

V12 Bodenprofil Chnoden

V12.1 Themenbereich «Bodenbildungsfaktoren und Profilmorphologie»

V12.1.1 **Zusammenfassende Angaben zum Profil und zu den Bodenbildungsfaktoren**

Das Bodenprofil ist in [Abb.V12.1](#) dargestellt. Einen Eindruck vom Bestand vermittelt [Abb.V12.2](#). [Tab.V12.1](#) fasst wichtige Angaben zum Boden und Profilort Chnoden zusammen, und [Tab.V12.2](#) orientiert über die Bodenbildungsfaktoren.

V12.1.2 **Verbreitung gemäss Bodeneignungskarte der Schweiz**

Das Profil gehört zur Kartierungseinheit P5 (Alpenrand, vorwiegend Nagelfluh; Hanglagen, vorwiegend nordexponiert, Ostschweiz, Hangneigung <35%). 36 Stichproben des Landesforstinventars gehören dieser Kartierungseinheit an. Das Profil repräsentiert damit 0.3% der mit dem LFI insgesamt erfassten 11'863 Stichproben.

V12.1.3 **Besonderheiten am Profilort**

Bei diesem Bodenprofil handelt es sich um die Lokalform Chnoden (Richard et al. 1978). Zur Auswahl haben die grosse Verbreitung von Gleyböden im Flyschgebiet der Voralpen und auch die Aufforstungsmöglichkeiten mit begleitenden Entwässerungsmassnahmen beigetragen. Diese Pfeifengraswiese ist gemäss Klötzli (interner Bericht) waldfähig. Auf der Profilphoto ([Abb.V12.1](#)) sind konservierte Baumwurzeln zuerkennen, ein Hinweis, dass dieser Profilort früher einmal bewaldet war.

V12.1.4 **Profilmorphologie und Klassierung**

Die im Profil angesprochenen morphologischen Bodenmerkmale sind in [Tab.V12.3](#) zusammen mit einer Profilskizze dargestellt.



Abb. V12.1 (links) Bodenprofil Chnoden

Abb. V12.2 (rechts) Bestand am Profilort Chnoden

Tab. V12.1 Zusammenfassende Angaben zum Profil Chnoden

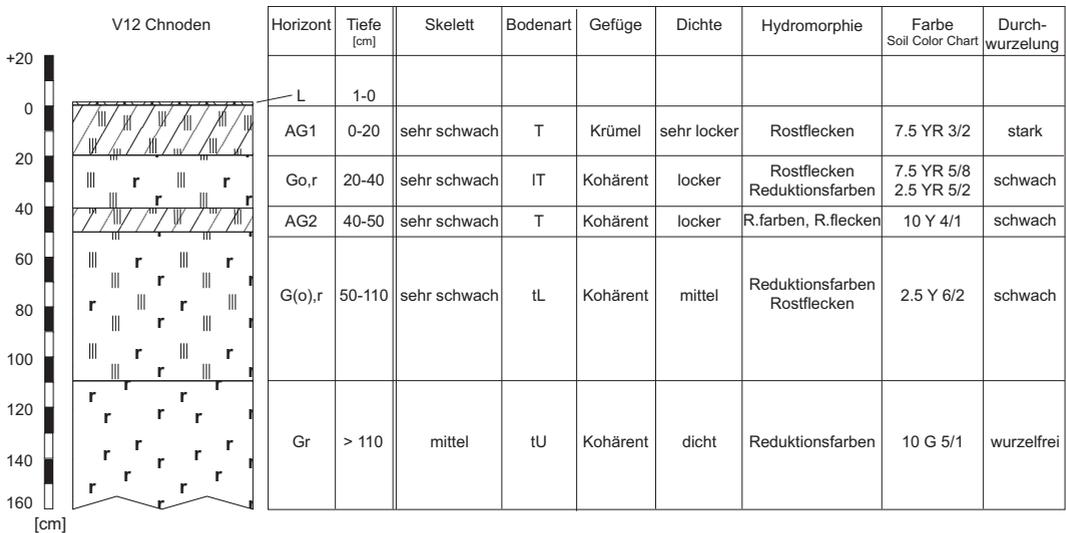
Lokalname	Chnoden (Kanton Zug, Gemeinde Walchwil)	
Lokalform	1, Band 1 (Richard et al. 1978)	
Lage	Landeskarte 1:25000	Blatt 1151, Rigi
	Koordinaten	684550/217000
Waldgesellschaft	Davallseggen-Pfeifengras-Wiese (<i>Molinietum-Caricetosum davallianae</i>)	
Horizontfolge	L-AG1-Go,r-AG2-G(o),r-Gr	
Humusform	Feuchtmull	
Bodentyp	Gley, sehr stark grundnass	
Bodentyp (FAO 1988)	Eutric Gleysol	

Tab. V12.2 Bodenbildungsfaktoren am Profilort Chnoden

Relief	Höhe ü. M.	1060 m	
	Exposition	WNW	
	Neigung	20 %	
	Geländeform	Hangfuss	
Ausgangsgestein	Tektonik/Geologie	Molassebecken; bunte Mergel (Hangtone) der unteren Süsswassermolasse	
	Lithofazies (nach Tuchs Schmid 1995)	Nr.21: Molassemergel und -tongesteine physikalische Verwitterbarkeit Gestein: mittel – gross chemische Verwitterbarkeit Gestein: klein Tongehalt Gestein: mittel – hoch	
Klima	T/N Jahresmittel	6.3°C/1693 mm	
	T/N Januarmittel	- 1.3°C/82 mm	
	T/N Julimittel	15.4°C/177 mm	
	Tage mit Schneedecke	118	
	Wärmegliederung	ziemlich rauh	
	Länge der Vegetationsperiode	150–165 Tage	
Pflanzen	Schicht	Deckung	häufigste Arten
	Baumschicht (25–30 m Höhe)	0 %	–
	Strauchschicht	0 %	–
	Krautschicht	95 %	Davalls Segge (<i>Carex davalliana</i>) Hirse-Segge (<i>Carex panicea</i>) glänzendfrüchtige Binse (<i>Juncus articulatus</i>)
	Mooschicht	90 %	–

Tab. V12.3 Profilskizze und Morphologie des Bodenprofils Chnoden

Bodenart: T Ton, IT lehmiger Ton, tL toniger Lehm, tU toniger Schluff-Lehm



Die Pflanzen der Pfeifengraswiese liefern eine gut abbaubare Streu, so dass sich an der Bodenoberfläche praktisch keine Pflanzenrückstände ansammeln. Die Rostflecken im nahezu schwarzen, krümeligen Oberboden zeigen, dass die Vernässung zeitweise bis an die Bodenoberfläche reicht. Die Horizontfolge des Oberbodens wird mit L-AG bezeichnet und die Humusform als Feuchtmull klassiert.

Aufgrund der morphologischen Merkmale lassen sich im 1.6 m tief aufgeschlossenen Mineralboden fünf Horizonte unterscheiden. Das Profil ist stark hydromorph geprägt, was sich an der fehlenden Verbraunung und an den markanten Vernässungsmerkmalen erkennen lässt.

Die obersten 20 cm des Mineralbodens sind aufgrund des grossen Humusgehaltes bräunlich schwarz gefärbt. Die in der dunklen Matrix vorhandenen Rostflecken kann man nur aus der Nähe erkennen. In 20–40 cm Tiefe sind in der grauen, reduzierten Matrix viele Rostflecken vorhanden, welche auf periodische Sauerstoffzufuhr schliessen lassen. Die Tiefenstufe zwischen 40 und 50 cm besteht aus einem ehemaligen Oberboden, der überschüttet wurde und noch heute viel Humus und zahlreiche Baumwurzeln enthält. In 50–110 cm Tiefe sind nur noch wenige Rostflecken in der gräulichen Bodenmatrix erkennbar. Die grauen Bereiche kommen durch reduktive und die Rostflecken durch oxidative Prozesse zustande. Ab 110 cm Tiefe ist die Feinerde grünlich grau gefärbt, was auf ständigen Sauerstoffmangel hinweist. Die bis 110 cm Tiefe vorhandenen, während mehreren hundert Jahren konservierten Baumwurzeln zeigen, dass die biologische Aktivität in diesem sauerstoffarmen Boden gering ist.

Der Boden ist tonreich und enthält nur wenig Skelett. Der Oberboden ist trotz hohem Tongehalt krümelig, die tieferen Bodenschichten haben ein Kohärentgefüge. Die Dichte nimmt vom lockeren Oberboden bis zur Profilssole markant zu. Die Wurzeln der krautigen Pflanzen erschliessen den Boden bis rund 100 cm Tiefe.

