die im Profil angesprochenen morphologischen Bodenmerkmale sind in [Tab.S10.3](#) zusammen mit einer Profilskizze dargestellt.

Der Boden ist durchgehend von einer geringmächtigen Streuschicht bedeckt. Die Streu stammt überwiegend von der Rotbuche. Die Vegetationsrückstände werden innerhalb eines Jahres vollständig abgebaut. Mit der Horizontfolge L-Ah wird die Humusform als Mull klassiert.



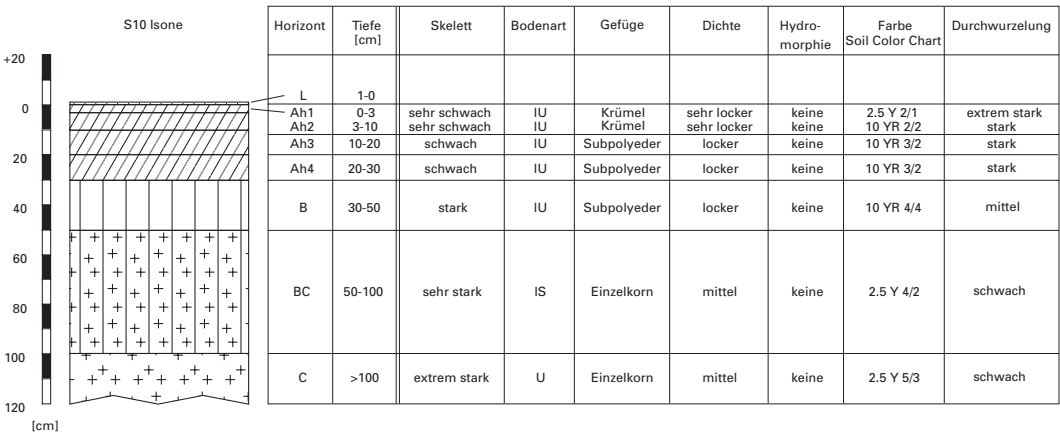
**Abb. S10.1** ([links](#)) Bodenprofil Isona

**Abb. S10.2** ([rechts](#)) Bestand am Profilort Isona

<b>Tab. S10.1 Zusammenfassende Angaben zum Profil Isona</b>	
Lokalname	Isona (Kanton Tessin, Gemeinde Capriasca) Forschungsfläche der Langfristigen-Waldökosystem-Forschung LWF
Lage	Landeskarte 1:25 000 Blatt 1333, Tesserete Koordinaten 721303/109369
Waldgesellschaft (Ellenberg und Klötzli 1972)	Nr. 4: Farnreicher Schneesimsen-Buchenwald ( <i>Luzulo niveae-Fagetum dryopteridetosum</i> )
Horizontfolge	L-Ah1-Ah2-Ah3-Ah4-B-BC-C
Humusform	Mull
Bodentyp	Braunerde
Bodentyp nach FAO (1988)	Dystric Cambisol

Tab. S10.2 <b>Bodenbildungsfaktoren am Profilort Isona</b>			
Relief	Höhe ü. M.	1240 m	
	Exposition	NE	
	Neigung	58 %	
	Geländeform	Mittelhang	
Ausgangsgestein	Tektonik/Geologie	Südalpen; Gneise, Glimmerschiefer und Phyllite (Oberfläche: kalkfreie Moräne/Gehängeschutt)	
	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	6.2 °C/1915 mm	
	T/N Januarmittel	–1.5 °C/79 mm	
	T/N Julimittel	15.5 °C/138 mm	
	Tage mit Schneedecke	140	
	Wärmegliederung	sehr kühl	
	Länge der Vegetationsperiode	165 –180 Tage	
Pflanzen	<b>Schicht</b>	<b>Deckung</b>	<b>häufigste Arten</b>
	Baumschicht (10 –15 m Höhe)	95 %	85 % Rotbuche ( <i>Fagus sylvatica</i> )
	Strauchschicht	1 %	–
	Krautschicht	1 %	Rostblättrige Alpenrose ( <i>Rhododendron ferrugineum</i> ) Heidelbeere ( <i>Vaccinium myrtillus</i> ) Drahtschmiele ( <i>Avenella flexuosa</i> ) Schneeweisse Hainsimse ( <i>Luzula nivea</i> ) Schattenblume ( <i>Maianthemum bifolium</i> )
	Mooschicht	1 %	–

**Tab. S10.3      Profilskizze und Morphologie des Bodenprofils Isona**  
 Bodenart: IU Schluff-Lehm, IS lehmiger Sand, U Schluff



Unter der Streuauflage lassen sich morphologisch sechs Horizonte unterscheiden. Die Tiefenstufe 10 bis 30 cm wurde in zwei verschiedenen Tiefen beprobt (Ah3 und Ah4), so dass sich im Mineralboden insgesamt sieben Horizonte ergeben. Die obersten 3 cm sind schwarz gefärbt. Von 3 bis 30 cm Tiefe wechselt die Farbe zu bräunlich schwarz. Darunter ist der Mineralboden farblich zweigeteilt. Bis 50 cm Tiefe dominieren braune Farben, darunter werden die Farben zunehmend gräulich gelb und gelblich braun. Der Skelettgehalt nimmt mit zunehmender Profiltiefe stark zu. Die Bodenart der Feinerde entspricht bis 50 cm Tiefe einem Schluff-Lehm, zwischen 50 und 100 cm Tiefe einem lehmigen Sand und unterhalb von 100 cm einem Schluff. Eine Krümelstruktur ist bis 10 cm Tiefe vorhanden. Eine Subpolyederstruktur erscheint zwischen 10 und 50 cm Tiefe und ab 50 cm Tiefe dominiert loses Einzelkorngefüge. Der Boden ist bis 10 cm Tiefe sehr locker und zwischen 10 und 50 cm locker gelagert. Darunter ist die Dichte bis zur Profilssole mittel. Im ganzen Profil sind keine hydromorphen Merkmale zu erkennen.

Aufgrund der Horizontfolge L-Ah1-Ah2-Ah3-Ah4-B-BC-C wird der Boden als Braunerde klassiert.

### **Ergänzende Bodenmerkmale**

Gemäss pH-Hellige ist die Feinerde des Bodens sehr sauer. Im Boden sind keine Grenzen für das Wurzelwachstum erkennbar. Die Durchwurzelung ist im Oberboden extrem stark bis stark, zwischen 30 und 50 cm Tiefe mittel und ab 50 cm Tiefe schwach.

## **S10.2 Themenbereich «Physikalische Bodenkennwerte»**

---

### **S10.2.1 Beschrieb einiger physikalischer Bodenkennwerte**

---

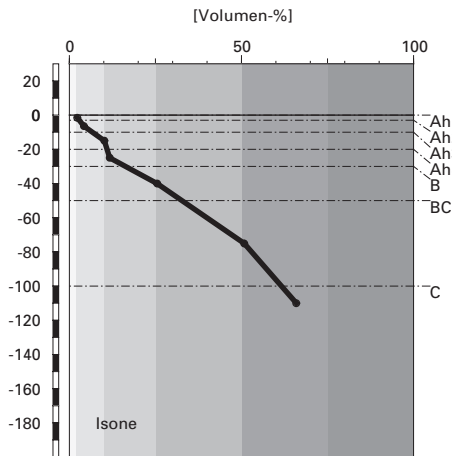
#### **Skelettgehalt**

Der Skelettgehalt nimmt mit der Tiefe stetig und stark zu ([Abb. S10.3](#)). Der Oberboden ist schwach bis mittel, der Unterboden stark bis sehr stark skeletthaltig. Im C-Horizont ist der Skelettanteil mit 65% maximal.

