

M15 Bodenprofil Marthalen-Buchberg

M15.1 Themenbereich «Bodenbildungsfaktoren und Profilmorphologie»

M15.1.1 **Zusammenfassende Angaben zum Profil und zu den Bodenbildungsfaktoren**

Das Bodenprofil ist in [Abb.M15.1](#) dargestellt. Einen Eindruck vom Bestand vermittelt [Abb.M15.2](#). [Tab.M15.1](#) fasst wichtige Angaben zum Boden und Profilort Marthalen-Buchberg zusammen, und [Tab.M15.2](#) orientiert über die Bodenbildungsfaktoren.

M15.1.2 **Verbreitung gemäss Bodeneignungskarte der Schweiz**

Das Profil gehört zur Kartierungseinheit G2 (leicht gewelltes Moränehügelland; fluvioglaziale Schotterebenen). 35 Stichproben des Landesforstinventars gehören dieser Kartierungseinheit an. Das Profil repräsentiert damit 0.3% der mit dem LFI insgesamt erfassten 11'863 Stichproben.

M15.1.3 **Besonderheiten am Profilort**

Bei diesem Bodenprofil handelt es sich um die Lokalform Buchberg (Richard et al. 1978). Der Wasserhaushalt dieses Bodens wurde durch Brühlhart (1969) untersucht. Als Vergleich hat er zudem den Wasserhaushalt der Lokalform Winzlerboden (M13) erfasst.

M15.1.4 **Profilmorphologie und Klassierung**

Die im Profil angesprochenen morphologischen Bodenmerkmale sind in [Tab.M15.3](#) zusammen mit einer Profilskizze dargestellt.

Streu fällt vor allem von der Buche und der Traubeneiche an, während die krautigen Pflanzen nur einen bescheidenen Anteil liefern. Die Streu wird innerhalb eines Jahres weitgehend zersetzt, so dass an der Bodenoberfläche nur eine Streuschicht liegt. Aufgrund der Horizontfolge L-Ah klassieren wir die Humusform als Mull.

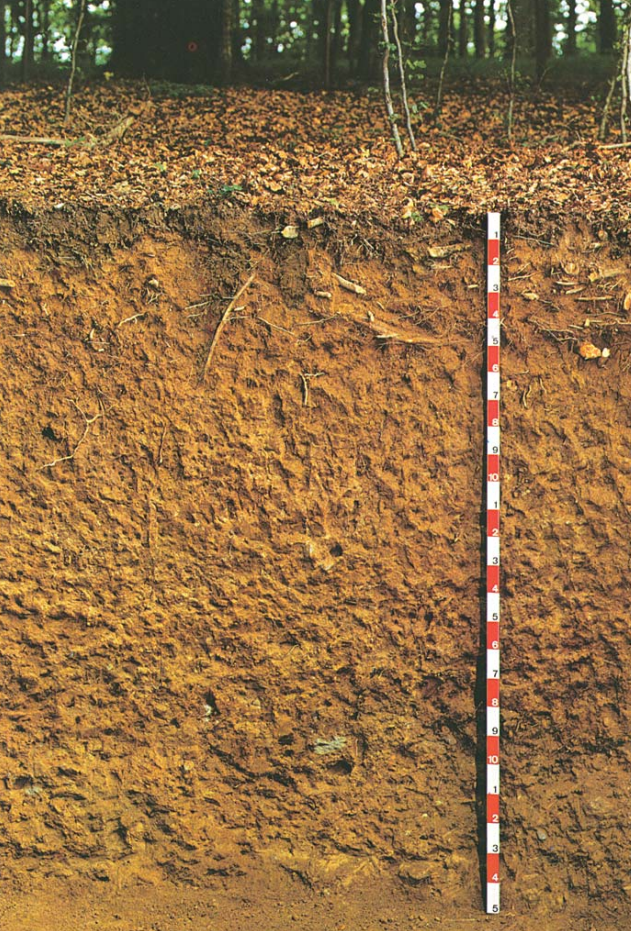


Abb. M15.1 (links) Bodenprofil Marthalen-Buchberg

Abb. M15.2 (rechts) Bestand am Profilort Marthalen-Buchberg

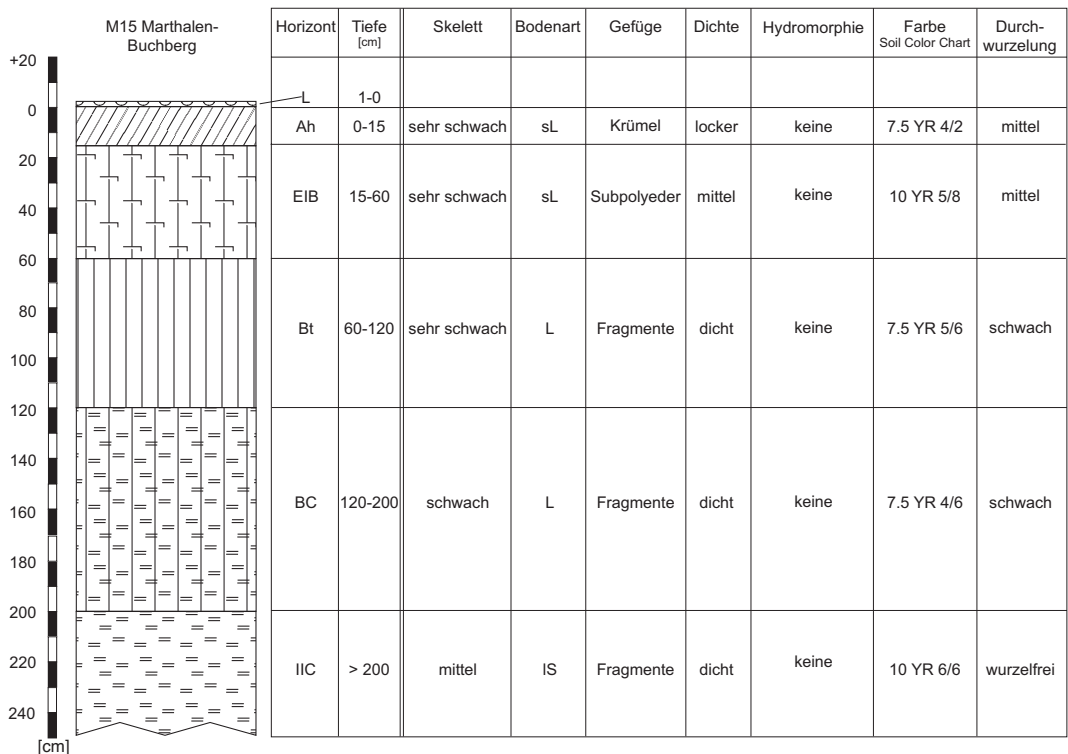
Tab. M15.1 Zusammenfassende Angaben zum Profil Marthalen-Buchberg	
Lokalname	Buchberg (Kanton Zürich, Gemeinde Marthalen) Lokalform 3, Band 1 (Richard et al. 1978)
Lage	Landeskarte 1:25 000 Blatt 1051, Eglisau Koordinaten 689850/272920
Waldgesellschaft (Ellenberg & Klötzli 1972)	Nr. 7: Typischer Waldmeister-Buchenwald (<i>Galio odorati-Fagetum typicum</i>)
Horizontfolge	L-Ah-EIB-Bt-BC-IIC
Humusform	Mull
Bodentyp	Parabraunerde
Bodentyp (FAO 1988)	Luvisol

Tab. M15.2		Bodenbildungsfaktoren am Profilort Marthalen-Buchberg	
Relief	Höhe ü. M.	425 m	
	Exposition	NE	
	Neigung	5%	
	Geländeform	Kuppe	
Ausgangsgestein	Tektonik/Geologie	Molasseecken; Löss über karbonathaltigem Niederterrassenschotter	
	Lithofazies (nach Tuchschnid 1995)	Nr. 24: Glaziallehm und -tone, Löss physikalische Verwitterbarkeit Gestein: variabel chemische Verwitterbarkeit Gestein: variabel Tongehalt Gestein: mittel – hoch	
Klima	T/N Jahresmittel	9.1°C/916 mm	
	T/N Januarmittel	0.0°C/65 mm	
	T/N Julimittel	19.1°C/83 mm	
	Tage mit Schneedecke	30	
	Wärmegliederung	mild	
	Länge der Vegetationsperiode	205–210 Tage	
Pflanzen	Schicht	Deckung	häufigste Arten
	Baumschicht (25–35 m Höhe)	95 %	50–75% Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i>) 5–25% Trauben-Eiche (<i>Quercus petraea</i>)
	Strauchschicht	0 %	–
	Krautschicht	55 %	Gewimperte Segge (<i>Carex pilosa</i>) Echter Waldmeister (<i>Galium odoratum</i>) Gemeiner Sauerklee (<i>Oxalis acetosella</i>)
	Moosschicht	5 %	–

Im 250 cm tief aufgeschlossenen Mineralboden kann man erkennen, dass es sich um ein Zweischichtprofil handelt. Die obere Schicht besteht aus nahezu skelettfreiem Löss und reicht bis 200 cm Tiefe. Darunter folgt Material eines anderen Ausgangsgesteins, das mehr Skelett enthält und als Schotter bezeichnet wird. Im Mineralboden kann man anhand der morphologischen Merkmale insgesamt fünf Horizonte erkennen, wobei fast alle Horizontgrenzen diffus verlaufen und farblich nur mit Mühe erkennbar sind. Die obersten 15 cm des Mineralbodens sind durch Humusbeimengung dunkel gefärbt und heben sich farblich recht deutlich von der unten folgenden, gelblich braunen Zone zwischen 15 und 60 cm Tiefe ab. Die farbliche Unterscheidung zwischen der leuchtend braunen Zone in 60–120 cm Tiefe und der braunen Zone in 120–200 cm Tiefe ist nur mit geschultem Auge möglich. Ab 200 cm Tiefe lässt sich der Schotter an seiner im Vergleich zum übrigen Profil etwas weniger intensiv braunen Farbe erkennen. Die Feinerde ist im ganzen Profil überwiegend schluffig bis sandig. Der Ton hat in der lehmigen Zone zwischen 60 und 200 cm Tiefe einen maximalen Gehalt. Der Boden ist ab 60 cm Tiefe dicht gelagert, wofür vor allem die Fragment-

Tab.M15.3**Profilskizze und Morphologie des Bodenprofils Marthalen-Buchberg**

Bodenart: sL sandiger Lehm, L Lehm, IS lehmiger Sand



struktur verantwortlich ist. Die oberen Bodenpartien haben krümelige bis subpolyedrische Aggregatstrukturen und sind dementsprechend lockerer. Vernässungsmerkmale sind nicht vorhanden und der Boden ist bis 200 cm Tiefe durchwurzelt.

