

Die Waldgesellschaften der Flysch- und Moränenzone des Salzburger Alpenrandes

Von Walter Strobl

Bodenkundlicher Teil

Einleitende Zusammenfassung

Nachdem im Band 126 dieser Mitteilungen die Ergebnisse der vegetationskundlichen Erfassung von Waldgesellschaften im Gebiet der Flysch- und Moränenzone des Salzburger Alpenrandgebietes veröffentlicht wurden (STROBL, 1986), werden nun die Resultate der bodenökologischen Analysen aus diesem Untersuchungsgebiet dargestellt.

Sehr schön zeigt sich auch hier die bereits von den Vätern der Pflanzensoziologie (wie BRAUN-BLANQUET, J., u. a., 1954) immer wieder hervorgehobene Bedeutung des Bodens für die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften. So ließ die Artenzusammensetzung der Krautschicht (vor allem im *Asperulo-Fagetum luzuletosum*) schon auf relativ basenarme Böden schließen; dies wurde in der Folge durch die Bodenuntersuchungen voll bestätigt. Die Böden sind nämlich im oberen Bereich des Wurzelhorizonts der Krautschicht weitgehend entkalkt und weisen dementsprechend niedrige pH-Werte auf (für montane Buchenwälder im westbayerischen Alpenvorland hat PETERMANN, 1970, ähnliche Verhältnisse nachgewiesen). Weiters besitzen sie neben einem dürftigen Nährstoffangebot einen hohen Feinmaterialanteil, so daß als Bodenart überwiegend ein toniger Lehm ermittelt wurde. Bei diesen zur Verdichtung neigenden tonreichen Böden kommt es in Verbindung mit den hohen Niederschlägen vor allem in leichten Hangmulden und Verebnungen zur Stauung von Tagwasser im Bodenkörper und damit verbunden zu Vergleyungserscheinungen, die von pseudovergleyten Braunerden bis zum typischen Pseudogley führen kann. Für die Forstwirtschaft folgt daraus, daß die Basenarmut der Böden sowie die hohen Niederschläge „Nadelholz-begünstigende Faktoren“ darstellen (ELLENBERG, 1978), jedoch darf nicht übersehen werden, daß neben der Gefahr einer verstärkten Rohhumusbildung durch die Nadelstreu die Fichte auf vernäßten Pseudogleyböden häufig nur mehr flache Wurzelteller ausbildet und dadurch stark sturmgefährdet ist (MAYER, 1977). Vom Wind gestürzte Fichten, deren Wurzelteller einen Durchmesser von fünf Metern und darüber aufweisen können, sind auch im Untersuchungsgebiet allenthalben anzutreffen.

Keinesfalls reicht die geringe Zahl der Probeflächen (13 Bodenprofile und Mischproben) für eine umfassende Charakterisierung aus, jedoch kann der erfaßte oberste Bodenkörper aufgrund seines schwachen Nähr-

stoffangebotes als „oligotrophe Braunerde“ bezeichnet werden. Die forstliche Betriebsweise sollte daher so eingerichtet sein, daß eine weitere Belastung der Böden möglichst vermieden wird.

Geologie

(nach SEEFELDNER, 1961, sowie DEL-NEGRO, 1970)

Neben dem Klima kommt dem Boden, der den Pflanzen sowohl Halt als auch Nährstoffe bietet, größte Bedeutung bei der Ausbildung der Vegetationsdecke zu.

Folgende große Einheiten bilden im Untersuchungsgebiet das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung: die Gesteine der Flyschzone, zu der der überwiegende Teil des Arbeitsgebietes gehört, sowie das nördlich daran anschließende Helvetikum, das sich als schmaler Streifen in west-östlicher Richtung der Flyschzone folgend über St. Pankraz am Haunsberg zum Schloßberg und Wartstein bei Mattsee bis zum Nordfuß des Tannberges entlangzieht. Sowohl der Flysch als auch das Helvetikum sind an den Unterhängen von Moränenmaterial bedeckt. Während sich das Helvetikum vorwiegend aus eozänen Gesteinen zusammensetzt, besteht die Flyschzone im Salzburger Raum sowohl aus Ablagerungen der Oberkreide als auch der Unterkreide. Es handelt sich dabei um kalkarme Tonschiefer, Mergel, Mergelschiefer und Sandsteine. Da diese Gesteine sehr leicht verwittern, fehlen der Flyschzone schroffe Formen, und Fels tritt nur bei Abrutschungen (Felswandl – Große Plaike) und in tief eingeschnittenen Wasserläufen zutage. Stellenweise ist das Flyschgestein stark zerklüftet und zerdrückt und setzt deshalb einer Ausräumung nur geringen Widerstand entgegen.

Durch die glaziale Erosion der Salzachgletscher entstanden das Becken des Oichtentales, das Mattsee- und das Wallerseebecken. Vom Traungletscher stieß ein Zweig zum Nord-West-Fuß des Irrsberges vor und bildete das Irrseebecken aus. Zwischen diesen Zweigbecken blieben einzelne Inselberge erhalten; diese ragten zumindest zur Zeit der Würmvereisung als Nunatakr aus dem Gletschereis hervor. An sie schließen sich an einigen Stellen mächtige Moränenrücken wie der Nußdorfer Höhenzug an. Moränenmaterial bedeckt auch zum überwiegenden Teil den eingeebneten Flyschsockel und die Molassezone.

Die Würmendmoränen sind in drei deutlich erkennbaren Wällen ausgebildet. In diesem hügeligen Jungmoränengebiet bestehen die Ablagerungen des Salzach- und Traungletschers, die ja weitgehend die gleichen Gesteinsschichten durchquerten, vor allem aus Hauptdolomit, Dachsteinkalk, Fleckenmergel, Gosau-, Flysch- und Kristallingestein. Eine Durchmischung dieses Materials erfolgte jedoch nur im zentralen Teil des Gletscherkuchens, während an seinen Flanken der lokale Einfluß den Aufbau der Gesteine bestimmte. Daher bestehen die würmeiszeitlichen

Seitenmoränen überwiegend aus Flyschmaterial. Werden die oberen Schichten der glazialen Ablagerungen mit viel Flyschmaterial durchsetzt, können sich auffallend mächtige Lehmschichten bilden. Aus diesen relativ kalkarmen Ausgangsgesteinen bildeten sich sehr ton- und schluffreiche Braunerden aus, die oberflächlich meist entkalkt sind und bei den hohen Niederschlägen des Untersuchungsgebietes eine starke Vergleyungstendenz zeigen.

1. VORBEMERKUNG

Im Oktober 1977 wurden 13 Bodenprofile angelegt (die Bäume waren zu dieser Zeit noch belaubt), wobei folgende Gesichtspunkte maßgebend waren: Es sollten nach Möglichkeit das jeweilige Ausgangsgestein, die wichtigsten Pflanzengesellschaften, das Relief und die einzelnen Höhenstufen erfaßt werden; weiters sollten die Bodenuntersuchungen einen Überblick über die durchschnittlichen und großflächig anzutreffenden Bodentypen geben, Sonderstandorte wurden daher bewußt nicht bearbeitet. Die Verteilung der Profile im Untersuchungsgebiet mußte wegen seiner Größe weitgehend willkürlich erfolgen.

Auf Grund des nur sehr schwach ausgebildeten A_h -Horizontes, auf den meist ein mehr oder weniger humusreicher Übergangshorizont folgt, und der nur schwer erkennbaren Horizontgrenzen erschien eine Entnahme von Bodenproben aus den einzelnen Horizonten als nicht sinnvoll. Deshalb wurde von jedem Profil eine Mischprobe aus der von der Krautschicht durchwurzelter Bodenzone (ungefähr die obersten 30 cm) für die physikalischen und chemischen Laboranalysen entnommen. Die geringe Anzahl der bearbeiteten Standorte reicht natürlich nicht aus, die Böden mit Sicherheit zu charakterisieren. Die Analysenergebnisse sollen und können daher nur erste Richtwerte sein.

Vorangestellt ist eine Übersicht der wesentlichen Bodentypen des Untersuchungsgebietes sowie deren Degradationserscheinungen.

2. SYSTEMATIK DER BÖDEN (BODENTYPEN)

(nach FINK, 1969, KUBIENA, 1953, und MÜCKENHAUSEN, 1975)

Braunerde

Die Braunerde, früher auch als Brauner Waldboden bezeichnet, ist durch ein A_h - B_v -C-Profil charakterisiert, dessen Verwitterungshorizont B_v ockerbraun bis sepiabraun, gelegentlich auch rotbraun gefärbt ist. Eine wesentliche Voraussetzung für die Bildung einer Braunerde ist ein mäßig humides Klima mit Jahresniederschlägen von 500 bis 800 mm und einer mittleren Jahrestemperatur von 8 bis 10° C. Die einzelnen Horizonte gehen meist ohne scharfe Grenzen ineinander über; die Mächtigkeit des A_h -Horizontes ist meist geringer als 20 cm, die des B_v -Horizontes

schwankt zwischen 20 und 150 cm. Der typische B_v -Horizont bildet sich bei der Verwitterung von Fe(II)-haltigen Mineralien (Biotit, Olivin, Augit, Hornblenden), sobald sich Fe(III)-Oxyde bilden, die zum Teil auskristallisieren (Goethit) und die Mineralkörner als dünne braungefärbte Häutchen umgeben, zum Teil aber im Solzustand so lange stabil sind, solange sich der Elektrolytzustand nicht ändert. Die Verbraunung ist meist mit einer Verlehmung (Tonanreicherung) gekoppelt, die bei starker Bodendurchfeuchtung durch rasche Verwitterung von Feldspäten, Glimmer, Augiten und Hornblenden hervorgerufen wird; dabei entstehen sekundäre Tonminerale wie Illite, Vermiculite und Smectite (Montmorillonit, Beidellit, Nontronit). Die Bodenart ist sehr verschieden, sie kann zwischen dem Sand und dem schlufffreien Lehm liegen. Je nach Ausgangsgestein wird zwischen eutropher Braunerde (auf Ca- und Mg-silikatreichen Magmatiten) und oligotropher Braunerde (auf basen- und silikatarmen Gesteinen, Sandsteinen und glazialen Sanden) unterschieden. Die Weiterentwicklung der Braunerde kann unter ungünstigen Klimaverhältnissen (hohe Niederschläge, niedere Temperaturen) und Versauerung durch Rohhumusbildung in Richtung Semipodsol-Podsol führen, wobei es zu einer Auswaschung und Tonzerstörung in den oberen Horizonten (Bildung eines Eluvialhorizontes) kommt, oder die Verlagerung der Tonminerale erfolgt rein mechanisch ohne chemische Veränderung, dann entwickelt sich der Boden in Richtung Parabraunerde und vergleyte Parabraunerde. Die natürliche Vegetation auf Braunerden bildet ein Laubmischwald, der den Boden gut durchwurzelt und zu einer weitgehenden Stabilisierung des Bodenprofils führt. Wird die Braunerde ackerbaulich genutzt, so tritt unweigerlich eine Degradation in Richtung Parabraunerde ein.

