

S11 Bodenprofil Sagno

S11.1 Themenbereich «Bodenbildungsfaktoren und Profilmorphologie»

S11.1.1 **Zusammenfassende Angaben zum Profil und zu den Bodenbildungsfaktoren**

Das Bodenprofil ist in [Abb.S11.1](#) dargestellt. Einen Eindruck vom Bestand vermittelt [Abb.S11.2](#). [Tab.S11.1](#) fasst wichtige Angaben zum Boden und Profilort Sagno zusammen und [Tab.S11.2](#) orientiert über die Bodenbildungsfaktoren.

S11.1.2 **Verbreitung gemäss Bodeneignungskarte der Schweiz**

Das Profil gehört zur Kartierungseinheit U5 (alpine Kalk-Berglandschaft, steile Südhänge, Hangneigung > 35%). 543 Stichproben des Landesforstinventars gehören dieser Kartierungseinheit an. Das Profil repräsentiert damit 4.6% der mit dem LFI insgesamt erfassten 11'863 Stichproben.

S11.1.3 **Besonderheiten am Profilort**

Das Profil wurde auf einer Terrasse angelegt. Die Terrassierung des Geländes lässt den Schluss zu, dass der Boden ehemals landwirtschaftlich genutzt wurde. Im Vordergrund steht Rebbau, aber auch eine ehemalige zwischenzeitliche Beweidung ist nicht auszuschliessen. Der Waldrand liegt rund 50 m vom Bodenprofil entfernt.

S11.1.4 **Profilmorphologie und Klassierung**

Die im Profil angesprochenen morphologischen Bodenmerkmale sind in [Tab.S11.3](#) zusammen mit einer Profilskizze dargestellt.

Die Bodenoberfläche ist von einer Streuschicht bedeckt. Die anfallende Streu, welche überwiegend von der Edelkastanie, in vermindertem Ausmass auch von Pflanzen der Strauch- und Krautschicht stammt, wird innerhalb eines Jahres weitgehend zersetzt. Mit der Horizontfolge L-Ah wird die Humusform als Mull klassiert.



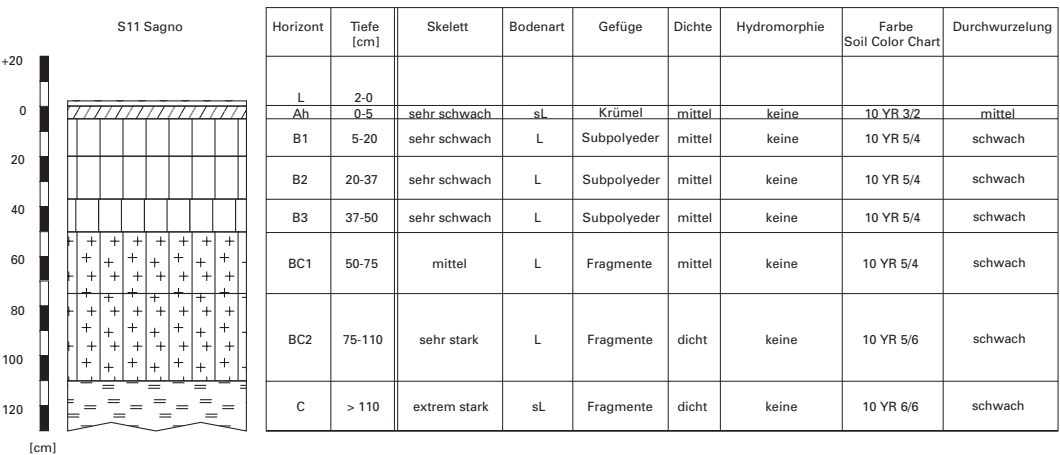
Abb. S11.1 (links) Bodenprofil Sagno

Abb. S11.2 (rechts) Bestand am Profilort Sagno

Tab. S11.1 Zusammenfassende Angaben zum Profil Sagno	
Lokalname	San Martino (Kanton Tessin, Gemeinde Sagno)
Lage	Landeskarte 1:25 000 Blatt 1373, Mendrisio Koordinaten 723700/079700
Waldgesellschaft (Ellenberg und Klötzli 1972)	Nr. 34: Labkraut-Eichenmischwald mit Edelkastanie (<i>Cruciato glabrae-Quercetum castanosum</i>)
Horizontfolge	L-Ah-B1-B2-B3-BC1-BC2-C
Humusform	Mull
Bodentyp	Braunerde
Bodentyp nach FAO (1988)	Dystric Cambisol

Tab.S11.2 Bodenbildungsfaktoren am Profilort Sagno			
Relief	Höhe ü. M.	690 m	
	Exposition	S	
	Neigung	65 %	
	Geländeform	Mittelhang	
Ausgangsgestein	Tektonik/Geologie	Südalpen, Mesozoische Sedimente, Kieselkalk des Lias	
	Lithofazies	Nr. 12: Kiesel- bis Sandkalksteine (Flysch und Bündnerschiefer)	
	(nach Tuchs Schmid 1995)	physikalische Verwitterbarkeit Gestein: klein – mittel chemische Verwitterbarkeit Gestein: sehr niedrig Tongehalt Gestein: mittel	
Klima	T/N Jahresmittel	10.0°C/1653 mm	
	T/N Januarmittel	1.4°C/75 mm	
	T/N Julimittel	20.0°C/101 mm	
	Tage mit Schneedecke	64	
	Wärmegliederung	ziemlich mild	
	Länge der Vegetationsperiode	200 – 205 Tage	
Pflanzen	Schicht	Deckung	häufigste Arten
	Baumschicht (10 m Höhe)	100 %	80 % Edelkastanie (<i>Castanea sativa</i>)
	Strauchschicht	25 %	–
	Krautschicht	25 %	Verschiedenblättriger Schwingel (<i>Festuca heterophylla</i>) Brombeere (<i>Rubus spec.</i>) Kleines Immergrün (<i>Vinca minor</i>) Echter Waldmeister (<i>Galium odoratum</i>) Schneeweisse Hainsimse (<i>Luzula nivea</i>)
	Mooschicht	2 %	–

Tab.S11.3 Profilskizze und Morphologie des Bodenprofils Sagno
Bodenart: sL sandiger Lehm, L Lehm



Unter der Streuauflage lassen sich im Bodenprofil morphologisch fünf Horizonte unterscheiden. Die Tiefenstufe 5 bis 50 cm wurde in drei verschiedenen Tiefen beprobt (B1–B3), so dass sich im Mineralboden insgesamt sieben Horizonte ergeben. Vor allem die obersten 5 cm heben sich deutlich vom sonst homogenen Erscheinungsbild des Profils ab. Hier ist der Oberboden dunkel gefärbt, mittel dicht gelagert und die sandig lehmige Feinerde besitzt eine Krümelstruktur. Darunter ist die Farbe bis in eine Tiefe von 75 cm regelmässig matt gelblich-braun und hellt sich im unteren Teil kontinuierlich auf. Einzelne Horizonte lassen sich aus diesen über das ganze Profil wenig differenzierenden Farben nur schwerlich ableiten. Der Skelettgehalt ist bis 50 cm sehr schwach und nimmt darunter bis zur Aufschlusstiefe deutlich zu. Die Bodenart entspricht von 5 bis 110 cm Tiefe einem Lehm, darunter einem sandigen Lehm. Das Gefüge weist bis 50 cm eine Subpolyederstruktur auf. Weiter unten dominieren Fragmente. Der Boden ist bis 75 cm mittel dicht, anschliessend dicht gelagert. Im ganzen Profil sind keine hydromorphen Merkmale zu erkennen.

Mit der Horizontfolge L-Ah-B1-B2-B3-BC1-BC2-C wird der Boden als Braunerde klassiert.

Ergänzende Bodenmerkmale

Gemäss pH-Hellige ist die Feinerde des Bodens sehr sauer und mit Ausnahme des Ah-Horizontes durchwegs schwach durchwurzelt. Im Boden sind keine Grenzen für das Wurzelwachstum sichtbar. Im C-Horizont ist das Skelett im Kern karbonathaltig.

S11.2 Themenbereich «Physikalische Bodenkennwerte»

S11.2.1 Beschrieb einiger physikalischer Bodenkennwerte

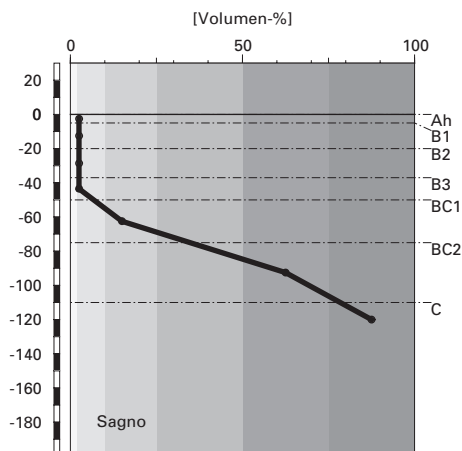
Skelettgehalt

Der Boden ist bis 50 cm Tiefe auffällig skelettarm. Darunter nimmt der Skelettgehalt mit der Tiefe stark und kontinuierlich zu ([Abb. S11.3](#)). Der C-Horizont ist extrem skelettreich.