Ein Vergleich von Farbe und Bodenart in 15–60 cm und 60–120 cm Tiefe lässt den Schluss zu, dass eine Tonverlagerung stattgefunden hat. Aus dem Tiefenbereich 15–60 cm wurde Ton in den Tiefenbereich 60–120 cm verlagert. Aufgrund der Bodenmorphologie lautet die Horizontfolge L-Ah-EIB-Bt-BC-IIC. Der Boden wird als Parabraunerde klassiert.

Ergänzende Bodenmerkmale

Die Kalkgrenze verläuft in 200 cm Tiefe und damit genau beim Übergang zum Schotter. Gemäss pH-Hellige ist die Feinerde oberhalb der Kalkgrenze sehr sauer. Im Profil sind trotz dichtem Unterboden keine unüberwindbaren Hindernisse für das Wurzelwachstum auszumachen.

M15.2.1 **Beschrieb einiger physikalischer Bodenkennwerte**

Skelettgehalt

Der Boden ist bis 200 cm Tiefe schwach bis sehr schwach skeletthaltig (Abb. M15.3). Dies ist auf das Ausgangsgestein zurückzuführen, das bis 200 cm Tiefe überwiegend aus Löss besteht. Ab 200 cm Tiefe, also im IIC-Horizont, ist der Skelettgehalt mit 15% maximal. Damit enthält selbst der Schotter im IIC-Horizont eine bloss mittlere Skelettmenge.

Bodenart

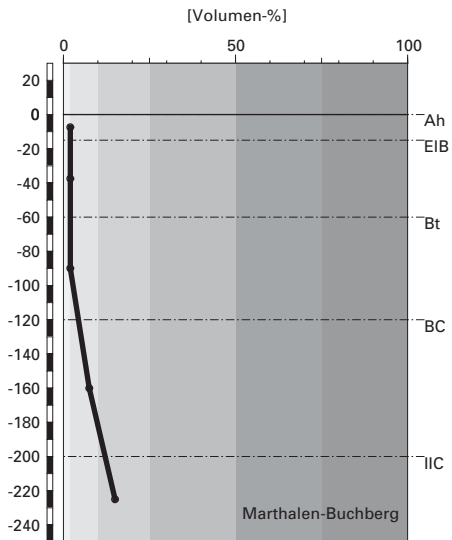
Ein kurzer Blick auf Abb. M15.4 genügt, um festzustellen, dass es sich bei diesem Boden um ein Zweischichtprofil handelt. Bis 200 cm Tiefe enthält das lösshaltige Ausgangsgestein viel Sand und Schluff, während der Schotter ab 200 cm Tiefe sehr sandig ist. Gemessen am Tongehalt handelt es sich bis 200 cm Tiefe um mittelschweren Boden, im IIC-Horizont um leichten Boden. Die Tonverteilung im Profil lässt auf eine Tonverlagerung schliessen. Der Tongehalt ist im Bt-Horizont mit rund 22% maximal und im Vergleich zum unmittelbar darüber liegenden EIB-Horizont um 7% grösser. Der aus dem EIB-Horizont ausgewaschene Ton wurde im Bt-Horizont angereichert. Die im Bodenprofil anhand morphologischer Merkmale festgestellte Tonverlagerung wird durch die Analyse der Korngrössenfraktionen im Labor bestätigt. Feldansprache und Laboranalyse der Bodenart stimmen in den meisten Horizonten überein (Tab. M15.3). Im BC-Horizont wurde der Tongehalt bei der Feldansprache indessen leicht überschätzt.

Bodendichte

In diesem Profil wurde ausnahmsweise die Boden-Dichte anstelle der Feinerde-Dichte gemessen. In der nahezu skelettfreien Schicht bis 120 cm Tiefe kann die Feinerde-Dichte mit der Boden-Dichte gleichgesetzt werden. Die Dichte ist bis 120 cm Tiefe je nach Horizont sehr gering bis mittel, wobei in dieser Tiefenstufe der Bt-Horizont mit 1.52 g/cm^3 eine maximale Dichte aufweist (Abb. M15.5).

Im schwach skeletthaltigen BC-Horizont beträgt die Boden-Dichte 1.51 g/cm^3 und im IIC-Horizont bei mittlerem Skelettgehalt 1.76 g/cm^3 . Die Grösse der Feinerde-Dichte ist in diesen beiden Horizonten nicht bekannt. Wir gehen aber davon aus, dass die Feinerde-Dichte hier etwa gleich gross ist wie im Bt-Horizont und folglich als mittel zu klassieren wäre.

Skelettgehalt



Klassierung Skelettgehalt

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

Bodenart

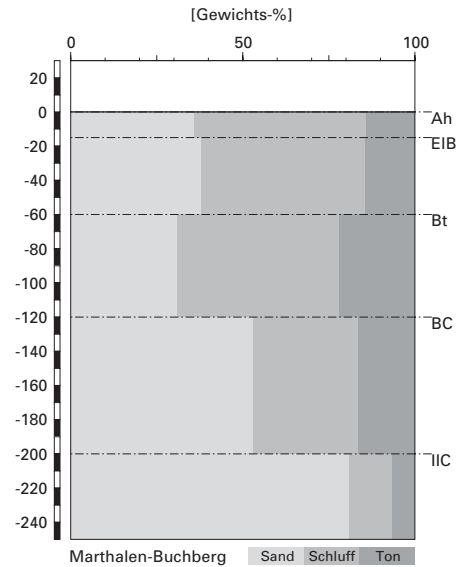


Abb. M15.3 (links) Skelettgehalt

Abb. M15.4 (rechts) Bodenart

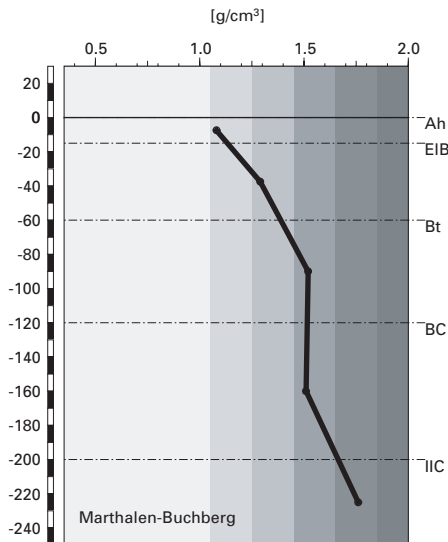
Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

Die Durchlässigkeit ist im Bt-Horizont zwar minimal, wird aber selbst dort noch als mittel klassiert (Abb. M15.6). Oberhalb und unterhalb des Bt-Horizontes ist der Boden hoch durchlässig.

Pflanzenverfügbares Wasser

Die Wasserspeicherkapazität des Bodens bis 120 cm Tiefe wird mit 279 l/m² als äusserst hoch klassiert (Abb. M15.7), was vor allem auf den geringen Skelettgehalt und den recht hohen Schluffanteil zurückzuführen ist.

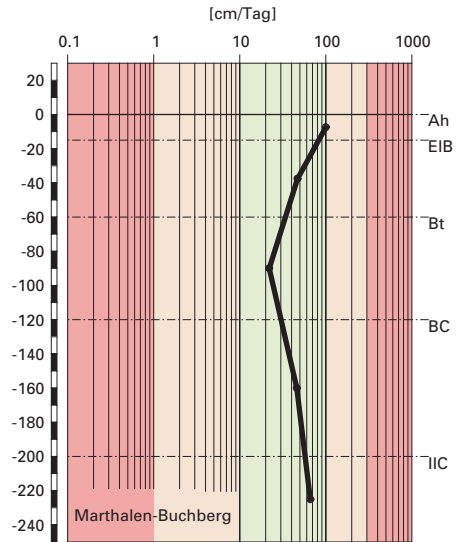
Boden-Dichte



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. M15.5 (links) Dichte des Bodens

Abb. M15.6 (rechts) Wasserleitfähigkeit im gesättigten Boden

M15.2.2

Bodenkundliche und ökologische Interpretationen

Wasser- und Lufthaushalt des Bodens

In dieser Parabraunerde ist die Wasserdurchlässigkeit recht gross (Abb. M15.6), so dass sich keine Vernässungsmerkmale bilden. Zusätzlich zur relativ grossen Durchlässigkeit dürfte wohl auch das recht trockene Klima für das Fehlen von hydromorphen Merkmalen im Boden verantwortlich sein. Wir nehmen an, dass in diesem Boden gesättigte Phasen mit ungenügender Durchlüftung höchstens von kurzer Dauer sind.

