
FBVA-BERICHTE

Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

Nr.9

1985

HÖHENPROFIL ZILLERTAL.

**Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung
von Waldschäden.**

Einrichtung und Ergebnisse 1984.

Von

F. Glattes, S. Smidt, A. Drescher, C. Majer und F. Mutsch

DRUCKFEHLERBERICHTIGUNG

Seite 15: μm statt μg

Seite 35: O_3 (max. HMW) = strichlierte Linie

Copyright,
Herstellung und Druck
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 WIEN

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Zu beziehen auf Bestellung bei der
Forstlichen Bundesversuchsanstalt,
Schönbrunn, Tirolergarten A-1131 Wien

VORWORT

Die vorliegende Arbeit stellt einen ersten Bericht über das Forschungsprojekt "Höhenprofil Zillertal" dar. Dieses wurde im Frühjahr 1984 begonnen und wird voraussichtlich für die Dauer von fünf Jahren weitergeführt und innerhalb dieser Zeit auf Grund der Zwischenergebnisse weiter ausgebaut werden.

Die Schwerpunkte des ersten Berichtes liegen in der Beschreibung des Untersuchungsgebietes bzw. des Untersuchungsprofiles und in der Wiedergabe der wichtigsten Ergebnisse aus dem ersten Untersuchungsjahr.

An dieser Stelle soll jenen Personen gedankt werden, welche am Aufbau und der Betreuung des Projektes Anteil hatten:

Es sind dies Landesforstdirektor Dipl.-Ing. Dr. H.Scheiring, Mag. Dr. I.Pack, Ing. A.Pöllmann (Landesforstdirektion Tirol), Bezirksforstinspektor Dipl.-Ing. H.Knapp und Mitarbeiter, insbesondere Hr. M.Wechselberger (Bezirksforstinspektion Zell am Ziller) und jene, welche die Aufstellung von Meßgeräten in ihrem Haus oder auf ihrem Grund ermöglicht haben (Familie Spieß-Mahringer, Familie Bair).

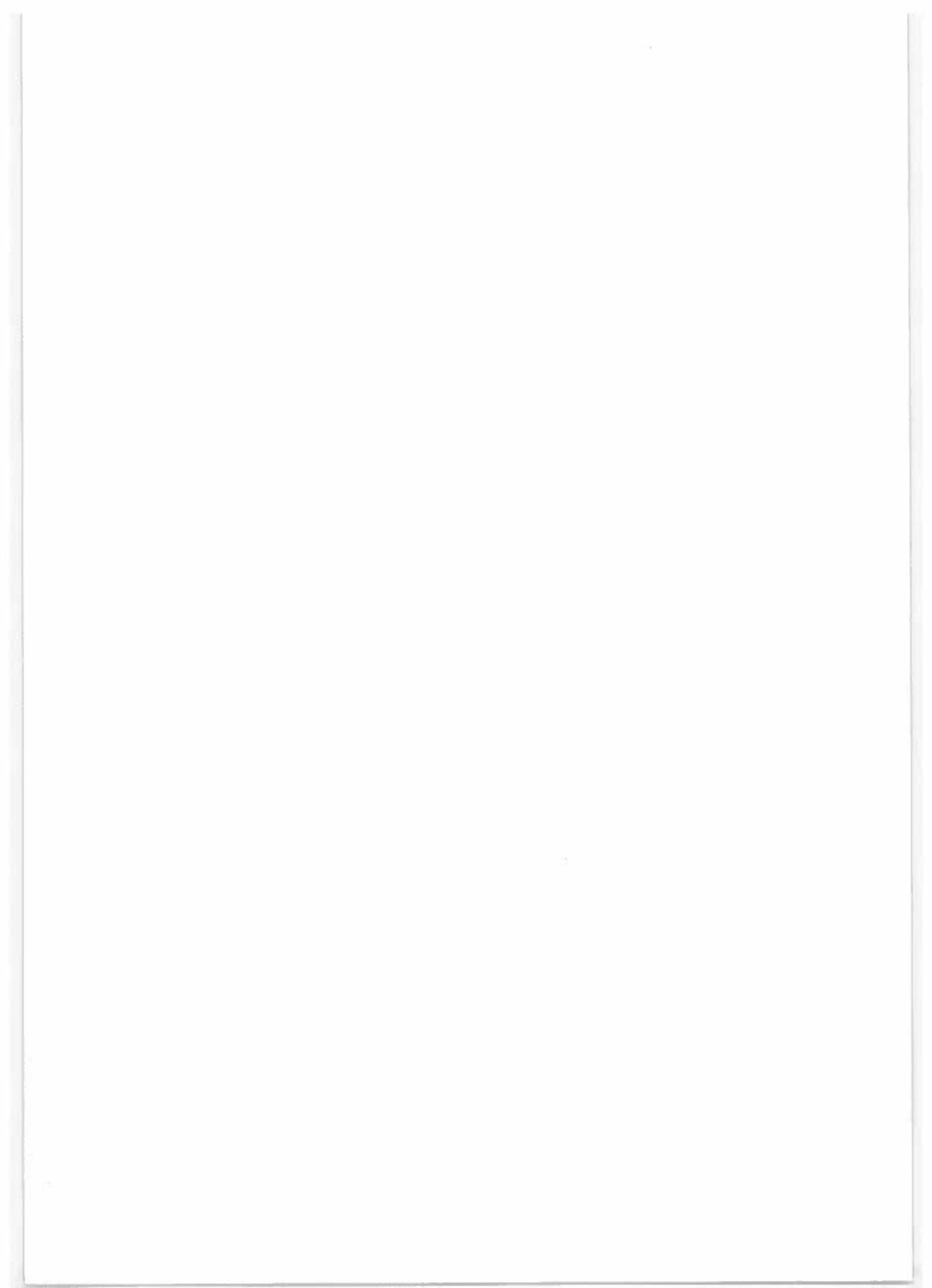
Die Autoren der Beiträge sind:

Dr. A.Drescher (Vegetationsaufnahmen),
Dipl.-Ing. F.Glattes (Nadelanalysen),
Dipl.-Ing. Ch.Majer (Untersuchungsgebiet),
Dr. F.Mutsch (Bodenanalysen),
Dipl.-Ing. Dr. S.Smidt (Luft- und Depositionsmessungen).

Weiters waren an der Durchführung des Projektes maßgeblich beteiligt:

Dipl.-Ing. W.Höberth, Dipl.-Ing. Dr. W.Kilian, Ing. J.Plattner,
Dipl.-Ing. H.Schmutzenhofer, Dipl.-Ing. Dr. K.Stefan, Dipl.-Ing.
Dr. R.Stern.

Redaktionelle Leitung: Dipl.-Ing. F.Glattes.



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG.....	6
2. UNTERSUCHUNGSGEBIET	
2.1. Geographische Lage.....	8
2.2. Klima.....	10
2.3. Geologie, Morphologie und Böden.....	13
2.4. Vegetation.....	16
3. MATERIAL UND METHODE	
3.1. Meteorologische Aufnahmen.....	22
3.2. Luftschadstoffmessungen.....	22
3.3. Depositionsmessungen.....	22
3.4. Bodenprobenahme, -profilbeschreibung und -analyse	24
3.5. Vegetationsaufnahme, -probenahme und -analyse.....	26
3.6. Nadelprobenahme und -analyse.....	27
3.7. Mikroskopische Untersuchungen.....	30
3.8. Aufnahme der Kronenzustandsformen.....	30
4. ERGEBNISSE UND DISKUSSION	
4.1. Meteorologische Daten.....	31
4.2. Luftschadstoffe.....	32
4.3. Depositionen.....	37
4.4. Nährstoff- und Schwermetallgehalte der Böden.....	43
4.5. Bodenvegetation.....	47
4.6. Nährstoff-, Schwefel- und Schwermetallgehalte der Nadeln.....	51
4.7. Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen.....	56
4.8. Kronenzustand der Fichten.....	57
5. ZUSAMMENFASSUNG.....	59
6. AUSBLICK.....	60
7. LITERATUR.....	61
8. ANHANG.....	67

1. EINLEITUNG

Baum- und Waldschäden als Folge der Einwirkung von Immissionen sind bereits seit langem bekannt und werden seit mehr als 130 Jahren systematisch untersucht.

Die klassischen Immissionsgebiete sind charakterisiert durch eine mehr oder weniger deutliche Abgrenzung um einen oder mehrere Emittenten. Meist lassen sich die Auswirkungen unter Zuhilfenahme von Nadel-, Luft- und Zuwachsanalysen u.a. nachweisen und den betreffenden Verursachern zuordnen.

Im Gegensatz zu den klassischen Immissionsgebieten wurden insbesondere im europäischen Raum im Laufe der letzten Jahre großflächige Waldschäden festgestellt, die weder natürlichen noch immissionsbedingten Ursachen allein zugeschrieben werden konnten und deren eindeutige Klärung bis heute weitgehend aussteht.

Zur Klärung der möglichen Ursachen wird z.Zt. eine Reihe von Hypothesen genannt, welche entweder anthropogene Faktoren und/oder natürliche Stressoren als Verursacher nennen (ARNDT et al., 1982; BUCHER et al., 1984; ELSTNER u. OSSWALD, 1984; MATZNER et al., 1985; MOOSMAYER, 1984; PRINZ, 1983; PRINZ et al., 1982; REHFUESS, 1983; SCHÜTT et al., 1983; SEITSCHKEK, 1981; SMITH, 1984; TRESHOW, 1980; ULRICH u. MATZNER, 1983; WAGNER, 1983; WENTZEL, 1985). Keine Hypothese konnte aber bisher eine vollständige Klärung der großflächigen Waldschäden liefern. Unter den Autoren verschiedener Hypothesen besteht jedoch Übereinstimmung darin, daß weder natürliche noch immissionsbedingte Ursachen allein für die großflächig auftretenden Schädigungen des Waldes verantwortlich gemacht werden können.

Die Bedeutung des Waldes in ökologischer und ökonomischer Hinsicht ist in Österreich wegen des hohen Waldanteiles und der topographischen Gegebenheiten sehr groß. Ein beträchtlicher Waldanteil (mehr als 50%) stockt in Österreich in Lagen über 800 Meter. Die Erhaltung dieser Wälder ist besonders wegen ihrer Schutzfunktion von vorrangigem Interesse.

Angesichts der bedrohlichen Situation in einigen Nachbarländern werden in diesem Zusammenhang in Österreich bundesweit und flächendeckend Erhebungen über den Waldzustand durchgeführt ("Waldzustandsinventur") sowie die Gehalte einiger Schad- und Nährstoffe in Blattorganen von Waldbäumen (hpts. Fichten) bestimmt ("Bioindikatornetz"). Neben diesen auch für die nächsten Jahre anbe-

raumten Erhebungen liegen flächendeckende Schneeuntersuchungen vor (STEFAN, 1983).

Im Rahmen des hier vorgestellten Projektes sollen auf kleinem Raum maßgebliche Faktoren erfaßt werden, welche in der Literatur der letzten Jahre als Verursacher von Waldschäden in emittententfernen Gebieten genannt werden. Hierbei sollen biotische und abiotische Faktoren untersucht und meteorologische Parameter mit erhoben werden.

Folgende Fragen sollen beantwortet werden:

- In welchem Zustand bezüglich des Bodens, der Bodenvegetation und der Benadelung befindet sich der Wald in einem industriefernen Gebiet?
- Welche Schwefel- und Schwermetallkonzentrationen werden in Boden- bzw. Nadelproben festgestellt?
- Gibt es Variationen hinsichtlich der Nährstoff- und Schadstoffkonzentrationen in Boden- und Nadelproben in Abhängigkeit von der Seehöhe?
- Kommt es im Laufe des Untersuchungszeitraumes zur Akkumulierung von Schadstoffen im Boden und in Pflanzen?
- Wie wirken sich die über den Untersuchungszeitraum gemessenen Schadstoffkonzentrationen auf die Bestände aus?
- Wie ist die Belastung durch Ionen aus nassen Niederschlägen (auch in Abhängigkeit von der Seehöhe)?
- Mit welchen Ozonbelastungen ist in verschiedenen Seehöhen zu rechnen?

Als Untersuchungsgebiet wurde der Schwendberg im Zillertal/Tirol ausgewählt. Aus diesem Gebiet liegen bereits langjährige boden- und vegetationskundliche Untersuchungen vor (NEUWINGER 1967; SCHIECHTL 1967 und 1968). Es liegt in keinem "klassischen" Immissionsgebiet, steht jedoch möglicherweise unter dem Einfluß von Luftschadstoffen aus dem Inntal. Es umfaßt eine Höhendifferenz von nahezu 1200 Höhenmetern und erstreckt sich vom Talboden (600 m) bis zur natürlichen Waldgrenze (Abb.2). Im Anschluß an das Höhenprofil befinden sich sehr stark durch Pilzinfektion geschädigte Hochlagenaufforstungen; diese werden ebenfalls in die Untersuchungen mit einbezogen.

2. UNTERSUCHUNGSGBIET

2.1 GEOGRAPHISCHE LAGE

Das untersuchte Höhenprofil liegt auf einem SE- bis E-exponierten Hang südwestlich von Zell am Ziller auf dem Schwendberg (Abb.1). Es umfaßt im Waldgürtel eine Höhendifferenz von über 1000 Metern (700 bis 1730 m Seehöhe).

Abb.1: Geographische Lage des Untersuchungsgebietes

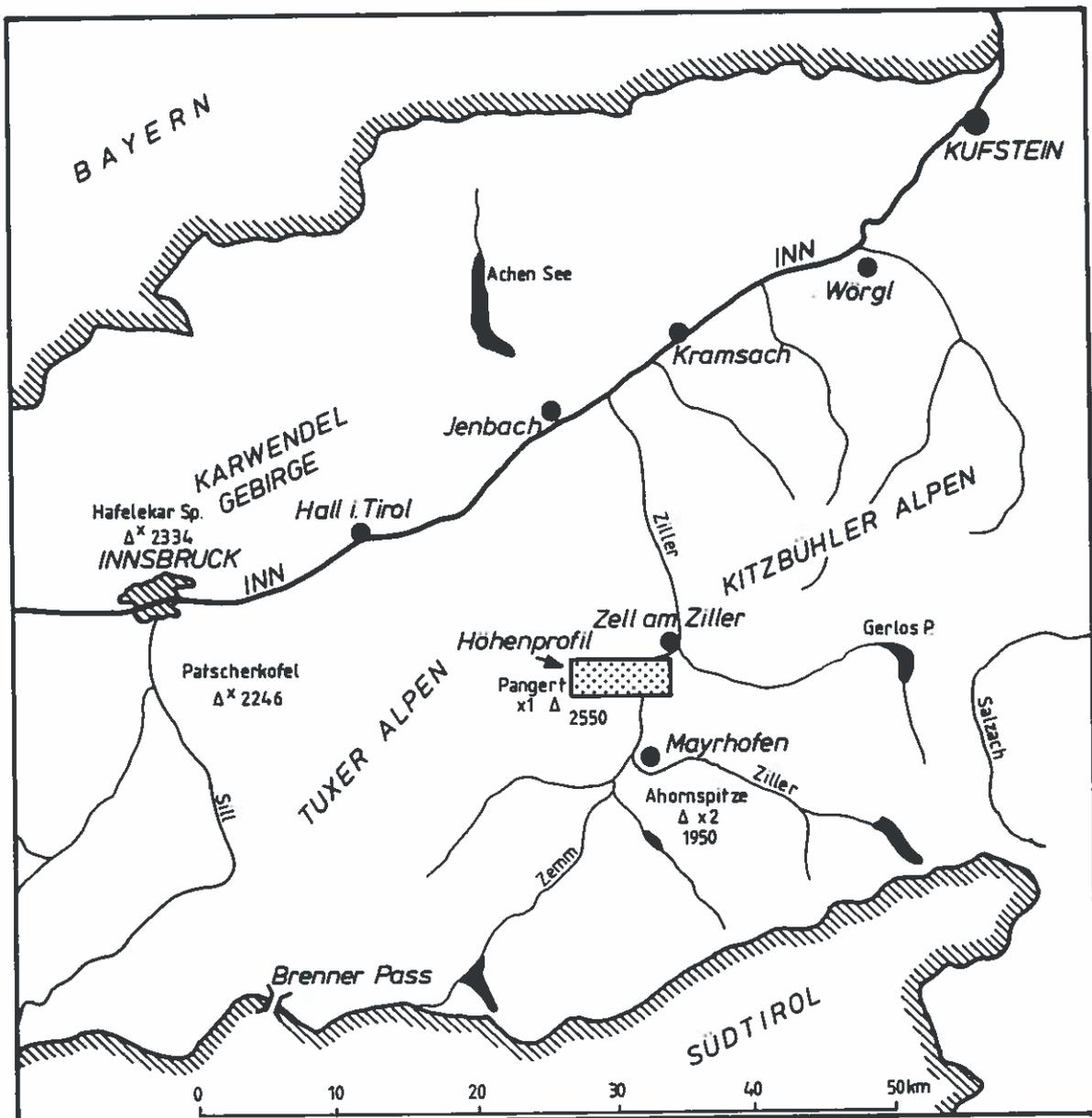
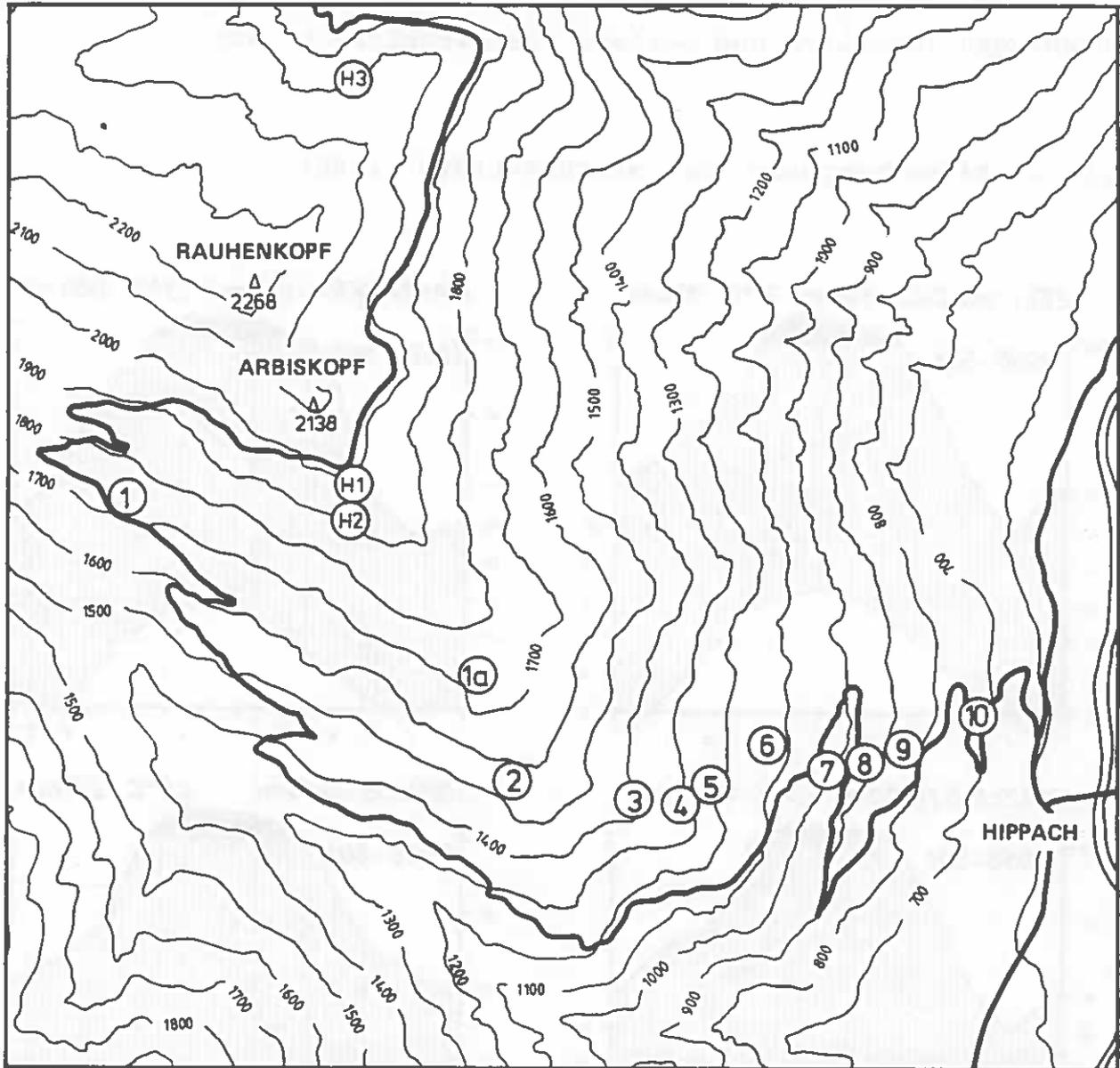


Abb.2: Lage der Probeflächen und Meßstationen

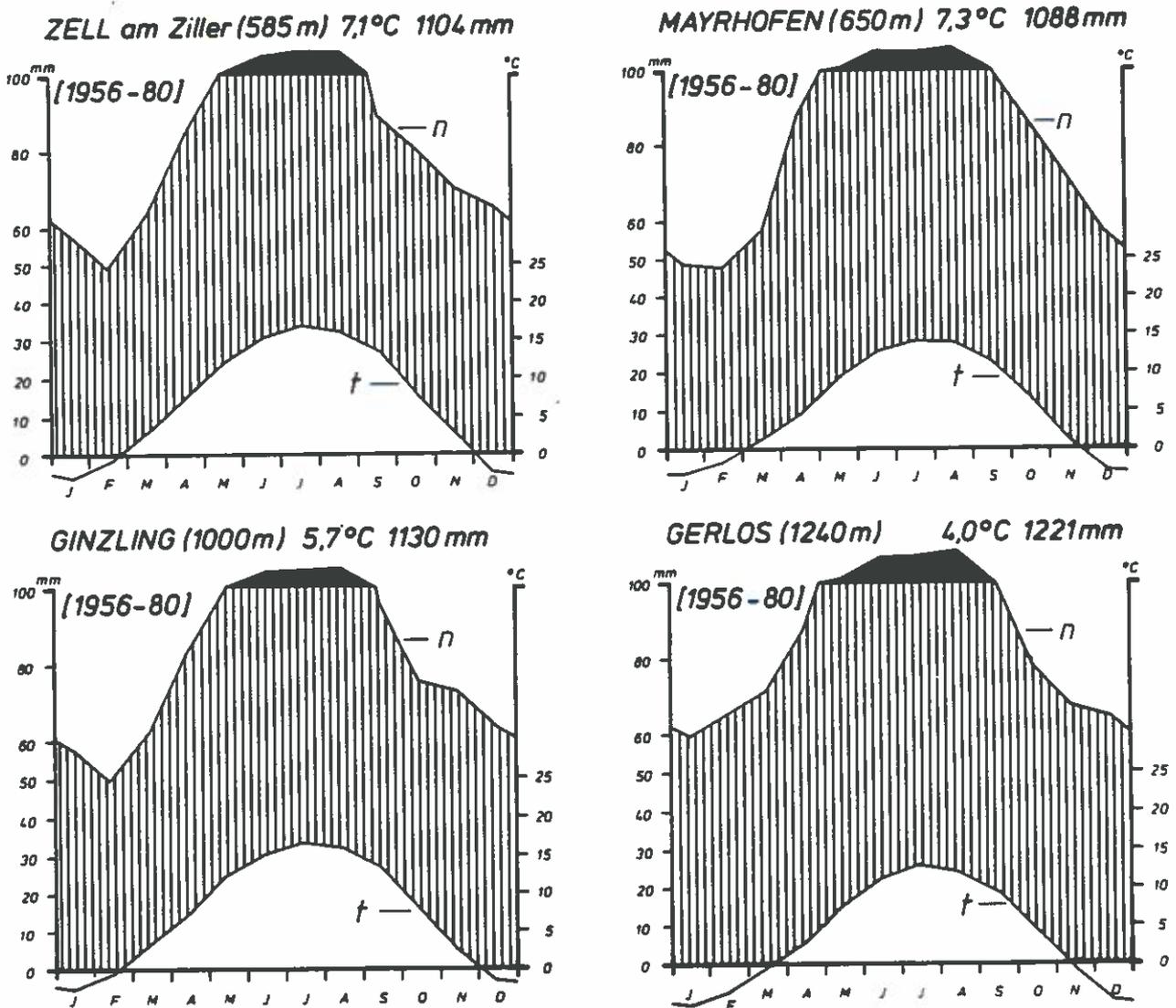


- (H1) – (H3) *Probeflächen in Hochlagen (Zirbe)*
- (1) – (10) *Probeflächen im Höhenprofil (Fichte)*

2.2. KLIMA

Das mittlere Zillertal gehört nach WALTHER-LIETH (1960) dem atlantisch-zentralalpinen Klimatyp, Typ VII(X)3, an. Die regionalen Klimaverhältnisse werden anhand der Daten zweier Talstationen (Zell am Ziller und Mayrhofen) und zweier Stationen mittlerer Hanglagen (Ginzling und Gerlos) charakterisiert (Abb.3).