Bodenart

Bis 75 cm Tiefe sind Sand und Schluff in etwa gleich grossen Anteilen vorhanden ([Abb. S11.4](#)). Ab 75 cm Tiefe überwiegt in Einklang mit dem roheren Zustand des Unterbodens die Sandfraktion. Der Tonanteil ist im gesamten Profil relativ gross, wobei der leicht erhöhte Gehalt in 20–75 cm Tiefe auf

Skelettgehalt



Klassierung Skelettgehalt

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

Bodenart

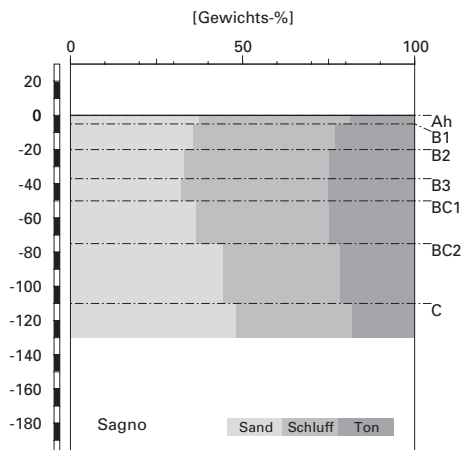


Abb.S11.3 (links) Skelettgehalt

Abb.S11.4 (rechts) Bodenart

eine Tonanreicherung hinweist. In Bezug auf den Tongehalt handelt es sich profilumfassend um mittelschweren Boden.

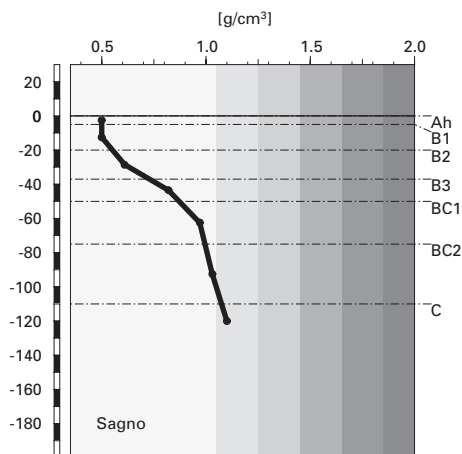
Die im Bodenprofil mit der Fingerprobe bestimmte Bodenart stimmt gut mit den Werten der Laboranalyse überein (Tab.S11.3).

Dichte der Feinerde

In diesem Profil wurde die Dichte des Bodens, nicht aber jene der Feinerde bestimmt (Abb.S11.5). Da die obersten 50 cm des Profils sehr schwach skeletthaltig sind, kann die Dichte der Feinerde hier mit jener des Bodens gleichgesetzt werden.

Die Boden-Dichte (und damit auch die Feinerde-Dichte) betragen im Ah-Horizont rund 0.5 g/cm^3 und nehmen bis 50 cm Tiefe auf 0.8 g/cm^3 zu. Sie sind damit durchwegs äusserst gering. Unterhalb von 50 cm Tiefe dürfte die Dichte der Feinerde ebenfalls äusserst gering sein, denn die Bodendichte beträgt dort maximal 1.1 g/cm^3 (Abb.S11.5). Bei der Profilsprache wurde die Dichte des Bodens offensichtlich überschätzt (Tab.S11.3).

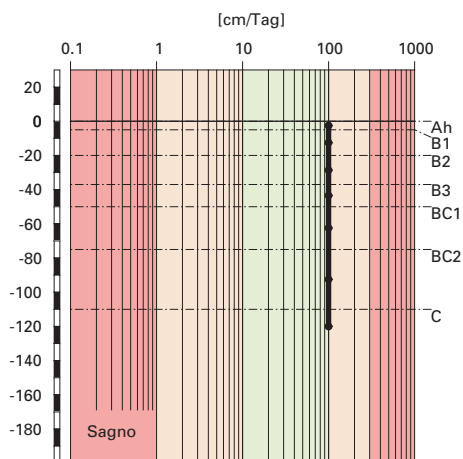
Boden-Dichte



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.S11.5 (links) Dichte des Bodens

Abb.S11.6 (rechts) Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

Der Boden ist – trotz des relativ grossen Schluff- und Tongehaltes – aufgrund seiner äusserst geringen Dichte profilumfassend hoch durchlässig (Abb.S11.6).

Pflanzenverfügbares Wasser

Die Wasserspeicherkapazität des Bodens bis 120 cm Tiefe wird mit 167 l/m^2 als hoch klassiert (Abb.S11.7). Der geringe Skelettgehalt in den obersten 75 cm des Profils wirkt sich positiv auf die Speicherleistung aus.

S11.2.2

Bodenkundliche und ökologische Interpretationen

Wasser- und Lufthaushalt des Bodens

Im gesamten Profil treten keine Vernässungsmerkmale auf, was angesichts der hohen Durchlässigkeitswerte nicht erstaunt (Abb.S11.6). Gesättigte Phasen sind in diesem Boden höchstens von sehr kurzer Dauer.

pflanzenverfügbares Wasser

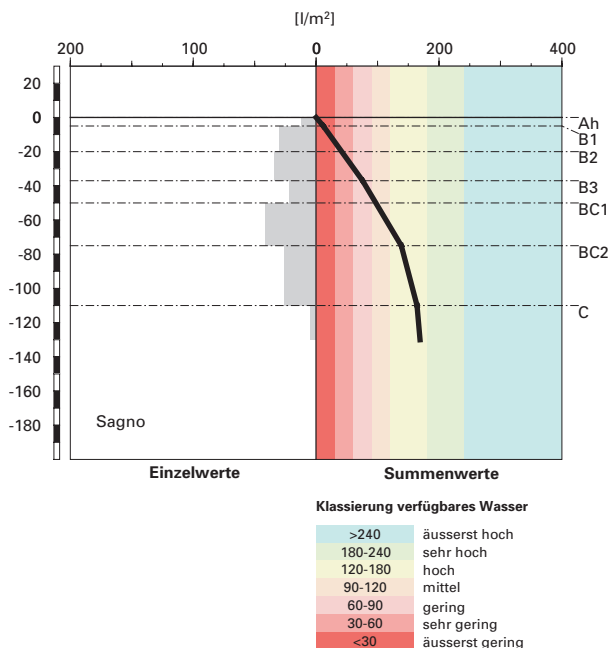


Abb.S11.7 Pflanzenverfügbares Wasser

Durchwurzelbarkeit des Bodens

Der Boden ist für alle Baumarten mindestens profilumfassend durchwurzelbar, da die Dichtewerte durchwegs weniger als 1.4 g/cm^3 betragen und die Durchlüftung in allen Horizonten stets ausreichend ist. Die Gründigkeit des Bodens ist nicht eingeschränkt und wird mit $>120 \text{ cm}$ als sehr tiefgründig klassiert. Der Wurzelraum wird vom aktuellen Bestand, der überwiegend aus Edelkastanien besteht, gut genutzt. Wurzeln sind bis zur Profilssole (130 cm) vorhanden und dringen mit Sicherheit noch tiefer in den Unterboden ein.

Ab 110 cm Tiefe ist der Skelettgehalt extrem hoch, was die Durchwurzelbarkeit des Bodens zwar erschwert aber nicht vollständig verhindert.

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 20 Tagen an Wassermangel zu leiden beginnt. Da

der Boden tiefer als 120 cm durchwurzelbar ist, kann Trockenstress auch später eintreten. Das Risiko für Trockenstress wird an diesem Waldstandort (EK 34: Labkraut-Eichenmischwald mit Edelkastanie) unter den gegebenen klimatischen Verhältnissen als mässig beurteilt. Die an diesen Standort angepassten Baumarten wie Eiche und Edelkastanie ertragen Trockenstress relativ gut.

Bodenbefahrbarkeit

Der Boden reagiert in nassem Zustand empfindlich auf Befahren mit schweren Maschinen, weil er bis 75 cm Tiefe wenig Skelett enthält und die Feinerde insgesamt recht feinkörnig ist. Da der Wald an einem ziemlich steilen Hang liegt, ist ein Befahren des Bestandes allerdings nicht möglich.