Durchwurzelbarkeit des Bodens

Der Boden kann von allen Baumarten weitgehend uneingeschränkt und mindestens profilumfassend durchwurzelt werden, da die Durchlüftung in allen Horizonten stets ausreichend ist und die Feinerde-Dichte den als kritisch erachteten Wert von 1.4 g/cm³ nur leicht überschreitet. Der Wurzel-

pflanzenverfügbares Wasser

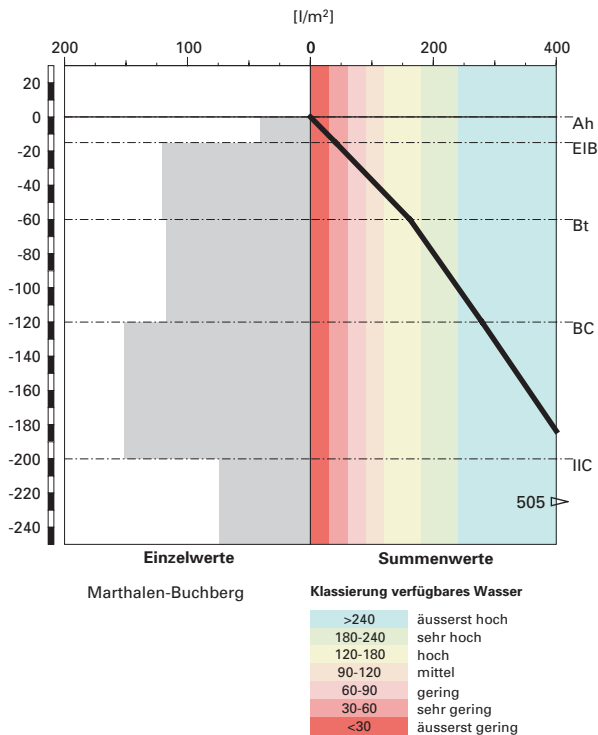


Abb.M15.7 Pflanzenverfügbares Wasser

raum ist nicht beschränkt und wird mit mehr als 120 cm Mächtigkeit als sehr tiefgründig klassiert. Der Boden wird vom aktuellen Mischbestand aus Buchen und Traubeneichen nicht voll genutzt, denn Wurzeln sind, zumindest im Bodenprofil, nur bis 200 cm Tiefe vorhanden.

Wasserversorgung des Baumbestandes

Bei einer Referenztiefe von 120 cm ist gemäss unseren Berechnungen davon auszugehen, dass der Bestand in Trockenperioden ohne nennenswerte Niederschläge nach rund 35 Tagen an Wassermangel zu leiden beginnt. Das Trockenstress-Risiko wird an diesem Buchenstandort (E & K 7) trotz dem milden und relativ trockenen Klima als klein bewertet. Wir kommen zu diesem Schluss, weil das Wasserspeichervermögen bis 120 cm Tiefe äusserst hoch ist und die Bäume in Trockenperioden die Wasserreserven in den unteren Schichten des Bodens bis mindestens in eine Tiefe von 250 cm nutzen können.

Bodenbefahrbarkeit

Der Boden reagiert in nassem Zustand sehr empfindlich auf Befahren mit schweren Maschinen, weil er bis 120 cm Tiefe nahezu skelettfrei ist.

M15.3 Themenbereich «Bodenhauptbestandteile»

M15.3.1 Charakterisierung der Bodenhauptbestandteile

Organische Substanz

Am Profilort Buchberg dominieren im Baumbestand Buchen und Traubeneichen. Die Baumschicht hat einen Deckungsgrad von 95%. Trotzdem gedeiht auf 55% der Fläche eine Krautschicht aus gewimperter Segge, echtem Waldmeister und gemeinem Sauerklee. Die Streu fällt jedoch vor allem aus der Baumschicht an und ist mässig bis schlecht abbaubar.

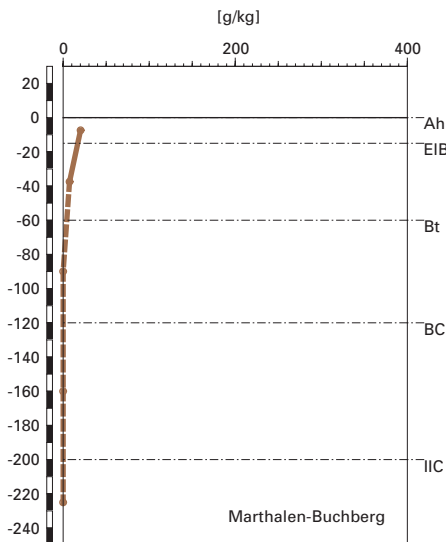
Der gräulich braune Ah-Horizont hebt sich deutlich vom gelblich braunen EIB-Horizont ab. Sein Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org}) beträgt 2% gegenüber rund 1% im EIB-Horizont (Abb. M15.8). Im Bt-Horizont ist bereits kein organischer Kohlenstoff mehr bestimmbar. Aus diesen C_{org} -Gehalten resultiert ein Vorrat an organischem Kohlenstoff von 68 t/ha (Abb. M15.9).

Tonverteilung sowie Verteilung von Aluminium- und Eisenoxiden

Der Tongehalt ist im Ah- bzw. EIB-Horizont 14% bzw. 15% und nimmt im Bt-Horizont deutlich auf 22% zu (Abb. M15.4). Im BC-Horizont beträgt er wieder 16% und nach dem Schichtwechsel im IIC-Horizont noch 7%.

Der Gehalt des Dithionit-extrahierbaren Eisens (Fe_d) nimmt bis in den Bt-Horizont langsam und in den BC-Horizont sprunghaft zu (Abb. M15.10). Nach dem Schichtwechsel nimmt er im karbonathaltigen Schotter ebenso stark wieder ab. Der Gehalt des Oxalat-extrahierbaren Eisens (Fe_o) ist im Ah- und Bt-Horizont am grössten, im EIB-Horizont ist er unwesentlich kleiner und im tieferen Unterboden geht er auf das Minimum im Schotter zurück (Tab. A122 in Zimmermann et al. 2006). Beim Pyrophosphat-extrahierbaren Eisen (Fe_p) nimmt der Gehalt kontinuierlich vom Ah- bis in den BC-Horizont ab, im IIC-Horizont ist Fe_p nicht mehr bestimmbar. Das Oxalat-extrahierbare Aluminium (Al_o) verhält sich ähnlich wie Fe_o . Sein Gehalt ist im Ah- und EIB-Horizont praktisch gleich gross, nimmt im Bt-Horizont auf das Maximum etwas zu und im BC-Horizont wieder ab (Abb. M15.11). Der Gehalt des Pyrophosphat-extrahierbaren Aluminiums (Al_p) nimmt vom Ah- bis in den BC-Horizont kontinuierlich ab. Im IIC-Horizont sind sowohl Al_o als auch Al_p nicht mehr bestimmbar.

organischer Kohlenstoff



Kohlenstoff-Vorrat

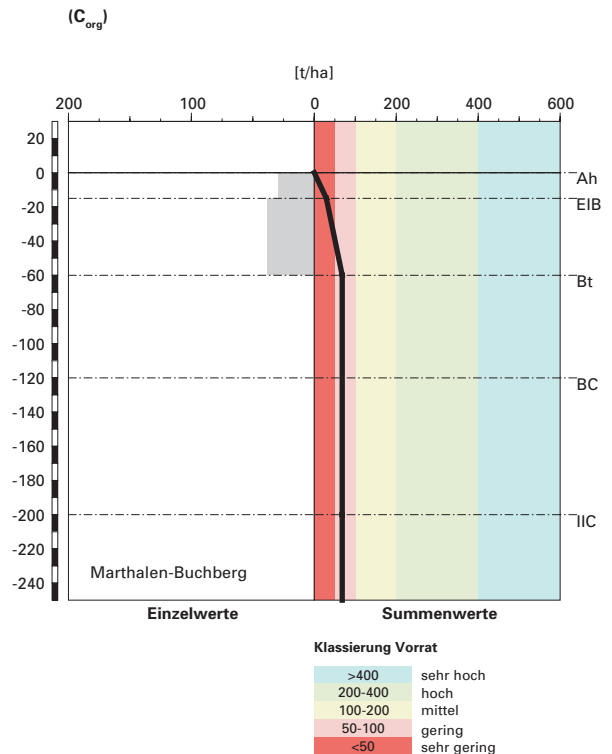


Abb.M15.8 (links) Gehalt an organischem Kohlenstoff

Abb.M15.9 (rechts) Vorrat an organischem Kohlenstoff

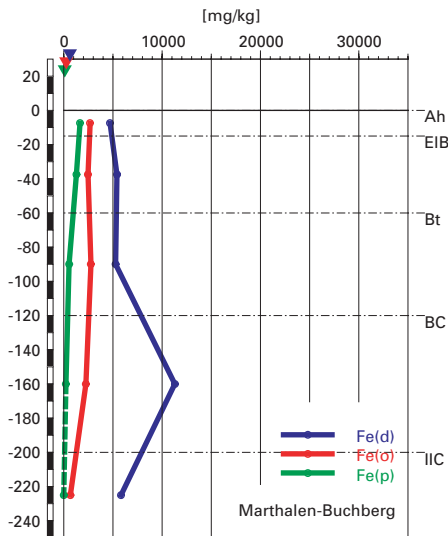
Das Fe_o/Fe_d -Verhältnis nimmt mit der Tiefe mit Ausnahme eines sekundären Maximums im Bt-Horizont kontinuierlich ab (Abb.M15.12). Auch die Al_p/Al_o - und Fe_p/Fe_o -Verhältnisse nehmen mit der Tiefe kontinuierlich ab, wobei ihre Tiefenverläufe praktisch parallel sind.