Die Horizontfolge des Profils lautet L-AG1-Go,r-AG2-G(o),r-Gr. Demnach wird der Boden als sehr stark grundnasser Gley klassiert. Die temporäre Vernässung erfolgt durch Grund- und Hangwasser.

Ergänzende Bodenmerkmale

Die Kalkgrenze verläuft in 110 cm Tiefe. Gemäss pH-Hellige ist die Feinerde oberhalb der Kalkgrenze schwach sauer. In 110 cm Tiefe stellt die Obergrenze des Gr-Horizontes für fast alle Baumarten eine Durchwurzelungsbarriere dar, die sich infolge permanenter Sauerstoffarmut im Gr-Horizont nicht überwinden lässt.

V12.2.1 **Beschrieb einiger physikalischer Bodenkennwerte**

Skelettgehalt

Der Boden ist bis 110 cm Tiefe schwach skeletthaltig (Abb. V12.3). Ab 110 cm Tiefe ist der Skelettgehalt mit rund 15% mittel.

Bodenart

Die Korngrössenzusammensetzung variiert zwischen den einzelnen Horizonten relativ stark (Abb. V12.4). Dies lässt sich einerseits durch den geschichteten Aufbau der Boden bildenden Hangtone (Molasse) und andererseits durch ehemalige Hangrutschungen erklären. Die unterschiedliche Korngrössenzusammensetzung in den einzelnen Horizonten ist also weniger durch bodengenetische Prozesse als vielmehr durch das heterogene Ausgangsgestein und durch Erosionsprozesse bedingt. Dies ist besonders im AG2-Horizont deutlich ersichtlich, welcher einem begrabenen ehemaligen Oberboden entspricht. Gemessen an seinem Tonanteil gilt der Boden je nach Horizont als schwer bis extrem schwer. Der Sandanteil ist im ganzen Profil bemerkenswert gering. Die im Feld bestimmte Bodenart deckt sich gut mit den Labor-Messresultaten (Tab. V12.3).

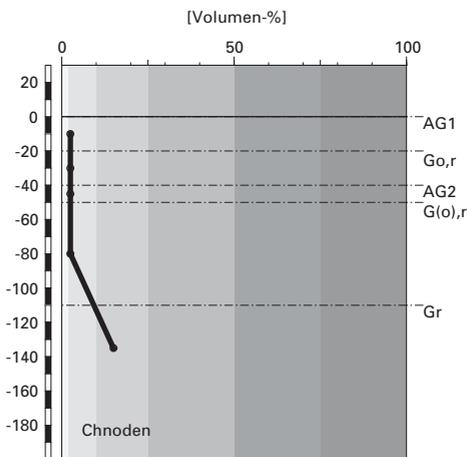
Bodendichte

In diesem Profil wurde die Boden-Dichte anstelle der Feinerde-Dichte gemessen. Da der Boden bis 110 cm Tiefe wenig Skelett enthält, entspricht die Boden-Dichte in dieser Tiefenstufe der Feinerde-Dichte. Im Gr-Horizont können wir keine Angaben zur Feinerde-Dichte machen, weil der Skelettgehalt zu gross ist. Die Dichte nimmt mit der Tiefe stark und stetig zu (Abb. V12.5). Die obersten 50 cm des Bodens haben eine äusserst geringe Dichte, tiefer im Profil ist sie gering bis mittel. Der maximale Dichtewert liegt mit 1.56 g/cm^3 im Gr-Horizont. Die Feinerde-Dichte dürfte den für das Wurzelwachstum als kritisch erachteten Wert von 1.4 g/cm^3 im durchwurzelbaren Teil des Bodens nicht erreichen.

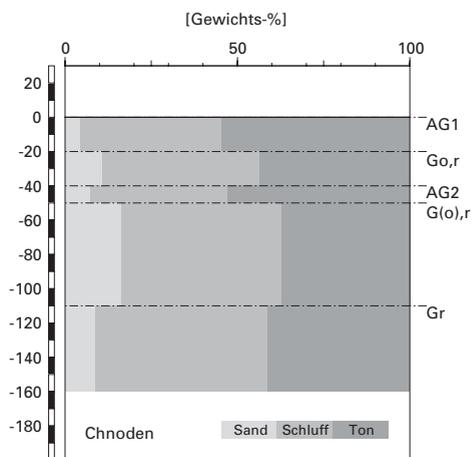
Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

Die Leitfähigkeitswerte sind in den obersten 50 cm des Profils nicht bestimmbar und daher in Abb. V12.6 als * dargestellt. Die Durchlässigkeit von 9 bis 15 cm / Tag im Unterboden ist als gering bis mittel zu bezeichnen. Rein gutachtlich gehen wir davon aus, dass die Durchlässigkeit auch in den obersten 50 cm des Bodens gering bis mittel ist.

Skelettgehalt



Bodenart



Klassierung Skelettgehalt

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

Abb. V12.3 (links) Skelettgehalt

Abb. V12.4 (rechts) Bodenart

Pflanzenverfügbares Wasser

Die Wasserspeicherkapazität des Bodens bis 110 cm Tiefe beträgt 184 l/m², was als sehr hoch klassiert wird (Abb. V12.7). Da der Gr-Horizont nicht durchwurzelbar ist, wird die Speicherleistung nur bis 110 cm Tiefe berechnet.

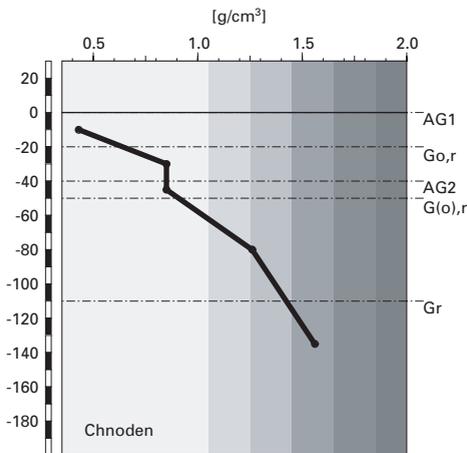
V12.2.2

Bodenkundliche und ökologische Interpretationen

Wasser- und Lufthaushalt des Bodens

In diesem sehr stark grundnassen Gley sind Vernässungserscheinungen offensichtlich. So kommen bis an die Bodenoberfläche Rostflecken vor und ab 20 cm Tiefe sind zusätzlich reduktive Zonen erkennbar. Aufgrund der Vernässungsmerkmale gehen wir davon aus, dass sich hier aerobe und anaerobe Phasen abwechseln. Unterhalb von 110 cm Tiefe herrschen andauernd anaerobe, reduzierende Bedingungen, so dass keine oxidativen Merkmale entstehen können. Die Vernässung erfolgt in diesem Boden durch Grund- oder durch Hangwasser. Dies wird unter anderem an der

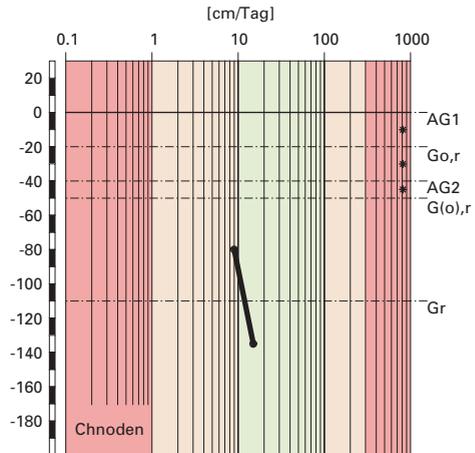
Boden-Dichte



Klassierung Dichte

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

gesättigte Wasserleitfähigkeit (k_{sat})



Klassierung k_{sat}

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

Abb. V12.5 (links) Dichte des Bodens

Abb. V12.6 (rechts) Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

Belegung des Kationenaustauschers sichtbar, indem die Basensättigung im sauren Teil des Bodens mehr als 90% beträgt (Abb. V12.15). Das periodisch bis an die Bodenoberfläche ansteigende basenreiche Fremdwasser wirkt einer Abnahme der Basensättigung im sauren Profiltteil entgegen.

