

Ökosystemare Studien im Kalkalpin

Erste Ergebnisse aus dem Projekt „Höhenprofile Achenkirch“

FDK 425.1: 111.781 — 015.3: (436)

Herausgegeben

von der

Forstlichen Bundesversuchsanstalt

in Wien

Kommissionsverlag: Österreichischer Agrarverlag, 1141 Wien



Copyright by

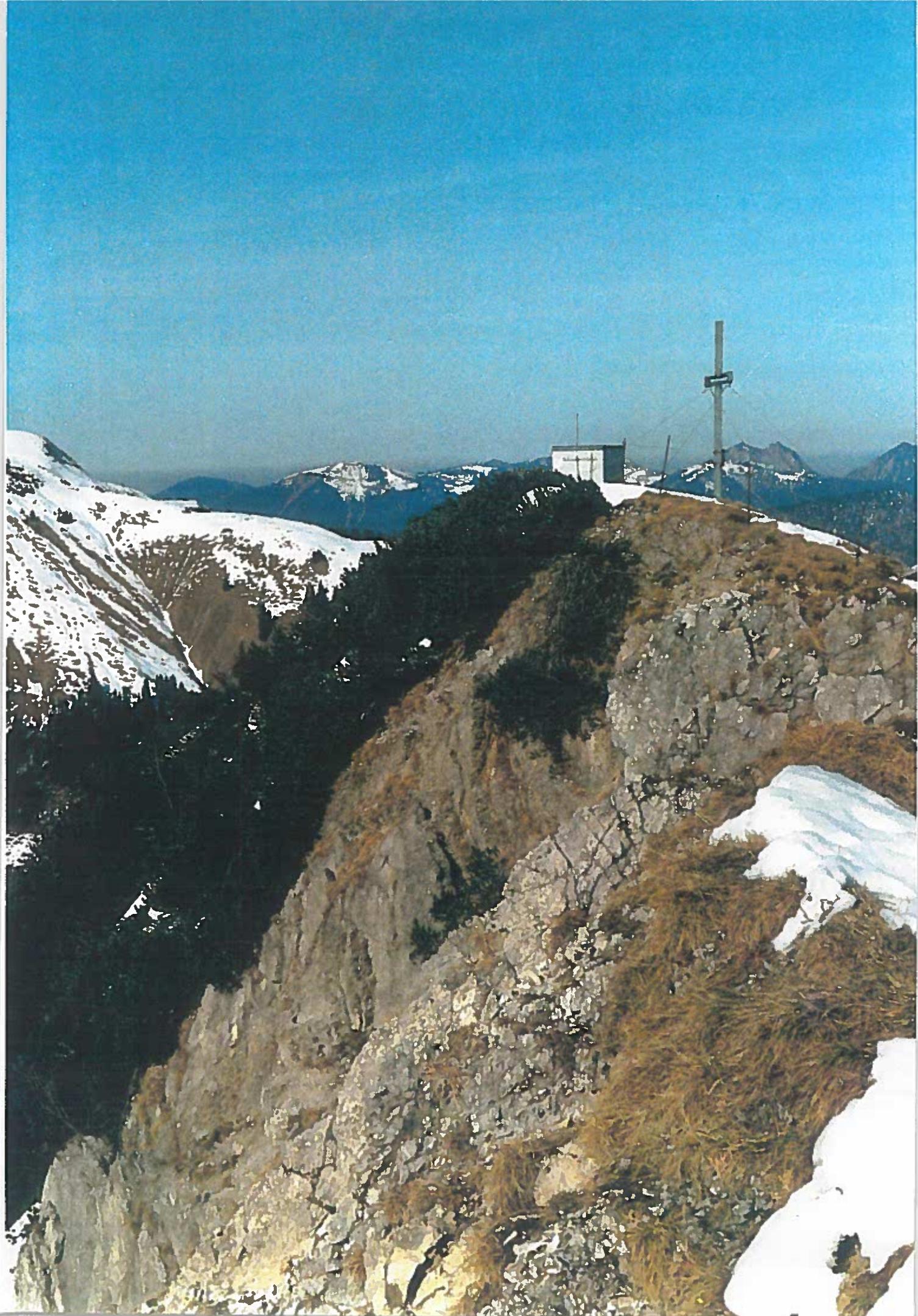
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 Wien

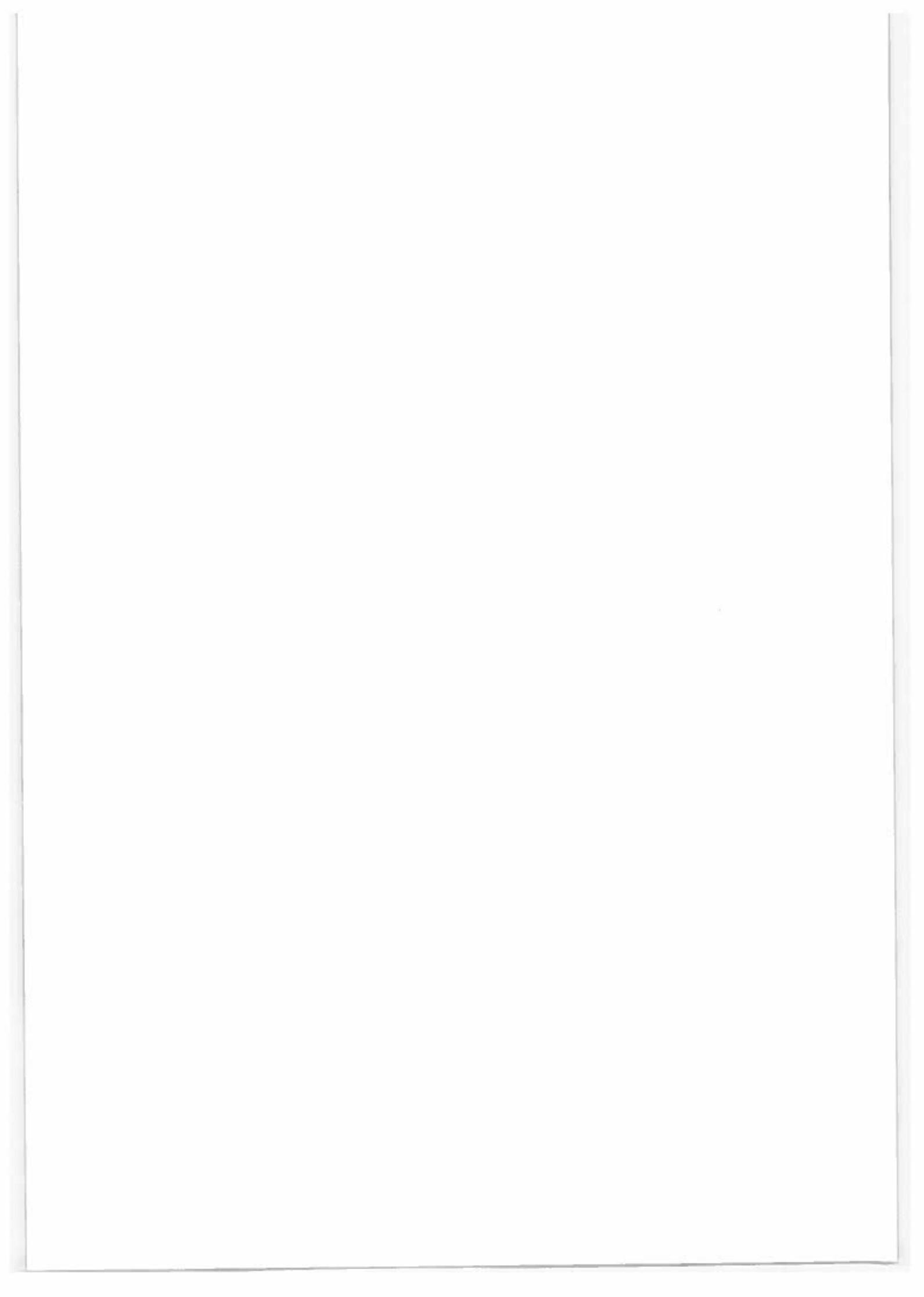
Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Printed in Austria

Herstellung und Druck

Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 Wien



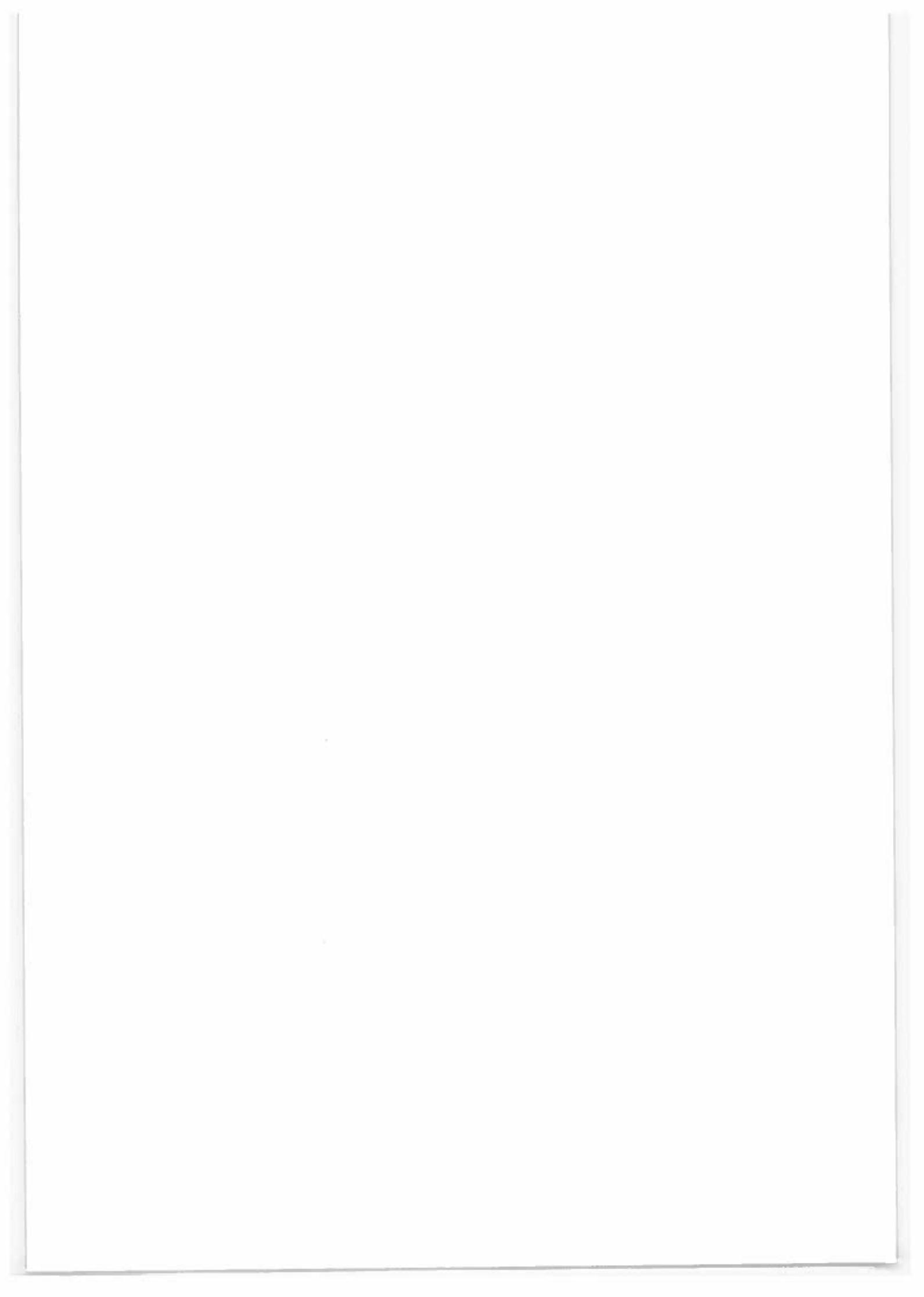


INHALT

HERMAN F:	
Höhenprofile Achenkirch – Ökosystemare Studien im Kalkalpin.....	5
ENGLISCH M.:	
Standörtliche Grundlagen im Bereich der Höhenprofile Achenkirch.....	13
KREHAN H., TOMICZEK C.:	
Forstliche Beschreibung der Probeflächen und Kronenzustände der Probebäume an den Höhenprofilen Achenkirch.....	19
SMIDT S., LEITNER J.:	
Luftschadstoffmessungen im Bereich der Höhenprofile Achenkirch.....	25
SMIDT S.:	
Analysen nasser Depositionen im Bereich der Höhenprofile Achenkirch.....	77
HERMAN F.:	
Nährstoffgehalte von Fichtennadeln sowie Schadstoffgehalte in Fichtennadel- und -borkenproben des Untersuchungsgebietes Achenkirch.....	83
HOFMANN P.:	
Immissionsökologisch orientierte Flechtenkartierung im Raum Achenkirch.....	91

CONTENTS

HERMAN F.:	
Altitude Profiles Achenkirch – Forest ecosystem research in an alpine limestone area.....	5
ENGLISCH M.:	
Site conditions of the Altitude Profiles Achenkirch.....	13
KREHAN H., TOMICZEK C.:	
Description of forest conditions of the sample plots and sample trees at the Altitude Profiles Achenkirch.....	19
SMIDT S., LEITNER J.:	
Air pollution measurements at the Altitude Profiles Achenkirch.....	25
SMIDT S.:	
Measurements of wet depositions at the Altitude Profiles Achenkirch.....	77
HERMAN F.:	
Nutrient contents in the needles of Norway spruce and pollutant contents in the needles and barks of Norway spruce in the investigation area of Achenkirch.....	83
HOFMANN P.:	
Pollutant-related mapping of lichens in the region of Achenkirch.....	91



Höhenprofile Achenkirch Ökosystemare Studien im Kalkalpin

F. Herman

Institut für Immissionsforschung und Forstchemie
Forstliche Bundesversuchsanstalt

Key words: Forest ecosystem research program, New Forest
Decline, interdisciplinary project, altitude profile, alpine limestone area

Abstract

Altitude Profiles Achenkirch – Forest ecosystem research in an alpine limestone area: The interdisciplinary project "Altitude Profiles Achenkirch" of the Federal Forest Research Station succeeds the project "Altitude Profile Zillertal". It was started in 1990 with the aim to continue the ecosystem investigations in an alpine limestone area. Through the inclusion of various scientific institutions and on the basis of an interdisciplinary evaluation of the research results it should be possible to make a substantial contribution to the rehabilitation of protected forests, to problems regarding afforestations in alpine uplands and to the questions concerning forest ecosystems.

Furthermore, based on the knowledge about anthropogenic background concentrations as well as indicators describing the stress situation of the forest ecosystem, the foundation for appropriate governing legislation should be established.

1 EINLEITUNG

Die Waldschadensforschung in Mitteleuropa war im Laufe der letzten Jahre einem Wandel unterworfen. Man erkannte, daß Reaktionen des Ökosystems Wald als Folge komplexer Einwirkungen zu verstehen sind. Daraus ergab sich vielfach die Notwendigkeit, Forschungsansätze neu zu definieren und experimentelle Versuchsansätze auf breiter Basis anzulegen, um den Ursachenkomplex "neuartige Waldschäden" so umfassend wie möglich zu bearbeiten und Zusammenhänge zwischen (potentiell) schädigenden Einflußfaktoren besser erfassen zu können.

Das interdisziplinäre Projekt "Höhenprofile Achenkirch" der Forstlichen Bundesversuchsanstalt ist das Folgeprojekt des "Höhenprofil Zillertal", das 1991 abgeschlossen wurde (FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT 1992). Das Projekt "Höhenprofile Achenkirch" wurde 1990 mit dem Ziel begonnen, die ökosystemaren Untersuchungen im kalkalpinen Raum fortzusetzen und auf der Basis der vorliegenden Erkenntnisse weitere Aspekte in die Untersuchungen einzubeziehen. Vordringlich soll der Untersuchungs-

raum und der "Ist-Zustand" der Phyllo- und Rhizosphäre eingehend charakterisiert werden, um aufbauend auf diesen Erkenntnissen und durch einen modifizierten und erweiterten Forschungsansatz Beiträge zur Schutzwaldsanierung sowie zu Fragen der Hochlagenaufforstungen und zur Dynamik von Waldökosystemen erarbeiten zu können. Weiters sollen auf der Basis der Schadstoffbelastungen und der Kenntnis von Zeigerwerten zur Charakterisierung der Streßbelastung Grundlagen für legislative Maßnahmen geschaffen werden.

Aus dem Untersuchungsraum liegen bereits zahlreiche Untersuchungen vor (vgl. Literaturzitate im Anhang): So wurden z.B. zu Beginn der 80er Jahre Nadel- und Borkenanalysen sowie Freilanddepositions- und Ozonmessungen durchgeführt; umfangreiche Studien vor allem mit dem Schwerpunkt Wildbiologie wurden im Rahmen des Projektes des Fonds für forstliche Umweltstudien ("FUST-Projekt") vorgenommen; auch die Auswirkung der Ausbringung von Klärschlämmen auf die Belastung des Bodens und der Vegetation wurde untersucht, weiters

liegen Boden- und Bodenvegetationsuntersuchungen vor. Schließlich befinden sich drei Punkte des österreichischen Bioindikatornetzes (BIN; 1983-1991) und ein Punkt des Waldschadenbeobachtungssystems (WBS; 1989-1991) im Nahbereich des Untersuchungsgebietes.

Das Schema des Forschungsansatzes ist aus Abbildung 1 zu ersehen, das Untersuchungsgebiet mit Meßstationen und Probeflächen aus Abbildung 2 und die Thematik der Untersuchungsschwerpunkte aus dem folgenden Textteil.

Abb.1: Forschungsansatz

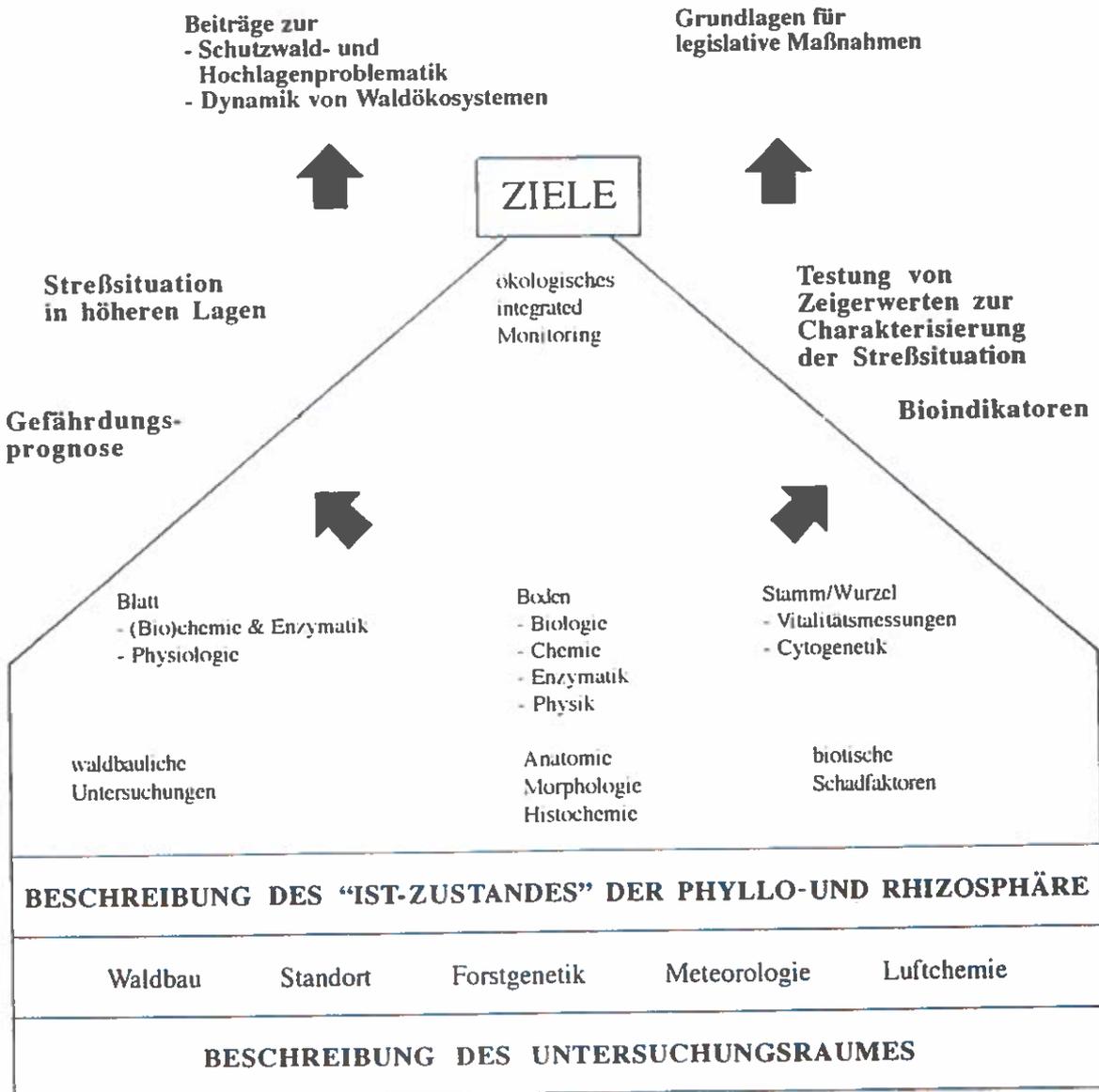
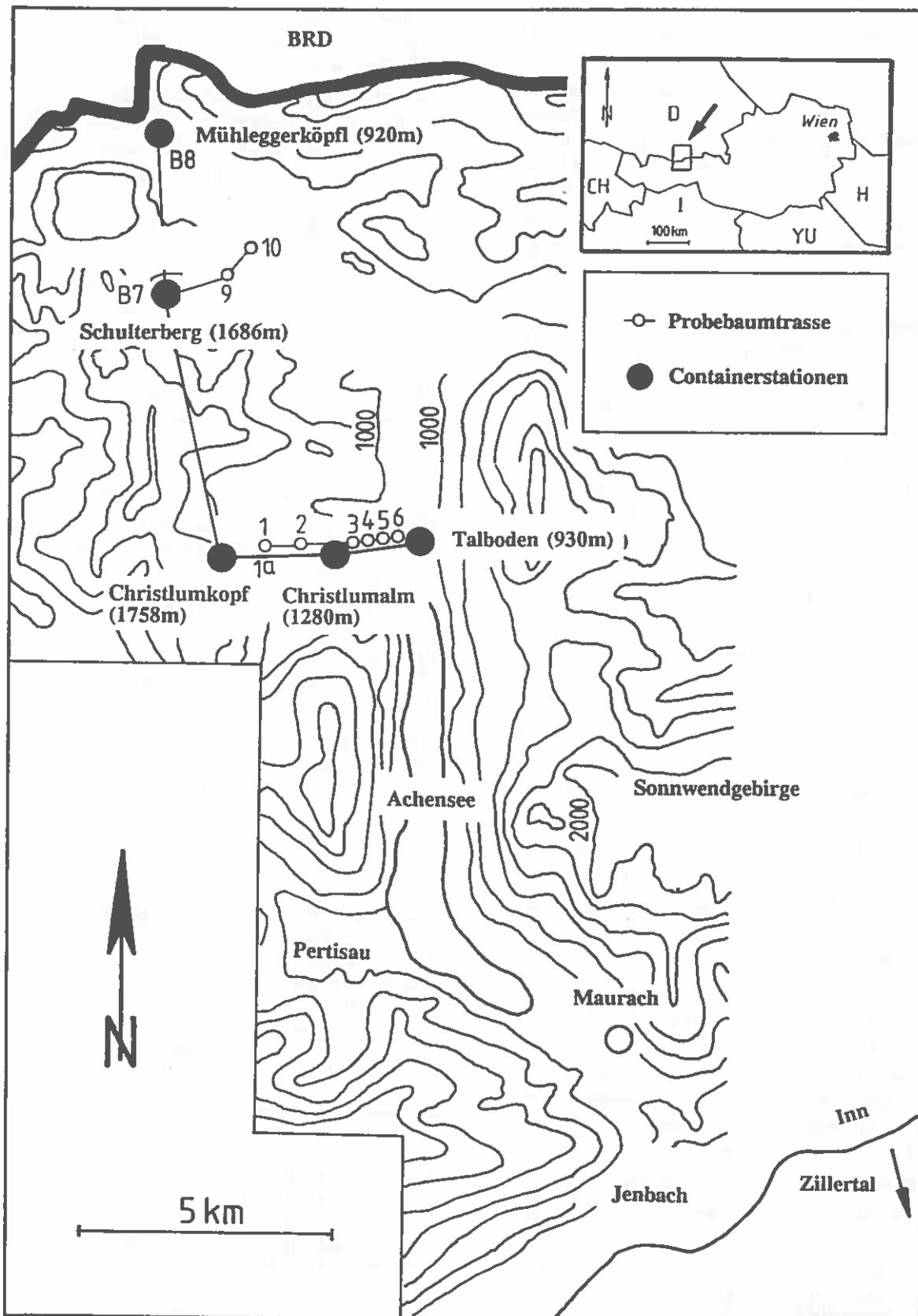


Abb.2: Untersuchungsgebiet, Meßstationen und Probeflächen



2 UNTERSUCHUNGSSCHWERPUNKTE

(Die in den Klammern angegebenen Nummern geben die weiter unten angeführten Institutionen an, die mit der Bearbeitung der Projekte betraut sind.)

- Charakterisierung der Waldgesellschaften (1a, 1d),
- Beschreibung der standörtlichen Gegebenheiten: Wuchsgebiet, Bodentypen, Bodenchemie, Bodenvegetation, Bodenwasserchemismus, atmosphärische Wasserbilanz, Klimafaktoren (1a, 1c, 1g, 2),
- Beschreibung der Schadstoffsituation (Schadstoffgehalte im Boden, in der Luft, in nassen Freilanddepositionen, in Fichtennadeln und -borken) sowie der Ernährungssituation (Nährstoffgehalte im Boden und in Fichtennadeln) in Abhängigkeit von der Seehöhe (1c, 1f, 8b),
- Dokumentation der Veränderung der Schadstoffbelastung und der Ernährungssituation während des Untersuchungszeitraumes (1f),
- Untersuchungen zum Themenkomplex Schadstoffimporte aus dem bayerischen Raum und aus dem Inntal (1f, 7),
- Beschreibung der Charakteristik der horizontalen und vertikalen Schadstoffausbreitung (1e, 1f, 7),
- Untersuchung biotischer Schadfaktoren: phytopathologische und entomologische Untersuchungen, Wurzeluntersuchungen (1d),
- Blüh- und Fruktifikationsuntersuchungen (1a),
- Typisierung der forstgenetischen Strukturen (1b, 1f),
- immissionsökologisch orientierte, flächendeckende Kartierung der Flechtenflora (10),
- Erfassung der atmosphärischen Deposition von Schwermetallen mittels Moosen (8a, 9),
- Bestandeseintragsmessungen und Monitoring des Bodenwasserchemismus (2),
- Bestimmung der aktuellen und potentiellen Nitrifikation (2),
- pflanzenphysiologisch-biochemische, raster-elektronenmikroskopische und cytogenetische Untersuchungen zur Beschreibung der Vitalität der Bäume und zur Streßfrüherkennung (4),
- Photosyntheseaktivitätsmessungen (11),
- Identifizierung der Membranproteine in Fichtennadeln (11),
- Bildung von Hydroperoxiden in Pflanzenorganen während Ozonepisoden (3a),
- Messungen der aktuellen Chlorophyllfluoreszenz (11),
- Bestimmung der Lipidmuster in Fichtennadeln (3b),
- Untersuchung von Entgiftungsenzymen für organische Schadstoffe in Fichtennadeln (12),
- Bestimmung von leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen und Trichloressigsäure in Fichtennadeln (13),
- morphologische, anatomische und histochemische Untersuchungen an Fichtennadeln (3b),
- Versuche zur Aufforstungsproblematik der Schutzwälder und der subalpinen Aufforstungszone unter Berücksichtigung der Waldweide und der Schadstoffproblematik (1g, 5, 6),
- Erarbeitung eines Instrumentariums zur Schutzwaldsanierung mit Hilfe mikrobiologischer Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung von Schadstoffeinträgen (1g, 5),
- Erfassung und Dokumentation der Bodenvegetation nach Ausschaltung der Waldweide unter besonderer Berücksichtigung der Wurzelentwicklung, der Naturverjüngung von Fichte sowie der Wurzelkonkurrenz (6),
- Ermittlung von Pilzarten mit hohem Zeigerwert zur Bioindikation ökosystemarer Belastungen (5),
- qualitative und quantitative Erfassung der Mykozönose, Untersuchung der Veränderungen der Pilzgesellschaften durch den Eintrag von Schadstoffen bzw. durch die Waldweide (1g, 5, 6),
- Identifizierung und Quantifizierung von Mykorrhizapilzen an Hand spezifischer PCR-amplifizierter DNA-Sequenzen (3c).

Am Projekt beteiligte Institutionen:

Forstliche Bundesversuchsanstalt (1):

- Institut für Waldbau (1a)
- Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik (1b)
- Institut für Standortkunde (1c)
- Institut für Forstschutz (1d)
- Institut für Wissenschaftliche Dienste (1e)
- Institut für Immissionsforschung und Forstchemie (1f)
- Außenstelle für subalpine Waldforschung (1g)

Universität für Bodenkultur:

- Institut für Forstökologie (2)

Technische Universität Wien (3):

- Institut für Analytische Chemie (3a)
- Institut für Angewandte Botanik, Technische Mikroskopie und organische Rohstofflehre (3b)
- Institut für Biochemische Technologie und Mikrobiologie (3c)

Universität Graz:

- Institut für Pflanzenphysiologie (4)

Universität Innsbruck:

Institut für Mikrobiologie (5)

Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft (6)**Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (7)****Umweltbundesamt (8):**

Abteilung für Ökologie (8a)

Abteilung für Lufthygiene (8b)

Forschungszentrum Seibersdorf (9)**Magister P. Hofmann (10)****GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, München/Neuherberg (11)****Fraunhofer-Institut Garmisch-Partenkirchen (12)****Technische Universität Berlin:**

Institut für Landschaftsbau (13)

3 UNTERSUCHUNGSGEBIET

Die Lage des Untersuchungsgebietes ist aus Abbildung 2 zu ersehen. Das *Christlum-Profil* (Ost-West-Profil) erstreckt sich vom Talboden (930m Seehöhe) bis zum Christlumkopf (1758m) und schließt die seit 1983 jährlich beprobte Probestaumtrasse (Probeflächen 1-6) ein. Das *Schulterberg-Profil* umfaßt die Flächen in 1686m (Probefläche B7), 1220m (Probefläche 9) und 1030m (Probefläche 10). Das *Nord-Süd-Profil* wird durch die Meßstellen Mühleggerköpfl (920m, Probefläche B8), Schulterberg (1686m, Probefläche B7) und Christlumkopf (1758m) gebildet.

Das Untersuchungsgebiet wurde hinsichtlich geologischer Verhältnisse, standörtlicher Grundlagen, Morphologie der Böden und Waldgesellschaften von ENGLISCH (1992) detailliert beschrieben.

Der derzeitige Geräteausbau und Beprobungsrahmen ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Geräteausbau und Probeflächen

Meßstellen, Probeflächen	Seehöhe	NO _x	SO ₂	O ₃	NO _x /O ₃ Kerzen	Met.	nasse Depo- sitionen	Nadelprobe- entnahme
Christlum-Profil (Ost-West-Profil)								
Christlumkopf	1758m	+	-	+	+	+	B	-
PF 1	1420m	-	-	-	+	-	-	+
PF 1a	1400m	-	-	-	-	-	T	+
PF 2	1320m	-	-	-	+	-	-	+
Christlumalm	1280m	+	-	+	+	+	B/W	-
PF 3	1240m	-	-	-	+	-	-	+
PF 4	1140m	-	-	-	+	-	-	+
PF 5	1050m	-	-	-	+	-	T	+
PF 6	970m	-	-	-	+	-	-	+
Talboden	930m	+	+	+	+	+	B	-
Schulterberg-Profil								
Schulterberg (PF B7)	1686m	-	-	+	+	+	-	+
PF 9	1220m	-	-	-	-	-	-	+
PF 10	1030m	-	-	-	-	-	-	+
Nord-Süd-Profil								
Christlumkopf	1758m	+	-	+	+	+	B	-
Schulterberg (PF B7)	1686m	-	-	+	+	+	-	+
Mühleggerköpfl (PF B8)	920m	+	-	+	+	+	W	+

B Bulk-Sammler

Met. meteorologische Messungen

T Traufmessungen

W WADOS-Sammler

Zusammenfassung

Das interdisziplinäre Projekt "Höhenprofile Achenkirch" der Forstlichen Bundesversuchsanstalt ist das Folgeprojekt des "Höhenprofil Zillertal". Es wurde 1990 mit dem Ziel begonnen, die ökosystemaren Untersuchungen im kalkalpinen Raum fortzusetzen. Durch den vernetzten Forschungsansatz und die interdisziplinäre Auswertung der Ergebnisse soll ein Beitrag zur Schutzwaldsanierung, zu Fragen der Hochlagenaufforstung und Dynamik von Waldökosystemen erarbeitet werden. Weiters sollen auf der Basis der Schadstoffbelastungen und der Kenntnis von Zeigerwerten zur Charakterisierung der Streßbelastung Grundlagen für legislative Maßnahmen gesetzt werden.

LITERATUR

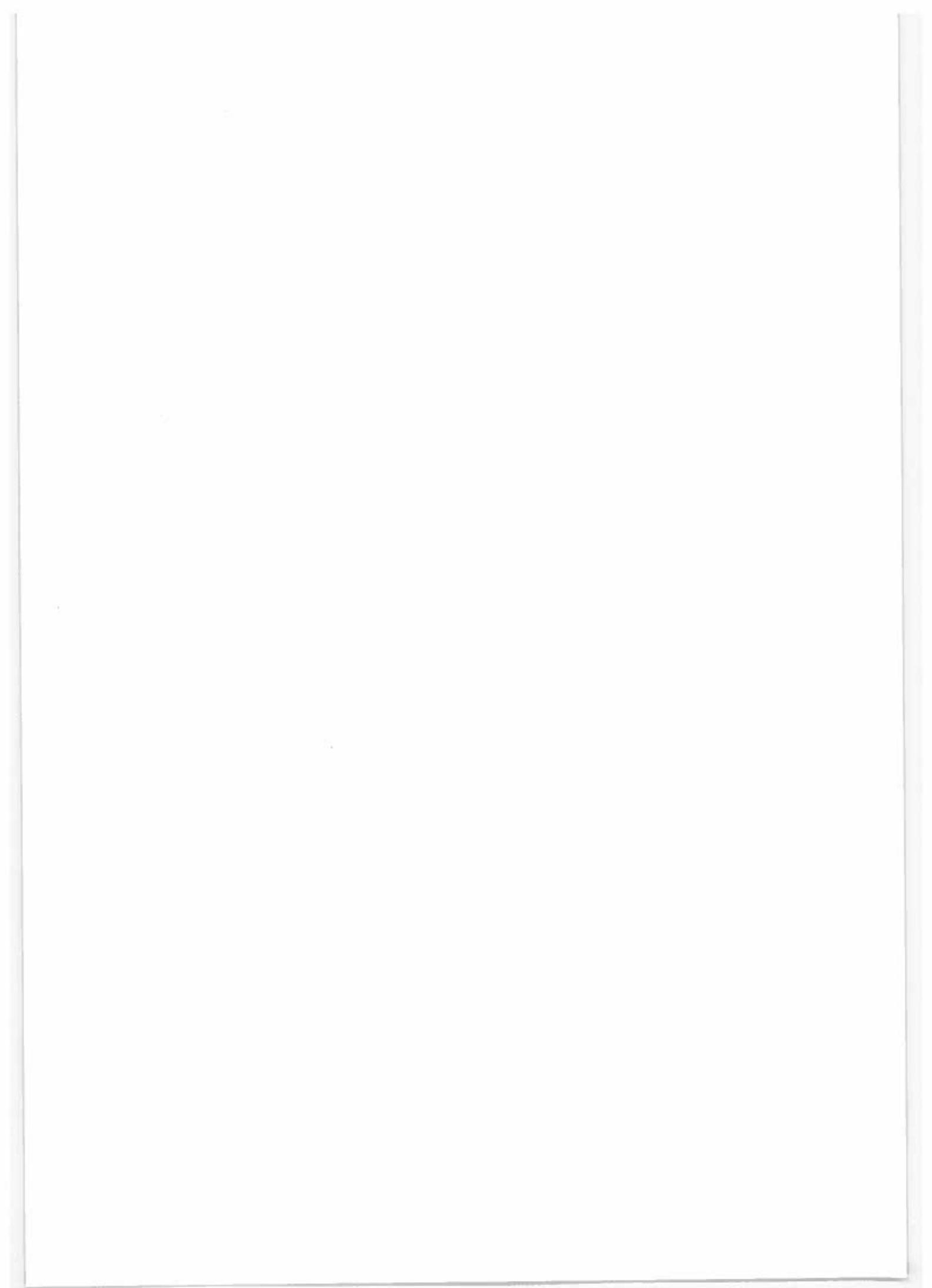
- ENGLISCH M. 1992. Standörtliche Grundlagen im Bereich der Höhenprofile Achenkirch.- FBVA-Berichte, dieser Band.
 FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT 1992. Ökosystemare Studien in einem inneralpinen Tal.- FBVA-Berichte Nr. 67.

ANHANG

Publikationen über Untersuchungen aus dem Raum Achenkirch

- AICHINGER H. & BAUMANN R. 1985. Schadstoffimmissionen an österreichischen Hintergrundstationen.- 10 Jahre NÖ. Umweltschutzanstalt 1975-1985, Maria Enzersdorf am Gebirge / Südstadt, 84-86.
 AICHINGER H. 1986. Schadstoffimmission an österreichischen Hintergrundmeßstationen.- Schriftenreihe Luftgüteuntersuchung (Amt der Salzburger Landesregierung, Abt. 16), Band 12: Workshop "Saure Depositionen", Salzburg 16.-17.9. 1985, 17-22.
 AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1986-1992. Zustand der Tiroler Wälder, Berichte an den Tiroler Landtag für die Jahre 1985-1991.
 AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1985. Immissionsmessungen "Nasser Niederschlag" in Tirol (Untersuchungszeitraum Oktober 1983 bis September 1984), H. PUXBAUM, M. PIMMINGER & A. KOVAR (Inst. f. Analyt. Chemie, Techn. Univ. Wien); I. PACK & A. WEBER (Landesforstdirektion Tirol).- Bericht 3F/85 der Abt. f. Umweltanalytik.
 AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1985. Immissionsmessungen "Nasser Niederschlag" in Tirol (Untersuchungszeitraum Oktober 1984 bis September 1985), A. KOVAR & H. PUXBAUM (Inst. f. Analyt. Chemie, Techn. Univ. Wien); I. PACK & A. WEBER (Landesforstdirektion Tirol).- Bericht 3F/86 der Abt. f. Umweltanalytik.
 AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, ABTEILUNG FÜR UMWELTANALYTIK (Institut für Analytische Chemie der TU Wien) 1987. Immissionsmessungen "Nasse Deposition" im Bundesland Tirol, Untersuchungszeitraum Oktober 85 - September 86 (Bericht 15/87), A. KOVAR, H. PUXBAUM, G. MIRTH, I. PACK & A. WEBER.
 AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, ABTEILUNG FÜR UMWELTANALYTIK (Institut für Analytische Chemie der TU Wien) 1987. Immissionsmessungen "Nasse Deposition" im Bundesland Tirol, Untersuchungszeitraum Oktober 86 - März 87 (Bericht 17/87), G. MIRTH, A. KOVAR, H. PUXBAUM, I. PACK & A. WEBER.
 AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, ABTEILUNG FÜR UMWELTANALYTIK (Institut für Analytische Chemie der TU Wien) 1990. Immissionsmessungen "Nasse Deposition" im Bundesland Tirol, Untersuchungszeitraum Oktober 88 - September 89, A. KOVAR, H. PUXBAUM, M. KALINA, I. PACK & A. WEBER.
 AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, ABTEILUNG FÜR UMWELTANALYTIK (Institut für Analytische Chemie der TU Wien) 1989. Immissionsmessungen "Nasse Deposition" im Bundesland Tirol, Untersuchungszeitraum Oktober 87 - September 88 (Bericht 1/89), A. KOVAR, H. PUXBAUM, I. PACK & A. WEBER.
 ANONYM (1983). Das FUST-Projekt in Achenkirch - Kurzbericht über die Arbeiten 1970-1983 (unveröffentlicht), mit Publikationsliste (51 Zitate).
 DONAUBAUER E. & ABBAS-ESMAILI S. 1986. Fallstudie zur Wassergüte im Raum Achenkirch.- Beiträge zur Umweltgestaltung, Berlin, Nr. A110/1, 261-274.
 GLATTES F. & TOMICZEK C. 1984. Klärschlammausbringung - eine mögliche Ursache für erhöhte Schwermetallgehalte forstlicher Ökosysteme sowie freilebender Tiere.- Allg. Forstztg., Informationsdienst, 224. Folge.
 GLATTES F. 1986. Schwermetall- und Ozongehalte in Waldökosystemen.- Alpine Umweltprobleme, Facharbeitstagung Achenkirch "Der Wald als Lebensraum", 77-87, Erich Schmidt Verlag.
 HERMAN F. 1991. Schwermetallgehalte von Fichtenborken als Indikator für anthropogene Luftverunreinigungen.- VDI-Berichte 901, 375-389.
 MEISTER I. 1992. Vergleich der Schwermetallkonzentrationen in Flechten und in Organen von Wildtieren im selben Biotop.- Diplomarbeit Veterinärmed. Univ.
 ONDERSCHEKA K., TATARUCH F. & STEINECK T. 1991. Überprüfung des Ernährungsstoffwechsels des Rot-, Reh- und Gamswildes im Lebensraum Achenkirch einschließlich der Belastung dieser Tiere mit Umweltschadstoffen.- Veterinärmedizinische Universität, Abschlußbericht an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.
 SMIDT S. 1982. Untersuchungen über das Auftreten von Ozon, seine kombinierte Wirkung mit SO₂ auf Fichte und das Vorkommen von sauren Niederschlägen in Österreich.- Dissertation Universität für Bodenkultur Wien.
 SMIDT S. 1983a. Untersuchungen über das Auftreten von sauren Niederschlägen in österreichischen Waldgebieten.- Allg. Forstztg., 94. Jg. (1), Informationsdienst, 216. Folge.

- SMIDT S. 1983b. Untersuchungen über das Auftreten von sauren Niederschlägen in Österreich.- Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. 150.
- SMIDT S. 1984a. Analysen von Niederschlagsproben aus Waldgebieten Österreichs.- Allg. Forstztg., 95. Jg. (1) Informationsdienst 221. Folge, 13-15.
- SMIDT S. 1984b. Analysen von Niederschlagsproben aus Waldgebieten Österreichs.- Allg. Forstztg., 95. Jg. (12) Informationsdienst 227. Folge.
- SMIDT S. 1985. Schadstoffeintrag durch nasse Deposition in verschiedenen Höhenlagen.- FÜHRER (Hrsg.): Forschungsinitiative gegen das Waldsterben, Bericht 1985, 120-129.
- SMIDT S. 1986a. Bulk-Messungen an drei Höhenprofilen.- Schriftenreihe Luftgüteuntersuchung (Amt der Salzburger Landesregierung, Abt. 16), Band 12: "Workshop "Saure Depositionen", Salzburg 16.-17.9. 1985, 195-214.
- SMIDT S. 1986b. Depositionsmessungen in verschiedenen Höhenlagen.- Beiträge zur Umweltgestaltung, Heft A 98: Alpine Umweltprobleme, Facharbeitstagung Achenkirch "Der Wald als Lebensraum", 88-97, Erich Schmidt Verlag.
- SMIDT S. 1986c. Niederschlagsmessungen in Tirol.- Tiroler Forstdienst, 29 (3), 9-10.
- SMIDT S. 1986d. Bulk-Niederschlagsmessungen in Waldgebieten Österreichs, Ergebnisse 1984 und 1985. - Allg. Forstztg., 97. Jg., 236. Folge, 339-341.
- SMIDT S. 1986e. Bulkmessungen in Waldgebieten Österreichs.- FBVA-Berichte Nr. 13.
- SMIDT S. 1988a. Messungen der nassen Deposition in Österreich.- FBVA-Berichte Nr. 27.
- SMIDT S. 1988b. Luftschadstoffmonitoring in österreichischen Waldgebieten.- Forschungsinitiative gegen das Waldsterben, Symposium 27./28.10.1988, Univ. f. Bodenkultur, Tagungsband 39-59.
- SMIDT S. 1989. Messungen der nassen Depositionen und der Ozonkonzentrationen im Raum Achenkirch.- Alpine Umweltprobleme 110/1, 277-296.
- SMIDT S. 1991. Immissionsmessung nasse Depositionen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt.- FBVA-Berichte Nr. 50.
- STAGL W.G. & HACKER R. 1991. Weiden als Proßhölzer zur Äsungsverbesserung.- FBVA-Berichte Nr. 58.
- STEFAN K. 1983. Schadstoffbelastung von Schnee - Ergebnisse der bundesweiten Stichprobenuntersuchungen 1983.- Forstliche Bundesversuchsanstalt, Interner Bericht.
- WEBER A., I. PACK & H. GASSEBNER 1985. Nasse Deposition und Waldzustand in Tirol.- Tiroler Forstdienst 28. Jg., Dezember, 2-3.
- WEBER D., I. PACK & H. GASSEBNER 1986. Nasse Deposition und Waldzustand in Tirol.- Schriftenreihe Luftgüteuntersuchung (Amt der Salzburger Landesregierung, Abt. 16), Band 12: „Workshop“ Saure Depositionen", Salzburg 16.-17.9. 1985, 229-232.
- Schriftenreihe Alpine Umweltprobleme, Beiträge zur Umweltgestaltung, Erich Schmidt Verlag:
- Alpen - Umwelt ohne Zukunft - Entwicklung und Zwischenergebnisse des Forschungsprojektes Achenkirch, Band A37
 - Ergebnisse des Forschungsprojektes Achenkirch, Teil I-IV, Band A62 (1977)
 - Ergebnisse des Forschungsprojektes Achenkirch, Teil V und VI, Band A67 (1978),
 - Ergebnisse des Forschungsprojektes Achenkirch, Band A78,
 - Facharbeitstagung Achenkirch "Der Wald als Lebensraum", Band A98 (1986)
 - Ergebnisse des Forschungsprojektes Achenkirch, Teil XXIX, Band 110/1 (1989).



Standörtliche Grundlagen im Bereich der Höhenprofile Achenkirch

M. Englisch

Institut für Standortkunde
Forstliche Bundesversuchsanstalt

Key words: Forest community, Northern Limestone Alps, forest history, forest soils

Abstract

Site conditions of the Altitude Profiles Achenkirch: The profiles are situated west of Achenal, a valley which connects the Inn Valley with South Bavaria. It is situated in the Northern Limestone Alps. The predominant soil types are Rendzina and Terra fusca, developed from dolomite and various forms of limestone. The tree line lies at an altitude of about 1700m a.s.l., but is widely depressed due to anthropogenic impact and edaphic factors. The utilization of forest, which started in the Middle Ages, caused changes in the tree combination within the predominant *Abieti-Fagetum*. Further impacts are caused by tourism (especially skiing) and cattle grazing in the forest.

1 Lage

Das Untersuchungsgebiet Achenkirch weist einen Nord-Süd-Ast vom Mühleggerköpfl zum Christlumkopf (1758m), einen Ost-West-Ast vom Christlumkopf nach Achenkirch sowie Probeflächen im Bereich des Schulterberges auf. Es ist nordwestlich des von einem würmeiszeitlichen Gletscher gebildeten Achensees (930m) gelegen, wird im Norden durch die Staatsgrenze, im Osten durch das Achenal, im Süden durch das Ober-Aubachtal und im Westen durch den Höhenzug Schreckenspitze- Kafell- Juifen- Halskopf begrenzt. Das Achenal, ein nördliches Seitental des Inn, bildet die Grenze zwischen dem Rofan und dem Karwendel und verbindet über den 940m hoch gelegenen Achenpaß die Stadt Jenbach mit dem Gebiet um den Tegernsee in Südbayern. Das Achenal ist etwa 300m über dem Niveau des Inntals (bei Jenbach zirka 550m) gelegen. Die höchsten Erhebungen des Untersuchungsgebiets erreichen knapp 2000m (Juifen, 1988m), die höchstgelegenen Untersuchungsflächen liegen am Christlumkopf.

