

## S7 Bodenprofil Cademario 1

---

### S7.1 Themenbereich «Bodenbildungsfaktoren und Profilmorphologie»

---

#### S7.1.1 Zusammenfassende Angaben zum Profil und zu den Bodenbildungsfaktoren

---

Das Bodenprofil ist in [Abb.S7.1](#) dargestellt. Einen Eindruck vom Bestand vermittelt [Abb.S7.2](#). [Tab.S7.1](#) fasst wichtige Angaben zum Boden und Profilort Cademario 1 zusammen und [Tab.S7.2](#) orientiert über die Bodenbildungsfaktoren.

#### S7.1.2 Verbreitung gemäss Bodeneignungskarte der Schweiz

---

Das Profil gehört zur Kartierungseinheit W6 (alpine kristalline Berglandschaften (Paragneis), tiefer gelegene Nordhänge unter 1500 m.ü. M., Hangneigung <35%). 42 Stichproben des Landesforstinventars gehören dieser Kartierungseinheit an. Das Profil repräsentiert damit 0.4% der mit dem LFI insgesamt erfassten 11'863 Stichproben.

#### S7.1.3 Besonderheiten am Profilort

---

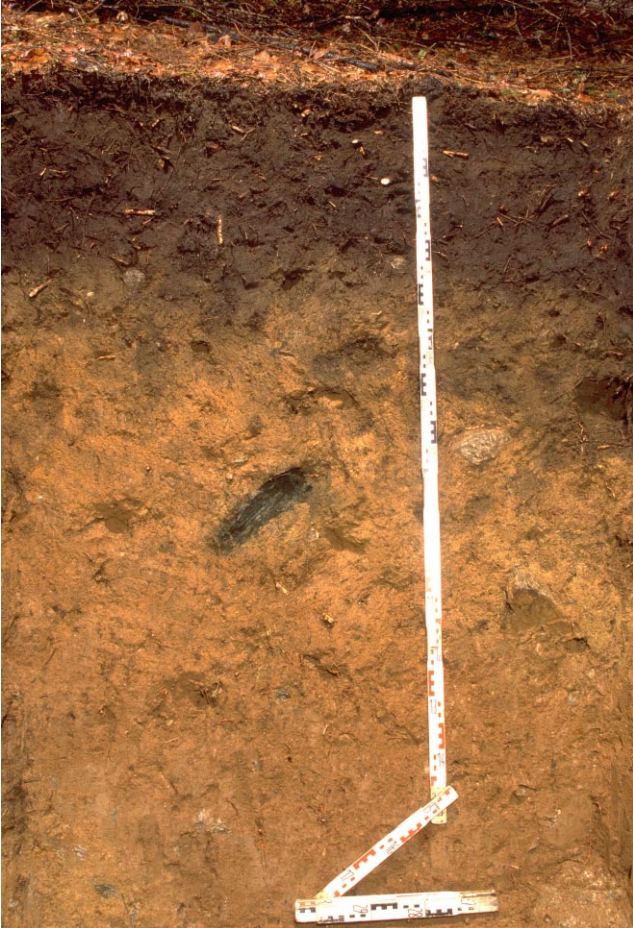
Am Profilort sind keine Besonderheiten zu erwähnen.

#### S7.1.4 Profilmorphologie und Klassierung

---

Die im Profil angesprochenen morphologischen Bodenmerkmale sind in [Tab.S7.3](#) zusammen mit einer Profilskizze dargestellt.

Der geringmächtige Fermentationshorizont unter der Streuauflage zeigt, dass der Abbau der Vegetationsrückstände leicht gehemmt ist. Die überwiegend von der Baumschicht (Buche, Lärche, Fichte) und nur örtlich von krautigen Pflanzen stammende Streu wird innerhalb eines Jahres nicht vollständig abgebaut. Mit der Horizontfolge L-F-AE wird die Humusform als Moder klassiert.



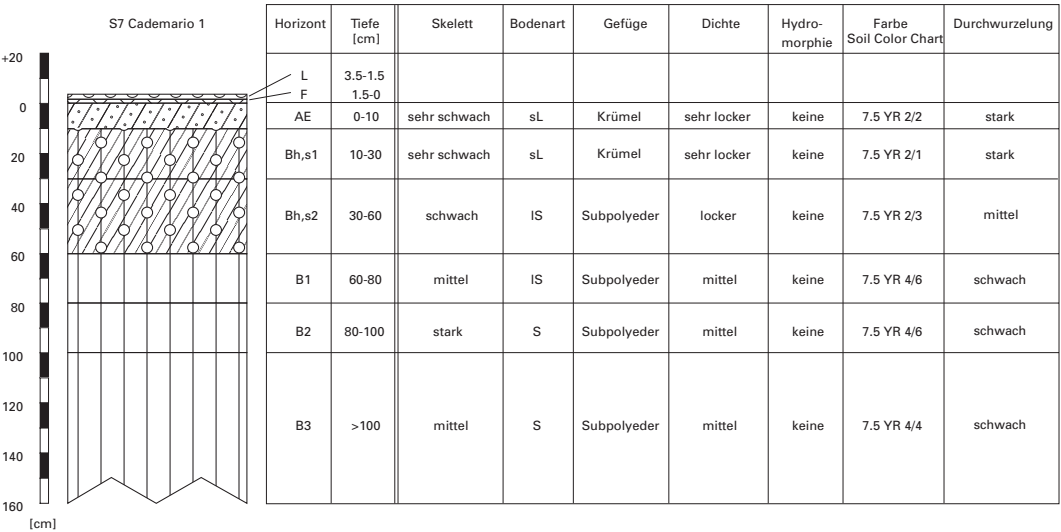
**Abb. S7.1** (links) Bodenprofil Cademario 1

**Abb. S7.2** (rechts) Bestand am Profilort Cademario 1

<b>Tab. S7.1 Zusammenfassende Angaben zum Profil Cademario 1</b>	
Lokalname	Cademario 1 (Kanton Tessin, Gemeinde Cademario)
Lage	Landeskarte 1:25 000 Blatt 1333, Tesserete Koordinaten 711775/098100
Waldgesellschaft (Ellenberg und Klötzli 1972)	Nr. 4: Farnreicher Schneesimsen-Buchenwald ( <i>Luzulo niveae-Fagetum dryopteridetosum</i> )
Horizontfolge	L-F-AE-Bh,s1-Bh,s2-B1-B2-B3
Humusform	Moder
Bodentyp	Kryptopodsol
Bodentyp nach FAO (1988)	Podzol

Tab. S7.2		Bodenbildungsfaktoren am Profilort Cademario 1	
Relief	Höhe ü. M.	770 m	
	Exposition	NW	
	Neigung	30 %	
	Geländeform	Mittelhang	
Ausgangsgestein	Tektonik/Geologie	Südalpen; Metagranitoide (Biotitplagioklasgneis, oft Muskovit- und Kalifeldspat-führend)	
	Lithofazies (nach Tuchschnid 1995)	Nr.6: Paragneise physikalische Verwitterbarkeit Gestein: mittel chemische Verwitterbarkeit Gestein: klein Tongehalt Gestein: sehr niedrig	
Klima	T/N Jahresmittel	8.3°C/1979 mm	
	T/N Januarmittel	−0.7°C/83 mm	
	T/N Julimittel	18.4°C/133 mm	
	Tage mit Schneedecke	78	
	Wärmegliederung	mild	
	Länge der Vegetationsperiode	205–210 Tage	
Pflanzen	Schicht	Deckung	häufigste Arten
	Baumschicht (30 m Höhe)	80 %	30 % Rotbuche ( <i>Fagus sylvatica</i> ) 30 % Lärche ( <i>Larix decidua</i> ) 20 % Fichte ( <i>Picea abies</i> )
	Strauchschicht	50 %	–
	Krautschicht	15 %	Rohr-Reitgras ( <i>Calamagrostis arundinacea</i> ) Drahtschmiele ( <i>Avenella flexuosa</i> ) Schneeweisse Hainsimse ( <i>Luzula nivea</i> )
	Moosschicht	2 %	–

Tab. S7.3      **Profilskizze und Morphologie des Bodenprofils Cademario 1**  
 Bodenart: S Sand, IS lehmiger Sand, sL sandiger Lehm



Im Mineralboden können aufgrund der morphologischen Merkmale sechs Horizonte unterschieden werden. Der Bereich von 0–10 cm ist braunschwarz gefärbt. Örtlich sind hellere Flecken als Hinweis auf einen Podsolierungsprozess zu erkennen. Der Anreicherungsbereich von 10 bis 60 cm Tiefe tritt deutlich dunkel braun bis schwarz gefärbt in Erscheinung. Die eingewaschenen Humusstoffe sind farblich bestimmend. Ab 60 cm Tiefe wechseln die bräunlichen Farben bis zur Profilssole nach braun. Der Skelettgehalt ist bis in 60 cm Tiefe schwach bis sehr schwach. In den B-Horizonten ist er grösser und wird als mittel bis stark bewertet. Die Bodenart der Feinerde entspricht bis 30 cm Tiefe einem sandigen Lehm und zwischen 30 und 80 cm Tiefe einem lehmigen Sand. Ab 80 cm Tiefe dominiert die Sandfraktion und als Bodenart liegt ein Sand vor. Die obersten 30 cm des Bodens weisen eine Krümelstruktur auf und sind sehr locker gelagert. Die tiefer gelegenen Horizonte haben eine Subpolyederstruktur. Die Dichte nimmt mit der Profiltiefe zu und wird in den obersten 30 cm als sehr locker, von 30 bis 60 cm Tiefe als locker und tiefer im Profil als mittel klassiert. Im ganzen Profil sind keine hydromorphen Merkmale zu erkennen.