#### **Bodenart**

Die Feinerde ist im gesamten Profil überwiegend sandig ([Abb. S10.4](#)). Die Korngrößen nehmen mit der Tiefe zu, was auf den roheren Zustand der Mineralerde im Unterboden zurückgeführt wird. Der Tongehalt beträgt je nach Horizont 3 bis 14.5%. Diesbezüglich handelt es sich in den obersten

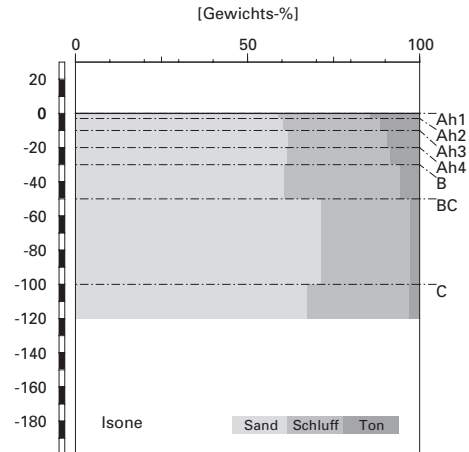
## Skelettgehalt



### Klassierung Skelettgehalt

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

## Bodenart



**Abb.S10.3** (links) Skelettgehalt

**Abb.S10.4** (rechts) Bodenart

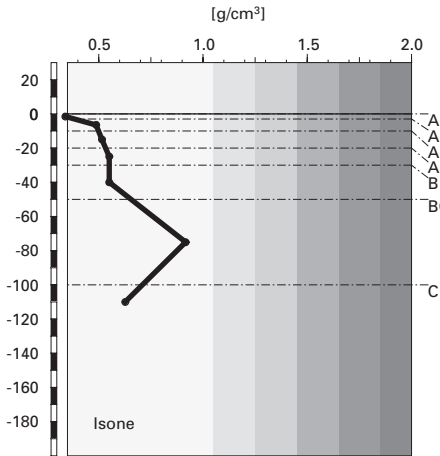
10 cm des Profils um mittel schweren, in 10 bis 50 cm Tiefe um leichten und weiter unten um sehr leichten Boden.

Bei der Schätzung der Bodenart im Profil (Fingerprobe) wurde der Schluffgehalt in fast allen Horizonten zulasten der Sandfraktion überschätzt (Tab.S10.3).

### Dichte der Feinerde

Die Dichte der Feinerde nimmt mit der Tiefe nur wenig zu (Abb.S10.5). Der BC-Horizont ist mit  $0.92 \text{ g/cm}^3$  am dichtesten. Dieser gegenüber dem Rest des Profils deutlich erhöhte Maximalwert soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Feinerde-Dichte im ganzen Boden äusserst gering ist. Ein Vergleich mit der Feldmethode zeigt, dass die Dichte bei der Profilsprache in den untersten Horizonten überschätzt wurde (Tab.S10.3).

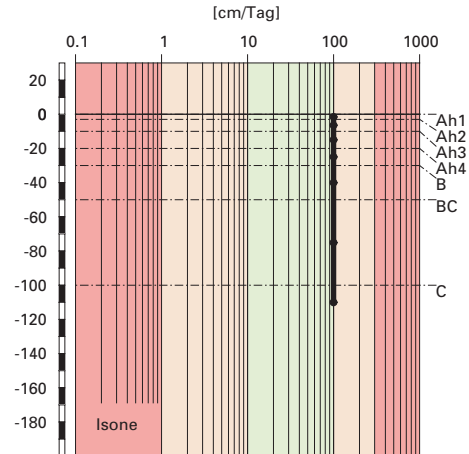
## Feinerde-Dichte



### 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 ( $k_{\text{sat}}$ )



### Klassierung $k_{\text{sat}}$

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

**Abb.S10.5 (links)** Dichte der Feinerde

**Abb.S10.6 (rechts)** Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

## Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

Der Boden ist so locker, dass bei Wassersättigung alle Horizonte hoch durchlässig sind (Abb.S10.6).

## Pflanzenverfügbares Wasser

Das Wasserspeichervermögen des Bodens bis 120 cm Tiefe wird mit  $200 \text{ l/m}^2$  als sehr hoch klassiert (Abb.S10.7). Vor allem der Oberboden vermag viel Wasser zu speichern, da er verhältnismässig wenig Skelett enthält.

## S10.2.2

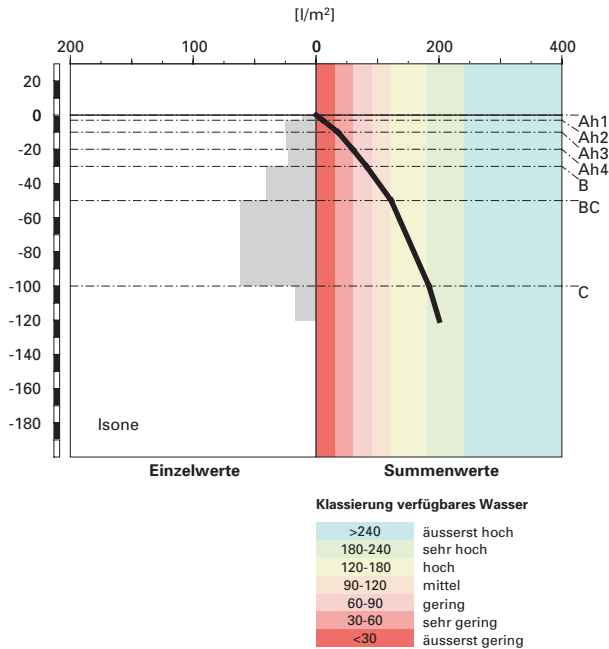
## Bodenkundliche und ökologische Interpretationen

### Wasser- und Lufthaushalt des Bodens

Die Wasserdurchlässigkeit ist im gesamten Profil so gross (Abb.S10.6), dass keine Vernässungsmerkmale vorkommen. Der Boden dürfte nach star-



## pflanzenverfügbares Wasser



**Abb. S10.7** Pflanzenverfügbares Wasser

ken Niederschlagsereignissen jeweils höchstens für kurze Zeit mit Wasser gesättigt sein.

### Durchwurzelbarkeit des Bodens

Der Boden ist für alle Baumarten mindestens profilumfassend durchwurzelbar, da die Dichtewerte durchwegs weniger als  $1.4 \text{ g/cm}^3$  betragen und die Durchlüftung in allen Horizonten stets ausreichend ist. Der Wurzelraum ist nicht eingeschränkt und wird mit  $>120 \text{ cm}$  Mächtigkeit als sehr tiefgründig klassiert. Der Boden wird vom aktuellen Buchenbestand gut genutzt. Wurzeln sind, wenn auch nur in geringer Anzahl, bis zur Profilsohle ( $120 \text{ cm}$ ) vorhanden und dringen mit Gewissheit noch tiefer in den Unterboden ein.

Im C-Horizont dürfte das Wurzelwachstum aufgrund des grossen Skelettgehaltes zwar erschwert, jedoch nicht unterbunden sein.

### Wasserversorgung des Baumbestandes

Für eine Referenztiefe von 120 cm ergeben unsere Berechnungen, dass der Bestand in Trockenperioden ohne nennenswerte Niederschläge nach etwa 25 Tagen an Wassermangel zu leiden beginnt. Da der Boden tiefer als 120 cm durchwurzelbar ist, kann Trockenstress auch später eintreten. Das Risiko für Trockenstress wird an diesem Buchenstandort (EK 4) unter den gegebenen klimatischen Verhältnissen als klein beurteilt.

### Bodenbefahrbarkeit

Der Boden reagiert in nassem Zustand empfindlich auf Befahren mit schweren Maschinen, da er bis 50 cm Tiefe relativ skelettarm ist. Mit rund 60 % Hangneigung kann der Bestand allerdings nicht befahren werden.

## S10.3 Themenbereich «Bodenhauptbestandteile»

---

### S10.3.1 Charakterisierung der Bodenhauptbestandteile

---

#### Organische Substanz

Der praktisch reine Buchenbestand bei Isonne mit einzelnen beigemischten Birken hat einen Deckungsgrad von 95 % und ist vor allem in den von Buchen dominierten Partien sehr dunkel. Es fällt, auch wegen der NE-Exposition, wenig Licht auf den Boden, so dass in der Krautschicht nur einzelne rostblättrige Alpenrosen, Heidelbeeren und Gräser gedeihen. Die Streu stammt dementsprechend vor allem aus der Baumschicht und ist schlecht abbaubar. Beim Bodenprofil ist kein F-Horizont vorhanden.