2 Siedlungs- und Waldgeschichte

Das Achenal wurde, wie die meisten ostalpinen Seitentäler, erst mit dem Abschluß der bajuvarischen Landnahme im 11. - 12. Jahrhundert aufgeschlossen und dauerhaft besiedelt. Erste

Siedlungen sind im Jahr 1112 urkundlich belegt (RUF 1865). Sie gingen vom Kloster St. Georgenberg, welches das gesamte Achenal bis zur bayrischen Grenze besaß, aus. Im Vordergrund der wirtschaftlichen Nutzung standen die Jagd, die Befischung des Achensees, Einnahmen aus dem Zoll und – verstärkt ab dem 15. Jahrhundert – die Forstwirtschaft, letztere vor allem zur Belieferung der Saline Hall und des Schwazer Silberbergbaus mit Brenn- und Grubenholz. Schriftlich belegte Streitigkeiten um Schlägerungsrechte bzw. die 1541 bzw. 1685 erlassenen Waldverordnungen deuten darauf hin, daß der zur Brennholzgewinnung durchgeführte Kahlhieb die Holzressourcen lokal stark verknappte. Nichtsdestoweniger war die Brennholzgewinnung, speziell für die Saline, bis ins 19. Jahrhundert der wesentlichste Wirtschaftsfaktor.

Nach MAYER (1963) wurden in den standörtlich vergleichbaren Chiemgauer Alpen bereits im 13. Jahrhundert Almen eingerichtet. Die größte Ausdehnung wurde im 16. Jahrhundert erreicht, danach setzte, speziell nach 1850, ein starker Rückgang ein. Die heutige Verteilung zwischen Wald-, Alm- und landwirtschaftlichen Flächen entspricht im allgemeinen der des 15. Jahrhunderts.

Die Siedlungsgrenze im Achenal liegt mit etwa 900m sehr niedrig. Die Hänge sind, obwohl teilweise dazu geeignet, nicht besiedelt. Die stei-

lere Ostumrandung des Achantals wird nur forstlich genutzt. An der Westumrandung schließen an die 600-800m hohe Waldstufe die auf kleinen Plateaus (Schulterberg-Hochleger) bzw. in den Talschlüssen (Große Zemm-alm, Gröben Alm) gelegenen Almen an. Eine Ausnahme bildet die weniger steile Christlum mit einer eng verzahnten Alm- und Waldzone.

Mehrmals wird von Bränden bzw. Lawinen, die größere Waldflächen vernichteten, berichtet (RUF 1865). Der bedeutendste Brand war jener von 1705, der – soweit feststellbar – vom Seekar-spitz bis zur bayrischen Grenze reichte und somit das gesamte Untersuchungsgebiet umfaßte.

1849 wurden die Wälder des Klosters St. Georgenberg (nach der Verlegung ins Inntal nunmehr Kloster Fiecht) an das k. u. k. Ärar verkauft und die Jagd verpachtet.

Damit war die heutige Waldbesitzstruktur im wesentlichen vorgegeben: Große Teile des Achantals (im Untersuchungsgebiet Teile des Schulterbergs) stehen im Besitz der Österreichischen Bundesforste als Rechtsnachfolger des k.&k. Ärars, der Rest ist im Besitz der Gemeinde Achenkirch (tiefergelegene Teile des Schulterbergs), verschiedener Almgenossenschaften bzw. der örtlichen Bauernschaft.

Der Tourismus im Achantal setzte im 19. Jahrhundert ein. Nach dem 2. Weltkrieg entwickelte sich der Fremdenverkehr zum wesentlichsten Wirtschaftsfaktor im Tal; derzeit beträgt die Zahl der Nächtigungen knapp 1,4 Millionen pro Jahr (ÖROK 1990).

Die Agrarquote liegt nach ÖROK (1990) nur noch zwischen 5 und 20%, zwischen 80 und 90% der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe sind Nebenerwerbsbetriebe. Dagegen erhöhte sich das Arbeitsplatzangebot im Fremdenverkehr um fast 100%. Im Gegensatz zu anderen Orten in West-österreich, deren Fremdenverkehr einsaisonal ist, ist im Achantal neben der Wintersaison – bedingt durch die Nähe des Sees – auch der Sommerfremdenverkehr stark ausgeprägt.

3 Geologie

Das Untersuchungsgebiet liegt in den Nördlichen Kalkalpen. Nach der geologischen Karte von AMPFERER (1950) ist das Untersuchungsgebiet geologisch relativ einfach aufgebaut. Die westlich des Achantals aufzufindenden Fazies sind Neokomschichten, Aptychen- und Hornsteinkalke, Radiolarienschichten, Kössener Schichten, Plattenkalke sowie Hauptdolomit. Sie entstanden zwischen Nor und Malm, also in der Trias.

Weiters konnten Reste der jüngeren Grund-

moräne des Inntalgletschers festgestellt werden. Dazu kommen rezente Schuttbildungen. Schichtabfolge und Schichtdicke können Abbildung 1 (GWINNER 1971) entnommen werden, die Stratigraphie der Lechtaldecke Abbildung 2 (Profil 3, Schnitt durch die Nördlichen Kalkalpen; GWINNER 1971).

Die *Christlum* ist vorwiegend aus Hauptdolomit aufgebaut. Dieser ist bräunlich, rötlich oder grauweiß gefärbt, bis 2000m mächtig, gut geschichtet bis gebankt, dicht bis feinkristallin und aufgrund seiner Entstehung fossilarm. Die Dolomitisierung erfolgte synsedimentär bis spätdiagenetisch. Die enge Klüftung des Gesteins führt zu stärkerer Zerfurchung in der Morphologie und zu Schuttbildung. Im Vergleich zu den gleichzeitig im Nor gebildeten Dachsteinkalken ist er weniger wasserdurchlässig und neigt kaum zur Verkarstung (FLÜGEL 1981). Die auf der Christlum zu beobachtende Schichtung ist steil bis sehr steil, stellenweise sogar saiger. Zwischen den Bankflächen sind häufig lehmig-tonige Beläge aufzufinden.

Der Hauptdolomit ist wie folgt zusammengesetzt: CaO: 28,65-32,51%, MgO: 18,37-21,76%, FeO: 0,01-0,06%, Al₂O₃: 0,09-1,02%; Glühverlust: 42,60-47,84%, unlösliche Rückstände: 0,28-10,26% (FABICH & PRODINGER 1957).

Zwischen Christlumgipfel und Gföller Alm stellte AMPFERER (1950) Grundmoränenreste des Inntalgletschers fest. In diesem Bereich wurden bei der Begehung durch die Forstliche Bundesversuchsanstalt auch Fissolarienkalke, Konglomeratblöcke und Korallenkalkblöcke aufgefunden. Der untere Teil des Christlum-Nordhanges wird von Neokomschichten eingenommen, das Gebiet nördlich des Christlumgipfels von Kössener Schichten. Im Bereich der die Christlum nach Norden bzw. Süden begrenzenden Bachtäler (Unter-Aubachtal, Ober-Aubachtal) treten oft mehrere Zehnermeter starke Alluvionen auf.

Gipfel und Oberteil des Nordhanges des *Schulterbergs* sind aus Plattenkalk (wechselnd gelagerte Kalke und Dolomite), der Bereich südlich des Gipfels ist aus Kössener Schichten aufgebaut. Letztere entstanden im Rhät unter stark terrigen beeinflussten Sedimentationsbedingungen. Meist bestehen sie aus unreinen, geschichteten dunkelgrauen Spatkalken bzw. grauen, gelblich anwitternden z.T. dolomitischen Mergeln mit Brachiopoden und Bivalven-Fauna (STEINER 1968 und FLÜGEL 1981). Richtung Juifen schließen rezente Schuttfelder, Aptychen- und Hornsteinkalke sowie Radiolarienschichten an. Der untere Teil des Nordhanges sowie der größte Teil des Ost- und Südhanges sind aus Hauptdolomit aufgebaut.

Abb. 1: Schichtabfolge im Bereich des Westteils der Nördlichen Kalkalpen (GWINNER 1971)

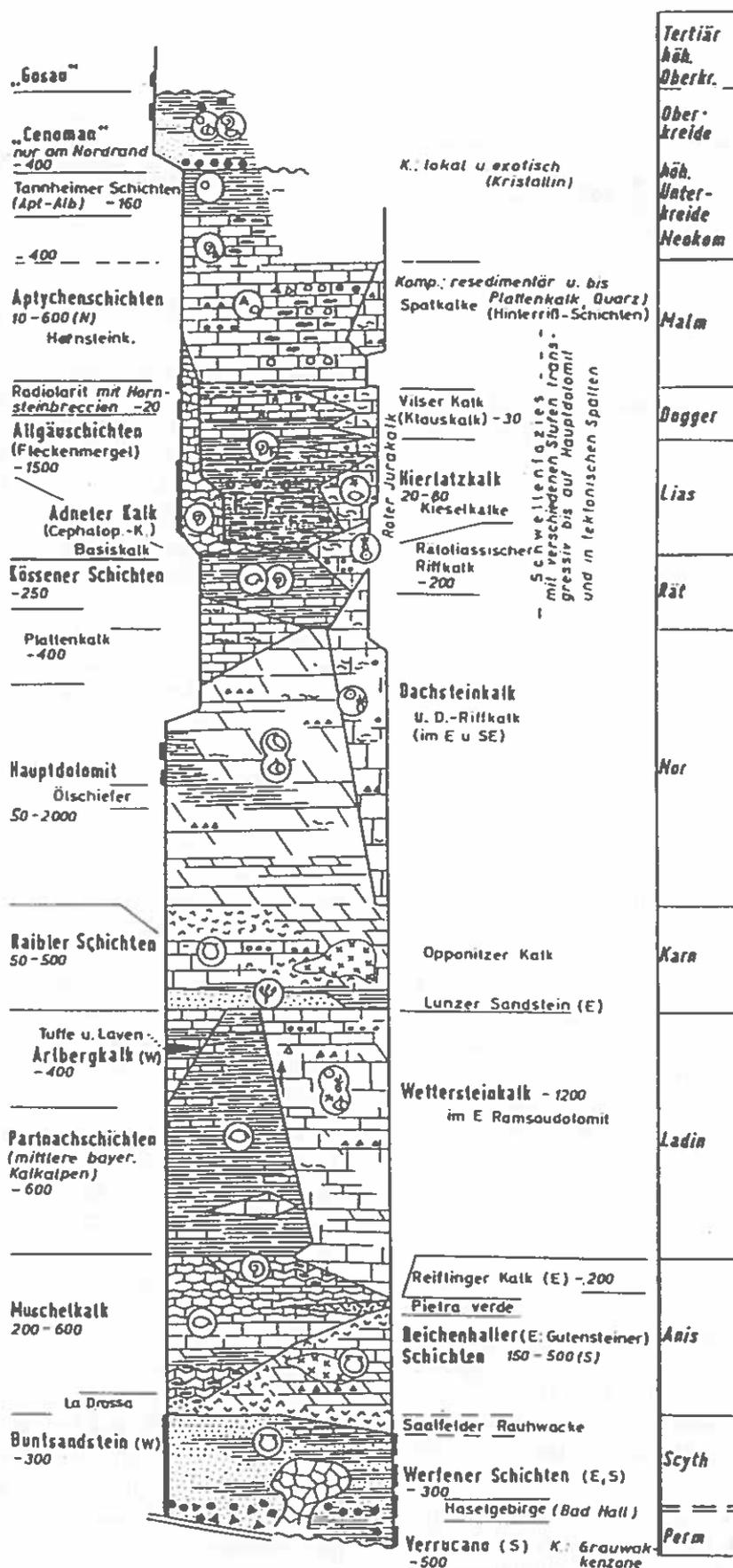
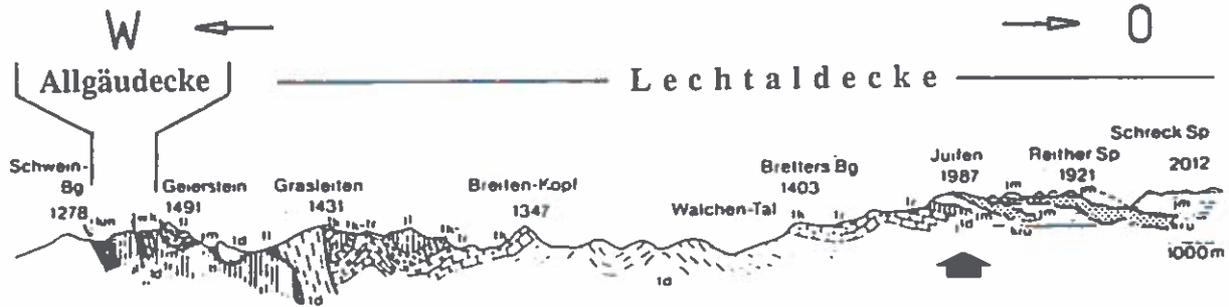


Abb. 2: Profil der Nördlichen Kalkalpen im Bereich Rechel-Kopf bis Juifen (GWINNER 1971)



Kleinflächig treten am Nord- und Nordosthang Blockmoränen und Grundmoränenreste des Innalpgletschers auf.

Das *Mühleggerköpfl* ist eine isolierte Erhebung zwischen Pittenbach und Achenal-Bundesstraße und besteht zur Gänze aus Hauptdolomit.

4 Böden und Morphologie

Die im Untersuchungsgebiet flächenhaft dominierende Rendsinareihe ist an junge Landschaftsformen gebunden. Die räumliche Verteilung der einzelnen Bodentypen ist primär durch Relief bzw. Kleinrelief, sekundär aber auch von der Zusammensetzung des Ausgangssubstrats abhängig.

Auf dem an Lösungsrückständen armen, mechanisch stärker angreifbaren Hauptdolomit ist die mineralische Bodenbildung schwach. So überwiegen hier initiale, seichtgründige Anfangsbodenbildungen (Rohböden und schwach entwickelte Rendsinen) auf Steilhängen und konvexen Geländeformen sowie seicht- bis mittelgründige Mull- und Moderendsinen auf mäßig geneigten Hängen. Weiters kommen rendsinaartige Kolluvien mit Beimengung von Kalk-Braunlehmmaterial und (kleinflächig an Hangverebnungen, Mulden und Plateaus gebunden) Kalk-Braunlehme vor. Stellenweise treten Mullrendsinen mit Beimengung von in den Ah-Horizont eingearbeiteten kolluvialen Mineralbodenmaterial auf.

Auf Kössener Schichten treten tiefgründigere, teilweise bindige Böden auf. Es sind dies tiefgründige Rendsinen mit lehmigem Material in der deutlich ausgeprägten Aufwitterungszone, Kalk-Braunlehme und kleinflächig Pseudogleye, Zwerg-Pseudogleye sowie kleinsträumig Anmoore. Speziell im Nahbereich der Almen wurden durch Viehtritt entstandene sekundäre Pseudogleye festgestellt.

Auf Plattenkalk treten Mull- und Moder-Rendsinen, in stark hängigem Gelände stellenweise O-C-Böden auf. Auf dem Gipfelplateau des

Schulterbergs wurden tiefgründige, bindige, plastische Böden mit den Merkmalen von Kalk-Braunlehmen aufgefunden. Ob es sich dabei um Reliktböden, die nach wiederholten Vereisungen erhalten blieben, handelt, konnte bislang nicht geklärt werden. Dieselbe Frage konnten auch JELM & KILIAN (1971) für im Außerfern aufgefundene, ähnliche Böden nicht restlos klären.

Im Bereich der Schipisten (Christlum) wurden die ursprünglichen Böden weitgehend verändert. Es wurde hierbei der Oberboden entweder abgetragen oder planiert und mit Material aus dem Nahbereich bzw. aus dem Zillertal überdeckt. Um die Pistenbegrünung zu fördern, wurde und wird Klärschlamm eingebracht. Diese Böden sind seicht- bis mittelgründige Kunstböden mit stark wechselnden Nährstoff-, Wasser- und Wärmehaushalt.

Aufgrund der chemischen Zusammensetzung des Ausgangssubstrats sind die Böden im allgemeinen mit Nährstoffen gut bis sehr gut versorgt. Nährstoffmängel (z.B. Kalium, Phosphor) treten nur infolge antagonistischer Wirkungen oder Festlegung im Boden aufgrund hoher pH-Werte auf. Im Umkreis der Almen ist infolge von Überdüngung mit organischen Abfällen mit Kalium-(SOBOTIK 1992), Phosphor- und Stickstoffüberschuß zu rechnen.

Im Bereich der Schipisten ist als Folgewirkung der Klärschlammdeponierung generell mit sehr hohen bis überhöhten Stickstoffwerten und wechselnder Nährstoffversorgung (abhängig von der Herkunft des Klärschlammes) zu rechnen (KILIAN et al. 1986).

Böden der Rendsinaserie weisen fast durchwegs neben hohen pH-Werten hohe Kationenaustauschkapazitäten und Basensättigungen auf. Die Pufferreserven von Rendsinen sind jedoch aufgrund des Skelettreichtums und ihrer Seichtgründigkeit bisweilen überraschend niedrig.

Auf trockenen Standorten mit rein dolomitischem Substrat können saure (Rohhumus-)Auflagen entstehen.

Die Analysenergebnisse der im Rofan und im Ostkarwendel gelegenen Probeflächen der Tiroler Bodenzustandsinventur (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1989) sowie der österreichweiten Waldboden-Zustandsinventur stützen diese Aussagen.

Beide Bodenzustandsinventuren ergaben – wie für den gesamten Bereich der Nördlichen Kalkalpen – hohe Blei- (100-200ppm) und Cadmiumwerte (1-3ppm). Zusätzlich wurde von KILIAN et al. (1986) und von GLATTES & TOMICZEK (1984) auf erhöhte Schwermetallkonzentrationen im Bereich der Schipisten infolge der Klärschlammausbringung hingewiesen.

Ein sehr wesentlicher Faktor zur Differenzierung der Leistungsfähigkeit der Standorte auf den seichtgründigen Böden, die einen sehr hohen Flächenanteil des Untersuchungsgebiets einnehmen, ist der Wasserhaushalt. Er ist abhängig von Gründigkeit, Relief, Exposition und Substrat. MARGL (1971) weist in diesem Zusammenhang insbesondere auf die Art der Verwitterung des Substrats hin: Als ungünstig wird die mechanische Verwitterung von Dolomit (Grusbildung bei sehr geringen Anteilen von Feinmaterial) eingeschätzt. Der Wasserhaushalt ist insbesondere auf sonnseitigen, feinmaterialarmen Böden als unzureichend, bei günstigeren Bedingungen jedoch als ausgeglichen und ausreichend zu beurteilen.

5 Waldgesellschaften

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich des nördlichen randalpinen Fichten-Tannen-Buchenwaldgebiets, Wuchsbezirk Nordtiroler und oberbayrische Kalkalpen (MAYER 1974) bzw. des Wuchsraumes 10, nördlicher Kalkalpen-Westteil (KILIAN 1972). Dieses Waldgebiet wird durch insgesamt geringe Massenerhebung mit Gipfellaugen, die selten wesentlich über 2000m hinausgehen, und hohe Reliefenergie gekennzeichnet. Das Klima ist subatlantisch getönt, wird durch reiche Niederschläge mit ausgeprägtem Sommermaximum und relativ niedrige, jedoch ausgeglichene Temperaturen charakterisiert. Die Waldgrenze liegt im Untersuchungsgebiet über 1700m, ist jedoch edaphisch und/oder anthropogen bedingt über weite Strecken nach unten verschoben. So liegt die Waldgrenze im Bereich der Moser Alm, der Gröben Alm und der Kleinen Zemm-Alm bei etwa 1400m.

Die mittelmontane Höhenstufe reicht vom Talboden bis etwa 1300 bis 1350m Seehöhe. Die im Untersuchungsgebiet dominierende, klimabedingte Schlußwaldgesellschaft der Höhenstufe ist das *Abieti-Fagetum*. Es ist die Leitgesellschaft des Waldgebiets mit einem mittelmontanen Opti-

um. Die Fichte ist wüchsiger als die Tanne, diese wieder wüchsiger als die Buche.

Im Untersuchungsgebiet treten die Subassoziationen *Adenostylo glabrae-Abieti-Fagetum* s.l. (Karbonat-Alpendost-Fichten-Tannen-Buchenwald) und *Asperulo-Abieti-Fagetum* s.l. (Braunerde-Waldmeister-Fichten-Tannen-Buchenwald) auf. Erstere ist an basische Böden gebunden, weist einen hohen Buchen- und geringen Tannenanteil auf, Lichtbaumarten wie Lärche und Weißkiefer sind beigemischt. Weiters treten Bergahorn und vereinzelt Eberesche und Mehlbeere auf.

Das *Asperulo-Abieti-Fagetum* s.l. tritt auf schwach basischen bis mäßig sauren bindigeren Böden mit ausgeglichenem Wasserhaushalt, d.h. im Untersuchungsgebiet auf Kalk-Braunlehmen und den tiefgründigeren Rendsinen mit höherem Feinbodenanteil, auf. Neben den namengebenden Baumarten kommen Bergahorn, Bergulme und Esche vor (MAYER 1974). Die Wuchsleistung ist, wenn auch innerhalb der Varietäten Leistungsunterschiede bestehen, im *Asperulo-Abieti-Fagetum* sowohl in Hinblick auf die Durchschnitts- als auch auf die Spitzenwerte höher als im *Adenostylo glabrae-Abieti-Fagetum*. MAYER (1963) gibt für die Chiemgauer Alpen als Rahmenwerte für den durchschnittlichen Gesamtzuwachs 5 bis über 8 bzw. 3 bis 8 Festmeter pro Jahr an.

Auch hochmontan tritt das *Abieti-Fagetum* noch auf, die Obergrenze dieser Höhenstufe liegt im Untersuchungsgebiet um 1500m. Die darüber gelegene subalpine Stufe ist aufgrund der Almrodungen nur wenig bewaldet (FRISCHMANN & STÖHR 1990). Sie ist durch das *Mugetum prostratae* (Latschengebüsche) und ein in der Höhenerstreckung schmales *Piceetum* gekennzeichnet.

Von größerer flächenmäßiger Bedeutung sind im Untersuchungsgebiet auch die Dauergesellschaften: So treten tiefsubalpin (hochmontan) Latschen- und Grünerlenbuschwald (im Bereich der Moser Alm westlich des Christlumgipfels) auf. Nord- bis nordostseitige Steilhanglagen der mittel- und hochmontanen Stufe werden häufig von Lärchen- (z.B. Christlum-Nordhang bis Unter Aubach), südseitige von Weißkiefern-Dauergesellschaften (z.B. Christlum-Südhang, Bereich Gföllalm bis Ober Aubach) eingenommen, Runsen sind von Latschen-Buschwaldgesellschaften besiedelt. Kleinräumig treten auch Fichten-Tannenwald und Bergahornwald als Dauergesellschaften auf.

Durch Streunutzung und Schneitelung im talnahen Bereich, die bis in die Zeit nach dem zweiten Weltkrieg stattfanden, entstanden immer wieder im Zusammenspiel mit Waldweide ört-

lich Kiefern-Ersatzgesellschaften im Areal des Fichten-Tannen-Buchenwaldes am Christlum-Osthang.

Grauerlen und Weiden nehmen die Standorte entlang der Wasserläufe in Anspruch.

Die zahlreichen, teilweise über Jahrhunderte andauernden menschlichen Eingriffe haben die Bestände des Untersuchungsgebiets zum Teil erheblich verändert: Die großflächigen Holznutzungen zur Deckung des Brennholzbedarfs für die Salinen und des Grubenholzbedarfs wurden meist in Form von Großkahlhieben durchgeführt, wodurch das vermehrte Ankommen von Fichte sowie der Lichtbaumarten Lärche und Kiefer erklärlich ist. Die Ausweitung des Anteils dieser Baumarten ging vorwiegend zu Lasten der Buche, wie Baumarten-Anteilsschätzungen für die Südwälder um Reichenhall belegen (v. BÜLOW 1950).

Am Christlum-Osthang führten Rodungen zur Schaffung von Weideflächen und – während der letzten beiden Jahrzehnte – Schipisten zur Zersplitterung in zahlreiche, teils kulissenartige Kleinbestände, was ein weiteres Vordringen von Lärche und Kiefer erwarten läßt.

Zusammenfassung

Das Untersuchungsgebiet ist westlich des Achantals in den Nördlichen Kalkalpen gelegen. Auf Hauptdolomit, Plattenkalk, Neokomschichten, Aptychen- und Hornsteinkalken sowie Radiolarienschichten entwickelten sich wechselnd gründige Rendsinen und Braunlehme. Die über 1700m gelegene Waldgrenze ist über weite Strecken entweder edaphisch oder durch Alprodnungen bis zu 300m gedrückt. Starke forstliche Nutzungen, die im Mittelalter einsetzten, haben die Baumartenzusammensetzung innerhalb des vorherrschenden *Abieti-Fagetums* örtlich stark verändert. Weitere Belastungen ergeben sich aus dem intensiven Tourismus im Achantal (insbesondere im Bereich des Schigebietes Christlum) sowie aus der Waldweidewirtschaftung.

Literatur

- AMPFERER O. 1950. Geologische Karte des Östlichen Karwendel.- Wagner'sche Universitätsbuchhandlung, Innsbruck.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1989. Bericht über den Zustand der Tiroler Böden.- Bodenkataster. Innsbruck, 198 S.
- v. BÜLOW G. 1950. Die Südwälder von Reichenhall. Diss. Univ. München.- Mitt. Staatsforstverw. Bayerns 1963.
- ENGLISCH M., KILIAN W. & MUTSCH F. 1991. Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Erste Ergebnisse.- FBVA-Berichte Nr. 48, 75 S.
- FABICH K. & PRODINGER W. 1957. Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt.- Heft 1, Wien.
- FLÜGEL E. 1981. Paleocology and Facies of Upper Triassic Reefs in the Northern Calcareous Alps.- SEPM Spec. Publ., 30, Tulsa, S. 291-359.
- FRISCHMANN H. & STÖHR D. 1990. Kartierung der potentiellen Vegetation im Raum Achenkirch. Kurzbeschreibung der Waldgesellschaften.- Manuskript, 93 S.
- GLATTES F. & TOMICZEK C. 1984. Klärschlammausbringung – eine mögliche Ursache für erhöhte Schwermetallgehalte forstlicher Ökosysteme sowie freilebender Tiere.- Österr. Forstztg. Informationsdienst, 224. Folge.
- GWINNER M. P. 1971. Geologie der Alpen. Stratigraphie, Paläogeographie, Tektonik.- E. Schweinbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermüller), Stuttgart.
- JELEM H. & KILIAN W. 1971. Die Wälder im östlichen Außerfern (Tirol).- Mitteilungen der Forstl. Bundesvers. Anst. 93, Wien, 65 S.
- KILIAN W. 1972. Die Wuchsräume Österreichs. Österr. Forstztg. 25, 65-69.
- KILIAN W., MAJER C. & MUTSCH F. 1986. Klärschlammausbringung in Waldböden. Bericht über eine Stichprobenuntersuchung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt im Schigebiet Achenkirch - Christlum, Tirol.- Beiträge zur Umweltgestaltung, Alpine Umweltprobleme, Ergebnisse des Forschungsprojekts Achenkirch, Teil XXIV, Wien, 81-86.
- MARGL H. 1971. Waldgesellschaften und Krummholz auf Dolomit.- Angewandte Pflanzensoziologie, Heft 23, Wien, 84 S.
- MAYER H. 1963. Tannenreiche Wälder am Nordabfall der mittleren Ostalpen.- BLV Verlagsgesellschaft München Basel Wien, 208 S.
- MAYER H. 1974: Wälder des Ostalpenraumes. Standort, Aufbau und waldbauliche Bedeutung der wichtigsten Waldgesellschaften in den Ostalpen samt Vorland.- Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 344 S.
- ÖROK 1990. Atlas zur räumlichen Entwicklung Österreichs. Wien.
- RUF S. 1865: Chronik von Achantal. Nach urkundlichen Quellen.- Wagner'sche Universitäts-Buchhandlung, Innsbruck, 92 S.
- SOBOTIK M. 1992. Mündliche Mitteilung.
- STEINER P. 1968. Geologische Studien im Grenzbereich der mittleren und östlichen Kalkalpen (Österreich); I. Erläuterungen zur Geologischen Karte der Kalkalpen zwischen Enns, Ybbs und Salza; II. Vorschläge zur Klärung tektonischer Erscheinungen im Raum von Weyer - Groß Reifling - Lunz auf faziesstrukturanalytischer Grundlage.- Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 18, Wien, 9-88.

Forstliche Beschreibung der Probeflächen und Kronenzustände der Probebäume an den Höhenprofilen Achenkirch

H. Krehan und C. Tomiczek

Institut für Forstschutz
Forstliche Bundesversuchsanstalt

Key words: Altitude profile, crown condition assessment, defoliation degree

Abstract

Description of forest conditions of the sample plots and sample trees at the Altitude Profiles Achenkirch: At the Altitude Profiles Achenkirch eleven sample plots were established, reaching from 920m (Mühleggerköpfl) near the valley bottom up to 1686m (Schulterberg) close to the actual tree line. In 1991 crown conditions of 100 and in 1992 of 140 marked sample trees (Norway spruce, European larch and beech) were assessed.

Following the assessment criteria of the Forest Condition Inventory (WZI) and Forest Damage Monitoring System (WBS) little or medium defoliation could be found. The mean defoliation degrees of nearly all investigated sample plots were higher than e.g. the mean defoliation degree of Austria and resp. those of Tyrol according to WZI and WBS taxation, but correspond well with one comparable WBS sample plot (concerning age and altitude) in the surroundings of Achenkirch.

1 EINLEITUNG

Kurze Beschreibung der Probeflächen

Die Probeflächen liegen im "nördlichen rand-alpinen Fichten-Tannen-Buchenwaldgebiet" (mittlerer Wuchsbezirk) im Bereich der Nordtiroler Kalkalpen. Derzeit existieren 3 Teiluntersuchungsgebiete im Westen des Achentales, sie reichen von 920 m (Mühleggerköpfl) in Talnähe bis 1686 m (Schulterberg) nahe an die aktuelle Waldgrenze. Die vor allem stark durch Waldweide beeinflussten Waldbestände weisen häufig eine geringe Bestockungsdichte und ein hohes Durchschnittsalter auf. Eine detaillierte Beschreibung des Untersuchungsgebietes geben HERMAN (1992) und ENGLISCH (1992).

2 METHODIK

Im Untersuchungsareal wurden 11 Probeflächen mit insgesamt 140 markierten Probebäumen eingerichtet, davon entfallen 7 Probeflächen auf das Christlum-Profil, 3 auf das Schulterberg-Profil und eine auf das Mühleggerköpfl.

Kronenansprache

Die okulare Anschätzung der Baumkronenverlichtung (Kronenzustandserhebung) wurde nach den Richtlinien der Österreichischen Waldzustandsinventur (WZI; POLLANSCHÜTZ et. al. 1985) bzw. des Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS) jeweils im Juli 1991 und 1992 durchgeführt. Die Anzahl der Probebäume einer Baumart pro Probefläche war deutlich geringer als bei WZI-Probeflächen und WBS-Probeflächen mit markierten Probebäumen. Dadurch sind die Ergebnisse aus Achenkirch nur bedingt mit den Ergebnissen der WZI und des WBS vergleichbar.

Die Anschätzung der Kronenverlichtung stellt keine Schadenstaxierung dar, vor allem in den Verlichtungsstufen 2 und 3 (geringe bis mittelstarke Kronenverlichtung) ist ein Rückschluß auf den Gesundheitszustand oder die Vitalität der Probebäume nicht zulässig.

Die Kronenansprache sollte in erster Linie eventuell eintretende Zustandsveränderungen annäherungsweise und unter Berücksichtigung von möglichen subjektiven Taxierungsfehlern dokumentieren. Zusätzliche forstpathologische Detailerhebungen, welche an insgesamt 57 Probebäumen durchgeführt werden, sollen mögliche

Ursachen für die vorhandenen Kronenverlichtungen aufdecken und in ihrer Wirkungsweise analysieren. Weiters sollen die unten angeführten Ergebnisse als Zusatzinformation für weitere an den Probestämmen durchgeführte (z.B. pflanzenphysiologische) Messungen dienen.

Kronenverlichtungsstufen:

- 1 ... keine Verlichtung
- 2 ... geringe Verlichtung
- 3 ... mittelstarke Verlichtung
- 4 ... starke Verlichtung
- 5 ... tot

3 ERGEBNISSE

3.1 Christlum-Profil

Im Bereich der 1780 m hohen Christlum wurde ein Höhenprofil mit 7 Probestämmen mit 48 Fichten, 9 Lärchen und 13 Buchen eingerichtet, welches sich in Nord-Süd-Richtung erstreckt und 450 Höhenmeter umfaßt.

Probestamm 1 :

Seehöhe: 1420 m
 Geländeform: Ober/Mittelhang
 Exposition: Nord
 Hangneigung: 50 % - 100 %; durchschnittlich 60 %
 Vegetationstyp: mäßig frischer Kräutertyp, vergrast
 Baumartenverteilung: 6 Fi 3 LÄ 1 Bu
 Bestandesoberhöhe: 13 m
 mittlerer BHD: 42 cm
 Bestandesalter: 150 - 200 Jahre
 Bestockungsgrad: 0,3
 Anzahl der Probestämme: 6 Fichten 2 Lärchen 2 Buchen
 Kronenzustand: 1991: Fi: 2,17 LÄ: 1,38 Bu: 2,50
 1992: Fi: 2,12 LÄ: 1,38 Bu: 1,25

Probestamm 1A :

Seehöhe: 1400 m
 Geländeform: Ober/Mittelhang
 Exposition: Ost
 Hangneigung: 50 % - 60 %
 Vegetationstyp: mäßig frischer Kräutertyp, vergrast
 Baumartenverteilung: 6 Fi 3 LÄ 1 Bu
 Bestandesoberhöhe: 16 m
 mittlerer BHD: 42 cm
 Bestandesalter: 150 - 200 Jahre
 Bestockungsgrad: 0,3
 Anzahl der Probestämme: 5 Fichten
 Kronenzustand: 1992: Fi: 2,20

Probestamm 2 :

Seehöhe: 1320 m
 Geländeform: Mittelhang
 Exposition: Nord
 Hangneigung: 20 % - 50 %; durchschnittlich 30 %
 Vegetationstyp: mäßig frischer Kräutertyp, vergrast
 Baumartenverteilung: 3 Fi 1 LÄ 5 Bu
 Bestandesoberhöhe: 15,5 m
 mittlerer BHD: 39 cm
 Bestandesalter: 150 - 200 Jahre
 Bestockungsgrad: 0,5

Anzahl der Probestämme: 6 Fichten 2 Lärchen 2 Buchen
 Kronenzustand: 1991: Fi: 2,37 LÄ: 2,25 Bu: 2,12
 1992: Fi: 1,63 LÄ: 2,00 Bu: 1,50

Probestamm 3 :

Seehöhe: 1240 m
 Geländeform: Mittelhang
 Exposition: Nordost
 Hangneigung: 10 % - 40 %; durchschnittlich 20 %
 Vegetationstyp: mäßig frischer Kräutertyp, vergrast
 Baumartenverteilung: 5 Fi 1 LÄ 4 Bu
 Bestandesoberhöhe: 25 m (Fi)
 mittlerer BHD: 41 cm
 Bestandesalter: 150 - 200 Jahre
 Bestockungsgrad: 0,8
 Anzahl der Probestämme: 7 Fichten 2 Lärchen 2 Buchen
 Kronenzustand: 1991: Fi: 1,71 LÄ: 1,63 Bu: 1,50
 1992: Fi: 2,07 LÄ: 1,88 Bu: 1,38

Probestamm 4:

Seehöhe: 1140 m
 Geländeform: Mittelhang
 Exposition: Nordost
 Hangneigung: 40 % - 60 %; durchschnittlich 50 %
 Vegetationstyp: mäßig frischer Kräutertyp, vergrast
 Baumartenverteilung: 3 Fi 4 Ki 2 Bu 1 Ah
 eingesprengt LÄ, Ta
 Bestandesoberhöhe: 22 m
 mittlerer BHD: 38 cm
 Bestandesalter: 150 - 200 Jahre
 Bestockungsgrad: 1,0
 Anzahl der Probestämme: 7 Fichten 2 Lärchen 2 Buchen
 Kronenzustand: 1991: Fi: 2,21 LÄ: 2,00 Bu: 1,38
 1992: Fi: 2,36 LÄ: 2,13 Bu: 1,50

Probestamm 5:

Seehöhe: 1050 m
 Geländeform: Mittelhang
 Exposition: Nordost
 Hangneigung: 20 % - 40 %; durchschnittlich 30 %
 Vegetationstyp: mäßig frischer Kräutertyp, vergrast
 Baumartenverteilung: 4 Fi 3 Ki 3 Bu
 Bestandesoberhöhe: 20 m
 mittlerer BHD: 47 cm
 Bestandesalter: 150 - 200 Jahre
 Bestockungsgrad: 0,8
 Anzahl der Probestämme: 8 Fichten 3 Buchen
 Kronenzustand: 1991: Fi: 1,41 Bu: 1,75
 1992: Fi: 1,28 Bu: 1,50

Probestamm 6:

Seehöhe: 970 m
 Geländeform: Mittelhang/Unterhang
 Exposition: Ost
 Hangneigung: 20 % - 40 %; durchschnittlich 35 %
 Vegetationstyp: mäßig frischer Kräutertyp, vergrast
 Baumartenverteilung: 3 Fi 6 Ki 1 LÄ eingesprengt Bu
 Bestandesoberhöhe: 20 m
 mittlerer BHD: 37 cm
 Bestandesalter: 150 - 200 Jahre
 Bestockungsgrad: 0,4
 Anzahl der Probestämme: 9 Fichten 1 Lärche 2 Buchen
 Kronenzustand: 1991: Fi: 2,11 LÄ: 2,25 Bu: 1,00
 1992: Fi: 2,03 LÄ: 2,00 Bu: 1,50

Abb.1: Durchschnittliche Verlichtungsgrade am Christlum-Profil

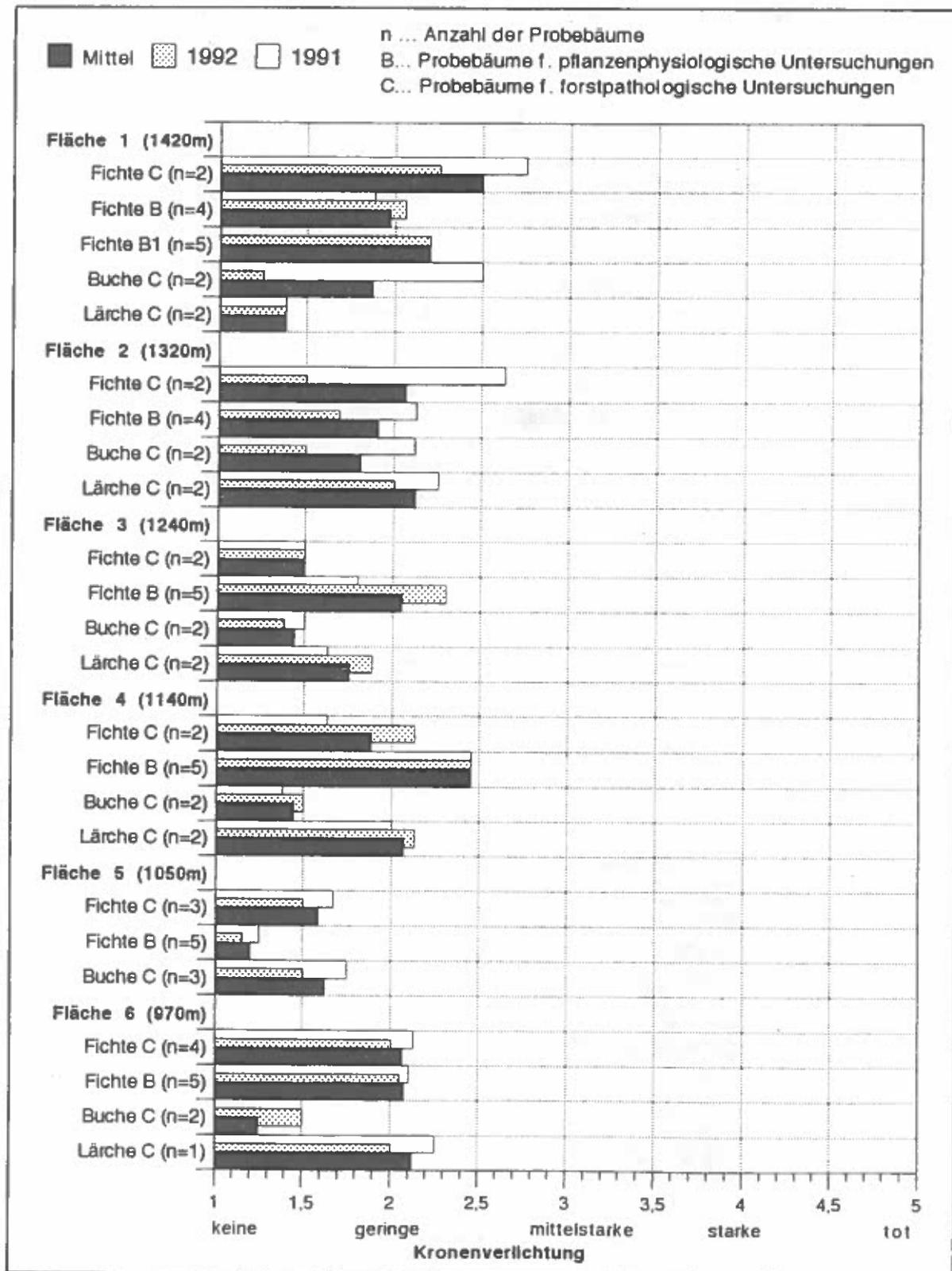


Abb.2: Durchschnittliche Verlichtungsgrade am Schulterberg-Profil und am Mühleggerköpfl

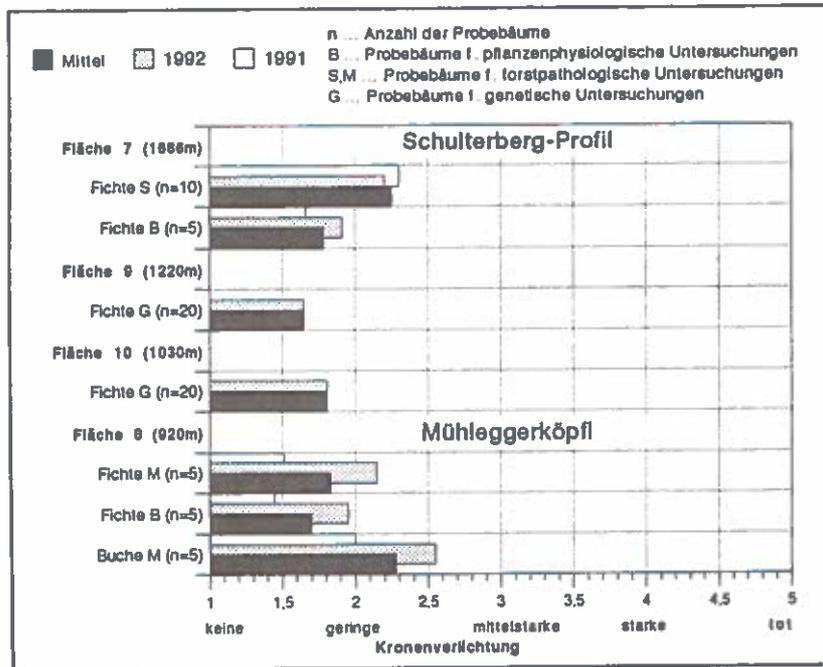
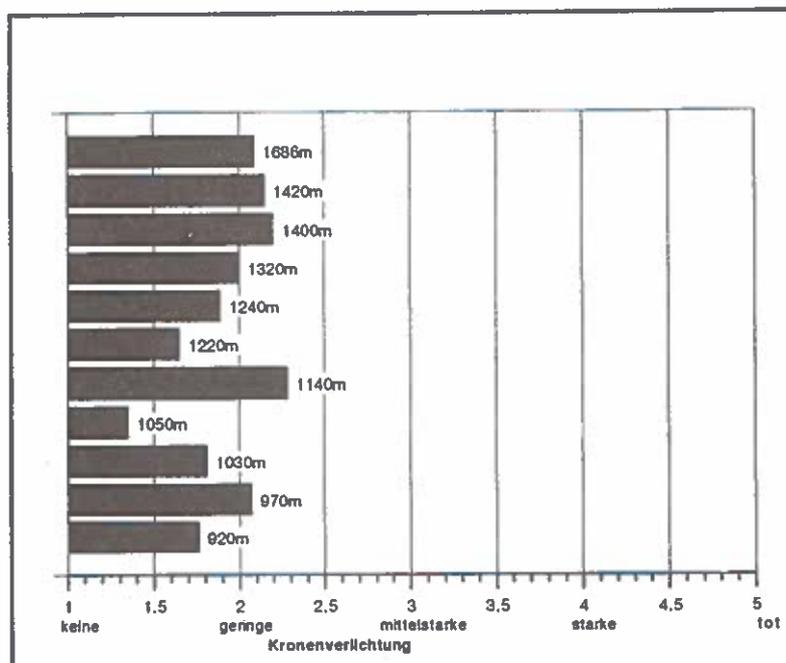


Abb.3: Mittlere Kronenverlichtungsgrade der Probestichten des gesamten Untersuchungsgebietes



3.2 Schulterberg-Profil

Das Schulterberg-Profil besteht aus 3 Probestflächen mit insgesamt 55 Fichten.

Probestfläche 7:

Seehöhe:	1686 m
Geländeform:	Oberhang
Exposition:	Nordwest
Hangneigung:	40 % - 100 %; durchschnittlich 50 %
Vegetationstyp:	Kalklichtkräutertyp, vergrast
Baumartenverteilung:	10 Fi
Bestandesoberhöhe:	12 m
mittlerer BHD:	32 cm
Bestandesalter:	150 - 200 Jahre
Bestockungsgrad:	0,8
Anzahl der Probestbäume:	15 Fichten
Kronenzustand:	1991: Fi: 2,08
	1992: Fi: 2,10

Probestfläche 9:

Seehöhe:	1220 m
Geländeform:	Mittelhang (Kleinkuppe)
Exposition:	Nord
Hangneigung:	0 % - 10 %; im Hangbereich 50 - 70 %
Vegetationstyp:	Sauerkleetyt
Baumartenverteilung:	10 Fi
Bestandesoberhöhe:	30 m
mittlerer BHD:	42 cm
Bestandesalter:	100 Jahre
Bestockungsgrad:	0,7
Anzahl der Probestbäume:	20 Fichten
Kronenzustand:	1992: Fi: 1,65

Probestfläche 10:

Seehöhe:	1030 m
Geländeform:	Mittelhang (Kleinkuppe)
Exposition:	Nordwest-Nordost
Hangneigung:	0 % - 20 %;
Vegetationstyp:	Schattenkräutertyp
Baumartenverteilung:	5 Fi 3 Ta 2 Bu eingesprengt Ah
Bestandesoberhöhe:	26 m
mittlerer BHD:	33 cm
Bestandesalter:	136 Jahre
Bestockungsgrad:	1,0
Anzahl der Probestbäume:	20 Fichten
Kronenzustand:	1992: Fi: 1,81

3.3 Probestfläche Mühleggerköpfl

Die Probestfläche Mühleggerköpfl umfaßt 15 Probestbäume (10 Fichten und 5 Buchen).

Probestfläche 8:

Seehöhe:	920 m
Geländeform:	Oberhang (Kuppe)
Exposition:	Süd
Hangneigung:	0 % - 40 %; durchschnittlich 15 %
Vegetationstyp:	mäßig frischer Kräutertyp, vergrast
Baumartenverteilung:	7 Fi 3 Bu
Bestandesoberhöhe:	20 - 22m
mittlerer BHD:	34 cm
Bestandesalter:	75 Jahre
Bestockungsgrad:	0,8
Anzahl der Probestbäume:	10 Fichten 5 Buchen
Kronenzustand:	1991: Fi: 1,48 Bu: 2,00
	1992: Fi: 2,05 Bu: 2,55

4 DISKUSSION

Beurteilung der Kronenzustände

Der durchschnittliche Kronenverlichtungsgrad (DVG) der Probestflächen lag in den Sommern 1991 und 1992 zwischen 1,0 (Fläche 6, Höhenprofil Christlum, Baumart Buche, 1991) und 2,55 (Fläche Mühleggerköpfl, Baumart Buche, 1992). Wie aus den Abbildungen 1 und 2 zu ersehen ist, weist der überwiegende Teil der Probestflächen höhere mittlere Verlichtungsgrade auf als beispielsweise der gesamtösterreichische Durchschnitt der WZI- bzw. WBS-Erhebungen (ca. 1,3) oder das Mittel der Tiroler WZI - Probestbäume (ca. 1,5; NEUMANN & POLLANSCHÜTZ 1991; KRISTÖFEL 1991). Die einzige hinsichtlich Baumalter, Baumartenverteilung und Seehöhe vergleichbare WBS-Probestfläche in der näheren Umgebung der Probestflächen (713/704) wies hingegen ähnlich hohe Kronenverlichtungen wie die Probestflächen in Achenkirch auf.