Parabraunerde

Parabraunerden, früher als Gebleichte braune Waldböden bezeichnet, entstehen vorwiegend auf glazialen tonreichen Lockersedimenten und sind durch eine Tonverlagerung (Lessivierung) innerhalb des Profils gekennzeichnet. Dabei kommt es zu einer Tonverarmung im A_1 -Horizont unter Ausbildung eines Eluvialhorizontes (E-Horizont) sowie eines sogenannten B_t -Horizontes; dieser kann eine Mächtigkeit bis zu 400 cm erreichen. Bei der Tonverlagerung werden vorwiegend kolloidale Tonpartikel (Korngröße unter $2\ \mu$) transportiert. Voraussetzung für diesen Prozeß sind erhöhte Niederschläge, durch die es zu einer Erniedrigung des Elektrolytgehaltes infolge der Auswaschung von Ca- und Mg-Karbonaten (Versauerung) kommt. Der B_t -Horizont ist meist grobblockig und daran zu erkennen, daß der Ton feine Häutchen („coatings“) um die Aggregate bildet. Verdichtet sich der B_t -Horizont infolge fortgesetzter Tonverlagerung sehr stark, so führt eine Staunässewirkung zur Bildung von Pseudogley-Parabraunerden und Pseudogleyen. Der Humus ist mei-

stens ein Mull oder Moder. Parabraunerden sind als Böden für Grünland und Forste gut geeignet.

Pseudogley

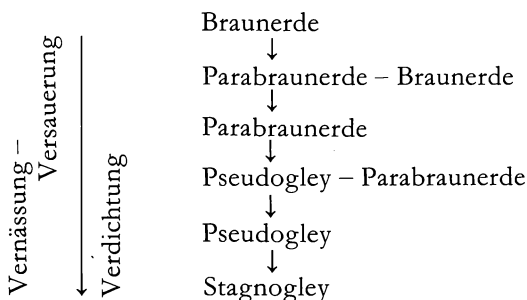
Der typische Pseudogley besitzt ein marmoriertes Profilbild, das auf den ständigen Wechsel von Durchfeuchtung und Austrocknung zurückzuführen ist. Die unter dem A_h -Horizont liegende Stauzone (P-Horizont) ist durch eine schmutziggraue Grundfarbe mit gelben bis rostigbraunen Flecken oder ockerbraunen Fe- bzw. schwarzbraunen Mn-Konkretionen charakterisiert. Pseudogleye bilden sich aus ton- und schluffreichem, stark verdichtetem Material bei einem niederschlagsreichen Klima aus. Im Winter und besonders während der Schneeschmelze im Frühjahr sind alle Poren wassergesättigt, und es kommt zu Reduktionsvorgängen, bei denen die Fe- und Mn-Ionen verlagert werden. Trocknen die Poren wieder aus, oxydiert das Eisen und Mangan und konzentriert sich an typischen Oxydationsherden.

Diese Vorgänge spielen sich in der Stauzone ab; der darunterliegende „Staukörper“ wird als S-Horizont bezeichnet. Diese Böden lassen auf Grund des periodisch hohen Wasserstandes keine hochwertigen Bewirtschaftungsformen mehr zu.

Durch zahlreiche Übergangsformen werden die Merkmale der einzelnen Bodentypen vielfach verwischt, so daß eine exakte Charakterisierung oft nur schwer möglich ist. Eine häufig vorkommende Übergangsform ist der Parabraunerde-Pseudogley, bei dem es nach der Tondurchschlämmung (Lessivierung) nachträglich zu einer Pseudovergleyung kommt.

In vernässten Mulden und an Unterhängen mit langen Naßphasen geht der Pseudogley in den Stagnogley über. Charakteristisch sind für die Staunässeböden eine starke Versauerung und eine starke Auswaschung der Tonkolloide. Als Humusformen kommen Feucht-Moder und Anmoore vor. Aufgrund des Sauerstoffmangels in den tieferen Schichten liegen in diesen Böden sehr ungünstige biologische Bedingungen vor, so daß nur nässeverträglichen Laubbäumen, wie Erlen- und Eschenbeständen, ausreichende Wachstumsmöglichkeiten geboten werden.

Degradationsreihe



3. BODENPROFILE

3.1 Übersicht

- A) *Asperulo-Fagetum luzuletosum* (PETERMANN 70)
Profil 2: Heuberg, Straße nach Daxlueg (Flysch)
Profil 5: Haunsberg, oberhalb Oiching (Helvetikum)
Profil 6: Haunsberg, unterhalb Pestkreuz (Moräne)
Profil 8: Buchberg, oberhalb Gräbl, unterhalb Gipfel (Flysch).
- B) *Asperulo-Abieti-Fagetum cardaminetosum trifoliae* (ZUKRIGL 73)
Profil 9: Tannbergkuppe (Flysch)
Profil 13: Kolomansberg, nordöstlich Scherntann (Flysch).
- C) *Asperula odorata*-Fichtenforst (PETERMANN 70)
Profil 7: Buchberg, unterhalb Gipfel (Flysch)
Profil 1: Heuberg, oberhalb Braunwieser (Moräne)
Profil 3: Heuberg, Kuppe Petererberg (Flysch)
Profil 12: Kolomansberg, Henndorfer Wald, zwischen Steinwandl und Großer Plaike (Flysch).
- D) *Soldanello-Piceetum* (VOLK 39)
Profil 11: Kolomansberg, Henndorfer Wald, nahe Lichtentann (Moräne).
- E) *Aceri-Fraxinetum* (W. KOCH 26, ETTER 47)
Profil 4: Heuberg, Bach nahe Forstgarten (Flysch)
Profil 10: Tannberg, Lochnerwald (Flysch).

3.2 Beschreibung der Bodenprofile

Profil 2: Oligotrophe, leicht vergleyte Braunerde.

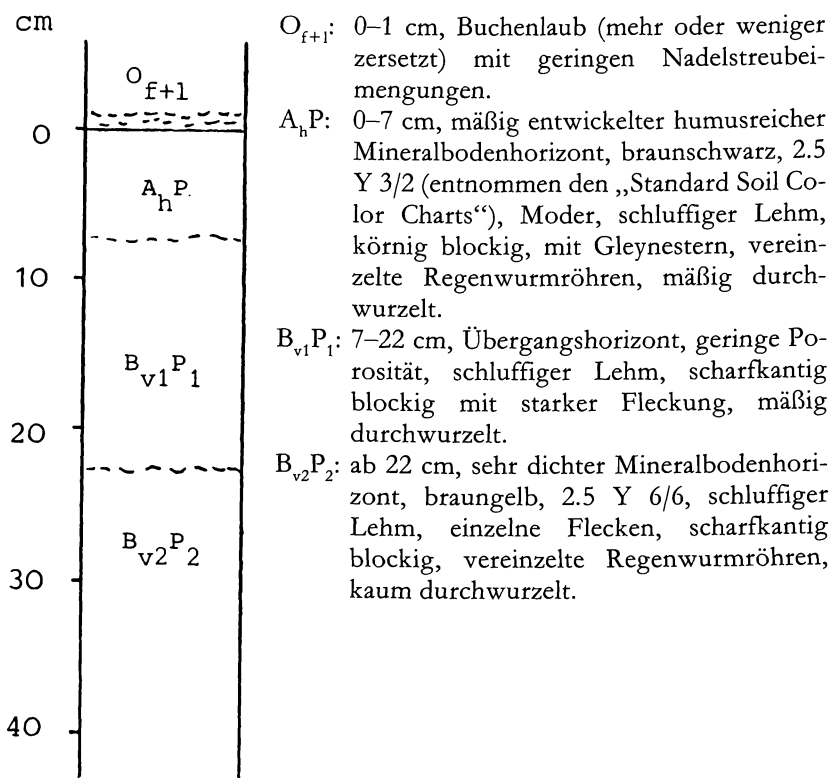
Lage: Heuberg, mäßig steiler Hang oberhalb der Forststraße nach Daxlueg.

Höhe: 620 m, Exposition: NW, Hangneigung: 15°.

Vegetation: *Asperulo-Fagetum luzuletosum*, Ausbildung von *Luzula luzuloides*. Hallenbuchenwald mit nur schwach ausgebildeter Krautschicht (*Carex sylvatica*, *Oxalis acetosella*, *Galium odoratum* u. a.).

Ausgangsmaterial: Flyschgestein.

Wasserverhältnisse: mäßig frisch.



Profil 5: Oligotrophe, leicht vergleyte Braunerde.

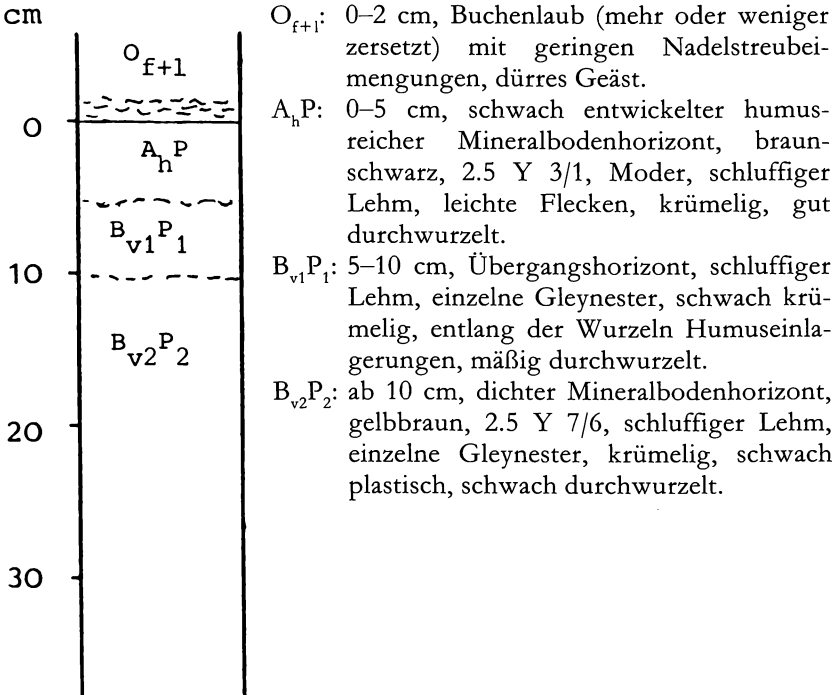
Lage: Haunsberg, steiler Graben oberhalb Oiching.

Höhe: 640 m, Exposition: W, Hangneigung: 25°.

Vegetation: *Asperulo-Fagetum luzuletosum*, Ausbildung von *Luzula luzuloides*. Hallenbuchenwald mit vereinzelt Fichten. In der Krautschicht vor allem *Luzula luzuloides*, *Oxalis acetosella*, *Senecio fuchsii*, *Impatiens parviflora*, *Mycelis muralis*.

Ausgangsmaterial: Helvetikum.

Wasserverhältnisse: mäßig trocken.



Profil 6: Oligotrophe, leicht vergleyte Braunerde.

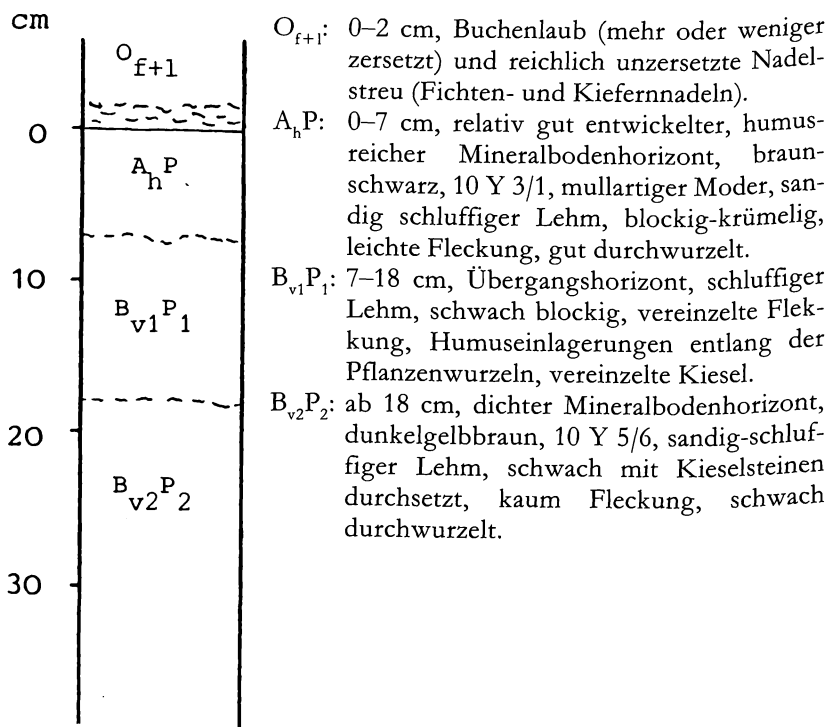
Lage: Haunsberg, Nußdorfer Höhenzug, unterhalb Pestkreuz, oberhalb Schachern.