Die Horizontfolge wird mit L-F-AE-Bh,s1-Bh,s2-B1-B2-B3 charakterisiert und der Boden als Kryptopodsol klassiert. Da die Anreicherungs horizonte farblich nicht sehr deutlich in Erscheinung treten, wird der Podsolierungsprozess als nicht weit fortgeschritten beurteilt.

### **Ergänzende Bodenmerkmale**

Gemäss pH-Hellige ist die Feinerde des Bodens bis 60 cm Tiefe sehr sauer, darunter sauer. Die Durchwurzelbarkeit des Bodens ist profilumfassend nicht eingeschränkt. Bis 30 cm Tiefe ist der Boden stark, weiter unten im Profil nur noch mittel und ab 60 cm Tiefe schwach durchwurzelt.

## **S7.2 Themenbereich «Physikalische Bodenkennwerte»**

---

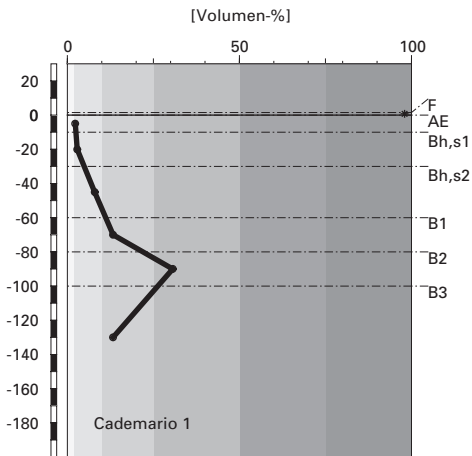
### **S7.2.1 Beschrieb einiger physikalischer Bodenkennwerte**

---

#### **Skelettgehalt**

Der Boden ist fast durchwegs schwach bis mittel skeletthaltig, einzig der B2-Horizont ist etwas skelettreicher (Abb. S7.3). Der Skelettgehalt nimmt mit der Profiltiefe tendenziell zu.

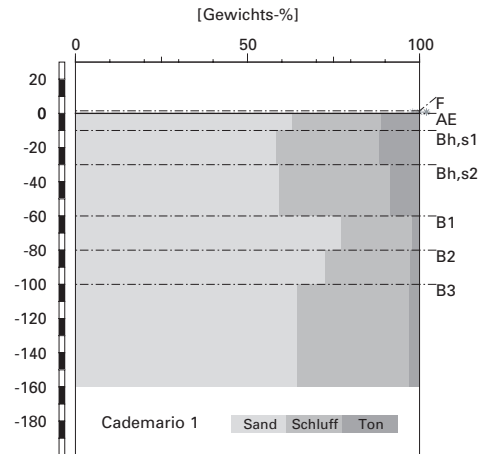
## Skelettgehalt



### Klassierung Skelettgehalt

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

## Bodenart



**Abb. S7.3 (links)** Skelettgehalt

**Abb. S7.4 (rechts)** Bodenart

## Bodenart

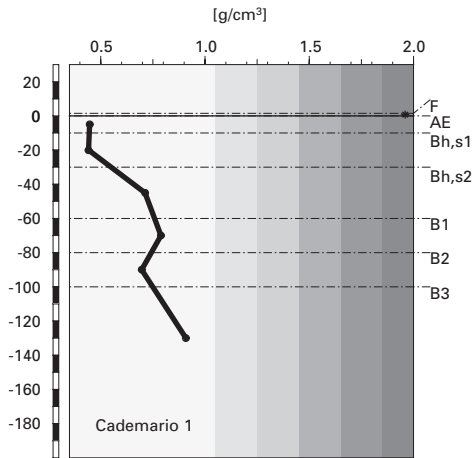
Sand ist die dominierende Korngrößenfraktion in diesem Boden, wobei der B1- und B2-Horizont besonders sandreich sind (Abb. S7.4). Die meisten Horizonte zeichnen sich ebenfalls durch einen ansehnlichen Schluffanteil aus. Der Tongehalt nimmt mit der Tiefe in Übereinstimmung mit dem zur Profilsohle hin zunehmend roheren Zustand der Mineralerde ab. Gemessen am Tongehalt ist der Boden in den obersten Horizonten leicht bis mittelschwer, ab 60 cm Tiefe hingegen sehr leicht.

Die im Bodenprofil mit der Fingerprobe ermittelte Bodenart stimmt gut mit den Werten der Laboranalyse überein (Tab. S7.3).

## Dichte der Feinerde

Die Feinerde-Dichte nimmt mit der Tiefe recht deutlich zu, abgesehen von einem relativ kleinen Wert im B2-Horizont (Abb. S7.5). Sie beträgt im AE-Horizont rund 0.45 und im B3-Horizont 0.9 g/cm<sup>3</sup>. Die Dichte ist damit im

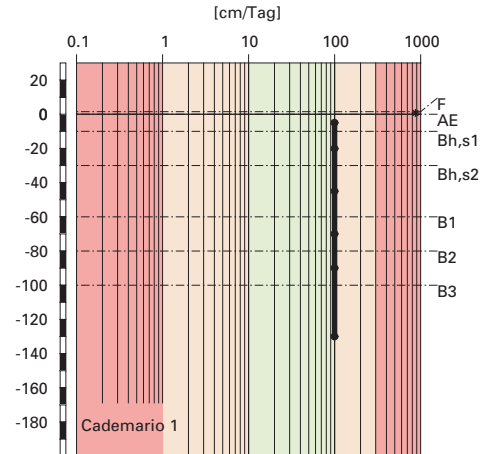
## Feinerde-Dichte



### 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. S7.5 (links)** Dichte der Feinerde

**Abb. S7.6 (rechts)** Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

ganzen Profil äusserst gering. Die an der Profilwand mittels Eindringwiderstand eines Messers geschätzte Dichte wird unterhalb 60 cm Tiefe durch die Laborwerte in Frage gestellt (Tab. S7.3).

## Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

Der Boden ist aufgrund seiner äusserst geringen Dichte profilumfassend hoch durchlässig (Abb. S7.6).

## Pflanzenverfügbares Wasser

Die Wasserspeicherkapazität des Bodens bis 120 cm Tiefe wird mit  $267 \text{ l/m}^2$  als äusserst hoch klassiert (Abb. S7.7). Vor allem der relativ geringe Skelettgehalt ist für das grosse Speichervermögen ausschlaggebend.

## pflanzenverfügbares Wasser

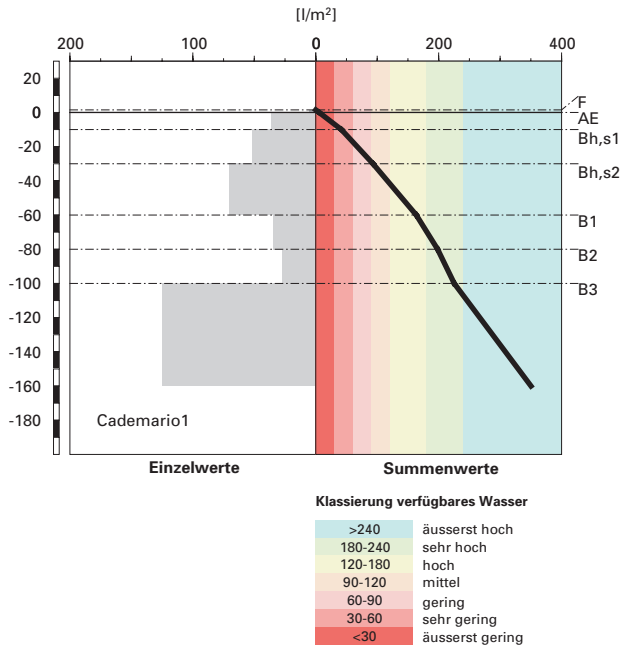


Abb. S7.7 Pflanzenverfügbares Wasser

### S7.2.2

#### Bodenkundliche und ökologische Interpretationen

##### Wasser- und Lufthaushalt des Bodens

Im gesamten Profil sind keine Vernässungsmerkmale erkennbar, was angesichts der hohen Durchlässigkeitswerte nicht erstaunt (Abb. S7.6). Vernässste Phasen mit Wassersättigung sind in diesem Boden höchstens von sehr kurzer Dauer.