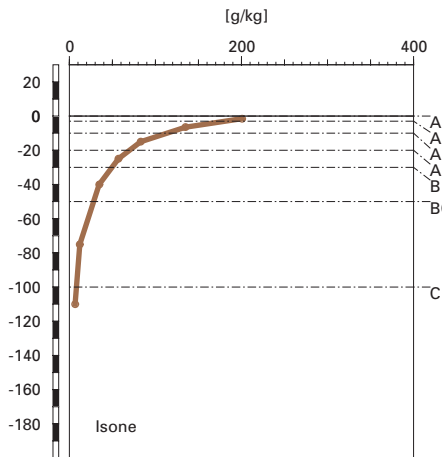
Der Oberboden ist dunkel gefärbt und hebt sich farblich deutlich vom darunter anschliessenden B-Horizont ab. Innerhalb dieser obersten 30 cm gibt es farblich eine Abstufung, indem der Ah1-Horizont schwarz gefärbt ist und die tiefer gelegenen Ah-Horizonte immer heller werden. Dies widerspiegelt sich in den Gehalten an organischem Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) im Profil. Der Ah1-Horizont hat einen grossen  $C_{org}$ -Gehalt von rund 20 % (Abb. S10.8). Mit zunehmender Profiltiefe nimmt der Gehalt bis zum Minimum von 0.7 % im C-Horizont ab. Der  $C_{org}$ -Gehalt ist im gesamten Oberboden grösser als 5 %. Für den gesamten Mineralboden ergibt sich ein Vorrat an organischem Kohlenstoff von 189 t/ha (Abb. S10.9).

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

Der Tongehalt nimmt mit der Profiltiefe kontinuierlich ab (Abb. S10.4). Er hat das Maximum mit 14.4 % im Ah1-Horizont und das Minimum mit 2.9 % im BC-Horizont.

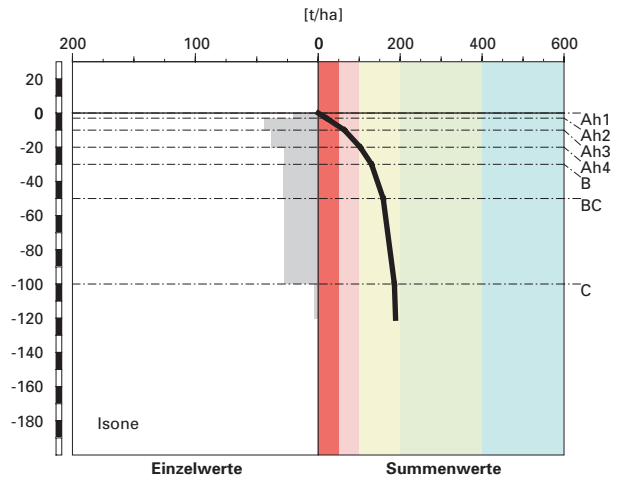


## organischer Kohlenstoff



## Kohlenstoff-Vorrat

( $C_{org}$ )



### Klassierung Vorrat

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

**Abb.S10.8** (links) Gehalt an organischem Kohlenstoff

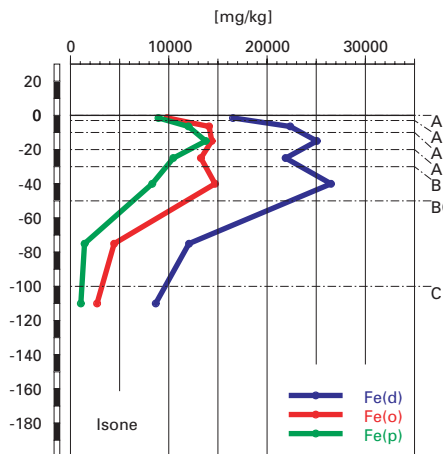
**Abb.S10.9** (rechts) Vorrat an organischem Kohlenstoff

Der Tiefenverlauf von Oxalat- ( $Fe_o$ ) und Dithionit-extrahierbarem Eisen ( $Fe_d$ ) ist sehr ähnlich. Beide besitzen je ein Maximum im Ah3- und im B-Horizont und nehmen bis zum C-Horizont, wo sie minimale Werte erreichen, stark ab (Abb.S10.10). Der Tiefenverlauf von Pyrophosphat-extrahierbarem Eisen ( $Fe_p$ ) unterscheidet sich nur dadurch, dass er bloss ein Maximum im Ah3-Horizont besitzt.

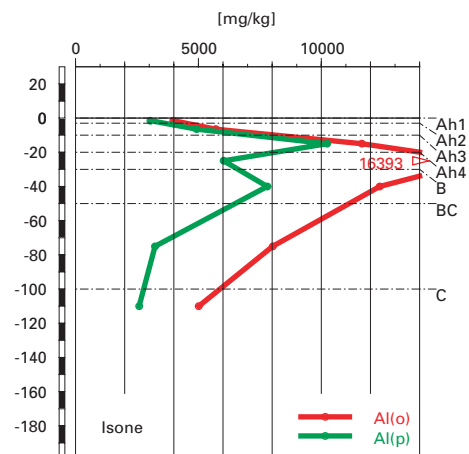
Das Oxalat-extrahierbare Aluminium ( $Al_o$ ) nimmt vom Ah1- bis zum Ah4-Horizont sehr stark zu. Mit zunehmender Tiefe wird der Gehalt rasch kleiner (Abb.S10.11). Das Pyrophosphat-extrahierbare Aluminium ( $Al_p$ ) hat eine analoge Tiefenverteilung wie  $Fe_d$  und  $Fe_o$  (Abb.S10.10 und Abb.S10.11).

Das  $Fe_o/Fe_d$ -Verhältnis streut im Oberboden um 0.6 und nimmt dann auf den kleinsten Wert von 0.3 im C-Horizont ab (Abb.S10.12). Die  $Al_p/Al_o$ - und  $Fe_p/Fe_o$ -Verhältnisse sind im Oberboden ebenfalls relativ gross (Abb.S10.12). Sie variieren, mit Ausnahme des  $Al_p/Al_o$ -Verhältnisses im Ah4-Ho-

### Eisen-Oxide (Gehalte)



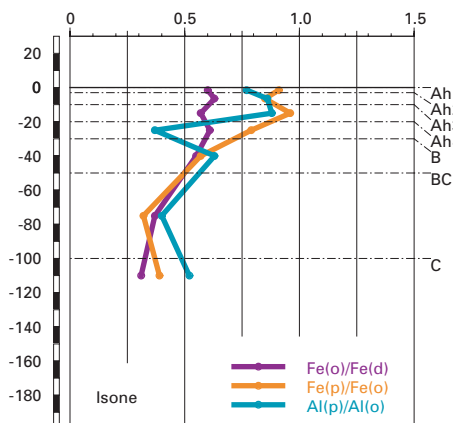
### Aluminium-Oxide (Gehalte)



**Abb.S10.10** (links) Gehalte an Dithionit- ( $\text{Fe}_d$ ), Oxalat- ( $\text{Fe}_o$ ) und Pyrophosphat- ( $\text{Fe}_p$ ) extrahierbarem Eisen

**Abb.S10.11** (rechts) Gehalte an Oxalat- ( $\text{Al}_o$ ) und Pyrophosphat- ( $\text{Al}_p$ ) extrahierbarem Aluminium

### Eisen- und Aluminiumoxide (Verhältnisse)



**Abb.S10.12** Verhältnisse der Fe- und Al-Oxide

rizont, zwischen 0.78 und 0.96. Darunter nehmen sie bis zum Minimum im BC-Horizont ab und sind im C-Horizont wieder etwas grösser.

### S10.3.2

#### **Bodenkundliche Interpretation**

Das Klima am Profilort Isonne ist mit durchschnittlichen jährlichen Niederschlägen von 1915 mm und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 6.2°C sehr feucht und sehr kühl. Auf einer Höhe von 1240 m.ü.M. und in NE-Exposition bedeutet dies aber auf dem gut durchlässigen Boden bezüglich Feuchtigkeit und Wärme ausgeglichene Verhältnisse, zumal das Risiko für Trockenstress klein ist. Deshalb wird die relativ schlecht abbaubare Buchenstreu mit einem weiten C/N-Verhältnis von 34 im L-Horizont (Daten nicht gezeigt) trotz der sehr sauren Feinerde im Oberboden innerhalb eines Jahres weitgehend abgebaut und es sind am Profilort keine Anzeichen eines F-Horizontes erkennbar. Die Humusform wird deshalb als Mull bezeichnet. Das C/N- bzw. C/P-Verhältnis im Ah1-Horizont wird mit rund 17 bzw. 333 (Tab. A309 in Blaser et al. 2005) als mittel klassiert. Zusammen mit der Krümelstruktur, welche Ausdruck einer regen biologischen Aktivität ist, wird die Mineralisierungsrate im Ah1-Horizont als mittel eingeschätzt. Neben der Mineralisierung werden aus nicht vollständig mineralisierter organischer Substanz Humusstoffe gebildet. Zudem fallen lösliche organische Verbindungen an, welche mit dem Sickerwasser in die Tiefe verlagert werden und an die Oberfläche von Al- und Fe-Oxiden adsorbieren, wo sie stabilisiert und gegen weiteren Abbau geschützt sind. Durch die Stabilisierung der organischen Substanz hat sich im Boden ein Vorrat an organischem Kohlenstoff von 189 t/ha aufgebaut (Abb. S10.9), was im gesamtschweizerischen Vergleich einem mittleren Vorrat entspricht.