Durchwurzelbarkeit des Bodens

Obwohl diese waldfähige Pfeifengraswiese heute nicht bewaldet ist, wollen wir den Boden im Hinblick auf seine Durchwurzelbarkeit mit Baumwurzeln beurteilen. Der Wurzelraum reicht für alle Baumarten bis maximal an die Obergrenze des stets anaeroben Gr-Horizontes in 110 cm Tiefe. Trotz seiner begrenzten Mächtigkeit wird der Wurzelraum als sehr tiefgründig klassiert. Der durchwurzelbare Teil des Bodens lässt sich aufgrund seiner zeitweise starken Vernässung von empfindlichen Baumarten wie Buche und Fichte allerdings bloss eingeschränkt nutzen. Weniger empfindliche Baumarten wie die Tanne können den vorhandenen Wurzelraum besser erschliessen. In diesem Boden wird das Wurzelwachstum zwar wohl durch die zeitweise

pflanzenverfügbares Wasser

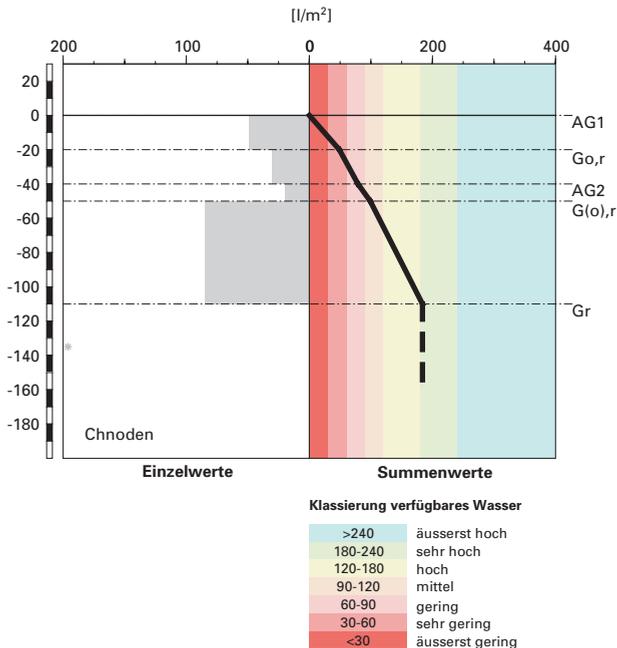


Abb. V12.7 Pflanzenverfügbares Wasser

ungenügende Durchlüftung behindert, nicht aber durch die Feinerdedichte, weil diese den als kritisch erachteten Wert von 1.4 g/cm^3 im durchwurzelbaren Teil des Bodens nicht erreicht. Der Wurzelraum wird von den Krautpflanzen der Pfeifengraswiese gut genutzt, denn Wurzeln stossen bis nahezu an die Obergrenze des Gr-Horizontes vor.

Wasserversorgung des Baumbestandes

Bei einem Wurzelraum von 110 cm Mächtigkeit kann gemäss unseren Berechnungen davon ausgegangen werden, dass die Bäume in Trockenperioden ohne nennenswerte Niederschläge nach rund 25 Tagen an Wassermangel zu leiden beginnen würden. Trotz dem nicht optimalen Speichervermögen des Bodens besteht kein Risiko für Trockenstress, weder bei den tief wurzelnden Baumarten noch bei den Arten mit oberflächlicherem Wurzelwerk. Wir kommen zu diesem Schluss, weil in Bezug auf Trockenstress ein günstiges Klima herrscht und dem Boden laufend Fremdwasser zugeführt wird. In Trockenperioden wirkt kapillar in den Wurzelraum aufsteigendes Wasser dem Trockenstress-Risiko entgegen.

Bodenbefahrbarkeit

Der Boden reagiert in nassem Zustand sehr empfindlich auf Befahren mit schweren Maschinen, da der Skelettgehalt gering und der Tongehalt gross sind. Im Winter ist das Befahren aus bodenökologischer Sicht fast immer problematisch, weil der Boden dann meistens mit Wasser gesättigt ist und höchstens oberflächlich gefriert.

V12.3 Themenbereich «Bodenhauptbestandteile»

V12.3.1 **Charakterisierung der Bodenhauptbestandteile**

Organische Substanz

Der Profilort Chnoden ist waldfrei. Er liegt in einer Davallseggen-Pfeifengras-Wiese, in welcher vor allem Davalls Segge, Hirse-Segge und glänzendfrüchtige Binse vorkommen. Im Vergleich zu einem Wald fällt auf dieser Wiese weniger Streu an. Sie ist gut abbaubar, weshalb auf der Bodenoberfläche praktisch keine Pflanzenrückstände sichtbar sind.

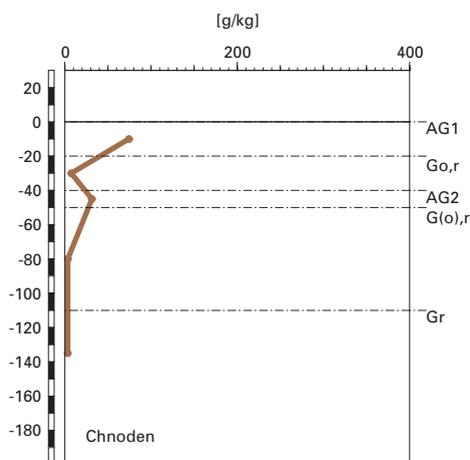
Der Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org}) beträgt im AG1-Horizont 7.4% (Abb. V12.8). Im Go,r-Horizont sind nur noch 0.7% organischer Kohlenstoff vorhanden. Im AG2-Horizont steigt der C_{org} -Gehalt nochmals auf 3.1% an und beträgt in den tiefer gelegenen Horizonten nur noch 0.3%. Aus diesen Gehalten resultiert ein Vorrat an organischem Kohlenstoff von 129 t/ha (Abb. V12.9).

Tonverteilung sowie Verteilung von Aluminium- und Eisenoxiden

Der grösste Tongehalt ist mit 55% bzw. 53% im AG1- und AG2-Horizont zu finden (Abb. V12.4). Mit Ausnahme des sekundären Maximums im AG2-Horizont nimmt der Tongehalt mit der Tiefe tendenziell ab.

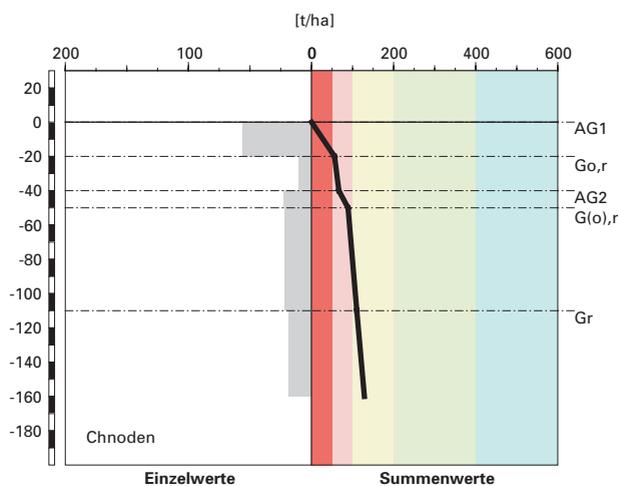
Der Gehalt des Dithionit-extrahierbaren Eisens (Fe_d) nimmt vom Maximum im AG1-Horizont auf das Minimum im AG2-Horizont ab (Abb. V12.10). Nach einem sekundären Maximum im G(o),r-Horizont nimmt Fe_d im Gr-Horizont wieder leicht ab. Das Oxalat-extrahierbare Eisen (Fe_o) verhält sich ähnlich, nur sind die Gehaltsunterschiede nicht so gross wie bei Fe_d . Der Gehalt des Pyrophosphat-extrahierbaren Eisens (Fe_p) und Aluminiums (Al_p) zeigen eine ähnliche und mit dem C_{org} -Gehalt vergleichbare Tiefenverteilung (Abb. V12.10 und V12.11). Al_p und Fe_p sind im AG1- und AG2-Horizont etwa gleich gross. Im Go,r- und G(o),r-Horizont sind sie ebenfalls vergleichbar, jedoch deutlich kleiner als in den AG-Horizonten. Al_p ist im G(o),r-Horizont nicht mehr bestimmbar und Fe_p nimmt im Gr-Horizont auf den

organischer Kohlenstoff



Kohlenstoff-Vorrat

(C_{org})



Klassierung Vorrat

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

Abb. V12.8 (links) Gehalt an organischem Kohlenstoff

Abb. V12.9 (rechts) Vorrat an organischem Kohlenstoff

kleinsten Wert ab. Der Gehalt des Oxalat-extrahierbaren Aluminiums (Al_o) nimmt mit der Tiefe tendenziell leicht ab, weist jedoch im AG2-Horizont ein schwach ausgeprägtes sekundäres Maximum auf (Abb. V12.11).

Das Fe_o/Fe_d -Verhältnis ist im ganzen Profil mit Ausnahme des AG2-Horizontes mehr oder weniger konstant und liegt bei 0.3 (Abb. V12.12). Im AG2-Horizont befindet sich mit 0.5 das Maximum. Das Fe_p/Fe_o -Verhältnis ist mit 0.3 im AG2-Horizont am grössten. Über die ganze erschlossene Profiltiefe zeigt es sonst tendenziell eine leichte Abnahme von rund 0.2 im AG1-auf rund 0.1 im Gr-Horizont. Das Al_p/Al_o -Verhältnis ist nur bis in den AG2-Horizont bestimmbar und verläuft, mit leicht grösseren Werten, parallel dem Fe_p/Fe_o -Verhältnis.

