



**FBVA-BERICHTE** 122/2001

Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien  
Waldforschungszentrum

---

**Waldzustandsmonitoring in  
Österreich**  
Ergebnisse der  
Intensivbeobachtungsflächen  
(Level II)

---

*Forest Condition Monitoring  
in Austria*  
*Results of the Permanent Observation  
Plots (Level II)*

NEUMANN, M., SCHNABEL, G., GÄRTNER, M.  
STARLINGER, F., FÜRST, A., MUTSCH, F.  
ENGLISCH, M., SMIDT, S., JANDL, R. &  
GÄRTNER, K.

FDK 48--05:(436)



*Das Lebensministerium*

**Empfohlene Zitierung:**

Waldzustandsmonitoring in Österreich Ergebnisse der Intensivbeobachtungsflächen(Level II) / Neumann, M., Schnabel, G., Gärtner, M., Starlinger, F., Fürst, A., Mutsch, F., Englisch, M., Smidt, S., Jandl, R. & Gartner, K. / FBVA-Berichte; Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, 2001, Nr. 122, 235 S.

ISSN 1013-0713

Copyright 2001 by  
Forstliche Bundesversuchsanstalt

Für den Inhalt verantwortlich :  
Direktor HR Dipl. Ing. Friedrich Ruhm

Herstellung und Druck :  
Forstliche Bundesversuchsanstalt  
Waldforschungszentrum  
Seckendorff-Gudent Weg 8  
A-1131 Wien  
URL: <http://fbva.forvie.ac.at>  
URL: <http://www.fbva.bmlf.gv.at>

Englische Übersetzung:  
Mag. Margareta Khorchidi

Bestellungen und Tauschverkehr :  
Forstliche Bundesversuchsanstalt  
Bibliothek  
Seckendorff-Gudent Weg 8  
A-1131 Wien  
Tel. + 43-1-878 38 1216  
Fax. + 43-1-878 38 1250  
E-mail: [gudrun.schmidberger@fbva.bmlf.gv.at](mailto:gudrun.schmidberger@fbva.bmlf.gv.at)

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

## Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	7
Abstract .....	7
1 Einleitung (Markus Neumann) .....	8
<i>Introduction (Markus Neumann)</i>	
1.1 Geschichtlicher Hintergrund und internationale Einbindung des Programmes .....	8
<i>Historical background and international relevance of the programme</i>	
1.2 Aufnahmeumfang auf den Intensivbeobachtungsflächen .....	10
<i>Surveys on permanent observation plots</i>	
1.3 Selektionskriterien .....	12
<i>Selection criteria</i>	
1.4 Flächendesign .....	14
<i>Plot design</i>	
1.5 Interne Ablauforganisation .....	14
<i>Internal organisation</i>	
2 Luftbildauswertung (Manfred Gärtner) .....	17
<i>Aerial Photograph Interpretation (Manfred Gärtner)</i>	
3 Waldwachstumskundliche Erhebungen (Markus Neumann) .....	19
<i>Forest growth studies (Markus Neumann)</i>	
4 Vegetationskundliche Untersuchungen (Franz Starlinger) .....	21
<i>Vegetation survey (Franz Starlinger)</i>	
5 Gewinnung und Analyse von Nadelproben (Alfred Fürst) .....	23
<i>Needle sampling and analyses (Alfred Fürst)</i>	
6 Standorts- und bodenkundliche Untersuchungen (Franz Mutsch & Michael Englisch) .....	25
<i>Site and soil survey (Franz Mutsch &amp; Michael Englisch)</i>	
6.1 Standortkundliche Erhebung .....	25
<i>Site survey</i>	
6.2 Flächendesign und Probenahme .....	26
<i>Plot design and sampling</i>	
6.3 Chemische Analysen .....	27
<i>Chemistry analyses</i>	
6.4 Ergebnisse .....	28
<i>Results</i>	
7 Erfassung der nassen Deposition (Stefan Smidt) .....	29
<i>Measurement of wet deposition (Stefan Smidt)</i>	
8 Erfassung der Bodenlösung (Robert Jandl) .....	31
<i>Soil solution chemistry (Robert Jandl)</i>	
9 Meteorologische Messungen (Karl Gartner) .....	33
<i>Meteorological measurements (Karl Gartner)</i>	
Glossar .....	35
<i>Glossary</i>	
Darstellung der Ergebnisse der einzelnen Intensivbeobachtungsflächen .....	45
<i>Illustrated results of the permanent observation plots</i>	

## Vorwort

Vor etwa 20 Jahren wurden in Europa Anzeichen einer Verschlechterung der Waldgesundheit festgestellt. Ursprüngliche Befürchtungen in bezug auf ein rasches, flächiges Absterben von ganzen Beständen haben sich glücklicherweise nicht bewahrheitet. Sie gaben jedoch europaweit und auch in Österreich Anlaß zu einer noch intensiveren Befassung mit dem Wald als zuvor.

Der Umstand, daß viele der schädigenden Einflüsse großräumig und grenzüberschreitend auf den Wald einwirken, machte eine internationale Zusammenarbeit notwendig. Die Maßnahmen werden durch mehrere internationale Vereinbarungen unterstützend befürwortet. Eine starke Förderung fanden die systematischen Erhebungen durch die Kommission der Europäischen Gemeinschaft.

Großräumige Erhebungen des Kronenzustandes konnten zwar das Informationsbedürfnis der Öffentlichkeit nach der Entwicklung des Waldzustandes befriedigen, sie ermöglichten jedoch nur in Einzelfällen eine Ursachenanalyse. Dafür wurden aufwendigere Untersuchungen notwendig, die sich viel intensiver mit der Erfassung von Schadeinflüssen und deren Auswirkungen befaßten. Diese konnten deswegen nicht mehr flächendeckend durchgeführt werden, sondern mußten sich auf ausgewählte Standorte beschränken. Für die Mitgliedsländer der Europäischen Gemeinschaft wurde diese Intensivierung des Beobachtungsprogrammes gemäß Level II verpflichtend vorgeschrieben. In Österreich wurden daher im Jahr 1995 von Mitarbeitern der Forstlichen Bundesversuchsanstalt 20 Intensivbeobachtungsflächen eingerichtet. Seither werden auf ihnen die von der Kommission kofinanzierten Untersuchungen vorgenommen.

Dieses Programm wäre ohne das Entgegenkommen der jeweiligen Waldbesitzer nicht realisierbar gewesen. Wesentlich haben auch die lokalen Flächenbetreuer durch ihren Arbeitseinsatz dazu beigetragen. Der vorliegende Datenband enthält die wichtigsten bis Jahresende 1999 verfügbaren Ergebnisse dieses Gemeinschaftsprojektes der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. Die Daten sind in komprimierter Form für jede einzelne Beobachtungsfläche grafisch aufbereitet. Der Band beschränkt sich mit voller Absicht auf die Darstellung von Ergebnissen und enthält keine weiterführenden Interpretationen. Der zweisprachige Textteil soll zu einer weiteren Verbreitung ebenso beitragen wie das Glossar in fünf Sprachen.

Es ist mir eine große Freude, diesen ersten Statusbericht den Waldbesitzern und den lokalen Betreuern in Anerkennung ihrer Mitwirkung übermitteln zu können. Außerdem soll er der forstlichen Öffentlichkeit als Informationsquelle zum Zustand ausgewählter Waldökosysteme dienen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Friedrich Ruhm'. The signature is stylized and fluid, with a large initial 'F' and 'R'.

Direktor  
HR Dipl.-Ing Friedrich Ruhm

**FBVA-Berichte**  
**Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien**

Preis in ÖS

1953	1	Forstliche Arbeitslehre und Menschenführung. Referate von der GEFFA-Tagung 1952 in Ort bei Gmunden (Oberösterreich). 137 Seiten	vergriffen
1954	2	FRAUENDORFER, R. Forstliche Hilfstafeln. 167 Seiten	vergriffen
1955	3	LOHWAG, K. Erkenne und bekämpfe den Hausschwamm und seine Begleiter! 61 Seiten	vergriffen
1955	4	GRÜLL, H.; TRAUNINGER, W. Neuzeitliche Forstsaatguterzeugung in Pfropfplantagen. I. Teil, Plusbaumauswahl und Pfropfung. 73 Seiten	20.—
1956	5	HAFNER, F.; HEDENIGG, W. Planiergerät im forstlichen Straßen- und Wegebau. 75 Seiten	20.—
1957	6	FRAUENDORFER, R. Planung und Durchführung von Stichprobenahmen. 65 Seiten	vergriffen
1958	7	FRAUENDORFER, R. Betriebswirtschaftliche Untersuchungen im steirischen Bauernwald. (Gemeinde Haslau 1955). 157 Seite	50.—
1985	8	POLLANSCHÜTZ, J. Waldzustandsinventur 1984. Ziele - Inventurverfahren - Ergebnisse. 29 Seiten	vergriffen
1985	9	GLATTES, F.; SMIDT, S.; DRESCHER, A.; MAJER, C.; MUTSCH, F. Höhenprofil Zillertal. Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. Einrichtung und Ergebnisse 1984. 81 Seiten	vergriffen
1985	10	MERWALD, I. Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1974/75, 1975/76 und 1976/77. 76 Seiten	80.—
1986	11	STAGL, W.; DRESCHER, A. Wild - Vegetation - Forstschäden. Vorschläge für ein Beurteilungsschema. 19 Seiten	30.—
1986	12	NATHER, J. Proceedings of the International Symposium on Seed Problems under Stressfull Conditions, Vienna and Gmunden, Austria June 3.-8. 1985. 287 Seiten	vergriffen
1986	13	SMIDT, S. Bulkmessungen in Waldgebieten Österreichs. Ergebnisse 1984 und 1985. 32 Seiten	vergriffen
1986	14	EXNER, R. Die Bedeutung des Lichtfaktors bei Naturverjüngung. Untersuchungen im montanen Fichtenwald. 48 Seiten	vergriffen
1986	15	MERWALD, I. Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1977/78, 1978/79 und 1979/80. 81 Seiten	90.—
1986	16	HAUK, E.; HÖLLER, P.; SCHAFFHAUSER, H. Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1984/85 und 1985/86. 90 Seiten	90.—
1987	17	MERWALD, I. Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1980/81 und 1981/82. 74 Seiten	80.—

1987	18	EXNER, R. Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. Strukturanalysen im subalpinen Fichtenwald (Niedere Tauern, Radstadt/Salzburg). 102 Seiten	100.—
1987	19	HAUPOLTER, R. Baumsterben in Mitteleuropa. Eine Literaturübersicht. Teil 1: Fichtensterben. KREHAN, H.; HAUPOLTER, R. Forstpathologische Sondererhebungen im Rahmen der Österreichischen Waldzustandsinventur 1984-1988. Kiefernbestände - Bucklige Welt.. 73 Seiten	vergriffen
1987	20	GLATTES, F.; SMIDT, S. Höhenprofil Zillertal. Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. Ergebnisse von Luft-, Niederschlags- und Nadelanalysen 1985. 65 Seiten	vergriffen
1987	21	RUETZ, W.; NATHER, J. Proceedings of the IUFRO Working Party on Breeding Strategy for Douglas-Fir as an Introduced Species. Working Party: S2.02-05. Vienna, Austria June 1985. 300 Seiten	300.—
1987	22	JOHANN, K. Standraumregulierung bei der Fichte. Ausgangsbaumzahl - Stammzahlreduktion - Durchforstung - Endbestand. Ein Leitfaden für den Praktiker. 66 Seiten	60.—
1987	23	POLLANSCHÜTZ, J.; NEUMANN, M. Waldzustandsinventur 1985 und 1986. Gegenüberstellung der Ergebnisse. 98 Seiten	100.—
1987	24	KLAUSHOFER, F.; LITSCHAUER, R.; WIESINGER, R. Waldzustandsinventur Untersuchung der Kronenverlichtungsgrade an Wald- und Bestandesrändern. 94 Seiten	100.—
1988	25	JOHANN, K. Ergebnisse einer Rotfäuleuntersuchung in sehr wüchsigen Fichtenbeständen. 88 Seiten	90.—
1988	26	SMIDT, S.; GLATTES, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1986. Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen. 114 Seiten	120.—
1988	27	SMIDT, S. Messungen der nassen Deposition in Österreich. Meßstellen, Jahresmeßergebnisse, Literatur. 72 Seiten	80.—
1988	28	Forum Genetik - Wald - Forstwirtschaft. Bericht über die 5. Arbeitstagung von 6. bis 8. Oktober 1987. Kongresshaus Innsbruck. 192 Seiten	200.—
1988	29	KRISSL, W.; MÜLLER, F. Mischwuchsregulierung von Fichte und Buche in der Jungwuchsphase. 52 Seiten	50.—
1988	30	MARCU, GH.; TOMICZEK, C. Eichensterben und Klimastress. Eine Literaturübersicht. 23 Seiten	30.—
1988	31	KILIAN, W. Düngungsversuche zur Revitalisierung geschädigter Fichtenbestände am Ostrong. 50 Seiten	50.—
1988	32	SMIDT, S.; GLATTES, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal, Meßbericht 1987. 234 Seiten	250.—
1988	33	ENK, H. 10 Jahre Kostenuntersuchung bei Tiroler Agrargemeinschaften und Gemeindewäldern. 124 Seiten	130.—
1988	34	KREHAN, H. Forstpathologische Sondererhebungen im Rahmen der Österreichischen Waldzustandsinventur 1984-1988. Teil II: Fichtenbestände im Ausserfern (Tirol) und im grenznahen Gebiet des Mühl- und Waldviertels. 60 Seiten	60.—
1988	35	SCHAFFHAUSER, H. Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1986/87. 138 Seiten	145.—

