

## V9 Bodenprofil Rüschegg-Chaltweh

---

### V9.1 Themenbereich «Bodenbildungsfaktoren und Profilmorphologie»

---

#### V9.1.1 Zusammenfassende Angaben zum Profil und zu den Bodenbildungsfaktoren

---

Das Bodenprofil ist in [Abb.V9.1](#) dargestellt. Einen Eindruck vom Bestand vermittelt [Abb.V9.2](#). [Tab.V9.1](#) fasst wichtige Angaben zum Boden und Profilorat Rüschegg-Chaltweh zusammen, und [Tab.V9.2](#) orientiert über die Bodenbildungsfaktoren.

#### V9.1.2 Verbreitung gemäss Bodeneignungskarte der Schweiz

---

Das Profil gehört zur Kartierungseinheit S5 (alpine Flysch-Berglandschaft, Bündnerschiefer; steile Südhänge, Hangneigung >35%). 330 Stichproben des Landesforstinventars gehören dieser Kartierungseinheit an. Das Profil repräsentiert damit 2.8% der mit dem LFI insgesamt erfassten 11'863 Stichproben.

#### V9.1.3 Besonderheiten am Profilorat

---

Das Bodenprofil V9 repräsentiert den Boden in einer typischen Ausbildung des Torfmoos-Fichtenwaldes mit Landschilf.

#### V9.1.4 Profilmorphologie und Klassierung

---

Die im Profil angesprochenen morphologischen Bodenmerkmale sind in [Tab.V9.3](#) zusammen mit einer Profilskizze dargestellt.

Die Streu stammt vor allem von der Fichte und von der Bergföhre sowie von der üppigen Krautschicht, wobei hier die Heidelbeere den grössten Streuanteil liefert. An der Bodenoberfläche hat sich eine 15 cm mächtige organische Auflage mit einem Fermentations- und einem Humusstoffhorizont gebildet. Mit der Horizontfolge L-F-H-AE wird die Humusform als Rohhumus klassiert.



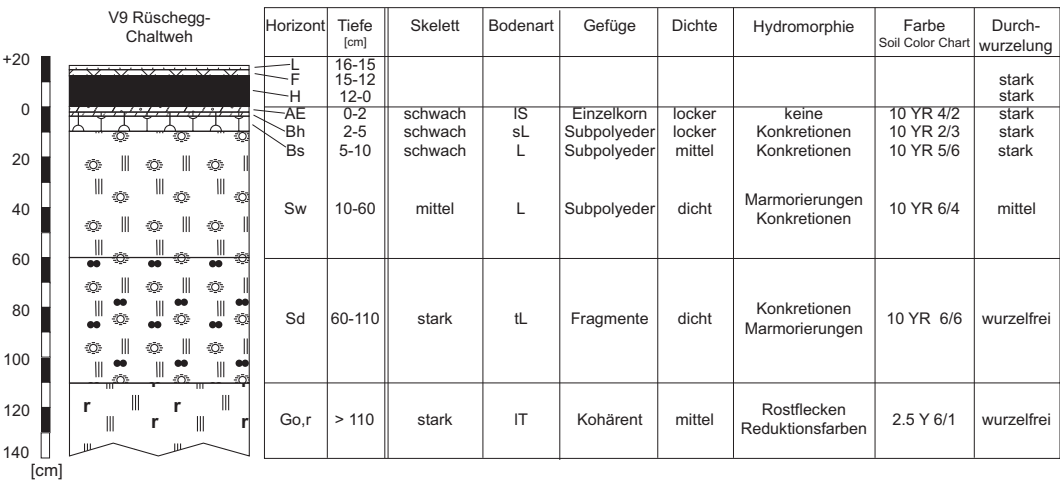
**Abb. V9.1** ([links](#)) Bodenprofil Rüscheegg-Chaltweh

**Abb. V9.2** ([rechts](#)) Bestand am Profilort Rüscheegg-Chaltweh

<b>Tab. V9.1 Zusammenfassende Angaben zum Profil Rüscheegg-Chaltweh</b>	
Lokalname	Rüscheegg-Chaltweh 5045 (Kanton Bern, Gemeinde Rüscheegg)
Lage	Landeskarte 1:25 000 Blatt 1206, Guggisberg Koordinaten 598970/175510
Waldgesellschaft (Ellenberg & Klötzli 1972)	Nr. 57: Torfmoos-Fichtenwald mit Landschilf ( <i>Sphagno-Piceetum calamagrostietosum villosae</i> )
Horizontfolge	L-F-H-AE-Bh-Bs-Sw-Sd-Go,r
Humusform	Rohhumus
Bodentyp	Pseudogley, podsoliert
Bodentyp (FAO 1988)	Dystric Gleysol

Tab. V9.2 Bodenbildungsfaktoren am Profilort Rüscheegg-Chaltweh			
Relief	Höhe ü. M.	1570 m	
	Exposition	SSW	
	Neigung	45 %	
	Geländeform	Mittelhang	
Ausgangsgestein	Tektonik/Geologie	Penninikum; Flysch (Sackungen im Gurnigel-Flysch)	
	Lithofazies	Nr. 11: Mergel- und Tonschiefer (Flysch, Bündnerschiefer und Lias)	
	(nach Tuchschnid 1995)	physikalische Verwitterbarkeit Gestein: gross chemische Verwitterbarkeit Gestein: klein – mittel	
	Tongehalt Gestein:	mittel	
Klima	T/N Jahresmittel	4.3°C/1801 mm	
	T/N Januarmittel	– 2.3°C/108 mm	
	T/N Julimittel	12.8°C/171 mm	
	Tage mit Schneedecke	170	
	Wärmegliederung	sehr rauh	
	Länge der Vegetationsperiode	120–135 Tage	
Pflanzen	Schicht	Deckung	häufigste Arten
	Baumschicht (12 m Höhe)	65 %	30% Fichte ( <i>Picea abies</i> ) 30% aufrechte Bergföhre ( <i>Pinus mugo subsp. uncinata</i> ) 2% Vogelbeerbaum ( <i>Sorbus aucuparia</i> )
	Strauchschicht	<1 %	–
	Krautschicht	85 %	Heidelbeere ( <i>Vaccinium myrtillus</i> ) wolliges Reitgras ( <i>Calamagrostis villosa</i> ) Purpur-Enzian ( <i>Gentiana purpurea</i> )
	Mooschicht	90 %	–

Tab. V9.3 Profilskizze und Morphologie des Bodenprofils Rüscheegg-Chaltweh  
Bodenart: IS lehmiger Sand, sL sandiger Lehm, L Lehm, tL toniger Lehm, IT lehmiger Ton



Der bis 1.4 m Tiefe aufgeschlossene Mineralboden lässt sich aufgrund der morphologischen Merkmale in sechs Horizonte gliedern. Farblich sind der Oberboden durch die Podsolierung und der Unterboden durch den hydro-morphen Einfluss deutlich differenziert.

Unter der mächtigen organischen Auflage sind die obersten zwei Zentimeter des Mineralbodens infolge Ausbleichung gräulich gefärbt. Darunter folgt bis 10 cm Tiefe eine farblich heterogene Anreicherungszone, in der sich bräunlich schwarze bis gelblich braune Stellen abwechseln. Zwischen 10 und 60 cm Tiefe ist die Feinerde recht homogen matt gelblich orange gefärbt, wobei vereinzelte Konkretionen und Marmorierungen erkennbar sind, welche eine periodische Vernässung dieser Zone andeuten. Unterhalb 60 cm Tiefe weist die farblich äusserst heterogene Feinerde auf einen stark wechselhaften Luft- und Wasserhaushalt hin. Während bis 110 cm Tiefe in der gelblich braunen Matrix viele grosse, violette Konkretionen und vereinzelte Marmorierungen sichtbar sind, wird die Farbe ab 110 cm Tiefe vor allem von grauen Reduktionsfarben und von Rostflecken bestimmt.

Der Boden enthält erst unterhalb von 60 cm Tiefe bedeutende Skelettmengen und die Feinerde wird mit zunehmender Tiefe immer tonreicher. Das Profil ist in Bezug auf das Gefüge stark differenziert. In der ausgebleichten Zone (0–2 cm Tiefe) herrscht ein Einzelkorngefüge, in 2–110 cm Tiefe ein Aggregat- und weiter unten im Profil ein Kohärentgefüge. Die Dichte nimmt bis 110 cm Tiefe markant zu und im Bereich der Profilssole auf einen mittleren Wert ab. Wurzeln wurden nur bis 60 cm Tiefe gefunden.

Aufgrund der morphologischen Merkmale wird die Horizontfolge als L-F-H-AE-Bh-Bs-Sw-Sd-Go,r festgelegt und der Boden als podsolierter Pseudogley klassiert. In Bezug auf den Vernässungsgrad gilt der Pseudogley als sehr stark pseudovergleyt.

Die Morphologie dieses Bodens lässt vermuten, dass er sowohl durch Stau- als auch durch Grundwasser beeinflusst wird. Die Marmorierungen und Konkretionen oberhalb von 110 cm Tiefe deuten auf Stauwasser hin. Ab 110 cm Tiefe sind die Reduktionsfarben ein Anzeichen von Grund- oder Hangwasser. Bei der Klassierung gewichteten wir den Einfluss des Stauwassers stärker als jenen des Grundwassers, weshalb der Boden als Pseudogley und nicht als Gley klassiert ist.