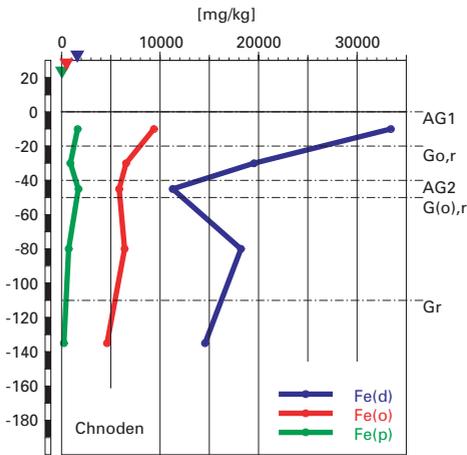
V12.3.2

Bodenkundliche Interpretation

Die Streu der verschiedenen Sauergräser ist gut abbaubar und wird innerhalb eines Jahres praktisch vollständig zersetzt. Auf der Bodenoberfläche

Eisen-Oxide

(Gehalte)



Aluminium-Oxide

(Gehalte)

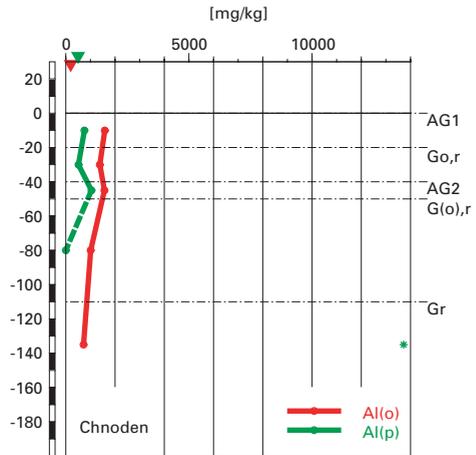


Abb. V12.10 (links) Gehalte an Dithionit- (Fe_d), Oxalat- (Fe_o) und Pyrophosphat- (Fe_p) extrahierbarem Eisen

Abb. V12.11 (rechts) Gehalte an Oxalat- (Al_o) und Pyrophosphat- (Al_p) extrahierbarem Aluminium

Eisen- und Aluminiumoxide

(Verhältnisse)

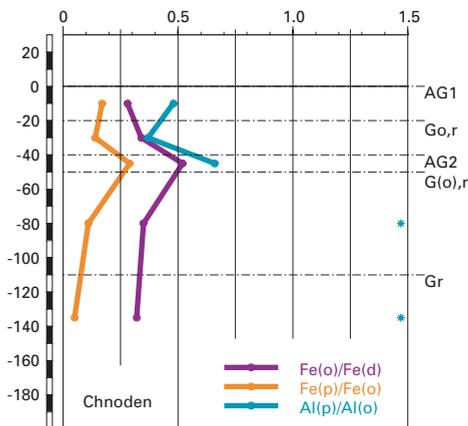


Abb. V12.12 Verhältnisse der Fe- und Al-Oxide

sind fast keine Streureste erkennbar und die Humusform wird als Feuchtmull klassiert. Zu der schnellen Umsetzung der organischen Substanz tragen neben der Streuqualität auch die nur schwach sauren pH-Verhältnisse im Oberboden bei. Diese begünstigen eine grosse biologische Aktivität, welche sich in einer Krümelstruktur im Oberboden ausdrückt. Allerdings wird das Einsickern des Niederschlagswassers infolge der geringen Durchlässigkeit der Unterbodenhorizonte verzögert, so dass nahe an der Bodenoberfläche periodisch auch anaerobe Verhältnisse von kurzer Dauer herrschen. Während dieser Zeit ist die biologische Aktivität eingeschränkt. Es reichern sich schlecht zersetzte organische Reste an, welche den Humusgehalt erhöhen. Im Mineralboden werden diese Humusstoffe durch die Bildung von Ton-Humus-Komplexen vor weiterer Mineralisierung geschützt. Ein weiterer Schutz vor einer vollständigen Mineralisierung bietet die starke Vernässung des Bodens. Durch die ausgedehnten anaeroben Bereiche im Boden bleibt der Lebensraum für die aeroben Bodenmikroorganismen hauptsächlich auf die obersten Zentimeter beschränkt. Sobald die Humusstoffe in anaerobe Bereiche gelangen, sind sie vor weiterem Abbau besser geschützt. Dies belegt der AG2-Horizont, welcher vermutlich ein ehemaliger, jetzt überschütteter Oberbodenhorizont ist. Er enthält immer noch einen relativ grossen Anteil konservierter organischer Substanz, unter anderem auch abgestorbene Wurzeln. Auf diese Weise konnte sich trotz relativ geringer Streuproduktion ein im gesamtschweizerischen Vergleich mittlerer Vorrat an organischem Kohlenstoff von 129 t/ha bilden (Abb. V12.9).

Der begrabene ehemalige Oberboden zeigt sich auch in der Tiefenverteilung des Tongehaltes. Es lassen sich zwei Tiefenprofile mit jeweils abnehmendem Tongehalt im aufgeschütteten Material vom AG1- bis zum Go,r-Horizont und im überschütteten Boden vom AG2- bis zum Gr-Horizont erkennen.

Die Störung im Profilaufbau hat sich auch auf die Verteilung der Aluminium- und Eisengehalte ausgewirkt. Im aufgeschütteten Boden haben Al_p , Al_o und Fe_p das Maximum im Oberboden (AG1-Horizont). Im überschütteten Boden ist das Maximum von Al_p , Al_o und Fe_p ebenfalls im (ehemaligen) Oberboden (AG2-Horizont) zu finden. Dies hängt mit der Tiefenverteilung des organischen Kohlenstoffes zusammen. Die Pyrophosphat-extrahierbare Fraktion ist stark mit der organischen Substanz assoziiert. Beim Aluminium ist aufgrund des grossen Al_p/Al_o -Verhältnisses rund 50% der amorphen Fraktion mit der organischen Substanz verbunden, weshalb auch Al_o im überschütteten Oberboden ein sekundäres Maximum hat.

Im Gegensatz zu Aluminium wurde das redoxensitive Eisen durch die wechselnden Feuchtigkeitsverhältnisse mit anaeroben Phasen im Profil umverteilt. Es kann sowohl eine Verlagerung in die Tiefe, als auch ein kapil-

larer Aufstieg von gelösten Eisenspezies erfolgen. Unterhalb von 20 cm kommen bereits Reduktionsfarben vor, was auf längere anaerobe Phasen bis nahe an die Bodenoberfläche hinweist. Während solcher Phasen wird Eisen reduziert. Wenn sich der Grundwasserspiegel zurückzieht wird reduziertes Eisen in Verbindung mit gelöster organischer Substanz verlagert und im G(o)r-Horizont angereichert. Andererseits befindet sich in Trockenperioden der Grundwasserspiegel im Übergang zum Gr-Horizont in rund 110 cm Tiefe. In diesen Trockenperioden ist es möglich, dass reduzierte, gelöste Eisenspezies durch kapillaren Aufstieg von Grundwasser in den G(o)r-Horizont gelangen, wo sie im Kontakt mit Sauerstoff ausfallen. Dadurch kommt es zu einer Eisenanreicherung in diesem Horizont, was die Tiefenverteilung von Fe_d und Fe_o mit einem sekundären Maximum im G(o)r-Horizont erklärt.

Das Fe_o/Fe_d -Verhältnis lässt eine relativ grosse Kristallinität der Eisenoxide vermuten, was bei einem derart vernässten Boden eher überrascht. Es kann nur mit einem grossen Anteil von im sedimentären Ausgangsgestein enthaltenen primären, kristallinen Eisenoxiden erklärt werden, denn bei stark hydromorphen Böden ist eine Rekristallisation von amorphen Eisenoxiden unwahrscheinlich.

Aufgrund der morphologischen Merkmale wurde dieser Boden als sehr stark grundnasser Gley klassiert. Die Interpretation der Bodenhauptbestandteile bestätigt diese Klassierung. Aufgrund der Tiefenverteilung der extrahierbaren Aluminium- und Eisenverbindungen wie auch des Ton- und C_{org} -Gehaltes, kommen wir zum Schluss, dass eine Störung im Profilaufbau vorliegt. Vermutlich wurde durch eine Hangrutschung ein gewachsener Boden mit Erosionsmaterial überschüttet.