1989	36	Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (8). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen. 128 Seiten	130.—
1989	37	RACHOY, W.; EXNER, R. Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. 100 Seiten	105.—
1989	38	MERWALD, I. Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1982/83, 1983/84. 92 Seiten	100.—
1989		SCHNEIDER, W. Verfahren, Möglichkeiten und Grenzen der Fernerkundung für die Inventur des Waldzustandes. 118 Seiten	200.—
1989	39	KREHAN, H. Das Tannensterben in Europa. Eine Literaturstudie mit kritischer Stellungnahme. 58 Seiten	60.—
1989	40	KRISSL, W.; MÜLLER, F. Waldbauliche Bewirtschaftungsrichtlinien für das Eichen-Mittelwaldgebiet Österreichs. 134 Seiten	140.—
1990	41	KILLIAN, H. Bibliographie zur Geschichte von Kloster, Forstlehranstalt und Forstlicher Versuchsanstalt Mariabrunn - Schönbrunn. 162 Seiten	165.—
1990	42	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1974 - 1976 und Kurzfassung der Wildbachereignisse in Österreich in den Jahren 1974 - 1987. 98 Seiten	100.—
1990	43	Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (9). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen. 80 Seiten	80.—
1990	44	SMIDT, S.; HERMAN, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1988. Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen. 33 Seiten	35.—
1990	44A	SMIDT, S.; HERMAN, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1988 (Anhang). Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen. 230 Seiten	280.—
1990		KILLIAN, W.; MAJER, C. Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Anleitung zur Feldarbeit und Probenahme. 58 Seiten	70.—
1990	45	NEUMANN, MARKUS; SCHADAUER, K. Waldzustandsinventur. Methodische Überlegungen und Detailauswertungen. 88 Seiten	90.—
1990	46	Zusammenkunft der Deutschsprachigen Arbeitswissenschaftlichen und Forsttechnischen Institute und Forschungsanstalten. Bericht über die 18.Zusammenkunft vom 18.-20.April 1990. 286 Seiten	340.—
1991	47	SMIDT, S. Beurteilung von Ozonmeßdaten aus Oberösterreich und Tirol nach verschiedenen Luftqualitätskriterien. 87 Seiten	90.—
1991	48	ENGLISCH, M.; KILLIAN, W.; MUTSCH, F. Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Erste Ergebnisse. 75 Seiten	80.—
1991	49	Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem. Ziele, Methoden und erste Ergebnisse. 128 Seiten	130.—
1991	50	SMIDT, S. Messungen nasser Freilanddepositionen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. 90 Seiten	90.—

1991	51	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Europa und Asien, I. 33 neue Bockkäfer aus der palaearktischen und orientalischen Region (Coleoptera, Cerambycidae). 75 Seiten	200.—
1991	52	FÜRST, A. Der forstliche Teil der Umgebungüberwachung des kalorischen Kraftwerkes Dürnrohr. Ergebnisse von 1981 bis 1990. 42 Seiten	45.—
1991	53	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1977-1979. 80 Seiten	80.—
1991	54	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1980-1982. 78 Seiten	80.—
1991	55	WIESINGER, R.; RYS, J. Waldzustandsinventur: Untersuchung der Zuwachsverhältnisse an Wald- und Bestandesrändern. 60 Seiten	60.—
1991	56	RACHOY, W.; EXNER, R. Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. 60 Seiten	95.—
1991	57	SMIDT, S.; HERMAN, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1989/90. 28 Seiten	30.—
1991	58	STAGL, W.; HACKER, R. Weiden als Prosshölzer zur Äsungsverbesserung. 56 Seiten	60.—
1991	59	HOLZER, K.; OHENE-COFFIE, F.; SCHULTZE, U. Vegetative Vermehrung von Fichte für Hochlagenaufforstungen. Physiologische und phänologische Probleme der Anpassung. 73 Seiten	75.—
1991	60	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Asien II. 63 neue Bockkäfer aus Asien, vorwiegend aus China und Thailand, (Coleoptera: Disteniidae und Cerambycidae). 71 Seiten	140.—
1992	61	STAGL, W. Auswertung der "Trakte" zum Staatsvertrag "Vereinbarung zwischen Bund und dem Land Kärnten über gemeinsame Maßnahmen zur Sicherung eines ausgewogenen Verhältnisses von Wald und Wild". 62 Seiten	105.—
1992	62	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1983-1985. 72 Seiten	75.—
1992	63	FÜRST, A. Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden Beobachtungssystems. Ergebnisse 1989. 37 Seiten	40.—
1992	Sonderheft 1	DRAGOVIC, N. Terminologie für die Wildbachverbauung. Fachwörterbuch deutsch - serbokroatisch. Terminologija Uredjenja Bujicnih Tokova. Recnik Strucnih Termina Srpskohrvatsko - Nemacki. 43 Seiten	50.—
1992	64	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1986-1988. 91 Seiten	95.—
1992	65	NATHER, J. (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. 180 Seiten	200.—
1992	66	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1989. 60 Seiten	60.—
1992	67	Ökosystemare Studien in einem inneralpinen Tal. Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofil Zillertal". 152 Seiten	180.—

1992	68	LUZIAN, R. Lawinereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1987/88, 1988/89, 1989/90, 1990/91. 188 Seiten	200.—
1992	69	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Asien III. 57 neue Bockkäfer aus Asien. Vorwiegend aus China, Thailand und Vietnam (Coleoptera, Cerambycidae). 63 Seiten	120.—
1992	70	Ökosystemare Studien im Kalkalpin. Erste Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofile Achenkirch". 103 Seiten	100.—
1992	71	Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem. Beiträge zum WBS-Seminar vom 23. April 1992. 111 Seiten	115.—
1992	72	VOSHMIGIR, D. (BEARB.). Das Schrifttum der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. Teil IV: 1974 bis 1990. 115 Seiten	80.—
1993	73	MÜLLER, F. Auswahl und waldbauliche Behandlung von Gen-Erhaltungswäldern. 24 Seiten	25.—
1993	74	Lawinenbericht 1991/92. Dokumentation und Fachbeiträge. 110 Seiten	80.—
1993	75	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Europa und Asien IV. 60 neue Bockkäfer aus Asien, vorwiegend aus China und Thailand (Coleoptera:Cerambycidae). 63 Seiten	100.—
1994	76	SCHADAUER, K. Baumartenatlas für Österreich. Die Verbreitung der Baumarten nach Daten der Österreichischen Waldinventur. 160 Seiten	200.—
1994	77	KAISER, A. Projekt "Höhenprofil Zillertal" Analyse der vertikalen Temperatur- und Windstruktur und ihr Einfluß auf die Immissionskonzentrationen. 95 Seiten	80.—
1994	78	HERMAN, F.; SMIDT, S. Ökosystemare Studien im Kalkalpin. Höhenprofil Achenkirch. Ergebnisse aus dem Bereich Phyllosphäre. 134 Seiten	120.—
1994	79	FÜRST, W.; JOHANN, K. Modellkalkulationen zum Naturverjüngungsbetrieb. 53 Seiten	55.—
1994	80	ANDRECS, P. Schadensereignisse in Wildbacheinzugsgebieten Österreichs 1990 und 1991. 47 Seiten	50.—
1994	81	GEBUREK, T.; MÜLLER, F.; SCHULTZE, U. Klimaänderung in Österreich. Herausforderung an Forstgenetik und Waldbau. 113 Seiten	100.—
1994	82	KILIAN, W.; MÜLLER, F.; STARLINGER, F. Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs Eine Naturgliederung nach wal ökologischen Gesichtspunkten. 60 Seiten	70.—
1995	83	JOHANN, K. Ergebnis der Großdüngungsversuche St. Martin und Flachau Ertragskundlicher Abschlußbericht. 102 Seiten	100.—
1995	84	HOLZSCHUH, C. Beschreibung von 65 neuen Bockkäfern aus Europa und Asien, vorwiegend aus Thailand und China (Coleoptera: Disteniidae und Cerambycidae). 63 Seiten	60.—
1995	85	KRISTÖFEL, F.; POLLANSCHÜTZ, J. Entwicklung von Fichtenpflanzen nach Triebrückschnitten. 17 Seiten	20.—
1995	86	CECH, T.; TOMICZEK, C. Forstpathologische Erhebungen im Gebiet Achenal. 46 Seiten	50.—

1995	87	HERMAN, F., SMIDT, S. Ökosystemare Studien im Kalkalpin - Bewertung der Belastung von Gebirgswäldern, Schwerpunkt Rhizosphäre. 288 Seiten	450.—
1995	88	CECH, T.; PERNY, B.; DONAUBAUER, E. Wipfelsterben an Jungfichten in Österreich und beteiligte Mikropilze. 32 Seiten	50.—
1995	89	MARKART, G.; KOHL, B. Starkregensimulation und bodenphysikalische Kennwerte als Grundlage der Abschätzung von Abfluß- und Infiltrationseigenschaften alpiner Boden- / Vegetations- einheiten. Ergebnisse der Beregnungsversuche im Mustereinzugsgebiet Löhnersbach bei Saalbach in Salzburg. 38 Seiten	60.—
1995	90	LANG, E. Starkregensimulation - Ein Beitrag zur Erforschung von Hochwasserereignissen . 70 Seiten	100.—
1995	91	LUZIAN, R.; RAMMER, L.; SCHAFFHAUSER, H. Lawinenbericht 1992/93 - Dokumentation und Fachbeiträge. 52 Seiten	80.—
1995	92	SCHIELER, K.; BÜCHSENMEISTER, R.; SCHADAUER, K. Österreichische Forstinventur - Ergebnisse 1986/90. 262 Seiten	250.—
1996	93	NEUMANN, M. (HRSG.) Österreichisches Waldbeobachtungssystem Beiträge zum 4. WBS-Seminar in Wien am 23. November 1995. 177 Seiten	260.—
1996	94	HERMAN, F.; SMIDT, S. Ökosystemare Studien im Kalkalpin Abschätzung der Gefährdung von Waldökosystemen. 291 Seiten	350.—
1997	95	MÜLLER, F. Waldbau an der unteren Waldgrenze. 129 Seiten	190.—
1997	96	LANG, E.; STARY, U.; KOHL, B.; MARKART, G.; PROSKE, H.; TRINKAUS, P.; ANDRECS, P.; GOTTSCHLING, H. Beiträge zur Wildbachforschung. 51 Seiten	80.—
1997	97	RASCHKA, H.-D. Forstliche Biomasseproduktion im Kurzumtrieb. 29 Seiten	50.—
1997	98	KELLER, G. Mykosoziologische Studie über die Mykorrhizapilze der Zirbe - Artenspektrum und Sukzession in der hochsubalpinen Stufe der Tiroler Zentralalpen. 74 Seiten	110.—
1997	99	SMIDT, ST. Lexikon für waldschädigende Luftverunreinigung mit Index Deutsch-Englisch/Englisch-Deutsch. 209 Seiten	318.—
1997	100	KRONFUSS, H. Das Klima einer Hochlagenaufforstung in der subalpinen Höhenstufe - Haggen im Sellraintal bei St. Sigmund, Tirol (Periode 1975 - 1994 ). 331 Seiten	400.—
1998	101	NEUMANN, M. Waldwachstumskundlicher Rauchhärtestest „Arnodstein“ - Auswertung einer 25jährigen Fallstudie . 42 Seiten	60.
1998	102	JUNGWIRTH, P. Zuwachsuntersuchungen an Fichte in verschiedenen Seehöhenstufen in den südlichen Zwischenalpen Österreichs . 54 Seiten	80.—
1998	103	SCHULTZE, U. Untersuchung der Angepaßtheit von Fichtensämlingen an die Seehöhe Klimakammertesting der Fichtenbeerntungen der Reifejahre 1991 und 1992. 38 Seiten	60.—
1998	104	ENGLISCH, M. & KILIAN, W. (HRSG.). Anleitung zur Forstlichen Standortskartierung in Österreich. 112 Seiten	170.—