Beim Vergleich mit der terrestrischen Kronenzustandsinventur am Höhenprofil Zillertal (KRISTÖFEL 1992) zeigt sich, daß auch im Zillertal in vergleichbaren Höhenstufen geringere durchschnittliche Verlichtungsgrade taxiert wurden. Die Unterschiede könnten jedoch auf das meist geringere durchschnittliche Alter der Probestbäume und auf den höheren Bestockungsgrad der Bestände im Zillertal zurückzuführen sein. NEUMANN (1990) konnte anhand der WZI-Daten aufzeigen, daß ein Zusammenhang zwischen Alter und Kronenzustand gerade in den Seehöhenbereichen 900 - 1200m bzw. 1200 - 1500m relativ deutlich ausgeprägt ist. Auch für den Kronenschlußgrad gilt laut NEUMANN (1990) ein ähnlich strenger Zusammenhang: je dichter der Bestand, desto besser der Kronenzustand.

Freistehende Bäume, wie sie vielfach am Christlum-Profil anzutreffen sind, sind in höheren Lagen vor allem starken Witterungseinflüssen ausgesetzt und können daher verlichtet erscheinen, ohne daß Schädigungen feststellbar sind.

Angehts des hohen Alters vieler Probestbäume (bis über 200 Jahre) sind die relativ ausgeprägten Kronenverlichtungen im Untersuchungsgebiet nichts Außergewöhnliches. Die wenigen jüngeren Probestbäume weisen durchwegs geringere Kronenverlichtungen auf (z.B. Probestfläche 6, zwei Buchen DVG: 1,0 [1991] und 1,5 [1992]).

Wie auch bei NEUMANN (1990) war ein Einfluß der Seehöhe auf den Kronenzustand nicht nachzuweisen (Abbildung 3).

Die DVG's (Entnadelung bzw. Entlaubung) der einzelnen Baumarten betragen:

Christlum-Profil	1991	1992
Fichte (n=48)	1,76	1,94
Buche (n=13)	1,74	1,44
Lärche (n=9)	1,96	1,93
Mühleggerköpfl	1991	1992
Fichte (n=10)	1,48	2,05
Buche (n=5)	2,05	2,55

Der Unterschied im DVG zwischen Buche und Fichte bzw. Lärche am Christlum-Profil war vor allem 1992 deutlich ausgeprägt. So hat sich der Kronenzustand der Buche von 1991 auf 1992 um 0,3 Punkte verbessert, während sich jener der Fichten um fast 0,2 Punkte verschlechtert hat.

Am Mühleggerköpfl wiesen beide Baumarten 1992 stärker verlichtete Kronen (ca. +0,5 Punkte) auf als 1991. Aufgrund der geringen Probebaumanzahl pro Probefläche sind jedoch jährliche Differenzen der Verlichtungsgrade unter einer Einheit als nicht gesichert anzusehen.

Zusammenfassung

Die Probebäume der 11 Probeflächen (Christlumprofil, Schulterberg-Profil und Mühleggerköpfl) wiesen geringe bis mittelstarke Kronenverlichtungen auf. Diese sind jedoch im Vergleich zu den Ergebnissen der Österreichischen Waldzustandsinventur (WZI) und des Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS) von Gesamtösterreich bzw. Tirol deutlich höher. Von 1991 auf 1992 konnten keine überdurchschnittlichen Kronenzustandsverschlechterungen taxiert werden. Mögliche Ursachen (Schadfaktoren) für die Kronenverlichtungen können erst nach Abschluß der forstpathologischen und pflanzenphysiologischen Detailerhebungen beurteilt werden.

LITERATUR

- ENGLISCH M. 1992. Standörtliche Grundlagen im Bereich der Höhenprofile Achenkirch.- FBVA-Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, dieser Band.
- HERMAN F. 1992. Höhenprofile Achenkirch- Ökosystemare Studien im Kalkalpin.- FBVA- Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, dieser Band.
- KRISTÖFEL F. 1991. Jährliche Ergebnisse der WZI und internationaler Vergleich.- In: Zusammenfassende Darstellung der Waldzustandsinventur. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst., 166, 55-74.
- KRISTÖFEL F. 1992. Terrestrische Kronenzustandsinventur am Höhenprofil Zillertal.- FBVA- Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Nr. 67, 113-117.
- NEUMANN M. & POLLANSCHÜTZ J. 1991. Waldzustandsinventur 1991 - Keine entscheidenden Veränderungen.- Österr. Forstztg., 102.Jg. (11), 23-24.
- NEUMANN M. 1990. Zu Fragen des Einflusses von Standort- und Bestandesfaktoren auf den Kronenzustand.- In: NEUMANN M. & SCHADAUER K.: Waldzustandsinventur - Methodische Überlegungen und Detailauswertungen. FBVA Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Nr. 45, 53-83.
- POLLANSCHÜTZ J., KILIAN W., NEUMANN M. & SIEGEL G. 1985. Instruktion für die Feldarbeit der Waldzustandsinventur nach bundeseinheitlichen Richtlinien 1984-1988.- Eigenverlag Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien.

Luftschadstoffmessungen im Bereich der Höhenprofile Achenkirch

S. Smidt und J. Leitner

Institut für Immissionsforschung und Forstchemie
Forstliche Bundesversuchsanstalt

Key words: Altitude profile, monitoring, sulfur dioxide, ozone, nitrogen oxides

Abstract

Air pollution measurements at the Altitude Profiles Achenkirch: The air pollution measurements resume the ozone measurements initiated at the beginning of the eighties. The measurements of 1990 and 1991 showed ozone concentrations comparable with other stations in the Alps with many exceedings of ozone limit values and low SO₂- and NO₂-concentrations without exceedings.

1 EINLEITUNG

Luftschadstoffmessungen stellen eine wesentliche Basis für die Charakterisierung der Belastungssituation eines Waldgebietes dar. Atmosphärische Schadstoffeinträge sind eine der vielen möglichen Ursachen von Waldschäden, deren Stellenwert nur auf der Basis weiterer Ergebnisse abzuschätzen ist.

Nach bisherigem Wissen kommt von den gasförmigen Luftschadstoffen den Komponenten Schwefeldioxid, Ozon und den Stickstoffoxiden die größte Bedeutung zu, während über die Wirkung zahlreicher weiterer potentiell toxischer Komponenten (z.B. Salpetersäure, partikuläres Sulfat oder Nitrat im Aerosol, im Nebel angereichertes Wasserstoffperoxid, Kohlenwasserstoffe u.a.m.) auf Pflanzen noch relativ wenige Untersuchungen vorliegen (vgl. GREGORI & PUXBAUM 1992 und KÖNIG & PUXBAUM 1992), so daß deren ökosystemare Bedeutung auch im alpinen Bereich noch nicht mit hinreichender Genauigkeit eingeschätzt werden kann. Weiters kann nur die (potentielle) Bedeutung der Einzelkomponenten SO₂, NO_x und O₃ anhand geltender wirkungsbezogener Immissionsgrenzkonzentrationen bzw. Grenzwerte quantifiziert werden, nicht aber deren synergistisches Zusammenwirken.

Bei der Beurteilung der Luftmeßdaten ist grundsätzlich zu berücksichtigen, daß nicht nur aktuelle Konzentrationen und Grenzwertüberschreitungen relevant sind, sondern darüber hinaus

- das Zusammenwirken mit anderen Luftschadstoffen,
- das Zusammenwirken mit klimatischen (Streß-)Faktoren,
- die deponierten Mengen und
- jene meteorologischen Voraussetzungen, die die Schadstoffaufnahme in das Blattinnere beeinflussen.

Die Komplexität dieser Problematik bedingt, daß eine exakte Gefährdungsprognose auf der Basis der Luftschadstoffmeßergebnisse allein nicht erstellt werden kann und daß eine Reihe von Paralleluntersuchungen über Belastungsfaktoren erforderlich ist (vgl. HERMAN & STEFAN 1992). Die Beurteilung der Luftmeßdaten erfolgt auf der Basis wirkungsbezogener Immissionsgrenzkonzentrationen. Das Monitoring im Untersuchungsgebiet stellt somit gemeinsam mit den meteorologischen Messungen eine Interpretationshilfe für die pflanzenphysiologischen Untersuchungen und weitere Erhebungen dar.

2 METHODIK UND MESS-STELLEN

Im Rahmen der interdisziplinären Untersuchungen im Raum Achenkirch wurden registrierende Luftschadstoffmessungen durch die Forstliche Bundesversuchsanstalt 1990 begonnen und ab 1991 ergänzende Messungen mit integrierenden Bleikerzen bzw. O₃- und NO_x-Kerzen durchgeführt.

Die registrierenden Messungen erfolgten mit Monitor-Labs Analysatoren (SO₂: ML 8850, NO_x: ML 8840, O₃: ML 8810) an den Stationen Mühleggerköpfl (SO₂, O₃ und NO_x ab Januar 1990) und Christlunkopf (O₃, ab Januar 1991).

Die integrierenden Messungen von SO₂, Ozon und NO_x wurden an 11 Stationen durchgeführt (vgl. HERMAN 1992; zur Methodik der O₃- und NO_x-Messungen vgl. LEITNER 1991); die Expositionsdauer betrug 28 Tage.

Meteorologische Messungen wurden mit entsprechenden Meßumformern für Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck, Strahlung, Windrichtung und Windgeschwindigkeit durchgeführt; sämtliche Geräte waren mit einer automatischen Datenerfassung und -speicherung (Hewlett-Packard) ausgestattet (vgl. hierzu PLATTNER & PAUSCH 1992).

Im folgenden wurden die Meßwerte bis Ende 1990 berücksichtigt.

3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

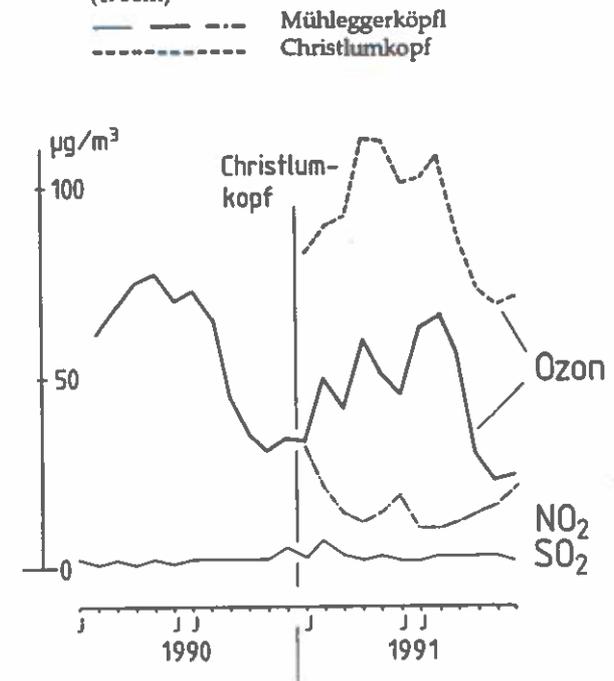
3.1 Registrierende Messungen

Die Monatsmittelwerte und die maximalen Tages- und Halbstundenmittelwerte der gemessenen Komponenten sind im Anhang angeführt, die Monatsmittelwerte in Abbildung 1. Die Beurteilung der Meßwerte erfolgte für SO₂ nach den Grenzwerten der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (BGBl. 199/1984), für Ozon bzw. NO₂ nach den maximalen Immissionsgrenzkonzentrationen der ÖSTERREICHISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN (1989 bzw. 1987) sowie für Ozon zusätzlich nach der Schweizerischen Luftreinhalteverordnung (EIDGENÖSSISCHES DEPARTEMENT DES INNEREN 1985) und der WHO (1987).

Schwefeldioxid

Die SO₂-Konzentrationen am Mühleggerköpfl waren gering, es gab seit dem Meßbeginn im Januar 1990 keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen. Die Monatsmittel lagen zwischen 1 und 7 µg SO₂/m³; der höchste Tagesmittelwert (28 µg/m³) und 97,5-Perzentil-Wert

Abb.1: Monatsmittelwerte von SO₂, Ozon und NO₂ an der Station Mühleggerköpfl (920m) bzw. Ozon-Monatsmittelwerte an der Station Christlunkopf (1758m)



(28 µg/m³) wurde im Februar 1991, der höchste Halbstundenmittelwert (39 µg/m³) im Dezember 1990 gemessen (vgl. Anhang 1 und 5).

Ozon

Mühleggerköpfl: Die Monatsmittelwerte seit Februar 1990 lagen zwischen 31 und 77 µg/m³, das höchste Monatsmittel wurde im Mai 1990, das höchste Tagesmittel (121 µg/m³) im Juni 1990 und das höchste Halbstundenmittel (191 µg/m³) ebenfalls im Juni 1991 gemessen.

Christlunkopf: Die Monatsmittel seit Februar 1991 lagen zwischen 69 und 112 µg/m³, das höchste Tagesmittel betrug 153 µg/m³ (Juni 1991) und das höchste Halbstundenmittel 179 µg/m³ (September 1991). Im Durchschnitt lagen die Konzentrationen 1991 um 47 µg/m³ höher als an der Station Mühleggerköpfl (Anhang 2 und 5).

Die Ozonmessungen aus den Jahren 1983 und 1984 im Ortsgebiet Achenkirch ergaben Werte in der Größenordnung jener des Mühleggerköpfls (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1984 und 1987; SMIDT 1989).

Ozon-Meßwertvergleiche: Für das Jahr 1991 wurden die Monatsmittel der Ozonkonzentrationen mit denen weiterer Meßstellen in Tirol, Salzburg und Bayern dargestellt (Abbildung 2). Die Monatsmittelwerte an der Station Mühlegger-

köpfel lagen relativ niedrig, die der Station Christlumkopf sind mit denen der etwa gleich hoch gelegenen Station Karwendel/Tirol vergleichbar.

Abb.2: Ozon-Monatsmittelwerte 1991 aus dem Alpenraum (Untersuchungsgebiet bzw. Tirol, Salzburg und Bayern)

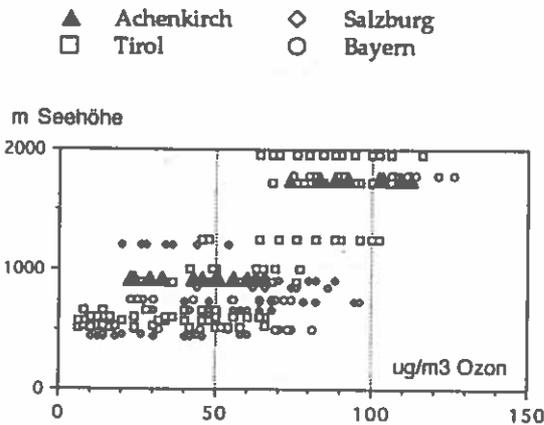
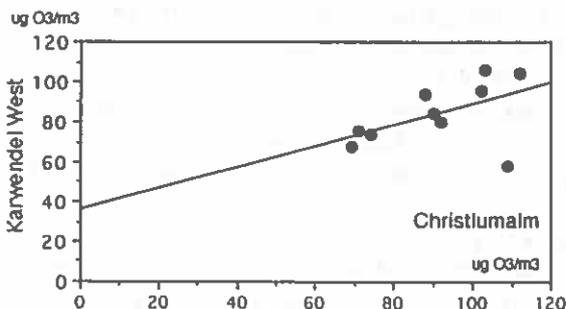
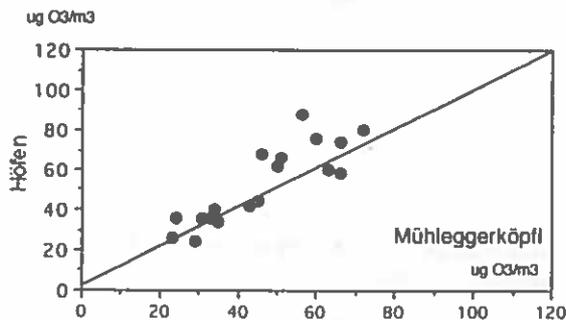


Abb.3: Vergleich von Ozon-Monatsmittelwerten der Meßstationen mit Meßstellen aus Tirol vergleichbarer Seehöhe



Auf der Basis der gemeinsamen Monatsmittel 1990 bzw. 1991 wurden Ozonwerte für die Meßstellen Mühleggerköpfl und Christlumkopf mit Tiroler Meßstellen vergleichbarer Seehöhe (Höfen nahe Reutte, Karwendel-West nahe Innsbruck und Talwiese/Zillertal) verglichen, wobei sich folgende Korrelationskoeffizienten (r) ergaben (siehe auch Abbildung 3):

Meßstellen	Luftlinie	r
Mühleggerköpfl (920m)		
- Höfen (880m)	80km	0,86
Christlumkopf (1748m)		
- Karwendel West (1730m)	40km	0,53
Mühleggerköpfl (920m)		
- Talwiese (1000m)	40km	0,84

Ozon-Grenzwertüberschreitungen: Am Mühleggerköpfl gab es hinsichtlich der Grenzwerte der ÖSTERREICHISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN (1989) keine Überschreitungen des HMW ($300\mu\text{g}/\text{m}^3$), von Mai bis August 1990 und von August bis September 1991 monatlich bis zu 12 Überschreitungen des MW1 ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$); bis zu monatlich 65 Überschreitungen des MW8 ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$) wurden in fast allen Meßmonaten registriert. Das Vegetationszeitmittel VMW7 betrug 1990 $78\mu\text{g}/\text{m}^3$ (= Überschreitung). An der Meßstelle Christlumkopf wurden 1991 MW1-Überschreitungen (bis zu 26 pro Monat) von April bis September und MW8-Überschreitungen (bis zu 92 pro Monat) in allen Monaten festgestellt (vgl. Anhang 3 und 5).

Die Grenzwertüberschreitungen weisen auf die besondere Bedeutung des Ozons als möglichen Schadfaktor hin. Sehr ozonempfindliche Baumarten wären somit vor allem oberhalb des Talbodens gefährdet. Daß die vom VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (1989) als sehr empfindlich eingestufte Lärche (*Larix decidua*) in besonderem Maße gefährdet ist, wird nach Freilanduntersuchungen jüngerer Datums an einer Alt-Lärche in Zweifel gezogen (HAVRANEK & WIESSER 1992).

Stickstoffoxide

An der Meßstelle Mühleggerköpfl gab es seit dem Meßbeginn im Januar 1991 keine Überschreitungen der wirkungsbezogenen NO_2 -Grenzkonzentrationen der ÖSTERREICHISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN (1987). Die NO_2 -Monatsmittel lagen zwischen 0 und $32\mu\text{g}/\text{m}^3$ (der höchste Monatsmittelwert wurde im Januar 1991 gemessen), das höchste Tagesmittel betrug $42\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Januar und Februar 1991) und der höchste Halbstundenmittelwert $91\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Februar 1991; Anhang 4 und 5).

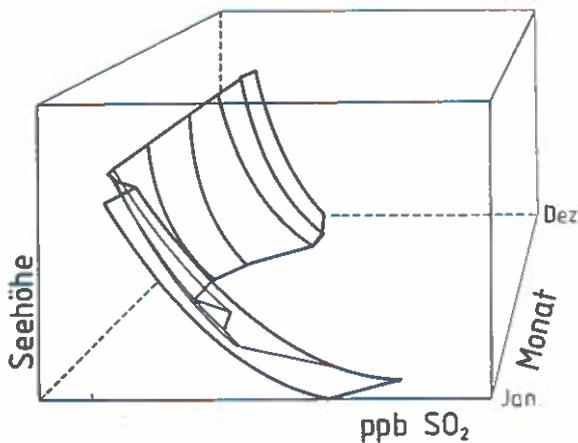
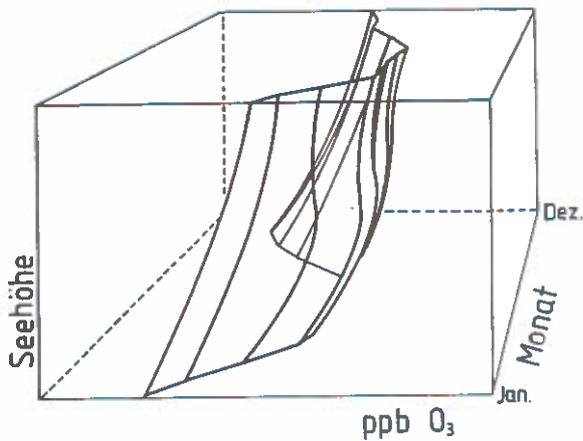
Höhengradienten und saisonale Änderungen von SO_2 und Ozon

Die saisonalen und seehöhenabhängigen mittleren Konzentrationen von SO_2 und O_3 in Alpentälem lassen sich – basierend auf anderen Untersuchungen (BRANDTNER et al. 1989, REITER 1990, GREGORI & PUXBAUM 1992) – gemäß den Abbildungen 4a und 4b schematisch wiedergeben: Ozon zeigt in immittierten Talbereichen die

geringsten Konzentrationen, aber größere Amplituden mit Frühjahrs- bzw. Sommermaximum im Talbereich und höhere Konzentrationen mit geringerer Amplitude im Bereich der Waldgrenze; in den ozonreichen Frühjahrsmonaten werden sog. Ozonbäuche festgestellt (PUXBAUM et al. 1991). Schwefeldioxidkonzentrationen sind in immittierten Talbereichen besonders während der Wintermonate am höchsten; sie nehmen mit der Seehöhe exponentiell ab.

Abb.4: Saisonale Unterschiede der Höhengradienten von Luftschadstoffkonzentrationen in alpinen Tälern (schematische Darstellung)

oben: Ozon unten: Schwefeldioxid

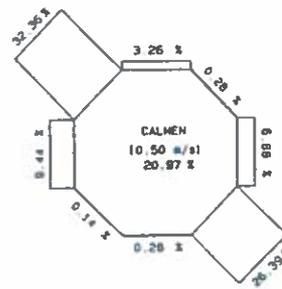


Windrosen und Konzentrationswindrosen

Entsprechend dem Talverlauf herrschten an der grenznahen Meßstelle Mühleggerköpfl vor allem NW- und SE-Winde vor (vgl. Beispiel Juni 1990, Abbildung 6, oben). Für die Komponenten O₃, SO₂ und NO₂ ergab sich hinsichtlich der mittleren Konzentrationen auch in anderen Meßmonaten keine bevorzugte Windrichtung (Abbildung 5, unten).

Abb.5: Windrosen (Mühleggerköpfl Juni 1991)

- a) Windrose
- b) Konzentrationswindrose (SO₂, O₃ und NO₂)



Mittlere Konzentration (µg/m³)

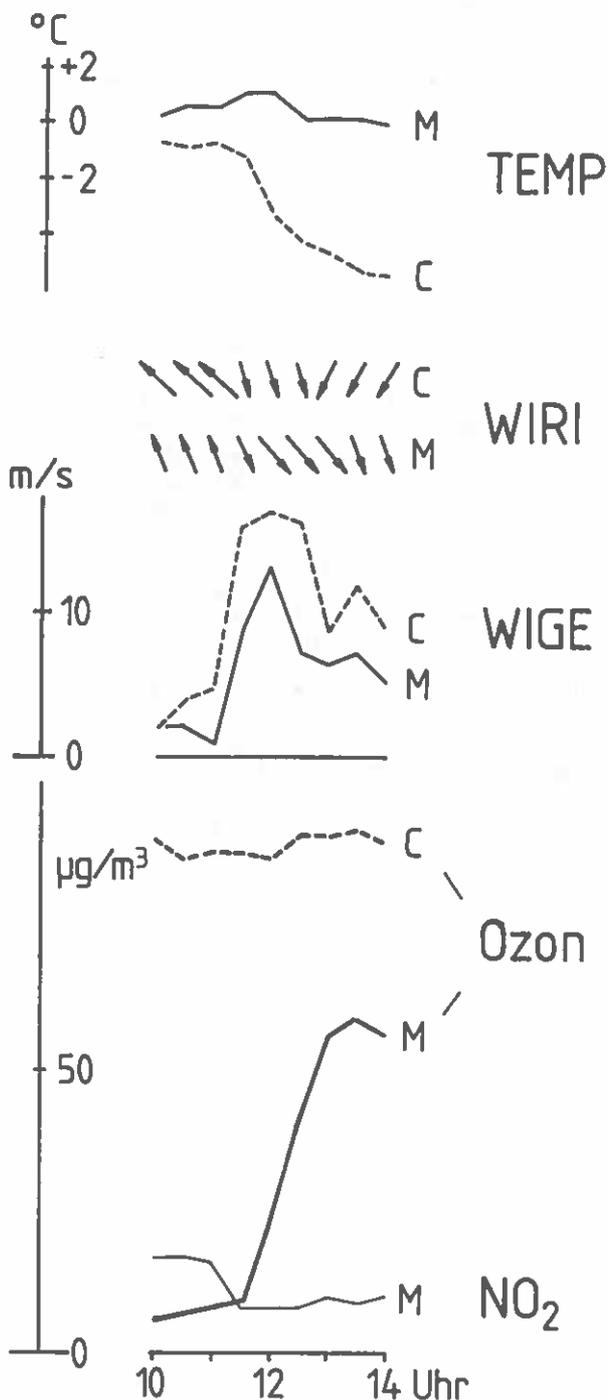


SO ₂	□	0,00	0,07	0,13	0,20
O ₃	▨	0,00	0,07	0,13	0,20
NO ₂	■	0,00	0,07	0,13	0,20

Veränderungen von Meßparametern bei einem Wetterumschwung

Am 18. Dezember 1991 trat um die Mittagszeit ein plötzlicher Wetterumschwung in Form eines Durchganges einer Kaltfront im Tal ein, der sich im Talbereich anders als am Christlumkopf auswirkte (die Halbstundenmittel einiger Meßparameter sind in Abbildung 6 wiedergegeben): Die Windrichtung drehte von SE nach NW, die Windgeschwindigkeit stieg von rund 2 auf 12m/s an und die Ozonkonzentration von unter 10 auf fast 60µg/m³; demgegenüber fiel die NO₂-Konzentration auf etwa die Hälfte, die Temperatur (vor allem am Christlumkopf) und die Luftfeuchte in der ersten halben Stunde um 5% am Mühleggerköpfl und um 10% an der Station Christlumkopf. Dabei wurde die zunächst im Tal stagnierende Luft mit relativ hohen NO₂- und geringen O₃-Konzentrationen aus dem Tal entfernt und Ozon horizontal antransportiert. Im Gegensatz zum Tal veränderte sich die Ozonkonzentration am Christlumkopf kaum (schwache Absenkung).

Abb.6: Veränderung von klimatischen Parametern (Temperatur/TEMP, Windrichtung/WIRI, Windgeschwindigkeit/WIGE) sowie von Ozon- und NO₂-Konzentration während eines Wetterumschwunges am 18.12.1991 (10.00 - 14.00 Uhr)
C: Christlumpkopf (1758m)
M: Mühleggerköpfl (920m)

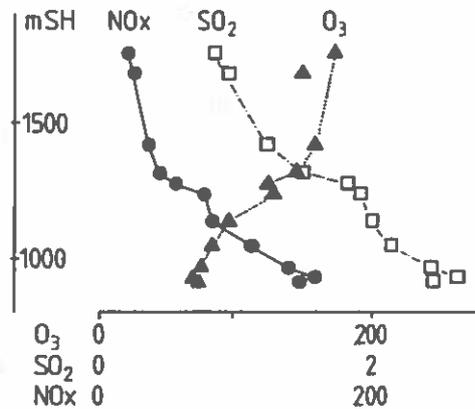


3.2 Integrierende Messungen

Die integrierenden Luftschadstoffmessungen an den 11 Punkten des Untersuchungsgebietes ergaben im Mittel der Meßperioden 1991 (bis zu 9 Perioden) deutliche Seehöhenabhängigkeiten für SO₂, O₃ und NO_x, nämlich eine deutliche Ab-

nahme der SO₂- und NO_x-Werte bis zum höchstgelegenen Punkt und eine Zunahme der Ozonwerte (Abbildung 7).

Abb.7: Ergebnisse der integrierenden Messungen (1991)



Zusammenfassung

Die Luftschadstoffmessungen im Raum Achenkirch stellen eine Fortsetzung von Messungen aus dem Beginn der 80er Jahre dar. Die seit 1990 im Rahmen des Projektes „Höhenprofile Achenkirch“ durchgeführten Messungen ergaben für das Untersuchungsgebiet vor allem Ozonbelastungen bzw. Grenzwertüberschreitungen, während NO_x und SO₂-Belastungen gering waren und keine Grenzwertüberschreitungen ergaben.

LITERATUR

- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1984. Ozonmessungen in Achenkirch.- Unveröffentlichte Ergebnisse.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1987. Zustand der Tiroler Wälder, Bericht an den Tiroler Landtag für das Jahr 1986.
- BRANDTNER B., PUXBAUM H., BIEBL P., GLAESER O. & MAHRINGER W. 1989. Luftschadstoffuntersuchung entlang der Tauernautobahn.- Bericht 5/89 Institut f. Analyt. Chemie, Technische Univ. Wien.
- BUNDESGESETZBLATT Nr. 199, 89. Stück, Jg. 1984. Zweite Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen.
- EIDGENÖSSISCHES DEPARTEMENT DES INNEREN 1985. Luftreinhalteverordnung.
- GREGORI M. & PUXBAUM H. 1992. Konzentrationsverteilung von Schwefel- und Stickstoffverbindungen sowie organischen Säuren am Höhenprofil Zillertal.- Ökosystemare Studien in einem inneralpinen Tal - Er-

gebnisse aus dem Projekt "Höhenprofil Zillertal", FBVA-Berichte Nr. 67, 29-38.

HAVRANEK W.M. & WIESER G. 1992. Zur Ozontoleranz der europäischen Lärche (*Larix decidua* Mill.).- 15. Int. Rauchschatenstagung Dresden, Proceedings, im Druck.

HERMAN F. 1992. Höhenprofile Achenkirch - Ökosystemare Studien im Kalkalpin.- Dieser Band.

HERMAN F. & STEFAN K. 1992. Zusammenschau.- Ökosystemare Studien in einem inneralpinen Tal - Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofil Zillertal", FBVA-Berichte Nr. 67, 139-147.

KÖNIG G. & PUXBAUM H. 1992. Kohlenwasserstoffmessungen am Höhenprofil Zillertal.- Ökosystemare Studien in einem inneralpinen Tal - Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofil Zillertal", FBVA-Berichte Nr. 67, 39-41.

LEITNER J. 1991. Ozon- und NOx-Messungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt mit integrierenden Methoden.- II. Workshop zum Thema Integrale Meßmethoden, Salzburg 10.4.1991, 59-70.

ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN 1987. Luftqualitätskriterium Stickstoffdioxid.- Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie.

ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN 1989. Luftqualitätskriterium Ozon.- Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie.

PLATTNER J. & PAUSCH J. 1992. Aufbau und Betreuung von alpinen Luftmeßstationen.- Ökosystemare Studien in einem inneralpinen Tal - Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofil Zillertal", FBVA-Berichte Nr. 67, 13-20.

PUXBAUM H., GABLER K., SMIDT S. & GLATTES F. 1991. A one year record of ozone profiles in an Alpine valley.- Atmospheric Environment Vol. 25A, Nr. 9, 1759-1765.

REITER R. 1990. The ozone trend in the layer of 2 to 3 km a.s.l. since 1978 and the typical time variations of the ozone profile between ground and 3km a.s.l.- Meteorol. Atmos. Phys. 42, 91-104.

RENNENBERG H. & REUTHER M. 1991. Eintrag, Umwandlung und Wirkung von Luftschadstoffen in Bergwaldökosystemen der Alpenregion - Forschungskonzept des Schwerpunktstandortes Kalkalpen (Wank/Kramer bei Garmisch-Partenkirchen) der Projektgruppe Bayern zur Erforschung der Wirkung von Umweltschadstoffen.- 2. Statusseminar der PBWU zum Forschungsschwerpunkt "Waldschäden" 4.-6.2.1991, Proceedings, 15-40.

SMIDT S. 1989. Messung der nassen Depositionen und der Ozonkonzentrationen im Raum Achenkirch.- Alpine Umweltprobleme, Bd. A 110/1 (Teile 27-29), 277-296.

SMIDT S. & LEITNER J. 1992. Luftschadstoffmessungen am Höhenprofil Zillertal.- Ökosystemare Studien in einem inneralpinen Tal - Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofil Zillertal", FBVA-Berichte Nr. 67, 21-28.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE 1989. Richtlinie 2310, Blatt 6.

WORLD HEALTH ORGANIZATION 1987. Regional Office for Europe: The effects of ozone and other photochemical oxidants on vegetation. In: Air Quality Guidelines for Europe - WHO Regional Office for Europe. WHO regional publications. European Series, Nr. 23, Kopenhagen.

ANHANG 1

SO₂-Konzentrationen (mg/m³) am Mühleggerköpfl 1990/1991

- Monatsmittelwerte (MMW),
- max. Tagesmittelwerte (max.TMW),
- 97,5-Perzentile
- max. Halbstundenmittelwerte (max.HMW);

Mühleggerköpfl (920m)

Monat	Meß- tage	max. MMW	max. TMW	97,5- Perz.	max. HMW
01/90	30	0,002	0,003	0,003	0,005
02/90	27	0,001	0,002	0,003	0,006
03/90	24	0,002	0,007	0,005	0,022
04/90	29	0,001	0,003	0,004	0,008
05/90	28	0,002	0,006	0,008	0,014
06/90	30	0,001	0,002	0,002	0,004
07/90	30	0,002	0,007	0,005	0,027
08/90	31	0,002	0,005	0,006	0,015
09/90	30	0,002	0,003	0,003	0,007
10/90	31	0,002	0,003	0,003	0,005
11/90	30	0,002	0,007	0,008	0,013
12/90	31	0,005	0,018	0,023	0,042
01/91	31	0,003	0,006	0,007	0,012
02/91	28	0,007	0,028	0,028	0,039
03/91	31	0,003	0,009	0,010	0,016
04/91	30	0,002	0,005	0,006	0,015
05/91	31	0,003	0,005	0,008	0,019
06/91	30	0,002	0,003	0,004	0,007
07/91	31	0,002	0,003	0,003	0,008
08/91	31	0,003	0,005	0,007	0,009
09/91	30	0,003	0,006	0,007	0,010
10/91	31	0,003	0,005	0,007	0,009
11/91	30	0,003	0,005	0,007	0,010
12/91	31	0,002	0,005	0,007	0,015

fett: Jahres-Maximalwerte

ANHANG 2

**Ozonkonzentrationen (mg/m³) an den Meßstellen Mühleggerköpfl
und Christlumpkopf 1990/91**

- Monatsmittelwerte (MMW),
- max. Tagesmittelwerte (max.TMW),
- 98-Perzentile
- max. Halbstundenmittelwerte (max.HMW);

Monat / Jahr	Christlumpkopf (1758m)					Mühleggerköpfl (920m)				
	Meß- tage	98-				Meß- tage	98-			
		MMW	max. TMW	Perz.d. HMW	max. HMW		MMW	max. TMW	Perz.d. HMW	max. HMW
01/90	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
02/90	0	-	-	-	-	27	0,062	0,086	0,096	0,100
03/90	0	-	-	-	-	24	0,069	0,085	0,115!	0,135
04/90	0	-	-	-	-	29	0,075	0,095	0,121!	0,128
05/90	0	-	-	-	-	28	0,077	0,104	0,130!	0,166
06/90	0	-	-	-	-	30	0,070	0,121	0,141!	0,172
07/90	0	-	-	-	-	24	0,072	0,104	0,144!	0,191
08/90	0	-	-	-	-	29	0,066	0,096	0,150!	0,166
09/90	0	-	-	-	-	30	0,045	0,060	0,100!	0,120
10/90	0	-	-	-	-	31	0,035	0,053	0,075	0,084
11/90	0	-	-	-	-	30	0,031	0,056	0,067	0,079
12/90	0	-	-	-	-	31	0,034	0,062	0,065	0,074
01/91	31	0,083	0,096	0,099	0,106	31	0,033	0,051	0,064	0,071
02/91	27	0,090	0,112	0,110!	0,129	28	0,050	0,067	0,091	0,117
03/91	31	0,092	0,130	0,131!	0,143	31	0,043	0,078	0,105!	0,125
04/91	30	0,112	0,141	0,148!	0,152	30	0,060	0,075	0,108!	0,126
05/91	31	0,112	0,142	0,149!	0,178	31	0,051	0,068	0,090	0,103
06/91	30	0,102	0,153	0,159!	0,170	28	0,046	0,060	0,084	0,089
07/91	31	0,103	0,147	0,146!	0,175	22	0,063	0,093	0,121!	0,145
08/91	25	0,109	0,135	0,147!	0,161	31	0,066	0,093	0,139!	0,162
09/91	27	0,088	0,139	0,153!	0,179	30	0,056	0,086	0,134	0,155
10/91	26	0,074	0,090	0,097	0,110	31	0,029	0,051	0,075	0,094
11/91	15	0,069	0,085	0,088	0,091	30	0,023	0,048	0,058	0,068
12/91	31	0,071	0,086	0,088	0,091	31	0,024	0,046	0,055	0,063

fett: Jahres-Maximalwerte

! : Überschreitung des Schweizerischen Perzentil-Grenzwertes

ANHANG 3

**Anzahl der Überschreitungen der wirkungsbezogenen
Ozon-Immissionsgrenzkonzentrationen gemäß
ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN (1989)**

(0: keine Überschreitung; -: keine Messungen)

Monat/Jahr	Mühleggerköpfl			Christlumpkopf		
	HMW	MW1	MW8	HMW	MW1	MW8
1/90	-	-	-	-	-	-
2/90	0	0	46	-	-	-
3/90	0	0	50	-	-	-
4/90	0	0	65	-	-	-
5/90	0	2	55	-	-	-
6/90	0	1	58	-	-	-
7/90	0	8	44	-	-	-
8/90	0	12	53	-	-	-
9/90	0	0	27	-	-	-
10/90	0	0	4	-	-	-
11/90	0	0	6	-	-	-
12/90	0	0	3	-	-	-
1/91	0	0	1	0	0	91
2/91	0	0	26	0	0	79
3/91	0	0	18	0	0	91
4/91	0	0	48	0	2	90
5/91	0	0	26	0	9	92
6/91	0	0	18	0	26	88
7/91	0	0	31	0	10	91
8/91	0	4	57	0	6	73
9/91	0	1	38	0	17	71
10/91	0	0	4	0	0	66
11/91	0	0	0	0	0	38
12/91	0	0	0	0	0	82

ANHANG 4

NO- und NO₂- Konzentrationen (mg/m³) an der Meßstelle Mühleggerköpfl (920m)

- Monatsmittelwerte (MMW),
- max. Tagesmittelwerte (max.TMW),
- max. Halbstundenmittelwerte (max.HMW);
- 95-Perzentile

Monat / Jahr	Meßtage	NO			NO ₂			
		MMW	max. TMW	max. HMW	MMW	max. TMW	95-Perz.d. HMW	max. HMW
01/91	7	0,003	0,005	0,059	0,032	0,042	0,062	0,081
02/91	28	0,002	0,004	0,014	0,021	0,042	0,043	0,091
03/91	31	0,003	0,006	0,019	0,014	0,031	0,026	0,071
04/91	30	0,002	0,003	0,010	0,012	0,015	0,020	0,029
05/91	28	0,002	0,003	0,010	0,014	0,023	0,020	0,050
06/91	22	0,011	0,027	0,045	0,019	0,026	0,028	0,039
07/91	23	0,005	0,012	0,024	0,010	0,019	0,019	0,029
08/91	31	0,004	0,005	0,011	0,010	0,012	0,015	0,023
09/91	30	0,004	0,007	0,013	0,011	0,015	0,018	0,024
10/91	31	0,005	0,008	0,019	0,014	0,023	0,025	0,042
11/91	30	0,007	0,024	0,031	0,016	0,025	0,028	0,035
12/91	31	0,007	0,017	0,026	0,021	0,029	0,033	0,051

fett: Jahres-Maximalwerte

ANHANG 5

Luftmeßdaten 1990 und 1991

LEGENDE

DRUCK.....	Luftdruck (h Pascal)
FEUCHTE	relative Luftfeuchte (%)
h.....	Stunde
ha.....	Hektar
HMW.....	Halbstundenmittelwert
LDRU.....	Luftdruck
LFEU.....	Luftfeuchtigkeit (%)
max.HMW.....	maximaler Halbstundenmittelwert
max.TMW.....	maximaler Tagesmittelwert
MEZ.....	mitteleuropäische Zeit
MMW.....	Monatsmittelwert
MW1.....	1-Stunden-Mittelwert
MW8.....	8-Stunden-Mittelwert
VMW7.....	Mittelwert der Siebenstundenmittelwerte während der Vegetationsperiode (April bis Ok- tober, 9.00 bis 16.00 Uhr MEZ)
mg/m ³	Milligramm pro Kubikmeter
min.....	Minimalwert
NO.....	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
O ₃	Ozon
SO ₂	Schwefeldioxid
STR.....	Globalstrahlung (J/cm ² . h)
TEMP.....	Temperatur (°C)
TMW.....	Tagesmittelwert
WIGE.....	Windgeschwindigkeit
WIRI.....	Windrichtung

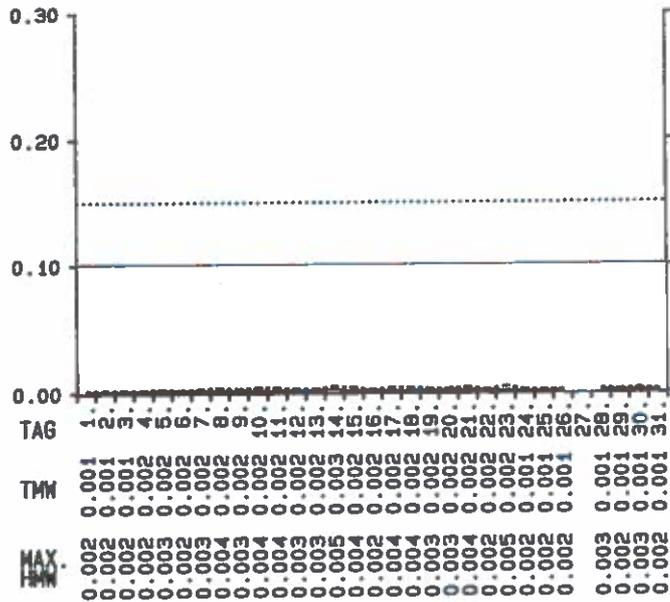


Maximale Halbstundenmittel
Tagesmittel



Halbstundenmittel-Grenzwerte
Tagesmittel-Grenzwerte

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) JAENNER 1990



SO2 (mg/m³)

MMW= 0.002
 MAX. TMW=0.003 (14.)
 ANZ. TMW= 30
 MAX. HMW=0.005 (14./5.00)

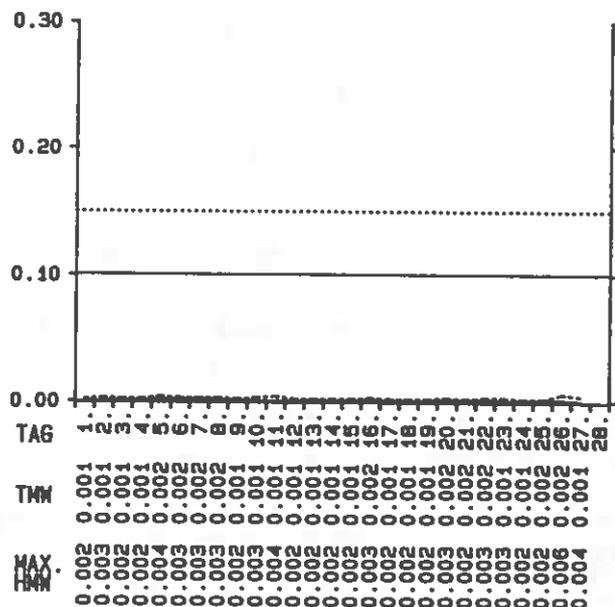
97.5 - PERZENTIL=0.003 (A-F6)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.10 mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.15 mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.30 mg/m³)
 KEINE

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) FEBRUAR 1990



SO2 (mg/m³)

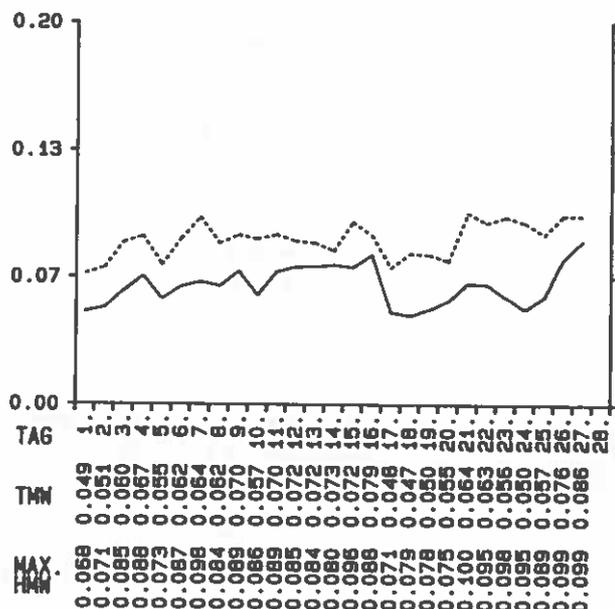
MMW= 0.001
 MAX. TMW=0.002 (5.)
 ANZ. TMW= 27
 MAX. HMW=0.006 (26./24.00)

97.5 - PERZENTIL=0.003 (A-F6)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.10mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³)
 KEINE



O3 (mg/m³)

MMW= 0.062
 MAX. TMW=0.086 (27.)
 ANZ. TMW= 27
 MAX. HMW=0.100 (21./17.00)

OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE

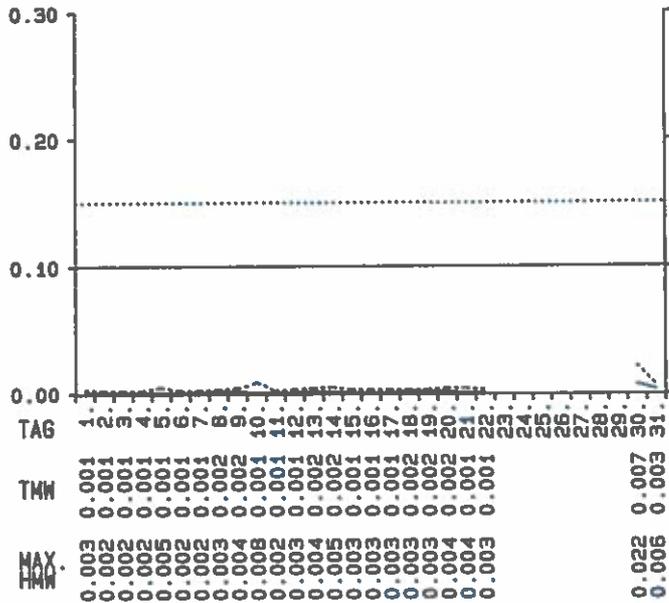
MMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
 KEINE

MMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 46
 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27