Das Profil wurde am 8.8.1991 ausgehoben. Damals lag der Wasserspiegel in 130 cm Tiefe.

### **Ergänzende Bodenmerkmale**

Das Ausgangsgestein ist in 140 cm Tiefe noch nicht erreicht. Untersuchungen an Steinen im nahe gelegenen Bach haben gezeigt, dass das Ausgangsgestein Karbonat enthält. Die Feinerde ist gemäss pH-Hellige profilumfassend



sehr sauer. Aufgrund der stark hydromorphen Prägung des Bodens muss angenommen werden, dass er nicht von allen Baumarten tief durchwurzelt werden kann.

## V9.2 Themenbereich «Physikalische Bodenkennwerte»

---

### V9.2.1 **Beschrieb einiger physikalischer Bodenkennwerte**

---

#### **Skelettgehalt**

Der Boden enthält bis 60 cm Tiefe relativ wenig Skelett, weiter unten im Profil ist er stark skeletthaltig (Abb. V9.3).

#### **Bodenart**

In Abweichung zu vielen anderen Böden wird die Feinerde mit zunehmender Tiefe feinkörniger (Abb. V9.4). Dies dürfte weniger auf die Verwitterung, sondern vielmehr auf das Ausgangsgestein zurückzuführen sein, welches aus einem Flysch mit Schichten unterschiedlicher Zusammensetzung besteht. Bis 110 cm Tiefe überwiegt der Sandanteil in der Feinerde, im Go,r-Horizont dagegen der Tonanteil. In Bezug auf den Tongehalt handelt es sich im AE-Horizont um leichten Boden, im Bh-, Bs- und Sw-Horizont um mittelschweren, im Sd-Horizont um schweren und im Go,r-Horizont um sehr schweren Boden. Die Bestimmung der Bodenart im Feld stimmt gut mit den Messwerten überein (Tab. V9.3).

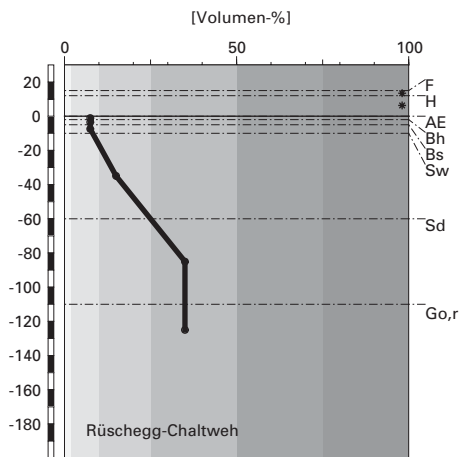
#### **Bodendichte**

In diesem Profil wurde ausnahmsweise die Bodendichte anstelle der Feinerdedichte gemessen. Da der Boden bis 60 cm Tiefe wenig Skelett enthält, entspricht die Boden-Dichte in dieser Tiefenstufe der Feinerde-Dichte. Unterhalb von 60 cm Tiefe können wir keine Angaben zur Feinerde-Dichte machen, weil der Skelettgehalt zu gross ist. Im humosen Oberboden ist die Dichte mit 0.77 bis 1.08 g/cm<sup>3</sup> äusserst gering bis sehr gering und im Bs- und Sw-Horizont mit rund 1.2 g/cm<sup>3</sup> zwar deutlich grösser aber immer noch sehr gering (Abb. V9.5). Im Sd-Horizont ist die Dichte mit 1.37 g/cm<sup>3</sup> zwar maximal, wird aber lediglich als gering klassiert.

#### **Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden**

Der Boden ist bis 60 cm Tiefe hoch durchlässig und in den tiefer liegenden, etwas dichteren und tonreicheren Horizonten ist die Leitfähigkeit gering (Abb. V9.6).

## Skelettgehalt



### Klassierung Skelettgehalt

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

## Bodenart

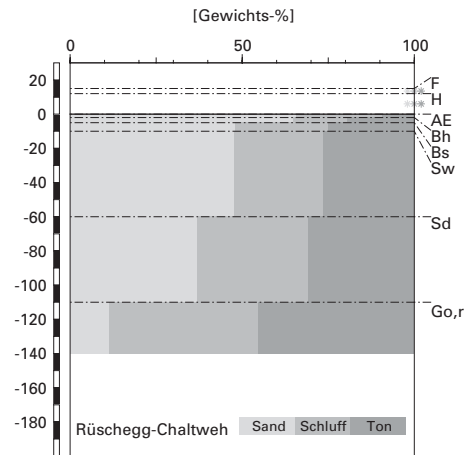


Abb. V9.3 (links) Skelettgehalt

Abb. V9.4 (rechts) Bodenart

## Pflanzenverfügbares Wasser

Die Wasserspeicherkapazität des Bodens bis 120 cm Tiefe beträgt 203 l/m<sup>2</sup>, was als sehr hoch klassiert wird (Abb. V9.7).

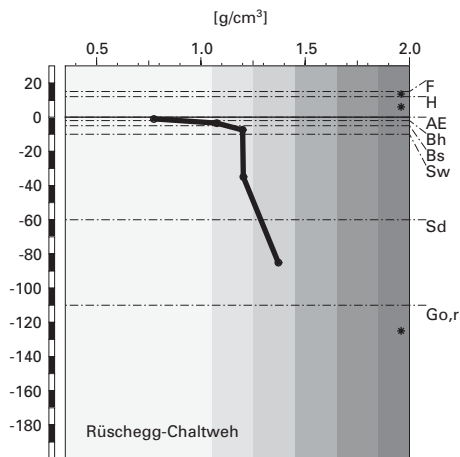
### V9.2.2

## Bodenkundliche und ökologische Interpretationen

### Wasser- und Lufthaushalt des Bodens

In diesem podsoliierten Pseudogley sind Vernässungserscheinungen offensichtlich. So kommen zwischen 2 und 10 cm Tiefe Konkretionen vor, und in 10 bis 110 cm Tiefe gesellen sich Marmorierungen dazu. An der Profilsohle sind neben Rostflecken auch gräuliche Reduktionsfarben sichtbar. Aufgrund der Vernässungsmerkmale gehen wir davon aus, dass sich im Boden aerobe und anaerobe Phasen abwechseln. Bis zur Aufschlusstiefe von 140 cm wurde die über das gesamte Jahr sauerstofffreie Zone, in der stets

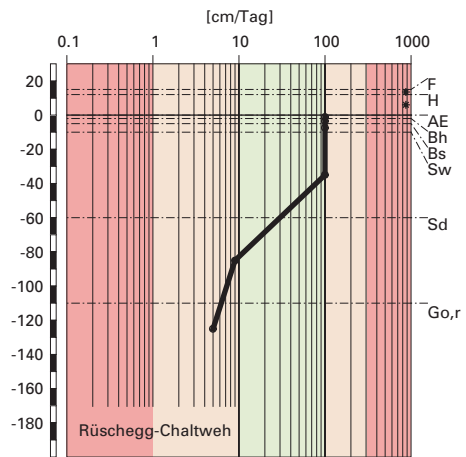
## Boden-Dichte



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



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

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

**Abb. V9.5 (links)** Dichte des Bodens

**Abb. V9.6 (rechts)** Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

reduzierende Verhältnisse herrschen, nicht erreicht. Die Vernässung erfolgt in diesem Boden sowohl durch Stau- als auch durch Grundwasser. Dies wird unter anderem an der Belegung des Kationenaustauschers sichtbar. In der sehr stark bis stark sauren Tiefenstufe von 2 bis 110 cm, die periodisch durch Stauwasser gesättigt ist, beträgt die Basensättigung lediglich 3 bis 33% (Abb. V9.15). Durch den schwankenden Wasserspiegel des relativ basenarmen Stauwassers verarmt der Boden an Nährstoffen. Im stark sauren Go,r-Horizont beträgt die Basensättigung dagegen 91%. Das periodisch im Go,r-Horizont vorhandene basenreiche Grund- oder Hangwasser verhindert, dass die Basensättigung dort abnimmt. Als das Bodenprofil am 8.8.1991 ausgehoben wurde, lag der Wasserspiegel in 130 cm Tiefe.

## pflanzenverfügbares Wasser

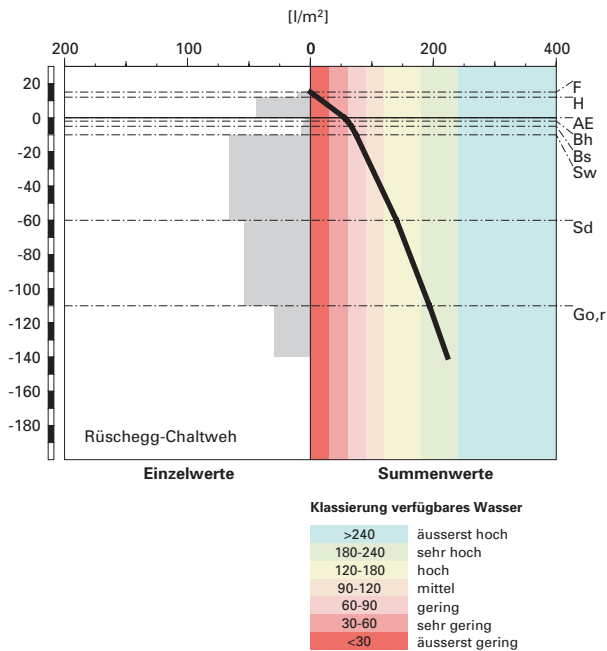


Abb. V9.7 Pflanzenverfügbares Wasser

### Durchwurzelbarkeit des Bodens

Wir gehen davon aus, dass der stark hydromorph geprägte Bereich des Bodens ab 10 cm Tiefe und insbesondere der Sd- und Go,r-Horizont von empfindlichen Baumarten wie der Fichte nur eingeschränkt durchwurzelt werden kann. Für die weniger empfindlichen Baumarten wie die Bergföhre dürfte der Wurzelraum jedoch mindestens 120 cm mächtig und damit sehr tiefgründig sein. Der Wurzelraum wird vom aktuellen Bestand aus Fichten, Bergföhren und Vogelbeeren nicht voll genutzt, denn die Wurzeln erschliessen den Boden nur bis 60 cm Tiefe.