V12.4 Themenbereich «Säurezustand»

V12.4.1 Charakterisierung des Säurezustandes

pH-Wert

Dieser Boden zeigt einen atypischen Tiefenverlauf des pH-Wertes. Vom AG1-Horizont nimmt der pH-Wert von 5.7 mit zunehmender Tiefe auf 4.5 im G(o),r-Horizont ab. Der Gr-Horizont in 110 cm Tiefe ist alkalisch ([Abb. V12.13](#)). Der AG1-Horizont befindet sich in der Säureklasse 2, der Profilmittelbereich zwischen 20 und 50 cm Tiefe in der Säureklasse 3, der G(o),r-Horizont in der Säureklasse 4 und der Gr-Horizont liegt in der Säureklasse 1.

Austauschbare Kationen und Basensättigung

Der Kationenaustauscher ist im ganzen Boden überwiegend mit basischen Kationen belegt (Abb. V12.14). Im mässig sauren AG2-Horizont, der sich im unteren pH-Bereich der Säureklasse 3 im Übergang zur Säureklasse 4 befindet, sowie im G(o),r-Horizont der im oberen pH-Bereich der Säureklasse 4 liegt, sind geringe Mengen saurer Kationen in austauschbarer Form gebunden. Zu bemerken ist, dass in diesen Horizonten neben Aluminium auch Mangan und Protonen in erwähnenswerten Mengen am Kationenaustauscher erscheinen (Tab. A250 in Zimmermann et al. 2006). Die Basensättigung ist im ganzen Boden sehr hoch (Abb. V12.15). Mit 90% ist sie im G(o),r-Horizont am kleinsten.

V12.4.2

Interpretationen zum Säurezustand

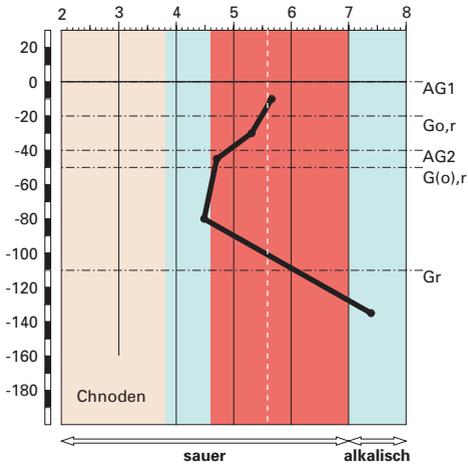
Stand der Bodenversauerung

Dieser sehr stark grundnasse Gley, der sich aus einem karbonathaltigen Ausgangsgestein gebildet hat, wurde im Laufe seiner Entwicklung überschüttet. Die Mächtigkeit der Überschüttung beträgt am heutigen Profil ca. 40 cm. So besehen handelt es sich um zwei getrennte Bodenprofile, deren Entwicklung nicht zeitgleich abgelaufen ist. Der AG2-Horizont ist vermutlich mit einem überfahrenen A-Horizont identisch. Aus diesem Grund ist eine Interpretation der Bodenversauerung sehr spekulativ. Zusammenfassend kann aber der Säurezustand dieses sehr stark grundnassen Gleys aufgrund des Tiefenverlaufs des pH-Wertes dennoch beurteilt werden. Die pH-Werte liegen in vier verschiedenen Säureklassen, weshalb der Boden insgesamt als stark versauert klassiert wird.

In den obersten 40 cm des Profils, die in den Säureklassen 2 und 3 liegen, erfolgt die Säurepufferung durch Silikatverwitterung oder durch Protonierung variabler Ladungen. Im pH-Bereich dieser Horizonte geht praktisch kein Aluminium in Lösung, weshalb der Kationenaustauscher überwiegend mit Basen belegt ist. Im G(o),r-Horizont, der sich in der Säureklasse 4 befindet, werden die Säuren durch Auflösung von Aluminiumverbindungen und im Gr-Horizont, entsprechend der Säureklasse 1, durch Auflösung des karbonathaltigen Gesteins gepuffert.

Der Anteil von austauschbarem Aluminium ist im G(o),r-Horizont allerdings gering. Dieser Horizont liegt im oberen pH-Bereich der Säureklasse 4, wo die Al-Löslichkeit nicht sehr gross ist. Zudem werden mit dem Grundwasser ständig basische Kationen in diesen Horizont nachgeliefert. Die Versauerungsfront befindet sich an der Grenze zwischen dem G(o),r- und dem Gr-Horizont am Übergang von der Säureklasse 4 zur Säureklasse 2, wo kein austauschbares Aluminium mehr zu finden ist.

pH-Wert
(CaCl₂)



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

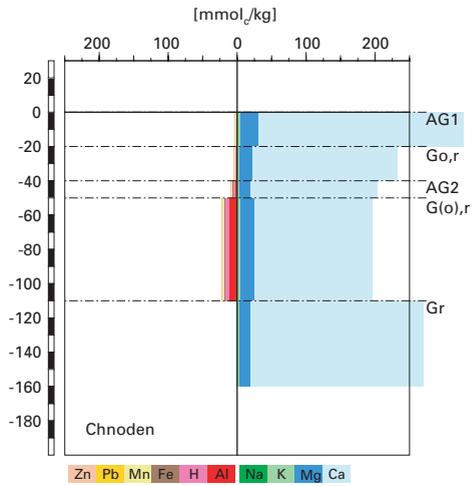
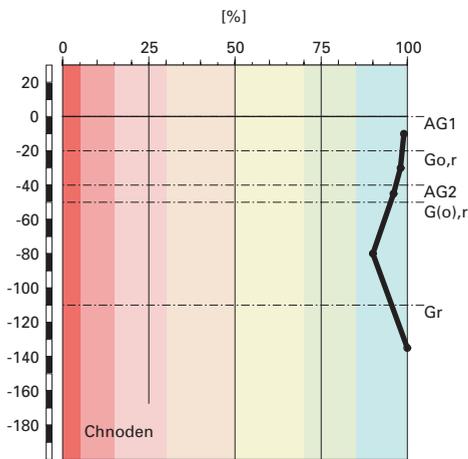


Abb. V12.13 (links) pH-Wert und Säureklassen

Abb. V12.14 (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. V12.15 Basensättigung

Trotz der als stark beurteilten Versauerung ist die Basensättigung in Folge der sehr starken Vernässung im ganzen Profil sehr gross. Mit dem basenreichen Grundwasser, das zeitweilig bis in den AG1-Horizont aufsteigt, werden im Boden ständig basische Kationen im Boden umverteilt und die Auswaschung von gelösten Stoffen bleibt gehemmt.

Risiko für Boden und Pflanzen

Das Risiko einer pH-Abnahme ist in diesem Boden klein, weil sich nur rund 20% der Feinerde in den schwach puffernden Säureklassen 2 und 3 befinden. Auch bei einer pH-Abnahme wird die Basensättigung infolge der profilumfassend starken Vernässung hoch bleiben. Für die Pflanzen besteht kein Risiko durch toxisch wirkendes Aluminium in ihrem Gedeihen beeinträchtigt zu werden, denn das BC/Al-Verhältnis liegt im ganzen Boden weit über dem als kritisch erachteten Grenzwert von 0.2.

V12.5 Themenbereich «Schwermetalle»

V12.5.1 Tiefenverteilung der Schwermetalle

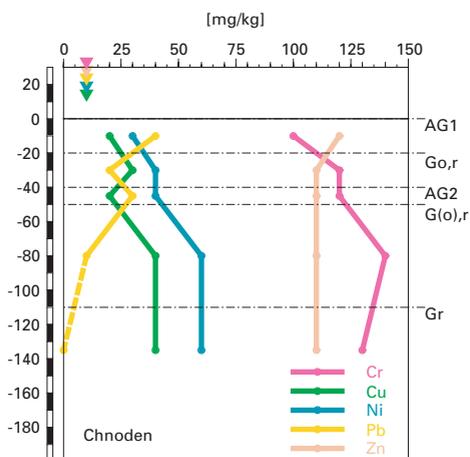
Die Gehalte an Cr, Ni und Cu zeigen in diesem Boden eine ähnliche Tiefenverteilung (Abb. V12.16). Die minimalen Gehalte aller drei Schwermetalle werden im AG1-Horizont gemessen, während die Gehalte im G(o),r- und Gr-Horizont maximal sind. Kupfer weist zudem ein sekundäres Maximum im Go,r-Horizont auf. Der Zn-Gehalt ist im ganzen Profil in etwa konstant. Mit Ausnahme eines sekundären Maximums im AG2-Horizont nimmt der Pb-Gehalt mit zunehmender Bodentiefe ab.