Höhe: 580 m, Exposition: SW, Hangneigung: 10°.

Vegetation: *Asperulo-Fagetum luzuletosum*, Ausbildung von *Luzula luzuloides*. Buchenwald mit Fichten, Kiefern und abgestorbenen Tannen. In der Krautschicht kommen *Luzula luzuloides*, *Galium odoratum*, *Galium rotundifolium*, *Oxalis acetosella*, *Poa nemoralis*, *Mycelis muralis*, *Senecio fuchsii*, *Viola reichenbachiana* u. a. vor.

Ausgangsmaterial: Moränenmaterial.

Wasserverhältnisse: mäßig trocken.



Profil 8: Oligotrophe, leicht vergleyte Braunerde.

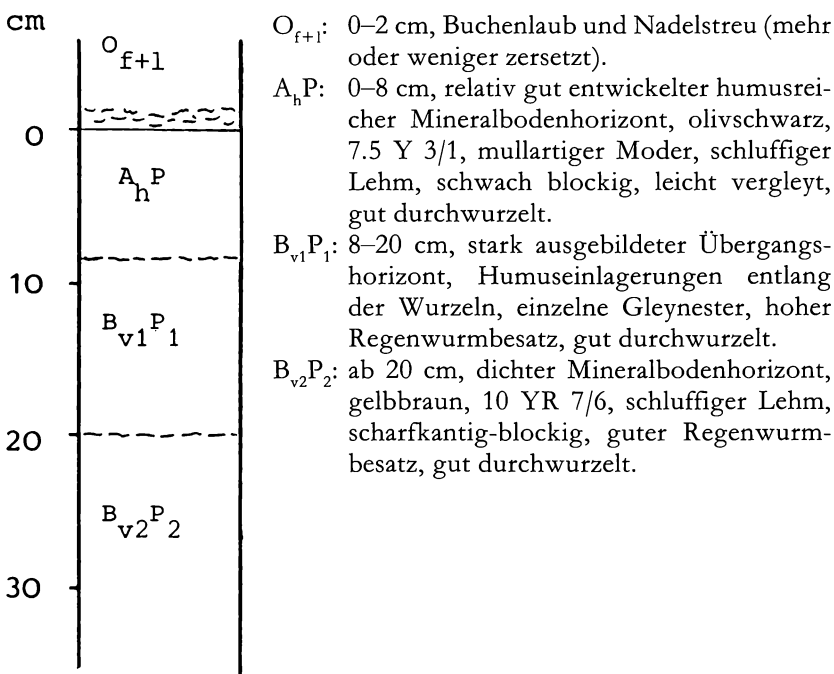
Lage: Buchberg, Nordhang, Iglhauser Weg, oberhalb Waldwiese, leichte Hangverebnung.

Höhe: 750 m, Exposition: NO, Hangneigung: 5°.

Vegetation: *Asperulo-Fagetum luzuletosum*, Ausbildung von *Impatiens noli-tangere*. Buchenwald mit einem hohen Tannenanteil und beigemischten Fichten. Üppig entwickelte Krautschicht, neben *Impatiens noli-tangere* kommen noch große Bestände von *Oxalis acetosella*, *Galium odoratum*, *Pulmonaria officinalis*, *Lamium galeobdolon*, *Veronica montana* und *Circaea lutetiana* vor.

Ausgangsmaterial: Flyschgestein.

Wasserverhältnisse: sehr frisch.



Profil 9: Oligotrophe, vergleyte Braunerde.

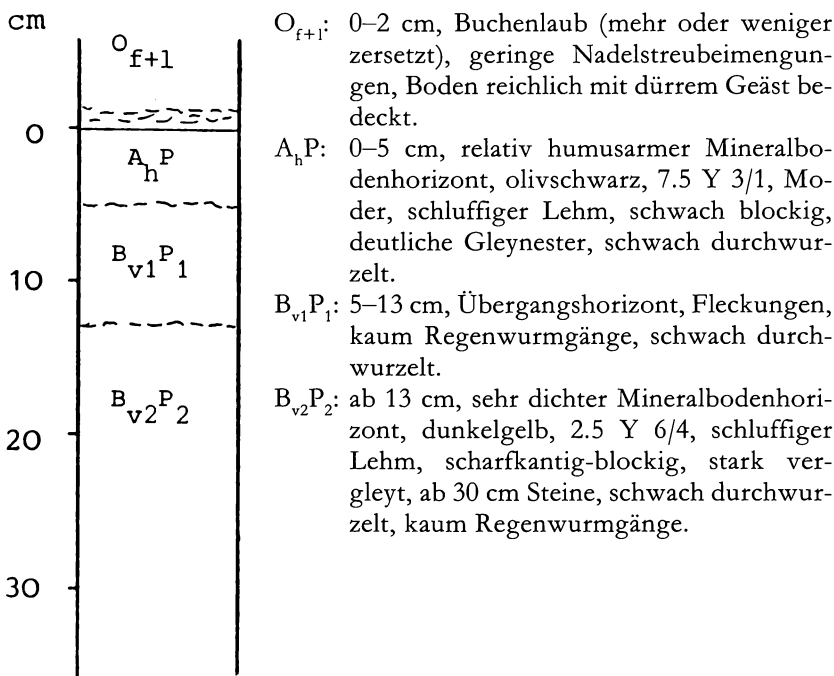
Lage: Tannberg, Kuppe unterhalb Tannberggipfel, nördlich der Asphaltstraße.

Höhe: 780 m, Exposition: SW, Hangneigung: 5°.

Vegetation: *Asperulo-Abieti-Fagetum cardaminetosum trifoliae* (nur schwach ausgebildet). Buchen-Tannenwald-Rest oberhalb von Fichtenforst. Schwache Krautschicht, neben *Oxalis acetosella* kommen noch *Luzula luzuloides*, *Hieracium sylvaticum*, *Carex sylvatica* und *Galium odoratum* häufiger vor.

Ausgangsmaterial: Flyschgestein.

Wasserverhältnisse: mäßig frisch.



Profil 13: Oligotrophe, leicht vergleyte Braunerde.

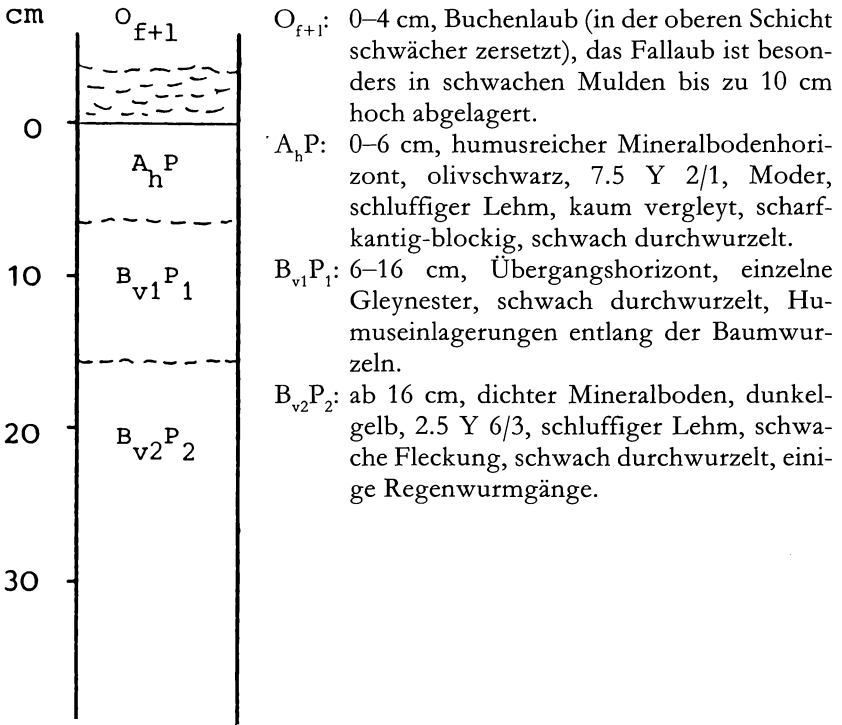
Lage: Kolomansberg, unterhalb Forststraße, Steilhang nördlich von Scherntann.

Höhe: 800 m, Exposition: O, Hangneigung: 30°.

Vegetation: *Asperulo-Abieti-Fagetum cardaminetosum trifoliae*. Hallenbuchenwald mit geringem Tannenanteil und schwach ausgebildeter Krautschicht (*Cardamine trifolia*, *Luzula sylvatica*, *Oxalis acetosella*, *Galium odoratum*, *Lamiastrum galeobdolon* u. a.).

Ausgangsmaterial: Flyschgestein.

Wasserverhältnisse: mäßig frisch.



Profil 7: Oligotrophe, leicht vergleyte Braunerde.

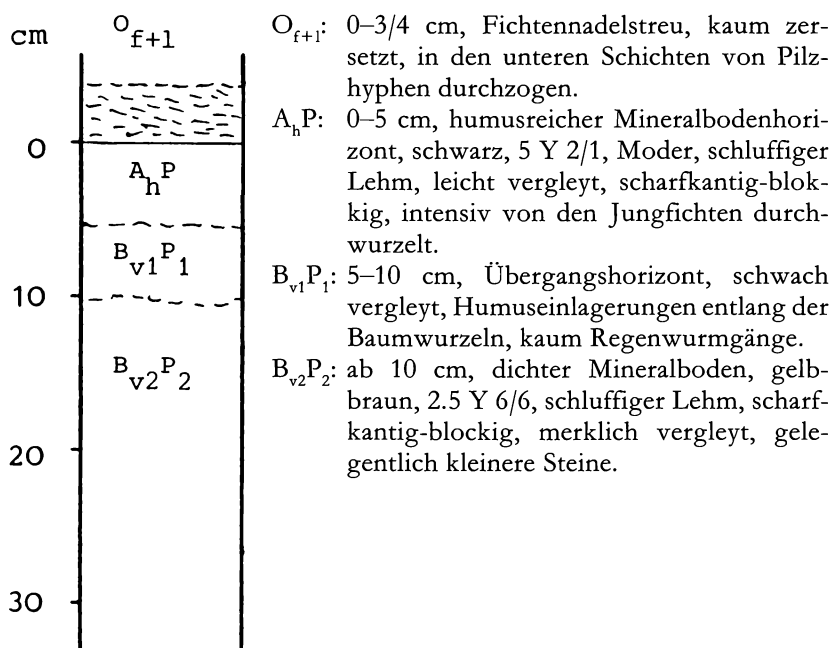
Lage: Buchberg, Nordwesthang unterhalb Gipfel.

Höhe: 780 m, Exposition: NW, Hangneigung: 25°.

Vegetation: *Asperula odorata*-Fichtenforst (Baumhöhe 12–15 m). In dem sehr dichten Bestand hat sich aufgrund des geringen Lichtangebotes und der hohen Nadelstreuauflage noch keinerlei Kraut- oder Moosschicht ausgebildet.

Ausgangsmaterial: Flyschgestein.

Wasserverhältnisse: mäßig frisch.



