

**Wiederholungsinventur der Moose zur  
Reaktionsindikation und passiven  
Akkumulationsindikation am  
Zöbelboden 1998**



Wiederholungsinventur der Moose zur  
Reaktionsindikation und passiven  
Akkumulationsindikation am Zöbelboden  
1998

von

Harald Zechmeister

**Projektleitung:** Michael Mirtl

**Editorische Bearbeitung:** Thomas Dirnböck

**Redaktion:** Michael Mirtl, Thomas Dirnböck

**Analytik** (Laboroordination) : Andrea Hanus-Illnar

**Autor:** Harald G. Zechmeister (im Auftrag des Umweltbundesamtes Wien)

**Mitarbeiterin** (Geländearbeit): Anna Karall

## **Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer  
Lände 5

Eigenvervielfältigung

© Umweltbundesamt, Wien, 1999

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-85457-730-3



## Wesen und Ziele des Integrated Monitoring

Unter der Schirmherrschaft der Europäischen Wirtschaftskommission (UN-ECE) arbeiten 31 Staaten in der Genfer Luftreinhaltekonvention an der Verminderung der grenzüberschreitenden Luftverschmutzung in Europa. Eines der internationalen Programme im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention ist das Programm zur „Umfassenden Beobachtung der Wirkung von Luftverschmutzung auf Ökosysteme“, kurz „Integrated Monitoring“.

Das Integrated Monitoring dient der Untersuchung der langfristigen ökosystemaren Wirkung jener Luftverschmutzung, die nicht aus lokalen Quellen, sondern aus dem großräumigen Hintergrund an Schadstoffen herrührt.

Die Langzeit-Umweltbeobachtungsgebiete des Integrated Monitoring repräsentieren wichtige Naturräume des jeweiligen Staates. Die Projektgebiete von ca. 1 km<sup>2</sup> Größe sind gut abgrenzbare Kleinökosysteme und bilden ein europaweites Netzwerk. Mit standardisierten Methoden werden

- die Stoffeinträge (Schad- und Nährstoffe) durch Luft und Niederschläge gemessen,
- die Wirkungen auf das Ökosystem und das Verhalten dieser Stoffe im Ökosystem umfassend festgestellt
- die langfristige Entwicklung der Ökosystem-Segmente untersucht und
- die Austräge durch Oberflächenwässer und ins Grundwasser erhoben.

Wegen der Komplexität und kleinräumigen Variabilität der meisten Ökosysteme sind zu diesem Zweck eine Vielzahl von Untersuchungen mit sehr spezifischem räumlichen und zeitlichen Design durchzuführen.

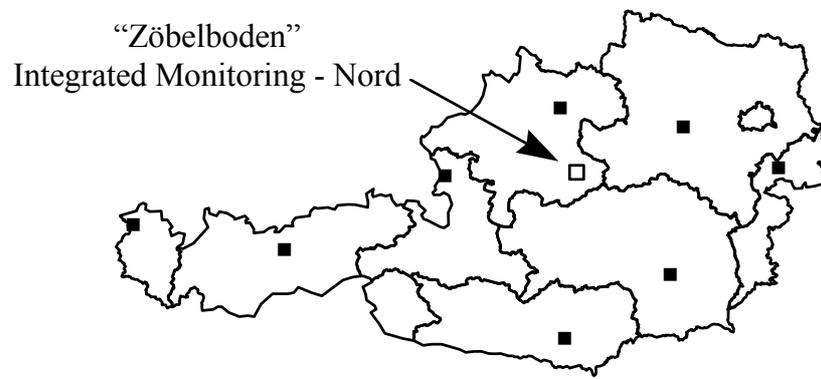
Vom Integrated Monitoring und seinen langfristigen Ergebnissen ist zu erwarten:

- das Erkennen von Ursachen-Wirkungs-Beziehungen in Ökosystemen in Hintergrundgebieten
- Beiträge zur Ableitung von tolerierbaren Konzentrationen und Frachten von Luftschadstoffen (wirkungsbezogenen Grenzwerten) unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit in Hintergrundgebieten
- zusätzliche Daten zur Überprüfung der ausreichenden Wirksamkeit von Abkommen zur Reduktion von Schadstoffbelastungen durch weiträumige Verfrachtung
- und Beiträge zur Überprüfung der Ergebnisse europaweiter Modelle der Luftqualität und der Belastbarkeit von Gebieten mit Luftverschmutzung

## **Integrated Monitoring in Österreich**

Das Umweltbundesamt ist mit der Verwirklichung des Integrated Monitoring in Österreich betraut. Österreich hat besonderes Interesse an der Teilnahme an dem UN-ECE-Programm, weil es u.a. durch den Stau effekt der Alpen sehr hohen Schadstoffeinträgen aus dem Ausland ausgesetzt ist. Zwischen 1992 und 1995 erfolgten im Reichraminger Hintergebirge am „Zöbelboden“ die Einrichtungsarbeiten und Grundinventuren für den ersten österreichischen Wald-Standort zur umfassenden Langzeit-Kontrolle.

In der folgenden Abbildung ist die Lage des Integrated Monitoring Standortes Zöbelboden in Österreich ersichtlich.



Die wichtigsten Kriterien zur Auswahl des Zöbelboden waren:

- Ausreichende Entfernung zu lokalen Quellen von Luftverschmutzung („Hintergrund-Waldstandort“)
- Lage in den Nördlichen Kalkalpen (Ursprungsgebiet eines wesentlichen Teiles der Trinkwasserreserven Österreichs, im österreichweiten Vergleich schlechter Waldzustand)
- Vorhandensein typischer Wälder für diesen Naturraum (steile Schutzwälder mit naturnahem Buchenmischwald und Wirtschaftswaldbereich mit dominierender Fichte auf einem Hochplateau)

## **Biomonitoring und Bioindikation im Kontext des Integrated Monitoring**

Der breite Einsatz von Moosen zu Zwecken des Ökosystem-Monitorings begründet sich in ihrer Eignung sowohl als Bioindikatoren als auch als Biomonitoren. Das Vorkommen und die Vitalität von Artengarnituren geben wichtige Information über die standörtlichen Bedingungen und Veränderungen (Bioindikatoren). Daneben reichern gewisse Moose aber auch Schwermetalle kontinuierlich an, sodass sie als integrierende biologische „Sammler“ über ganze Zeiträume verwendet werden können. Das integrierende Biomonitoring stellt eine wesentliche Ergänzung zu den apparativen Messungen der Luftchemie im Rahmen des Integrated Monitoring dar. Zudem existieren im Rahmen von EMEP europaweite Schwermetallinventuren an Moosen. Dadurch wird der Zöbelboden durch analoge



Untersuchungen im Kontext dieser Daten in seiner Qualität als Hintergrundstandort bzw. Repäsentativität einordenbar.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>ABSTRACT</b>	<b>3</b>
<b>KURZFASSUNG</b>	<b>4</b>
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>5</b>
<b>2 METHODIK</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Reaktionsindikation</b>	<b>7</b>
2.1.1 Epiphytische Dauerbeobachtungsflächen	7
2.1.2 Terrestrische Dauerbeobachtungsflächen	8
<b>2.2 Akkumulationsindikation Schwermetallbezogene Untersuchungen</b>	<b>13</b>
2.2.1 Probenahme	13
2.2.2 Aufarbeitung der Proben	14
2.2.3 Analytik	15
<b>2.3 Statistik</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Artenliste und Auswertung der Zeigerwerte</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Nomenklatur</b>	<b>18</b>
<b>3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Reaktionsindikation</b>	<b>20</b>
3.1.1 Epiphytische Dauerbeobachtungsflächen:	20
3.1.2 Terrestrische Dauerbeobachtungsflächen	26
3.1.3 Ergänzungen zu der Gesamtartenliste von 1993.	30
3.1.4 Liste aller bisher auf der IM-Fläche Zöbelboden gefundenen Moosarten	31
<b>3.2 Akkumulationsreaktion</b>	<b>38</b>
3.2.1 Ergebnisse der Moosprobenahme	38
3.2.2 Ergebnisse der Schwermetallanalytik	38
3.2.3 Vergleich mit den Depositionsdaten ermittelt über technische Messgeräte	42
<b>3.3 Schlussfolgerungen</b>	<b>44</b>

## **4 LITERATUR**

**46**

### **ANHANG**

Dokumentation der einzelnen Moos-Dauerbeobachtungsflächen



## Abstract

In this report methods and results of the first repetition of the inventory of bryophytes at the Integrated Monitoring site Zöbelboden is presented. One new method was introduced: The exploration of terrestrial monitoring plots by hand is replaced by a method using photographic capture and digital registration. The results of both methods correlate significantly ( $p < 0,05$ ; Spearman). The advantages of the new method are: less time consuming than the old method, the graphs have more details and there is a bigger variation in possibilities of statistical analysis.

Bryophytes show a slightly shift in species composition between 1992/93 and 1998. Species with broader ecological niches expand at the expense of species with a narrow ecological niche. Taking into account findings from other regions this might be due to increasing atmospheric nitrogen depositions.

The analysis of heavy metal concentrations in mosses (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, V, Zn) show a significant higher level in the investigated area than the is the Austrian average. A comparison of deposition data estimated by a wet and dry only sampler and bulk samplers with that from mosses shows similarities for lead only. The concentrations are strongly dependent on the growth rates of the moss populations.

This report emphasizes the position of the 'Northern Calcareous Alps' as a major sink of emissions arriving from local and far away sources.

## **Kurzfassung**

In diesem Bericht sind die Methoden und Ergebnisse der ersten Wiederholung der Moos-Inventur des Monitoringprogrammes am Zöbelboden dokumentiert.

Eine Änderung der Methodik gibt es im Bereich der Erfassung der terrestrischen Monitoringflächen. Die händische Methode der Datenerfassung wurde durch eine fotografische Aufnahmemethode und eine damit verknüpfte digitale Datenaufbereitung ersetzt. Die Vergleichbarkeit der beiden Methoden wurde untersucht; die Korrelation der Ergebnisse, erzielt durch die beiden Methoden, ist signifikant ( $p < 0,05$ ; Spearman). Die Vorteile der neuen Methode liegen in der Zeitersparnis, der größeren Genauigkeit sowie der besseren Verwertung der Ergebnisse (z.B. statistische Berechnungen, kartografische Darstellungen).

Der Vergleich der bryophytischen Artenzusammensetzungen und ihrer jeweiligen Deckungen im Jahr 1998 mit denen von 1992/1993 zeigt geringfügige Artverschiebungen sowohl im Bereich der epiphytischen als auch der terrestrischen Moose. Dabei zeichnet sich ein Trend zur Ausbreitung von euryöken Ubiquisten auf Kosten von stenöken Arten ab. Wie Vergleiche mit der Literatur zeigen, könnte dies auf erhöhte atmosphärische Stickstoffeinträge zurückzuführen sein.

In Anlehnung an einschlägige nationale und internationale Programme wurden Moosproben auf ihre Gehalte an ausgewählten Schwermetallen (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, V, Zn) untersucht. Im Vergleich mit dem österreichweiten Durchschnitt von 1995 zeigen fast alle Proben zum Teil deutlich erhöhte Konzentrationen. Der Vergleich der Schwermetallkonzentrationen in Moosen mit den Depositionsdaten ermittelt über „wet and dry only sampler“ steht in Abhängigkeit von den Wuchsleistungen der analysierten Moospopulationen. Generell große Übereinstimmungen gibt es bei Blei.

Die Studie untermauert die kritische Situation der Nördlichen Randalpen in Bezug auf ihre Funktion als Depositionssenke für Ferntransporte aus in- und ausländischen Emissionsquellen.



## 1 EINLEITUNG

Im Jahre 1992 wurde mit der Einrichtung von bryologischen Dauerbeobachtungsflächen auf der IM-Fläche 'Zöbelboden' begonnen, welche 1993 eine Fortsetzung fand. Die 1998 durchgeführten Arbeiten sind die erste Wiederholungsinventur eines artspezifischen Monitoringprogrammes am Zöbelboden.

Die Vorteile des Biomonitoring mit Moosen sind umfassend dokumentiert (z.B. BATES & FARMER 1992, FARMER et al. 1992, LEBLANC & DESLOOVER 1970, MARTIN & COUGHTRY 1982, NORDHORN-RICHTER & DÜLL 1982, SAUER 1990, ZECHMEISTER 1996, 1997a, 1997b, 1999, FRAHM 1998) und sollen an dieser Stelle nicht mehr diskutiert werden.

Die meisten Untersuchungen fanden den Vorgaben von 1992 und 1993 entsprechend eine Fortsetzung. Die im *MANUAL FOR INTEGRATED MONITORING - DRAFT 2.0.* (1998) vorgeschlagenen Methoden zur Kartierung epiphytischer Flechten wurden wie 1993 auf Moose übertragen. Die Aufsammlungen zur Beurteilung der Schwermetalldepositionen erfolgten gleichfalls nach einschlägigen Bestimmungen (z.B. RÜHLING et al. 1992)

Aufgrund ständig fortschreitender Verbesserungen im wissenschaftlich-technischen Bereich schien in Teilbereichen bereits nach fünf Jahren eine teilweise Methodenänderung ratsam. Die Veränderungen betrafen vor allem die Methodik der Aufnahme der terrestrischen Dauerbeobachtungsflächen (fotografische Ablichtung statt bisher händische Übertragung) als auch die evaluierte Weiterverarbeitung dieser Bilder über Scanning und GIS. Die inhaltliche Kongruenz beider Methoden musste deshalb überprüft werden.

Da sich die Zielsetzungen des Monitoring seit 1992 partiell änderten, wurden einige Flächen aufgelassen. Dafür wurde eine größere Zahl (10) neuer Flächen eingerichtet. Die bryologischen Dauerbeobachtungsflächen zeigen nun auch eine bessere räumliche Verteilung als 1992/93.

Die vorliegende Studie bringt einen ersten Vergleich identer Untersuchungsflächen nach 5-jähriger Einwirkung natürlicher und anthropogener Einflussfaktoren und stellt in

Österreich eine diesbezügliche Novität dar. Die Ergebnisse werden umfassend dokumentiert und diskutiert.

Diese Studie wurde maßgeblich (Geländearbeit, Auswertung, Berichterstellung) vom Autor (Univ.-Doz. Mag. Dr. Harald G. ZECHMEISTER) durchgeführt. Die Erfassung der terrestrischen Monitoringflächen sowie die Adaptation der Methode zur Erfassung dieser Bodenplots erfolgte durch Fr. cand. rer. nat. Anna KARALL. Diese Studien wurden von Ihr im Rahmen einer Diplomarbeit zur Erlangung des Magistergrades an der Universität Wien durchgeführt.

Kooperationspartner im Umweltbundesamt Wien war Hr. Dipl.-Ing. Dr. Michael MIRTL; durch Ihn erfolgte auch die Berechnung und Übermittlung der Depositionsdaten. Die Daten über die Schwermetallgehalte der Moosproben sowie die der Depositionsdaten gemessen über WADOS und Bergerhoff stammen aus dem Labor des Umweltbundesamtes (Fr. Mag. Dr. Andrea HANUS-ILLNAR).

Der Autor dankt auf diesem Wege allen, die zu dieser Studie beigetragen haben.



## 2 METHODIK

### 2.1 REAKTIONSINDIKATION

Im Bereich der Reaktionsindikation wurden insgesamt 20 epiphytische als auch 9 terrestrische Flächen einer Wiederholungsinventur unterzogen. 10 neue Flächen wurden angelegt. Von den insgesamt dreißig Flächen unterstehen 26 dem offiziellen bryologischen Monitoringprogramm, vier terrestrische Flächen werden unentgeltlich aus wissenschaftlichem Interesse weitergeführt und gleichfalls in dieser Studie dokumentiert.

#### *2.1.1 Epiphytische Dauerbeobachtungsflächen*

Alle epiphytischen Flächen, welche nach der Ringmethode 1992 bzw. 1993 eingerichtet wurden, sind in gleicher Weise in der Wiederholungsinventur überprüft worden.

Die Methode ist ähnlich der ‘line-method’, beschrieben für Flechten im ‘MANUAL FOR INTEGRATED MONITORING, DRAFT 2.0. (1998). Dabei wurde in einer bestimmten, durch die früheren Untersuchungen vorgegebenen Höhe, ein imaginärer Ring (Maßband) um den Baum gezogen, welcher bereits durch vier Nägel am Baum markiert ist. An diesem Ring wurde, ausgehend von einer Markierung im Westen, Richtung Süden usw. fortlaufend, alle 5 Zentimeter jenes Moos notiert, welches an diesem Punkt wächst; auch andere Epiphyten wie Flechten oder Freiflächen wurden vermerkt.

Fünf neue epiphytische Flächen wurden eingerichtet. Diese sind den Unterhang- bzw. mittleren Steilhangbereichen zuzuordnen. In diesen Lagen gab es bislang nur eine Untersuchungsfläche. Als Trägerbäume wurden die in diesen Bereichen dominanten Baumarten Buche bzw. Bergahorn ausgewählt. Bei der Neuanlage war zu beachten, dass die Höhe des Untersuchungsringes entlang des Stammes in jenem Bereich liegen soll, der eindeutig nicht mehr vom Boden her beeinflusst ist und der somit auch potenzieller Wuchsort obligater Epiphyten sein kann. Dieser Bereich beginnt im Untersuchungsgebiet meist ca. 50 - 100 cm über dem Boden und steht in Hanglage u.a. in starker Abhängigkeit von der Hangneigung.

### ***2.1.2 Terrestrische Dauerbeobachtungsflächen***

Einem Trend im Bereich des vegetationsökologischen Monitoring folgend (z.B. TRAXLER 1997) wurde die Methode der Überprüfung der Vegetationsveränderungen neu gestaltet. Die neu angewandten Methoden bringen Vorteile im Bereich der Datengenauigkeit bzw. eine Zeitersparnis in der Feldarbeit.

Es musste daher auch geprüft werden, ob die Anwendung einer neuen Methode in Bezug auf die Datenvergleichbarkeit zulässig ist. Zum Methodenvergleich wurden 6 von den 9 terrestrischen Wiederholungsflächen (MP 1003, 1005, 1006, 1021, 1023 und 1028) sowohl nach der bisher angewandten Methode (händische Aufzeichnung), als auch durch die fotografische Methode analysiert (siehe auch Diskussion der Ergebnisse).

Fünf Flächen wurden im terrestrischen Bereich neu angelegt, um wie bei den Epiphyten das Netz im Unter- bzw. Mittelhangbereich zu verdichten. Alle neuen Flächen sind Stammablaufflächen an den Hauptbaumarten dieses Bereiches (Buche und Bergahorn).

Auf zwei Flächen war auf Grund von Windwurf eine Wiederholung nicht mehr möglich (MP 1002 und MP 1025). MP 1040 wurde auf einem MP 1002 nahestehenden Baum gleicher Beschaffenheit und Bewuchses gelegt. Sechs weitere terrestrische Flächen wurden nicht mehr in das Monitoringprogramm mit einbezogen. Die Gründe dafür liegen in unterschiedlichen Zielsetzungen bei der Anlage der Plots und dem vom Auftraggeber gewünschten aktuellen bzw. künftigen Monitoringkonzept. Ein Großteil der aufgelassenen Flächen sind Quadrate des Zwischenstammereiches, welche primär als Kontrollflächen dienen sollten und auf denen keine, bzw. nur sehr langsame immissionsbedingte Veränderungen zu erwarten sind. Diese Plots wurden auch im wissenschaftlichen Interesse (Populationsbiologie von Moosarten unter geringen, bzw. durchschnittlichen ökotoxikologischen Umwelteinflüssen) eingerichtet, ein Aspekt der nun in den Hintergrund tritt und nur mehr bei wenigen ausgewählten Flächen neben dem Monitoringaspekt Beachtung findet (z.B. 1007, 1028). Die jeweils entsprechenden Gründe



für die Auffassung einzelner Quadrate sind in der 'Dokumentation der einzelnen Dauerbeobachtungsflächen' angeführt.

Der Beschreibung der neuen Methode zur Überwachung der terrestrischen Quadrate ist im Folgenden ein etwas breiterer Raum gewidmet, um allfällige Wiederholungen schnell und einwandfrei reproduzierbar durchführen zu können.

Im wesentlichen besteht die Methode aus einer Kombination von standardisierter Fotografie bildbearbeitender Software und Übertragung der fertigen Daten in ein GIS. Folgende Arbeitsschritte können chronologisch voneinander getrennt werden:

#### **2.1.2.1 Fotografieren der Flächen unter standardisierten Bedingungen im Freiland**

Ausgangsmaterial für alle weiteren Schritte sind fotografische Abbildungen der Monitoringflächen auf Diafilm mittels einer Spiegelreflexkamera. Die Qualität dieser Dias beeinflusst wesentlich den Erfolg aller weiteren Arbeitsschritte. Um eine exakte Reproduzierbarkeit des Bildmaterials auch in folgenden Untersuchungsjahren zu gewährleisten, sollte der Prozess des Fotografierens im Freiland unter streng standardisierten Bedingungen ablaufen.

Aus diesem Grund wurde eine horizontale Ebene über dem Moosquadrat definiert, um auf dessen Flächenmittelpunkt die Kamera (LEICA R8) im rechten Winkel einstellen zu können. Die fixen Eckpunktmarkierungen (Metallrohre) der Monitoringflächen eigneten sich für diesen Zweck. Mit Hilfe einer 50x50cm Holzschablone wurde das gesamte Moosquadrat in einer Ebene dargestellt. Zusätzlich wurde der Abstand der Kamera zum Flächenmittelpunkt auf eine Entfernung von 130cm festgelegt. Diese Entfernung ergab sich aus dem kleinsten möglichen Abstand, der die Abbildung der gesamten Monitoringfläche mit einem 50mm Objektiv zuließ. Die Wahl fiel auf ein 50mm Objektiv (SUMMILUX-R 1:1,4), um eine möglichst realitätsnahe Abbildung zu erzielen.

Der Bau eines vierbeinigen Spezialstatives aus Aluminium beschränkte das Adjustieren der Kameraausrüstung auf wenige Handgriffe.



Die Konstruktion besteht aus zwei, unabhängig voneinander transportierbaren, Teilen, einer Befestigungsplatte für die Kamera und den Stativbeinen (links oben und rechts unten). Sind die Monitoringflächen stark geneigt, wie dies besonders bei den Stammablaufflächen der Fall ist (rechts oben), ist es nötig, die Stativspitze mittels eines Seiles am Trägerbaum oder einem anderen stabilen Element zu fixieren.