V12.5.2 Wertung der Schwermetallgehalte im untersten Mineralerde-Horizont im geochemischen Vergleich

Bezogen auf das Ausgangsgestein aus Molassemergel (Lithofazies 21) liegen der Pb-Gehalt im Gr-Horizont unterhalb, die übrigen Schwermetall-Gehalte oberhalb typischer Wertebereiche.

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

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



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

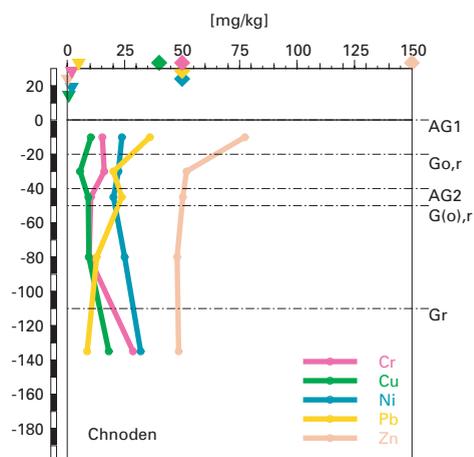


Abb. V12.16 (links) Schwermetalle: effektive Totalgehalte

Abb. V12.17 (rechts) Schwermetalle: Salpetersäure-extrahierbare Gehalte

V12.5.3 Beurteilung der quellenunabhängigen Belastung nach VBBo

Bezogen auf die VBBo sind die Gehalte der Schwermetalle in diesem Boden meist sehr niedrig bis niedrig (Abb. V12.17). Die Ausnahmen bilden erhöhte Cr- und Ni-Gehalte im Gr- sowie ein erhöhter Zn- und ein hoher Pb-Gehalt im AG1-Horizont. Die Richtwerte der VBBo werden nicht überschritten.

V12.5.4 Anreicherungs-faktoren

Obwohl dieses Profil eigentlich aus zwei Teilen besteht, einem unteren Teil vom AG2- bis zum Gr-Horizont und einem darüberschobenen Teil vom AG1- bis zum Go,r-Horizont, wird es für die Berechnung der Anreicherungs-faktoren als Einheit betrachtet. Da nicht bekannt ist, inwieweit der Gr-Horizont das unveränderte Ausgangsgestein repräsentiert, können keine Aussagen bezüglich Anreicherung oder Verarmung relativ zum Ausgangsgestein gemacht werden.

Der Teil des Profils vom AG1- bis zum AG2-Horizont ist deutlich an Ni und Cu sowie etwas an Cr und Zn verarmt (Tab. V12.4). Bei den schwach bis mässig sauren Verhältnissen in diesem Teil des Profils dürfte hierfür eine kombinierte Wirkung des Transportes mit gelöster organischer Substanz

Tab. V12.4 Anreicherungsfaktoren						
Horizont	Tiefe [cm]	Anreicherungsfaktor				
		Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
AG1	0–20	0.72	0.47	0.47	n.b.	1.02
Go,r	20–40	0.68	0.55	0.49	n.b.	0.74
AG2	40–50	0.68	0.37	0.49	n.b.	0.74
G(o),r	50–110	0.89	0.82	0.82	n.b.	0.82
Gr	> 110	1.00	1.00	1.00	n.b.	1.00

und der Freisetzung von mit Eisenoxiden assoziierten Schwermetalle während wassergesättigter Perioden verantwortlich sein. In den untersten beiden Horizonten werden die Schwermetalle einerseits durch die alkalischen Verhältnisse im Gr-Horizont sowie die Bildung von schwerlöslichen Schwermetall-Sulfiden unter den mehrheitlich reduzierenden Bedingungen immobilisiert.

Die mit der Tiefe abnehmenden Pb-Gehalte (Abb. V12.16 und V12.17) weisen auf anthropogenen Eintrag in den Oberboden hin. Das sekundäre Pb-Maximum im AG2-Horizont (Abb. V12.16 und V12.17) ist entweder auf Verlagerung aus dem AG1-Horizont zurückzuführen, oder mit atmosphärischem Eintrag in der Zeit zu erklären, als der AG2-Horizont der Oberboden war. Der gegenüber dem Go,r-Horizont etwas erhöhte Zn-Gehalt im AG1-Horizont (Abb. V12.16 und V12.17) lässt sich am besten mit der Rückführung dieses Mikronährstoffs mit der Streu in den Oberboden erklären.

V12.5.5 **Schätzung der Mobilität der Schwermetalle**

In diesem Boden nimmt der pH-Wert mit der Tiefe bis zum G(o),r-Horizont ab (Abb. V12.13). Im schwach sauren AG1-Horizont wird die Mobilität aller Schwermetalle als sehr gering beurteilt (Abb. V12.18), wobei die Mobilität aller Schwermetalle mit Ausnahme von Zn durch die Bindung an feste organische Substanz zusätzlich gemindert wird. In den mässig sauren Go,r- und AG2-Horizonten sind die Ni-Mobilität mittel, die Zn-Mobilität gering bis mittel, die Cu-Mobilität sehr gering bis gering, die Cr- und Pb-Mobilität sehr gering. Im AG2-Horizont wirkt wiederum der hohe Gehalt an organischer Substanz mobilitätshemmend auf Cr, Cu und Pb. Im stark sauren G(o),r-Horizont ergeben die Schätzungen für Ni und Zn eine grosse, für Cu eine mittlere, für Cr eine geringe und für Pb eine sehr geringe Mobilität. Im alkalischen Gr-Horizont wird die Mobilität aller Schwermetalle als sehr gering bis gering beurteilt. Im ganzen Profil beeinträchtigt der sehr hohe Tongehalt (Abb. V12.4) die geschätzte Mobilität von Cr und Pb, in den AG-Horizonten zusätzlich diejenige von Cu und Zn.

Schwermetallmobilität

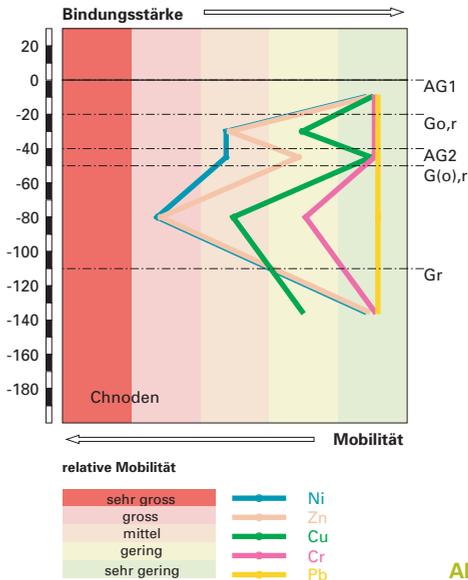


Abb. V12.18 Mobilität der Schwermetalle

Aufgrund der bei der Diskussion der Anreicherungsfaktoren angestellten Überlegungen dürfte im oberen Profilbereich vom AG1 bis zum AG2-Horizont die effektive Mobilität von Cr, Ni, Cu und Pb durch Transport mit gelöster organischer Substanz und die Freisetzung von mit Eisenoxiden assoziierten Metallen während wassergesättigter Perioden grösser sein als sie geschätzt wurde und in Abb. V12.18 dargestellt ist. Umgekehrt verringert im G(o)r- und im Gr-Horizont die Bildung schwerlöslicher Sulfide die Mobilität vor allem von Cu und Pb.

Die Gefahr einer Belastung des Hangwassers mit Schwermetallen durch vertikalen Abfluss wird aufgrund des alkalischen pH-Wertes im Gr-Horizont und der zusätzlichen Immobilisierung der Schwermetalle als Sulfide als gering eingeschätzt. Durch lateralen Abfluss aus den obersten drei Horizonten könnten allerdings Oberflächengewässer gefährdet sein.

V12.5.6

Schätzung der Gefährdung von Mikroorganismen

Im AG1-Horizont liegen die meisten Schwermetalle in Gehalten vor, welche für pflanzliche und tierische Mikroorganismen in Waldböden unkritisch sind. Hingegen liegt der Cr-Gehalt im Grenzbereich zum Risiko für Mikroorganismen.

V12.6 Themenbereich «Nährstoffe»

V12.6.1 Nährstoffverfügbarkeit im Oberboden

Aufgrund der Humusform und der Bodenstruktur im Oberboden des Profilverortes Chnoden wird die Nährstoffverfügbarkeit als gut beurteilt. Die Streu der Davallseggen-Pfeifengras-Wiese ist gut abbaubar und wird innerhalb eines Jahres praktisch vollständig zersetzt. Es hat sich nur eine dünne Streuschicht gebildet und die Humusform ist ein Feuchtmull. In der schwach sauren Feinerde im AG1-Horizont ist die biologische Aktivität gross. Allerdings ist vermutlich aufgrund des zeitweise hoch anstehenden Grundwasserspiegels die biologische Aktivität und damit die Regenwurmartivität etwas gehemmt, weshalb die Durchmischungszone von organischer Substanz und Mineralerde relativ scharf gegen den Go,r-Horizont abgegrenzt ist. Nur der AG1-Horizont besitzt eine für eine grosse biologische Aktivität typische Krümelstruktur. Im Go,r-Horizont liegt dagegen ein Kohärentgefüge vor.