S11.3 Themenbereich «Bodenhauptbestandteile»

S11.3.1 Charakterisierung der Bodenhauptbestandteile

Organische Substanz

Das Profil befindet sich in einem Mischbestand aus Edelkastanie, Flaumeiche, Hopfenbuche und Haselsträuchern. Die Deckung der Krautschicht beträgt nur 25%, so dass die Streu überwiegend von den Bäumen und Sträuchern stammt. Den Hauptanteil bildet die Kastanienstreu, welche nur schwer abbaubar ist. Trotzdem hat sich als Humusform ein Mull gebildet, allerdings mit einer rund 2 cm mächtigen Streuschicht vor allem aus Kastanienlaub.

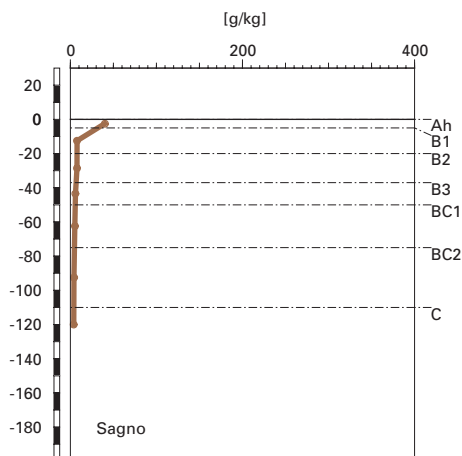
Der Ah-Horizont ist nur leicht dunkler gefärbt als die tiefer liegenden B-Horizonte. Dies widerspiegelt den nur geringen Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org}) von 4%, welcher im B1-Horizont bereits weniger als 1% beträgt und bis zum C-Horizont weiter auf 0.4% abnimmt (Abb. S11.8). Aus diesen geringen Gehalten resultiert ein Vorrat an organischem Kohlenstoff von 36 t/ha (Abb. S11.9).

Tonverteilung sowie Verteilung von Aluminium- und Eisenoxiden

Das Maximum der Tonfraktion beträgt 25% und befindet sich im B3-Horizont (Abb. S11.4). Gegen den Oberboden und gegen den C-Horizont nimmt die Tonfraktion auf jeweils 18% ab.

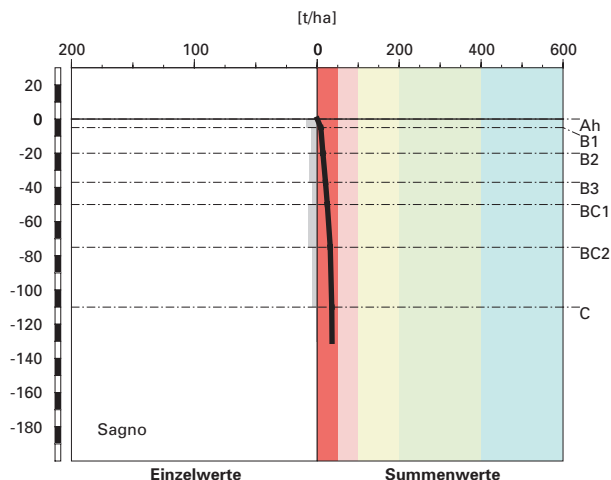
In den obersten vier Horizonten besitzt das Dithionit-extrahierbare Eisen (Fe_d) mehr oder weniger konstante Werte zwischen 7 und 7.6 g/kg (Abb. S11.10). Vom B3- zum BC1-Horizont erfolgt eine sprunghafte Zunahme des

organischer Kohlenstoff



Kohlenstoff-Vorrat

(C_{org})



Klassierung Vorrat

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

Abb.S11.8 (links) Gehalt an organischem Kohlenstoff

Abb.S11.9 (rechts) Vorrat an organischem Kohlenstoff

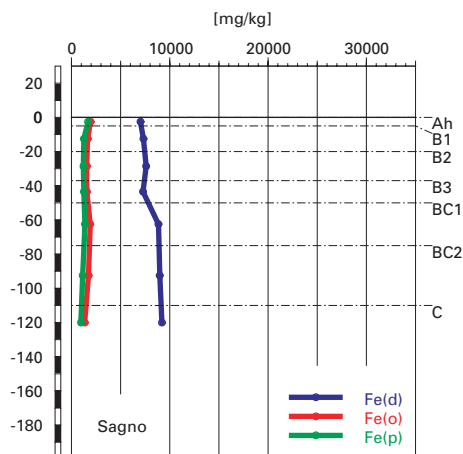
Fe_d -Gehaltes auf 8,9 g/kg. Bis zum C-Horizont nimmt er nur noch leicht auf 9,2 g/kg zu. Das Fe_d /Ton-Verhältnis variiert zwischen 30 und 50 (Tab.A312 in Blaser et al. 2005) und hat sein Minimum im B3-Horizont.

Die Oxalat-extrahierbaren Aluminium- und Eisengehalte (Al_o bzw. Fe_o) sind im regionalen Vergleich sehr tief und variieren im Profil nur in einem engen Bereich von 1,4 bis 1,7 bzw. 1,3 bis 1,9 g/kg (Abb.S11.10 und S11.11). Das Maximum des Fe_o -Gehaltes befindet sich im Oberboden. Bis zu einem sekundären Maximum im BC1-Horizont ist die Tiefenverteilung konkav mit einem minimalen Gehalt im B2-Horizont. Unterhalb des BC1-Horizontes nimmt der Gehalt linear ab bis zum absoluten Minimum im C-Horizont. Die Tiefenverteilung von Al_o ist ähnlich, nur fehlt das Maximum im Oberboden. Der Gehalt nimmt dementsprechend bis zum einzigen Maximum im BC1-Horizont zu und gegen den C-Horizont wieder ab.

Die Pyrophosphat-extrahierbaren Aluminium- und Eisengehalte (Al_p bzw. Fe_p) verlaufen parallel dem Fe_o (Abb.S11.10 und S11.11). Sie sind im regionalen Vergleich ebenfalls sehr tief.

Eisen-Oxide

(Gehalte)



Aluminium-Oxide

(Gehalte)

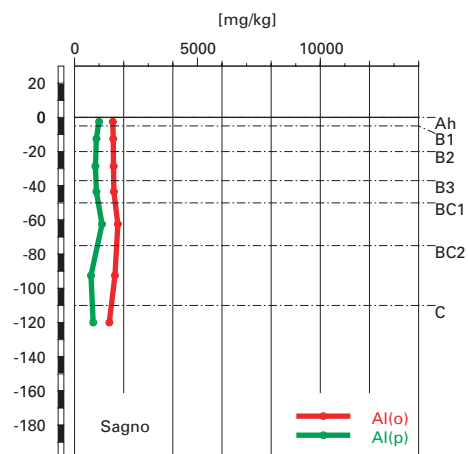


Abb.S11.10 (links) Gehalte an Dithionit- (Fe_d), Oxalat- (Fe_o) und Pyrophosphat- (Fe_p) extrahierbarem Eisen

Abb.S11.11 (rechts) Gehalte an Oxalat- (Al_o) und Pyrophosphat- (Al_p) extrahierbarem Aluminium

Eisen- und Aluminiumoxide

(Verhältnisse)

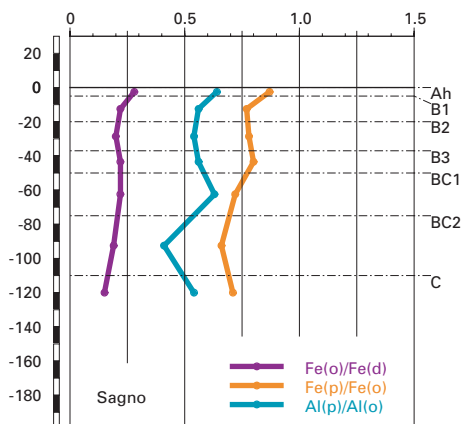


Abb.S11.12 Verhältnisse der Fe- und Al-Oxide

Das Fe_o/Fe_d -Verhältnis ist profilumfassend eng (Abb. S11.12) mit einem Maximum (0.28) im Oberboden und einem Minimum (0.15) im C-Horizont. Die Abnahme ist vor allem vom Ah- zum B1-Horizont ausgeprägt. Im mittleren Profilbereich nimmt es in den B3- und BC1-Horizonten wieder leicht zu. Die Al_p/Al_o - bzw. Fe_p/Fe_o -Verhältnisse weisen ihre Maxima ebenfalls im Oberboden auf (0.64 bzw. 0.87) und nehmen mit der Profiltiefe tendenziell ab, wobei sie im BC1- bzw. im B3-Horizont ein sekundäres Maximum haben (Abb. S11.12). Der erneute Anstieg des Al_p/Al_o -Verhältnisses im C-Horizont ist auf den Anstieg des Al_p -Gehaltes im C-Horizont zurückzuführen.