1998	105	HEINZE, B. Molekulargenetische Unterscheidung und Identifizierung von Schwarzpappeln und Hybridpappelklonen. 44 Seiten	70.—
1998	106	HEINZE, B. Erhaltung der Schwarzpappel in Österreich - forstwirtschaftliche, genetische und ökologische Aspekte. 33 Seiten	50.—
1998	107	HOLZSCHUH, C. Beschreibung von 68 neuen Bockkäfern aus Asien, überwiegend aus China und zur Synonymie einiger Arten (Coleoptera: Cerambycidae). 65 Seiten	100.—
1999	108	LANG, E.; HAGEN, K. Wildbacheinzugsgebiet Gradenbach – Analyse des Niederschlag- und Abflußgeschehens 1968 - 1996. 109 Seiten	160.—
1999	104	ENGLISCH, M. & KILIAN, W. (HRSG.). Anleitung zur Forstlichen Standortskartierung in Österreich. 2. erweiterte Auflage, 114 Seiten	170.—
1999	109	ANDRECS, P. Wildbacheinzugsgebiet Grasnitzbach – Hydrologisches Nachschlagewerk mit Kommentaren. 107 Seiten	160.—
1999	110	HOLZSCHUH, C. Beschreibung von 71 neuen Bockkäfern aus Asien, vorwiegend aus China, Laos, Thailand und Indien (Coleoptera, Cerambycidae). 64 Seiten	100.—
2000	111	MÜLLER, F. (Hrsg.) Mariabrunner - Waldbautage 1999 Umbau sekundärer Nadelwälder. 237 Seiten	350.—
2000	112	FÜRST, W. & SCHAFFER, H. Konzept des neuen Österreichischen Waldentwicklungsgesamtplanes „WEP-Austria-Digital“. 22 Seiten	44.—
2000	113	HERMAN, F. (Hrsg.) Forschungsergebnisse und Forschungsbedarf zum Thema „Sustainable Future of Mountain Forests in Europe“. Beiträge für den 3. Internationalen Workshop in Igls/Tirol zur Umsetzung der Resolution S4 am 3.–5. Mai 2000. 83 Seiten	120.—
2000	114	JOHANN, K. † Ergebnisse von Düngungsversuchen nach 30 Jahren ertragskundlicher Beobachtung. 93 Seiten	140.—
2000	115	GARTNER, K. ; STARLINGER, F. Untersuchungen zum Wasserhaushalt einzelner Waldstandorte im Leithagebirge – Ergebnisse der Bodenfeuchtemessungen im nordöstlichen Teil des Leithagebirges in den Jahren 1991 bis 1996. 47 Seiten	70.—
2000	116	HAGEN, K. ; LANG, E. Schneehydrologische Untersuchungen im Einzugsgebiet des Gradenbaches (Kärnten) 67 Seiten	100.—
2000	117	MARKART, G. Der Wasserhaushalt von Hochlagenaufforstungen - Dargestellt am Beispiel der Aufforstung von Haggen bei St. Sigmund im Sellrain. 126 Seiten	190.—
2000	118	LUZIAN, R. Lawinenberichte Winter 1993/94 bis 1997/98 – Dokumentation und Sachbeiträge. 61 Seiten	
2001	119	HERMAN, F. ; SMIDT, S. ; ENGLISCH, M. (Hrsg.) Stickstoffflüsse am Mühleggerköpfl in den Nordtiroler Kalkalpen. 164 Seiten	250.—

2001	120	NEUMANN, M. (Hrsg.) Österreichische Intensivbeobachtungsflächen – Beiträge zum 5. WBS-Seminar in Wien am 19.10.1999. 81 Seiten	120.—
2001	121	VOSHMIGIR, D.; SCHLIEBER, H. Die Forstwirtschaft im Internet. Dynamische Methoden zur Gewinnung forstlich relevanter Informationen im WWW. 67 Seiten	100.—
2001	122	NEUMANN, M., SCHNABEL, G., GÄRTNER, M., STARLINGER, F., FÜRST, A., MUTSCH, F., ENGLISCH, M., SMIDT, S., JANDL, R. & GÄRTNER, K. Waldzustandsmonitoring in Österreich Ergebnisse der Intensivbeobachtungsflächen (Level II). 235 Seiten	350.—

# Waldzustandsmonitoring in Österreich

## Ergebnisse der Intensivbeobachtungsflächen (Level II)

NEUMANN, M.,<sup>1)</sup> SCHNABEL, G.,<sup>1)</sup> GÄRTNER, M.,<sup>2)</sup> STARLINGER, F.,<sup>3)</sup> FÜRST, A.,<sup>4)</sup>  
MUTSCH, F.,<sup>3)</sup> ENGLISCH, M.,<sup>3)</sup> SMIDT, S.,<sup>4)</sup> JANDL, R.<sup>3)</sup> & GARTNER, K.<sup>3)</sup>

<sup>1)Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft, <sup>2)Institut für Waldinventur, <sup>3)Institut für Forstökologie,  
<sup>4)Institut für Immissionsforschung und Forstchemie, Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien</sup></sup></sup></sup>

**Kurzfassung.** Die Waldzustandserhebung auf einem systematischen Netz wurde in Österreich im Jahr 1984 begonnen. Fünf Jahre danach wurde mit dem österreichischen Waldschaden-Beobachtungssystem durch die Kombination der Kronenzustandserfassung, mit einer Bodenzustandsinventur und einer periodisch wiederholten Erfassung der Nadelinhaltsstoffe ein bedeutender Schritt vorwärts in der Erforschung der Waldgesundheit gemacht. Auf internationaler Ebene wurde eine Intensivierung der Untersuchungen durch die Einrichtung von Flächen der intensiven und fortgesetzten Überwachung (Level II) realisiert. In Österreich wurden derartige Flächen im Jahr 1994 eingerichtet, die Erhebungen begannen ein Jahr später.

Die Aktivitäten werden europaweit in einem internationalen Zusammenarbeitsprogramm im Rahmen des Übereinkommens über grenzüberschreitende Luftverunreinigungen (Genfer Luftreinhaltekonvention der UN/ECE von 1979) koordiniert. Seit 1987 wird der Waldzustand europaweit erhoben. Neben dieser systematischen Erfassung auf einem transnationalen Netz wurden in diesem Programm an ausgewählten Orten auch Flächen der intensiven und fortgesetzten Überwachung eingerichtet. Die Erhebungsarbeiten und die Bemühung zu einer internationalen Methodenharmonisierung werden von der Europäischen Kommission durch Kofinanzierung wesentlich unterstützt.

Der vorliegende Bericht präsentiert alle bis zum Jahresende 1999 verfügbaren Ergebnisse der Boden- und Bodenwasseranalyse, der kontinuierlichen Depositionsmessungen, der Bodenvegetationserhebung, der alljährlichen Nadelanalysen, der Messung meteorologischer Parameter, der Erfassung des Waldwachstums und der Auswertung von Infrarotluftbildern und bietet Informationen über die Lage und allgemeine Bestandessituation dieser Level II Flächen.

**Schlüsselworte:** Intensivmonitoring, Waldzustand, Dauerbeobachtung, Farbinfrarotluftbilder, Deposition, Bodenanalysen, Nadelanalyse

**Abstract.** [Forest Condition Monitoring in Austria - Results of the Permanent Observation Plots (Level II)]

A survey of the forest condition using a systematic grid was started in Austria in 1984. Five years later an important step forward was made in combining crown condition assessments with soil sampling and needle analysis within a project called Austrian Forest Damage Monitoring System. At the international level, an intensification of forest damage monitoring was reached by installing so-called Level II plots for permanent and intensive monitoring. In Austria, the installation of these plots started in 1994. First measurements began one year later in 1995.

At the European level the activities have been co-ordinated within the International Co-operative Programme on the Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP-Forests of UN/ECE). Since 1987 forest condition has been assessed by Europe-wide survey. Beside this systematic assessment on a transnational grid a series of selected sample plots for permanent and intensive monitoring were established within the same programme and strongly supported by the European Community through cofinancing and supporting harmonization efforts.

This report presents all the results gathered until the end of 1999 by soil analyses, soil water sampling, deposition measurements, ground vegetation assessment, needle analyses, meteorological and growth parameter measurements as well as aerial photograph interpretation and provides an overview on the general situation and localization of all 20 plots in Austria.

**Keywords:** intensive monitoring, forest condition, long-term observation, color-infrared photos, deposition, forest soil monitoring, needle analyses

## 1 Einleitung (Markus Neumann)

### 1.1 Geschichtlicher Hintergrund und internationale Einbindung des Programmes

Auf internationaler Ebene begann man sich in den 70er Jahren des Problems der grenzüberschreitenden Luftverschmutzungen, vor allem wegen der Versauerung von skandinavischen Seen, bewußt zu werden. Zu Beginn der 80er Jahre nahm auch in Mitteleuropa die Sorge um den Gesundheitszustand des Waldes zu. Als Ursache für die generelle Zustandsverschlechterung wurde die Luftverschmutzung angenommen. Bereits im November 1979 war, als ein Resultat einer Konferenz zum Schutze der Umwelt auf Ministerebene, die Genfer Luftreinhaltekonvention (*Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, CLRTRAP*) unterzeichnet worden. Sie trat 1983 in Kraft. Diese Konvention war das erste international verbindliche Instrument, das sich mit dem Problem der Luftverschmutzung auf einer überregionalen Basis befaßte. Dabei wurden zwei Wege eingeschlagen. Einerseits sollten Erhebungen im Rahmen von pan-europäischen Zusammenarbeitsprogrammen, die Auswirkungen auf Wälder, auf landwirtschaftliche Produkte, auf Baumaterialien, u.a.m. dokumentieren und damit Argumentationshilfen liefern. Die Kombination mit der Belastungssituation sollte auch eine fundierte Ursachen-Wirkungsbeziehung ermöglichen. Andererseits sollten verschiedene Protokolle (z.B. Protokoll von Helsinki 1985 zur Verringerung der Schwefel-emission, Protokoll von Sofia 1988 zur Reduktion von Stickoxiden) direkt zur Vermeidung von Luftverschmutzung beitragen.

Der Wald wurde als besonders geeigneter Indikator für die Umweltsituation angesehen. Da man meinte, durch die damals verfügbaren Ergebnisse von betrieblichen oder landesweiten Inventuren nicht ausreichend über den Waldzustand informiert zu sein, wurde in vielen Ländern mit zusätzlichen Erhebungen begonnen. Diese Erhebungen konzentrierten sich in erste Linie auf die Erfassung der Kronenverlichtung bzw. des Kronenzustandes als Parameter der Baumgesundheit. Von der so gewonnenen Information über die Gesundheit einzelner Bäume glaubte man auf den Zustand des Ökosystems bzw. auf dessen Belastung schließen zu können.

Eines der pan-europäische Zusammenarbeitsprogramme im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention befaßt sich mit der Erfassung der Auswirkungen von Luftverschmutzung auf die Wälder

## 1 Introduction (Markus Neumann)

### 1.1 Historical background and international relevance of the programme

*In the seventies, awareness regarding the problem of transboundary air pollution increased at the international level, supported especially by the acidification of Scandinavian lakes. At the beginning of the eighties the condition of the forest became a subject of concern also in Central Europe. It was likely that the cause for the general deterioration was atmospheric pollution. Already in November 1979, the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, CLRTRAP was signed as a result from the Conference on Environmental Protection at the ministerial level. The convention came into force in 1983 and was the first legally-binding international instrument which addressed the problem of atmospheric pollution on a supraregional basis. Two methods were applied. On the one hand the surveys carried out within the framework of pan-European cooperation programmes should document the impact on forests, on agricultural products and on construction materials, thus providing arguments for discussion. The combination with the stress situation should reveal cause-effect-relationships. On the other hand, various initiatives (the Helsinki Protocol of 1985 on the reduction of sulphur emissions, the Protocol of Sofia 1988 on the reduction of noxious oxides among others) were launched to contribute directly to a reduction of air pollution.*

*The forest was meant to be a suitable indicator for describing the environmental situation. It was considered that the then available data from local and regional traditional forest inventories did not provide sufficient information on the forest condition and many countries started additional surveys. These surveys concentrated especially on the assessment of crown defoliation and crown condition as a parameter to determine the health status of trees. On the basis of the gained information it was possible to get an overview on the condition of the ecosystem.*

*The pan-European cooperation programme within the framework of the Air Pollution Convention of Geneva is dealing with the assessment of the impact of atmospheric pollution on the forests (ICP-Forests).*

(ICP-Forests). Gegenwärtig beteiligen sich daran 37 europäische Länder. Ein Manual legt die harmonisierten Erhebungsmethoden fest, dabei sind drei Intensitätsstufen (Level I bis III) vorgesehen:

- ▶ Level I mit 5700 Flächen soll als europaweite systematische Waldschadenserhebung der Erfassung der zeitlichen und räumlichen Variation des Waldzustandes dienen.
- ▶ Level II soll durch das permanente und intensive Monitoring auf Intensivbeobachtungsflächen ein besseres Verständnis des Einflusses von Luftverschmutzung und anderer Schadfaktoren ermöglichen und zur Kenntnis von Prozessen und Wirkungsbeziehungen beitragen. Der Zustand und die Entwicklung von regional typischen Waldökosystemen sollen langfristig erfaßt und der Einfluß von Luftverunreinigungen, klimatischen und anderen Streßfaktoren untersucht werden. Derzeit wird dieses Programm europaweit auf 862 Flächen durchgeführt.
- ▶ Level III soll tiefere Erkenntnisse über Auswirkungen von Luftverschmutzung und anderen Schadfaktoren auf die Waldökosysteme bringen. Die Diskussion über diese weitere Intensivierung wird in enger Zusammenarbeit mit dem *ICP Integrated Monitoring*, einem weiteren Zusammenarbeitsprogramm, geführt.

Auch in der Europäischen Union wurde ein Programm zum Schutz des Waldes gegen Luftverschmutzung entwickelt. Es hat seine legislative Basis in einer Verordnung des Rates vom November 1986. Für die systematischen Erhebungen (Level I) wurden von der Europäischen Kommission die vom *ICP-Forests* entwickelten und vereinbarten Maßnahmen mit geringen Änderungen für die Mitgliedsstaaten der Gemeinschaft verpflichtend vorgeschrieben. Diese werden zu 50% kofinanziert. Zusätzlich wurden auch Geldmittel für die Durchführung von Forschungsvorhaben zur Erhaltung bzw. Sanierung geschädigter Wälder bereitgestellt. Die Entwicklung der Methoden und die Installierung der Intensivbeobachtungsflächen (Level II) wurde durch die Kofinanzierung und die logistische Unterstützung durch die Kommission entscheidend beschleunigt, die Beauftragung eines Auswertungszentrums (*Forest Intensive Monitoring Coordinating Institute, FIMCI*) in den Niederlanden schuf die technischen Voraussetzungen für eine gemeinschaftliche Auswertung.