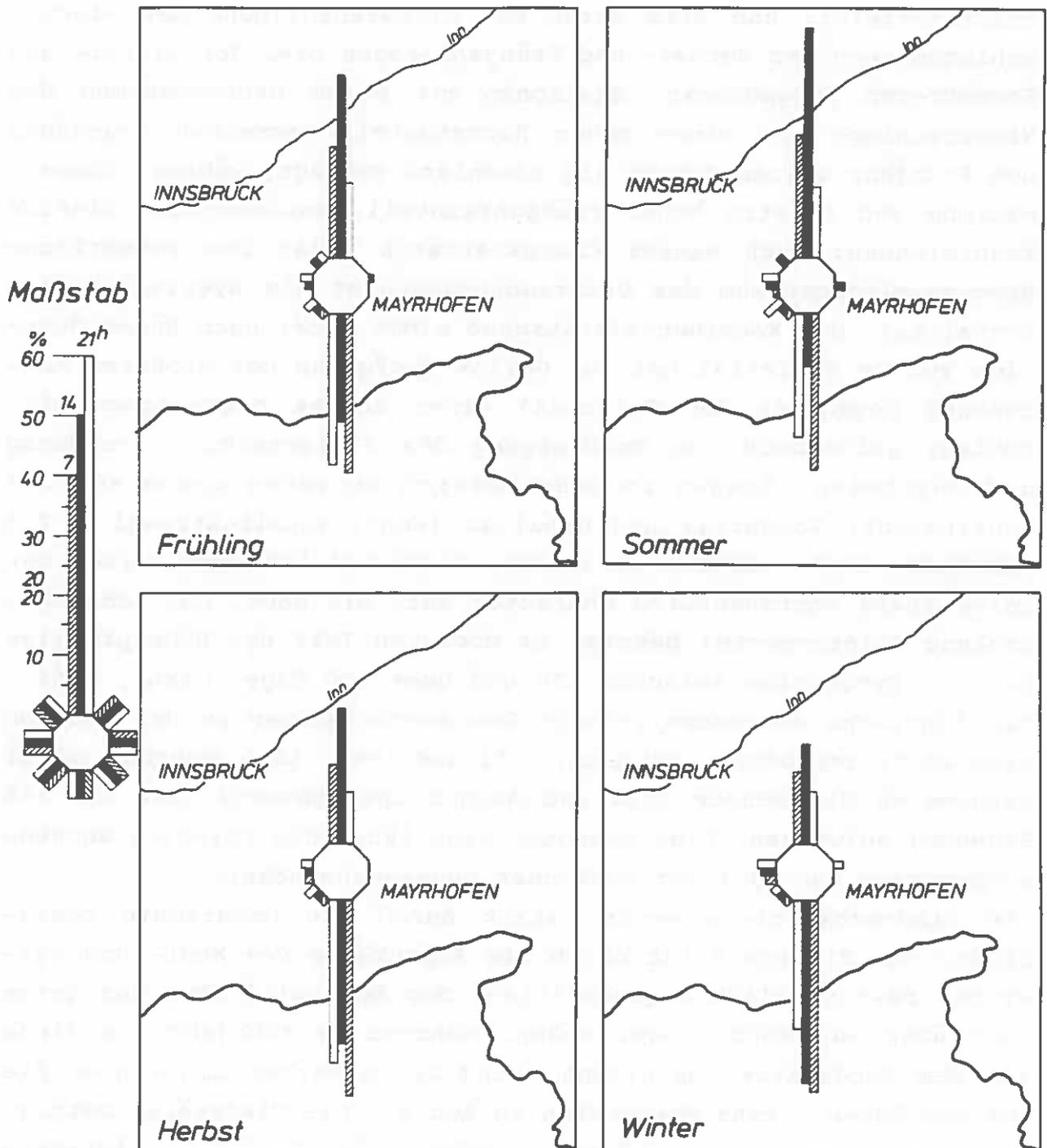
Abb.3: Klimadiagramme nach WALTHER-LIETH (1960)



n: monatliche Niederschlagshöhe (mm)
t: mittlere Monatstemperatur (°C)

Abb.4: Windverhältnisse im Zillertal an der Station Mayrhofen

Prozentuelle Häufigkeit der Windrichtung um 7.00, 14.00 und 21.00 Uhr; Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, (1982).



Die Niederschlagsverteilung des Gebietes ist durch Maxima in den wärmsten Monaten gekennzeichnet. Die Streichrichtung der Gebirgsketten und die lokale Reliefgestaltung lassen das Westwetter entlang der Linie Inntal-Zillertal gegen Süden wirksam werden (MAYER, 1963). Allgemein steigen die Niederschlagsmengen mit der Meereshöhe. Die "hygrische Ozeanität bzw. Kontinentalität" (RINGLEB, 1947 u.1948) ist durch den Jahresgang des Niederschlages charakterisiert und wird durch die Differenzbildung der Niederschlagsmengen der Herbst- und Frühjahrsregen bzw. der Winter- und Sommerregen ausgedrückt. Stationen mit einem Wintermaximum der Niederschläge und einem hohen Herbstanteil derselben gegenüber dem Frühjahr gelten danach als ozeanisch geprägt, während Sommermaximum und relativ hoher Frühjahrsanteil kontinentalen Einfluß kennzeichnen. Nach dieser Charakteristik weist das sommerliche Niederschlagsmaximum das Untersuchungsgebiet als hygrisch-kontinental aus. Der Kontinentalitätsgrad nimmt dabei nach Süden deutlich zu. Im Zillertal hat nur Gerlos (aufgrund der größeren Meereshöhe gegenüber den Talorten) einen leicht ozeanischen Einschlag. Kaltenbach (am Nordausgang des Zillertales), Brandberg und Mayrhofen liegen im Grenzbereich zwischen ozeanisch und kontinental; Vordertux und Ginzling (Kontinentalitätszahl + 2,5 (RINGLEB, 1947 u.1948)) im inneren Zillertal hingegen weisen bereits stark kontinentalen Charakter auf. Die Dauer der Schneebedeckung (Winterdecke) beträgt im obersten Teil des Höhenprofils je nach Exposition zwischen 150 und über 200 Tage (CZELL, 1964). Die jährliche durchschnittliche Sonnenscheindauer an der Station Zell am Ziller betrug zwischen 1971 und 1980 1345 Stunden, wobei naturgemäß die Monate Juli und August Spitzenwerte (162 und 166 Stunden) aufwiesen. Dies bedeutet eine jährliche relative Sonnenscheindauer von 49 % der möglichen Sonnenscheindauer.

Die Windverhältnisse werden stark durch die Orographie beeinflusst. Das Zillertal ist durch die Alpenkämme von West- und Ostwinden fast gänzlich abgeschnitten. Der Bodenwind weht das ganze Jahr über aus Norden oder Süden. Während im Frühjahr die Winde aus dem Nordsektor dominieren, sind es im Herbst und Winter die aus dem Süden (siehe Mayerhofen in Abb.4). Die Windstärke beträgt meist nur 1 und 2, in seltenen Fällen 3 Beaufortgrade; letztere treten zum überwiegenden Teil gegen 14.00 Uhr auf.

2.3. GEOLOGIE, MORPHOLOGIE UND BÖDEN

Das Arbeitsgebiet liegt in den Tuxer Voralpen, welche geologisch den Zentralalpen und zwar der Tauern-Schieferhülle angehören (westl. Tauernfenster, Abb.5). Das Gestein ist im gesamten Gebiet ein sehr einheitlicher, paläozoischer Quarzphyllit ("Innsbrucker Quarzphyllit") des Unterostalpins (TOLLMANN, 1961). Neben wenigen Einlagerungen von Ankerit, Chlorit u.a. überwiegen silbergrauer Muskowit- Quarzphyllit mit Quarzlinzen sowie weiche, feinblättrige graphitische Phyllite und Tonschiefer. Während die erste Gruppe zur Herausbildung von Felspartien und Härtlingen neigt, verwittern Phyllite und Tonschiefer rasch zu feinsandig-schluffigen Böden und begünstigen dadurch Staunässe und Hangrutschungen. Der anstehende Fels ist meist von einer mächtigen Hangschuttdecke bedeckt. Zum geringeren Teil sind auch Moränenreste erhalten. Im Durchschnitt sind alle Ausgangsmaterialien basenarm und sauer. Die Nord-Süd-Furche des mittleren Zillertales wurde während der Eiszeiten durch Gletscher zu einem breiten Trogtal mit wenig gegliederten steilen Talflanken geformt. Auf einem E-SE-exponierten Hangrücken dieser Talflanken ist das Höhenprofil eingelegt worden.

Die Böden sind meist nährstoffarm und sauer. Schon in den fünfziger Jahren wurden für die Böden, welche der Braunerde-Podsolreihe zuzuordnen sind, durchschnittliche pH-Werte zwischen 2,5 und 4,1 angegeben (CZELL, 1963). Entlang des Höhenprofils kommt die übergeordnete klimatische Höhenzonierung im Sinne zunehmender Podsolierung in höheren Lagen recht gut zum Ausdruck:

- Lockere, ärmere Silikatbraunerde und stärker verwittertes, bindigeres Braunerdekolluvium in der tief- und mittelmontanen Stufe;
- Semipodsol und schwach ausgebildeter sekundärer Zwergpodsol in der hochmontanen und tiefsubalpinen Stufe;
- Deutlich ausgeprägter klimabedingter Podsol in der subalpinen Stufe, in seinem Habitus durch jahrhundertelange Bodenstreuung verstärkt.

Die höhenzonale Differenzierung wird jedoch von zahlreichen Faktoren überlagert. Verstärkter Hangabtrag auf Steilhängen bzw. auf leicht beweglichem Material läuft der Podsolreife entgegen,

Tab. 1: Korngrößenverteilung in Prozent des Feinbodens der Probe-
flächen des Höhenprofils.

Probe- fläche	cm Tiefe	Horizont	2000- 200 µg	200- 60 µg	60- 20 µg	20- 6 µg	6- 2 µg	<2 µg
H1	17-30	B _{2hs}	30	6	17	23	7	17
	30-45	B _{3s}	50	5	28	6	4	19
1a	8-10	B	36	9	16	18	5	15
	10-20	B	37	12	16	18	4	13
	20-30	B	37	13	17	16	3	14
	30-40	B	40	15	13	16	6	8
	40-43	BC _v	40	13	15	18	6	8
	ab 50	BC _v	27	14	19	19	6	15
2	5/10-15	B _{1h}	46	8	13	13	6	14
	15-60	B _{2s}	46	8	12	12	6	16
	ab 60	B _v	40	18	21	11	1	9
3	18-60	B _{2s}	23	12	17	22	10	16
4	7-50	B _{1s}	33	9	16	23	10	9
5	10-20	B _{1hs}	32	7	16	23	10	12
	20-30	B _{2s}	35	8	16	24	8	9
	30-40	C _v	46	8	14	18	7	7
	40-50	C _v	46	9	14	18	7	6
	50-60	C _v	49	10	12	18	7	4
	60-70	C _v	46	10	15	19	7	3
7	3/4-	B _v	40	9	13	23	8	7
9	5-10	B ₁	44	9	11	20	7	9
	10-15	B ₁	45	9	11	19	9	7
	15-20	B ₂	50	10	9	17	6	8
	20-30	B ₂	51	9	12	15	6	7
	30-40	B ₂	53	10	9	15	6	7
	40-45	B ₂	44	10	11	19	8	8
	aus 55	BC _v	61	11	8	11	4	4
	aus 70	C _v	62	11	8	11	4	4
10	2/5-	B _v	40	8	12	18	9	13

z.T. sind auf erodierten, geköpften Podsolen neuerlich Braunerden entstanden. Auf Sonnhängen liegen die Bodentypen-Grenzen entsprechend höher als in schattigen Lagen, verbunden mit der Ausbildung unterschiedlicher Humusformen. In den Hochlagen erlangt das Relief vorrangige Bedeutung für die Boden- und Vegetationsentwicklung. Die Eisen-Humuspodsole der Buckel tragen sonnseitig nur geringe Moderauflagen. In den Mulden und Rinnen haben sich hydro-morphe Böden vom pseudovergleyten Podsol bis zum Pseudogley und Anmoor entwickelt. Stärkere Eingriffe durch den Menschen, wie z.B. Streunutzung, führten zu einer zusätzlichen Dynamik in der Bodendegradierung. Die Böden der Schneitelwälder sind nach älteren Untersuchungen durch ein Absinken des K- und Ca-Gehaltes sowie durch ein Ansteigen des Mn- und des N-Gehaltes gekennzeichnet (SCHIECHTL, 1968). Die Böden auf Hangstufen sind bei landwirtschaftlich genutzten Flächen deutlich agradiert.

Tab.1 zeigt die Korngrößenverteilung (Textur) der Böden an den untersuchten Standorten. Die Böden weisen durchwegs hohe Sandanteile (über 50%) und wenig Ton (unter 15 %) auf.

2.4. VEGETATION

Das Untersuchungsgebiet liegt im zwischenalpinen Fichten-Tannenwaldgebiet (MAYER, 1974). Buchenbestände sind in dem für diesen nördlichen Wuchsbezirk eher niederschlagsreichen Bereich nur mehr über bevorzugten Gesteinen anzutreffen (z.B. bei Finkenberg über Kalk-Glimmerschiefer). Die natürliche Waldvegetation ist durch die schon sehr alte Besiedlung an den Hängen - die überschwemmten Täler wurden gemieden - verändert worden. Waren es in früheren Jahrhunderten vor allem das Bergbau- und Hüttenwesen, die den Wald stark belasteten, so ist es etwa seit dem Jahre 1800 vor allem die sich ausdehnende Viehwirtschaft, die Verluste an Waldfläche bis etwa 30% mit sich brachte. Nach großflächigen Rodungen für Alm- und Weideflächen sind Waldweide, Streunutzung und Schneitelung bis vor kurzer Zeit die nachteiligsten Folgen der Siedlungstätigkeit für den Wald gewesen. Vielfach ist die heutige Vegetation der Hochlagen auch eine Folge von Schwendungen (Schwendung: mechanische Beseitigung von aufkommenden Holzarten auf landwirtschaftlich genutzten Flächen): Solche sind auf dem Sonnenhang oberhalb der Krößbrunnalpe (Nähe Hochlagenfläche H3) augenscheinlich noch in jüngster Zeit erfolgt (NEUWINGER, 1967).

Im Vergleich zur Absenkung der aktuellen Waldgrenze (sie liegt ca. 100-200 m unter der potentiellen) und der Auflösung der geschlossenen Waldfläche hatten anthropogene Eingriffe (wie Schwen-
dungen, Waldbeweidung, Ast- und Streunutzung) noch schwerwiegen-
dere Nachwirkungen auf Bonitäten und Zuwächse (Leistungsunter-
schiede bis zu 100%, SCHIECHTL, 1968) zur Folge. Über die Verän-
derungen im Vegetationsgefüge und -mosaik über der aktuellen
Waldgrenze im Zirben-Lärchengürtel berichten PITSCHMANN et al.
(1970).

Abb.6 stellt an einem Profil schematisch die Höhenstufen mit den
Waldgesellschaften und den Bewirtschaftungsformen dar. Die Vege-
tation der Baum-, Strauch-, Kraut- und Mooschicht ist in Tab.2
wiedergegeben.

Die Tallagen mit den heute durch die Mähwiesen stark zurückge-
drängten Grauerlenauen sind durch die Bewirtschaftung als Nieder-
wald heute sehr monoton in der Baumschicht und durch deren hohe
Deckung artenarm in der Strauch- und Krautschicht. Die früher
weit verbreiteten Baumarten Silberweide und Schwarzpappel in jun-
gen Entwicklungsstadien sowie die Harthölzer Esche, Bergulme und
Bergahorn sind nur mehr selten anzutreffen.

Die submontanen und untermontanen Laubmischwälder (bis etwa
850 m) sind besonders auf den für Landwirtschaft (Getreide, Kar-
toffel, Obst) gut geeigneten Lagen in S- und E-Expositionen bis
auf sehr schmale Streifen, meist an den Besitzgrenzen, zurückge-
drängt. In der Baumartenzusammensetzung haben die Laubhölzer
(Winterlinde, Stieleiche, Bergahorn) noch große Anteile bewahren
können, aber auch hier überwiegt bereits die Fichte. Durch die
Lage der Waldparzellen im Grünland zwischen Bauerngehöften ist
der hohe Prozentsatz an Ruderalpflanzen und lichtliebenden Arten
leicht erklärbar (siehe Tab.2).

Diese Einflüsse aus der benachbarten Landwirtschaft ziehen sich
bis in die mittelmontane Stufe, die von Fichten-(Tannen-)bestän-
den geprägt wird. Hier sind die Belastungen durch Schneitelung
und Streurechen z.T. noch recht deutlich in der Ertragsminderung
und in der Artenzusammensetzung sichtbar (vgl. Abb.2). Die Tanne,
hier im Grenzgebiet ihrer natürlichen Verbreitung, wurde durch
forstliche Bewirtschaftung fast völlig verdrängt.

Tab.2: Vegetation des Höhenprofils: Baum-, Strauch-, Kraut- und Moosschicht

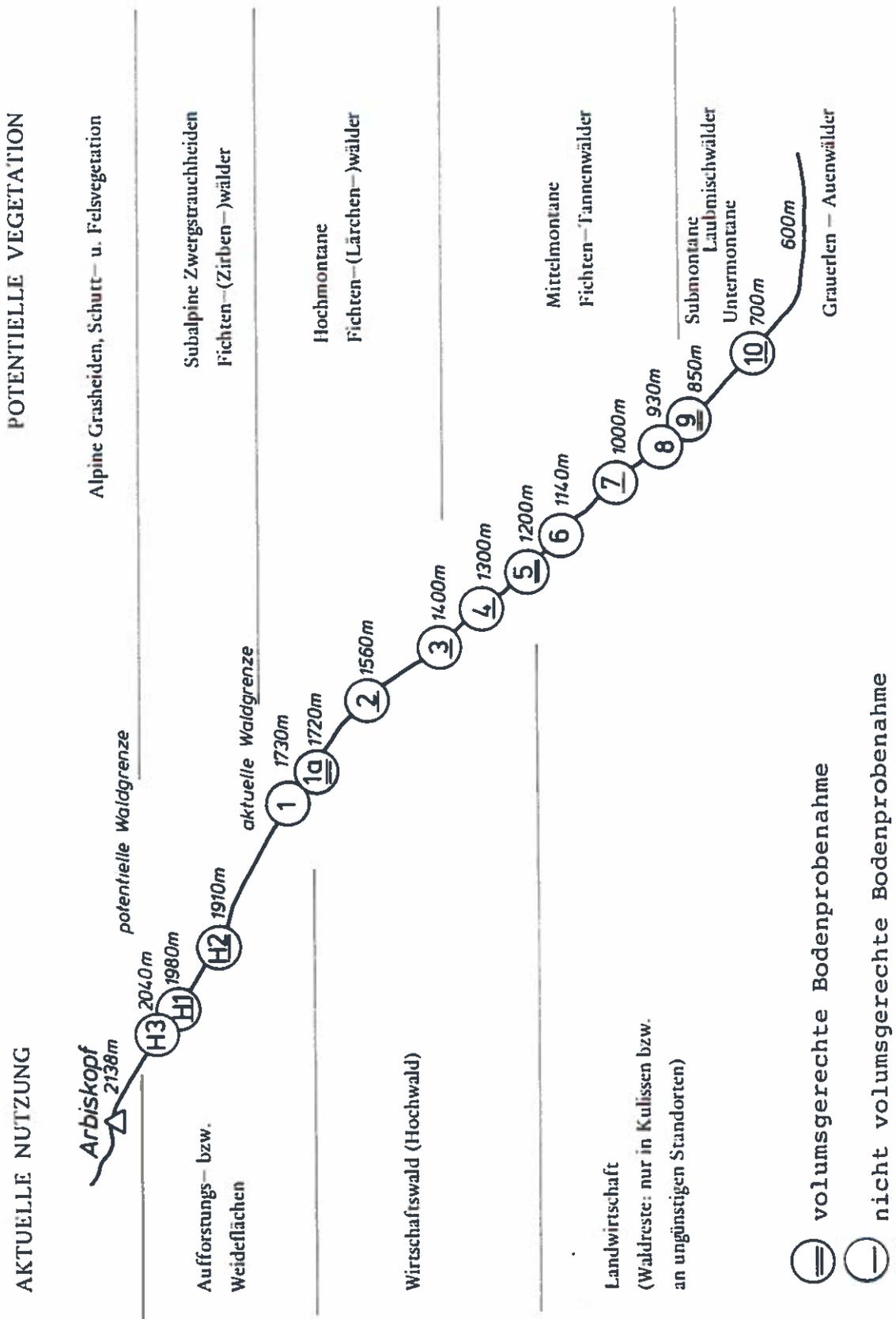
Höhenstufen:	sub- untermontan	bis 850	mittelmontan			hoch- montan	(tief-) subalpin		
	700	850	1020	1200	1300	1400	1550	1750	2050
Seehöhe	700	850	1020	1200	1300	1400	1550	1750	2050
Exposition	E	E	SE	ENE	E	E	SW	SE	SE
Hangneigung in %	70	50	75	65	30	25	55	15	30
Boden	B	kB	kB		SP	ZP	P	SP	P
Flächengröße in m ²	250	150	100	100	400	200	100	100	200
Aufnahmenummer	10	9	7	5	4	3	2	1a	H1
Arten									
B ₁ : Picea abies	2	3	2	4	2	3			
Tilia cordata	+	1							
Quercus robur	+	1							
B ₂ : Picea abies	+	2	2	1	3	+	3	1	
Tilia cordata	3								
Quercus robur	3								
Acer pseudoplatanus	1								
Acer platanoides			+						
Betula verrucosa							+		
S : Sorbus aucuparia	+	+				+			
Sambucus nigra	+								
Sambucus racemosa	+								
Corylus avellana	2	+							
Tilia cordata	+	1							
Acer pseudoplatanus	+	+							
Abies alba		+							
Betula verrucosa							+	+	
Pinus mugo								1	
Alnus viridis								r	
Picea abies				+	1	1	1	1	r
Pinus cembra								+	1
Juniperus nana								1	1
Rhododendron ferrugineum								1	1
K Galeopsis speciosa	r								
Prunus padus	r								
Prunus avium	r								
Chelidonium majus	r								
Impatiens noli-tangere	+								
Rubus fruticosus agg.	+ ^o								
Acer pseudoplatanus	+								
Salvia glutinosa	+								
Geranium robertianum	r	+							
Senecio nemorensis agg.	+	+							
Polypodium vulgare	+	1							
Corylus avellana		+							
Campanula trachelium		+							
Silene dioica (rubra)		+							
Rubus idaeus		+							
Epilobium cf. montan.		+							
K Poa nemoralis		+ .2							
Frangula alnus		+							
Fragaria vesca		+							
Viola cf. montana		r							
Moehringia trinervia		r							
Dryopteris x tavelii		r							
Cardamine impatiens	r		r						
Sambucus nigra	r		+						
Dryopteris dilatata agg.	r	r	r						
Solidago virgaurea	r	+	+					+	

	Phyteuma betonicifolium	+	+	r						
	Dryopteris filix-mas	r	1	+					+	
	Oxalis acetosella	+	+	1						
	Vaccinium myrtillus	r	2	r	2	2	3	4	1	1
	Avenella flexuosa	r	+	+ .3	3.4	+	1	3	1	1
	Luzula luzuloides	+ .2	+ .2	1.2	+ .2		r .2	+ ^o	+ .2	+ .2
	Maianthemum bifolium	+	r	+	(+)				1 ^o	
	Sorbus aucuparia	r	+	+	r					
	Prenanthes purpurea		+	+	(+)					
	Lamiastrum montanum		+	+						
	Athyrium filix-femina		r	+						
	Hieracium sylvaticum		+	r				r		
	Acer platanoides		r	+						
	Galium rotundifolium			1						
	Polygonatum verticillatum			+ ^o						
	Scrophularia nodosa			r						
	Dryopteris borrieri			r						
	Melampyrum pratense		r		r	+	1	1	+	+
	Picea abies			r		+	+	+	+	+
	Vaccinium vitis-idaea				+	+	1	1	1 ^o	+
	Blechnum spicant				r	+	1	r	+	
	Luzula sylvatica				(1.2)		r .2			
	Thelypteris limbosperma				(+)					
	Calamagrostis villosa						+	+ .2		
	Veronica officinalis							+		
	Alchemilla vulgaris agg.							r ^o		
	Leucanthemum vulgare agg.							r		
	Rumex acetosa							r		
	Dactylis glomerata							r ^o		
	Campanula barbata							r	+	
	Nardus stricta							+ .2	3	3
	Crepis aurea							r	r	+
	Vaccinium uliginosum								2	2
	Homogyna alpina				(+)				+ ^o	+
	Calluna vulgaris								1 ^o	1
	Arnica montana								1	+
	Gentiana acaulis s.str.								+	+
K	Potentilla erecta								r	r
	Hieracium spec.								r	
	Carex spec.								r	
	Geum montanum									+
	Anthyllis alpestris									+
M	Pleurozium schreberi				1	1	1	3	2	+
	Hylocomium splendens				3 ¹⁾	4 ¹⁾	3 ¹⁾	1		
	Dicranum cf. scoparium				2	1	+	1		+
	Bazzania trilobata				1	+				
	Dicranella heteromalla				+	1				
	Polytrichum				+	r				+
	cf. Lophocolea bidentata				+					
	Sphagnum spec.					+				
	Ptilidium crista-castrensis					1	2			
	Barbilophozea spec.						+			
	Atrichium undulatum							+		
	Cladonia spec.							1	+	+
	Dicranum undulatum								1	

B1: Erste Baumschicht B: Braunerde
 B2: Zweite Baumschicht kB: kolluviale Braunerde
 S: Strauchschiicht SP: Semipodsol
 K: Krautschicht ZP: Zwergpodsol
 M: Moosschicht P: Podsol

- 1) durch Streurechen begünstigte Vegetation bedeutet steril
 () Schätzung auf eine größere homogene Fläche bezogen

Abb.6: Höhenprofil des Schwendberges mit Waldgesellschaften und Probeflächen für Bodenprobeentnahmen



Ab etwa 1200 m beginnt die Zone der Wirtschaftswälder, die höheren Lagen der mittelmontanen Stufe und die hochmontane Stufe umfassend. Die Artengarnitur der Fichtenreinbestände umfaßt neben den Arten saurer Mischwälder, die schon in tieferen Lagen auftreten, noch Höhenzeiger wie *Luzula sylvatica* und *Blechnum spicant*. Einzeln auftretende Kräuter und Gräser (*Dactylis glomerata*, *Leucanthemum vulgare* agg., *Nardus stricta*) deuten auf ehemalige Beweidung in noch heute aufgelockerten Beständen hin.