Nur niedrig empfindliches und feinkörniges Filmmaterial (Kodakchrome 25, Fujichrome Velvia 64) kam zum Einsatz. Mit der Filmmarke Fujichrome Velvia wurde von jedem Moosplot jeweils ein Dia mit Blende 8 und ein weiteres mit Blende 11 gemacht. Die Kamera errechnete sich automatisch die Belichtungszeit und war dabei auf Integralmessung eingestellt. Zu Vergleichszwecken wurde unter den selben fotografischen Bedingungen von den Moosplots 1003-1028 eine Serie mit dem Film Kodakchrome 25 hergestellt. Um eine bessere Diaqualität der Fujichrome velvia-Serie zu erreichen, haben vorangegangene Tests gezeigt, dass es sinnvoll ist, die Filmempfindlichkeit manuell an der Kamera auf ISO 50 herabzusetzen. Zusätzlich wurde bei dieser Serie auch ein bewusst überbelichtetes Dia jedes Plots gemacht. Vor allem auf den überbelichteten Dias waren Verbräunungen der Moose besser zu erkennen.



Das gering empfindliche Filmmaterial und die damit verbundenen langen Belichtungszeiten erforderten die Verwendung eines Drahtauslösers.

#### **2.1.2.2 Digitalisieren der Dias mittels Scanner**

Scanner ermöglichen ein Transformieren der im Freiland entstandenen Diaserien in digitale Information. Das beste Dia jeder individuellen Monitoringfläche wurde ausgewählt und mit einem KODAK Professional 2035 eingescannt und im JPG Format gespeichert. Der Scangröße der Bilder sind automatisch, durch die maximalen Auflösung des Bildschirms, der anschließend zur weiteren Bildbearbeitung benutzt wird, Grenzen gesetzt. Die eingescannten Dias stellen die Digitalisierungsgrundlage für den nachfolgenden Arbeitsschritt dar.

#### **2.1.2.3 Herstellung einer Vegetationskarte jeder untersuchten Monitoringfläche**

Das Abgrenzen der einzelnen Arten und Artengruppen und ihre Darstellung als Polygonzüge erfolgte on-screen mit einem CAD Programm (AutoCAD R14).

Als erster Schritt wurde die Begrenzung jeder Monitoringfläche digitalisiert. Als Orientierung für das Setzen der Eckpunkte dienten die Mittelpunkte der Schrauben, welche die Stativbeine in den Vermessungsköpfen fixieren, diese sind auf den Bildern sichtbar. Auf den Moosplots 1012, 1021, 1030 und 1034 fehlt jeweils eine fixe Eckpunktmarkierung. Dies erforderte die Anwendung einer anderen Methode, um den vierten Eckpunkt des Begrenzungsquadrates zu ermitteln. Aus diesem Grund wurden zwei Kreise mit einem Radius von 50 AutoCAD-Einheiten (eine Einheit = ein Zentimeter) gezeichnet. Ihre Mittelpunkte stellten die, dem fehlenden Punkt, benachbarten Ecken dar. Am Schnittpunkt der Kreise wurde der neue Punkt gesetzt.

Die korrekte nomenklatorische Zuordnung der einzelnen Arten konnte nicht immer via Foto durchgeführt werden, für diesen Arbeitsschritt wurde mit Artcodes gearbeitet.

#### **2.1.2.4 Ground-truthing**

Durch eine weitere Geländebegehung mussten folgende Fragen abgeklärt werden :

- Scheinen alle auf der Fläche vorkommenden Arten in der Vegetationskarte auf?
- Wurden die Arten richtig voneinander abgegrenzt?
- Müssen Arten durch Besammeln außerhalb des Plots nachträglich bestimmt werden?

#### **2.1.2.5 Korrektur der Vegetationskarten**

Mit Hilfe der durch die Freilandbegehung gewonnenen Informationen erfolgten die letzten Verbesserungen an den Vegetationskarten.

#### **2.1.2.6 Flächenbilanz (1993, 1998) der Arten und Artengruppen**

Im Programm AutoCAD R14 konnte jedem abgegrenzten Polygonzug ein Attributblock zugewiesen werden, der den Artcode, die Flächennummer und die Flächengröße (in cm<sup>2</sup>) beinhaltet. Diese Informationen wurden als einfache Textdatei extrahiert und als Tabelle in das Kalkulationsprogramm EXCEL eingelesen. Dies geschah für jede Monitoringfläche individuell. Weiters erfolgte ein Umrechnen der Polygonfläche, von cm<sup>2</sup> in einen prozentuellen Deckungswert bezogen auf die Gesamtfläche des Moosplots.

Um die Flächenbilanz für einzelne Arten zu ermöglichen, war ein Auflösen der Artengruppen, also bei Artendurchmischungen, die während der Aufnahme nicht punktgenau auflösbar waren, notwendig. Wobei jeder Art innerhalb der Artengruppe, nach subjektiver Einschätzung laut Foto, ein prozentueller Deckungswert an der jeweiligen Polygonfläche zugewiesen wurde. Da für die Aufnahmen 1993 kein Foto existiert, mussten für die Arten innerhalb einer Artengruppe gleiche Anteile vergeben werden. Im nächsten Schritt erfolgte das Summieren gleicher Arten oder Strukturen. Danach wurden die Artcodes von 600-799 und 500 unter "Belebte Strukturen", die Artcodes 800-900 unter "Unbewachsene Strukturen" zusammengefasst. Mit diesen Daten wurden dann auch die statistischen Vergleiche durchgeführt.



### **2.1.2.7 Übertragen der Daten in ein GIS**

Die Vegetationskarten sind im DXF Format gespeichert bzw. archiviert und in ein GIS importierbar. Dadurch ist es möglich, für weitere Analysezwecke, die Vorteile (z.B. die Verknüpfung von geometrischen und beschreibenden Daten) eines GIS zu nutzen.

## **2.2 AKKUMULATIONSINDIKATION SCHWERMETALLBEZOGENE UNTERSUCHUNGEN**

### **2.2.1 Probenahme**

Die Probenahme erfolgte unter Einhaltung der international gültigen Richtlinien für die Aufsammlung von Moosen zur Schwermetalluntersuchung (z.B. ZECHMEISTER 1997).

Jeder Sammelpunkt hatte demnach folgende Bedingungen zu erfüllen (angepasst an die Verhältnisse am Zöbelboden):

- Mindestabstand von Forstwegen (geschottert, verfestigt) : ca. 5 m.
- Die Entfernung zum nächsten Baum oder Strauch ist so groß wie möglich zu halten (3 m Mindestabstand von der Bodenprojektion der äußersten Äste). Der Entnahmepunkt muss in jedem Fall außerhalb des regelmäßigen, direkten oder indirekten Abfluss- oder Tropfbereiches diverser Gehölze liegen.
- Die Abschirmung durch Zwergsträucher oder andere höhere Pflanzen (z.B. Hochstauden, Gräser) soll vermieden werden.
- Unmittelbare Entnahmeflächen sollen sich in ebener Lage befinden (z.B. nicht auf Steilflächen von Strünken oder Felsen) und nicht im Einflussbereich von oberirdisch abfließendem Wasser (z.B. periodisch trockenfallendes Gerinne) liegen.
- Die Flächengröße eines Sammelpunktes umfasst maximal 50 x 50 m.

Die Sammelmenge betrug ca. 2 l, welche anschließend in Papiersäcken verpackt wurden. Die gesammelten Moosproben wurden am Standort von größeren Schmutz und Streupartikeln gesäubert, außerdem wurden die zu verstauenden Moosteilproben 'top on

top' eingelegt um eine Kontamination der zu analysierenden Teile mit eventuell anhaftender Erde zu vermeiden.

### **Die Probenahmepunkte**

Die Aufsammlungspunkte von 1992 lagen überwiegend auf einer großen Schlagflächen, welche ihrer natürlichen Dynamik folgend 1998 nicht mehr in ihrer ursprünglichen Größe für eine schwermetallbezogene Aufsammlung geeignet war. Deshalb wurde dort nur mehr eine Probe geworben (P3).

Die weiteren Sammelstelle lagen auf einer Schlagfläche unmittelbar westlich angrenzend an die Wildwiese (P1), bzw. am östlichen Zöbelboden. Ebenfalls auf einer Schlagfläche (P2).

Durch P3 ist der NW-exponierte Steilhangbereich repräsentiert, durch P1 und P2 der Plateaubereich.

### **Moosart**

Da das Angebot an zu besammelnden Punkten am Zöbelboden eingeschränkt ist, konnte nur die Art *Hypnum cupressiforme* gesammelt werden, welche in der österreichweiten Studie nur in Ausnahmefällen verwendet wurde. Die Teilproben wurden primär von den Schnittflächen entfernter Bäume geworben.

An allen drei Standorten wurde flächenbezogen gesammelt, wodurch eine Umrechnung von Konzentrationswerten auf Deposition pro Flächeneinheit möglich sein sollte.

### **Zeitpunkt der Aufsammlung**

Die Aufsammlung erfolgte am 11. Juni 1998

### **2.2.2 Aufarbeitung der Proben**

Nach Lufttrocknung wurden die Proben von sichtbaren Erd- und Detrituspartikel befreit.



Anschließend wurden die einzelnen Moosstämmchen auf die letzten drei Jahrestriebe eingekürzt. In manchen Fällen waren die dreijährigen Triebe bereits teilweise oder vollständig dekompostiert und es wurden nur mehr zweijährige Triebe für die Analyse aufbereitet.

Die Menge der aufgearbeiteten Proben betrug durchschnittlich 14 g Trockengewicht.

### **2.2.3 Analytik**

Die Moosproben wurden im Labor des UBA bei 40 °C im Trockenschrank nachgetrocknet. Anschließend wurden sie unter flüssigem Stickstoff in einer Porzellanschale vermahlen.

#### **Aufschluss**

Für den Perchlorsäure-Aufschluss der Moosproben wurden jeweils 1 g Probe analytisch genau in einen Quarzkolben eingewogen und mit 5 ml konzentrierter Salpetersäure s.p. (65 %) versetzt und gut durchfeuchtet. Anschließend wurde 1 ml konzentrierte Perchlorsäure s.p. (70 %) zugesetzt und die Proben über Nacht stehen gelassen. Der Aufschluss erfolgte automatisch in Quarzaufschlussgefäßen mittels Kjeldatherm-Aufschlussblock. (Aufschlussprogramm: 30 min 60 °C, 40 min 200 °C, 10 min Abkühlen). Nach dem Aufschluss wurden die Proben in 100 ml Quarzmesskolben übergeführt und mit Reinstwasser bis zur Marke aufgefüllt. Anschließend wurden die Lösungen über Faltenfilter filtriert.

#### **Bestimmung**

Die Bestimmung der Gehalte an Blei, Vanadium, Schwefel, Zink, Eisen, Kupfer, Titan, Chrom, Nickel, Cadmium, Cobalt und Molybdän erfolgte mittels ICP-AES-Gerät Optima 3000 XL, Fa. Perkin Elmer, in Anlehnung an ÖNORM M 6279. Die Arsen- und Quecksilberbestimmung erfolgte mittels Kaltdampf-/Hydridtechnik mittels Fließinjektion FIAS 200 in Verbindung mit Atomabsorptionsspektrometer 1100 B, Fa. Perkin Elmer in Anlehnung an DIN 38405, TI. 18 (Arsen) sowie DIN 38406, TI 12 (Quecksilber).

## 2.3 STATISTIK

Für die statistischen Berechnungen der Veränderungen in den Dauerbeobachtungsflächen wurden bei den terrestrischen Plots Absolutwerte ( $\text{cm}^2$  / Element) sowie Relativwerte (in % Flächendeckung pro Quadrat) als Datengrundlage verwendet. Beide Ausgangsdaten sind zulässig, da alle Bodenplots gleich groß sind (50x50 cm).

Die epiphytischen Untersuchungsflächen sind aufgrund unterschiedlicher Baumdurchmesser / Baumumfänge verschieden groß, daher wurde in diesen Fällen nur mit den % Werten gerechnet. Diese ergeben sich durch die Berechnung des Anteils, den eine Moosart pro untersuchtem Ring einnimmt.

*Bsp.:* Moos A kommt an einem Baum mit Umfang 100 cm 10 mal vor. Da alle 5 cm ein Untersuchungspunkt an diesem Ring ist (siehe 2.1.1), sind an diesem Ring maximal 20 Untersuchungspunkte (=100%). Ein zehnmaliges Vorkommen bedeutet demnach 50% Anteil für Moos A.

Dadurch werden alle Bäume gleich gewichtet, unabhängig von Alter und entsprechendem Umfang. Auch eine allfällige Zunahme der Dicke durch das Wachstum in der Zeit seit der letzten Untersuchung wird dadurch relativiert.

An statistischen Tests wurden folgende Verfahren ausgewählt:

### **Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest (Kolmogorov - Smirnov):**

Dieser Test wurde benutzt, um die Hypothese zu prüfen, ob die Stichprobe aus einer bestimmten Verteilung (Gleich-, Normal- oder Poissonverteilung) gezogen wurde. Der Wert der Kolmogorov-Smirnov Z-Statistik basiert auf der größten absoluten Differenz zwischen der beobachteten empirischen (kumulativen) und der theoretischen Verteilungsfunktion.

### **Explorative Datenanalyse**



Bei den epiphytischen Untersuchungsflächen wurde eine explorative Datenanalyse durchgeführt, und die Perzentile, Minimum, Maximum sowie 5% Intervall und Ausreisser bestimmt.

#### **t-Test für gepaarte Stichproben:**

Alle dafür geeigneten, normalverteilten Daten wurden diesem Test unterzogen. Dieser prüft, ob zwei zusammenhängende Stichproben aus Populationen mit demselben Mittelwert stammen. Solche zusammenhängende bzw. gepaarte Stichproben ergeben sich durch den Vergleich der prozentuellen Deckungswerte der einzelnen Elemente (Arten, Strukturen etc.) pro Quadrat in den einzelnen zu vergleichenden Jahren.

#### **Vorzeichentest:**

Eine nichtparametrische Prozedur für zwei verbundene Stichproben. Es wird die Hypothese geprüft, dass die Verteilung zweier Variablen die gleiche ist. Der Vorzeichentest macht keine Annahmen über die Form der Verteilungen. Für alle Fälle werden die Differenzen zwischen den Werten der beiden Variablen berechnet und als positiv, negativ oder gleich (tied) klassifiziert. Wenn die beiden Variablen ähnlich verteilt sind, sollte sich die Anzahl von positiven und negativen Vorzeichen nicht signifikant unterscheiden.

#### **Wilcoxon paarweiser Differenzen-Rangsummen-Test (Wilcoxon Matched-Pairs):**

Eine nichtparametrische Prozedur für zwei verbundene Stichproben zum Test der Nullhypothese, dass die Verteilungen von zwei Variablen gleich sind. Es sind keine Annahmen über die Form der Verteilung der beiden Variablen nötig. Die absoluten Werte der Differenzen zwischen den beiden Variablen werden berechnet und vom kleinsten zum größten in eine Rangordnung gebracht. Die Teststatistik basiert auf den Rangsummen für die negativen und positiven Differenzen.

Der Wilcoxon-Test ist leistungsfähiger als der Vorzeichen-Test.

#### **Spearman's Rangkorrelationskoeffizient (Spearman Correlation Coefficient)**

Mit Hilfe des bivariaten Korrelationskoeffizienten wird die Stärke der linearen Beziehung zwischen zwei Variablen quantifiziert. Der Wert des Korrelationskoeffizienten liegt zwischen -1 und +1. Der Wert 0 bedeutet, dass zwischen zwei Variablen keine lineare Beziehung besteht. Bei +1 besteht eine Beziehung zwischen den beiden Variablen, bei -1 ist ebenfalls eine Beziehung vorhanden, steigen jedoch die Werte einer Variablen, während die der anderen abnehmen.

Der Spearmansche Korrelationskoeffizient dient zur Berechnung nichtparametrischer Messungen, die besonders bei Ausreißern enthaltenden Daten oder bei einer eindeutig nichtnormalen Verteilung der Variablen nützlich sind. Der Spearmansche Koeffizient beruht auf der Zuweisung von Rängen zu den Variablen.

### **Signifikanzniveau**

Als Signifikanzniveau gelten in allen Berechnungen  $p < 0,01$  bzw.  $p < 0,05$ .

Alle statistischen Berechnungen wurden unter Verwendung des Programmes SPSS Version 6.0.1. durchgeführt.

## **2.4 ARTENLISTE UND AUSWERTUNG DER ZEIGERWERTE**

Es wurde die Gesamtartenliste der eigentlichen IM-Fläche auf den aktuellen Stand gebracht und tabellarisch, unter Angabe der Gefährdung, der Standortspräferenz sowie einer Einschätzung der Toxizität, aufgelistet. Auf eine statistische Auswertung der Zeigerwerte (DÜLL 1991) wurde wegen der zur Zeit heftigen Diskussion um die Akzeptanz der Zeigerwerte für Moose im allgemeinen verzichtet. Die Kritik beruht zumeist auf der groben Unschärfe vieler dieser Angaben (siehe auch FRAHM 1992, ZECHMEISTER & GRABHERR 1999, HOHENWALLNER 2000). Die dem allgemeinen Wissensstand entsprechenden einschlägigen Angaben werden aber diskutiert.

## **2.5 NOMENKLATUR**

Die Nomenklatur der Bryophyta richtet sich nach der Liste des 'Nordic Code Center Steering Committee'. Diese Code-Liste (M2) stellt auch die nomenklatorische Basis der



Datenübertragung ins Internationale Programmzentrum in Finnland dar. Sie basiert auf den Arbeiten von GROLLE (1983), CORLEY & CRUNDWELL (1981), HALLINGBÄCK & SÖDERMAN (1987), DÜLL et al.(1981) und DÜLL (1991). Diese Liste ist wegen ihres strukturellen Aufbaues (und z.B aufgrund der hervorragenden Synonymie) eine ausgezeichnete Arbeitsgrundlage.

Die Nomenklatur der Höheren Pflanzen folgt ADLER et al. 1994.

### 3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Im Folgenden werden die Ergebnisse getrennt nach Reaktions- und Akkumulationsindikation diskutiert (siehe auch ZECHMEISTER 1996).

#### 3.1 REAKTIONSINDIKATION

##### 3.1.1 *Epiphytische Dauerbeobachtungsflächen:*

###### 3.1.1.1 Allgemeine Trends

Betrachtet man die statistische Auswertung der Gesamtdaten (alle Moosarten in allen Beständen) zwischen dem epiphytischen Bewuchs von 1993 und dem von 1998 so findet man einen deutlichen Zuwachs bei *Hypnum cupressiforme* (7,6%), *Lejeunea cavifolia* und *Pylaisia polyantha*, sowie eine signifikante Abnahme der Flechten (-5,4 %) und des Mooses *Isothecium alopecuroides*.

Die Freiflächen insgesamt haben leicht zugenommen (+1,6 %). Dies ist vorwiegend auf die z.T. massive Ablösung von Bergahorn-Borken zurückzuführen. Dadurch werden vor allem pleurokarpe Arten wie *Isothecium alopecuroides* (- 4,6%) gestört. Die flächige Wuchsform dieser Art ist gegenüber derartigen Störungen besonders empfindlich. Die Ablösung ist eine allgemeine Alterserscheinung und nicht unmittelbar mit Schadstoffeinfluss o.ä. in Verbindung zu bringen.

In Summe gesehen sind die meisten anderen Verschiebungen quantitativ gering (siehe Tabelle 1), ein qualitativer Trend ist nicht deutlich sichtbar. Der Ausfall einzelner empfindlicher Arten (z.B. *Orthotrichum striatum*) wird durch die Zuwanderung anderer, ebenfalls empfindlicher Arten (z.B. *Zygodon dentatus*) ausgeglichen. Grundsätzlich ist jedoch eine leichte Zunahme euryöker sowie hygrophiler Arten (z.B. *Lejeunea cavifolia*) beobachtbar.

Da an manchen Stellen Flechten die Freiflächen von 1993 besiedelt haben, ist die von Moosen auf Kosten der Flechtenpopulationen eroberte Fläche daher noch größer als die absolute Abnahme zeigt. Diese Verschiebung der Vegetationsbedeckung könnte mit dem



Alterungsprozess der Trägerbäume in Zusammenhang stehen. Zunehmendes Alter der Trägerbäume bewirkt eine borkenstrukturbedingte Steigerung der Trophie und der Feuchtigkeit der Borke (BARKMANN 1958). Unter diesen Bedingungen sind Moose wuchskräftiger und konkurrenzstärker als die Flechten, welche eher unter trockeneren Bedingungen dominieren. Den selben Effekt hat allerdings auch eine zunehmende Eutrophierung aufgrund atmosphärischer Einträge (z.B. Nitrate, siehe auch unten). Ökotoxikologische Ursachen dieser Verschiebungen können deshalb trotz des gleichzeitigen Vorkommens einer größeren Zahl an relativ empfindlichen Arten nicht ausgeschlossen werden. Dies zeigt sich u.a. auch durch die signifikante Zunahme von *Hypnum cupressiforme* einem ubiquistischen Moos mit breiter ökologischer Amplitude, meist auf Kosten stenöker Arten (*Radula complanata*, *Pterigynandrum filiforme* usw.).

Aus populationsbiologischer und umweltdiagnostischer Sicht ist das erstmalige Auftreten von *Dicranum tauricum* bemerkenswert. Dieses Moos mit bislang westeuropäischem Schwerpunkt befindet sich in Ausbreitung, was u.a. auf die Resistenz gegenüber Luftschadstoffen zurückgeführt wird (FRAHM, pers. Komm.), aber unter Umständen auch populationsdynamische Ursachen haben kann (SÖDERSTRÖM & JONSSON, 1989, SÖDERSTRÖM & HERBEN 1997).

Tab. 1. Epiphytische Arten und deren Veränderungen im Untersuchungszeitraum 1993 / 1998 (Anzahl = Vorkommen an der Ringaufnahme und in % Deckung); bzw. Unterschiede im epiphytischen Bewuchs zwischen Plateau- und Hanglage (in % des Gesamtbewuchses).