### 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 25 Tagen an Wassermangel zu leiden beginnt. Trotz dem nicht optimalen Speichervermögen des Bodens besteht an diesem subalpinen Fichtenstandort (E&K57) nur ein kleines Risiko für



Trockenstress, und zwar sowohl für die tief wurzelnden Baumarten als auch für die Arten mit oberflächlicherem Wurzelwerk. Wir kommen zu diesem Schluss, weil das Klima im Hinblick auf Trockenstress günstig ist und der Boden ab 110 cm Tiefe unter Fremdwasserzufuhr steht. In Trockenperioden wird durch das dort vorhandene Hang- oder Grundwasser das Trockenstress-Risiko zumindest für die tief wurzelnden Baumarten vermindert.

### **Bodenbefahrbarkeit**

Der Boden reagiert in unserem Zustand empfindlich auf Befahren mit schweren Maschinen, da er in den obersten 60 cm relativ wenig Skelett enthält. Im Winter ist das Befahren aus der Sicht des physikalischen Bodenschutzes fast immer problematisch, weil der Boden dann oft bis nahe an die Bodenoberfläche mit Wasser gesättigt und daher höchstens oberflächlich gefroren ist. Beim Befahren mit schweren Fahrzeugen würde nicht nur der Boden verdichtet, sondern es würden auch die zahlreichen in der organischen Auflage wachsenden Baumwurzeln beschädigt. Wurzelbeschädigungen führen beim verbleibenden Bestand häufig zu Wurzel- und Stammfäule.

## **V9.3 Themenbereich «Bodenhauptbestandteile»**

---

### **V9.3.1 Charakterisierung der Bodenhauptbestandteile**

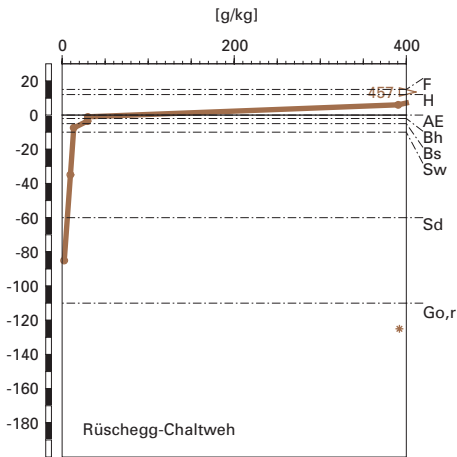
---

#### **Organische Substanz**

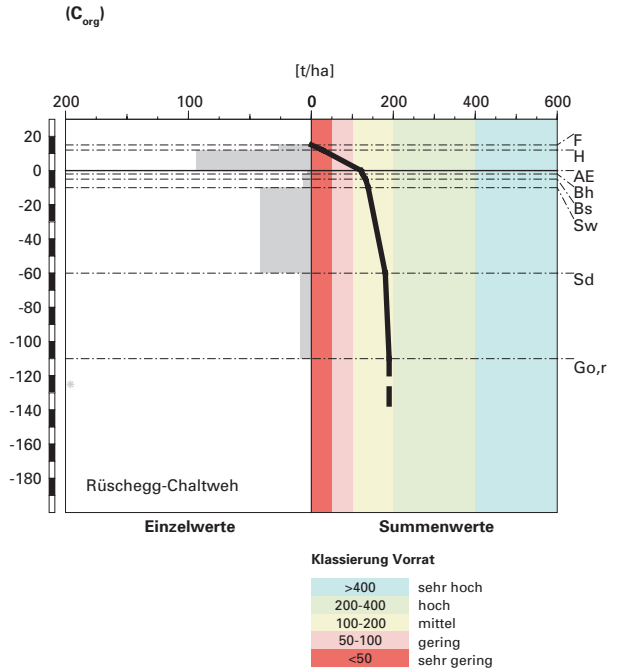
Der Baumbestand am Profilort Rüschegg-Chaltweh besteht zu gleichen Teilen aus Fichte und aufrechter Bergföhre und deckt den Boden zu 65% ab. Durch den lückigen Bestand gelangt viel Licht auf den Boden, so dass auf 85% der Fläche eine Krautschicht aus Heidelbeere, wolligem Reitgras und Purpur-Enzian wächst. Zudem ist eine Moosschicht mit einem Deckungsgrad von 90% vorhanden. Die Streu stammt vor allem von der Fichte und der Bergföhre sowie von den Pflanzen aus der Krautschicht, wobei die Heidelbeere hier den grössten Anteil liefert. Insgesamt ist die Streu schlecht abbaubar, so dass sich unter der Streuschicht ein 3 cm dicker F- und ein 12 cm mächtiger H-Horizont gebildet haben.

Entsprechend ihrer vorwiegend organischen Zusammensetzung enthalten der F- und der H-Horizont rund 46% bzw. 39% organischen Kohlenstoff (**Abb. V9.8**). Der Mineralboden ist im obersten Bereich nicht sehr dunkel gefärbt. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) ist deshalb eher niedrig. Im AE- und Bh-Horizont beträgt er rund 3%, nimmt im Bs-Horizont auf die Hälfte und im weiteren Tiefenverlauf bis auf 0.3% im Sd-Horizont

## organischer Kohlenstoff



## Kohlenstoff-Vorrat



**Abb. V9.8 (links)** Gehalt an organischem Kohlenstoff

**Abb. V9.9 (rechts)** Vorrat an organischem Kohlenstoff

ab. Aus diesen  $C_{org}$ -Gehalten resultiert ein Vorrat an organischem Kohlenstoff von 190 t/ha (Abb. V9.9), wobei für die Vorratsberechnung im F- und H-Horizont jeweils eine Dichte von 0.2 g/cm<sup>3</sup> angenommen wurde.

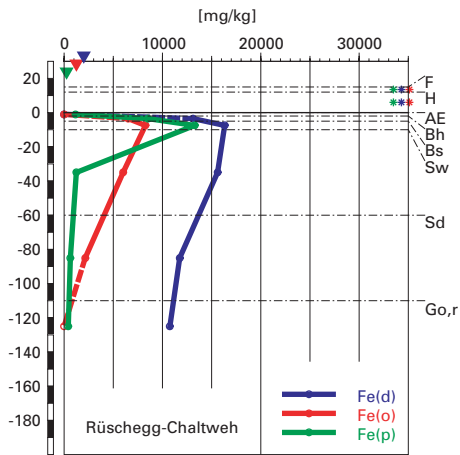
## Tonverteilung sowie Verteilung von Aluminium- und Eisenoxiden

Der Tongehalt nimmt mit der Tiefe kontinuierlich von 9% im AE- auf 45% im Go,r-Horizont zu (Abb. V9.4).

Das Dithionit- und Oxalat-extrahierbare Eisen ( $Fe_d$  und  $Fe_o$ ) sind im AE-Horizont nicht bestimmbar, wobei die Bestimmungsgrenze mit 2000 mg/kg bzw. 1250 mg/kg Boden relativ hoch ist. Vom Bh-Horizont nehmen beide Gehalte bis in den Bs-Horizont auf das Maximum zu und in den tiefer gelegenen Horizonten wieder unterschiedlich stark ab, wobei  $Fe_o$  im Go,r-Horizont unter der Bestimmungsgrenze liegt (Abb. V9.10). Der Gehalt des Pyrophosphat-extrahierbaren Eisens ( $Fe_p$ ) nimmt vom AE-Horizont bis zum Maximum im Bs-Horizont zu, geht bis in den Sw-Horizont auf einen ähnlichen Wert wie im AE-Horizont zurück und nimmt im weiteren Tiefen-

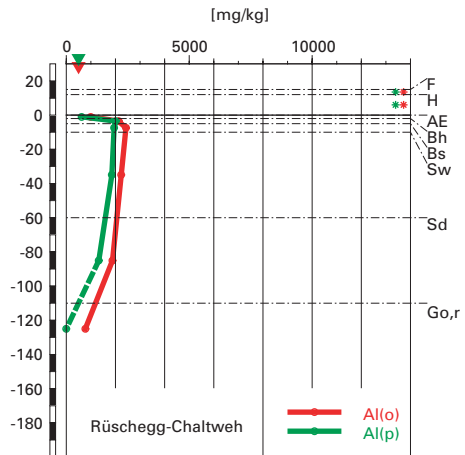
## Eisen-Oxide

(Gehalte)



## Aluminium-Oxide

(Gehalte)