M15.3.2 Bodenkundliche Interpretation

Ähnlich wie am Profilort Irchel (M14) stammt die Streu auch an diesem Profilort vor allem von Buchen und Traubeneichen und gilt als mässig bis schlecht abbaubar. Trotzdem wird die Streu innerhalb eines Jahres praktisch vollständig zersetzt. Deshalb wird die Humusform mit der Horizontfolge L-Ah als Mull bezeichnet. Gründe für diesen Unterschied sind vor allem im leicht höheren pH-Wert, in der grösseren biologischen Aktivität sowie der unterschiedlichen Zusammensetzung der Krautschicht, deren

Eisen-Oxide

(Gehalte)



Aluminium-Oxide

(Gehalte)

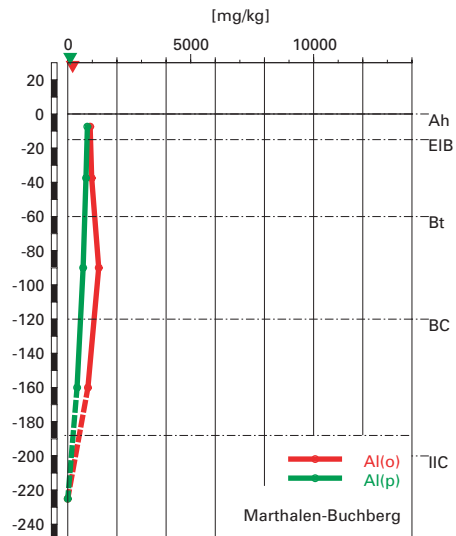


Abb. M15.10 (links) Gehalte an Dithionit- (Fe_d), Oxalat- (Fe_o) und Pyrophosphat- (Fe_p) extrahierbarem Eisen

Abb. M15.11 (rechts) Gehalte an Oxalat- (Al_o) und Pyrophosphat- (Al_p) extrahierbarem Aluminium

Eisen- und Aluminiumoxide

(Verhältnisse)

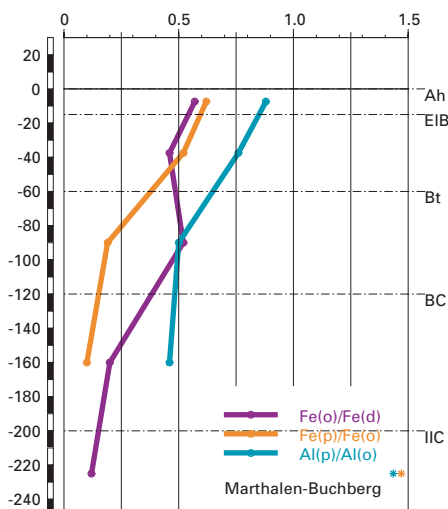


Abb. M15.12 Verhältnisse der Fe- und Al-Oxide

Streubeitrag die mässig bis schlecht abbaubare Streu der Bäume für Bodenorganismen attraktiver machen kann, zu suchen. Am Profilort Buchberg kommen in der Krautschicht durchwegs Pflanzen mit gut abbaubarer Streu vor im Gegensatz zum Profilort Irchel (M14), wo zahlreiche Heidelbeeren eine ebenfalls schwer abbaubare Streu liefern. Zudem sind am Profilort Buchberg trotz der stark sauren pH-Werte Wurmlösungen zu beobachten, was auf das Vorkommen von Regenwürmern und einer entsprechend grossen biologischen Aktivität schliessen lässt. Dies äussert sich in einer Krümelstruktur der Feinerde im Ah-Horizont. Am Profilort selbst ist deshalb kein F-Horizont zu beobachten, allerdings sind in der Umgebung des Profils Ansätze zu einer gehemmten Zersetzung der Streu zu beobachten.

Das C/N-Verhältnis im Ah-Horizont beträgt 13 und wird als mässig eng klassiert. Dies ist mit einer hohen Mineralisierungsrate der organischen Substanz verbunden. Die Streu wird nicht nur ziemlich vollständig zersetzt, sondern die organische Substanz wird zu einem Grossteil mineralisiert. Die nicht mineralisierte organische Substanz wird vermutlich in Form löslicher Verbindungen mit dem Bodenwasser in die Tiefe verlagert, allenfalls auch aus dem Profil ausgewaschen. Eine Stabilisierung durch organo-mineralische Verbindungen ist in diesem Boden nicht ausgeprägt, weshalb sich im gesamtschweizerischen Vergleich nur ein geringer Vorrat an organischem Kohlenstoff von 68 t/ha gebildet hat (Abb. M15.9).

Die morphologischen sowie die chemischen und physikalischen Eigenschaften lassen vermuten, dass in diesem Boden eine Tonverlagerung stattgefunden hat. Das Tonmaximum befindet sich im Bt-Horizont. Der gelblich braune EIB-Horizont erscheint gegenüber dem leuchtend braunen bzw. braunen Bt- bzw. BC-Horizont leicht gebleicht. Diese schwache Bleichung ist auf Verlagerung von Ton verbunden mit dispergierten Eisenoxiden zurückzuführen. Das Fe_d -Maximum befindet sich im BC-Horizont, ein Horizont tiefer als das Tonmaximum. Eisen wurde also tiefer verlagert als Ton, was auch durch das mit der Tiefe zunehmende Fe_d /Ton-Verhältnis (Tab. A122 in Zimmermann et al. 2006) angedeutet wird. Die Kalkgrenze befindet sich in 2 m Tiefe, am Übergang vom BC- zum IIC-Horizont. Dies ist gleichzeitig auch die Grenze für eine Verlagerung in dispergierter Form, da bei einem pH-Sprung von 4.1 auf 7.5 dispergierte Teilchen ausflocken. Deshalb liegt das Maximum des Fe_d -Gehaltes im BC-Horizont und im IIC-Horizont geht der Fe_d -Gehalt stark zurück.

Bei Fe_o befindet sich der maximale Gehalt im Bt-Horizont. Dies ist nicht auf einen Kotransport mit Ton zurückzuführen, sondern auf die stark sauren pH-Verhältnisse im oberen Profilbereich, welche zu einer Mobilisierung von Eisen führen. Fe_o zeigt eine leichte Verarmung im EIB-Horizont, da bei einem pH-Wert von 3.8 Eisen gelöst wird. Im Bt-Horizont sind bei einem

pH-Wert von mehr als 3.9 die Löslichkeitsbedingungen nicht mehr gegeben, so dass Eisen in diesem Horizont wieder ausfällt.

Auch Aluminium ist bei den stark sauren pH-Verhältnissen mobil. Al_o korreliert jedoch sehr gut mit dem Tongehalt und dem austauschbaren Aluminium. Sein Maximum liegt ebenfalls im Bt-Horizont, was nahe legt, dass Aluminium vor allem zusammen mit dem Ton verlagert wurde.

Die Al_p - und Fe_p -Gehalte nehmen mit der Tiefe ab, wobei geringe Unterschiede zwischen Ober- und Unterboden bestehen. Dies veranschaulicht, dass infolge der Verwitterung Aluminium und Eisen oberhalb des Schichtwechsels aus den primären Mineralen, wenn auch nur in geringen Mengen freigesetzt wurden und nun sekundäre Oxide und Hydroxide sowie Verbindungen mit der organischen Substanz bilden. Dies äussert sich in einer schwachen Verbraunung bis zum IIC-Horizont. Die mit der organischen Substanz assoziierten Aluminium- und Eisenverbindungen befinden sich vor allem in den obersten 60 cm Tiefe, weil da die Al_p/Al_o - und Fe_p/Fe_o -Verhältnisse besonders weit sind.

Das Fe_o/Fe_d -Verhältnis besagt, dass der Kristallinitätsgrad der Eisenoxide mit der Tiefe zunimmt. Im EIB-Horizont ist der Kristallinitätsgrad gegenüber dem Ah- und Bt-Horizont ebenfalls erhöht, da wegen des tiefen pH-Wertes amorphe Eisenverbindungen gelöst wurden.

Aufgrund der morphologischen Merkmale wurde dieser Boden als Parabraunerde klassiert. Diese Klassierung kann mit der Interpretation der Bodenhauptbestandteile bestätigt werden. Insbesondere kann die Tonverlagerung und ein Kotransport von partikulärem Eisen mit den Laborwerten nachvollzogen werden. Auch Aluminium wurde mit dem Ton verlagert, was an der Tiefenverteilung des Oxalat-extrahierbaren Aluminiums sichtbar ist.