Profil 1: Oligotrophe, stark vergleyte Braunerde.

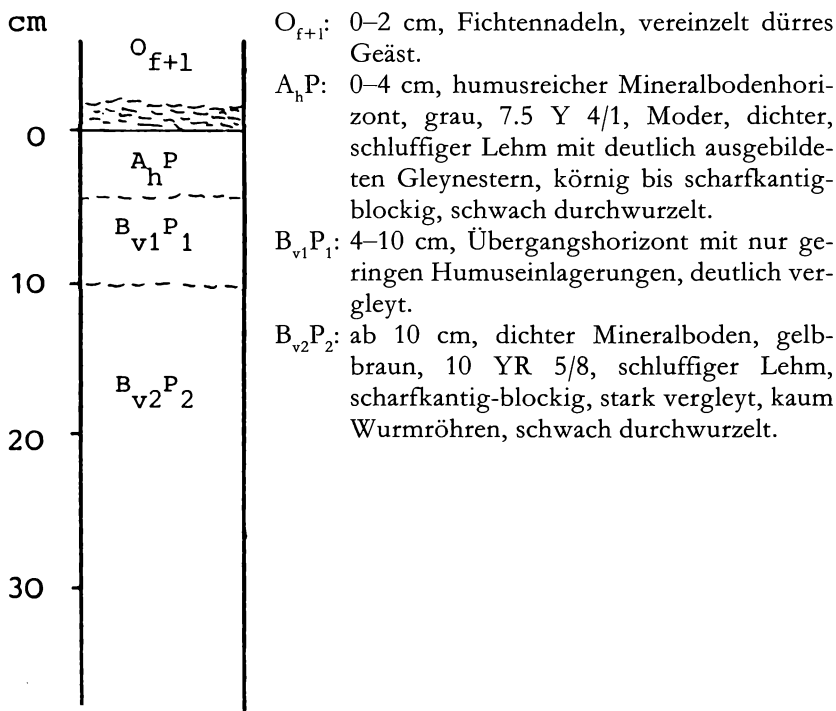
Lage: Heuberg, Forststraße nach Daxlueg, nahe dem Bach bei neuerbauter Sohlschwelle, oberhalb vom Braunwieser; mäßig steiler Unterhang.

Höhe: 500 m, Exposition: SW, Hangneigung: 5°.

Vegetation: *Asperula odorata*-Fichtenforst (Baumhöhe 15–20 m). Eine schwache Krautschicht beginnt sich auszubilden, neben *Oxalis acetosella* kommen vereinzelt *Viola reichenbachiana*, *Galium sylvaticum*, *G. odoratum*, *Moebringia trinerva*, *Impatiens parviflora*, *Symphytum tuberosum*, *Aposperis foetida*, *Carex sylvatica* u. a. vor.

Ausgangsmaterial: Moränenmaterial.

Wasserverhältnisse: mäßig frisch.



Profil 3: Oligotrophe, vergleyte Braunerde.

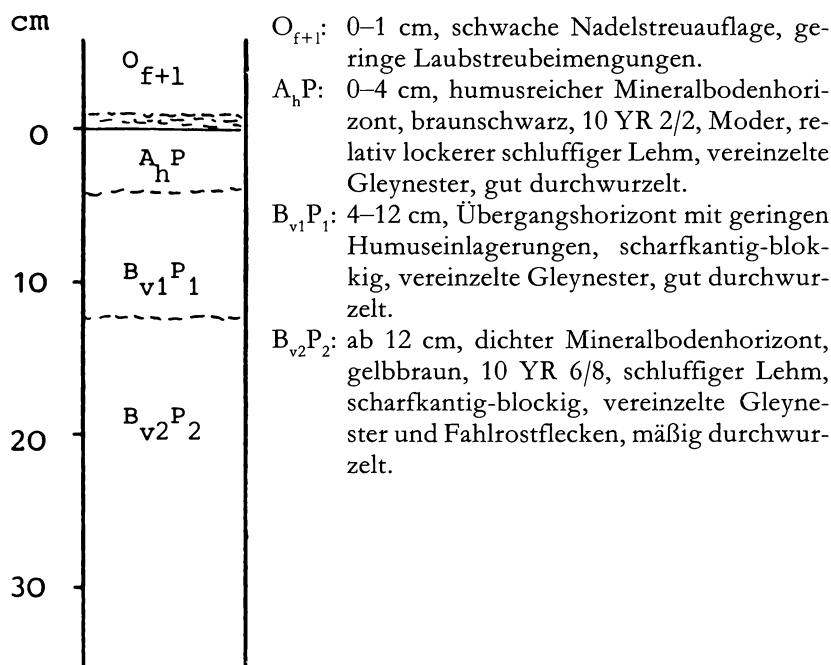
Lage: Heuberg, Petererberg, flache Kuppe.

Höhe: 870 m, Exposition: N, Hangneigung: 5°.

Vegetation: *Asperula odorata*-Fichtenforst (Baumhöhe 20–25 m), relativ lichter Bestand mit einer gut ausgebildeten Krautschicht, in der neben *Galium odoratum* auch größere Herden von *Petasites albus*, *Impatiens noli-tangere*, *Oxalis acetosella*, *Moehringia trinerva*, *Brachypodium sylvaticum* und besonders von *Senecio fuchsii* (möglicherweise vom nahen Kahlschlag eingewandert) auffallen.

Ausgangsmaterial: Flyschgestein.

Wasserverhältnisse: mäßig trocken.



Profil 12: Oligotrophe, vergleyte Braunerde.

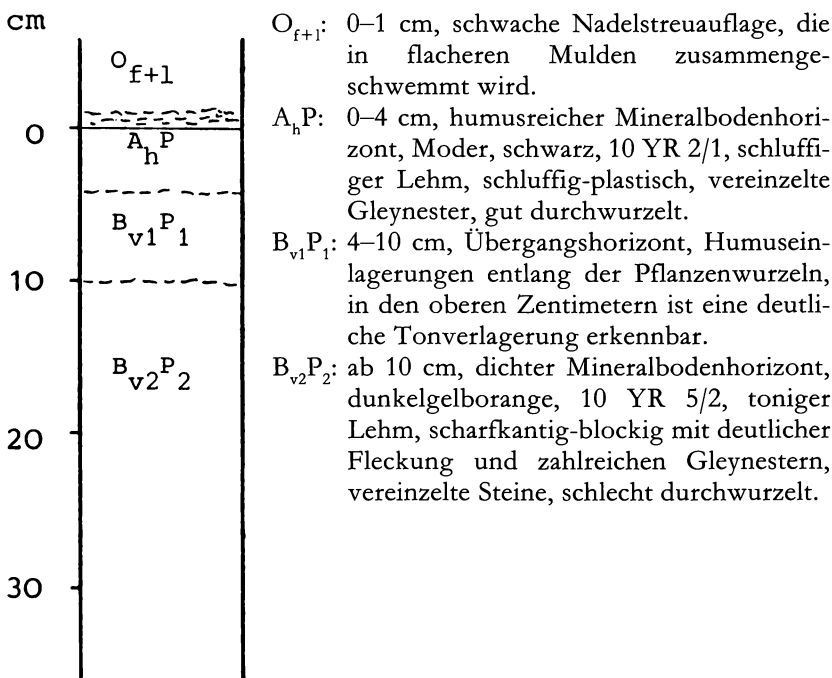
Lage: Kolomansberg, Thalgauberg, Nordost-Oberhang zwischen Großer Plaike und Steinwandl.

Höhe: 960 m, Exposition: NO, Hangneigung: 25°.

Vegetation: *Asperula odorata*-Fichtenforst, schlagreifer Bestand (Baumhöhe 25–30 m), zahlreiche Windwurfschäden. Die Krautschicht setzt sich vor allem aus größeren Herden von *Luzula sylvatica*, *Dryopteris filix-mas*, *Vaccinium myrtillus*, *Oxalis acetosella*, *Deschampsia cespitosa* und *Cardamine trifolia* zusammen. In der Moosschicht finden sich größere Polster von *Polytrichum formosum* und *Atrichum undulatum*.

Ausgangsmaterial: Flyschgestein.

Wasserverhältnisse: mäßig frisch.



Profil 11: Oligotrophe, leicht vergleyte Parabraunerde.

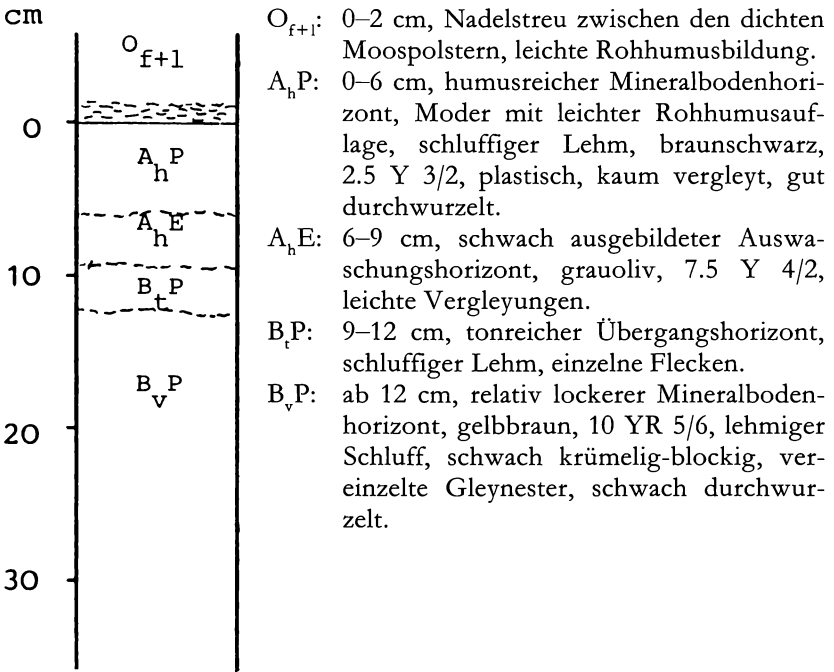
Lage: Kolomansberg, Große Plaike, Neufahrnwald nahe Lichtentann, steiler Unterhang.

Höhe: 660 m, Exposition: NW, Hangneigung: 25°.

Vegetation: *Soldanello-Piceetum*, schlagreifer Fichten-Tannen-Wald (Baumhöhe 25–30 m) mit gut ausgebildeter Krautschicht (*Luzula sylvatica*, *Vaccinium myrtillus*, *Blechnum spicant*, *Dryopteris carthusiana*, *Maianthemum bifolium*, *Lycopodium annotinum* und *Soldanella montana*) sowie auffallend reicher Mooschicht, die vor allem von *Polytrichum formosum*, *Dicranum scoparium* und *Bazzanella trilobata* gebildet wird.

Ausgangsmaterial: Moränenmaterial.

Wasserverhältnisse: frisch.



Profil 4: Oligotrophe, kaum vergleyte Braunerde.