Der Tongehalt nimmt in Übereinstimmung mit dem abnehmenden Verwitterungsgrad mit der Profiltiefe ab. Die gneishaltigen Moräneablagerungen, aus welchen sich der Boden entwickelt hat, haben einen sehr niedrigen bis mittleren Tongehalt. Im wenig verwitterten C-Horizont dürfte der Tongehalt von rund 3 % die Verhältnisse im Ausgangsgestein widerspiegeln. Mit zunehmendem Verwitterungsgrad werden die kleinen Partikel der Tonfraktion quantitativ bedeutender, d.h. der Tongehalt nimmt zu. In der sehr sauren Feinerde des Oberbodens findet keine Tonmineralneubildung statt.

Die kleinsten Gehalte der Eisen- und Aluminiumoxide finden sich im C-Horizont. In den A- und B-Horizonten, in welchen die Verwitterung am intensivsten ist und die Verbraunungsprozesse stattfinden, sind die Oxidgehalte grösser. Aufgrund der im Ah1- und Ah2-Horizont reduzierten Oxidgehalte kann zusätzlich auf eine Verlagerung von Al- und Fe-Verbindungen geschlossen werden.

Aluminium wird in Verbindung mit gelöster organischer Substanz mit dem Sickerwasser bis in den Ah3-Horizont verlagert. Hier ist der  $Al_p$ -Gehalt maximal (Abb. S10.11). Der Verlagerungsindex für  $Al_p$ , gebildet aus dem Quotienten des Gehaltes im Ah3- und im Ah1-Horizont beträgt 2.4. In der sehr sauren Feinerde des Oberbodens wird Aluminium zudem auch in anorganischer Form verlagert. Dies wird, im Vergleich zum  $Al_p$ , am grösseren Verlagerungsindex von  $Al_o$  (2.8) und am tiefer liegenden Maximum von  $Al_o$  im Ah4-Horizont (Abb. S10.11) ersichtlich.

Eisen wird im Vergleich zu Aluminium in kleineren Mengen und weniger tief verlagert. Zusammen mit organischer Substanz gelangt es wie Aluminium bis in den Ah3-Horizont (Abb. S10.10), allerdings beträgt der Verlagerungsindex für  $Fe_p$ , gebildet aus dem Quotienten der Gehalte im Ah3- und Ah1-Horizont, nur 1.1. Die Verlagerung in gelöster anorganischer Form, welche in der sehr stark sauren Feinerde des Ah1- und Ah2-Horizontes ebenfalls möglich ist, wird allerdings nur bis in den Ah2-Horizont beobachtet. Dort hat der auf humusfreie Mineralerde bezogene  $Fe_o$ -Gehalt sein Maximum und der entsprechende Verlagerungsindex für  $Fe_o$  beträgt 1.2.

Die in den obersten drei Horizonten grossen  $Fe_p/Fe_o$ - und  $Al_p/Al_o$ -Verhältnisse belegen, dass Aluminium und Eisen in diesen Horizonten mit der organischen Substanz in Verbindung stehen (Abb. S10.12). Unterhalb des Ah3-Horizontes, bis in welchen Aluminium und Eisen als gelöste metall-organische Verbindungen verlagert werden, nehmen beide Verhältnisse markant ab. Durch die Bindung von Aluminium und Eisen an die organische Substanz in der humusreichen Zone des Bodens wird die Kristallisation blockiert, so dass das  $Fe_o/Fe_d$ -Verhältnis bis 50 cm Tiefe relativ gross ist (Abb. S10.12). Im BC-Horizont, wo der  $C_{org}$ -Gehalt auf einen kleinen Wert von 1.2% zurückgeht, wird dieses Verhältnis kleiner. Dies ist aber nicht auf zunehmende Rekristallisation amorpher Verbindungen zurückzuführen, sondern auf die in diesem Horizont weniger intensiven Verbraunungsprozesse, dass also weniger amorphe Fe-Oxide gebildet werden.

Die reduzierten Oxidgehalte in den beiden obersten Horizonten können mit Verlagerung erklärt werden. Für die bei  $Fe_d$ ,  $Fe_o$  und  $Al_p$  beobachtete Abnahme der Gehalte im Ah4-Horizont (Abb. S10.10 und S10.11) konnte hingegen keine Erklärung gefunden werden. Eine erneute Auswaschung kann in dieser Bodentiefe ausgeschlossen werden. Obwohl der Standort mit 58% stark geneigt ist, ist der Boden nicht in Bewegung. Die in Abb. S10.2 sichtbaren, am Stammfuss gekrümmten Bäume sind eher auf Schneekriechen, als auf Bodenbewegungen zurückzuführen.

Aufgrund der morphologischen Merkmale wurde der Boden als Braunerde klassiert. Die Tiefenverteilung der Al- und Fe-Oxide zeigt denn auch

das charakteristische Bild einer Braunerde. Zusätzlich ist eine Verlagerung von Aluminium und Eisen, zusammen mit der organischen Substanz zu beobachten, welche im Bodenprofil jedoch morphologisch nicht erkannt werden kann. Aufgrund der Laboruntersuchungen ist der Boden als podsolierte Braunerde zu bezeichnen.

## S10.4 Themenbereich «Säurezustand»

### S10.4.1 Charakterisierung des Säurezustandes

#### pH-Wert

Der pH-Wert zeigt in den obersten 30 cm Tiefe eine sehr markante Zunahme von 3.3 auf 4.4. In grösserer Bodentiefe variiert er nur noch wenig (Abb. S10.13). Der grösste Wert wurde im BC-Horizont gemessen. Er beträgt dort 4.7. Im sehr stark sauren Ah1- und Ah2-Horizont befindet sich die Feinerde in der Säureklasse 5, im stark sauren Ah3- und Ah4-Horizont in der Säureklasse 4 und in allen Horizonten unterhalb 30 cm Tiefe im unteren Bereich der Säureklasse 3.

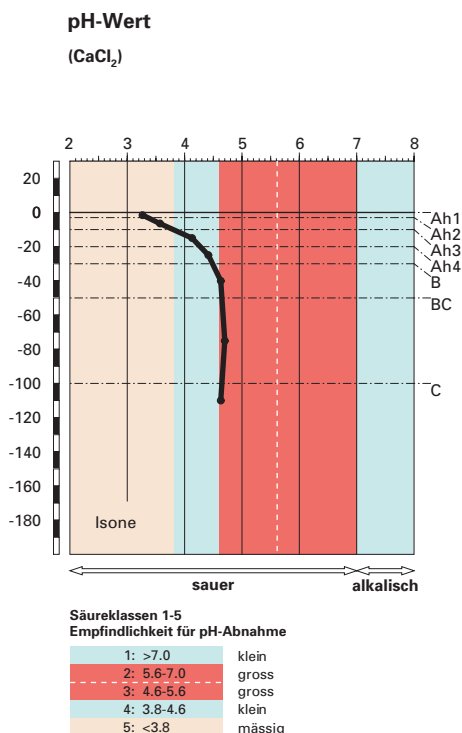
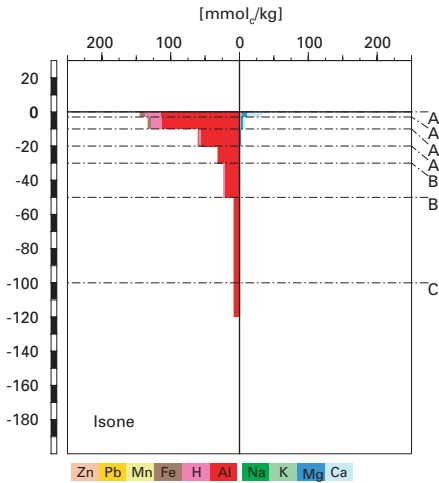
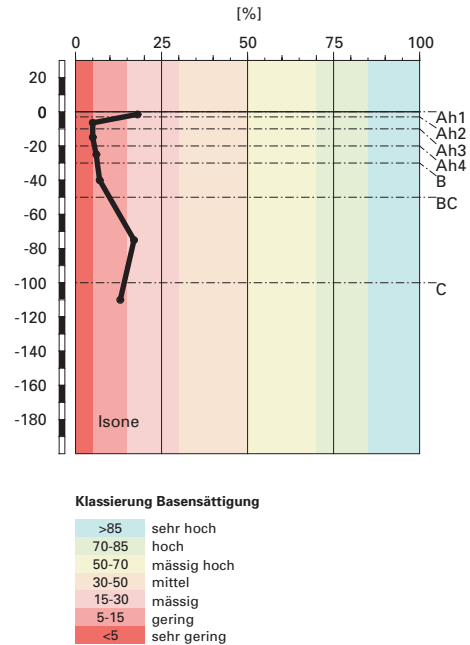