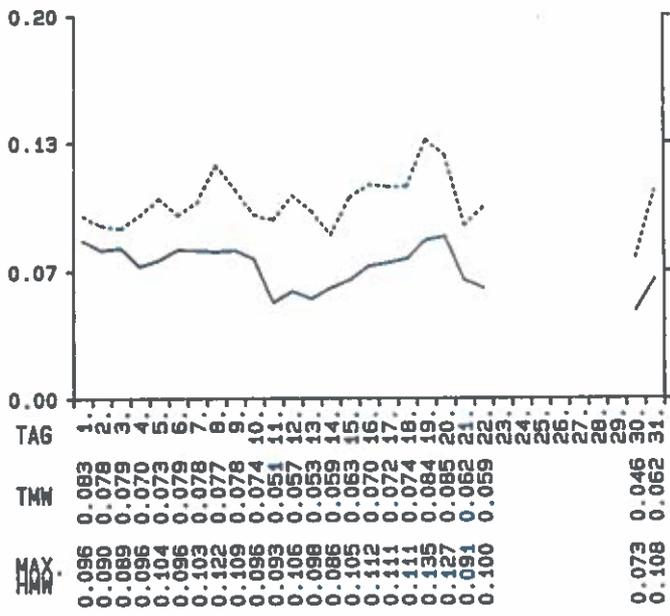
WHO: 10 TMW > 0.065 mg/m³

98.0 - PERZENTIL=0.095 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

MUEHLEGGERKOEFL (920 m) MAERZ 1990

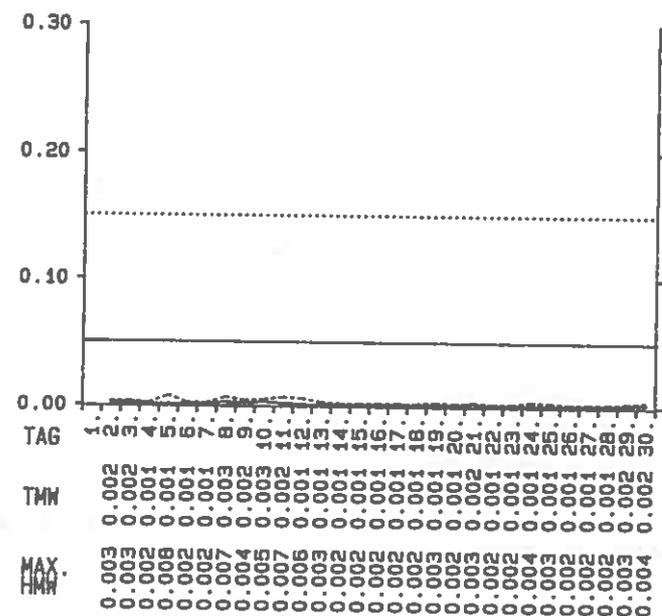


SO2 (mg/m³)
 MMW= 0.002
 MAX.TMW=0.007 (30.)
 ANZ.TMW= 24
 MAX.HMW=0.022 (30./14.30)
 97.5 - PERZENTIL=0.005 (A-F6)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.10mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³)
 KEINE

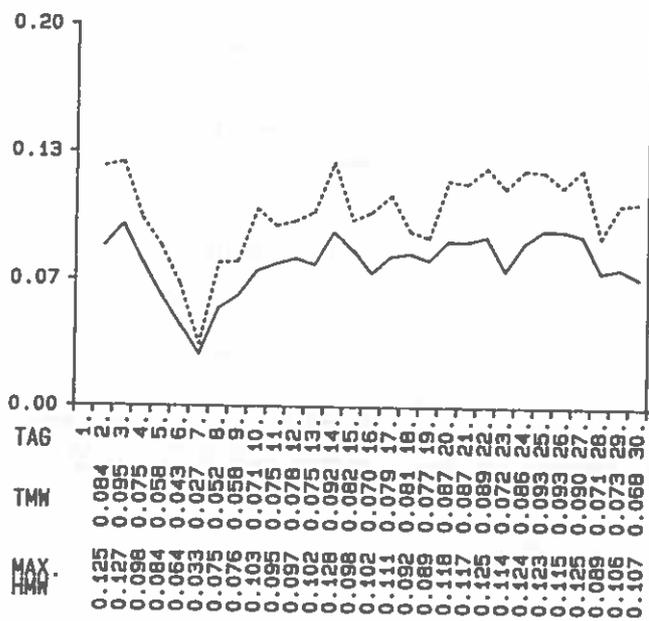


O3 (mg/m³)
 MMW= 0.069
 MAX.TMW=0.085 (20.)
 ANZ.TMW= 24
 MAX.HMW=0.135 (19./17.00)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m3):
 KEINE
 MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m3):
 KEINE
 MW6-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m3): 50
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 31
 WHO: 15 TMW > 0.065 mg/m3
 98.0 - PERZENTIL=0.115 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) APRIL 1990

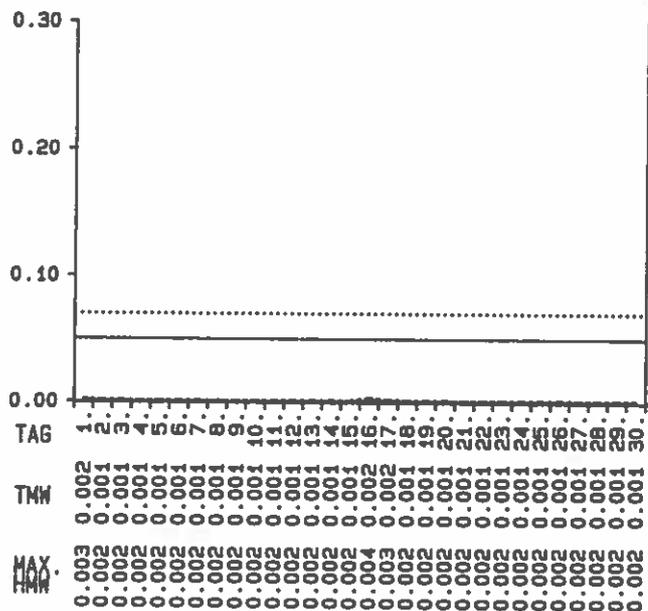


SO₂ (mg/m³)
 MMW= 0.001
 MAX.TMW=0.003 (8.)
 ANZ.TMW= 29
 MAX.HMW=0.008 (5. /7.00)
 97.5 - PERZENTIL=0.004 (A-F6)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.05mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³)
 KEINE



O₃ (mg/m³)
 MMW= 0.075
 MAX.TMW=0.095 (3.)
 ANZ.TMW= 29
 MAX.HMW=0.128 (14./13.30)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE
 MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
 KEINE
 MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 65
 23 4 5 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
 WHO: 24 TMW > 0.065 mg/m³
 98.0 - PERZENTIL=0.121 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) JUNI 1990



SO2 (mg/m³)

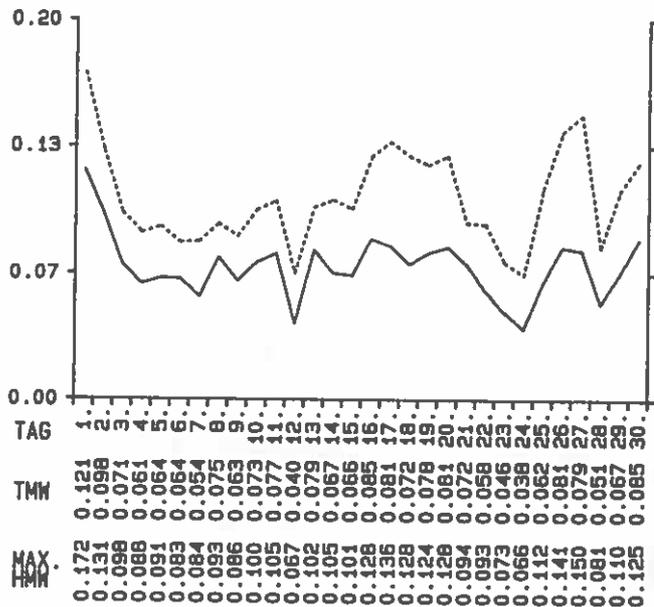
MMW= 0.001
 MAX.TMW=0.002 (1.)
 ANZ.TMW= 30
 MAX.HMW=0.004 (16./17.30)

97.5 - PERZENTIL=0.002 (A-F6)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.05mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.07mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.14mg/m³)
 KEINE



O3 (mg/m³)

MMW= 0.070
 MAX.TMW=0.121 (1.)
 ANZ.TMW= 30
 MAX.HMW=0.172 (1. /18.30)

OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m3):
 KEINE

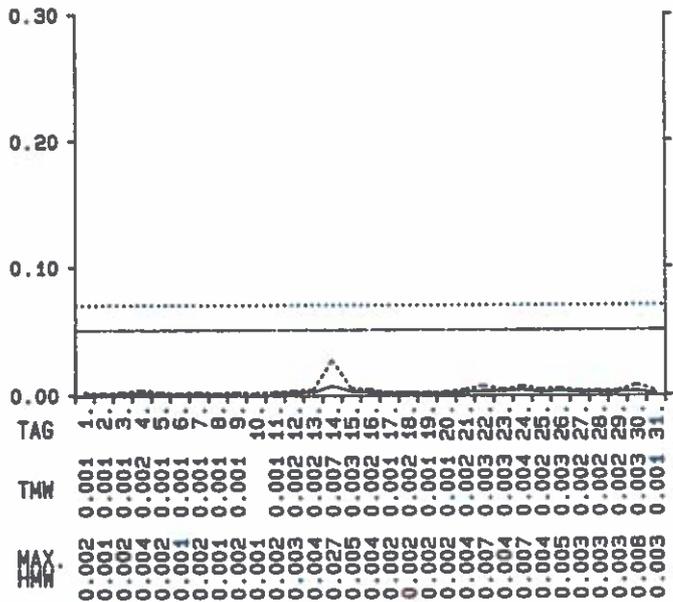
MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m3): 10
 1

MW6-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m3): 58
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 13 14 15 16 17
 18 19 20 21 22 23 25 26 27 29 30

MHO: 19 TMM > 0.065 mg/m3

98.0 - PERZENTIL=0.141 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) JULI 1990



SO₂ (mg/m³)

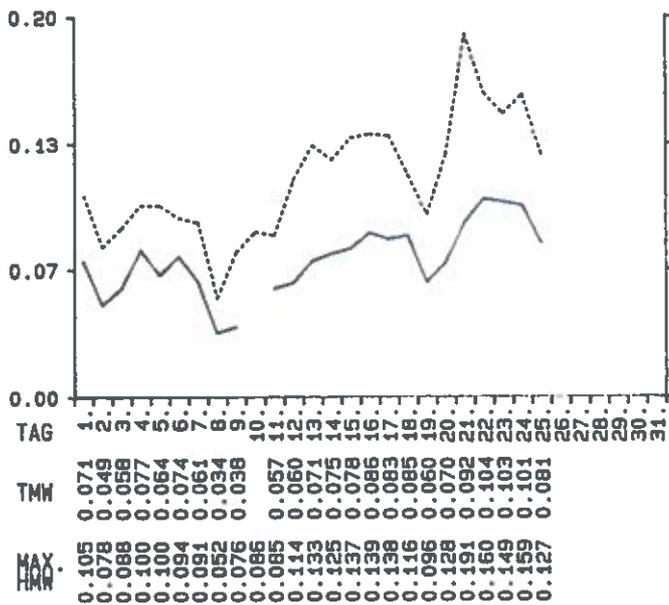
MMW= 0.002
 MAX. TMW=0.007 (14.)
 ANZ. TMW= 30
 MAX. HMW=0.027 (14./12.00)

97.5 - PERZENTIL=0.005 (A-FG)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.05mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.07mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.14mg/m³)
 KEINE



O₃ (mg/m³)

MMW= 0.072
 MAX. TMW=0.104 (22.)
 ANZ. TMW= 24
 MAX. HMW=0.191 (21./18.30)

OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE

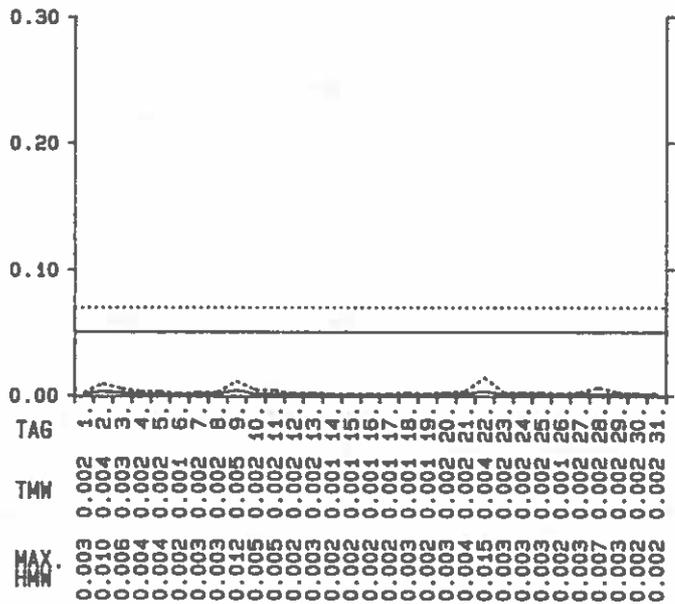
MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³): 8
 21 22 24

MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 44
 1 3 4 5 6 7 10 11 12 13 14 15 16 17 18
 19 20 21 22 23 24

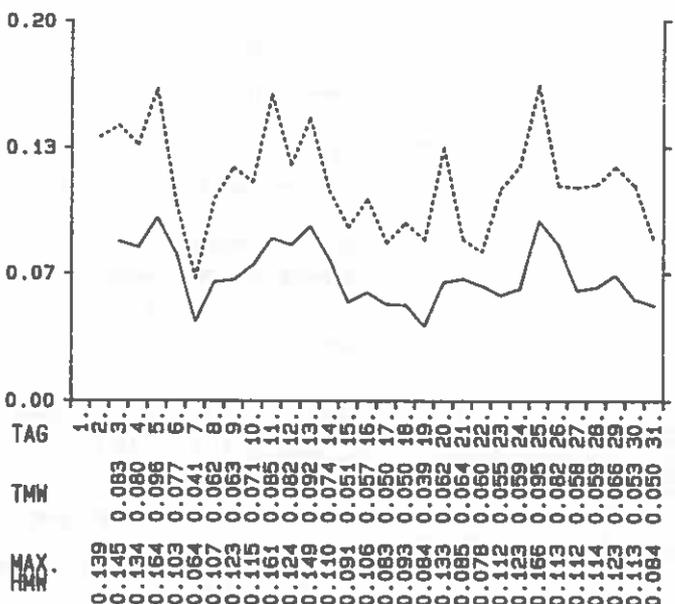
WHO: 15 TMW > 0.055 mg/m³

98.0 - PERZENTIL=0.144 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

MUEHLEGGERKOEFL (920 m) AUGUST 1990

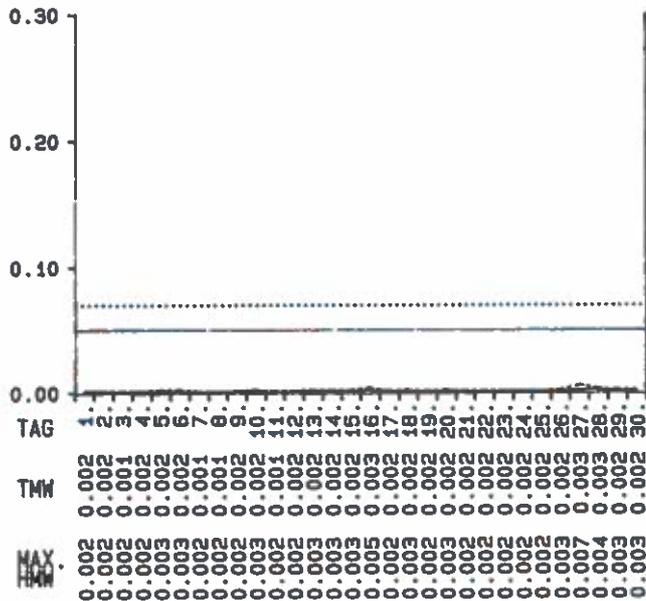


SO2 (mg/m³)
 MMW= 0.002
 MAX.TMW=0.005 (9.)
 ANZ.TMW= 31
 MAX.HMW=0.015 (22./13.30)
 97.5 - PERZENTIL=0.006 (A-F6)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.05mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.07mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.14mg/m³)
 KEINE



O3 (mg/m³)
 MMW= 0.066
 MAX.TMW=0.096 (5.)
 ANZ.TMW= 29
 MAX.HMW=0.166 (25./13.00)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE
 MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³): 12
 5 11 25
 MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 53
 2 3 4 5 6 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
 31
 WHO: 12 TMW > 0.065 mg/m³
 98.0 - PERZENTIL=0.150 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) SEPTEMBER 1990



SO2 (mg/m³)

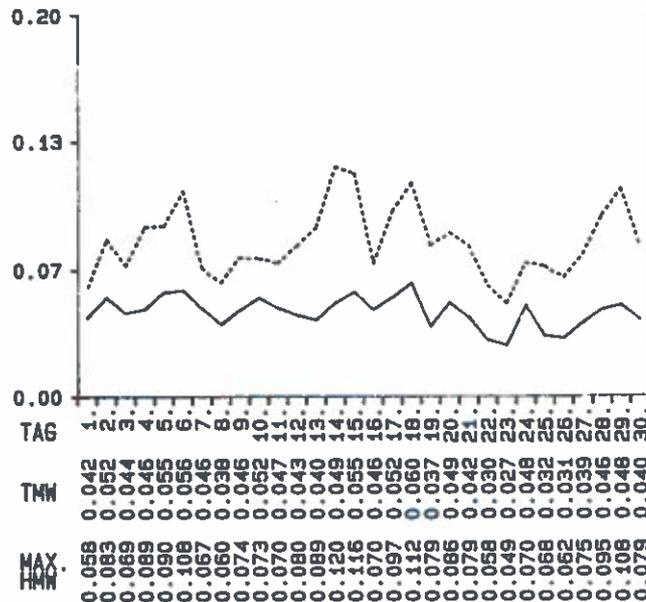
MMW= 0.002
 MAX.TMW=0.003 (16.)
 ANZ.TMW= 30
 MAX.HMW=0.007 (27./10.30)

97.5 - PERZENTIL=0.003 (A-F6)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.05mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.07mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.14mg/m³)
 KEINE



O3 (mg/m³)

MMW= 0.045
 MAX.TMW=0.060 (18.)
 ANZ.TMW= 30
 MAX.HMW=0.120 (14./17.00)

OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m3):
 KEINE

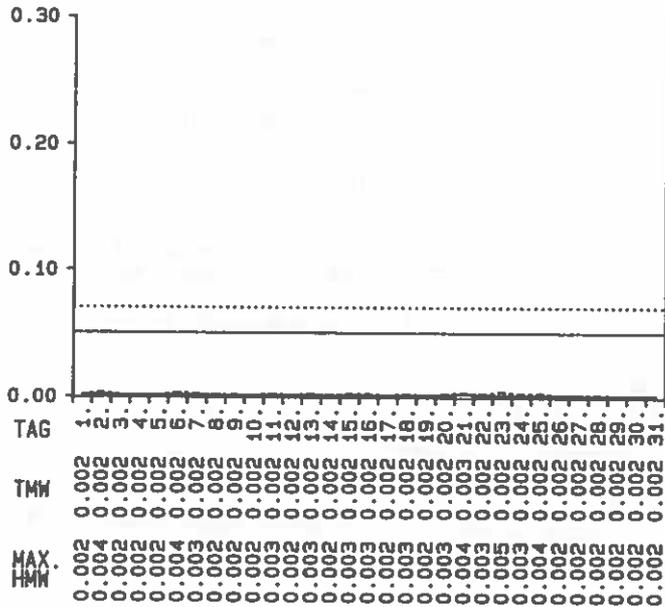
MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m3):
 KEINE

MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m3): 27
 2 4 5 6 9 10 11 13 14 15 17 18 20 21
 24 28 29 30

WHO: 0 TMW > 0.065 mg/m3

98.0 - PERZENTIL=0.100 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) OKTOBER 1990



SO₂ (mg/m³)

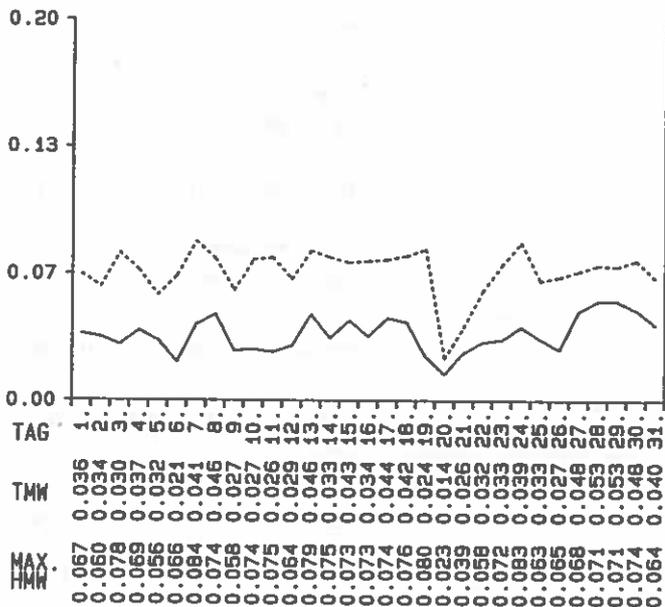
MMW= 0.002
 MAX. TMW=0.003 (21.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.005 (23./17.30)

97.5 - PERZENTIL=0.003 (A-F6)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.05mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.07mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.14mg/m³)
 KEINE



O₃ (mg/m³)

MMW= 0.035
 MAX. TMW=0.053 (28.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.084 (7. /17.00)

OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE

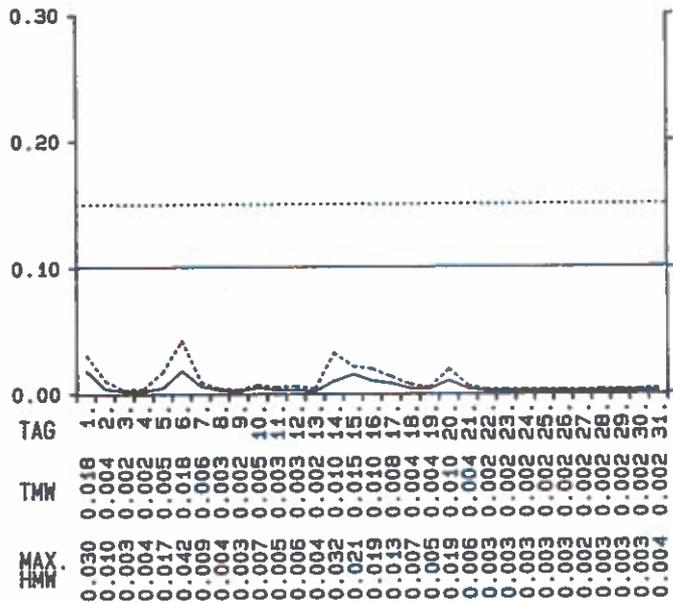
MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
 KEINE

MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 4
 13 28 29 30

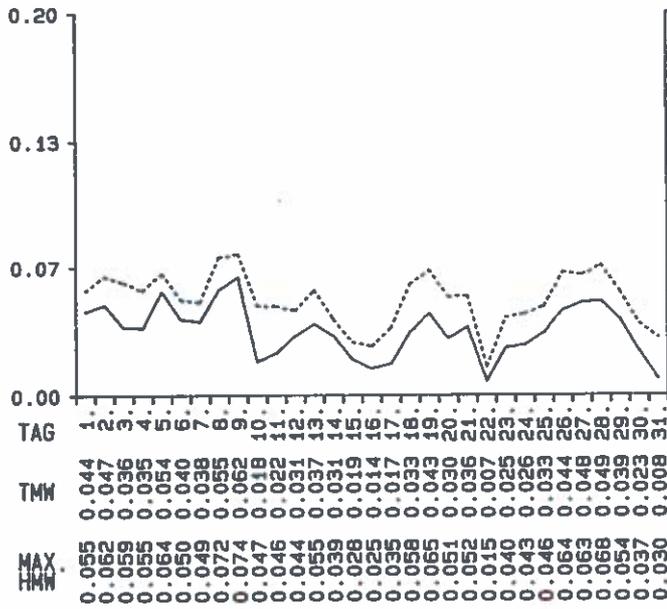
WHO: 0 TMW > 0.065 mg/m³

98.0 - PERZENTIL=0.075 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) DEZEMBER 1990

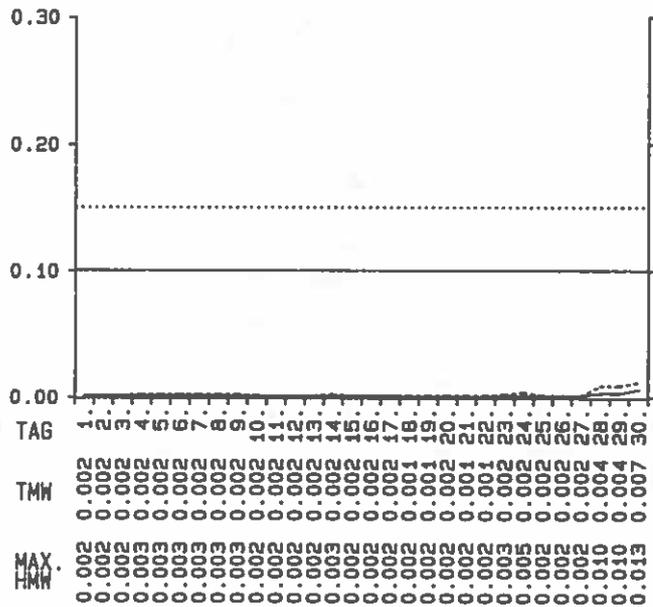


SO2 (mg/m³)
 MMW= 0.005
 MAX.TMW=0.018 (1.)
 ANZ.TMW= 31
 MAX.HMW=0.042 (6. /13.00)
 97.5 - PERZENTIL=0.023 (A-FG)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.10mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³)
 KEINE



O3 (mg/m³)
 MMW= 0.034
 MAX.TMW=0.062 (9.)
 ANZ.TMW= 31
 MAX.HMW=0.074 (9. /14.00)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m3) :
 KEINE
 MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m3) :
 KEINE
 MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m3) : 3
 8 9
 WHO: 0 TMW > 0.065 mg/m3
 98.0 - PERZENTIL=0.065 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) NOVEMBER 1990



SO₂ (mg/m³)

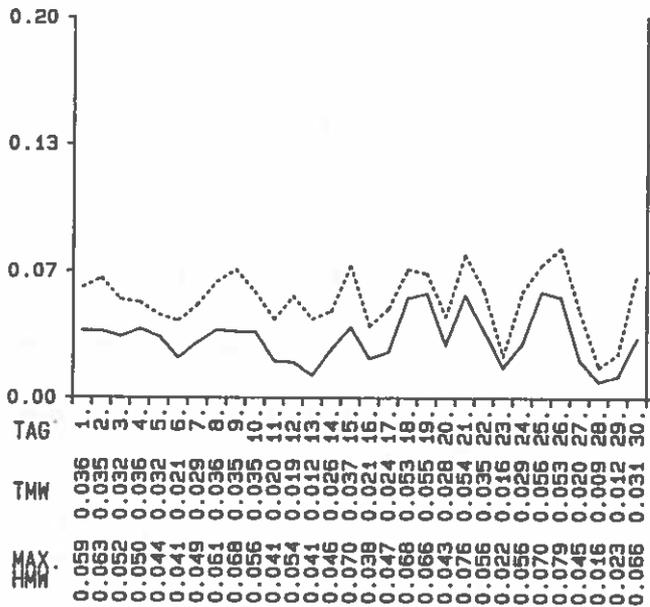
MMW= 0.002
 MAX. TMW=0.007 (30.)
 ANZ. TMW= 30
 MAX. HMW=0.013 (30./11.00)

97.5 - PERZENTIL=0.008 (A-FG)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.10mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³)
 KEINE



O₃ (mg/m³)

MMW= 0.031
 MAX. TMW=0.056 (25.)
 ANZ. TMW= 30
 MAX. HMW=0.079 (26./6.00)

GEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE

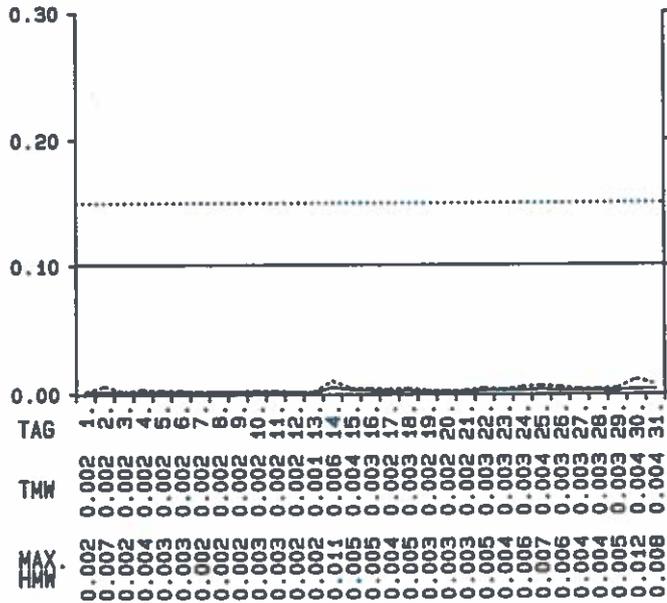
MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
 KEINE

MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 6
 18 19 21 25 26

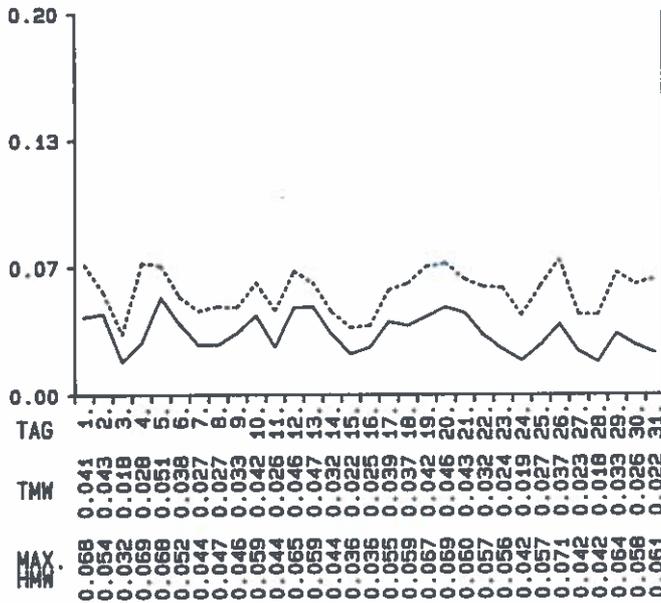
WHO: 0 TMW > 0.065 mg/m³

98.0 - PERZENTIL=0.067 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) JAENNER 1991

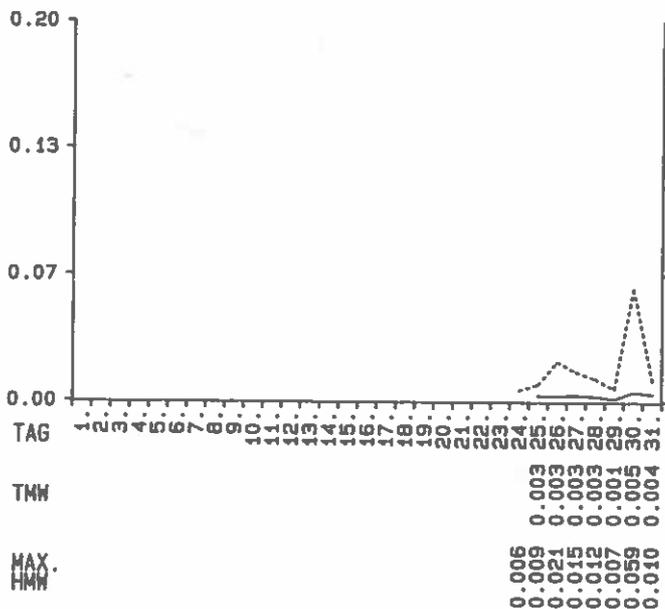


SO₂ (mg/m³)
 MMW= 0.003
 MAX.TMW=0.006 (14.)
 ANZ.TMW= 31
 MAX.HMW=0.012 (30./17.30)
 97.5 - PERZENTIL=0.007 (A-F8)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.10 mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.15 mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.30 mg/m³)
 KEINE

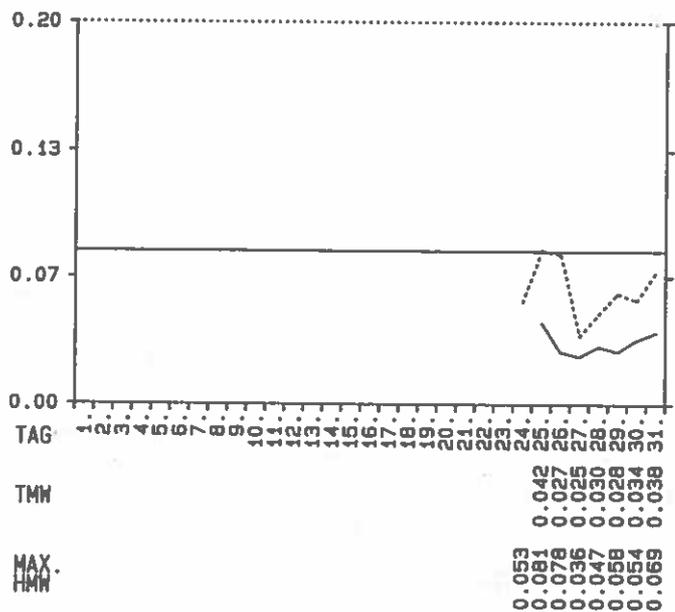


O₃ (mg/m³)
 MMW= 0.033
 MAX.TMW=0.051 (5.)
 ANZ.TMW= 31
 MAX.HMW=0.071 (26./14.30)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE
 MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
 KEINE
 MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 1
 5
 WHO: 0 TMW > 0.065 mg/m³
 98.0 - PERZENTIL=0.064 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) JAENNER 1991

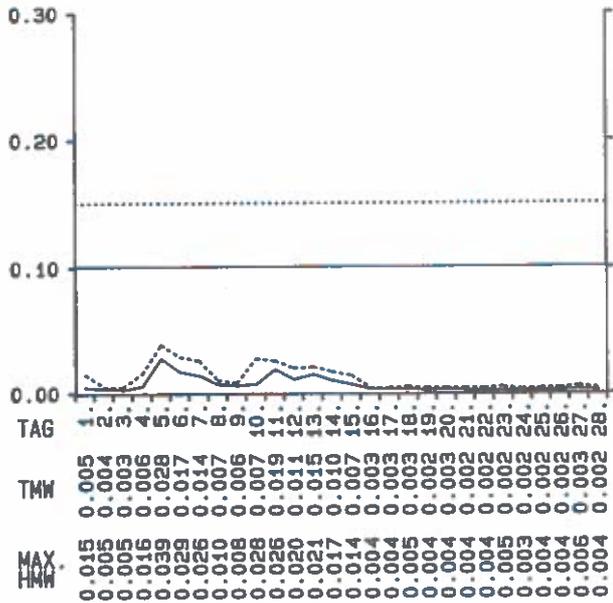


NO (mg/m³)
 MMW= 0.003
 MAX. TMW=0.005 (30.)
 ANZ. TMW= 7
 MAX. HMW=0.059 (30./13.30)



NO2 (mg/m³)
 MMW= 0.032
 MAX. TMW=0.042 (25.)
 ANZ. TMW= 7
 MAX. HMW=0.081 (25./18.30)
 95.0 - PERZENTIL=0.062 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN
 OEST. AKAD. d. WISS.:
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.08mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.20mg/m³)
 KEINE

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) FEBRUAR 1991



SO2 (mg/m³)

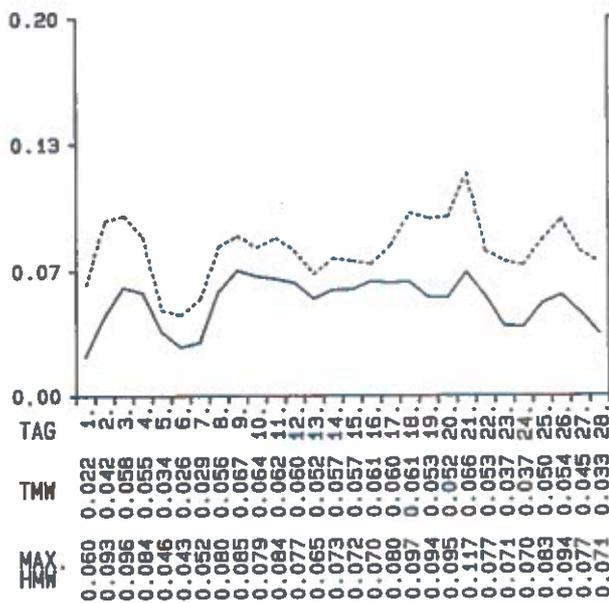
MMW= 0.007
 MAX.TMW=0.028 (5.)
 ANZ.TMW= 28
 MAX.HMW=0.039 (5. /2.30)

97.5 - PERZENTIL=0.028 (A-FG)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.10mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³)
 KEINE



O3 (mg/m³)

MMW= 0.050
 MAX.TMW=0.067 (9.)
 ANZ.TMW= 28
 MAX.HMW=0.117 (21./15.30)

OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE

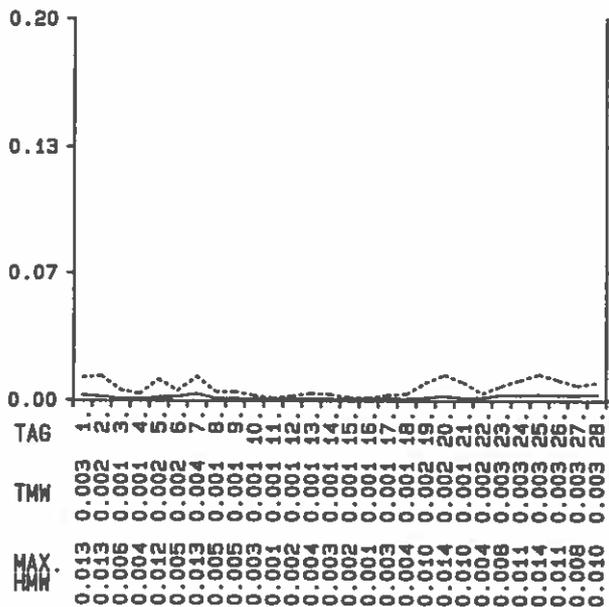
MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
 KEINE

MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 26
 3 4 8 9 10 11 12 14 15 16 17 18 19 20
 21 22 25

MHO: 2 TMW > 0.065 mg/m3

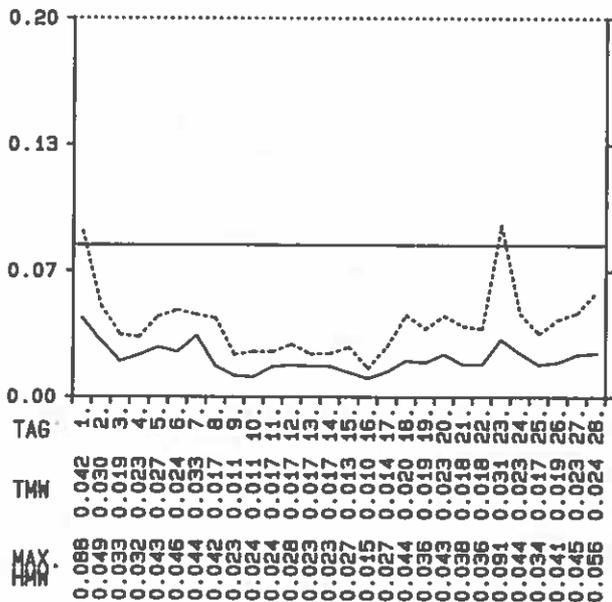
98.0 - PERZENTIL=0.091 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) FEBRUAR 1991



NO (mg/m³)

MMW= 0.002
 MAX. TMM=0.004 (7.)
 ANZ. TMM= 28
 MAX. HMW=0.014 (25./9.00)



NO2 (mg/m³)

MMW= 0.021
 MAX. TMM=0.042 (1.)
 ANZ. TMM= 28
 MAX. HMW=0.091 (23./19.00)

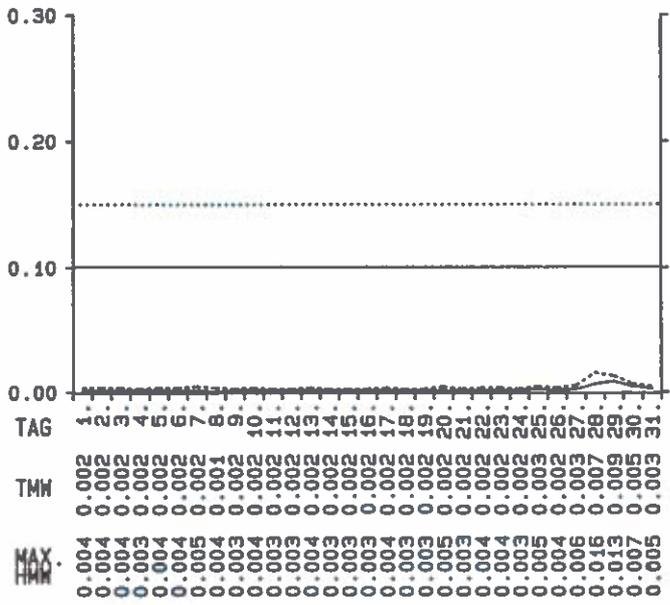
95.0 - PERZENTIL=0.043 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

DEST. AKAD. d. WISS.:

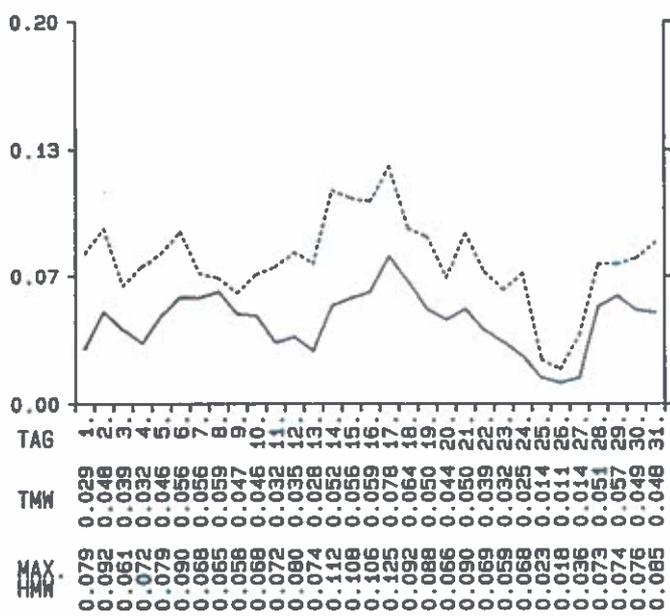
TMM UEBERSCHREITUNGEN (0.08mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.20mg/m³)
 KEINE

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) MAERZ 1991

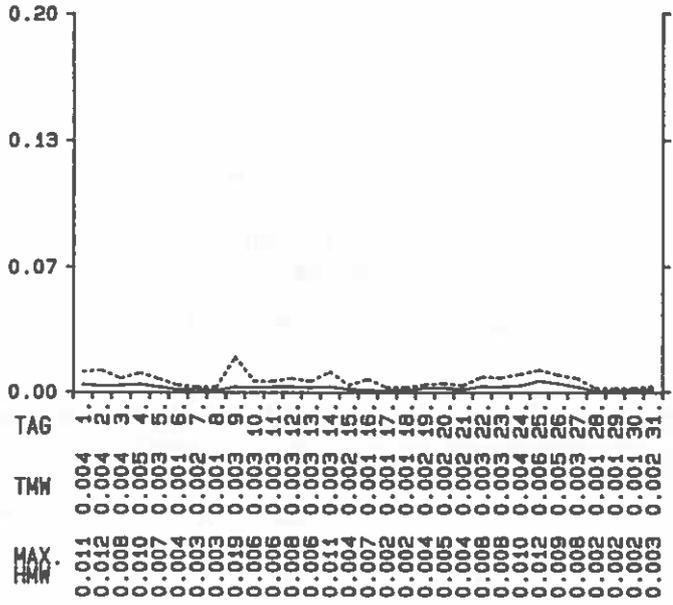


SO2 (mg/m³)
 MMW= 0.003
 MAX. TMW=0.009 (29.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.016 (28./17.00)
 97.5 - PERZENTIL=0.010 (A-FG)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.10mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³)
 KEINE

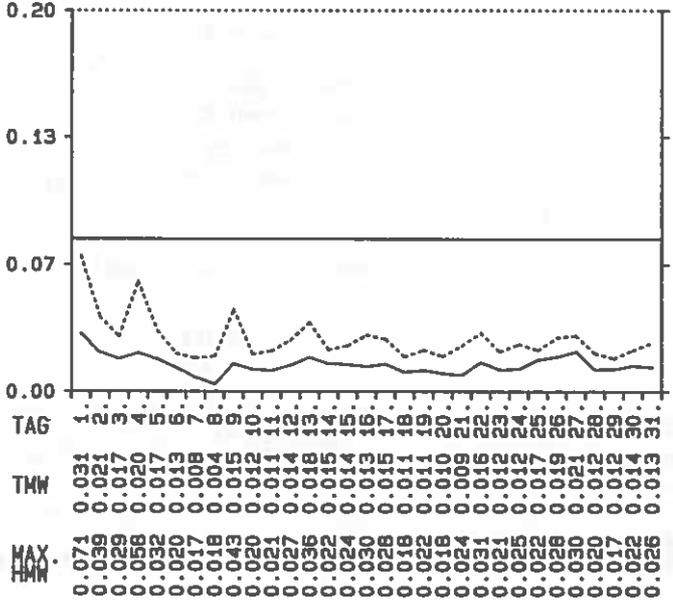


O3 (mg/m³)
 MMW= 0.043
 MAX. TMW=0.078 (17.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.125 (17./17.00)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE
 MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
 KEINE
 MW6-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 18
 2 6 7 8 14 15 16 17 18 19 21 31
 WHO: 1 TMW > 0.065 mg/m³
 98.0 - PERZENTIL=0.105 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

MUEHLEGGERKOEFL (920 m) MAERZ 1991



NO (mg/m³)
 MMW= 0.003
 MAX. TMW=0.006 (25.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.019 (9. /12.00)

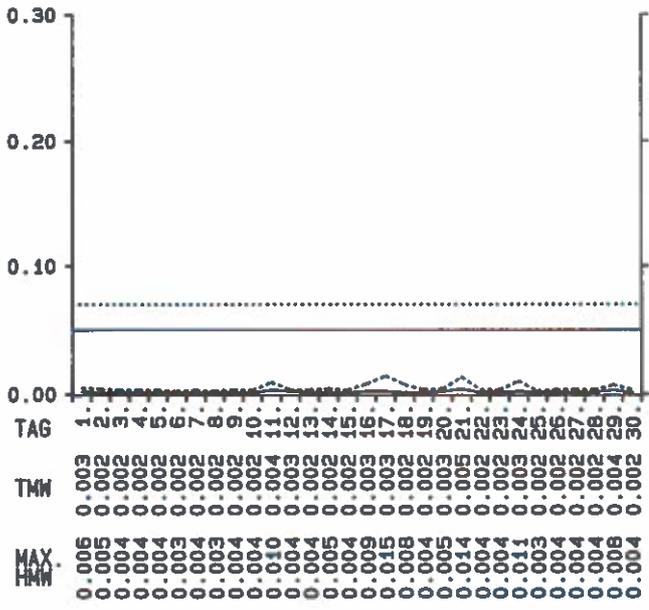


NO2 (mg/m³)
 MMW= 0.014
 MAX. TMW=0.031 (1.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.071 (1. /19.00)

95.0 - PERZENTIL=0.026 (CH-LRVD)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

DEST. AKAD. d. WISS.:
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.08mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.20mg/m³)
 KEINE

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) APRIL 1991



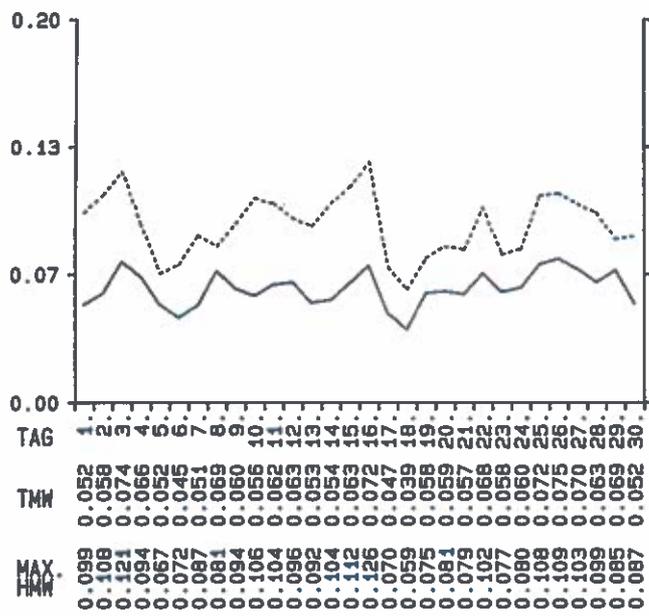
SO2 (mg/m³)
 MMW= 0.002
 MAX. TMW=0.005 (21.)
 ANZ. TMW= 30
 MAX. HMW=0.015 (17./10.00)

