

**Biomonitoring und Bioindikation
mittels Moosen
Teil 1
1992**



**Biomonitoring und Bioindikation
mittels Moosen
Teil 1 1992**

von

Harald Zechmeister

Projektleitung (Integrated Monitoring): Dipl.-Ing. Michael Mirtl

Editorische Bearbeitung: Andrea Foreith

Redaktion: Andrea Foreith, Elisabeth Lössl, Dipl.-Ing. Michael Mirtl

Analytik: Laborkoordination: Mag. Dr. A. Hanus-Ilmar

Schwermetalle: M. Denner
D. Liebwald
S. Spellitz

Schwefelanalyse: Dr. E. Frank
Ing. R. Oppolzer

Autor: Mag. Dr. Harald Zechmeister (im Auftrag des Umweltbundesamtes)

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauerlände 5

Eigenvervielfältigung

© Umweltbundesamt, Wien, Juni 1996

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-85457-309-X



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 km² 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:

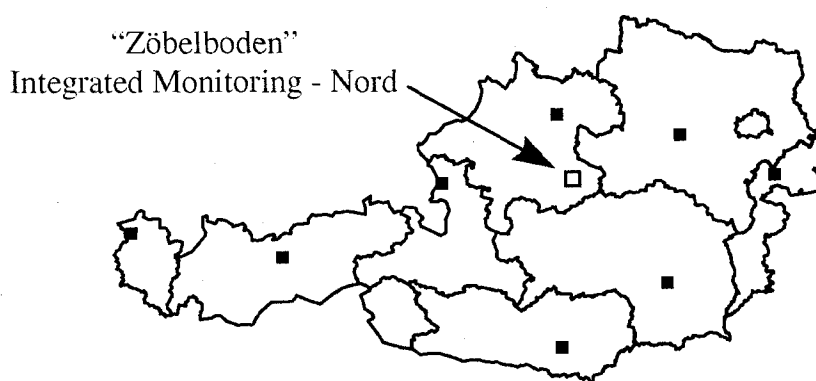
- das Erkennen von Ursachen-Wirkungs-Beziehungen in Ökosystemen in Hintergrundgebieten

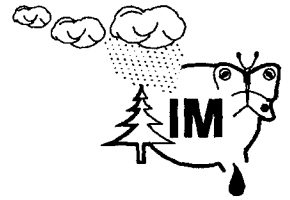
- Beiträge zur Ableitung von tolerierbaren Konzentrationen und Frachten von Luftschadstoffen (wirkungsbezogenen Grenzwerten) unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit in Hintergrundgebieten
- zusätzliche Daten zur Überprüfung der ausreichenden Wirksamkeit von Abkommen zur Reduktion von Schadstoffbelastungen 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.



INHALTSVERZEICHNIS

1 ABSTRACT	3
2 KURZFASSUNG	3
2.1 Verwendung von Bryophyten zur Erfassung der atmosphärischen Schwermetalldeposition.....	3
2.2 Verwendung von Moosen als Reaktionsindikatoren	4
3 EINLEITUNG.....	4
3.1 Begriffsbestimmung.....	4
3.2 Zwecke des Biomonitorings.....	5
3.2.1 Vorteile.....	5
3.2.2 Nachteile	6
3.3 Nahziele des Monitorings	6
3.4 Anwendungsbeispiele	6
4 DIE ERFASSUNG DER ATMOSPHERISCHEN SCHWERMETALLDEPOSITION MITTELS BRYOPHYTEN	8
4.1 Methodik.....	8
4.1.1 Moose als Akkumulationsmonitore (allgemeiner methodischer Teil).....	8
4.1.2 Aufsammlung und Aufbereitung	9
4.1.3 Aufschluß und Analyse.....	11
4.2 Ergebnisse	12
5 MONITORING ÜBER DIE ERSTELLUNG EINER ARTENLISTE	18
5.1 Allgemeines	18
5.2 Artenliste.....	18
5.3 Interpretation der Daten	24
5.3.1 Analyse ausgewählter Kleinstandorte.....	24
5.3.2 Beurteilung der Ellenberg'schen Zeigerwerte	25
5.3.3 Beurteilung der Immissionssituation auf der Monitoringfläche.....	28
6 DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN - MOOSQUADRATE	29
6.1 Allgemeines	29
6.2 Methodik.....	30
6.2.1 Boden-Moosplots	30

6.2.2 Stammablaufbereich-Moosplots	30
6.2.3 Epiphytische Moosplots	31
6.3 Darstellung der Dauerbeobachtungsflächen	32
6.3.1 Moosplot 1 (Raumnummer 1001).....	33
6.3.2 Moosplot 2 (1002).....	34
6.3.3 Moosplot 3 (1003).....	35
6.3.4 Moosplot 4 (1004).....	36
6.3.5 Moosplot 5 (1005).....	37
6.3.6 Moosplot 6 (1006).....	38
6.3.7 Moosplot 7 (1007).....	39
6.3.8 Moosplot 8 (1008).....	40
6.3.9 Moosplot 9 (1009).....	41
6.3.10 Moosplot 10 (1010).....	42
6.3.11 Moosplot 11 (1011).....	43
6.3.12 Moosplot 12 (1012).....	44
6.3.13 Moosplot 13 (1013).....	45
6.3.14 Moosplot 14 (1014).....	46
6.3.15 Moosplot 15 (1015).....	47
6.3.16 Moosplot 16 (1016).....	48
6.3.17 Moosplot 17 (1017).....	49
6.3.18 Moosplot 18 (1018).....	50
6.3.19 Moosplot 19 (1019).....	51
6.3.20 Moosplot 20 (1020).....	52
6.3.21 Moosplot 21 (1021).....	53
6.3.22 Moosplot 22 (1022).....	54
6.3.23 Moosplot 23 (1023).....	55
6.3.24 Moosplot 24 (1024).....	56
6.3.25 Moosplot 25 (1025).....	57
7 LITERATUR	58



1 ABSTRACT

In the course of the investigations using bryophytes two methods were employed at the IM-area:

- The use of bryophytes as monitors for the estimation of atmospheric heavy metal deposition.

Indigenous mosses were used as accumulation monitors, following an international proposal for similar studies (e.g. RÜHLING et al. 1987, ZECHMEISTER 1994).

Results: the heavy metal deposition is low at the Integrated Monitoring area. The concentrations of As, Cd, Cr, Fe, Ni and Pb in moss tissues are lower than at the comparable sites at Schoberstein and Feichtau as well as lower as the all Austrian average.

- The use of bryophytes as indicators for atmospheric pollutants.

Two methods were used:

- The total number of species in the investigated area was ascertained.
- 25 permanent plots were set up on various subsoils to detect quantitative and qualitative changes in the investigated populations.

The number of 103 species in the investigated area must be considered as fairly high. Despite the fact that there is a fairly low atmospheric humidity and poorness in ecological niches. Some of the species are only to be found in rather unpolluted environments.

Results by the second method can only be expected in long time experiments.

2 KURZFASSUNG

Im Zuge der Untersuchungen zu diesem Projekt kamen zwei Methoden zum Einsatz:

2.1 VERWENDUNG VON BRYOPHYTEN ZUR ERFASSUNG DER ATMOSPHÄRISCHEN SCHWERMETALLDEPOSITION

Dabei handelt es sich um ein passives Monitoring, bei dem Moose als Akkumulationsindikatoren genutzt werden. Die Methodik beruht auf internationalen Richtlinien (RÜHLING et al. 1987, ZECHMEISTER 1994).

Die Schwermetalldeposition (As, Cd, Cr, Fe, Ni, Pb) am Standort Zöbelboden kann als gering eingestuft werden, die gemessenen Konzentrationswerte liegen mit Ausnahme von Cu und Zn unter den an den Vergleichsflächen Schoberstein und Feichtau gemessenen Werten sowie auch unter den österreichweiten Mittelwerten.

2.2 VERWENDUNG VON MOOSEN ALS REAKTIONSINDIKATOREN

Zur langfristigen Überwachung von Artenveränderungen und Populationsstrukturen als Folge von Immissionseinflüssen wurden zwei Methoden eingesetzt :

- Erhebung einer bryophytischen Gesamtartenliste;
- Festlegung und flächengenaue Erfassung von 25 Dauerquadranten (50x50 cm) auf unterschiedlichen Substraten

Die bislang gefundenen Moose weisen das Gebiet als mäßig artenreich aus (103 Arten). Dies dürfte jedoch weniger immissionsbedingt sein, als auf verhältnismäßig beschränkte, standörtliche Nischenbildung und relative Lufttrockenheit in großen Bereichen der Monitoringfläche zurückzuführen sein. Eine größere Anzahl der gefundenen Moose sind echte Reinluftzeiger.

Während die erste Methode als jederzeit einsetzbarer, analytischer Gradmesser zu verstehen ist, liegen die Vorteile der zweiten Methode vorwiegend in der Langzeitbeobachtung. Echte immissionsabhängige Aussagen lassen sich dabei erst nach vieljährigen Beobachtungen machen, sind dann aber ein bedeutender Gradmesser für den Gesundheitszustand eines Systems.

3 EINLEITUNG

3.1 BEGRIFFSBESTIMMUNG

Der Terminus Bioindikator (indicator) wird vor allem im englischsprachigen Raum vom Begriff Biomonitor (monitor) getrennt. Bioindikator ist nach MARTIN & COUGHTREY (1982) jede Pflanze, da sie Zeiger für die Bedingungen ist, unter denen sie wächst. Sie spiegelt unterschiedliche Parameter wie z.B. Boden und Klima wieder und gibt auch Auskunft über das Verhalten der Pflanzen und Tiere in ihrer Umgebung.



Unter dem Einfluß von Streßfaktoren (natürlich oder anthropogen bedingt) wird man den Begriff eher anwenden, als in den Fällen wo Pflanzen als "Zeigerpflanzen" verwendet werden. Als Biomonitoren werden hingegen jene Pflanzen betrachtet, mittels welcher eine quantitative Erfassung eines zu untersuchenden Stoffes möglich ist, und sich daraus Rückschlüsse über die Verteilung des Stoffes im Ökosystem ziehen lassen.

Der Begriff Bioindikator wird im deutschsprachigem Raum aber leider kaum von dem des Biomonitor getrennt.

3.2 ZWECKE DES BIOMONITORINGS

Biomonitoren sind im allgemeinen Organismen, welche an einem natürlichen oder anthropogen veränderten Standort mit allen ihren Lebensfunktionen auf Umwelteinflüsse reagieren. Sie sind Teile der Nahrungskette und somit Zeiger einer Momentaufnahme des Istzustandes des Gesamtsystems.

In standardisierten physikalischen, chemischen oder physiologischen Untersuchungen werden zumeist Einzelfaktoren untersucht. Die Umsetzung der mit diesen Methoden gewonnenen Werte erweist sich vielmals als nicht relevant, weil die Reaktionsnormen von Lebewesen vielfach über eine simple Addition von Einzelwerten hinausgeht. Multidimensionale Lösungsansätze lassen sich nur am betroffenen Organismus selbst erforschen, wenngleich bei diesen Untersuchungen Rückschlüsse auf Einzelfaktoren nur bedingt gezogen werden können (ZECHMEISTER 1994). Davon ausgehend bieten sie weiters folgende Vor- und Nachteile (nach MARTIN & COUGHTREY 1982, GLIME & KEEN 1984, MANNING & FEDER 1980, ZECHMEISTER 1994 u.v.a.)

3.2.1 Vorteile

- Biologische Materialien geben besseren Einblick in die tatsächliche Deposition von Schadstoffen in den Lebensräumen
- Sie ermöglichen quantitative Erfassung in physikalischen oder chemischen Analysen
- Sie bieten ortsunabhängige Einsatzmöglichkeit weil sie unabhängig von Elektrizität oder anderen Energiequellen sind

- Sie sind sowohl für flächendeckende Hintergrunduntersuchungen als auch für eine punktuelle Schwerpunkterfassung verwendbar
- Geringerer Aufwand in der Betreuung
- Kostengünstig
- Wenig auffällig, daher weniger anfällig gegenüber Vandalismus

3.2.2 Nachteile

- Resultate sind oft abhängig von den eingesetzten Arten und nicht immer leicht zu standardisieren
- Methodik und Untersuchungsflächen sind an das Vorkommen und die Areale bestimmter Pflanzen gebunden
- Besonders verschmutzte Gebiete können oft nicht mehr besiedelt werden
- Einzelne Schadstoffe sind in ihrer Wirkung nicht immer klar zu trennen, reine additive Wirkung von Umweltgiften muß meist einer multiplikativen Wirkung weichen
- Kurzzeitige Schwankungen mit physiologischen Ursachen können vorkommen
- Gefahr von ungewünschten, natürlichen Einflüssen wie Krankheiten, Tierfraß, klimatischen Schwankungen

3.3 NAHZIELE DES MONITORINGS

- Erfassung der Art und Menge von Schadstoffen
- Unterstützung der Emissionskontrolle z.B. in der Umgebung industrieller Emitenten.
- Erfassung der Veränderung der Umweltqualitäten in historischer Sicht. (z.B. RÜHLING & TYLER, 1969)

3.4 ANWENDUNGSBEISPIELE

In den letzten Jahren hat sich eine kleine Gruppe von Pflanzen in der Verwendung für Monitoringzwecke durchgesetzt. Dies sind in geringem Ausmaß unter Standardbedingungen gezogene Höhere Pflanzen (wie z.B. Gräser oder Gemüsesorten wie Kohl), welche anschließend exponiert werden. Vorwiegend finden Kryptogamen aufgrund ihrer ernährungs- und zellphysiologischen Eigenheiten eine weite Verbreitung. Darüber hinaus sind sie in ihrem



Wachstum nicht an bestimmte Vegetationsperioden gebunden und somit z.T. ganzjährig einsetzbar. Neben den Flechten, deren Bioindikationswirkung schon allseits bekannt ist, sind in den letzten Jahren (eigentlich Jahrzehnten) verstärkt Moose für Überwachungs- und Untersuchungszwecke herangezogen worden (z.B. TYLER 1970).

Es ist vor allem die hohe Empfindlichkeit von Moosen gegenüber SO_2 , welche häufig für Monitoringzwecke herangezogen wird. SO_2 und seine wäßrigen Derivate (z.B. H_2SO_3 -) zerstören in hohem Maße das Chlorophyll a der Moosgametophyten durch Freisetzung von H^+ -Ionen, welche die Mg_{2+} -Ionen aus dem Chlorophyll herauslösen, ersetzen und somit funktionsunfähig machen (RAO 1982). Die Empfindlichkeit von Moosen liegt dabei im allgemeinen über der von Flechten (TÜRK & WIRTH 1975). Die Sensibilität von Moosen steigt mit zunehmender Luftfeuchtigkeit. Dadurch sind vor allem die Wintermonate mit erhöhtem SO_2 -Ausstoß, bei gleichzeitig erhöhter Luftfeuchtigkeit besonders schädigend, zumal in dieser Zeit bei vielen Arten unter gemäßigten Klimabedingungen auch ein deutlicher Wachstumsschub erfolgt (RICHARDSON 1981). Einzelne Untersuchungen haben die Wirkungen von Fluoriden und Ozon auf Moose zum Inhalt gehabt und die besondere Sensibilität einzelner Arten getestet (u.a. GILBERT 1971, COMEAU & LEBLANC 1971). Die Empfindlichkeit gegenüber Schwermetallen ist im allgemeinen gering und Thema zahlreicher Untersuchungen (siehe auch Kapitel 4)

Es haben sich zwei Methoden für den Einsatz von Moosen als Bioindikatoren/-monitoren durchgesetzt. Dies ist zum einen die Feststellung eines allgemeinen Artenrückganges als Folge eines direkten Emittenten oder einer globalen Verschmutzung (Moose als Reaktionsindikatoren). Andererseits hat sich vor allem in jüngerer Zeit jene Methode bewährt und dementsprechende Bedeutung erlangt, bei der Moose als Grundlagen für analytische Untersuchungen herangezogen werden (Akkumulationsindikatoren = Monitor). Dabei treten sie häufig an Stelle komplizierter und finanziell aufwendiger technischer Überwachungsmethoden (z.B. Bergerhoff-Geräte).

4 DIE ERFASSUNG DER ATMOSPHÄRISCHEN SCHWERMETALLDEPOSITION MITTELS BRYOPHYTEN

4.1 METHODIK

4.1.1 Moose als Akkumulationsmonitore (allgemeiner methodischer Teil)

Die Arten, welche für analytische Zwecke herangezogen werden sollen, müssen eine Reihe von Voraussetzungen erfüllen.

Diese sind im wesentlichen (nach ZECHMEISTER 1994):

- Ectohydrische Wasser- und Nährstoffversorgung. Die Versorgung mit Wasser und Nährsalzen sollte demnach fast ausschließlich über den Regen, bzw. aus der Atmosphäre sedimentierte Staubpartikel erfolgen. Durch die fehlende Cuticula können die einfliegenden Ionen direkt von den Austauschkapazitäten in den Zellwänden aufgefangen werden.
- Die Wuchsform soll deckenbildend sein. Dieser Habitus wird von einzelnen pleurokarpen Arten gebildet. Dadurch wird in der Flächeneinheit eine relativ gleichbleibende Aufnahmekapazität gewährleistet. Darüber hinaus verhindert die Deckenbildung den Kontakt der jüngeren Triebe mit der Unterlage, womit eine Kontamination mit Stoffen aus der Unterlage weitgehend vermieden wird.
- Die Beblätterung soll relativ gleichförmig und eng sein, um eine effiziente Filterung der Luft zu gewährleisten.
- Gleichmäßige Verbreitung über ein größeres Gebiet
- Erfassung und Trennung der einzelnen Jahreszuwächse muß möglich sein
- mittlere Langlebigkeit, zumindestens 2-5 Jahre
- Relativ geringe Anfälligkeit gegenüber den zu untersuchenden Schadstoffen

Moose vermögen die einzelnen Schwermetalle nicht in gleichem Umfang aufzunehmen. Die durchschnittliche Aufnahmekapazität eines Moooses wird bisweilen auf 60% geschätzt. Faßt man die vorliegenden europäischen Daten (STEINNES 1985, RÜHLING et al 1987, ROSS 1990)



zusammen, so ergeben sich folgende Werte : As 32%; Cd 65%; Cr 84%; V 54%; Zn 41%; Pb 100%. ROSS (1990) gibt dagegen für Cd 40%-50% und für Zn 50%-70% an.

Bezieht man die unterschiedlichen Bindungskapazitäten und das Mooswachstum mit ein, so ergibt sich für Depositionsberechnungen die Formel :

$$D = \frac{C \cdot A}{E}$$

D = Atmosphärische Deposition ($\text{mg m}^{-2} \text{yr}^{-1}$)

C = Konzentration des Metalls im Biomonitor
(mg kg^{-1} Trockengewicht)

A = Wachstumsfaktor des Mooses

E = Effizienzfaktor für die Aufnahmefähigkeit eines bestimmten Metalls

Überdies zeigen verschiedene Arten divergierendes Verhalten in Bezug auf ihr Aufnahmevermögen. Dies liegt vor allem in den unterschiedlichen Austauschkapazitäten begründet.

Sollen aus dem Moosmonitoring gewonnene Daten miteinander verglichen werden, so ist auf folgende Punkte zu achten :

- Nach Möglichkeit sollen nur Daten der selben Art miteinander verglichen werden
- Verschiedene Arten sollen über Korrelationsfaktoren oder falls dies nicht möglich ist oder sinnvoll erscheint nur größenordnungsmäßig miteinander verglichen werden.
- Es sollen nur Daten von Pflanzen des selben Alters zu Vergleichszwecken benutzt werden
- Mikroklimatische und topographische Standortunterschiede müssen vermieden werden.
- Die Aufsammlungsphase sollte eine möglichst kurze Zeitspanne umfassen.

4.1.2 Aufsammlung und Aufbereitung

Die vorliegende Untersuchung wurde mit Moosen durchgeführt, die an ihrem natürlichen Wuchsort gesammelt wurden. Es wurden ausschließlich Bodenmoose ebener Flächen beprobt, welche an Standorten wuchsen, die nach oben hin nicht abgeschirmt sind. Dadurch können

Einflüsse wie Stammablauf, oder Auswaschungseffekte durch Kronen umliegender Gehölze ausgeschlossen werden.