Abb. S10.13 pH-Wert und Säureklassen

## austauschbare Kationen



## Basensättigung



**Abb.S10.14 (links)** Belegung des Kationenaustauschers

**Abb.S10.15 (rechts)** Basensättigung

## Austauschbare Kationen und Basensättigung

Der Kationenaustauscher ist im ganzen Profil sehr stark mit sauren Kationen, überwiegend mit Aluminium belegt (Abb.S10.14). In den obersten 10 cm des Profils sind neben Aluminium austauschbare Protonen und, entsprechend der Säureklasse 5, auch austauschbares Eisen festzustellen. Selbst im Ah3-Horizont ist die Eisenbelegung des Kationenaustauschers mit rund 2% bemerkenswert hoch. Austaushbare Nährstoffkationen sind praktisch nur in den obersten 3 cm des Bodens, im Ah1-Horizont in nennenswerten Mengen zu finden. In den tiefer gelegenen Horizonten sind die Anteile austauschbarer Nährstoffkationen gering.

Die Basensättigung ist im Ah1-Horizont mit 18% zwar maximal, wird aber dennoch als lediglich mässig klassiert (Abb.S10.15). Mit Ausnahme des BC-Horizontes ist die Basensättigung in allen tiefer liegenden Horizonten gering. Im BC-Horizont ist sie mit 17% mässig.

### Stand der Bodenversauerung

In dieser Braunerde sind rund 90 % des Kationenaustauschers der Feinerde im gesamten Profil mit sauren Kationen belegt. Der Boden gilt deshalb als sehr stark versauert. Obwohl der C-Horizont in 100 bis 120 cm Tiefe erschlossen ist, wurde die Versauerungsfront nicht erreicht. Die Al-Belegung beträgt im C-Horizont 82 %.

Die Braunerde ist nur im Oberboden sehr stark bis stark sauer und befindet sich dort im Eisen- bzw. im Aluminium-Pufferbereich (Abb. S10.13). Der untere Bereich des Profils ist nur mässig sauer und befindet sich an der Grenze vom Kationenaustauscher- zum Aluminium-Pufferbereich. Im Oberboden erfolgt die Säurepufferung durch Auflösung von Aluminium- und Eisenverbindungen. Die Auflösung von Eisenverbindungen trägt nur im Ah1- und Ah2-Horizont zur Säurepufferung bei. Trotzdem findet sich im Ah3-Horizont eine Eisenbelegung des Kationenaustauschers von rund 2 %, was auf eine Eisenverlagerung hinweist. Der grosse Beitrag der Auflösung von Aluminiumverbindungen bei der Säurepufferung äussert sich in der starken Belegung des Kationenaustauschers mit Aluminiumionen und, als Folge davon, in einer mehrheitlich geringen Basensättigung im Mineralboden. Diese ist nur im Ah1- und im BC-Horizont etwas erhöht. Im Ah1-Horizont erklärt sich dies durch die Anreicherung von Nährstoffkationen mit der Streu. Für die grössere Basensättigung im BC-Horizont finden wir keine Erklärung.

### Risiko für Boden und Pflanzen

Die Empfindlichkeit des Bodens für eine weitere pH-Abnahme ist mässig, denn rund 63 % der gesamten Feinerde des Profils befinden sich in der schlecht puffernden Säureklasse 3. Ein spezielles Augenmerk ist auf den Ah1- und Ah2-Horizont zu werfen, welche in der mässig puffernden Säureklasse 5 liegen. Bei anhaltendem Versauerungsdruck wird der pH-Wert in erster Linie dort weiter abnehmen. Dieser Profilverein ist den Säureinträgen durch die Niederschläge am stärksten ausgesetzt, und infolge der extrem starken Durchwurzelung werden bei der Aufnahme von Nährstoffkationen durch die Wurzeln grosse Säuremengen ausgeschieden.

Der Buchenbestand in Isone liegt auf rund 1240 m. ü. M. an einem NE-exponierten Hang. Das Klima ist sehr kühl und das Ausgangsgestein besteht aus schwer verwitterbarem Moränematerial. Zusammen mit den hohen Niederschlägen, die etwas mehr als 1900 mm/Jahr betragen sowie der grossen Durchlässigkeit des Bodens hat dies zur Folge, dass die Säurepufferung in den obersten beiden Horizonten nicht sehr effizient ist, wodurch



ein Säureexport in die Tiefe erfolgt. Da der gut puffernde Ah3- und Ah4-Horizont zusammen nur 20 cm mächtig sind und der Boden sehr durchlässig ist, wird der pH-Wert auch im Unterboden weiter abnehmen, zumal dieser Teil des Profils in der schwach puffernden Säureklasse 3 liegt. Der Unterboden wird aber bald die gut puffernde Säureklasse 4 erreichen, wo keine wesentliche pH-Abnahme mehr zu erwarten ist.

Das Risiko für Al-Toxizität und eine Beeinträchtigung des Wachstums säureempfindlicher Pflanzen ist bereits beim aktuellen Bodenzustand gross. Rund 96% der Feinerde des gesamten Bodens besitzen ein BC/Al-Verhältnis  $< 0.2$ . Mit Ausnahme der obersten 3 cm des Bodens liegen die BC/Al-Verhältnisse zwischen 0.05 und 0.17 und damit im als kritisch erachteten Bereich  $< 0.2$ . Bei einer weiteren Bodenversauerung wird auch der Ah1-Horizont in den kritischen Bereich gelangen, denn das BC/Al-Verhältnis beträgt dort 0.28 und liegt somit nur unwesentlich über dem kritischen Wert. Allerdings wirken die Pflanzen durch den Nährstoffkreislauf und die Rückführung von Nährstoffkationen mit der Streu auf den Oberboden dieser Entwicklung entgegen.

## S10.5 Themenbereich «Schwermetalle»

---

### S10.5.1 Tiefenverteilung der Schwermetalle

---

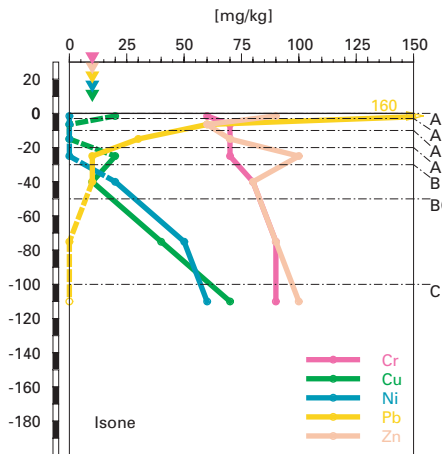
Chrom nimmt in diesem Boden mit der Tiefe gleichmässig etwas zu ([Abb. S10.16](#)). Der Zn-Gehalt folgt dem Cr-Gehalt mit der Ausnahme von erhöhten Gehalten im Ah1- und im Ah4-Horizont. Nickel liegt im ganzen Oberboden unter der Bestimmungsgrenze und nimmt darunter mit der Tiefe stark zu. Der Cu-Gehalt folgt dem Ni-Gehalt mit der Ausnahme von höheren Gehalten im Ah1- und Ah4-Horizont, also ähnlich wie beim Vergleich von Zn- und Cr-Gehalten. Blei verhält sich anders als die anderen Schwermetalle. Der Pb-Gehalt ist im obersten Horizont am grössten und nimmt innerhalb der Ah-Horizonte stark ab. Im BC- und C-Horizont liegt Pb unter der Bestimmungsgrenze.