Das C/N-Verhältnis beträgt im AG1-Horizont 14 und ist typisch für die Humusform Mull. Das mässig enge C/N-Verhältnis ist mit einer hohen Mineralisierungsrate der organischen Substanz verbunden, was besagt, dass die Streu nicht nur schnell zersetzt, sondern dass die organische Substanz auch schnell mineralisiert wird und die Nährstoffe damit den Pflanzen wieder zur Verfügung stehen. Die Interpretation des C/N-Verhältnisses steht in Einklang mit den morphologischen Beobachtungen. Das mässig enge C/P-Verhältnis von 197 im AG1-Horizont deutet ebenfalls eine grosse biologische Aktivität an.

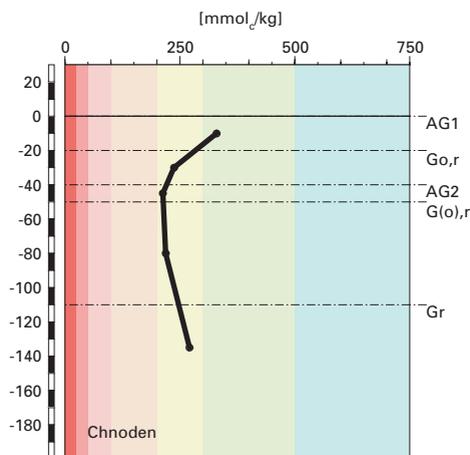
V12.6.2 Nährstoffgehalte

Die Kationenaustauschkapazität (KAK) ist im AG1-Horizont sehr hoch, in allen anderen Horizonten hoch ([Abb. V12.19](#)). Der sehr hohe Wert im AG1-Horizont kommt durch den grossen C_{org} -Gehalt in diesem Horizont zustande. Zudem ist der Tongehalt im Oberboden etwas grösser als im Unterboden. Die Zunahme der KAK vom G(o),r-Horizont in den Gr-Horizont ist vermutlich auf die verstärkte Auflösung von Karbonat unterhalb der Kalkgrenze in 110 cm Tiefe während der Extraktion zurückzuführen.

Entsprechend den schwach bis mässig sauren pH-Verhältnisse bis 50 cm Tiefe dominieren die Nährstoffkationen, vor allem Ca und Mg, die Belegung des Kationenaustauschers ([Abb. V12.20](#)). Nur im stark sauren G(o),r-Horizont, welcher einen pH-Wert von 4.5 aufweist, vermag Aluminium vor

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)

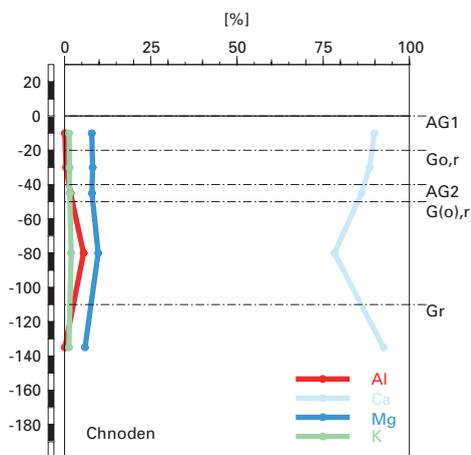


Abb. V12.19 (links) Kationenaustauschkapazität

Abb. V12.20 (rechts) Belegung des Kationenaustauschers

allen Kalzium in Ansätzen vom Austauscher zu verdrängen. Unterhalb der Kalkgrenze in 110 cm Tiefe beträgt die Ca-Belegung jedoch rund 93%, während Aluminium am Austauscher praktisch nicht vertreten ist. Die K-Belegung schwankt im ganzen Boden zwischen 1 und 2%.

V12.6.3

Nährstoffvorräte

In den Abb. V12.21 bis V12.23 sind die Vorräte an Ca, Mg und K dargestellt. Die Vorräte der Nährstoffkationen nehmen mit der Tiefe stetig und stark zu. Im Hauptwurzelraum (bis 60 cm Tiefe) wird das Angebot an Nährstoffkationen wie folgt beurteilt:

Ca	sehr hoch
Mg	mässig hoch
K	mässig

Kalzium-Vorrat

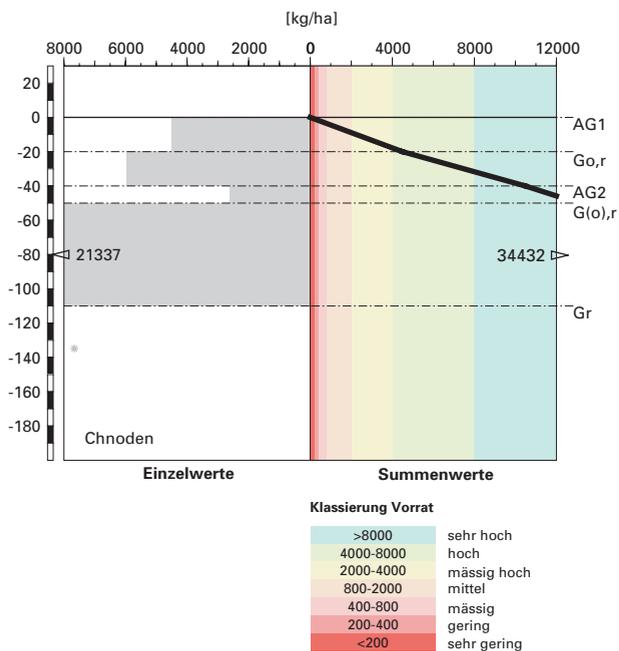


Abb. V12.21 Vorrat an Kalzium

Magnesium-Vorrat

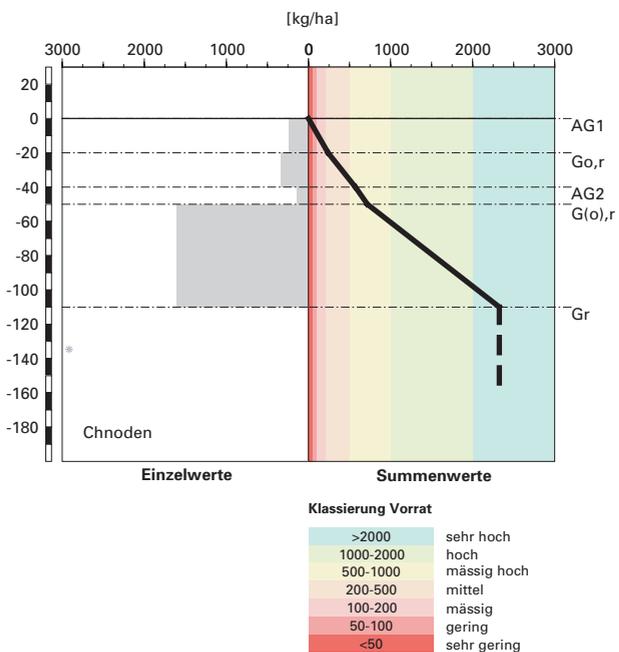


Abb. V12.22 Vorrat an Magnesium

Kalium-Vorrat

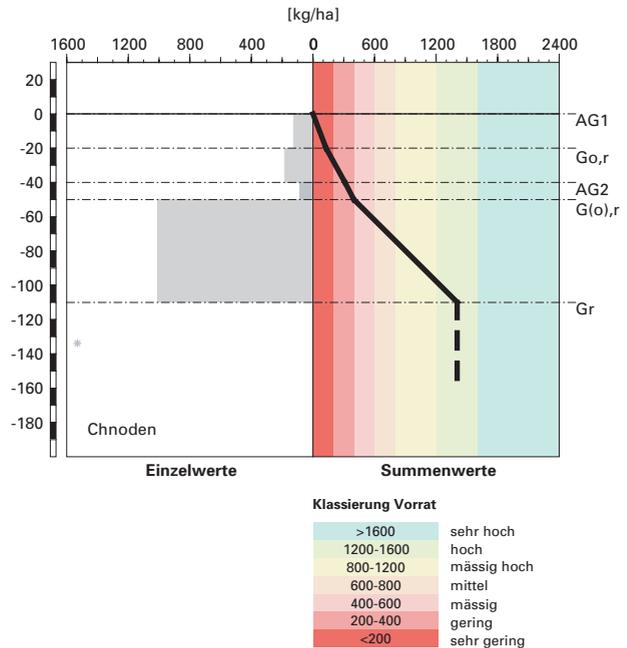


Abb. V12.23 Vorrat an Kalium

Da der Boden bis in eine Tiefe von 110 cm durchwurzelt werden kann, werden der Mg- und K-Vorrat für die gesamte durchwurzelnbare Bodentiefe etwas günstiger beurteilt. Der Mg-Vorrat wird wie der Ca-Vorrat als sehr hoch und der K-Vorrat als hoch klassiert. Insgesamt werden die Vorräte an Nährstoffkationen als hoch klassiert.