Die Höhenlagen über 1750 m gehören zur Zone der Schutz- und Bannwälder. Die Flächen zwischen der aktuellen (2000 m) und der potentiellen Waldgrenze (2100 m) tragen subalpine Zwergstrauchheiden, die z.T. heute noch beweidet werden. "Im Aufforstungsgebiet haben die Waldreste in der Umgebung der Asten den bestehenden Streubedarf nicht mehr decken können. Man ging deshalb weit über den Wald hinaus bis über 2000 m Seehöhe. Dadurch ist die nach der Entwaldung aufgekommene subalpine Zwerstrauchheide ebenfalls stark in Mitleidenschaft gezogen worden" (SCHIECHTL, 1967). Über die unterschiedliche Eignung der Standorte 1A, H1, H2 für Aufforstungen mit Fichte, Zirbe und Lärche berichten SCHIECHTL und NEUWINGER (1980). In welchem Maße der Anteil der Zirbe in den Hochlagenbeständen der Tuxer Alpen durch den anthropogenen Einfluß zugenommen hat, können nur pollenanalytische Untersuchungen in Zusammenhang mit historischen Forschungen zeigen.

3. MATERIAL UND METHODE

Mitte April 1984 wurde das Untersuchungsprogramm mit der Einrichtung der Probeflächen, den ersten Nadelprobenahmen und den Ozonmessungen begonnen. Nummer, Seehöhe und Exposition der Probeflächen sowie die Erhebungstermine sind aus Tab.3 zu ersehen.

3.1. METEOROLOGISCHE AUFNAHMEN

Meßstelle auf der Probefläche 9 (850 m Seehöhe)

Zur Erfassung der kleinklimatischen Verhältnisse wurden Stundenmittelwerte der Windgeschwindigkeit (m/s), Windrichtung, Temperatur (°C), Strahlung (Joule/cm²) und Strahlungssummen (Joule) gemessen. Windgeschwindigkeiten unter 1 m/s wurden als Kalmen gewertet und rechnerisch als 1 m/s verarbeitet.

Meßstelle X1 (2550 m Seehöhe)

Die großräumigen Windverhältnisse wurden ca. 4 km westlich des Höhenprofils am Pangert durch Messung der Windgeschwindigkeiten (Tagesmittel) und Registrierung der Tages-Hauptwindrichtung erhoben.

3.2. LUFTSCHADSTOFFMESSUNGEN

Die Ozonmessungen an der Meßstelle X2 (siehe Abb.1) und der Meßstelle auf der Probefläche 2 wurden mit einem Gerät der Firma Monitor Labs durchgeführt (ML-Ozonmeter 8410), für die Messung auf der Probefläche 9 wurde ein Bendix Ozonmeter 8002 eingesetzt. Die Geräte arbeiten nach dem Prinzip der Chemilumineszenz.

3.3. DEPOSITIONSMESSUNGEN

Probenahme

Das Sammeln der Regenproben erfolgte mit Kroneis-Totalisatoren, welche den Normen der World Meteorological Organization (WMO, 1978) entsprechen. Es sind offene Gefäße für die Werbung der gesamten (auf Grund der Schwerkraft) absetzbaren Deposition ("bulk deposition") und bestehen aus einem Auffangtrichter (Durchmesser 20,5 cm), welcher über eine verengte Übergangsstelle mit einem 1-Liter-Auffanggefäß verbunden ist. Das Auffanggefäß ist lichtgeschützt ausgeführt, um Algenwuchs zu unterbinden. Der obere Trichterrand ist mit einer Vogelschutzkrone aus Teflon versehen

Tab.3: Beschreibung und Bearbeitung der Probeflächen (1984)

Probeflächen und Meßstellen	Seehöhe	Exposition	Wetterstationen	Ozommessungen	Depositionsmessungen	Volumgerechte Bodenprobenahme	Nicht volumgerechte Bodenprobenahme	Vegetationsaufnahme	Dauerbeobachtungsflächen	Vegetationsprobenahme	Nadelprobenahme	Mikroskopische Untersuchungen	Aufnahme der Kronenzustände
H1	1980	SSE	-	-	-	-	6	6	-	-	9	9	-
H2	1910	SSW	-	-	-	-	7	-	-	-	9	9	-
H3	2040	NW	-	-	-	-	-	-	-	-	9	9	-
1	1720	SW	-	-	4	-	-	-	-	-	8	-	9
1a	1730	SE	-	-	-	5	-	-	6	5	8	9	9
2	1560	SSW	-	1	-	-	6	6	-	-	8	9	9
3	1400	SSE	-	-	-	-	6	6	-	-	8	9	9
4	1300	SSE	-	-	-	-	6	6	-	-	8	9	9
5	1200	SE	-	-	-	5	-	-	6	5	8	9	9
6	1140	SE	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	9
7	1000	ESE	-	-	-	-	6	6	-	-	8	-	9
7a	1000	ESE	-	-	4	-	-	-	-	-	8	-	9
8	930	ESE	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	9
9	850	ESE	1	1	-	5	-	-	6	5	8	-	9
10	700	E	-	-	-	-	6	6	-	-	8	-	9
X1	2550	a)	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X2	1950	b)	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X3	600	c)	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-

1: Juni bis August
 2: Dauermeßstelle
 3: April bis Juni
 4: ab Mai
 5: Juli u. September
 6: Juli
 7: September
 8: April, Juli, September
 9: November

a) Pangert b) Ahorn (Filzenalm) c) Christlboden

(SMIDT, 1984). Die Probenahme erfolgte nach einem Niederschlagsereignis einmal pro Tag.

Analyse

In den Einzelproben (Tagesproben) wurden zunächst pH-Wert (Glas-elektrode) und elektrische Leitfähigkeit (Konduktometer) bestimmt. Die Proben wurden dann monatsweise zu Mischproben vereinigt, in denen pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Sulfat (Thorinmethode), Nitrat und Ammonium (Ionenselektive Elektroden), Chlorid (coulometrische Titration) sowie Calcium und Magnesium (Atomabsorptionsspektroskopie) bestimmt wurden.

Die Angaben der Konzentrationen erfolgte (mit Ausnahme des pH-Wertes) in mg Ion pro Liter. Die elektrische Leitfähigkeit wurde in $\mu\text{S/cm}$ angegeben (unspezifisches Maß für die Summe an gelösten Ionen in der Probe).

Zur Beschreibung des Gesamtioneneintrages (E ges.) wird die Summe sämtlicher gemessener Ionenäquivalente aus den gemessenen Ionenkonzentrationen und den Niederschlagshöhen errechnet und auf 1 m und einen Monat (Mittel der Monate Mai bis Dezember) bezogen:

$$E \text{ ges.} = \frac{\text{Summe Milliäquivalente}}{\text{m}^2 \cdot \text{Monat}}$$

Zusätzlich wurden auf der Basis des gewichtsmäßigen Eintrages für die Elemente H, S und N die Einträge wie folgt angegeben:

$$E (\text{Element}) = \frac{\text{mg Element}}{\text{m}^2 \cdot \text{Monat}}$$

3.4. BODENPROBENAHME, -PROFILBESCHREIBUNG UND -ANALYSE

Bodenprobenahme

Bodenproben wurden von allen Probeflächen mit Ausnahme der stark ruderalisierten Flächen 6 und 8, der Fläche 1 (nicht entsprechende Exposition) sowie der Fläche H3 entnommen (Tab.3, Abb.6).

Volungsgerechte Proben

Volungsgerechte Probenahmen erfolgten an den Probeflächen 1a, 5 und 9. An jedem Punkt wurden zur Ausschaltung kleinräumiger Variationen der Bodenzusammensetzung drei Bohrkerne (Maximaltiefe 50 cm) vom Oberboden gezogen. Zusätzlich wurde an den Probeflächen 5 und 9 auch je eine Probe des Unterbodens bis 70/80 cm Tiefe gewonnen.

Nicht volumsgerechte Proben

Nicht volumsgerechte Proben wurden horizontweise an den übrigen Punkten (H1, H2, 2-4, 7 und 10) aus jeweils drei Einstichen gezogen.

Alle Proben wurden 2-3 Wochen luftgetrocknet. Die Bohrkerne wurden nach Horizonten geteilt, gesiebt, das Trockengewicht der Grob- und Feinfraktion bestimmt und der Feinanteil für die chemische Analyse vorbereitet.

Bodenprofilbeschreibung

Die Böden aller beprobten Punkte wurden profilmorphologisch nach den Richtlinien der Bodenaufnahme beschrieben (Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, 1969). Eine Kurzfassung dieser Beschreibung ist im Anhang 1 wiedergegeben.

Bodenanalyse

Für die chemische Analyse der Böden kamen folgende Verfahren zur Anwendung:

pH-Wert: Nach einer Konventionsmethode in 0,1n KCl-Lösung.

Organischer Kohlenstoff: Als CO₂ mittels IR-Gasanalytators (Maihak) nach Verbrennung im Sauerstoffstrom.

Stickstoff: Nach KJELDAHL.

Gesamtaufschluß: Mit einem Salpetersäure-Perchlorsäure-Gemisch (5:1) zur Erfassung des "verwitterbaren Vorrates" an Nährstoffen und Schwermetallen.

In den Aufschlußlösungen wurde P kolorimetrisch, K in der Flammenemission sowie Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Cr, Ni und Pb mit der Atomabsorptionsspektroskopie (Perkin Elmer 2380) bestimmt. In den humusärmeren Mineralbodenhorizonten wurde die Korngrößenverteilung mittels kombinierter nasser Siebung und Pipettenmethode nach LÜTTMER-JUNG (1955) modifiziert ohne Humus- und Carbonatbestimmung und mit Vibratordispersierung bestimmt.

3.5. VEGETATIONS-AUFNAHME, -PROBENAHE UND -ANALYSE

Vegetationsaufnahme

Die Vegetationsaufnahme erfolgte einerseits auf den permanent verpflockten Dauerbeobachtungsflächen (Probeflächen 1a, 5 und 9; 10 x 10 Meter), um Änderungen in der Artenzusammensetzung bzw. -verschiebung im Deckungswert bei einzelnen Arten feststellen zu können; andererseits wurden von den Probeflächen H1, 2, 3, 4, 7 und 10 die gesamte Artengarnitur der Vegetationseinheiten nach der Methode der Zürich-Montpellier'schen Schule aufgenommen (Tab.2). Bei der Charakterisierung und Einordnung der Einzelbestände (Dauerbeobachtungsflächen) sind neben der Berechnung der Verteilung der Lebensformen vor allem die Verhältnisse in der Krautschicht in Bezug auf Lichtgenuß, Feuchte, Bodenreaktion und Stickstoffversorgung eine große Hilfe. Hierzu wurden für 9 Probeflächen (vgl.Tab.14) die durchschnittlichen Zeigerwerte mit Hilfe der ELLENBERG-Ziffern (ELLENBERG, 1979) berechnet. Mit einer Wiederholungsaufnahme am Ende der Untersuchung kann somit eine etwaige Veränderung in der Artenzusammensetzung sowie der Artenmächtigkeit festgestellt werden.

Vegetationsprobenahme

Schon seit längerer Zeit ist von einzelnen Pflanzengruppen bekannt, daß spezifische Aufnahmemechanismen für Schwermetalle existieren, so z.B. bei Pilzen (MUTSCH et al., 1979) und einzelnen Brassicaceen-Gattungen für Kupfer (MUTSCH, 1980). Für Waldbodenpflanzen sind derartige Aufnahmemechanismen noch nicht beschrieben worden.

Es ist daher eine zentrale Fragestellung, den Gehalt von Nährstoffen und Spurenelementen in Arten der Waldbodenvegetation in verschiedenen Höhenstufen zu unterschiedlichen Jahreszeiten zu verfolgen und mit den Werten des Waldbodens sowie der Humusschicht zu vergleichen.

Die Auswahl der Pflanzen erfolgte unter dem Gesichtspunkt der Vergleichbarkeit über drei Höhenstufen hinweg (*Vaccinium myrtillus*) und in Hinblick auf eine möglichst breite Streuung innerhalb des Pflanzenreiches (verschiedene Familien bei Ein- und Zweikeimblättrigen, Farne und Moose; vgl. Tab. 4 u. 5). Dies soll die Interpretation der unterschiedlichen Aufnahmemuster für die einzelnen Elemente ermöglichen.

Die Vegetationsprobenahme (oberirdische Pflanzenteile) erfolgte

im Juli und September auf drei Probeflächen (1a, 5 und 9) des Höhenprofils, welche charakteristisch für die tiefsubalpine, mittelmontane und untermontane Stufe sind.

Vegetationsanalyse

Zur Erfassung der Nährstoff-, Schwermetall- und Aluminiumgehalte der Bodenvegetation wurden die Pflanzenproben mit einem Salpetersäure-Perchlorsäure-Gemisch (5:1) aufgeschlossen. In den Aufschlußlösungen wurde P kolorimetrisch, K in der Flammenemission, und Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn und Al mit der Atomabsorptionsspektroskopie (Perkin Elmer 2380) bestimmt. Al wurde in der Lachgas-Acetylenflamme gemessen.

3.6. NADELPROBENAHME UND -ANALYSE

Nadelprobenahme

Die Astproben auf den 11 Fichtenprobeflächen wurden in den Monaten April, Juli und September vom 6. bzw. 7. Quirl vor- und mit herrschender Bäume entnommen (im vorliegenden Bericht werden jedoch nur die Ergebnisse der Probenahme vom September berücksichtigt).

Bei den Probenahmen auf den Hochlagenflächen wurden Zirben beerntet. Auf den Flächen H1 und H2 wurde jeweils der erste Nadeljahrgang von 5 Pflanzen zu einer Probe vereinigt, um ausreichendes Probenmaterial zu erhalten. Auf der Fläche H3 wurden Astproben jeweils eines Baumes gewonnen.

Die Nadelproben wurden für die chemische Analyse getrocknet und gemahlen.

Nadelanalyse

Die Gesamtschwefelbestimmung erfolgte mittels eines LECO-SC 132 Schwefelanalysators. Stickstoff wurde nach dem Schwefelsäureaufschluß nach KJELDAHL bestimmt. Die übrigen Nährelemente (P, K, Ca, Mg) wurden nach einem Schwefelsäure-Salpetersäure-Aufschluß flammenphotometrisch (K), photometrisch (P) bzw. mit Hilfe der Atomabsorptionsspektroskopie (Ca, Mg) gemessen. Die Schwermetalle Blei und Cadmium wurden nach dem Aufschluß mit einem Salpetersäure-Perchlorsäure-Gemisch in der Graphitrohrküvette analysiert.

Tab.4: Chemisch untersuchte Moose, Farne und Blütenpflanzen
(Systematische Zusammenstellung)

Unterabteilung BRYOPHYTA (Moose)

DICRANACEAE	Dicranum scoparium	Gabelzahnmoos
HYLOCOMIACEAE	Hylocomium splendens	Stockwerkmoos
PTILIDIACEAE	Ptilidium crista- castrensis	
SPHAGNACEAE	Sphagnum spec.	Torfmoos

Unterabteilung PTEROPHYTINE (Farne)

ASPIDIACEAE	Dryopteris filix-mas	Gemeiner Wurmfarn
BLECHNACEAE	Blechnum spicant	Rippenfarn
POLYPODIACEAE	Polypodium vulgare	Engelsüß
THELYPTERIDACEAE	Thelypteris limbosperma (Syn: Oreopteris limbosperma, Dryopteris oreopteris)	Bergfarn

Unterabteilung ANGIOSPERMAE (Bedecktsamer)

Klasse Dicotyledonae (Zweikeimblättrige)

ASTERACEAE	Arnica montana Senecio nemorensis agg. Solidago virgaurea	Arnica Hain-Kreuzkraut Gemeine Goldrute
CAMPANULACEAE	Campanula trachelium	Nesselblättrige Glockenblume
CICHORIACEAE	Hieracium sylvaticum Prenanthes purpurea	Wald-Habichtskraut Purpur-Hasenlattich
ERICACEAE	Vaccinium myrtillus Vaccinium uliginosum Vaccinium vitis-idaea	Heidelbeere Rauschbeere Preiselbeere
OXALIDACEAE	Oxalis acetosella	Sauerklee
RANUNCULACEAE	Actaea spicata	Christophskraut

Klasse Monocotyledonae (Einkeimblättrige)

JUNCACEAE	Luzula luzuloides (=L. albida)	Schmalblättrige Hainsimse
LILIACEAE	Maianthemum bifolium	Schattenblümchen
POACEAE	Calamagrostis villosa Avenella flexuosa (=Aira flexuosa) Nardus stricta	Wolliges Reitgras Draht-Schmiele Bürstling

Tab.5: Chemisch untersuchte Kräuter und Moose

Lebens- form	Blatt- ausdauer	Name	Probefläche		
			la	5	9
			S H	S H	S H
<u>Krautschicht</u>					
Z	s	Vaccinium myrtillus	X X	X X	X X
Z	i	Vaccinium vitis-idaea	X X	X X	
H	w	Luzula luzuloides	X X		X X
H	i	Avenella flexuosa	X X	X X	
H	s	Arnica montana	X X		
Z	s	Vaccinium uliginosum	X X		
H	w	Nardus stricta	X X		
H, G	s	Calamagrostis villosa	- X		
H	i	Blechnum spicant		X -	
H	s	Thelypteris limbosperma		X X	
G, H	w	Oxalis acetosella			X X
H	w	Solidago virgaurea			X X
H	s	Prenanthes purpurea			X X
H	w	Hieracium sylvaticum			X X
H	s	Dryopteris filix-mas			X X
H	i	Polypodium vulgare			X X
G	s	Maianthemum bifolium			X -
H	s	Campanula trachelium			- X
H	s	Senecio nemorensis agg.			- X
H, G	s	Actaea spicata			- X

Moosschicht

Hylocomium splendens	X X
Sphagnum spec.	X X
Dicranum spec.	X X
Ptilidium crista-castrensis	- X

Abkürzungen:

G = Geophyt, Überwinterungsknospen unter der Erdoberfläche, meist mit Speicherorganen

H = Hemikryptophyt, Überwinterungsknospen nahe der Erdoberfläche

Z = holziger Chamaephyt (Zwergstrauch), nur selten über 0,5 m hoch werdend

i = immergrün, mit Blättern, die oft länger als 1 Jahr leben

w = überwinternd grün, oft mit grünen Blättern überwinternd, die aber im Frühjahr ersetzt werden

s = sommergrün, nur in der warmen Jahreszeit mit grünen Blättern

S = Anfang Juli 1984

Zeitpunkt der Probenahme

H = Anfang September 1984

3.7. MIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN

Zur Untersuchung auf biotische Schaderreger wurden Astproben von den Probeflächen H1, H2, H3, 3, 4 und 5 im November 1984 geworben und mikroskopisch untersucht.

3.8. AUFNAHME DER KRONENZUSTANDSFORMEN

Mitte November wurde der Kronenzustand der Fichtenprobestämme des Höhenprofils nach den Kriterien der Waldzustandsinventur erhoben (POLLANSCHÜTZ, 1985). Allerdings wurden - wie im gesamten Tiroler Raum - abweichend von der sonst üblichen Vorgangsweise - Bestände mit einem Alter von über 120 Jahren in die Betrachtung mit einbezogen. (Mit Hilfe der bundesweit und flächendeckend durchgeführten Waldzustandsinventur wird eine jährliche Beschreibung des Kronenzustandes und seiner Veränderung an ausgewählten Probeflächen in 60-120 jährigen Fichten- bzw. Kiefernbeständen durchgeführt. Die Ursachen der Nadelverluste bzw. Kronenauflichtungen werden hierbei allerdings nicht erklärt.)

4. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

4.1. METEOROLOGISCHE DATEN

Die Ergebnisse der meteorologischen Erhebungen an den Meßstellen 9 und XI sind im Anhang 2 wiedergegeben.

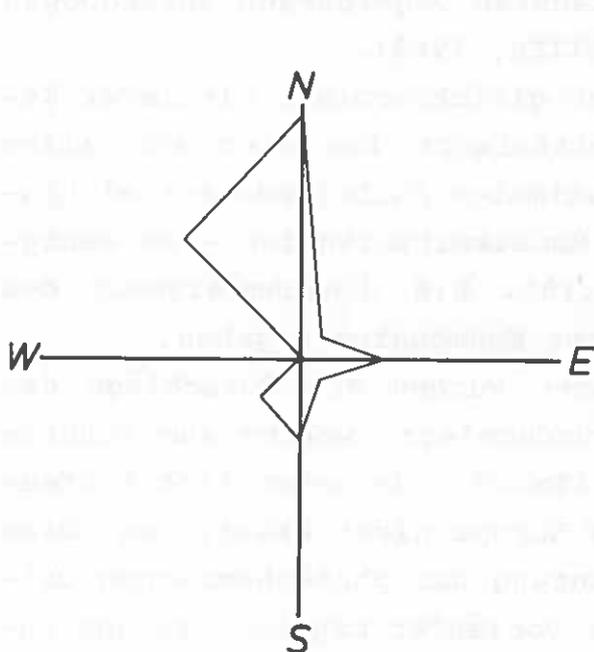
Meßstelle auf der Probefläche 9 (850 m SH)

Die Tagesmittel der Windgeschwindigkeiten (gerechnet über die Gesamtmeßdauer) lagen zwischen 1,04 und 1,55 m/s, die Spannweite der Tagesdrittel lag zwischen 1,00 und 2,00; das Gesamtmittel betrug 1,31 m/s.

Im ersten und dritten Tagesdrittel herrschte Westwind (neben Südwestwind) vor, im mittleren Tagesdrittel hingegen Südostwind (mit Ostwind). Die graphische Darstellung der Windverhältnisse ist aus Abb.8 gemeinsam mit den im selben Zeitraum gemessenen Ozonkonzentrationen zu ersehen.