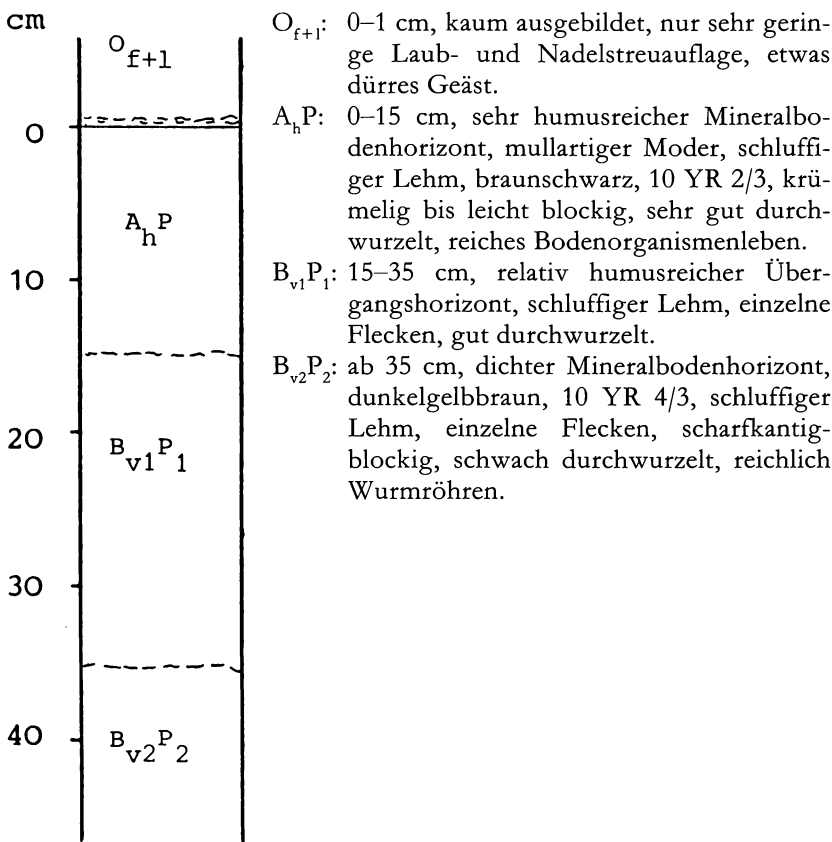
Lage: Heuberg, Südosthang, östlich vom Forsthaus, unterhalb der Asphaltstraße von Schwandt zum Sockerer; kleine Schwemmterrasse am Bach.

Höhe: 720 m, Exposition: SO, Hangneigung: 5°.

Vegetation: *Aceri-Fraxinetum*, strauchreicher Bergahorn-Eschen-Wald; in der gut ausgebildeten Krautschicht wachsen große Herden von *Asarum europaeum*, *Pulmonaria officinalis*, *Symphytum tuberosum*, *Lamium galeobdolon*, *Aposeris foetida* und *Viola reichenbachiana*. Weiters kommen mit geringer Deckung noch *Mercurialis perennis*, *Lilium martagon*, *Polygonatum multiflorum*, *Salvia glutinosa*, *Veronica montana* u. a. vor.

Ausgangsmaterial: Flyschgestein.

Wasserverhältnisse: sehr frisch.

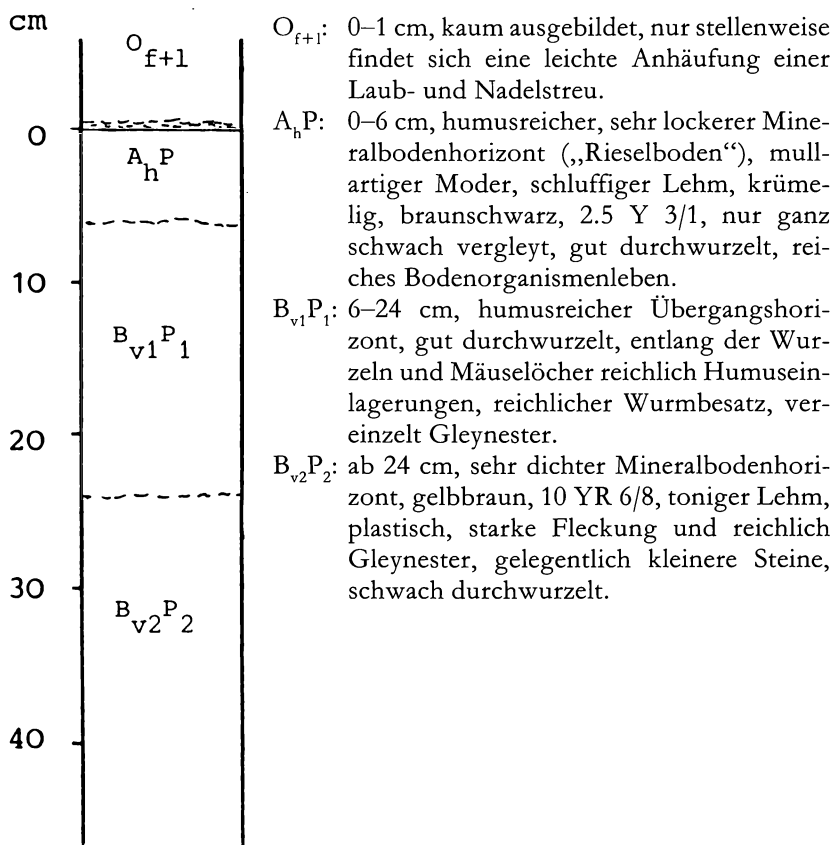


Profil 10: Oligotrophe Braunerde (leicht vergleht).

Lage: Tannberg, Lochnerwald, oberhalb Forststraße von Petersham zum Hallerbauer, steiler Hang oberhalb Bach.

Höhe: 620 m, Exposition: NO, Hangneigung: 35°.

Vegetation: *Aceri-Fraxinetum*; tannenreicher Bergahorn-Eschen-Wald; in der Baumschicht kommt außerdem ein mächtiges Exemplar von *Pinus strobus* vor. Diese *Weymouths*-Kiefer ist wahrscheinlich der letzte Rest eines größeren Anpflanzungsversuches. In der Krautschicht dominieren *Dryopteris filix-mas*, *Dryopteris carthusiana*, *Athyrium filix-femina*, *Oxalis acetosella*, *Senecio fuchsii*, *Dentaria enneaphyllos*, *Lamiastrum galeobdolon* und *Petasites albus*.



3.3 Zusammenfassung

Bei einer zusammenfassenden Übersicht der untersuchten Bodenprofile zeigen diese im allgemeinen sehr ähnliche Merkmale: Unter einem nur wenige Zentimeter mächtigen A_h -Horizont findet sich ein mehr oder weniger humusreicher Übergangshorizont, der oft Vergleyungserscheinungen aufweist. Darunter liegt dann der eigentliche, meist gelbbraun gefärbte B_v -Horizont, dessen Mächtigkeit stark wechselt, jedoch fast nie unter 40 cm beträgt. Auch in diesem Horizont zeigen sich oft noch deutliche Flecken, die eine leichte Vergleyung anzeigen. In allen Profilen sind die Horizontgrenzen nur undeutlich ausgebildet, so daß eine eindeutige Abgrenzung der einzelnen Horizonte nur schwer möglich ist.

Diese auf relativ kalkarmem Ausgangsgestein entstandenen Böden kommen der von KUBIENA (1953) aus dem nördlichen Wienerwald beschriebenen oligotrophen Braunerde sehr nahe, die dort keinerlei Anzeichen von Vergleyung aufweist. Da die Flyschgesteine bei der Verwitterung sehr tonreiche Böden ausbilden und daher ein Staukörper von vornherein gegeben ist, kommt es bei den hohen Niederschlägen im Alpenrandgebiet sehr bald zu Vergleyungserscheinungen. SIEDE (1960) beschreibt sehr ähnliche Verhältnisse aus dem Flyschgebiet Oberbayerns. Besonders an den stärker mit Hangwasser versorgten Unterhängen ist bei Bodenanschnitten, wie sie beim Bau von Forststraßen auftreten, meist eine stärkere Vergleyung zu beobachten, es ist aber vor allem bei nicht ausreichender Erfahrung nur sehr schwer zu entscheiden, ob noch eine Braunerde mit Pseudogleycharakter oder bereits ein echter Pseudogley vorliegt. In flachen Mulden und von Bächen durchflossenen Verebnungen mit einem sehr hohen Grundwasserstand konnte unter dem A_h -Horizont ein dichter, graublauer G_o -Horizont beobachtet werden, der diese Böden als echte Gleye (Stagnogley) kennzeichnet. Sie werden bevorzugt von *Equisetum telmateja* und *Carex remota* besiedelt, stellen also die typischen Standorte des *Carici remotae-Fraxinetum* dar. In Fichtenforsten finden sich an diesen Stellen oft große Bestände von *Carex brizoides*.

4. PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE BODENANALYSEN

4.1. Analysenmethoden

Sämtliche physikalischen und chemischen Analysen wurden eigenhändig im Bodenkundlichen Labor am Institut für Botanik in Salzburg durchgeführt.

Da bei den in der Literatur angegebenen Werten in sehr vielen Fällen Angaben über die Untersuchungsmethoden entweder ungenau sind oder gänzlich fehlen, wurde hier auf eine genaue Darstellung der Methoden, die weitgehend den derzeit in Österreich gültigen Vorschriften der Arbeitsgemeinschaft der landwirtschaftlichen Versuchsanstalten in Österreich – Fachgruppe Boden (ALVA) – entsprechen, großer Wert gelegt. Denn bei den jährlich abgehaltenen Bodenqueten der ALVA zeigt sich immer wieder, daß gerade bei den Bodenuntersuchungen verschiedene Analysenmethoden zu stark abweichenden Ergebnissen führen. Es wäre daher wünschenswert, wenn die Bodenanalysen nach einheitlichen Methoden durchgeführt würden, da dadurch eine bessere Vergleichbarkeit und höhere Aussagekraft der Analysenergebnisse gegeben wäre.

Die Analyse der Werte für austauschbares Phosphat und Kalium sowie der pH-Werte erfolgte nach den ALVA-Vorschriften (1972); die Bestimmung der organischen Bodensubstanz (Gesamt-Kohlenstoff) erfolgte nach SPRINGER und KLEE, der Dehydrogenaseaktivität nach LENHARD und des Gesamtstickstoffs modifiziert nach KJELDAHL (alle in STEUBING, 1965). Der Calciumkarbonatgehalt wurde nach SCHEIBLER (in FIEDLER, 1965), die Korngrößenverteilung mit Hilfe von Schlämmzylindern nach ATTERBERG (in FIEDLER, 1964) ermittelt.

4.1.1. Korngrößenbestimmung mit Hilfe des Schlämmzylinders nach ATTERBERG

20 g lufttrockenen Bodens (Korngrößen unter 2 mm) werden in ein 1000-ml-Becherglas eingewogen, mit 100 ml 15% H_2O_2 versetzt und 15 Stunden stehen gelassen. Danach wird vorsichtig erhitzt, bis das gesamte CO_2 vertrieben ist (der Vorgang ist bei starkem Schäumen zu wiederholen); die Probe darf dabei weder eintrocknen, noch dürfen sich an der Glaswand Tonhäutchen bilden. Sodann werden 25 ml 0,4 N $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ zugegeben und die Probe über Nacht stehen gelassen, am nächsten Morgen in eine Schüttelflasche übergeführt und sechs Stunden geschüttelt, danach in den Schlämmzylinder gegeben. Beim Schütteln des Schlämmzylinders ist darauf zu achten, daß das Heberohr stets nach oben gehalten wird, der Glasstopfen ist nach dem Schütteln sofort herauszuziehen und der Schlämmzylinder erschütterungsfrei aufzustellen.

Folgende Absetzzeiten gelten bei 20° C und 20 cm Fallhöhe:

Ton	0,002 mm	= 15 Std. 30 Min.
Mittel- u. Feinschluff ..	0,002–0,02 mm	= 9 Min. 20 Sek.
Grobschluff	0,02–0,063 mm	= 59 Sek.
Feinsand	0,063–2 mm	= 59 Sek.

Bei Ablauf der Sedimentationszeit wird die überstehende Suspension abgelassen. Dieser Vorgang ist so lange zu wiederholen, bis bei Ablauf der entsprechenden Absetzzeiten das überstehende Wasser völlig klar ist. Die aufgefängenen Suspensionen werden eingedampft und gewogen.