In der ersten Ratsverordnung (VO des Rates 3528/86) wurde im Jahr 1986 die Unterstützung der

*At the moment, 37 European countries are participating in this programme. A manual documents harmonized survey methods at three levels (Level I to III):*

- ▶ *Level I with 5700 plots is designed to provide a Europe-wide systematic large-scale forest survey for the assessment of temporal and spatial variation of the forest condition.*
- ▶ *Level II is designed to improve the understanding of the role of atmospheric pollution and other damaging factors through permanent and intensive monitoring on intensive monitoring plots thus contributing to the knowledge of processes and cause-effect-relationships. The condition and the development of regionally typical forest ecosystems are to be assessed on a long-term basis and the influence of air pollution, climatic and other stress factors should be investigated. At the moment, this programme is carried out on 862 plots in Europe.*
- ▶ *Level III is designed to provide thorough knowledge on the effects of air pollution and other damaging factors on the forest ecosystems. The discussion on the enhancement will be made in close cooperation with ICP Integrated Monitoring, another cooperation programme.*

*The European Union has also developed a Programme for the Protection of the Forest against Atmospheric Pollution. The Council Regulation of November 1986 provides the legal basis for this programme. For the systematic survey (Level I) the European Commission prescribes legally-binding measures developed by ICP-Forests which were slightly amended for the member states of the community. The measures are co-financed with up to 50%. In addition, also funds for the execution of research projects in connection with the conservation and restauration of damaged forests were made available. The development of methods and the establishment of intensive monitoring plots (Level II) has been intensified thanks to the co-financing approach and the logistic support by the commission. The Forest Intensive Monitoring Coordinating Institute, FIMCI in the Netherlands was charged with data interpretation providing the technical basis for cooperative interpretation.*

*According to the first Council Regulation (No. 3528/86) laid down in 1986, member states are to be*

Mitgliedsstaaten bei der einheitlichen Erhebung der Waldschäden und bei Versuchsvorhaben zur Sanierung geschädigter Wälder für eine fünfjährige Laufzeit beginnend mit 1987 vereinbart. In der notwendigen Verlängerung nach 5 Jahren wurde 1992 die Installierung von Level II Flächen vorgeschrieben (VO des Rates 2157/92). Die bislang letzte Verlängerung (VO 307/97) brachte keine wesentlichen Änderungen. Derzeit wird die Fortsetzung bzw. Weiterentwicklung des Programmes nach 2002 grundlegend diskutiert.

Die Methoden sind im Detail in Verordnungen der Kommission festgelegt. Erste technische Einzelheiten zur Einrichtung von Flächen der intensiven und fortgesetzten Überwachung (Level II) wurden 1994 beschlossen (VO 1091/94). Weitere Verordnungen regeln die Maßnahmen im Rahmen der Depositionsmessung und der Erfassung meteorologischer Parameter (VO 690/95), Erfassung der Bodenlösung und ergänzenden Kronenansprachen (VO 1390/97) und der Bodenvegetation (VO 1545/99). In den letzten Jahren wurden von der Kommission jährlich etwa 90 Millionen Schilling als Kofinanzierung zur Verfügung gestellt. Während zu Beginn der Großteil der Gelder für Forschungsvorhaben anfiel, machen nun die Erhebungen auf den Intensivbeobachtungsflächen den Großteil aus.

## 1.2 Aufnahmeumfang auf den Intensivbeobachtungsflächen

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die vorgeschriebenen bzw. die in Österreich durchgeführten Erhebungen. Die verpflichtend vorgesehenen werden von der Kommission mit bis zu 50% kofinanziert. Verschiedentlich werden nationale Erweiterungen oder Ergänzungen hinsichtlich der zeitlichen Abstände und des Aufnahmeumfangs vorgenommen. Die Erhebung phänologischer Phasen ist fakultativ, bis jetzt konnte noch keine Übereinstimmung als Basis für eine verpflichtende Erfassung von Ozonkonzentrationen erzielt werden.

Insgesamt wurden europaweit bereits 862 Dauerbeobachtungsflächen ausgewählt bzw. eingerichtet, 512 dieser Flächen liegen in den 15 Mitgliedsländern der Europäischen Union. Die Durchführung der vier Haupterhebungen (Wachstum, Kronenzustand, Bodenzustand sowie Elementgehalte in Nadeln und Blättern) ist auf allen Flächen obligat. Die Erfassung der Deposition ist hingegen nur für ein Subsample

*supported as regards the survey of forest damage and research projects related to the restoration of damaged forests for a five years' period, starting with 1987. The data were to be provided in a uniform format. The necessary prolongation after five years prescribed the installation of Level II plots in 1992 (Council Regulation No. 2157/92). The most recent prolongation (Regulation No. 307/97) brought no essential changes. At the moment, the continuation and further development of the programme after 2002 is subject to discussion.*

*The methods are laid down in the Regulations of the Commission. The first technical details on the establishment of the intensive monitoring plots (Level II) were approved in 1994 (Regulation No. 1091/94). Further regulations describe the actions to be carried out within the framework of deposition measurement and meteorology (Regulation No. 690/95), the assessment of soil water and additions in crown survey (Regulation No. 1390/97) and ground vegetation (Regulation No. 1545/99). Within the last few years, the Commission made available an amount of 90 Mio ATS through co-financing. The biggest part of the funds available for research projects in the beginning is now being spent on intensive monitoring plots.*

## 1.2 Surveys on permanent observation plots

*Table 1 provides an overview on the obligatory surveys as well as on the surveys as carried out in Austria. The obligatory surveys are co-financed by the Commission with up to 50%. In various cases, extensions or amendments took place at the national level in terms of temporal intervals and size. The survey of phenological phases is facultative. Up to now, no agreement could be reached as a basis for mandatory assessment of ozone concentrations.*

*On a Europe-wide basis, 862 permanent sample plots were selected and established, 512 of these plots are located in 15 member countries of the European Union. The execution of the four main surveys (growth analyses, crown and soil condition and element determination in needles and foliage) is mandatory on all plots. The assessment of deposition is mandatory only for a subsample of the plots (at least*

der Flächen obligat (mindestens 10 % der Flächen), tatsächlich wird sie auf nahezu 500 Flächen vorgenommen. Geringer ist die Anzahl der Flächen mit der aufwendigen Erfassung der Bodenlösung bzw. der meteorologischen Parameter.

In Österreich wird über die Minimalforderungen hinausgehend der Kronendurchlaß und die Freilanddeposition auf allen 20 Flächen vierzehntägig erfaßt und analysiert. Die Nadelanalysen werden jährlich an fünf Bäumen und zwei Nadeljahrgängen durchgeführt. Meteorologische Parameter und chemische Merkmale der Bodenlösung werden auf zwei Flächen bei Murau (Zentralalpen, 1540 m) und bei Klausen-

10 % of the plots). Currently, only on 500 plots an assessment is carried out. Soil solution analysis and meteorological measurements take place on an even smaller number of plots.

In Austria, also throughfall and open field deposition are recorded and analysed on all 20 plots every two weeks, which is more than the minimum requirement. Needle analyses are carried out on an annual basis on five trees and two needle years. Meteorological parameters and soil solution chemistry are assessed at two sites near Murau (Central Alps, 1540 m) and near Klausen-Leopoldsdorf (Vienna Woods, 510 m). At

	<i>Tab. 1: Aufnahmeumfang und Wiederholungsintervalle auf Intensivbeobachtungsflächen (Level II)</i>		<i>Table 1: Survey size and repetition intervals on permanent observation plots (level II)</i>	
	<b>Vorgeschriebener Minimalumfang</b>	<b>In Österreich durch- geführter Umfang</b>	<b>Obligatory minimum size</b>	<b>Coverage in Austria</b>
	Aufnahmeumfang Periodizität	Aufnahmeumfang Periodizität	Survey size Period	Survey size Period
Wachstum <i>Growth</i>	Alle Flächen, alle Bäume über 5 cm BHD 1994/95 alle 5 Jahre	Alle Flächen, alle Bäume 1994, 1997 (Zwischenaufnahme), 1999	all plots, all trees over 5 cm dbh 1994/95 every 5 years	all plots, all trees 1994, 1997 (interim survey), 1999
Kronenzustand <i>Crown condition</i>	Alle Flächen, alle sozial 1-3 Jährlich	Alle Flächen, alle sozial 1-3 Seit 1995 Jährlich	all plots, all social 1-3 annually	all plots, all social 1-3 since 1995 annually
Bodenzustand <i>Soil condition</i>	Alle Flächen alle 10 Jahre	Alle Flächen 1995	all plots every 10 years	all plots 1995
Nadel- und Blattgehalte <i>Needle and leave contents</i>	Alle Flächen, 5 Bäume alle 2 Jahre	Alle Flächen, 5 Bäume Seit 1995 jährlich	all plots, 5 trees every two years	all plots, 5 trees Since 1995 annually
Depositions- messung <i>Deposition measurement</i>	10% der Flächen kontinuierlich, monatlich	Alle Flächen Seit 01.01.1996 Kontinuierlich, 14-tägig	10% of the plots continuously monthly	all plots Since 01/01/1996 continuously, every 14 days
meteorologische Parameter <i>Meteorology</i>	10% der Flächen kontinuierlich	2 Flächen entspricht 10% Seit 27.05.1998 in Murau und seit 2.07.1998 in Klausen-Leopoldsdorf, kontinuierlich	10% of the plots continuously	2 plots corresponding to 10% Since 27/05/1998 in Murau and since 2/07/1998 in Klausen-Leopoldsdorf, continuously
Bodenlösung <i>Soil solution</i>	10% der Flächen kontinuierlich, 4x jährlich – monatlich	2 Flächen entspricht 10% Seit März 1997 in Klausen-Leopoldsdorf und seit September 1998 in Murau, 14-tägig	10% of the plots continuously, 4 times yearly – monthly	2 plots corresponding to 10% Since March 1997 in Klausen-Leopoldsdorf and since September 1998 in Murau, every 2 weeks
Bodenvegetation <i>Ground vegetation</i>	Alle Flächen alle 5 Jahre	Alle Flächen 1996	all plots every 5 years	all plots 1996
Phänologie <i>Phenology</i>	10% der Flächen fakultativ unregelmäßig, wöchentlich	keine - - -	10% of the plots facultatively irregularly, weekly	none - - -
Die Darstellung zeigt den Stand zu Jahresende 1999. <i>The table shows the situation at the end of 1999.</i>				

Leopoldsdorf (Wienerwald, 510 m) erhoben. Auf den beiden mit Klimastationen ausgestatteten Beobachtungsflächen ist eine kontinuierliche BHD-Messung an einzelnen Bäumen und die Erfassung von Bodenfeuchte und Bodentemperatur beabsichtigt. Alle Flächen und deren Umgebung sind durch großmaßstäbliche Infrarotluftbilder dokumentiert.

### 1.3 Selektionskriterien

Level II ist nicht als systematische Untersuchung (im räumlichen Sinne) angelegt. Konkrete Hinweise zur Flächenauswahl finden sich in der 3. Auflage des Manuals bzw. in der entsprechenden EU-Verordnung (VO 1091/94). Nach diesen Vorgaben sollten die Flächen:

- ▶ sowohl die Hauptbaumarten als auch die Hauptwuchsbedingungen innerhalb eines Staates repräsentieren,
- ▶ innerhalb der Fläche möglichst einheitlich sein,
- ▶ vom Waldrand ausreichend weit entfernt sein,
- ▶ jederzeit leicht zugänglich sein und
- ▶ keinem direkten Schadstoffeintrag aus lokalen Quellen unterliegen.

Weiters wurde empfohlen, daß sie dem transnationalen 16x16 km Netz entstammen sollten oder so gelegen sind, daß Informationen aus anderen Quellen (bereits bestehende Meßanlagen oder verfügbare Daten aus anderen Untersuchungen) genutzt werden können.

In Österreich wurden die Intensivbeobachtungsflächen aus dem Netz des Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS) gewählt. Das Aufnahmenetz des WBS wurde bereits 1987/88 eingerichtet, es umfaßt 534 Flächen. Diese sind ein Teilsample (jede 20. Fläche) aus dem permanenten Aufnahmeraster der Österreichischen Waldinventur.

Zur Auswahl der Intensivbeobachtungsflächen wurden folgende Selektionskriterien in nachfolgender Priorität angewendet:

*both monitoring sites which are equipped with climate laboratories it is planned to conduct continuous dbh-measurements on single trees and to record soil moisture and soil temperature. All sites and their surroundings are documented by large-scale infrared aerial photographs.*

### 1.3 Selection criteria

*Level II has not been laid out in the form of a systematic survey. Instructions for the selection of plots can be found in the third edition of the Manual and in the corresponding Regulation of the European Commission No. 1091/94. According to these requirements the plots:*

- ▶ *are to represent both main tree species and main growing conditions within a member state,*
- ▶ *are to be uniform as much as possible within a plot,*
- ▶ *are to be located sufficiently away from the forest border,*
- ▶ *should be accessible throughout the year and*
- ▶ *should not be subject to direct atmospheric pollution impact from local sources.*

*In addition, it was recommended that they should originate from a transnational 16x16 km grid or be located in such a way, that information from other sources (already existing measuring installations or available data from other studies) may be used.*

*In Austria, permanent observation plots for intensive monitoring were selected from the Forest Damage Monitoring System (WBS). The survey grid of the WBS was installed ahead in 1987/88. It covers 534 plots. They are a part (every 20<sup>th</sup> plot) of the permanent survey grid of the Austrian Forest Inventory.*

*The following criteria were used in order to select intensive monitoring plots, ranging by priority:*

- ▶ Zustimmung des Waldbesitzers zur Einrichtung,
- ▶ Erreichbarkeit der Fläche während des ganzen Jahres,
- ▶ Bestand ab der III. Altersklasse, homogen und von ausreichender Größe,
- ▶ möglichst große Spreitung hinsichtlich der Seehöhe und der regionalen Verteilung,
- ▶ repräsentative Verteilung der Hauptbaumarten.