M15.4 Themenbereich «Säurezustand»

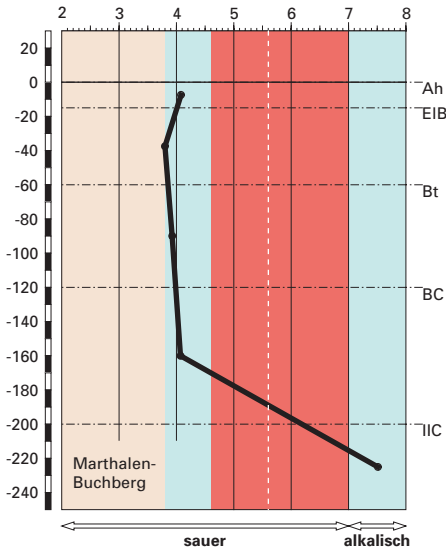
M15.4.1 Charakterisierung des Säurezustandes

pH-Wert

Bis in eine Tiefe von 200 cm ist der Boden stark sauer mit nur wenig variierenden pH-Werten (Abb. M15.13). Der tiefste Wert beträgt 3.8 im EIB-Horizont und nimmt darunter auf 4.1 im BC-Horizont zu. Im Übergang zum karbonathaltigen IIC-Horizont erfolgt ein scharfer pH-Sprung in den alkalischen Bereich. Hier befindet sich die Feinerde in der Säureklasse 1, alle anderen Horizonte liegen in der Säureklasse 4.

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

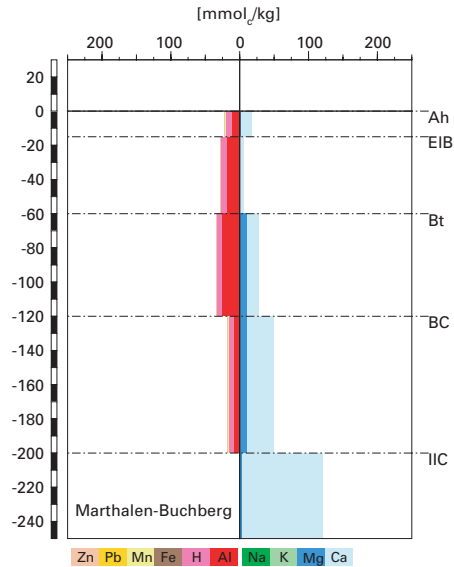


Abb.M15.13 (links) pH-Wert und Säureklassen

Abb.M15.14 (rechts) Belegung des Kationenaustauschers

Austauschbare Kationen und Basensättigung

Bis zum Übergang in den karbonathaltigen IIC-Horizont sind saure Kationen am Kationenaustauscher zu finden, wobei auffällt, dass neben Aluminium auch überall austauschbare Protonen in nennenswerten Anteilen vorkommen (Abb.M15.14). Im EIB-Horizont belegen sie den grössten Teil der Austauscherplätze. Im Ah- und Bt-Horizont sind saure und basische Kationen zu beinahe gleichen Anteilen vertreten und im BC-Horizont überwiegen die basischen Kationen. Im IIC-Horizont kommen keine sauren Kationen in austauschbarer Form vor. Die Basensättigung wird mit rund 45% im Ah-Horizont als mittel bewertet (Abb.M15.15). Im EIB-Horizont ist sie mit 17% am kleinsten. Mit zunehmender Tiefe nimmt sie stetig auf hohe bis sehr hohe Werte zu.

Basensättigung

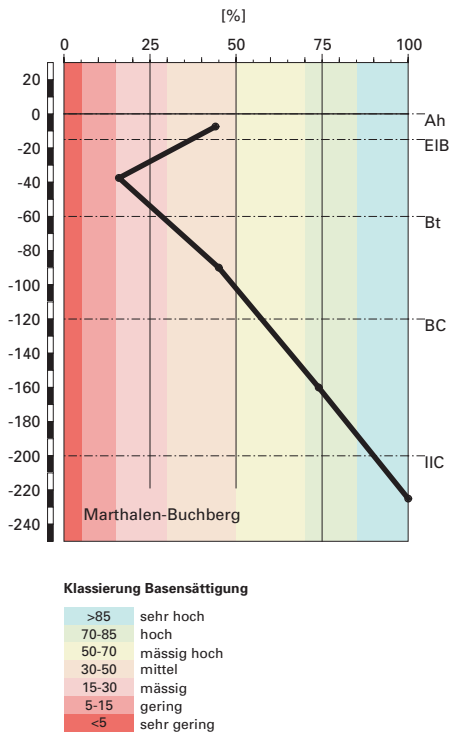


Abb.M15.15 Basensättigung

M15.4.2 Interpretationen zum Säurezustand

Stand der Bodenversauerung

Der Säurezustand dieser sehr tiefgründige Parabraunerde wird anhand des Tiefenverlaufes des pH-Wertes beurteilt. Dieser erstreckt sich über 4 Säureklassen, womit der Boden als stark versauert klassiert wird. Trotzdem ist die Basensättigung der gesamten Feinerde dieses sehr tiefgründigen Bodens vergleichsweise hoch, was die negativen Auswirkungen der Versauerung mildert. Bis zum Übergang zum IIC-Horizont, wo sich, erkennbar am austauschbaren Aluminium, die Versauerungsfront befindet, liegt der gesamte Boden in der gut puffernden Säureklasse 4. Hier wird bei der Säurepufferung Aluminium freigesetzt, das in der Folge Nährstoffkationen vom Kationenaustauscher verdrängt. In hochdurchlässigen Böden werden diese grösstenteils aus dem Boden ausgewaschen und gehen verloren. In dieser Parabraunerde ist dies vermutlich weniger der Fall. Im mächtigen und dichteren Bt-und BC-Horizont werden die aus dem EIB-Horizont verdrängten

basischen Kationen am Abzug gehindert. Durch Diffusion oder durch kapillaren Wasseraufstieg bei allfälligem Stauwasser kommt es ausserdem zu einer Umverteilung basischer Kationen aus dem karbonathaltigen Untergrund in die oberen Profilpartien. Aus diesen Gründen sind die Folgen der starken Versauerung für die Nährstoffversorgung des Bestandes nicht so gravierend, wie dies aufgrund der pH-Verhältnisse befürchtet werden könnte. Im karbonathaltigen IIC-Horizont erfolgt die Säurepufferung sehr effizient durch Karbonatverwitterung.

Risiko für Boden und Pflanzen

Weil sich die Gesamtheit der Feinerde des Bodens in der Säureklasse 1 oder 4 befindet, in denen die Säuren durch Karbonatverwitterung oder Auflösung von Aluminiumverbindungen effizient gepuffert werden, wird die Empfindlichkeit für eine weitere pH-Abnahme als sehr klein beurteilt. Allerdings liegen der EIB- und der Bt-Horizont im unteren Bereich der Säureklasse 4 im Übergang zur nur mässig puffernden Säureklasse 5. Wir betrachten das Risiko einer weiteren pH-Abnahme in diesen Horizonten deshalb als etwas erhöht.

Trotz der tiefen pH-Werte ist das BC/Al-Verhältnis in allen Horizonten ausserhalb des kritischen Bereiches von 0.2, so dass für die Pflanzen kein säurebedingtes Risiko durch Aluminiumtoxizität besteht. Ein latentes Risiko besteht allenfalls im EIB-Horizont, der bei einer weiteren Versauerung am ehesten in den kritischen Bereich gelangen könnte. Da der Boden aber sehr tiefgründig und insgesamt nährstoffreich ist, dürfte sich auch in diesem Fall das Risiko für die Pflanzen in Grenzen halten.

M15.5 Themenbereich «Schwermetalle»

M15.5.1 Tiefenverteilung der Schwermetalle

Chrom, Ni und Zn haben ihre minimalen Gehalte in den beiden obersten Horizonten, wobei der Zn-Gehalt im Ah-Horizont etwas grösser ist als im EIB-Horizont ([Abb. M15.16](#)). In grösserer Tiefe nimmt Cr linear bis zum maximalen Gehalt im BC-Horizont zu und nimmt dann im IIC-Horizont wieder ab. Der Ni-Gehalt wird nur bis zum Bt-Horizont grösser und ist darunter wieder etwas kleiner. Der Zn-Gehalt nimmt bis zum Bt-Horizont stark zu, bleibt im BC-Horizont gleich gross und nimmt im IIC-Horizont wieder etwas ab. Kupfer liegt nur gerade im BC-Horizont über der Bestimmungsgrenze, während Pb im ganzen Profil nicht nachweisbar ist.

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

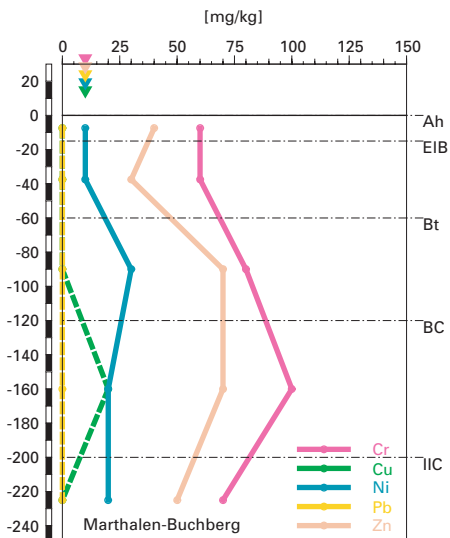


Abb. M15.16 (links) Schwermetalle: effektive Totalgehalte

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

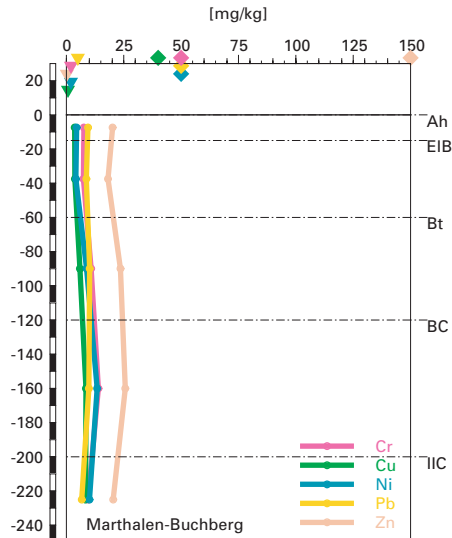


Abb. M15.17 (rechts) Schwermetalle: Salpetersäure-extrahierbare Gehalte

M15.5.2

Wertung der Schwermetallgehalte im untersten Mineralerde-Horizont im geochemischen Vergleich

Bezogen auf das Ausgangsgestein des oberen Teils dieses Profils aus Löss (Lithofazies 24) liegen der Ni- und Pb-Gehalt im BC-Horizont unterhalb, der Cu- und Zn-Gehalt innerhalb, und der Cr- Gehalt oberhalb typischer Wertebereiche. Die Gehalte im IIC-Horizont aus karbonathaltigem Niederterrassenschotter (Lithofazies 30) werden mit den geochemischen Referenzwerten der Lithofazies 25 (Alluviallehme und -tone) verglichen. Die meisten Schwermetall-Gehalte im IIC-Horizont liegen unterhalb der typischen Wertebereiche der Lithofazies 25, der Cr-Gehalt hingegen innerhalb.