 97.5 - PERZENTIL=0.006 (A-F6)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.05mg/m³)
 KEINE

 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.07mg/m³)
 KEINE

 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.14mg/m³)
 KEINE



O3 (mg/m³)
 MMW= 0.060
 MAX. TMW=0.075 (26.)
 ANZ. TMW= 30
 MAX. HMW=0.126 (16./21.00)

 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m3):
 KEINE

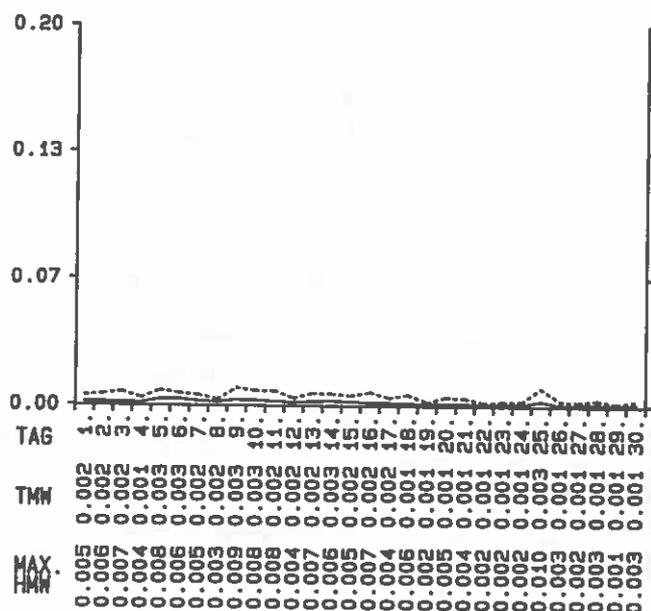
 MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m3):
 KEINE

 MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m3): 48
 1 2 3 4 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

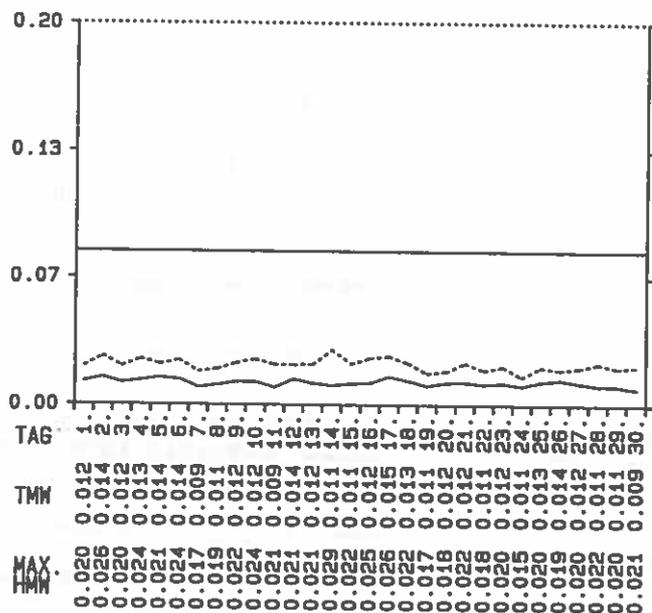
 WHO: 9 TMW > 0.065 mg/m3

 98.0 - PERZENTIL=0.108 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) APRIL 1991

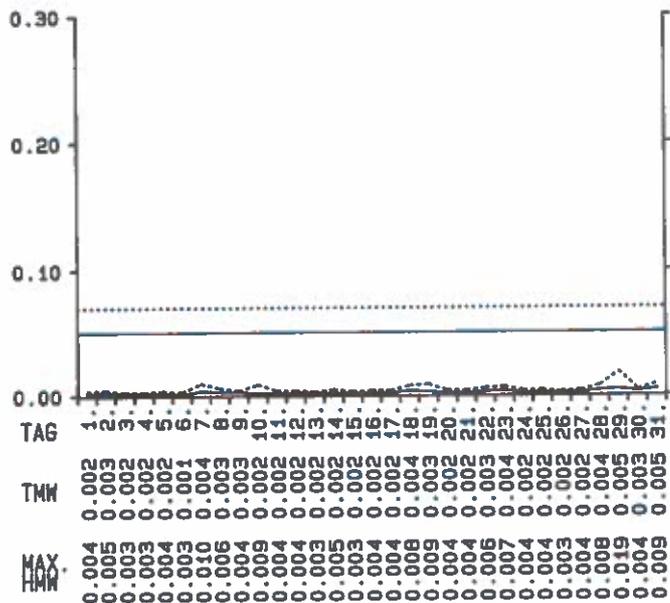


NO (mg/m³)
 MMW= 0.002
 MAX. TMW=0.003 (6.)
 ANZ. TMW= 30
 MAX. HMW=0.010 (25./15.30)

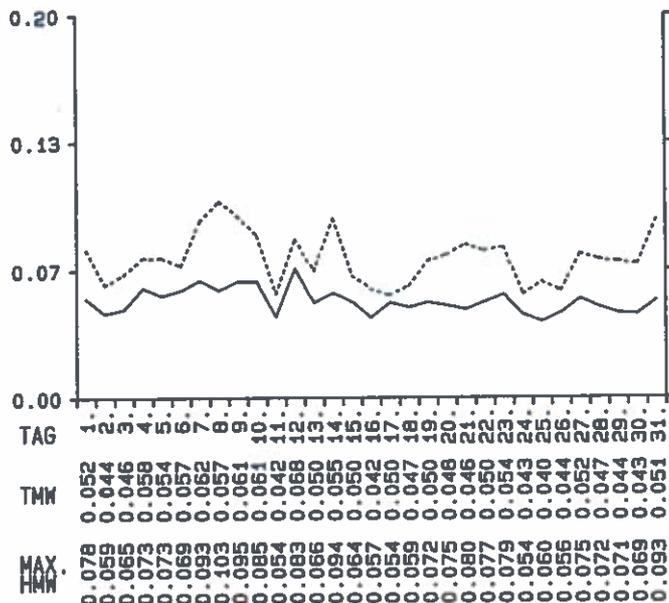


NO₂ (mg/m³)
 MMW= 0.012
 MAX. TMW=0.015 (17.)
 ANZ. TMW= 30
 MAX. HMW=0.029 (14./19.30)
 95.0 - PERZENTIL=0.020 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN
 OEST. AKAD. d. WISS.:
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.08mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.20mg/m³)
 KEINE

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) MAI 1991

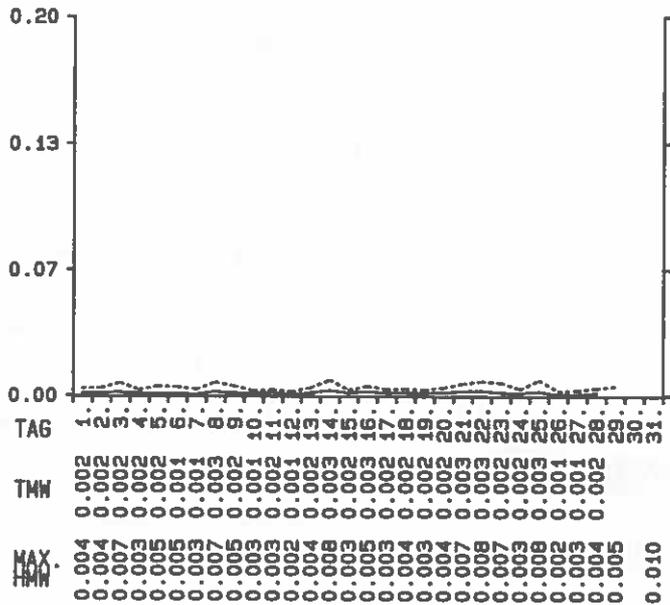


SO2 (mg/m³)
 MMW= 0.003
 MAX.TMW=0.005 (29.)
 ANZ.TMW= 31
 MAX.HMW=0.019 (29./12.30)
 97.5 - PERZENTIL=0.008 (A-FG)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.05mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.07mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.14mg/m³)
 KEINE

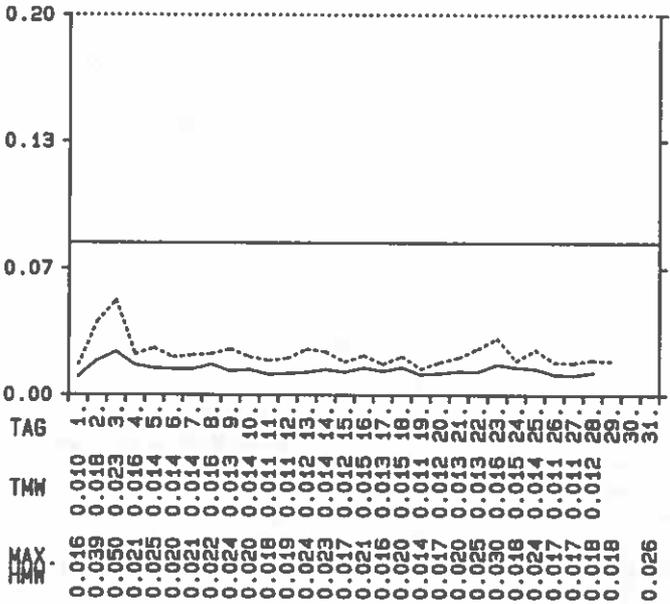


O3 (mg/m³)
 MMW= 0.051
 MAX.TMW=0.068 (12.)
 ANZ.TMW= 31
 MAX.HMW=0.103 (8. /17.30)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE
 MM1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
 KEINE
 MM2-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 26
 1 4 5 6 7 8 9 10 12 13 14 20 21 22 28
 29 31
 WHO: 1 TMW > 0.065 mg/m³
 98.0 - PERZENTIL=0.090 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) MAI 1991



NO (mg/m³)
 MMW= 0.002
 MAX. TMW=0.003 (14.)
 ANZ. TMW= 28
 MAX. HMW=0.010 (31./14.00)

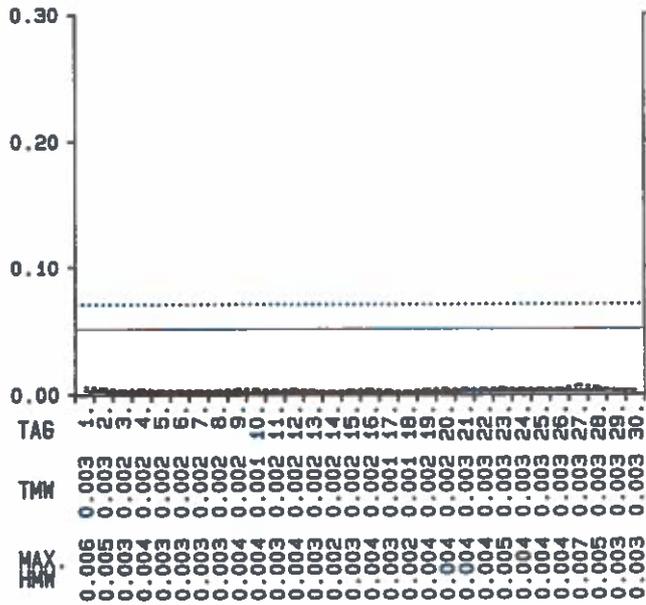


NO2 (mg/m³)
 MMW= 0.014
 MAX. TMW=0.023 (3.)
 ANZ. TMW= 28
 MAX. HMW=0.050 (3. /14.30)

95.0 - PERZENTIL=0.020 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

OEST. AKAD. d. WISS.:
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.08mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.20mg/m³)
 KEINE

MUEHLEGGERKOEFL (920 m) JUNI 1991



SO2 (mg/m³)

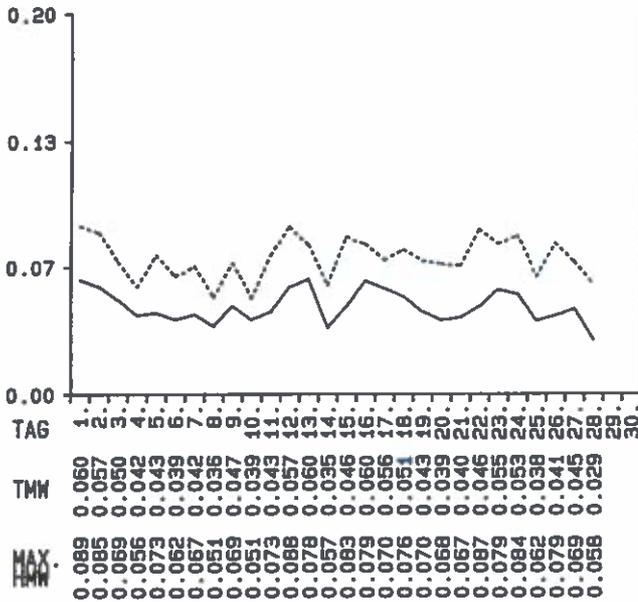
MMW= 0.002
 MAX.TMW=0.003 (1.)
 ANZ.TMW= 30
 MAX.HMW=0.007 (27./13.30)

97.5 - PERZENTIL=0.004 (A-F6)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.05mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.07mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.14mg/m³)
 KEINE



O3 (mg/m³)

MMW= 0.046
 MAX.TMW=0.060 (13.)
 ANZ.TMW= 28
 MAX.HMW=0.089 (1. /16.00)

OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m3):
 KEINE

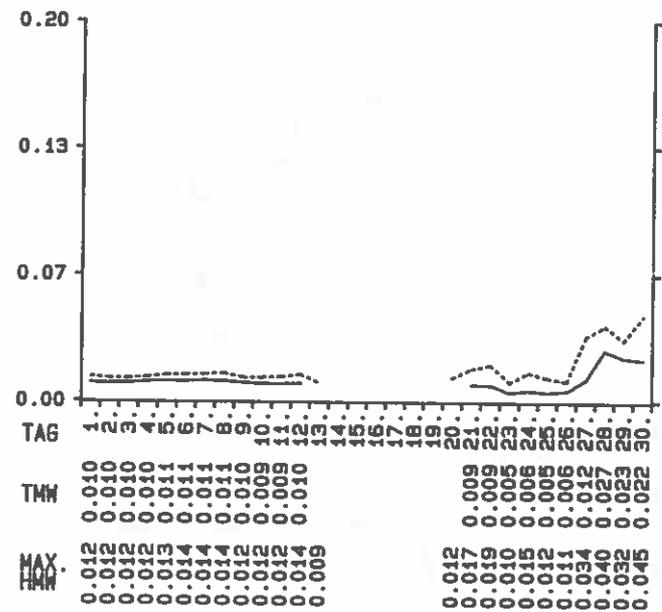
MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m3):
 KEINE

MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m3): 18
 1 2 9 12 13 15 16 18 22 23 24 26

WHO: 0 TMW > 0.065 mg/m3

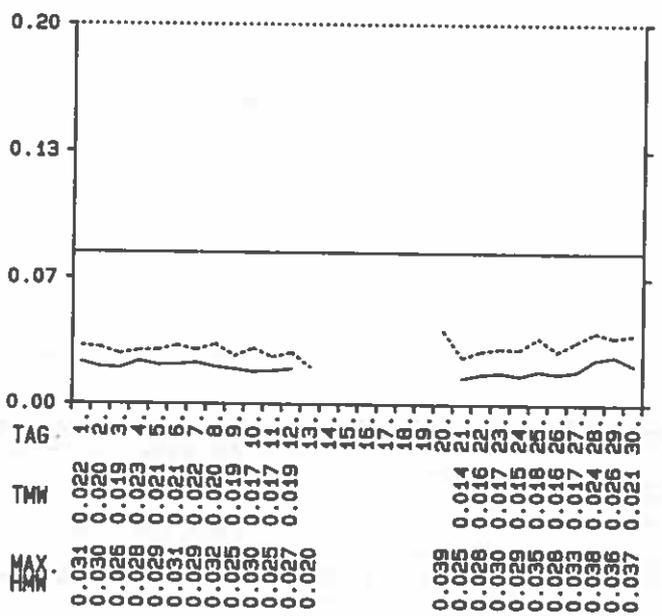
98.0 - PERZENTIL=0.084 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) JUNI 1991



NO (mg/m³)

MMW= 0.011
 MAX. TMW=0.027 (28.)
 ANZ. TMW= 22
 MAX. HMW=0.045 (30./5.30)



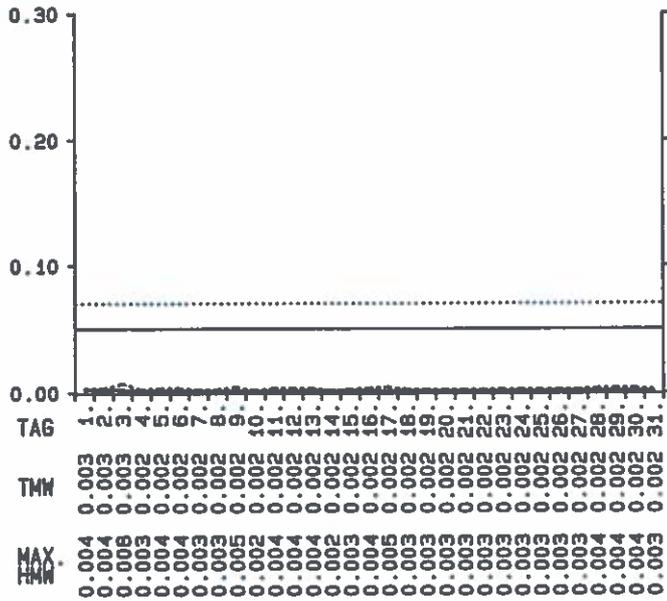
NO2 (mg/m³)

MMW= 0.019
 MAX. TMW=0.026 (29.)
 ANZ. TMW= 22
 MAX. HMW=0.039 (20./16.30)

95.0 - PERZENTIL=0.028 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

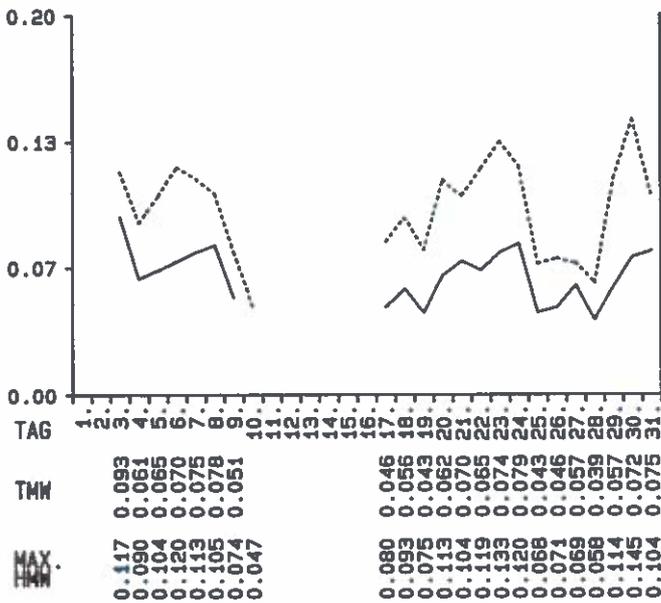
DEST. AKAD. d. MISS.:
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.08mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.20mg/m³)
 KEINE

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) JULI 1991



SO2 (mg/m³)

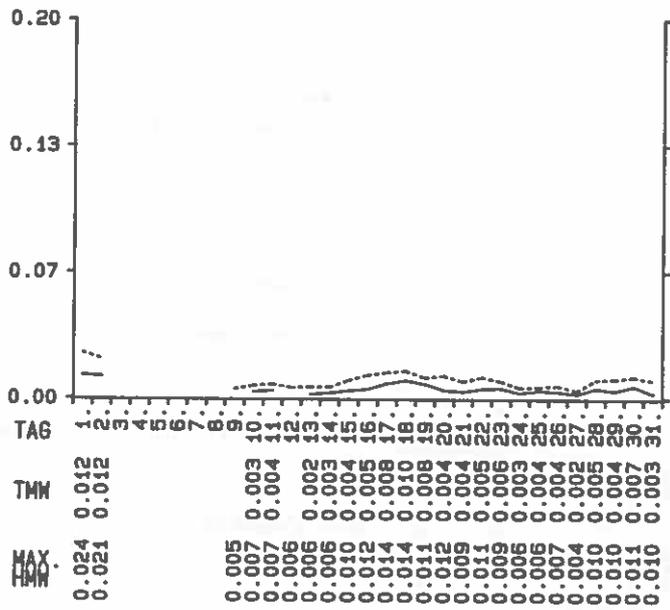
MMW= 0.002
 MAX.TMW=0.003 (1.)
 ANZ.TMW= 31
 MAX.HMW=0.008 (3. /12.30)
 97.5 - PERZENTIL=0.003 (A-F8)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.05mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.07mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.14mg/m³)
 KEINE



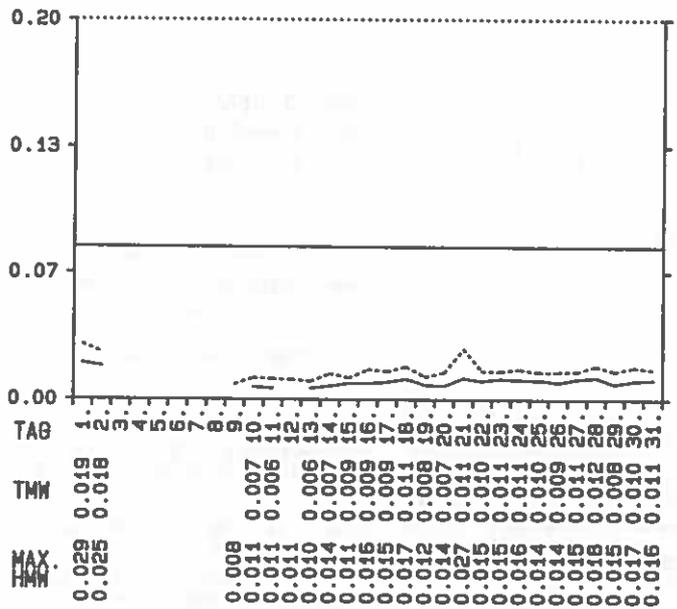
O3 (mg/m³)

MMW= 0.063
 MAX.TMW=0.093 (3.)
 ANZ.TMW= 22
 MAX.HMW=0.145 (30./17.00)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE
 MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
 KEINE
 MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 31
 3 4 5 6 7 8 18 20 21 22 23 24 29 30 31
 WHO: 11 TMW > 0.065 mg/m³
 98.0 - PERZENTIL=0.121 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) JULI 1991

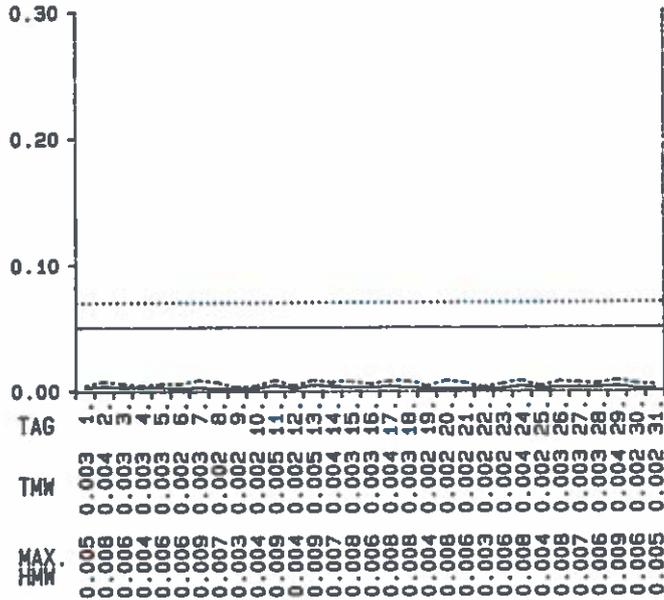


NO (mg/m³)
 MMW= 0.005
 MAX. TMW=0.012 (1.)
 ANZ. TMW= 23
 MAX. HMW=0.024 (1. /1.00)

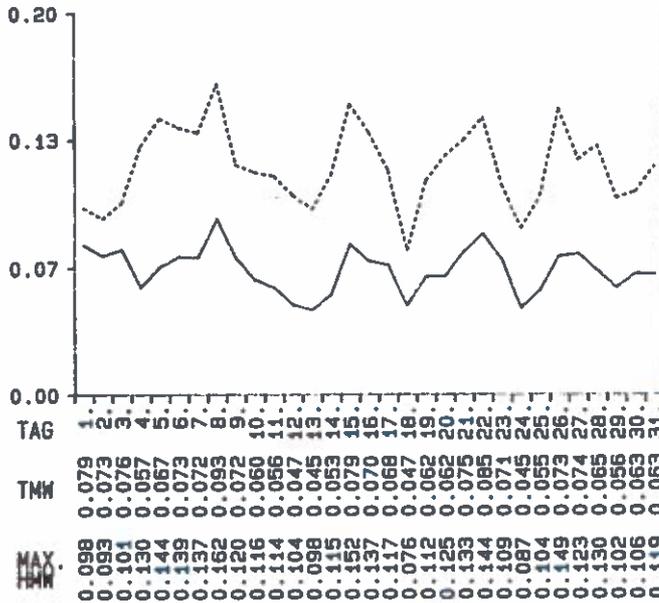


NO2 (mg/m³)
 MMW= 0.010
 MAX. TMW=0.019 (1.)
 ANZ. TMW= 23
 MAX. HMW=0.029 (1. /12.00)
 95.0 - PERZENTIL=0.019 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN
 DEST. AKAD. d. WISS.:
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.08mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.20mg/m³)
 KEINE

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) AUGUST 1991

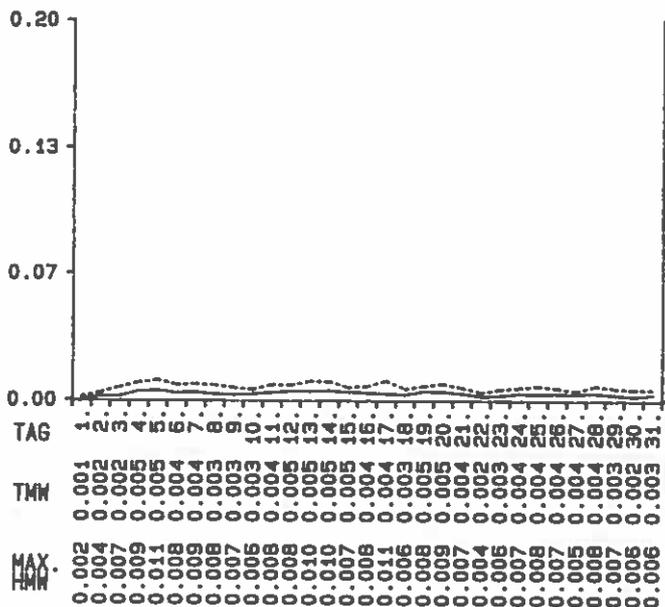


SO2 (mg/m³)
 MMW= 0.003
 MAX.TMW=0.005 (11.)
 ANZ.TMW= 31
 MAX.HMW=0.009 (7. /13.00)
 97.5 - PERZENTIL=0.007 (A-FG)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.05mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.07mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.14mg/m³)
 KEINE

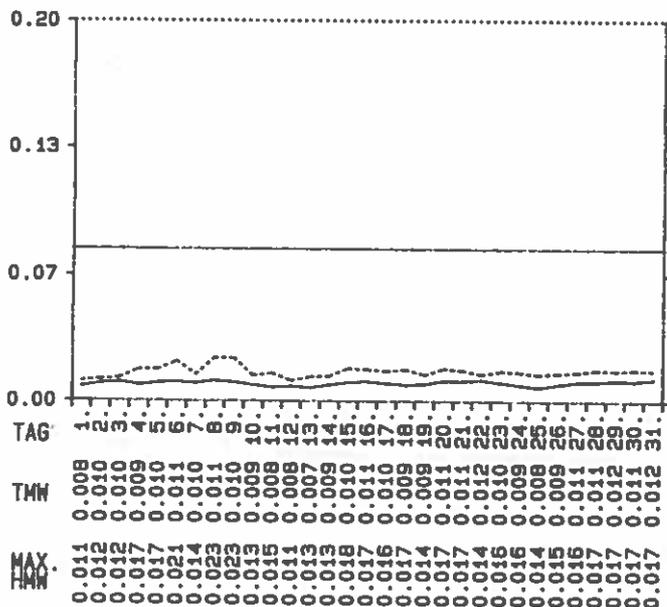


O3 (mg/m³)
 MMW= 0.066
 MAX.TMW=0.093 (8.)
 ANZ.TMW= 31
 MAX.HMW=0.162 (8. /15.30)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE
 MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³): 4
 8 15
 MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 57
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23 25 26 27 28 29 30
 31
 WHO: 16 TMW > 0.065 mg/m³
 98.0 - PERZENTIL=0.139 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) AUGUST 1991



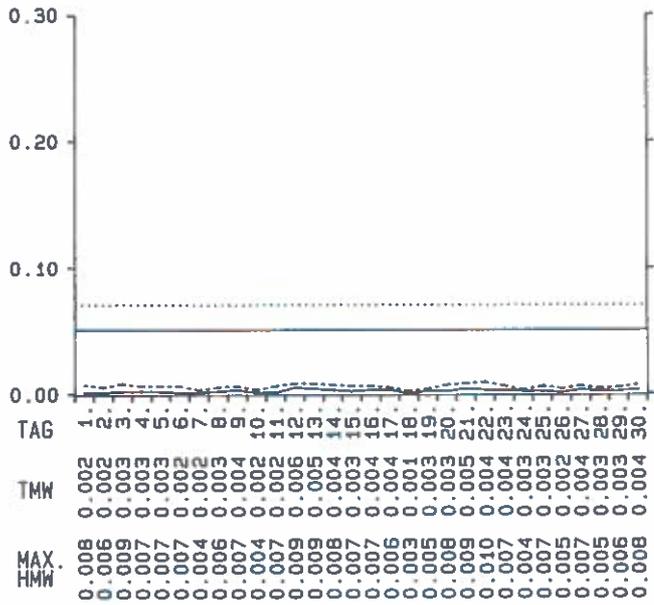
NO (mg/m³)
 MMW= 0.004
 MAX. TMW=0.005 (5.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.011 (5. /8.00)



NO2 (mg/m³)
 MMW= 0.010
 MAX. TMW=0.012 (31.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.023 (8. /11.00)
 95.0 - PERZENTIL=0.015 (CH-LRVD)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

OEST. AKAD. d. WISS.:
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.08mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.20mg/m³)
 KEINE

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) SEPTEMBER 1991



SO2 (mg/m³)

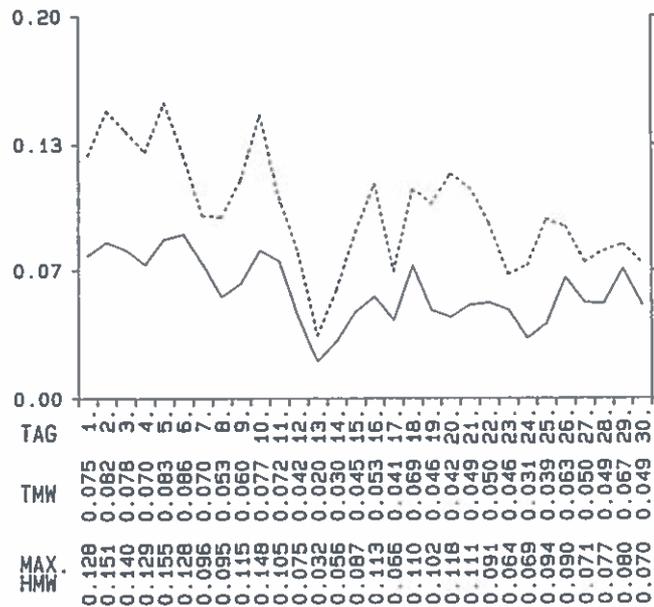
MMW= 0.003
 MAX. TMW=0.006 (12.)
 ANZ. TMW= 30
 MAX. HMW=0.010 (22./10.00)

97.5 - PERZENTIL=0.007 (A-FG)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.05mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.07mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.14mg/m³)
 KEINE



O3 (mg/m³)

MMW= 0.056
 MAX. TMW=0.086 (6.)
 ANZ. TMW= 30
 MAX. HMW=0.155 (5. /16.00)

OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE

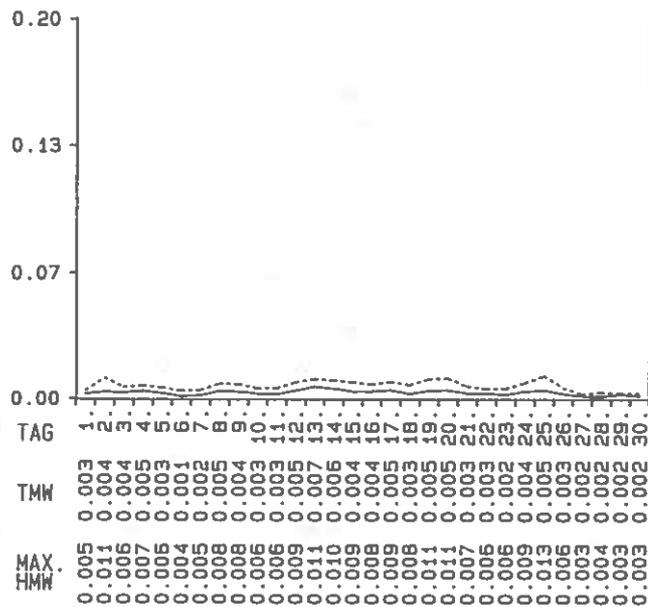
MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³): 1
 5

MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 38
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 16 18 20 21 22
 25 26 29

WHO: 11 TMW > 0.065 mg/m³

98.0 - PERZENTIL=0.134 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

MUEHLEGGERKOEFL (920 m) SEPTEMBER 1991



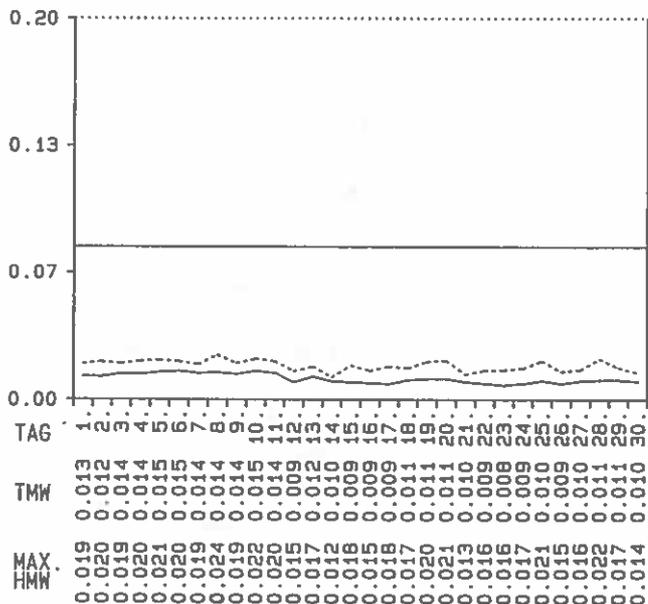
NO (mg/m³)

MMW= 0.004

MAX. TMW=0.007 (13.)

ANZ. TMW= 30

MAX. HMW=0.013 (25./8.00)



NO₂ (mg/m³)

MMW= 0.011

MAX. TMW=0.015 (6.)

ANZ. TMW= 30

MAX. HMW=0.024 (8. /19.00)

95.0 - PERZENTIL=0.018 (CH-LAVD)

UEBERSCHREITUNG : NEIN

OEST. AKAD. d. WISS.:

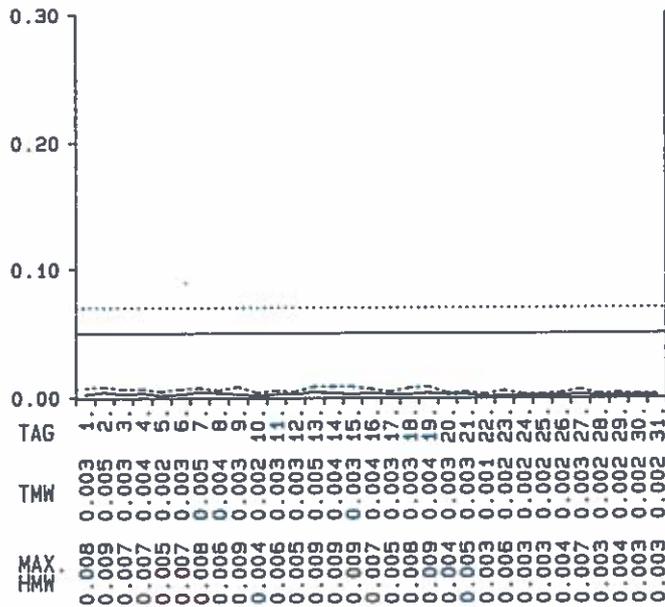
TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.08mg/m³)

KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.20mg/m³)

KEINE

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) OKTOBER 1991



SO2 (mg/m³)

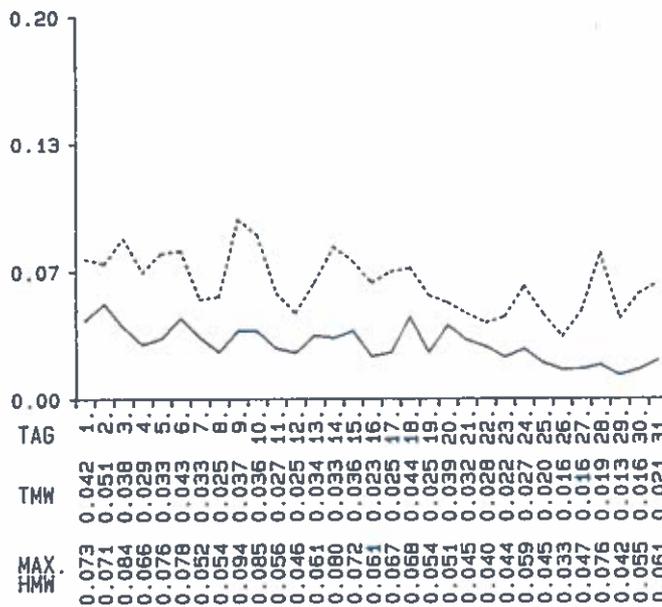
MMW= 0.003
 MAX. TMW=0.005 (2.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.009 (2. /16.30)

97.5 - PERZENTIL=0.007 (A-FG)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.05mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.07mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.14mg/m³)
 KEINE



O3 (mg/m³)

MMW= 0.029
 MAX. TMW=0.051 (2.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.094 (9. /15.00)

OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE

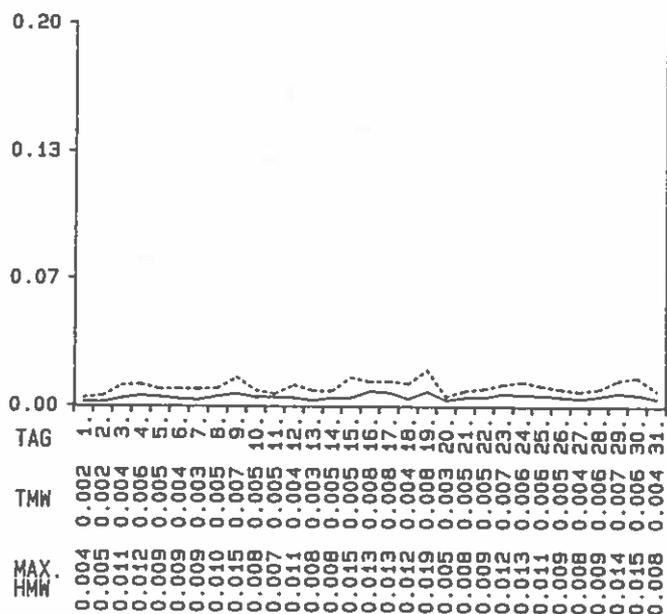
MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
 KEINE

MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 4
 2 5 10

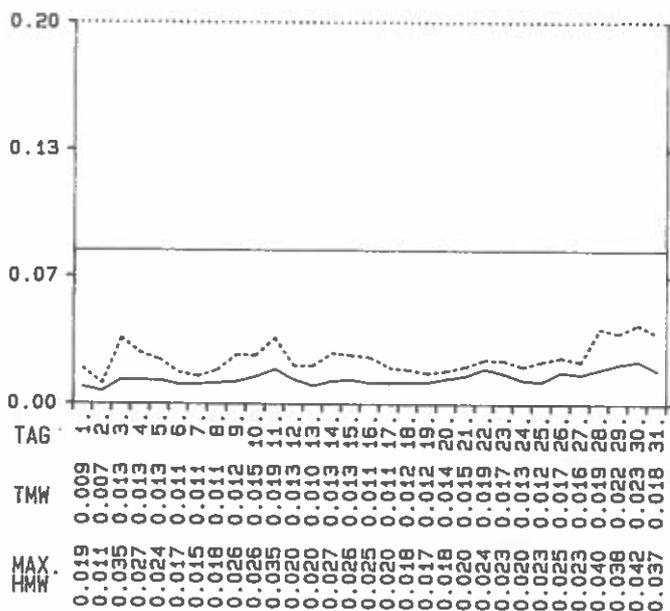
WHO: 0 TMW > 0.065 mg/m³

98.0 - PERZENTIL=0.075 (CH-LRVD)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) OKTOBER 1991



NO (mg/m³)
 MMW= 0.005
 MAX.TMW=0.008 (16.)
 ANZ.TMW= 31
 MAX.HMW=0.019 (19./11.00)



NO₂ (mg/m³)
 MMW= 0.014
 MAX.TMW=0.023 (30.)
 ANZ.TMW= 31
 MAX.HMW=0.042 (30./17.30)
 95.0 - PERZENTIL=0.025 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

OEST. AKAD. d. WISS.:

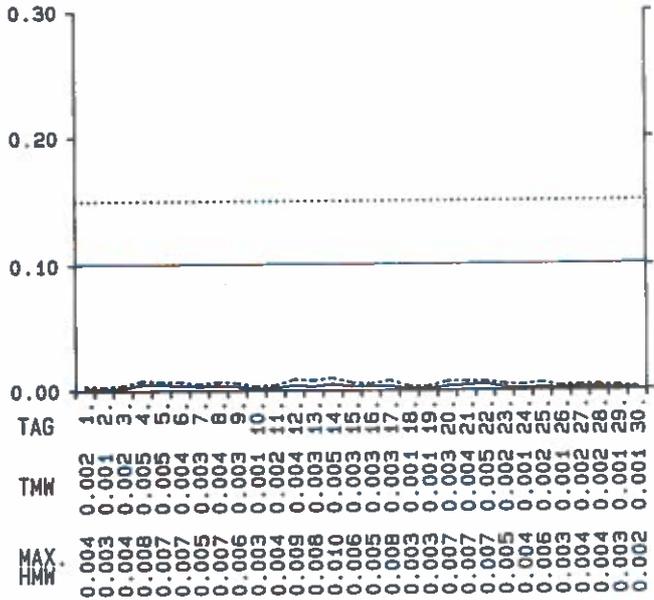
TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.08mg/m³)

KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.20mg/m³)

KEINE

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) NOVEMBER 1991



SO₂ (mg/m³)

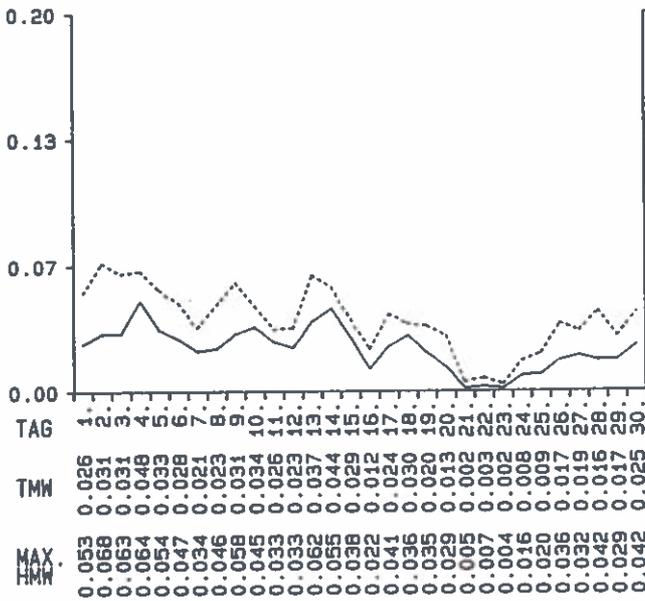
MMW= 0.003
 MAX.TMW=0.005 (4.)
 ANZ.TMW= 30
 MAX.HMW=0.010 (14./19.30)

97.5 - PERZENTIL=0.007 (A-FG)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.10mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³)
 KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³)
 KEINE



O₃ (mg/m³)

MMW= 0.023
 MAX.TMW=0.048 (4.)
 ANZ.TMW= 30
 MAX.HMW=0.068 (2. /15.30)

OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE

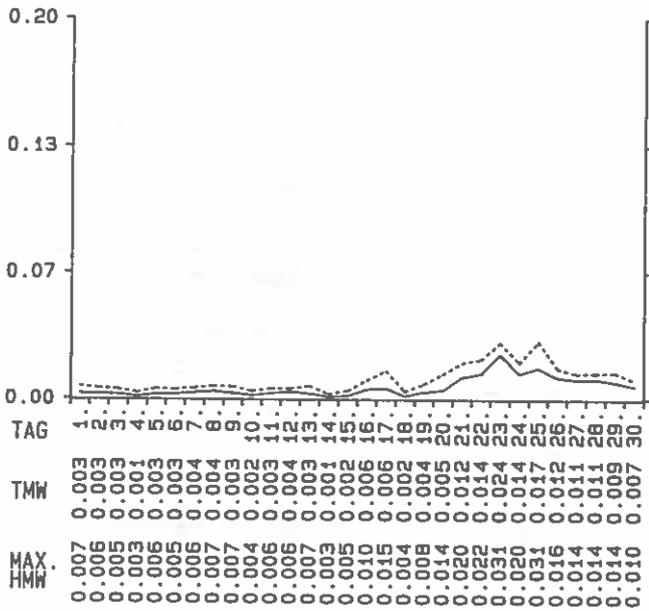
MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
 KEINE

MW0-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³):
 KEINE

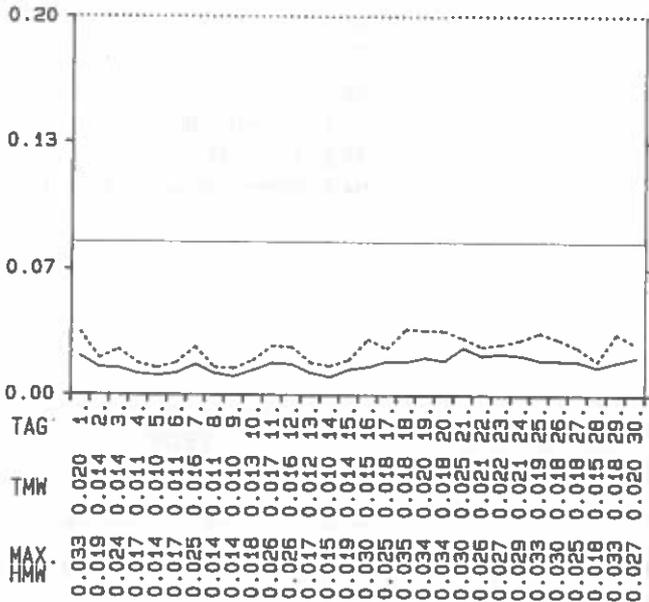
MHO: 0 TMW > 0.065 mg/m³

98.0 - PERZENTIL=0.058 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) NOVEMBER 1991

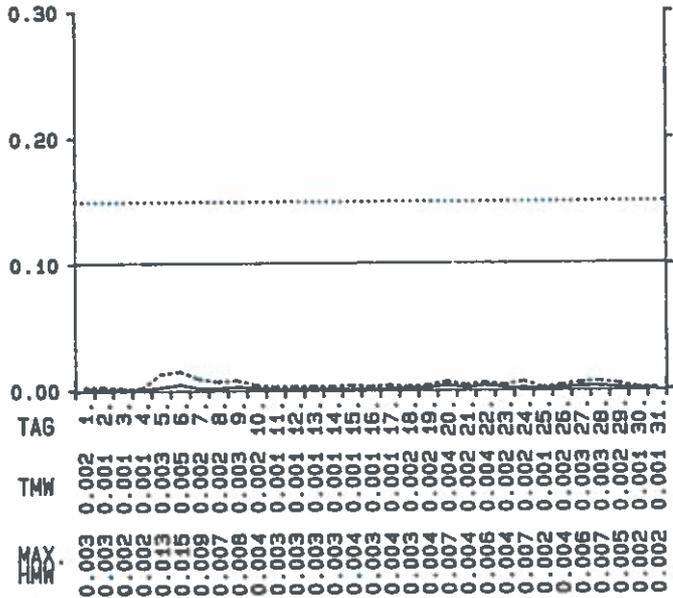


NO (mg/m³)
 MMW= 0.007
 MAX. TMW=0.024 (23.)
 ANZ. TMW= 30
 MAX. HMW=0.031 (25./17.00)

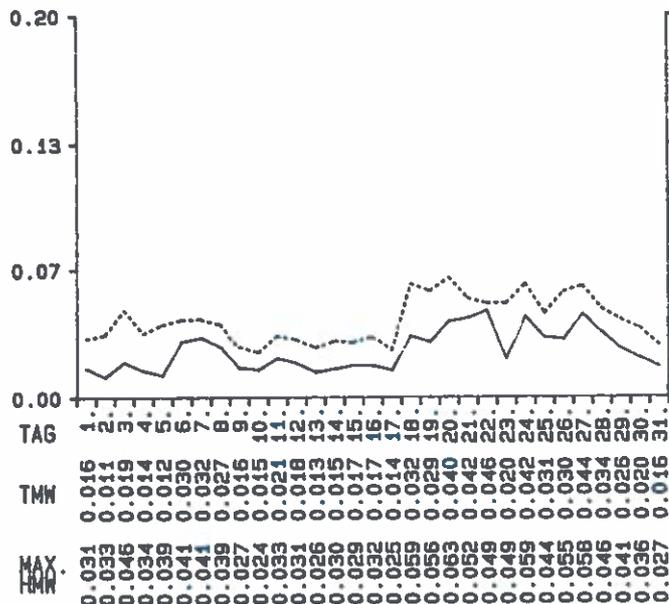


NO2 (mg/m³)
 MMW= 0.016
 MAX. TMW=0.025 (21.)
 ANZ. TMW= 30
 MAX. HMW=0.035 (18./17.00)
 95.0 - PERZENTIL=0.028 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN
 OEST. AKAD. d. WISS.:
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.08mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.20mg/m³)
 KEINE

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) DEZEMBER 1991

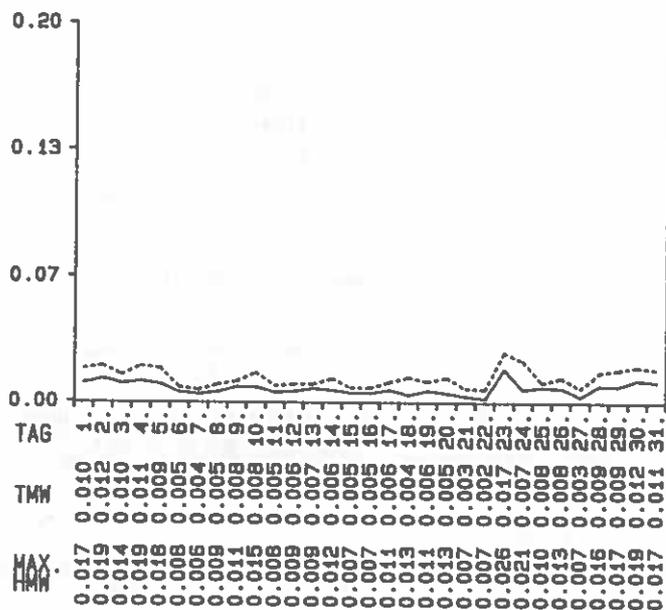


SO₂ (mg/m³)
 MMW= 0.002
 MAX. TMW=0.005 (6.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.015 (6. /6.30)
 97.5 - PERZENTIL=0.007 (A-FG)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN
 TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.10mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³)
 KEINE
 HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³)
 KEINE



O₃ (mg/m³)
 MMW= 0.024
 MAX. TMW=0.046 (22.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.063 (20./9.00)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE
 MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
 KEINE
 MWB-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³):
 KEINE
 WHO: 0 TMW > 0.065 mg/m³
 98.0 - PERZENTIL=0.055 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

MUEHLEGGERKOEPL (920 m) DEZEMBER 1991



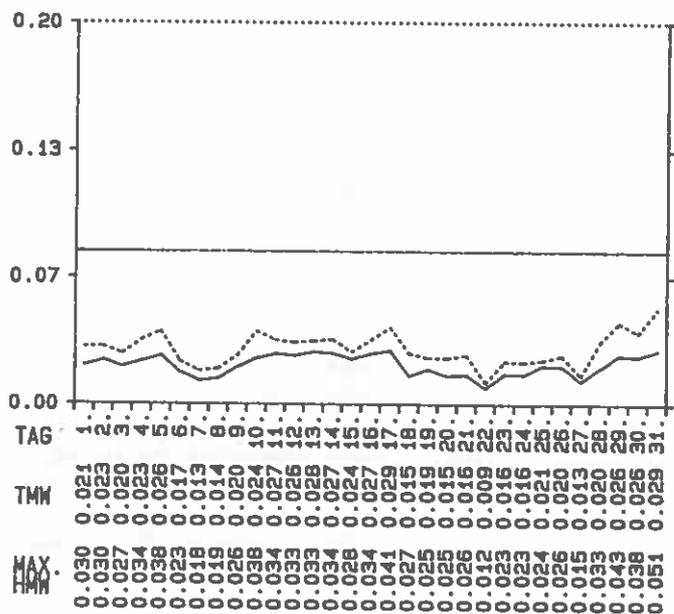
NO (mg/m³)

MMW= 0.007

MAX. TMW=0.017 (23.)