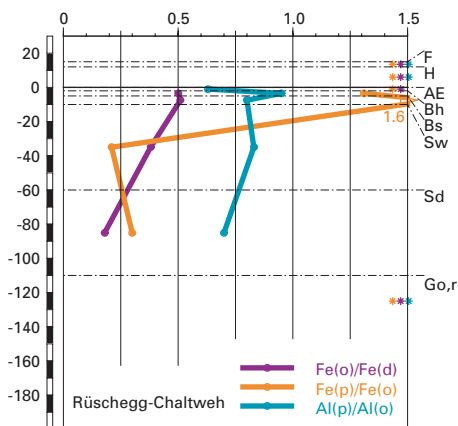


**Abb. V9.10 (links)** Gehalte an Dithionit- ( $\text{Fe}_d$ ), Oxalat- ( $\text{Fe}_o$ ) und Pyrophosphat- ( $\text{Fe}_p$ ) extrahierbarem Eisen

**Abb. V9.11 (rechts)** Gehalte an Oxalat- ( $\text{Al}_o$ ) und Pyrophosphat- ( $\text{Al}_p$ ) extrahierbarem Aluminium

## Eisen- und Aluminiumoxide

(Verhältnisse)



**Abb. V9.12** Verhältnisse der Fe- und Al-Oxide

verlauf nur noch wenig ab. Die Tiefenverteilungen der Oxalat- und Pyrophosphat-extrahierbaren Aluminiumgehalte ( $Al_o$  und  $Al_p$ ) sind ähnlich. Sie nehmen vom AE-Horizont bis zum Maximum im Bs- bzw. Bh-Horizont zu und in den tiefer gelegenen Horizonten langsam ab (Abb. V9.11).  $Al_p$  ist im Go,r-Horizont nicht bestimmbar.

Das  $Fe_o/Fe_d$ -Verhältnis liegt im Bh- und Bs-Horizont bei 0.5 und nimmt zum Sw- und Sd-Horizont linear ab (Abb. V9.12). Das  $Fe_p/Fe_o$ -Verhältnis hat im Bh- und Bs-Horizont unrealistisch grosse Werte von 1.3 bzw. 1.6. Im Sw- bzw. Sd-Horizont beträgt es 0.2 bzw. 0.3. Das  $Al_p/Al_o$ -Verhältnis nimmt vom AE- bis zum Maximum im Bh-Horizont von 0.6 auf 0.95 stark zu, geht in den Bs-Horizont sprunghaft auf 0.8 zurück und verändert sich im tieferen Unterboden nur noch wenig.

### V9.3.2

#### Bodenkundliche Interpretation

Die schwer abbaubare Streu von Fichte, Bergföhre und Heidelbeere wird innerhalb eines Jahres nicht vollständig zersetzt. Unter der Streuschicht hat sich ein 3 cm bzw. 12 cm mächtiger F- bzw. H-Horizont gebildet. Die Humusform hat die Horizontfolge L-F-H-AE und wird als Rohhumus klassiert. Neben der schlechten Streuqualität trägt die bis 60 cm Tiefe sehr stark saure Feinerde zum langsamen Streuabbau bei. Bei pH-Werten von höchstens 3.6 in den obersten 60 cm ist die biologische Aktivität gering. Zudem wird die Mikroorganismengemeinschaft von Pilzen dominiert, welche die organische Substanz nur unvollständig abbauen. Das C/N-Verhältnis ist in der organischen Auflage mässig weit, was mit einer niedrigen Mineralisierungsrate der organischen Substanz verbunden ist. All dies führt dazu, dass die organische Substanz nur langsam zersetzt und mineralisiert wird. So konnte sich allein in der organischen Auflage ein Vorrat an organischem Kohlenstoff von 121 t/ha bilden (Abb. V9.9). Aus der organischen Auflage gelangt humifizierte organische Substanz in den Mineralboden. Bei fehlenden Bodenwühlern geschieht dies vor allem mit dem Sickerwasser. Im Mineralboden geht die organische Substanz Verbindungen mit Aluminium- und Eisenoxiden ein. Dadurch wird sie stabilisiert und vor weiterem Abbau geschützt. Im regionalen Vergleich sind grosse  $Al_o$ - und  $Fe_o$ -Gehalte vorhanden, was eine gute Voraussetzung für die Humusstabilisierung ist. So ist vor allem im Sw-Horizont ein beträchtlicher Vorrat an organischem Kohlenstoff vorhanden (Abb. V9.9). Im ganzen Mineralboden und in der organischen Auflage wird der  $C_{org}$ -Vorrat im gesamtschweizerischen Vergleich mit 190 t/ha als mittel klassiert.

Die Unterschiede im Tongehalt zwischen AE- und Sd- bzw. Go,r-Horizont sind beträchtlich (Abb. V9.4). Einerseits kann dies mit der Tonzerstörung im sehr stark sauren Oberboden erklärt werden. Andererseits könnte die Ton-

verarmung im AE-Horizont auf eine frühere Tonverlagerung zurückgeführt werden. Es sind vermutlich beide Prozesse, welche den mit der Tiefe zunehmenden Tongehalt erklären.

Der unvollständige Streuabbau und die gehemmte Mineralisierung führen dazu, dass in der Auflage organische Säuren gebildet werden, welche zumindest teilweise wasserlöslich sind. Mit dem Sickerwasser werden sie in die Tiefe verlagert, wobei sie Aluminium und Eisen binden und mitverlagern, was zu einer Podsolierung im obersten Bereich des Mineralbodens führt. Je grösser das Metall:Kohlenstoff-Verhältnis dieser Verbindungen ist, desto schlechter löslich sind sie. Da die organischen Säuren auf ihrem Weg in die Tiefe immer stärker mit Metallen belegt werden, fallen die Metall-organischen Verbindungen im Bh- und Bs-Horizont aus. In diesen Horizonten befinden sich die grössten Gehalte von  $\text{Fe}_o$ ,  $\text{Al}_o$ ,  $\text{Fe}_p$  und  $\text{Al}_p$ . Bei  $\text{Al}_o$  und  $\text{Al}_p$  sind die Gehaltsunterschiede zwischen Minimum und Maximum nicht so gross wie bei Eisen. Entsprechend ist der Verlagerungsindex von  $\text{Al}_o$  (Quotient aus den Gehalten im Bs- und AE-Horizont) nur 2.4 gegenüber jenem von 6.6 für  $\text{Fe}_o$  (wenn für das Minimum von  $\text{Fe}_o$  im AE-Horizont der Wert der Bestimmungsgrenze eingesetzt wird). Gemäss diesem Index wäre Eisen stärker verlagert worden als Aluminium. Bei Aluminium ist jedoch anzunehmen, dass es bereits aus dem erschlossenen Boden ausgewaschen wurde, da es bei den stark bis sehr stark sauren pH-Verhältnissen besser löslich ist als Eisen und daher auch in gelöster anorganischer Form verlagert wird. Eisen hingegen dürfte vor allem in Verbindung mit gelöster organischer Substanz verlagert werden. Dies belegt das sehr weite  $\text{Fe}_p/\text{Fe}_o$ -Verhältnis im Bh- und Bs-Horizont, wonach die gesamte amorphe Eisenfraktion in diesen Horizonten mit der organischen Substanz assoziiert ist. Im Sw- und Sd-Horizont, in welchen keine Eisenverlagerung durch Podsolierung stattgefunden hat, ist dieses Verhältnis vergleichsweise sehr eng.

Die Gehalte der Aluminium- und Eisenverbindungen nehmen unterhalb dem Bs-Horizont kontinuierlich ab. Aufgrund dieser steten Abnahme kann ausgeschlossen werden, dass im Bereich des Sw- und Sd-Horizontes ein schwankender Grundwasserspiegel zu einer Umlagerung von Eisen über grössere Distanzen führt. Die morphologisch sichtbaren Vernässungsmerkmale sind also eher auf eine Pseudovergleyung zurückzuführen.

Hingegen ist der Einfluss des schwankenden Grundwasserspiegels im Go,r-Horizont sichtbar. Das Grundwasser steigt zeitweise bis in 110 cm Tiefe an und führt vorübergehend zu anaeroben Verhältnissen im Go,r-Horizont. Dadurch wird Eisen in die leichter lösliche, reduzierte Form überführt, gelöst und bei sinkendem Grundwasserspiegel aus diesem Horizont ausgewaschen. Dies erklärt den sehr tiefen, nicht bestimmbaren  $\text{Fe}_o$ -Gehalt im Go,r-Horizont. Im Gegensatz zu Eisen ist Aluminium nicht redoxsensitiv und wird durch die Grundwasserdynamik nicht beeinflusst.

Das  $Al_p/Al_o$ -Verhältnis ist im ganzen Boden mit Werten über 0.6 gross. Dies dürfte auf einen Artefakt des Pyrophosphatextraktes zurückzuführen sein, indem dieser Extrakt auf kleine Teilchen, wie zum Beispiel Tonminerale, dispergierend wirkt und damit das mit der organischen Substanz assoziierte Aluminium überschätzt.

Aufgrund der morphologischen Merkmale wurde dieser Boden als podsolierter Pseudogley klassiert. Die Interpretation der Bodenhauptbestandteile bestätigt diese Klassierung. Die Podsolierung ist sowohl morphologisch als auch analytisch sehr gut nachzuweisen. Bei der Vernässung im Bereich zwischen 10 und 110 cm Tiefe handelt es sich wahrscheinlich um eine Pseudovergleyung, da eine Verarmungszone als Folge eines schwankenden Grundwasserspiegels analytisch nicht nachgewiesen werden kann. Im Go,r-Horizont unterhalb von 110 cm Tiefe wird die Eisenverarmung hingegen auf den schwankenden Grundwasserspiegel zurückgeführt.