Gattung	Art / Autor	93/98 Anzahl	93/98 Deckung %	Plateau %	Hang %
<i>Brachythecium</i>	<i>rutabulum</i> (Hedw.) B., S. & G. var. <i>rutabulum</i>	2	0,5	0,0	0,7
<i>Bryum</i>	<i>laevifilum</i> Syed ( <i>flaccidum</i> )	0	0,0	0,0	0,0
<i>Dicranum</i>	<i>montanum</i> Hedw.	-2	-0,5	0,0	0,0
<i>Dicranum</i>	<i>scoparium</i> Hedw.	2	0,5	0,6	0,0
<i>Dicranum</i>	<i>tauricum</i> S.	0	0,0	0,0	0,0
<i>Flechten</i>		-21	-5,4	4,4	18,6
<i>Frullania</i>	<i>dilatata</i> (L.) Dum.	1	0,5	9,9	1,5
<i>Frullania</i>	<i>fragilifolia</i> (Tayl.) Gott.	0	0,0	0,0	0,0
<i>Frullania</i>	<i>tamarisci</i> (L.) Dum.	4	0,0	1,1	13,9
<i>Hypnum</i>	<i>cupressiforme</i> Hedw. ssp. <i>cupr.</i> var. <i>cupressiforme</i>	27	7,6	23,0	14,5
<i>Hypnum</i>	<i>cupressiforme</i> var. <i>filiforme</i> Brid.	0	0,0	0,0	1,6
<i>Isothecium</i>	<i>alopecuroides</i> (Dubois) Isov. var. <i>alopec. (myurum)</i>	-18	-4,6	4,8	0,0
Kein Moos		2	1,6	36,4	31,3
<i>Lejeunea</i>	<i>cavifolia</i> (Ehrh.) Lindb. emend. Buch var. <i>cavifolia</i>	6	1,7	4,3	0,0
<i>Leucodon</i>	<i>sciuroides</i> (Hedw.) Schwaegr. var. <i>sciuroides</i>	-2	-0,4	3,6	6,1
<i>Metzgeria</i>	<i>furcata</i> (L.) Dum.	-1	-0,2	1,9	0,0
<i>Mnium</i>	<i>hornum</i> Hedw.	0	0,0	0,0	0,0
<i>Neckera</i>	<i>complanata</i> (Hedw.) Hueb.	-1	-0,2	1,3	0,0
<i>Neckera</i>	<i>pennata</i> Hedw.	0	0,0	0,0	0,8
<i>Orthotrichum</i>	<i>lyellii</i> Hook. & Tayl.	0	0,0	0,0	0,8
<i>Orthotrichum</i>	<i>speciosum</i> Nees ex Sturm var. <i>speciosum</i>	0	0,0	0,0	0,0
<i>Orthotrichum</i>	<i>striatum</i> Hedw.	-1	-0,3	0,3	0,0
<i>Orthotrichum</i>	sp.	0	0,0	0,0	0,0



<i>Plagiochila</i>	<i>porelloides (Torrey ex Nees) Lindenb.</i>	0	0,0	0,0	0,0
<i>Plagiothecium</i>	<i>laetum B., S. &amp; G.</i>	0	0,0	0,0	0,0
<i>Plagiothecium</i>	<i>nemorale (Mitt.) Jaeg. (sylvaticum agg.)</i>	0	0,0	0,0	0,0
<i>Porella</i>	<i>platyphylla (L.) Pfeiff.</i>	0	0,0	2,3	0,3
<i>Protonema</i>		-2	-0,5	5,6	1,5
<i>Pterigynandrum</i>	<i>filiforme Hedw. var. filiforme</i>	-2	-0,4	2,5	0,9
<i>Pylaisia</i>	<i>polyantha (Hedw.) Schimp. var. polyantha</i>	4	1,2	0,0	0,0
<i>Radula</i>	<i>complanata (L.) Dum.</i>	-2	-0,5	0,0	0,0
<i>Rhizomnium</i>	<i>punctatum (Hedw.) T. Kop.</i>	0	0,0	2,3	3,0
<i>Tortula</i>	<i>laevipila (Brid.) Schwaegr. var. Laevipila</i>	0	0,0	0,6	0,0
<i>Ulota</i>	<i>crispa (Hedw.) Brid. var. Crispa</i>	-3	-0,7	1,6	4,2
<i>Zygodon</i>	<i>dentatus Breidl. ex Jur.</i>	2	0,0	0,7	0,0

### **3.1.1.2 Vergleich der einzelnen Dauerbeobachtungsflächen in den Untersuchungsjahren 1993 und 1998**

Vergleicht man die einzelnen Untersuchungsflächen paarweise in Bezug auf ihren Bewuchs im Jahre 93 und den von 98 sind teilweise signifikante Verschiebungen bemerkbar. Diese Veränderungen sind in der Beschreibung der einzelnen Moosplots detailliert dargestellt.

### **3.1.1.3 Vergleich der Moose an unterschiedlichen Baumarten**

Vergleicht man die Verschiebungen der Artengarnituren zwischen 93 und 98 an den unterschiedlichen Baumarten so finden sich signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Baumarten (95% CI, t-test, Vorzeichentest).

Dadurch wird bestätigt, dass die unterschiedlichen Trägerbäume nur bedingt miteinander vergleichbar sind. Die günstigeren Korrelationen gibt es zwischen Buche und Bergahorn, die größten Unterschiede zwischen Esche und Buche. Dies korreliert eindeutig mit der Borkenstruktur und den damit verbundenen Parametern.

#### Buche:

Der Anteil von *Frullania tamarisci* hat deutlich zugenommen (+7,4%), schwächer der von Flechten (+4,9%). Bei *Isothecium alopecuroides* ist hingegen eine signifikante Abnahme zu verzeichnen. Nicht signifikant doch auch beträchtlich ist der Rückgang bei *Pterigynandrum filiforme* (-4,1%).

Der Anteil von Flechten ist auf Buche gegenüber den anderen Baumarten (Esche, Bergahorn) signifikant erhöht. Dies ist auf die glatte und somit oligotrophe, trockenere Rinde der Buche zurückzuführen. Diese Standortsbedingungen können von Flechten optimaler genutzt werden als von den zumeist hygrophytischen Moosen. Die für die Buche signifikante Abnahme von *Isothecium alopecuroides* unterscheidet sich ebenfalls deutlich vom Vorkommen dieser Art auf den beiden anderen Baumarten.

#### Bergahorn:

Auf Bergahorn sind vor allem *Frullania dilatata* und *Leucodon sciuroides* stark vertreten, beide Arten kommen auf den anderen Bäumen nur bedingt vor, *Leucodon* ist sogar auf



Bergahorn beschränkt. Die relativ starke (n.s.) Abnahme von *Frullania* auf dieser Baumart ist zu beachten, da dies in Folge zu einer beachtlichen Abnahme der Gesamtpopulationsdichte führt.

Extrem gegenläufig zu den andern Baumarten ist auf Bergahorn der Trend zu einer kräftigen Neubesiedlung von Flächen, welche 1993 noch moosfrei waren (Abnahme moosfreier Flächen um 5,6%).

#### Esche:

*Lejeunea cavifolia*, *Pylaisia polyantha* und *Isothecium alopecuroides* haben einen deutlichen Schwerpunkt auf Esche. Die Zunahme von *Lejeunea* gegenüber 1993 ist auf Esche signifikant ( $p=0,05$ ).

Diese Arten haben relativ hohe Feuchtigkeits- und Nährstoffansprüche, diese Standortbedingungen zeichnen Eschen mit zunehmendem Alter aus. Unter dem gleichen Hintergrund ist daher auch die signifikante Abnahme der Flechten auf dieser Baumart zu sehen (siehe Buche).

#### **3.1.1.4 Vergleich der Epiphyten im Unterhangbereich mit denen in Plateaulage**

Ein genereller Vergleich aller Arten (t-Test) zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen diesen beiden Standortstypen. Im Detail gibt es aber Unterschiede (siehe auch Tabelle 1):

Die epiphytischen Standorte im Unterhangbereich zeigen im Vergleich mit denen im Plateaubereich der Monitoringfläche signifikante Unterschiede (95% CI) bei den Flechten (Differenz 14,2 %) und *Frullania tamarisci* (Differenz 12,8 %), welche im Unterhangbereich häufiger sind und bei *Hypnum cupressiforme*, welches im Verhältnis in Plateaulage öfter zu finden ist (Differenz 8,6 %).

Zusätzlich sind eine Reihe von Arten in den Aufnahmeplots des Unterhanges nicht vertreten, welche z.T. in größerer Menge im Plateaubereich auftreten (z.B. *Isothecium alopecuroides*, *Lejeunea cavifolia*).

### **3.1.2 Terrestrische Dauerbeobachtungsflächen**

#### **3.1.2.1 Die fotografische Methode**

Wie im Kapitel Methodik ausführlich beschrieben, wurde diese neue entwickelte Aufnahmemethode den Geländebedingungen entsprechend standardisiert. Dies gewährleistet eine exakte Nachvollziehbarkeit in den Folgeuntersuchungen. Die Methodenentwicklung war aufwendig, dieser Arbeitsschritt fällt aber in künftigen Untersuchungen weg.

Der größte Vorteil dieser neuen Methode ist zweifelsfrei die bedeutende Zeitersparnis bei der Geländeaufnahme sowie die Dokumentation von standardisierten Fotos, welche auch in Folgejahren, gegebenenfalls dann mit abermals verbesserten Methoden, analysiert werden können.

#### **Methodenvergleich :**

Dieser Vergleich stellt die Grundlage für die Akzeptanz des Einbringens einer neuen Methode in den laufenden Monitoringprozess dar.

Es wurden daher die Ergebnisse der händischen Moos-Kartierung von 98 mit denen der fotografischen Methode getestet (zweiseitiger t-Test;  $p < 0,05$ ). Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Methoden, die Korrelation ist sehr hoch (sign.; Spearman). Der Unterschied zwischen den einzelnen Jahren ist größer als der Unterschied zwischen händischer und fotografischer Methode. Damit ist der Methodenwechsel und die Verwendung der damit erworbenen Daten abgesichert. Die Ergebnisse erzielt über die unterschiedlichen Methoden sind in der Darstellung der einzelnen Plots tabellarisch aufgelistet.

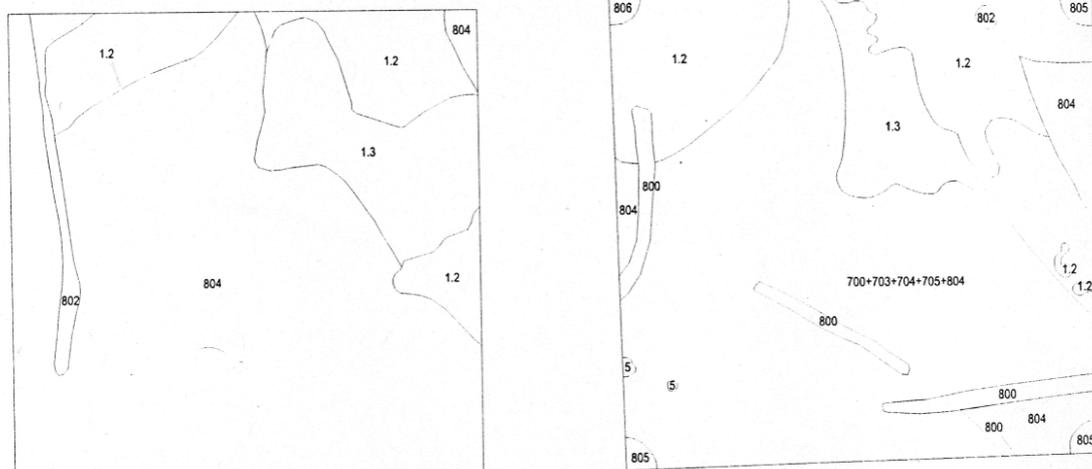


Abb. 1. Vergleich einer sowohl händisch (links) als auch fotografisch (rechts) aufgenommen Fläche (MP 1005).

**Probleme:**

- a) Als größtes Problem stellt sich beim Methodenvergleich die Unschärfe in der Deckungsgleichheit der Quadrate dar. Die Lage der Pflöcke (methodenbedingter Pflockwechsel 98) bzw. der Aufsichts- /=Untersuchungswinkel sind zwischen der Methode 92/93 und der automatisierten Methode 98 bisweilen anders. Dadurch sind die Größen und Bildausschnitte der Untersuchungsflächen nicht immer ident (z.B. MP 1005, Abbildung 1). Dieses Problem wurde durch die Verwendung von %-Zahlen an Stelle der Absolutzahlen ( $\text{cm}^2$ ) reduziert.
- b) Durch die divergierenden Ansichtswinkel (starr bei der fotografischen Methode, beweglich bei der händischen Methode) fallen bisweilen einzelne Arten im fotografischen Ansatz heraus. Dies betrifft vor allem Moose in senkrechten Flächen. Beim 'ground-truthing' müssen diese dann nachträglich vermerkt werden.
- c) Als grundsätzliche Schwierigkeit der fotografischen Methode ist die Darstellung der Schichtung von Vegetationseinheiten in den Quadraten zu betrachten. Phanerogame dominieren vielfach ab Mitte Mai die Flächen. Die Moose unterhalb der Höheren Pflanzen

können dann auf den Photos nicht mehr wahrgenommen werden. Bei der händischen Methode kann der überdeckte Bereich vor Ort überprüft werden, bei der fotografischen Methode erst beim 'ground-truthing', wenn u.U. bereits andere Vegetationsverhältnisse herrschen. Meist sind von der Überschilderung nur moosfreie Stellen betroffen. Das Phänomen mehrschichtiger Bestände kann aber auch für die zu begutachtenden Moosflächen nicht ausgeschlossen werden (siehe z.B. MP 1028 im Anhang). Dann tritt dieses Problem aber auch in der händischen Methode auf, da durch einschichtige Polygonzüge (Kartendarstellung) Mehrschichtigkeit nicht dargestellt werden. Quantitativ relevante Darstellungen und deren Berechnungen sind dann in jedem Fall problematisch.

Das Problem der Schichtung ist auch die primäre Ursache für die starken Divergenzen in der Darstellung und somit Quantifizierung der 'belebten' (laut Nomenklatur in der Quadratabschreibung, darunter werden primär Phanerogame und Flechten verstanden) und 'unbewachsenen' Strukturen (Totholz, Streu, Rohboden etc.) der einzelnen Quadrate und Untersuchungsjahre. Bei der 'händischen' Erhebung von 1993 sowie der von 1998 wurde die Freilandarbeit zu einem Zeitpunkt absolviert, als die Vegetationsentwicklung der Phanerogame noch nicht eingesetzt hatte. Bei der fotografischen Methode (1998) waren die Höheren Pflanzen bereits voll entwickelt. Der Vergleich belebte / unbewachsene Strukturen zeigt daher auch signifikante Unterschiede zwischen händischer und fotografischer Methode im Jahr 1998 (Wilcoxon Matched-Pairs test,  $p=0,05$ ), nicht so aber der Vergleich zwischen den beiden händischen Methoden.

In künftigen Untersuchungen wäre daher auf einen möglichst 'phanerogamenfreien' Fotografiertermin zu achten. Es bieten sich das Frühjahr (April, Mai) oder die Monate Oktober / November an. Im Spätherbst ist der Laubfall zu bedenken, der gegebenenfalls ein ähnliches Problem verursacht.

### **Ausblick**

Derzeit wird vom Autor in Kooperation mit anderen Wissenschaftlern daran gearbeitet die fotografische Dokumentation über direkte, automatisierte Bilderkennung analysieren zu lassen. Dies bringt noch größere, manuell kaum durchführbare Datengenauigkeit, was z.B.



im Bereich der populationsbiologischen Analyse beträchtliche Vorteile bringt und auch für den Sektor Immissionsbiologie eingesetzt werden kann.

### **3.1.2.2 Vergleich der terrestrischen Flächen im Unterhangbereich mit denen in Plateaulage**

Insgesamt betrachtet ergibt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Bereichen (t-Test,  $p=0,05$ ). Dabei werden aber durch den Vergleich sehr unterschiedlicher Standortstypen die doch vorhandenen Unterschiede verwischt.

Vergleicht man dem gegenüber nur die Stammablaufflächen von Buche miteinander, so fällt auf, dass in den Steilhang- und Talhängen ein höherer Anteil an Säurezeigern (qualitativ und quantitativ) zu finden ist (z.B. *Leucobryum glaucum*, *Dicranontium denudatum*). Säurezeiger im Plateaubereich sind primär auf Rohhumus- bzw. oberflächlich versauerten Böden zu finden (z.B. im Zwischenstammbereich oder auf Nadelböden). In den Untersuchungsquadraten der Hanglagen tauchen zwar wegen der teilweise anstehenden basischen Gesteine und flachgründigen Böden regelmäßig Basenzeiger auf. Die Säurezeiger im direkten Stammablauf sind aber demgegenüber primär auf den Eintrag saurer Luftschadstoffe zurückzuführen.

### **3.1.2.3 Vergleich der unterschiedlichen Standortstypen**

Die Stammablaufflächen von Fichte und Lärche bilden erwartungsgemäß eine signifikant korrelierte Gruppe. Mit Ausnahme von MP 1005 korrelieren aber alle Stammablaufflächen (inkl. Buche) der Plateaulage miteinander.

Die Stammablaufflächen des Unterhanges (nur Buche !) sind deutlich uneinheitlicher und nur teilweise miteinander korreliert. Dies ist u.a. auch auf eine, im Gegensatz zu den Flächen von Fichte und Lärche, relativ große Artenfülle zurückzuführen.

Die Zwischenstammflächen sind entsprechend der unterschiedlichen Zielsetzungen bei ihrer Auswahl sehr heterogen.

### **3.1.2.4 Allgemeine Trends**

Die Zunahme von *Hypnum cupressiforme* (8,5 % seit 1993) steht parallel zu der auf den epiphytischen Flächen (dort Zunahme um 7,6 %) (Tab. 2). SJÖGREN (1995) zeigt in einem

umfassenden Vergleich mehrerer Standorte gleichfalls die Zunahme einzelner pleurokarper Arten (u.a. *H. cupressiforme*) auf und führt dies primär auf die anthropogene Versauerung sowie Stickstoffdepositionen durch atmosphärische Einträge zurück. Auch FRAHM (1999) stellt die Verdrängung von stenöken Arten durch Ubiquisten fest und führt dies gleichfalls auf atmosphärische Stickstoffdepositionen zurück.

Der Trend zur Vermehrung von Säurezeigern lässt sich auch bei *Dicranum scoparium* und *Bazzania trilobata* feststellen (Tab. 2). Der Rückgang von *Leucobryum glaucum* (ein weiterer Versauerungszeiger) könnte auf eine witterungsbedingte Verschlechterung der Vitalität zurückzuführen sein. *L. glaucum* ist aber auch Rohhumusbesiedler und steht demnach u.a. in Abhängigkeit vom Anteil hoch zersetzten Totholzes.

Alle weiteren Veränderungen (auch solche nicht aufgelisteter Moose) sind auf die Gesamtfläche bezogen äußerst gering. Der direkte Vergleich der Moospopulationen in den einzelnen Quadraten zeigt insgesamt keine statistisch signifikanten Veränderungen (t-test,  $p=0,05$ ).

Tab. 2: Veränderungen der Populationsgrößen ausgewählter Moosarten in den terrestrischen Quadraten; Werte sind % Anteile bezogen auf alle Untersuchungsquadrate.

<b>Art</b>	<b>92/93</b>	<b>92/98</b>	<b>93/98</b>
<i>Hypnum cupressiforme</i>	-1,5	+0,8	+ 2,3
<i>Hypnum cupressiforme</i> geschädigt	- 0,07	+ 6,1	+ 6,2
<i>Dicranum scoparium</i>	+ 1,2	+ 10,8	+ 9,6
<i>Thuidium tamariscinum</i>	- 8,3	+ 1,1	+ 9,3
<i>Isoetecium alopecuroides</i>	- 0,2	- 0,3	- 0,2
<i>Leucobryum glaucum</i>	- 3,6	- 14,4	- 10,8
<i>Bazzania trilobata</i>	+ 10,3	+ 14,2	+ 3,9

### **3.1.3 Ergänzungen zu der Gesamtartenliste von 1993.**

Während der Feldarbeit wurden eine Reihe von Arten erhoben, welche in der Artenliste von 1993 nicht aufscheinen. Diese Neufunde sind aber zumeist nicht auf die Veränderung der Luftqualität zurückzuführen, als vielmehr auf eine Intensivierung der Geländekenntnis



sowie auf die Kleinheit mancher Arten, welche oft nur zufällig durch die Werbung anderer Proben gefunden werden. Manche Arten sind überdies nur ephemere und dementsprechend wechselhaft in ihrem Vorkommen. Einige Moosarten wurden früher bereits in der unmittelbaren Umgebung gefunden und jetzt auch für die IM-Fläche bestätigt (vgl. ZECHMEISTER 1997).

Einzelne Arten wurden vom Autor dieser Studie nicht selbst gesammelt sondern den Vegetationstabellen von KARRER entnommen. Diese Arten sind mit \* gekennzeichnet.

Die Neufunde seit den Untersuchungen von 1993 sind:

*Apometzgeria pubescens, Barbilophozia attenuata, Barbula unguiculata, Bazzania flaccida, Blepharostoma trichophyllum, Brachythecium populeum, Brachythecium velutinum, Brotherella lorentziana, Bryum alpinum\*, Bryum elegans, Bryum klinggraeffii\*, Bryum pallens, Bryum rubens; Calypogeia azurea, Calypogeia muelleriana, Calypogeia suecica\*, Cephalozia catenulata\*, Cirriphyllum cirrosum, Cirriphyllum piliferum, Dicranum tauricum, Didymodon tophaceus, Gymnostomum calcareum, Hookeria lucens\*, Hygroamblystegium tenax, Hygrohypnum luridum, Isopterygium elegans\*, Lophozia ascendens\*, Lophozia bantriensis\*, Lophozia collaris, Lophozia ventricosa, Nardia scalaris, Orthotrichum lyellii, Paraleucobryum longifolium, Plagiobryum zierii, Plagiothecium denticulatum\*, Platygyrium repens, Pohlia wahlenbergii\*, Rhodobryum roseum, Rhynchostegium riparoides, Scapania aequiloba, Scapania aspera, Sphagnum quinquefarium\*, Sphenolobus minutus, Thuidium philibertii, Tritomaria exsecta\*, Weissia controversa\*.*

### **3.1.4 Liste aller bisher auf der IM-Fläche Zöbelboden gefundenen Moosarten**

#### **Legende zur Artenliste (Tab. 3)**

**Nr. :** Fortlaufende Nummer

**GATTUNG :** Gattungsname

**ART : Artname, Name der Varietät, Autor und häufigstes Synonym**

**H : Hepaticae (Lebermoos), alle anderen Arten sind Laubmoose**

**S : häufigste Standorte oder Substrate**

- 1 : Quellflur
- 2 : Bäche und Gerinne
- 3 : Spritzwasserzone, überrieselte Felsen
- 4 : trockene, schattige Felsen
- 5 : Epiphyten bodennah (fakultative E.)
- 6 : Epiphyten des Stammes (obligate E.)
- 7 : Waldböden, humusreich, z.T. sauer
- 8 : skelettreiche Böden , basisch
- 9 : Totholz
- 10 : anthropogene Standort (Wegränder, Mauern etc.)
- 11 : Offene Rasen
- 12 : Feuchte bis nasse, basenreiche Felsen

**RL : Rote Liste, Gefährdung (nach GRIMS 1986 und SAUKEL 1986)**

- 4: potentiell gefährdet
- 3: gefährdet
- 2: stark gefährdet
- 1: vom Aussterben bedroht

**Z : Toleranz gegenüber Luftschadstoffen**

- T: tolerante Art und wenig empfindliche Arten
- M: mäßig empfindliche Art
- R: Reinluftzeiger
- U: Einschätzung aus unterschiedlichen Gründen nicht möglich

In Tab. 3 sind (im Gegensatz zu ZECHMEISTER 1997) nur Arten der eigentlichen Monitoringfläche aufgelistet.