### S10.5.2 Wertung der Schwermetallgehalte im untersten Mineralerde-Horizont im geochemischen Vergleich

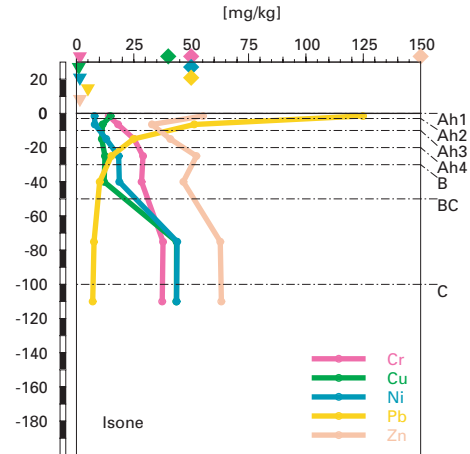
---

Bezogen auf das Ausgangsgestein, Gehängeschutt aus einer silikatischen Moräne über schiefrigem Gneis, liegt der Pb-Gehalt im C-Horizont innerhalb, die Gehalte aller anderen Schwermetalle oberhalb typischer Werte-

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



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



**Abb.S10.16 (links)** Schwermetalle: effektive Totalgehalte

**Abb.S10.17 (rechts)** Schwermetalle: Salpetersäure-extrahierbare Gehalte

bereiche. Da für Moräne (Lithofazies 29) keine geochemischen Angaben vorhanden sind, wurde die geologisch nächstverwandte Lithofazies mit geochemischen Angaben (Lithofazies 7, Metapsammite und Quarzite) für die Beurteilung beigezogen.

### S10.5.3

#### Beurteilung der quellenunabhängigen Belastung nach VBBo

Für den Ah1- und den Ah2-Horizont wurden wegen ihres hohen Humusgehaltes (Abb.S10.8) die volumenbezogenen Konzentrationen (mg/dm<sup>3</sup>; Tab.A307 in Blaser et al. 2005) beurteilt. Diese sind niedriger als die massenbezogenen Gehalte (mg/kg; Abb.S10.17), da die Dichte kleiner ist als 1 g/cm<sup>3</sup>.

Bezogen auf die VBBo sind die Konzentrationen der meisten Schwermetalle in den obersten beiden Horizonten sehr niedrig. Die Ausnahmen bilden eine erhöhte Pb-Konzentration im Ah2- und eine hohe Pb-Konzentration im Ah1-Horizont.

In den tiefer liegenden Mineralerdehorizonten sind die Zn- und Pb-Gehalte bezogen auf die VBBo sehr niedrig bis niedrig. Der Cr-Gehalt ist er-

<b>Tab. S10.4      Anreicherungsfaktoren</b>						
<b>Horizont</b>	<b>Tiefe [cm]</b>	<b>Anreicherungsfaktor</b>				
		<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
Ah1	0– 3	0.83	0.36	<0.21	n.b.	1.13
Ah2	3– 10	0.78	<0.14	<0.17	n.b.	0.60
Ah3	10– 20	0.78	<0.14	<0.17	n.b.	0.70
Ah4	20– 30	0.82	0.30	<0.18	n.b.	1.05
B	30– 50	0.77	0.12	0.29	n.b.	0.70
BC	50– 100	0.95	0.54	0.79	n.b.	0.86
C	> 100	1.00	1.00	1.00	n.b.	1.00

höht bis hoch. Die Ni- und Cu-Gehalte sind vom Ah3- bis zum B-Horizont sehr niedrig bis niedrig. Im BC- und C-Horizont ist der Ni-Gehalt hoch und der Cu-Gehalt sehr hoch. Letzterer überschreitet damit den Richtwert der VBBo.

#### S10.5.4      **Anreicherungsfaktoren**

Der Boden ist gegenüber dem C-Horizont profilumfassend deutlich verarmt an Ni und Cu (Tab. S10.4). Die vom Ah1- bis zum B-Horizont konstant bei etwa 0.8 liegenden Anreicherungsfaktoren für Cr lassen auch für dieses Schwermetall eine leichte Abreicherung erkennen. Zudem scheinen der Ah2-, der Ah3- und der B-Horizont etwas an Zn verarmt zu sein.

Die beobachteten Abreicherungen sind in Einklang mit der bei der Interpretation der Tiefenverteilung der Oxide (Abb. S10.10 und S10.11) festgestellten Podsolierung. Kupfer und Ni werden offensichtlich besonders stark mit der gelösten organischen Substanz verlagert und aus dem Profil ausgewaschen. Zink, welches in Abhängigkeit vom pH-Wert besonders mobil ist, wird als Mikronährstoff mit der Streu immer wieder in den Boden zurückgeführt, so dass dieses Schwermetall weniger stark abgereichert ist als Ni und Cu.

Die stark erhöhten Pb-Gehalte im Oberboden (Abb. S10.16) lassen sich gut durch anthropogenen Eintrag erklären, der in der organischen Substanz angereichert wurde.

#### S10.5.5      **Schätzung der Mobilität der Schwermetalle**

Die Mobilität von Zn wird im stark bis sehr stark sauren Oberboden als gross bis sehr gross eingestuft (Abb. S10.18). Im nur mässig sauren Unterboden wird die Zn-Mobilität nur noch als mittel beurteilt. Die Mobilität von Ni ist nur in den obersten beiden Horizonten gross, darunter mittel. Alle

## Schwermetallmobilität

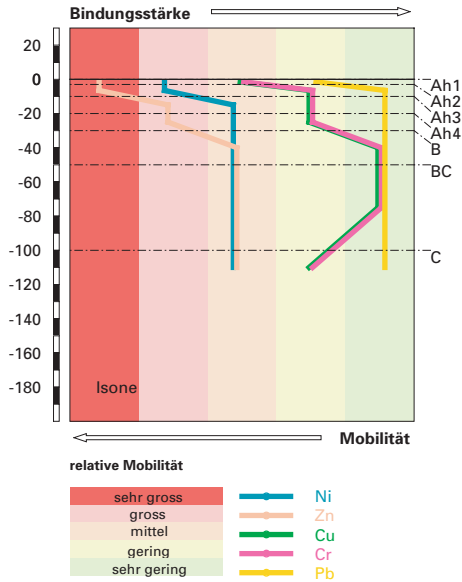


Abb. S10.18 Mobilität der Schwermetalle

übrigen Schwermetalle werden praktisch im ganzen Boden als nur wenig mobil geschätzt, wobei die organische Substanz vom Ah- bis zum BC-Horizont mobilitätsverringend wirkt. Nur gerade im Ah1-Horizont ist die Mobilität von Cr und Cu etwas grösser. Aufgrund der Anreicherungsfaktoren (Tab. S10.4) und der Tiefenverteilung (Abb. S10.16) muss allerdings davon ausgegangen werden, dass die Mobilität von Ni und Cu durch Bindung an gelöste organische Substanz gegenüber der in Abb. S10.18 dargestellten Schätzung stark erhöht wird. Dies bedeutet ein relativ grosses Risiko einer Grundwasserbelastung mit Ni und Cu, insbesondere auch wegen der relativ hohen Gehalte dieser beiden Schwermetalle im C-Horizont. Ausserdem birgt der relativ hohe Zn-Gehalt im C-Horizont bei mittlerer Mobilität ein gewisses Risiko.

### S10.5.6

#### Schätzung der Gefährdung von Mikroorganismen

Im Ah1- und Ah2-Horizont liegen die meisten Schwermetalle in Gehalten vor, welche für pflanzliche und tierische Mikroorganismen in Waldböden unkritisch sind. Die Ausnahme bildet der Pb-Gehalt im Ah1-Horizont, welcher sich im Grenzbereich zur Toxizität befindet.