S11.3.2 Bodenkundliche Interpretation

An diesem nach Süden exponierten Standort mit hoher biologischer Aktivität im Ah-Horizont (Krümelstruktur) und ziemlich mildem Klima (durchschnittliche jährliche Niederschläge: 1653 mm und durchschnittliche Jahrestemperatur: 10°C) herrschen grundsätzlich gute Bedingungen für den Abbau der organischen Substanz. Die Streu wird innerhalb eines Jahres zum grössten Teil abgebaut. Zur Zeit der Profilaufnahme war eine Streuschicht von 2 cm Mächtigkeit zu beobachten. Dies ist durch die zeitweilige Trockenheit im Sommer und den Säuregrad des Bodens bedingt. Als Humusform hat sich ein Mull entwickelt. Anzeichen eines F-Horizontes sind keine erkennbar. Das C/N- und C/P-Verhältnis im Ah-Horizont werden als mässig eng (C/N-Verhältnis: 16; C/P-Verhältnis: 174) klassiert. Diese Verhältnisse zeigen, dass die organische Substanz im Ah-Horizont für die Mikroorganismen attraktiv ist, weshalb die Mineralisierung hoch ist. Humusaufbau und -stabilisierung sind dagegen an diesem Standort eher gering, was sich auch in den im Unterboden sehr tiefen Gehalten an organischem Kohlenstoff widerspiegelt. Die geringe Humusstabilisierung hängt auch mit den tiefen Gehalten an Pyrophosphat- und Oxalat-extrahierbarem Aluminium und Eisen zusammen. Diese Fraktionen bilden insbesondere in Graniten und Gneisen die aktiven mineralischen Oberflächen, an welchen die organische Substanz adsorbiert und gegen weiteren mikrobiellen Abbau geschützt wird. Ein weiterer Grund für die tiefen Gehalte an organischem Kohlenstoff liegt in der Bewirtschaftungsgeschichte des Standortes, der unmittelbar neben einer noch bestossenen Weide und einem Rebberg liegt. Das Gelände am Profilort ist terrassiert, was auf eine ehemalige Nutzung als Rebberg schliessen lässt. Traditionell wurden diese Rebberge intensiv bewirtschaftet, wobei unter den Reben noch Zwischenfrüchte, wie Kartoffeln angebaut wurden. Dadurch war der Eintrag an Streu sehr gering und es konnten sich keine grossen Humusvorräte aufbauen. Der Vorrat an organischem Kohlenstoff ist im Profil mit 36t/ha im gesamtschweizerischen Vergleich sehr gering.

Der Anteil der Tonfraktion ist mit 18 bis 25% für Böden auf der Alpensüdseite sehr hoch. Dabei handelt es sich vermutlich nicht alleine um Tonminerale, sondern auch um kleinste Partikeln von kieseligen Komponenten des Ausgangsgesteins. Eggenberger (1995) bestimmte an diesem Standort einen Tonmineralanteil von maximal 5%. Die Verteilung der Tonfraktion im Profil deutet auf eine Verlagerung von Tonpartikeln hin. Auch morphologisch ist örtlich eine leichte Aufhellung des B1-Horizontes erkennbar. Allerdings beträgt die Differenz des Tongehaltes zwischen B1- und B3-Horizont nur 2% und mit der Fühlprobe im Feld wurde diese Differenz in den B-Horizonten nicht erkannt (Tab. S11.3).

Auch die Tiefenverteilung der Fe_d -Gehalte stützt diese vermutete Verlagerung (Zunahme vom B3 zum BC1-Horizont). Allerdings ist das Fe_d /Ton-Verhältnis nicht konstant, wie es in einer klassischen Parabraunerde erwartet werden kann (Blume und Schwertmann 1969). Es nimmt vom B3- bis zum Maximum im C-Horizont zu (Tab. A312 in Blaser et al. 2005). Das Eisen wäre demzufolge bis in grössere Tiefen verlagert worden als die Tonkomponenten, was bei dem aktuell tiefen pH-Wert plausibel ist.

Die Pyrophosphat- und Oxalat-extrahierbaren Aluminium- und Eisengehalte zeigen ein noch deutlicheres Verlagerungsprofil als die Fe_d -Gehalte. Die Abreicherungszone in den B1- bis B3-Horizonten wird durch die konkave Tiefenverteilung in diesem Bereich angedeutet. Das Maximum im BC1-Horizont liegt tiefer als jenes der Tonfraktion, was die Verlagerung der Al- und Fe-Verbindungen bis in grössere Tiefen bestätigt.

Das profilumfassend tiefe Fe_o/Fe_d -Verhältnis lässt auf eine hohe Kristallinität der Eisenoxide schliessen. Durch die tiefen C_{org} -Gehalte sind die kristallisationsbehindernden Einflüsse gering. Sekundäre Fe-Hydroxide werden deshalb im Lauf der Zeit entwässert und ihr Kristallinitätsgrad erhöht, wobei das Endglied dieses Prozesses beim ziemlich milden und feuchten Klima dieses Standortes der gelb-braun gefärbte Goethit ist. Dieser ist nicht mehr durch Oxalat-, sondern nur noch durch Dithionit extrahierbar. Dadurch wird das Fe_o/Fe_d -Verhältnis eng und die relativ weit fortgeschrittene Bodenentwicklung (Verbraunung) kann nicht mehr an der charakteristischen Zunahme des Fe_o/Fe_d -Verhältnisses gegen die Bodenoberfläche erkannt werden. Die dem Boden eine intensiv rötlich-braune Farbe verleihenden Ferrihydrit-ähnlichen Oxide sind aufgrund der tiefen Fe_o -Gehalte nur wenig vertreten. Deshalb besitzen die B-Horizonte keine intensive Braun-, sondern eine hellere, gelb-braune Färbung.

Bei den tiefen C_{org} -Gehalten können die hohen Al_p/Al_o - und Fe_p/Fe_o -Verhältnisse nicht durch die Komplexierung an die organische Substanz erklärt werden. Hier zeigt sich die dispergierende Wirkung des Pyrophosphat-Extraktes besonders ausgeprägt.

Die auf morphologischen Kriterien basierende Klassierung des Bodens als Braunerde kann aufgrund der pedogenen Oxide bestätigt werden. Allerdings können aufgrund der chemischen Untersuchungen Anzeichen einer Tonverlagerung und eine beginnende Al- und Fe-Verlagerung interpretiert werden. Dies würde eher die Klassierung als Parabraunerde rechtfertigen.

S11.4 Themenbereich «Säurezustand»

S11.4.1 Charakterisierung des Säurezustandes

pH-Wert

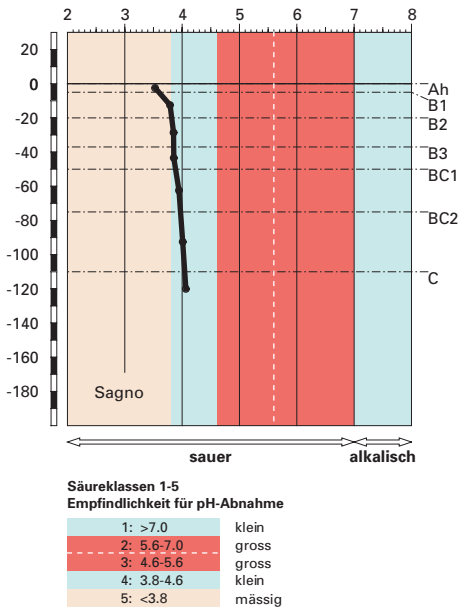
Bis in eine Tiefe von 20 cm ist der pH-Wert rund 3.8 oder kleiner (Abb. S11.13). Der Boden ist sehr stark sauer und liegt in der Säureklasse 5. Mit zunehmender Tiefe nimmt der pH-Wert nur wenig zu und verbleibt in der Säureklasse 4 und damit im stark sauren Bereich. Im C-Horizont ist der pH-Wert mit 4.1 am grössten.

Austauschbare Kationen und Basensättigung

Der Kationenaustauscher ist mit Ausnahme des BC2- und des C-Horizontes überwiegend mit Aluminiumkationen belegt (Abb. S11.14). Im Ah- und B1-Horizont tritt entsprechend ihrem pH-Wert am Kationenaustauscher auch Eisen auf. Der B1-Horizont besitzt am wenigsten austauschbare Nährstoffkationen. Mit zunehmender Tiefe nimmt der Anteil von austauschbarem Kalzium stetig zu und übertrifft im C-Horizont die Menge von austauschbarem Aluminium. Die Gehalte von austauschbarem Kalium und Magnesium sind im ganzen Profil gering. Der K-Gehalt variiert mit der Tiefe nur wenig, wogegen der Mg-Gehalt vom B1- bis in den C-Horizont leicht zunimmt.