Die 20 Intensivbeobachtungsflächen wurden also teilsystematisch ausgewählt. Es wird ein Seehöhenbereich von 300 bis über 1500 m abgedeckt (Tabelle 2). Die Baumart Eiche ist etwas überrepräsentiert, hingegen sind andere Laubbaumarten sowie Kiefer weniger oft vertreten als im Durchschnitt des österreichischen Waldes. Die geografische Verteilung der Flächen mit den Ordnungsnummern und Flächennamen zeigt die Karte (Abb. 1). Für die einzelnen Flächen wurden allgemeine Daten zusammengestellt (⇒ 'ZAHLEN & FAKTEN'). Die Erfassung der meteorologischen Parameter und der Bodenlösung wurde aus finanziellen Gründen auf zwei Flächen beschränkt. Für die Fläche bei Klausen-Leopoldsdorf war entscheidend, daß sie von Wien aus leicht erreichbar ist und im Wienerwald nur wenige meteorologische Stationen gelegen sind. Für die Fläche bei Murau sprach der Umstand, daß für die Höhenstufe über 1500 m nur wenige meteorologische Daten verfügbar sind und wegen der naturräumlichen Eigenart die Eigenschaften der Bodenlösung von besonderem Interesse waren.

#### 1.4 Flächendesign

Für alle Beobachtungsflächen wurde ein Baumverteilungsplan und eine Kartierung der Kronenprojektionen erstellt (⇒ 'KRONENKARTE'). Jede Fläche gliedert sich in die Meßfläche von 0.25 ha sowie eine umgebende Pufferzone. Auf der Meßfläche wurden die Bodenproben entnommen und die Bodenvegetation erfaßt, der Kronenzustand aller Bäume der sozialen Stellung 1, 2 und 3 wird jährlich aufgenommen. Periodisch wird zur Erfassung der Wachstumsleistung der Brusthöhendurchmesser sowie die Baumhöhe von allen Bäumen gemessen. Außerhalb der Meßfläche befinden sich fünf Bäume für die jährlichen Nadelprobenentnahmen und 15 systematisch längs einer Linie angeordnete Bulksammler zur Erfassung des Kronendurchlasses. Hier sind, soweit

- ▶ *agreement to the establishment by the forest owner,*
- ▶ *accessibility of the plot the whole year round,*
- ▶ *stand starting from age class III, being homogenous and of sufficient size,*
- ▶ *best possible spreading in terms of altitude a.s.l. and regional distribution,*
- ▶ *sufficient representation of main tree species.*

*The regional distribution of the plots with plot names and numbers is shown on the map (Fig. 1). All altitudinal zones between 300 and over 1500 m are represented (Table 2). Oak is slightly over-represented, whereas other broadleaves and Scots pines are less often represented than in the average of the Austrian forest. For the individual plots general data were compiled (⇒ ZAHLEN & FAKTEN).*

*Meteorological and soil solution data were only collected at two sites due to financial reasons. The site near Klausen-Leopoldsdorf was selected because it is easy to reach from Vienna and because in the Vienna Woods there are only a few meteorological stations. The plot near Murau was selected because there exist only few meteorological data for locations above 1500 m altitude and soil water properties were especially interesting due to the relatively acidic site.*

#### 1.4 Plot design

*For all monitoring plots the tree localisation was determined and crown projection was mapped (⇒ 'KRONENKARTE'). Each plot is divided into the actual measuring plot of 0.25 ha and into the surrounding buffer zone. At the plot soil samples are taken and soil vegetation is identified, the crown condition of all trees of the social position 1, 2 and 3 is recorded every year. Breast height diameter and tree height of all trees are measured at regular intervals. Outside of the measuring plot five trees are used for the yearly needle sampling and throughfall is recorded by means of 15 bulk collectors arranged systematically along a line. Here are, as far as the plot is equipped with them, also the suction cups for sampling the soil solution as well as further measuring devices (litter, pollen traps,*

die Fläche damit ausgestattet ist, auch die Saugkerzen für die Gewinnung der Bodenlösung sowie weitere Meßeinrichtungen (Streusammler, Pollenfallen, permanent registrierende Durchmesserbänder, Bodenfeuchte- und Bodentempersensoren) installiert. Die meteorologischen Messungen sowie die Erfassung der Freilanddeposition mit 3 Bulksammlern erfolgt auf einer nahegelegenen Freifläche.

### 1.5 Interne Ablauforganisation

Die Arbeiten sind im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes an der FBVA organisiert. Für die Probenwerbung vor Ort, sowie für die Betreuung der Meßstationen sorgen lokale Flächenbetreuer als Werkvertragnehmer. Die standorts- und bodenkundlichen Aufnahmen, die Vegetationsaufnahmen, die Gewinnung der Bodenlösung und die meteorologischen Messungen werden von Mitarbeitern des Instituts für Forstökologie durchgeführt und ausgewertet. Die Analyse des Niederschlages und die Nadel-/Blattanalysen werden am Institut für Immissionsforschung und Forstchemie vorgenommen. Die Koordination der Arbeiten und die organisatorische Abwicklung der Kofinanzierung wird durch das Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft durchgeführt, ebenso wie die zuwachskundlichen Arbeiten. Die Kronenzustandserhebungen werden gemeinsam mit den Erhebungen im Rahmen von Level I vorgenommen.

Alle chemischen Analysen, mit Ausnahme von Gesamtstickstoff im Niederschlag und des gelösten Kohlenstoffes (DOC) in der Bodenlösung, werden in den Labors der FBVA durchgeführt. Im Zuge eines eigenen Projektes wurden Luftbilder aller Intensivbeobachtungsflächen angefertigt und diese von Mitarbeitern der Abteilung Forstliches Luftbild und Informationssystem ausgewertet. Alle Aufnahmedaten werden am Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft gesammelt und dem Auswertungszentrum in den Niederlanden (FIMCI) jeweils am Ende des der Aufnahme folgenden Jahres in digitaler Form übermittelt.

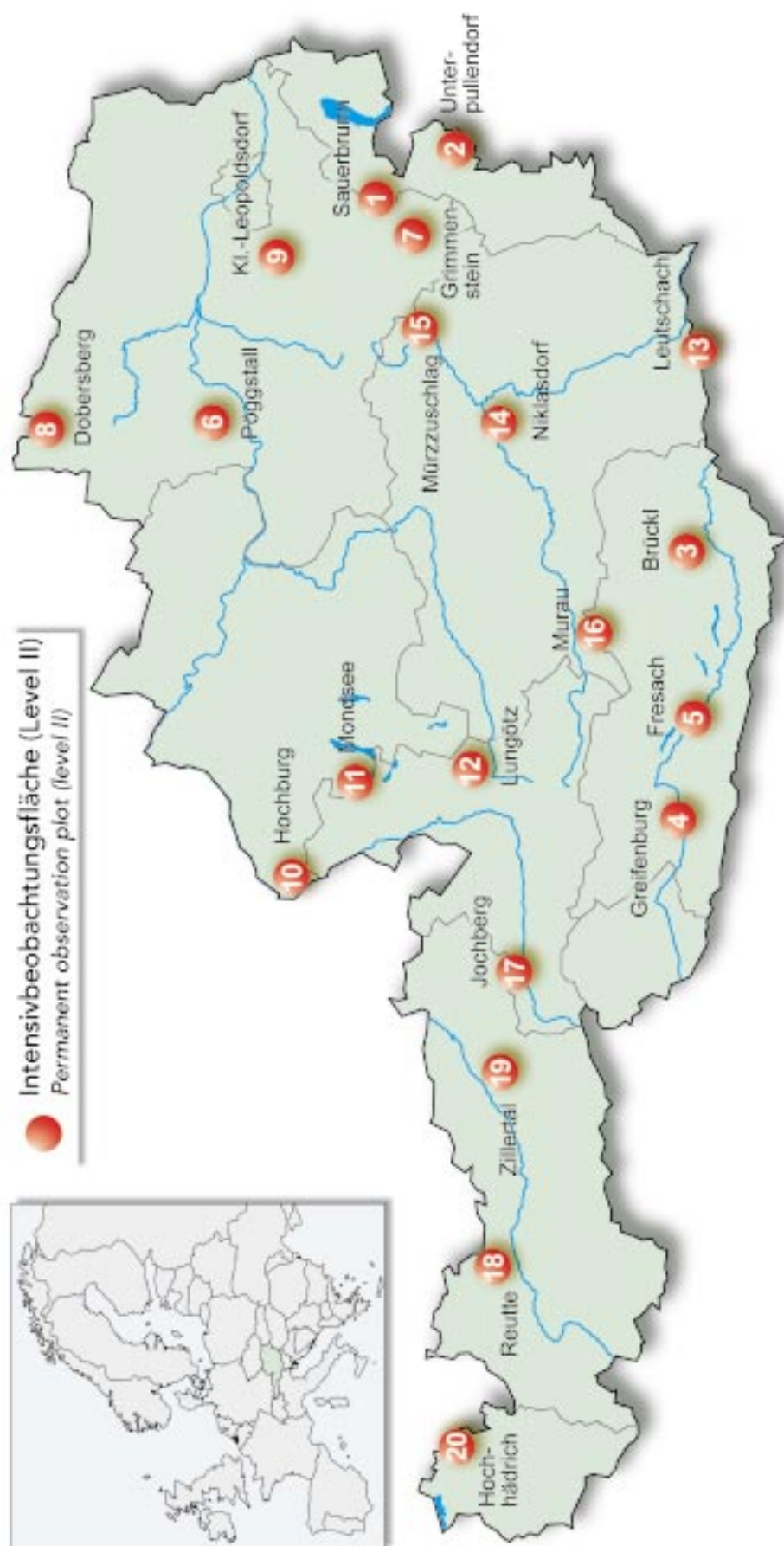
*permanently registering diameter tapes, soil moisture and soil temperature sensors). The recording of the open field deposition is being carried out at open areas near the plots by means of 3 bulk collectors.*

### 1.5 Internal organisation

*The activities have been organized within the framework of a collaborative project at the Federal Forest Research Centre. The sampling on the plot and the regular maintenance of the measuring stations is done by local staff on a contractual basis. Soil and vegetation mapping, the recording of the soil water, the meteorological measurements and interpretation are carried out by members of the Institute of Forest Ecology. The Institute of Air Pollution and Forest Chemistry is responsible for precipitation and foliar analyses. All activities are coordinated by the Institute of Forest Growth and Economics which is responsible for the increment studies. The crown condition surveys are carried out simultaneously with the surveys of Level I.*

*All chemical analyses are made in the laboratories of the Federal Forest Research Centre, with the exception of total nitrogen in the precipitation and of dissolved organic carbon (DOC) in soil water. As part of a project of the Federal Forest Research Centre, aerial photographs are made from all intensive monitoring plots and interpreted by members of the Department of Aerial Photographs and Information Systems in Forestry. All survey data are collected at the Institute of Forest Growth and Economics and transmitted digitally to the interpretation centre in the Netherlands (FIMCI) at the end of the year following the survey.*