Die Tagesmittel der Temperaturen lagen zwischen 8,5 und 25,5 °C (Tagesdrittel: 5,9 bis 28,6 °C); der mittlere Tagesgang der Temperatur ist monatsweise zugleich mit den Ozonkonzentration und der Strahlung aus der Abb.9 zu entnehmen.

Die Strahlungswerte erreichten Tagessummen von 69,6 Joule, die mittlere Strahlung der Tagesdrittel betrug 0,03 bis 6,5 Joule/cm.



Meßstelle XI (2550 m SH)

An der Meßstelle XI wurden die großräumigen Windverhältnisse erfaßt: hier herrschten Nord- bzw. Nordwestwinde vor (Abb.7). Die Tagesmittel der Windgeschwindigkeiten betragen zwischen 0,2 und 8,0 m/s, das Gesamtmittel über die Meßperiode war 2,9 m/s (Anhang 3).

Abb.7: Relative Windrichtungshäufigkeiten an der Meßstelle XI (Tageswerte)

4.2. LUFTSCHADSTOFFE

Die Monatsmittelwerte sowie die maximalen Halbstundenmittelwerte der Ozonkonzentrationen sind aus Tab.6 zu ersehen. Die Konzentrationen der Monatsmittel lagen zwischen 31 und 53 ppb, die maximalen Halbstundenmittelwerte zwischen 69 und 106 ppb. Graphische Darstellungen der mittleren Tagesgänge mit den maximalen Halbstundenmittelwerten sind in den Abbildungen 9 und 10 zu finden. (Für die Meßstelle der Probefläche 9 sind zusätzlich Strahlungs- und Temperaturwerte aufgetragen.)

An der Meßstelle auf der Probefläche 9 (850 m Seehöhe) zeigte sich der von allen drei Meßstellen am stärksten ausgeprägte Tagesgang der Ozonkonzentrationen: ein Minimum um oder kurz nach 8.00 Uhr, sodann ein Anstieg bis zum Maximum zwischen 14.00 und 16.00 Uhr (Abb.9).

Eine Abhängigkeit der Ozonkonzentration von der Windrichtung war nicht augenfällig (Abb.8); jene Windrichtungen, bei denen etwas höhere mittlere Ozonkonzentrationen festgestellt wurden, traten zu den jeweiligen Tagesdritteln kaum auf (Westwind im 2. und Ostwind im 3. Tagesdrittel).

An der Meßstelle auf der Probefläche 2 (1560 m Seehöhe) ist das Maximum um ca. 16.00 Uhr noch deutlich erkennbar, das Minimum hingegen liegt in den Nachtstunden zu nicht genau definierbarer Zeit (aber nicht um 8.00 Uhr wie an der Meßstelle der Probefläche 9). Die Tagesgänge an der Meßstelle der Probeflächen 9 und 2 sind mit den aus der Literatur bekannten Tagesgängen anthropogen belasteter Gebiete vergleichbar (REITER, 1983).

An der Meßstelle X2 wurde ein nahezu gleichförmiger mittlerer Tagesgang festgestellt. Der Monatsmittelwert lag hier von allen drei Meßstellen am höchsten, die maximalen Halbstundenmittel hingegen waren - im Vergleich zu den Monatsmittelwerten - am wenigsten überhöht (vgl.Tab.6 und Abb.10). Die Gleichmäßigkeit des mittleren Tagesganges war in den drei Meßmonaten gegeben.

Für die Interpretation der Ozondaten wurden die Vorschläge des Umweltbundesamtes (UBA, 1983) zugrundegelegt, welche zum Schutze der Vegetation aufgestellt wurden (Tab.7), da gesetzlich festgelegte Grenzwerte für Ozon z.Zt. in Europa nicht existieren. Dies hat den Grund darin, daß die Begrenzung der photochemischen Oxidantien nur über die Begrenzung der Vorläufer möglich ist und zudem Ozon in wechselnden Konzentrationen auch natürlich vorkommt.

Für die Kalkulation der Anzahl der Überschreitungen auf der 1-, 2- und 4-Stundenbasis wurden halbstundenweise alle Zeiträume überschneidend herangezogen und gemäß folgendem Beispiel gewichtet: Gab es für die Berechnung auf der 2-Stundenbasis zwischen 0.00 und 2.00 Uhr eine Überschreitung, wurde diese zur Gänze gerechnet. Ergab sich zwischen 0.30 und 2.30 Uhr wieder eine solche, wurde sie nur zu einem Viertel berücksichtigt (s. Tab.8). Obwohl die mittleren Tagesgänge an allen drei Meßstellen auf keine sehr hohe durchschnittliche Belastung hinwiesen, wurden dennoch zahlreiche Überschreitungen festgestellt. Die meisten Überschreitungen gab es, wenn der 4-Stunden-Richtwert (50 ppb) zugrundegelegt wurde. Es traten keine Überschreitungen der Halbstundenmittel-Richtwerte (150 ppb) auf, relativ wenige der 1h-Grenzwerte (nur an Meßstelle der Probefläche 9); die häufigsten Überschreitungen kamen an der Meßstelle X2 (1950 m SH) vor, für welche auch die maximalen Monatsmittel errechnet wurden; die höchsten Halbstundenmittelwerte hingegen wurden an der tiefstgelegenen Meßstelle (9) registriert.

Tab.6: Ozonkonzentrationen (ppb)

Monatsmittelwerte (MMW) und maximale Halbstundenmittelwerte

Monat	Meßstelle der Probefläche				Meßstelle	
	9		2		X2	
	MMW	max.HMW	MMW	max.HMW	MMW	max.HMW
April	-	-	-	-	53	72
Mai	-	-	-	-	49	70
Juni	32	82	31	73	51	76
Juli	37	102	34	69	-	-
August	37	106	39	70	-	-

Tab.7: Ozon-Höchstkonzentrationen

(nach UBA 1983 (ppb))

Einwirkungsdauer	Vegetation		
	empfindl.	mittelempfindl.	weniger empf.
0,5 h	150	250	500
1,0 h	75	175	250
2,0 h	60	125	200
4,0 h	50	100	175

Tab.8 Überschreitungen von Ozongrenzwerten

Meßstellen der Probeflächen 9, 2 und der Meßstelle X2
(gemäß UBA, 1983)

Meßstelle, Probe- fläche	Monat	Grenzwert (Meßtage)	0,5h (150 ppb)	1,0h (75ppb)	2,0h (60 ppb)	4,0h (50 ppb)
9 (850m)	VI	(12)	-	-	-	-
	VII	(31)	-	30	77	75
	VIII	(27)	-	-	-	-
2 (1560m)	VI	(11)	-	-	-	-
	VII	(31)	-	-	12	32
	VIII	(27)	-	-	-	-
X2 (1950m)	IV	(5)	-	-	-	-
	V	(31)	-	-	71	153
	VI	(20)	-	-	-	-

Abb.8: Relative Windrichtungshäufigkeiten sowie Ozonkonzentrationen in Abhängigkeit von der jeweiligen Windrichtung Tagesdrittel an der Meßstelle der Probefläche 9

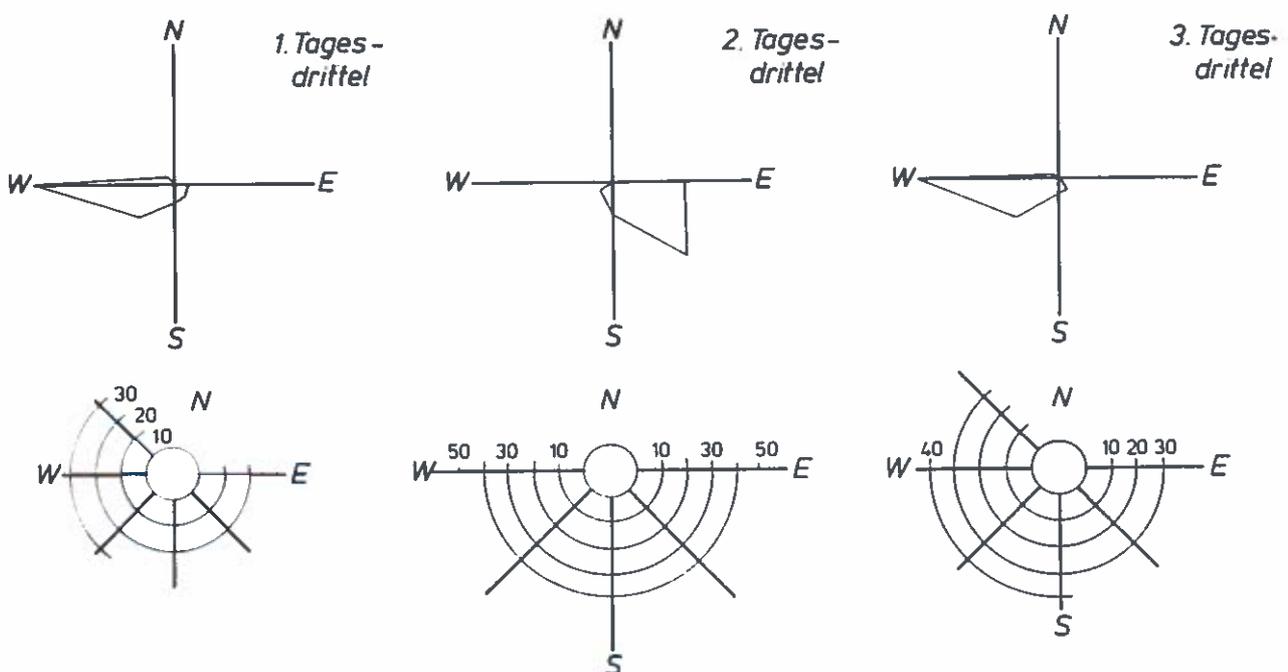


Abb.9: Ozonkonzentrationen (ppb), Temperatur und Strahlung an der Meßstelle der Probefläche 9 (850 m)
Mittlere Tagesgänge und maximale Halbstundenmittelwerte

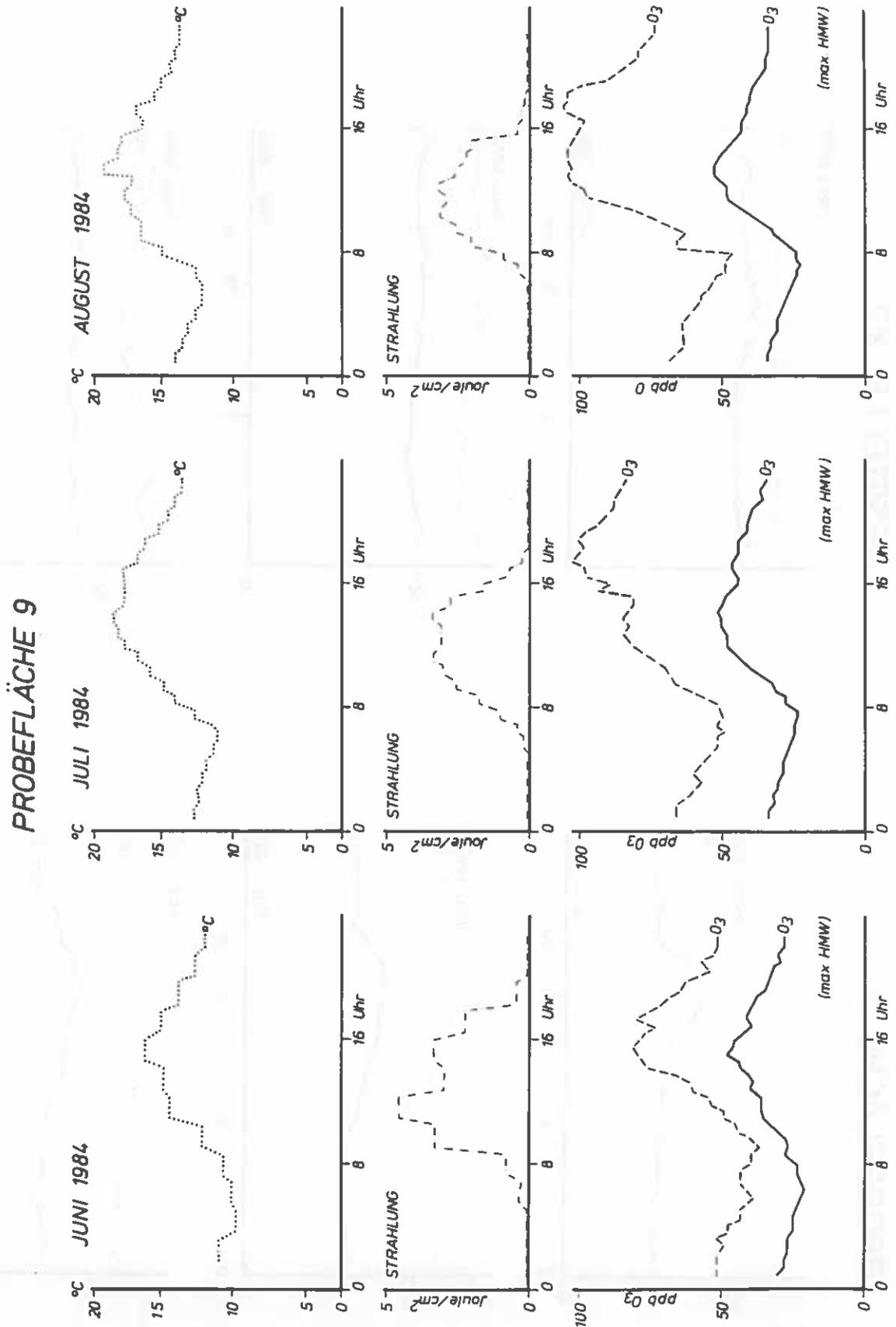
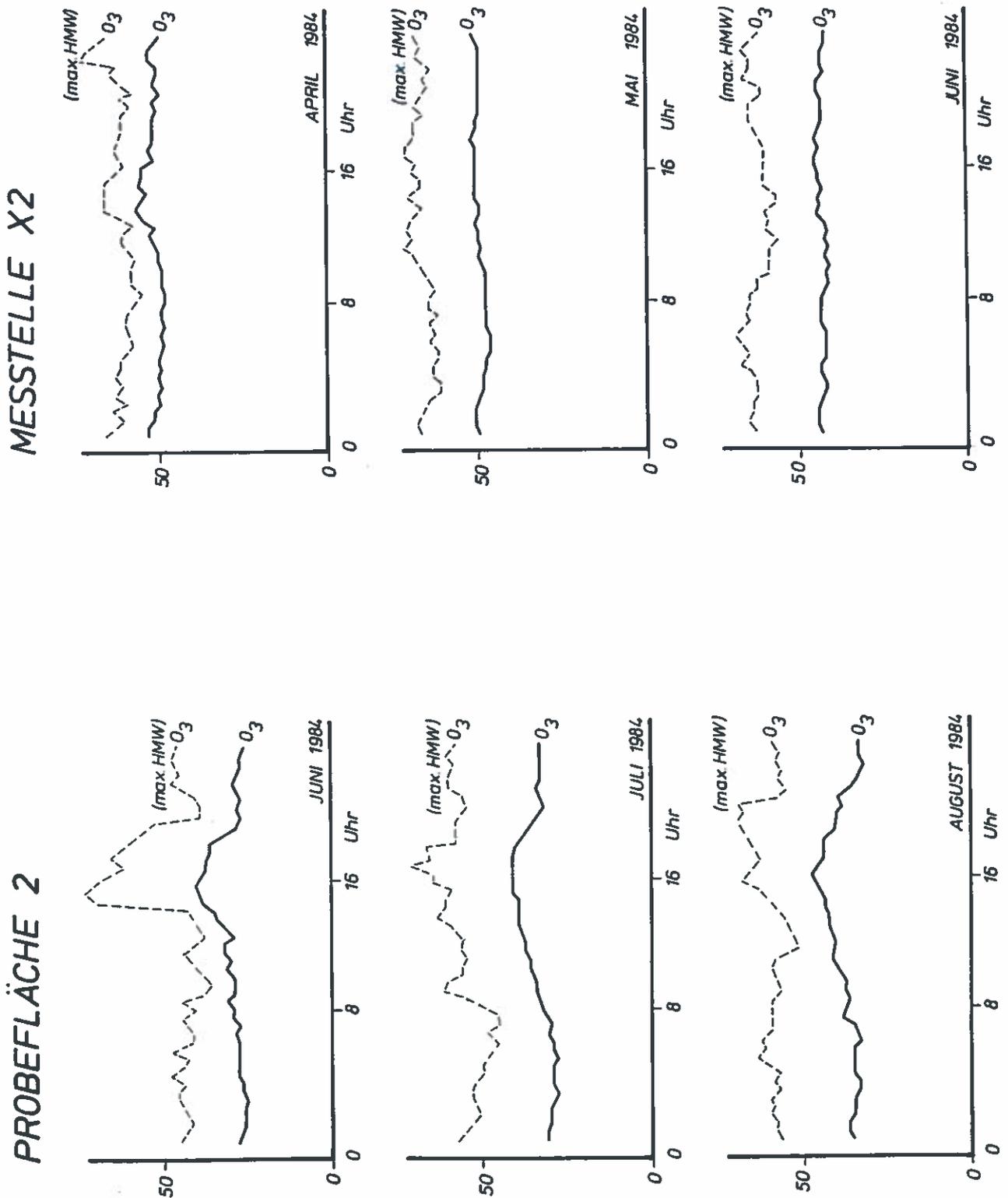


Abb.10: Ozonkonzentration (ppb) an der Meßstelle der Probefläche 2 (1560 m) und der Meßstelle X2 (1950 m)
Mittlere Tagesgänge und maximale Halbstundenmittelwerte



4.3. DEPOSITIONEN

Für die Darstellung der Ergebnisse der Ionenkonzentrationen und -einträge in den Niederschlagsproben der drei Meßstellen wurden die Untersuchungsmonate (Mai - Dezember) herangezogen. Bei den pH- und Leitfähigkeitswerten wurden auch die Extremwerte der Tagesproben mit angegeben (Tab.9 und 11) sowie die relative Häufigkeit der pH- und Leitfähigkeits-Tageswerte dargestellt (Abb.11).

pH-Werte

Die pH-Werte aller Tagesproben lagen zwischen pH 3,4 und 6,6, der natürliche H⁺-Ionengehalt (entsprechend einem pH-Wert von 5,6) wurde demnach bis zum 160-fachen überschritten. Folgende Spanneiten wurden an den einzelnen Meßstellen festgestellt:

Tab.9: pH-Werte der Niederschlagsproben

Minima und Maxima

Probefläche bzw. Meßstelle	pH - Werte	
	Tageswerte (V-XII/84)	Monatsmittel (V-XII/84)
1 (1720m SH)	3,4 - 6,5	4,3 - 6,1
7a (1000m SH)	3,6 - 6,5	4,5 - 6,2
X3 (600m SH)	3,9 - 6,6	4,7 - 6,4

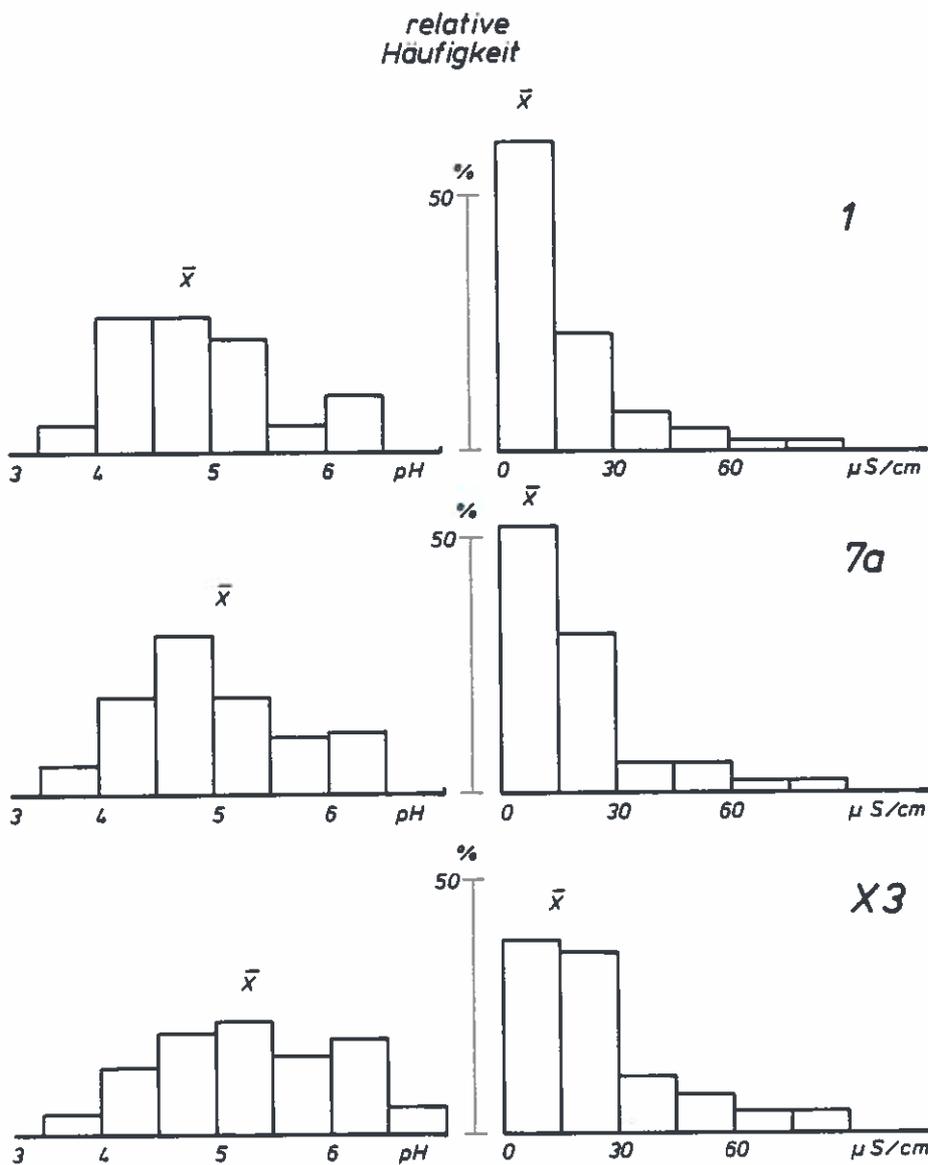
Wie aus den Histogrammen (Abb.11, links) zu ersehen ist, zeigte sich bei den Tageswerten mit zunehmender Seehöhe eine schwache Tendenz zur pH-Wert-Abnahme, welche durch geringere NH₄⁺ -, Ca⁺⁺ - und Mg⁺⁺ - Konzentrationen erklärt werden kann.

Tab.10: pH-Werte, elektrische Leitfähigkeitswerte und Ionengehalte

Gesamtmittel (Gewichtsmittel auf der Basis der Niederschlagsmengen, Mai bis Dezember 1984)

Probefläche bzw.Meßstelle	mm	El.		Ionenkonzentrationen (mg/l)					
		pH	Leitf.	SO ₄	NO ₃	Cl	NH ₄	Ca	Mg
1	818	4,81	11,7	1,6	0,9	0,8	0,4	0,2	0,1
7a	688	5,03	14,3	2,0	1,3	1,0	0,5	0,5	0,1
X3	529	5,17	14,7	2,4	1,3	0,7	0,7	0,5	0,1

Abb.11: pH-Werte und elektrischen Leitfähigkeitswerte
Häufigkeitsverteilung in den Tagesproben



Zur Bewertung der pH-Werte in den Niederschlagsproben wurden folgende pH-Wertstufen gewählt:

pH-Wert:

über 7,11	stark erhöht	(alkalisch)
6,51 - 7,11	deutlich erhöht	
6,11 - 6,50	schwach erhöht	
5,11 - 6,10	normal	
4,61 - 5,10	schwach abgesenkt	(sauer)
4,11 - 4,60	deutlich abgesenkt	
unter 4,11	stark abgesenkt	(stark sauer)

Durch das in der Luft vorhandene CO₂ wird der pH-Wert des reinen Wassers von pH 7,0 auf pH 5,6 abgesenkt und deshalb hier als normal bezeichnet. Dieser Referenzwert kann aber durch Luftverunreinigungen natürlichen Ursprungs noch weiter abgesenkt sein. Aus den vorangegangenen Ergebnissen läßt sich ableiten, daß die Extremwerte einzelner Proben zwar stark abgesenkte pH-Werte aufwiesen, die pH-Gesamtmittel aller drei Meßstellen aber nur schwach abgesenkt waren.