### S10.6.1 Nährstoffverfügbarkeit im Oberboden

---

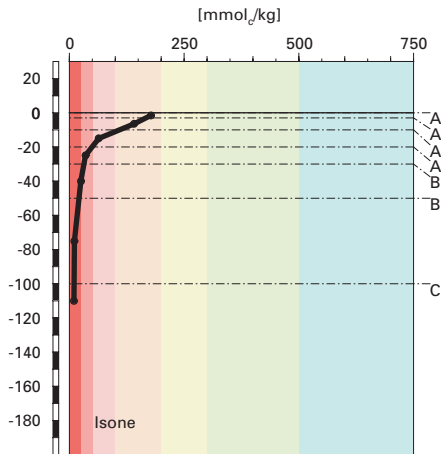
Im sehr kühlen Klima an diesem NE-exponierten Buchenstandort auf 1240 m.ü.M. wird die an sich schwer abbaubare Buchenstreu, trotz dem sehr stark sauren pH-Wert in den obersten 10 cm des Bodens, innerhalb eines Jahres vollständig zersetzt. Als Humusform ist ein Mull entstanden. Zusammen mit der Krümelstruktur ist dies ein Anzeichen für eine grosse Aktivität der Bodenlebewesen sowie für eine gute Nährstoffverfügbarkeit. Das weite C/N-Verhältnis von 34 in der Streu zeigt eine niedrige Mineralisierungsrate der organischen Substanz an. Da sich aber kein Fermentationshorizont gebildet hat, ist das C/N-Verhältnis im Ah1-Horizont zur Interpretation der Nährstoffverfügbarkeit wohl besser geeignet. Dieses beträgt dort 17, wird als mittel klassiert und ist typisch für Humusformen im Übergang zwischen Mull und Moder. Die Umsetzungsprozesse sind deshalb im Ah1-Horizont nicht ganz optimal, was aber die Nährstoffverfügbarkeit kaum entscheidend beeinträchtigen dürfte.

### S10.6.2 Nährstoffgehalte

---

Die Kationenaustauschkapazität ist mit 178 mmol<sub>c</sub>/kg Feinerde im Ah1-Horizont als mittel zu bewerten (Abb. S10.19). Sie geht bis zum Ah4-Horizont in 30 cm Tiefe stark zurück und ist dort nur noch sehr gering. In allen tiefer gelegenen Horizonten ist sie extrem gering und beträgt durchwegs weniger als 25 mmol<sub>c</sub>/kg Feinerde. Die Kationenaustauschkapazität folgt damit in eindrucklicher Weise der Tiefenverteilung der organischen Substanz (Abb. S10.8), denn dieser Boden enthält nur wenig Tonminerale. Die Nährstoffkationen sind im Wesentlichen auf den nur 3 cm mächtigen Ah1-Horizont konzentriert. In den anderen Mineralerdehorizonten ist die Belegung des Kationenaustauschers mit Nährstoffkationen marginal (Abb. S10.20). Sie nimmt erst wieder im Unterboden leicht zu. Ab 30 cm Tiefe ist kein Kalium mehr messbar. Bereits ab dem Ah1-Horizont ist der Anteil von austauschbarem Aluminium erheblich grösser als die Summe aller Nährstoffkationen.

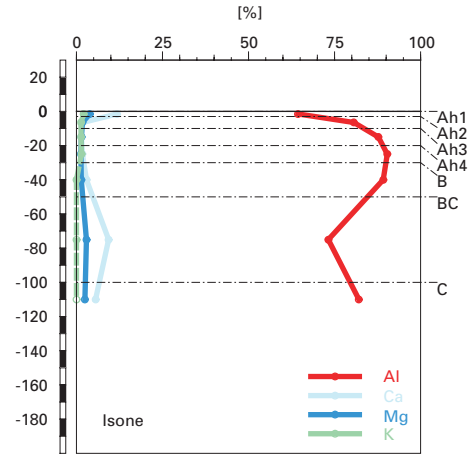
### Kationenaustauschkapazität (KAK)



#### 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.S10.19 (links)** Kationenaustauschkapazität

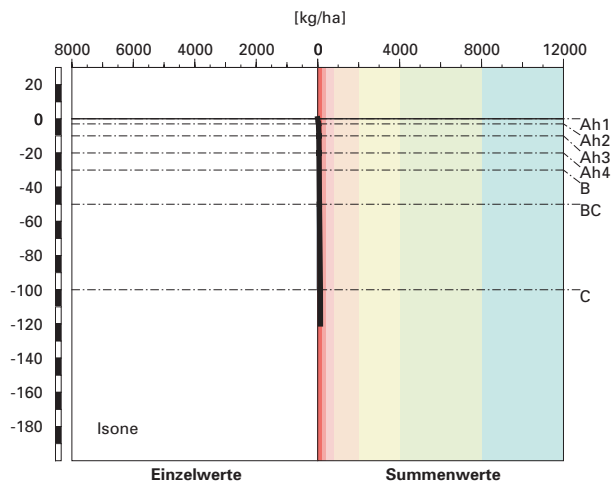
**Abb.S10.20 (rechts)** Belegung des Kationenaustauschers

## S10.6.3

### Nährstoffvorräte

Als Folge der nahezu im ganzen Profil geringen bis extrem geringen Kationenaustauschkapazität und der schwachen Belegung des Kationenaustauschers mit Nährstoffkationen ist diese Braunerde nährstoffarm. Bis zur Referenztiefe von 60 cm werden die Ca-, Mg- und K-Vorräte alle als sehr gering beurteilt ([Abb.S10.21–S10.23](#)). Diese Bewertung ändert sich auch dann nicht, wenn der gesamte Boden bis zur Aufschlusstiefe von 120 cm und die uneingeschränkte Durchwurzelbarkeit in die Betrachtung miteinbezogen werden. Die Nutzbarkeit dieser Nährstoffvorräte ist während der ganzen Vegetationsperiode gewährleistet, denn das Risiko für Trockenstress wird an diesem Waldstandort als klein eingestuft.

### Kalzium-Vorrat

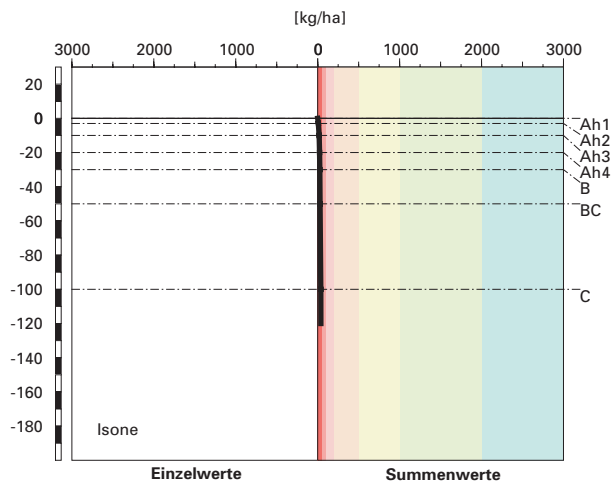


#### Klassierung Vorrat

>8000	sehr hoch
4000-8000	hoch
2000-4000	mässig hoch
800-2000	mittel
400-800	mässig
200-400	gering
<200	sehr gering

Abb. S10.21 Vorrat an Kalzium

### Magnesium-Vorrat



#### Klassierung Vorrat

>2000	sehr hoch
1000-2000	hoch
500-1000	mässig hoch
200-500	mittel
100-200	mässig
50-100	gering
<50	sehr gering

Abb. S10.22 Vorrat an Magnesium



## Kalium-Vorrat

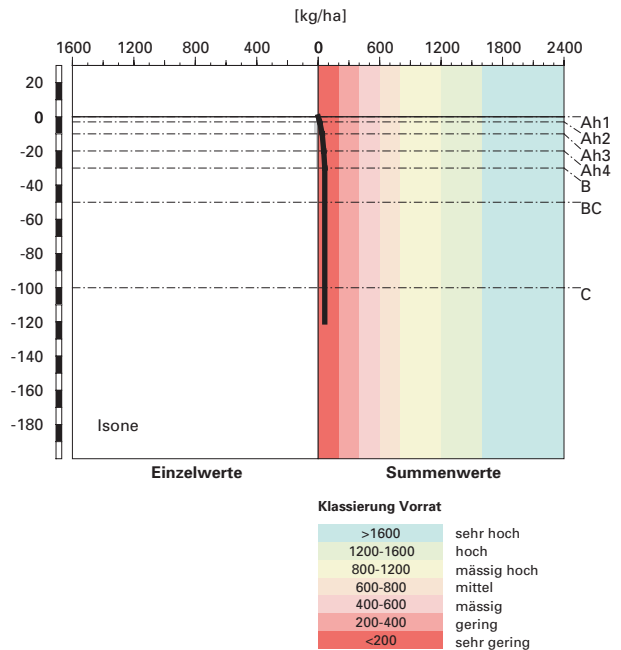


Abb. S10.23 Vorrat an Kalium

## S10.7 Themenbereich «Waldbaulich relevante Bodenkennwerte und Baumartenwahl»

### S10.7.1 Steckbrief für die Waldbehandlung

Der Steckbrief (Tab. S10.5) orientiert über waldbaulich relevante Standortfaktoren und Bodenkennwerte.