Eine Sammelprobe besteht aus mindestens 5 Teilproben, welche auf einer Fläche von 50 x 50 m gesammelt wurden. Die Moose wurden in Papiersäcke verpackt und vor der weiteren Verarbeitung rasch getrocknet. Diese Methode entspricht jener Norm, welche für Untersuchungen im Rahmen des "International survey of atmospheric heavy metal pollution" erstellt wurde, und auch für Aufsammlungen auf Monitoringflächen im Sinne des EMEP übernommen wurde.

Im Untersuchungsgebiet (Monitoringfläche Zöbelboden) wurde an allen Probenpunkten die Art *Hypnum cupressiforme* gesammelt (als einzige Art der Monitoringfläche welche allen Anforderungen entsprach) und analysiert. Dieses Moos fand bereits in zahlreichen anderen Studien Anwendung, womit eine Vergleichbarkeit der Daten gewährleistet ist. In der Voruntersuchung (s.u.) fanden an anderen Standorten auch die Moose *Hylocomium splendens* und *Ctenidium molluscum* Verwendung.

Die Aufsammlungen erfolgten in zwei Stufen. Die erste Aufsammlung wurde Anfang Juli 1992 auf den Sammelpunkten Zöbelboden, Schoberstein und Feichtau durchgeführt. Dies diente zur Abklärung einer generellen Eignung der Monitoringfläche in Hinblick auf die Hintergrunddepositionswerte (Voruntersuchung). Dabei wurden in dieser Projektphase (07/92) die Elemente Blei (Pb) und Schwefel (S) unter Einsatz mehrerer Moosarten analysiert. Diese Proben wurden in der Analysephase 04/93 nochmals auch auf die übrigen Schwermetalle (siehe unten) untersucht.

Eine zweite Aufsammlung erfolgte im September 1992. Dabei wurde *Hypnum cupressiforme* an 5 Stellen gesammelt, um einen besseren Überblick über die lokale Immission zu erlangen. Bei diesem Durchgang wurden die folgenden Schwermetalle analysiert: Arsen (As), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Blei (Pb), Nickel (Ni) und Zink (Zn). Darüber hinaus wurde der Gesamtschwefelgehalt in % bestimmt.

Die getrockneten Moose wurden im Labor von sichtbaren Staub- und Erdpartikeln gereinigt. Triebe welche älter als drei Jahre waren, wurden entfernt. Die gemessenen Werte entsprechen



den Depositionswerten am Standort in den letzten 3 Jahren. Die derart aufbereiteten Moose wurden dem Umweltbundesamt zur Analyse übergeben.

4.1.3 Aufschluß und Analyse

Nach einer weiteren Trocknung bei 30 °C bis zur Gewichtskonstanz wurden die Moose in einer Kugelmühle vermahlen.

4.1.3.1 Aufschluß

Der Aufschluß erfolgte mittels zweier Varianten :

CAT-Druckaufschluß:

1 g \pm 0,002 g Probe wurde in CAT-Druckaufschlußgefäßen mit 10 ml HNO₃ (65%) suprapur bei 160 °C im Trockenschrank erhitzt. Nach dem Abkühlen wurde die Lösung in 100 ml Meßkolben überführt, mit Reinstwasser aufgefüllt und durch ein Faltenfilter (280 1/4) filtriert, wobei der erste Anteil des Filtrates verworfen wurde.

IM-Aufschluß (HNO₄ / HNO₃):

1 g \pm 0,002 g Probe wurde mit 5 ml HNO₃ (65%) suprapur und 2 ml HNO₄ (70%) suprapur versetzt und über Nacht stengelassen. Im Aufschlußblock wurde die Probe langsam auf 200 °C erwärmt und 20 Minuten bei dieser Temperatur gehalten. Der Verlust an leichtflüchtigen Elementen wurde durch einen Absorptionsaufsatz nach DIN 38414, Tl. 7, verhindert. Nach dem Abkühlen wurde wie beim CAT-Aufschluß verfahren.

4.1.3.2 Analyse

Die Messung der Elemente Eisen, Chrom, Kupfer, Blei und Zink erfolgte mittels ICP-AES (Jobin Yvon JY 38 plus) nach ÖNORM M 6279.

Folgende Elemente wurden mittels Graphitrohr-AAS gemessen:

Cadmium: nach DIN 38406/Tl. 19

Arsen: keine Norm vorhanden

Nickel: nach DIN 38406/Tl. 10

Schwefel: Die vorgetrockneten und gemahlene Proben wurden bei 105 °C kurz nachgetrocknet. Die Messung erfolgte durch Hochtemperaturverbrennung im Sauerstoffstrom bei 1300 °C und anschließender photometrischer Detektion des gebildeten Schwefeldioxids. Kalibriert wurde mit einem zertifizierten Kohlestandard mit einem Gehalt an 0,036 % Schwefel.

Analysengerät : LECO SC 132

Aufschluß und Analyse der Proben erfolgte im Umweltbundesamt, Abteilung für Analytik I, unter Leitung von Mag.Dr. Andrea HANUS-ILLNAR.

4.2 ERGEBNISSE

Die Moose mit Probenbegleitscheinnummer A00323-A00329 (siehe Tab. 2) wurden im Sommer 1992 für die damals geforderte Analyse von Blei und Schwefel mittels CAT aufgeschlossen. Da kein weiteres Probenmaterial zur Verfügung stand, wurden die Moose mit den Labornummern A00318-A00322 (Oktoberaufsammlung) nach beiden Methoden (CAT + HClO₄/HNO₃) aufgeschlossen, um einen Vergleich zu ermöglichen.

Da es sich beim CAT-Aufschluß um eine vollständigere Aufschlußmethode handelt, findet man bei derart behandelten Proben höhere Gehalte an Schwermetallen als beim IM-Aufschluß.

Die auf der Monitoringfläche Zöbelboden gesammelten Proben zeigen unter Einberechnung methodischer Schwankungen und mit Ausnahme der Probe A00319 relativ homogene Werte. Die erhöhten Werte von A00319 können als lokale Probenverunreinigung (Standort 2) betrachtet werden, deren Ursache nicht genauer geklärt werden konnte (siehe auch unten).

Die Schwermetalldeposition auf der Monitoringfläche muß im Vergleich mit anderen beprobten Standorten als eher gering eingestuft werden (Abb. 1 und Abb. 2, Tab. 1). Sowohl die Moose des Standortes Feichtau als auch des Schoberstein zeigen durchwegs höhere Konzentrationen als die Proben vom Zöbelboden. Dies dürfte beim Standort Feichtau auf höhere Niederschläge, beim Schoberstein auch auf lokale Emittenten zurückzuführen sein (ZECHMEISTER 1994). Im Vergleich mit den österreichischen Gesamtmittelwerten (aus ZECHMEISTER 1994) sind die Werte der Monitoringfläche zumeist niedriger. Die etwas erhöhten Cu-Werte und Zn-Werte von



Standort 1 und 2 des Zöbelbodens können in Anbetracht der niedrigen Werte von Standort 3 (in beiden Aufsammlungen) als eng begrenztes, lokales Phänomen beurteilt werden.

Abschließend kann die Monitoringfläche Zöbelboden in Hinblick auf die Schwermetalldeposition zweifelsohne als Gebiet mit relativ geringer Belastung (= Hintergrunddeposition) angesprochen werden.

Probe Nr.:	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
Zöbelboden 10/92								
S1	0,56	0,30	1,80	19	515	2,00	21	69
S2	0,68	0,41	2,40	16	660	2,40	32	52
S3	0,53	0,23	1,78	7	605	1,38	16	42
Zöbelboden 07/92								
Z 07	0,39	0,28	2,65	5	585	3,20	27	36
Schoberstein 07/92								
S	0,39	0,64	6,15	10	800	2,95	19	64
Feichtau 07/92								
F	0,53	0,65	5,64	10	795	4,79	31	64
MWZ	0,59	0,31	1,99	14	593	1,93	23	54
MWÖ	0,81	0,45	2,62	6	879	4,07	23	43

Tab. 1: Vergleich der Mittelwerte unterschiedlicher Standorte und Probepunkte; Konzentrationsangaben in µg/g TG; Z = Zöbelboden, S = Schoberstein, F = Feichtau; MWZ = Mittelwert aller Zöbelbodenwerte (ohne Probe 863), MWÖ = Mittelwert aller Österreichwerte (aus ZECHMEISTER 1994).

Integrated Monitoring - Analysenergebnisse

Probenr.	Labornr.	Integrated Monitoring Code	Moosart, Standort
A00318	V9210862	IMN/19920801/1030/MO/00/00/00	Hypnum cupressiforme Zöbelboden Standort 1
A00319	V9210863	IMN/19920801/1031/MO/01/00/00	Hypnum cupressiforme Zöbelboden Standort 2
A00320	V9210864	IMN/19920801/1031/MO/02/00/00	Hypnum cupressiforme Zöbelboden Standort 2
A00321	V9210865	IMN/19920801/1032/MO/01/00/00	Hypnum cupressiforme Zöbelboden Standort 3
A00322	V9210866	IMN/19920801/1032/MO/02/00/00	Hypnum cupressiforme Zöbelboden Standort 3
A00323	V9207359	IMN/19920701/1032/MO/01/00/00	Hypnum cupressiforme Zöbelboden Standort 3
A00324	V9207360	IMN/19920701/1032/MO/02/00/00	Hypnum cupressiforme Zöbelboden Standort 3
A00325	V9207361	IMN/19920701/1671/MO/01/00/00	Hylocomium splendens Schoberstein (1250m)
A00326	V9207362	IMN/19920701/1671/MO/02/00/00	Pleurozium schreberi Schoberstein (1250m)
A00327	V9207363	IMN/19920701/1672/MO/00/00/00	Ctenidium molluscum Feichtau (1100m)
A00328	V9207364	IMN/19920701/1673/MO/00/00/00	Hylocomium splendens Feichtau (1000m)
A00329	V9207365	IMN/19920701/1674/MO/00/00/00	Hypnum cupressiforme Feichtau (900m)

Standortbeschreibung

Feichtau: 1100 m: nordwestlich Zwielaufhütte
 1000 m: südwestlich Zwielaufhütte
 900 m: Blättenlachgraben

Schoberstein: Gipfelplateaubereich



HClO₄ / HNO₃ - Aufschluß

Probenr.	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn	S in %
A00318	0,53	0,28	0,9	17	430	1,8	17	61	0,1
A00319	1,20	0,37	1,5	50	820	2,4	29	100	0,15
A00320	0,63	0,35	1,4	14	530	2,1	28	47	0,18
A00321	0,50	0,2	1,1	6,2	510	1	13	31	0,11
A00322	0,56	0,2	1,2	6,6	510	1,5	16	49	0,11

CAT-Aufschluß

Probenr.	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn	S in %
A00318	0,58	0,32	2,7	21	600	2,2	24	76	
A00319	2,70	0,51	2,9	150	1200	3	29	330	
A00320	0,73	0,46	3,4	17	790	2,7	36	57	
A00321	0,51	0,27	2,6	8,5	700	1,3	15	32	
A00322	0,53	0,26	2,2	8,4	700	1,7	20	55	
A00323	0,40	0,27	2,3	5,2	540	3,5	30	31	0,1
A00324	0,37	0,28	3	5,2	630	2,9	23,5	40	0,13
A00325	0,47	0,73	4,9	11	830	2,9	21	71	0,19
A00326	0,31	0,55	7,4	8,3	770	3	16	56	0,15
A00327	0,59	0,87	4,6	10,5	730	5,2	34	72	0,15
A00328	0,80	0,71	4,7	13	850	6,2	51	63	0,14
A00329	0,32	0,39	7,1	8,8	800	4,8	22	59	0,16

Tab. 2: Gesamttabelle aller Probandaten; Mengenangaben in µg/g TG; weitere Erklärungen siehe Text.

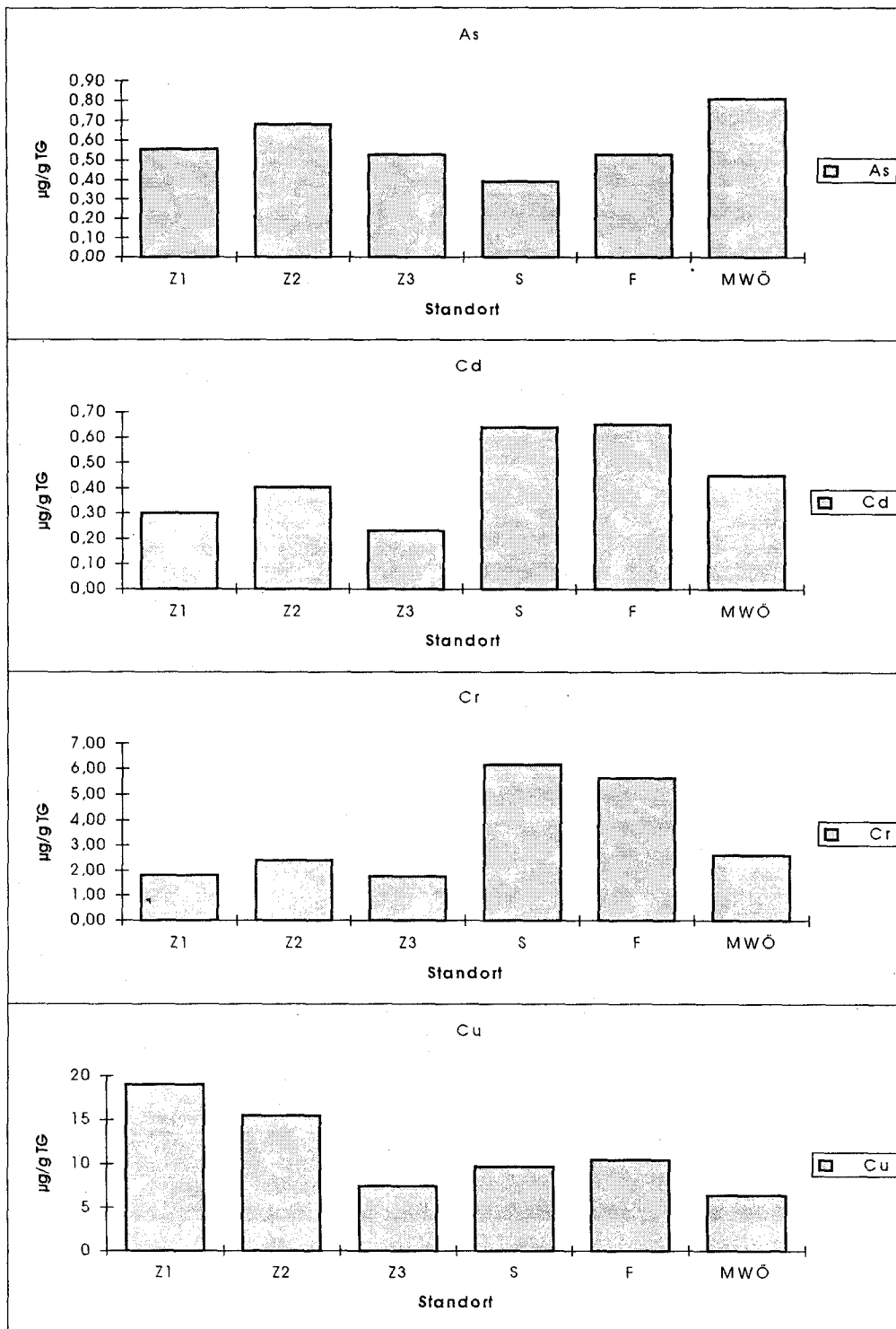


Abb. 1: Vergleich der Mittelwerte unterschiedlicher Standorte und Probepunkte für die Elemente As, Cd, Cr, Cu; Konzentrationsangaben in µg/g TG; Z = Zöbelboden, S = Schoberstein, F = Feichtau, MWZ = Mittelwert aller Zöbelbodenwerte (ohne Probe A00319), MWÖ = Mittelwert aller Österreichwerte (ZECHMEISTER 1994).

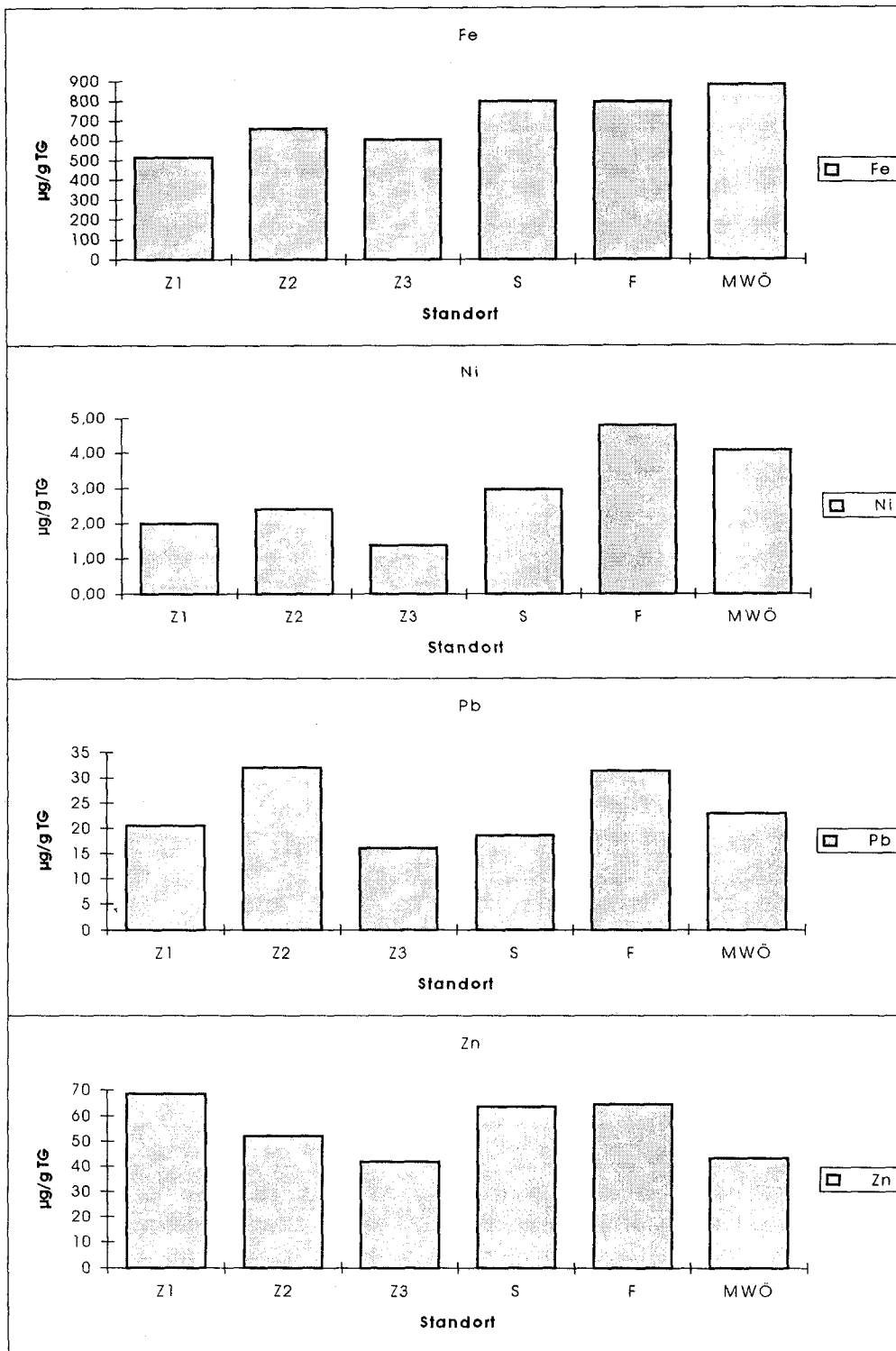
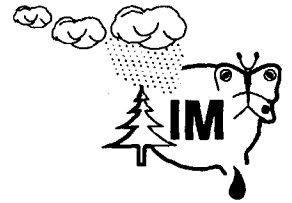


Abb. 2: Vergleich der Mittelwerte unterschiedlicher Standorte und Probepunkte für die Elemente Fe, Ni, Pb, Zn; Konzentrationsangaben in µg/g TG; Z = Zöbelboden, S = Schoberstein, F = Feichtau; MWZ = Mittelwert aller Zöbelbodenwerte (ohne Probe A00319), MWÖ = Mittelwert aller Österreichwerte (ZECHMEISTER 1994).