Im Vergleich zu den Angaben für das Gebiet Mittelland sind der Pb-Gehalt im BC-Horizont sehr niedrig, der Ni-Gehalt niedrig, der Cu- und Zn-Gehalt erhöht und der Cr-Gehalt hoch. Im IIC-Horizont sind mit Ausnahme des erhöhten Cr-Gehaltes alle Schwermetallgehalte sehr niedrig bis niedrig.

Anmerkung: Da beim stark sauren BC-Horizont eine Auswaschung von Schwermetallen nicht ausgeschlossen werden kann, dürften die auf ihm basierenden Beurteilungen eher zu niedrig sein.

M15.5.3 **Beurteilung der quellenunabhängigen Belastung nach VBBo**

Bezogen auf die VBBo sind die Gehalte aller Schwermetalle im ganzen Profil sehr niedrig (Abb. M15.17). Die Richtwerte der VBBo werden nicht überschritten.

M15.5.4 **Anreicherungs faktoren**

Weil der IIC-Horizont nicht das Ausgangsgestein dieses Bodens repräsentiert, wurden die Anreicherungs faktoren relativ zum BC-Horizont berechnet. Da bei diesem Horizont wegen der stark sauren Verhältnisse eine Auswaschung von Schwermetallen nicht ausgeschlossen werden kann, können keine Aussagen bezüglich Anreicherung oder Verarmung relativ zum Ausgangsgestein gemacht werden.

Das Profil ist vom Ah- bis zum Bt-Horizont stark an Cr, Ni, Cu und Zn verarmt (Tab. M15.4). Diese Verarmung kann vor allem mit der mehrheitlich grossen bis sehr grossen Mobilität unter den profilumfassend stark sauren Verhältnissen erklärt werden. In wie weit die Schwermetalle im BC-Horizont angereichert bzw. in den Untergrund ausgewaschen wurden, lässt sich mit den vorhandenen Daten nicht beantworten. Bemerkenswert ist, dass eine für Verlagerung von Schwermetallen mit Ton charakteristische Anreicherung im Bt-Horizont nicht erkennbar ist. Dies kann damit erklärt werden, dass die Tonverlagerung in diesem Boden kein aktueller Prozess ist, sondern in einer früheren Phase der Bodenbildung, als das Profil noch weniger stark versauert war und für diesen Verlagerungsprozess günstige Bedingungen herrschten, stattfand und wohl für einen Teil der Abreicherungen im Ah- und EIB-Horizont sorgte. Allerdings ist der Boden offenbar schon lange derart stark versauert, so dass in jener Phase allfällig im Bt-Horizont angereicherte Schwermetalle bereits wieder mobilisiert und ausgewaschen wurden.

Tab. M15.4 Anreicherungs faktoren

Horizont	Tiefe [cm]	Anreicherungs faktor				
		Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Ah	0– 15	0.37	<0.31	0.31	n.b.	0.36
EIB	15– 60	0.36	<0.30	0.30	n.b.	0.26
Bt	60– 120	0.53	<0.33	0.99	n.b.	0.66
BC	120– 200	1.00	1.00	1.00	n.b.	1.00
IIC	> 200	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Schwermetallmobilität

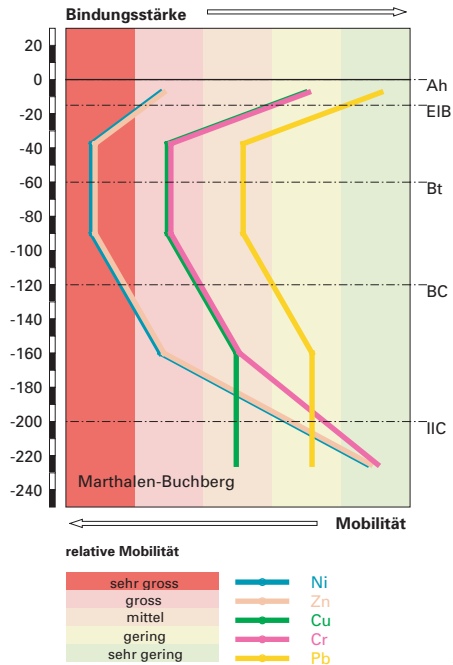


Abb.M15.18 Mobilität der Schwermetalle

Der gegenüber dem EIB-Horizont leicht höhere Gehalt und Anreicherungs-faktor von Zn im Ah-Horizont (Abb.M15.16, Tab.M15.4) weist auf Rück-führung dieses Mikronährstoffs mit der Streu in den Oberboden hin.

M15.5.5

Schätzung der Mobilität der Schwermetalle

Im stark sauren Teil des Mineralbodens vom EIB- bis zum BC-Horizont wird die Mobilität von Ni und Zn als gross bis sehr gross, diejenige von Cr und Cu als mittel bis gross und diejenige von Pb als gering bis mittel geschätzt (Abb.M15.18). Im ebenfalls stark sauren Ah-Horizont wird allerdings die Mobilität von Cr, Cu und Pb durch den hohen Humusgehalt (Abb.M15.18) auf sehr gering bis gering verringert. Im alkalischen IIC-Horizont wird die Mobilität der meisten Schwermetalle als sehr gering bis gering, die Cu-Mobilität aber wegen der Bildung von Karbonat- bzw. Hydrogenkarbonat-Komplexen als mittel eingestuft.

Wegen des hohen pH-Wertes im IIC-Horizont wird die Gefahr, dass Schwermetalle in den Untergrund ausgewaschen werden, als gering eingestuft.

M15.5.6 Schätzung der Gefährdung von Mikroorganismen

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

M15.6 Themenbereich «Nährstoffe»

M15.6.1 Nährstoffverfügbarkeit im Oberboden

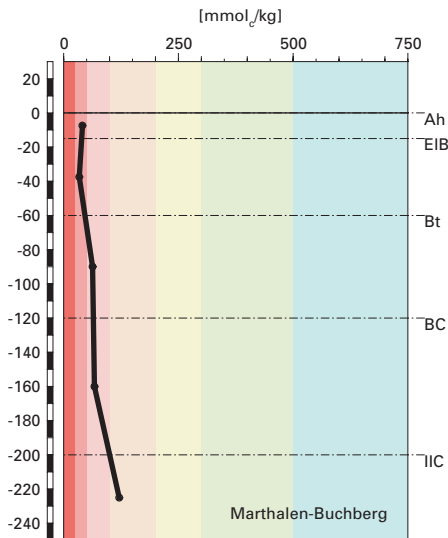
Die Nährstoffverfügbarkeit ist, beurteilt anhand von Humusform und Bodengefüge, beinahe optimal. Die von den Buchen und Trauben-Eichen anfallende Streu wird innerhalb eines Jahres vollständig zersetzt und somit so weit aufgeschlossen, dass die organische Substanz potentiell mineralisiert werden kann und die Nährstoffe wieder in Umlauf kommen. Als Humusform liegt ein Mull vor. Trotz den stark sauren pH-Verhältnissen im Oberboden liegt eine Krümelstruktur der Feinerde vor. Dies weist auf eine grosse biologische Aktivität hin. Allerdings beschränkt sich die Krümelstruktur auf den Ah-Horizont und im EIB-Horizont liegen Subpolyeder vor.

Das C/N-Verhältnis beträgt im Ah-Horizont 13 und ist damit typisch für die Humusform Mull. Das als mässig eng klassierte C/N-Verhältnis ist mit einer hohen Mineralisierungsrate der organischen Substanz verbunden. Damit stehen die anhand des C/N-Verhältnisses gemachten Aussagen in Einklang mit den morphologischen Beobachtungen. Das als eng klassierte C/P-Verhältnis von 93 im Ah-Horizont bestätigt die oben gemachten Aussagen.