Tab. 2: Allgemeine Charakteristik der Intensivbeobachtungsflächen (Level II)						Table 2: General Characteristics of the permanent observation plots (level II)		
Flächen- nummer	Flächename	Bundes- land	Geogr. Breite	Geogr. Länge	See- höhe	Wuchsgebiet nach FBVA	Alter	Hauptbaumart(en)
Plot- number	Plot name	Province	Latitude	Longitude	Sea level	Forest growth area	Age	Main tree species
1	Sauerbrunn	Bgld.	47°46'	16°19'	390	5.2: Bucklige Welt	93	Traubeneiche <i>Quercus petraea</i>
2	Unterpullendorf	Bgld.	47°29'	16°34'	290	8.1: Pannon. Tief- und Hügelland	77	Traubeneiche, Zerreiche <i>Quercus petraea</i> , <i>Quercus cerris</i>
3	Brückl	Ktn.	46°44'	14°30'	930	6.2: Klagenfurter Becken	56	Fichte, (Lärche) <i>Picea abies</i> , ( <i>Larix decidua</i> )
4	Greifenburg	Ktn.	46°46'	13°10'	1190	3.3: Südl. Zwischenalpen	63	Fichte, (Ta, Bu) <i>Picea abies</i> , ( <i>Abies alba</i> , <i>Fagus sylvatica</i> )
5	Fresach	Ktn.	46°43'	13°41'	720	3.3: Südl. Zwischenalpen	113	Fichte, Weißkiefer <i>Picea abies</i> , <i>Pinus sylvestris</i>
6	Pöggstall	NÖ	48°22'	15°12'	860	9.2: Waldviertel	98	Fichte <i>Picea abies</i>
7	Grimmenstein	NÖ	47°39'	16°08'	500	5.2: Bucklige Welt	78	Buche, (Fi, Es, Ah) <i>Fagus sylvatica</i> , ( <i>Picea abies</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Acer pseudoplatanus</i> )
8	Dobersberg	NÖ	48°56'	15°11'	630	9.2: Waldviertel	107	Fichte, (Buche) <i>Picea abies</i> , ( <i>Fagus sylvatica</i> )
9	Klausen-Leopoldsdorf	NÖ	48°07'	16°03'	510	4.2: Nördl. Randalpen Ost	58	Buche <i>Fagus sylvatica</i>
10	Hochburg	OÖ	48°06'	12°52'	460	7.1: Nördl. Alpenvorland West	108	Fichte, (Weißkiefer) <i>Picea abies</i> , ( <i>Pinus sylvestris</i> )
11	Mondsee	OÖ	47°53'	13°21'	860	7.1: Nördl. Alpenvorland West	135	Fichte <i>Picea abies</i>
12	Lungötz	Sbg.	47°29'	13°25'	920	4.1: Nördl. Kalkalpen West	138	Fichte, Tanne <i>Picea abies</i> , <i>Abies alba</i>
13	Leutschach	Stmk.	46°37'	15°30'	670	8.2: Subillyrisches Hügel- Terrassenland	101	Tanne, Fichte, (Buche) <i>Abies alba</i> , <i>Picea abies</i> , ( <i>Fagus sylvatica</i> )
14	Niklasdorf	Stmk.	47°22'	15°10'	960	3.1: Östl. Zwischenalpen Nord	127	Fichte, Lärche <i>Picea abies</i> , <i>Larix decidua</i>
15	Mürzzuschlag	Stmk.	47°38'	15°39'	715	3.1: Östl. Zwischenalpen Nord	51	Fichte <i>Picea abies</i>
16	Murau	Stmk.	47°04'	14°07'	1540	1.3: Subkont. Innenalpen Ost	104	Fichte, (Lärche) <i>Picea abies</i> , ( <i>Larix decidua</i> )
17	Jochberg	Tirol	47°20'	12°24'	1050	2.1: Nördl. Zwischenalpen West	75	Fichte <i>Picea abies</i>
18	Ehrwald	Tirol	47°23'	10°55'	1020	2.1: Nördl. Zwischenalpen West	133	Fichte, Lärche <i>Picea abies</i> , <i>Larix decidua</i>
19	Zillertal	Tirol	47°23'	11°54'	1490	2.1: Nördl. Zwischenalpen West	163	Fichte <i>Picea abies</i>
20	Hochhädrich	Vbg.	47°29'	09°59'	1320	4.1: Nördl. Randalpen West	118	Fichte, (Tanne) <i>Picea abies</i> , ( <i>Abies alba</i> )



## 2 Luftbildauswertung (Manfred Gärtner)

Eine eigene Arbeitsgruppe im Rahmen des Programmes zum Schutz der Wälder gegen Luftverschmutzung befaßt sich seit längerem mit den Anwendungsmöglichkeiten der Fernerkundung zur Beurteilung des Gesundheitszustandes der Wälder. In einem Manual "Remote Sensing Applications for Forest Health Status Assessment" sind dafür 5 Optionen beschrieben und durch Musterauswertungen und Bildbeispiele erläutert. Folgende 5 Bearbeitungsstufen werden darin unterschieden:

- ▶ die Dokumentation des Ist-Zustandes jeder Fläche (Option 1)
- ▶ die Beurteilung der Repräsentativität im Vergleich zum umgebenden Waldgebiet (Option 2)
- ▶ ein Vergleich der Kronenbeurteilung aus dem Luftbild mit der terrestrischen (Option 3)
- ▶ die koordinative Erfassung aller luftbildsichtbaren Kronen (Option 4)
- ▶ ein dreidimensionales Bestandesoberflächenmodell (Option 5)

## 2 Aerial Photograph Interpretation (Manfred Gärtner)

*Under the Programme for the Protection of Forests against Atmospheric Pollution a special working group has been dealing for quite some time with the possibilities of using remote sensing for the assessment of the forest health condition. The Manual "Remote Sensing Applications for Forest Health Status Assessment" describes 5 options for this purpose giving some model interpretation and examples. The following interpretation classes are to be distinguished:*

- ▶ *the documentation of the actual status of each plot (option 1)*
- ▶ *the assessment of the representativity compared to the surrounding forested area (option 2)*
- ▶ *a comparison of the crown assessment based on the aerial photographs with that of the terrestrial survey (option 3)*
- ▶ *the coordinative identification of all crowns made visible by aerial photographs (Option 4)*
- ▶ *a three dimensional model of the crown surface (option 5)*

Stereo Auswertegerät Zeiss Planicom P1

Analytical plotter Zeiss Planicom P1



Fakultativ wird von einigen Ländern auf den Intensivbeobachtungsflächen bereits eine Zustandserfassung und Dokumentation mit Hilfe von FIR-Luftbildern vorgenommen. Das österreichische Projekt "Befliegung, Interpretation und Auswertung des Kronen- und Waldzustandes aller Flächen der intensiven und fortlaufenden Beobachtung der Waldökosysteme" wurde von der Europäischen Union als Forschungsprojekt im Zuge des Artikel 4 mit 50 % kofinanziert (95.60.AU.004.0).

Die Befliegung der Flächen erfolgte am 1.7. und 25.7.1995 (8 Flächen) und zwischen 4.7. und 27.9.1996 (12 Flächen). Das Ergebnis sind 60 FIR-Dias (3 Dias = 2 Stereomodelle pro Level II Fläche) mit dem Film Kodak Aerochrome Infrared 2443, Reihenmeßkamera Wild RC20, FMC, Längsüberdeckung 60 %, Brennweite 21 cm, Bildformat 23x23 cm, mit einem mittleren Bildmaßstab ca. 1 : 4 500. Die stereoskopisch gedeckte Fläche entspricht etwa 1x1 km in der Natur. Das Bildmaterial wurde mit analytischen Stereoauswertegeräten Zeiss Planicomp P1 ausgewertet: Für jedes Stereomodell wurde die absolute Orientierung im Landeskoordinatensystem errechnet. Anhand der terrestrisch erstellten Kronenkarte mit Lokalkoordinaten konnten die meisten Bäume der Oberschicht im Luftbild identifiziert werden.

Zur Dokumentation des Ist-Zustandes gemäß der Option 1 wurde für jede einzelne Fläche das jeweilige Mittelbild der Level II Bildflüge auf den Maßstab 1 : 7500 verkleinert und farbkopiert. Darauf ist die Lage der Level II Fläche eingezeichnet ( $\Rightarrow$  'LUFTBILD'). Außerdem wurden aus den digitalisierten Kronen ein dreidimensionales Bestandesoberflächenmodell der jeweiligen Fläche inklusive der Pufferzone gemäß der Option 5 berechnet. Für die Fichte wurde dabei eine Kegelform, für Tanne und Lärche ein quadratisches Paraboloid, für Weißkiefer eine kubische Parabel und für das Laubholz ein Ellipsoid als Näherungsformel für die Krone verwendet. Die Bestandesoberflächen aller 20 Flächen sind aus westlicher Richtung mit einer Sonnenstandshöhe von 35 Grad, farblich getrennt nach Baumarten und Zugehörigkeit zur Kern- oder Pufferzone, perspektivisch dargestellt. Dieser Auswertungsschritt wurde gemeinsam mit dem Institut für Vermessungswesen, Fernerkundung und Landinformation der Universität für Bodenkultur durchgeführt.

*Some countries assess and document the forest health status on intensive monitoring plots already on a voluntary basis using CIR-aerial photographs. The Austrian Project "Flight survey and interpretation of the crown and forest condition of all intensive and continuous monitoring plots of forest ecosystems" was co-financed (50 %) as a research project. (95.60.AU.004.0) by the European Union.*

*The plots were overflown on the 1 and 27 July 1995 (8 plots) and between 4 July and 27 September 1996 (12 plots). The outcome is 60 CIR-slides (3 slides = 2 stereomodels per Level II plot) using Kodak Aerochrome Infrared 2443 film, camera system Wild RC20 with Forward Motion Compensation, longitudinal overlap 60 %, focal distance 21 cm, size 23x23 cm, an average picture scale of 1 : 4 500. The stereoscopically covered surface corresponds to 1x1 km in nature. The pictures were interpreted using an analytical plotter Zeiss Planicomp P1: For each stereo model an absolute orientation in the country coordinate system was calculated. By means of a terrestrial crown map with local coordinates most of the trees of the upper storey could be identified in the aerial photograph.*

*In order to document the actual status for each individual plot according to option 1 the corresponding average image of Level II image flights was reduced to the scale 1 : 7500 and colour copied. This image contains the location of the Level II plot ( $\Rightarrow$ 'LUFTBILD'). In addition, a three dimensional stand surface model of each individual plot was calculated from the digitalised crowns including buffer zone according to option 5. As an approximation for the crown a conus was used for Norway spruce, a quadratic paraboloid for Silver fir and European larch, a cubic parable for Scots pine and an ellipsoid for the broadleaved species. The stand surfaces of all plots are seen from west with a sun position of 35°, using different colours for tree species and core or buffer zone. This step was carried out jointly with the Institute of Photogrammetry, Remote Sensing and Land Information of the University of Agricultural Sciences, Vienna.*

### 3 Waldwachstumskundliche Erhebungen (Markus Neumann)

Das Wachstum von Waldbeständen ist ein integraler Parameter, der die Reaktion des Einzelbaumes und ganzer Waldbestände auf äußere Einflüsse darstellt. Diese Einflüsse können allgemeine Umweltfaktoren, die Konkurrenzsituation oder auch Luftverschmutzungen sein. Diese Reaktion kann je nach Disposition des Einzelbaumes auf Grund seiner genetisch festgelegten Eigenschaften oder seiner aktuellen Kondition unterschiedlich ausfallen. Im Wachstum bilden sich kurzfristige, meist witterungsbedingte Variationen genauso ab, wie sich längerfristig mehr oder weniger konstante Einflüsse des Standortes im generellen Zuwachsniveau manifestieren.

Im Rahmen von traditionellen zuwachskundlichen Erhebungen wird die Einzelbaumdimension durch Messung des Brusthöhendurchmessers (BHD) und der Baumhöhe direkt erfaßt. Die Messung des Durchmessers erfolgt in 1.3 m Höhe mit einer Kluppe oder einem Durchmessermaßband. Die Höhenmessung ist aufwendiger und stärker mit Fehlern behaftet, Geräteentwicklungen der letzten Jahre haben diese jedoch deutlich verringert und den Arbeitsaufwand wesentlich reduziert. Der Zuwachs dieser Größen ergibt sich als Differenz von zwei Erhebungen. Die Stammquerschnittsfläche in Meßhöhe (Grundfläche) ist eine weitere wesentliche Dimensionsangabe des Einzelbaumes, kann aber als hektarbezogene Summe auch zur Beschreibung von ganzen Waldbeständen dienen. Wenn die Baumhöhen aus technischen Gründen nicht von allen Bäumen erfaßt worden sind, so bietet die Entwicklung von Schätzfunktionen eine Möglichkeit der Datenergänzung. Die Anwendung eines Formquotienten (Formzahl) ermöglicht, aus dem Brusthöhendurchmesser und der Baumhöhe das Baumvolumen zu schätzen, üblicherweise wird für stehende Bäume das Schaftholzvolumen ermittelt.

Als weitere Zuwachsparemeter können der Grundflächen- und der Volumenzuwachs errechnet werden. Der Volumenzuwachs ist zwar der aussagekräftigere Parameter und wirtschaftlich interessanter, allerdings ist das Volumen als Schätzwert stark durch Unsicherheiten der Höhenmessung und der Formzahlfunktionen belastet. Wegen dieser Unsicherheiten sollte man sich bei speziell kurzen Beobachtungsperioden auf den Grundflächenzuwachs beschränken.

Zuwachswerte von Einzelbäumen und Waldbeständen können in einem weiten Bereich variieren. Die Reaktion der Bäume auf Umwelteinflüsse wird

### 3 *Forest growth studies* (Markus Neumann)

*The growth of forest stands is an integral parameter which represents the reaction of the single tree and of whole forest stands to external influences. These influences may be caused by general site factors, the competition situation but also by atmospheric pollution. The reactions may be different depending on the disposition of the single tree on the basis of genetically established properties or its present condition. Growth behaviour reflects both short term variations which might be due to weather condition but also long term, more or less constant influences of the site.*

*Single tree dimension is directly calculated within traditional increment studies by measuring diameter at breast height (dbh) and tree height. The diameter is measured at a height of 1.3 m by calipers or diameter tape. The height measurement needs more input and is often prone to mistakes. However, this problem and the workload could be reduced considerably due to the development of better equipment in recent years. The increment of these values is the difference between the two surveys. The basal area is another important indicator of single tree dimension, but it can be used also to describe the whole forest stand when related to one hectare. If, for technical reasons, tree heights have not been measured for all trees the development of diameter-height functions offers a possibility to provide complementary data. The use of the form factor allows for assessing the tree volume from breast height diameter and tree height. In general, the stem volume is calculated for standing trees including bark.*

*Basal area and volume increment can also be calculated providing another increment parameter. Volume increment is a meaningful parameter and very interesting from the economic point of view, but the volume as a derived parameter may be burdened with insecurities in terms of height assessments and form factor functions. Because of these insecurities it might be useful to evaluate basal area increment only in the case of short monitoring periods.*

*Increment values of single trees and forest stands may vary largely. It is widely known that the reaction of trees to environmental impact is often influenced or*

bekanntermaßen von anderen Variationsursachen wie Baumart, Alter und Wuchsraum beeinflusst und teilweise überlagert. Aus der absoluten Größe eines Zuwachsparameters kann also nicht ohne weiteres auf die Größe eines Umwelteinflusses geschlossen werden. Für einen bewertenden Vergleich von Zuwachswerten ist ein Referenzwert erforderlich, der als Bezugsgröße bei „ungestörtem“ Wachstum dient, in Analogie zur unbehandelten Kontrolle (Nullfläche) im Rahmen des Versuchswesens. Bislang konnte dafür noch kein gemeinsames Vorgehen vereinbart werden.