Tab. 3. Gesamtartenliste der Monitoringfläche mit Angaben zum Standort (S), zum Rote-Liste-Status und zur Toleranz gegenüber Schadstoffen.

Nr.	Gattung	Art	Autor	H	S	RL	Z
1	<i>Amblystegium</i>	<i>serpens</i>	(Hedw.) B., S. & G.		5		T
2	<i>Aneura</i>	<i>pinguis</i>	(L.) Dum.	H	1		U
3	<i>Anomodon</i>	<i>attenuatus</i>	(Hedw.) Hueb.		5		R
4	<i>Anomodon</i>	<i>viticulosus</i>	(Hedw.) Hook. &		5		R
5	<i>Antitrichia</i>	<i>curtipendula</i>	(Hedw.) Brid.		6	3	R
6	<i>Apometzgeria</i>	<i>pubescens</i>	(Schrank) Kuwah.	H	4		M
7	<i>Atrichum</i>	<i>undulatum</i>	(Hedw.) P. Beauv.		7		M
8	<i>Barbilophozia</i>	<i>attenuata</i>	(Mart.) Loeske	H	7		R
9	<i>Barbula</i>	<i>convoluta</i>	Hedw.		10		T
10	<i>Barbula</i>	<i>crocea</i>	(Brid.) Web. &		3		U
11	<i>Barbula</i>	<i>unguiculata</i>	Hedw.		10		T
12	<i>Bazzania</i>	<i>flaccida</i>	(Dum.) Grolle	H	7	4	R
13	<i>Bazzania</i>	<i>trilobata</i>	(L.) S. Gray	H	9		R
14	<i>Blepharostoma</i>	<i>trichophyllum</i>	(L.) Dum.	H	7		R
15	<i>Brachythecium</i>	<i>populeum</i>	(Hedw.) B., S. & G.		11		T
16	<i>Brachythecium</i>	<i>rivulare</i>	B., S. & G.		2		T
17	<i>Brachythecium</i>	<i>rutabulum</i>	(Hedw.) B., S. & G.		9		T
18	<i>Brachythecium</i>	<i>salebrosum</i>	(Web. & Mohr) B., S. &		11		T
19	<i>Brachythecium</i>	<i>velutinum</i>	(Hedw.) B., S. & G.		11		T
20	<i>Brotherella</i>	<i>lorentziana</i>	(Mol. ex Lor.)		9	4	R
21	<i>Bryoerythrophyll</i>	<i>recurvirostrum</i>	(Hedw.) Chen		4		R
22	<i>Bryum</i>	<i>alpinum</i>	Huds. ex With.		11		U
23	<i>Bryum</i>	<i>argenteum</i>	Hedw.		10		T
24	<i>Bryum</i>	<i>capillare</i>	Hedw.		5		T
25	<i>Bryum</i>	<i>elegans</i>	Nees ex Brid.		4		M
26	<i>Bryum</i>	<i>klinggraeffii</i>	Schimp. ex Klinggr.		11		M
27	<i>Bryum</i>	<i>laevifilum</i>	Syed		5		T
28	<i>Bryum</i>	<i>pallens</i>	(Brid.) Sw. ex		1		M
29	<i>Bryum</i>	<i>pseudotriquetrum</i>	(Hedw.) G., M. & S.		1	4	U
30	<i>Bryum</i>	<i>rubens</i>	Mitt.		11		T
31	<i>Calliergonella</i>	<i>cuspidata</i>	(Hedw.) Loeske		1		T
32	<i>Calypogeia</i>	<i>azurea</i>	Stotler & Crotz	H	7		M
33	<i>Calypogeia</i>	<i>muelleriana</i>	(Schiffn.) K. Muell.	H	7		M
34	<i>Calypogeia</i>	<i>suecica</i>	(H. Arn. & J. Perss.) K.		7	4	M
35	<i>Campylium</i>	<i>calcareum</i>	Crundw. & Nyh.		4		M
36	<i>Campylium</i>	<i>halleri</i>	(Hedw.) Lindb.		4		R
37	<i>Campylium</i>	<i>stellatum</i>	(Hedw.) C. Jens. ex		3		U

Nr.	Gattung	Art	Autor	H	S	RL	Z
38	<i>Cephalozia</i>	<i>catenulata</i>	(Hueb.) Lindb.		H 9		U
39	<i>Ceratodon</i>	<i>purpureus</i>	(Hedw.) Brid.		10		T
40	<i>Chiloscyphus</i>	<i>polyanthos</i>	(L.) Corda		H 9		U
41	<i>Cirriphyllum</i>	<i>cirrosum</i>	(Schwaegr. ex Schultes)		4		R
42	<i>Cirriphyllum</i>	<i>crassinervium</i>	(Tayl. ex Mackay)		Loeske 4		M
43	<i>Cirriphyllum</i>	<i>piliferum</i>	(Hedw.) Grout		11		T
44	<i>Conocephalum</i>	<i>conicum</i>	(L.) Underw.		H 10		T
45	<i>Cratoneuron</i>	<i>commutatum</i>	(Hedw.) G. Roth		1		U
46	<i>Cratoneuron</i>	<i>filicinum</i>	(Hedw.) Spruce		2		U
47	<i>Ctenidium</i>	<i>molluscum</i>	(Hedw.) Mitt.		4		T
48	<i>Dicranella</i>	<i>heteromalla</i>	(Hedw.) Schimp.		7		U
49	<i>Dicranella</i>	<i>subulata</i>	(Hedw.) Schimp.		8	4	M
50	<i>Dicranella</i>	<i>varia</i>	(Hedw.) (Hedw.) Schimp.		10		T
51	<i>Dicranodontium</i>	<i>denudatum</i>	(Brid.) Britt.	ex	10		R
52	<i>Dicranum</i>	<i>majus</i>	Sm.		8	3	M
53	<i>Dicranum</i>	<i>montanum</i>	Hedw.		5		T
54	<i>Dicranum</i>	<i>muehlenbeckii</i>	B., S. & G.		8	3	R
55	<i>Dicranum</i>	<i>scoparium</i>	Hedw.		7		T
56	<i>Dicranum</i>	<i>tauricum</i>	S.		6	3	T
57	<i>Dicranum</i>	<i>viride</i>	(Sull. & Lesq.)		6	3	T
58	<i>Didymodon</i>	<i>fallax</i>	(Hedw.) Zander		10		T
59	<i>Didymodon</i>	<i>tophaceus</i>	(Brid.) Lisa		3	4	R
60	<i>Distichium</i>	<i>capillaceum</i>	(Hedw.) B., S. & G.		4		R
61	<i>Distichium</i>	<i>inclinatum</i>	(Hedw.) B., S. & G.		4		R
62	<i>Ditrichum</i>	<i>flexicaule</i>	(Schwaegr.) Hampe		4		M
63	<i>Encalypta</i>	<i>streptocarpa</i>	Hedw.		8		T
64	<i>Eucladium</i>	<i>verticillatum</i>	(Brid.) B., S. & G.		1		U
65	<i>Eurhynchium</i>	<i>angustirete</i>	(Broth.) Kop.		7		M
66	<i>Eurhynchium</i>	<i>hians</i>	(Hedw.) Sande Lac.		10		T
67	<i>Eurhynchium</i>	<i>striatum</i>	(Hedw.) Schimp.		7		M
68	<i>Fissidens</i>	<i>adianthoides</i>	Hedw.		3	3	M
69	<i>Fissidens</i>	<i>cristatus</i>	Wils. ex Mit		7		M
70	<i>Fissidens</i>	<i>taxifolius</i>	Hedw.		8		T
71	<i>Frullania</i>	<i>dilatata</i>	(L.) Dum.		H 6		R
72	<i>Frullania</i>	<i>fragilifolia</i>	(Tayl.) Gott.		H 6	4	R
73	<i>Frullania</i>	<i>tamarisci</i>	(L.) Dum.		H 6		R
74	<i>Funaria</i>	<i>hygrometrica</i>	Hedw.		10		T
75	<i>Gymnostomum</i>	<i>aeruginosum</i>	Sm.		4		R
76	<i>Gymnostomum</i>	<i>calcareum</i>	Nees & Hornsch.		4		R
77	<i>Herzogiella</i>	<i>seligeri</i>	(Brid.) Iwats.		9		M
78	<i>Homalothecium</i>	<i>sericeum</i>	(Hedw.) B., S. & G.		4		M



Nr.	Gattung	Art	Autor	H	S	RL	Z
79	<i>Hookeria</i>	<i>lucens</i>	(Hedw.) Sm.		8	4	R
80	<i>Hygroamblystegi</i>	<i>tenax</i>	(Hedw.) Jenn.		2		U
81	<i>Hygrohypnum</i>	<i>luridum</i>	(Hedw.) Jenn.		2		M
82	<i>Hylocomium</i>	<i>splendens</i>	(Hedw.) B., S. & G.		7		U
83	<i>Hymenostylium</i>	<i>recurvirostrum</i>	(Hedw.) Dixon		4		R
84	<i>Hypnum</i>	<i>cupressiforme</i>	Hedw.		5		T
85	<i>Hypnum</i>	<i>cup. Var. filiforme</i>	Brid.		6		R
86	<i>Hypnum</i>	<i>lacunosum</i>	Brid.		11		T
87	<i>Isopterygium</i>	<i>elegans</i>	(Brid.) Lindb.		4		M
88	<i>Isothecium</i>	<i>alopecuroides</i>	(Dubois) Isov.		5		T
89	<i>Jungermannia</i>	<i>atrovirens</i>	Dum.	H	3		R
90	<i>Lejeunea</i>	<i>cavifolia</i>	(Ehrh.) Lindb.	H	6		R
91	<i>Lepidozia</i>	<i>reptans</i>	(L.) Dum.	H	9		U
92	<i>Lescuraea</i>	<i>mutabilis</i>	(Brid.) Lindb. ex I.		5		R
93	<i>Leucobryum</i>	<i>glaucum</i>	(Hedw.) Aongstr. ex		7		T
94	<i>Leucodon</i>	<i>sciuroides</i>	(Hedw.) Schwaegr.		6		M
95	<i>Lophocolea</i>	<i>heterophylla</i>	(Schrad.) Dum.	H	9		U
96	<i>Lophozia</i>	<i>ascendens</i>	(Warnst.) Schust.	H	9		U
97	<i>Lophozia</i>	<i>bantriensis</i>	(Hook.) Steph.	H	12	4	U
98	<i>Lophozia</i>	<i>collaris</i>	(Nees) Dum.	H	12		U
99	<i>Lophozia</i>	<i>ventricosa</i>	(Dicks.) Dum.	H	7		U
100	<i>Marchantia</i>	<i>polymorpha</i>	L. emend. Burgeff	H	3		U
101	<i>Metzgeria</i>	<i>conjugata</i>	Lindb.	H	3		T
102	<i>Metzgeria</i>	<i>furcata</i>	(L.) Dum.	H	6		R
103	<i>Mnium</i>	<i>hornum</i>	Hedw.		7		T
104	<i>Mnium</i>	<i>spinosum</i>	(Voit) Schwaegr.		7		M
105	<i>Mylia</i>	<i>taylorii</i>	(Hook.) S. Gray	H	9	4	U
106	<i>Nardia</i>	<i>scalaris</i>	(Hook.) S. Gray	H	7		M
107	<i>Neckera</i>	<i>complanata</i>	(Hedw.) Hueb.		6		R
108	<i>Neckera</i>	<i>crispa</i>	Hedw.		4		R
109	<i>Nowellia</i>	<i>curvifolia</i>	(Dicks.) Mitt.	H	9		U
110	<i>Odontoschisma</i>	<i>denudatum</i>	(Nees.) Dum.	H	9	4	U
111	<i>Orthothecium</i>	<i>rufescens</i>	(Schwaegr.) B., S. &		4		R
112	<i>Orthotrichum</i>	<i>affine</i>	Brid.		6		R
113	<i>Orthotrichum</i>	<i>lyellii</i>	Hook. & Tayl.		6		M
114	<i>Orthotrichum</i>	<i>speciosum</i>	Nees ex Sturm		6		R
115	<i>Orthotrichum</i>	<i>striatum</i>	Hedw.		6		R
116	<i>Paraleucobryum</i>	<i>longifolium</i>	(Hedw.) Loeske		7		U
117	<i>Pedinophyllum</i>	<i>interruptum</i>	(Nees) Kaal.	H	3	4	R
118	<i>Pellia</i>	<i>endiviifolia</i>	(Dicks.) Dum.	H	12		M
Nr.	<b>Gattung</b>	<b>Art</b>	<b>Autor</b>	<b>H</b>	<b>S</b>	<b>RL</b>	<b>Z</b>

119	<i>Pellia</i>	<i>epiphylla</i>	(L.) Corda	H	1		U
120	<i>Philonotis</i>	<i>fontana</i>	(Hedw.) Brid.		1		U
121	<i>Plagiobryum</i>	<i>zierii</i>	(Hedw.) Lindb.		12		R
122	<i>Plagiochila</i>	<i>asplenioides</i>	(L. emend. Tayl.)	H	8		M
123	<i>Plagiochila</i>	<i>porelloides</i>	(Torrey ex Nees)	Lindenb.	8		M
124	<i>Plagiomnium</i>	<i>affine</i>	(Bland.) T. Kop.		8		T
125	<i>Plagiomnium</i>	<i>cuspidatum</i>	(Hedw.) T. Kop.		8		M
126	<i>Plagiomnium</i>	<i>undulatum</i>	(Hedw.) T. Kop.		8		M
127	<i>Plagiothecium</i>	<i>curvifolium</i>	Schlieph. ex Limpr.		9		T
128	<i>Plagiothecium</i>	<i>denticulatum</i>	(Hedw.) B., S. & G.		7		M
129	<i>Plagiothecium</i>	<i>laetum</i>	B., S. & G.		7		M
130	<i>Plagiothecium</i>	<i>nemorale</i>	(Mitt.) Jaeg.		7		M
131	<i>Plagiothecium</i>	<i>undulatum</i>	(Hedw.) B., S. & G.		7		T
132	<i>Platydicta</i>	<i>subtile</i>	(Hedw.) Crum		6		R
133	<i>Platygyrium</i>	<i>repens</i>	(Brid.) B., S. & G.		5		M
134	<i>Pleurozium</i>	<i>schreberi</i>	(Brid.) Mitt.		7		M
135	<i>Pohlia</i>	<i>lutescens</i>	(Limpr.) Lindb.		10	4	T
136	<i>Pohlia</i>	<i>nutans</i>	(Hedw.) Lindb.		7		M
137	<i>Pohlia</i>	<i>wahlenbergii</i>	(Web. & Mohr)		1		U
138	<i>Polytrichum</i>	<i>commune</i>	Hedw.		7		T
139	<i>Polytrichum</i>	<i>formosum</i>	Hedw.		7		M
140	<i>Porella</i>	<i>platyphylla</i>	(L.) Pfeiff.	H	6		R
141	<i>Pottia</i>	<i>lanceolata</i>	(Hedw.) C. Muell.		10		T
142	<i>Preissia</i>	<i>quadrata</i>	(Scop.) Nees	H	4		R
143	<i>Pseudoleskeella</i>	<i>catenulata</i>	(Brid. ex Schrad.)		4		M
144	<i>Pterigynandrum</i>	<i>filiforme</i>	Hedw.		6		R
145	<i>Ptilidium</i>	<i>pulcherrimum</i>	(G. Web.) Vainio	H	9	4	M
146	<i>Pylaisia</i>	<i>polyantha</i>	(Hedw.) Schimp.	H	6		R
147	<i>Radula</i>	<i>complanata</i>	(L.) Dum.	H	6		M
148	<i>Rhizomnium</i>	<i>punctatum</i>	(Hedw.) T. Kop.		8		M
149	<i>Rhodobryum</i>	<i>roseum</i>	(Hedw.) Limpr.		1		M
150	<i>Rhynchostegium</i>	<i>murale</i>	(Hedw.) B., S. & G.		10		T
151	<i>Rhynchostegium</i>	<i>riparioides</i>	(Hedw.) C. Jens.		12		U
152	<i>Rhytidiadelphus</i>	<i>lozeus</i>	(Hedw.) Warnst.		7		R
153	<i>Rhytidiadelphus</i>	<i>squarrosus</i>	(Hedw.) Warnst.		10		T
154	<i>Rhytidiadelphus</i>	<i>triquetrus</i>	(Hedw.) Warnst.		7		R
155	<i>Riccardia</i>	<i>palmata</i>	(Hedw.) Carruth.	H	9		U
156	<i>Sanionia</i>	<i>uncinata</i>	(Hedw.) Loeske		5		M
157	<i>Scapania</i>	<i>aequiloba</i>	(Schwaegr.) Dum.	H	4		U
158	<i>Scapania</i>	<i>aspera</i>	M. & H. Bernet	H	4		U
<b>Nr.</b>	<b>Gattung</b>	<b>Art</b>	<b>Autor</b>	<b>H</b>	<b>S</b>	<b>RL</b>	<b>Z</b>
159	<i>Scapania</i>	<i>nemorea</i>	(L.) Grolle	H	9		U



160	<i>Scapania</i>	<i>umbrosa</i>	(Schrad.) Dum.	H	9	4	U
161	<i>Schistidium</i>	<i>apocarpum</i>	(Hedw.) B. & S.		4		M
162	<i>Scleropodium</i>	<i>purum</i>	(Hedw.) Limpr.		7		M
163	<i>Seligeria</i>	<i>pusilla</i>	(Hedw.) B., S. & G.		4		R
164	<i>Sphagnum</i>	<i>quinquefarium</i>	(Lindb. ex Braithw.)		7		M
165	<i>Sphenolobus</i>	<i>minutus</i>	(Schreb.) Berggr.	H	7		R
166	<i>Taxiphyllum</i>	<i>wissgrillii</i>	(Garov.) Wijk &		4		M
167	<i>Tetraphis</i>	<i>pellucida</i>	Hedw.		9		U
168	<i>Thuidium</i>	<i>philibertii</i>	Limpr.		7		M
169	<i>Thuidium</i>	<i>tamariscinum</i>	(Hedw.) B. & S.		7		R
170	<i>Tortella</i>	<i>tortuosa</i>	(Hedw.) Limpr.		4		M
171	<i>Tortula</i>	<i>laevipila</i>	(Brid.) Schwaegr.		6		R
172	<i>Tortula</i>	<i>muralis</i>	Hedw.		10		T
173	<i>Tritomaria</i>	<i>exsecta</i>	(Schmid.) Loeske	H	7		R
174	<i>Ulota</i>	<i>crispa</i>	(Hedw.) Brid.		4		R
175	<i>Weissia</i>	<i>controversa</i>	Hedw.		11		M
176	<i>Zygodon</i>	<i>dentatus</i>	Breidl. ex Jur.		6	3	R

## 3.2 AKKUMULATIONSREAKTION

### 3.2.1 Ergebnisse der Moosprobenahme

Die annualen Biomassezuwächse der Populationen von *Hypnum cupressiforme* an den einzelnen Standorten sind wie folgt:

$$P1: 15,6 \text{ g} / 330 \text{ cm}^2 = 157,6 \text{ g/m}^2/\text{yr}$$

$$P2: 13,5 \text{ g} / 277 \text{ cm}^2 = 162,5 \text{ g/m}^2/\text{yr}$$

$$P3: 13,9 \text{ g} / 150 \text{ cm}^2 = 308,9 \text{ g} / \text{m}^2/\text{yr}$$

Der Wert von P3 liegt deutlich über dem österreichischen Durchschnitt, die anderen Werte entsprechen den Erfahrungen (z.B. ZECHMEISTER 1997). Die Gründe für die außerordentlich hohe Zuwächse an P3 können populationsgenetisch bedingt sein, da die Variabilität innerhalb der Sippe sehr hoch ist. Es können aber durchaus auch besonders günstige Nährstoffverhältnisse an P3 (Steilhanglage) vorherrschen. Dass erhöhte atmosphärische Stickstoffeinträge diesbezüglich eine Rolle spielen, kann aufgrund erhöhter Schwermetallkonzentrationen an diesem Standort gleichfalls nicht völlig ausgeschlossen werden.

### 3.2.2 Ergebnisse der Schwermetallanalytik

#### 3.2.2.1 Schwermetallkonzentrationen

Die Konzentrationen der untersuchten Schwermetalle an den einzelnen Standorten sowie ein Mittelwert für den Standort Zöbelboden im allgemeinen sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tab. 4: Konzentrationen von Schwermetallen in *Hypnum cupressiforme* an den Sammelpunkten des Standortes Zöbelboden (P1, P2, P3, Mittelwert aller drei Standorte, Aufsammlung 1995), sowie der gesamtösterreichische Durchschnitt (Ö-Mw) und jener der Region 5 (Nördliche Kalkalpen, Ö-NK) aus ZECHMEISTER (1997); Konzentrationen in mg/kg.