Berechnung: Von der eingewogenen Bodenprobe sind organische Substanz und Wassergehalt (durch Trocknen bei 105° C ermittelt) abgezogen, der erhaltene Wert dient für die weitere Berechnung der einzelnen Fraktionen als Bezugsgröße = 100%. Von der Tonfraktion werden 0,665 g (= das Gewicht von 25 ml $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) abgezogen. Die Angabe der einzelnen Fraktionen erfolgt in Prozenten.

Nach der Berechnung der einzelnen Korngrößenklassen kann die Bodenart aus dem Texturdreieck entnommen werden.

4.1.2. Bestimmung des pH-Wertes

20 g lufttrockenen Bodens werden mit 50 ml 0,01 molare Calciumchloridlösung versetzt, gut durchgemischt und zum Austausch der H-Jonen über Nacht stehen gelassen. Knapp vor der Messung wird durch Rühren eine Suspension erzeugt und der pH-Wert mit Hilfe einer Glaselektrode gemessen.

Unerlässlich ist vor jeder Meßreihe das Eichen der Elektrode mit mindestens drei Eichlösungen (Merck-Standard-Lösungen) im Bereich von pH 4 bis pH 8. Zur Herstellung der Calciumchloridlösung darf nur entionisiertes Wasser verwendet werden, dessen pH-Wert bei 7,0 liegt. Der Meßwert wird in Zehntel-pH angegeben.

4.1.3. Bestimmung des Calciumkarbonatgehaltes (Kalkmesser nach SCHEIBLER)

Eine der Vorprobe entsprechende Einwaage lufttrockenen Bodens wird in einem Entwicklergefäß mit 10 ml 1:1 verdünnter Salzsäure versetzt und das entweichende Kohlendioxyd in einer Gasbürette aufgefängt. Für die Vorprobe werden einige Gramm des Untersuchungsmaterials mit 1:1 verdünntem HCl versetzt, wobei je nach Intensität und Dauer des Aufbrausens folgende Faustzahlen gelten:

Aufbrausen	Kalkgehalt	Einwaage
kein	unter 1%	5 g
schwach	1–3%	3 g
deutlich, kurz	3–5%	2 g
anhaltend	über 5%	1 g

Unumgänglich ist vor jeder Meßreihe die Überprüfung der Scheibler-Apparatur auf Dichtheit: Eine Einwaage von 0,5 g CaCO_3 muß bei Normalverhältnissen ein Volumen von 112 ml Gas ergeben. Um diesen Wert zu erreichen, muß die Sperrflüssigkeit der Bürette mit CO_2 gesättigt sein. Die Messung ist erst dann beendet, wenn nach gelegentlichem Umschütteln des Entwicklergefäßes die Gasmenge konstant bleibt. Die Ergebnisse werden in % CaCO_3 angegeben.

$$\% \text{CaCO}_3 = \frac{\text{abgelesene Volumsprozents} \cdot F (\text{Gasreduktionsstab}) \cdot 0,9}{\text{Bodeneinwaage}}$$

4.1.4. Bestimmung der organischen Bodensubstanz (Gesamt-C): durch nasse Verbrennung nach SPRINGER und KLEE

1–5 g lufttrockenen Bodens (je nach zu erwartendem Humusgehalt) werden mit 2,45 g Kaliumdichromat und 50 ml 56% Schwefelsäure in einem 250-ml-Meßkolben zehn Minuten gekocht, wobei die Temperatur nicht über 165° C steigen darf. Nach dem völligen Erkalten wird der Meßkolben bis zur Marke aufgefüllt und über Nacht stehen gelassen. 10 ml der klaren Flüssigkeit werden mit 50 ml Wasser verdünnt; weiters werden 25 ml 0,2 N Eisensulfatlösung (nicht haltbar, daher stets neu anzusetzen) und acht Tropfen Diphenylamin sowie 2–3 ml schwefelige Phosphorsäure zugesetzt und gegen eine 0,1 N Kaliumdichromatlösung bis zur Violettfärbung titriert. Zu jeder Meßreihe ist ein Blindwert herzustellen. Die Berechnung erfolgt nach der Formel:

$$\frac{(a-b)}{c} \cdot 1,29 = \text{g org. Substanz} / 100 \text{ g Boden}$$

a = Verbrauch ml 0,1 N $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ Probe

b = Verbrauch ml 0,1 N $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ Blindwert

c = Bodeneinwaage

4.1.5. Stickstoffbestimmung nach KJELDAHL (vereinfachte Methode)

Je nach Humusgehalt werden 1–2 g lufttrockener Bodenprobe in einen 250-ml-Kjeldahlkolben eingewogen, mit 0,2 g Selenreaktionsgemisch gut vermengt und mit 15 ml konzentrierter Schwefelsäure versetzt. Anschließend wird auf der Aufschlußapparatur 40–50 Minuten gekocht, bis die Lösung klar bzw. milchig weiß geworden ist. Nach dem vollständigen Abkühlen des Kolbens wird der Aufschluß mit 60 ml Wasser verdünnt, sodann werden 50 ml 33%ige Natronlauge zugegeben und der Kolben sofort an den Destillationsapparat angeschlossen. Die Destillationszeit beträgt 5–8 Minuten, als Vorlage zum Auffangen des abdestillierten Ammoniaks dienen 5 ml gesättigte Vorsäure und sechs Tropfen

Methylrot als Indikator. Die gelbgefärbte Ammoniumboratlösung wird gegen eine 0,1 N Salzsäure bis zum Farbumschlag nach Rot titriert.

$$\text{Berechnung: } \frac{\text{Verbrauch ml 0,1 N HCl} \cdot 1,4 \cdot 100}{\text{Bodeneinwaage}} = \text{mg N/100 g Boden}$$

4.1.6. Bestimmung von austauschbarem Phosphat und Kalium: CAL-Methode nach SCHÜLLER

5 g lufttrockenen Bodens werden in 500-ml-Schüttelflaschen mit 100 ml einer Calciumlaktat-Acetatlösung (ALVA-Vorschrift) versetzt und zwei Stunden gut geschüttelt. Die Filtration der Proben erfolgt über phosphor- und kaliumfreie Faltenfilter.

P_2O_5 -Bestimmung: Sn-Blaumethode

Eichkurve: In 50-ml-Meßkolben werden einpipettiert:

ml Calciumlaktat-Acetatlg.	(ALVA-Vorschr.)	10	10	10	10	10
ml Eichlösung	(ALVA-Vorschr.)	0	1	2	5	10
entspricht mg P_2O_5 /100 g Boden		0	5	10	25	50

Je 10 ml der Eichlösung bzw. des Filtrates werden in Eproutetten mit 15 ml 0,5 N HCl versetzt, weiters werden vorsichtig (die Gefäßwand darf nicht benetzt werden) mit scharfem Strahl 1 ml Ammonmolybdat (5 g/100 ml H_2O) und 1 ml Zinnchlorid-Ascorbinsäure (0,9 ZnCl_2 + 3 g Ascorbinsäure + 125 ml HCl conc. auf 250 ml mit H_2O auffüllen) dazugegeben, gemischt und zehn Minuten stehen gelassen. Die Messung der Extinction wird in 10-mm-Küvetten bei einer Wellenlänge von 578 nm vorgenommen, die Ergebnisse können direkt der Eichkurve entnommen werden.

K_2O -Bestimmung:

Eichkurve: In 50-ml-Meßkolben werden einpipettiert:

ml Calciumlaktat-Acetatlg.	(ALVA-Vorschr.)	10	10	10	10	10
ml Eichlösung	(ALVA-Vorschr.)	0	1	2	5	10
entspricht mg K_2O /100 g Boden		0	10	20	50	100

Die Messung wird im Flammenphotometer an den Eichlösungen bzw. Filtraten vorgenommen, wobei in %-Transmission bei einer Wellenlänge von 766,5 nm gemessen wird. Das Gerät wird so geeicht, daß 50% Transmission 50 mg K_2O /100 g Boden entsprechen.

4.1.7. Dehydrogenaseaktivität des Bodens nach LENHARD

10 g lufttrockene Bodenprobe werden in einen 100-ml-Erlenmeyerkolben eingewogen, mit 100 mg Calciumkarbonat gut durchgemischt und auf 80–90% der Wasserkapazität angefeuchtet. Der Kolben wird gut verschlossen und die Probe 24 Stunden bei 29° C bebrütet. Danach werden 10 ml einer 3%igen 2-, 3-, 5-Triphenyltetrazoliumchlorid-Lösung

dazugegeben, gut umgerührt und weitere 24 Stunden bei 29° C bebrütet, auf die gleiche Weise wird eine Blindlösung angesetzt.

Nach Ablauf der 24 Stunden werden 50 ml Methylalkohol dazugegeben, leicht geschüttelt und zwei Stunden dunkel stehen gelassen, filtriert und die Farbintensität des Filtrates in Küvetten von 10 mm Schichtdicke bei 546 nm kolorimetrisch gemessen. Die Extinktion wird als „Dehydrogenaseaktivität“ des Bodens bezeichnet.

4.2. Analysenergebnisse

4.2.1. Bestimmung der Bodenart:

(Korngrößenbestimmung mit Hilfe des Schlämmzylinders nach ATTERBERG)

Der bereits im Gelände durch die Fingerprobe registrierte Tonreichtum wird durch die Ergebnisse der Bodenart-Bestimmung im Labor (nach der Atterberg-Methode) bestätigt.

Folgende Bodenarten wurden ermittelt:

- a) toniger Lehm: Profil 1, 2, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13;
- b) sandiger Lehm: Profil 3, 6;
- c) schluffiger Lehm: Profil 5;
- d) lehmiger Ton: Profil 10.

Demnach fällt der größte Teil der Profile in die Klasse des tonigen Lehmes, was zur Folge hat, daß das Wasser bei längeren Starkregen kaum in den Boden eindringen kann. Dadurch erfolgt an den steilen Hängen ein oberflächlicher Abtransport der Laubstreu und der Humusschicht. Eine gute Durchmischung der toten organischen Substanz mit dem mineralischen Bodenanteil wird dadurch verhindert. Während die Profile 3, 6 und 5, die einen etwas höheren Stand- bzw. Schluffanteil aufweisen, durchwegs von Oberhängen stammen, zeigt das mit dem größten Tonreichtum ausgestattete und an einem Unterhang angelegte Profil 10, daß tatsächlich eine Verfrachtung der Tonfraktion vom Oberhang zum Unterhang stattfindet.

Neben anderen Autoren führt auch MÜCKENHAUSEN (1975) aus, daß für eine richtige Bewertung eines Bodens neben der Korngrößenverteilung noch zahlreiche andere Faktoren, wie Bodengefüge, Basengehalt, Humusgehalt und Humusform, Nährstoffverhältnis, biologische Aktivität und die bodentypologische Entwicklung, zu berücksichtigen sind.