Der Verlauf der Basensättigung ist stark durch die Ca-Belegung vorgegeben und steht in keinem leicht ersichtlichen Zusammenhang mit den profilumfassend sehr sauren pH-Werten (Abb. S11.15). Im Ah-Horizont ist die Basensättigung deutlich erhöht und wird als mittel klassiert. Im B1-Horizont ist sie minimal und ist als gering zu klassieren. Vom B1-Horizont nimmt sie kontinuierlich bis zum Maximum von rund 61% im C-Horizont zu, wo sie als mässig hoch klassiert wird.

pH-Wert (CaCl₂)



austauschbare Kationen

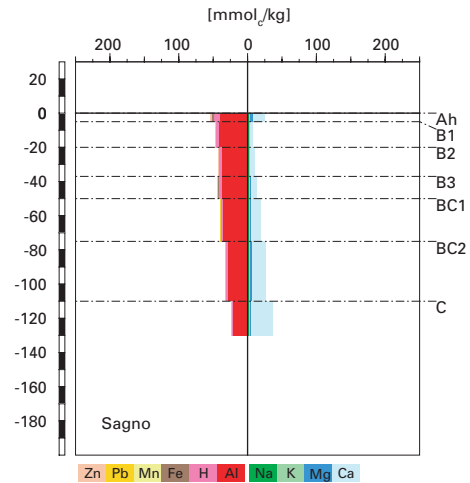


Abb.S11.13 (links) pH-Wert und Säureklassen

Abb.S11.14 (rechts) Belegung des Kationenaustauschers

S11.4.2 Interpretationen zum Säurezustand

Stand der Bodenversauerung

Wie das Profil S12 (Caneggio) hat sich dieser Boden aus Kieselkalk entwickelt. Der Verlauf der pH-Werte ist in beiden Böden sehr ähnlich. Es handelt sich um stark saure Böden. Allerdings zeigt der Verlauf der Basensättigung an, dass das Ausgangsgestein karbonathaltig ist und durch seine Verwitterung ständig Nährstoffkationen in relativ grossen Mengen nachgeliefert werden. Deshalb kann angenommen werden, dass sich unmittelbar nach beginnender Bodenentwicklung der pH-Wert der Feinerde im alkalischen Bereich befindet und die Basensättigung 100% beträgt. Ausgehend von diesem Zustand, erstreckt sich der pH-Gradient bis zum kleinsten Wert von 3.5 im Ah-Horizont über fünf Säureklassen. Der Boden bei Sagno ist somit sehr stark versauert. Die Feinerde ist jedoch bis zur Profilssole karbonatfrei, womit die Kalkgrenze mit der Aufschlusstiefe von 130cm nicht erreicht wurde.

Basensättigung

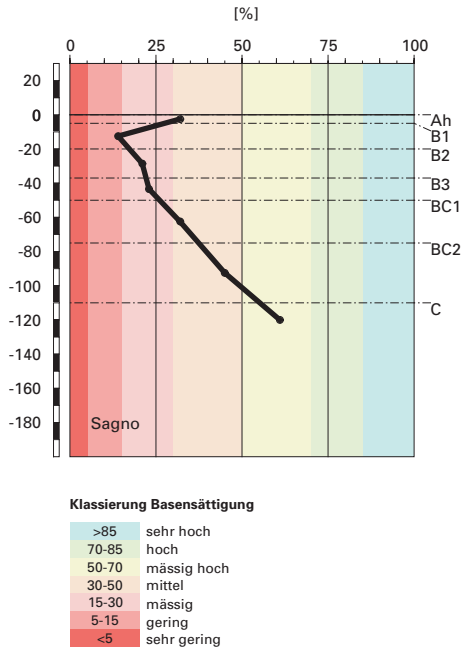


Abb. S11.15 Basensättigung

Der Ah- und B1-Horizont befinden sich in der Säureklasse 5 und damit im Eisen-Pufferbereich, in welchem die Säurepufferung zusätzlich zur Auflösung von Aluminiumverbindungen auch durch Eisenverbindungen erfolgt. Dementsprechend ist in diesen beiden Horizonten die Fe-Belegung des Austauschers grösser als in den tiefer gelegenen Bereichen. In allen anderen Horizonten erfolgt die Säurepufferung vorwiegend durch Auflösung von Aluminiumverbindungen. Durch die hohe Präsenz von dreiwertigen Al- und Fe-Ionen werden die Nährstoffkationen vom Austauscher verdrängt. Dass die Basensättigung dennoch in den meisten Horizonten mässig bis mittel ist, ist dem karbonathaltigen Ausgangsgestein zu verdanken. Im Ah-Horizont ist die grössere Basensättigung auf den Nährstoffkreislauf, das heisst die Nachlieferung von Nährstoffkationen mit der Streu, zurückzuführen.

Risiko für Boden und Pflanzen

Das Risiko des Bodens für eine weitere pH-Abnahme ist sehr klein, denn bis auf den Ah- und B1-Horizont befinden sich alle Horizonte in der gut puffernden Säureklasse 4. Im Ah- und B1-Horizont ist von einem erhöhten Risiko für eine weitere pH-Abnahme auszugehen, denn diese Horizonte befinden sich in der mässig puffernden Säureklasse 5. Bei anhaltendem Versauerungsdruck wird der pH-Wert in erster Linie in den obersten 20 cm Tiefe des Bodens weiter abnehmen. Dieser Profilbereich ist den Säureeinträgen durch die Niederschläge am stärksten ausgesetzt und infolge der starken Durchwurzelung werden bei der Aufnahme von Nährstoffkationen durch die Wurzeln grosse Säuremengen ausgeschieden. Dies bedeutet allerdings, dass mit jeder Säureneutralisation Aluminium gelöst und die Nährstoffkationen von ihren Austauschplätzen verdrängt werden. Diesem Prozess wirkt andererseits die Verwitterung des karbonathaltigen Ausgangsgesteins entgegen. Solange die Baumwurzeln die Bereiche von frisch verwitterndem Ausgangsgestein erschliessen, wird die Nachlieferung von Nährstoffkationen nicht unterbrochen und die Basensättigung wird moderat abnehmen.

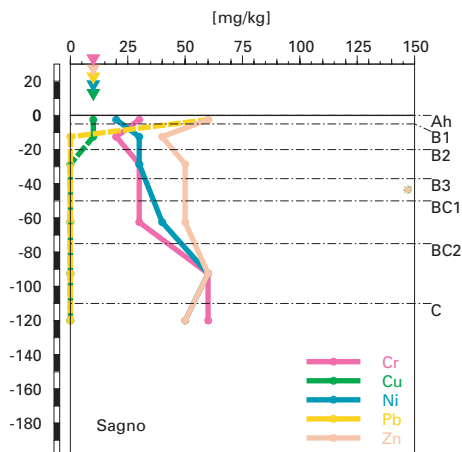
Im heutigen Zustand ist das Risiko für das Pflanzenwachstum klein, denn das BC/Al-Verhältnis ist nur im B1-Horizont und damit in 17 % der Feinerde des gesamten Bodens unterhalb des kritischen Wertes von 0.2 (Tab. A313 in Blaser et al. 2005). Allerdings betragen die BC/Al-Verhältnisse im B2- und B3-Horizont bloss 0.24 und 0.26 und kommen dem als kritisch betrachteten Wert von 0.2 recht nahe. Es ist somit davon auszugehen, dass bei gleich bleibendem Versauerungsdruck in nicht allzu ferner Zukunft auch diese Horizonte in den kritischen Bereich gelangen werden und das Risiko für das Pflanzenwachstum grösser werden wird.

S11.5 Themenbereich «Schwermetalle»

S11.5.1 Tiefenverteilung der Schwermetalle

Der Zn-Gehalt variiert im ganzen Profil nur unwesentlich (Abb. S11.16). Wenig ausgeprägte Maxima befinden sich im Ah- und im BC2-Horizont. Der Cr-Gehalt ist vom Ah- bis zum BC1-Horizont etwa konstant und nimmt dann zum BC2-Horizont stark zu. Nickel verhält sich ähnlich wie Cr, allerdings ist schon vom Ah bis zum BC1-Horizont eine leichte Zunahme zu beobachten. Der Ah-Horizont weist erhöhte Gehalte an Cu und Pb auf, während im ganzen darunter liegenden Teil des Bodens diese beiden Schwermetalle nicht nachweisbar sind.