## V9.4 Themenbereich «Säurezustand»

---

### V9.4.1 Charakterisierung des Säurezustandes

---

#### pH-Wert

Die Feinerde ist im ganzen Profil stark bis sehr stark sauer (Abb. V9.13). Der tiefste pH-Wert beträgt 2.6 und wurde im H-Horizont gemessen. Im Mineralboden nimmt der pH-Wert von 3.1 im AE-Horizont auf 4.4 im Go,r-Horizont zu. Bis in 60 cm Tiefe befindet sich die Feinerde in der Säureklasse 5, in den tiefer gelegenen Horizonten in der Säureklasse 4.

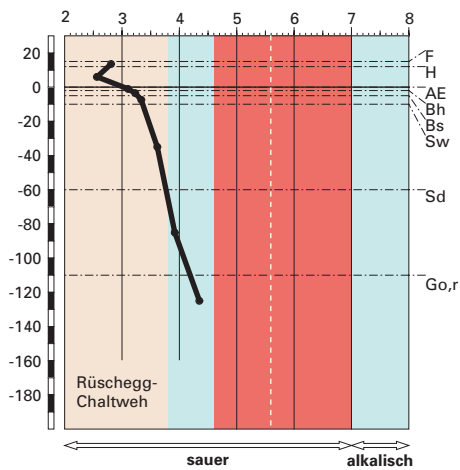
#### Austauschbare Kationen und Basensättigung

In Übereinstimmung mit den tiefen pH-Werten sind saure Kationen am Kationenaustauscher sehr stark vertreten und belegen in den Mineralerdehorizonten bis in 60 cm Tiefe den weitaus grössten Teil der Austauscherplätze (Abb. V9.14). In den Auflagehorizonten herrschen unter den sauren Kationen vorwiegend Protonen, in allen anderen Horizonten Aluminium am Kationenaustauscher vor. Hervorzuheben sind daneben die vergleichsweise grossen Mengen von austauschbarem Eisen, die bis in eine Tiefe von 60 cm am Kationenaustauscher vorkommen. Im F- und H-Horizont sowie ab 60 cm Tiefe sind trotz der tiefen pH-Werte beträchtliche Mengen basischer Kationen austauschbar gebunden. Im F- und im Go,r-Horizont belegen sie gar den grössten Teil der Austauscherplätze.



## pH-Wert

(CaCl<sub>2</sub>)



### Säureklassen 1-5

Empfindlichkeit für pH-Abnahme

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

## austauschbare Kationen

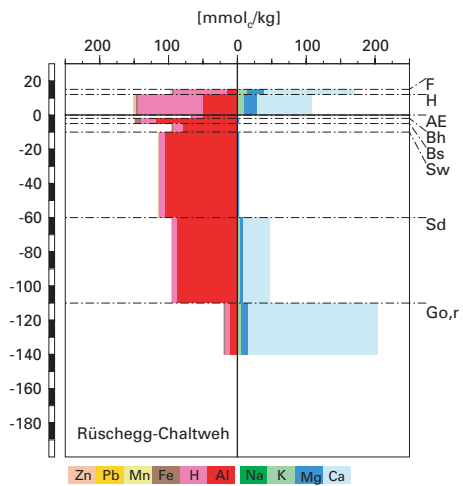
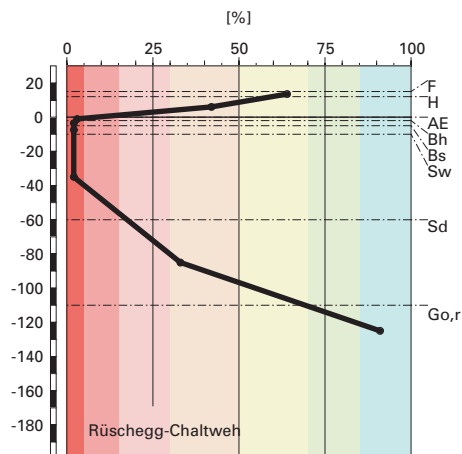


Abb. V9.13 (links) pH-Wert und Säureklassen

Abb. V9.14 (rechts) Belegung des Kationenaustauschers

## Basensättigung



### Klassierung Basensättigung

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

Abb. V9.15 Basensättigung

Die Basensättigung ist in der organischen Auflage mittel bis mässig hoch und geht in den obersten Mineralerdehorizonten auf sehr geringe Werte zurück (Abb. V9.15). Ab 60 cm nimmt mit zunehmender Tiefe die Basensättigung wieder zu. Im Sd-Horizont wird sie als mittel und im Go,r-Horizont als sehr hoch klassiert.

#### V9.4.2

#### Interpretationen zum Säurezustand

##### Stand der Bodenversauerung

Der Stand der Bodenversauerung dieses podsolierten Pseudogleys wird anhand des Tiefenverlaufes des pH-Werts beurteilt. Der Boden hat sich aus einer karbonathaltigen Moräne entwickelt, die Kalkgrenze wurde im Profilaufschluss allerdings nicht erreicht. Sie befindet sich unterhalb der Profilssole, wo die Feinerde in der Säureklasse 1 liegen muss. Die pH-Werte verteilen sich damit über 5 Säureklassen, was eine sehr starke Versauerung anzeigt. Der Boden liegt vollständig in den Säureklassen 4 und 5, in denen die Säurepufferung hauptsächlich durch Auflösung von Aluminium-, in der Säureklasse 5 zusätzlich von Eisenverbindungen erfolgt.

Aluminium ist im ganzen erschlossenen Teil des Bodens in der Austauschergarnitur zu finden, was anzeigt, dass die Versauerungsfront unterhalb der Aufschlusstiefe liegt. In Übereinstimmung mit der Säureklasse 5 kommt auch Eisen bis in eine Tiefe von 60 cm in austauschbarer Form vor. Der höchste Gehalt befindet sich im Bh-Horizont und lässt vermuten, dass hier eine Anreicherung im Zuge der Podsolierung stattgefunden hat.

In den Auflagehorizonten sowie ab 60 cm Tiefe ist die Basensättigung ungleich grösser als dies die stark bis sehr stark sauren Bedingungen vermuten lassen. Dies ist eine Folge des karbonathaltigen Ausgangsgesteins sowie der Staunässe, deren Merkmale ab 10 cm Tiefe im Profil deutlich erkennbar sind. Basische Kationen die vom eintauschstarken Aluminium im oberen Teil des Bodens von den Austauscherplätzen verdrängt werden, bleiben im Unterboden gefangen. Im vom Grundwasser beeinflussten Go,r-Horizont dürfte die sehr hohe Basensättigung zusätzlich durch Diffusion und kapillaren Aufstieg aus dem basenreichen Ausgangsgestein zustande kommen.

Die grossen Mengen austauschbarer Kationen im F- und H-Horizont werden durch den Nährstoffkreislauf der Vegetation verursacht und lassen den Schluss zu, dass die Bäume den nährstoffreichen Unterboden erschliessen, obwohl bei der Profilsprache die Horizonte ab 60 cm Tiefe als wurzelfrei bezeichnet wurden (Tab. V9.3).

### Risiko für Boden und Pflanzen

Die Empfindlichkeit für eine weitere pH-Abnahme wird insgesamt als sehr klein beurteilt, denn kein Horizont befindet sich in den schwach puffernden Säureklassen 2 oder 3. Allerdings befindet sich die Feinerde bis 60 cm Tiefe in der mässig puffernden Säureklasse 5. Diese Partie des Profils ist zudem der grössten Säurebelastung ausgesetzt, denn aus der organischen Auflage dringen permanent starke Säuren in den Mineralboden ein. Es muss deshalb damit gerechnet werden, dass in diesen Horizonten ein erhöhtes Risiko einer weiteren pH-Abnahme besteht. Solange allerdings der Boden durch Stauwasser beeinflusst ist und die Wurzeln den basenreichen Unterboden erschliessen können, wird die Basensättigung auch bei einer weiteren pH-Abnahme nicht wesentlich abnehmen.

Für säureempfindliche Pflanzen besteht in diesem Boden ein als mittel beurteiltes Risiko, dass sie durch toxisch wirkendes Aluminium beeinträchtigt werden. Im Mineralboden bis in 60 cm Tiefe und damit in beinahe der Hälfte der gesamten Feinerde, liegt das BC/Al-Verhältnis zwischen 0.02 und 0.04 und damit deutlich unter dem als kritisch erachteten Grenzwert von 0.2. Allerdings sind die Pflanzen des Lärchen-Arvenwaldes an solche Bedingungen angepasst. Im F- und H-Horizont, dem Keimbett der Pflanzen, sind zudem die Bedingungen unkritisch, sodass die natürliche Verjüngung nicht durch toxisch wirkendes Aluminium beeinträchtigt wird. Mit negativen Wirkungen ist allenfalls in der Jungwuchsphase zu rechnen, wenn die Wurzeln in den sehr stark sauren Mineralboden mit sehr geringer Basensättigung vordringen. Erreichen die Wurzeln den basenreicheren Unterboden, so können die Pflanzen die ungünstigen Bedingungen im oberen Bereich des Mineralbodens weitgehend kompensieren.