Elektrische Leitfähigkeitswerte

Der Gesamtstrebereich der elektrischen Leitfähigkeiten der Niederschlagsproben lag zwischen 3,3 und 90,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$; für die jeweiligen Meßstellen ergaben sich für die Tages- und Monatsproben folgende Maximal- und Minimalwerte (Tab.11):

Tab.11: Elektrische Leitfähigkeitswerte
Minima und Maxima

Probefläche bzw. Meßstelle	Elektrische Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
	Tageswerte	Monatsmittel
1 (1720 m SH)	3,3 - 87,3	6,2 - 20,1
7a (1000 m SH)	3,5 - 90,0	7,9 - 21,4
X3 (600 m SH)	4,1 - 88,6	7,8 - 40,7

Die Tendenz der Leitfähigkeitswerte war mit zunehmender Seehöhe schwach abnehmend (vgl.Tab.10), was auch durch die Häufigkeitsverteilung der Tageswerte an den einzelnen Meßstellen zum Ausdruck kommt (Abb.11, rechts).

Zur Bewertung der Leitfähigkeitswerte wurden folgende Klassen gewählt:

bis 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$	unbedeutend
15,1 - 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$	schwach erhöht
30,1 - 45 $\mu\text{S}/\text{cm}$	deutlich erhöht
45,1 - 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$	stark erhöht
über 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$	sehr stark erhöht

Das Probenkollektiv zeigte mit steigender Seehöhe einen abnehmenden Anteil an erhöhten Werten; im Gesamtmittel sind die Leitfähigkeitswerte der (gewichteten) Proben noch als unbedeutend zu bezeichnen. Die Tendenz des Gesamtmittels nahm nur schwach mit der Seehöhe ab. Die Abnahme der Belastung kommt am prozentuellen Anteil der als unbedeutend klassifizierten Proben deutlich zur Geltung (Abb.11).

Ionengehalte

Die Ionenkonzentrationen der Monatsmischproben wiesen an den jeweiligen Meßstellen folgende Konzentrationsspannen auf (Tab.12):

Tab.12: Ionenkonzentrationen
Minima und Maxima

Ion	Ionenkonzentrationen (Monatsproben) mg/l		
	Meßstelle auf der Probefläche 1	Meßstelle 7a	Meßstelle X3
SO4--	0,4 - 2,9	0,8 - 4,1	1,2 - 10,1
NO3-	0,4 - 1,2	0,7 - 2,3	0,8 - 2,3
Cl-	0,0 - 1,7	0,2 - 2,0	0,3 - 1,8
NH4+	0,0 - 0,8	0,2 - 1,4	0,5 - 3,2
Ca++	0,1 - 1,5	0,1 - 0,1	0,3 - 1,1
Mg++	0,0 - 0,1	0,0 - 0,1	0,0 - 0,1

Die Anionen- und Kationengehalte der Monatsmischproben sind mit wenigen Ausnahmen als niedrig zu bezeichnen, erhöhte (über 2,5 mg/l) bzw. stark erhöhte Werte (über 5 mg/l) traten fast nur an der Meßstelle X3 im Talboden auf.

Ioneneinträge

Die Gesamtioneneinträge (mEqu/m .Monat) sowie die Einträge an den Elementen H, S und N (angegeben als mg Element pro m und Monat) betragen für den Meßzeitraum Mai bis Dezember (Tab.13):

Tab.13: Gesamtioneneinträge sowie H-, S- und N-Einträge

Probe- fläche bzw. Meßstelle	Mittlerer Gesamt- ionen- eintrag (mEqu/m ² .Monat)	Mittlerer		
		H- Eintrag	S- Eintrag	N- Eintrag
		mg/m ² .Monat		
1 (1720 m SH)	16,6	3,3,	72,3	56,9
7a (1000 m SH)	19,1	2,2	76,8	75,2
X3 (600 m SH)	13,8	1,0	55,9	76,2

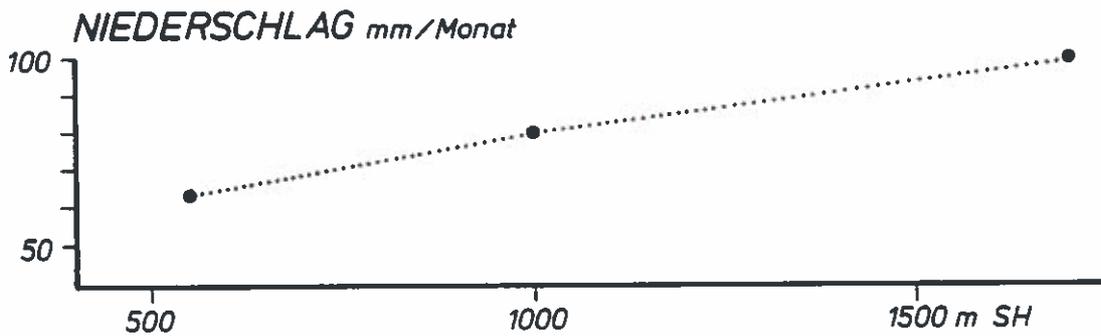
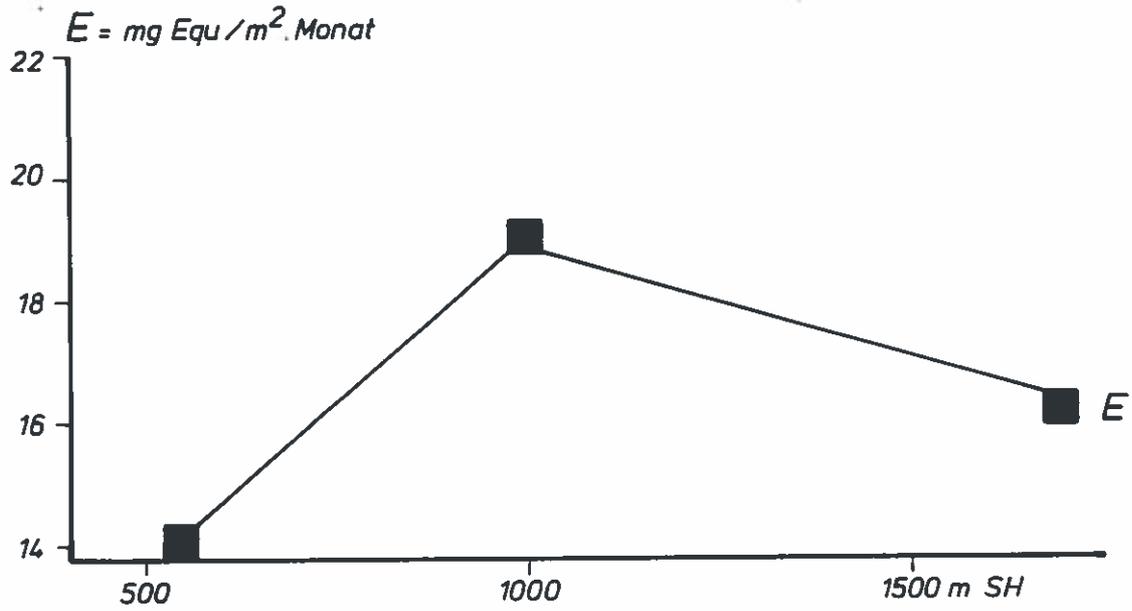
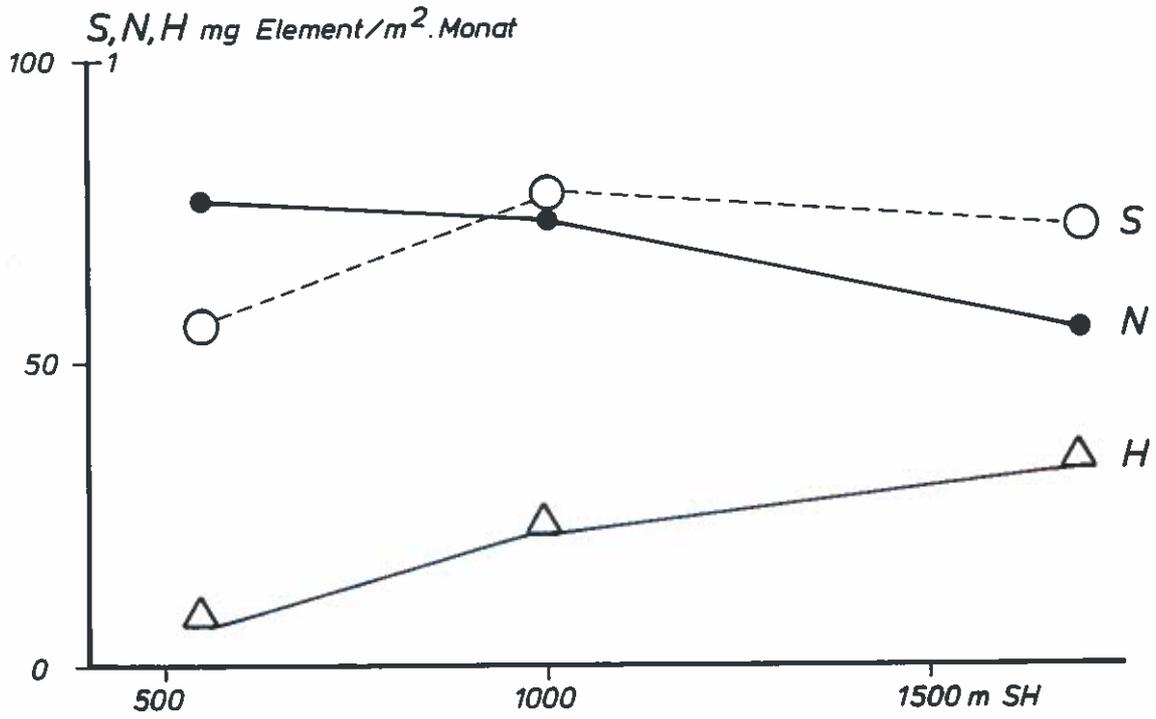
Während die Ionenkonzentrationen (vgl.hiezu die mittleren Leitfähigkeitswerte in Tab.10) mit zunehmender Seehöhe im Mittel leicht abnahmen, wurde während der 8 Untersuchungsmonate der höchste Gesamtioneneintrag (E ges) an der Meßstelle 7a festgestellt. Der H+-Eintrag (und die Niederschlagsmengen) stiegen mit steigender Seehöhe an: Die H+-Einträge waren - verglichen mit denen des reinen Wassers (pH=5,6) - im Talboden (Meßstelle X3) 2,7fach, an der Meßstelle 7a 3,7fach und an der Probenahmestelle der Probe-
fläche 1 6,2fach überhöht. Der Stickstoffeintrag nahm mit zunehmender Seehöhe ab, während der Schwefeleintrag - wie der Gesamteintrag - an der Meßstelle 7a am höchsten war.

Die Bewertung der monatlich errechneten "Gesamtioneneinträge" erfolgte auf Grund der Daten von einjährigen Messungen der gesamten absetzbaren Deposition an unterschiedlich belasteten Punkten im österreichischen Bundesgebiet (SMIDT, 1984):

bis 5,0 mEqu/m ² .Monat	unbedeutend
5,1 - 10,0 mEqu/m ² .Monat	sehr gering
10,1 - 15,0 mEqu/m ² .Monat	gering
15,1 - 20,0 mEqu/m ² .Monat	deutlich erhöht
20,1 - 25,0 mEqu/m ² .Monat	hoch
über 25,0 mEqu/m ² .Monat	sehr hoch

Die Ioneneinträge können demnach an allen drei Meßstellen als gering eingestuft werden, wenngleich auch einzelne erhöhte Monateinträge auftraten, die sich besonders in den niederschlagsreichen Monaten August und September ergaben.

Abb.12: Gesamtioneneinträge sowie H-, S-, und N-Einträge
Monatsmittel an den drei Meßstellen



4.4. NÄHRSTOFF- UND SCHWERMETALLGEGHALTE DER BÖDEN

Zur näheren Beschreibung der Standorte werden die Nährstoff- und Schwermetallgehalte des Entnahmeterraines Juli 1984 im Anhang 4 (Volumsproben) und Anhang 5 (nicht volumsgerechte Proben) wiedergegeben.

Nährstoffgehalte

Menge und Qualität (C:N-Verhältnis) des Humus sind durchaus befriedigend und typisch für die montanen bis subalpinen Böden. Alle untersuchten Böden sind extrem mit P, K und Ca unterversorgt. Die Kaliarmut über Quarzphyllit in den Tuxer Voralpen stellte bereits NEUWINGER (1967) in früheren Untersuchungen fest. Bei Ca ist eine schwache Anreicherung in der Humusaufgabe (O-Horizont) zu bemerken, die auf den talnächsten Probeflächen 9 und 10 am augenfälligsten ist. Die Mg-Ausstattung ist besser und im Unterboden einzelner Profile durchaus ausreichend (im Profil der Probefläche 3 ist der Mg-Gehalt auch im Unterboden sehr gering). In den Humushorizonten, insbesondere in der Auflage, ist der Mg-Gehalt (besonders in den Hochlagenprofilen) niedrig. Höhere Werte weisen die Humushorizonte der Profile der Probeflächen 7, 9 und 10 auf. Die vergleichsweise höheren Mg- und Ca-Gehalte dieser Profile stimmen gut mit der dort ebenfalls anspruchsvolleren Vegetation und besseren Humusform überein und lassen eine Eutrophierung von der benachbarten Landwirtschaft her vermuten. Besonders an der Probefläche 10 ist diese Nährstoffanreicherung deutlich biogenen Ursprungs, während der Vorrat im Unterboden eher schlecht ist.

Auf die Interpretation der pH-Werte kann erst im Abschlußbericht näher eingegangen werden, da diese nur bei langfristiger Beobachtung zielführend ist (STÖHR et al., 1984).

Schwermetallgehalte

Die Schwermetallgehalte im Boden gewinnen im Zusammenhang mit der Umweltdiskussion zunehmend an Bedeutung. Wichtig ist dabei, ob allfällige Anreicherungen anthropogen (bzw. immissionsbedingt) oder geogen (aus dem Gestein stammend) sind, wobei auch Akkumulationen an der Oberfläche durchaus über die Pflanze und ihren Streuabfall entstehen können.

Besonders die Elemente Blei und Zink zeigen hinsichtlich erhöhter Gehalte und Verteilung in den verschiedenen Bodenhorizonten Auffälligkeiten.

Blei

Der Ort der höchsten Bleianreicherung im Oberboden ist nicht wie gewöhnlich in Waldböden die Auflage, sondern der A- bzw. der oberste B-Horizont. Die Pb-Gehalte nehmen innerhalb der Humushorizonte deutlich von oben nach unten zu. Dies könnte mit einer Anreicherung im Zuge des Humusabbaues begründet sein (KILIAN, 1982).

Proben aus dem baumlosen Gebiet der Umgebung der Probefläche H2 aus dem Jahre 1977 zeigen eine Akkumulation im Oh - bzw. Ah- Horizont, wobei die Werte der 4 Proben jedoch stark schwanken: Die Gehalte unter Nardetum (Bürstlingsrasen) liegen weit höher als die unter den Vaccinieten (Heidelbeere bzw. Rauschbeere; s. Anhang 5, "Mischprobe-Vergleichsfläche Nähe H2"). Zum Vergleich sind im Immissionsgebiet Arnoldstein/Ktn. die höchsten Bleikonzentrationen in den obersten 5 cm der Auflage zu finden (KILIAN, 1982). Die Akkumulation ist jedoch auch von der Humusart und -mächtigkeit abhängig: So zeigte z.B. die Humusaufgabe des Matzenköpfls bei Brixlegg/Tirol erst in den tieferen Schichten des ca. 40 cm mächtigen Rohhumuskörpers Maximalwerte (GÖBL u. MUTSCH, 1985).

Der von KLOKE (1980) für Blei als tolerierbar angegebene Wert von 100 ppb wird erst in einer Tiefe von 10-20 cm unterschritten. Ab dort fällt die Bleikonzentration sprunghaft auf 20 % des Letztwertes ab und nähert sich den für diese Bodentiefe normalen Werten (KLOKE gibt für Kulturböden Gesamtgehalte von 0,1 - 20 ppm Pb im lufttrockenen Boden an; vgl.hiezu Abb.13). Es muß jedoch betont werden, daß in der Landwirtschaft ganz andere Verhältnisse vorherrschen als im Wald mit seiner ungestörteren Bodenentwicklung. Allerdings fordert KLOKE (1981) auch für Waldböden die Einhaltung der genannten Grenzwerte, da auch von dort Schwermetalle in die Nahrungskette gelangen können (Waldbeeren, Pilze, Wildfutter).

Die höhenmäßige Abfolge der Beobachtungsflächen ist gut gekennzeichnet durch die Reihe von Böden mit unterschiedlichem Reifegrad und Dynamik (vgl. Abschn.2.3). So sind die Daten der Punkte H1 und H2 besonders in Verbindung mit den Eisenwerten typisch für Podsole dieser Höhenlage.

Auch die vertikale Verteilung des Bleis entspricht dem Podsolprofil mit dem Höchstwert im B-Horizont. Dies widerspricht allerdings der allgemeinen Ansicht von der geringen Beweglichkeit dieses Elementes im Boden. Bei Punkt 9 liegt das Maximum erst in größerer Tiefe (im BCv-Horizont); dabei fallen die enorm hohen Absolutgehalte auf. Die Meßwerte (und ihre Richtigkeit) wurden bei der Analyse der Zweitbeprobung im Herbst bestätigt.

Die tiefe Lage (BCv-Horizont bei 50-70 cm) im Bodenprofil läßt vermuten, daß das Pb substratbürtig ist.

Das Gestein des Schwendberges ist demnach offenbar keineswegs so mineralarm und homogen, wie es der Innsbrucker Quarzphyllit vermuten läßt (die neuesten Computerkarten der Geologischen Bundesanstalt, die auf bundesweiten geochemischen Untersuchungen der Bachsedimente beruhen, untermauern diese Annahme). Die Abhängigkeit des Schwermetallgehaltes der Böden von ihrem geologischen Ausgangsmaterial wird von AICHBERGER (1983) für den oberösterreichischen Raum bestätigt.

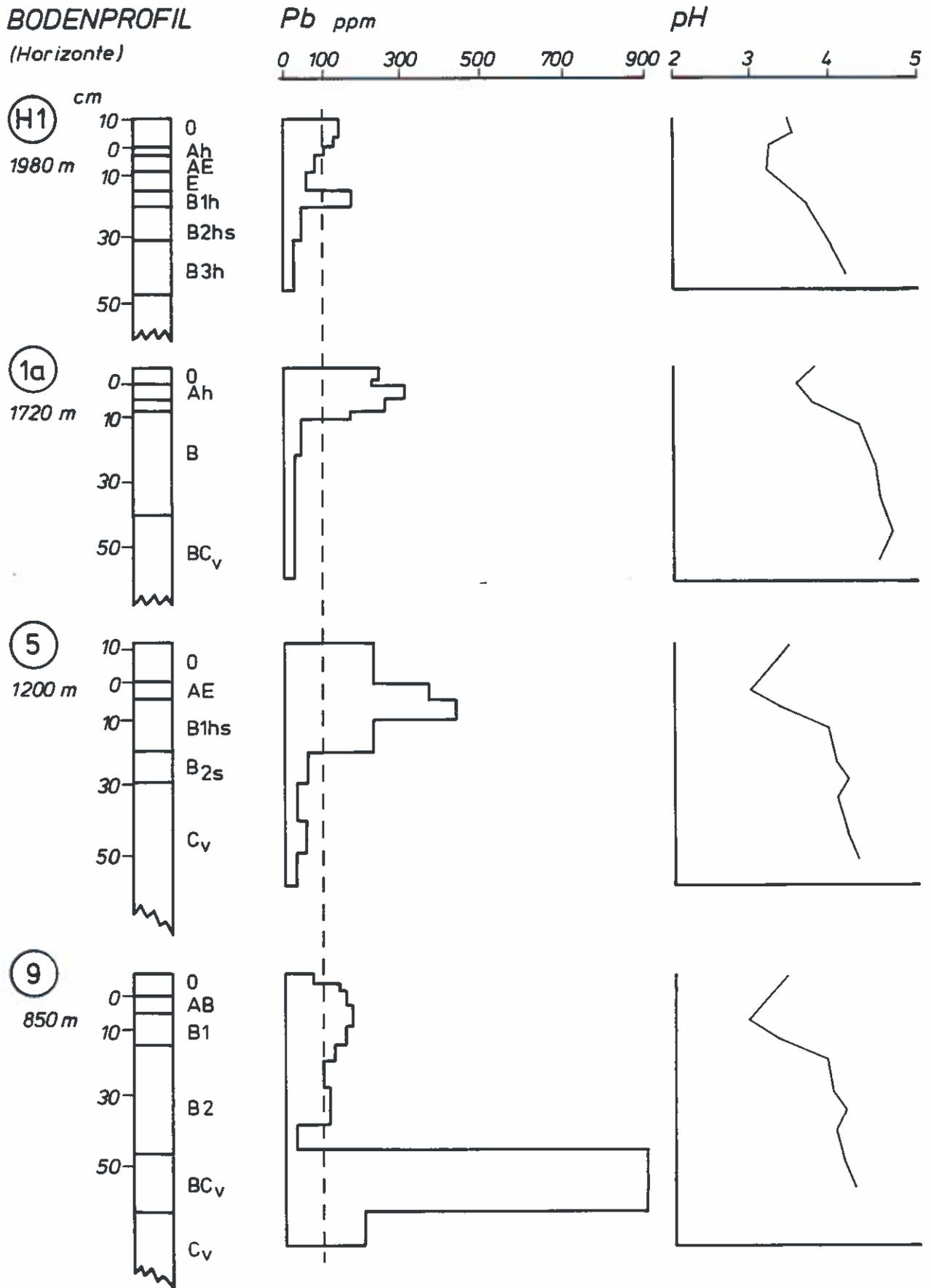
Zink

In seiner räumlichen Verteilung ist das Zink eng an das Blei gekoppelt. Ebenfalls im Profil der Probefläche 9 tritt im Unterboden ein beachtliches Maximum von 585 mg.kg^{-1} auf; dieser Wert liegt wesentlich höher als der von KLOKE (1981) als tolerierbar angesetzte Wert von 300 mg.kg^{-1} .

Die Humusaufgaben zeigen ebenfalls eine deutliche Anreicherung; ansonsten weicht der Profilverlauf - entsprechend der leichteren Beweglichkeit des Zinks - eher von jenem des Bleis ab und zeigt An- und Abreicherungen entsprechend der podsoligen Dynamik der Böden.

Bei den übrigen Schwermetallen zeichnet sich - je nach Beweglichkeit und Verteilung der einzelnen Elemente im Profil - ebenfalls mehr oder weniger deutlich die podsolige Dynamik ab. Besonders Cu ist wieder im Auflagehumus angereichert. Lediglich die Verteilung des Mn verläuft abweichend, sie hängt möglicherweise von den bodenhydrologischen bzw. Redox-Bedingungen im Boden ab und ist je nach der lokalen Mineralzusammensetzung des Ausgangsgesteins durch ein meist ausgeprägtes Maximum im Unterboden charakterisiert.

Abb.13: pH-Werte und Bleigehalte verschiedener Bodenhorizonte
Probeflächen H1, 1a, 5 und 9



4.5. BODENVEGETATION

Nährstoff- und Schwermetallgehalte der Bodenvegetation

Die Nährstoff- und Schwermetallgehalte der niederen Vegetation auf den Probeflächen 1a, 5 und 9 sind im Anhang 6 wiedergegeben. Da bisher nur Werte von 24 Pflanzen des Probenahmetermines Juli vorliegen, erscheint eine Interpretation vorerst nicht zielführend. Aussagen über jahreszeitliche Schwankungen und Unterschiede aufgrund des Bodenchemismus oder Stellung bestimmter Arten, Gattungen bzw. Familien innerhalb des Pflanzenreiches sind erst bei Vorliegen eines größeren Probematerials und im Vergleich mit anderen Beobachtungsflächen möglich. Bisher fällt nur die Übereinstimmung der mit Hilfe der ELLENBERG-Zeigerwerte errechneten N-Zahlen mit den Werten der Bodenanalysen auf. Aber auch hier werden erst ein differenzierter Vergleich (Wurzelraum und entsprechender Bodenhorizont) und die Herbstwerte eine gesicherte Aussage ermöglichen.

Interpretation der Vegetationsaufnahme

Die ELLENBERG-Zahlen der Probeflächen sind aus Tab.14 ersichtlich.