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



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

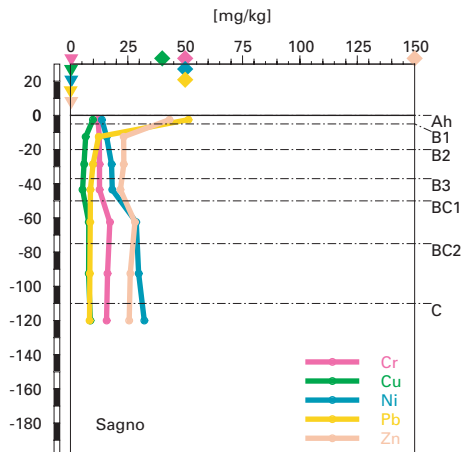


Abb.S11.16 (links) Schwermetalle: effektive Totalgehalte

Abb.S11.17 (rechts) Schwermetalle: Salpetersäure-extrahierbare Gehalte

S11.5.2 **Wertung der Schwermetallgehalte im untersten Mineralerde-Horizont im geochemischen Vergleich**

Bezogen auf das Ausgangsgestein, welches aus Kieselkalk (Lithofazies 12) besteht, liegen der Cr-, Ni- und Zn-Gehalt im C-Horizont oberhalb und der Cu- und Pb-Gehalt innerhalb der von Tuchs Schmid (1995) angegebenen Gesamt-Wertebereiche.

S11.5.3 **Beurteilung der quellenunabhängigen Belastung nach VBBo**

Bezogen auf die VBBo liegen für Cr, Cu und Zn profilumfassend sehr niedrige bis niedrige Gehalte vor (Abb.S11.17). Die Ni-Gehalte sind vom BC1-bis zum C-Horizont erhöht. Der Pb-Gehalt im Ah-Horizont ist sehr hoch und überschreitet damit den Richtwert der VBBo.

Dieser Boden ist vom Ah- bis zum BC1-Horizont deutlich an Cr und Ni verarmt (Tab.S11.4). Der starke Anstieg der Anreicherungs-faktoren für diese beiden Metalle vom BC1 zum BC2-Horizont ist im Einklang mit der sprunghaften Zunahme der Cr- und Ni-Gehalte in diesen beiden Horizonten (Abb. S11.16). Ein anderes Verhalten zeigen die Salpetersäure-extrahierbaren Gehalte von Cr und Ni. Sie steigen beim Übergang vom stark verwitterten Teil des Bodens (B3-Horizont) zum schwach verwitterten Teil (BC1-Horizont) etwas an und bleiben dann konstant (Abb.S11.17). Dies ist ein sehr ähnlicher Tiefenverlauf wie derjenige des Dithionit-extrahierbaren Eisens (Abb. S11.10). Dies kann so interpretiert werden, dass der gut säurelösliche Anteil der Schwermetalle Cr und Ni mit den pedogenen Eisenoxiden assoziiert ist, während der nicht Salpetersäure-extrahierbare Anteil in unverwitterten primären Mineralen gebunden ist. Der Tiefenverlauf der Anreicherungs-faktoren und der Gehalte an Cr und Ni kann dann wie folgt erklärt werden. In den primären Silikaten gebundenes Cr und Ni wird nach deren Auflösung teilweise ausgewaschen und teilweise zusammen mit den sekundären Eisenoxiden am Ort wieder ausgefällt. Die Auswaschung hat zur Verarmung des oberen Teils des Bodens bis zum BC1-Horizont geführt. In den darunter liegenden Horizonten hat dieser Prozess erst in ganz geringem Ausmass stattgefunden, was an den Anreicherungs-faktoren von ungefähr 1 und der starken Zunahme der Totalgehalte vom BC1- zum BC2-Horizont erkennbar ist. Die erneute Auflösung und Auswaschung des mit den Eisenoxiden ausgefällten Anteils von Cr und Ni ist an die Wiederauflösung der Eisenoxide bei fortgeschrittener Bodenversauerung gebunden. Der Tiefenverlauf der Dithionit-extrahierbaren Eisen-Gehalte und der Salpetersäure-extrahierbaren Cr- und Ni-Gehalte deutet an, dass diese Auflösung vom Ah-bis zum B3-Horizont weiter fortgeschritten ist als darunter. Dies lässt sich gut mit dem Tiefenverlauf des pH-Wertes (Abb.S11.13) erklären. Interes-

Tab.S11.4 Anreicherungs-faktoren						
Horizont	Tiefe [cm]	Anreicherungs-faktor				
		Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Ah	0– 5	0.63	n.b.	0.50	n.b.	1.50
B1	5– 20	0.42	n.b.	0.75	n.b.	1.00
B2	20– 37	0.63	n.b.	0.75	n.b.	1.25
B3	37– 50	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
BC1	50– 75	0.45	n.b.	0.73	n.b.	0.91
BC2	75–110	0.91	n.b.	1.09	n.b.	1.09
C	> 110	1.00	n.b.	1.00	n.b.	1.00

sant ist der Vergleich mit dem bezüglich geologischem Untergrund und Tonverteilung praktisch identischen Profil S12 (Caneggio). Dort ist der pH-Wert im ganzen Profil etwas höher, was ein jüngeres Entwicklungsstadium des Bodens anzeigt. Die Auswaschung von Ni aus dem Profil S12 ist viel kleiner als im vorliegenden Boden, während Cr im Oberboden sogar angereichert ist.

Die Tiefenverteilung von Cu und Zn unterhalb des Ah-Horizontes (Abb. S11.16 und S11.17) lässt vermuten, dass diese Schwermetalle sich ähnlich verhalten wie Cr und Ni. Allerdings zeigen die Anreicherungsfaktoren für Zn vom Ah- bis zum BC2-Horizont weder eine Anreicherung noch eine Verarmung an. Zusammen mit dem leicht erhöhten Anreicherungsfaktor für Zn und den erhöhten Gehalten von Cu und Zn im Ah-Horizont deutet dies darauf hin, dass die Vegetation die Mikronährstoffe Cu und Zn aus dem Mineralboden aufnimmt und im oberen Teil des Profils mit der Streu dem Boden wieder zuführt.

Der gegenüber den darunter liegenden Horizonten stark erhöhte Pb-Gehalt im Ah-Horizont ist ein deutlicher Hinweis auf Anreicherung von atmenem eingetragenen Pb anthropogener Herkunft.

S11.5.5 Schätzung der Mobilität der Schwermetalle

Vom B1- bis zum C-Horizont ist die Mobilität der Schwermetalle in diesem stark bis sehr stark sauren Boden durch den pH-Wert geprägt und führt zu sehr grosser bis grosser Mobilität von Ni und Zn, mittlerer bis grosser Mobilität von Cr und Cu und zu mittlerer bis geringer Mobilität von Pb (Abb. S11.18). Bemerkenswert ist, dass die mit der relativ geringen pH-Zunahme von 3.9 auf etwas über 4 (Abb. S11.13) verbundene Mobilitätsabnahme vom BC1- zum BC2-Horizont genau mit der Zunahme von stärker gebundenem Cr und Ni übereinstimmt.

Die etwas geringere Mobilität von Cr, Cu und Pb im Ah-Horizont liegt am erhöhten Gehalt an organischer Substanz.

Aufgrund der geschätzten Mobilitäten, der gemessenen Tiefenverteilungen und der Anreicherungsfaktoren muss mit einer Belastung des Grundwassers mit Cr, Ni und Zn gerechnet werden. Das Risiko einer Belastung mit Cu ist aufgrund des profilumfassend niedrigen Gehaltes gering.

S11.5.6 Schätzung der Gefährdung von Mikroorganismen

Im Ah- und B1-Horizont sind alle Schwermetalle in Gehalten vorhanden, welche für pflanzliche und tierische Mikroorganismen in Waldböden als unkritisch gelten.