V9.5.1 **Tiefenverteilung der Schwermetalle**

---

In diesem Boden sind die grössten Gehalte aller Schwermetalle mit Ausnahme von Pb im Sd-Horizont ([Abb. V9.16](#)). Dabei nehmen die Gehalte von Cr und Zn von minimalen Werten im AE-Horizont bis zum Bs-Horizont sehr stark zu. Vom Bs- zum Sd-Horizont ist die Zunahme der Cr- und Zn-Gehalte schwächer, aber immer noch deutlich. Im Go,r-Horizont ist der Cr-Gehalt etwas, der Zn-Gehalt deutlich niedriger als im Sd-Horizont. Nickel liegt im ganzen oberen Teil des Profils bis zum Sw-Horizont unter der Bestimmungsgrenze, bevor sein Gehalt vom Sw- zum Sd-Horizont stark ansteigt. Im Go,r-Horizont ist der Ni-Gehalt wieder deutlich niedriger. Kupfer ist nur gerade im Sd-Horizont, und Pb nur im Go,r-Horizont nachweisbar.

V9.5.2 **Wertung der Schwermetallgehalte im untersten Mineralerde-Horizont im geochemischen Vergleich**

---

Bezogen auf das Ausgangsgestein aus Flysch (Lithofazies 11) liegen der Ni-, Cu- und Zn-Gehalt im Go,r-Horizont unterhalb, der Cr- und Pb-Gehalt innerhalb typischer Wertebereiche.

Anmerkung: Aufgrund unserer Daten lässt sich nicht sagen, inwieweit der Go,r-Horizont das unveränderte Ausgangsgestein repräsentiert und die auf diesem Horizont basierende Beurteilung richtig ist.

V9.5.3 **Beurteilung der quellenunabhängigen Belastung nach VBBo**

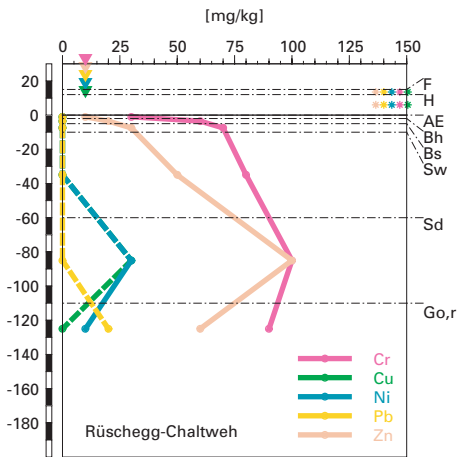
---

Für die organischen Auflage-Horizonte wurden wegen ihres hohen Humusgehaltes ([Abb. V9.8](#)) die volumenbezogenen Konzentrationen ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ; [Tab. A227](#) in Zimmermann et al. 2006) beurteilt. Diese sind niedriger als die massenbezogenen Gehalte ( $\text{mg}/\text{kg}$ ; [Abb. V9.17](#)), da die Dichte kleiner ist als  $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ . Mangels Messwerten wurde für beide Horizonte eine Dichte von  $0.2 \text{ g}/\text{cm}^3$  angenommen.

Bezogen auf die VBBo sind die Konzentrationen und Gehalte der meisten Schwermetalle im ganzen Profil sehr niedrig bis niedrig ([Abb. V9.17](#)). Die Ausnahme bildet ein hoher Cu-Gehalt im Sd-Horizont. Die Richtwerte der VBBo werden nicht überschritten.

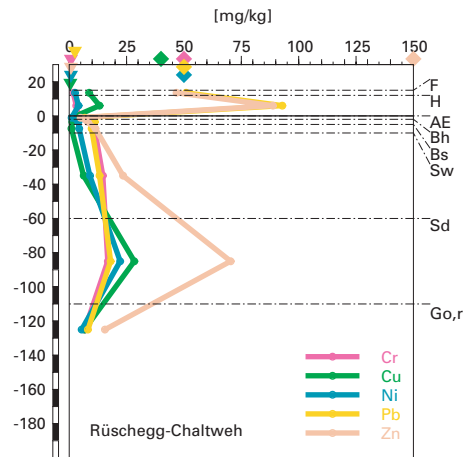
### Cr, Cu, Ni, Pb, Zn

(effektive Totalgehalte)



### Cr, Cu, Ni, Pb, Zn

(HNO<sub>3</sub>-extrahierbare Gehalte)



**Abb. V9.16** (links) Schwermetalle: effektive Totalgehalte

**Abb. V9.17** (rechts) Schwermetalle: Salpetersäure-extrahierbare Gehalte

#### V9.5.4

#### Anreicherungs-faktoren

Da nicht bekannt ist, inwieweit der Go,r-Horizont das unveränderte Ausgangsgestein repräsentiert, können keine Aussagen bezüglich Anreicherung oder Verarmung relativ zum Ausgangsgestein gemacht werden.

Dieses Profil ist vom AE- bis zum Bs-Horizont an allen Schwermetallen stark verarmt (Tab. V9.4). Der Sw-Horizont ist zudem noch etwas an Cr und Zn verarmt, der Sd-Horizont hingegen mit Ni und Zn angereichert.

Die Auswaschung der Schwermetalle aus dem oberen, durch podsolierungsbedingte Eisenverlagerung vom AE- in den Bs-Horizont geprägten Teil ist mit einer kombinierten Wirkung der sehr stark sauren Verhältnisse und dem Transport mit gelöster organischer Substanz zu erklären (Abb. V9.13).

Vom Sw- bis zum Go,r-Horizont ist das Profil von wechselnden Redox-Verhältnissen bedingt durch Stau- bzw. Grund- oder Hangwasser geprägt. Verarmungen in diesem Bereich können durch die sauren Verhältnisse, die Wirkung gelöster organischer Substanz aber auch durch die Auflösung von mit Eisenoxiden assoziierten Schwermetallen während wassergesättigter Phasen gefolgt von vertikalem oder lateralem, hangparallelem Abfluss

Tab. V9.4 Anreicherungsfaktoren						
Horizont	Tiefe [cm]	Anreicherungsfaktor				
		Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
AE	0– 2	0.24	n.b.	<0.72	<0.36	0.12
Bh	2– 5	0.53	n.b.	<0.80	<0.40	0.27
Bs	5– 10	0.65	n.b.	<0.83	<0.41	0.41
Sw	10– 60	0.83	n.b.	<0.93	<0.46	0.77
Sd	60–110	1.01	n.b.	2.72	<0.45	1.51
Go,r	> 110	1.00	n.b.	1.00	1.00	1.00

verursacht werden. Die Anreicherung mit Ni und Zn im Sd-Horizont ist entweder auf die Festlegung von weiter oben im Profil stammenden Metallen an Tonteilchen zurückzuführen, oder aber es ist nur eine scheinbare Anreicherung, die durch eine besonders starke Verarmung des Go,r-Horizontes während wassergesättigter Phasen verursacht wird.

Die erhöhten Salpetersäure-extrahierbaren Pb-Gehalte in der organischen Auflage sind ein deutlicher Hinweis auf anthropogenen Eintrag (Abb. V9.17). Hingegen dürften die in der Auflage erhöhten Salpetersäure-extrahierbaren Ni-, Cu- und Zn-Gehalte auf Rückführung dieser Mikronährstoffe mit der Streu in den Oberboden zurückzuführen sein (Abb. V9.17). Dass die Ni-, Cu-, Zn- und Pb-Gehalte im F-Horizont deutlich kleiner sind als im H-Horizont, kann damit erklärt werden, dass die Schwermetalle sich im H-Horizont anreichern, der als Sammelgefäß für alle schlecht abbaubaren Substanzen aus dem F-Horizont angesehen werden kann. Bei Pb könnte auch der aktuell verringerte atmosphärische Eintrag für den kleineren Gehalt im F-Horizont verantwortlich sein.

#### V9.5.5 Schätzung der Mobilität der Schwermetalle

Dieser Boden ist profilumfassend stark bis sehr stark saurer (Abb. V9.13). Im oberen Teil des Bodens bis zum Sd-Horizont wird denn auch die Mobilität von Ni und Zn als sehr gross geschätzt (Abb. V9.18). Die Cr- und Cu-Mobilität ist mittel bis gross, diejenige von Pb gering bis mittel. Dabei verringert in der organischen Auflage und im podsolierten Teil des Mineralbodens bis zum Bs-Horizont der hohe Gehalt an organischer Substanz (Abb. V9.8) die Mobilität von Cr, Cu und Pb. Im Sw- und Sd-Horizont wird die Mobilität von Cr und Pb durch den hohen Tongehalt (Abb. V9.4) erniedrigt. Im besonders tonreichen Go,r-Horizont wird die Mobilität aller Schwermetalle niedriger geschätzt als in den darüberliegenden Horizonten (Abb. V9.18). Dabei spielt der hohe Tongehalt selber bei Cr, Cu, Zn und Pb eine Rolle.