##### Durchwurzelbarkeit des Bodens

Der Boden kann von allen Baumarten mindestens profilumfassend durchwurzelt werden, da die Dichtewerte die kritische Grenze von  $1.4 \text{ g/cm}^3$  nicht erreichen und die Durchlüftung in allen Horizonten stets ausreichend ist. Die Gründigkeit des Bodens ist nicht eingeschränkt und wird mit  $>120 \text{ cm}$  als sehr tiefgründig klassiert. Der Wurzelraum wird vom aktuellen Bestand, der mehrheitlich aus Buchen, Lärchen und Fichten besteht, gut genutzt.



Wurzeln sind, wenn auch nur spärlich, bis zur Profilsohle (160 cm) vorhanden und dringen bestimmt noch tiefer in den Unterboden ein.

### **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 Boden tiefer als 120 cm durchwurzelt werden kann, dürfte Trockenstress noch später einsetzen. Das Risiko für Trockenstress wird an diesem Buchenstandort (EK4) unter den gegebenen klimatischen Verhältnissen als klein beurteilt.

### **Bodenbefahrbarkeit**

Der Boden reagiert in nassem Zustand empfindlich auf Befahren mit schweren Maschinen, weil er bis 80 cm Tiefe relativ wenig Skelett enthält.

## **S7.3 Themenbereich «Bodenhauptbestandteile»**

---

### **S7.3.1 Charakterisierung der Bodenhauptbestandteile**

---

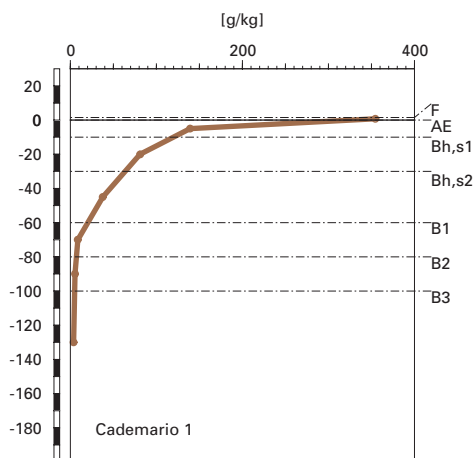
#### **Organische Substanz**

Das Bodenprofil bei Cademario befindet sich in einem Mischbestand aus Buche, Lärche und Fichte. Der Baumbestand hat einen Kronenschluss von 80%, womit nur wenig Licht auf den Boden fällt und eine spärliche Krautvegetation, die vor allem aus Gräsern besteht, gedeihen lässt. Dementsprechend stammt praktisch alle Streu von den Bäumen und gilt als schlecht abbaubar. Es haben sich eine 2 cm dicke Streuschicht und ein 1.5 cm mächtiger F-Horizont gebildet.

Der F-Horizont enthält entsprechend seiner vorwiegend organischen Zusammensetzung rund 35% organischen Kohlenstoff (Abb. S7.8). Der AE-Horizont ist etwas weniger dunkel gefärbt als der darunter folgende Bh,s1-Horizont, jedoch dunkler als der Bh,s2-Horizont. Dennoch nimmt der Gehalt an organischem Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) vom Maximum im AE-Horizont bis zum Minimum im B3-Horizont stetig ab (Abb. S7.8). Der  $C_{org}$ -Gehalt ist bis in eine Tiefe von 60 cm grösser als 3.8%. Daraus resultiert ein Vorrat an organischem Kohlenstoff von 250 t/ha (Abb. S7.9), wobei für die Vorratsberechnung im F-Horizont eine Dichte von 0.2 g/cm<sup>3</sup> angenommen wurde.

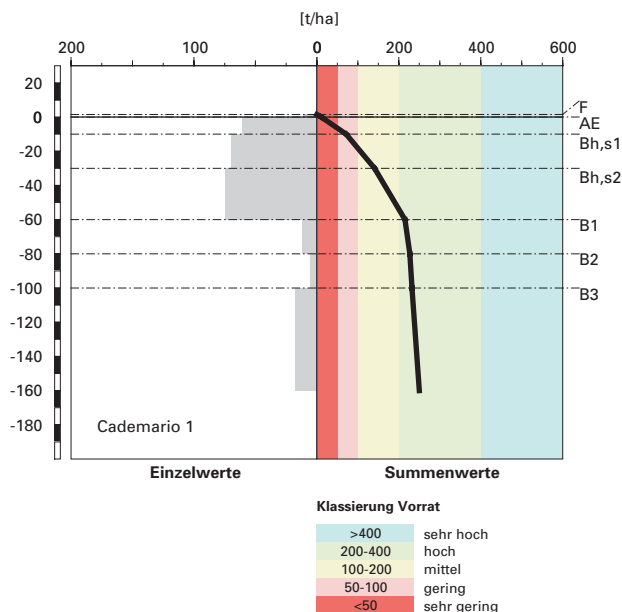


### organischer Kohlenstoff



### Kohlenstoff-Vorrat

(C<sub>org</sub>)



**Abb. S7.8 (links)** Gehalt an organischem Kohlenstoff

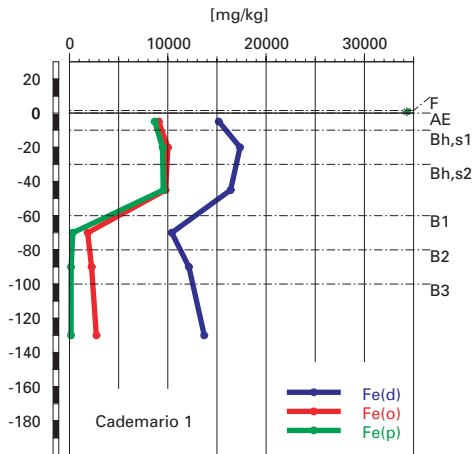
**Abb. S7.9 (rechts)** Vorrat an organischem Kohlenstoff

### Tonverteilung sowie Verteilung von Aluminium- und Eisenoxiden

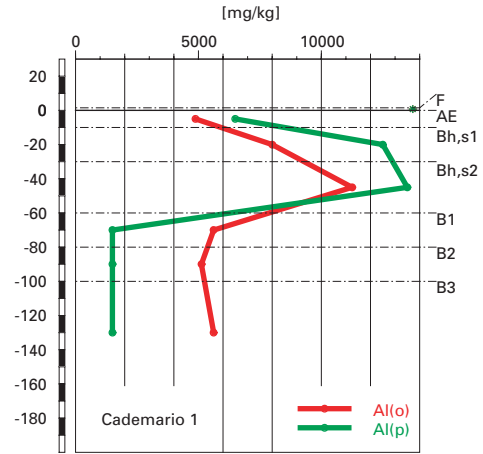
Der Tongehalt bewegt sich in den obersten drei Horizonten zwischen 8.6% und 11.7% (Abb. S7.4). Vom Bh,s2-Horizont erfolgt eine sprunghafte Abnahme von 8.6% auf 2.1% im B1-Horizont. Auch die tiefer gelegenen Horizonte enthalten sehr wenig Ton.

Die extrahierbaren Eisengehalte zeigen alle eine ähnliche Tiefenverteilung im Bodenprofil (Abb. S7.10). Es ist eine leichte Zunahme der Gehalte vom AE- in den Bh,s1-Horizont zu beobachten, wo das Dithionit- ( $\text{Fe}_d$ ) und das Oxalat-extrahierbare Eisen ( $\text{Fe}_o$ ) ihr Maximum haben. Das Pyrophosphat-extrahierbare Eisen ( $\text{Fe}_p$ ) nimmt vom Bh,s1- in den Bh,s2-Horizont nochmals leicht zu. Dann erfolgt bei allen drei Eisenfraktionen eine starke Abnahme in den B1-Horizont, wo  $\text{Fe}_d$  und  $\text{Fe}_o$  ihr Minimum aufweisen. Vom B1-Horizont nehmen die  $\text{Fe}_d$ - und  $\text{Fe}_o$ -Gehalte bis in den B3-Horizont nochmals leicht zu, der  $\text{Fe}_p$ -Gehalt nimmt dagegen weiter leicht ab. Bezieht man die Eisengehalte auf die humusfreie Mineralerde, haben alle extrahierbaren Eisenverbindungen das Maximum im AE-Horizont.