Als Grundlage wurden anlässlich der Flächeneinrichtung alle Bäume auf der eigentlichen Meßfläche von 0,25 ha über einer Kluppschwelle von 5 cm numeriert und die Meßhöhe (Brusthöhe 1,3 m) markiert. Die ersten Aufnahmen fanden nach Abschluß der Vegetationsperiode 1994 im Herbst bzw. im Frühjahr 1995 statt. Die Durchmesser aller Bäume wurden mit einem Durchmessermaßband gemessen. An einem Subsample von 50 Bäumen der flächenspezifischen Hauptbaumart wurden die Baumhöhen und Höhen des Kronenansatzes gemessen. Die Lage der Bäume auf der Fläche und im umgebenden Pufferstreifen wurde durch die Koordinaten des Stammfußes erfaßt und die Kronenprojektion erhoben. Eine erste Wiederholungsaufnahme wurde bereits nach drei Jahren vorgenommen, dabei wurden die Durchmessermessungen wiederholt, dieses Mal jedoch die Höhen von allen Bäumen gemessen. Die obligate Wiederholung nach 5 Jahren wurde im Frühjahr 2000 durchgeführt.

Die Darstellungen ( $\Rightarrow$  'WALDWACHSTUM') beziehen sich auf die erste Aufnahme nach Abschluß der Vegetationsperiode von 1994: Grafisch dargestellt ist die Stammzahlverteilung der einzelnen Baumarten nach Stufen des Brusthöhendurchmessers und nach der Baumhöhe, sowie die Höhen-Durchmesserbeziehung (Höhenkurve) für die einzelnen Baumarten. Eine Tabelle zeigt auf einen Hektar hochgerechnete Summenwerte der Stammzahl, der Grundfläche und des Volumens. Die angeführten Werte des Grundflächenzuwachses beziehen sich auf eine fünfjährige Periode (1995-1999). In der zweiten Tabelle finden sich Höhe und mittlerer Durchmesser der 100 stärksten Bäume und des Kreisflächenmittelstammes, sowie Kennwerte für die Konkurrenzsituation.

Zusätzlich sind Indices der Bestandesstruktur (Clark & Evans, Pielou, Cox, Gadow und Vertikal-schichtung) angeführt und Kennzahlen der Arten-diversität aus der Aufnahme des großen Dauerquadrats (225 bzw. 400 m<sup>2</sup>) der Vegetationserhebungen zusammengefaßt.

*partly overlapped by other factors such as tree species, age and growth space. From the absolute figure of an increment parameter it is not easy to draw conclusions as to the importance of environmental impact. For comparison of increment values a reference is needed which may be used as a reference number in the case of „undisturbed“ growth, analogue to the non-treated control of the experiment. So far no agreement could be reached on a common procedure.*

*As a starting point, at the moment of establishing the plot, all trees of the plot of 0,25 ha exceeding a minimum dbh of 5 cm were permanently numbered and the measuring height (breast height 1,3 m) was marked. The first surveys took place after the end of the vegetation period in autumn 1994 or in spring 1995. The diameter of all trees was measured using a diameter tape. On a subsample of 50 trees of the main species of the plot, the tree and crown heights were measured. The location of the trees on the plot and in the surrounding buffer zone was determined by the coordinates, as well as the crown projection. A voluntary first repetition took place already after three years by repeating diameter measurements, but this time the heights of all trees were measured. The obligatory repetition after five years was carried out in spring 2000.*

*The tables ( $\Rightarrow$  'WALDWACHSTUM') refer to the situation at the first survey after the end of the vegetation period in 1994 showing the most important sum values of the stem number, the basal area and the volume projected on one hectare. The indicated values of the basal area increment refer to the five year period from 1995 to 1999. The second table shows the height and the mean diameter of the 100 biggest trees and of the mean basal area tree, as well as indicators for the competition situation. The graphs show the stem number distribution by tree species according to diameter and tree height, as well as height-diameter relationship (diameter height function) for the individual tree species.*

*Lastly indices of stand structure (Clark & Evans, Pielou, Cox, Gadow and vertical stratification [Vertikalschichtung]) and biodiversity indicators from the vegetation surveys on the large sampling unit with 225 or 400 m<sup>2</sup> respectively have also been calculated.*

#### 4 Vegetationskundliche Untersuchungen (Franz Starlinger)

Pflanzenarten der Bodenvegetation haben unterschiedliche, oft recht spezifische Ansprüche an ihre Umwelt. Dadurch können sie als Indikatoren für Veränderungen dieser Umweltfaktoren dienen. Ein Monitoring der Bodenvegetation eröffnet die Möglichkeit einer Beurteilung, inwiefern sich Veränderungen etwa im Bereich von bodenchemischen Werten tatsächlich auf die Pflanzen auswirken. Andererseits ist es durch die Kenntnis der speziellen Ansprüche der Pflanzen möglich, Rückschlüsse auf Umweltvariable zu ziehen, die nicht auf allen Flächen oder überhaupt nicht bestimmt werden, da ihre Erfassung methodisch zu aufwendig wäre. Beispiele dafür sind das Bestandesklima (Licht, Temperatur) und der Bodenwasserhaushalt.

Die Ziele der vegetationskundlichen Untersuchungen sind dabei, einerseits durch die Anlage von Dauerbeobachtungsflächen Veränderungen in der Artenzusammensetzung oder bei den Deckungswerten der Arten zu erfassen und andererseits eine vegetationskundliche Charakterisierung der untersuchten Bestände zu ermöglichen. Die Klassifikation und Benennung der Waldgesellschaften folgt im wesentlichen MUCINA ET AL. (1993)<sup>1</sup>.

Im Jahr 1996 wurde die erste Vegetationserhebung vorgenommen: etwa die Hälfte der untersuchten Bestände, insbesondere in den Laubwäldern, wurde zu zwei Terminen (Frühjahr, Sommer) erhoben, auf den übrigen Flächen nur einmal im Sommer. In Zukunft wird ein 5jähriger Aufnahmerhythmus angestrebt.

An jedem Untersuchungsort wurden zwei Typen von Aufnahmeflächen eingerichtet: Ein einzelnes Dauerquadrat mit einer Seitenlänge von 15 bzw. 20 m dient der Charakterisierung des untersuchten Waldökosystems sowie der Erfassung von markanten Veränderungen der Artenzusammensetzung und der Deckungswerte, wie sie in Wäldern häufig erst nach längeren Beobachtungszeiträumen (20-30 Jahre) auftreten. Die Schätzung der Deckungswerte erfolgt hier nach der Skala von WESTHOFF & VAN DER MAAREL:

#### 4 Vegetation survey (Franz Starlinger)

*Plants of the ground vegetation have often different and rather specific demands on their environment. For this reason, they can be used as indicators for changes of these environmental factors. The monitoring of the ground vegetation offers the possibility to assess in how far changes of soil chemistry have an impact on plants. On the other hand, the knowledge of the special demands of the plants allow for conclusions on environmental variables which otherwise would not be available because their assessment would require too much effort, e.g. site climate (light, temperature) and soil moisture class.*

*The aim of the vegetation survey through continuous monitoring is to get information on changes in the species composition or in the cover of the species to allow the characterization of the vegetation of the investigated stands. The classification and designation of the forest communities is made according to MUCINA ET AL. (1993)<sup>1</sup>.*

*First vegetation surveys were realized in 1996. Half of the investigated stands (broadleaved) were submitted to two surveys (spring, summer), on the rest of the plots only one survey was carried out in summer. In the future, surveys are planned at an interval of 5 years.*

*At each plot two types of observation plots were established: a large sampling unit with a side length of 15 and 20 m respectively, was used to characterize the investigated forest ecosystem and to identify salient changes in the species composition and the cover which appear in the forests only during longer monitoring periods. (20-30 years). The assessment of the cover is made according to the scale of WESTHOFF & VAN DER MAAREL:*

Artmächtigkeit <i>species magnitude</i>	Deckungswert <i>Cover value</i>	Menge	Quantity
r	<5.0 %	ganz vereinzelt (meist nur 1 Pflanze)	isolated (often only 1 plant)
+		spärlich	spare
1		reichlich	abundant
2m		sehr zahlreich	very abundant
2a	5.0- 12.5 %		
2b	12.5- 25.0 %		
3	25.0- 50.0 %		
4	50.0- 75.0 %		
5	75.0-100.0 %		

<sup>1</sup> Die Pflanzengesellschaften Österreichs, Teil III. Wälder und Gebüsche. Jena, G. Fischer 353 S.



Zur Erfassung von relativ geringfügigen Veränderungen der Deckungswerte werden zweitens auf 10 gleichmäßig über die Beobachtungsflächen verteilten Quadraten von 4 m<sup>2</sup> Größe die Deckungswerte in Prozent der Gesamtfläche geschätzt. Dies ermöglicht auch statistische Tests.

In den Tabellen (⇒ 'BODENVEGETATION') sind für jede einzelne Fläche die Deckungswerte für das große Dauerquadrat (225 bzw. 400 m<sup>2</sup>) und auf den 10 Kleinquadraten aufgelistet. Die Schätzung der Deckungswerte erfolgte nach Vegetationsschichten getrennt. Auf allen Dauerquadraten wurden Strauchschicht (S), Krautschicht (K) und Moosschicht (M) unterschieden. Die Baumschicht, die in eine obere (B1), mittlere (B2) und untere Schicht (B3) weiter unterteilt wurde, konnte nur auf den großflächigen Quadraten aufgenommen werden. Die Taxonomie und Benennung der Pflanzenarten richtet sich bei den Gefäßpflanzen grundsätzlich nach EHRENDORFER (1973)<sup>2</sup>, bei den Moosen nach FREY ET AL. (1995)<sup>3</sup> und bei den Flechten nach WIRTH (1995)<sup>4</sup>.

*In order to identify relatively small changes in the cover, at 10 small sampling units of 4 m<sup>2</sup> evenly spread over the monitoring plots the cover is assessed as a percentage of the total plot. On this basis statistical tests can be carried out.*

*The tables (⇒ 'BODENVEGETATION') show a list of the cover for the large sampling unit (225 or 400 m<sup>2</sup>) and for the 10 small sampling units. The cover is assessed separately according to vegetation layers. On the permanent squares the vegetation was stratified into shrub layer (S), herb layer (K) and moss layer (M). The tree layer which was divided into an upper (B1), a middle (B2) and a lower layer (B3), could only be recorded on the large size squares. The taxonomy and designation of the plant species was made according to EHRENDORFER (1973)<sup>2</sup> for the vascular plants, according to FREY ET AL. (1995)<sup>3</sup> for mosses and according to WIRTH (1995)<sup>4</sup> for lichen.*

<sup>2</sup> *Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas.* Stuttgart, G. Fischer. 318 S.

<sup>3</sup> *Die Moos- und Farnpflanzen Europas. Kleine Kryptogamenflora*, Bd. IV. Stuttgart-Jena-New York, F. Fischer. 426 S.

<sup>4</sup> *Die Flechten Baden-Württembergs.* 2. Aufl. Stuttgart, Ulmer. 1006 S.

## 5 Gewinnung und Analyse von Nadelproben (Alfred Fürst)

Die Nährstoffgehalte in Nadeln und Blättern können Störungen der Nährstoffversorgung und -aufnahme erkennen lassen, der Schwefelgehalt kann als Indikator für die Luftqualität dienen.

Da die Elementgehalte sich während der Vegetationsperiode stark verändern, wird die Probenahme zu einem fixen Zeitpunkt im Frühherbst während der Vegetationsruhe durchgeführt. Aufgrund der Erfahrungen des Bioindikatornetzes, bei dem große Schwankungen der Gehalte in Einzeljahren festgestellt wurden, werden in Ausweitung der international verpflichtend vorgeschriebenen zweijährigen Probenahme die Erhebungen alljährlich durchgeführt. Auf der Fläche Sauerbrunn (01) werden Douglasien und auf der Fläche Unterpullendorf (02) Weißkiefern und auf allen übrigen Flächen Fichten beprobt.