Übersicht
Bestimmung der Bodenart (Angaben in Prozenten)

Profil-Nr.	2	5	6	8	9	13	7	1	3	12	11	4	10
Sandfraktion > 0,063 mm	19,3	26,9	44,5	28,8	20,8	23,7	26,3	23,9	43,2	10,6	37,6	30,7	15,2
Grobschlufffraktion 0,063 bis $\geq$ 0,02 mm	11,8	28,8	17,1	18,5	17,1	10,9	24,0	17,7	16,6	13,1	17,2	12,9	5,1
Mittel- und Feinschlufffraktion 0,02 bis $\geq$ 0,002 mm	33,9	22,9	17,2	23,8	28,3	25,0	23,6	31,5	18,3	39,8	19,1	23,8	24,5
Tonfraktion < 0,002 mm	35,0	21,4	21,2	28,9	33,8	41,0	26,1	26,9	21,9	36,5	26,1	32,6	55,2
Bodenart	toniger Lehm	schluffiger Lehm	sandiger Lehm	toniger Lehm	toniger Lehm	toniger Lehm	toniger Lehm	toniger Lehm	sandiger Lehm	toniger Lehm	toniger Lehm	toniger Lehm	lehmiger Ton

4.2.2. Bodenreaktion (pH-Werte)

Die Bestimmung der Bodenreaktion zählt zu den meistverbreiteten bodenkundlichen Untersuchungsmethoden. Bei der Zitierung von pH-Werten ist die Angabe der Analysenmethode besonders wichtig, da die verschiedenen Suspensionsmittel (H_2O , KCl , $CaCl_2$) zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Eine direkte Wirkung der H -Ionenkonzentration auf die Pflanzen konnte zwar bisher noch nicht festgestellt werden (ELLENBERG, 1958), doch erlaubt die Kenntnis des pH-Wertes eine Aussage über den Zustand des Bodens (Kalkgehalt, Mikroorganismenleben usw.).

Im Untersuchungsgebiet liegen die meisten Böden zwischen pH 3,5 und 5,2. Dies entspricht nach der Beurteilung von HARTMANN – JAHN (1967) stark sauren bis sauren Böden. Vor allem die Böden mit reichlicher Fichtennadelstreu, wie sie im *Soldanello-Piceetum* und im *Asperula odorata*-Fichtenforst auftritt, weisen durchgehend niedrige pH-Werte auf. Die Gesamtacidität wird an diesen Standorten dadurch erhöht, daß einerseits die Huminsäuren auf Grund der fehlenden Basenbildner nicht abgepuffert werden, andererseits die Tonkolloide schon weitgehend hydratisiert sind; das könnte bei den hohen Niederschlägen zu einer fortschreitenden Degradation (Tonzerstörung = Podsolierung) führen. Das mit pH 6,7 im Neutralbereich liegende Profil 4 (*Aceri-Fraxinetum*) zeigt die günstigsten Verhältnisse auf, die auch in dem engen C/N-Verhältnis und in der höheren Dehydrogenaseaktivität zum Ausdruck kommen.

4.2.3. Calciumkarbonat

Grundlagen: Das Calcium kommt gebunden als Karbonat vor allem in Kalkgesteinen und Dolomiten vor, ist aber auch in silikatischen Mineralien wie Plagioklasen, Feldspäten, Hornblenden und Augiten verbreitet. Das bei der Verwitterung freigesetzte Calcium wird entweder durch Tonminerale gebunden, oder es bleibt in der Bodenlösung als Ion frei beweglich.

Die Hauptaufgabe des Calciums (besonders als Calciumkarbonat) im Boden besteht in der Abpufferung der H -Ionen, wodurch es einer Bodenversauerung mit all ihren negativen Auswirkungen, wie Zerstörung und Auswaschung der Tonkolloide, Ansammlung von Rohhumus und Beeinträchtigung des Bodenorganismenlebens, entgegenwirkt.

Für die Pflanze liegt die Bedeutung der Ca -Ionen in der Steuerung zellphysiologischer Prozesse, weil es im Gegensatz zum Kalium die Wasseraufnahme bremst und daher quellungshemmend wirkt.

Analysenergebnisse: Von jeder Probe wurden drei Bestimmungen mit verschieden hohen Einwaagen durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, daß die untersuchten Böden zumindest in den obersten 20 cm

völlig entkalkt sind. Diese Ergebnisse erklären auch die niedrigen pH-Werte.

Da die Böden bereits auf relativ kalkarmen Ausgangsgesteinen entstanden sind, ist also das Calciumkarbonat aufgrund der hohen Niederschläge in der Stauzone des Alpenrandes aus den oberen Bodenschichten schon weitgehend ausgewaschen. Diese Ergebnisse erklären auch das weitgehende Fehlen von für die Kalkbuchenwälder typischen Arten wie *Carex alba* und *Calamagrostis varia*.

4.2.4. Organische Substanz (Humus)

Grundlagen: Als Humus wird allgemein die abgestorbene organische Substanz des Bodens bezeichnet. Er kann je nach Ausgangssituation in verschiedenen Formen (Mull, Moder, Rohhumus) vorliegen, wobei der Mull die beste und der Rohhumus die schlechteste Humusform darstellt. Die Bedeutung des Humus liegt neben seiner bodenstrukturverbessernden Wirkung vor allem in seinem hohen Gehalt an Stickstoffverbindungen und Nährsalzen. Diese Nährstoffe müssen aber erst von Bodenorganismen freigesetzt, d. h. mineralisiert werden, damit sie von den Pflanzen aufgenommen werden können. Je günstiger die Lebensbedingungen für die Bodenorganismen sind, umso rascher erfolgt der Abbau der organischen Substanz. Bei sehr ungünstigen Lebensbedingungen kann es dagegen zu mächtigen Humusansammlungen kommen.

Analysenergebnisse: Nach BADEN – KUNTZE – NIEMANN (1969) entspricht ein Anteil von 4 bis 8% organischer Substanz den mittel-humosen Böden. In diesem Bereich liegen auch die Böden des Arbeitsgebietes, wobei die Böden mit einem hohen Anteil an unzersetzter Laub- und Nadelstreu merklich höhere Werte aufweisen, was besonders beim *Soldanello-Piceetum* (9,5%) und im jungen Fichtenforst (8,4%) sowie im *Abieti-Fagetum* (7,7 und 8,5%) zum Ausdruck kommt. Ansonsten liegen die Ergebnisse in einem verhältnismäßig engen Bereich von 4,2 bis 5,7% Humus. Von jeder Probe wurden drei Bestimmungen durchgeführt, die angegebenen Werte stellen also die errechneten Mittelwerte jeder Probe dar.

4.2.5. Stickstoff

Grundlagen: Der Stickstoff ist unter den für die Pflanze unbedingt notwendigen Elementen das einzige Element, das nicht in den bodenbildenden Gesteinen bzw. Mineralien vorkommt. Er wird entweder von den Niederschlägen in Form von Nitraten oder Ammoniak dem Boden zugeführt oder von symbiontisch lebenden Pilzen und Bakterien in den Wurzelknöllchen von Erlen und verschiedenen *Fabaceen* direkt der Luft entnommen. Aber auch freilebende Bakterien wie *Azotobacter chroococcum* besitzen die Fähigkeit, elementaren Stickstoff zu binden, jedoch kommen

diese Organismen in Böden mit einem pH-Wert von unter 5,8 nicht mehr vor (BAULE, 1978). Der Boden erhält auch durch abgestorbene Blätter, Nadeln, Wurzeln und totes Geäst einen großen Teil des entzogenen Stickstoffes wieder zurück, der jedoch erst nach erfolgter Mineralisation wieder von den Pflanzen aufgenommen werden kann. Daher ist ein ausreichender Besatz des Bodens mit Bodenorganismen Voraussetzung für eine gute Stickstoffversorgung der Bäume. In Böden mit Auflagehumus, wie unter Fichtenmonokulturen, kommt es zu einer Anhäufung von gebundenem Stickstoff, der den Bäumen nicht zur Verfügung steht. Dies kann bei einer gehemmten Mineralisation zu einem Stickstoffmangel führen.

Da der Stickstoff einen wesentlichen Grundbaustein beim Aufbau von Eiweißstoffen, Nukleinsäuren und anderen organischen Verbindungen darstellt, ist er für ein gutes Wachstum der Bäume unentbehrlich.

Analysenergebnisse: Wird die Stickstoffbestimmung nach der KJELDAHL-Methode durchgeführt, so darf nicht übersehen werden, daß dabei hauptsächlich der organisch gebundene Stickstoff (wobei in der Regel auch der mineralisch gebundene Ammoniumstickstoff mitbestimmt wird) und nicht der für die Pflanze aufnehmbare mineralisierte Stickstoff (in Form von NH_4^+ - und NO_3^- -Ionen), der nach ELLENBERG (1964) sofort von den Pflanzen absorbiert wird, zur Bestimmung gelangt. Der Gehalt an Gesamtstickstoff ist daher in der Regel umso höher, je ungünstiger das Klima ist und je weniger die Bodeneigenschaften (pH-Wert, Bodenart, Bodenstruktur) eine Mineralisierung der toten organischen Substanz erlauben.

Ein Überblick über die Stickstoffwerte der verschiedenen Gesellschaften des Arbeitsgebietes zeigt, daß sich bei höherer Humusaufgabe auch höhere Gesamtstickstoffwerte finden. Signifikant sind die höheren Werte der Gesellschaften mit einem hohen Nadelholzanteil (*Asperula odorata*-Fichtenforst, *Soldanello-Piceetum*). Eine Umrechnung der Ergebnisse in t/ha (Formel: $\text{mg}/100 \text{ g Boden} \times 30 = \text{kg}/\text{ha}$) ergibt einen Bereich von 4,8 bis 11,7 t Gesamtstickstoff/ha.

Nach PFADENHAUER (1975) liegen die Werte bayerischer Waldböden zwischen 1,9 und 15,9 t/ha, die erzielten Analysenergebnisse lassen daher auf einen durchschnittlichen Stickstoffvorrat schließen.

4.2.6. Der Kohlenstoffgehalt

Der Kohlenstoffgehalt wird indirekt durch Umrechnung aus dem Gehalt an organischer Substanz bestimmt. Die Werte liegen in einem Bereich von 2,5 bis 5,5% Kohlenstoff und entsprechen natürlich im Verhältnis untereinander den Humuswerten.

$$\text{Formel: } \% \text{ C}_{\text{ges.}} = \frac{\% \text{ org. Substanz}}{1,724}$$

4.2.7. Das C/N-Verhältnis

Für die Beurteilung, ob ein Boden gut oder schlecht mit Stickstoff versorgt wird, kann das C/N-Verhältnis herangezogen werden. Für den A_h-Horizont von Fichten- und Kiefernbeständen gelten folgende Werte (aus HARTMANN – JAHN, 1967):

Stickstoffversorgung	C/N-Verhältnis
sehr gut	enger als 26
gut – mäßig	27–32
mangelhaft	weiter als 33

Allerdings zeigt sich gerade beim C/N-Verhältnis die Problematik derartiger Verhältniszahlen, da sich relativ geringe Unterschiede des Stickstoff- und Humusgehaltes besonders bei niedrigen Werten im C/N-Verhältnis stark auswirken.

In den Buchen- und Buchen-Tannen-Wäldern und im Fichtenforst liegen die Werte zwischen 14,4 und 20,6, der Mittelwert beträgt 16,3. Für das *Soldanello-Piceetum* wurde ein Wert von 15,3 ermittelt.

Bemerkenswert ist, daß die Böden des *Aceri-Fraxinetum* mit einem C/N-Verhältnis von 7,7 und 10,5 die besten Werte aufweisen; dieses Ergebnis schlägt sich auch in dem üppigen Pflanzenwachstum dieser Bestände nieder.

4.2.8. Phosphor

Grundlagen: Im Boden kann der Phosphor sowohl in organischer als auch anorganischer Bindung (Ca-, Fe- und Al-Phosphate) vorhanden sein. Da die Phosphorsäure eine große Neigung zeigt, mit mehrwertigen Metallionen schwerlösliche Verbindungen einzugehen, in sauren Böden bevorzugt mit Al- und Fe-Ionen, ist die im Bodenwasser gelöste Menge an Phosphationen meist sehr gering. Je saurer die Böden sind, umso fester werden die Phosphationen gebunden.

Der im Humus organisch gebundene Phosphor wird erst nach enzymatischem und mikrobiellem Abbau der toten organischen Substanz für die Pflanzen verfügbar.