Schwermetallmobilität

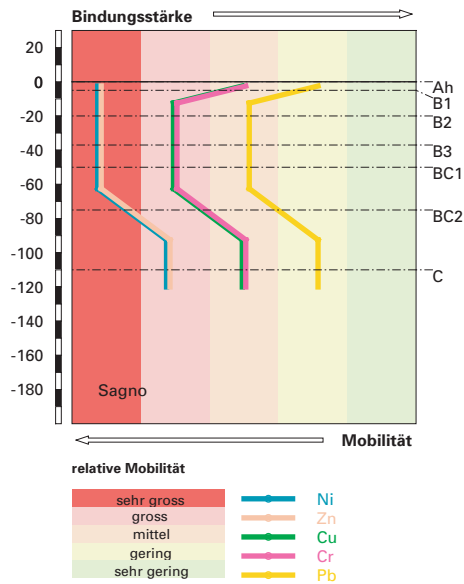


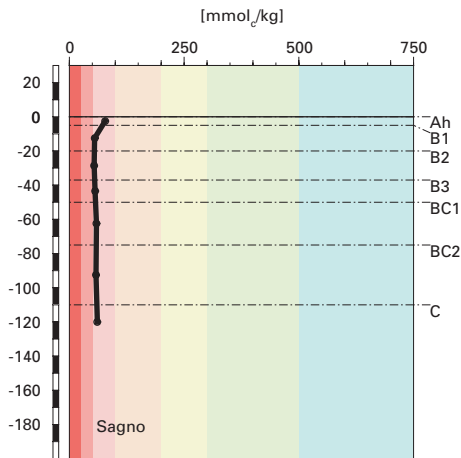
Abb. S11.18 Mobilität der Schwermetalle

S11.6 Themenbereich «Nährstoffe»

S11.6.1 Nährstoffverfügbarkeit im Oberboden

Unter dem Einfluss des ziemlich milden Klimas hat sich an diesem S-exponierten Laubwaldstandort auf 690 m.ü.M. ein Mull gebildet. Obwohl der pH-Wert im Ah-Horizont sehr stark sauer ist, wird die Streu innert Jahresfrist vollständig abgebaut. Das mässig enge C/N-Verhältnis von 16 im Ah-Horizont ist für den Mull typisch und zeigt an, dass die Mineralisierungsrate der organischen Substanz hoch ist. Zusammen mit der Krümelstruktur im Ah-Horizont, welche durch eine rege Aktivität der Bodenorganismen zustande kommt, sind dies alles Hinweise auf eine optimale Nährstoffverfügbarkeit im Oberboden.

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)

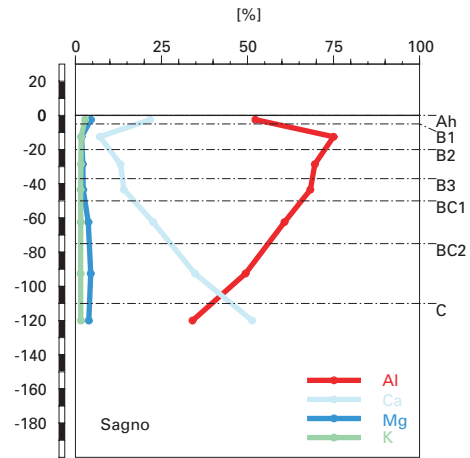


Abb.S11.19 (links) Kationenaustauschkapazität

Abb.S11.20 (rechts) Belegung des Kationenaustauschers

S11.6.2 Nährstoffgehalte

Die Kationenaustauschkapazität der Feinerde ist im ganzen Profil gering ([Abb.S11.19](#)). Sie deckt sich mit den geringen Gehalten an organischer Substanz in diesem Boden ([Abb.S11.8](#)). Allerdings ist der Tongehalt im ganzen Profil im regionalen Vergleich recht beträchtlich. Dieser Befund zeigt, dass mindestens in den Böden dieser Region der Humusanteil für die Kationenaustauschkapazität wichtiger ist als der Tongehalt. Die Ursache liegt vermutlich darin, dass in der Korngrößenklasse der Tonfraktion nur ca. 5% echte Tonminerale vorkommen. Der weitaus grösste Teil der Tonfraktion besteht aus Quarz und anderen silikatischen Verwitterungsprodukten, die keine Austauschereigenschaften besitzen.

Mit Ausnahme des C-Horizontes ist der Kationenaustauscher überwiegend mit Aluminium belegt ([Abb.S11.20](#)). Das austauschbare Aluminium

nimmt ab 20 cm Tiefe zugunsten von austauschbarem Kalzium kontinuierlich ab. Im C-Horizont beträgt die Ca-Belegung etwas mehr als 50 %. Austauschbare K- und Mg-Ionen sind nur in geringen und in allen Horizonten beinahe gleichen Anteilen vorhanden.

S11.6.3 Nährstoffvorräte

Die geringe Kationenaustauschkapazität im ganzen Profil sowie die einseitige Belegung des Kationenaustauschers mit Kalzium bewirken, dass insbesondere die K- und Mg-Vorräte in diesem Boden gering sind (Abb. S11.21–S11.23). Bis zur Referenztiefe von 60 cm werden die Vorräte wie folgt bewertet:

Ca mässig
Mg gering
K sehr gering

Der Boden ist allerdings mehr als doppelt so mächtig und profilumfassend gut durchwurzelbar. Bezogen auf den ganzen Boden ist der Kalziumvorrat als mittel und der Magnesiumvorrat als mässig zu bewerten. Die Bewertung des Kaliumvorrates bleibt aber unverändert.

Kalzium-Vorrat

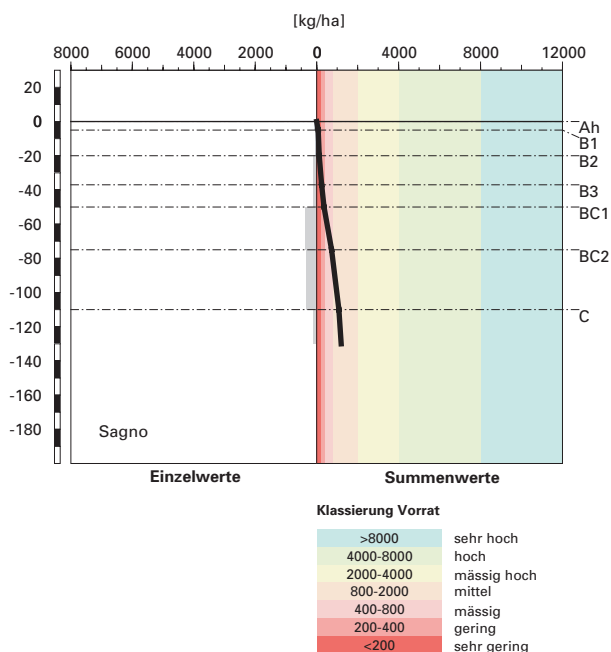


Abb. S11.21 Vorrat an Kalzium

Magnesium-Vorrat

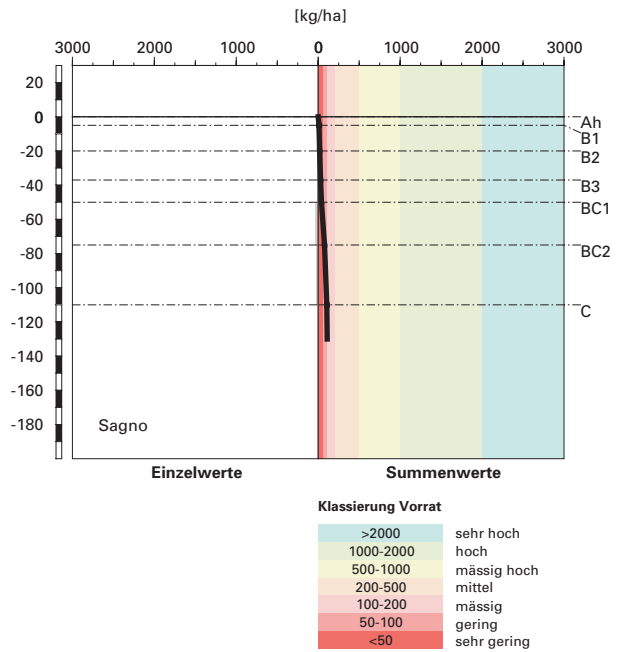


Abb. S11.22 Vorrat an Magnesium

Kalium-Vorrat

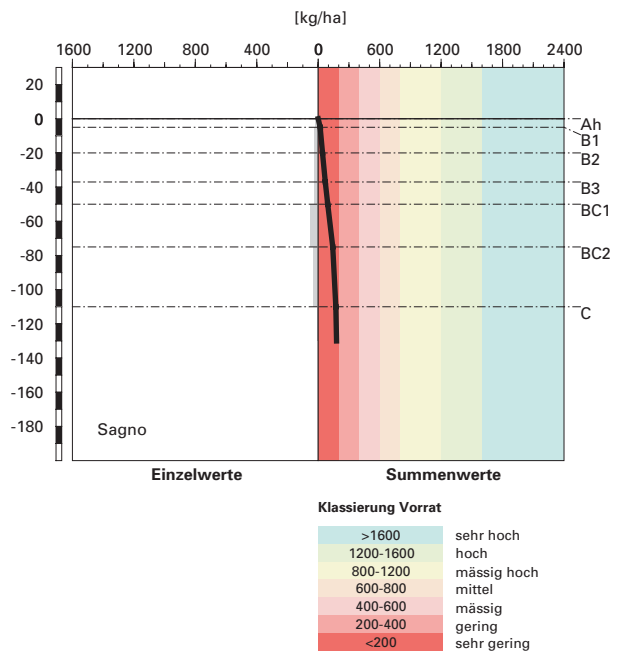


Abb. S11.23 Vorrat an Kalium

Insgesamt handelt es sich um einen eher nährstoffarmen Boden mit einem einseitigen Kalziumangebot. Da ausserdem an diesem Waldstandort ein mässiges Risiko für Trockenstress besteht, muss damit gerechnet werden, dass die Nutzung dieser Vorräte temporär eingeschränkt sein kann.