	<b>Co</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mo</b>	<b>Ni</b>
<b>P1 1998</b>	< 0.5	0,84	4,38	360	< 2	< 2
<b>P2 1998</b>	< 0.5	0,77	4,24	333	< 2	< 2
<b>P3 1998</b>	< 0.5	0,96	8,69	364	< 2	< 2
<b>Mittelwert 1998</b>	< 0.5	0,86	5,77	353	< 2	< 2
<b>1995</b>	< 0.25	2,7	3,4	530	0,25	1,3
<b>Ö-Mw</b>	0,28	1,11	5,90	493	0,46	1,6
<b>Ö-NK</b>	0,19	0,9	6,40	422	0,34	1,6

	<b>V</b>	<b>Zn</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>	<b>Hg</b>	<b>As</b>
<b>P1 1998</b>	1,45	26,4	0,3	11,5	0,1	<0.25
<b>P2 1998</b>	1,33	40,2	0,45	9,8	0,09	<0.25
<b>P3 1998</b>	1,43	43,4	0,7	11,3	0,07	<0.25
<b>Mittelwert 1998</b>	1,4	36,7	0,48	10,9	0,09	<0.25
<b>1995</b>	8,3	31	0,3	10,7	0,09	0,15
<b>Ö-Mw</b>	1,7	33	0,25	9,8	0,06	0,16
<b>Ö-NK</b>	1,8	36	0,31	11,9	0,07	0,11

Beim Vergleich mit der Aufsammlung von 1995 muss beachtet werden, dass 1995 *Pleurozium schreberi* gesammelt wurde und nur eine Teilfläche in Plateaulage beprobt wurde (SW von 1034). Die Werte von 95 sind demnach am ehesten mit P1 und P2 vergleichbar. Die Konzentrationen von Cr, Fe und V waren 1995 höher, was durchaus auch auf leichte Sekundärverunreinigung der Proben mit atmosphärischen Stäuben (Bodenteilchen) zurückzuführen sein kann, zumal diese Elemente auch als Indikatoren für Bodestaub gelten. Alle anderen (primär anthropogen freigesetzten) Elemente bei denen ein Vergleich möglich ist, sind in der Aufsammlung von 1998 erhöht. Dies kann auch auf unterschiedliche Aufnahmekapazitäten der beiden Moosarten zurückzuführen sein, da *Pleurozium schreberi* zumeist geringe Konzentrationen aufweist als *Hypnum cupressiforme* an denselben Standorten (siehe u.a. WOLTERBEEK et al. 1995). Laborbedingte Unterschiede können gleichfalls nicht ausgeschlossen werden (siehe dazu ZECHMEISTER 1997, Kapitel 3.6).

Den international üblichen Gepflogenheiten entsprechend sollen im folgenden primär die Mittelwerte der drei Teilstandorte interpretiert werden. Dies wird vorwiegend mit

mikrotopografischen, mikroklimatischen und populationsgenetisch bedingten Schwankungen an den einzelnen Teilstandorten begründet und nicht zuletzt durch die enormen Abweichungen an Standort P3 untermauert.

Im Vergleich mit den österreichweiten Mittelwerten der Aufsammlung von 1995 (ZECHMEISTER 1997) sind die Konzentrationen von Pb, Cd, Hg und Zn am Standort Zöbelboden etwas erhöht. Auch bei Ausschluss von P3 liegen die Werte noch immer darüber.

Alle vier Elemente sind Schwermetalle mit überwiegend anthropogener Freisetzung, welche überdies in beträchtlichem Ausmaß der Fernverfrachtung unterliegen und somit vorwiegend über Niederschläge deponiert werden (z.B. ZECHMEISTER 1995). Die erhöhten Konzentrationen dieser Elemente spiegeln die Situation der Nördlichen Kalkalpen wider. Im Vergleich mit den österreichweiten Daten ausschließlich aus den Regionen des nördlichen Randstaus (ZECHMEISTER 1997) sind nur mehr die Werte von Cd und Hg geringfügig größer.

Die Konzentrationen von As, Co, Mo und Ni lagen unter der Nachweisgrenze, wodurch diese Metalle von einer weiteren Beurteilung ausscheiden, zumal auch die Nachweisgrenzen deutlich über den sonst üblichen liegen.

### **3.2.2.2 Schwermetalldepositionen**

Durch die Ermittlung der annualen Biomassezuwächse ist die Berechnung von Depositionswerten aus den in den Moosen gefundenen Konzentrationen möglich.

Mittels der Formel

$$D = C * A / E$$

kann die Flächendeposition ermittelt werden, wobei D = Deposition, C = Konzentration im Moos; A = Jährlicher Biomassezuwachs der Monitoringart pro Flächeneinheit; E = Aufnahmeeffizienzfaktor (nach ZECHMEISTER 1997) für das jeweilige Schwermetall darstellen.

Die Aufnahmeeffizienzfaktoren beschreiben die durchschnittliche Aufnahmekapazität der Monitoringarten für die einzelnen Schwermetalle. Nur Pb wird annähernd zu 100 % aufgenommen, alle anderen Element habe geringere Bindungskapazität. Die Gründe dafür



sind vielfältig: Sie liegen vor allem in der unterschiedlichen Affinität der einzelnen Schwermetalle zu den Ionentauschkapazitäten in den Zellwänden der Moose, der Bindungsform der Elemente (der Aufnahmemechanismus von Anionen ist z.B. ungeklärt) bzw. der Konkurrenz durch andere Ionen (z.B. Na<sup>+</sup>, Br<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> in küstennahen Gebieten). Auch Auswaschungseffekte spielen eine Rolle.

Als Effizienzfaktoren wurden in dieser Studie verwendet :

As (25%), Cd (60%) Co (60%), Cr (65%), Cu (35%) Fe (70%), Mo (60%), Ni (50%) Pb (100%), V (60%) und Zn (60%).

Für Al, Hg und S liegen keine adäquaten Untersuchungen und somit Effizienzfaktoren vor. Von einer Berechnung der Depositionsraten wurde in diesen Fällen Abstand genommen.

Die Werte wurden aus aus einer Vielzahl an Untersuchungen aus allen Teilen Europas kompiliert (z.B. STEINNES, 1985; ROSS, 1990; GJENGEDAHN & STEINNES, 1990; BERG ET AL., 1995; THÖNI ET AL., 1996; BERG & STEINNES, 1997; ZECHMEISTER, 1997, ČEBURNIS & VALIULIS 1999).

Tab. 5. Depositionen von Schwermetallen an den Sammelpunkten des Standortes Zöbelboden (P1, P2, P3, Mittelwert aller drei Standorte), sowie der gesamtösterreichische Durchschnitt (Ö-Mw) und jener der Region 5 (Nördliche Kalkalpen, Ö-NK) aus ZECHMEISTER (1997); Depositionen in µg/m<sup>2</sup>/yr ; k.W. kein Messwert - Konzentrationen liegen unter der Nachweisgrenze.

	<b>Co</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mo</b>	<b>Ni</b>
P1	k.W	198	1213	113761	k.W	k.W
P2	k.W	186	1211	108656	k.W	k.W
P3	k.W	442	4712	225108	k.W	k.W
Mw	k.W	268	2125	148058	k.W	k.W
Ö-Mw	37	150	1364	97920	87	374
Ö-NK	35	142	1479	81600	82	286
	<b>V</b>	<b>Zn</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>	<b>As</b>	

P1	449	6609	78	1812	k.W
P2	424	10394	120	1596	k.W
P3	869	21302	356	3498	k.W
Mw	578	12218	167	2281	k.W
Ö-Mw	367	7086	52	1282	28
Ö-NK	400	7124	62	1482	26

Im Gegensatz zu den Konzentrationsmessungen zeigen die Depositionsdaten (Tab. 5) eine noch deutlichere Belastung des Standortes Zöbelboden. Im nationalen Vergleich sind die Mittelwerte der Depositionswerte bei allen Schwermetallen erhöht. Dieses Ergebnis wird allerdings sehr stark durch den Standort P3 beeinflusst: Hier liegen neben erhöhten Konzentrationen auch außerordentlich große Wachstumsraten vor, deren Ursache ungeklärt ist (s.o.). Einzelpunktbewertungen sind bei Bioindikationsuntersuchungen grundsätzlich kritisch zu betrachten. In wie weit die außerordentlich hohen Depositionswerte an P3 tatsächlich auf atmosphärische Depositionen zurückzuführen sind, kann nicht gesichert beurteilt werden. Durch die Steilhang und gleichzeitig auch Prallhangsituation kann dies aber jedenfalls nicht ausgeschlossen werden.

Unter Vernachlässigung von P3 ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei der Betrachtung der Schwermetallkonzentrationen, d.h. erhöhte Werte bei Cd, Pb und Zn, aber auch bei Cr, Fe und V. Hg muss von einer Beurteilung ausgeschlossen werden, da hier keinerlei Erfahrungen bezüglich der Aufnahmeeffizienz vorliegen.

### ***3.2.3 Vergleich mit den Depositionsdaten ermittelt über technische Messgeräte***

Aufgrund des Vorliegens von Depositionsdaten aus dem Vergleichszeitraum 1997, welche über WADOS (Datenübermittlung vom 4.3.2000) ermittelt wurden, ist ein diesbezüglicher Vergleich der Methoden möglich.

In Tabelle 6 sind die Depositionswerte ermittelt über die beiden Sammelgefäße denen der Bioindikationsmethode gegenübergestellt.



Bezieht man sich auf den Korrelationskoeffizienten nach SPEARMAN besteht nur eine signifikante Korrelation ( $p < 0,01$ ) zwischen den Depositionsdaten ermittelt über WADOS und denen des Punktes P3. Nicht signifikant sind die Beziehungen zwischen den WADOS-Daten und dem Mittelwert, den Punkten P1 bzw. P2, sowie die Bergerhoff-Daten im Vergleich mit allen Mooswerten.

Betrachtet man den Korrelationskoeffizienten nach PEARSON gibt es auch eine signifikante Korrelation für den Mittelwert ( $p < 0,05$ ).

Tab.6. Vergleich der Depositionsdaten ermittelt über Bergerhoff (DF), WADOS (DW) und denen ermittelt über Moose an den einzelnen Sammelpunkten (P1-P3) und im Mittel (Mw); Depositionsdaten in  $\text{g/ha}^{-1}/\text{yr}^{-1}$ .

<b>Probenart</b>	<b>Ort</b>	<b>Fe</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Pb</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>
DF	903	80,5	8,3	33,0	25,9	48,6	244,9
DW	902	116,2	3,5	34,0	29,8	63,1	220,6
Moos	P1	113,8	0,8	2,0	18,1	12,1	66,1
Moos	P2	108,7	1,2	1,9	16,0	12,1	103,9
Moos	P3	225,1	3,6	4,4	35,0	47,1	213,0
Moos	Mw	148,1	1,7	2,7	22,8	21,3	122,2

Die beste Datenübereinstimmung gibt es bei Blei. Dies entspricht den Ergebnissen der Literatur (z.B. BERG et al. 1995, THÖNI et al. 1996), in welcher generell bei diesem Element die geringsten Abweichungen festgestellt werden.

Die Abweichungen bei den anderen Elementen sind, wenn man den Mittelwerte aller drei Standorte betrachtet, zum Teil beträchtlich, im Vergleich mit P3 aber gering. Besonders gravierend sind die Abweichungen bei Chrom.

Die Werte ermittelt über Moose liegen alle außer bei Fe unter denen der technischen Messgeräte. Die Ursachen dafür sind vielschichtig. Zuerst muss man von der grundsätzlichen Fragestellung ausgehen, welche Werte als 'richtig' eingestuft werden können. A priori die Ergebnisse der technischen Messgeräte als solche hinzustellen wäre falsch, da bei geringen Probemengen größere Analysefehler auftreten können oder wegen der Position der Messgeräte nicht der „reale“ Eintrag gemessen wird (siehe u.a. auch THÖNI 1996).

Differenzen in den Ergebnissen könnten auf Seiten der Moose u.a. durch die Art des Aufschlusses der Moosproben erfolgen, da erfahrungsgemäß beim verwendeten Aufschluss nicht alle Metalle in Lösung gehen. Ausserdem wird bei starken Regenfällen ein Teil der Staubdeposition (der einen erheblichen Anteil an der Gesamtdemotion hat) ausgewaschen, leichte Regenfällen setzten die Stäube hingegen in Lösung und sie werden chemisch gebunden. Gegebenenfalls wäre auch der Aufnahmekoeffizienzfaktor neu zu überdenken, da in diesem Bereich für Österreich nur Literaturdaten zur Verfügung stehen. Diesbezügliche weitere Untersuchungen scheinen notwendig.

### **3.3 SCHLUSSFOLGERUNGEN**

Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen kann geschlossen werden, dass das Untersuchungsgebiet Zöbelboden in Relation zum restlichen Österreich in größerem Ausmaß dem Einfluss von Luftschadstoffen ausgesetzt ist. Da erfahrungsgemäß die im Kapitel 3.2 genannten, primär anthropogen freigesetzten und atmosphärisch deponierten Schwermetalle mit anderen Schadstoffen ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ) korrelieren, muss bezweifelt werden, dass es sich beim „Zöbelboden“ um ein Gebiet mit „Hintergrunddepositionen“ handelt. Die Quellen der Luftschadstoffe sind, wie auch andere Studien zeigen (RÜHLING et al. 1998, WEISS 1998, ZECHMEISTER 1997) national und international zu orten. Der zunehmend steigende Einfluss atmosphärisch deponierter Stickstoffverbindungen auf die



Zusammensetzung der Moosvegetation kann aufgrund der vorliegenden Ergebnisse dieser ersten Wiederholungsinventur nicht gesichert indiziert werden, muss aber nicht zuletzt aus Vergleichen mit anderen Studien (z.B. FRAHM 1999) als wahrscheinlich eingestuft werden. Die Studie untermauert die kritische Situation der Nördlichen Randalpen in Bezug auf ihre Funktion als Depositionssenke für Ferntransporte aus in- und ausländischen Emissionsquellen.

## 4 LITERATUR

- ADLER W., OSWALD K. & FISCHER R. 1994. Exkursionsflora von Österreich. Ulmer Stuttgart und Wien.
- BATES, J. & FARMER, A. (eds.) (1992): Bryophytes and lichens in a changing environment. Clarendon Press. Oxford.
- BERG, T.; RØSET, O. & STEINNES, E. 1995. Moss (*Hylocomium splendens*) used as biomonitor of atmospheric trace element deposition: estimation of uptake efficiencies. *Atmospheric Environment* **29**: 353-360.
- BERG, T. & STEINNES, E. 1997. Use of mosses (*Hylocomium splendens* and *Pleurozium schreberi*) as biomonitors of heavy metal deposition: From relative to absolute deposition values. *Environmental Pollution* **98**: 61-71.
- CEBURNIS, D. & VALIULIS, D. 1999. Investigation of absolute metal uptake efficiency from precipitation in moss. *The Science of the Total Environment* **226**: 247-253.
- CORLEY M.F.V. & CRUNDWELL A.C. 1981. *Mosses of Europe and the Azores*.
- DÜLL R. (1991) : Zeigerwerte von Moosen. In : ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R. & al. (1991) : Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta geobot.* 18. 248pp.
- DÜLL R., HILL, M.O. & SMITH A.J.E. 1981. An annotated list of species, with synonyms from the recent literature. *Journal of Bryology*. **11**: 609-689.
- FARMER, A., M., BATES, J.W. & BELL, J.N. (1992) : Ecophysiological effects of acid rain on bryophytes and lichens. In : BATES, J. & FARMER, A. (eds.) : Bryophytes and lichens in a changing environment. p. 284-313. Clarendon Press. Oxford
- FRAHM, J.-P. 1999. Veränderungen der heimischen Moosflora. *Bryologische Rundbriefe* **24**: 4-9.
- FRAHM, J.-P. 1998. Moose als Bioindikatoren. Quelle & Meyer. Wiesbaden.
- FRAHM, H.P. 1992. Ein Beitrag zur Wassermoosvegetation der Vogesen. *Herzogia* **9**: 141-148.
- GJENGEDAHL, E. & STEINNES, E. 1990. Uptake of metal ions in moss from artificial precipitation. *Environmental Monitoring and Assessment* **14**: 77-87.
- GRIMS, F. (1986) : Rote Liste gefährdeter Laubmoose (Musci) Österreichs. In: NIKLFELD (ed.): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Österreichs. Grüne Reihe des BM f. Ges. u. Umwelt. Bd.5. Wien.
- GROLLE R. 1983. Hepatics of Europe including the Azores. An annotated list of species, with synonyms from the recent literature. - *Journal of Bryology*. **12**: 403-459.
- HALLINGBÄCK T. & SÖDERSTRÖM L. 1987. Sveriges mossor och deras svenska namn, en kommenterad checklista. *Svensk Bot. Tidskr.* **81**: 357-388.



- HOHENWALLNER D. 2000. Bioindikation mittels Moosen im dicht bebauten Stadtgebiet Wiens. Diplomarbeit. Universität Wien.
- LEBLANC, F. & DESLOOVER, J.L. (1970) : Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mooses in Montreal. *Can.J.Bot.* **48**: 1485-1496.
- MANUAL FOR INTEGRATED MONITORING. DRAFT 2.0. 1998. UN ECE Convention on long-range transboundary air pollution. IM Programme Centre.
- MARTIN, M. & COUGHTREY, P. 1982. *Biological monitoring of heavy metal pollution. Land and air.* Appl. Sc. Publ. N.Y.
- NORDHORN-RICHTER, G. & DÜLL, R. 1982. Monitoring air pollutants by mapping the bryophyte flora. In: STEUBING, L. & JÄGER, H.J. (eds.) : *Monitoring of air pollutants by plants.* Junk Publ. The Hague.
- ROSS, H. B. 1990. On the use of mosses (*Hylocomium splendens* and *Pleurozium schreberi*) for estimating atmospheric trace metal deposition. *Water, Air, Soil Pollution* **50**: 63-76.
- RÜHLING Å. (ed.) et al. (42 authors). 1998. *Atmospheric heavy metal deposition in Europe 1995-1996.* Nord 1998: 15. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- RÜHLING, Å.; BRUMELIS, G.; GOLTSOVA, N.; KVIETKUS, K.; KUBIN, E.; LIIV, S.; MAGNUSSON, S.; MÄKINEN, A.; PILEGAARD, K.; RASMUSSEN, L.; SANDER, E. & STEINNES, E. 1992. Atmospheric heavy metal deposition in Northern Europe 1990. *NORD 1992*, **12**: 1-41.
- SAUER, M. 1990 : Vegetationsaufnahme der epiphytischen Moose. In: Immissionsökologischer Wirkungskataster Baden-Württemberg 1989. Landesanst.f.Umweltschutz, Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- SAUKEL, J. (1986) : Rote Liste gefährdeter Lebermoose (Hepaticae) Österreichs. In: NIKLFELD (ed.): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Österreichs. Grüne Reihe des BM f. Ges. u. Umwelt. Bd. 5. Wien.
- SJÖGREN, E. 1995. Changes in the epilithic and epiphytic moss cover in two deciduous forest areas on the island of Öland (Sweden) - a comparison between 1958-62 and 1988-1990. *Studies in Plant Ecology* **19**: 1- 106.
- SÖDERSTRÖM, L. & JONSSON B.G. 1989. Spatial pattern and dispersal in the leafy hepatic *Ptilidium pulcherrimum*. *Journal of Bryology* **15**: 793-802
- SÖDERSTRÖM, L. & HERBEN T. 1997. Dynamics of bryophyte metapopulations. *Advances in Bryology* **6**: 205-240.
- STEINNES, E. 1985. Use of mosses in heavy metal deposition studies. *EMEP/CCC Report 3/85*: 161-170.
- THÖNI, L. 1996. *Vergleich von Elementkonzentrationen in drei Biomonitoringmoosen untereinander und mit Depositionsfrachten im Bulksammler nach Bergerhoff.* Bericht. BUWAL. Zürich.

- THÖNI, L.; SCHNYDER, N. & KRIEG, F. 1996. Comparison of metal concentrations in three species of mosses and metal freights in bulk precipitations. *Fresenius J. Anal. Chem.* **354**: 703-708.
- TRAXLER, A. 1997. Handbuch des Vegetationsökologischen Monitorings. Teil A und B. Monographien des Umweltbundesamtes Wien 89 A und B.
- WEISS, P. 1998. Persistente organische Schadstoffe in Hintergrund-Waldgebieten Österreichs. Monographien des Umweltbundesamtes Wien **97**: 1-242.
- WERNER, J. 1998. Einige Bemerkungen zu den Zeigerwerten für Moose. *Herzogia* **13**: 101-106.
- WOLTERBEEK, H.; KUIK, P.; VERBURG, T.G.; HERPIN, U.; MARKERT, B. & THÖNI, L. 1995. Moss interspecies comparisons in trace element concentrations. *Environmental Monitoring and Assessment* **35**, 263-286.
- ZECHMEISTER, H.G. 1999. Bioindikation mit Moosen. In: ZECHMEISTER, H.G. (Hrsg.) : *Bryologische Forschung in Österreich*. Abbh. Zoolog.-Bot. Ges. Wien : p. : in Druck.
- ZECHMEISTER, H.G. 1997a. *Schwermetalldepositionen in Österreich. Aufsammlung 1995*. Monographien des Umweltbundesamtes Wien **94**:1-145.
- ZECHMEISTER, H.G. 1997b. *Biomonitoring mittels Moosen. Teil 2*. 1993. Integrated Monitoring Serie. IM-Rep-006. Umweltbundesamt. Wien.
- ZECHMEISTER, H.G. 1996. *Biomonitoring und Bioindikation mittels Moosen. Teil 1*. 1992. Integrated Monitoring Serie. IM-Rep-005. Umweltbundesamt. Wien.
- ZECHMEISTER, H.G. 1995. Correlation between altitude and heavy metal deposition in the Alps. *Environmental pollution* **89**: 73-80.
- ZECHMEISTER, H.G. & GRABHERR G. 1999. Die Flora des Wiener Stefansdomes. *Verh.Zool.-Bot.Ges. Wien* **134**: in Druck.