### Eisen-Oxide (Gehalte)



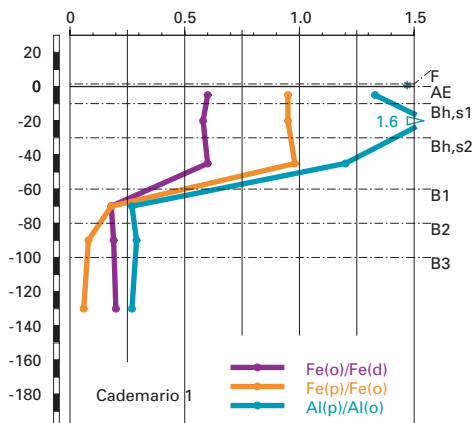
### Aluminium-Oxide (Gehalte)



**Abb.S7.10** (links) Gehalte an Dithionit- ( $\text{Fe}_d$ ), Oxalat- ( $\text{Fe}_o$ ) und Pyrophosphat- ( $\text{Fe}_p$ ) extrahierbarem Eisen

**Abb.S7.11** (rechts) Gehalte an Oxalat- ( $\text{Al}_o$ ) und Pyrophosphat- ( $\text{Al}_p$ ) extrahierbarem Aluminium

### Eisen- und Aluminiumoxide (Verhältnisse)



**Abb.S7.12** Verhältnisse der Fe- und Al-Oxide

Dies ist bei den extrahierbaren Al-Verbindungen nicht der Fall. Sowohl das Oxalat- ( $\text{Al}_o$ ) als auch das Pyrophosphat-extrahierbare Aluminium ( $\text{Al}_p$ ) haben ihren maximalen Gehalt bezogen auf humushaltige als auch humusfreie Mineralerde im Bh,s2-Horizont (Abb. S7.11). Der  $\text{Al}_o$ -Gehalt ist nur in den Bh,s-Horizonten erhöht, in den anderen Horizonten beträgt er zwischen 5 und 5.5 g/kg. Es ist bemerkenswert, dass der  $\text{Al}_p$ -Gehalt in den obersten 60 cm grösser ist als der  $\text{Al}_o$ -Gehalt (Abb. S7.11). In den tiefer gelegenen Horizonten ist er jedoch mit 1.5 g/kg deutlich kleiner.

Alle drei Verhältnisse von extrahierbaren Al- und Fe-Verbindungen sind in den obersten 60 cm, welche humusreich sind, am grössten (Abb. S7.12). Das  $\text{Fe}_o/\text{Fe}_d$ -Verhältnis hat in diesen Horizonten Werte um 0.6, das  $\text{Fe}_p/\text{Fe}_o$ -Verhältnis liegt nahe bei 1 und das  $\text{Al}_p/\text{Al}_o$ -Verhältnis ist mit Werten bis 1.6 am grössten. In den B-Horizonten sind alle drei Verhältnisse deutlich kleiner und variieren nur noch in einem Bereich zwischen 0.1 und 0.3.

### S7.3.2

#### Bodenkundliche Interpretation

Das milde Klima am Profilort Cademario mit durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen von 1979 mm und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8.3 °C bietet gute Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse für den Abbau der organischen Substanz. Obwohl der Standort auf 770 m.ü.M. liegt, verhindert die NW-Exposition längere Trockenphasen im Sommer. Trotzdem wird die Streu nicht innerhalb eines Jahres abgebaut. Es haben sich eine 2 cm dicke Streuschicht und ein 1.5 cm mächtiger F-Horizont gebildet. Dies ist vor allem auf die schwer abbaubare Streu von Buche, Lärche und Fichte sowie auf die sehr saure Feinerde im obersten Mineralerde-Horizont zurückzuführen. Das C/N- bzw. C/P-Verhältnis im F-Horizont wird mit rund 20 bzw. 383 als mittel klassiert (Tab. A282 in Blaser et al. 2005). Dies lässt zusammen mit der Krümelstruktur, die Ausdruck einer regen biologischen Aktivität ist, auf eine mittlere Mineralisierungsrate der organischen Substanz in diesem Horizont schliessen. Das C/N-Verhältnis nimmt im AE-Horizont auf rund 17 ab und steigt im Mineralboden mit der Profiltiefe wieder an (Tab. A282 in Blaser et al. 2005). Der Boden ist im ganzen Profil, insbesondere aber bis 60 cm Tiefe, reich an organischer Substanz. Die Mineralisierung der organischen Substanz ist im Mineralboden offensichtlich gehemmt. Dies ist vermutlich auf die starke Bindung an Aluminium- und Eisenverbindungen zurückzuführen, welche eine abbauhemmende Wirkung haben. Auf diese Weise konnte sich ein Vorrat an organischem Kohlenstoff von 250 t/ha aufbauen (Abb. S7.9), was im gesamtschweizerischen Vergleich ein hoher Vorrat ist.

Der Tongehalt ist in den humusreichen Horizonten deutlich grösser als in den Horizonten mit wenig Humus (Abb.S7.4 und Abb.S7.8). Er ist vor allem in den obersten drei Horizonten für einen Boden, der sich auf Gneis entwickelt hat, gross. Das Ausgangsgestein hat einen sehr niedrigen Tongehalt, verwittert eher grobkörnig und in der sehr sauren Feinerde findet auch keine Tonmineralneubildung statt. Deshalb liegt die Vermutung nahe, dass die relativ grossen Tongehalte in den obersten 60 cm als Folge der grossen Gehalte an organischer Substanz teilweise ein Artefakt der Messung sind und dass die Tongehalte von 2 bis 3% in den B-Horizonten realistischer sind.

Die Tiefenverteilungen der extrahierbaren Eisengehalte lassen auf eine schwache Eisenverlagerung vom AE- in die Bh,s-Horizonte schliessen. Aufgrund der sehr stark sauren Feinerde im AE-Horizont kann angenommen werden, dass Eisen sowohl mit der organischen Substanz, als auch in gelöster anorganischer Form zumindest bis in den Bh,s1-Horizont verlagert wird. Die Eisenverlagerung ist allerdings nicht sehr ausgeprägt. Der Verlagerungsindex für  $Fe_o$ , gebildet aus dem maximalen Gehalt im Bh,s1- und dem Gehalt im AE-Horizont, beträgt 1.1. In organisch gebundener Form wird Eisen bis in den Bh,s2-Horizont verlagert, da der  $Fe_p$ -Gehalt in diesem Horizont maximal ist (Abb.S7.10).

Bei Aluminium ist die Verlagerung zwar nicht tiefgründiger, jedoch viel ausgeprägter. Der Verlagerungsindex für  $Al_o$ , gebildet aus dem maximalen Gehalt im Bh,s2-Horizont und dem Gehalt im AE-Horizont, beträgt 2.3. Die im Vergleich zu  $Al_o$  grösseren  $Al_p$ -Gehalte in den obersten 60 cm des Bodens (Abb.S7.11) lassen sich mit dem dispergierenden Effekt des Pyrophosphat-Extraktes erklären. In Böden ist ein Teil der mineralischen Komponenten mit organischen Stoffen zu stabilen organo-mineralischen Verbindungen vereinigt. Daran ist neben den amorphen Al- und Fe-Oxiden auch die Feintonfraktion beteiligt. Ziel des Pyrophosphat-Extraktes ist es, bei hohen pH-Werten und in Anwesenheit von starken Komplexbildnern, durch Ligandaustausch die mit der organischen Substanz assoziierten Al- und Fe-Oxide zu extrahieren. Es ist möglich, dass dabei auch kolloidale Partikel aus organischer Substanz und Feinton erfasst werden, was den  $Al_p$ -Gehalt auf unrealistisch grosse Werte erhöht. Bezeichnenderweise ist der  $Al_p$ -Gehalt nur in jenen Horizonten grösser als der  $Al_o$ -Gehalt, in welchen viel Humus und Ton vorhanden sind. Durch die dispergierende Wirkung des Pyrophosphat-Extraktes finden auch die in den obersten 60 cm sehr weiten  $Al_p/Al_o$ -Verhältnisse von 1.2 bis 1.6 (Abb.S7.12) eine Erklärung.

Das  $Fe_p/Fe_o$ -Verhältnis zeigt in den obersten 60 cm eine ebenfalls sehr ausgeprägte Bindung des amorphen Eisens an die organische Substanz. 95 bis 98% der amorphen Eisenfraktion sind demnach mit der organischen

Substanz assoziiert (Abb. S7.12). Diese starke Verbindung von organischer Substanz und amorphen Fe-Oxiden verzögert oder verhindert ihre Rekristallisation, da die adsorbierten Humusstoffe die Kristallisation blockieren. Dies äussert sich in einem relativ grossen  $\text{Fe}_o/\text{Fe}_d$ -Verhältnis in den drei obersten, stark humushaltigen Horizonten (Abb. S7.12). Ein Verhältnis von 0.6 besagt, dass rund 60% der gesamthaft extrahierbaren Eisenoxide in amorpher Form vorliegt.

Die Beurteilung der morphologischen Merkmale führte zur Klassierung des Bodens als Kryptopodsol, was durch die Interpretation der Al- und Fe-Oxide bestätigt werden kann. Insbesondere die relativ kleinen Verlagerungsindices sind charakteristisch für Kryptopodsole (Blaser et al. 1997). Die Verlagerung von Eisen ist allerdings sehr gering, weshalb es sich eher um einen initialen als um einen reifen Kryptopodsol handelt.