5 MONITORING ÜBER DIE ERSTELLUNG EINER ARTENLISTE

5.1 ALLGEMEINES

Biomonitoren (im speziellen Moose) reagieren auf Veränderungen in ihrer Umwelt mit verschiedenen Mechanismen und unterschiedlich rasch. Im schwerwiegendsten Fall ist eine Veränderung der Umgebungsbedingungen mit dem Verschwinden einer Art verbunden. Es können aber auch nur ein Wechsel in der Frequenz oder der Vitalität eintreten. Moose reagieren bisweilen mit einer Umstellung ihrer dominierenden Fortpflanzungsstrategie (NORDHORN-
RICHTER & DÜLL 1982). Derartige Veränderungen müssen aber nicht nur in einem räumlichen, sondern auch in einem zeitlichen Kontext gesehen werden (ZONNEVELD 1982). Darüber hinaus gelten bestimmte Reaktionsnormen häufig nur für ein begrenztes Areal.

Für Untersuchungen, welche die Artenstruktur zur Grundlage haben, bieten sich vorwiegend zwei Methoden an. Man kann einerseits die vorhandenen Arten und deren Veränderungen im zeitlichen Verlauf feststellen. Dies erfordert regelmäßige Untersuchungen in mehrjährigen Intervallen. Diese Methode wurde und wird im Integrated Monitoring angewendet. Eine weitere Möglichkeit ist das Monitoring über die Bestimmung des IAP-Index (Index of Atmospheric Purity), welche ausgehend von LEBLANC & DE SLOOVER (1970) weltweite Anwendung findet. Diese Methode muß aber aufgrund der Beschränkung der Untersuchung auf die Monitoringfläche und somit aufgrund eines fehlenden Immissionsgradienten ausgeschlossen werden.

5.2 ARTENLISTE

Mittels mehrmaliger Begehung (Sommer/Herbst 1992) des Untersuchungsgebietes wurde eine Gesamtartenliste (Tab. 3) erstellt. In der Tabelle 3 sind neben Gattungs- und Artnamen (nach DÜLL 1991) noch mehrere ökologische Parameter angegeben:

- das Substrat auf dem das Moos im Gebiet am häufigsten zu finden ist (epilithisch, epiphytisch, Totholz, Bodenmoose, anthropogener Standort, hydrophytisch)
- der Gefährdungsgrad (vierstufig - nach GRIMS 1986)



- Die Toleranz des Moooses gegenüber Luftschadstoffen. Die dabei erstellte 3-stufige Skala wurde nach Literaturangaben (SAUER 1990, CHOPRA & KUMRA 1988, KUHN et al. 1987, SERGIO 1987, RAO 1982, DÜLL 1979, GILBERT 1971, GILBERT 1970 u.a.) sowie nach der persönlichen Erfahrung des Autors vorgenommen. Dabei wird nach Reinluftzeigern (R), mäßig empfindlichen Arten (M) und toleranten bzw. wenig empfindlichen Arten (T) unterschieden. Arten mit stark divergierenden Literaturangaben, oder Arten ohne Einschätzungsmöglichkeit wurden mit U gekennzeichnet.
- Ellenberg`sche Zeigerwerte für Licht, Temperatur, Kontinentalität, Feuchtigkeit und Reaktionszahl (alle 1-9) (nach ELLENBERG et al. 1991)

Legende zur Artenliste (Tabelle 3)

NR	Interne Nummer
GATT_NAME	Gattungsname
SPEC_NAME	Artname, Name der Varietät, Autor und häufigstes Synonym
H	<i>Hepaticae</i> (Lebermoos), alle anderen Arten sind Laubmoose
S	häufigster Standort oder Substrat
	1 epilithisch
	2 epiphytisch
	3 Totholz
	4 Bodenmoos Wald
	5 Bodenmoos Wiese
	6 anthropogener Standort (Straße, Wegrand etc.)
	7 hygrophytisch (Bach, Quelle, sickernasse Felsen)
G	Gefährdung
	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
L	Lichtzahl (nach ELLENBERG et al. 1991)
T	Temperaturzahl (nach ELLENBERG et al. 1991)
K	Kontinentalitätszahl (nach ELLENBERG et al. 1991)
F	Feuchtigkeitszahl (nach ELLENBERG et al. 1991)
R	Reaktionszahl (nach ELLENBERG et al. 1991)



ARTENLISTE

NR	GATT_NAME	SPEC_NAME	H	S	G	Z	L	T	K	F	R
1	Amblystegium	serpens (Hedw.) B., S. & G. var. serpens		4		T	5	x	5	4	6
2	Anomodon	attenuatus (Hedw.) Hueb.		2		R	5	5	7	5	7
3	Atrichum	undulatum (Hedw.) P. Beauv. var. undulatum		4		M	6	x	5	6	4
4	Barbula	convoluta Hedw. var. convoluta		6		T	8	x	5	3	6
5	Barbula	crocea (Brid.) Web. & Mohr		1		U	4	1	3	7	9
6	Bazzania	trilobata (L.) S. Gray var. trilobata	H	3		R	5	4	6	6	2
7	Brachythecium	rivulare B., S. & G.		7		T	x	3	5	7	5
8	Brachythecium	rutabulum (Hedw.) B., S. & G. var. rutabulum		3		T	5	x	5	4	x
9	Bryum	capillare Hedw.		4		T	5	x	5	5	6
10	Bryum	laevifilum Syed (flaccidum)		2		T	5	5	5	5	6
11	Bryum	pseudotriquetrum (Hedw.) G., M. & S. var. pseud.		6		U	7	x	5	7	7
12	Calliergonella	cuspidata (Hedw.) Loeske		6		T	8	3	5	7	7
13	Campylium	calcareum Crundw. & Nyh. (polymorphum)		6		M	4	5	5	4	8
14	Campylium	stellatum (Hedw.) C. Jens. ex J. Lange var. stellatum		6		M	8	2	6	7	7
15	Ceratodon	purpureus (Hedw.) Brid. var. purpureus		3		T	8	x	x	2	x
16	Cirriphyllum	crassinervium (Tayl. ex Mackay) Loeske & Fleischer		4		M	4	5	6	5	8
17	Conocephalum	conicum (L.) Underw.	H	6		T	7	3	6	7	7
18	Cratoneuron	filicinum (Hedw.) Spruce var. filicinum		7		M	7	x	5	7	7
19	Ctenidium	molluscum (Hedw.) Mitt. var. molluscum		1		T	6	4	5	4	8
20	Dicranella	heteromalla (Hedw.) Schimp.		3		U	5	4	5	4	2
21	Dicranella	subulata (Hedw.) Schimp.		4		M	6	2	6	5	2
22	Dicranella	varia (Hedw.) Schimp. var. varia		6		T	8	x	5	7	8
23	Dicranodontium	denudatum (Brid.) Britt. ex Williams var. denudatum		3		M	4	3	6	6	2
24	Dicranum	majus Sm.		4	3	M	5	3	6	6	3
25	Dicranum	montanum Hedw.		2		U	6	3	6	5	2
26	Dicranum	muehlenbeckii B., S. & G. var. muehlenbeckii		2	3	M	8	2	7	4	8
27	Dicranum	scoparium Hedw.		4		M	5	x	5	4	4
28	Distichium	capillaceum (Hedw.) B., S. & G.		1		R	4	3	6	5	8
29	Distichium	inclinatum (Hedw.) B., S. & G.		1		R	5	1	6	6	9
30	Ditrichum	flexicaule (Schwaegr.) Hampe var. flexicaule		1		U	6	x	6	5	9
31	Encalypta	streptocarpa Hedw.		1		T	5	x	5	5	8
32	Eucladium	verticillatum (Brid.) B., S. & G.		7		M	5	7	5	7	9
33	Eurhynchium	hians (Hedw.) Sande Lac. var. hians (swartzii)		6		T	7	4	5	5	7
34	Eurhynchium	striatum (Hedw.) Schimp.		4		M	5	6	3	5	6

NR	GATT_NAME	SPEC_NAME	H	S	G	Z	L	T	K	F	R
35	Fissidens	adianthoides Hedw.		6		M	x	3	5	8	7
36	Fissidens	cristatus Wils. ex Mitt.		1		M	x	4	5	4	8
37	Fissidens	taxifolius Hedw.		4		T	5	4	5	6	7
38	Frullania	dilatata (L.) Dum.	H	2		R	8	3	5	4	5
39	Frullania	fragilifolia (Tayl.) Gott.	H	3	4	R	7	4	4	5	4
40	Frullania	tamarisci (L.) Dum.	H	2		R	7	3	4	4	5
41	Funaria	hygrometrica Hedw. var. hygrometrica		4		T	8	x	5	6	6
42	Gymnostomum	aeruginosum Sm.		1		R	4	3	6	7	6
43	Herzogiella	seligeri (Brid.) Iwats.		3		M	5	4	6	5	4
44	Homalothecium	sericeum (Hedw.) B., S. & G.		1		R	8	3	5	2	7
45	Hylocomium	splendens (Hedw.) B., S. & G. var. splendens		4		U	6	3	6	4	5
46	Hypnum	cupressiforme Hedw. ssp. cupr. var. cupressiforme		2		T	5	x	5	4	4
47	Hypnum	cupressiforme var. filiforme Brid.		2		R	4	x	5	5	x
48	Isothecium	alopecuroides (Dubois) Isov. var. alopec. (myurum)		2		T	5	4	6	5	6
49	Lejeunea	cavifolia (Ehrh.) Lindb. emend. Buch var. cavifolia	H	2		R	5	3	4	6	6
50	Lescuraea	mutabilis (Brid.) Lindb. ex I. Hag.		2		M	8	2	7	5	3
51	Leucobryum	glaucum (Hedw.) Aongstr. ex Fries		4		T	5	3	4	7	1
52	Leucodon	sciuroides (Hedw.) Schwaegr. var. sciuroides		2		R	8	5	5	4	6
53	Lophocolea	heterophylla (Schrad.) Dum.	H	3		T	4	3	5	4	3
54	Marchantia	polymorpha L. emend. Burgeff var. polymorpha	H	6		T	8	x	5	6	5
55	Metzgeria	conjugata Lindb.	H	2		T	4	4	4	7	5
56	Metzgeria	furcata (L.) Dum.	H	2		R	5	3	5	4	6
57	Mnium	hornum Hedw.		2		T	5	3	4	6	3
58	Mnium	spinatum (Voit) Schwaegr.		4		M	5	2	6	6	6
59	Mylia	taylorii (Hook.) S. Gray	H	3	4	U	7	2	3	6	1
60	Neckera	complanata (Hedw.) Hueb.		2		R	4	3	5	4	7
61	Neckera	crispa Hedw.		1		R	3	3	5	4	7
62	Nowellia	curvifolia (Dicks.) Mitt.	H	3		U	5	4	4	6	1
63	Odontoschisma	denudatum (Nees.) Dum.	H	3	4	M	5	4	4	6	1
64	Orthothecium	intricatum (C. Hartm.) B., S. & G.		1		R	3	1	6	6	8
65	Orthothecium	rufescens (Schwaegr.) B., S. & G.		1		R	8	2	6	7	8
66	Orthotrichum	speciosum Nees ex Sturm var. speciosum		2		R	7	2	6	5	5
67	Orthotrichum	striatum Hedw.		2		R	8	3	4	5	6
68	Pedinophyllum	interruptum (Nees) Kaal.	H	2	4	R	3	3	4	6	9
69	Pellia	epiphylla (L.) Corda	H	4		T	x	4	5	8	3
70	Philonotis	fontana (Hedw.) Brid.		6		M	8	x	6	7	2



NR	GATT_NAME	SPEC_NAME	H	S	G	Z	L	T	K	F	R
71	Plagiochila	asplenioides (L. emend. Tayl.) Dum.	H	4		M	4	4	5	6	6
72	Plagiochila	porelloides (Torrey ex Nees) Lindenb.	H	2		M	6	3	5	4	7
73	Plagiomnium	affine (Bland.) T. Kop.		6		M	5	4	5	5	5
74	Plagiomnium	cuspidatum (Hedw.) T. Kop.		4		M	4	3	4	5	7
75	Plagiomnium	undulatum (Hedw.) T. Kop.		4		M	4	3	5	6	6
76	Plagiothecium	curvifolium Schlieph. ex Limpr.		3		T	5	2	4	4	2
77	Plagiothecium	laetum B., S. & G.		2		T	4	3	6	4	2
78	Plagiothecium	nemorale (Mitt.) Jaeg. (sylvaticum agg.)		3		T	4	3	5	6	5
79	Plagiothecium	undulatum (Hedw.) B., S. & G.		4		T	4	3	4	6	1
80	Pleurozium	schreberi (Brid.) Mitt.		4		M	6	3	6	4	2
81	Polytrichum	commune Hedw. var. commune		4		M	6	2	6	7	2
82	Polytrichum	formosum Hedw.		4		M	4	2	5	6	2
83	Porella	platyphylla (L.) Pfeiff.	H	1		R	5	3	5	4	6
84	Pottia	lanceolata (Hedw.) C. Muell.		6		T	8	5	5	6	7
85	Pseudoleskeella	catenulata (Brid. ex Schrad.) Kindb. var. catenulata		1		U	8	3	6	4	8
86	Pterigynandrum	filiforme Hedw. var. filiforme		2		R	6	2	6	5	4
87	Ptilidium	pulcherrimum (G. Web.) Vainio	H	3	4	T	7	3	6	5	2
88	Pylaisia	polyantha (Hedw.) Schimp. var. polyantha		2		R	8	3	6	5	7
89	Rhabdoweisia	fugax (Hedw.) B., S. & G.		1		U	4	2	6	5	2
90	Rhizomnium	punctatum (Hedw.) T. Kop.		3		M	3	3	4	6	4
91	Rhynchostegium	murale (Hedw.) B., S. & G.		4		T	5	3	5	5	7
92	Rhytidiadelphus	squarrosus (Hedw.) Warnst.		6		T	7	3	6	6	5
93	Rhytidiadelphus	triquetrus (Hedw.) Warnst.		4		R	7	3	6	4	5
94	Riccardia	palmata (Hedw.) Carruth.	H	3		U	4	4	4	6	1
95	Sanionia	uncinata (Hedw.) Loeske		3		M	x	x	6	7	3
96	Scapania	gymnostomophila Kaal.	H	2	4	R	4	2	6	7	7
97	Scapania	umbrosa (Schrad.) Dum.		3	4	R	4	3	4	6	1
98	Schistidium	apocarpum (Hedw.) B. & S. var. apocarpum		1		R	4	x	5	3	7
99	Scleropodium	purum (Hedw.) Limpr.		4		M	6	4	5	4	5
100	Tetraphis	pellucida Hedw.		3		T	3	3	5	6	1
101	Thuidium	tamariscinum (Hedw.) B. & S.		4		R	4	4	4	6	4
102	Tortella	tortuosa (Hedw.) Limpr. var. tortuosa		1		M	5	x	6	4	8
103	Ulota	crispa (Hedw.) Brid. var. crispa		2		R	4	3	5	6	3

Tab. 3: Gesamtartenliste mit ökologischen Parametern und Zeigerwerten

5.3 INTERPRETATION DER DATEN

Das erhobene Datenmaterial ist die Feststellung des derzeit aktuellen Zustandes. Um klare Aussagen über die Veränderung der Umweltqualität machen zu können, sind entweder historische Daten notwendig oder Untersuchungen, welche zukünftig in periodisch ablaufenden Wiederholungen durchgeführt werden. Da ältere Daten für das Untersuchungsgebiet nicht vorliegen, muß der Schwerpunkt der flächenbezogenen Arbeit in der Erforschung künftiger Veränderungen der Artenstruktur liegen. Trotzdem lassen sich aus dem aktuellen Stand allgemeine Tendenzen ablesen.

5.3.1 Analyse ausgewählter Kleinstandorte

5.3.1.1 Bodenmoose

Die von Laubbäumen dominierten Bestände zeigen aufgrund des Laubfalls geringere Bodenmoosanteile. Ein ähnliche Situation kann man auch in den lichtereren Beständen der Steilhangwälder beobachten, in denen die Konkurrenz der Phanerogame für Bryophyten zu groß ist. Bodenmoose findet man vor allem im fichtendominierten Plateaubereich. Bemerkenswert ist dort die Verzahnung von Moosen sauren Untergrundes (z.B. Rohhumus) mit solchen über kalkreichen Substraten (wie sie dem autochthonen Untergrund entsprechen). Die breite Streuung der Auswertung der Zeigerwerte in bezug auf die Reaktionszahl spiegelt dieses Faktum wieder. Die stark sauren Arten sind aber den Totholzbeständen zuzuordnen. Ob dabei auch eine oberflächliche Versauerung z.B. über die Niederschläge oder die pH-Absenkung aufgrund des Streuabbaus eine größere Rolle spielt, kann erst nach Beurteilung der Bodenuntersuchungen geklärt werden. Zukünftige Untersuchungen werden aber diesem Mosaik, bzw. der Verschiebung in Richtung acido- oder basiphile Gruppen größere Aufmerksamkeit widmen müssen (diesem Problemkreis entsprechen auch die quantitativen Untersuchungen in den Daueruntersuchungsflächen siehe Kap.6). Möglicherweise tritt auch eine Nivellierung und Dominanz von Arten mit breiter Reaktionsamplitude ein.

5.3.1.2 Epiphyten

Diese Gruppe beinhaltet die gegenüber Schadstoffen sensibelsten Moose. Innerhalb der Epiphyten kommt es zu den raschesten Veränderungen bei geänderten Umweltbedingungen. Mit ca. 30 Arten stellen sie ein Drittel der Gesamtartenzahl dar. Trotzdem ist die Artenzahl als eher



gering einzustufen. Dies dürfte zum einen mit dem hohen Anteil an oligo- und mesotrophen Borken (Fichte, Buche), zum anderen mit nicht allzu hoher Luftfeuchtigkeit im Zusammenhang stehen. Diese Annahme wird auch durch die Kontinentalitätszahl der gefundenen Arten untermauert. Sollte jedoch letzteres durch die technischen Messungen widerlegt werden, müssten auch immissionsbedingte Gründe angeführt werden, was aber wiederum aufgrund der hohen Anzahl an Reinluftzeigern auszuschließen sein wird.

5.3.1.3 Felsmoose

Diese Gruppe zeigt größtenteils das zu erwartende Artenspektrum ohne wesentliche Einschränkungen. Die Standortparameter Feuchtigkeit und Beschattung divergieren aber stark und reichen von schattigen, nassen Felswänden bis zu trockenen Felsen mit vollem Lichtgenuß. Veränderungen im Artenbestand sind, wenn überhaupt, nur langfristig zu erwarten. Arten dieser Gruppe sind zumeist weniger sensibel als Epiphyten, aber sensibler als Bodenmoose (RAO 1982).

5.3.1.4 Totholzbesiedler

Moose dieser Standorte eignen sich, trotz zum Teil extrem stenöker Arten, nur bedingt als Monitoren für Immissionen, da die standortklimatischen Bedingungen (Beschattung, Feuchtigkeit, Zersetzung des Substrates) durchwegs von größerer Bedeutung sind und diesbezügliche Änderungen rascheste Auswirkungen zeigt.

5.3.1.5 Moose an anthropogenen Standorten

Hierbei überwiegen Arten, welche eine zum Teil hohe Resistenz gegenüber Schadstoffeinträgen besitzen. *Ceratodon purpureus* und *Bryum capillare* gehören zu den Moosen, welche noch unter höchsten Belastungen gut gedeihen. Zum anderen findet man auf den Wegrändern der Fläche staunasse Böden mit erstaunlich vielen Hygrophyten.