ANZ. TMW= 31

MAX. HMW=0.026 (23./19.00)



NO₂ (mg/m³)

MMW= 0.021

MAX. TMW=0.029 (31.)

ANZ. TMW= 31

MAX. HMW=0.051 (31./17.30)

95.0 - PERZENTIL=0.033 (CH-LAVO)

UEBERSCHREITUNG : NEIN

OEST. AKAD. d. WISS.:

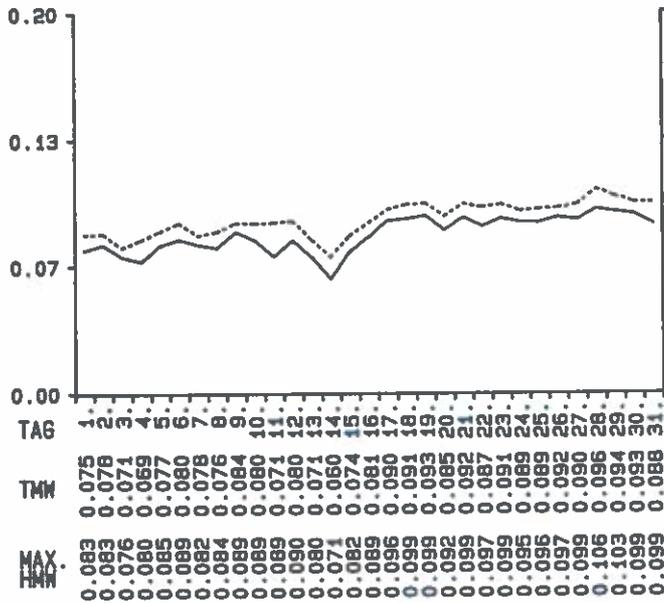
TMW UEBERSCHREITUNGEN (0.08mg/m³)

KEINE

HMW UEBERSCHREITUNGEN (0.20mg/m³)

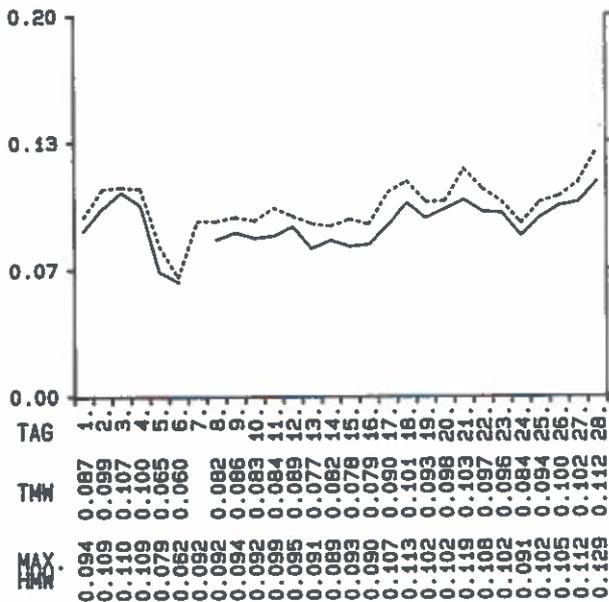
KEINE

CHRISTLUMKOPF (1758 m) JAENNER 1991



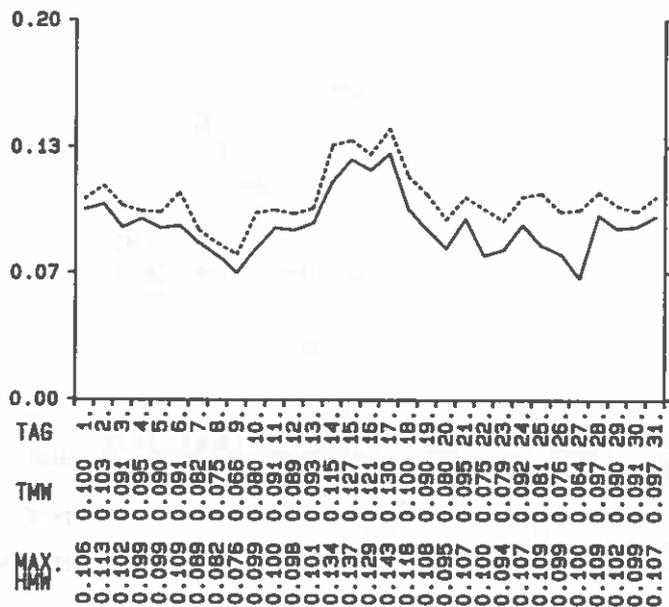
03 (mg/m³)
 MMW= 0.083
 MAX. TMW=0.096 (28.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.106 (28./22.30)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m3):
 KEINE
 MM1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m3):
 KEINE
 MM8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m3): 91
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29
 30 31
 WHO: 30 TMW > 0.065 mg/m3
 98.0 - PERZENTIL=0.099 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

CHRISTLUMKOPF (1758 m) FEBRUAR 1991



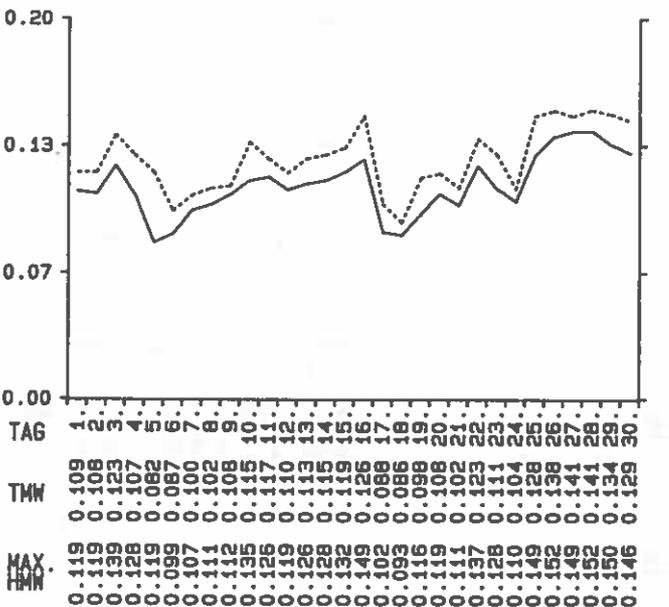
03 (mg/m³)
 MMW= 0.090
 MAX. TMW=0.112 (28.)
 ANZ. TMW= 27
 MAX. HMW=0.129 (28./16.00)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m3):
 KEINE
 MM1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m3):
 KEINE
 MM8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m3): 79
 1 2 3 4 5 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28
 WHO: 26 TMW > 0.065 mg/m3
 98.0 - PERZENTIL=0.110 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

CHRISTLUMKOPF (1758 m) MAERZ 1991



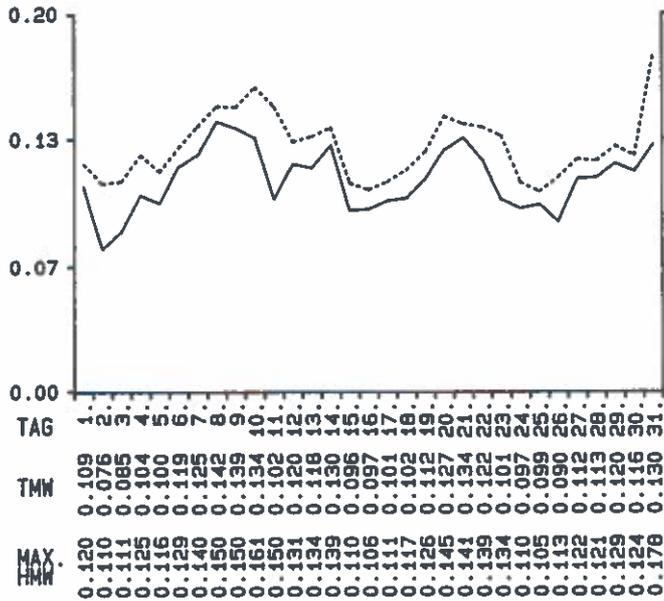
03 (mg/m³)
 MMW= 0.092
 MAX. TMW=0.130 (17.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.143 (17./18.00)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m3):
 KEINE
 MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m3):
 KEINE
 MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m3): 91
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29
 30 31
 WHO: 30 TMW > 0.065 mg/m3
 98.0 - PERZENTIL=0.131 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

CHRISTLUMKOPF (1758 m) APRIL 1991



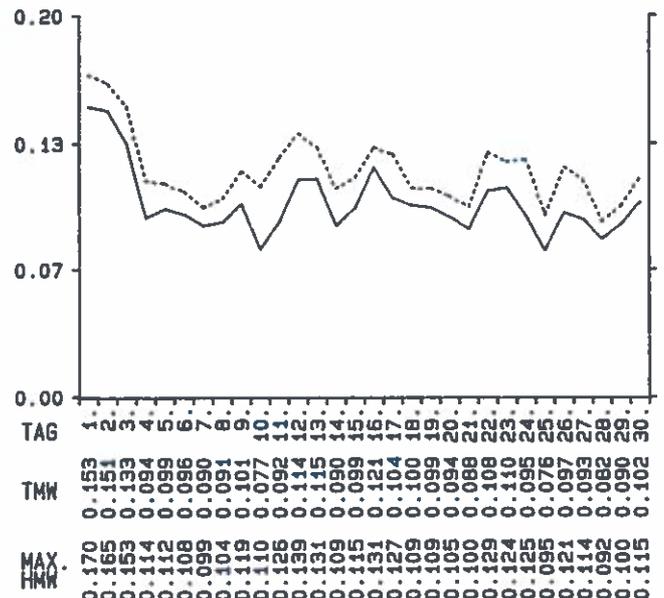
03 (mg/m³)
 MMW= 0.112
 MAX. TMW=0.141 (28.)
 ANZ. TMW= 30
 MAX. HMW=0.152 (28./22.00)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m3):
 KEINE
 MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m3): 2
 26 28
 MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m3): 90
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29
 30
 WHO: 30 TMW > 0.065 mg/m3
 98.0 - PERZENTIL=0.148 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

CHRISTLUMKOPF (1758 m) MAI 1991



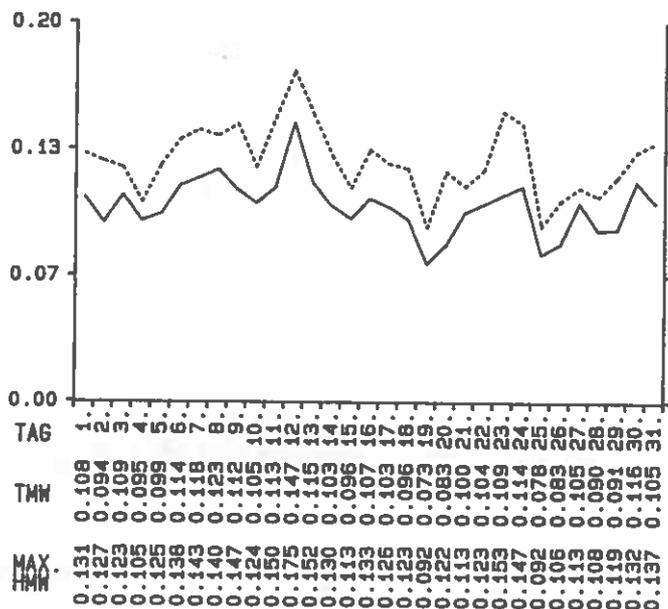
03 (mg/m³)
 MMW= 0.112
 MAX. TMW=0.142 (8.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.178 (31./21.30)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m3):
 KEINE
 MM1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m3): 9
 8 10 31
 MM8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m3): 92
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29
 30 31
 WHO: 31 TMW > 0.065 mg/m3
 98.0 - PERZENTIL=0.149 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

CHRISTLUMKOPF (1758 m) JUNI 1991



03 (mg/m³)
 MMW= 0.102
 MAX. TMW=0.153 (1.)
 ANZ. TMW= 30
 MAX. HMW=0.170 (1. /20.30)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m3):
 KEINE
 MM1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m3): 26
 1 2 3
 MM8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m3): 88
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29
 30
 WHO: 30 TMW > 0.065 mg/m3
 98.0 - PERZENTIL=0.159 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

CHRISTLUMKOPF (1758 m) JULI 1991



03 (mg/m³)
 MMW= 0.103
 MAX. TMW=0.147 (12.)
 ANZ. TMW= 31
 MAX. HMW=0.175 (12./22.30)

OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m3):
 KEINE

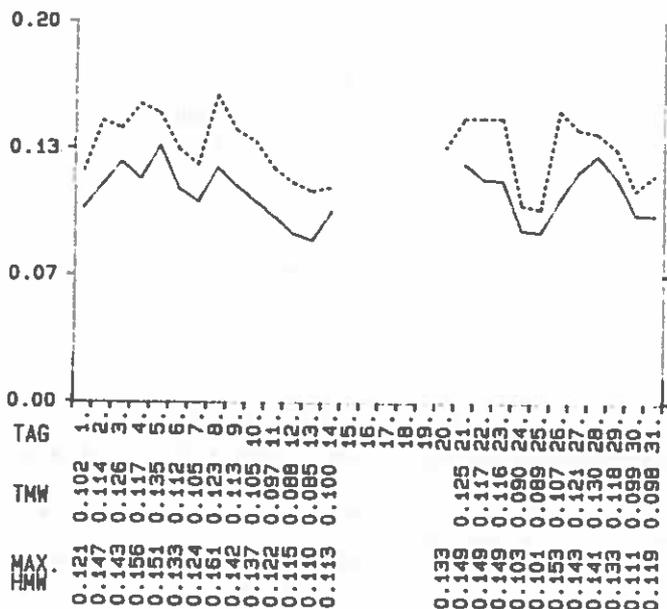
MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m3): 10
 12

MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m3): 91
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29
 30 31

WHO: 31 TMW > 0.065 mg/m3

98.0 - PERZENTIL=0.146 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

CHRISTLUMKOPF (1758 m) AUGUST 1991



03 (mg/m³)
 MMW= 0.109
 MAX. TMW=0.135 (5.)
 ANZ. TMW= 25
 MAX. HMW=0.161 (8. /16.00)

OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m3):
 KEINE

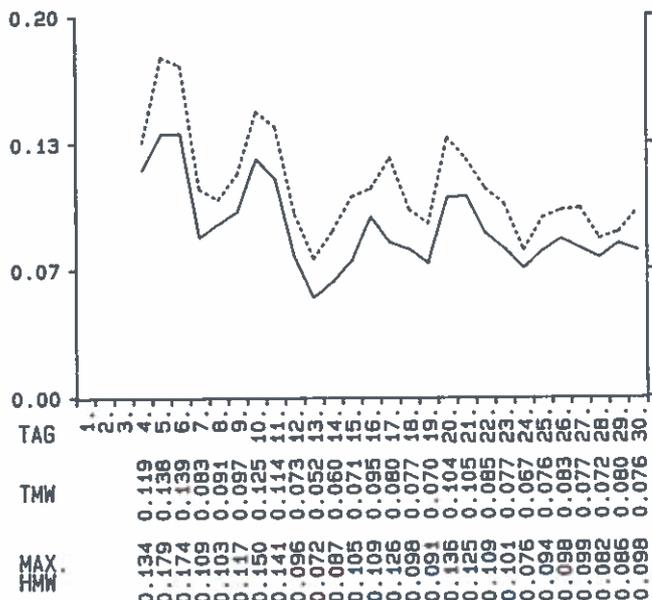
MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m3): 6
 4 5 8 26

MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m3): 73
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 21 22
 23 24 25 26 27 28 29 30 31

WHO: 25 TMW > 0.065 mg/m3

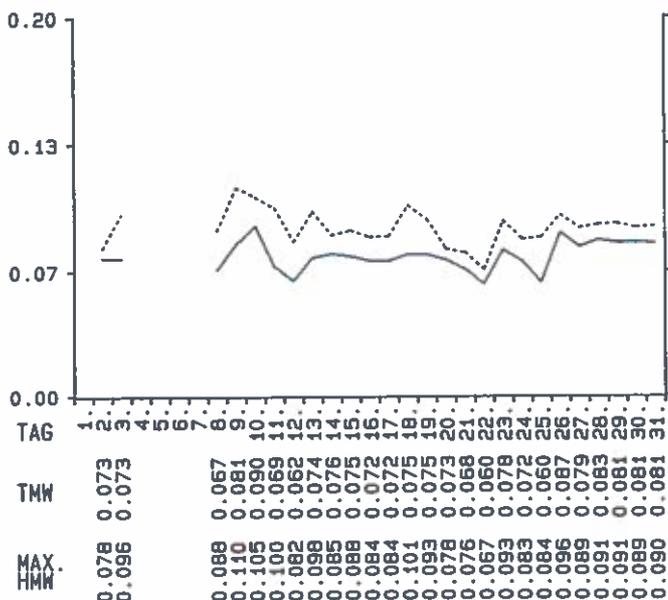
98.0 - PERZENTIL=0.147 (CH-LRVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

CHRISTLUMKOPF (1758 m) SEPTEMBER 1991



03 (mg/m³)
 MMW= 0.088
 MAX. TMW=0.139 (6.)
 ANZ. TMW= 27
 MAX. HMW=0.179 (5. /23.00)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE
 MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³): 17
 5 6
 MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 71
 4 5 6 7 8 9 10 11 12 14 15 16 17 18 19
 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
 WHO: 25 TMW > 0.065 mg/m³
 98.0 - PERZENTIL=0.153 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : JA

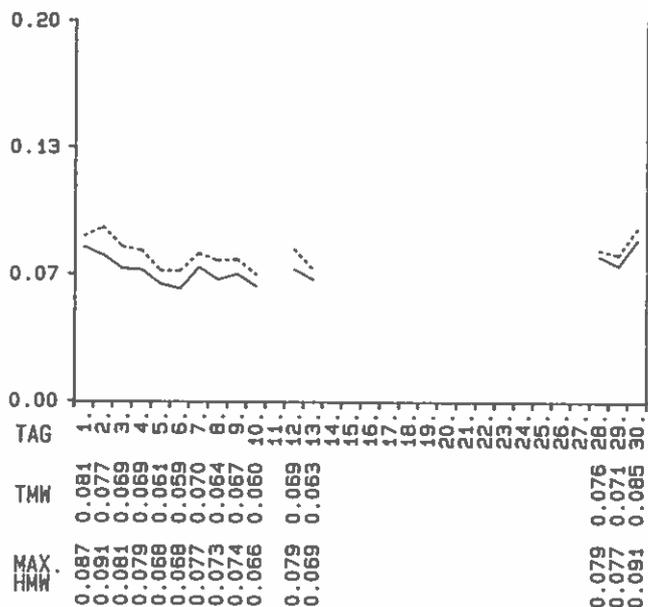
CHRISTLUMKOPF (1758 m) OKTOBER 1991



03 (mg/m³)
 MMW= 0.074
 MAX. TMW=0.090 (10.)
 ANZ. TMW= 26
 MAX. HMW=0.110 (9. /21.30)
 OEST. AKADEMIE d. WISS.:
 HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
 KEINE
 MW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
 KEINE
 MW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 66
 2 3 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
 WHO: 23 TMW > 0.065 mg/m³
 98.0 - PERZENTIL=0.097 (CH-LAVO)
 UEBERSCHREITUNG : NEIN

CHRISTLUMKOPF (1758 m)

NOVEMBER 1991

03 (mg/m³)

MMW= 0.069

MAX. TMW=0.085 (30.)

ANZ. TMW= 15

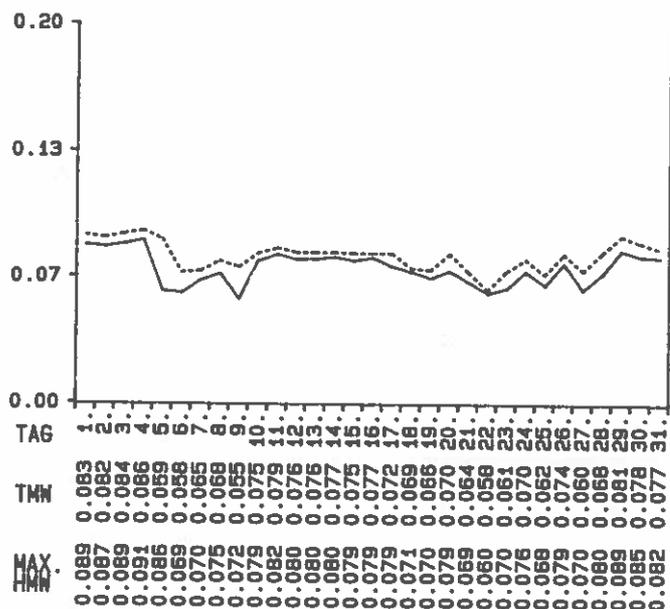
MAX. HMW=0.091 (2. /7.00)

OEST. AKADEMIE d. WISS.:

HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
KEINEMW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
KEINEMW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 38
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 12 13 28 29 30WHO: 10 TMW > 0.065 mg/m³98.0 - PERZENTIL=0.088 (CH-LAVO)
UEBERSCHREITUNG : NEIN

CHRISTLUMKOPF (1758 m)

DEZEMBER 1991

03 (mg/m³)

MMW= 0.071

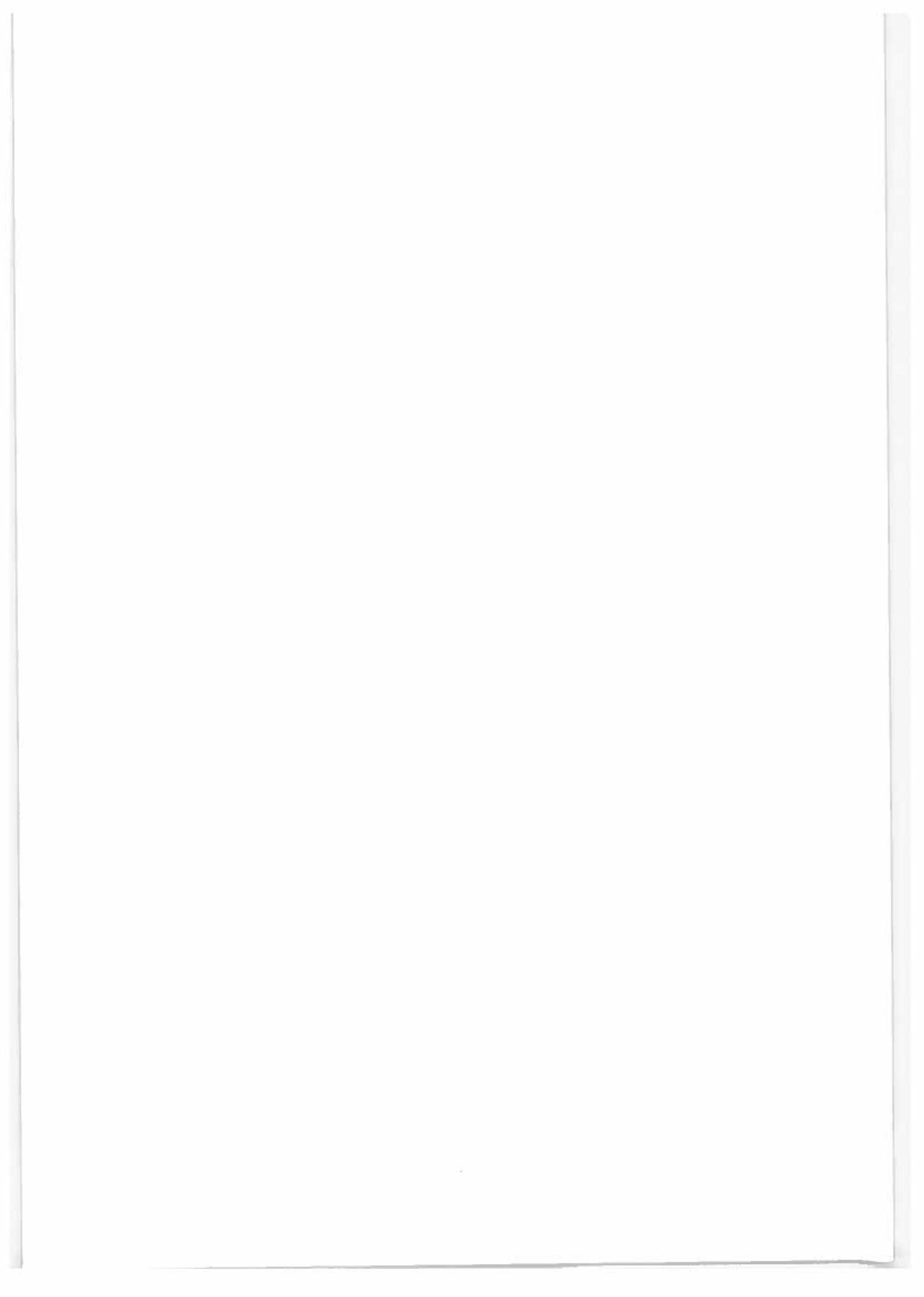
MAX. TMW=0.086 (4.)

ANZ. TMW= 31

MAX. HMW=0.091 (4. /5.00)

OEST. AKADEMIE d. WISS.:

HMW-UEBERSCHREITUNGEN (0.30mg/m³):
KEINEMW1-UEBERSCHREITUNGEN (0.15mg/m³):
KEINEMW8-UEBERSCHREITUNGEN (0.06mg/m³): 82
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
17 18 19 20 21 23 24 25 26 27 28 29 30
31WHO: 22 TMW > 0.065 mg/m³98.0 - PERZENTIL=0.088 (CH-LAVO)
UEBERSCHREITUNG : NEIN



Analysen nasser Depositionen im Bereich der Höhenprofile Achenkirch

S. Smidt

Institut für Immissionsforschung und Forstchemie
Forstliche Bundesversuchsanstalt

Key words: Altitude profile, wet deposition, critical loads

Abstract

Measurements of wet depositions at the Altitude Profiles Achenkirch: At four stations ion concentrations in wet depositions and deposition rates were measured in 1990 and 1991 by means of three bulk collectors (at the Christlum-profile, 930m - 1758m a.s.l.) and a wet-only-collector (Mühleggerköpfl, 920m a.s.l.). The stations appeared to be less polluted by ions in wet depositions and deposition rates.

1 EINLEITUNG

Atmosphärische Einträge durch nasse Freilanddepositionen stellen einen potentiellen Belastungsfaktor für Ökosysteme dar. Die ökophysiologische Bedeutung der deponierten Quantitäten hängt dabei vom Boden bzw. dem Grundgestein und von der Art der Pflanzendecke ab, sodaß erst bei Kenntnis dieser Voraussetzungen eine mögliche negative Beeinflussung ableitbar ist. Während in alpinen Tälern der Eintrag durch nasse Gravitationsdeposition in verschiedenen Höhenstufen durchaus vergleichbar hoch sein kann, kann die tatsächliche Belastung aufgrund der standörtlichen Voraussetzungen sehr unterschiedlich sein.

Aus zahlreichen Untersuchungen ist bekannt, daß die Belastung durch nasse Depositionen in Hinblick auf Konzentrationen und Einträge annuellen, saisonalen und seehöhenabhängigen Variationen unterliegen. So sind an Hintergrundstationen im allgemeinen die Ionenkonzentrationen im Frühjahr und die Einträge in den regenreichen Sommermonaten am höchsten, während in stark immitierten Gebieten Konzentrationsmaxima im Winter vorliegen (SMIDT 1992a, SMIDT & PUCHINGER 1992).

Die Depositionsmessungen mit Wet-only-Sammlern an der WADOS-Station Achenkirch gehen auf den Beginn der 80er Jahre zurück (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG & ABTEILUNG FÜR UMWELTANALYTIK 1985, 1986, 1987a, 1987b, 1989) und AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG (1989), die ersten

Bulk-Messungen wurden 1983 durchgeführt (SMIDT 1989). Auch Ergebnisse von Kronentraufmessungen in einem Fichtenbestand liegen vor (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1989). Die Messungen ergaben, daß die Ionenkonzentrationen und -einträge im Untersuchungsgebiet - mit Ausnahme der H-Konzentrationen - im Vergleich zu anderen Meßstellen in Österreich als gering eingestuft werden können. Die Traufmessungen ergaben im Gesamtmittel rund zweimal so hohe Sulfat-S- und Nitrat-N-Konzentrationen und um etwa ein Viertel geringere Ammonium-N-Konzentrationen als die Wet-only-Niederschläge (Abbildung 1).

Grundsätzlich kann angenommen werden, daß - analog zu den Verhältnissen am nahegelegenen und ebenfalls im Kalkalpin gelegenen Wank (Bayern) - saure Depositionen im Untersuchungsgebiet eine geringe Bedeutung für die Auslösung von Waldschäden haben (vgl. RENNENBERG & REUTHER 1991).

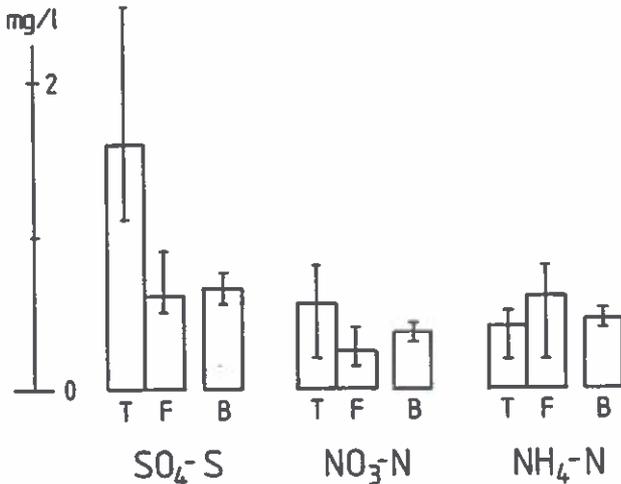
2 METHODIK

Zur Werbung der nassen Gravitationsdeposition dienten Bulk-Sammler am Christlum-Profil (Ost-West-Profil) und ein Wet-only-Sammler (WADOS) am Mühleggerköpfl. Die Methodik der Probenahme und Analyse wurde von SMIDT (1991) beschrieben.

Die kontinuierlichen Probenahmen im Rahmen des Achenkirch-Projektes wurden zu folgenden Terminen begonnen:

Abb.1: Elementkonzentrationen in Freiland- und Traufniederschlägen im Raum Achenkirch (Mittel 1984-1987, Bandbreiten der gewichteten Jahresmittel)

T: Traufmessungen unter Fichte (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1989)
 F: Wet-only-Messungen (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1988)
 B: Bulk-Messungen (SMIDT 1986)



Mühleggerköpfl (WADOS, 920m).....5.11.1990
 Christlumalm (Bulk, 1280m).....24. 4.1991
 Talboden (Bulk, 930m).....2. 5.1991
 Christlumkopf (Bulk, 1758m).....21. 6.1991

3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Die mittleren Sulfat- und Nitratkonzentrationen waren etwa gleich hoch und nahmen mit der Seehöhe ab (Tabelle 1). Bedingt durch die in den wenig belasteten Proben unterschiedlichen H-Konzentrationen ergaben sich die höchsten Leitfähigkeiten und geringsten pH-Werte an der Mittelstation. Abbildung 2 gibt die Bandbreiten der monatlich gewichteten Leitfähigkeiten, Sulfat-, Nitrat- und Ammoniumkonzentrationen über den gemeinsamen Untersuchungszeitraum wieder. Die relativ hohen Leitfähigkeiten an der Wet-only-Station Mühleggerköpfl lassen sich mit

den dort höchsten H-Konzentrationen erklären (mittlerer pH-Wert 4,64 gegenüber pH-Werten zwischen 4,91 und 5,26 an den Bulk-Stationen).

Der Vergleich mit den Langzeitmessungen am Höhenprofil Zillertal (1984-1990) ergab im Mittel etwas höhere Nitrat- und geringere Sulfat- und Ammoniumkonzentrationen als 1991 in Achenkirch, wobei jeweils an den Bergstationen (Christlumkopf, 1758m und Sportalm/Zillertal, 1730m) etwa gleich hohe Konzentrationen gemessen wurden. Die Werte können dort als Backgroundkonzentrationen bezeichnet werden (vgl. SMIDT 1991 und 1992b).

Die im Untersuchungsgebiet erhobenen Daten der Depositionsanalysen weisen im Vergleich zu anderen österreichischen Meßstationen auf relativ geringe Belastungen hin (Tabelle 2). Hinsichtlich der Einträge kann (vor allem in bezug auf ältere Daten aus dem Untersuchungsgebiet) gesagt werden, daß in einem kalkalpinen Gebiet die Critical Loads-Werte für Protoneneinträge auf Kalkgestein (> 2 kg/ha.a; UN ECE 1988) bei weitem nicht erreicht werden.

Tab.2: Jahres-Elementeinträge für Österreich im Vergleich zu Daten aus dem Raum Achenkirch

Eintrag (kg/ha.a)	Österreich (8 Stationen) (UN-ECE 1991)	Achenkirch (1000m) 1984-1987	Mühleggerköpfl (920m) 11/90-11/91
Protonen	0,37	0,2-0,3	0,16
SO ₄ -S	12,4	6-8	4,0
NO ₃ + NH ₄ -N	11,3	6-7	6,0

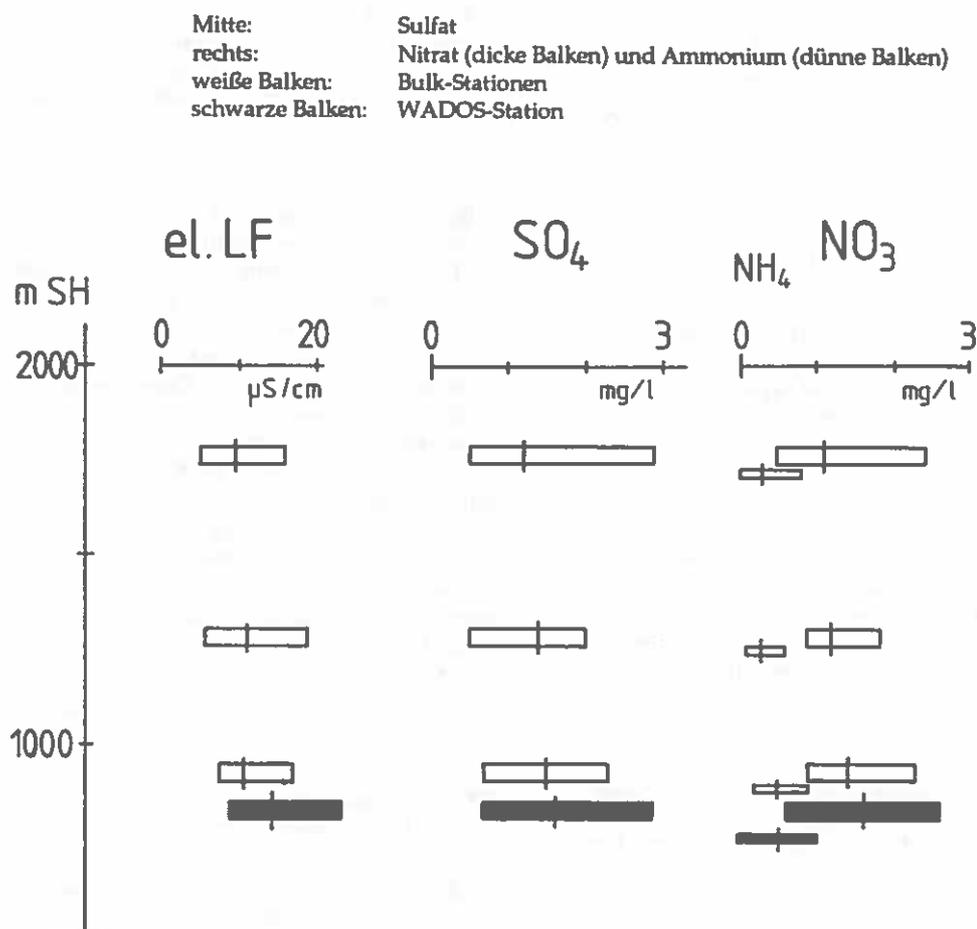
Neben den Einträgen anorganischer Komponenten wurden in den letzten Jahren auch organische Komponenten in Zusammenhang mit "neuartigen Waldschäden" gebracht (FRANK 1989, SMIDT 1992a). Hierbei wurden vor allem herbizidwirksame Komponenten in Erwägung gezogen.

Tab.1: Ionenkonzentrationen (gewichtete Gesamtmittelwerte) sowie Vergleichsmeßwerte der 1000m- und 1400m-Bulk-Stationen Achenkirch.

Detailliertere Angaben (errechnete Monatsmittel bzw. -summen) sind im Anhang angeführt

Meßstelle	Meßzeitraum	pH	LF µS/cm	SO ₄	NO ₃	Cl	NH ₄ mg Ion/l	Ca	Mg	Na	K
Bulk-Sammler											
Christlumkopf	6/91-12/91	4,96	9,5	1,2	1,1	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
Christlumalm	4/91-12/91	4,73	14,0	1,5	1,6	0,4	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2
Talboden	5/91-12/91	5,07	12,7	1,8	1,8	0,5	0,5	0,4	0,1	0,2	0,1
WADOS-Sammler (Wet-only)											
Mühleggerköpfl	11-12/90	4,74	11,0	1,3	1,1	0,4	0,2	0,3	0,0	0,2	0,1
Mühleggerköpfl	1-12/91	4,60	15,9	1,7	2,0	0,3	0,5	0,2	0,0	0,2	0,2
Gesamtmittel Bulksammler (Vergleichswerte)											
Achenk.1000m	6/83- 5/88	4,6	17,2	2,1	1,7	0,6	0,4	0,5	0,1	0,6	0,1
Achenk.1400m	6/83-11/84	4,6	18,5	1,8	2,2	0,9	0,4	0,4	0,1	-	-

Abb.2: Bandbreite der Leitfähigkeiten (links), und Ionenkonzentrationen (Mitte und rechts); gewichtete Monatsmittelwerte über den gemeinsamen Untersuchungszeitraum Juni bis Dezember 1991



Auch im Raum Achenkirch (WADOS-Meßstelle Mühleggerköpfl) wurden Einzeluntersuchungen von Wochenmischproben durch die Bundesanstalt für Pflanzenschutz auf das Herbizid Atrazin gemacht (NEURURER & WOMASTEK 1991); hierbei wurden 1991 folgende Maximalkonzentrationen gefunden (in Klammern: Meßzeiträume):

Christlumpkopf (1758m; 25.-31. Woche):	0,01 ppb
Christlualm (1260m; 19.-33. Woche):	0,04 ppb
Talstation (930m; 19.-31. Woche):	0,06 ppb
Mühleggerköpfl (920m; 29.-31. Woche):	0,01 ppb.

Im Vergleich dazu lagen die Gehalte im Zillertal (23.-25. Woche 1990) im Tal (600m) bis 0,16ppb, an der 1000m-Station unter 0,012ppb und an der Bergstation (1720m) bis 0,03ppb; deutlich höhere Werte (bis 0,55ppb) wurden an einer Talstation im Lavanttal (Kärnten) gemessen.

Untersuchungen auf die herbizidwirksame Trichloressigsäure (TCA) im Raum Berlin durch PLÜMACHER & RENNER (1991) ergaben in Regenproben Jahresmittel etwa der gleichen Größenordnung, nämlich 0,9 $\mu\text{g}/\text{l}$ (Freilandniederschlag) und 2,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ (Kronentraufe), während die Konzentrationen an Chlorkohlenwasserstoffen deutlich darunter lagen (Trichlormethan: bis 0,027 $\mu\text{g}/\text{l}$). Daraus folgen für (TCA) Freilandeinträge bis etwa 20mg/ha.a und etwa doppelt so hohe Bestandeseinträge. Welche ökophysiologische Bedeutung die weiträumigen Verfrachtungen von herbizidwirksamen Komponenten auf Waldökosysteme tatsächlich hat, ist derzeit allerdings noch nicht bekannt.

Hinsichtlich der Ionenkonzentrationen in nassen Niederschlägen und der Ioneneinträge kann das Untersuchungsgebiet jedenfalls nach bisherigem Wissensstand als wenig belastet bezeichnet werden.

Zusammenfassung

An vier Stationen wurden 1990 und 1991 nasse Niederschläge mit Bulksammlern (am Christlum-Profil, 930m - 1758m) und einem Wet-only-Sammler (Mühleggerköpfl, 920m) gesammelt. Die Meßstationen waren durch Ionen in nassen Depositionen bzw. durch Ioneneinträge relativ wenig belastet.