# **ANHANG**

## **Dokumentation der einzelnen Moos-Dauerbeobachtungsflächen**

### Codierung der Arten in den Bodenplots

Code	Moose (1 - 499)	Code	Höhere Pflanzen (600 - 799)
1	<i>Hypnum cupressiforme</i>	600	
1.1	<i>H.c.</i> schütterer Bestand	601	<i>Oxalis acetosella</i>
1.2	<i>H.c.</i> wenig vital	602	<i>Actea spicata</i>
1.3	<i>H.c.</i> abgestorben	604	<i>Galium boreale</i>
2	<i>Dicranum montanum</i>	605	<i>Galium odoratum</i>
3	<i>Dicranum scoparium</i>	606	<i>Vaccinium vitis-idea</i>
3.2	<i>D.s.</i> wenig vital	607	<i>Thymus pulegoides</i> agg.
4	<i>Isoetes macrospora</i>	608	<i>Prenthes purpurea</i>
4.1	<i>I.a.</i> schütterer Bestand	609	<i>Acer pseudoplatanus</i> - Keimling
5	<i>Thuidium tamariscinum</i>	610	<i>Picea abies</i> - Keimling
5.1	<i>T.t.</i> schütterer Bestand	611	<i>Fagus sylvatica</i>
6	<i>Uloa crispa</i>	612	<i>Veratrum album</i>
7	<i>Leucobryum glaucum</i>	613	<i>Rubus caesius</i> agg.
7.2	<i>L.g.</i> wenig vital	614	<i>Cyclamen purpureus</i>
7.3	<i>L.g.</i> abgestorben	700	<i>Carex</i> sp.
8	<i>Polytrichum formosum</i>	700.3	<i>C. sp</i> abgestorben
9	<i>Fissidens cristatus</i>	701	<i>Carex sylvatica</i>
10	<i>Ctenidium molluscum</i>	702	<i>Cardamine trifolia</i>
11	<i>Plagiochilla asplenoides</i>	703	<i>Sanicula europaea</i>
12	<i>Pedinophyllum interruptum</i>	704	<i>Hepatica nobilis</i>
13	<i>Neckera crispa</i>	705	<i>Primula</i> sp.
14	<i>Metzgeria conjugata</i>	706	<i>Helleborus niger</i>
15	<i>Pterigynandrum filiforme</i>	707	<i>Vaccinium myrtillus</i>
16	<i>Radula complanata</i>	708	Poaceae
17	<i>Bazzania trilobata</i>	709	Farn
17.3	<i>B. t.</i> abgestorben	710	Höhere Pflanzen
18	<i>Dicranodontium denudatum</i>	711	<i>Mercurialis perennis</i>
19	<i>Tortella tortuosa</i>		<b>Unbewachs. Strukturen (800-900)</b>
20	<i>Rhytidiadelphus loreus</i>	800	Totholz
21	<i>Plagiothecium undulatum</i>	801	Fichtenzapfen
22	<i>Plagiochilla porelloides</i>	802	Holzige Wurzel freiliegend
23	<i>Lepidozia reptans</i>	803	Holzschwamm abgestorben
24	<i>Mylia taylorii</i>	804	Nadel- und Laubstreu
25	<i>Frullania dilatata</i>	805	Markierung
26	<i>Scapania aspera</i>	806	Nordmarkierung
27	<i>Plagiothecium nemorale</i>	807	Abbruchkante
28	<i>Scapania umbrosa</i>	808	Rindenstück lose
29	<i>Scleropodium purum</i>	809	Rohboden



30	<i>Lophozia ventricosa</i>	810	Gestein
	<b>Flechten (500 - 599)</b>		
500	Flechte sp.		





## Moosplot 3 (MP 1003)

Typus: Stammabflußbereich

Exposition: SW

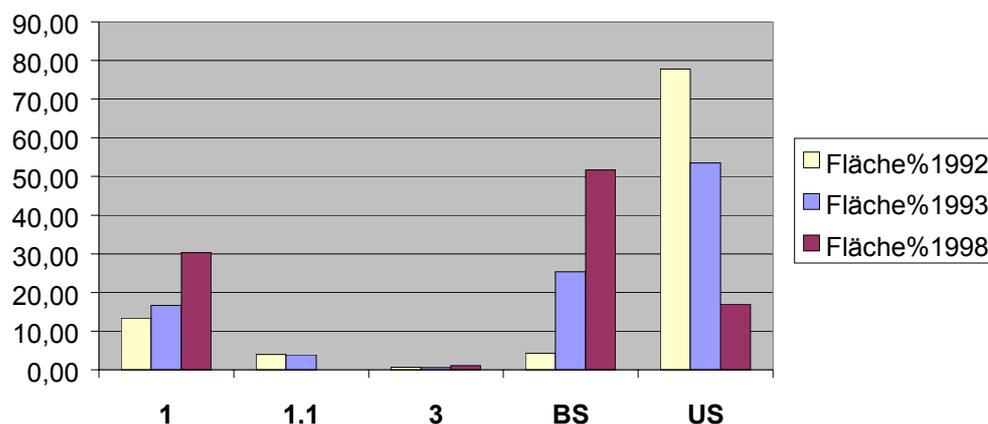
Baumart: Buche

Arten: siehe Skizze

Artenzusammensetzungen / Veränderungen:

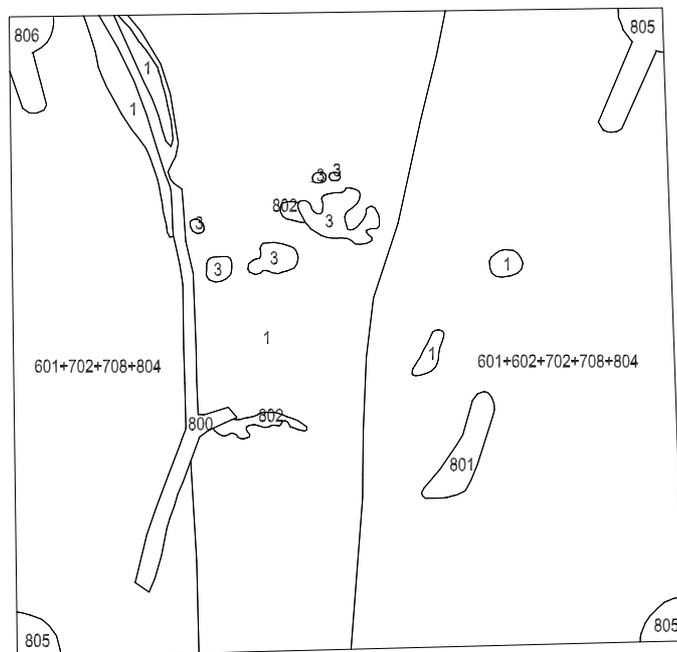
Artcode	Fläche%1992	Fläche%1993	Fläche% *	<b>Fläche%1998</b>
1	13,37	16,65	23,54	<b>30,28</b>
1.1	3,94	3,89		
3	0,63	0,58	0,72	<b>1,05</b>
Belebte Strukturen	4,29	25,36	31,95	<b>51,65</b>
Unbewachsene Str.	77,77	53,51	43,79	<b>17,02</b>

\* entspricht der händischen Methode als Vergleich zu fotografischen Fläche 1998



Veränderungen und deren Interpretation:

*Hypnum cupressiforme* hat ca. um 10 % zugenommen (unter Einbeziehung der wenig vitalen Populationen von 1993). Der stark wechselnde Anteil an belebten und unbewachsenen Strukturen hat methodische Ursachen (siehe Diskussion).





## Moosplot 4 (MP 1004)

Typus: Bodenplot

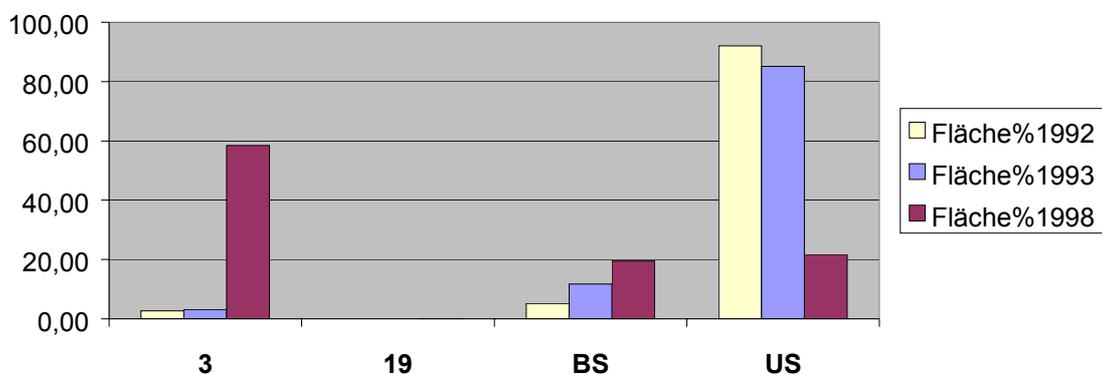
Standort: Freifläche

Exposition / Neigung: ebene Lage

Arten: siehe Skizze

Artenzusammensetzungen / Veränderungen:

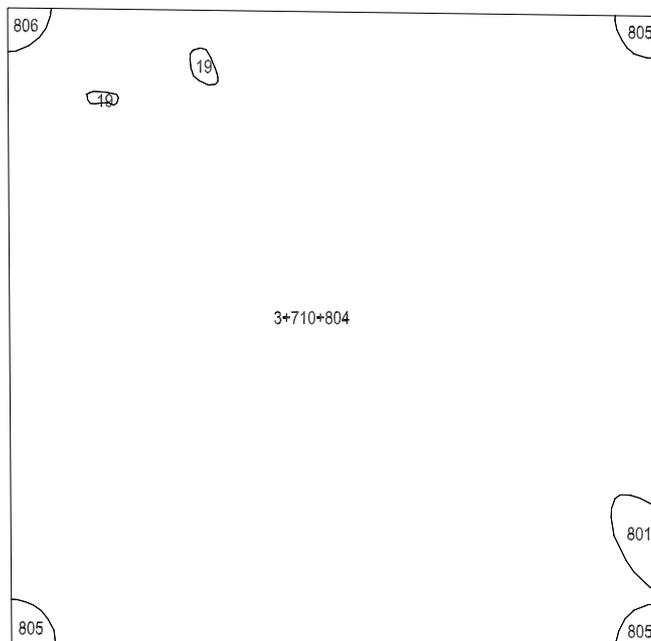
Artcode	Fläche%1992	Fläche%1993	<b>Fläche%1998</b>
3	2,71	3,12	<b>58,50</b>
19			<b>0,26</b>
Belebte Strukturen	5,21	11,68	<b>19,50</b>
Unbewachsene Strukturen	92,07	85,19	<b>21,74</b>



### Veränderungen und deren Interpretation:

Die Fläche wurde 1992 als klassisches Beispiel für eine Sukzessionsfläche angelegt. Ihre Dynamik ist extrem hoch, vor allem im Bereich der Phanerogame. Dies ist auch schön an der deutlichen Abnahme der Gesamtdeckung unbewachsener Strukturen im Laufe der Jahre erkenntlich. Im Gegensatz dazu nimmt die Vegetationsdeckung im allgemeinen zu. Auch der deutliche Anstieg der *Dicranum scoparium* Populationen ist markant. *Tortella tortuosa* ist neu im Bestand, mit einer weiteren Zunahme dieser Art ist zu rechnen. Auch bei dieser Fläche ist die Problematik der Mehrschichtigkeit der Vegetation und entsprechende Probleme bei Flächenberechnungen für unterschiedliche Jahreszeiten nicht zu vernachlässigen (so decken zum Beispiel im Hochsommer Höhere Pflanzen zu ungefähr 50%).

Anhang A / 8





## Moosplot 5 (MP 1005)

Typus: Stammabflußbereich

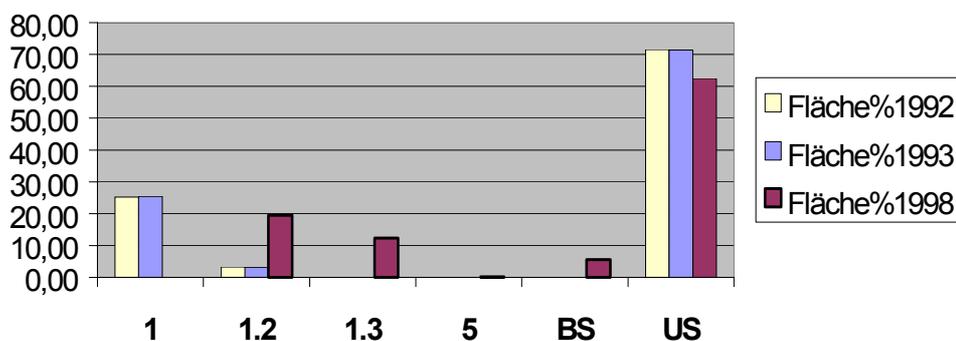
Exposition: NW

Baumart: Buche

Arten: siehe Skizze

Artenzusammensetzungen / Veränderungen:

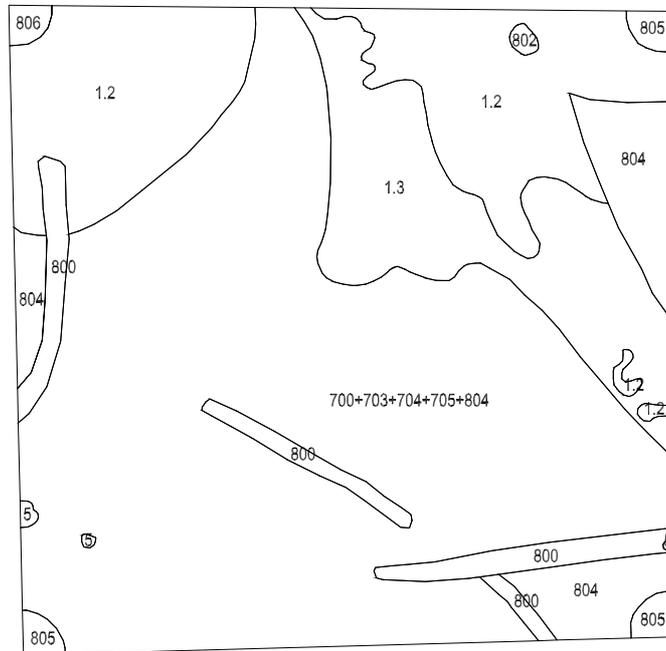
Artcode	Fläche%1992	Fläche%1993	Fläche%	<b>Fläche%1998</b>
1	25,24	25,40		
1.2	3,24	3,15	14,39	<b>19,46</b>
1.3			12,94	<b>12,26</b>
5				<b>0,16</b>
Belebte Strukturen				<b>5,62</b>
Unbewachsene Str.	71,52	71,45	72,67	<b>62,49</b>



Veränderungen und deren Interpretation:

Die Vitalität der *Hypnum cupressiforme* Populationen hat sich dramatisch verschlechtert, die Gesamtdeckung von *Hypnum cupressiforme* ist allerdings etwa gleich geblieben.

*Thuidium tamariscinum* ist neu im Bestand.





## Moosplot 6 (MP 1006)

Typus: Stammabflußbereich

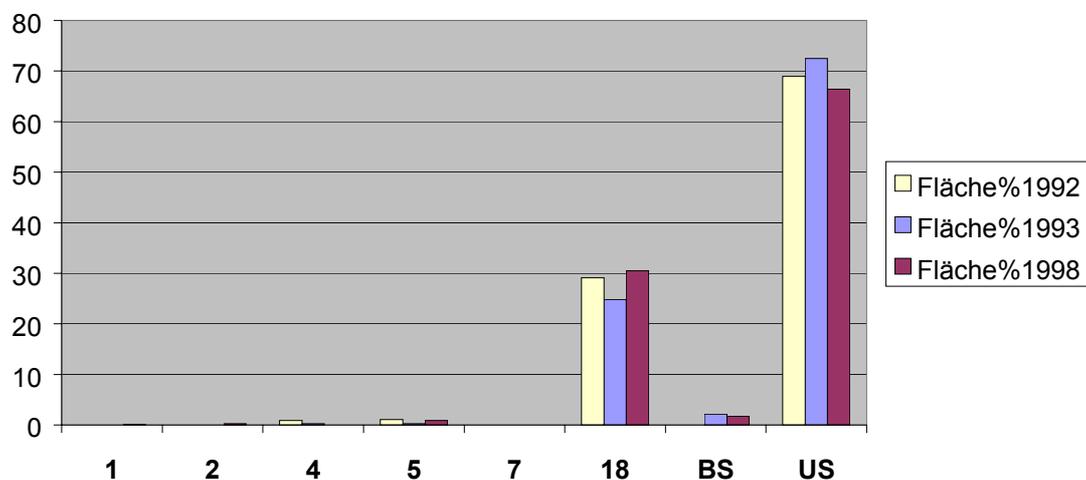
Exposition: NW

Baumart: Fichte

Arten: siehe Skizze

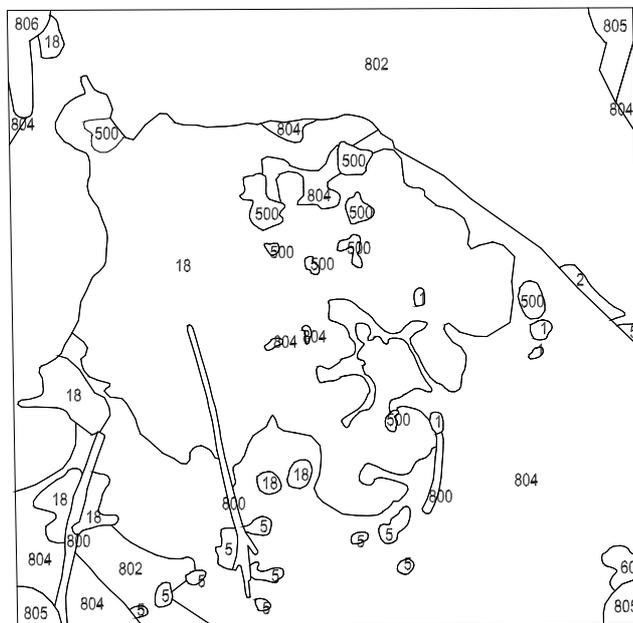
Artenzusammensetzungen / Veränderungen:

Artcode	Fläche%1992	Fläche%1993	Fläche%	Fläche%1998
1				<b>0,22</b>
2				<b>0,23</b>
4	0,86	0,28		
5	1,05	0,27		<b>0,90</b>
7			0,55	
18	29,12	24,80	34,64	<b>30,52</b>
Belebte Strukturen		2,17	0,89	<b>1,71</b>
Unbewachsene Str.	68,97	72,48	63,92	<b>66,42</b>



Veränderungen und deren Interpretation:

Auffallend ist hier der relativ große Unterschied zwischen händischer und fotografischer Methode, was sich durch die unterschiedlichen Bildausschnitte erklären läßt. Dies betrifft vor allem einzelne Polster in Randlagen, die dadurch gerade noch oder eben nicht mehr in die Aufnahmefläche fallen. Ansonst sind die Populationen relativ stabil.





## Moosplot 7 (MP 1007)

Typus: Bodenplot

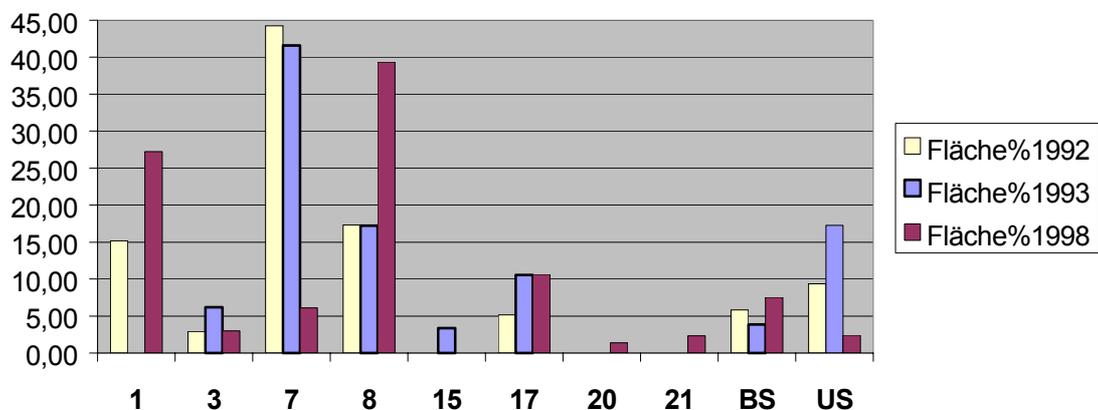
Standort: Fichtendominierter Bestand

Exposition / Neigung: ebene Lage

Arten: siehe Skizze

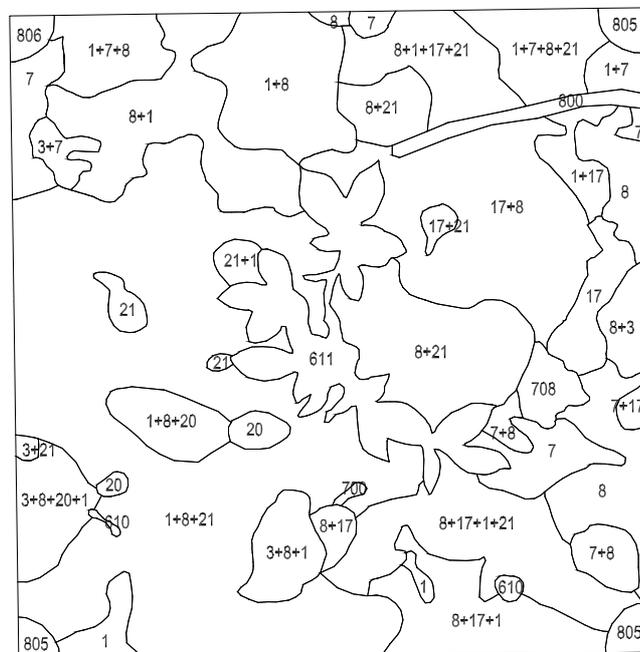
Artenzusammensetzungen / Veränderungen:

Artcode	Fläche%1992	Fläche%1993	<b>Fläche%1998</b>
1	15,15		<b>27,22</b>
3	2,92	6,19	<b>3,03</b>
7	44,24	41,61	<b>6,10</b>
8	17,34	17,21	<b>39,35</b>
15		3,35	
17	5,16	10,52	<b>10,61</b>
20			<b>1,38</b>
21			<b>2,33</b>
Bewachsene Strukturen	5,83	3,85	<b>7,55</b>
Unbewachsene Strukturen	9,36	17,26	<b>2,44</b>



Veränderungen und deren Interpretation:

Dies ist eine Fläche mit einer erstaunlich hohen Dynamik, obwohl sie ursprünglich als stabile Kontrollfläche angelegt wurde! Am bemerkenswertesten ist der drastische Rückgang von *Leucobryum glaucum*, einem Moos das normalerweise langlebige, stabile Populationen bildet, die über 80 Jahre alt werden können. Im Gegenzug hat *Hypnum cupressiforme* sehr stark zugenommen, wenngleich es auch 1993 vorhanden war, aber infolge der steten Gruppenbildung mit anderen Arten beim Digitalisieren nicht extra ausgewiesen werden konnte. Auch der Zuwachs der *Polytrichum Rasen*, ebenfalls ein 'perennial stayer' (DURING 1993) ist beträchtlich, gemessen an der relativ langsamen Wachstums- und Vermehrungsrate dieser Art. Neu sind hingegen *Rhytidiadelphus loreus* und *Plagiothecium undulatum* beides weitere typische Waldbodenarten stabiler Bestände. Der Niedergang der *Leucobryum*-Polster ist dementsprechend verblüffend, Gründe dafür sind höchst spekulativ, könnten aber auf Veränderungen im Boden zurückzuführen sein.