## Schwermetallmobilität

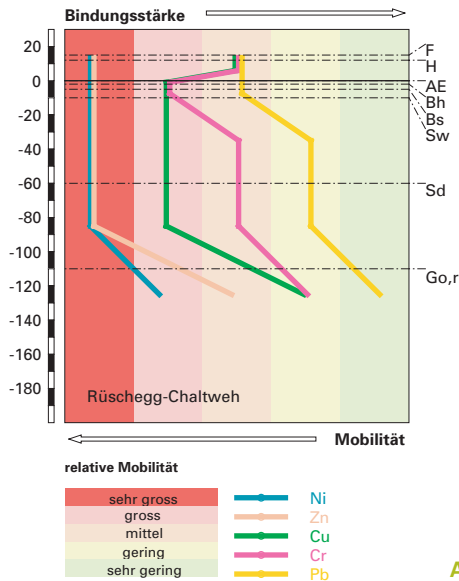


Abb. V9.18 Mobilität der Schwermetalle

Die Ausführungen im letzten Abschnitt weisen darauf hin, dass die Mobilität von Cr, Cu und Pb insbesondere im oberen Teil des Profils wegen der Bindung an gelöste organische Substanz effektiv höher ist als aufgrund der Eigenschaften der Bodenfestphase (pH, Tongehalt, Gehalt an organischer Substanz) geschätzt und in Abb. V9.18 dargestellt. Im unteren Teil des Profils, insbesondere aber im Go,r-Horizont sorgt die Auflösung von mit Eisenoxiden assoziierten Schwermetallen während wassergesättigter Phasen für eine erhöhte Mobilität.

Basierend auf den vorhergehenden Überlegungen und den gemessenen Gehalten (Abb. V9.16) besteht bei diesem Boden allenfalls ein Risiko der Auswaschung von Zn aus dem zeitweise wassergesättigten Go,r-Horizont durch vertikalen oder lateralen, hangparallelen Abfluss.

### V9.5.6

#### Schätzung der Gefährdung von Mikroorganismen

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

V9.6.1 **Nährstoffverfügbarkeit im Oberboden**

---

Aufgrund von Humusform und Bodengefüge ist die Nährstoffverfügbarkeit im Oberboden stark gehemmt. Die von Fichte und Bergföhre stammende Streu ist schwer abbaubar und wird innerhalb eines Jahres nicht vollständig zersetzt. Unter der Streuschicht hat sich ein 3 cm dicker F- und ein 12 cm mächtiger H-Horizont gebildet. Die Humusform wird als Rohhumus klassiert. Durch die Bildung von organischen Auflagehorizonten verbleiben die Nährstoffe lange Zeit in einer nicht pflanzenverfügbaren Form. Die sehr stark saure Feinerde bedingt eine geringe biologische Aktivität, welche sich in einer Einzelkorn- bzw. Subpolyederstruktur der Feinerde äussert. Die Bodenorganismen werden von Pilzen dominiert, welche die organische Substanz nur unvollständig abbauen.

Das C/N-Verhältnis beträgt im F- bzw. H-Horizont 25 bzw. 24 und ist damit gemäss Literaturangaben charakteristisch für einen Moder. Das mässig weite C/N-Verhältnis ist mit einer niedrigen Mineralisierung der organischen Substanz verbunden. Dadurch werden die Nährstoffe nur langsam aus der organischen Bindungsform in eine pflanzenverfügbare Form gebracht. Die aufgrund des C/N-Verhältnisses gemachten Aussagen stehen damit in Einklang mit den morphologischen Beobachtungen. Diese werden auch durch das weite C/P-Verhältnis von 885 im F-Horizont und das mässig weite C/P-Verhältnis von 762 im H-Horizont bestätigt.

V9.6.2 **Nährstoffgehalte**

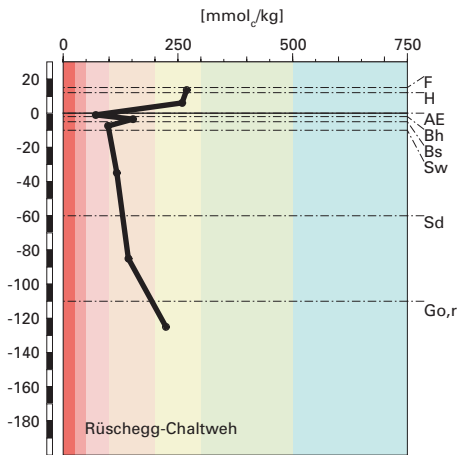
---

Die Kationenaustauschkapazität (KAK) ist in der organischen Auflage infolge der Austauschereigenschaften der organischen Substanz hoch (Abb. V9.19). Im AE-Horizont ist sie durch den geringen Tongehalt und die Verlagerung von organischer Substanz gering. Im Bh-Horizont, in welchem organische Substanz angereichert ist, ist die KAK mittel und nimmt im Bs-Horizont auf einen geringen Wert ab. In den tiefer gelegenen Horizonten steigt sie kontinuierlich an und ist im Go,r-Horizont hoch. In diesen Horizonten verläuft sie parallel dem Tongehalt.

Entsprechend der sehr stark bis stark sauren Feinerde dominiert Aluminium im Mineralboden vom AE- bis in den Sd-Horizont am Kationenaustauscher (Abb. V9.20). Bei derart tiefen pH-Werten gelangt durch die Säurepufferung viel Aluminium in Lösung und verdrängt die Nährstoffkationen von ihren Austauscherplätzen. Die Al-Belegung beträgt vom AE- bis in den

## Kationenaustauschkapazität

(KAK)

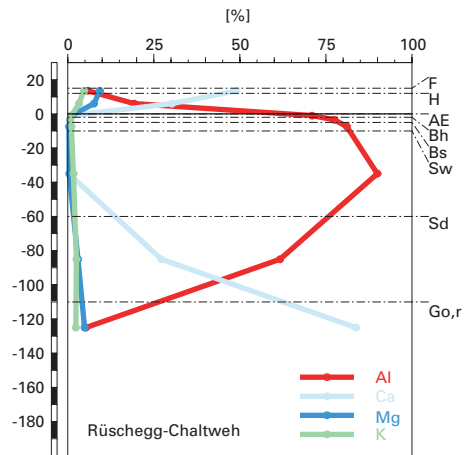


### Klassierung KAK

>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. V9.19** (links) Kationenaustauschkapazität

**Abb. V9.20** (rechts) Belegung des Kationenaustauschers

Sd-Horizont zwischen 62% und 90%. Dementsprechend gering ist die Belegung mit Nährstoffkationen. Die Ca- bzw. Mg-Belegung ist mit Ausnahme des Sd-Horizontes, wo sie 27% bzw. 3% beträgt, überall unter 1%. Die K-Belegung schwankt um 1% und erreicht im Sd-Horizont 2.5%. Der im Sd-Horizont steigende Trend der Belegung durch Nährstoffkationen setzt sich im Go,r-Horizont infolge der Nähe zur Kalkgrenze und des Grundwasser-einflusses fort. Dort nimmt die Ca- bzw. Mg-Belegung weiter auf 84% bzw. 5% zu. Die K-Belegung bleibt bei rund 2.5% und die Al-Belegung geht auf 5% zurück.

In der organischen Auflage ist die Belegung durch die Nährstoffkationen trotz der sehr stark sauren pH-Verhältnisse verhältnismässig gross. Dies ist durch den Nährstoffkreislauf bedingt, indem mit dem Streufall laufend Nährstoffe auf die Bodenoberfläche gelangen. Durch deren kontinuierliche Mineralisierung können sie eine für den entsprechenden pH-Wert sehr grosse Belegung am Kationenaustauscher aufrecht erhalten.

In den Abb. V9.21 bis V9.23 sind die Vorräte an Ca, Mg und K dargestellt. Der Ca-Vorrat nimmt entsprechend der Belegung des Kationenaustauschers in der organischen Auflage zu, bleibt im Mineralboden bis 60 cm Tiefe konstant und steigt im tieferen Unterboden stark an. Der Mg-Vorrat entwickelt sich mit der Tiefe analog dem Ca-Vorrat, nur ist die Zunahme bei Mg nicht so stark wie bei Ca. Der K-Vorrat nimmt mit der Tiefe mehr oder weniger kontinuierlich zu. Im Hauptwurzelaum (bis 60 cm Tiefe) wird das Angebot an Nährstoffkationen wie folgt beurteilt:

Ca mässig  
Mg mässig  
K mässig

Da der Boden bis mindestens 140 cm durchwurzelbar ist, werden die Vorräte optimistischer beurteilt. Bis in 140 cm Tiefe wird der Ca-Vorrat als sehr hoch, der Mg-Vorrat als mässig hoch und der K-Vorrat als hoch bewertet. Insgesamt werden die Vorräte an Nährstoffkationen als hoch klassiert.