LITERATUR

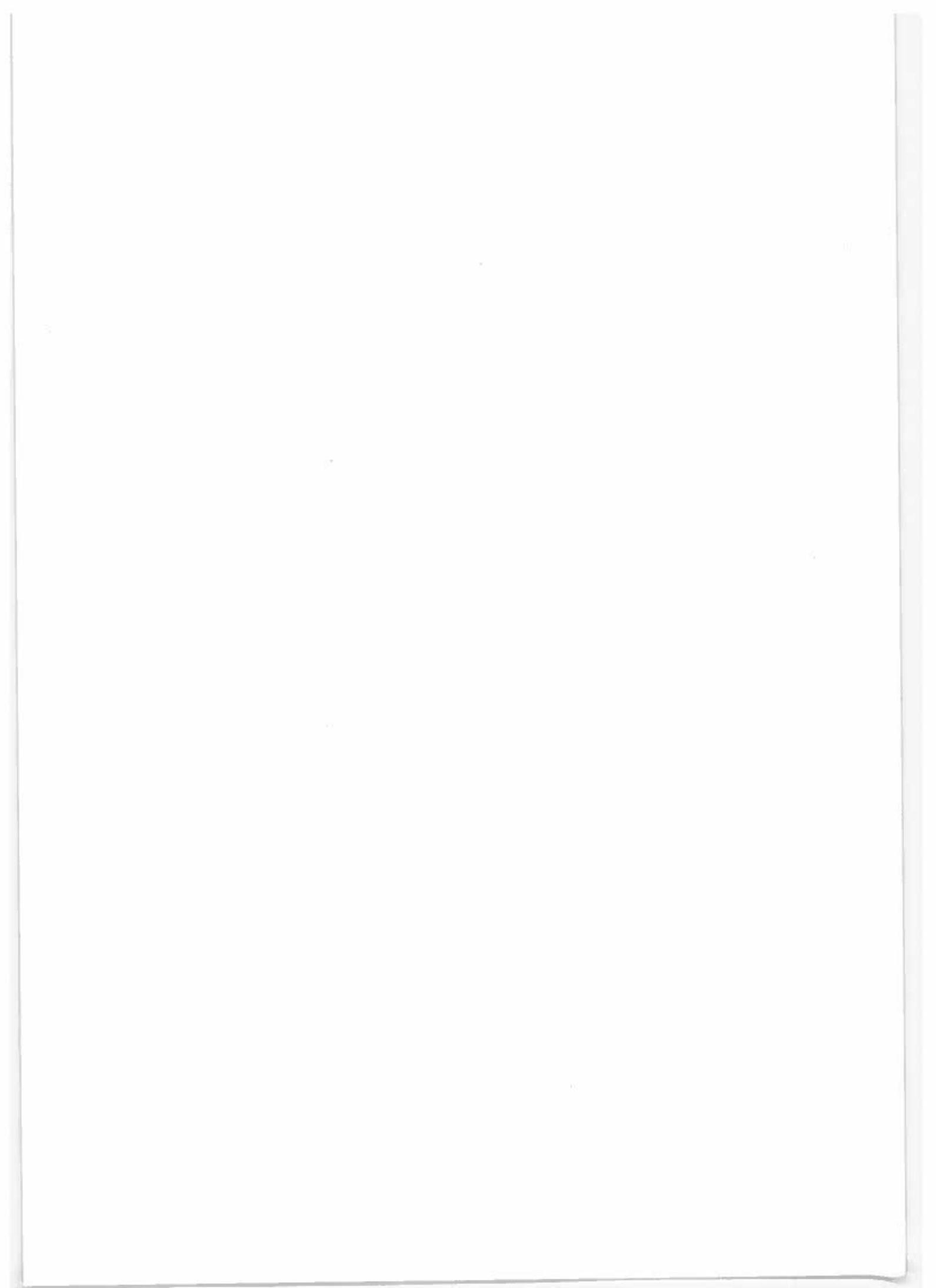
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG & ABTEILUNG FÜR UMWELTANALYTIK 1985. Immissionsmessungen "Nasser Niederschlag" in Tirol (Untersuchungszeitraum Oktober 1983 bis September 1984), H. PUXBAUM, M. PIMMINGER, A. KOVAR (Inst. f. Analyt. Chemie, Techn. Univ. Wien); I. PACK, A. WEBER (Landesforstdirektion Tirol).- Bericht 3F/85 der Abt. f. Umweltanalytik.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG & ABTEILUNG FÜR UMWELTANALYTIK 1986. Immissionsmessungen "Nasser Niederschlag" in Tirol (Untersuchungszeitraum Oktober 1984 bis September 1985), A. KOVAR, H. PUXBAUM (Inst. f. Analyt. Chemie, Techn. Univ. Wien); I. PACK, A. WEBER (Landesforstdirektion Tirol).- Bericht 3F/86 der Abt. f. Umweltanalytik.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG & ABTEILUNG FÜR UMWELTANALYTIK (Institut für Analytische Chemie der TU Wien) 1987a. Immissionsmessungen "Nasse Deposition" im Bundesland Tirol, Untersuchungszeitraum Oktober 85 - September 86 (Bericht 15/87), A. KOVAR, H. PUXBAUM, G. MIRTH, I. PACK, A. WEBER.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG & ABTEILUNG FÜR UMWELTANALYTIK (Institut für Analytische Chemie der TU Wien) 1987b. Immissionsmessungen "Nasse Deposition" im Bundesland Tirol, Untersuchungszeitraum Oktober 86 - März 87 (Bericht 17/87), G. MIRTH, A. KOVAR, H. PUXBAUM, I. PACK, A. WEBER.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG & ABTEILUNG FÜR UMWELTANALYTIK (Institut für Analytische Chemie der TU Wien) 1989. Immissionsmessungen "Nasse Deposition" im Bundesland Tirol, Untersuchungszeitraum Oktober 87 - September 88 (Bericht 1/89), A. KOVAR, H. PUXBAUM, I. PACK, A. WEBER.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1989. Zustand der Tiroler Wälder, Bericht an den Tiroler Landtag für das Jahr 1988.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG & ABTEILUNG FÜR UMWELTANALYTIK (Institut für Analytische Chemie der TU Wien) 1990. Immissionsmessungen "Nasse Deposition" im Bundesland Tirol, Untersuchungszeitraum Oktober 88 - September 89, A. KOVAR, H. PUXBAUM, M. KALINA, I. PACK, A. WEBER.
- FRANK H. 1989. Neuartige Waldschäden und luftgetragene Chlorkohlenwasserstoffe.- Z. Umweltchem. Ökotox. 4, 7-11.
- NEURURER H. & WOMASTEK R. 1991. Über das Auftreten von Pflanzenschutzmitteln in der Luft.- Die Bodenkultur 42, 57-70.
- PLÜMACHER J. & RENNER I. 1991. Biomonitoring von Immissionsbelastungen mit der Bestimmung von leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen und Trichloressigsäure in Koniferennadeln.- VDI-Berichte 901, 217-234.
- RENNENBERG H. & REUTHER M. 1991. Eintrag, Umwandlung und Wirkung von Luftschadstoffen in Bergwaldökosysteme der Alpenregion - Forschungskonzept des Schwerpunktstandorts Kalkalpen der PBWU.- 2. Statusseminar der Projektgruppe Bayern zur Erforschung der Wirkung von Umweltschadstoffen (PBWU), Proceedings, GSF-Bericht 26/91, 15-40.
- SMIDT S. 1986. Depositionsmessungen in verschiedenen Höhenlagen.- Beiträge zur Umweltgestaltung, Heft A 98, Alpine Umweltprobleme; Facharbeitstagung Achenkirch "Der Wald als Lebensraum".- Erich Schmidt Verlag, S. 88-97 (1986).
- SMIDT S. 1989. Messung der nassen Depositionen und der Ozonkonzentrationen im Raum Achenkirch.- Alpine Umweltprobleme, Bd. A 110/1 (Teile 27-29), 277-296 (1989).
- SMIDT S. 1991. Messungen nasser Freilanddepositionen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt.- FBVA-Berichte Nr. 50.
- SMIDT S. 1992a. Messungen nasser Freilanddepositionen am Höhenprofil Zillertal.- FBVA-Berichte Nr. 67, 43-50.
- SMIDT S. 1992b. Überlegungen zur Bedeutung organischer Luftschadstoffe für Waldschäden.- Angewandte Botanik, im Druck.
- SMIDT S. & PUCHINGER L. 1992. Saisonale Veränderungen meteorologischer, luftchemischer und biochemischer Parameter.- Poster, präsentiert auf der 10. Tagung des Österreichischen Arbeitskreises für Pflanzenphysiologie, 27.-31.5.1992 in Matrei/Tirol.
- UN ECE 1988. Critical Loads Workshop. 19.-24.3.1988, Skokloster (Schweden).
- UN ECE 1991. Interim Report on cause-effect relationships in forest decline. Geneva.

ANHANG

Nasse Depositionen

Gewichtete Monatsmittel bzw. Monatssummen

Jahr	Mon	mm	pH	$\mu\text{S/cm}$	Ionenkonzentrationen (mg Ion/l)							Elementeinträge g/ha				
					SO ₄	NO ₃	Cl	NH ₄	Ca	Mg	Na	K	H	S	N	
														kg/ha		
														Gewichtsmittel		
TALBODEN (930m) - Bulk																
1991	5	195,0	4,71	19,3	2,6	3,3	0,3	0,6	0,5	0,1	0,1	0,1	37,65	1,72	2,35	
1991	6	129,0	5,93	12,8	2,0	1,6	0,7	0,6	0,5	0,1	0,2	0,2	1,53	0,84	1,08	
1991	7	212,0	5,22	9,1	1,2	1,0	0,6	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1	12,68	0,88	1,11	
1991	8	90,0	4,90	16,9	2,3	2,3	0,5	0,9	0,2	0,1	0,2	0,2	11,33	0,70	1,08	
1991	9	49,0	5,37	12,0	2,1	1,8	0,6	0,5	0,5	0,3	0,1	0,2	2,08	0,35	0,38	
1991	10	48,0	5,40	9,1	1,1	1,7	0,3	0,5	0,4	0,2	0,1	0,1	1,92	0,18	0,37	
1991	11	66,0	6,15	9,0	1,2	0,8	0,3	0,2	0,4	0,2	0,2	0,0	0,46	0,16	0,12	
1991	12	94,0	5,07	7,8	0,7	0,9	0,6	0,2	0,3	0,1	0,3	0,0	8,08	0,21	0,30	
CHRISTLUMALM (1280m) - Bulk																
1991	4	59,0	4,72	21,0	3,0	3,9	0,2	0,6	0,7	0,2	0,1	0,2	11,30	0,58	0,79	
1991	5	204,0	4,35	23,8	1,9	2,7	0,3	0,3	0,2	0,0	0,1	0,1	92,04	1,31	1,72	
1991	6	162,0	4,85	13,1	2,0	1,4	0,4	0,6	0,3	0,1	0,1	0,2	23,04	1,10	1,26	
1991	7	252,0	4,78	10,4	1,0	0,9	0,5	0,2	0,2	0,0	0,1	0,2	41,37	0,84	0,86	
1991	8	109,0	4,61	19,0	2,1	1,8	0,4	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2	24,95	0,73	0,76	
1991	9	62,0	5,04	12,7	2,0	1,4	0,3	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	4,79	0,36	0,34	
1991	10	70,0	5,29	7,6	1,1	1,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,0	0,0	3,59	0,27	0,31	
1991	11	82,0	5,37	5,8	0,5	1,0	0,5	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	3,47	0,13	0,26	
1991	12	115,0	5,70	7,6	0,9	1,1	0,7	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1	2,28	0,36	0,39	
CHRISTLUMKOPF (1758m) - Bulk																
1991	6	69,0	5,18	8,7	1,0	0,9	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	4,59	0,23	0,31	
1991	7	145,0	4,95	8,6	0,9	0,9	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	16,09	0,45	0,43	
1991	8	136,0	4,83	13,0	1,7	1,6	0,2	0,7	0,1	0,0	0,1	0,1	19,93	0,75	1,25	
1991	9	41,0	4,81	16,0	2,9	2,4	0,5	0,8	0,4	0,1	0,3	0,3	6,30	0,40	0,46	
1991	10	34,0	5,01	6,5	0,7	1,1	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	3,35	0,08	0,15	
1991	11	42,0	4,90	6,7	0,6	0,8	0,3	0,1	0,3	0,1	0,2	0,0	5,30	0,08	0,11	
1991	12	73,0	5,27	5,1	0,5	0,5	0,4	0,0	0,2	0,1	0,3	0,1	3,95	0,12	0,09	
MÜHLEGGGERKÖPFL (920m) - Wet only																
1990	11	56,0	5,02	6,1	0,7	0,3	0,3	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	5,41	0,14	0,03	
1990	12	21,0	4,39	24,2	3,0	3,3	0,7	0,6	0,8	0,0	0,3	0,2	8,54	0,21	0,25	
1991	1	19,0	4,99	10,4	0,5	0,8	0,3	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	1,92	0,03	0,05	
1991	2	2,0	4,60	24,5	1,6	4,0	0,5	1,0	0,4	0,1	0,1	0,0	0,50	0,01	0,03	
1991	3	40,0	4,93	12,3	0,9	2,0	0,1	0,6	0,2	0,0	0,1	0,1	4,74	0,12	0,35	
1991	4	23,0	4,50	26,8	2,7	5,9	0,5	1,2	0,5	0,1	0,2	0,1	7,26	0,20	0,52	
1991	5	84,0	4,35	26,3	2,5	3,9	0,4	0,5	0,3	0,1	0,3	0,6	37,71	0,70	1,09	
1991	6	25,0	4,67	14,7	1,8	1,8	0,3	0,5	0,3	0,0	0,0	0,1	5,37	0,15	0,20	
1991	7	102,0	4,89	10,9	1,4	1,2	0,2	0,4	0,2	0,0	0,1	0,1	13,19	0,46	0,55	
1991	8	153,0	4,44	23,4	2,9	2,6	0,2	1,0	0,2	0,0	0,1	0,1	55,08	1,49	2,06	
1991	9	56,0	4,99	8,9	1,3	1,1	0,3	0,4	0,1	0,0	0,2	0,1	5,73	0,25	0,34	
1991	10	45,0	4,75	11,5	0,9	1,3	0,4	0,2	0,2	0,0	0,2	0,2	8,09	0,14	0,21	
1991	11	66,0	4,67	9,2	0,7	1,4	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2	0,0	13,97	0,15	0,31	
1991	12	81,0	4,59	10,2	1,0	0,6	0,9	0,0	0,2	0,0	0,5	0,1	20,70	0,26	0,13	



Nährstoffgehalte von Fichtennadeln sowie Schadstoffgehalte in Fichtennadel- und -borkenproben des Untersuchungsgebietes Achenkirch

F. Herman

Institut für Immissionsforschung und Forstchemie
Forstliche Bundesversuchsanstalt

Key words: Needle analyses, contents of nutrients and pollutants, *Picea abies*, bioindication

Abstract

Nutrient contents in the needles of Norway spruce and pollutant contents in the needles and barks of Norway spruce in the investigation area of Achenkirch: Branches of six Norway spruce trees at an east-west-sited Altitude Profile (970m - 1420m a.s.l.) have been collected annually since 1983 for needle analyses to determine the contents of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, lead, cadmium and sulfur.

In 1991, the number of samples taken was increased because of the additional requirements of the interdisciplinary work with groups of biochemists, physiologists and biologists. In addition two more sample plots were installed at the new profile.

The trees generally showed an inadequate supply of nitrogen, except the trees of the sample plot in the highest elevation. The supply of magnesium was always adequate, except in the needles of the trees at the timberline. In the profile from 930m to 1420m a.s.l. the test area near the bottom of the valley showed the poorest nutritional condition. The sulfur content never exceeded the limiting values in the needle samples. The lead and cadmium contents in the needles did not indicate anthropogenic inputs and were lower than in other investigation areas.

The content of lead and cadmium in the bark of Norway spruce was 1982 and 1985 higher when compared with heavy metal concentrations in non-polluted valleys of Tyrol.

1 EINLEITUNG

Die Nährelementversorgung ist ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung des Gesundheitszustandes der Waldbäume, wobei Nadelanalysen als sichere Methode zur Beurteilung der Nährstoffversorgung von Fichten herangezogen werden können. Weiters können Veränderungen der Nährelementgehalte mit Immissionseinwirkungen und Auswaschungsvorgängen zusammenhängen und als Beurteilungshilfe für die Interpretation von biotischen Schäden herangezogen werden.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die Hauptnährelemente Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium in Nadeln von Fichten (*Picea abies* [L.] Karst.) analysiert.

Um eine eventuelle Belastung durch akkumulierbare anthropogene Luftverunreinigungen im Untersuchungsgebiet zu charakterisieren, wurden die Gesamtschwefel-, Blei- und Cadmiumge-

halte der Nadeln bestimmt. Die Bleigehalte von Pflanzen lassen Rückschlüsse auf verkehrsbedingte Luftverunreinigungen zu, Cadmiumgehalte können als Indikator für eine ubiquitäre Umweltbelastung herangezogen werden.

Schwermetallanalysen von Fichtenborken in Achenkirch, welche im Rahmen einer Studie im gesamten Bundesland Tirol durchgeführt wurden (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1991, HERMAN 1992a), sollten als Methode der Bioindikation die Nadelanalysen ergänzen.

2 MATERIAL UND METHODE

Untersuchungsgebiet

Die Probestellen der Nadelprobenentnahmen sind aus Tabelle 1 zu ersehen. Die Lage der Probestellen ist HERMAN (1992b) zu entnehmen. In Tabelle 1 sind weiters zwei Probestellen des Bioindikatornetzes (BIN) und eine des Waldscha-

den-Beobachtungssystem (WBS), welche sich im Nahbereich der Profile Achenkirch befinden, angeführt.

1985-1991 wurden jeweils im Herbst von sechs Probestämmen des Christlum-Profiles, welche in Seehöhen zwischen 970m und 1420m stocken, Astproben entnommen (Probestämme 1-6).

1991 ergab sich durch die Zusammenarbeit mit den Arbeitsgruppen Physiologie, Biochemie und Biologie die Notwendigkeit, den Beprobungsumfang zu erweitern. Im Christlum-Profil wurden deshalb zu den jährlichen Probenahmen an Einzelbäumen weitere Probenahmen im Nahbereich derselben durchgeführt (Probestflächen B1-B6). Außerdem wurden 1991 die Probestflächen B7 (Schulterberg) und B8 (Mühleggerköpfl) am Nord-Süd-Profil eingerichtet und beprobt.

Tab.1: Probestflächen der Nadelprobenentnahmen

Seehöhe	Probestämme (1985-1991)	Probestflächen (1991)
Christlum-Profil		
1420m	1	B1/1 - B1/4
1320m	2	B2/1 - B2/4
1240m	3	B3/1 - B3/5
1140m	4	B4/1 - B4/5
1050m	5	B5/1 - B5/5
970m	6	B6/1 - B6/5
Nord - Süd - Profil		
1686m (Schulterberg)	-	B7/1 - B7/5
920m (Mühleggerköpfl)	-	B8/1 - B8/5
BIN- und WBS-Probestflächen		
1220m	BIN 713003	1983-1989
1190m	WBS 713704	1989
1050m	BIN 713002	1983-1989

Fichtennadelanalysen

Der Stickstoffgehalt wurde nach Kjeldahl-Aufschluß maßanalytisch bestimmt. Die übrigen Nährelemente (Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium) wurden nach einem Schwefelsäure-Salpetersäureaufschluß photometrisch (Phosphor) oder mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) erfaßt. Die Gesamtschwefelbestimmung erfolgte mit einem LECO-SC 432 Schwefelanalysator. Blei und Cadmium wurden nach dem Aufschluß mit einem Salpetersäure-Perchlorsäuregemisch mit der AAS in der Graphitrohrküvette analysiert.

Die Beurteilung der Nährstoffgehalte erfolgte nach den Beurteilungswerten von GUSSONE (1964; siehe Tabelle 2), die sich von waldwachstumskundlichen Auswertungen ableiten und auch im Rahmen des BIN zur Beurteilung des Ernährungszustandes der Fichten herangezogen

werden (STEFAN 1987 und 1991); im vergleichbaren Bereich liegen die Beurteilungswerte der ECE (1986).

Tab.2: Beurteilungswerte für Nährstoffgehalte der Fichtennadeln (Herbstentnahme, Nf.1) nach GUSSONE (1964) und ECE Beurteilungsdaten (1986)

Element %	mangelhaft	nicht ausreichend	ausreichend	ECE
N	<1,31	1,31 - 1,50	>1,50	1,35
P	<0,12	0,12 - 0,13	>0,13	0,11
K	<0,34	0,34 - 0,42	>0,42	0,35
Ca	<0,11	0,11 - 0,36	>0,36	-
Mg	<0,08	0,08 - 0,11	>0,11	0,08

Der zulässige Höchstanteil an Schwefel im Nadeljahrgang 1 von Fichtennadeln ist in der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (BUNDESGESETZBLATT 1984) mit 0,11% S festgesetzt. Die Bewertung der Bleigehalte von Fichtennadeln erfolgte nach KNABE (1984; Tabelle 3).

Tab.3: Bewertung der Bleigehalte von Fichtennadeln (nach KNABE 1984)

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

Fichtenborkenanalysen

Im Rahmen der Untersuchung von Fichtenborken im Raum Tirol und Salzburg im Zusammenhang mit ihrer Eignung zur Bioindikation von Schwermetalleinträgen wurden 1982 und 1985 Borken von Probestämmen u.a. auch im Raum Achenkirch entnommen und deren Pb- und Cd-Gehalte bestimmt (HERMAN 1992a). Die Bäume stockten auf einem NNE-exponierten Hang, welcher nicht durch den KFZ-Verkehr beeinflusst war; die Probestflächen sind nicht mit jenen der Nadelprobenahmen ident.

Zur Bewertung der Pb- und Cd-Gehalte der Fichtenborken wurde die in Tabelle 4 wiedergegebene Klasseneinteilung vorgenommen. Die Klasseneinteilung basiert auf der Überlegung, daß Schwermetalle auf Pflanzenoberflächen akkumuliert werden und die natürlichen Bleigehalte der Pflanzen zwischen 0,1 und 6,0mg/kg und die Cadmiumgehalte zwischen 0,05 und 0,6mg/kg liegen (vgl. KNABE 1984 und GLATTES 1985).

Tab.4: Bewertung der Blei- und Cadmiumgehalte von Fichtenborken

Klasse	Pb (mg/kg)	Cd	Hinweis auf Immissionseinwirkung
1	0,1-8,0	0,05-0,60	kein Hinweis
2	8,0-32,0	0,61-0,80	möglich
3	>32,0	>0,80	Immissionseinwirkung

3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Die Nährstoffgehalte der Fichtennadeln der Probepflanzen 1-6 (Entnahme 1985-1991) und deren Mittelwerte (\bar{x}) sind aus Tabelle 5 und den Abbildungen 1 und 2 zu ersehen. Die Nährstoffgehalte der Nadelproben der Probeflächen B1-B8 (erweiterte Probenahme 1991) und die daraus errechneten Mittelwerte aus 4 bzw. 5 Einzelwerten der jeweiligen Probeflächen sind in den Tabellen 6 - 8 angeführt. Die Nährstoffgehalte der Probepflanzen der BIN- und WBS-Probeflächen sind aus Tabelle 9 zu ersehen. Die Schadstoffgehalte der Fichtennadeln der Probepflanzen 1-6 (Entnahme 1985-1991) sind aus Tabelle 10, jene der Probeflächen B1-B8 (Entnahme 1991) den Tabellen 11 und 12 entnommen.

3.1 Nährstoffgehalte der Fichtennadeln

3.1.1 Christlum-Profil (Probepflanzen 1-6, Entnahme 1985-1991)

Die Stickstoffversorgung der Einzelbäume war generell mangelhaft (Ausnahme: 1985, Probepflanze 5); der Baum in 1140m Seehöhe wies mit einem durchschnittlichen Gehalt von 1,017% N den geringsten mittleren Gehalt auf. Die mangelhafte Versorgung wird auch durch die Ergebnisse der BIN- und WBS-Probepflanzen bestätigt.

Die Phosphorversorgung stellte sich im Laufe des Untersuchungsraumes unterschiedlich dar. Bemerkenswert erscheint, daß eine mangelhafte Versorgung nur bis 1240m Seehöhe gegeben war; die Probepflanzen in 1320m und 1420m Seehöhe waren dagegen nie mangelhaft und in mehr als der Hälfte der Untersuchungsjahre ausreichend versorgt. Die Probepflanzen in 1140m und 1240m Seehöhe wiesen den geringsten mittleren Gehalt auf. Auch die Phosphorgehalte der Nadeln der BIN- und WBS-Vergleichsbäume, die in vergleichbarer Höhe stocken, wiesen eine nicht ausreichende Versorgung auf.

Hinsichtlich der Kaliumversorgung zeigte sich analog zur Phosphorversorgung, daß die Bäume in 1320m und 1420m Seehöhe ausreichend versorgt waren; die schlechteste Versorgung war in den Nadeln der Probepflanzen in 1140m und 1240m Seehöhe zu konstatieren, während die bei-

den talnahen Bäume (mit Ausnahme von Probepflanze 5/1987) wieder ausreichend ernährt waren.

Die Calciumversorgung schwankte bei einzelnen Probepflanzen im Laufe des Untersuchungszeitraumes mehr oder minder stark; gleichbleibend war eine ausreichende Versorgung des talnahen Probepflanzes 6 und die nicht ausreichende Versorgung des Probepflanzes 1 in 1420m Seehöhe während des gesamten Beprobungszeitraumes.

Die Magnesiumversorgung war (außer bei Probepflanze 1, 1989) immer ausreichend.

Tab.5: Nährstoffgehalte der Fichtennadeln (Herbstentnahme, NJ. 1) Probepflanzen 1-6, 1985 - 1991

Probe- bäume	85	86	87	88	89	90	91	\bar{x}
Stickstoffgehalte (% N)								
1	1,19	1,10	1,15	1,19	1,08	1,11	1,19	1,144
2	1,09	1,06	0,99	1,17	1,01	1,17	1,19	1,097
3	1,04	1,11	0,91	1,03	1,17	1,12	1,14	1,074
4	0,94	1,03	0,92	1,14	0,98	1,08	1,03	1,017
5	1,37	1,12	1,27	1,19	1,02	1,13	1,09	1,170
6	1,04	1,19	1,04	1,21	1,16	1,20	1,12	1,137
Phosphorgehalte (% P)								
1	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,16	0,14	0,136
2	0,14	0,13	0,13	0,15	0,15	0,19	0,16	0,150
3	0,10	0,11	0,10	0,07	0,12	0,12	0,12	0,106
4	0,09	0,10	0,10	0,11	0,10	0,12	0,08	0,103
5	0,20	0,10	0,18	0,21	0,13	0,18	0,11	0,159
6	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,13	0,12	0,114
Kaliumgehalte (% K)								
1	0,70	0,46	0,49	0,56	0,56	0,54	0,51	0,546
2	0,90	0,47	0,61	0,64	0,52	0,57	0,55	0,609
3	0,41	0,45	0,39	0,27	0,41	0,43	0,46	0,403
4	0,46	0,35	0,42	0,48	0,42	0,41	0,45	0,427
5	0,52	0,51	0,36	0,56	0,43	0,44	0,39	0,459
6	0,57	0,59	0,58	0,53	0,51	0,57	0,53	0,554
Calciumgehalte (% Ca)								
1	0,36	0,26	0,26	0,32	0,21	0,35	0,28	0,291
2	0,45	0,27	0,28	0,48	0,31	0,45	0,23	0,353
3	0,33	0,33	0,31	0,54	0,37	0,35	0,37	0,371
4	0,41	0,31	0,34	0,33	0,25	0,30	0,33	0,324
5	0,29	0,57	0,27	0,47	0,28	0,32	0,30	0,357
6	0,39	0,53	0,45	0,57	0,42	0,43	0,42	0,459
Magnesiumgehalte (% Mg)								
1	0,12	0,14	0,12	0,13	0,09	0,15	0,14	0,127
2	0,20	0,18	0,18	0,24	0,16	0,22	0,16	0,191
3	0,16	0,19	0,16	0,19	0,21	0,18	0,21	0,186
4	0,19	0,18	0,19	0,21	0,15	0,19	0,20	0,187
5	0,15	0,17	0,19	0,24	0,15	0,20	0,16	0,180
6	0,13	0,16	0,15	0,16	0,13	0,16	0,13	0,146

Zeitliche Entwicklung

Deutliche Veränderungen der Nährstoffgehalte konnten im Laufe des 7jährigen Untersuchungszeitraumes anhand der Jahresmittelwerte der 6 Probepflanzen nicht festgestellt werden (Abbildung 1). Im Gegensatz zu den Ergebnissen am Höhenprofil Zillertal (HERMAN 1992c) kam es

einerseits zu keiner Verbesserung der N-Versorgung im Untersuchungszeitraum, andererseits war die Mg-Versorgung - wiederum im Gegensatz zum vorangegangenen Projekt - ausreichend.

Abb.1: Jahresentwicklung der Nähr- und Schadstoffgehalte in Fichtennadeln (NJ.1, Mittelwerte der Probestämme 1-6, 1985-1991)

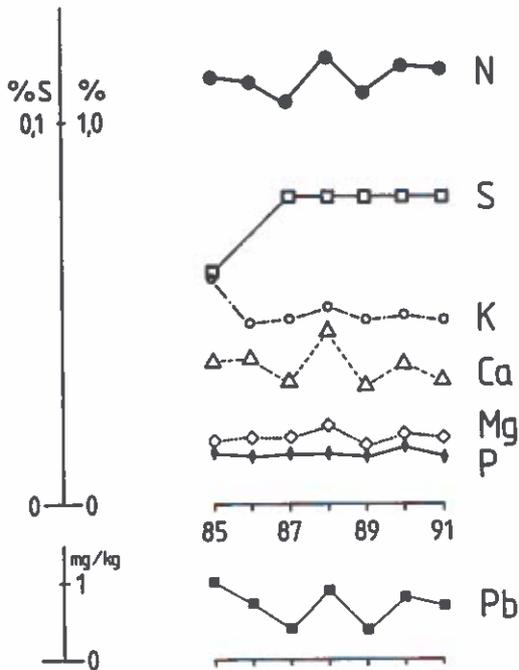
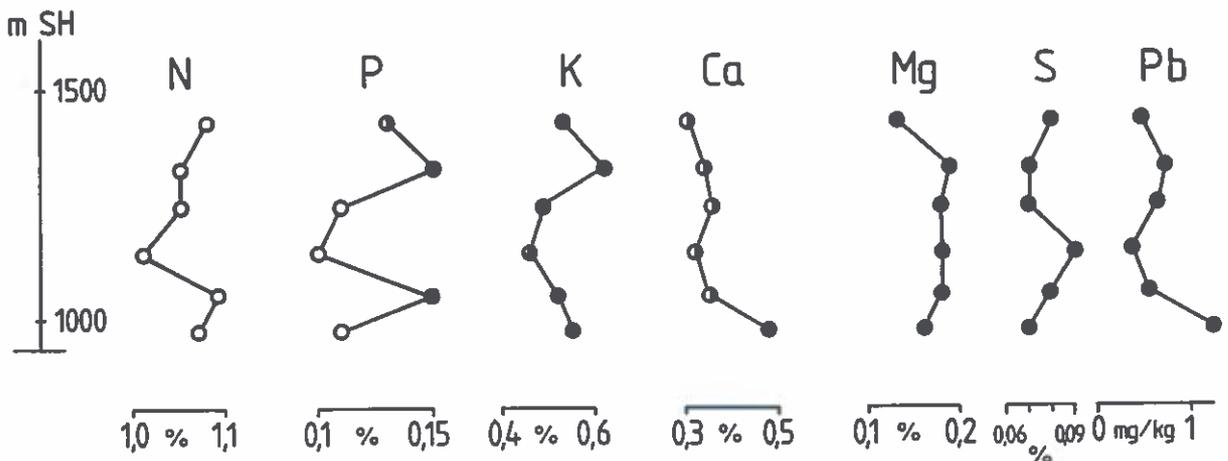


Abb.2: Seehöhenabhängigkeit der Nähr- und Schadstoffgehalte in Fichtennadeln (NJ.1, Mittelwerte 1985-1991, Probestämme 1-6)
 Nährstoffgehalte:
 ● Mangel
 ○ nicht ausreichend
 ○ ausreichend



Höhenverlauf

Von den Hauptnährelementen zeigte lediglich Ca eine markante Seehöhenabhängigkeit, nämlich eine Abnahme mit der Seehöhe (Abbildung 2). Dies entspricht den Ergebnissen von NEBE (1967) und HÖHNE (1968), welche eine Abnahme der Ca-Gehalte von den tieferen zu den höheren Lagen beschrieben, steht aber im Gegensatz zu den Ergebnissen aus dem "Höhenprofil Zillertal".

3.1.2 Christlum-Profil (Probeflächen B1-B6, Entnahme 1991)

Die Stickstoffversorgung war bis auf zwei Ausnahmen (B2/2 und B2/4: nicht ausreichend) mangelhaft.

Die schlechteste Phosphorversorgung wiesen die Probeflächen B3, B4 und B6 auf; mit jeweils einer Ausnahme waren die Bäume dieser Probeflächen mangelhaft oder nicht ausreichend versorgt. Auf den Probeflächen B1, B2 und B5 wies dagegen nur jeweils ein Probestamm eine mangelhafte bzw. nicht ausreichende Versorgung auf.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Einzelbäume brachte das größere Kollektiv 1991 z.T. abweichende Ergebnisse hinsichtlich der Kaliumversorgung; in den Nadeln der talnahe gelegenen Probefläche B6 war 1991 eine überwiegend mangelhafte Versorgung zu konstatieren.

Durch die umfangreichere Probenahme ergab sich auch hinsichtlich der Calciumversorgung im Vergleich zur Einzelbaumbeprobung 1991 z.T. ein abweichendes Ergebnis, was vor allem für die Probefläche B6 zutrifft.

Die Magnesiumversorgung war mit einer Ausnahme (B2/2) ausreichend. Die von HÖHNE (1968) angeführte Abnahme der Gehalte von tieferen zu höheren Lagen, wie sie sich auch am

"Höhenprofil Zillertal" zeigte, war am Christlum-Profil auch nicht nach Flächenmittelwerten gegeben.

Generell muß auf die große Bandbreite der Nährstoffgehalte innerhalb der einzelnen Probestellen hingewiesen werden. Zieht man die Mittelwerte der 6 Probestellen (s. Tabelle 7) für die Beurteilung nach Tabelle 2 heran, so besteht die ungünstigste Versorgung auf der talnahen Fläche B6 (N, P, K) und der Flächen B4 (N, P).

Tab.6: Nährstoffgehalte der Fichtennadeln (Herbstentnahme, NJ.1) Probestellen B1 - B6 (1991)

Probestellen	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
B 1/1	1,19	0,14	0,51	0,28	0,14
B 1/2	1,26	0,14	0,37	0,48	0,16
B 1/3	1,18	0,17	0,50	0,31	0,17
B 1/4	0,98	0,11	0,64	0,33	0,19
B 2/1	1,19	0,16	0,55	0,23	0,16
B 2/2	1,32	0,18	0,68	0,39	0,11
B 2/3	1,07	0,13	0,57	0,58	0,21
B 2/4	1,32	0,14	0,40	0,48	0,23
B 3/1	1,14	0,12	0,46	0,37	0,21
B 3/2	1,04	0,10	0,49	0,42	0,18
B 3/3	0,87	0,09	0,45	0,41	0,15
B 3/4	1,27	0,10	0,58	0,43	0,20
B 3/5	1,23	0,17	0,33	0,52	0,18
B 4/1	1,03	0,08	0,45	0,33	0,20
B 4/2	1,10	0,12	0,46	0,39	0,18
B 4/3	1,12	0,13	0,31	0,46	0,19
B 4/4	1,20	0,13	0,28	0,41	0,23
B 4/5	1,11	0,11	0,58	0,46	0,16
B 5/1	1,09	0,11	0,39	0,30	0,16
B 5/2	1,20	0,14	0,66	0,44	0,19
B 5/3	1,06	0,15	0,25	0,52	0,21
B 5/4	1,29	0,18	0,40	0,55	0,19
B 5/5	1,23	0,19	0,45	0,34	0,23
B 6/1	1,12	0,12	0,53	0,42	0,13
B 6/2	0,87	0,09	0,35	0,41	0,21
B 6/3	0,94	0,10	0,29	0,46	0,23
B 6/4	1,06	0,11	0,17	0,13	0,13
B 6/5	1,00	0,12	0,28	0,35	0,17

Tab.7: Nährstoffgehalte der Fichtennadeln (Herbstentnahme, NJ. 1) Probestellen B1 - B6, Mittelwerte aus 4 bzw. 5 Einzelwerten (1991)

Element	Probestellen					
	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
% N	1,15	1,23	1,11	1,11	1,17	1,00
% P	0,14	0,15	0,12	0,11	0,13	0,11
% K	0,51	0,55	0,46	0,42	0,43	0,32
% Ca	0,35	0,42	0,43	0,41	0,43	0,35
% Mg	0,17	0,18	0,18	0,19	0,20	0,17

3.1.3 Nord-Süd-Profil (Probestellen B7 und B8, Entnahme 1991)

Von den Probestellen der höchstgelegenen Probestelle *Schulterberg* (B7, 1686m) wies im Ge-

gensatz zu allen übrigen Probestellen keiner eine mangelhafte Stickstoffversorgung auf; bei einem Probestelle (B7/1) bestand sogar eine ausreichende Versorgung. Der bessere Ernährungszustand könnte mit der nicht erfolgten Schneitelung der Bäume zusammenhängen. Die Phosphorversorgung (Ausnahme B7/5) war größtenteils ausreichend, ebenso wie der K- und Ca-Ernährungszustand (Ausnahme B7/2). Die Magnesiumversorgung der Nadeln war im Gegensatz zu allen anderen Probestellen aber nicht ausreichend.

Die Probestellen am *Mühleggerköpfl* (B8) waren mit Ausnahme des nicht ausreichend versorgten Baumes B8/5 mit N und P mangelhaft versorgt, die K- und Ca-Versorgung war unterschiedlich, wobei die Bandbreiten groß waren; die Mg-Versorgung war bei allen Probestellen ausreichend.

Tab.8: Nährstoffgehalte der Fichtennadeln (Herbstentnahme, NJ 1), Probestellen B7-B8 (1991)

Probestellen	Einzel- und Mittelwerte				
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
B 7/1	1,57	0,15	0,75	0,52	0,11
B 7/2	1,42	0,15	0,77	0,35	0,10
B 7/3	1,44	0,17	0,60	0,65	0,11
B 7/4	1,37	0,16	0,90	0,55	0,10
B 7/5	1,34	0,13	0,65	0,69	0,11
\bar{x}	1,43	0,15	0,73	0,55	0,11
B 8/1	1,15	0,10	0,41	0,38	0,16
B 8/2	1,16	0,10	0,36	0,31	0,14
B 8/3	1,03	0,11	0,44	0,41	0,21
B 8/4	1,08	0,11	0,28	0,51	0,22
B 8/5	1,33	0,12	0,42	0,30	0,13
\bar{x}	1,14	0,11	0,38	0,38	0,17

Tab.9: Nährstoffgehalte der Fichtennadeln (Herbstentnahme NJ.1, Mittelwerte) von BIN- und WBS-Probestellen

	BIN 1983-1989		WBS 1989
	713002	713003	713704
	(ohne 1985)		
% N	1,21	1,11	1,29
% P	0,13	0,11	0,13
% K	0,62	0,47	0,52
% Ca	0,53	0,54	0,50
% Mg	0,13	0,18	0,10

3.2 Schadstoffgehalte der Fichtennadeln

3.2.1 Christlum-Profil (Probestellen 1-6, Entnahme 1985-1991)

Die Schwefel-, Blei- und Cadmiumgehalte der Fichtennadeln sind in Tabelle 10 wiedergegeben. Die Schwefelgehalte ergaben keine Überschreitung des maximalen natürlichen Gehaltes (2. Ver-

ordnung gegen forschschädliche Luftverunreinigungen, §5, lit.b; Abbildungen 1 und 2). Bei einer Beurteilung nach §5, lit.a (0,03%-Regelung) ergaben sich Hinweise auf geringe Immissionseinwirkungen.

Die Bleigehalte waren im Verlauf des Untersuchungszeitraumes starken Schwankungen unterworfen (Abbildung 1), gaben aber keinen Hinweis auf Immissionseinwirkungen. Analog zu den Ergebnissen des "Höhenprofil Zillertal" kam es auch am Christlum-Profil zu einer geringfügigen Abnahme der mittleren Bleigehalte mit der Seehöhe, der talnächste Probebaum 6 wies den höchsten mittleren Wert auf (Abbildung 2).

Die Cadmiumgehalte waren gering und lagen mit Ausnahme des Jahres 1987 im Bereich der Nachweisgrenze.

Tab.10: Schadstoffgehalte der Fichtennadeln (Herbstentnahme, NJ. 1, Probeflächen 1 - 6 (1985 - 1991))

Probe- bäume	85	86	87	88	89	90	91	\bar{x}
Schwefelgehalte (%)								
1	0,07	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,086
2	0,06	0,08	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,069
3	0,05	0,08	0,07	0,06	0,08	0,08	0,07	0,070
4	0,06	0,09	0,09	0,09	0,08	0,10	0,08	0,084
5	0,07	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,09	0,071
6	0,05	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08	0,07	0,071
Bleigehalte (mg/kg)								
1	0,13	0,19	0,47	0,47	1,25	0,37	0,90	0,540
2	0,71	0,92	0,38	1,56	0,60	1,15	0,90	0,889
3	0,28	0,32	0,20	0,76	0,21	1,98	0,80	0,650
4	0,34	0,81	0,25	0,96	0,03	0,34	0,20	0,419
5	0,76	1,12	0,58	0,48	0,31	0,10	0,41	0,537
6	3,64	0,93	0,57	1,18	0,45	0,85	0,01	1,090
Cadmiumgehalte (mg/kg)								
1	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	0,020
2	0,03	0,01	0,10	0,02	0,01	0,01	0,01	0,027
3	0,02	0,03	0,09	0,02	0,01	0,02	0,01	0,029
4	0,05	0,03	0,58	0,02	0,02	0,01	0,01	0,103
5	0,05	0,02	0,07	0,01	0,01	0,02	0,01	0,027
6	0,01	0,02	0,21	0,04	0,02	0,03	0,01	0,050

3.2.2 Christlum-Profil (Probeflächen B1-B6, Entnahme 1991)

Die Schadstoffgehalte in den Nadeln der Einzelbäume der Probeflächen B1-B6 sind aus Tabelle 11 zu entnehmen. Es wurden keine Überschreitungen der Schwefelgrenzwerte konstatiert; die Bleigehalte waren – verglichen mit anderen Probeflächen in Österreich – sehr niedrig (0,1-0,9mg/kg; Ausnahme B1/4: 3,23mg/kg) und die Cadmiumgehalte lagen im Bereich der Nachweisgrenze von 0,03mg/kg (Ausnahme: B6/4).

Tab.11: Schadstoffgehalte der Fichtennadeln (Herbstentnahme, NJ.1), Probeflächen 1-6 (1991)

Probeflächen	S (%)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
B 1/1	0,09	0,90	0,01
B 1/2	0,08	0,50	0,01
B 1/3	0,08	0,70	0,01
B 1/4	0,07	3,23	0,01
B 2/1	0,08	0,90	0,01
B 2/2	0,09	0,50	0,01
B 2/3	0,09	0,20	0,01
B 2/4	0,08	0,70	0,03
B 3/1	0,07	0,80	0,01
B 3/2	0,07	0,10	0,01
B 3/3	0,07	0,60	0,01
B 3/4	0,08	0,20	0,01
B 3/5	0,08	0,50	0,01
B 4/1	0,08	0,20	0,01
B 4/2	0,07	0,10	0,01
B 4/3	0,08	0,70	0,01
B 4/4	0,08	0,20	0,02
B 4/5	0,07	0,30	0,01
B 5/1	0,09	0,41	0,01
B 5/2	0,08	0,30	0,01
B 5/3	0,08	0,20	0,02
B 5/4	0,09	0,20	0,02
B 5/5	0,07	0,16	0,02
B 6/1	0,07	0,10	0,01
B 6/2	0,07	0,10	0,01
B 6/3	0,07	0,60	0,01
B 6/4	0,09	0,50	0,06
B 6/5	0,08	0,50	0,01

3.2.3 Nord-Süd-Profil

Die Schadstoffgehalte der Fichtennadeln der Einzelbäume der Probeflächen B7 und B8 sind aus Tabelle 12 ersichtlich. Die Schwefelgehalte der Nadelproben ergaben keine Überschreitung des maximalen natürlichen Gehaltes (2. VO gg. forstschädliche Luftverunreinigungen, §5 lit. b), aber Hinweise auf geringe Immissionseinwirkungen bei Anwendung der Bestimmungen des §5 lit. (a). Die Blei- und Cadmiumgehalte lagen im natürlichen Bereich (Ausnahme B7/1: 0,3mg Cd/kg).

Tab.12: Schadstoffgehalte der Fichtennadeln (Herbstentnahme, NJ. 1), Probeflächen B7 und B8 (1991)

Probeflächen	S (%)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
B 7/1	0,10	0,4	0,30
B 7/2	0,11	0,8	0,01
B 7/3	0,09	0,4	0,01
B 7/4	0,09	0,3	0,01
B 7/5	0,08	0,1	0,02
B 8/1	0,08	0,1	0,01
B 8/2	0,09	0,1	0,01
B 8/3	0,07	0,1	0,01
B 8/4	0,09	0,1	0,01
B 8/5	0,11	0,1	0,01

3.3 Blei- und Cadmiumgehalte von Fichtenborken

Die Pb- und Cd-Gehalte von Fichtenborken sind aus Tabelle 13 zu ersehen.

Tab.13: Blei- und Cadmiumgehalte (mg/kg) der Fichtenborken, (Entnahme 1982 und 1985, Mittelwerte aus 4 Probebäumen)

Probefläche (SH)	Pb		Cd	
	1982	1985	1982	1985
1 (1350m)	5,0	2,9	0,75	0,36
2 (1100m)	6,9	8,6	0,87	1,31
3 (990m)	15,1	15,1	1,08	1,27
4 (880m)	9,7	15,4	1,55	1,51

Die Bleigehalte lagen zwischen 2,9 und 15,4mg Pb/kg. In den Proben der talnahen Probefläche wurden vor allem 1985 deutlich höhere Bleiwerte als an den beiden höhergelegenen Flächen festgestellt (bei einer Beurteilung nach Tabelle 4 würden die höheren Bleigehalte auf mögliche Immissionseinwirkungen hinweisen).

Die Cadmiumgehalte lagen zwischen 0,36 und 1,55mg/kg. Bis auf die Werte im höchstgelegenen Baum fallen alle Gehalte in Klasse 3 und spiegeln somit, klassifiziert nach Tabelle 4, einen Immissionseinfluß wieder.

Im Vergleich zu den Ergebnissen weiterer Fichtenborkenuntersuchungen (HERMAN 1992a) sind die Werte aus dem Raum Achenkirch zwar höher als in anderen untersuchten Seitentälern in Nordtirol, aber deutlich geringer als stark verkehrsexponierte Standorte (vgl. Tabelle 14).

Tab.14: Bandbreiten von Pb- und Cd-Gehalten in Fichtenborken (HERMAN 1992a)

Untersuchungsgebiet	Jahr	n=	Pb		Cd (mg/kg)
Achenkirch	1982 & 85	8	2,9-	15,4	0,36- 1,55
Wipptal, Steinach	1986	15	1,7-	153,5	0,04- 2,53
Wipptal, Schörberg-Matrei	1990	64	0,5-	129,0	0,09- 0,76
Wipptal-Seitentäler	1986	2	0,2-	5,4	0,14- 4,98
Lechtal-Seitentäler	1986	2	1,0-	4,8	0,05- 0,26
Österr. Bioindikatometz	1987	33	0,8-	67,6	0,13- 3,28
Gaisberg/Salzburg	1989	8	1,6-	19,6	0,03- 0,36

Zusammenfassung

Am Christlum-Profil (970-1420m) wurden 1985 bis 1991 Fichtennadelproben von Einzelbäumen (1-6) entnommen. 1991 erfolgten auf demselben Profil bei den Standorten der Einzelbäume zusätzlich 3 bzw. 4 Probenahmen an weiteren Probepunkten (Probeflächen B1-B6). Am Schulterberg (B7) und am Mühleggerköpfl (B8) wurden weitere Probeflächen analog bearbeitet.

Bei einer Beurteilung der Nadelanalysendaten der Einzelprobepunkte fiel generell die mangelhafte Stickstoffversorgung und die (mit einer Ausnahme) ausreichende Magnesiumversorgung auf. Im Mittel der 7 Untersuchungsjahre war die Phosphor- bzw. Kaliumversorgung in den Bäumen der Seehöhen 1140m und 1240m am schlechtesten, und bei den Calciumgehalten war eine Abnahme mit zunehmender Seehöhe festzustellen.

Während die Ergebnisse der Einzelbäume in den vorangegangenen Jahren hinsichtlich Stickstoff, Phosphor und Magnesium bestätigt wurden, wies die Beurteilung der Kalium- und Calciumversorgung an einzelnen Probepunkten Unterschiede auf. Generell muß auf die große Bandbreite einzelner Nährstoffgehalte innerhalb der einzelnen Probeflächen hingewiesen werden.

Die Probepunkte der höchstgelegenen Probefläche Schulterberg waren hinsichtlich Stickstoff und Magnesium konträr zu den übrigen Flächen versorgt: Die Stickstoffversorgung war niemals mangelhaft, die Magnesiumversorgung nicht ausreichend.

Die Schwefelgehalte ergaben lediglich nach §5 lit (a) der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen Hinweise auf geringe Immissionseinwirkungen, und auch die Blei- und Cadmiumgehalte lagen zum überwiegenden Teil im natürlichen Bereich.

Die Blei- und Cadmiumgehalte in Fichtenborken lagen 1982 und 1985 über jenen von anderen Tiroler Seitentälern und gaben damals Hinweise auf Immissionseinwirkungen.

LITERATUR

- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1991. Auswirkungen des Straßenverkehrs auf die Umwelt.- Bericht an den Tiroler Landtag: Teilbericht Luft - Vegetation - Boden.
- BUNDEGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH 1984. 89.Stück: Zweite Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen.
- ECE 1986. Draft Manual on Methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forest.
- GLATTES F. 1985. Schwermetall- und Ozongehalte in Waldökosystemen.- Allg. Forstzt. 96.Jg., 268-270.
- GUSSONE H.A. 1964. Faustzahlen für Düngung im Walde.- Bayr. Landw. Verl. München, Basel, Wien.
- HERMAN F. 1992a. Bioindikation, ein wirksames Instrument der Umweltkontrolle.- VDI-Berichte 901, Bd.1, 375-389, VDI Verlag Düsseldorf.
- HERMAN F. 1992b. Höhenprofile Achenkirch - ökosystemare Studien im Kalkalpin.- FBVA-Berichte, dieser Band.
- HERMAN F. 1992c. Nähr- und Schadstoffgehalte der Nadelproben des Höhenprofil Zillertal.- FBVA Berichte Nr. 67, 79-85.
- HÖHNE H. 1968. Die methodischen Grundlagen der Nadelanalyse unter besonderer Berücksichtigung von *Picea abies* (L.) Karst. und *Pinus silvestris* (L.).- Habil.Schr. TU Dresden (Tharandt).
- KNABE W. 1984. Merkblatt zur Entnahme von Blatt- und Nadelproben für chemische Analysen.- Allg. Forstzeit-schr. 847-848.
- NEBE W. 1967. Über die Beziehungen zwischen dem Klima und dem Ernährungszustand der Fichte (*Picea abies* Karst.).- Int. Wiss. Konf. Zvolen, CSSR.
- STEFAN K. 1987. Ergebnisse der Schwefel- u. Nährstoffbestimmungen in Pflanzenproben des österr. Bioindikatornetzes.- VDI-Berichte 609, 555-580.
- STEFAN K. 1991. Zur Nährelementversorgung der Fichtennadeln von ungedüngten und gedüngten Bäumen im Gleinalmgebiet.- Mitt. Forstl. BundesVers.Anst. Wien, 163/IV, 65-140.