## S7.4 Themenbereich «Säurezustand»

---

### S7.4.1 Charakterisierung des Säurezustandes

---

#### pH-Wert

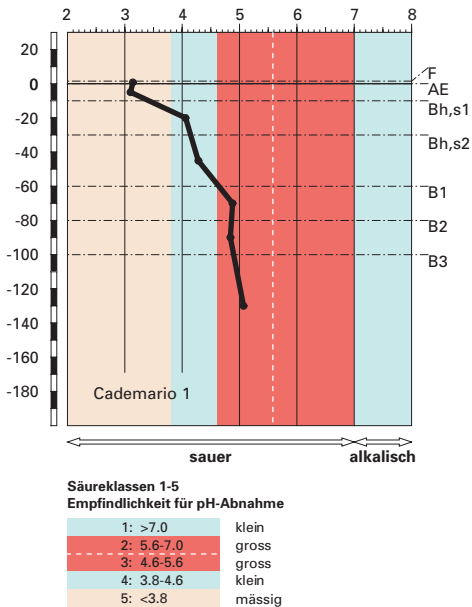
Der pH-Wert nimmt im Profil von 3.1 im F-Horizont und im Oberboden auf 5.1 im B3-Horizont zu (Abb. S7.13), womit die Feinerde sehr stark sauer bis mässig sauer ist. In den obersten 30 cm ist die pH-Zunahme mit beinahe einer Einheit am grössten. Der AE-Horizont befindet sich in der Säureklasse 5. Zwischen 10 und 60 cm Tiefe befindet sich die Feinerde des Bodens in der Säureklasse 4. Ab 60 cm Tiefe nimmt der pH-Wert nur noch geringfügig zu und die Feinerde liegt bis zur Profilssole in der Säureklasse 3.

#### Austauschbare Kationen und Basensättigung

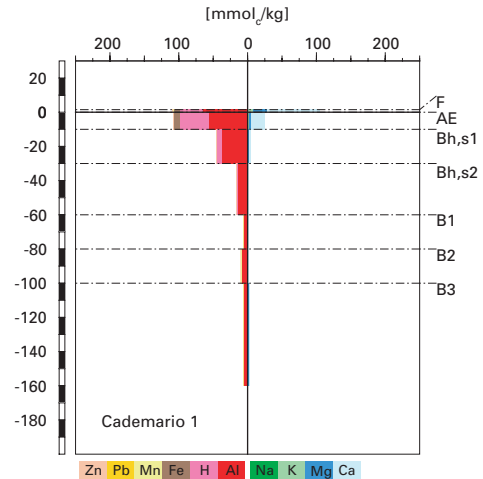
Der Kationenaustauscher ist im ganzen Profil zum grössten Teil mit sauren Kationen belegt (Abb. S7.14). Nennenswerte Anteile von Nährstoffkationen in austauschbarer Form wurden nur im F- und AE-Horizont gemessen. Speziell zu bemerken sind die grossen Anteile austauschbarer Protonen, die im AE-Horizont rund 30% der gesamten Kationenaustauschkapazität belegen. In diesem Horizont finden sich auch messbare Mengen von austauschbaren Eisenionen am Kationenaustauscher. Austauschbares Eisen mit einem Anteil von mehr als 1% an der Kationenaustauschkapazität ist bis in den Bh<sub>s2</sub>-Horizont zu finden.

Die Basensättigung beträgt im F-Horizont beinahe 50% und wird als mittel klassiert (Abb. S7.15). Im Mineralboden bis 100 cm Tiefe ist sie mit

## pH-Wert (CaCl<sub>2</sub>)



## austauschbare Kationen



**Abb.S7.13 (links)** pH-Wert und Säureklassen

**Abb.S7.14 (rechts)** Belegung des Kationenaustauschers

Werten zwischen 8 % und 20 % gering bis mässig. Im B3-Horizont nimmt sie auf 34 % zu und ist als mittel zu bewerten.

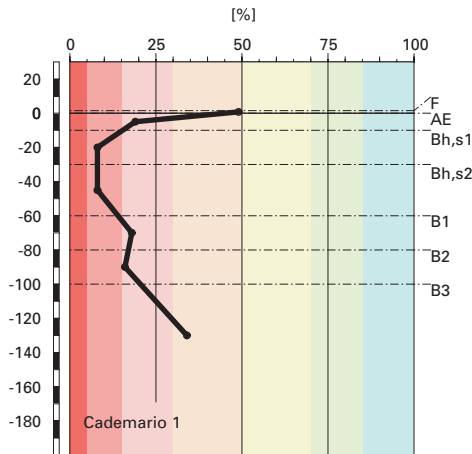
## S7.4.2 Interpretationen zum Säurezustand

### Stand der Bodenversauerung

Dieser Kryptopodsol ist stark versauert, denn die Feinerde ist im gesamten Boden zu rund 78% mit sauren Kationen belegt. Die Versauerung hat im ganzen Profil stattgefunden. Die Versauerungsfront liegt unterhalb der Aufschlusstiefe. Dennoch wurden als Folge des Nährstoffkreislaufes der Vegetation im sehr stark sauren AE-Horizont austauschbare Nährstoffkationen angereichert.

Im Oberboden befindet sich die Feinerde im Eisen-Pufferbereich, zwischen 10 und 60 cm Tiefe im Aluminium-Pufferbereich. Die Säurepufferung erfolgt in diesen Horizonten primär durch Auflösung von Aluminium-

## 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. S7.15 Basensättigung

verbindungen, wobei im Oberboden zusätzlich auch Eisenverbindungen aufgelöst werden. Trotzdem findet sich auch in den Bh,s-Horizonten, welche im Aluminiumpufferbereich liegen, austauschbares Eisen am Kationenaustauscher. Dies ist eine Folge der Eisenverlagerung in diesem Kryptopodsol. Eisen wird aus dem AE-Horizont gelöst und in die tiefer gelegenen Bh,s-Horizonte verlagert, wo es nicht nur ausfällt, sondern zumindest teilweise in austauschbarer Form wieder gebunden wird. In den Horizonten unterhalb des AE-Horizontes, die in der Säureklasse 3 liegen, erfolgt die Neutralisation von Säuren vorwiegend durch Protonierung variabler Ladungen sowie durch Kationenaustausch.

Die grössere Basensättigung im F- und AE-Horizont beruht auf der ständigen Rückführung von Nährstoffkationen auf die Bodenoberfläche durch den Streufall und eine damit verbundene erhöhte Ca- und Mg-Belegung des Austauschers. Die Zunahme der Basensättigung von den Bh,s- in die B-Horizonte ist kennzeichnend für den Sprung in die Säureklasse 3, in welcher bei der Verwitterung nur wenig Aluminium freigesetzt wird.



### Risiko für Boden und Pflanzen

Die Empfindlichkeit des Bodens für eine weiter gehende pH-Abnahme ist insgesamt mässig. Rund 59% der Feinerde des Profils befinden sich in der schlecht puffernden Säureklasse 3. Zusätzlich besteht eine erhöhte Empfindlichkeit im Oberboden, da sich der AE-Horizont in der mässig puffernden Säureklasse 5 befindet. Bei anhaltendem Versauerungsdruck wird der pH-Wert in erster Linie im AE-Horizont weiter abnehmen. In diesem Horizont ist die Protonenzufuhr sowohl durch Einträge wie auch durch die interne Säureproduktion (Nährstoffaufnahme, unvollständiger Streuabbau) am grössten. Säuren, die in den obersten 5 cm Tiefe nicht neutralisiert werden, gelangen in den gut puffernden Profilbereich der Säureklasse 4, in welchem die pH-Abnahme langsamer vonstatten geht. Durch die effiziente Säurepufferung in den Bh,s-Horizonten gelangt nur ein kleiner Teil der Säuren in die schlecht puffernden B-Horizonte.

Das Risiko für das Wachstum säureempfindlicher Pflanzen ist im aktuellen Zustand mittel. Mit Ausnahme des AE- und des B3-Horizontes liegen die BC/Al-Verhältnisse zwischen 0.07 und 0.18 und befinden sich im als kritisch erachteten Bereich  $<0.2$ . Das betrifft 56% der Feinerde des gesamten Profils. Solange die Vegetation mit dem Streufall alljährlich austauschbare Nährstoffkationen an die Bodenoberfläche bringt, ist nicht damit zu rechnen, dass das BC/Al-Verhältnis im AE-Horizont in den kritischen Bereich gelangen wird. In allen anderen Horizonten ist aber mit einer weiteren Verschlechterung zu rechnen.

## S7.5 Themenbereich «Schwermetalle»

---

### S7.5.1 Tiefenverteilung der Schwermetalle

---

Der Cr- und Ni-Gehalt nehmen vom obersten Horizont bis zum B1-Horizont zu, wobei die Zunahme besonders vom Bh,s2- zum B1-Horizont sehr stark ist ([Abb. S7.16](#)). Im B2-Horizont ist der Ni-Gehalt wieder etwas, der Cr-Gehalt sehr viel niedriger. Zum B3-Horizont hin nehmen die Gehalte dieser beiden Schwermetalle wieder stark zu. Der Zinkgehalt nimmt über das ganze Profil mit der Tiefe etwas zu. Wenig ausgeprägte Minima befinden sich im Bh,s2- und B2-Horizont. Blei verhält sich umgekehrt. Dieses Schwermetall nimmt vom AE- bis zum B1-Horizont ab, wobei die stärkste Abnahme innerhalb der obersten beiden Horizonte erfolgt. In den B-Horizonten liegt der Pb-Gehalt im Bereich oder unterhalb der Bestimmungsgrenze. Kupfer ist im ganzen Boden unterhalb oder im Bereich der Bestimmungsgrenze.