### Kalzium-Vorrat

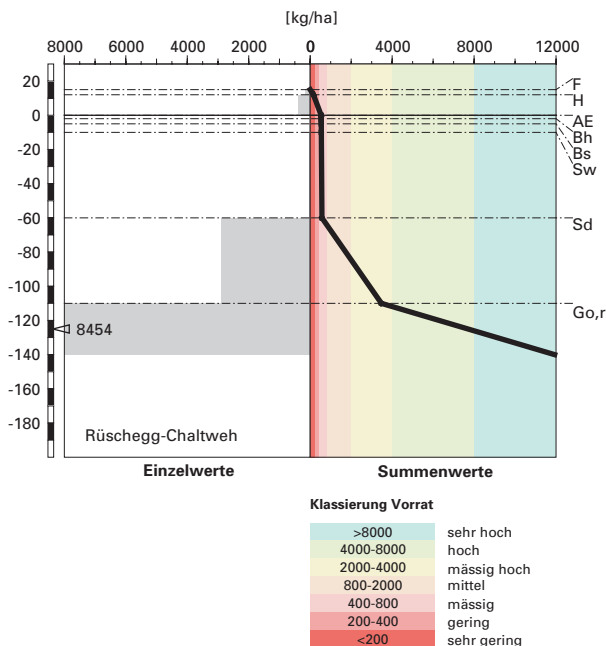


Abb. V9.21 Vorrat an Kalzium

## Magnesium-Vorrat

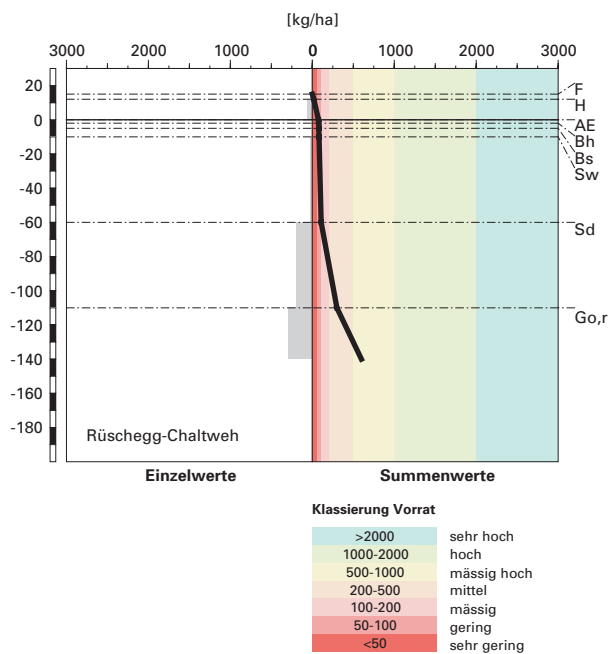


Abb. V9.22 Vorrat an Magnesium

## Kalium-Vorrat

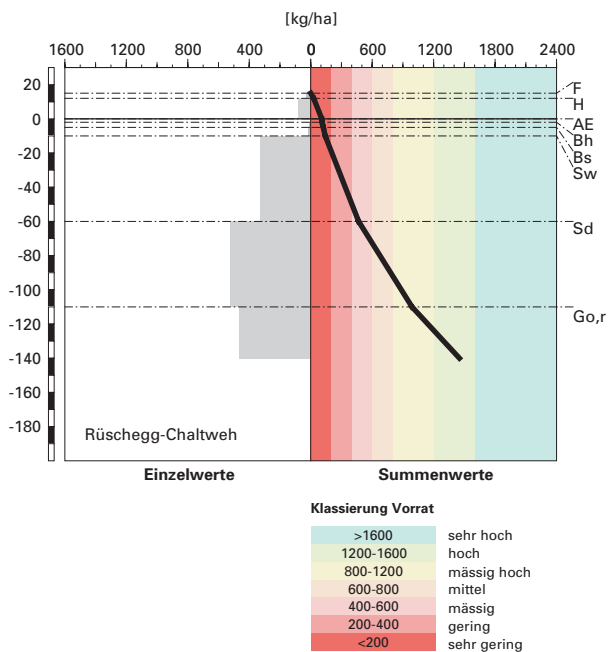


Abb. V9.23 Vorrat an Kalium

Es gilt zu beachten, dass die Versorgung mit Nährstoffen stark vom Wasserhaushalt abhängig ist. Diesbezüglich herrscht am Profilort Rüscheegg-Chaltweh ein kleines Risiko für Trockenstress. Damit dürften die hohen Vorräte an Nährstoffkationen den Pflanzen praktisch uneingeschränkt zur Verfügung stehen.

## V9.7 Themenbereich «Waldbaulich relevante Bodenkennwerte und Baumartenwahl»

---

### V9.7.1 Steckbrief für die Waldbehandlung

---

Der Steckbrief (Tab. V9.5) orientiert über waldbaulich relevante Standortfaktoren und Bodenkennwerte.

### V9.7.2 Baumartenwahl

---

#### Naturnähe von Bestand und Oberboden

In diesem lückigen Bestand wachsen vor allem Fichten und Bergföhren, wobei zusätzlich vereinzelt Vogelbeeren vorhanden sind. Diese Baumartenmischung wird angesichts der Höhenlage und des Standorttyps (Einheit 57S, BUWAL 2005) als naturnah beurteilt. Nach Ott et al. (1997) trifft man an diesem subalpinen Waldstandort häufig Rohhumus oder Feuchtrohumus an. Der beim Profil vorliegende Rohhumus ist demnach standorttypisch.

#### Bodenkundliche Kriterien für die Baumartenwahl

An Waldstandorten mit rauhem bis kaltem Klima, wo aufgrund der kurzen Vegetationsperiode nur Fichten, Vogelbeeren oder Grünerlen gedeihen, spielt der Boden bei der Baumartenwahl eine sehr untergeordnete Rolle. Im Band 3 (Regionen Mittelland und Voralpen, Zimmermann et al. 2006) findet man ein derartiges Klima an den subalpinen Waldstandorten Nr. 57 und 60 (Nr. nach Ellenberg und Klötzli 1972). An diesen Waldstandorten werden die bodenkundlichen Kriterien für die Baumartenwahl nicht besprochen.



<b>Tab. V9.5      Steckbrief für die Waldbehandlung (Rüschegg-Chaltweh)</b>		
<b>Standortangaben</b>		
Relief	Höhe	1570 m ü. M.
	Exposition	SSW
	Neigung	45 %
Klima	Jahresniederschlag	1801 mm
	Jahrestemperatur	4.3°C
Ausgangsgestein	Flysch	
Baumbestand	Struktur	mehrschichtig
	Schlussgrad	65 %
	Baumarten (Deckung)	30 % Fichte, 30 % aufrechte Bergföhre, 2 % Vogelbeerbaum
	Oberhöhe	12 m
Waldgesellschaft	nach E & K 1972	Nr.57: Torfmoos-Fichtenwald mit Landschilf
	nach BUWAL 2005	Einheit 57S: Alpenlattich-Fichtenwald mit Torfmoos
<b>Bodenkennwerte</b>		
Bodensystematik	Humusform	Rohhumus
	Bodentyp	Pseudogley, podsoliert
	Vernässungsgrad	sehr stark pseudovergleyt
Wasser- und Lufthaushalt	Durchlüftung	Die Durchlüftung ist in diesem stark hydromorph geprägten Boden ab 2 cm Tiefe zeitweise ungenügend. Die Vernässung erfolgt sowohl durch Stau- als auch durch Hangwasser.
	Durchwurzelbarkeit	Das Wachstum der Wurzeln wird ab 2 cm Tiefe durch die zeitweise ungenügende Durchlüftung erschwert. Trotz dieser Einschränkung dürfte der Wurzelraum zumindest für die wenig empfindlichen Baumarten mehr als 120 cm mächtig und damit sehr tiefgründig sein. Die in Bezug auf Sauerstoffarmut empfindlichen Baumarten durchwurzeln den Boden vor allem oberflächlich. Wurzeln wurden bis 60 cm Tiefe beobachtet.
	pflanzenverfügbares Wasser	Unter den gegebenen klimatischen Bedingungen besteht sowohl für die tief wurzelnden Baumarten als auch für jene mit oberflächlicherem Wurzelwerk ein bloss kleines Risiko für Trockenstress.
Säurezustand	pH-Wert/Kalkgrenze	Die organische Auflage und die obersten 60 cm des Mineralbodens sind sehr stark sauer. Weiter unten im Profil ist die Feinerde stark sauer. Die Kalkgrenze verläuft unterhalb der Profilsohle, also unterhalb von 140 cm Tiefe.
	Aluminium-Toxizität	In den obersten 60 cm des Mineralbodens besteht ein Risiko für Al-Toxizität.
Nährstoffe	Verfügbarkeit im Oberboden	Wie der Rohhumus weist auch das mässig weite C/N-Verhältnis in der organischen Auflage auf eine gehemmte Mineralisierung hin. Zudem lässt das weite bis mässig weite C/P-Verhältnis in der organischen Auflage eine gehemmte biologische Aktivität erwarten. Diese wird gesamthaft als niedrig klassiert.
	Nährstoffvorräte (Ca, Mg, K)	Die Vorräte der Nährstoffkationen bis 120 cm Tiefe sind recht gross. Der Ca-Vorrat ist hoch, der K-Vorrat mässig hoch und der Mg-Vorrat mittel. Die obersten 60 cm des Mineralbodens sind relativ arm an Nährstoffen.
Verankerung		Die Verankerung der Tiefwurzler wird als gut, jene der oberflächlicher wurzelnden Baumarten als mässig bewertet.
Befahrbarkeit		Der Boden reagiert in nassem Zustand empfindlich auf Befahren mit schweren Maschinen.

Gemäss BUWAL (2005) kommen an diesem subalpinen Waldstandort (Einheit 57S) nur die Fichte, die Vogelbeere und die Bergföhre für die Waldverjüngung in Frage. Diese stark eingeschränkte Auswahl ist vor allem durch das sehr rauhe Klima bedingt. Aus bodenkundlicher Sicht ist die Bergföhre besonders wertvoll, weil ihre Wurzeln den stark vernässten Unterboden erschliessen können. Dies führt zu einer Bodenverbesserung und zu einer stabileren Verankerung des Baumbestandes.

BUWAL, 2005: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion, Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 564 S.

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.

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