Tab.14: Ellenbergzahlen für die Probeflächen

Ellenberg- zahl	Probefläche								
	H1	1a	2	3	4	5	7	9	10
L	6,8	5,9	6,0	4,8	4,8	4,6	4,3	4,6	4,8
T	2,8	2,9	3,0	3,5	3,0	3,8	4,5	4,5	4,8
K	3,6	3,8	3,4	3,7	3,8	3,7	3,6	3,8	3,9
F	4,8	5,1	5,1	5,8	5,0	5,5	5,5	5,5	5,7
R	2,5	2,6	2,6	2,3	2,2	2,7	4,3	4,4	4,5
N	3,0	3,1	3,7	3,1	2,8	3,6	5,2	5,4	5,9

L: Lichtzahl

F: Feuchtezahl

T: Temperaturzahl

R: Reaktionszahl

K: Kontinuitätszahl

N: Stickstoffzahl

Lichtzahlen: Die geringsten Werte weisen naturgemäß halbschatti-
ge, laubholzreiche Mischwaldgesellschaften auf, wie sie für die
submontane Stufe charakteristisch sind (Probeflächen 9 und 10).
Am niedrigsten sind die Werte im laubholzreichsten Bestand (4,3 -
4,8). In den übrigen Flächen mit lockerer Bestockung fehlen die
Schattenzeiger völlig, womit auch die L-Zahl auf 6 bzw. im Zwerg-
strauchbereich auf fast 7 steigt.

Temperaturzahlen: Die Temperaturzahlen an den Probeflächen 7, 9
und 10 bestätigen das mäßig warme Allgmeinklima der submontanen
und untermontanen Lagen. Die Werte sinken mit Ausnahme der Probe-
fläche 4 mit etwas ungünstiger Ostlage und etwas stärker degra-
diertem Boden (Semipodsol) bis auf 2,8 ab, was für hochmontan-
tiefsubalpine Lagen charakteristisch ist.

Die Kontinentalitätszahlen bewegen sich bei allen Vegetationsauf-
nahmen zwischen 3,4 und 3,9, was einem subozeanischen Großklima
entspricht.

Feuchtezahlen: Bei der Beurteilung der Bodenfaktoren nimmt die
Feuchte eine zentrale Rolle ein. Die Feuchtezahlen schwanken zwi-
schen 4,8 und 5,8, was dem Bereich mäßig frisch - mäßig feucht
entspricht. Die steiler geneigten Unterhanglagen sind durch das
Hangwasser trotz größerer Interzeption durch die dichtere Bestok-
kung offenbar etwas im Vorteil gegenüber den etwas flacheren La-
gen der Hangschulter. Wie weit dabei die Verfrachtung der Winter-
niederschläge im weniger dicht bewaldeten Oberhangbereich eine
Rolle spielt, kann ohne weitere Klimabeobachtungen nicht endgül-
tig beurteilt werden.

Die Reaktionszahlen entsprechen sehr gut dem Vorkommen der Laub-
holzarten (Eiche, Linde, Hasel, Bergahorn) in Baum-, Strauch- und
Krautschicht. Die Werte sinken von etwa 4,5 ohne Übergang auf 2,2
bis 2,6 in den hochmontanen Nadelholzreinbeständen bzw. den sub-
alpinen Zwergstrauchheiden.

Stickstoffzahlen: Der Stickstoffreichtum in den Böden der Probe-
flächen 7, 9 und 10 ist eindeutig auf den Nährstoff- und Dünge-
mitteleintrag aus den umgebenden landwirtschaftlichen Flächen zu-
rückzuführen; dieser wirkt sich naturgemäß auf die floristische
Zusammensetzung der Krautschicht aus und findet seinen Ausdruck

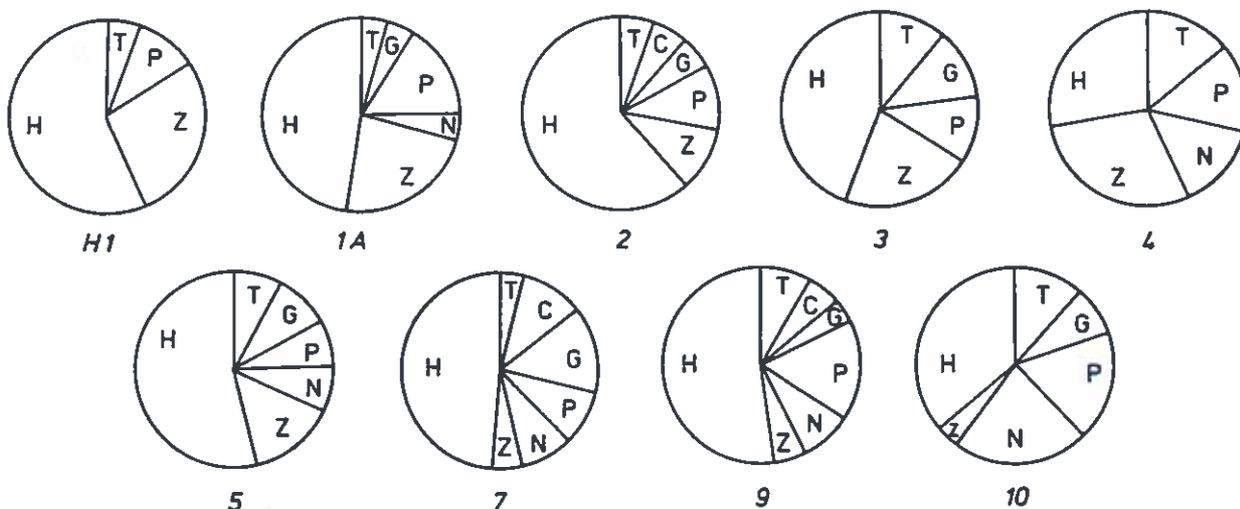
in den relativ hohen Stickstoffzahlen (5,2 bis 5,9). Die Bestände auf den übrigen Probeflächen müssen aufgrund ihrer Artenzusammensetzung als nährstoff- bzw. stickstoffarm bezeichnet werden. Diese Situation scheint nicht nur durch das relativ basenarme Ausgangsgestein (Innsbrucker Quarzphyllit) bedingt zu sein, sondern ist durch die jahrhundertlang gepflegte Praxis des Streurechens bedeutend verschlechtert worden. Abb.14 zeigt die Verteilung der Lebensformen nach RAUNKIAER (1907). Die Lebensformen stellen die ökologische Anpassung der Pflanzenarten in Hinblick auf die Lage der Erneuerungsknospen zur Erdoberfläche während der ungünstigen Jahreszeit dar. Die Lebensformen lassen deutlich die unterschiedliche klimatische Situation in den einzelnen Probeflächen (3 verschiedene Höhenstufen) erkennen.

Die Zunahme der Zwergsträucher mit der Höhe auf Kosten der Baum- und Straucharten fällt sofort auf, aber auch die stark wechselnden Anteile an Geophyten und Therophyten sind bezeichnend für die mesoklimatische Differenzierung innerhalb des Hangprofils und der anthropogenen Einflüsse.

Zur Charakterisierung der Verhältnisse von sommer- zu immergrünen Pflanzen über das gesamte Höhenprofil gibt Abb.15 Auskunft. Die Dauer der Belaubung einer Pflanze ist für die Stoffproduktion und folglich auch für die Konkurrenzkraft einer Pflanze von besonderer Bedeutung. Bei der Interpretation des Gehaltes von Inhaltsstoffen verschiedener Arten ist deshalb nicht nur deren systematische Zugehörigkeit in die Betrachtungen einzubeziehen, sondern auch der unterschiedliche Aufnahme- und Speicherrhythmus von sommer- winter- und immergrünen Sippen.

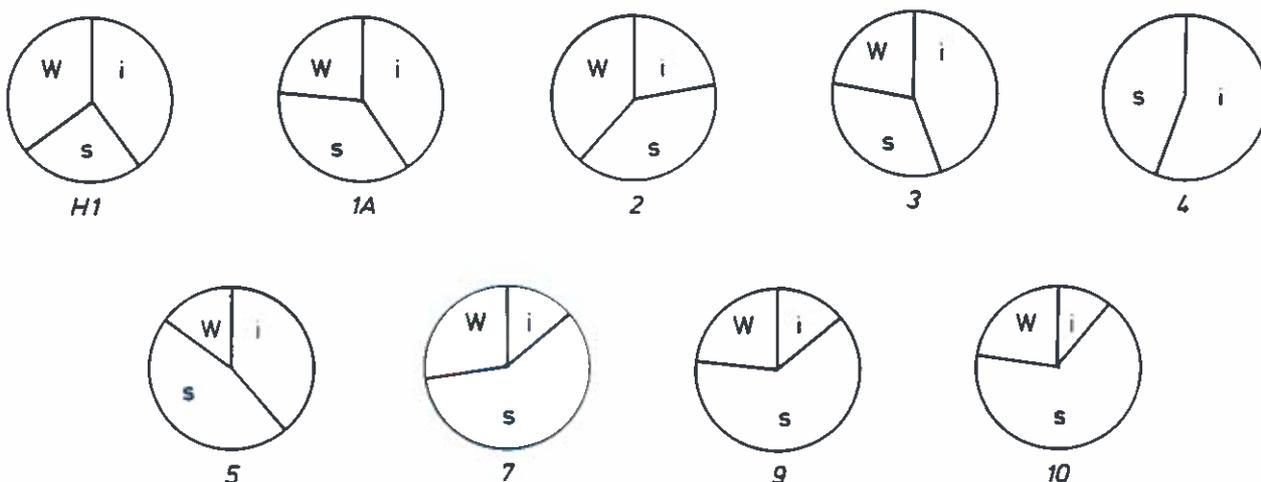
Abb.14: Veränderungen in den Lebensformenspektren über das Höhenprofil

Vegetationsaufnahmen auf den Probeflächen H1 bis 10.



G: Geophyt, Überwinterungsknospen unter der Erdoberfläche, meist mit Speicherorganen
 H: Hemikryptophyt, Überwinterungsknospen nahe der Erdoberfläche
 N: Nanophanerophyt (Strauch)
 P: Phanerophyt
 T: Therophyt
 Z/C: Zwergstrauch (holziger Chamaephyt, nur selten über 0,5 m hoch werdend)

Abb.15: Artenspektrum von immergrünen (i), sommergrünen (s) und wintergrünen (w) Pflanzen auf den Probeflächen H1 bis 10



Immergrün: mit Blättern, die oft länger als ein Jahr leben;
 Wintergrün: oft mit grünen Blättern überwintend, Ersatz der Blätter erst im Frühjahr;
 Sommergrün: nur in der warmen Jahreszeit mit grünen Blättern.

4.6. NÄHRSTOFF-, SCHWEFEL- UND SCHWERMETALLGEGHALTE DER NADELN

Nährstoffgehalte

Nährstoffgehalte der Fichtennadeln

Die Hauptnährstoffgehalte der Fichtennadeln des 1. Nadeljahrganges (Probenahme September 1984) sind in Tab.15 mit ihrer Bewertung wiedergegeben:

Tab.15: Nährstoffgehalte der Fichtennadeln
(Nadeljahrgang 1, Entnahme 9/1984)

Probefläche Nr.	Prozent				
	N	P	K	Ca	Mg
1	1,21--	0,25+	0,73+	0,26-	0,10-
1a	1,11--	0,21+	0,59+	0,10--	0,09-
2	1,11--	0,18+	0,68+	0,15-	0,07--
3	1,10--	0,23+	0,71+	0,15-	0,09-
4	1,12--	0,33+	0,75+	0,15-	0,08-
5	1,09--	0,20+	0,47+	0,36-	0,12+
6*)	1,19--	0,26+	0,35-	0,23-	0,06--
7	1,40-	0,26+	0,73+	0,27-	0,12+
8*)	1,35-	0,27+	0,41-	0,41+	0,16+
9	1,23--	0,24+	0,87+	0,16-	0,09-
10	1,46-	0,27+	0,73+	0,34-	0,12+

+ ausreichend versorgt
- unzureichend versorgt

-- mangelhaft versorgt
*) Fläche ruderalisiert

Die Beurteilung der Nährstoffgehalte erfolgte nach GUSSONE (1964), die Grenzwerte für die einzelnen Nährstoffe für Fichte (Herbstentnahme) werden in der Tab.16 angegeben. Der Ernährungszustand war nur hinsichtlich Phosphor an allen Probeflächen ausreichend. Die Kaliumversorgung war nur an den stark anthropogen beeinflussten (ruderalisierten) Punkten 6 und 8 nicht ausreichend. Unzureichende und gelegentlich mangelhafte Versorgung war in Hinblick auf die Elemente Ca und Mg festzustellen. Am schlechtesten war die Stickstoffversorgung: Die Nadeln der am höchsten gelegenen Probeflächen 1 bis 6 waren (wie Probefläche 9) mangelhaft versorgt, die übrigen unzureichend.

Tab.16: Grenzwerte für Nährstoffgehalte der Fichtennadeln
Herbstentnahme

Element	Mangel	unzureichend	ausreichend
N	<1,30	1,31 - 1,50	>1,50
P	<0,11	0,12 - 0,13	>0,14
K	<0,33	0,34 - 0,42	>0,42
Ca	<0,10	0,11 - 0,36	>0,36
Mg	<0,07	0,08 - 0,11	>0,11

Nährstoffgehalte der Zirbennadeln

Die Nährstoffgehalte der Zirbennadeln (NJ.1) der Hochlagenflächen H1, H2 und H3 sind in Tab.17 zusammengestellt.

Da Vergleichswerte über den Ernährungszustand für Zirbennadeln fehlen, wurden für die Pflanzen der Hochlagenflächen entsprechende Vergleichswerte von *Pinus sylvestris* herangezogen. Auch für diese Baumart liegen nur bezüglich Stickstoff, Phosphor und Kalium, nicht aber für Calcium und Magnesium, Ernährungswerte vor (Tab.18). Die Zirben weisen eine nicht optimale Versorgung mit Stickstoff auf, während die Minimalversorgung hinsichtlich Phosphor und Kalium geringfügig überschritten wurde.

Tab.17: Nährstoffgehalte der Zirbennadeln
(Nadeljahrgang 1, Entnahme 11/1984)

Probefläche Nr.	Prozent				
	N	P	K	Ca	Mg
H1 (Mischproben)	1,45	0,14	0,49	0,32	0,08
H2 (Mischproben)	1,43	0,15	0,53	0,34	0,09
H3 (2 Probebäume)	1,63	0,19	0,54	0,43	0,15

Tab.18: Nährstoffgehalte (TrS) in den Nadeln von *Pinus sylvestris*
(Kulturen) Werte aus LANZ (1969)

Element	Optimum (%)	Minima (%)	Autor
N	1,8	1,3	EVERS 1963
P	-	0,12-0,13	WITTICH 1958
K	-	0,46-0,50	WITTICH 1958

Schwefelgehalte

Schwefelgehalte der Fichtennadeln

In den Proben des NJ.1 der Fichten wurden Gesamtschwefelgehalte zwischen 0,07 und 0,11% S gefunden; die Höchstanteile gemäß 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (BGBL.Nr. 199/1984; 0,11% Gesamtschwefel in den Nadeln des NJ.1) wurden demnach nicht überschritten, sodaß auf keine nennenswerte Schwefeldioxideinwirkung geschlossen werden kann. Wird jedoch der Minimalwert von 0,07% (Probefläche 6) als lokaler Grenzwert angesehen, müßten die Werte von 0,11% (Probeflächen 4 und 9) doch auf eine SO₂-Einwirkung schließen lassen (Tab.19).

Tab.19: Gesamtschwefelgehalte der Fichtennadeln
Nadeljahrgang 1, Entnahme 9/1984)

Probefläche Nr.	Gesamtschwefelgehalt (NJ.1)
1	0,09
1a	0,08
2	0,08
3	0,08
4	0,11
5	0,09
6	0,07
7	0,08
8	0,10
9	0,11
10	0,09

Schwefelgehalte der Zirbennadeln

Die Gesamtschwefelgehalte der Zirbennadeln lagen zwischen 0,08 und 0,10 % S. Demnach kann auch hier nicht auf eine SO₂-Einwirkung geschlossen werden (Tab.20).

Tab.20: Gesamtschwefelgehalte der Zirbennadeln
Nadeljahrgang 1, Entnahme 11/1984

Probefläche Nr.	Gesamtschwefelgehalt (NJ.1)
H1 (Mischprobe)	0,08
H2 (Mischprobe)	0,09
H3 (2 Probebäume)	0,10 0,08

Schwermetallgehalte

Schwermetallgehalte der Fichtennadeln

Blei

Die Bleigehalte der Fichtennadeln lagen zwischen 0,06 und 0,99 mg.kg⁻¹ (Gesamtmittel: 0,56 mg.kg⁻¹, s.Tab.21); die höchsten Werte wurden zwischen 900 m und 1400 m Seehöhe gefunden. Die Bleigehalte sämtlicher Proben geben gemäß Tab.22 keinen Hinweis auf Immissionseinwirkung, auch nach den Angaben in Tab.23 liegen die gemessenen Gehalte an Blei im natürlichen Bereich. Allerdings ist auf Grund der schwachen Zunahme mit Annäherung der Probebäume zum Talboden eine geringfügige Immissionseinwirkung durch Kraftfahrzeuge nicht auszuschließen (was durch künftige Messungen zu überprüfen sein wird).

Cadmium

Wesentlich geringere Werte als beim Blei wurden beim Cadmium gefunden: 0,01 bis 0,26 mg.kg⁻¹ (Gesamtmittel: 0,09 mg.kg⁻¹). Die höchsten Werte wurden zwischen 900m und 1400m Seehöhe gemessen. Die Gehalte liegen ebenfalls im natürlichen Bereich (vgl.Tab.23).

Tab.21: Blei- und Cadmiumgehalte der Fichtennadeln
Nadeljahrgang 1, Entnahme 9/1984

Probefläche Nr.	Pb (mg.kg ⁻¹)	Cd (mg.kg ⁻¹)
1	0,06	0,03
1a	0,48	0,03
2	0,27	0,03
3	0,80	0,02
4	0,99	0,26
5	0,70	0,08
6	0,65	0,06
7	0,66	0,20
8	0,87	0,19
9	0,28	0,03
10	0,42	0,01

Tab.22: Vorläufige Bewertung der Ergebnisse von Fichtennadelanalysen

Auf Grundlage vierjähriger Untersuchungen in Nordrhein-Westfalen nach KNABE, 1984)

Klasse	mg.kg ⁻¹ Pb	mg.kg ⁻¹ Cd	Hinweis auf Immissionseinwirkung
1	unter 4,0		kein Hinweis
2	4 - 7,9		möglich
3	8 -15,9	keine	beginnend
4	16 -31,9	Angaben	stärker
5	über 31,9		sehr stark

Tab.23: Blei- und Cadmiumgehalte in Fichtennadeln aus verschiedenen Untersuchungsgebieten

Untersuchungsgebiet	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Autoren
Schwarzwald (bergbauferne Gebiete)	0,6-4,4	0,03-0,17	FERRAZ u.ZÖTTL, (1979)
Südschweden	0,8-7,1	-	NILLSON (1972)
Alpen, Voralpen, Schwarzwald (emittentenfern)	2,7-3,0	-	KELLER (1966)
Südschwarzwald, Willnauer Heide, Schauinsland	3 -21	0,12-0,57	HURRLE (1981)
Südschwarzwald, Willhelmstollen Halde	9 -31	0,7 -0,9	HURRLE (1981)
Solling	8,6	0,6	MAYER u.HEINRICHS (1981)
Rhein-Main-Gebiet	-	0,10-0,59	PRIEBE et al. (1981)
Kärnten (Flattnitz)	0,75-2,75	0,01-0,12	GLATTES (1985)
Kärnten (Arnoldstein)	-	1,42-1,78	GLATTES (1985)

Schwermetallgehalte der Zirbennadeln

Blei

In den Mischproben von den Probeflächen H1 und H2 waren die Blei-gehalte im Vergleich zu denen der Fichtennadeln geringer. Relativ hohe Werte wurden aber in den Proben der Fläche H3 festgestellt. In allen Fällen geben jedoch die Gehalte nach KNABE (1984) keinen Hinweis auf Immissionseinwirkung.

Cadmium

Die Cadmiumgehalte waren sehr gering (Probeflächen H1 und H2); ein höherer Gehalt an Cadmium konnte - analog zu jenem des Bleis - auf der Probefläche H3 festgestellt werden (Tab.24).

Tab.24: Blei- und Cadmiumgehalte der Zirbennadeln
Nadeljahrgang 1, Entnahme 11/1984)

Probefläche Nr.	Pb mg.kg ⁻¹	Cd mg.kg ⁻¹
H1 (Mischprobe)	0,55	0,05
H2 (Mischprobe)	0,76	0,05
H3 (2 Probebäume)	3,40 2,20	0,13

4.7. ERGEBNISSE DER MIKROSKOPISCHEN UNTERSUCHUNGEN

Fichten

Die Fichtennadeln zeigten bereits mit freiem Auge sichtbar eine unterschiedlich stark ausgeprägte Gelbspitzigkeit und viele gelb und braun gefärbte Flecken auf der Nadeloberseite; die Anzahl dieser zonierten Flecken nahm mit zunehmendem Nadelalter zu. An den Rindenteilen der Zweige wurden Verfählungen festgestellt, welche der Oberfläche das Anzeichen einer frühen Alterung verliehen.

Eine Reihe von biotischen Schaderregern wurde identifiziert:

verschiedene Läuse (z.B. Adolgiade),
Nadelholzspinnmilben (*Oligonychus* sp.),
Fichtennestwickler (*Epinotia tedella*),
Lophodermium sp. (auf alten Nadeln).

Diese Schadorganismen konnten allerdings mit den festgestellten Symptomen nicht in Zusammenhang gebracht werden.

Zirben

Die Untersuchung der Zirbennadeln ergab einen Befall durch folgende biotische Schaderreger:

Nadelholzspinnmilbe (*Oligonychus ununguis*),
Kienläuse (*Tribus cinarini*),
Wollaus (*Pineus cembrae*),
Pilzinfektionen (nicht näher definiert).

Stets wurde eine Gelbverfärbung der Nadeloberseite, seltener eine der Unterseite festgestellt.

4.8. KRONENZUSTAND DER FICHTEN

Über die im Untersuchungsgebiet stockenden Bestände kann generell gesagt werden, daß die Fichten trotz der extremen Belastung jahrhundertlang vorangegangener Streunutzung und Schneitelung im Vergleich zu anderen Tiroler Waldgebieten als relativ vital einzustufen sind. In der Umgebung der Probeflächen wurde der Kronenzustand der Fichten beurteilt. In Tab.25 sind der Anteil der Fichten, die Kronenverlichtungen aufweisen, sowie die auftretenden Verlichtungsgrade angegeben. Demnach waren im Talbereich (Punkte 9 und 10) und an den beiden höchstgelegenen Punkten des Höhenprofils (Punkte 1 und 1a) schwache bis mittlere bzw. starke Kronenverlichtungen an Fichten festzustellen. An den sonnenexponierten Nadeln der Fichten im Bereich der Punkte 1 bis 4 fielen - von der Waldgrenze zum Tal hin abnehmend - Nadelvergilbungen, Gelbspitzigkeit und Punktnekrosen auf. Ältere Nadeln zeigten Braunverfärbung, welche wahrscheinlich auf Fichtenschüttelpilze zurückzuführen sind (GASSEBNER, 1984).

Tab.25: Kronenzustand der Fichten in der Umgebung der
Probeflächen

Umgebung der Probefläche Nr.	Prozentanteil an Fichten mit verlichteten Kronen und deren Verlichtungsgrad
1	70 (schwach-stark)
1a	40 (schwach-mittel)
2	0 (keine Verlichtung)
3	10 (schwach)
4	10 (schwach)
5	10 (schwach)
6	10 (schwach)
7	20 (schwach)
8	20 (schwach)
9	50 (schwach)
10	50 (schwach)

5. ZUSAMMENFASSUNG

Im Bereich des Höhenprofils im Zillertal/Tirol (fichtenreiche Bestände zwischen 700 und 1730 m Seehöhe) und Zirben-Hochlagenaufforstungsflächen wurden die naturräumlichen Verhältnisse kurz charakterisiert und meteorologische, Bodenvegetations- sowie Schadstofferhebungen und Nadelanalysen durchgeführt. Die Kronenzustandsformen wurden visuell bonitiert und die Probestämme auf biotische Schaderreger untersucht.

LUFTMESSUNGEN

Ozonmessungen ergaben an den drei Meßstellen seehöhen- und wetterabhängige mittlere Tagesgänge, welche mit zunehmender Seehöhe schwächer ausgeprägt waren. Die Monatsmittel lagen zwischen 29 und 53 ppb, die Halbstundenmittelwerte erreichten Werte bis 106 ppb.