5.3.2 Beurteilung der Ellenberg'schen Zeigerwerte

Obwohl die meisten Zeigerwerte empirisch ermittelt wurden (ELLENBERG et al. 1991), und in den wenigsten Fällen von Messungen untermauert sind, spiegeln sie doch die allgemeinen Standortparameter wider. Die statistische Auswertung einzelner Faktoren (Licht-, Reaktionszahl, Abb. 3 bzw. Abb. 4) verweist jedoch nur auf die Heterogenität der

Kleinstandorte. Ein deutlicher Schwerpunkt in Bezug auf die Temperatur (Abb. 3) liegt bei den Kühlezeigern (Wert 3), wie er hochmontan-subalpinen Lagen entspricht. Der Kontinentalitätsstatus (Abb. 3) liegt überwiegend im schwach subozeanischen bis subkontinentalen Bereich. Die Auswertung der Feuchtezahl (Abb. 4) zeigt die Dominanz von Feuchtezeigern

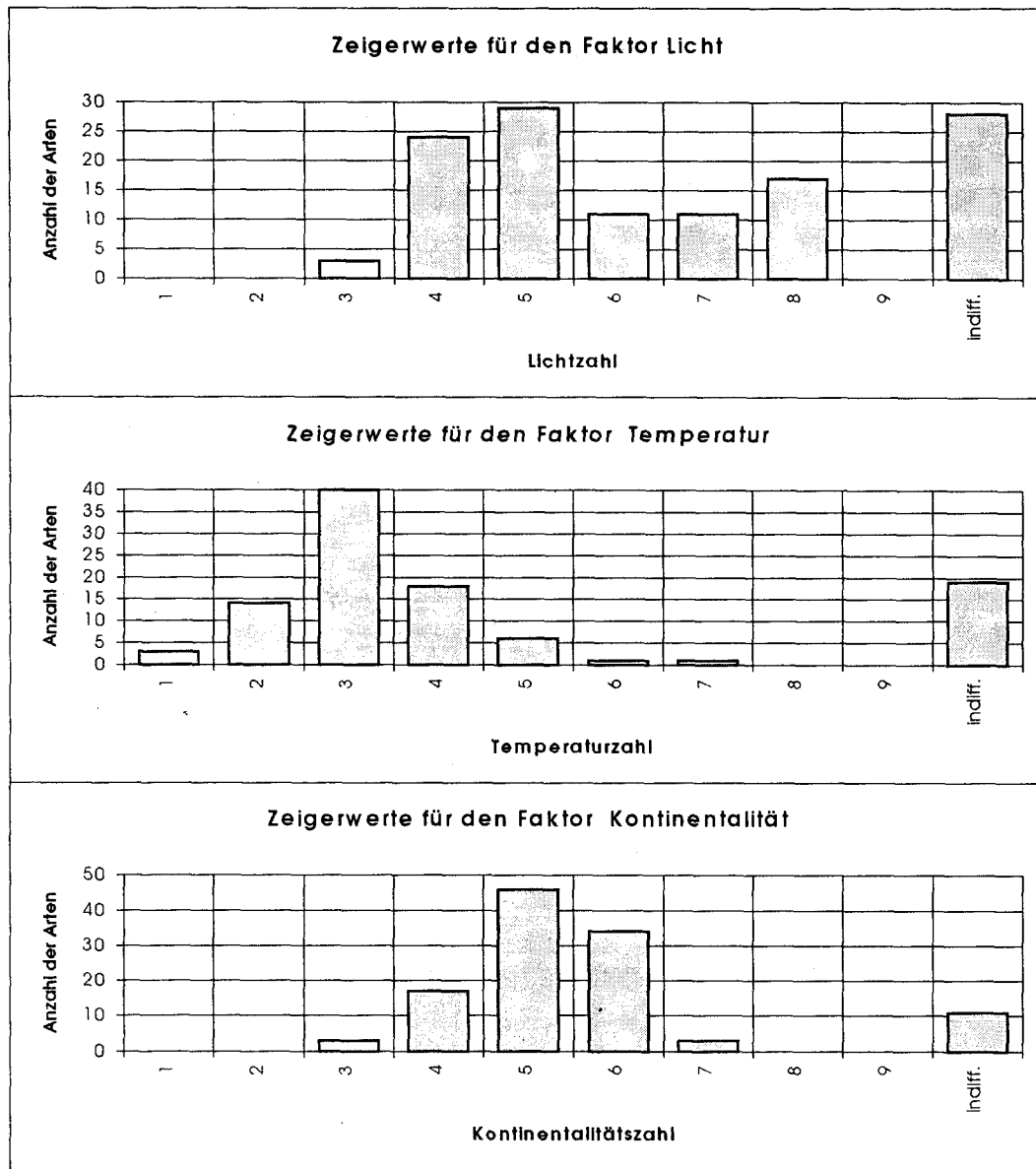


Abb. 3: Verteilung der Moosarten in Bezug auf Faktor Licht-, Temperatur- und Kontinentalitätszahl

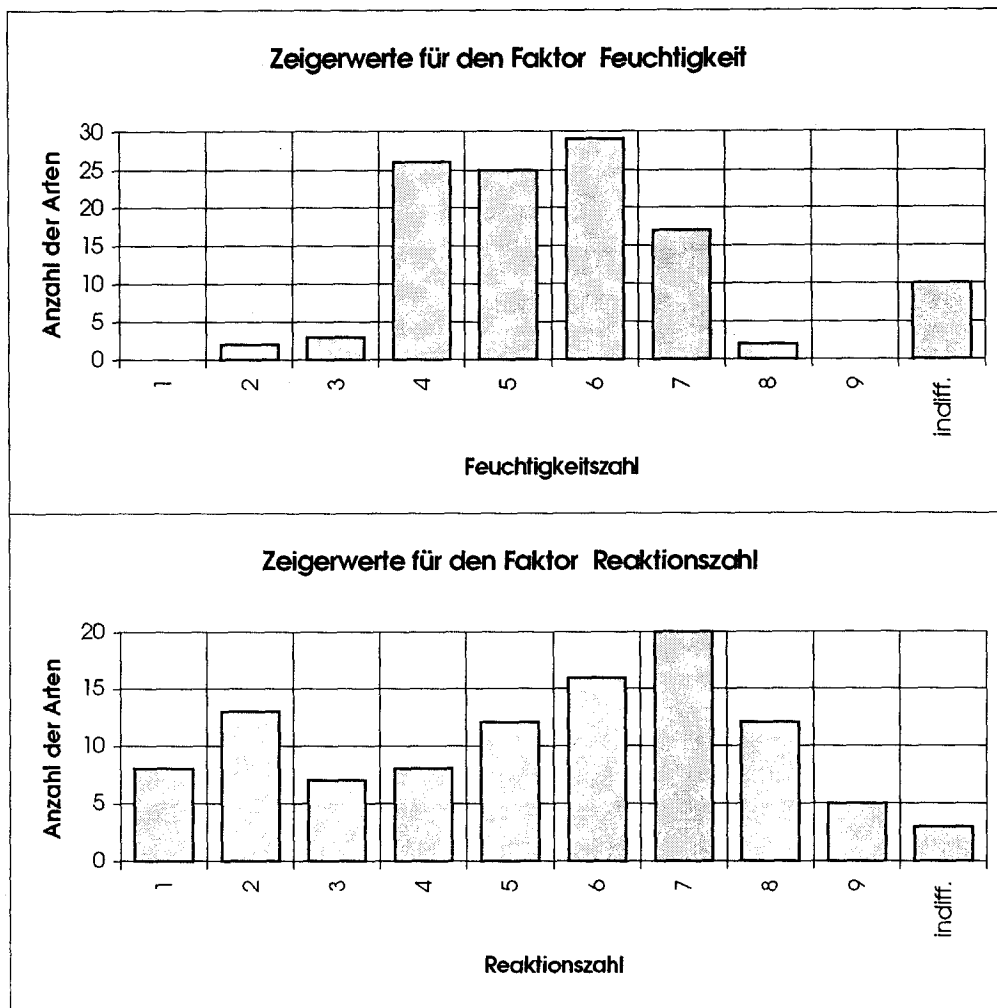


Abb. 4: Verteilung der Moosarten in Bezug auf Faktor Feuchtigkeits- und Reaktionszahl

5.3.3 Beurteilung der Immissionssituation auf der Monitoringfläche

Aufgrund der derzeitigen Artenstruktur lassen sich, mit den oben gemachten Einschränkungen, bereits allgemeine Aussagen über die Belastungssituation des Untersuchungsgebietes treffen.

Die Monitoringfläche ist, in Bezug auf die Flächengröße gesehen, relativ arm an Kleinstrukturen und unterschiedlichen ökologischen Nischen. So fehlen z.B. Feuchtgebiete und permanente Fließstrecken oder extrem luftfeuchte Bestände, also typisch bryophile Bereiche. Dies, und nicht unmittelbarer Luftschadstoffeinfluß, dürfte der Hauptgrund dafür sein, daß nur mäßiger Artenreichtum herrscht. Wie aus Untersuchungen im urbanen Bereich bekannt ist (NORDHORN-RICHTER & DÜLL 1982, WITTENBERGER 1979), spielt auch dort die

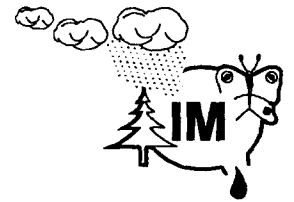
Verarmung an Standorten bisweilen eine größere Rolle für die Abnahme an Arten als der unmittelbare Einfluß von Immissionen (wenngleich auch Verarmung an Strukturen ein Parameter für Lebensqualität sein kann). Zusatzuntersuchungen, welche für das Jahr 1993 geplant sind, versuchen durch eine stichprobenartige Kartierung in der näheren Umgebung der Monitoringfläche das Problem der Nischenarmut zu umgehen.

Unter Bedachtnahme, daß Q-Werte (LEBLANC & DE SLOOVER 1970) (als Maß für Toleranz gegenüber Luftschadstoffen) zumeist regionale Begrenztheit finden (u.a. RICHARDSON 1981), können doch die unten aufgelisteten Arten als "Reinluftzeiger" bezeichnet werden :

[Im folgenden werden nur Arten erwähnt für die bereits Untersuchungen vorliegen (in Klammer), und für Monitoringzwecke verwendet wurden; die tatsächliche Liste ist etwas länger, siehe auch Artenliste]

- Anomodon attenuatus* (SAUER 1990)
- Frullania dilatata* (DÜLL 1979)
- Frullania tamarisci* (SERGIO 1987)
- Homalothecium sericeum* (SERGIO 1987)
- Lejeunea cavifolia* (SERGIO 1987)
- Leucodon sciuroides* (SERGIO 1987)
- Metzgeria furcata* (SERGIO 1987, DÜLL 1979)
- Neckera complanata* (SERGIO 1987, SAUER 1990)
- Neckera crispa* (SAUER 1990)
- Orthotrichum striatum* (SAUER 1990)
- Porella platyphylla* (SAUER 1990)
- Pterigynandrum filiforme* (SAUER 1990, DÜLL 1979)
- Pylaisia polyantha* (LE BLANC et al. 1971)
- Schistidium apocarpum* (CHOPRA & KUMRA 1988)
- Thuidium tamariscinum* (SERGIO 1987, DÜLL 1979)
- Ulota crispa* (RAO 1982)

Aufgrund der hohen Zahl an "Reinluftmoosen" kann die Hintergrundbelastung der Fläche als gering eingeschätzt werden.



6 DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN - MOOSQUADRATE

6.1 ALLGEMEINES

Zur Feststellung von räumlichen und zeitlichen Vegetationsveränderungen werden ausgehend von populationsbiologischen Untersuchungen (z.B. DURING & VAN TOOREN 1988, SILVERTOWN 1987) in vielen Fällen Daueruntersuchungsflächen für Monitoringzwecke eingerichtet (z.B. DE WITT 1982). Durch die flächengenaue Umsetzung können neben qualitativen Daten (z.B. Artenspektrum) auch quantitative Daten (z.B. Veränderungen der Populationsstärke, % der Schädigung) ermittelt werden. Die Auswahl der Probeflächen kann nach bestimmten Kriterien erfolgen, oder einfach einem unstratifizierten random-sampling unterworfen werden (FOLKESON & ANDERSSON 1988). Wichtig für klare Aussagen sind aber gleichbleibende Untersuchungsflächenparameter in allen Belastungsbereichen.

Bevorzugt werden epiphytische Moose als Bioindikatoren genommen, weil sie zumeist empfindlicher als Bodenmoose reagieren. Dies steht zum Teil mit der geringen Pufferkapazität der Borke in Zusammenhang (z.B. RASMUSSEN 1977, SAUER 1990). Aufgrund der Anreicherung von Schadstoffen über den Stammablauf dienen Bodenflächen im Stammfußbereich ebenfalls häufig als Beobachtungsflächen, bislang vor allem aber in bodenbiologischen Untersuchungen (z.B. GLATZEL & KAZDA 1985, ZECHMEISTER-BOLTENSTERN & SPADINGER 1992).

Fehlerquellen können bei dieser Untersuchungsmethode z.T. in divergierenden mikroklimatischen Verhältnissen begründet sein, welche anthropogene Einflüsse abpuffern oder verstärken. GILBERT (1970) gibt insgesamt 16 Standortparameter an, welche den Einfluß des Luftschadstoffes SO₂ verändern können (u.a. pH-Wert und Pufferkapazität des Substrates, Nährstoffgehalt der Borke, Wasserversorgung, Alter, Wuchsform etc).

6.2 METHODIK

In der laufenden Untersuchung wurden in der Vegetationsperiode des Jahres 1992 25 „Moosplots“ als Daueruntersuchungsflächen eingerichtet, welche nach subjektiven Kriterien

ausgewählt wurden. Ein Kriterium war dabei das Vorhandensein einer repräsentativen Population an adäquaten Standorten, welche Rückschlüsse auf Veränderungen aufgrund geänderter Umweltbedingungen erlauben. Andererseits wurde der Versuch unternommen mikroklimatisch analoge Flächen zu finden, mit möglichst wenigen, divergierenden Variablen (z.B. in Bezug auf Neigung, Exposition, Stammhöhe usw.) um Veränderungen im Bereich beabsichtigter Variablen (z.B. Baumarten oder Schadstoffeinfluß) besser erkennen und interpretieren zu können.

Die Flächen gliedern sich wie folgt :

6.2.1 Boden-Moosplots

6 Plots; diese haben eine Größe von 50 x 50 cm. Vier Plots haben humosen Untergrund, ein Plot umfaßt vorwiegend epilithische Moose, ein Moosplot wurde auf Totholz eingerichtet. Die Moosplots wurden mit 4 gelben Metallrohren abgegrenzt. Das jeweils nördlichste Metallrohr ist oben rot-weiß-rot und trägt die eingestanzte Raumnummer. Mittels dieser Moosplots sollen langfristige Veränderungen in der Waldbodenstruktur ermittelt werden. Veränderungen sind nur in größeren Zeiträumen zu erwarten und geben auch Auskunft über populationsdynamische Prozesse.

6.2.2 Stammablaufbereich-Moosplots

9 Plots; diese haben eine Größe und Markierung wie die Boden-Moosplots. Der Kleinstandort zeichnet sich durch ein spezielles Mikroklima aus (z.B. hohe Luftfeuchtigkeit), deshalb wird er bevorzugt von Moosen besiedelt. Im Stammablaufbereich kommt es aber auch bekanntermaßen zu einer besonders hohen Anreicherung von Luftschadstoffen (siehe auch oben). Mit steigender Verschmutzung tritt daher eine rapide Artenabnahme bzw. Artenverschiebung auf, die für indikatorische Zwecke Verwendung findet.

6.2.3 Epiphytische Moosplots

10 Moosplots wurden auf lebenden Bäumen angelegt. Ein epiphytischer Moosplot entspricht dem 50 x 50 cm Format der Boden-Moosplots. In den anderen neun Fällen kam jene Methode zur Anwendung, bei der in einer bestimmten Höhe (wahlweise verschieden) ein imaginärer Ring



um den Baum gezogen wird, welcher durch vier reelle Punkte (Nägel) am Baum markiert ist. An diesem Ring wird, ausgehend von einer Markierung im Westen, Richtung Süden usw. fortlaufend, mittels eines Maßbandes alle 5 Zentimeter jenes Moos notiert, welches an diesem Punkt wächst; auch andere Epiphyten wie Flechten bzw. Freiflächen werden vermerkt.

Die Boden- und Stammablaufbereich-Moosplots wurden flächengenau kartiert (siehe Kap.6.3), die epiphytischen Moosplots nach der oben beschriebenen Methode aufgenommen.

Zur leichteren Auffindbarkeit aller Flächen wurden die nächstliegenden Bäume mit rot-weiß-roten Kunststoffbändern markiert.

Raumnummer	Typus	Raumnummer	Typus
1001	epiphytischer Moosplot	1014	Boden-Moosplot
1002	epiphytischer Moosplot	1015	Stammablaufbereich-Moosplot
1003	Stammablaufbereich-Moosplot	1016	epiphytischer Moosplot
1004	Boden-Moosplot	1017	Stammablaufbereich-Moosplot
1005	Stammablaufbereich-Moosplot	1018	Boden-Moosplot
1006	Stammablaufbereich-Moosplot	1019	Stammablaufbereich-Moosplot
1007	Boden-Moosplot	1020	epiphytischer Moosplot
1008	epiphytischer Moosplot	1021	Stammablaufbereich-Moosplot
1009	epiphytischer Moosplot	1022	epiphytischer Moosplot
1010	Boden-Moosplot	1023	Boden-Moosplot
1011	epiphytischer Moosplot	1024	epiphytischer Moosplot
1012	Stammablaufbereich-Moosplot	1025	epiphytischer Moosplot
1013	Boden-Moosplot		

Tab. 4: Raumnummern und Typen der Moosplots

6.3 DARSTELLUNG DER DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN

- Im folgenden werden die 25 Moosplots entsprechend ihrer laufenden Numerierung dargestellt. Der vermarkte Eckpunkt ist mit einem Kreuz und der entsprechenden Raumnummer gekennzeichnet.
- Die Boden- und Stammablauf-Moosplots sind maßstabsgetreu, verkleinert dargestellt.
- Die Moose der epiphytischen Moosplots sind nach der oben geschilderten Methode aufgelistet.
- Die Lage der Standorte ist in der Karte im Anhang eingezeichnet.