Die große Bedeutung des Phosphors für die Pflanze liegt in der Steuerung des Energiestoffwechsels (ADP und ARP). Der Phosphor ist daher an zahlreichen Prozessen, wie der Photosynthese, der Glykolyse und der Enzymsynthese, beteiligt.

Analysenergebnisse: Nach BADEN – KUNTZE – NIEMANN (1969) sind landwirtschaftlich genutzte Böden mit einem DL-P₂O₅-Gehalt von weniger als 11 mg/100 g Boden nur unzureichend mit austauschbarem Phosphat versorgt. Bei den Proben des Untersuchungsgebietes liegt der überwiegende Teil der Werte in einem relativ engen Bereich zwischen 1,0 und 3,3 mg P₂O₅/100 g Boden. Lediglich im Profil 6 (Morä-

nenböden) wurde mit 7,5 mg $P_2O_5/100$ g Boden ein etwas höheres Ergebnis gefunden. Ob in diesen Böden wirklich eine bessere Phosphatversorgung gegeben ist, müßte durch zusätzliche Bodenproben aus diesem Gebiet ermittelt werden. Selbst wenn berücksichtigt wird, daß die Probenahme im Herbst durchgeführt wurde, ein Großteil der Nährstoffe dem Boden daher schon entzogen war, kann die Phosphatversorgung in den oberen Bodenschichten der untersuchten Standorte keineswegs als ausreichend bezeichnet werden.

4.2.9. Kalium

Grundlagen: Das Kalium kommt in mineralischer Bindung hauptsächlich in Glimmern und Feldspäten vor. Nach deren Verwitterung tritt es entweder als frei bewegliches Ion in der Bodenlösung oder austauschbar sorbiert an Tonmineralen auf. Mit organischen Verbindungen geht das Kalium nur äußerst lockere Bindungen ein.

Wie der Stickstoff und der Phosphor stellt auch das Kalium für die Pflanze ein unentbehrliches Element dar, es ist aber kein Baustein von organischen Verbindungen. Jedoch begünstigt das Kalium in hohem Maße die Wasseraufnahme, es steigert den osmotischen Druck und wirkt dem Welkezustand entgegen. Weiters ist es an vielen Stoffwechselprozessen, wie der Kohlenhydratbildung und der Eiweißsynthese, beteiligt.

Analysenergebnisse: Bis zu einem Wert von 11 mg DL- $K_2O/100$ g sind unter Kultur genutzte Böden nach BADEN – KUNTZE – NIEMANN (1969) nur unzureichend mit Kalium versorgt. Wenn auch an Waldböden nicht derartig hohe Ansprüche wie an Acker- und Grünlandböden gestellt werden, so kann doch die Versorgung der Böden des Untersuchungsgebietes mit Werten von 4,9 bis 10,9 $K_2O/100$ g Boden bestenfalls als mäßig gut bezeichnet werden. Wie bei den anderen Bestimmungen liegen auch hier die Werte in einem verhältnismäßig engen Bereich von 4,9 bis 8,6 mg $K_2O/100$ g Boden. Lediglich beim Profil 13 liegt mit 10,9 mg K_2O ein etwas höherer Wert vor; dies resultiert möglicherweise daraus, daß bei diesem relativ flachgründigen Profil auch die obersten Bodenschichten vom Ausgangsgestein noch besser mit Kalium versorgt werden.

4.2.10. Dehydrogenaseaktivität

Grundlagen: Eine wertvolle und leicht durchzuführende Methode, die eine Aussage über das Mikroorganismenleben im Boden ermöglicht, stellt die Bestimmung der Dehydrogenase nach LENHARD dar. Werden nämlich lebende Mikroorganismen mit gelösten Tetrazoliumsalzen in Berührung gebracht, so übertragen die an der Atmung mitbeteiligten Dehydrogenasen den Wasserstoff aus leicht abbaubaren Kohlenhydraten auf

die Tetrazoliumsalze unter Bildung von rotgefärbtem Formazan, wobei die Stärke der Färbung ein direktes Maß für die Stoffwechselintensität der lebenden Zellen darstellt.

Analysenergebnisse: Leider gibt es noch kein Vergleichsmaterial für Waldböden. STEUBING (1965) gibt für eine kolluviale Braunerde eine Dehydrogenaseaktivität von 0,477 bei pH 7,7 und für einen Pseudogley eine solche von 0,019 bei pH 3,5 an.

In den Böden des Arbeitsgebietes liegt die Dehydrogenaseaktivität zwischen 0,150 und 0,560 bei pH-Werten von 3,5 bis 6,7. Charakteristisch ist, daß die mit dem günstigsten Humusangebot und augenscheinlich reichsten Organismenleben ausgestatteten Böden des *Aceri-Fraxinetum* mit 0,500 bei pH 6,7 und 0,560 bei pH 5,0 auch die höchsten Extinktionswerte aufweisen. Die Werte für die Böden der anderen Pflanzengesellschaften schwanken zwischen 0,150 und 0,260 bei pH-Werten von 3,5 bis 5,2; lediglich im Profil 13 beträgt der Wert 0,495 bei einem pH-Wert von 4,1, der auf ein intensiveres Mikroorganismenleben in dieser relativ lokaleren Braunerde schließen läßt.

4.2.11. Zusammenfassung

Ein Überblick über die Analysenergebnisse zeigt, daß zumindest der von der Krautschicht stärker durchwurzelte obere Bodenkörper zum Zeitpunkt der Probeentnahme nur sehr ungenügend mit Nährstoffen versorgt war und daher mit Recht als oligotrophe Braunerde bezeichnet wurde. Daß die Bäume dennoch zumeist ein gutes Wachstum zeigen, steht zu diesen Ergebnissen in keinem unmittelbaren Widerspruch, da sie ja ihre Nährstoffe aus wesentlich tieferen Bodenschichten entnehmen, die bei den Bodenuntersuchungen nicht erfaßt wurden. Allerdings muß bei dieser Gelegenheit nochmals darauf hingewiesen werden, daß die Hauptaufgabe dieser Arbeit in der Bearbeitung der Pflanzengesellschaften und nicht in der vollständigen Erfassung der Bodenverhältnisse bestand.

Profil-Nr.	pH-Wert	CaCO ₃ %	Humus %	Stick- stoff %	Kohlen- stoff %	C/N-Ver- hältnis	Phosphat mg P ₂ O ₅ 100 g	Kalium K ₂ O/100 g	Dehydro- genase- aktivität Extinktion	Pflanzengesellschaft
2	5,2	0	4,2	0,16	2,5	15,2	1,0	6,5	0,195	<i>Asperulo-Fagetum luzuletosum</i>
5	4,2	0	5,6	0,17	3,2	19,2	1,1	5,0	0,150	
6	4,5	0	5,7	0,16	3,3	20,6	7,5	4,9	0,260	
8	4,1	0	5,5	0,21	3,2	15,2	2,5	7,6	0,175	
9	3,7	0	7,7	0,26	4,4	16,7	2,1	7,2	0,200	<i>Asperulo-Abieti- Fagetum cardaminet.</i>
13	4,1	0	8,5	0,28	4,9	17,7	1,5	10,9	0,495	
7	3,6	0	8,4	0,34	4,9	14,6	3,3	8,6	0,250	<i>Asperula odorata- Fichtenforst</i>
1	3,9	0	5,0	0,20	2,9	14,4	1,8	6,0	0,210	
3	4,2	0	4,4	0,18	2,5	14,3	1,5	7,2	0,180	
12	3,5	0	5,6	0,21	3,2	15,1	2,4	6,3	0,170	
11	3,7	0	9,5	0,37	5,5	15,3	1,2	4,9	0,155	<i>Soldanello-Piceetum</i>
4	6,7	0,1	5,1	0,39	3,0	7,7	1,5	7,2	0,500	<i>Aceri- Fraxinetum</i>
10	5,0	0	4,2	0,23	2,4	10,5	2,2	8,6	0,560	

Literaturverzeichnis

- ALVA, 1972: Arbeitsgemeinschaft Landwirtschaftlicher Versuchs-Anstalten in Österreich; p. A. Bundesanstalt für Bodenkartierung und Bodenwirtschaft, 1200 Wien, Denisgasse 31.
- BADEN – KUNTZE – NIEMANN, 1969: Bodenkunde. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 430 pp.
- BAULE, H., 1978: Grundlagen der Forstpflanzenernährung und -düngung. Arbeitstechnische Merkhefte der Waldarbeit, H. 43. Wirtschafts- und Forstverlag Euting KG.
- BRAUN-BLANQUET, J., PALLMANN, H., BACH, R., 1954: Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im schweizerischen Nationalpark und seinen Nachbargebieten. II. Vegetation und Böden der Wald- und Zwergstrauchgesellschaften (*Vaccinio-Piceetalia*). *Ergebn. Wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark N. F.* 4: 200 pp.
- DEL-NEGRO, W., 1970: Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen, Salzburg (2. Aufl.). Geologische Bundesanstalt Wien, 101 pp.
- ELLENBERG, H., 1958: Bodenreaktion (einschließlich Kalkfrage). In: *Handbuch der Pflanzenphysiologie* 4: 638–708. Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg.
- 1964: Stickstoff als Standortsfaktor. *Ber. Deut. Botan. Ges.* 77: 82–92.
- 1978: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 981 pp.
- FIEDLER, H. J., 1964: Die Untersuchung der Böden, Band I. Verlag Th. Steinkopff, Dresden und Leipzig, 235 pp.
- 1965: Die Untersuchung der Böden, Band II. Verlag Th. Steinkopff, Dresden und Leipzig, 256 pp.
- FINK, J., 1969: Nomenklatur und Systematik der Bodentypen Österreichs. *Mitt. der Österr. Bodenkundl. Ges.* 13: 93 pp. Wien.
- HARTMANN, F., und JAHN, G., 1967: Waldgesellschaften des mitteleuropäischen Gebirgsraumes nördlich der Alpen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 635 pp. u. Tabellentheil.
- KUBIENA, W., 1953: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 392 pp.
- MAYER, H., 1977: Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York, 438 pp.
- MÜCKENHAUSEN, E., 1975: Die Bodenkunde. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 579 pp.
- PETERMANN, R., 1970: Montane Buchenwälder im westbayerischen Alpenvorland zwischen Iller und Ammersee. *Dissertationes Botanicae* 8: 1–227. Verlag J. Cramer, Vaduz.
- PFADENHAUER, J., 1975: Beziehungen zwischen Standortseinheiten, Klima, Stickstoffernährung und potentieller Wuchsleistung der Fichte im bayerischen Flyschgebiet. *Dissertationes Botanicae* 30: 1–239. Verlag J. Cramer, Vaduz.
- SEEFELDNER, E., 1961: Salzburg und seine Landschaften. MGSL, 2. Erg.-Band, Verlag „Das Bergland-Buch“, Salzburg-Stuttgart, 573 pp.
- SIEDE, E., 1960: Untersuchungen über die Pflanzengesellschaften im Flyschgebiet Oberbayerns. *Landschaftspflege und Vegetationskunde* Heft 2: 1–59, München.
- STEUBING, L., 1965: Pflanzenökologisches Praktikum. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 262 pp.
- STROBL, W., 1986: Die Waldgesellschaften der Flysch- und Moränenzone des Salzburger Alpenrandes, Allgemeiner und Vegetationskundlicher Teil. Aufzeichnungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde 126/1986, p. 597–665.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitt\(h\)eilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde](#)

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: [127](#)

Autor(en)/Author(s): Strobl Walter

Artikel/Article: [Die Waldgesellschaften der Flysch- und Moränenzone des Salzburger Alpenrandes. 431-464](#)