DEPOSITIONSMESSUNGEN

Regen- und Schneeanalysen zeigten, daß mit zunehmender Seehöhe (Entfernung vom Talboden) im Durchschnitt geringere Ionenkonzentrationen auftraten; die Ioneneinträge hingegen waren an der mittleren Meßstelle am höchsten.

BODENANALYSEN

Die Böden der Probestflächen sind durchwegs sauer und extrem arm an den Pflanzennährstoffen Phosphor, Kalium und Calcium; die Magnesiumversorgung ist etwas günstiger. Stickstoffvorrat und Humusqualität entsprechen etwa den Böden dieser Höhenlagen. Blei und Zink erreichen in den gewonnenen Proben im Oberboden, teilweise auch im B-Horizont und im Unterboden, hohe Werte; diese können kaum mit der Umweltsituation erklärt werden, da einerseits das Untersuchungsgebiet abgeschirmt etwa 30 km Luftlinie vom nächsten größeren Emittenten entfernt und z.T. weitab von einer stark befahrenen Verkehrsverbindung liegt, andererseits die Maximalkonzentrationen im Unterboden liegen.

NADELANALYSEN

Nährstoffgehalte: In den Fichtennadelproben wurde besonders hinsichtlich Stickstoff, Calcium und Magnesium Unterversorgung festgestellt, in den Zirbennadeln trat Mangel an Stickstoff auf.

Schwefelgehalte: Die Schwefelgehalte in den Fichten- und Zirben-
nadeln lagen zwischen 0,07 und 0,11 % S und wiesen auf keine
nennenswerte SO₂-Einwirkung hin.

Schwermetallgehalte: Die Blei- und Cadmiumgehalte in den Nadeln
gaben keinen Hinweis auf Immissionseinwirkung. Die maximalen
Werte wurden sowohl beim Blei als auch beim Cadmium in den Seehö-
hen zwischen 900 m bis 1400 m gemessen.

6. AUSBLICK

Im Zuge der weiteren Bearbeitung des Projektes "Höhenprofil Zil-
lertal" werden sämtliche Untersuchungen fortgeführt und zusätz-
liche in den nächsten Vegetationsperioden vorgenommen werden. Die
Inversionsverhältnisse werden durch periodische photographische
Aufnahmen sowie durch Luftdruck- und Temperaturmessungen an aus-
gesuchten Meßorten näher untersucht. An Luftschadstoffen werden
zusätzlich SO₂, Stickstoffoxide und Staub gemessen werden. Ebenso
ist die Installation von NO_x- und Ozonkerzen geplant.

Die bisherigen Bodenanalysen werden durch Cadmiumanalysen und die
Feststellung der Austauschkapazität der Böden, Analysen des
Grundgesteins sowie durch Vergleichsuntersuchungen landwirt-
schaftlich genutzter Böden ergänzt. Am Ende der Versuchsperiode
soll nochmals eine Gesamtbeprobung entsprechend der des Jahres
1984 durchgeführt werden.

Die Probenahme der krautigen Vegetation soll zu verschiedenen
Jahreszeiten wiederholt werden.

Zusätzlich zur Nadelprobeentnahme im Herbst werden Proben vor und
während der Vegetationsperiode entnommen werden. Weiters sind
Bleianalysen der Fichtennaturverjüngung vorgesehen.

7. LITERATUR

- AICHBERGER, K., 1983: Schwermetalle in Böden Österreichs und analytische Erfassung.- Mitt.Österr.Bodenk.Ges. 27, 128-129.
- ARNDT, U., SEUFERT, G., NOBEL, W., 1982: Die Beteiligung von Ozon an der Komplexkrankheit der Tanne (*Abies alba* Mill.) - Eine prüfenswerte Hypothese.- Staub, Reinh.Luft 42, (6), 243-247.
- BUCHER, J.B., KAUFMANN, E., LANDOLT, W., 1984: Waldschäden in der Schweiz - 1983, 1. Teil: Interpretation der Sanasilva Umfrage und der Fichtennadelanalysen aus der Sicht des forstlichen Immissionsschutzes.- Schweiz.Z.Forstwes.135 (4), 271-287.
- CZELL, A., 1963: Die forstliche Eignung von Böden oberhalb des Wirtschaftswaldes.- Ber.Naturwiss.Medizin. Verein, Innsbruck, 53, 29-55.
- CZELL, A., 1964: Die Maßnahmenkarte als Grundlage für Aufforstungsprojekte oberhalb des Wirtschaftswaldes.- Cbl.f.d.ges. Forstwes. 81, (3), 158-187.
- ELLENBERG, H., 1979: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas.- Scripta Geobotanica IX, 2.Aufl., 122 S.
- ELSTNER, E.F., OSSWALD, W., 1984: Fichtensterben in "Reinluftgebieten": Strukturresistenzverlust.- Naturwiss. Rundschau 37 (2), 52-61.
- EVERS, F.H., 1963: Neue Erkenntnisse zur Chlorosebekämpfung durch Düngungsmaßnahmen.- Allg.Forstzeitschr. 32/33, 499-500.
- FERRAZ, J., ZÖTTL, H.W., 1979: Nährstoffspiegel und Spurenelementverteilung in Fichtenbeständen des Grundgebirgs-Schwarzwaldes.- Mitt.Dtsch.Bodenkundl.Ges. 29, 587-594.
- GASSEBNER, H., 1984: Persönliche Mitteilung.
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT: Geostatistische Auswertung der Probe-punkte-Trendlinien von Pb-Siebfeinfraktion (unveröffentlichte Karte).
- GLATTES, F., 1985: Schwermetallgehalte in Pflanzenproben verschiedener Untersuchungsgebiete.- Im Druck.

GÖBL, F., MUTSCH, F., 1985: Schwermetallbelastung von Wäldern in der Umgebung eines Hüttenwerkes in Brixlegg/Tirol.- I. Untersuchung der Mykorrhiza und Humusaufgabe.- Cbl.f.d.ges. Forstwes. 102, 28-40.

GUSSONE, H.A., 1963: Ergebnisse eines Düngungsversuches an Kiefern auf nährstoffarmen Böden Norddeutschlands.- Allg.Forst- u. Jagdztg., 2, 45-53.

GWINNER, M.P., 1971: Geologie der Alpen - Stratigraphie Paläogeographie, Tektonik.- E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart, 477 S.

HURRELE, H., 1981: Schwermetalle in Nadelbäumen auf alten Berghalden im Südschwarzwald.- Allg.Forst-u.Jagdztg., 12 (152), 234-238.

HYDROGRAPHISCHER DIENST, 1964, 1973 und 1983: Beiträge zur Hydrographie Österreichs.- Die Niederschläge, Schneeverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich, Heft 38 (1964), Heft 43 (1973), Heft 46 (1983).- ÖK 25 V, Österreichische Karte 1:25.000, Nr.149 und 150.

INGESTAD, T., 1962/63: Macro Element Nutrition of Pine Spruce and Birch Seedlings in Nutrient Solutions.- Meddelanden Fran Statens Skogsforskningsinst. 51 (7).

KELLER, T., 1966: Der Bleigehalt von Fichtennadeln als Indikator einer verkehrsbedingten Luftverunreinigung.- Referat am Rauchschadenssymposium in JANSKE LAZNE, 11.-14.Okt.

KILIAN, W., 1982: Waldstandorte und Böden sowie deren Schwermetallbelastung im Immissionsgebiet Arnoldstein.- Carinthia II, 39.Sonderheft, Verlag des Naturwiss.Vereines für Kärnten, Klagenfurt, 325-351.

KLOKE, A., 1980: Richtwerte 1980, Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden.- Mitt. VDLUFA, 1-3, 9-11.

KLOKE, A., 1981: Sollen Richtwerte für tolerierbare Schwermetallgehalte in landwirtschaftlich-gärtnerisch genutzten Böden auch für Forstböden gelten? - Mitt. Forstl. Bundes-Vers.Anst. 137, 241-246.

- KNABE, W., 1984: Merkblatt zur Entnahme von Blatt- und Nadelproben für chemische Analysen.- Allg.Forstzeitschr. 847-848. ^{33/34}
- LANZ, W., 1969: Forstdüngung (Sammelreferat), Beiheft zum Forstarchiv (Februar 1969).
- LÜTTMER, J., JUNG, L., 1955: Über die Eignung des Natriumpyrophosphates zur Dispergierung bei der mechanischen Bodenanalyse.- Notizbl.Hess.Landesamt u.Bodenforschung 83, 282.
- MATZNER, E., ULRICH, B., MURACH, D., ROST-SIEBERT, T.K., 1985: Zur Beteiligung des Bodens am Waldsterben.- Forst- und Holzwirt, 40 (11), 303-309.
- MAYER, H., 1963: Tannenreiche Wälder am Nordabfall der mittleren Ostalpen.- München, Basel, Wien.
- MAYER, H., 1974: Wälder des Ostalpenraumes.- G.Fischer Verlag, Stuttgart.
- MAYER, R., HEINRICHS, H., 1981: Gehalte von Baumwurzeln an chemischen Elementen einschließlich Schwermetallen aus Luftverunreinigungen.- Z.Pflanzenernähr.Bodenk. 144, 637-646.
- MITTEILUNGEN DER ÖSTERREICHISCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT, 1969: Heft 13.
- MOOSMAYER, H.U., 1984: Stand der Forschung über das Waldsterben.- Allg Forstzeitschr., 1100-1103.
- MUNSELL, 1967: Standard Soil Colour Charts (OYAMA, M., TAKEHARA, H.).
- MUTSCH, F., 1980: Schwermetallanalysen an Freilandpflanzen in Hinblick auf die natürliche Spurenelementversorgung und die Schwermetallintoxikation.- Diss.Univ.Wien, 166 S.
- MUTSCH, F., HORAK, O., KINZEL, H., 1979: Spurenelemente in höheren Pilzen.- Z.Pflanzenphysiol. 94, 1-10.
- NEUWINGER, J., 1967: Zum Nährstoffhaushalt in Vegetationseinheiten der subalpinen Entwaldungszone.- Mitt. Forstl. Bundes-Vers.Anst. 75.

NEUWINGER, I., 1970: Böden der subalpinen und alpinen Stufe in den Tiroler Alpen.- Mitt.Ostalp.-Din.Ges.Vegetationskde., Innsbruck, 11, 135-150.

NILLSON, J., 1972: Accumulation of metals in spruce needles and needles litter.- Oikos (KBH), 23.

PITSCHMANN, H., REISIGL, H., SCHIECHTL, H.M., STERN, R., 1970: Karte der aktuellen Vegetation von Tyrol 1:100000. II.Teil, Blatt 7: Zillertal und Tuxer Alpen.

POLLANSCHÜTZ, J., 1985: Waldzustandsinventur 1984 - Ziele, Inventurverfahren, Ergebnisse.- Schriftenr. der Forst. Bundes-Vers. Anst. 8.

PRIEBE, A., KLEIN, H., JÄGER, H.J., 1981: Cadmiumanreicherung immissionsbelasteter Fichten.- Mitt. Forstl. Bundes-Vers.Anst. 137 (II), 319-326.

PRINZ, B., KRAUSE, G.H., STRATMAN, H., 1982: Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland.- Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes Nordrhein Westfalen, LIS-Berichte 28.

PRINZ, B., 1983: Gedanken zum Stand der Diskussion über die Ursache der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland.- Forst- und Holzwirt 18, 460-468.

RAUNKIAER, C., 1907: Planterigets Livsformer og deres Betydning for Geografien, Kjöbenhavn.

REHFUESS, K.E., 1983: Walderkrankungen und Immissionen - eine Zwischenbilanz.- Allg.Forstzeitschr., 601-610.

REITER, R., 1983: Basiserarbeitung zum Problem "Waldschäden im Bayerischen Nordalpenraum.- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Materialien, 28.

RINGLEB, F., 1947: Die thermische Kontinentalität im Klima West- und Nordwestdeutschlands.- Meteorolog.Rundschau.

RINGLEB, F., 1948: Die hygriische Kontinentalität im Klima West- und Nordwestdeutschlands.- Meteorolog.Rundschau.

SCHIECHTL, H.M., 1967: Die Physiognomie der potentiellen natürlichen Waldgrenze und Folgerungen für die Praxis der Aufforstung in der subalpinen Stufe.- In: Ökologie der alpinen Waldgrenze.- Mitt.Forstl. Bundes-Vers.Anst. 75, 5-55.

SCHIECHTL, H.M., 1968: Auswirkungen der Ast- und Bodenstreunutzung in Fichtenwäldern des Zillertales.- Bericht der Int.-Pfl.Soc.Ostalp.Dinar.Arge., Tagung 1968 (Unveröff. Manusk.).

SCHIECHTL, H.M., NEUWINGER, J., 1980: Regeneration von Vegetation und Boden nach Einstellung der Beweidung und Bodenstreunutzung in einem zentralalpinen Hochlagen-Aufforstungsgebiet.- Mitt. Forstl. Bundes-Vers.Anst., 129, 63-80.

SCHÜTT, P., KOCH, W., BLASCHKE, H., LANG, K.J. SCHUCK, H.J., UMMERER, H., 1983: So stirbt der Wald.- BLV Verlagsgesellschaft München, Wien, Zürich.

SEITSCHKEK, O., 1981: Das Waldsterben in Europa - Ein aktueller Schadensbericht.- Forst- und Holzwirt 39 (12), 299-302.

SMIDT, S., 1984: Analysen von Niederschlagsproben aus Waldgebieten Österreichs.- Informationsd., 227.Folge in Allg.Forstztg. 95.

SMITH, W.H., 1984: Auswirkungen von regionalen Luftschadstoffen auf die Wälder in den USA.- Forstw. Cbl. 103 (1), 48-61.

STEFAN, K., 1983: Schneeuntersuchung 1983 (Unveröffentliche Ergebnisse).

STÖHR, D., et al., 1984: Waldbodenversauerung in Österreich.- Österr.Forstverein, Forschungsbericht 1984, 165 S.

TOLLMAN, A., 1961: Vom Bau der Alpen. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse.- Universum 16, 439-445.

TRESHOW, M. (1980): Pollution effects on Plant Distribution.- Environmental Conservation, 7,(4), 279-286.

ULRICH, B., MATZNER, E., 1983: Ökosystemare Wirkungsketten beim Wald- und Baumsterben.- Forst- u. Holzwirt, 36 (21), 525-532.

UMWELTBUNDESAMT, 1983: Berichte 5/83: Luftqualitätskriterien für photochemische Oxydantien.- Erich Schmidt Verlag Berlin.

WAGNER, A., 1983: Zur Situation des Waldsterbens durch Luftverunreinigungen im Saarland.- Allg.Forstztg. 38 (28), 722-723.

WALTHER, H., LIETH, H., 1960: Klimadiagramm-Atlas.- Georg Fischer Verlag, Jena.

WENTZEL, K.F., 1985: Hypothesen und Theorien zum Waldsterben.- Forstarchiv 56 (2), 51-56.

WITTICH, W., 1958: Bodenkundliche und pflanzenphysiologische Grundlagen der mineralischen Düngung im Walde und Möglichkeiten der Ermittlung des Nährstoffbedarfs.- Allg.Forstzeitschr. 13.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 1979: Photochemical Oxidants.- Environmental Health Criteria, 7, WHO Genf.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO), 1978: International operations handbook measurement of background atmospheric pollution.- WMO 491, Geneva.

ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK, 1982: Arbeiten der Zentralanstalt, 53.

8. ANHANG

8.1 BODENPROFILBESCHREIBUNG

Probefläche H 1

Meereshöhe: 2000 m
Exposition: SE, Neigung: bis 30%
Vegetation: subalpine Zwergstrauchgesellschaft
Grundgestein: Innsbrucker Quarzphyllit
Boden: Podsol mit mächtigem Bleichhorizont

O _f	: 8-6 cm	Wurzelfilz + Grobmoder
O _h	: 6-0 cm	hydromorph, schmieriger Feuchtmoder
A	: 0-2 cm	stark humoser, lehmiger Sand, strukturlos, Farbe: 10 YR 5/1
AE	: 2-6 cm	schwach grusiger lehmiger Sand, strukturlos, Farbe: 10 YR 5/1
E	: 6-14 cm	10 YR 5-6/1
B _{1h}	: 14-17 cm	10 YR 2/1-2
B _{2hs}	: 17-30 cm	allmählich übergehend in 5 YR 2/4
B _{3s}	: 30-45 cm	5 YR 5/5 loser, stark steinig, strukturlos, schwach feindurchwurzelt
BC	: ab 45 cm	

Probefläche H 2

Alte Streunutzungsfläche, Zirbenaufforstungsfläche
Meereshöhe: 1920 m
Exposition: SE
Vegetation: subalpine Zwergsträucher
Grundgestein: Innsbrucker Quarzphyllit
Boden: Podsol mit schwachem Ausbleichungshorizont

O _{f+h}	: 2-0 cm	Wurzelfilz von Nardus str. und Calluna vulg. und Preiselbeere
A	: 0-5 cm	stark humoser sandiger Lehm, stark mit blanken Quarzkörnern durchsetzt, gut durchwurzelt, schwarz
AE	: 5-8 cm	mäßige Ausbleichung
B _{1h}	: 8-10 cm	dunkel gefärbter, humusangereicherter B-Horizont
B ₂	: 10-15 cm	ockergefärbt, stark steinig, gut durchwurzelt
B ₃	: 15-25 cm	wie vor, jedoch schwach durchwurzelt
BC	: ab 25 cm	zunehmender Anteil an Phyllit-Schutt; nicht durchwurzelt

8.1 BODENPROFILBESCHREIBUNG

Probefläche 1 a

Meereshöhe: 1730 m

Exposition: SE

Vegetation: dichter Heidelbeer-Preiselbeer-Calluna-Drahtschmiele-Bürstlingteppich

Grundgestein: Innsbrucker Quarzphyllit

Boden: Semipodsol

O _{1+f} : 5-3 cm	dichter Wurzelfilz mit Preiselbeerstreu, Grobmoder, dicht gepackt, deutlich plattig, dichtest durchwurzelt
O _h : 3-0 cm	Feinmoder, dichtest durchwurzelt
A _h : 0-4 cm	5 YR 2/1, stärkst humos, mit deutlichen Quarzkörnern bis 1 mm ϕ , stark durchwurzelt
AE : 4-8 cm	5 Y 3/3, allmählich in Taschen übergehend, humos, stark durchwurzelt
B : 8-40/55 cm	5 YR 4/6-8 cm, sandiger Lehm, gut durchwurzelt
BC _v : ab 40/55 cm	stark steinig, 10 YR 5/7, schwach sandiger Lehm, schwach durchwurzelt

Probefläche 2

Meereshöhe: 1560 m

Exposition: SW

Vegetation: Heidelbeer-Drahtschmiele-Typ

Grundgestein: Innsbrucker Quarzphyllit

Boden: Eisen-Humuspodsol

O _f : 10-7 cm	feinster, leicht zersetzter Heidelbeerwurzel-Moosfilz
O _h : 7-0 cm	Feinmoder, kohlig schmierig
A : 0-2 cm	leicht gebleicht, stark humos
E : 2-5/10 cm	in Wolken mäßig ausgeprägter Bleichhorizont, 10 YR 5/3, stark durchwurzelt
B _{1h} : 5/10-15 cm	humos, dicht, undeutlich blockig, schwach steinig, mäßig grusig, 7,5 YR 4-5/4
B _{2s} : 15-60 cm	lehmiger Sand, 7,5 YR 4-5/7, schwach durchwurzelt (nur mehr Feinwurzeln)
B _v : ab 60 cm	10 YR 5-6/7

8.1 BODENPROFILBESCHREIBUNG

Probefläche 3

Meereshöhe: 1400 m

Exposition: E, konvexer Hang, Mittelhang, Rücken; Neigung: 40 %

Grundgestein: Innsbrucker Quarzphyllit

Boden: junger, sekundärer Zwergpodsol, auf altem, schwach entwickeltem Podsol, sichtliche Degradation unter AHD

O _{1+f}	: 9-4 cm	Wurzelfilz + Grobmoder
O _h	: 4-0 cm	kohlig-schmieriger schwarzer Feuchtmoder, stärkst durchwurzelt
A ₁	: 0-1 cm	stark humoser lehmiger Sand, dicht, strukturlos, scharf abgesetzt, kein Grobskelett
E ₁	: 1-2 cm	hellgrauer lehmiger Sand, dicht, abgesetzt, kein Grobskelett
B _{1h}	: 2-3 cm	lehmiger Sand, 7,5 YR 4/4, dicht, übergehend
AE ₂	: 3-10 cm	lehmiger Sand, 10 YR 5/4, locker, schwach durchwurzelt, kaum steinig, Holzkohlenreste, übergehend
E ₂	: 10-18 cm	lehmiger Sand, 2,5 Y 6/2, dicht, strukturlos, schwach steinig, grusig, nicht durchwurzelt, in Wellen übergehend
B _{2s}	: 18-60 cm	lehmiger Sand, 7,5 YR 4/6, locker, blockig, auslaufende Grobwurzeln, mäßig steinig grusig

Probefläche 4

Meereshöhe: 1300 m

Exposition: E, wellig, Neigung: 40-60%

Vegetation: AHD mit Blechnum spicant

Grundgestein: Innsbrucker Quarzphyllit

Boden: Semipodsol

O _{1+f}	: 10-5 cm	Pilzmoder, locker, stark durchwurzelt
O _h	: 5-0 cm	etwas hydromorpher Feinmoder, dunkel, stark durchwurzelt
A _e	: 0-7 cm	stark humoser lehmiger Sand, etwas dicht gelagert, Humuseinwaschung, lokale Bleichlinsen, schwach steinig, gut durchwurzelt
B _s	: 7-50 cm	lehmiger Sand, 10 YR 5/6, mittelsteinig, schwach durchwurzelt (bis 50 cm), locker, strukturlos, blockig, übergehend in abnehmend gefärbt 10 YR 5/4, zunehmend steinig
B _v	: ab 50 cm	

8.1 BODENPROFILBESCHREIBUNG

Probefläche 5

Meereshöhe: 1200 m

Exposition: E

Vegetation: AHD-Typ im engeren Sinne

Grundgestein: Innsbrucker Quarzphyllit

Boden: Semipodsol

O ₁	: 13-10 cm	Heidelbeer-Moos-Wurzelfilz, kaum zer-
O _f	: 10-0,5 cm	setzt, stark durchwurzelt mit reichlich Feinmoder, leicht hydro-
(O _h)	: 0,5-0 cm	morph, pechmoderartig geringmächtiger O-Horizont mit blanken
AE	: 0-5 cm	Quarzkörnern in Linsen Humusperkolat, Bleichlinsen,
B _{1hs}	: 5-10 cm	sichtbar, stark durchwurzelt 5 YR 3/3-4, lehmiger Sand, strukturlos,
B _{2s}	: 10-20 cm	dicht, mäßig durchwurzelt, schwach grusig lehmiger Sand bis sandiger Lehm, 10 YR
B ₃	: 20-30 cm	4/6, undeutlich feinblockig, locker, schwach steinig, mäßig grusig, schwach
C _v	: ab 30 cm	durchwurzelt, allmählich übergehend und in Lagen kolluvial wechselnd lehmiger Sand, 10 YR 5/5, mittelkörnig undeutlich, porös, locker (Durchwurzlung bis 30 cm schwach), schwach steinig (10 %), mittelgrusig (25 %), mit BC in Lagen wechselnd

Probefläche 7

Meereshöhe: 1000 m

Exposition: ESE

Vegetation: Luzula albida-Typ ruderalisiert

Grundgestein: Innsbrucker Quarzphyllit

Boden: Braunerdekolluvium

O ₁	: 3-2 cm	Nadelstreuschleier
O _h	: 2-0 cm	Feinmoder
A	: 0-3/4 cm	allmählich übergehend in
B _v	: ab 3/4 cm	mäßig steinig, grusiger, schwach lehmiger Sand, strukturlos, 10 YR 4/2, bis 10 cm stark durchwurzelt