6.3.1 Moosplot 1 (Raumnummer 1001)

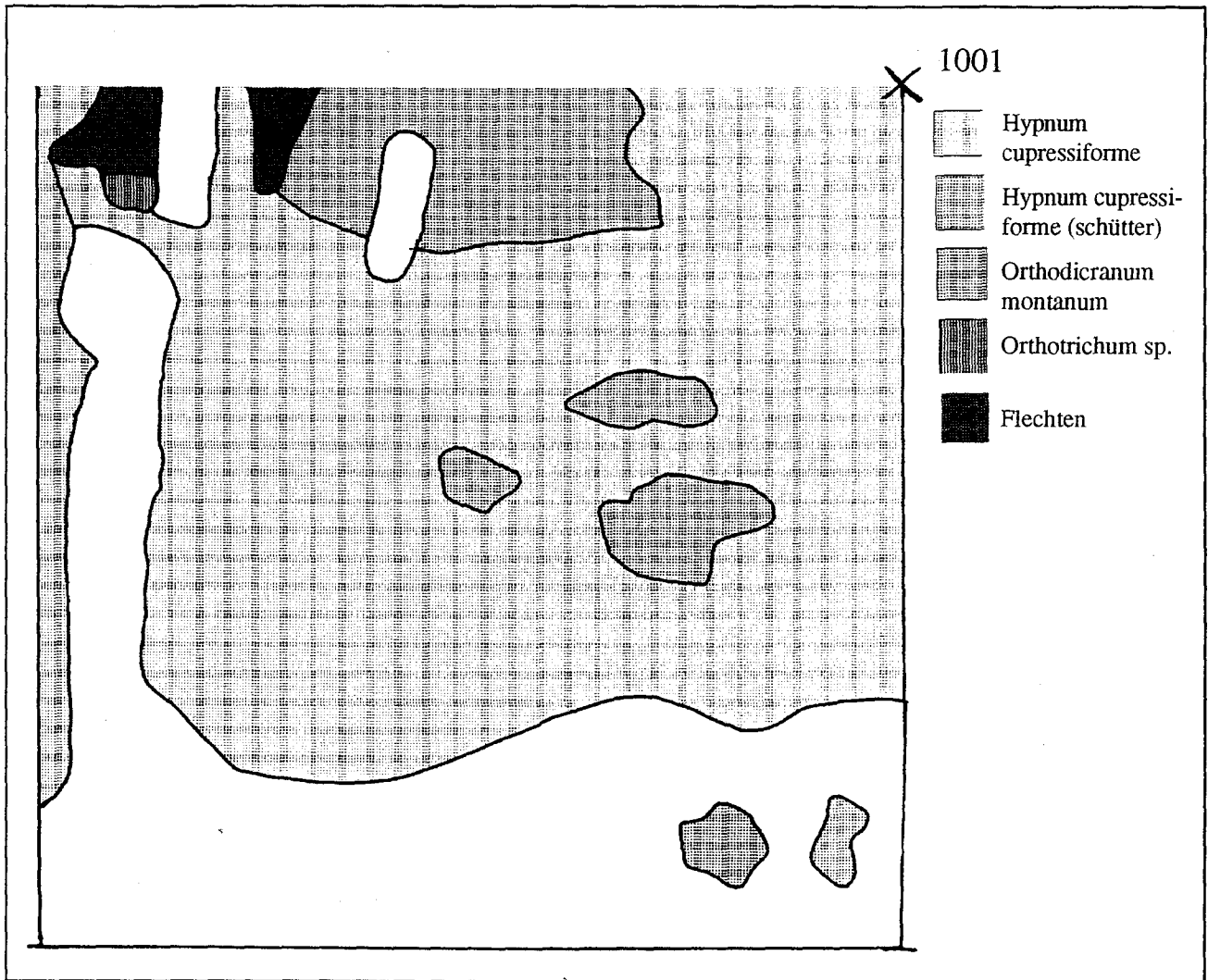


Abb. 5: Typus: Epiphytischer Moosplot (flächige Darstellung)

Trägerbaum: Buche

Brusthöhendurchmesser: 45 cm

Höhe des Moosplots: 150 cm

Moosarten: siehe Skizze

6.3.2 Moosplot 2 (1002)

Typus: Epiphytischer Moosplot

Trägerbaum : Buche

Brusthöhendurchmesser : 45 cm

Höhe des Moosplots : 37 cm

Moosarten : *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / Flechte / *Hypnum cupressiforme* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / Flechte / kein Moos / kein Moos / Flechte / *Dicranum montanum* / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / Flechte / Flechte / Flechte / Flechte / Flechte / Flechte / Flechte / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / Gesamtumfang 175 cm

Außerdem noch in Ringnähe : *Pylaisia polyantha*, *Dicranum muehlenbeckii*, *Radula complanata*, *Plagiothecium laetum*, *Frullania dilatata*

6.3.3 Moosplot 3 (1003)

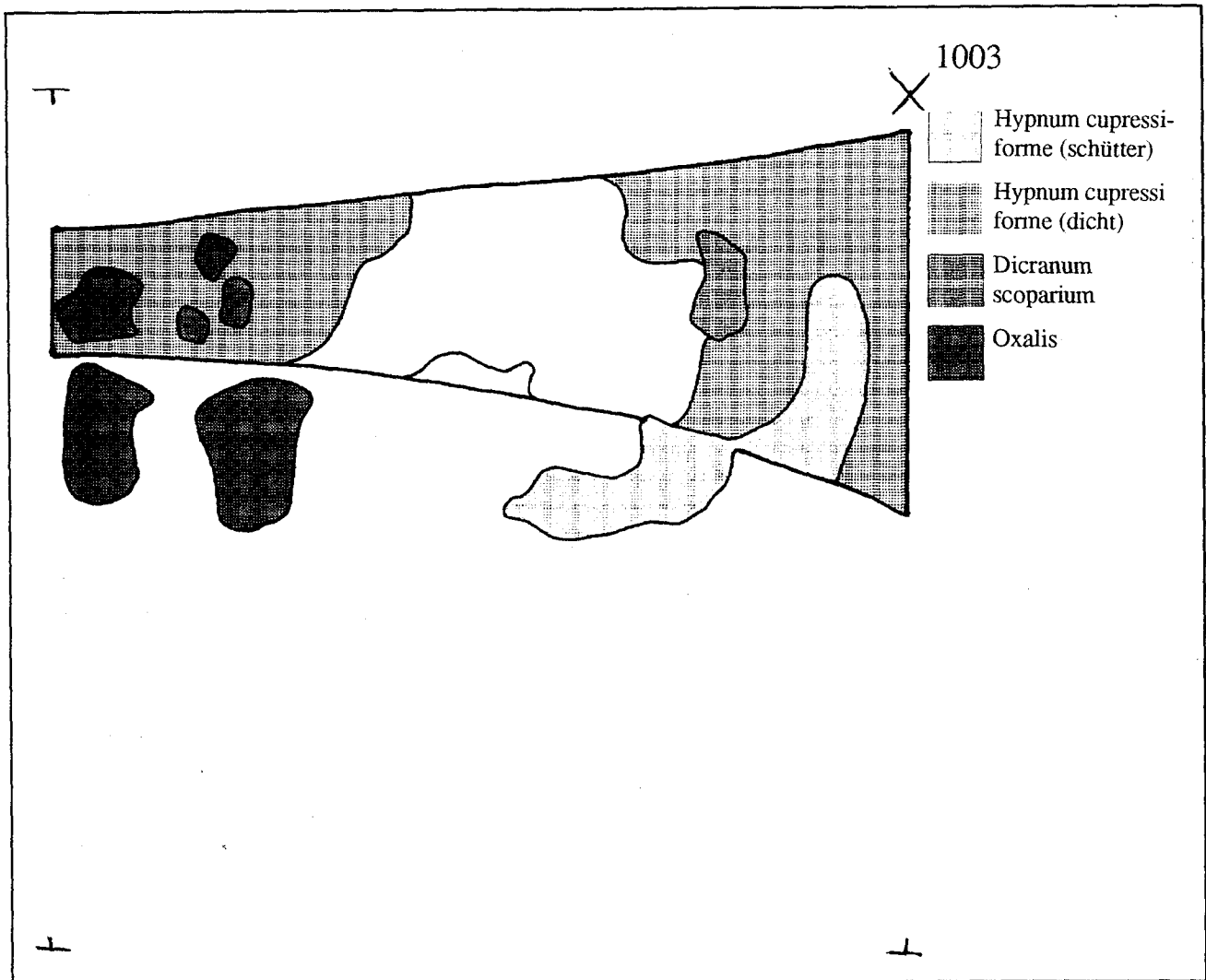


Abb. 6: Typus: Stammablaufbereich-Moosplot
Exposition : SW
Baumart : Buche
Moosarten : siehe Skizze
Anmerkungen : Moose vorwiegend auf Wurzel

6.3.4 Moosplot 4 (1004)

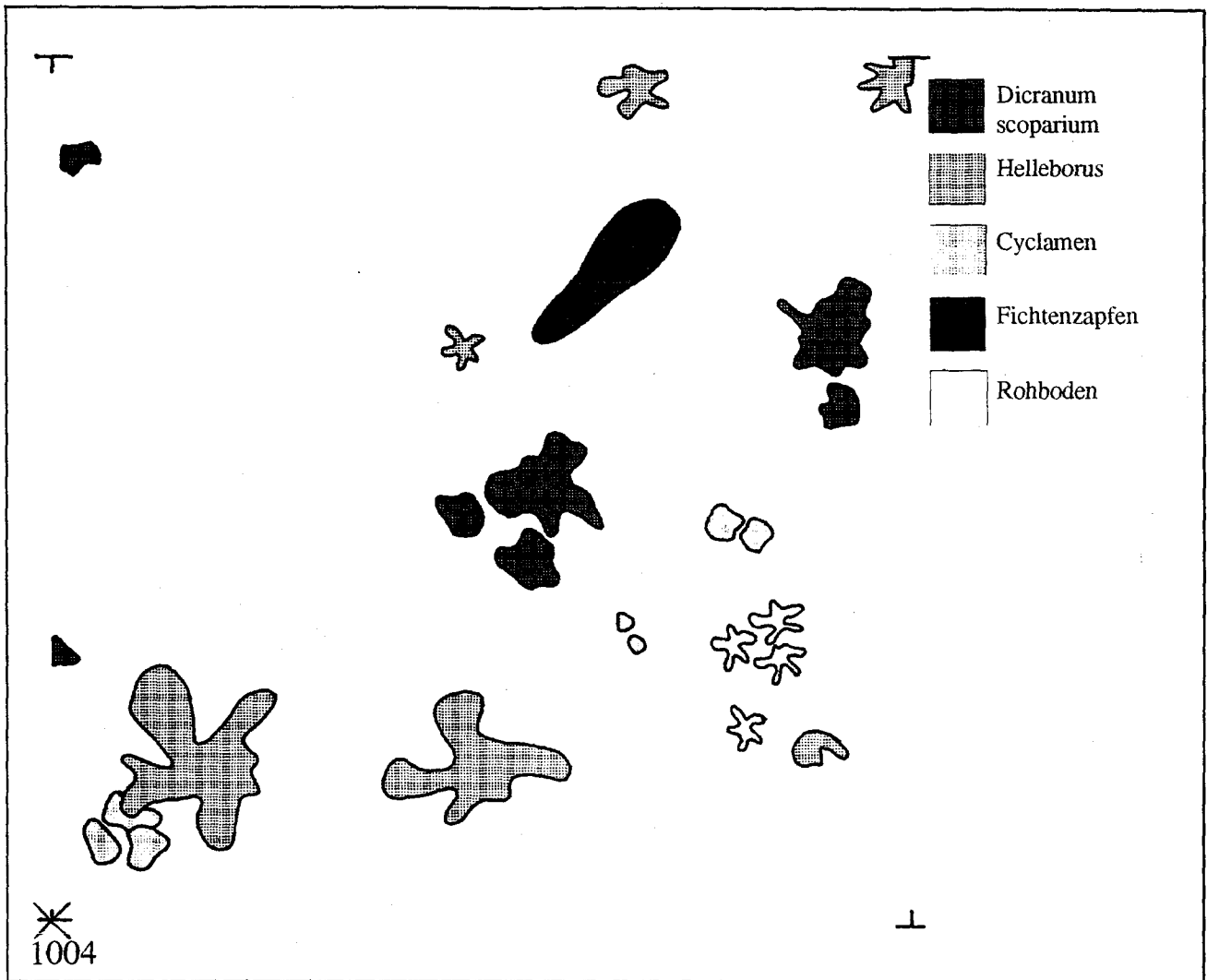


Abb. 7: Typus: Boden-Moosplot

Standort: Freifläche

Exposition / Neigung: ebene Lage

Moosarten: siehe Skizze

Anmerkungen: größtenteils vegetationsfreie Fläche mit flachgründigen Böden



6.3.5 Moosplot 5 (1005)

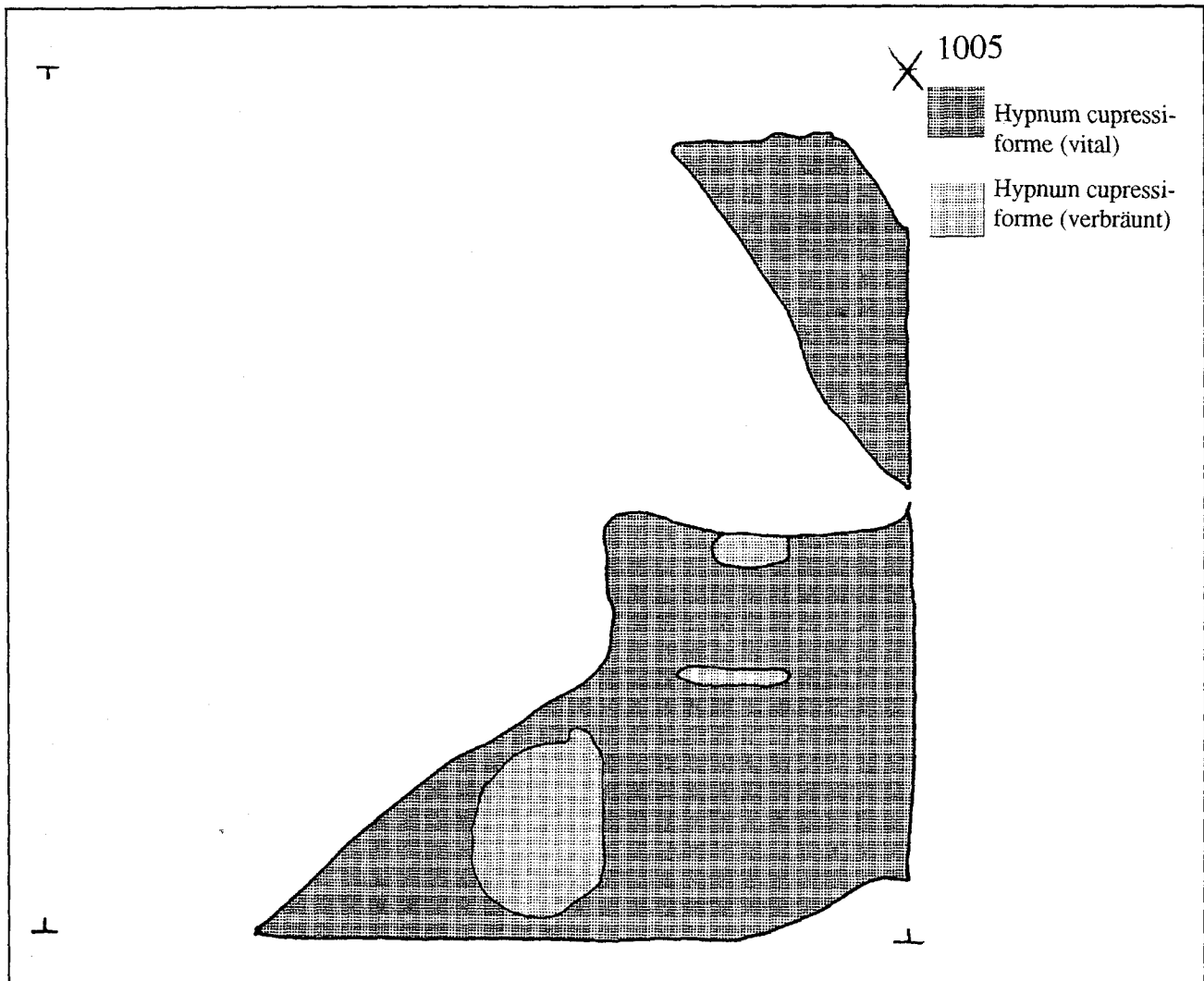


Abb. 8: Typus: Stammablaufbereich-Moosplot

Exposition: NW

Baumart: Buche

Moosarten: siehe Skizze

Anmerkungen : Vitalität teilweise gestört, Vergleichsfläche zu Moosplot 6

6.3.6 Moosplot 6 (1006)

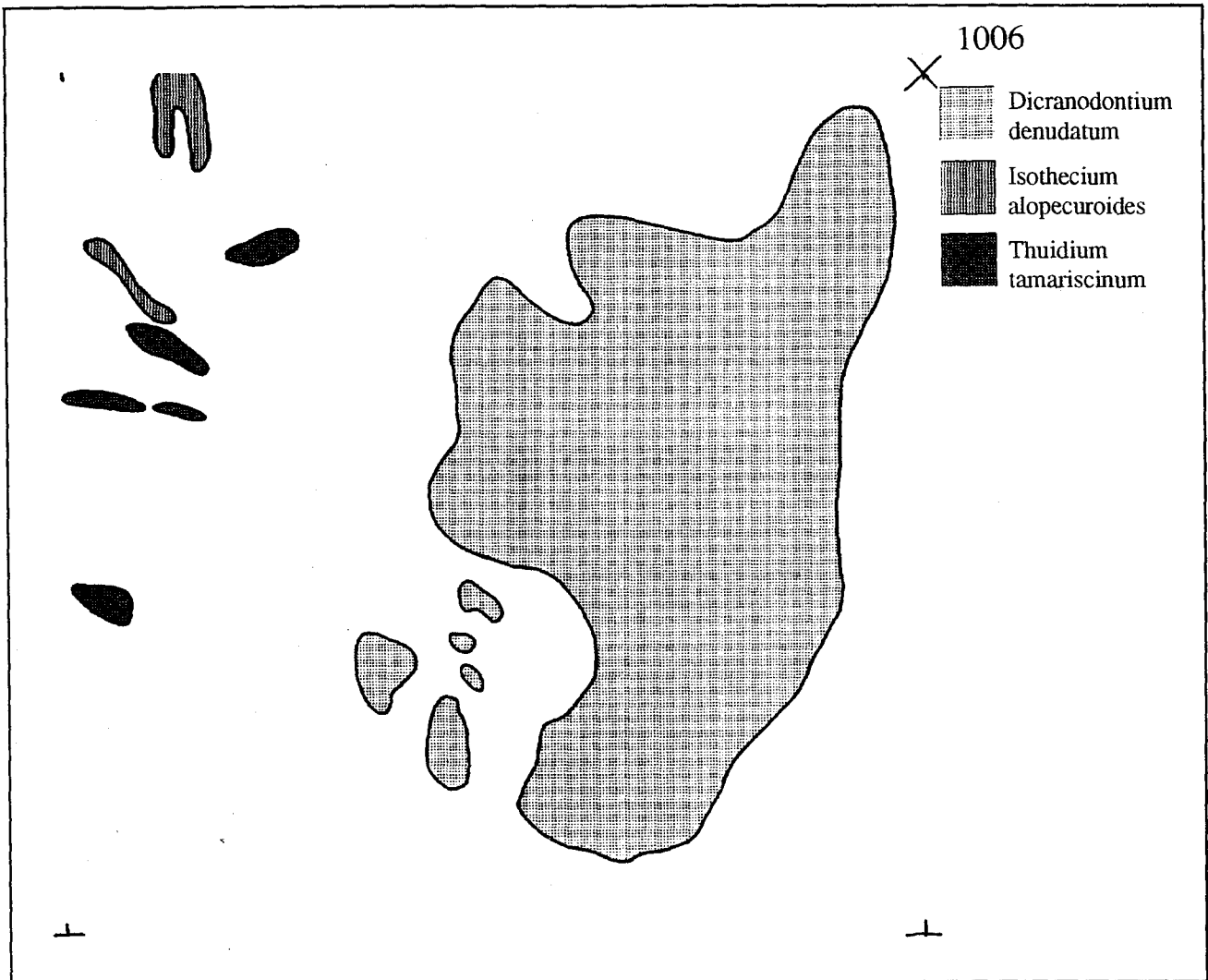


Abb. 9: Typus : Stammablaufbereich-Moosplot
Exposition: NW
Baumart: Fichte
Moosarten: siehe Skizze
Anmerkungen: Vergleichsfläche zu Moosplot 5