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

---

Bezogen auf das Ausgangsgestein aus Paragneis (Lithofazies 6) liegen der Cu- und Pb-Gehalt im B3-Horizont unterhalb, der Zn-Gehalt innerhalb, der Cr- und Ni-Gehalt oberhalb typischer Wertebereiche.

Anmerkung: Weil das Ausgangsgestein, aus dem sich der Boden entwickelt hat, nicht aufgeschlossen werden konnte, werden für den geochemischen Vergleich die Schwermetallgehalte im B3-Horizont beigezogen. Die Klassierung als B-Horizont und die Tiefenverteilung der Oxide (Abb. S7.10 und Abb. S7.11) deuten an, dass dieser Horizont nicht durch Verlagerungen geprägt ist und deshalb die auf ihm beruhenden Bewertungen für Cu, Zn und Pb in etwa richtig sein sollten. Andererseits deuten Tiefenverteilung und Anreicherungsfaktoren (Abb. S7.16, Tab. S7.4) auf eine sehr starke Verlagerung von Cr und Ni mindestens bis in den B3-Horizont. Deshalb dürfte die Bewertung für diese beiden Schwermetalle zu hoch sein.

### **Beurteilung der quellenunabhängigen Belastung nach VBBo**

---

Für den F- und AE-Horizont wurden wegen ihres hohen Humusgehaltes (Abb. S7.8) die volumenbezogenen Konzentrationen ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ; Tab. A280 in Blaser et al. 2005) beurteilt. Diese sind niedriger als die massenbezogenen Gehalte ( $\text{mg}/\text{kg}$ ; Abb. S7.17), da die Dichte kleiner ist als  $1\text{ g}/\text{cm}^3$ .

Bezogen auf die VBBo sind die Konzentrationen und Gehalte von Cu, Zn und Pb praktisch profilumfassend sehr niedrig bis niedrig. Die Ausnahme bildet eine erhöhte Pb-Konzentration in der organischen Auflage. Der Cr-Gehalt andererseits ist in den Bh-, sowie den B1- und B2-Horizonten erhöht und im B3-Horizont hoch. Der Ni-Gehalt ist im Bh,s1-Horizont erhöht, im Bh,s2-Horizont hoch, im B1- und B2-Horizont sehr hoch und im B3-Horizont ausserordentlich hoch. In den B-Horizonten wird damit der Richtwert der VBBo für Ni überschritten.

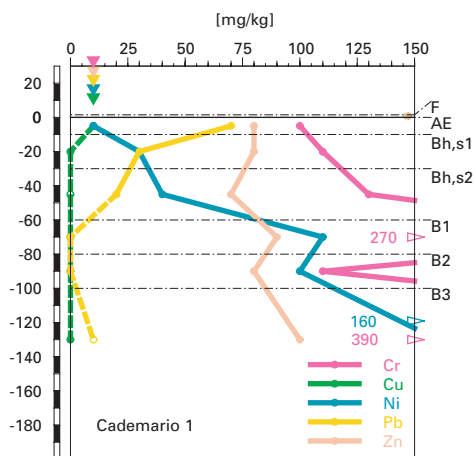
### **Anreicherungsfaktoren**

---

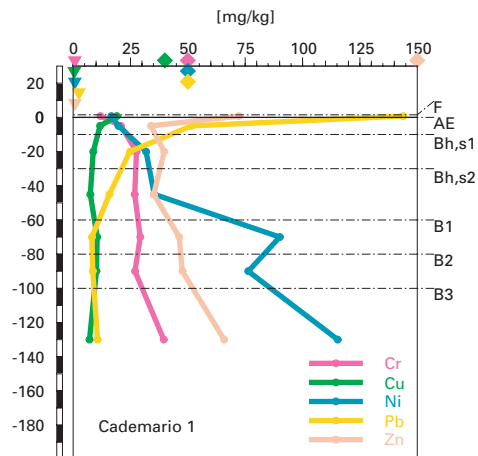
Weil das Ausgangsgestein, aus dem sich der Boden entwickelt hat, nicht aufgeschlossen werden konnte, wurden die Anreicherungsfaktoren relativ zum B3-Horizont berechnet. Deshalb können keine Aussagen bezüglich Anreicherung oder Verarmung relativ zum Ausgangsgestein gemacht werden.

Zink ist im ganzen Profil weder an- noch abgereichert (Tab. S7.4). Dass dieses mobile Schwermetall trotz der stark bis sehr stark sauren Verhält-

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



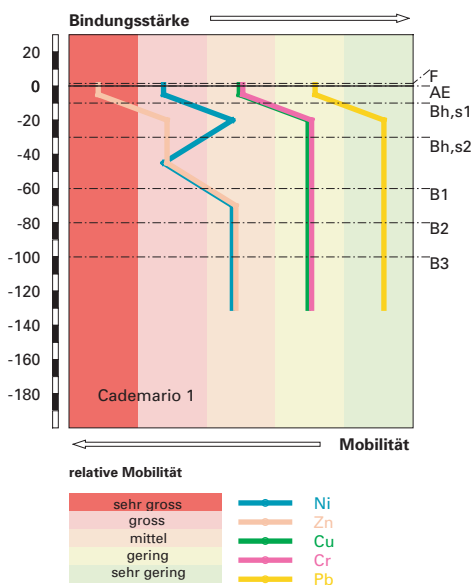
**Cr, Cu, Ni, Pb, Zn**  
(HNO<sub>3</sub>-extrahierbare Gehalte)



**Abb.S7.16** (links) Schwermetalle: effektive Totalgehalte

**Abb.S7.17** (rechts) Schwermetalle: Salpetersäure-extrahierbare Gehalte

### Schwermetallmobilität



**Abb.S7.18** Mobilität der Schwermetalle

Tab. S7.4

**Anreicherungsfaktoren**

Horizont	Tiefe [cm]	Anreicherungsfaktor				
		Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
AE	0– 10	0.33	n.b.	0.08	8.88	1.02
Bh,s1	10– 30	0.33	n.b.	0.22	3.54	0.94
Bh,s2	30– 60	0.39	n.b.	0.29	2.36	0.83
B1	60– 80	0.79	n.b.	0.78	< 1.14	1.02
B2	80–100	0.31	n.b.	0.69	< 1.10	0.88
B3	> 100	1.00	n.b.	1.00	1.00	1.00

nisse in den obersten Horizonten (Abb. S7.13) nicht aus diesem Teil des Bodens ausgewaschen wurde, liegt vermutlich an der Rückführung im Nährstoffkreislauf.

Die sehr starke Anreicherung von Pb im AE- und den Bh,s-Horizonten lässt sich auf anthropogenen Eintrag, der in der organischen Substanz gebunden wurde, zurückführen.

Die enorme Zunahme des Cr- und Ni-Gehaltes mit der Tiefe (Abb. S7.16) und die mässige bis starke Verarmung aller Horizonte an Cr und Ni gegenüber dem B3-Horizont sind äusserst bemerkenswert. Weder Fe noch Al zeigen auch nur ansatzweise eine derart intensive und weitgehende Verlagerung. Selbst unter den sehr sauren Bedingungen im oberen Teil des Profils und unter dem Einfluss der für einen Kryptopodsol charakteristischen gelösten organischen Substanz mit guten Metallbindungseigenschaften können diese beiden Metalle nur derart stark verlagert werden, wenn sie besonders gut löslich sind. Da eine anthropogene Belastung des Bodens mit Cr und Ni am gegebenen Standort wenig wahrscheinlich ist, müssen die beiden Schwermetalle im Ausgangsgestein in einer besonders mobilen Form vorliegen.

## S7.5.5

**Schätzung der Mobilität der Schwermetalle**

Dieser Boden ist vom AE- bis zum Bh,s2-Horizont stark bis sehr stark sauer, darunter nur mässig sauer (Abb. S7.13). Die Mobilität von Zn wird deshalb für die obersten drei Horizonte als gross bis sehr gross geschätzt, darunter ist sie nur noch mittel (Abb. S7.18). Nickel ist wegen der Bindung an die organische Substanz in den obersten beiden Horizonten etwas weniger mobil. Chrom und Cu haben im AE-Horizont eine mittlere, darunter eine nur geringe Mobilität. Die Mobilität von Pb wird im ganzen Profil als gering bis sehr gering eingestuft.