Immissionsökologisch orientierte Flechtenkartierung im Raum Achenkirch

P. Hoffmann

Unterer Stadtplatz 8a, A-6060 Hall in Tirol

Key words: Lichen mapping, lichen communities, air pollution, bioindication

Abstract

Pollutant-related mapping of lichens in the region of Achenkirch: In 1991 the epiphytic lichen vegetation on different trees was studied at three transects in the region of Achenkirch (Achenkirch - Christlunkopf, Schulterberg and Mühleggerköpfl).

At the valley bottom (approx. 830m - 1000m a.s.l.), which is most polluted, Zone 3 ("moderately polluted") was observed. Between 1000m and 1500m a.s.l. Zone 2 ("weakly polluted") was located and Zone 1 ("unpolluted") was found above 1400m a.s.l. The polluted area was found to reach approx. 200-300m higher compared to investigation areas in the Central Alps.

1 EINLEITUNG

Im Rahmen der Untersuchungen des Projektes "Höhenprofile Achenkirch" wurde auch die epiphytische Flechtenvegetation unter dem Gesichtspunkt einer immissionsorientierten Flechtenkartierung begutachtet.

Dieses Bioindikationsverfahren basiert auf der hohen Empfindlichkeit vieler Flechtenarten gegenüber Luftverunreinigungen, vor allem gegenüber sauer reagierenden Luftschadstoffen. Mit diesem Verfahren kann ein Untersuchungsgebiet hinsichtlich der Schadstoffbelastung nicht nur punktuell, sondern mehr oder weniger auch flächendeckend beurteilt werden, wobei eine Einteilung in fünf Flechtenzonen vorgenommen wird. Es stellt eine wertvolle Ergänzung zu den physikalisch-chemischen Meßmethoden dar, die schon seit einigen Jahrzehnten erfolgreich in urbanen Ballungszentren angewandt und seit einigen Jahren auch vermehrt zur Bewertung ausgedehnter Gebiete herangezogen wurde (siehe z.B. WIRTH 1988, WITTMANN et al. 1989, HOFMANN et al. 1991).

2 METHODIK

2.1 Bewertung der Flechtenvegetation

Die Basis der immissionsbezogenen Flechtenzonenbewertung stellt die Ausbildung der Flechtenvegetation auf geeigneten Trägerbäumen dar. Im Untersuchungsgebiet waren dies *Picea abies*, *Abies alba*, *Pinus sylvestris*, *Larix decidua*, *Acer pseudoplatanus*, *Fagus sylvatica*, *Sorbus aucuparia*, *Salix spec.* Neben der Ausbildung flechtensoziologischer Einheiten werden hierbei auch Deckungsgrad, Thallusgröße und Schadbilder einzelner empfindlicher Arten herangezogen. Die Methodik der pflanzensoziologischen Aufnahmen basiert auf WIRTH (1972).

Für die Belastungen wurde folgende Einteilung gewählt:

- Zone 1: unbelastet
- Zone 2: schwach belastet
- Zone 3: mittel belastet
- Zone 4: stark belastet
- Zone 5: sehr stark belastet.

Für die immissionsökologische Bewertung wurde in den Grundzügen die von WITTMANN et al. (1989) angeführte Methode verwendet, wobei allerdings die unten angeführten Kriterien, welche der Einteilung in die fünf Flechtenzonen zu Grunde liegen, vom Autor erweitert wurden (vor allem hinsichtlich Jungwuchsentwicklung und Gesellschaftsbildung; siehe Anhang 1).

Anhang 2 gibt einen Überblick über den Entwicklungszustand einiger ausgewählter Flechtengesellschaften in den fünf immissionsökologischen Flechtenzonen.

Die epiphytischen Flechtengemeinschaften im Untersuchungsgebiet sind in Anhang 3 geordnet nach der dominierenden Flechtenwuchsform bzw. unterteilt in die Hauptgruppen der Wuchsformen angeführt.

2.2 Transekte

Als Probestellen wurden im Untersuchungsgebiet drei Transekte ausgewählt:

Transekt	Seehöhenbereich	Richtung	Länge
Achenkirch-Christlumpf	940m - 1760m	E - W	3km
Schulterberg (Gipfelbereich)	1400m - 1686m	N - S	1,5km
Mühleggerköpfl	830m - 920m	NW-SE	1km

3 ERGEBNISSE

3.1 Transekt Achenkirch - Christlumpf (Anhang 4)

Der Flechtenbewuchs im untersten Höhenbereich zwischen ca. 940m und 1050m zählt zur Flechtzone 3 und zeigt mittlere Schadstoffbelastung an. Auf *Picea abies* und *Pinus sylvestris* entwickeln sich neben dem *Apatococetum lobati* (sehr toxisch-tolerante Algengemeinschaft mit meist geringer Flechtenbeteiligung) die wenig empfindlichen Assoziationen des *Leprarietum incanae*, *Parmeliopsidetum ambiguae* und des *Cladonietum coniocraeae*, welche meist artenarm, ansonsten aber gut ausgebildet sind. Ein gut entwickeltes *Pseudevernetum furfuraceae* (nur sehr vereinzelt in der Variante *P.f.hypogymniosum physodis*), wie es hier auf Nadelbäumen zu erwarten wäre, kommt nicht mehr vor; es ist meist nur in kümmerlichen Ansätzen bzw. an Arten verarmten Ausbildungsformen vorhanden und zeigt einen hohen Schadformenanteil bei den Strauch- und Blattflechten). Nur stellenweise ist an einigen höheren Seitenästen eine etwas üppigere Entwicklung zu finden (dabei erreichen die Strauchflechten aber nur reduzierte Größenentwicklung). Auf Laubbäumen im Waldbereich finden sich in dieser Höhenstufe - abgesehen von einigen Krustenflechtenvereinen - nur stark geschädigte Formen des *Lobarietum pulmonariae* und des *Parmelietum caperatae*. Die wenigen Laubbäume im Bereich der Talstation des Christlumpfes und der umliegenden landwirtschaftlichen Betriebe tragen hingegen überwiegend das *Physcietum adscendentis*, welches nur relativ deckungsschwache Bewüchse aufweist (allerdings nicht im ganzen Bereich).

In der Höhenstufe um 1050m - 1100m wird die Flechtenvegetation vor allem auf Laubbäumen vielfältiger. Das *Lobarietum pulmonariae* erreicht bereits gute Deckungswerte, allerdings weisen die empfindlichen Arten deutliche nekrotische Verfärbungen der Thalli auf. Ebenso verhält es sich bei weiteren Laub- und Strauchflechtengesellschaften, die hier auf Laubbäumen zu finden sind: *Parmelietum revolutae*, *Parmelietum caperatae*, *Ramalinetum farinaceae* und *Usneetum florido-neglectae*. An Krustenflechtenvereinen sind besonders das *Lecanoretum subfuscae*, *Phlyctidetum argenae*, *Graphidetum scriptae* und *Pertusarietum amarae* vertreten. Auf Nadelbäumen sind nur geringe Verbesserungen der Ausbildungsformen des *Pseudevernetum furfuraceae* zu erkennen; es dominiert immer noch das *Parmeliopsidetum ambiguae*. Vegetationsentwicklung und Schadformen der empfindlichen Arten erlauben eine Einordnung in Flechtzone 2.

Ab ca. 1200m werden schöne Bestände des *Lobarietum pulmonariae* gebildet, in denen die einzelnen Arten normale bis optimale Thallusgrößen erreichen (z.B. *Lobaria* bis zu 30-40cm Durchmesser), jedoch immer noch nekrotische Verfärbungen aufweisen und somit weiterhin in Zone 2 einzuordnen sind. Vereine mit überwiegend weniger empfindlichen Arten (z.B. *Parmelia sulcata* - Sozietäten) sind ungeschädigt. Auch auf Nadelbäumen wird der Flechtenbewuchs langsam besser und ab ca. 1300m zeigen vor allem die Seitenäste einen angemessenen Behang mit *Pseudevernetum furfuraceae*, zu dem vereinzelt auch bereits das *Usneetum filipendulae* hinzukommt. Erst in einer Höhenstufe ab ca. 1400m - 1450m, ab welcher auf Nadelbäumen das *Pseudevernetum furfuraceae* normal entwickelt ist (daneben noch das *Usneetum filipendulae* und das *Parmeliopsidetum ambiguae*), sind keine Schadformenausbildungen mehr zu finden und ist eine Einordnung in Zone 1 möglich, die dann vermutlich bis zum Gipfel reicht (im obersten Abschnitt des Transekts war eine durchgehende Beurteilung nicht mehr möglich, da nur noch sehr vereinzelt geeignete Trägerbäume stehen bzw. überhaupt fehlen).

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß dieser Transekt aufgrund der Entwicklung der Flechtenvegetation im untersten Höhenbereich eine mittlere Schadstoffbelastung aufweist, die nach rund 100 Höhenmetern in eine leichte Belastung übergeht; Schadstoffwirkungen sind jedoch über ca. 400 Höhenmeter zu bemerken und verursachen schwache, aber andauernde Schadformenausbildungen bei der Flechtenvegetation mit nekrotischen Thallusverfärbungen vor. Bezeichnend ist auch, daß die Grade der

Schädigung hier besonders an den nördlichen und westlichen Stammseiten der Bäume auftreten.

3.2 Transekt Schulterberg

(Anhang 5)

Der Transekt Schulterberg erstreckt sich von 1500m bis 1686m und läßt nur stellenweise eine geringe Beeinträchtigung der Flechtenvegetation erkennen. Abgesehen von der reduzierten Entwicklung des *Evernietum divaricatae* (die namensgebende Charakterart *Evernia divaricata* zeigt in offenen Beständen des südlichen Gipfelbereiches nur geringe Vitalität und einige Kümmerformen) und von *Usnea*-Beständen, zeigen die übrigen vorhandenen Flechtengemeinschaften eine artenreiche und optimale Entwicklung, wobei neben den blatt- und strauchflechtenreichen Gesellschaften des *Pseudevernietum furfuraceae typicum*, *P.f.platismatiosum glaucae*, *P.f.hypogymniosum phytodis* und einer an *Bryoria* reichen Form des *Pseudevernietum* auch noch *Parmeliopsidetum ambiguae*, *Calicietum viridis*, *Cyphelietum tigillarum* sowie die *Cladonia*-Assoziationen *Cladonietum coniocraeae* und *Cladonietum cenoteae* sehr gut entwickelt sind. Die beteiligten Flechtenarten erreichen bei guter Thallusentwicklung hohe Deckungswerte an Stämmen und Ästen der Trägerbäume (überwiegend alte Fichten und vereinzelt einige Lärchen). Der überwiegende Teil der Fläche ist hier Zone 1 zuzuordnen und nur ein geringer Teil Zone 2.

3.3 Transekt Mühleggerköpfl

(Anhang 6)

Diese nördlichste Probestfläche im Grenzgebiet zu Bayern liegt im Höhenbereich von 830m bis 920m. Der größte Teil des Gebietes ist Zone 3 zuzurechnen, nur der oberste Gipfelbereich des Mühleggerköpfls (ca. 900m - 920m) entspricht Zone 2.

Während an den Hangbereichen sowohl auf Laub- als auch auf Nadelbäumen nur sehr wenige Blattflechtenvereine (z.B. stark geschädigtes *Lobarietum pulmonariae*), überwiegend aber Krustenflechtengemeinschaften (*Opegraphetum rufescentis*, *Pertusarietum amarae*, *Phlyctidetum argenae*, *Graphidetum scriptae* und *Leprarietum incanae*) wachsen, sind an der südlichen Gipfelseite des Hügels auf Nadelbäumen wenigstens schwache Entwicklungen des *Pseudevernietum furfuraceae* und auf Laubbäumen sogar relativ reichhaltige Ausbildungen des *Ramalinietum farinaceae* und des *Lobarietum pulmonariae* zu finden, deren Arten-garnitur jedoch gering und größtenteils durch nekrotische Verfärbungen gekennzeichnet ist.

Auf der nördlichen Seite des Mühleggerköpfls wird der Zustand der Flechtenvegetation bereits im obersten Höhenbereich schlechter, allerdings sind hier auch die natürlichen Verhältnisse ungünstiger (starke Beschattung). Das Mühleggerköpfl ist hinsichtlich des Zustandes der Flechtenvegetation mit den untersten Höhenlagen des Transektes Achenkirch-Christlumkopf vergleichbar.

4 DISKUSSION

Die vertikale Ausdehnung der Zonen an den drei Transekten zeigt, daß bis 100m oberhalb des Talbodens eine mittlere Schadstoffbelastung (Zone 3) vorherrscht, weitere 400 Höhenmeter darüber eine schwach belastete Zone (Zone 2). Im Transekt Achenkirch - Christlumkopf kommt man bereits zwischen 1400m und 1500m in eine unbelastete Zone (Zone 1), die an den Flechten keine andauernde Schadstoffeinwirkung zeigt, während im 5-6km nördlicher gelegenen Transekt Schulterberg zwischen 1500m und 1600m (und damit durchschnittlich 100 Höhenmeter weiter hinauf) noch sporadisch Schadstoffeinwirkungen auf die Flechtenvegetation feststellbar sind.

Zieht man die neueren Ergebnisse verschiedener immissionsbezogener Flechtenkartierungen in Tirol (HOFMANN et al. 1991, HOFMANN & TÜRK 1991) als Vergleich heran, so fällt auf, daß im Achenental die belasteten Zonen (besonders Zone 2) in wesentlich höhere Lagen reichen als in Zentralalpentälern. Es fehlen im Untersuchungsgebiet jedoch die stark und sehr stark belasteten Zonen (Zonen 4 und 5), wie sie beispielsweise im Inntal vorkommen.

Zusammenfassung

Im Gebiet von Achenkirch wurde 1991 auf drei Transekten (Achenkirch-Christlumkopf, Schulterberg, Mühleggerköpfl) eine immissionsbezogene Flechtenkartierung durchgeführt. Es zeigte sich, daß die tallagennahen Bereiche (ca. 830m - 1000m) einer dauernden mittleren Schadstoffbelastung (Zone 3) ausgesetzt sind. Zwischen ca. 1000m - 1500m folgt eine nur leicht beeinträchtigte Zone (Zone 2), die je nach Lage zwischen 1400m - 1500m in eine weitgehend unbelastete Region (Zone 1) übergeht. Flechtenzone 4 und 5 (schwer und sehr schwer belastet) fehlen. Im Vergleich zu Kartierungsergebnissen aus Zentralalpentälern ergibt sich im Untersuchungsgebiet eine ca. 200-300m weiter hinauf reichende Belastung.

Die Ergebnisse der Flechtenkartierung werden anhand der unterschiedlichen Ausbildung der Flechtenvegetation in den einzelnen Zonen

für jede Probestfläche beschrieben. Als ergänzende Information wird noch eine Liste der aufgefundenen epiphytischen Flechtenarten und Flechtengesellschaften beigelegt.

LITERATUR

- HOFMANN P. & TÜRK R. 1991. Immissionsökologische Flechtenkartierung zur Tiroler Transitstudie 1990/91.- Unveröffentlichte Vertragsarbeit für die Tiroler Landesforstdirektion.
- HOFMANN P., WITTMANN H. & TÜRK R. 1991. Immissionsbezogene Flechtenkartierung in Tirol unter besonderer Berücksichtigung der Waldzustandsinventurpunkte. - Veröff. d. Tiroler Landesm. Ferdinandeum Bd. 71, 83-115.
- WIRTH V. 1972. Silikatflechtengemeinschaften im außeralpinen Zentraleuropa.- *Dissertationes Botanicae* Bd. 17, 306 pp.
- WIRTH V. 1988. Phytosociological Approaches to Air Pollution Monitoring with Lichens. - In: NASH T. & WIRTH V. (eds.): *Lichens, Bryophytes and Air Quality*. *Bibliotheca Lichenologica* Bd. 30: 91-107.
- WITTMANN H., TÜRK R., SCHERNTHANER E. & KUPFER-WESELY E. 1989. Immissionsökologische Studie über die epiphytische Flechtenvegetation in den geschädigten Wäldern Vorarlbergs.- In: *Lebensraum Vorarlberg (Grundlagenarbeiten zu Natur und Umwelt)* Bd. 3: *Waldforschung in Vorarlberg*: 47-96.

ANHANG 1

Kriterien für die immissionsökologische Bewertung

A:	Assoziationsausbildung	JW:	Jungwuchsentwicklung	TH:	Thallusgrößen
D:	Deckungsgrade	SP:	Auswirkung auf einzelne Arten		

Zone 1 (unbelastet)

- SP: an sämtlichen Arten sind keine äußerlich sichtbaren Schäden erkennbar.
 A, D, TH, JW entsprechen den gegebenen klimatischen und orographischen Verhältnissen.

Zone 2 (schwach belastet)

- A, D, TH sind nicht merklich beeinträchtigt.
 SP: einige empfindliche Arten zeigen charakteristische, äußerlich sichtbare Schäden, wie z.B.:
Pseudevernia furfuracea: ausgebleichte, weißlich verfärbte Lobenenden
Lobaria pulmonaria: Thallusrand und teilweise die grubigen Vertiefungen des Lagers ausgebleicht bzw. gelbbraun verfärbt.
Evernia prunastri: weißlich ausgebleichte Lobenenden
Cetrelia cetrarioides: punktuell ausgebleichte Thallusteile
Parmelia sulcata: Ausbleichungen der Lobenenden und oftmals Rotfärbungen des Thalluszentrums (*P. sulcata* ist relativ toxis tolerant, zeigt aber schon geringe Schadstoffbelastung an)
Platismatia glauca: punktuell rot und weiß verfärbte Thalluspartien.
Parmelia caperata: Ausbleichungen vor allem an den Lobenenden und an den hochgewölbten Thalluspartien
Parmelia saxatilis: Ausbleichungen der Lobenenden, seltener Rotverfärbungen
Evernia divaricata und *Usnea spec.*: leichte Verbraunungen oder Ausbleichung der Thallusspitzen.
 JW: Falls JW optimal → die Einwirkung der Schadstoffe war nur kurzzeitig und lufthygienische Verhältnisse haben sich wieder gebessert. Falls kaum neue Jungwuchsentwicklung oder diese ebenfalls mit Schäden → Einwirkung der Schadstoffe über längere Zeit anhaltend. An Stammpartien mit erhöhtem Stammabfluß können die Beeinträchtigungen etwas erhöht bzw. konzentriert sein.

Zone 3 (mittel belastet)

- SP: Empfindliche Arten wie *Lobaria pulmonaria* und *Cetrelia cetrarioides* sterben ab. *Parmelia caperata*, *Parmelia saxatilis* und *Parmelia sulcata* sind stark geschädigt und oftmals bis zur Mitte ausgebleicht bzw. rötlich verfärbt. *Hypogymnia physodes* zeigt auf saurer Rinde Schäden (Ausbleichungen, Thallusverformungen). Strauchflechten weisen deutlich ausgebleichte Lobenenden sowie verkrümmte und gestauchte Lagerabschnitte auf (besonders bei *Evernia prunastri*, *Ramalina farinacea* und *Pseudevernia furfuracea* zu beobachten).
 A: Neben dem erhöhten Anteil aus Schadbildern kommt es auch bereits zu einer merklichen Artenverarmung und Mengenverschiebungen (zwischen mehr oder weniger resistenten Arten) in den Verei-

nen. Während die empfindlichen Vertreter schädigungsbedingt bzw. vitalitätsvermindert deckungsmäßig zurückweichen, beginnen die weniger empfindlichen im Konkurrenzkampf stärker zu werden. Auf saurer Borke besteht die Tendenz zu "Einartgesellschaften" von *Hypogymnia physodes*.

- D: Deckung der Blatt- und Strauchflechten ist deutlich verringert und oftmals unter 50%.
 TH/JW: Starke Schädigungen bei einem hohen Prozentsatz der Strauch- und Blattflechten, deren Thallusgrößen ansonsten aber normal entwickelt sind und hohe Deckungswerte aufweisen → die Immissionseinwirkungen waren eher kurzzeitig, aber intensiv. Kann bei gleichzeitig sich gut entwickelndem Jungwuchs wieder zu Zone 2 tendieren.
 Es zeigt sich neben den Thallusschädigungen auch ein stark reduziertes Wachstum der Thalli ohne Ansätze zu Regenerationen und in der Folge eine zunehmende Deckungsverminderung der Strauch- und Blattflechten → die Immissionseinwirkungen sind über einen längeren Zeitraum anhaltend, bei zusätzlich geringem Jungwuchs wird wahrscheinlich Entwicklung zu Zone 4 erfolgen.

Zone 4 (stark belastet)

- SP/TH: *Parmelia* absterbend bzw. mit Thallusgrößen unter 1,5cm. *Pseudevernia furfuracea* und *Evernia prunastri* mit großteils ausgebleichten bzw. rotverfärbten Lagern mit einer maximalen Thallusgröße von 1cm. *Hypogymnia physodes* zeigt sowohl auf Nadel- als auch auf Laubbäumen deutliche Schäden (Ausbleichungen, knorpeliger Wuchs).
 D: Der Deckungsgrad der Blatt- und Strauchflechten liegt deutlich unter 25%.
 A: Die am Standort von Natur aus vorkommenden Gesellschaften kommen meist nur noch als Assoziationsrudimente vor oder werden von einigen resistenten Arten (meist Krustenflechten), die hier unter normalen Bedingungen dem Konkurrenzdruck weichen müßten, durchwachsen.
 JW: Jungwuchsentwicklung meist gänzlich unterdrückt, junge Exemplare bald wieder absterbend oder nur von Arten mit erhöhter Resistenz (z.B. *Phaeophyscia orbicularis*).

Zone 5 (sehr stark belastet)

- SP: Nur mehr Algenanflüge und wenige resistente Krustenflechten sind vorhanden (z.B. *Buellia punctata*, *Lepraria incana*). Eventuell noch Exemplare von *Phaeophyscia orbicularis*.
 D: Die Deckung der Strauch- und Blattflechten (mit Ausnahme von *Phaeophyscia orbicularis*) liegt unter 1%.
 A: Als Gemeinschaften kann man bestenfalls noch die Algenanflüge, ein artenarmes *Buellietum punctatae* und das *Lecanoretum conizaeoidis* betrachten.

ANHANG 2

**Entwicklungszustand einiger ausgewählter Flechtengesellschaften in den fünf
immissionsökologischen Flechtenzonen**

- * Gesellschaftszusammensetzung den natürlichen Bedingungen entsprechend und beteiligte Arten normal sowie ohne Schadbilder entwickelt.
- + Gesellschaftszusammensetzung wenig beeinträchtigt, einige beteiligte Arten weisen jedoch bereits deutliche und intensive Thallusnekrosen auf.
- (+) Gesellschaft nur noch fragmentarisch ausgebildet, vor allem die empfindlichen Arten fallen aus oder nur noch in Form intensiv geschädigter Individuen vorhanden, Deckungsgrad niedrig.
- Gesellschaft absterbend bzw. nicht mehr vorhanden.

Assoziation	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5
<i>Apatococcetum lobati</i>	*	*	*	*	*
<i>Leprarietum incanae</i>	*	*	*	*	*
<i>Physec. adsc. phaeophysec. orbicularis</i>	-	-	*	*	+(+)
<i>Buellietum punctatae</i>	*	*	*	*+	+(+)
<i>Hypocenomycetum scalaris</i>	*	*	*	*+	(+)
<i>Lecanoretum subfuscae</i>	*	*	*	*+(+)	(+)
<i>Phlyctidetum argenae</i>	*	*	*	+(+)	-
<i>Physconietum griseae</i>	-	*	*	+(+)	-
<i>Physcietum adscendentis typ.</i>	*	*	*	+(+)	-
<i>Physec. adsc. xanthoriet. fallacis</i>	*	*	*	+(+)	-
<i>Xanthorietum candelariae</i>	*	*	*+	(+)	-
<i>Parmeliopsidetum ambiguae</i>	*	*	*+	(+)	-
<i>Pseudev. furf. hypogymn. physodis</i>	*	*	*+	(+)	-
<i>Pseudev. furf. parmelietae flavent.</i>	*	*	+	(+)	-
<i>Parmelietae acet. parmelietae tiliaceae</i>	*	*	+	(+)	-
<i>Pseudev. furf. platismat. glaucae</i>	*	*+	*(+)	-	-
<i>Parmelietae glabrae</i>	*	*+	+(+)	-	-
<i>Parmelietae revolutae</i>	*	*+	+(+)	-	-
<i>Ramalinetae farinaceae</i>	*	*+	+(+)	-	-
<i>Pseudevernietum furfuraceae typ.</i>	*	*+	+(+)	-	-
<i>Parmelietae caperatae</i>	*	*+	+(+)	-	-
<i>Pseudev. furf. usneetae subflorid.</i>	*	+	(+)	-	-
<i>Cetrelia-Menegazzia-Soz.</i>	*	+	(+)	-	-
<i>Nephrometum resupinati</i>	*	+(+)	(+)	-	-
<i>Lobarietae pulmonariae</i>	*	+(+)	(+)	-	-
<i>Usneetae filipendulae</i>	*	*(+)	(+)	-	-
<i>Evernietum divaricatae</i>	*	*(+)	(+)	-	-
<i>Usneetae florido-neglectae</i>	*	*(+)	(+)	-	-

ANHANG 3

Epiphytische Flechtengemeinschaften

(geordnet nach der dominierenden
Flechtenwuchsform)

Krustenflechtengesellschaften

Im Untersuchungsgebiet normale, den natürlichen
Verhältnissen entsprechende Entwicklung der ein-
zelnen Gesellschaften.

Calicietum viridis
Lecanactidetum abietinae
Chaenothecetum furfuraceae
Chaenothecetum ferrugineae
Chrysotrichetum candelaris
Leprarietum incanae
Cyphelietum tigillaris
Lecanoretum subfuscae
Phlyctidetum argenae
Graphidetum scriptae
Pertusarietum amarae
Pertusarietum hemisphaericae
Opegraphetum rufescentis
Apatococcetum lobati

Blatt- und Strauchflechtengesellschaften

weisen in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes
nekrotische Verfärbungen der empfindlichen Arten
auf.

Parmeliopsidetum ambiguae
Pseudevernetium furfuraceae
 - *typicum*
 - *var. hypogymniosum physodis*
 - *var. platismatiosum glaucae*
Parmelietum revolutae
Lobarietum pulmonariae
Parmelietum caperatae
Physcietum adscendentis
Ramalinietum farinaceae
Cladonietum cenoteae
Cladonietum coniocraeae

Bartflechtengesellschaften

Im Untersuchungsgebiet ziemlich selten, meist nur
mit reduzierter Vitalität der beteiligten Arten.

Evernetium divaricatae
Usneetum filipendulae
Usneetum florido-neglectae

Übersicht der aufgefundenen epiphytischen
Flechtenarten

(unterteilt in die Hauptgruppen der Wuchsformen)

Krustenflechten

Arthonia leucopellaea (Ach.) Almq.
Arthonia radiata (Pers.) Ach.
Arthothelium ruanum (Massal.) Zwackh.
Bacidia rubella (Hoffm.) Massal.
Buellia disciformis (Fr.) Mudd var. *disciformis*
Buellia disciformis (Fr.) Mudd var. *microspora*
 (Vainio) Zahlbr.
Buellia griseovirens (Turner ex Borrer ex
 Smith) Almb.
Buellia punctata (Hoffm.) Massal.
Buellia schaeereri De Not.
Calicium trabinellum (Ach.) Ach.
Calicium viride Pers.
Caloplaca cerina (Ehrh. ex Hedwig) Th.Fr.
Caloplaca herbidella (Hue) H. Magn.
Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau
Catillaria nigroclavata (Nyl.) Schuler
Chaenotheca chrysocephala (Turner ex Ach.) Th.Fr.
Chaenotheca ferruginea (Turner ex Sm.) Migula
Chaenotheca furfuracea (L.) Tibell
Chaenotheca trichialis (Ach.) Th.Fr.
Chrysothrix candelaris (L.) Laundon
Cyphelium inquinans (Sm.) Trevisan
Cyphelium tigillare (Ach.) Ach.
Graphis scripta (L.) Ach.
Haematomma ochroleucum (Necker) Laundon
Hypocomyce scalaris (Ach.) Choisy
Icnadophila ericetorum (L.) Zahlbr.
Lecanora argentata (Ach.) Malme
Lecanora carpineae (L.) Vainio
Lecanora chlorotera Nyl.
Lecanora pallida (Schreber) Rabenh.
Lecanora pulicaris (Pers.) Ach.
Lecidella elaeochroma (Ach.) Choisy
Lepraria incana (L.) Ach.
Loxospora elatina (Ach.) Massal.
Mykoblastus affinis (Schaeerer) Schauer
Normandina pulchella (Borrer) Nyl.
Ochrolechia alboflavescens (Wulfen) Zahlbr.
Ochrolechia androgyna (Hoffm.) Arnold
Ochrolechia pallescens (L.) Massal.
Opegrapha lichenoides Pers.
Opegrapha rufescens Pers.
Opegrapha vulgata Ach. s.l.
Pertusaria albescens (Hudson) Choisy & Werner
Pertusaria amara (Ach.) Nyl.
Pertusaria constricta Erichs.
Pertusaria coronata (Ach.) Th.Fr.
Phlyctis argena (Sprengel) Flotow

Pyrenula laevigata (Pers.) Arnold
Pyrenula nitida (Weigel.) Ach.
Rinodina corticola (Arnold) Arnold
Schismatomma pericleum (Ach.) Branth & Rostr.
Sclerophora nivea (Hoffm.) Tibell
Strigula stigmatella (Ach.) R.C. Harris
Thelotrema lepadinum (Ach.) Ach.
Xylographa parallela (Ach.) Behl. & Desb.

Blattflechten

Candelaria concolor (Dicks.) Stein
Cetraria laureri Krempelh.
Cetraria pinastri (Scop.) S.Gray
Cetrelia cetrarioides (Del. ex Duby) Culb. & Culb.
Heterodermia obscurata (Nyl.) Trev.
Hypogymnia bitteri (Lyngé) Athi
Hypogymnia farinacea Zopf
Hypogymnia physodes (L.) Nyl.
Hypogymnia tubulosa (Schaer.) Havaas
Hypogymnia vittata (Ach.) Parr.
Imshaugia aleurites (Ach.) Fricke Meyer
Leptogium saturninum (Dicks.) Nyl.
Lobaria pulmonaria (L.) Hoffm.
Menegazzi terebrata (Hoffm.) Massal.
Nephroma resupinatum (L.) Ach.
Pannaria conoplea (Ach.) Bory
Parmelia caperata (L.) Ach.
Parmelia exasperatula Nyl.
Parmelia glabratula (Lamy) Nyl.
Parmelia revoluta Flörke
Parmelia saxatilis (L.) Ach.
Parmelia sulcata Taylor
Parmelia tiliacea (Hoffm.) Ach.
Parmeliella triptophylla (Ach.) Müll.Arg.
Parmeliopsis ambigua (Wulfen) Nyl.
Parmeliopsis hyperopta (Ach.) Arnold
Parmotrema crinitum (Ach.) Hale
Peltigera canina (L.) Willd.
Peltigera collina (Ach.) Schrad.
Peltigera praetextata (Flörke ex Sommerf.) Zopf
Phaeophyscia orbicularis (Necker) Moberg
Physcia adscendens (Fr.) Oliv.
Physcia stellaris (L.) Nyl.
Physcia tenella (Scop.) DC.
Physconia distorta (With.) Laundon
Platismatia glauca (L.) Culb. & Culb.
Xanthoria candelaria (L.) Th.Fr.
Xanthoria parietina (L.) Th.Fr.
Xanthoria polycarpa (Hoffm.) Rieber

Strauchflechten

Cladonia cenotea (Ach.) Schaerer
Cladonia coniocraea (Flörke) Sprengel
Cladonia digitata (L.) Hoffm.
Cladonia fimbriata (L.) Fr.
Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.
Evernia prunastri (L.) Ach.
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf
Ramalina farinacea (L.) Ach.

Bartflechten

Alectoria sarmentosa (Ach.) Ach.
Bryoria fuscescens (Gyelnik) Brodo & Hawksw.
Bryoria nadvornikiana (Gyelnik) Brodo & Hawksw.
Evernia divaricata (L.) Ach.
Usnea filipendula Stirton s.l.
Usnea rigida (Ach.) Mot.
 diverse *Usnea spec.*(?)

Legende zu Anhang 4-6

- ohne Symbol keine Schädigung erkennbar
- leichte Thallusschäden; meist nur randliche, nekrotische Verfärbungen
 - schwere Thallusschädigung, oft ganzes Lager mit nekrotischen Verfärbungen, teilweise bereits absterbend

Ac: *Acer pseudoplatanus*
 Fs: *Fagus sylvatica*
 Lx: *Larix decidua*
 Pa: *Picea abies*
 Ps: *Pinus sylvestris*

Legende zu Anhang 4

- Nr.1: *Pseudevernetum furfuraceae* var. *hypogymniosum physodis* mit starker Schädigung empfindlicher Arten
 Nr.2: *Parmeliopsidetum ambiguae*
 Nr.3: Übergangsstadium zwischen *Parmeliopsidetum ambiguae* und *Pseudev. furf. hypogymniosum physodis*
 Nr.4: Verein, in dem überwiegend Blattflechten dominieren, die keine oder nur geringe soziologische Bindung aufweisen
 Nr.5: geschädigtes *Lobarietum pulmonariae*
 Nr.6: Form des *Ramalinetum farinaceae*
 Nr.7: *Pertusarietum amarae*, in welches einige Blattflechten eindringen
 Nr.8-10: leicht geschädigtes *Lobarietum pulmonariae*
 Nr.11: schwach entwickeltes *Usnetum pulmonariae*
 Nr.12: leicht geschädigtes *Lobarietum pulmonariae*
 Nr.13: ungeschädigtes *Pseudevernetum furfuraceae typicum*

ANHANG 4

Ausgewählte Vegetationsaufnahmen der epiphytischen Flechtenvegetation im Transekt Achenkirch-Christlumpkopf

Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Flechtenzone	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1	
m Seehöhe	960	980	980	1050	1060	1070	1100	1180	1220	1260	1310	1320	1430	
Baumart	Pa	Pa	Ps	Fs	Fs	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Lx	Ac	Pa	
Stammdurchmesser (cm)	50	40	60	40	70	50	15	30	40	40	60	60	35	
Exposition	N	N	W/SW	S	NW	NW	NO	NW	NW/W	NW	O/SO	W	N/NO	
Deckung (%)	60	25	50	100	80	90	70	90	100	90	50	80	90	
Artenliste	3(°) +(o)	+(°) +(o)	2a(o) +(o) 2b 2a	3(o) 1(o) +(o)	+	2a(o) 1	2a(o) 2a	2b 2a(o)	+	2a	2a	2a	1	2a 1
<i>Parmelia sulcata</i>														
<i>Hypogymnia physodes</i>														
<i>Platismatia glauca</i>		2a	2a											
<i>Imshaugia aleurites</i>		2a	2a											
<i>Parmeliopsis ambigua</i>		r		1		2a				2a			1	
<i>Parmelia saxatilis</i>			+(°) 2a										4	
<i>Pseudevernia furfuracea</i>													+	
<i>Hypogymnia farinacea</i>														
Algenkruste														
<i>Buellia schaererii</i>														
<i>Cladonia digitata</i>		+												
<i>Cetraria cetrarioides</i>				1(o)	2a(o)			1	1	1		+		
<i>Parmelia caperata</i>				+(o)										
<i>Graphis scripta</i>				1										
<i>Parmelia glabratula</i>				2a		+	2a	1		1				
<i>Phlyctis argena</i>				2a	1			2a				1		
diverse Moose				2b	3		1	2b	4	2b		3		
<i>Evernia prunastri</i>				+(o)			1(°)	2a(o)						
<i>Loxospora elatina</i>				1										
<i>Lobaria pulmonaria</i>					2a(o)				3(o)	3(o)		3(o)		
<i>Menegazzia terebrata</i>					1(o)	+								
<i>Pertusaria albescens</i>					2a									
<i>Parmelia revoluta</i>					+									
<i>Pertusaria amara</i>						2a	3	2a		1				
<i>Ramalina farinacea</i>						2b(o)		1						
<i>Lecanora argentea</i>						+	+							
<i>Lecanora carpinea</i>						+								
<i>Peltigera canina</i>								1						
<i>Cladonia pyxidata</i>								1						
<i>Peltigera collina</i>									+(°) 1(o)					
<i>Nephroma resupinatum</i>									+					
<i>Pannaria conoplea</i>									r					
<i>Leptogium saturninum</i>														
<i>Ochrolechia pallescens</i>										+				
<i>Caloplaca herbicola</i>										+				
<i>Normandina pulchella</i>										+				
<i>Usnea filipendula</i> s.l.											2b		2a	
<i>Bryoria fuscescens</i>											1			
<i>Hypocenomyce scalaris</i>											2a			
<i>Usnea spec. (?)</i>											1			

ANHANG 6

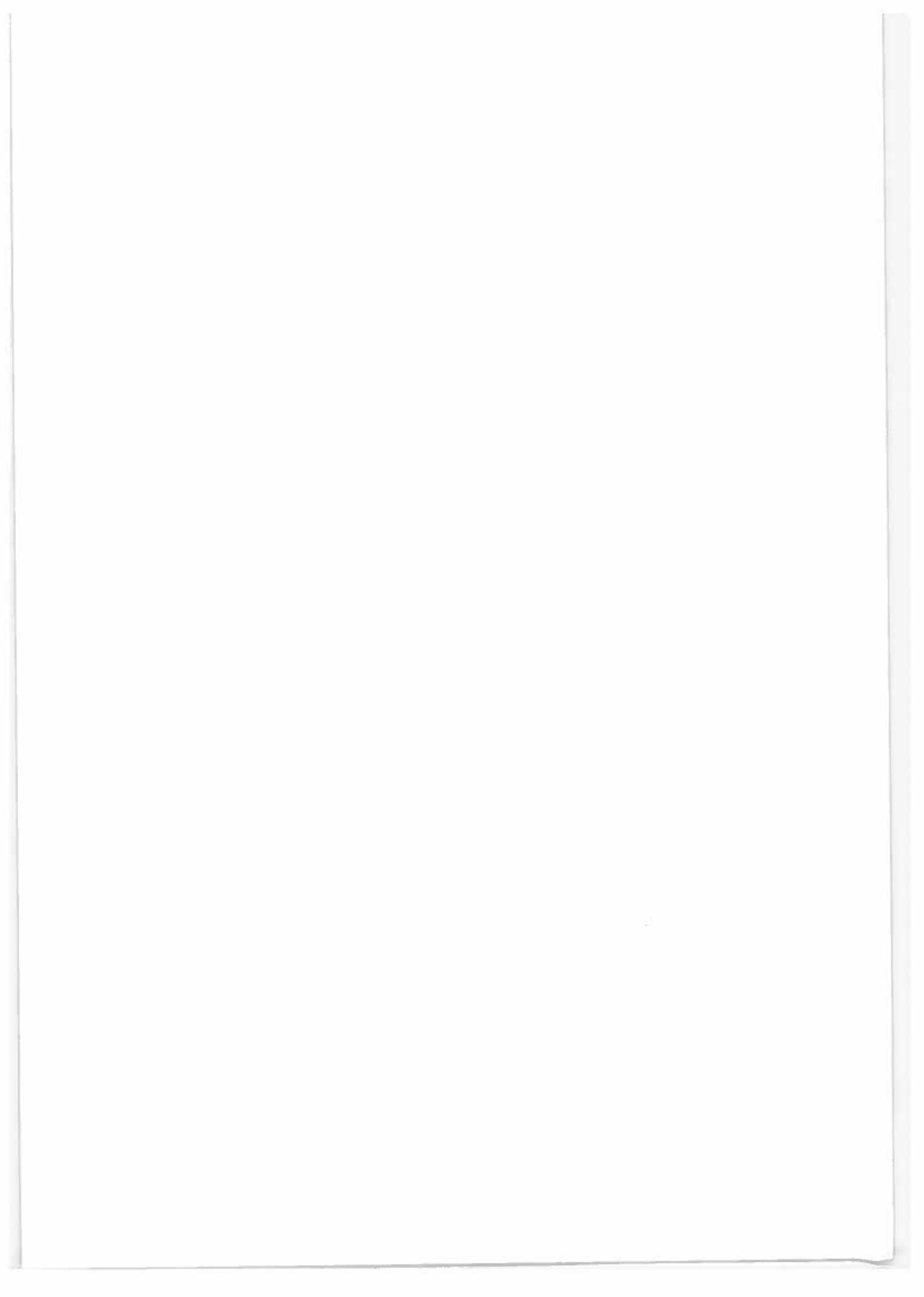
**Ausgewählte Vegetationsaufnahmen der epiphytischen Flechtenvegetation
im Transekt Mühleggerköpfl**

- Nr.1: stark geschädigtes *Lobarietum pulmonariae*
 Nr. 2: *Graphidetum scriptae*
 Nr.3: *Phlyctidetum argenae*, in welches Blattflechten eingedrungen sind, die großteils starke Schädigungen aufweisen
 Nr.4: geschädigtes, deckungsschwaches *Pseudevernetum furfuraceae*
 Nr.5: deckungsschwaches *Parmeloipsidetum ambiguae*
 Nr.6: geschädigte *Sulcata* - Sozietät.

Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6
Flechtenzone	3	3	3	3	3	2/3
m Seehöhe	830	840	830	850	860	920
Baumart	Fs	Fs	Fs	Pa	Pa	Fs
Stammdurchmesser (cm)	50	40	40	Ast	40	20
Exposition	O	NW	NW/W	NW	N	SW
Deckung (%)	90	70	60	40	15	80

Artenliste

<i>Lobaria pulmonaria</i>	3(•)	.	.	.	.	.
diverse Moose	2b	3	2a	.	.	2a
<i>Graphis scripta</i>	2a	3	+	.	.	.
<i>Opegrapha lichenoides</i>	2a	.	.	.	.	.
<i>Leconara carpinea</i>	1	.	.	.	.	.
<i>Leconara argentata</i>	1	1	.	.	.	.
<i>Lecidella elaeochroma</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Pyrenula laevigata</i>	.	1	.	.	.	.
<i>Phlyctis argena</i>	.	1	3	.	.	.
<i>Lepraria incana</i>	.	2b	.	.	.	.
<i>Parmeliella triptophylla</i>	.	+	.	.	.	.
<i>Normandina pulchella</i>	.	+	.	.	.	.
<i>Leptogium saturninum</i>	.	r	.	.	.	.
<i>Pannaria conoplea</i>	.	r	.	.	.	.
<i>Parmelia sulcata</i>	.	.	3(•)	.	.	3(o)
<i>Cetrelia cetrarioides</i>	.	.	2b(o)	.	.	.
<i>Parmelia glabratula</i>	.	.	2b	.	.	2a
<i>Parmelia saxatilis</i>	.	.	2a	.	1(o)	3
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	.	.	.	2a(o)	.	.
<i>Hypogymnia physodes</i>	.	.	.	1	+	.
<i>Parmelia exasperatula</i>	.	.	.	1	.	.
<i>Lecanora pulicaris</i>	.	.	.	+	.	.
Algenkruste	.	.	.	2b	1	1
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	.	.	.	.	1	.
<i>Imshaugia aleurites</i>	.	.	.	.	+	.
<i>Cladonia fimbriata</i>	.	.	.	.	r	.
<i>Pertusaria albescens</i>	.	.	.	.	.	r



FBVA-BERICHTE
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt
Wien

- | | | | |
|------|----|--|-------|
| 1991 | 50 | Smidt, Stefan: Messungen nasser Freilanddepositionen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt.
Preis ÖS 90.-- | 90 S. |
| 1991 | 51 | Holzschuh, Carolus: Neue Bockkäfer aus Europa und Asien.
Preis ÖS 200.-- | 75 S. |
| 1991 | 52 | Fürst, Alfred: Der forstliche Teil der Umgebungsüberwachung des kalorischen Kraftwerkes Dürnrohr. Ergebnisse von 1981 bis 1990.
Preis ÖS 45.-- | 42 S. |
| 1991 | 53 | Jeglitsch, Friedrich: Wildbachereignisse in Österreich 1977-1979.
Preis ÖS 80.-- | 80 S. |
| 1991 | 54 | Jeglitsch, Friedrich: Wildbachereignisse in Österreich 1980-1982.
Preis ÖS 80.-- | 78 S. |
| 1991 | 55 | Wiesinger, Rudolf; Rys, Johannes: Waldzustandsinventur: Untersuchung der Zuwachsverhältnisse an Wald- und Bestandesrändern.
Preis ÖS 60.-- | 60 S. |
| 1991 | 56 | Rachoy, Werner; Exner, Robert: Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen.
Preis ÖS 95.-- | 93 S. |
| 1991 | 57 | Smidt, Stefan; Herman, Friedl; Leitner, Johann: Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1989/90.
Preis ÖS 30.-- | 28 S. |
| 1991 | 58 | Stagl, Wolfgang; Hacker, Robert: Weiden als Prosshölzer zur Äsungsverbesserung.
Preis ÖS 60.-- | 56 S. |
| 1991 | 59 | Holzer, Kurt; Ohene-Coffie, F.; Schultze, Ulrich: Vegetative Vermehrung von Fichte für Hochlagenaufforstungen. Physiologische und phänologische Probleme der Anpassung.
Preis ÖS 75.-- | 73 S. |
| 1991 | 60 | Holzschuh, Carolus: 63 neue Bockkäfer aus Asien, vorwiegend aus China und Thailand (Coleoptera: Disteniidae und Cerambycidae).
Preis ÖS 140.-- | 71 S. |

- 1992 61 **Stagl, Wolfgang:** Auswertung der "Trakte" zum Staatsvertrag "Vereinbarung zwischen Bund und dem Land Kärnten über gemeinsame Maßnahmen zur Sicherung eines ausgewogenen Verhältnisses von Wald und Wild".
Preis ÖS 105.-- 62 S.
- 1992 62 **Jeglitsch, Friedrich:** Wildbachereignisse in Österreich 1983-1985.
Preis ÖS 75.-- 72 S.
- 1992 63 **Fürst, Alfred:** Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden - Beobachtungssystems. Ergebnisse 1989.
Preis ÖS 40.-- 37 S.
- 1992 **Sonderheft 1:**
Dragovic, Nada; Lang, Erich: Terminologie für die Wildbachverbauung. Fachwörterbuch deutsch - serbokroatisch. Terminologija Uredjenja Bujicnih Tokova. Recnik Strucnih Termina Srpskohrvatsko - Nemacki.
Preis ÖS 50.-- 46 S.
- 1992 64 **Jeglitsch, Friedrich:** Wildbachereignisse in Österreich 1986-1988.
Preis ÖS 95.-- 91 S.
- 1992 65 **Nather, Johann (Hrsg.):** Proceedings of the meeting of IUFRO - WP S2.02-21 on "Actual problems of the legislation of forest reproductive material and the need for harmonization of rules at an international level". Gmunden / Vienna - Austria, June 10. - 14. 1991.
Preis ÖS 200.-- 180 S.
- 1992 66 **Jeglitsch, Friedrich:** Wildbachereignisse in Österreich 1989.
Preis ÖS 60.-- 60 S.
- 1992 67 **Ökosystemare Studien in einem inneralpinen Tal. Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofil Zillertal".**
Preis ÖS 180.-- 152 S.
- 1992 68 **Luzian, Roland:** Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1987/88, 1988/89, 1989/90, 1990/91.
Preis ÖS 200.-- 188 S.
- 1992 69 **Holzschuh, Carolus:** 57 neue Bockkäfer aus Asien. Vorwiegend aus China, Thailand und Vietnam (Coleoptera, Cerambycidae).
Preis ÖS 120.-- 63 S.
- 1992 70 **Ökosystemare Studien im Kalkalpin. Erste Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofile Achenkirch".**
Preis ÖS 100.-- 103 S.