## Moosplot 8 (MP 1008)

Typus: Epiphytische Beobachtungsfläche

Trägerbaum: Esche

Brusthöhendurchmesser: 50 cm

Höhe der Untersuchungsfläche: 150 cm

Gesamtumfang: 159 cm

Artenzusammensetzung (in der Reihenfolge der Aufnahme):

*Neckera complanata* / *Neckera complanata* / *Neckera complanata* / *Lejeunea cavifolia* /  
*Ulota crispa* / *Lejeunea cavifolia* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* /  
*Pylaisia polyantha* / *Pylaisia polyantha* / *Pylaisia polyantha* / Flechte / kein Moos / kein  
Moos / *Pylaisia polyantha* / kein Moos / *Pylaisia polyantha* / Flechte / *Pylaisia polyantha* /  
*Pylaisia polyantha* / *Lejeunea cavifolia* / kein Moos / *Lejeunea cavifolia* / *Hypnum*  
*cupressiforme* var. fil. / *Hypnum cupressiforme* var. fil. / *Hypnum cupressiforme* var. fil. /  
*Hypnum cupressiforme* var. fil. / *Hypnum cupressiforme* var. fil. / kein Moos / *Hypnum*  
*cupressiforme* var. fil. / kein Moos / *Neckera complanata* /

Außerdem noch in Ringnähe: *Plagiothecium laetum*, *Ulota crispa*, *Orthotrichum striatum*

Veränderungen und deren Interpretation:

Auffallend ist die Zunahme an moosfreien Flächen (+12,1%) einerseits, sowie die Abnahme von Flechten (-13,8 %). Vor allem das ubiquistische Moos *Hypnum cupressiforme* steht stark in Ausbreitung. *Lejeunea cavifolia* (+5,8 %) und *Pylaisia polyantha* (+8,5 %) haben zugenommen. Ansonst dominieren populationsdynamische Verschiebungen in den Probepunkten. Der Ausfall einer Art der Gattung *Orthotrichum* ist bemerkenswert, da fast alle Arten dieser Gattung relativ empfindlich gegenüber Luftverschmutzung sind. Ob sich der Rückgang der Flechten auch damit erklären läßt kann an dieser Stelle nicht geklärt werden.



## Moosplot 9 (MP 1009)

Typus: Epiphytische Beobachtungsfläche

Trägerbaum: Esche

Brusthöhendurchmesser: 50 cm

Höhe der Untersuchungsfläche: 100 cm

Gesamtumfang: 171 cm

Artenzusammensetzung (in der Reihenfolge der Aufnahme):

*Frullania dilatata* / *Lejeunea cavifolia* u. *Radula complanata* / Flechte / *Lejeunea cavifolia* / kein Moos / *Pylaisia polyantha* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* und *Metzgeria furcata* / *Isothecium alopecuroides* / *Hypnum cupressiforme* / *Radula complanata* / kein Moos / *Radula complanata* / *Lejeunea cavifolia* / *Hypnum cupressiforme* / *Lejeunea cavifolia* / kein Moos / *Pylaisia polyantha* / *Lejeunea cavifolia* / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / *Isothecium alopecuroides* / *Hypnum cupressiforme* und *Lejeunea cavifolia* / *Hypnum cupressiforme* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* und *Lejeunea cavifolia* / *Isothecium alopecuroides* / *Ulota crispa* / *Frullania tamarisci* /

Außerdem noch in Ringnähe: *Plagiothecium laetum*, *Ulota crispa*, *Orthotrichum striatum*

Veränderungen und deren Interpretation:

Wie beim angrenzenden Objekt 1008 ist auch hier ein starker Rückgang der Flechten (-9,6%) zugunsten der Moose bemerkenswert. Das feuchtigkeitsliebende Lebermoos *Lejeunea cavifolia* (+8,1%), sowie der Ubiquist *Hypnum cupressiforme* (+10,7%) haben wie bei 1008 deutlich zugenommen. Andererseits ist an diesem Punkt ein Rückgang der obligaten Epiphyten wie *Pylaisia polyantha*, *Radula complanata* oder *Ulota crispa* zu verzeichnen.

Die Veränderungen könnten die Folge (lokal)klimatischer Veränderungen sein (z.B. durch Erhöhung der Beschattung). Luftschadstoffe sollten aber keinesfalls ausgeschlossen werden. Da die in Zunahme befindlichen Arten auch an anderen, nährstoffreicheren Substraten vorkommen, könnten im Gegensatz zu den klassischen Epiphyten diese Moose durch atmosphärische Nährstoffeinträge (z.B. Stickstoff) gefördert werden.





## Moosplot 12 (MP 1012)

Typus: Stammabflußbereich

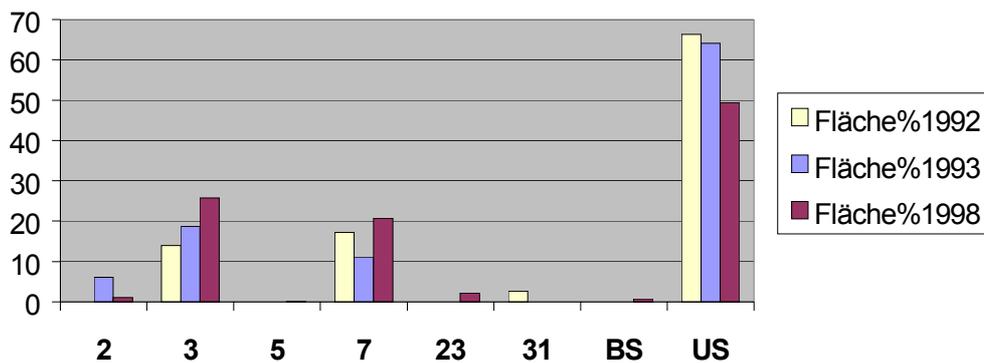
Exposition: NW

Baumart: Lärche

Arten: siehe Skizze

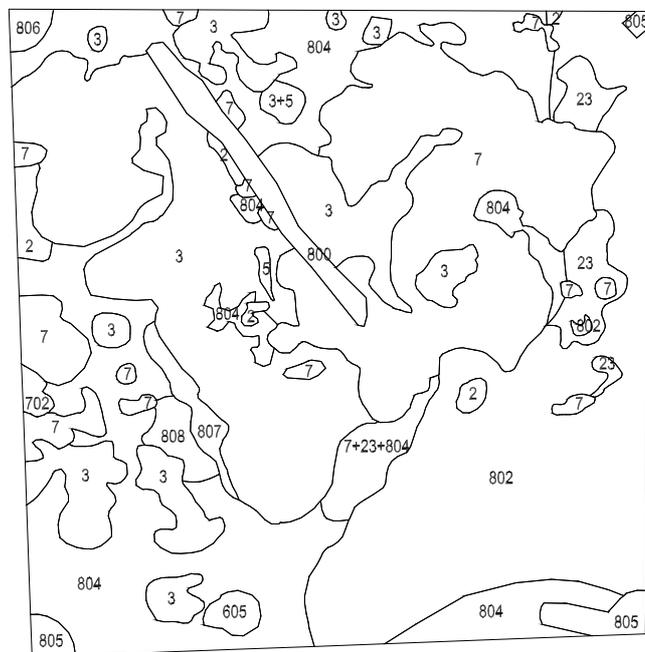
Artenzusammensetzungen / Veränderungen:

Artcode	Fläche%1992	Fläche%1993	<b>Fläche%1998</b>
2		6,09	<b>1,01</b>
3	13,92	18,68	<b>25,74</b>
5			<b>0,20</b>
7	17,16	11,10	<b>20,74</b>
23			<b>2,22</b>
31	2,67		
Belebte Strukturen			<b>0,75</b>
Unbewachsene Strukturen	66,25	64,13	<b>49,35</b>



### Veränderungen und deren Interpretation:

Eine über die Jahre konstante Zunahme von *Dicranum scoparium* ist offensichtlich, ähnlich jene von *Leucobryum glaucum*. Durch die zusätzliche Einwanderung von *Lepidozia reptans* wird der Eindruck einer steten Versauerung verstärkt. Die Zunahme geht aber auf Kosten von bislang nicht besiedelten sauren Substraten (primär Nadelstreu).





## Moosplot 16 (MP 1016)

Typus: Epiphytische Beobachtungsfläche

Trägerbaum: Bergahorn

Brusthöhendurchmesser: Doppelstamm

Höhe der Untersuchungsfläche: 150 cm

Gesamtumfang: 215 cm

Artenzusammensetzung (in der Reihenfolge der Aufnahme):

*Leucodon sciuroides* / *Leucodon sciuroides* / *Leucodon sciuroides* / *Frullania dilatata* /  
*Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / Baumspalte / *Frullania dilatata*  
 / *Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / kein Moos / kein Moos / *Frullania dilatata* /  
*Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / *Radula complanata* / kein Moos / *Leucodon*  
*sciuroides* / *Metzgeria furcata* / *Metzgeria furcata* / *Metzgeria furcata* / *Frullania dilatata* /  
*Frullania dilatata* / kein Moos / *Frullania*  
*dilatata* / kein Moos / *Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / *Frullania*  
*dilatata* / *Pylaisia polyantha* / *Metzgeria furcata* / *Frullania dilatata* / *Pylaisia polyantha* /  
*Pylaisia polyantha* / kein Moos / kein Moos / *Leucodon sciuroides* /

Außerdem noch in Ringnähe: *Radula complanata*, *Hypnum cupressiforme*, *Madotheca platyphylla*, *Isothecium alopecuroides*, *Ulota crispa*; *Lobaria pulmonaria* (Flechte)

Veränderungen und deren Interpretation:

Der Untersuchungsring wurde aufgrund besserer Reproduzierbarkeit in Folgejahren leicht modifiziert, das Maßband über der Spalte gespannt. Daher entsteht nur eine Rubrik Baumspalte und somit eine Verringerung der moosfreien Flächen, welche dementsprechend nicht quantifiziert werden kann. Die deutliche Einwanderung von *Frullania dilatata* (+ 10%) ist besonders auffällig; der Anstieg von *Frullania* ist auch statistisch signifikant. Allein durch den Ausfall von *Ulota crispa* und *Pterigynandrum filiforme* läßt sich aber kein immissionsökologischer Trend feststellen.

## Moosplot 20 (MP 1020)

Typus: Epiphytische Beobachtungsfläche

Trägerbaum: Buche

Brusthöhendurchmesser: 80 cm

Höhe der Untersuchungsfläche: 20-120 cm (W/O)

Gesamtumfang: 256 cm

Artenzusammensetzung (in der Reihenfolge der Aufnahme):

*Hypnum cupressiforme* / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* /  
kein Moos / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum*  
*cupressiforme* / kein Moos /  
*Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / Spalt / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum*  
*cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* /  
*Radula complanata* / kein Moos / *Pterigynandrum filiforme* / kein Moos / *Hypnum*  
*cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / kein Moos / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* /  
*Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum*  
*cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* /  
kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* /  
kein Moos / *Metzgeria conjugata* / *Brachythecium rutabulum* / *Brachythecium rutabulum* /  
*Metzgeria conjugata* / *Hypnum cupressiforme* /

Außerdem noch in Ringnähe: *Plagiochila porelloides*, *Metzgeria furcata*, *Brachythecium*  
*rutabulum*, *Bryum flaccidum*, *Mnium hornum*, *Neckera complanata*, *Porella platyphylla*  
(neu)

Veränderungen und deren Interpretation:

Die teilweise flächige Abtrennung von älteren Moospopulationen betrifft vor allem  
*Isothecium*-Populationen. Auffallend ist weiters, daß alle Leerflächen der letzten Begehung  
diesmal besiedelt waren. Es überwiegen aber populationsinterne Verschiebungen.



## Moosplot 21 (MP 1021)

Typus: Stammabflußbereich

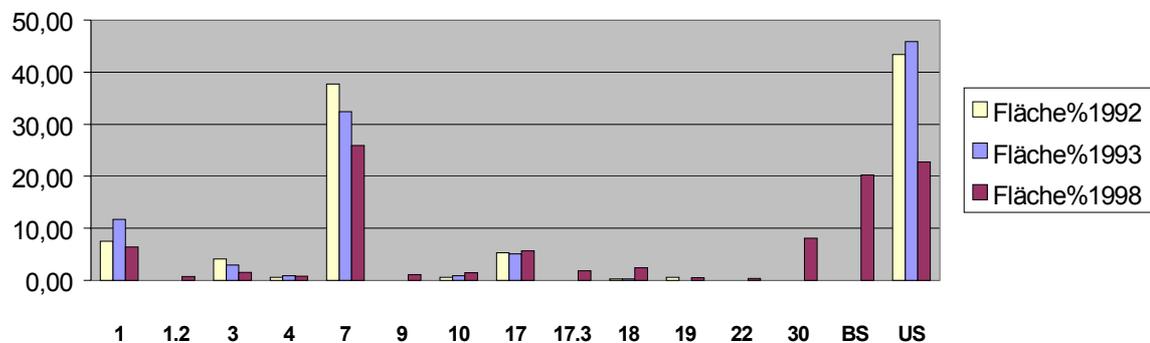
Exposition: N

Baumart: Bergahorn

Arten: siehe Skizze

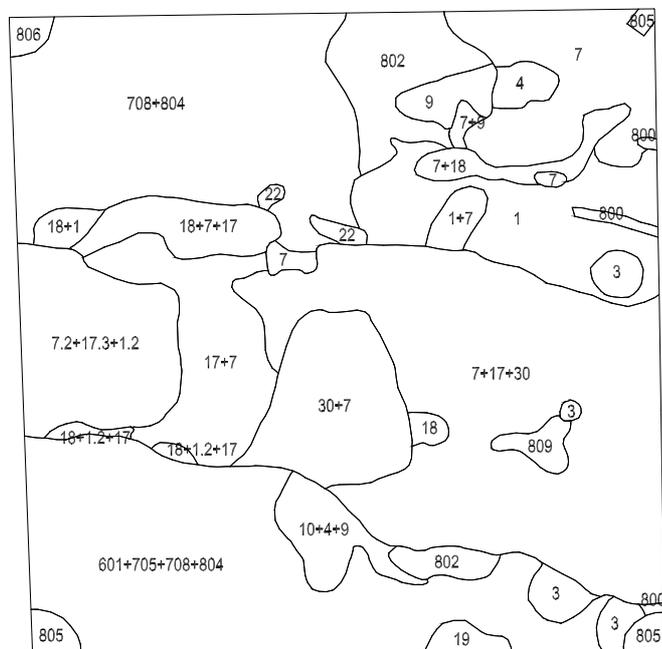
Artenzusammensetzungen / Veränderungen:

Artcode	Fläche%1992	Fläche%1993	Fläche%	<b>Fläche%1998</b>
1	7,47	11,70	11,75	<b>6,43</b>
1.2				<b>0,73</b>
3	4,11	2,97	3,55	<b>1,58</b>
4	0,60	0,86		<b>0,78</b>
7	37,69	32,43	16,46	<b>25,94</b>
9				<b>1,14</b>
10	0,58	0,86	0,92	<b>1,49</b>
17	5,34	5,06	7,36	<b>5,68</b>
17.3			2,51	<b>1,85</b>
18	0,26	0,27	1,07	<b>2,44</b>
19	0,58			<b>0,48</b>
22				<b>0,34</b>
30			9,06	<b>8,09</b>
Belebte Strukturen			3,76	<b>20,26</b>
Unbewachsene Strukturen	43,37	45,86	43,56	<b>22,78</b>



Veränderungen und deren Interpretation:

Anhand dieser Fläche werden die Unterschiede zwischen händischer und fotografischer Methode besonders deutlich. In dieser Fläche gibt es eine Vielzahl an senkrechten Kleinflächen, welche über die beiden Methoden aufgrund unterschiedlicher Blickwinkel (starr-fotographisch, beweglich-händisch) unterschiedlich erfaßt werden. Auch die divergierende Form der Quadrate ist eine kleine Fehlerquelle (z.B. im Falle von *Tortella tortuosa*). Die Unterschiede zwischen den beiden Methoden sind aber statistisch nicht signifikant (t-test,  $p > 0,01$ ). Grundsätzliche Trends, wie das Eindringen von *Lophozia ventricosa* sind dementsprechend durch beide Methoden deutlich erfaßt worden. Der Rückgang von *Leucobryum glaucum* hat sich durch Verbräunungen im Jahr 1993 bereits angedeutet.



## Moosplot 22 (MP 1022)

Typus: Epiphytische Beobachtungsfläche

Trägerbaum: Bergahorn

Brusthöhendurchmesser: 45 cm

Höhe der Untersuchungsfläche: 50 cm

Gesamtumfang: 93 cm

Artenzusammensetzung (in der Reihenfolge der Aufnahme):

*Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / kein Moos /  
*Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum*  
*cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum*  
*cupressiforme* / *Parmelia* sp. / *Parmelia* sp. / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein  
Moos / kein Moos / *Lepraria* sp. / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* /

Anmerkung: Säbelwuchs des Stammes (Hangkriechen); Bereich 15-40 cm Oberseite des Stammes, Bereich 60-100 cm Unterseite; viele Flechten im Mittelstammbereich.

Veränderungen und deren Interpretation:

Stärkeres Eindringen von Flechten (+15,8%) an ehemals freien Stellen, sonst kaum Veränderungen.



## Moosplot 23 (MP 1023)

Typus: Bodenplot

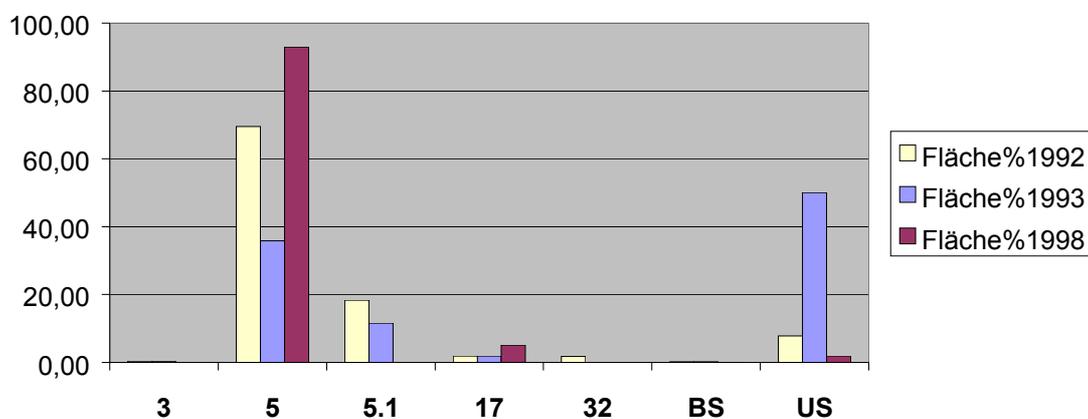
Standort: Fichten-Lärchenbestand

Exposition / Neigung: ebene Lage

Arten: siehe Skizze

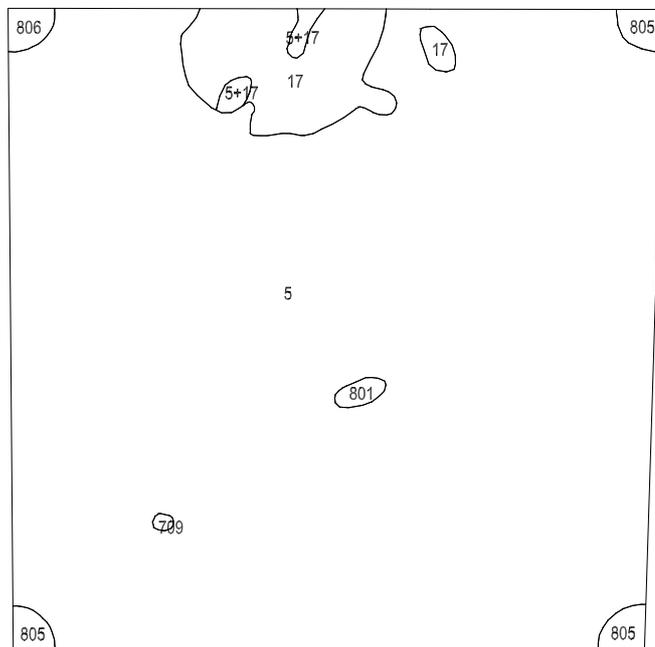
Artenzusammensetzungen / Veränderungen:

Artcode	Fläche% 1992	Fläche% 1993	Fläche%	<b>Fläche% 1998</b>
3	0,41	0,40		
5	69,54	35,86	92,85	<b>92,94</b>
5.1	18,38	11,60		
17	1,85	1,89	2,72	<b>5,12</b>
32	1,79			
Belebte Strukturen	0,23	0,23		<b>0,07</b>
Unbewachsene Str.	7,81	50,02	4,43	<b>1,88</b>



Veränderungen und deren Interpretation:

Der Wechsel in der Populationsdichte von *Thuidium tamariscinum* zwischen den einzelnen Beobachtungsjahren ist bemerkenswert. Die Weiterentwicklung von *Bazzania trilobata* ist hinsichtlich einer potentiellen Zunahme der Versauerung von Bedeutung.









## Moosplot 27 (MP 1027)

Typus: Epiphytische Beobachtungsfläche

Trägerbaum: Bergahorn

Brusthöhendurchmesser: 40 cm

Höhe der Untersuchungsfläche: 30/150 cm

Gesamtumfang: 126 cm

Artenzusammensetzung (in der Reihenfolge der Aufnahme):

*Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* und *Pterigynandrum filiforme* / *Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / kein Moos / *Frullania dilatata* / kein Moos / *Frullania dilatata* / kein Moos / *Frullania dilatata* / Krustenflechte / kein Moos / kein Moos / *Radula complanata* / kein Moos / *Frullania dilatata* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Lobaria pulmonata* / *Lobaria pulmonata* /

Außerdem noch in Ringnähe: *Pylaisia polyantha*, *Neckera complanata*, *Pterigynandrum filiforme*, *Radula complanata*, *Isothecium alopecuroides*.