Es gilt zu beachten, dass die Versorgung mit Nährstoffen stark vom Wasserhaushalt abhängig ist. Diesbezüglich herrscht am Profilort Chnoden kein Trockenstressrisiko, so dass die hohen Vorräte an Nährstoffkationen den Pflanzen uneingeschränkt zur Verfügung stehen.

V12.7 Themenbereich «Waldbaulich relevante Bodenkenwerte und Baumartenwahl»

Nachfolgend wird beurteilt, welche Baumarten an diesem waldfähigen Wiesenstandort im Klimaxstadium zu erwarten sind. Diese Baumarten lassen sich bei Bedarf auf der Wiese einbringen. Wir möchten keinesfalls

dazu ermuntern, die Wiese aufzuforsten. Es geht uns lediglich darum, den Wiesenboden wie die Waldböden im Hinblick auf die Baumartenwahl zu beurteilen, und zwar mit möglichst denselben Kriterien, wie an den bewaldeten Profilorten.

Da für die Baumartenwahl auf Wiesenstandorten keine standortkundlichen Grundlagenwerke verfügbar sind, beruhen unsere Angaben zum Vorkommen der Baumarten auf den untersuchten Bodenkriterien und auf den eigenen standortkundlichen Erfahrungen.

V12.7.1 **Standortkundlicher Steckbrief**

Der Steckbrief (Tab.V12.5) orientiert über verschiedene Standortfaktoren am Wiesenstandort Chnoden.

V12.7.2 **Baumartenwahl**

Beurteilung des Wiesenbodens im Hinblick auf die Baumartenwahl

■ **Durchwurzelbarkeit des Bodens**

Dieser sehr stark grundnasse Gley ist nur eingeschränkt durchwurzelbar. Dies gilt vor allem für empfindliche Baumarten wie zum Beispiel Fichte und Buche, welche in diesem häufig vernässten Boden ein oberflächliches Wurzelwerk bilden. Wir empfehlen, vor allem jene Baumarten einzubringen, welche den Boden bis zur stets anaeroben Zone in 110 cm Tiefe durchwurzeln können, wie beispielsweise die Tanne. Ihr tief greifendes Wurzelwerk vermag den Boden umfassender zu nutzen und verbessert die Verankerung des Bestandes.

■ **Entwässerung des Bodens durch die Bäume**

Die Entwässerung dieses häufig vernässten Bodens durch tief wurzelnde Baumarten bewirkt eine Bodenverbesserung.

■ **Trockenstress-Risiko für die Bäume**

Es besteht kein Risiko für Trockenstress. Im Boden dürfte sowohl für tief wurzelnde Baumarten als auch für jene mit einem oberflächlicheren Wurzelwerk stets ein ausreichender Wasservorrat verfügbar sein. Dieses Kriterium schränkt die Baumartenauswahl nicht ein.

■ **Säurezustand und Aluminium-Toxizität**

Dieser bis 110 cm Tiefe saure Boden ist periodisch bis an die Bodenoberfläche mit basenreichem Grund- bzw. Hangwasser gesättigt, so dass die Basensättigung überall im Boden 90% übertrifft. Durch den Einfluss des Fremdwassers wird eine weitere Abnahme des pH-Wertes und der Basensättigung stark gedämpft. Eine Verbesserung des Säurezustandes durch entsprechende Baumartenwahl ist nicht nötig. Der Säurezustand schränkt damit die Baumartenauswahl nicht ein.

Tab. V12.5 Steckbrief für die Waldbehandlung (Chnoden)**Standortangaben**

Relief	Höhe	1060 m ü. M.
	Exposition	WNW
	Neigung	20%
Klima	Jahresniederschlag	1693 mm
	Jahrestemperatur	6.3°C

Ausgangsgestein Hangtone**Vegetationstyp** Davallseggen-Pfeifengras-Wiese**Bodenkennwerte**

Bodensystematik	Humusform	Feuchtmull
	Bodentyp	Gley
	Vernässungsgrad	sehr stark grundnass
Wasser- und Lufthaushalt	Durchlüftung	Die Durchlüftung ist in diesem sehr stark hydromorph geprägten Boden bis 110 cm Tiefe zeitweise und tiefer im Profil immer ungenügend. Die Vernässung erfolgt durch Grund- bzw. Hangwasser.
	Durchwurzelbarkeit	Der Boden lässt sich bis 110 cm Tiefe aufgrund der ungenügenden Durchlüftung bloss eingeschränkt durchwurzeln. Tiefer im Profil verhindert die stets anaerobe Zone das Wurzelwachstum von allen Baumarten sogar vollständig. Somit ist der Wurzelraum je nach Baumart maximal 110 cm mächtig und wird damit als sehr tiefgründig klassiert. Die in Bezug auf Sauerstoffarmut empfindlichen Baumarten dürften den Boden vor allem oberflächlich durchwurzeln. Wurzeln von Wiesenpflanzen wurden bis 110 cm Tiefe beobachtet.
	pflanzenverfügbares Wasser	Unter den gegebenen klimatischen Bedingungen besteht sowohl für tief wurzelnde Baumarten als auch für jene mit einem oberflächlicheren Wurzelwerk kein Risiko für Trockenstress.
Säurezustand	pH-Wert/Kalkgrenze	Der Verlauf des pH-Wertes ist in diesem Boden unüblich, da er mit der Tiefe abnimmt. Die Feinerde ist bis 50 cm Tiefe schwach bis mässig sauer und in 50–110 cm Tiefe stark sauer. Die Kalkgrenze verläuft in 110 cm Tiefe.
	Aluminium-Toxizität	Es besteht kein Risiko für Al-Toxizität.
Nährstoffe	Verfügbarkeit im Oberboden	Wie die Humusform Feuchtmull weist auch das mässig enge C/N-Verhältnis im AG1-Horizont auf eine hohe Mineralisierungsrate hin. Unterstützt wird diese Aussage durch das mässig enge C/P-Verhältnis im AG1-Horizont. Die biologische Aktivität wird gesamthaft als hoch klassiert.
	Nährstoffvorräte (Ca, Mg, K)	Die Vorräte der Nährstoffkationen bis 110 cm Tiefe sind insgesamt sehr gross. Der Ca- und Mg-Vorrat sind sehr hoch und der K-Vorrat ist hoch.
Verankerung		Tiefwurzler können sich gut, oberflächlicher wurzelnde Baumarten dagegen nur mässig gut im Boden verankern.
Befahrbarkeit		Der Boden reagiert in nassem Zustand sehr empfindlich auf Befahren mit schweren Maschinen.

■ Nährstoffangebot im Boden

Die biologische Aktivität im Oberboden ist hoch. Bei einer allfälligen Aufforstung der Wiese sollte darauf geachtet werden, die derzeit hohe Mineralisierung durch geeignete Baumartenwahl möglichst zu erhalten. Die in allen Horizonten relativ ausgeglichenen Gehalte an Nährstoffkationen und deren bis 110 cm Tiefe sehr grosser Vorrat dürften allen Baumarten ein konkurrenzkräftiges Wachstum erlauben. Dies gilt selbst für die nährstoffbedürftigen Edellaubhölzer. Die Nährstoffvorräte für sich allein betrachtet schränken die Baumartenauswahl nicht ein.

V12.7.3 **Potentielle Baumarten**

Unter Berücksichtigung der Bodeneigenschaften und weiterer Standortfaktoren könnten am heutigen Wiesenstandort Chnoden im Klimawald folgende Baumarten vertreten sein: Tanne, Fichte, Vogelbeere, Bergahorn, Bergulme und Weisslerle.

V12.8 **Literatur**

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.

Richard, F./Lüscher, P./Strobel, T., 1978: Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz (Lokalformen). Hrsg. Eidg. Anst. für das forstl. Versuchsw. und Eidg. Techn. Hochschule Zürich, Inst. für Wald- und Holzforschung, Fachbereich Bodenphysik. Band 1.

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

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