S11.7 Themenbereich «Waldbaulich relevante Bodenkennwerte und Baumartenwahl»

S11.7.1 Steckbrief für die Waldbehandlung

Der Steckbrief (Tab. S11.5) orientiert über waldbaulich relevante Standortfaktoren und Bodenkennwerte.

S11.7.2 Baumartenwahl

Naturnähe von Bestand und Oberboden

Dieser ehemalige Niederwald besteht vor allem aus Edelkastanien. Im Naturwald würden einige zusätzliche Laubhölzer vorkommen. Nach Frey et al. (2000) trifft man an diesem Standort (EK Nr.34) häufig Mull an. Die aktuelle Humusform Mull ist demnach standorttypisch.

Baumartenwahl gemäss standortkundlichen Grundlagenwerken

Gemäss BUWAL (2005) sind an diesem Laubmischwald-Standort (Nr. (42)-34A) folgende Baumarten für die Waldverjüngung geeignet: Kastanie, Traubeneiche, Buche, Linde, Flaumeiche, Zerreiche, Birke, Mehlbeere und Aspe. An diesem Standort können gemäss BUWAL vor allem Trockenheit ertragende Baumarten verjüngt werden.

Bodenkundliche Kriterien für die Baumartenwahl

■ Durchwurzelbarkeit des Bodens

Da dieser Boden von allen Baumarten tief durchwurzelt werden kann, schränkt dieses Kriterium die Baumartenauswahl nicht ein.

■ Entwässerung des Bodens durch die Bäume

Der Boden ist gut durchlüftet und sehr durchlässig. Daher kann das Kriterium der biologischen Entwässerung des Bodens bei der Baumartenwahl vernachlässigt werden.

Tab. S11.5 Steckbrief für die Waldbehandlung (Sagno)		
Standortangaben		
Relief	Höhe	690 m
	Exposition	S
	Neigung	65 %
Klima	Jahresniederschlag	1653 mm
	Jahrestemperatur	10.0 °C
Ausgangsgestein	Granitgneise	
Baumbestand	Struktur	einschichtiger ehemaliger Niederwald
	Schlussgrad	100 %
	Baumarten (Deckung)	80 % Edelkastanie
	Oberhöhe	10 m
Waldgesellschaft	nach E&K 1972	Nr. 34: Labkraut-Eichenmischwald mit Edelkastanie
	nach BUWAL 2005	Nr. (42)-34A: Nährstoffarme Eichen-Kastanienwälder in Entwicklung
Bodenkennwerte		
Bodensystematik	Bodentyp	Braunerde
	Humusform	Mull
Wasser- und Lufthaushalt	Durchlüftung	Im Boden sind keine Vernässungsmerkmale erkennbar, was zeigt, dass der Boden stets gut durchlüftet ist.
	Durchwurzelbarkeit	Der Boden ist für alle Baumarten mindestens profilumfassend durchwurzelbar. Der Wurzelraum wird mit mehr als 120 cm Mächtigkeit als sehr tiefgründig klassiert. Wurzeln sind bis zur Profilsohle vorhanden.
	pflanzenverfügbares Wasser	Das Risiko für Trockenstress ist unter den gegebenen klimatischen Verhältnissen mässig.
Säurezustand	pH-Wert/Kalkgrenze	Der Boden ist bis 20 cm Tiefe sehr stark, weiter unten im Profil stark sauer. Die Kalkgrenze liegt unter der Profilsohle, also tiefer als 130 cm.
	Aluminium-Toxizität	In 5–20 cm Tiefe besteht ein Risiko für Al-Toxizität.
Nährstoffe	Verfügbarkeit im Oberboden	Wie die Humusform Mull weist auch das mässig enge C/N-Verhältnis auf eine hohe Mineralisierungsrate hin.
	Nährstoffvorräte (Ca, Mg, K)	Die Vorräte der drei Nährstoffkationen sind recht unterschiedlich gross. Der Ca-Vorrat ist mittel, der Mg-Vorrat mässig und der K-Vorrat sehr gering. Ab 50 cm Tiefe ist der Boden relativ reich an Ca und Mg.
Verankerung		Da der Boden sehr tiefgründig ist, wird die Verankerung des Baumbestandes als gut bewertet.
Befahrbarkeit		Der Boden reagiert in nassem Zustand empfindlich auf Befahren mit schweren Maschinen, weil er bis 75 cm Tiefe wenig Skelett enthält und die Feinerde insgesamt recht feinkörnig ist. Da der Wald an einem ziemlich steilen Hang liegt, ist ein Befahren des Bestandes allerdings nicht möglich.

■ Trockenstress-Risiko für die Bäume

Das Risiko für Trockenstress ist vor allem aus klimatischen Gründen mässig. Es sollten nur Baumarten verjüngt werden, die Trockenheit relativ gut ertragen.

■ Säurezustand und Aluminium-Toxizität

Die Feinerde ist derart sauer, dass in 5–20 cm Tiefe ein Risiko für Al-Toxizität besteht. Eine Verbesserung des Säurezustandes ist in diesem Boden erwünscht. Da die aktuelle Baumartenmischung ziemlich naturnah und die Humusform ein Mull ist, besteht jedoch keine Möglichkeit, den Säurezustand mit der Baumartenwahl wesentlich zu verbessern.

■ Nährstoffangebot im Boden

Die Mineralisierungsrate der Nährstoffe ist hoch. Eine Erhöhung der biologischen Aktivität durch waldbauliche Massnahmen ist an diesem Standort nicht nötig.

Viele Baumarten haben bezüglich Nährstoffversorgung des Bodens eine weite ökologische Amplitude. Das Nährstoffangebot dürfte daher an diesem Standort für die meisten Baumarten ausreichend sein. Die Nährstoffversorgung lässt sich in Bezug auf die nährstoffbedürftigen Edellaubhölzer nur schwer bewerten. Einerseits sind die Vorräte von Kalzium und Magnesium relativ gross, andererseits besteht ein Risiko für Al-Toxizität und die Basensättigung ist mit minimal 14% gering. Aufgrund der sehr starken Bodenversauerung erscheinen uns Edellaubhölzer nicht geeignet.

Das Nährstoffangebot lässt sich mit tief wurzelnden Baumarten verbessern, weil der Unterboden relativ viel Ca und Mg enthält. Der lockere und gut durchlüftete Boden kann von allen Baumarten tief durchwurzelt werden.

S11.7.3 **Baumartenempfehlung**

Für den vorliegenden Waldstandort werden die in [Tab. S11.6](#) ersichtlichen Baumarten empfohlen. Aus bodenkundlicher Optik ist die Baumartenempfehlung des BUWAL (2005) aufgrund des Trockenstress-Risikos, des Säurezustandes und des Nährstoffangebotes zu hinterfragen.

Aus bodenkundlicher Sicht ist eine vielfältige Baumartenmischung mit möglichst vielen Laubhölzern anzustreben. Dadurch bleibt die Mineralisierungsrate der Nährstoffe im Oberboden hoch und die Humusform ein Mull.

Aufgrund der zeitweise angespannten Wasserversorgung gehen wir davon aus, dass die Buche Mühe hat, sich gegenüber den Trockenheit ertragenden Laubholzarten zu behaupten.

Tab. S11.6 Baumartenempfehlung für den Hauptbestand	
Referenz	Baumarten
Grundlagenwerke (Einheit (42)-34A; BUWAL 2005)	Kastanie, Traubeneiche, Buche, Linde, Flaumeiche, Zerreiche, Birke, Mehlbeere, Aspe
Bodenkundliche Kriterien	Kastanie, Traubeneiche, Winterlinde, Flaumeiche, Zerreiche, Birke, Mehlbeere, Aspe, (Buche)

S11.8 Literatur

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

Blume, H.P. and Schwertmann, U., 1969: Genetic Evaluation of Profile Distribution of Aluminium, Iron and Manganese Oxides. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 438–444.

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

Eggenberger, U., 1995: Mineral Weathering in Soils: Experiments, Field Studies and Modeling. Inauguraldisertation der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern.

Ellenberg, H./Klötzli, F., 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Mitt. Eidgenöss. Forschungsanst. Wald Schnee Landsch. 48, 4: 587–930.

FAO, 1988: FAO/Unesco Soil Map of the World, Revised Legend, with corrections and updates. World Soil Resources Report 60, FAO, Rome. Reprinted with updates as Technical Paper 20, ISRIC, Wageningen, 1997. 140 S.

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

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