Die Tiefenverteilungen und Anreicherungsfaktoren (Abb. S7.16; Tab. S7.4) weisen aber darauf hin, dass Cr und Ni in diesem Boden in besonders gut

löslicher Form vorliegen. Deshalb ist die effektive Mobilität von Cr und Ni deutlich höher als geschätzt. Die Gefahr einer Belastung des Grundwassers mit diesen beiden Schwermetallen wird deshalb und auch angesichts der hohen Gehalte im B3-Horizont als gross eingestuft. Unter dem Einfluss gelöster organischer Substanz dürfte auch die effektive Mobilität von Cu und Pb, welche mit dieser besonders starke Verbindungen eingehen, grösser sein als geschätzt und in [Abb.S7.18](#) dargestellt. Wegen der tiefen Gehalte dieser Schwermetalle in den B-Horizonten dürfte davon aber keine Gefahr für das Grundwasser ausgehen. Hingegen birgt der relativ hohe Zn-Gehalt im B3-Horizont bei mittlerer Mobilität ein gewisses Risiko.

#### **S72.5.6      Schätzung der Gefährdung von Mikroorganismen**

---

Mit Ausnahme von Cr liegen im AE-Horizont alle Schwermetalle in Gehalten vor, welche für pflanzliche und tierische Mikroorganismen in Waldböden unkritisch sind. Der Cr-Gehalt ist im Grenzbereich zur Toxizität für Mikroorganismen.

### **S7.6            Themenbereich «Nährstoffe»**

---

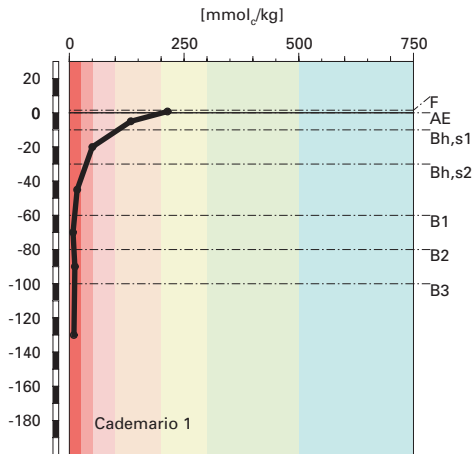
#### **S7.6.1        Nährstoffverfügbarkeit im Oberboden**

---

Obwohl das Klima in diesem NW-exponierten Mischwald aus Buche, Fichte und Lärche auf 770 m.ü.M. als mild beurteilt wird, hat sich eine Humusform vom Typ Moder gebildet. Dies ist auf die relativ schwer abbaubare Streu und die sehr sauren pH-Verhältnisse im Oberboden zurückzuführen.

Die Krümelstruktur bis in 30 cm Tiefe zeigt an, dass die biologische Aktivität gut ist und dass die Nährstoffverfügbarkeit nicht wesentlich gehemmt sein kann. In die gleiche Richtung deutet das mittlere C/N-Verhältnis von 20 im F-Horizont (Tab.A282 in Blaser et al. 2005). Dieses ist typisch für Humusformen im Übergangsbereich zwischen Mull und Moder mit einer mittleren Mineralisierungsrate der organischen Substanz. Mit diesen Hinweisen darf angenommen werden, dass die Nährstoffverfügbarkeit im Oberboden höchstens schwach gehemmt ist. Dies wird durch das mittlere C/P-Verhältnis von 383 im F-Horizont bestätigt.

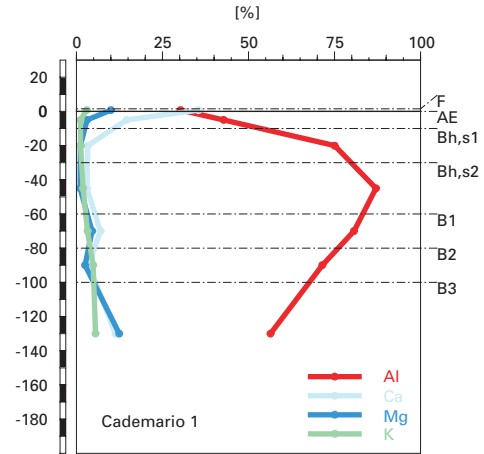
### Kationenaustauschkapazität (KAK)



#### 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.S7.19** (links) Kationenaustauschkapazität

**Abb.S7.20** (rechts) Belegung des Kationenaustauschers

## S7.6.2 Nährstoffgehalte

Die Kationenaustauschkapazität folgt primär der Humusverteilung im Boden ([Abb.S7.8](#) und [Abb.S7.19](#)). Im F-Horizont ist die Kationenaustauschkapazität als hoch und im AE-Horizont als mittel zu bewerten. In allen anderen Horizonten ist sie infolge der geringen Ton- und Humusgehalte sehr gering bis extrem gering ([Abb.S7.19](#)). Mit Ausnahme des F-Horizontes ist der Anteil von austauschbarem Aluminium an der Kationenaustauschkapazität in allen anderen Horizonten am grössten ([Abb.S7.20](#)). Im AE-Horizont beträgt er rund 43%, steigt bis in den Bh,s2-Horizont auf ein Maximum von 87% an, um bis zur Profilsohle wieder auf rund 56% abzunehmen. Die austauschbaren Nährstoffkationen haben nur im F-, AE- und in den B-Horizonten erhöhte Anteile an der Kationenaustauschkapazität, wobei die Ca-Belegung am grössten ist und im AE-Horizont etwa dreimal so gross ist wie die Anteile von Mg und K zusammen. Mit Ausnahme des B3-Horizontes sind in den übrigen Mineralerde-Horizonten die austausch-

baren Nährstoffe in vergleichbaren Anteilen am Kationenaustauscher gebunden. Im B3-Horizont ist der Anteil von austauschbarem Kalium nur etwa halb so gross wie die Ca- und Mg-Anteile.

### S7.6.3

### Nährstoffvorräte

Als Folge der geringen Kationenaustauschkapazität und der schwachen Belegung des Kationenaustauschers mit austauschbaren Nährstoffkationen ist dieser Kryptopodsol nährstoffarm. Die Vorräte werden bis zur Referenztiefe von 60 cm wie folgt bewertet (Abb.S7.21–S7.23):

Ca gering

Mg sehr gering

K sehr gering

Der Boden ist aber mindestens bis zur Profilsohle in 160 cm Tiefe durchwurzelbar. Unter diesem Aspekt ist der Mg-Vorrat als mässig und der K-Vorrat als gering zu klassieren. Die Vorratsbewertung für Kalzium bleibt unverändert gering.

Das Risiko für Trockenstress ist klein, so dass die Nutzung dieser mässigen bis geringen Nährstoffvorräte nicht eingeschränkt ist.

#### Kalzium-Vorrat

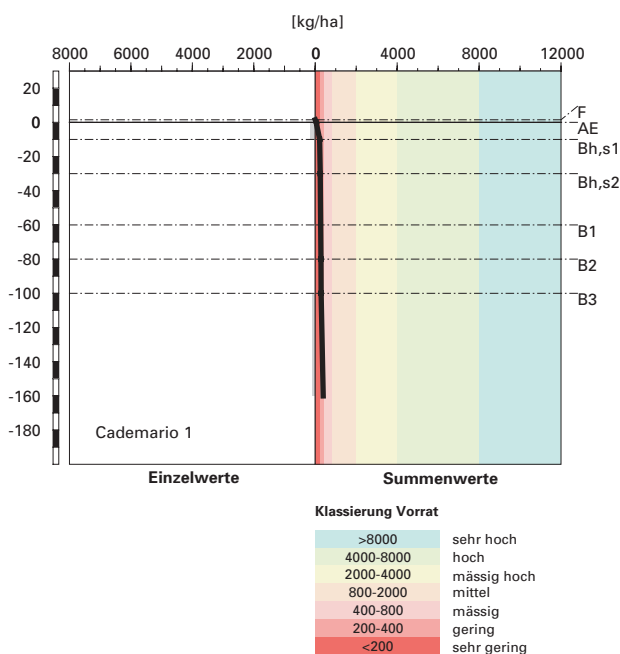
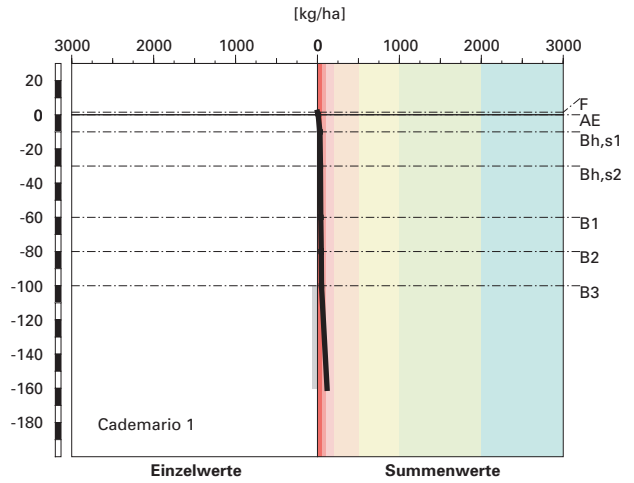