M15.6.2 Nährstoffgehalte

Die Kationenaustauschkapazität (KAK) steigt tendenziell mit der Tiefe an ([Abb. M15.19](#)). Sie ist im Ah- und EIB-Horizont sehr gering, ansonsten wird sie in den obersten 200 cm Tiefe als gering klassiert. Im IIC-Horizont ist die KAK mittel. Sie folgt damit mehr oder weniger der Tiefenverteilung des Tongehaltes, mit Ausnahme des mittleren Wertes im IIC-Horizont und des geringen Wertes im Bt-Horizont. Der mittlere Wert im IIC-Horizont dürfte aufgrund eines methodischen Artefaktes, nämlich der Kalkauflösung während der Extraktion, etwas überschätzt sein. Im Bt-Horizont ist die KAK

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)

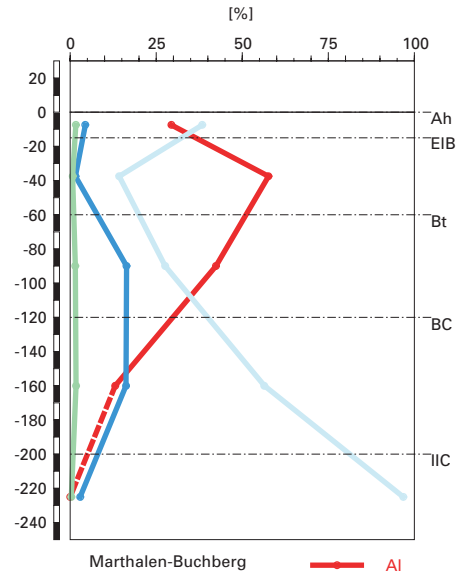


Abb. M15.19 (links) Kationenaustauschkapazität

Abb. M15.20 (rechts) Belegung des Kationenaustauschers

trotz grösstem Tongehalt im Vergleich zu den anderen Horizonten relativ klein. Dies ist eine Folge der stark sauren pH-Verhältnisse und der hohen Protonenkonzentration, welche bewirkt, dass die Oxide in der Tonfraktion protoniert sind und eine vorwiegend positive Oberflächenladung tragen. Damit stehen sich nicht mehr als Kationenaustauscher zur Verfügung und tragen nicht zur KAK bei.

Die Belegung des Kationenaustauschers mit Aluminium und Nährstoffkationen widerspiegelt ziemlich genau die pH-Verhältnisse. Je geringer der pH-Wert ist, umso stärker hat Aluminium die Nährstoffkationen vom Austauscher verdrängt (Abb. M15.20). Am extremsten ist dies im EIB-Horizont, wo Al einen Anteil von rund 58% der Austauscherplätze belegt. Der Ah- und der Bt-Horizont haben vergleichbare pH-Werte, was eine ähnliche Belegung des Austauschers mit Nährstoffkationen bedingt. Allerdings ist die Ca-

Belegung im Ah- gegenüber dem Bt-Horizont um rund 10% grösser und die Mg-Belegung entsprechend um rund 10% kleiner. Dies dürfte auf den Nährstoffkreislauf zurückzuführen sein, mit dem Ca im Vergleich zu Mg in grösseren Mengen durch die Streu auf die Bodenoberfläche gebracht wird. Vom Bt- zum BC-Horizont bleibt die Mg-Belegung konstant, während sich die Ca-Belegung zulasten der Al-Belegung praktisch verdoppelt, obwohl der BC-Horizont denselben pH-Wert wie der Ah-Horizont hat. Das kann mit der Nähe zur Kalkgrenze, welche sich in 200 cm Tiefe befindet, erklärt werden. Im IIC-Horizont unterhalb der Kalkgrenze ist der Austauscher praktisch nur noch mit Ca und Mg belegt.

Kalzium-Vorrat

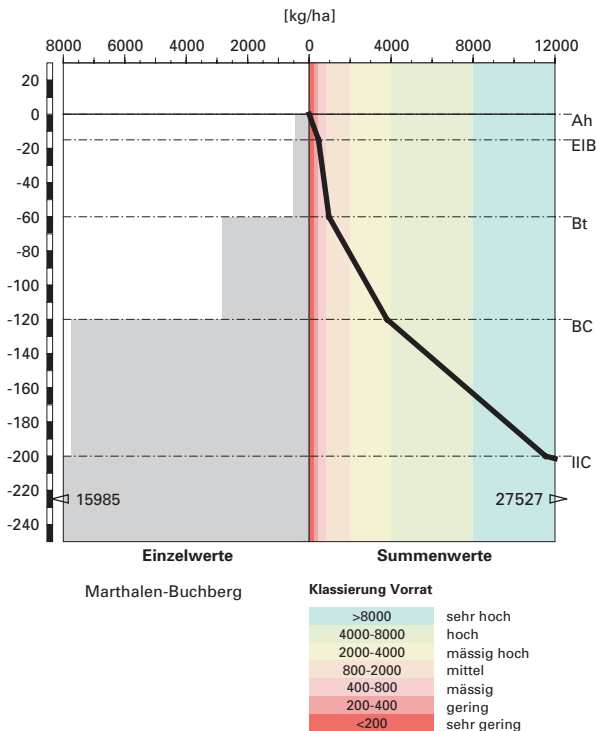


Abb. M15.21 Vorrat an Kalzium

Magnesium-Vorrat

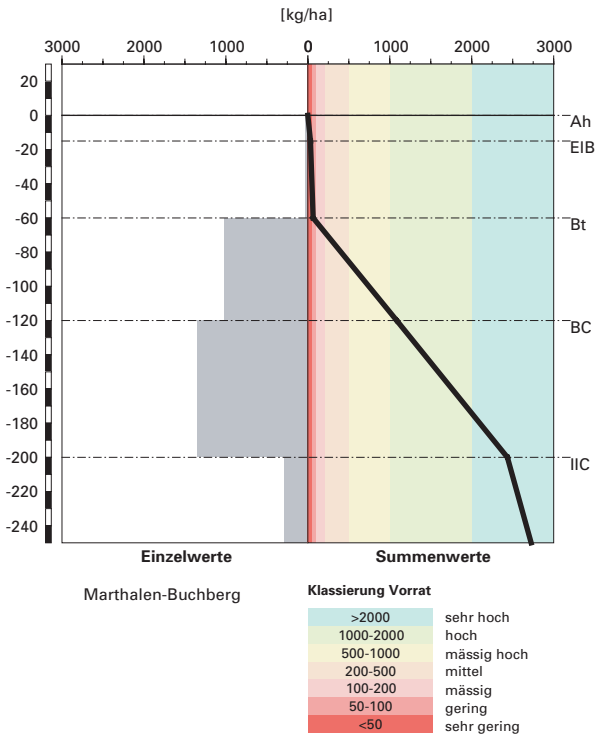


Abb. M15.22 Vorrat an Magnesium

M15.6.3 Nährstoffvorräte

In den Abb. M15.21 bis M15.23 sind die Vorräte an Ca, Mg und K dargestellt. Bis zum Bt-Horizont nehmen alle Vorräte nur geringfügig zu. Im Bt-Horizont erfolgt beim Ca-Vorrat eine im Vergleich zu den obersten 60 cm Tiefe grössere Vorratszunahme, die sich im BC- und IIC-Horizont weiter verstärkt. Bei Mg und K nimmt der Vorrat vom Bt- bis in den BC-Horizont ebenfalls stärker zu. Im IIC-Horizont wird die Vorratszunahme jedoch wieder abgeschwächt. Im Hauptwurzelraum (bis 60 cm Tiefe) wird das Angebot an Nährstoffkationen wie folgt beurteilt:

Ca mittel
Mg gering
K sehr gering

Kalium-Vorrat

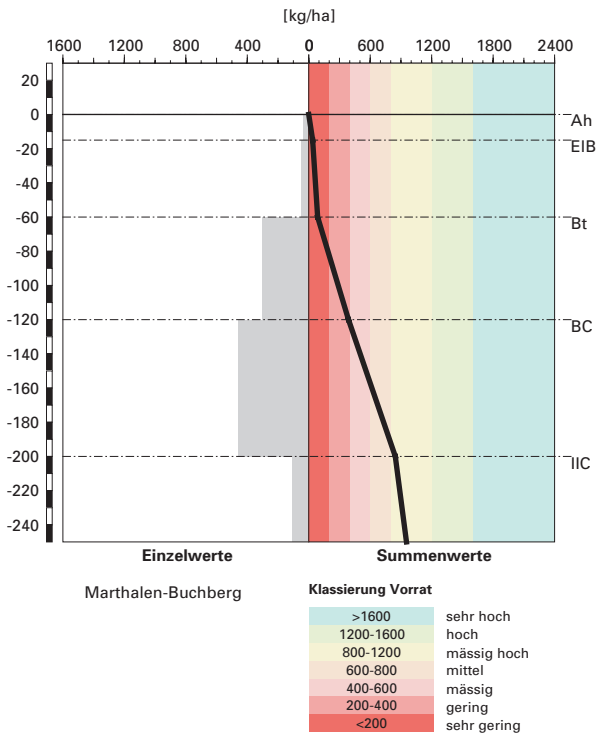


Abb. M15.23 Vorrat an Kalium

Da der Boden bis mindestens 250 cm durchwurzelbar ist, werden die Vorräte an Nährstoffkationen optimistischer beurteilt. Der Ca- und Mg-Vorrat werden als sehr hoch, der K-Vorrat als mässig hoch bewertet. 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 Buchberg bei Marthalen ein kleines Risiko für Trockenstress. Damit dürften die hohen Vorräte an Nährstoffkationen den Pflanzen praktisch uneingeschränkt zur Verfügung stehen. An diesem Standort sind tief wurzelnde Baumarten gegenüber solchen mit flachem Wurzelwerk bevorteilt, da grössere Nährstoffvorräte erst ab einer Tiefe von 60 cm vorhanden sind. Tiefwurzler können deshalb die Nährstoffe auch effizienter in einem Kreislauf halten.