Veränderungen und deren Interpretation:

Die Borke löst sich derzeit vor allem im unteren Stammteil, aber auch in Ringnähe massiv ab; eine stärkere Reduktion der Moosbestände bei der nächsten Begehung ist zu erwarten. Die Vitalität von *Pulmonaria* ist nur mäßig gut, generell ist eine deutliche Abnahme der Flechtenpopulationen (-12%) zugunsten von deckenbildenden Moosen (*Hypnum*, *Radula*) zu bemerken. Auch *Frullania dilatata* hat massiv abgenommen (-8%). Aufgrund einer Reihe von umgefallenen Bäumen in der nächsten Umgebung fällt mehr Licht als ursprünglich auf den Stamm, wodurch die Austrocknung gefördert wird und so die Zunahme der deckenbildenden Arten erklären könnte.

**Moosplot 28 (MP 1028)**

Typus: Bodenplot

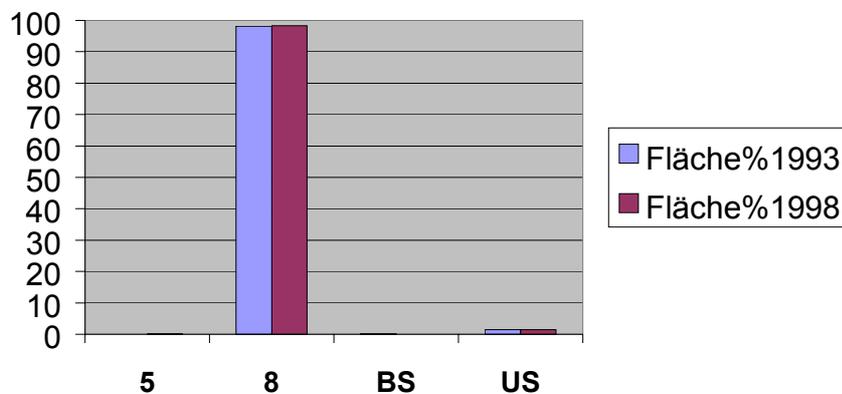
Standort: Fichten-Buchenbestand

Exposition / Neigung: ebene Lage

Arten: siehe Skizze

Artenzusammensetzungen / Veränderungen:

Artcode	Fläche%1993	Fläche%	Fläche%1998
5			<b>0,17</b>
8	98,15	94,70	<b>98,35</b>
8+5		5,30	
Belebte Strukturen	0,39		<b>0,01</b>
Unbewachsene Strukturen	1,45		<b>1,46</b>



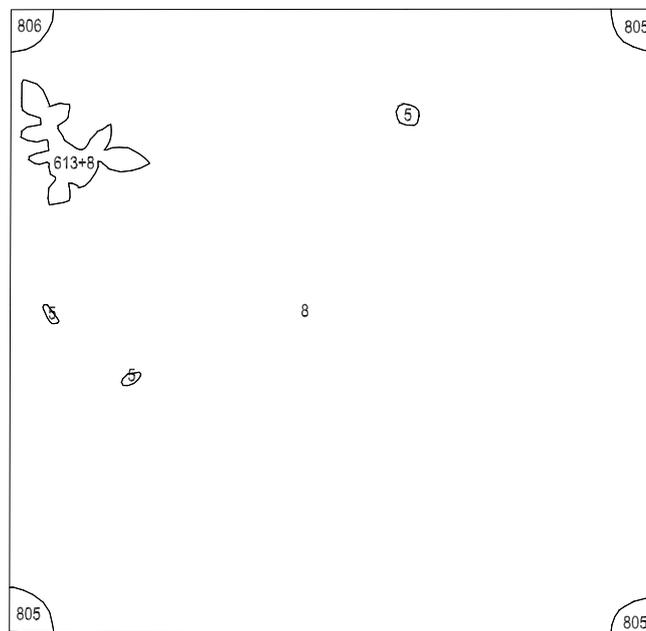
Veränderungen und deren Interpretation:

Dieser Quadrant zeigt deutlich das Problem der Darstellung mehrschichtiger Vegetationseinheiten in zweidimensionaler Abbildung. Die *Polytrichum*-Population hat an mehreren Stellen einen 'Unterwuchs' von *Thuidium tamariscinum* Individuen, welche photographisch nicht zur Abbildung gelangen. Bei der händischen Methode werden diese Pflänzchen zwar gesehen, ihre Darstellung bleibt aber ebenfalls problematisch, da die Gesamtdeckung bei flächengenaue Berücksichtigung beider Arten dann über 100% liegt, oder eine Population unterschätzt angegeben werden muß.



Die künftige Weiterentwicklung von *Thuidium* ist aus populationsbiologischen Gründen höchst interessant. Beide Arten sind ‘perennial stayers’ aber mit völlig konträrer Strategie der Wasser- und Nährstoffversorgung (endohydrisch versus ectohydrisch).

Die Anzahl der sporophytentragenden *Polytrichum*-Individuen ist ungefähr gleich geblieben (30%).





## Moosplot 29 (MP 1029)

Typus: Epiphytische Beobachtungsfläche

Trägerbaum: Buche

Brusthöhendurchmesser: 50 cm

Höhe der Untersuchungsfläche: 150 cm

Gesamtumfang: 145 cm

Artenzusammensetzung (in der Reihenfolge der Aufnahme):

*Pylaisia polyantha* / *Pylaisia polyantha* / *Pylaisia polyantha* / *Pylaisia polyantha* / kein Moos / Flechte / kein Moos / kein Moos / kein Moos / *Ulota crispa* / *Ulota crispa* / *Pylaisia polyantha* / *Isothecium alopecuroides* und *Lejeunea cavifolia* / *Pylaisia polyantha* / *Lejeunea cavifolia* / *Pylaisia polyantha* / *Metzgeria furcata* / *Pylaisia polyantha* /

Außerdem noch in Ringnähe: *Dicranum scoparium*, *Plagiothecium sylvaticum*, *Frullania dilatata*, *Tortula laevipila*.

Veränderungen und deren Interpretation:

*Ulota crispa* (-15,3%) und die Flechten (-7,7%) zeigen deutliche Rückgänge in den Populationsstärken, der Anstieg der Freiflächen ist signifikant (+8,8%).

Feuchtigkeitsliebende Arten (*Lejeunea cavifolia*, *Metzgeria furcata*) haben zugenommen.

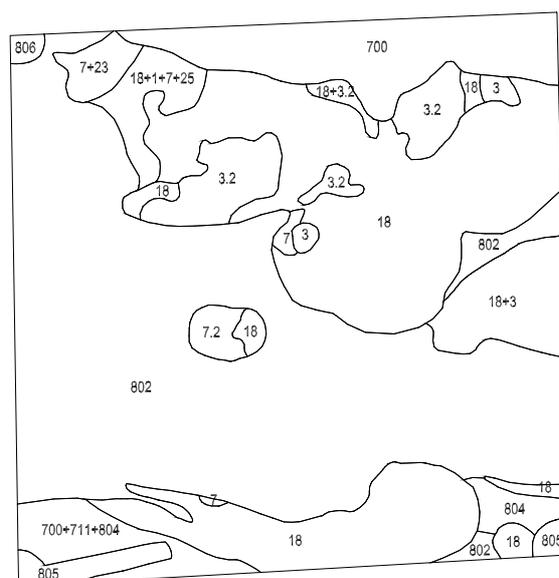
## Moosplot 30 (MP 1031) NEU

Typus: Stammabflussbereich

Standort: Buchen-Ahorn Steilhangwald

Exposition / Neigung: WWS / steil

Arten: siehe Skizze





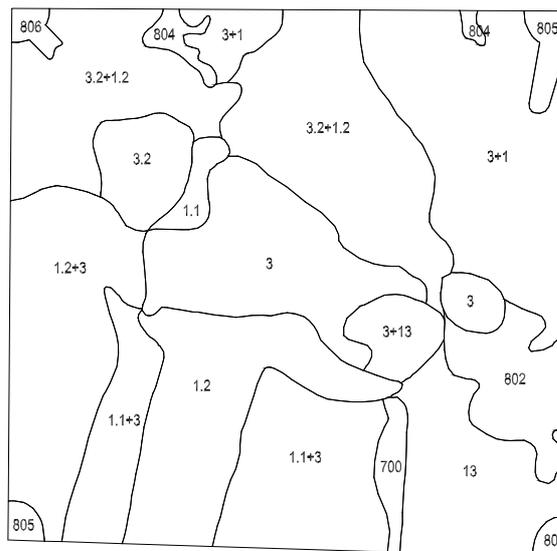
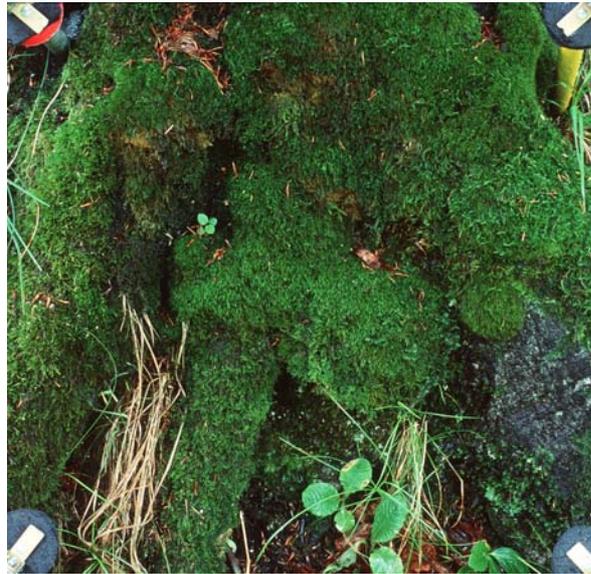
## Moosplot 31 (MP 1031) NEU

Typus: Stammabflussbereich

Standort: Buchen-Ahorn Steilhangwald

Exposition / Neigung: SSW / steil

Arten: siehe Skizze



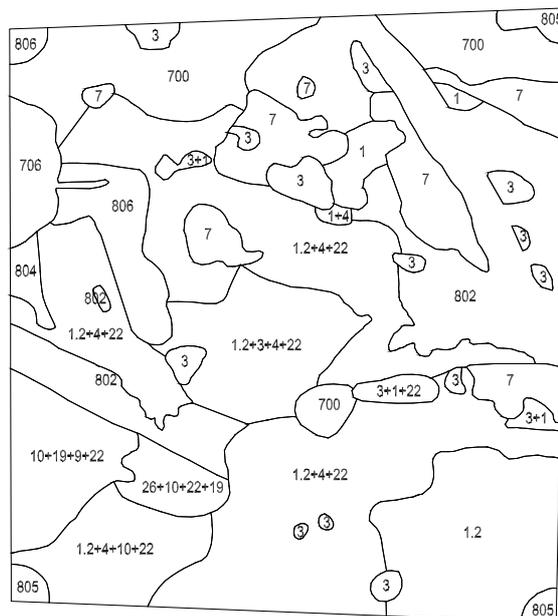
### Moosplot 32 (MP 1032) NEU

Typus: Stammabflussbereich

Standort: Buchen-Steilhangbestand

Exposition / Neigung: NNW / steil

Arten: siehe Skizze





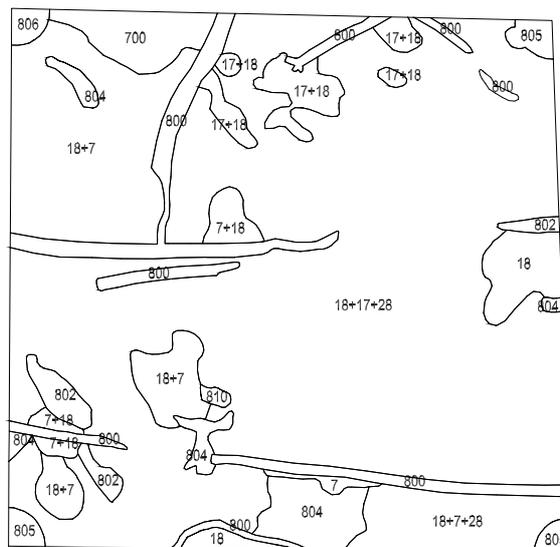
## Moosplot 33 (MP 1033) NEU

Typus: Stammabflussbereich

Standort: Buchen-Steilhangbestand

Exposition / Neigung: NNW / steil

Arten: siehe Skizze



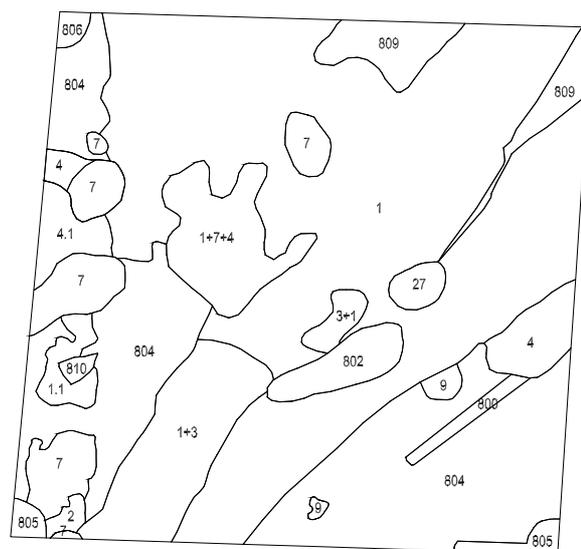
## Moosplot 34 (MP 1034) NEU

Typus: Stammabflussbereich

Standort: Buchen-Ahorn Steilhangwald

Exposition / Neigung: SW / steil

Arten: siehe Skizze





## Moosplot 35 (MP 1035) NEU

Typus: Epiphytische Beobachtungsfläche

Trägerbaum: Bergahorn

Brusthöhendurchmesser: 34 cm

Höhe der Untersuchungsfläche: 118 cm

Gesamtumfang: 108 cm

Artenzusammensetzung (in der Reihenfolge der Aufnahme):

*Hypnum cupressiforme* / *Leucodon sciuroides* / *Hypnum cupressiforme* / *Lepraria* sp. /  
*Frullania tamarisci* / *Hypnum cupressiforme* / *Leucodon sciuroides* / *Frullania tamarisci* /  
*Leucodon sciuroides* / *Leucodon sciuroides* / *Frullania tamarisci* / *Leucodon sciuroides* /  
*Leucodon sciuroides* / *Leucodon sciuroides* / *Leucodon sciuroides* / *Frullania dilatata* /  
*Frullania tamarisci* / *Lepraria* sp. / *Frullania dilatata* /

Außerdem noch in Ringnähe: *Isothecium alopecuroides* / *Metzgeria furcata* /  
*Pterigynandrum filiforme* / *Radula complanata* / *Ulota crispa*.

## Moosplot 36 (MP 1036) NEU

Typus: Epiphytische Beobachtungsfläche

Trägerbaum: Bergahorn

Brusthöhendurchmesser: 33 cm

Höhe der Untersuchungsfläche: 120 cm

Gesamtumfang: 102 cm

Artenzusammensetzung (in der Reihenfolge der Aufnahme):

*Hypnum cupressiforme* / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / *Lepraria sp.* / kein Moos / kein Moos / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / *Frullania tamarisci* / *Frullania tamarisci* / *Frullania tamarisci* / *Hypnum cupressiforme* /

Außerdem noch in Ringnähe: *Dicranum tauricum*, *Frullania fragilifolia*, *Pterigynandrum filiforme*, *Radula complanata*, *Ulota crispa*.



## Moosplot 37 (MP 1037) NEU

Typus: Epiphytische Beobachtungsfläche

Trägerbaum: Buche

Brusthöhendurchmesser: 34 cm

Höhe der Untersuchungsfläche: 150 cm

Gesamtumfang: 102 cm

Artenzusammensetzung (in der Reihenfolge der Aufnahme):

*Ulota crispa* / *Ulota crispa* / *Ulota crispa* / Kein Moos / Kein Moos / Kein Moos / *Parmelia sulcata* / *Orthotrichum lyellii* / *Pylaisia polyantha* / *Pylaisia polyantha* / Kein Moos / Kein Moos / Kein Moos / Krustenflechte / Krustenflechte / Krustenflechte / Krustenflechte / Krustenflechte / Krustenflechte / *Parmelia* sp. / *Ulota crispa* / Krustenflechte / *Parmelia sulcata* /

Außerdem noch in Ringnähe: *Frullania dilatata*, *Pterigynandrum filiforme*.

## Moosplot 38 (MP 1038) NEU

Typus: Epiphytische Beobachtungsfläche

Trägerbaum: Buche

Brusthöhendurchmesser: 31 cm

Höhe der Untersuchungsfläche: 125 cm

Gesamtumfang: 103 cm

Artenzusammensetzung (in der Reihenfolge der Aufnahme):

*Frullania tamarisci* / *Frullania tamarisci* / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos  
/ kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein  
Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / *Frullania tamarisci* / *Frullania tamarisci* /  
*Frullania tamarisci* /

Außerdem noch in Ringnähe: *Hypnum cupressiforme*, *Isothecium alopecuroides*, *Radula  
complanata*, *Pylaisia polyantha*.



## Moosplot 39 (MP 1039) NEU

Typus: Epiphytische Beobachtungsfläche

Trägerbaum: Buche

Brusthöhendurchmesser: 50 cm

Höhe der Untersuchungsfläche: 125 cm

Gesamtumfang: 152 cm

Artenzusammensetzung (in der Reihenfolge der Aufnahme):

*Lepraria sp. / Lepraria sp. /  
Lepraria sp. / Flechte / Flechte / Frullania tamarisci / Flechte / Frullania tamarisci / kein  
Moos / kein Moos / kein Moos / Flechte / Radula complanata / Frullania tamarisci /  
Frullania tamarisci / Frullania tamarisci / Frullania tamarisci / Frullania tamarisci /  
Frullania tamarisci / kein Moos / kein  
Moos / kein Moos /*

Außerdem noch in Ringnähe: *Isothecium alopecuroides, Neckera crispa, Pterigynandrum  
filiforme, Radula complanata.*

**Aus unterschiedlichen Gründen nicht mehr weitergeführte Monitoringquadrate**

**Moosplot 1 (MP 1001)**

Typus: Epiphytischer Moosplot (flächige Darstellung)

Trägerbaum: Buche

Brusthöhendurchmesser: 45 cm

Höhe des Moosplots: 150

Grund der Auflassung: Flächige, epiphytische Beobachtungsflächen entsprechen in dieser Darstellungsart keinem der derzeit in EMEP-Programmen verwendeten Standards.

**Moosplot 10 (MP 1010)**

Typus: Bodenplot

Standort: Totholz

Exposition / Neigung: ebene Lage

Anmerkung: älterer umgefallener Baumstamm mit sekundärem Moosbewuchs

Grund der Auflassung: Der Moosbewuchs auf Totholz und dessen Sukzession ist zwar aus wissenschaftlichen Gründen interessant, entspricht aber nicht den im Monitoringprogramm gestellten Erwartungen.

**Moosplot 13 (MP 1013)**

Typus: Bodenplot

Standort: Fichten-Lärchenbestand



Exposition / Neigung: NO / 10°

Grund der Auflassung: Zwischenstammfläche; aufgrund der Überschildung ist nur mit äußerst langsamen Veränderungen zu rechnen; nicht von besonderem wissenschaftlichen Interesse; als terrestrische Vergleichsfläche daher vom Auftraggeber nicht mehr erwünscht und zugunsten von Stammablauf-Neuflächen aufgelassen.

### **Moosplot 14 (MP 1014)**

Typus: Bodenplot

Standort: Fichten-Lärchenbestand

Exposition / Neigung: NO / 10°

Grund der Auflassung: Zwischenstammfläche; aufgrund der Überschildung ist nur mit äußerst langsamen Veränderungen zu rechnen; nicht von besonderem wissenschaftlichen Interesse; als terrestrische Vergleichsfläche daher vom Auftraggeber nicht mehr erwünscht und zugunsten von Stammablauf-Neuflächen aufgelassen.

### **Moosplot 15 (MP 1015)**

Typus: Stammabflußbereich

Exposition: SW

Baumart: Fichte

Anmerkungen: Abfolge von Rohhumus und Kalkfels

Grund der Auflassung: Da sich ein Teil der Moospopulationen auf Kalkfels befindet ist nur mit äußerst langsamen Veränderungen zu rechnen; nicht von besonderem wissenschaftlichen Interesse; als terrestrische Vergleichsfläche daher vom Auftraggeber nicht mehr erwünscht und zugunsten von Stammablauf-Neuflächen aufgelassen.

**Moosplot 17 (MP 1017)**

Typus: Stammabflußbereich

Exposition: W

Baumart: Buche

Grund der Auflassung: Anlage der Fläche erfolgte aus rein populationsbiologischem Aspekt; zugunsten einer weiteren immissionsökologisch orientierten Fläche aufgelassen.

**Moosplot 18 (MP 1018)**

Typus: Bodenplot

Standort: Buchendominierter Bestand

Exposition / Neigung: NO / 80°

Anmerkungen: Überwiegend anstehender Kalkfels als Untergrund.

Grund der Auflassung: Die Fläche ist aus methodischen Gründen nur äußerst schwierig darstellbar (wie MP1019), so ist z.B. aufgrund des anstehenden Untergrundgesteins eine dauerhafte Fixierung der Pflöcke nicht gewährleistet; darüberhinaus befindet sich eine auch in Zukunft überwachte Fläche in unmittelbarer Nähe (MP 1020).

**Moosplot 19 (MP 1019)**

Typus: Stammabflußbereich

Exposition: NO

Baumart: Buche

Grund der Auflassung: Die Fläche ist aus methodischen Gründen nur äußerst schwierig darstellbar, so ist z.B. aufgrund des anstehenden Untergrundgesteins eine dauerhafte



Fixierung der Pflöcke nicht gewährleistet; darüberhinaus befindet sich eine auch in Zukunft überwachte Fläche in unmittelbarer Nähe (MP 1020).

**Moosplot 25 (MP 1025)**

Typus: Epiphytische Beobachtungsfläche

Trägerbaum: Buche

Brusthöhendurchmesser: 60 cm

Höhe der Untersuchungsfläche: 150 cm

Grund der Auflassung: Durch Witterungseinflüsse wurde dieser Baum bereits 1994 entwurzelt. Die Fläche fällt somit für weitere Beobachtungen aus.