Abb. S7.21 Vorrat an Kalzium



## Magnesium-Vorrat

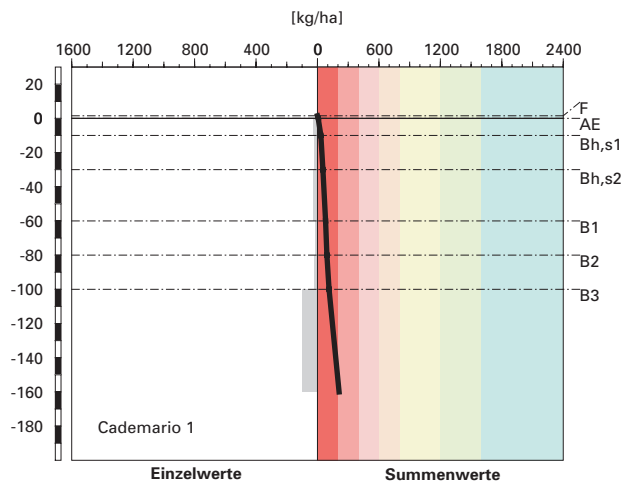


### Klassierung Vorrat

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

Abb. S7.22 Vorrat an Magnesium

## Kalium-Vorrat



### Klassierung Vorrat

>1600	sehr hoch
1200-1600	hoch
800-1200	mässig hoch
600-800	mittel
400-600	mässig
200-400	gering
<200	sehr gering

Abb. S7.23 Vorrat an Kalium

## S7.7 Themenbereich «Waldbaulich relevante Bodenkennwerte und Baumartenwahl»

---

### S7.7.1 Steckbrief für die Waldbehandlung

---

Der Steckbrief (Tab.S7.5) orientiert über waldbaulich relevante Standortfaktoren und Bodenkennwerte.

### S7.7.2 Baumartenwahl

---

#### Naturnähe von Bestand und Oberboden

Der Bestand setzt sich vor allem aus Buchen, Lärchen und Fichten zusammen. Der relativ grosse Lärchen- und Fichtenanteil ist durch die Waldbewirtschaftung bedingt. Im Naturwald wäre vor allem die Buche und vereinzelt einige weitere Laubholzarten vorhanden. Die aktuelle Baumartenmischung wird als mässig naturnah bewertet. 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 Moder ist demnach standorttypisch. Wir gehen aber davon aus, dass die organische Auflage zu einem grossen Teil auf den hohen Nadelholzanteil zurückzuführen ist.

#### Baumartenwahl gemäss standortkundlichen Grundlagenwerken

Gemäss BUWAL (2005) sind an diesem Buchenstandort (Nr.4) folgende Baumarten für die Waldverjüngung geeignet: Buche, Traubeneiche, Flaum-eiche, Kastanie, Mehlbeere, Aspe, Bergahorn, Tanne, Lärche und Birke. An diesem Standort lassen sich also gemäss BUWAL viele Baumarten verjüngen.

#### 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.

**Tab.S7.5      Steckbrief für die Waldbehandlung (Cademario 1)****Standortangaben**

Relief	Höhe	770 m
	Exposition	NW
	Neigung	30%
Klima	Jahresniederschlag	1979 mm
	Jahrestemperatur	8.3°C

**Ausgangsgestein**

Gneis

**Baumbestand**

Struktur	zweischichtig
Schlussgrad	80%
Baumarten (Deckung)	30 % Rotbuche, 30 % Lärche, 20 % Fichte
Oberhöhe	30 m

**Waldgesellschaft**

nach E&K 1972	Nr. 4: Farnreicher Schneesimsen-Buchenwald
nach BUWAL 2005	Nr. 4: Farnreicher Schneesimsen-Buchenwald

**Bodenkennwerte**

Bodensystematik	Bodentyp	Kryptopodsol
	Humusform	Moder
Wasser- und Lufthaushalt	Durchlüftung	Im Boden sind keine Vernässungsmerkmale erkennbar, was zeigt, dass der Boden stets gut durchlüftet ist.
	Durchwurzelbarkeit	Der Boden ist für alle Baumarten mindestens profilumfassend durchwurzelbar. Der mehr als 120 cm mächtige Wurzelraum wird als sehr tiefgründig klassiert. Wurzeln sind bis zur Profilsohle vorhanden.
	pflanzenverfügbares Wasser	Das Risiko für Trockenstress schätzen wird unter den gegebenen klimatischen Verhältnissen als klein ein.
Säurezustand	pH-Wert/Kalkgrenze	Der Boden ist bis 10 cm Tiefe sehr stark, zwischen 10 und 60 cm stark und weiter unten im Profil mässig sauer. Das Ausgangsgestein ist karbonatfrei.
	Aluminium-Toxizität	Im Mineralboden besteht zwischen 10 und 100 cm Tiefe ein Risiko für Al-Toxizität.
Nährstoffe	Verfügbarkeit im Oberboden	Die Humusform Moder und das mittlere C/N-Verhältnis weisen auf eine bloss mittlere Mineralisierungsrate hin. Auch das mittlere C/P-Verhältnis ist Zeuge einer gehemmten biologischen Aktivität.
	Nährstoffvorräte (Ca, Mg, K)	Die Vorräte der Nährstoffkationen Ca und K sind gering, der Mg-Vorrat ist mässig. Ab 100 cm Tiefe ist der Boden relativ nährstoffreich.
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, weil er bis 80 cm Tiefe relativ wenig Skelett enthält.

#### ■ Säurezustand und Aluminium-Toxizität

Die Feinerde ist derart sauer, dass in 10–100 cm Tiefe ein Risiko für Al-Toxizität besteht. Einer weiteren Versauerung kann entgegengewirkt werden, indem ein Laubmischwald mit naturnaher Baumartenmischung geschaffen wird. Mit der vielseitigen und gut abbaubaren Streu erhöht sich die biologische Aktivität im Oberboden, so dass weniger organische Säuren produziert und laufend Nährstoffe am Kationenaustauscher gebunden werden. Längerfristig ist dadurch eine Stabilisierung oder sogar leichte Erhöhung der Basensättigung in den oberen Horizonten zu erwarten.

#### ■ Nährstoffangebot im Boden

Die Mineralisierung der Nährstoffe ist gehemmt. Die biologische Aktivität lässt sich, wie bereits beim Säurezustand erwähnt, durch eine besser abbaubare Streumischung erhöhen. Da der aktuelle Bestand überwiegend aus Nadelholz besteht, ist ein Verbesserungspotential durch Einbringen von 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. Eine Ausnahme bilden die nährstoffbedürftigen Edellaubhölzer. Nach unserem Stand des Wissens sind die Vorräte der Nährstoffkationen, insbesondere beim Kalzium, für ein konkurrenzkräftiges Gedeihen der Edellaubhölzer zu gering.

Das Nährstoffangebot lässt sich mit tief wurzelnden Baumarten etwas verbessern, da der Unterboden mehr Ca, Mg und K enthält als die oberen Bodenschichten. Aufgrund der guten Durchlüftung und geringen Dichte wird dieser Boden von allen Baumarten tief durchwurzelt.

### S7.7.3 **Baumartenempfehlung**

Für den vorliegenden Waldstandort werden die in **Tab. S7.6** ersichtlichen Baumarten empfohlen. Aus bodenkundlicher Sicht muss die Baumartenempfehlung des BUWAL (2005) vor allem aufgrund des Säurezustandes und des Nährstoffangebotes hinterfragt werden.

Aus bodenkundlicher Sicht ist eine vielfältige Baumartenmischung mit möglichst vielen Laubhölzern anzustreben. Durch die erhöhte biologische Aktivität werden mehr Nährstoffe mineralisiert und weniger organische Säuren produziert. Ob sich der Moder zu einem Mull wandelt, lässt sich nicht voraussagen.

Aufgrund der Nährstoffarmut des Bodens gehen wir davon aus, dass sich der Bergahorn in einem Laubmischwald gegenüber der Buche nicht

<b>Tab. S7.6      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, Traubeneiche, Flaumeiche, Kastanie, Mehlbeere, Aspe, Tanne, Birke, (Lärche, Bergahorn)

behaupten kann. Der Anteil der Lärche sollte wegen ihrer schlecht abbaubaren Streu gering sein.

Aus standortkundlicher Sicht sei abschliessend erwähnt, dass das BUWAL (2005) für diesen Buchenstandort Baumarten mit recht unterschiedlicher ökologischer Verbreitung empfiehlt. Wer diese Baumarten an einem Buchenstandort gemeinsam aufwachsen lassen will, muss mit einem beträchtlichen Pflegeaufwand rechnen.

## S7.8      Literatur

Blaser, P./Kernebeek, P./Tebbens, L./VanBreemen, N. and Luster, J., 1997: Cryptopodzolic Soils in Switzerland. *European Journal of Soil Science*, 48: 411–423

Blaser, P. / Zimmermann, S. / Luster, J. / Walthert, 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.

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