M15.7 Themenbereich «Waldbaulich relevante Bodenkennwerte und Baumartenwahl»

M15.7.1 Steckbrief für die Waldbehandlung

Der Steckbrief (Tab. M15.5) orientiert über waldbaulich relevante Standortfaktoren und Bodenkennwerte.

M15.7.2 Baumartenwahl

Naturnähe von Bestand und Oberboden

In diesem Buchenbestand sind zahlreiche Traubeneichen eingesprengt. Diese Baumartenmischung dürfte recht naturnah sein. Nach Burger et al. (1996) ist an diesem Buchenstandort (Einheit 7a) die Humusform Mull typisch, weshalb wir den vorhandenen Mull als standorttypisch bewerten.

Baumartenwahl gemäss standortkundlichen Grundlagenwerken

Das milde Klima lässt dem Waldbauer grundsätzlich einen grossen Spielraum bei der Baumartenwahl. Gemäss BUWAL (2005) sind an diesem Buchenstandort (Einheit 7a) neben der Buche denn auch viele andere Baumarten für die Waldverjüngung geeignet. Ob und inwieweit allerdings ungünstige Bodeneigenschaften die Baumartenauswahl einschränken, wird gleich anschliessend gezeigt.

Bodenkundliche Kriterien für die Baumartenwahl

■ Durchwurzelbarkeit des Bodens

Da diese Parabraunerde von allen Baumarten uneingeschränkt und tief durchwurzelt werden kann, schränkt dieses Kriterium die Baumartenauswahl nicht ein.

■ Entwässerung des Bodens durch die Bäume

Der durchlässige Boden ist gut durchlüftet, so dass das Kriterium der biologischen Entwässerung des Bodens bei der Baumartenwahl ausser Acht gelassen werden kann.

■ Trockenstress-Risiko für die Bäume

Es besteht nur ein kleines Risiko für Trockenstress. Im Boden dürfte für alle Baumarten meist ein ausreichender Wasservorrat verfügbar sein. Dieses Kriterium schränkt die Baumartenauswahl nicht ein.

■ Säurezustand und Aluminium-Toxizität

Es besteht zwar kein Risiko für Al-Toxizität. In diesem bis 2 m Tiefe stark sauren Boden ist eine Verbesserung des Säurezustandes aber dennoch wünschenswert. Wir sehen jedoch keine Möglichkeit, den Säurezustand mit entsprechender Baumartenwahl wesentlich zu verbessern, weil

Tab. M15.5 Steckbrief für die Waldbehandlung (Marthalen-Buchberg)		
Standortangaben		
Relief	Höhe	425 m ü. M.
	Exposition	NE
	Neigung	5 %
Klima	Jahresniederschlag	916 mm
	Jahrestemperatur	9.1°C
Ausgangsgestein	Löss über karbonathaltigem Niederterrassenschotter	
Baumbestand	Struktur	einschichtig
	Schlussgrad	95 %
	Baumarten (Deckung)	50–75 % Rotbuche 5–25 % Traubeneiche
	Oberhöhe	25–35 m
Waldgesellschaft	nach E & K 1972	Nr. 7: Typischer Waldmeister-Buchenwald
	nach BUWAL 2005	Einheit 7a: Typischer Waldmeister-Buchenwald
Bodenkennwerte		
Bodensystematik	Humusform	Mull
	Bodentyp	Parabraunerde
	Vernässungsgrad	keine Vernässung
Wasser- und Lufthaushalt	Durchlüftung	Der Boden ist so gut durchlüftet, dass keine Vernässungsmerkmale vorkommen.
	Durchwurzelbarkeit	Der Boden ist für alle Baumarten uneingeschränkt und mindestens profilumfassend durchwurzelbar. Der Wurzelraum wird mit mehr als 120 cm Mächtigkeit als sehr tiefgründig klassiert. Wurzeln wurden bis 200 cm Tiefe beobachtet.
	pflanzenverfügbares Wasser	Unter den gegebenen klimatischen Bedingungen besteht für alle Baumarten ein kleines Risiko für Trockenstress.
Säurezustand	pH-Wert/Kalkgrenze	Die Kalkgrenze verläuft in 200 cm Tiefe. Der karbonatfreie Teil des Profils ist stark sauer.
	Aluminium-Toxizität	Es besteht kein Risiko für Al-Toxizität.
Nährstoffe	Verfügbarkeit im Oberboden	Die Humusform Mull und das mässig enge C/N-Verhältnis im Ah-Horizont weisen auf eine hohe Mineralisierungsrate hin. Unterstützt wird diese Aussage durch das enge C/P-Verhältnis im Ah-Horizont. Die biologische Aktivität wird gesamthaft als hoch beurteilt.
	Nährstoffvorräte (Ca, Mg, K)	Die Vorräte der Nährstoffkationen sind gross. Der Ca- und Mg-Vorrat sind sehr hoch und der K-Vorrat ist mässig hoch. Die obersten 60 cm des Bodens sind relativ arm an Nährstoffen.
Verankerung		Da der Boden sehr tiefgründig ist, wird die Verankerung des Baumbestandes als gut bewertet.
Befahrbarkeit		Der Boden reagiert in nassem Zustand sehr empfindlich auf Befahren mit schweren Maschinen.

erstens die Humusform ein Mull ist, also keine mehrjährige, saure organische Auflage vorliegt, und zweitens die Baumartenmischung bereits laubholzreich und naturnah ist. Im Hinblick auf den Säurezustand des Bodens können sich waldbauliche Eingriffe auf den Erhalt der aktuellen naturnahen Baumartenmischung beschränken.

■ Nährstoffangebot im Boden

Die Mineralisierung der Nährstoffe im Oberboden ist hoch. Eine Erhöhung der Mineralisierung durch Einbringen geeigneter Baumarten ist nicht nötig. Im Hinblick auf die Nährstoffumsetzung im Oberboden können sich waldbauliche Eingriffe auf den Erhalt der aktuellen naturnahen Baumartenmischung beschränken.

Viele Baumarten haben bezüglich Nährstoffversorgung des Bodens eine weite ökologische Amplitude. Das Nährstoffangebot für sich allein betrachtet wird daher an diesem Standort für die meisten Baumarten ausreichend sein. Eine Ausnahme bilden, trotz dem insgesamt grossen Vorrat an Nährstoffkationen, die nährstoffbedürftigen Edellaubhölzer. Sie dürften aufgrund der relativ nährstoffarmen Zone in 0–60 cm Tiefe, insbesondere was den Vorrat an Mg und K betrifft, im Vergleich zu den anspruchsloseren Baumarten zuwenig konkurrenzkräftig sein. Dies dürfte vor allem für die jungen Bäume zutreffen, während der Zeit, in der sie ausschliesslich die nährstoffarmen, oberen Bodenhorizonte durchwurzeln.

M15.7.3 Baumartenempfehlung

Das milde Klima lässt grundsätzlich einen grossen Spielraum bei der Baumartenwahl. Zwei der von uns betrachteten bodenkundlichen Kriterien schränken die Baumartenauswahl jedoch ein, und zwar der Säurezustand des Bodens und das Angebot an Nährstoffkationen. Die in [Tab. M15.6](#) enthaltene Baumartenempfehlung des BUWAL (2005) ist hinsichtlich dieser einschränkenden bodenkundlichen Kriterien zu hinterfragen.

Aus bodenkundlicher Sicht sind an diesem Waldstandort Laubbaumarten mit nicht zu hohen Ansprüchen an die Nährstoffversorgung zu fördern. Im Hauptbestand sehen wir vor allem die Buche und die Traubeneiche. Diese Baumarten ertragen die von uns als kritisch erachteten Bodeneigenschaften

Tab. M15.6 Baumartenempfehlung für den Hauptbestand

Referenz	Baumarten
Grundlagenwerke (Einheit 7a; BUWAL 2005)	Buche, zudem viele andere Baumarten
Bodenkundliche Kriterien	Buche, Traubeneiche

und wirken sich positiv auf die Bodenqualität aus. Ihre im Vergleich zu Nadelhölzern relativ gut abbaubare Laubstreu fördert die biologische Aktivität im Oberboden, was den Säurezustand des Bodens und die Verfügbarkeit der Nährstoffe verbessert.

Die in [Tab.M15.6](#) enthaltene Baumartenempfehlung (BUWAL 2005) scheint uns aus bodenökologischer Sicht zu umfassend. So haben die Edellaubhölzer einen relativ grossen Nährstoffbedarf, dem der Boden nach unserer Auffassung nicht gerecht wird, und Nadelhölzer sind wegen ihrer sauer wirkenden Streu mit Zurückhaltung einzubringen.

M15.8 Literatur

Brühlhart, A., 1969: Jahreszeitliche Veränderung der Wasserbindung und der Wasserbewegung in Waldböden des schweizerischen Mittellandes. Mitt. eidg. Anst. forstl. Versuchsw. 45, 2: 127–232.

Burger, T./Danner, E./Kaufmann, G./Lüscher, P./Stocker, R., 1996: Standortkundlicher Kartierungsschlüssel für die Wälder der Kantone Bern und Freiburg. Teil 1: Kommentare zu den Waldgesellschaften. Teil 2: Anwenderschlüssel. Teil 3: Anwenderschlüssel, Anhang. Solothurn/Lenzburg/Birmensdorf, ARGE Kaufmann+Partner/Burger+Stocker/Forstliche Bodenkunde WSL. Herausgeber: Amt für Wald und Natur, Kanton Bern und Kantonsforstamt, Kanton Freiburg.

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.

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.

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.