8.1 BODENPROFILBESCHREIBUNG

Probefläche 9

Meereshöhe: 850 m

Exposition: E

Vegetation: Heidelbeer-Oxalis-Drahtschmiele-(Luzula albida)-Typ

Grundgestein: Innsbrucker Quarzphyllit

Boden: lockere, ärmere Silikatbraunerde

O ₁ : 8-6 cm	Fichtenstreu, oben auch vereinzelt Eichenlaub, locker gelagert
O _f : 6-3 cm	gelegentlich verpilzt, dicht, lockerer Feinmoder
O _h : 3-0 cm	Feinmoder
A : 0-3 cm	stark humos, locker strukturlos, in Taschen allmählich übergehend
B ₁ : 3-10/15 cm	2,5 Y 4/3, schwach lehmiger Sand, 10% Steine, 30-40% Grus, stark durchwurzelt
B ₂ : 10/15-45 cm	2,5 Y 5/4, lehmiger Sand, sonst wie vorher
BC _v : 45-65 cm	steinig grusig bis 50% Steine, 5 Y 5/2, schwach lehmig-schluffiger Sand, schwach durchwurzelt
C _v : ab 65 cm	Grus

Probefläche 10

Meereshöhe: 720 m

Exposition: 80% geneigter E-Hang, Mittelhang

Vegetation: Schattenkräuter-Typ

Grundgestein: Serezit (Graphit-Phyllit)

Gelände: unruhig, Boden stark überrollt

Boden: stärker verwitterte, bindige Braunerde, reiferes Profil, keine podsolige Tendenz, z.T. klüftig-steinig

O ₁ : 16-8 cm	mächtige Laubstreu (Eiche, Linde, Spitzahorn, Hasel)
O _f : 8-3 cm	Laubmoder, leicht verpilzt
O _h : 3-0 cm	milder Feinmoder, deutlich Quarzkörner, stark durchwurzelt
A : 0-2/5 cm	steinig, in Taschen sich verbreiternd, stärkst humos, erosiv, gemischter Moder
B : ab 2/5 cm	10 YR 5/5, lehmiger Sand, bis 15 cm stark durchwurzelt, bis 25 cm gut, aber 25 cm schwach durchwurzelt

8.2 METEOROLOGISCHE DATEN DER MESSTELLE AUF DER PROBEFLÄCHE 9

Mittlere Windgeschwindigkeiten der Tagesdrittel und ganzen Tage

	MITTLERE WINDGESCHWINDIGKEIT (M/SEC)			
	1.	2.	3.	TAG
	DRITTEL			
25.7.	1.11	1.78	1.50	1.46
26.7.	1.16	1.11	1.12	1.13
27.7.	1.01	1.12	1.12	1.08
28.7.	1.08	1.05	1.03	1.05
29.7.	1.06	1.20	1.22	1.16
30.7.	1.12	1.56	1.73	1.47
31.7.	1.33	1.59	1.73	1.55
1.8.	1.30	1.36	1.20	1.28
2.8.	1.02	1.74	1.53	1.43
3.8.	1.17	1.57	1.59	1.44
4.8.	1.26	1.79	1.43	1.50
5.8.	1.17	1.70	1.16	1.34
6.8.	1.12	1.34	1.09	1.18
7.8.	1.32	1.18	1.01	1.17
8.8.	1.03	1.62	1.32	1.32
9.8.	1.14			
16.8.		1.34	1.23	
17.8.	1.13	1.41	1.35	1.30
18.8.	1.16	1.26	1.41	1.28
19.8.	1.11	1.60	1.23	1.31
20.8.	1.14	1.52	1.35	1.33
21.8.	1.08	1.60	1.51	1.40
22.8.	1.18	1.49	1.49	1.39
23.8.	1.25	1.63	2.00	1.62
24.8.	1.44	1.67	1.24	1.45
25.8.	1.04	1.08	1.00	1.04
26.8.	1.02	1.07	1.02	1.04
27.8.	1.02	1.02		

8.2 METEOROLOGISCHE DATEN DER MESSTELLE AUF DER PROBEFLÄCHE 9

Mittlere Temperaturen der Tagesdrittel und ganzen Tage

	MITTLERE TEMPERATUR (GRAD C)			TAG
	1. DRITTEL	2. DRITTEL	3. DRITTEL	
20.6.			17.70	
21.6.	13.80	16.75	14.85	15.13
22.6.		16.23	14.62	
23.6.	12.63	16.65	10.32	13.20
24.6.	8.47	8.87	8.00	8.45
25.6.	5.90	9.83	11.47	9.07
26.6.	9.37	9.80	12.10	10.42
27.6.	8.47	17.95	19.17	15.20
28.6.	13.15	16.45	13.13	14.24
29.6.	11.40	11.66	10.42	11.16
30.6.	8.91	13.66	13.18	11.92
1.7.	9.58	18.46	18.49	15.51
2.7.	14.61	13.17	13.05	13.61
3.7.	10.10	9.76	8.59	9.48
4.7.	6.47	8.49	9.43	8.13
5.7.	7.44	10.52	11.38	9.78
6.7.	9.20	15.26	14.19	12.88
7.7.	9.43	19.17	16.30	14.97
8.7.	10.72	18.97	18.98	16.22
9.7.	14.92	24.18	21.36	20.15
10.7.	16.12	24.93	23.59	21.54
11.7.	19.05	28.06	28.59	25.23
12.7.	23.54			
16.7.		13.58	11.59	
17.7.	8.76	11.62	10.05	10.14
18.7.	8.81	15.33	13.46	12.53
19.7.	10.04	14.71	13.97	12.91
20.7.	10.62	16.83	16.32	14.59
21.7.	11.73	19.90	18.92	16.85
22.7.	14.05	19.43	18.36	17.28
23.7.	14.82			
24.7.			15.63	
25.7.	13.29	18.61	14.70	15.53
26.7.	11.49	12.49	11.24	11.74
27.7.	10.47	10.93	10.24	10.55
28.7.	8.84	10.52	11.28	10.21
29.7.	10.69	15.05	16.54	14.09
30.7.	14.03	21.30	25.72	20.35
31.7.	19.99	26.63	26.05	24.22
1.8.	18.93	17.41	13.70	16.68
2.8.	12.32	18.68	16.96	15.98
3.8.	13.88	22.01	20.68	18.86
4.8.	18.15	24.69	21.20	21.35
5.8.	17.40	17.66	13.75	16.27
6.8.	11.51	15.18	13.17	13.28
7.8.	11.71	12.10	12.17	11.99
8.8.	10.81	17.18	16.90	14.96
9.8.	12.70			
16.8.		15.12	10.90	
17.8.	9.15	16.12	14.13	13.13
18.8.	10.66	16.44	16.27	14.46
19.8.	11.86	16.84	14.55	14.42
20.8.	10.53	17.53	16.92	14.99
21.8.	11.14	18.13	17.16	15.48
22.8.	13.18	19.92	18.23	17.11
23.8.	14.13	21.28	21.28	18.90
24.8.	18.16	19.29	15.35	17.60
25.8.	13.24	14.29	12.67	13.40
26.8.	11.75	12.71	12.28	12.24
27.8.	11.85	13.24		

8.2 METEOROLOGISCHE DATEN DER MESSTELLE AUF DER PROBEFLÄCHE 9

Mittlere Strahlungswerte der Tagesdrittel und tägliche Strahlungssummen

	MITTLERE STRAHLUNG (JOULE/CM ²)			SUMME STRAHLG. (JOULE) TAG
	1.	2. DRITTEL	3.	
20.6.			0.20	
21.6.	0.60	3.65	0.20	35.60
22.6.	0.38	3.57	0.25	33.60
23.6.	0.35	4.10	0.25	37.60
24.6.	0.45	3.50	0.30	33.40
25.6.	0.13	6.47	1.17	64.60
26.6.	0.05	0.90	1.67	29.20
27.6.	0.38	3.26	2.47	59.54
28.6.	0.25	5.10	0.60	49.60
29.6.	0.03	1.69	0.15	16.15
30.6.	0.18	2.58	0.32	24.55
1.7.	0.49	4.92	0.42	47.63
2.7.	0.10	0.72	0.23	8.87
3.7.	0.04	1.72	0.24	14.64
4.7.	0.13	1.71	0.37	17.65
5.7.	0.10	1.68	0.28	16.47
6.7.	0.19	3.61	0.53	34.80
7.7.	0.32	4.76	0.57	46.13
8.7.	0.30	4.57	0.65	45.29
9.7.	0.26	4.28	0.61	43.08
10.7.	0.26	4.30	0.65	41.61
11.7.	0.26	4.30	0.49	41.03
12.7.	0.23	3.38		
16.7.		2.28	0.18	
17.7.	0.19	1.85	0.12	16.04
18.7.	0.39	3.98	0.24	36.79
19.7.	0.24	2.15	0.15	19.92
20.7.	0.43	3.53	0.35	33.23
21.7.	0.35	4.45	0.43	42.72
22.7.	0.32	3.15	0.32	28.30
23.7.	0.21			
24.7.			0.35	
25.7.	0.05	3.76	0.06	31.22
26.7.	0.03	0.69	0.11	6.61
27.7.	0.03	0.95	0.14	8.87
28.7.	0.03	0.59	0.17	6.23
29.7.	0.03	1.70	0.45	19.22
30.7.	0.21	4.26	0.37	40.64
31.7.	0.02	4.31	0.36	38.61
1.8.	0.14	1.02	0.06	9.45
2.8.	0.03	4.20	0.16	35.08
3.8.	0.50	3.90	0.13	38.94
4.8.	0.44	3.94	0.16	35.68
5.8.	0.24	1.32	0.05	12.30
6.8.	0.24	1.76	0.06	16.43
7.8.	0.03	0.84	0.06	8.21
8.8.	0.06	3.56	0.29	28.97
9.8.	0.13			
16.8.		1.88	0.13	
17.8.	0.27	2.85	0.20	26.62
18.8.	0.05	2.37	0.26	20.51
19.8.	0.16	3.20	0.16	25.38
20.8.	0.19	3.78	0.17	33.08
21.8.	0.21	3.90	0.13	33.88
22.8.	0.18	3.79	0.18	33.22
23.8.	0.03	3.78	0.08	28.03
24.8.	0.31	1.70	0.07	16.61
25.8.	0.05	0.73	0.03	6.44
26.8.	0.03	0.47	0.03	4.28
27.8.	0.03	0.69		

8.3 WINDRICHTUNGEN UND -GESCHWINDIGKEITEN
Meßstelle X1 (Pangert)

Tag	Windrichtung	Windgeschwindigkeit (m/s)
25.7.	W	3,6
26.7.	NW	3,8
27.7.	N	3,3
28.7.	NW	3,9
29.7.	W	3,6
30.7.	S	3,4
31.7.	S	4,7
1.-9.8.	Geräteausfall	
10.8.	SE	3,1
11.8.	SW	4,1
12.8.	W	4,1
13.8.	N	1,8
14.8.	NW	1,6
15.8.	NW	2,2
16.8.	NW	1,6
17.8.	N	1,7
18.8.	N	1,8
19.8.	N	2,0
20.8.	N	1,5
21.8.	N	2,1
22.8.	NW	2,6
23.8.	SW	2,5
24.8.	NE	0,2
25.8.	S	8,0
26.8.	N	2,4
27.8.	N	2,9

8.4 BODENANALYSENDATEN (VOLUMSGERECHTE PROBEN)

cm	Tiefe	Horizont	pH	-1 g.kg				-1 mg.kg										
				C	N	C:N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Co	Cr	Ni	Pb
<u>Probefläche 1 a</u>																		
5 - 3	0 _l + 0 _f		3,67	269	11,0	24	0,59	0,26	0,70	2,05	12,7	235	44	75	7	10	15	230
3 - 0	0 _h		3,46	182	8,9	20	0,48	0,22	0,55	2,40	14,8	165	24	68	7	10	16	215
0 - 4	A _h		3,49	140	7,1	20	0,45	0,16	0,30	1,85	16,2	120	17	44	6	9	18	295
4 - 8	AE		3,63	81	3,6	23	0,29	0,12	0,30	2,25	19,1	155	17	44	7	9	14	245
8 - 10	B		3,78	45	2,5	18	0,24	0,10	0,20	3,85	34,0	375	18	49	10	17	22	163
10 - 20	B		4,26	22	1,2	18	0,28	0,13	0,30	5,40	31,0	455	19	68	12	20	31	33
20 - 30	B		4,41		0,4		0,25	0,12	0,30	5,15	32,0	40	21	70	12	18	33	19
30 - 40	B		4,47		0,7		0,40	0,12	0,40	6,15	35,0	775	24	76	13	20	39	18
40 - 43	BC _v		4,61		1,0		0,49	0,18	0,35	6,15	29,0	550	30	96	17	20	45	20
ab 50	BC _v		4,49		0,8		0,25	0,17	0,30	6,20	30,0	425	20	73	12	23	37	17
<u>Probefläche 5</u>																		
13 - 0	0 _l + 0 _f		3,24	395	13,4	29	0,58	0,25	2,10	1,45	3,2	155	195	131	13	5	11	204
0 - 5	AE		2,92	105	6,2	17	0,33	0,14	0,30	3,70	20,3	120	23	65	1	18	17	345
5 - 10	B _{1hs}		3,30	61	3,7	16	0,27	0,13	0,25	4,80	24,0	255	20	60	3	22	25	410
10 - 20	B _{2s}		3,87	33	1,6	21	0,28	0,15	0,25	5,75	24,0	475	27	79	7	22	32	207
20 - 30	B ₃		3,94	20	1,0	20	0,32	0,13	0,30	5,90	26,0	580	36	94	13	22	37	47
30 - 40	C _v		4,08		0,9		0,31	0,12	0,40	6,75	24,0	570	33	94	16	21	42	24
40 - 50	C _v		4,01		1,2		0,42	0,14	0,35	5,75	23,0	1095	35	89	16	20	36	39
50 - 60	C _v		4,07		0,6		0,50	0,12	0,35	7,80	22,0	470	35	78	15	23	43	22
60 - 70	C _v		4,21		0,6		0,42	0,12	0,30	6,55	33,0	460	36	79	16	24	46	23

8.4 BODENANALYSENDATEN (VOLUMSGERECHTE PROBEN)

cm	Tiefe	Horizont	g .kg ⁻¹				mg .kg ⁻¹										
			C	N	C:N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Co	Cr	Ni	Pb
<u>Probefläche 9</u>																	
8 - 3		0 ₁ + 0 _f	371	17,0	22	0,74	0,38	6,60	1,50	3,4	760	45	127	15	4	9	62
3 - 0		0 _h	275	12,8	21	0,60	0,28	2,70	2,55	12,1	230	63	109	5	9	22	124
0 - 3	A		85	5,5	15	0,44	0,19	0,80	5,15	28,0	205	36	105	9	16	35	138
5 - 10	B ₁		29	1,8	16	0,32	0,14	0,45	5,65	29,0	245	30	105	13	18	41	150
10 - 15	B ₁		20	1,4	14	0,33	0,13	0,40	6,05	28,0	320	32	116	14	20	42	142
15 - 20	B ₂		16	1,1	15	0,31	0,12	0,30	6,25	22,8	300	35	113	16	18	42	110
20 - 30	B ₂			1,1		0,32	0,10	0,25	5,70	30,0	355	35	117	17	16	42	93
30 - 40	B ₂			0,8		0,35	0,11	0,45	6,50	30,0	355	35	115	18	19	41	97
40 - 45	B ₂			0,8		0,23	0,11	0,25	7,00	28,0	390	34	91	18	18	47	19
aus 55	BC _v			0,8		0,35	0,10	0,50	3,35	34,0	865	97	583	21	9	38	885
aus 70	C _v			0,8		0,32	0,09	0,30	2,65	30,0	550	43	150	23	6	42	189

Die volumsgerecht gezogenen Proben wurden sowohl nach Diagnostischen Horizonten, als auch nach vollen dm-Stufen getrennt analysiert, um eine flächenhafte Bilanzierung der Inhaltsstoffe zu ermöglichen. Die Tiefenangaben der Horizonte bei den Analysetabellen entsprechen dem Mittel aus 3 Bohrkernen.

8.5 **BODENANALYSENDATEN (NICHT VOLUMSGERECHTE PROBEN)**

cm	Tiefe	Horizont	pH	g.kg				mg.kg										
				C	N	C:N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Co	Cr	Ni	Pb
<u>Probefläche H 1</u>																		
8 - 6	0 _f		3,46	438	16,4	27	0,66	0,25	3,15	0,85	3,1	120	20	128	5	3	7	123
6 - 0	0 _h		3,41	351	14,4	24	0,91	0,24	2,40	0,85	3,2	55	19	93	8	4	16	111
0 - 2	A		3,18	175	9,1	19	0,66	0,18	0,40	0,60	4,5	55	13	35	3	6	2	87
2 - 6	AE		3,18	72	4,7	15	0,38	0,11	0,40	0,55	8,6	125	12	20	4	4	1	72
6 - 14	E		3,17	21	2,4	9	0,19	0,09	0,15	0,35	4,2	35	7	10	0	2	0	45
14 - 17	B _{1h}		3,64	126	6,3	20	0,87	0,10	0,35	1,50	51,0	320	14	25	4	22	7	153
17 - 30	B _{2hs}		3,93		3,4		0,94	0,11	0,30	4,60	84,0	1015	18	63	13	34	21	26
30 - 45	B _{3s}		4,10	42	1,9	22	0,68	0,16	0,30	7,25	53,0	880	20	77	18	31	29	15
<u>Probefläche H 2</u>																		
0 - 5	A		3,19				1,38	0,25	0,70	0,60	3,7	25	17	81	2	6	6	510
5 - 8	AE		3,08				0,30	0,11	0,15	0,20	2,0	20	6	15	1	6	3	112
8 - 10	B _{1h}		3,48				0,71	0,11	0,15	1,95	31,0	145	16	38	2	18	12	193
10 - 15	B ₂		3,70				0,48	0,11	0,20	6,35	56,0	355	17	75	12	25	29	26
15 - 25	B ₃		3,76				0,44	0,11	0,30	6,70	45,0	355	19	82	20	25	34	15
ab 25	BC		3,87				0,39	0,08	0,40	7,20	46,0	440	20	86	3	24	40	15
<u>Vergleichsproben: Nähe H2</u>																		
15 cm	0 _f + 0 _h		3,12				0,74	0,16	0,85	2,60	18,5	105	16	70	3	10	14	164
12 cm	0 _h + 0 _h		3,34				2,04	0,25	0,45	0,55	11,6	25	17	49	5	7	4	645
10 cm	0 _f + 0 _h		2,94				0,84	0,21	1,25	0,80	5,5	40	10	61	1	8	16	175
8 cm	0 _h + A _h		3,14				1,58	0,26	1,10	0,60	2,5	20	15	75	1	4	11	408

8.5 BODENANALYSENDATEN (NICHT VOLUMSGERECHTE PROBEN)

cm	Tiefe	Horizont	pH	-l g.kg				-l mg.kg										
				C	N	C:N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Co	Cr	Ni	Pb
<u>Probefläche 2</u>																		
10 - 7	0 _f		3,76	407	17,7	23	1,01	0,32	5,00	0,95	1,5	230	34	388	0	8	182	
7 - 0	0 _h		3,06	275	13,9	20	0,81	0,16	0,50	0,60	6,0	40	21	79	1	2	348	
0 - 2	A		3,12	74	3,8	19	0,28	0,07	0,10	0,35	11,6	25	13	27	0	0	238	
2-5/10	E		3,63	24	1,5	16	0,21	0,06	0,20	0,30	17,0	35	13	24	0	0	90	
5/10-15	B _{1h}		3,78	55	2,3	24	0,36	0,06	0,25	0,90	34,0	65	16	31	0	3	108	
15 - 60	B _{2s}		4,14	41	1,5	27	0,42	0,05	0,35	2,05	45,0	120	25	59	3	18	24	
ab 60	B _v		4,50	10	0,4	25	0,63	0,10	0,70	5,50	24,0	240	31	77	12	30	15	
<u>Probefläche 3</u>																		
4 - 0	0 _h		2,94	246	9,9	25	1,05	0,35	1,05	1,45	4,70	55	31	70	1	13	10	223
3 - 10	AE		3,08	83	3,5	24	0,43	0,11	0,15	0,85	12,10	45	17	26	0	9	1	360
10 - 18	E ₂		3,47	22	1,3	17	0,25	0,13	0,15	0,80	11,20	65	10	20	2	8	7	120
18 - 60	B _{2s}		3,86	32	1,5	21	0,68	0,10	0,25	1,85	26,00	395	19	39	5	17	13	98
<u>Probefläche 4</u>																		
10 - 5	0 ₁ + 0 _f		3,25	464	15,0	31	1,02	0,30	1,65	0,75	1,70	130	45	123	1	4	9	151
5 - 0	0 _h		2,86	295	12,6	23	0,72	0,15	0,25	1,95	10,10	90	30	115	4	12	12	268
0 - 7	Ae		3,00	117	7,6	15	0,52	0,15	0,20	3,10	21,60	155	18	75	5	14	17	315
7 - 50	B _s		3,93	22	1,5	15	0,56	0,17	0,25	6,15	25,00	540	30	84	16	20	30	70

8.5 BODENANALYSENDATEN (NICHT VOLUMSGERECHTE PROBEN)

cm	Tiefe	Horizont	pH	-1 g.kg			-1 g.kg			-1 mg.kg								
				C	N	C:N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Co	Cr	Ni	Pb
<u>Probefläche 7</u>																		
	2 - 0	0 _h	3,42	210	11,2	19	1,18	0,19	2,70	4,35	18,80	320	60	128	7	16	26	120
	0 - 3/4	A	3,38	66	3,9	17	0,82	0,16	0,95	7,65	25,00	280	41	120	12	21	36	122
	ab 3/4	B _v	3,72	23	1,8	13	0,69	0,14	0,55	8,45	29,00	510	44	130	17	20	38	133
<u>Probefläche 10</u>																		
	8 - 3	0 _f	4,04	397	21,6	18	1,19	0,29	7,40	1,95	6,1	770	50	163	5	5	16	135
	3 - 0	0 _h	3,34	278	14,1	20	1,14	0,23	1,90	1,90	14,4	120	40	93	7	9	15	139
	0 - 2/5	A	3,54	138	7,3	19	0,90	0,21	1,55	3,35	26,1	205	29	88	14	16	25	200
	ab 2/5	B	3,65	21	1,5	14	0,47	0,16	0,35	6,00	32,0	225	25	95	13	18	28	141

8.6 NÄHRSTOFF- UND SCHWERMETALLGEHALTE DER BODENVEGETATION

(Vorjahrsblätter; ** Vorjahrstriebe)

	<u>g.kg⁻¹</u>				<u>mg.kg⁻¹</u>					
Probefläche 1 a										
<i>Avenella flexuosa</i>	2,0	4,7	1,4	0,6	240	6	240	65	120	
<i>Arnica montana</i>	3,4	11,8	5,0	4,7	305	14	163	260	190	
<i>Luzula luzuloides</i>	2,6	8,8	1,7	1,0	127	18	783	111	85	
<i>Nardus stricta</i>	1,8	4,4	0,8	0,5	121	5	104	38	85	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	2,2	2,4	4,1	1,1	137	12	543	24	145	
<i>Vaccinium vitis-idea*</i>	0,3	0,7	2,5	0,4	24	1	181	17	40	
<i>Vaccinium uliginosum</i>	3,0	2,7	3,2	0,8	80	9	229	64	80	
<i>Cetraria islandica</i>	0,5	1,0	0,8	0,2	360	3	42	46	65	
Probefläche 5										
<i>Avenella flexuosa</i>	2,4	9,0	1,0	0,6	113	5	511	53	410	
<i>Blechnum spicant</i>	2,6	8,4	2,8	3,1	111	20	80	72	135	
<i>Dicranum spec.</i>	2,0	1,6	3,0	0,8	824	24	497	104	765	
<i>Hylocomium splendens**</i>	2,2	1,1	2,6	0,6	870	22	467	87	790	
<i>Sphagnum spec.</i>	1,3	1,5	4,0	0,6	497	19	421	97	490	
<i>Vaccinium vitis-idea</i>	1,6	2,0	3,9	0,8	73	8	662	30	130	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	1,6	4,1	5,6	1,0	139	8	891	19	195	
Probefläche 9										
<i>Dryopteris filix-mas</i>	2,4	6,0	4,7	2,5	190	9	201	63	260	
<i>Hieracium sylvaticum</i>	2,8	14,8	7,8	3,1	287	10	408	86	330	
<i>Luzula luzuloides</i>	2,1	9,9	2,5	1,1	184	11	387	130	135	
<i>Oxalis acetosella</i>	2,4	7,2	9,1	2,0	757	9	840	68	435	
<i>Polypodium vulgare</i>	4,0	7,1	1,8	1,3	113	10	154	56	110	
<i>Prenanthes purpurea</i>	2,2	11,3	8,2	5,3	148	12	390	170	120	
<i>Solidago virgaurea</i>	2,4	11,8	8,8	3,3	176	14	600	99	130	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	1,5	5,2	6,2	1,3	183	10	1006	35	350	