### S10.7.2 Baumartenwahl

#### Naturnähe von Bestand und Oberboden

Im Bestand sind viele Buchen und einige Birken vertreten. Im Naturwald käme vor allem die Buche vor, Birken und andere Laubhölzer wären selten. Die anthropogene Prägung dieses Niederwaldes lässt sich an zahlreichen Köhlerplätzen erkennen. Nach Frey et al. (2000) ist an diesem Standort (EK Nr. 4) sowohl Mull als auch Moder mit einer geringmächtigen organischen Auflage häufig. Die aktuelle Humusform Mull ist demnach standorttypisch.

**Tab.S10.5      Steckbrief für die Waldbehandlung (Isona)****Standortangaben**

Relief	Höhe	1240 m
	Exposition	NE
	Neigung	58%
Klima	Jahresniederschlag	1915 mm
	Jahrestemperatur	6.2°C
Ausgangsgestein	karbonatfreie Moräne und kristalliner Gehängeschutt	
Baumbestand	Struktur	einschichtiger ehemaliger Niederwald
	Schlussgrad	95%
	Baumarten (Deckung)	85% Rotbuche
	Oberhöhe	10–15 m
Waldgesellschaft	nach E&K 1972	Nr. 4: Farnreicher Schneesimsen-Buchenwald
	nach BUWAL 2005	Nr. 4: Farnreicher Schneesimsen-Buchenwald

**Bodenkennwerte**

Bodensystematik	Bodentyp	Braunerde
	Humusform	Mull
Wasser- und Lufthaushalt	Durchlüftung	Im Boden sind keine Vernässungsmerkmale vorhanden, was zeigt, dass der Boden stets gut durchlüftet ist.
	Durchwurzelbarkeit	Der Boden lässt sich von allen Baumarten mindestens profilumfassend durchwurzeln. Der mehr als 120 cm mächtige Wurzelraum wird als sehr tiefgründig klassiert. Wurzeln sind bis zur Profilsohle vorhanden.
	pflanzenverfügbares Wasser	Das Risiko für Trockenstress ist unter den gegebenen klimatischen Verhältnissen klein.
	pH-Wert/Kalkgrenze	Der Boden ist bis 10 cm Tiefe sehr stark, zwischen 10 und 30 cm stark und weiter unten im Profil mässig sauer. Das Ausgangsgestein ist karbonatfrei.
Säurezustand	Aluminium-Toxizität	Ab 3 cm Tiefe besteht ein Risiko für Al-Toxizität.
	Verfügbarkeit im Oberboden	Im Gegensatz zur Humusform Mull weist das mittlere C/N-Verhältnis auf eine gehemmte biologische Aktivität hin. Diese Einschätzung wird durch das ebenfalls bloss mittlere C/P-Verhältnis unterstützt. Die Mineralisierungsrate wird daher insgesamt als mittel klassiert.
Nährstoffe	Nährstoffvorräte (Ca, Mg, K)	Die Vorräte der drei Nährstoffkationen sind sehr gering.
	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, da er bis 50 cm Tiefe relativ skelettarm ist. Mit rund 60% Hangneigung kann der Bestand allerdings nicht befahren werden.	

### **Baumartenwahl gemäss standortkundlichen Grundlagenwerken**

Gemäss BUWAL (2005) sind an diesem Buchenstandort (Nr.4) folgende Baumarten für die Waldverjüngung vorgesehen: Buche, Traubeneiche, Flaumeiche, Kastanie, Mehlbeere, Aspe, Bergahorn, Tanne, Lärche und Birke. An diesem Standort können also gemäss BUWAL viele Baumarten verjüngt werden.

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

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

Da dieser Boden von allen Baumarten 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 kann das Kriterium der biologischen Entwässerung des Bodens bei der Baumartenwahl vernachlässigt werden.

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

Das Risiko für Trockenstress ist klein. Im Boden dürfte für alle Baumarten ein stets ausreichender Wasservorrat verfügbar sein. Dieses Kriterium schränkt die Baumartenauswahl nicht ein.

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

Obwohl die Feinerde nur in den obersten 30 cm stark bis sehr stark sauer reagiert, besteht nahezu im gesamten Profil ein Risiko für Al-Toxizität. Eine Verbesserung des Säurezustandes ist in diesem Boden erwünscht. Da die aktuelle Baumartenmischung ziemlich naturnah und 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. Eine Erhöhung der Mineralisierungsrate ist potentiell möglich, kann aber, wie bereits beim Säurezustand dargelegt, nicht mit der Baumartenwahl erreicht werden. Eine Förderung der biologischen Aktivität drängt sich angesichts der Humusform Mull ohnehin nicht auf. Viele Baumarten haben bezüglich Nährstoffversorgung des Bodens eine weite ökologische Amplitude. Das Nährstoffangebot dürfte daher an diesem Standort für die meisten Baumarten ausreichend sein. Eine Ausnahme bilden die nährstoffbedürftigen Edellaubhölzer. Nach unserem Wissensstand sind die Vorräte von Kalzium, Magnesium und Kalium so gering, dass kein konkurrenzfähiges Wachstum der Edellaubhölzer möglich ist.

Für den vorliegenden Waldstandort werden die in **Tab. S10.6** ersichtlichen Baumarten empfohlen. Aus bodenkundlicher Optik ist die Baumartenempfehlung des BUWAL (2005) aufgrund des Säurezustandes und des Nährstoffangebotes zu hinterfragen.

Aus bodenkundlicher Sicht ist eine vielfältige Baumartenmischung mit möglichst vielen Laubhölzern anzustreben. Dadurch bleibt die Mineralisierungsrate der Nährstoffe im Oberboden stabil und die Humusform ein Mull, und auch die Produktion von organischen Säuren bei den Abbauprozessen verbleibt unverändert.

Aufgrund der Nährstoffarmut des Bodens gehen wir davon aus, dass der Bergahorn an diesem Waldstandort Mühe hat, sich gegenüber der Buche zu behaupten. Die Lärche sollte aufgrund ihrer schlecht abbaubaren Streu nur vereinzelt eingebracht werden.

Aus standortkundlicher Sicht sei abschliessend erwähnt, dass das BUWAL (2005) für diesen Buchenstandort Baumarten mit recht unterschiedlicher ökologischer Verbreitung empfiehlt. Wer diese Baumarten in einem Mischwald aufwachsen lassen will, muss mit einem beträchtlichen Pflegeaufwand rechnen. Wir glauben nicht, dass Eichen und Kastanien an diesem sehr kühlen Standort gegenüber der Buche konkurrenzfähig sind.

<b>Tab. S10.6</b>	<b>Baumartenempfehlung für den Hauptbestand</b>
<b>Referenz</b>	<b>Baumarten</b>
Grundlagenwerke (Einheit 4; BUWAL 2005)	Buche, Traubeneiche, Flaumeiche, Kastanie, Mehlbeere, Aspe, Bergahorn, Tanne, Lärche, Birke
Bodenkundliche Kriterien	Buche, Mehlbeere, Aspe, Tanne, Birke, (Bergahorn, Lärche, Traubeneiche, Flaumeiche, Kastanie)

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.

---

Frey, H. U./Bichsel, M./Preiswerk, Th., 2000: Waldgesellschaften und Waldstandorte Graubündens, 8. Teil Südtäler. Hrsg.: Amt für Wald Graubünden, Chur. Ringordner.

---

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

---