6.3.7 Moosplot 7 (1007)

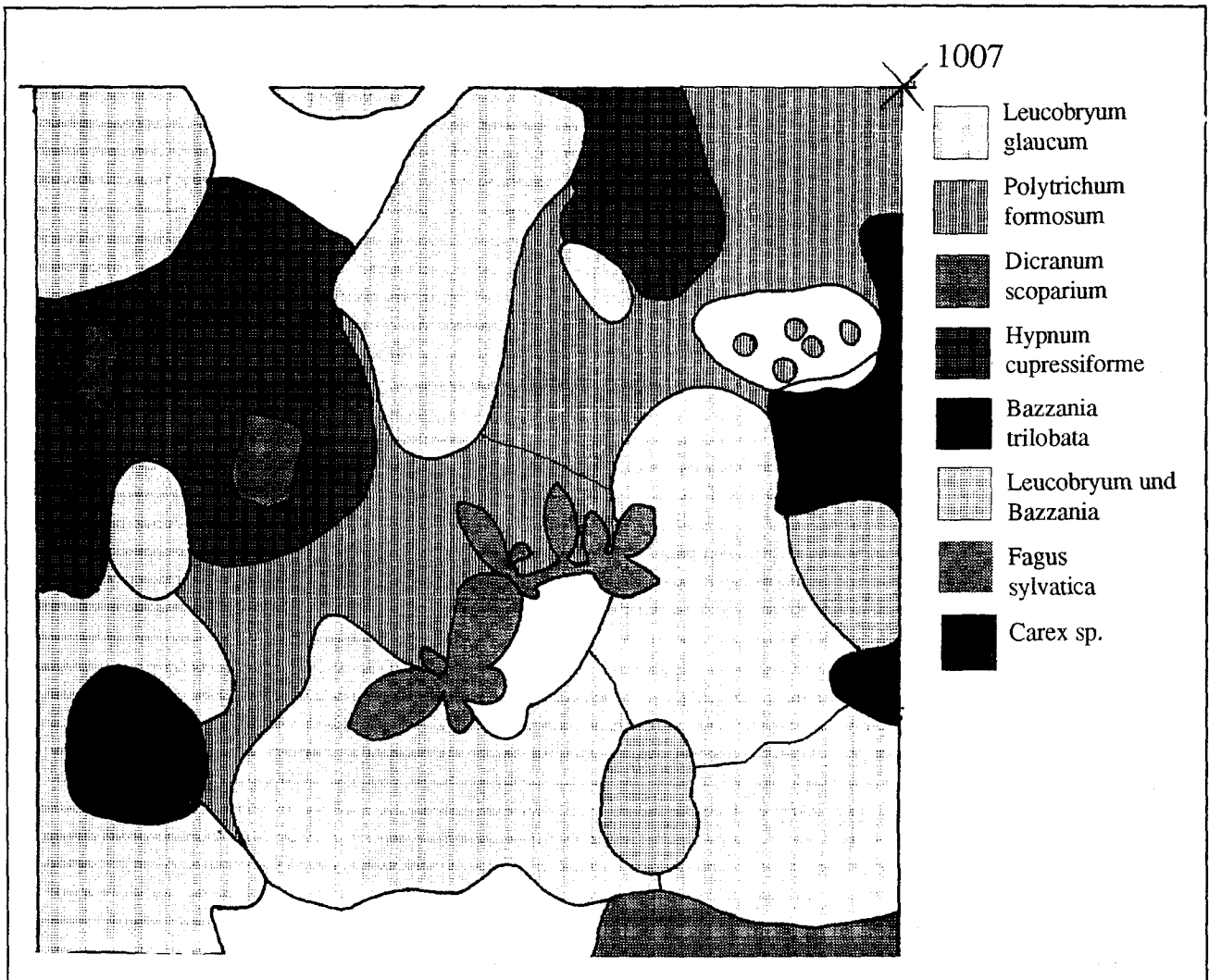


Abb. 10: Typus : Boden-Moosplot
Standort: Fichtendominierter Bestand
Exposition / Neigung: ebene Lage
Moosarten: siehe Skizze
Anmerkungen: Rohhumus im Untergrund

6.3.8 Moosplot 8 (1008)

Typus: Epiphytischer Moosplot

Trägerbaum: Esche

Brusthöhendurchmesser: 50 cm

Höhe des Moosplots: 150 cm

Moosarten : *Neckera crispa* / *Neckera crispa* / kein Moos / *Lejeunea cavifolia* / *Isothecium alopecuroides* / *Scapania gymnostophila* / Flechte / *Isothecium alopecuroides* / *Pylaisia polyantha* / Flechte / Protonema / Flechte / Flechte / Protonema / *Pylaisia polyantha* / *Pylaisia polyantha* / *Orthotrichum sp.* / Flechte / Flechte / *Pylaisia polyantha* / *Hypnum cupressiforme var. fil.* / *Hypnum cupressiforme var. fil.* / *Hypnum cupressiforme var. fil.* / *Hypnum cupressiforme var. fil.* / *Hypnum cupressiforme var. fil.* / kein Moos / *Neckera crispa* / *Neckera crispa* / *Neckera crispa* / Gesamtumfang 149 cm

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



6.3.9 Moosplot 9 (1009)

Typus: Epiphytischer Moosplot

Trägerbaum: Esche

Brusthöhendurchmesser: 50 cm

Höhe des Moosplots: 100 cm

Moosarten : *Frullania dilatata* / *Lejeunea cavifolia* u. *Scapania gymnosophila* / Flechte /
Lejeunea cavifolia u. *Scapania gymnosophila* / *Pterygynandrum filiforme* / kein Moos / Flechte
/ *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Hypnum cupressiforme* / *Pylaisia*
polyantha / *Pylaisia polyantha* / *Pylaisia polyantha* / Flechte / Flechte / *Lejeunea cavifolia* u.
Scapania gymnosophila / *Isothecium alopecuroides* / *Lejeunea cavifolia* u. *Scapania*
gymnosophila / kein Moos / kein Moos / *Isothecium alopecuroides* / *Hypnum cupressiforme* /
Hypnum cupressiforme / kein Moos / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum*
cupressiforme / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium*
alopecuroides / *Radula complanata* / Gesamtumfang 160 cm

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

6.3.10 Moosplot 10 (1010)

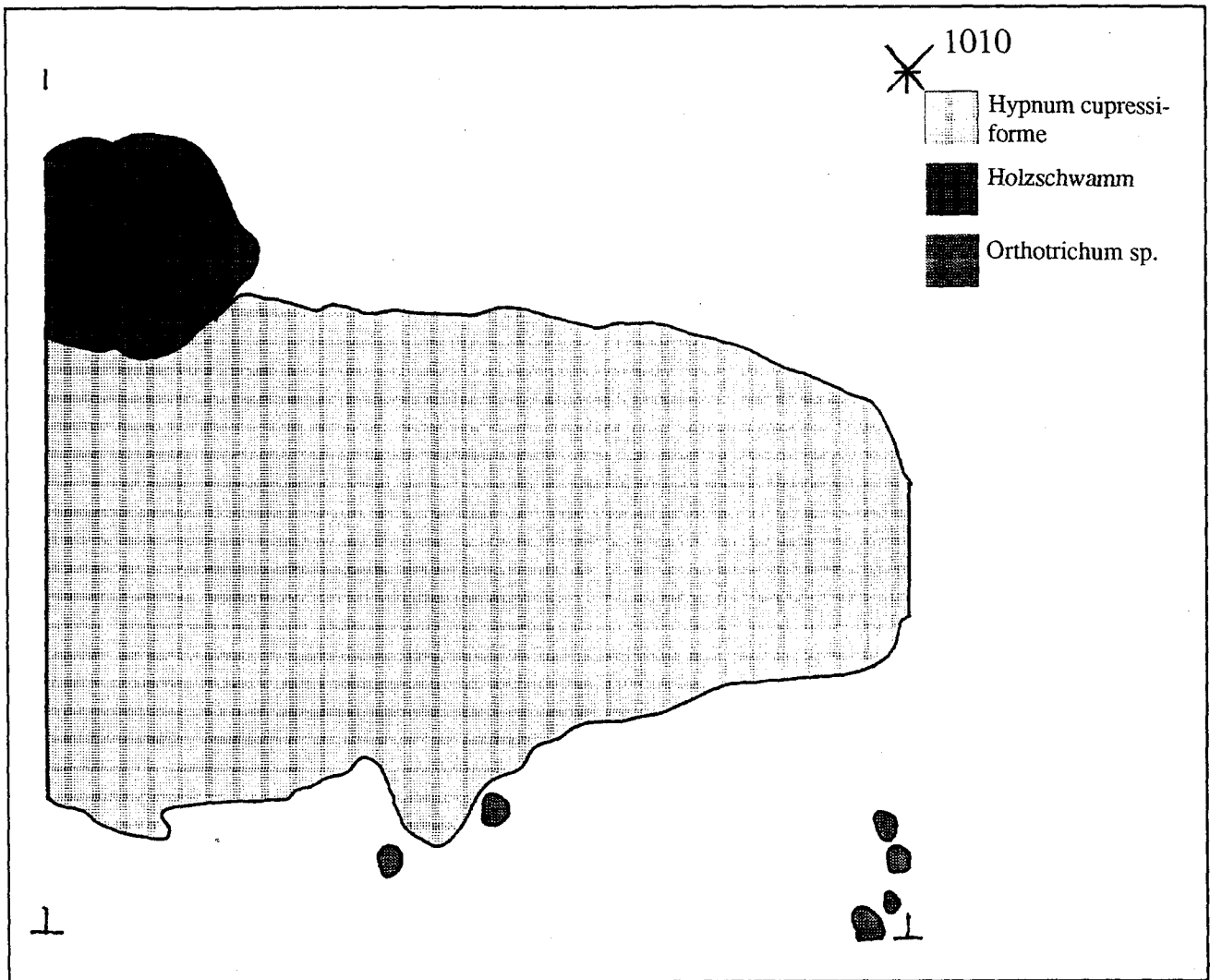


Abb. 11: Typus: Boden-Moosplot

Standort: Totholz

Exposition / Neigung: ebene Lage

Moosarten: siehe Skizze

Anmerkungen : älterer umgefallener Baumstamm mit sekundärem Moosbewuchs



6.3.11 Moosplot 11 (1011)

Typus: Epiphytischer Moosplot

Trägerbaum: Buche

Brusthöhendurchmesser: 50 cm

Höhe des Moosplots: 180 cm

Moosarten : *Ulota crispa* / *Metzgeria furcata* / *Radula complanata* / *Radula complanata* /
Radula complanata / *Radula complanata* / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos /
Ulota crispa / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein
Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / *Frullania dilatata* / kein Moos / *Radula*
complanata / *Frullania dilatata* / *Orthodicranum montanum* / *Metzgeria furcata* / *Ulota crispa*
/ *Pterigynandrum filiforme* / *Pterigynandrum filiforme* / *Metzgeria furcata* / *Pterigynandrum*
filiforme / Gesamtumfang 155 cm

Anmerkungen : *Metzgeria furcata* bisweilen gemeinsam mit *Scapania gymnostophila*

6.3.12 Moosplot 12 (1012)

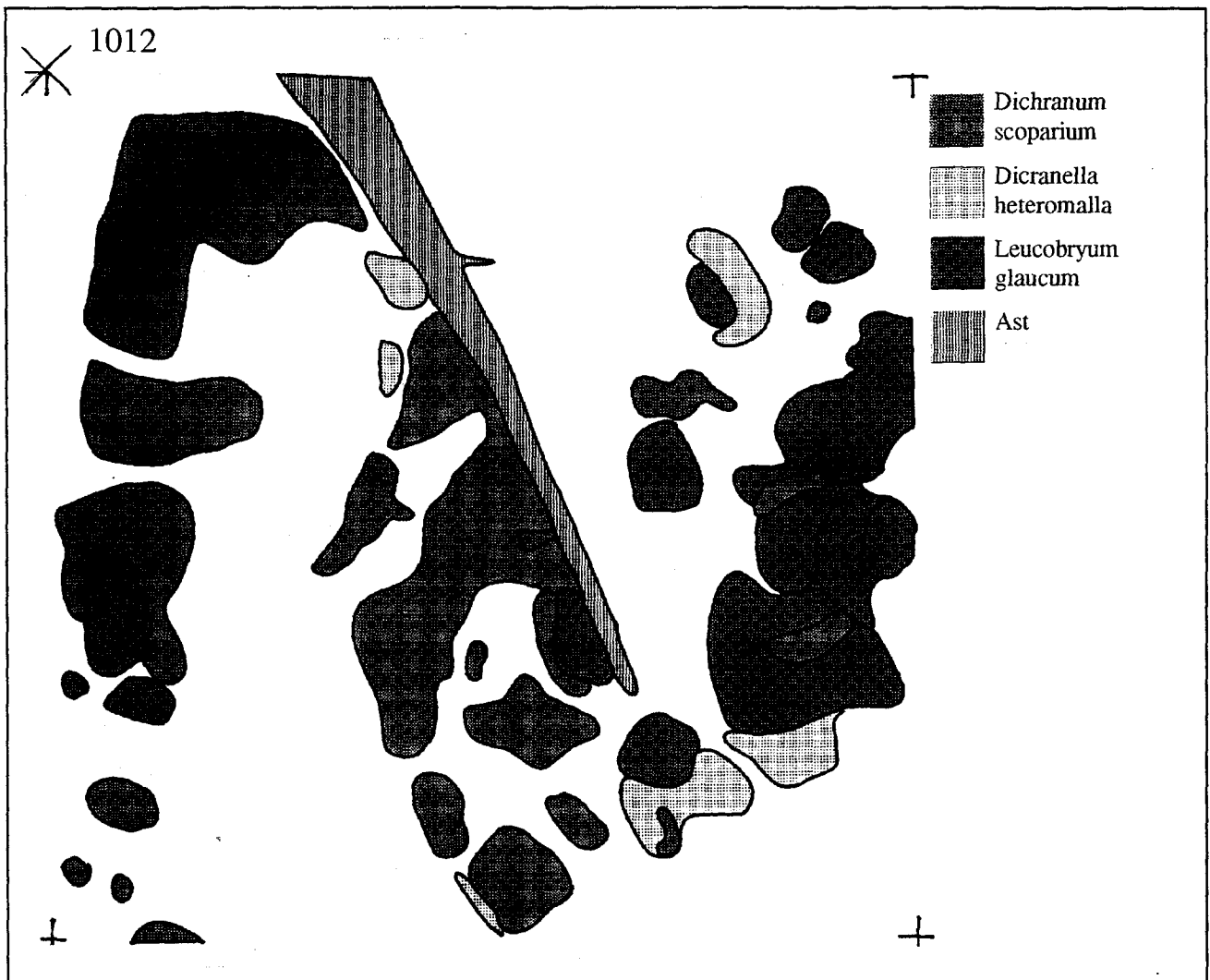


Abb. 12: Typus: Stammablaufbereich-Moosplot
Exposition: NW
Baumart: Lärche
Moosarten: siehe Skizze
Anmerkungen: Freiflächen von Nadelstreu bedeckt

6.3.13 Moosplot 13 (1013)

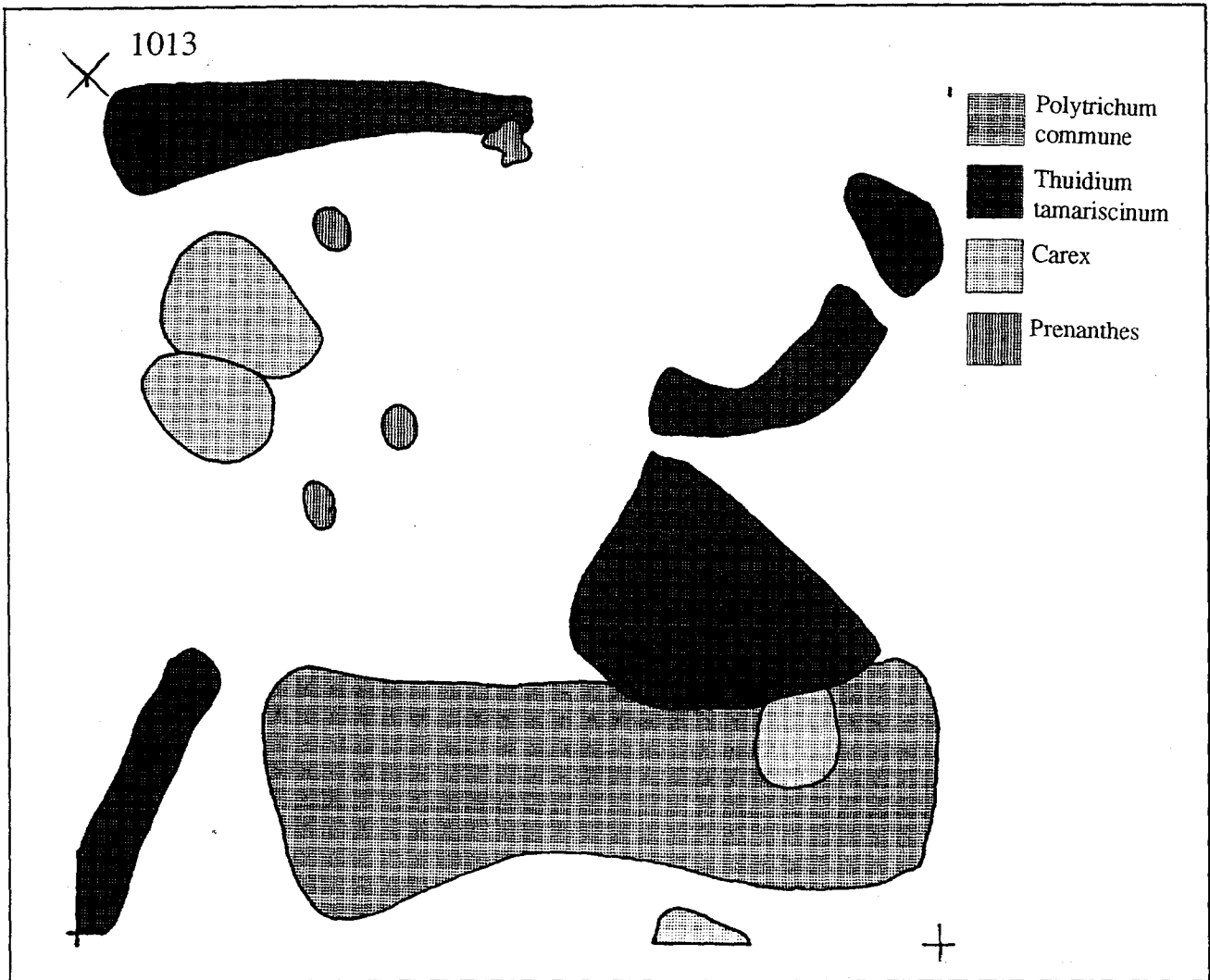


Abb. 13: Typus: Boden-Moosplot
Standort: Fichten-Lärchenbestand
Exposition / Neigung: NO / 10°
Moosarten : siehe Skizze

6.3.14 Moosplot 14 (1014)

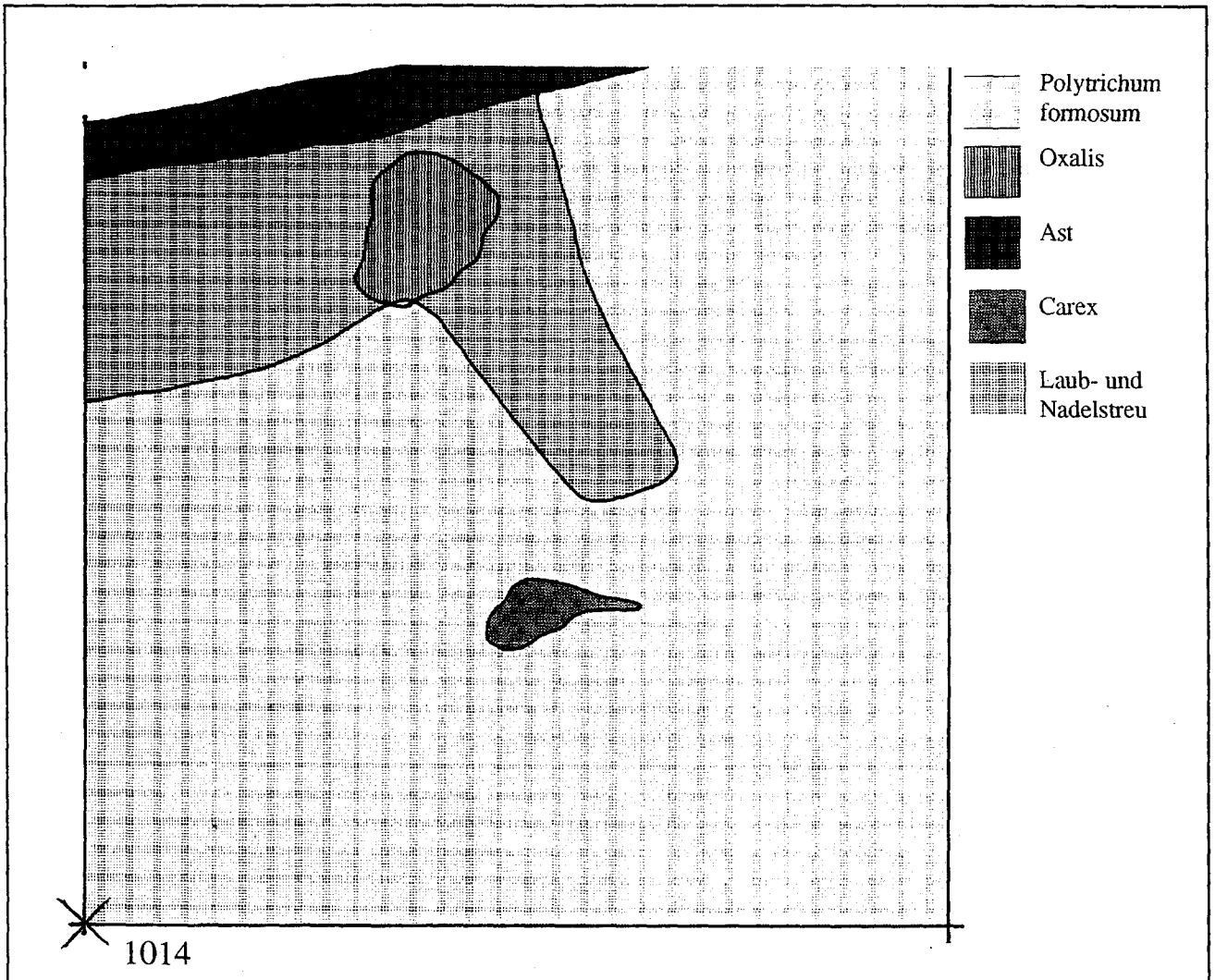


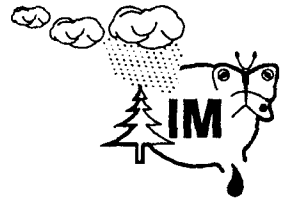
Abb. 14: Typus: Boden-Moosplot

Standort: Fichten-Lärchenbestand

Exposition / Neigung: NO / 10°

Moosarten: siehe Skizze

Anmerkungen : ca. 2 m unterhalb Stammablaufbereich einer Fichte; mit der Moosabfolge *Dicranum scoparium* - *Polytrichum formosum*



6.3.15 Moosplot 15 (1015)

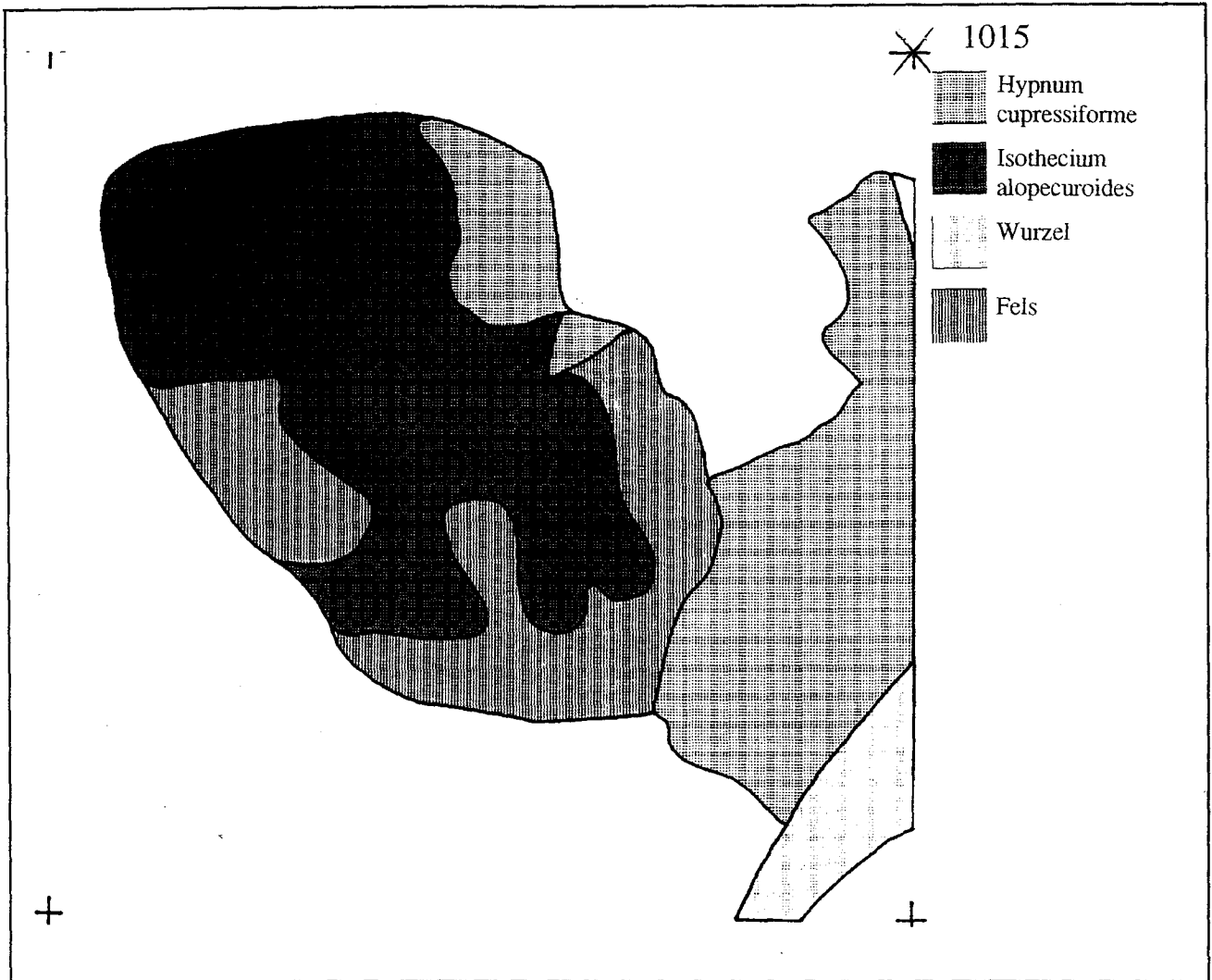


Abb. 15: Typus: Stammablaufbereich-Moosplot
Exposition: SW
Baumart: Fichte
Moosarten: siehe Skizze
Anmerkungen: Abfolge von Rohhumus und Kalkfels

6.3.16 Moosplot 16 (1016)

Typus: Epiphytischer Moosplot

Trägerbaum: Bergahorn

Brusthöhendurchmesser: Doppelstamm

Höhe des Moosplots: 150 cm

Moosarten : *Pterigynandrum filiforme* / *Leucodon sciuroides* / *Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / kein Moos / Baumspalte / Baumspalte / Baumspalte / *Frullania dilatata* / kein Moos / kein Moos / kein Moos / *Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / kein Moos / *Metzgeria furcata* / *Metzgeria furcata* / *Metzgeria furcata* / *Metzgeria furcata* / kein Moos / *Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / *Metzgeria furcata* / *Metzgeria furcata* / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / *Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / Baumspalte / Baumspalte / Baumspalte / Baumspalte / Baumspalte / *Frullania dilatata* / *Pylaisia polyantha* / kein Moos / *Leucodon sciuroides* / *Leucodon sciuroides* / Gesamtumfang 220 cm

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



6.3.17 Moosplot 17 (1017)

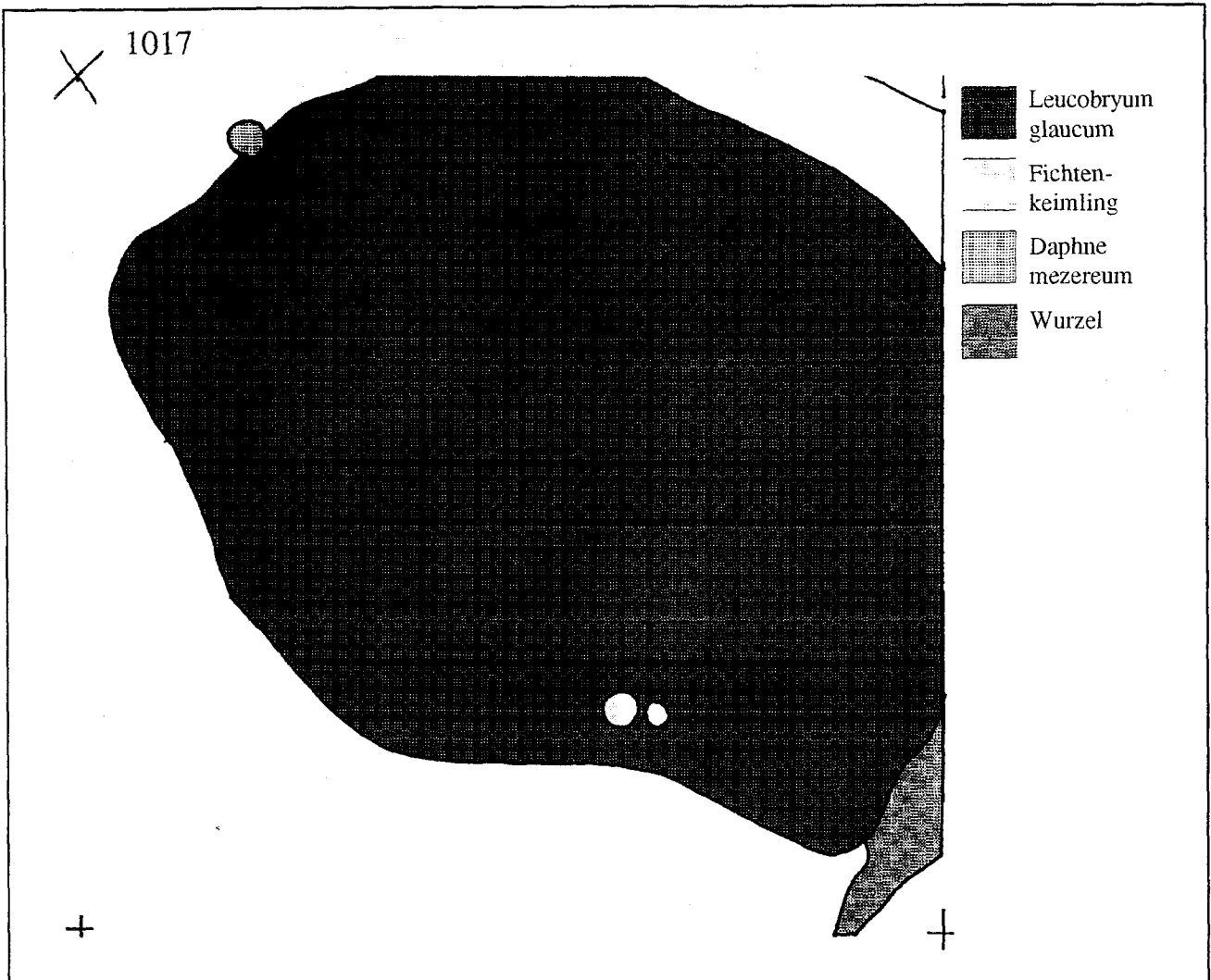


Abb. 16: Typus: Stammablaufbereich-Moosplot

Exposition: W

Baumart: Buche

Moosarten: siehe Skizze

6.3.18 Moosplot 18 (1018)

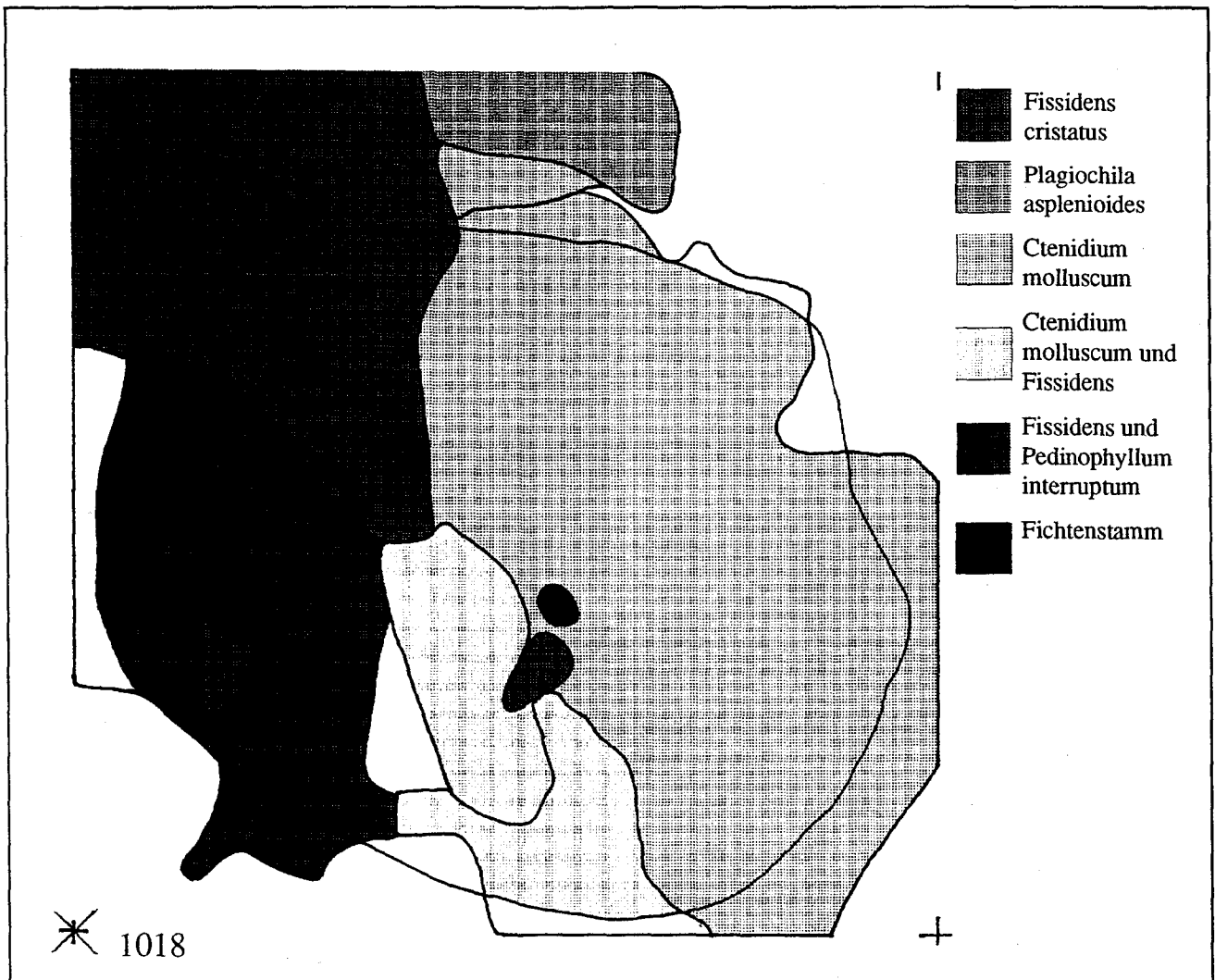


Abb. 17: Typus : Boden-Moosplot

Standort: Buchendominierter Bestand

Exposition / Neigung: NO / 80°

Moosarten: siehe Skizze

Anmerkungen : überwiegend anstehender Kalkfels als Untergrund. Kreismarkierung in Skizze gibt Deckungsbereich kleiner Fichte (Stammdurchmesser 1 cm) an.

6.3.19 Moosplot 19 (1019)

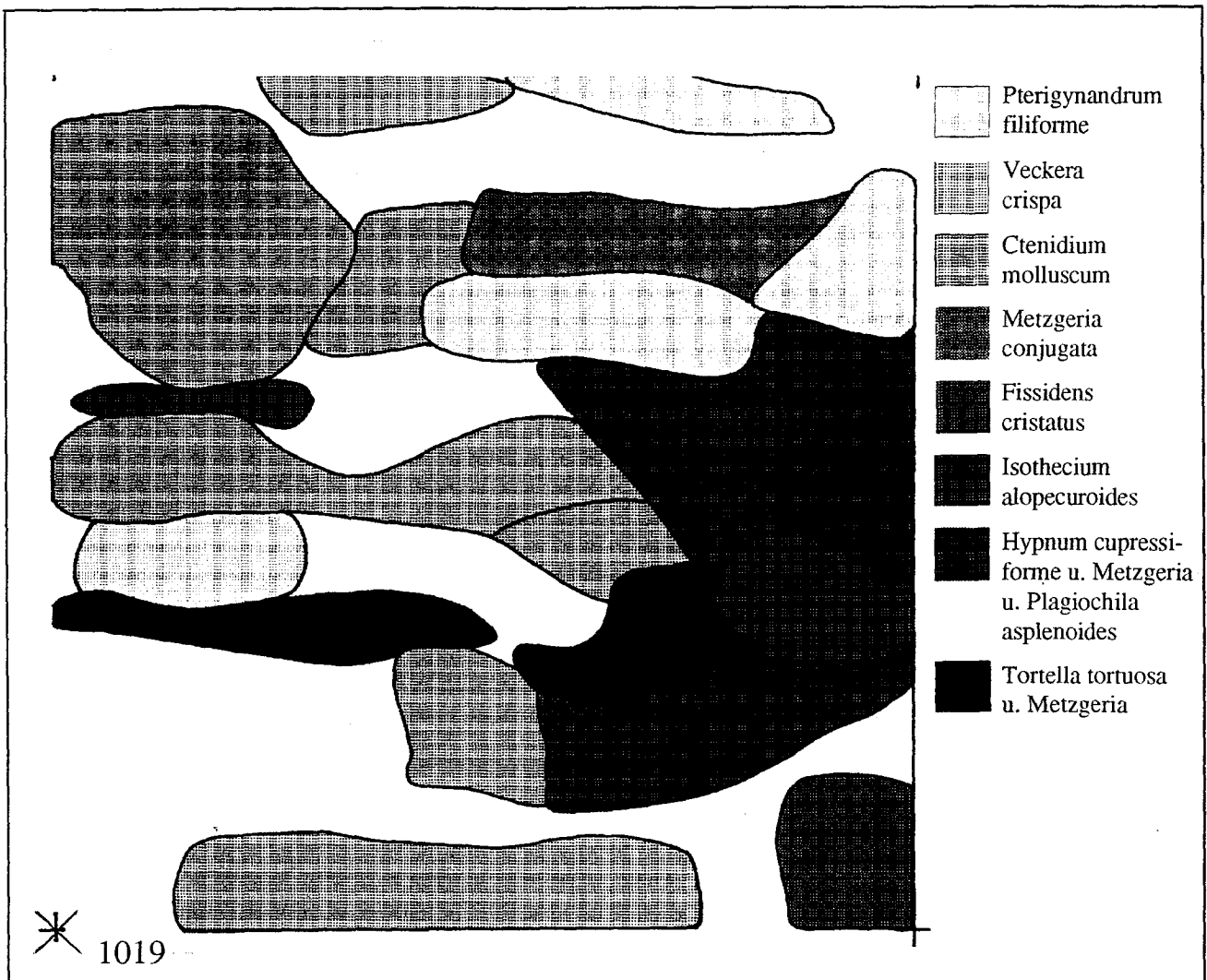


Abb. 18: Typus: Stammablaufbereich-Moosplot

Exposition: NO

Baumart: Buche

Moosarten: siehe Skizze; zusätzlich noch einzelne Stämmchen von: *Radula complanata*, *Fissidens taxifolius*, *Dicranum montanum*

Anmerkungen : Mischung aus epiphytischen und epilithischen Vegetationselementen, eine exakte Flächenübertragung ist aufgrund der Steilflächen (90°) und der Verzahnung nicht möglich.

6.3.20 Moosplot 20 (1020)

Typus: Epiphytischer Moosplot

Trägerbaum: Buche

Brusthöhendurchmesser: 80 cm

Höhe des Moosplots: 20-120 cm (W/O)

Moosarten: *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / Spalt / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / kein Moos / Flechte / *Pterigynandrum filiforme* / *Porella platyphylla* / *Radula complanata* / *Pterigynandrum filiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Radula complanata* / kein Moos / kein Moos / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / kein Moos / kein Moos / *Isothecium alopecuroides* / *Metzgeria conjugata* / *Isothecium alopecuroides* / *Isothecium alopecuroides* / *Metzgeria conjugata* / *Hypnum cupressiforme* / Gesamtumfang 255 cm

Außerdem noch in Ringnähe : *Plagiochila porelloides*, *Metzgeria furcata*, *Brachythecium rutabulum*, *Bryum flaccidum*, *Mnium hornum*



6.3.21 Moosplot 21 (1021)

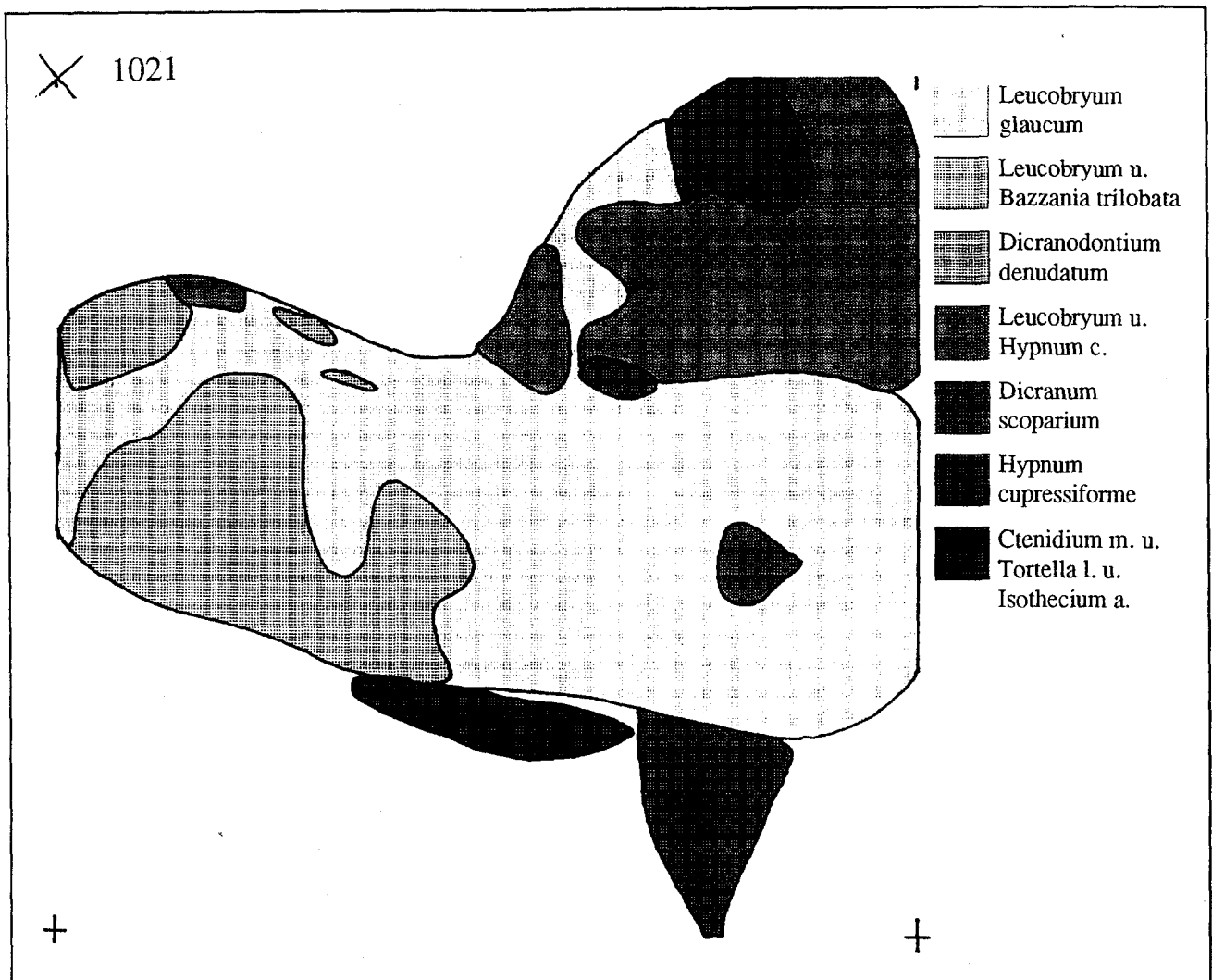


Abb. 19: Typus: Stammablaufbereich-Moosplot

Exposition: N

Baumart: Bergahorn

Moosarten: siehe Skizze

Anmerkungen : Leucobryum zeigt Verbräunungen, nicht sehr vital. Vorwiegend Moose auf Wurzeln, kaum Bodenmoose (Laubfall)

6.3.22 Moosplot 22 (1022)

Typus: Epiphytischer Moosplot

Trägerbaum: Bergahorn

Brusthöhendurchmesser: 45 cm

Höhe des Moosplots: 50 cm

Moosarten : *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* /
Hypnum cupressiforme / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum*
cupressiforme / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / kein Moos / *Hypnum*
cupressiforme / *Hypnum cupressiforme* / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein
Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum*
cupressiforme / Gesamtumfang 111 cm

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

6.3.23 Moosplot 23 (1023)

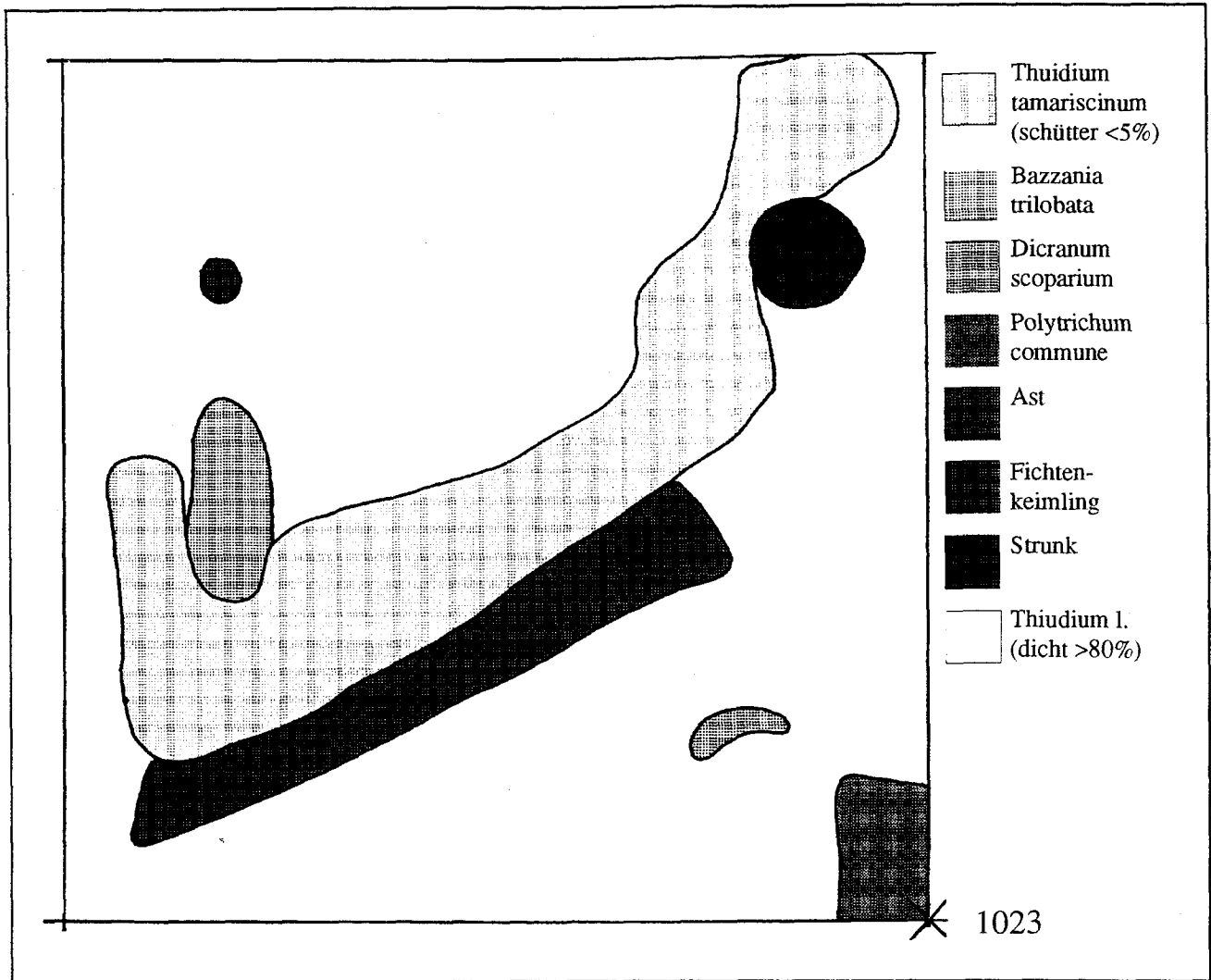


Abb. 20: Typus: Bodenplot-Moosplot

Standort: Fichten-Lärchenbestand

Exposition / Neigung: ebene Lage

Moosarten: siehe Skizze

Anmerkungen : Rohhumus bzw. zahlreiche kleine und größere Tothölzer (max. 5 cm Durchmesser) im Untergrund;

6.3.24 Moosplot 24 (1024)

Typus: Epiphytischer Moosplot

Trägerbaum: Bergahorn

Brusthöhendurchmesser: 80 cm

Höhe des Moosplots: 150 cm

Moosarten : *Pterigynandrum filiforme* / *Frullania dilatata* / *Frullania dilatata* / *Leucodon sciuroides* / Flechte / kein Moos / Flechte / *Leucodon sciuroides* / kein Moos / *Leucodon sciuroides* / kein Moos / kein Moos / *Leucodon sciuroides* / *Leucodon sciuroides* / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / *Leucodon sciuroides* / *Pterigynandrum filiforme* / kein Moos / *Pterigynandrum filiforme* / *Leucodon sciuroides* / *Leucodon sciuroides* / *Pterigynandrum filiforme* / *Pterigynandrum filiforme* / kein Moos / kein Moos / *Pterigynandrum filiforme* / Gesamtumfang 255 cm

Außerdem noch in Ringnähe : *Radula complanata*, *Ulota crispa*



6.3.25 Moosplot 25 (1025)

Typus: Epiphytischer Moosplot

Trägerbaum: Buche

Brusthöhendurchmesser: 60 cm

Moosarten : *Ulota crispa* / kein Moos / *Ulota crispa* / *Pterigynandrum filiforme* / kein Moos /
kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein Moos / kein
Moos / kein Moos / *Pterigynandrum filiforme* / *Pterigynandrum filiforme* / *Radula complanata*
/ kein Moos / kein Moos / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum*
cupressiforme / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / kein Moos / kein Moos / kein
Moos / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum*
cupressiforme / *Hypnum cupressiforme* / *Hypnum cupressiforme* / *Ulota crispa* / *Ulota crispa* /
Gesamtumfang 171 cm

Außerdem noch in Ringnähe : *Dicranum montanum*

Anmerkung : dichter Moosbewuchs bis in die Krone

7 LITERATUR

- CHOPRA, R.N. & KUMRA, P.K. (1988) : Biology of bryophytes. Wiley Eastern Limited. New Dehli.
- COMEAU, G. & LEBLANC, F. (1971) : Influence de l'ozone et de l'anhydride sulfureux sur la regeneration des feuilles de *Funaria hygrometrica* Hedw. *Nat.Can.(Que.)* 98: 347-358.
- DURING, H. & VAN TOOREN, F. (1988) : Pattern and dynamics in the bryophyte layer of a chalk grassland. In : During, H., Werger, M. & Willems, J.: Diversity and pattern in plant communities. SPB Academic Publ. The Hague.
- DÜLL, R. (1979) : Moose als ökologische Indikatoren für Luftverschmutzung. In: Grizmek, B. & Weinzierl, H. (eds.) : Die grüne Stadt - Naturschutz in der Großstadt. München.
- 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.
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R. & al. (1991) : Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta geobot.* 18. 248pp.
- FOLKESON, L. & ANDERSSON-BRINGMARK, E. (1988) : Impoverishment of vegetation in a coniferous forest polluted by copper and zinc. *Can.Journ.Bot.* 66: 417-428.
- GILBERT, O.L. (1970) : Further studies on the effects of sulphur dioxide on lichens and bryophytes. *New Phytol.* 69: 605-627.
- GILBERT, O.L. (1971) : The effect of airborne flourides on lichens. *Lichenologist* 5: 26-32.
- GLATZEL, G. & KAZDA, M. (1985) : Wachstum und Mineralstoffernährung der Buche (*Fagus sylvatica*) und Spitzahorn (*Acer platanoides*) auf versauertem und schwermetallbelastetem Bodenmaterial aus dem Einsickerungsbereich von Stammabfluáwasser in Buchenwäldern. *Z.Pflanzenern.Bodenk.* 148: 429-438.

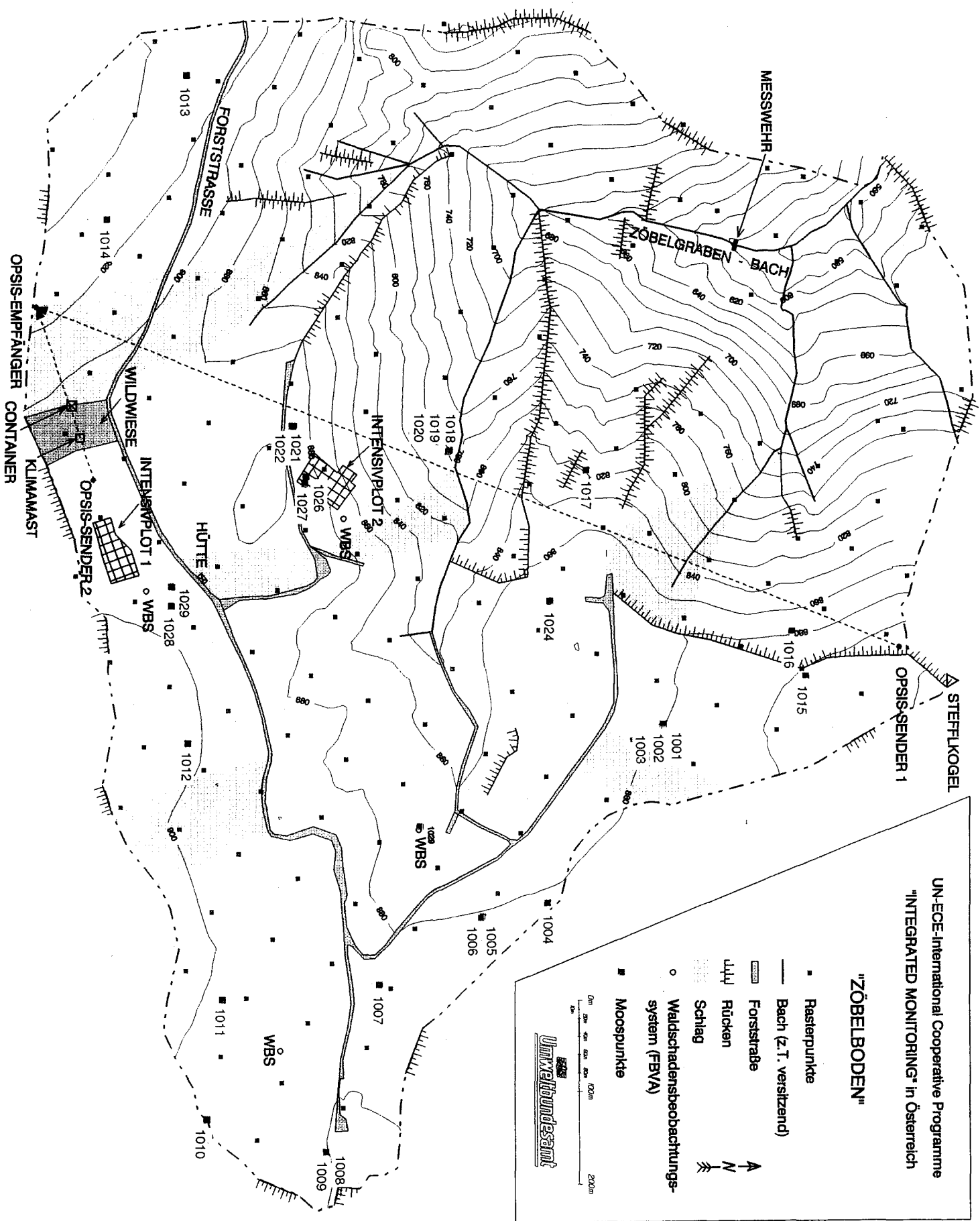


- GLIME, J. & KEEN, R. (1984) : The importance of bryophytes in a man-centered world.
Journ.Hattori Bot.Lab. 55: 133-146.
- GRIMS, F. (1986) : Rote Liste gefährdeter Laubmoose (Musci) Österreichs. In: NIKLFELD
(1986): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Österreichs. Grüne Reihe des BM f. Ges. u.
Umweltsch. Bd.5 Wien.
- KUHN, N., AMIET, R. & HUFSCHEID, N. (1987) : Veränderungen in der Waldvegetation
der Schweiz infolge Nährstoffanreicherungen aus der Atmosphäre.
Eidg.Anst.forstl.Versuchsw. Berichte 295: 77-84.
- LEBLANC, F. & DE SLOOVER, J.L. (1970) : Relation between industrialization and the
distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. Can.J.Bot. 48:
1485-1496.
- LEBLANC, F., COMEAU, G. & RAO, D.N. (1971) : Fluoride injury symptoms in epiphytic
lichens and mosses. Can.J.Bot. 49: 1691-1698.
- MANNING, W. & FEDER, W. (1980) : Biomonitoring air pollutants with plants. Appl.Sc.Publ.
London
- 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.
- PILEGAARD, RASMUSSEN, L. & GYDESEN, H. (1979) : Atmospheric background
deposition of heavy metals in Denmark monitored by epiphytic cryptogams.
J.Appl.Ecol. 16: 843-853.
- RAO, D.N. (1982) : Responses of bryophytes to air pollution. in A.J.E. SMITH (ed.) :
Bryophyte ecology. Chapman & Hall. London.

- RASMUSSEN, L. (1977) : Epiphytic bryophytes as indicators of the changes in the background levels of airborne metals from 1951-1975. *Environm.poll.* 14: 37-45.
- RICHARDSON, D.H.S. (1981) : The biology of mosses. Blackwell Sc.Publ. London.
- ROSS, H.B. (1990) : On the use of mosses (*Hylocomium splendens* and *Pleurozium schreberi*) for estimating atmospheric trace metal deposition. *Water, Air and Soil Pollution* 50: 63-76.
- RÜHLING, A. & TYLER, G. (1969) : Ecology of heavy metals - a regional and historical study. *Bot.Not.* 122: 248-259
- RÜHLING, A., RASMUSSEN, L., PILEGAARD, K., MÄKINEN, A. & STEINNES, E. (1987) : Survey of atmospheric heavy metal deposition in the Nordic countries in 1985 - monitored by moss analyses. *Nordisk Ministerråd, NORD* 1987, 21: 1-44.
- 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: *NIKL FELD (1986): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Österreichs. Grüne Reihe des BM f. Ges. u. Umweltsch. Bd.5 Wien.*
- SERGIO, C. (1987) : Epiphytic bryophytes and air quality in the Tejo Estuary. *Symposia biol. Hung.* 35: 795-814.
- SILVERTOWN, J. (1987) : Introduction to plant population ecology. 2nd ed. Longman Sc. & Tech. Harlow.
- TÜRK, R. & WIRTH, V. (1975) : Über die SO₂ Empfindlichkeit einiger Moose. *Bryologist* 78: 187-193.



- TYLER, G. (1970) : Moss analysis - a method for surveying heavy metal deposition.
Proceedings of the second international clean air congress, Washington, D.C.: 129-132.
- WIT DE, T. (1982) : Permanent plots, cryptogamic plant species and air pollution. In :
STEUBING, L. & JÄGER, H.J. (eds.): Monitoring of air pollutants by plants. Junk
publ. The Hague.
- WITTENBERGER, G. (1979) : Moose als Zeiger für Umweltverschmutzung.
Ber.Offenb.Ver.Naturkde. 81: 40-41.
- ZECHMEISTER, H. (1993) : Die Erfassung der atmosphärischen Schwermetalldeposition
mittels Moosen in Österreich. Monographien des Umweltbundesamtes. Wien. in
Druck
- ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S. & SPADINGER, K. (1992) : Sensitivity of different soil
enzymes to acid deposition. ISME-Konferenz Barcelona 1992.
- ZONNEVELD, I.S. (1982) : Principles of indication of environment through vegetation. In:
STEUBING, L. & JÄGER, H.J. (eds.): Monitoring of air pollutants by plants. Junk
publ. The Hague.



UN-ECE-International Cooperative Programme
 "INTEGRATED MONITORING" in Österreich

"ZÖBELBODEN"

- Raasterpunkte
- Bach (z.T. verstzand)
- ▬ Forststrabe
- llll Rücken
- ⊘ Schlag
- Waldschadensbeobachtungs-system (FBVA)
- Moospunkte