Die Probebäume befinden sich außerhalb der Meßfläche in der Pufferzone der Intensivbeobachtungsfläche und sind markiert. Die Probengewinnung erfolgt durch Baumsteiger der Landesforstdienste unter möglicher Schonung des Baumes. Die Probenahme wird im oberen Kronendrittel um den 7. Quirl von oben durchgeführt. Vor Ort werden die Zweige in den neuen Austrieb (Nadeljahrgang I) und den Austrieb des Vorjahres (Nadeljahrgang II) aufgetrennt, separat in Plastiksäckchen verpackt und umgehend an die FBVA übermittelt. Nach der Eingangskontrolle am Institut für Immissionsforschung und Forstchemie werden die Proben zur Konservierung bei  $-15^{\circ}\text{C}$  tiefgefroren. Die Probenvorbereitung beginnt mit einer Trocknung der Zweige bei ca.  $80^{\circ}\text{C}$  im Umluftschrank, anschließend werden die Holzteile entfernt und die Nadeln vermahlen, ein Probenaliquot wird unmittelbar vor der Analyse bei  $105^{\circ}\text{C}$  nachgetrocknet. Die Elemente Schwefel und Stickstoff werden mit Elementaranalysatoren und die Elemente Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Mangan

## 5 Needle sampling and analyses (Alfred Fürst)

Nutrient contents in needles and leaves indicate disturbances in nutrient supply and uptake. The sulphur content can be used as an indicator for air quality.

As there is a considerable change in the element content during the vegetation period, the sampling is carried out at a fixed date in early autumn during the dormant season. In addition to the internationally obligatory sampling required every two years, the samples are taken every year, because the results of the national Bioindicator Grid showed major variations between the individual years. Samples are taken from Douglas fir at the site of Sauerbrunn (01) and from Scots pine at the site of Unterpullendorf (02). At all other sites the samples are taken from Norway spruce.

The sample trees are located in the buffer zone of the intensive monitoring plot outside the measuring area and they are marked. The sampling is made by tree climbers from the local forest authorities in order to avoid damage of the trees. The sampling is carried out in the upper third of the crown around the 7<sup>th</sup> whorl. The twigs are separated on the spot into the new shoot (needle year 1) and the shoot of the year before (needle year 2), packed separately into plastic bags and transmitted immediately to the Federal Forest Research Centre. After an initial check at the Institute of Air Pollution Research and Forest Chemistry the samples

are deep frozen down to  $-15^{\circ}\text{C}$ . Sample preparation starts with the drying of the twigs at around  $80^{\circ}\text{C}$  in the dryer. Afterwards, the wooden parts are removed and the needles are ground. Prior to the analysis, an aliquot part of the sample is being dried again at  $105^{\circ}\text{C}$ . Sulphur and nitrogen are analysed by means of elemental analysers and phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, manganese and zinc are analysed by

Nadeljahrgänge auf einem Fichtenzweig/  
Annual needle sets on a spruce branch



und Zink nach einem nassen Aufschluss ( $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ ) mittels ICP-AES (Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy) analysiert. Die regelmäßige Methodvalidierung erfolgt mit den „Certified Reference Materials“ (Fichte CRM 101) des Institute for Reference Materials and Measurements der Europäischen Union. Im Zuge dieses Untersuchungsprogrammes hat das nadelanalytische Labor der FBVA bereits mehrmals und äußerst erfolgreich an internationalen Ringversuchen teilgenommen.

Neben den Elementgehalten wird auch das 100 Nadelgewicht bestimmt.

In den Abbildungen zu den einzelnen Flächen ( $\Rightarrow$  'NADELANALYSEN') wird der Verlauf der Konzentrationen von 1995 bis 1999 für die fünf Hauptnährelemente in Relation zu den Optimalwerten bzw. für Schwefel in Relation zum Grenzwert der Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen dargestellt. Außerdem sind die Minima bzw. Maxima der 5 Probestämme abgebildet. Die Ausgewogenheit der Elementgehalte für die einzelnen Probestämme ist als Sterndiagramm für die Mittelwerte über die fünf Jahre dargestellt.

Bei allen Flächen und allen Elementen zeigt sich generell eine eher geringe Variation über den

*means of wet digestion ( $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ ) using ICP-AES (Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy). The regular validation is made with „Certified Reference Materials“ (Norway spruce CRM 101) of the Institute for Reference Materials and Measurements of the European Union. Under this investigation programme the needle analyses laboratory of the Federal Forest Research Centre has participated with great success in international ring tests several times.*

*In addition to element contents, also the weight per 100 needles is being determined.*

*The figures of the individual plots ( $\Rightarrow$  'NADELANALYSEN') show the development of the concentrations from 1995 to 1999 for the five main nutrients in terms of optimum values and for sulphur in terms of limiting values of the Second Regulation on the Effects of Air Pollution on the Forests. In addition, the minimum and maximum values of five sample trees are represented. The balance of the element contents for the individual sample trees are shown in the diagrams at the bottom, for the mean values over five years.*

<i>Bezugswerte zur Darstellung der Schwefelbelastung bzw. zur Beurteilung der Nährstoffversorgung je Baumart (mg/g)</i>			<i>Reference values for sulfur and nutrient content according to tree species and element (mg/g)</i>			
<b>Baumart / Tree species</b>	<b>S</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
Fichte / Norway spruce	1,1	15,0	1,3	4,2	3,6	1,1
Kiefer / Scots pine	1,1	16,0	1,3	5,0	2,9	0,6
Douglasie / Douglas fir	1,2	15,0	1,5	5,0	3,0	1,0

fünffährigen Untersuchungszeitraum. Nur auf den Flächen Hochburg (10) und Jochberg (17) war eine deutliche Verbesserung der Calcium- und Magnesiumversorgung während der Untersuchungsperiode feststellbar. Die Stickstoffgehalte liegen bei allen Flächen im Bereich des Optimalwertes oder darunter; Hinweise auf erhöhte Nadelgehalte durch mögliche Stickstoffeinträge sind daher daraus nicht ableitbar. Die Magnesiumgehalte liegen bei fast allen Flächen um oder über dem Optimalbereich. Nur die Flächen Ehrwald (18) und Hochhädrich (20) zeigen Magnesiumgehalte unter dem Optimalwert. Die Kaliumgehalte liegen bei allen Flächen um oder über den Optimalwerten. Die übrigen Nährstoffgehalte sind unauffällig.

*In general, all plots and all elements show only slight variations during the investigation period of five years. Only at the sites of Hochburg (10) and Jochberg (17) a slight improvement in the calcium and magnesium supply during the investigation period could be found. At all sites, the nitrogen values were within the range of the optimum value or below. They provided no indication as to possible nitrogen input. The magnesium values are around or above the optimum value on all plots. Only the sites of Ehrwald (18) and of Hochhädrich (20) showed magnesium values below the optimum value. The potassium values were at all sites around or above the optimum values. The other nutrient contents were not significant.*

## 6 Standorts- und bodenkundliche Untersuchungen (Franz Mutsch & Michael Englisch)

### 6.1 Standortkundliche Erhebung

Die standortkundlichen Aufnahmen umfassen neben den Lageinformationen die Reliefbeschaffenheit (Reliefform, Reliefausdehnung, Mikrorelief), Hangneigung, geologische Verhältnisse, Bodengründigkeit, die bodenhydrologischen Verhältnisse (Stau- und Oberflächenwassereinfluß, Grundwasserstand) und den Wasserhaushalt. Der Bodentyp wurde nach der österreichischen Bodensystematik und der FAO-Bodensystematik klassifiziert, die Humusformen wurden nach der österreichischen Systematik klassifiziert. In den Abbildungen sind die genetischen Horizonte beschrieben (⇒ BODEN, HORIZONTE') und die wesentlichsten chemischen Eigenschaften dargestellt. Detaillierter sind die Darstellungen nach geometrischen Tiefenstufen (⇒ BODEN, TIEFENSTUFEN').

Zusätzlich werden die folgenden humus- und bodenkundlichen Einzelmerkmale angeführt:

► In den Auflage- (Humus-)horizonten: Horizontbezeichnung, Horizontmächtigkeit, Lagerung, Durchwurzelung, Schmierigkeit und Ausgangsmaterialien der Humusbildung.

## 6 Site and soil survey (Franz Mutsch & Michael Englisch)

### 6.1 Site survey

*In addition to identifying the location, site surveys comprise also information on the relief (form, extension, micro relief), slope, geological conditions, soil depth, soil hydrology (stagnic and gleyic influence, ground water level) and soil moisture class. The soil type was classified according to the Austrian and the FAO soil classification systems. The humus form was classified according to the Austrian classification system. The figures show the genetic horizons (⇒ BODEN, HORIZONTE') and the most important chemical properties. Geometric depth layers are displayed in more detail (⇒ BODEN, TIEFENSTUFEN').*

*In addition, the following humus and soil relevant characteristics are provided.*

► *Organic layer: horizon name, depth, stratification, rooting, smeariness and parent material of humus formation.*

Tab. 4:  
Die Intensivbeobachtungsflächen (Level II) verteilen sich auf folgende Bodentypen (österreichische Bodensystematik und FAO-Systematik) und Humusformen:

Table 4:  
The permanent observation plots (level II) comprise the following soil types (Austrian soil classification and FAO-taxonomy) and humus forms:

Bodentyp	Soil type	Anzahl Flächen Number of plots
Felsbraunerde aus ärmerem Silikatgestein	Dystric Cambisols on rock material	3
Felsbraunerde aus reichem Silikatgestein	Eutric Cambisols on rock material	5
Semipodsol	Cambic Podzols	3
Lockersediment-Braunerde	Cambisols on fine sediments	2
Pseudogleye	Planosols, Stagnic Fluvisols	2
Rendsina	Rendzic Leptosols	3
Kalk-Braunlehm	Chromic Cambisol	1
Bachau- (Schwemm)böden	Fluvisols	1
Humusform	Humus form	
Mull	Mull	1
moderartiger Mull	moder-like mull	3
mullartiger Moder	mull-like moder	3
Moder	Moder	8
rohhumusartiger Moder	mor-like moder	1
moderartiger Rohhumus	moder-like mor	1
Rohhumus	Mor	3

► Im Mineralboden: Horizontbezeichnung, Horizontmächtigkeit, Horizontabgrenzung nach Deutlichkeit und Form, Bodenart, Skelettgehalt nach Art und Anteil, Bodenfarbe, Fleckung, Auftreten von Konkretionen, Auftreten von freiem Karbonat, Struktur nach Aggregatform und Deutlichkeit der Ausbildung, die Durchwurzelung und das Auftreten von wichtigen Bodenlebewesen (Regenwürmer).

► *Mineral soil: horizon name, depth, delimitation according to sharpness and form, soil type, content of coarse material according to nature and portion, soil colour, mottling, occurrence of concretions, occurrence of free carbonate, structure according to the form of aggregates and development, the rooting and occurrence of important soil organisms (earthworms).*

## 6.2 Flächendesign und Probenahme

Auf jeder Beobachtungsfläche wurde eine bodenkundliche Teilfläche mit 25x25 m eingerichtet und der Auflagehumus und der Mineralboden, nach Möglichkeit bis 80 cm Tiefe (0 – 5, 5 – 10, 10 – 20, 20 – 40, 40 – 80 cm), beprobt. Bei tiefgründigen Böden konnte die Probenahme mit einem Hohlbohrer durchgeführt werden. Es wurden 16 Proben auf einem quadratischen Raster (Rasterabstand 5 m) entnommen, jeweils vier wurden zu einer Durchschnittsprobe vereinigt.

War keine Probenahme mit dem Hohlbohrer möglich, wurden an vier Eckpunkten der Teilfläche Profilgruben gegraben. Aus den vier Seitenwänden jeder Grube wurde jeweils eine Probe entnommen und zu einer Durchschnittsprobe vereinigt. Unabhängig von den Möglichkeiten der Probenahme standen daher je Tiefenstufe und Probefläche vier Durchschnittsproben für die Analyse zur Verfügung. Der Auflagehumus wurde in allen Fällen an den vier Eckpunkten der Teilfläche mittels Stechrahmen (25 x 25 cm) entnommen.

Die Parallel-Analysen von vier Durchschnittsproben sollen dazu beitragen, das Streuungsmaß der lokalen Inhomogenitäten der Waldböden abzuschätzen. Dadurch kann die Anzahl der für eine bestimmte Fragestellung notwendigen Einzelproben besser festgelegt werden. Wiederholungsbeprobungen im Abstand von fünf bis zehn Jahren dienen dazu, den zeitlichen Trend der verschiedenen Bodenparameter zu erfassen.

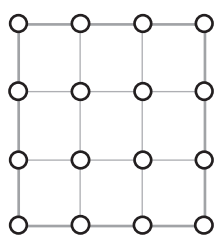
## 6.2 Plot design and sampling

*On each permanent observation plot a surface of 25x25 m was determined for the purpose of soil sampling. Samples were taken from the organic layer and the mineral soil up to a depth of 80 cm, if possible (0 – 5, 5 – 10, 10 – 20, 20 – 40, 40 – 80 cm). On deep soils the samples were taken with a soil core. 16 samples were taken at a square grid (at an interval of 5 m), every four samples were mixed to a combined sample.*

Meßfläche (z.B. 50 x 50 m)  
*Measuring plot (50 x 50 m)*

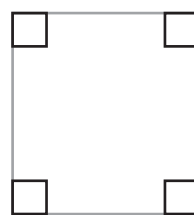
Probenahme mit  
Hohlbohrer

*sampling with  
soil cores*



Profilgruben  
(nicht volumsgerechte  
Probenahme)

*soil pits  
(non volumetric  
soil sampling)*



*If no sampling was possible with the soil core, profile pits were dug out at the four corner points of the subplot. From the four side walls of each pit one sample each was taken for a combined sample. Regardless of the possibilities of sampling, for each depth layer and for each sample plot four combined samples were available. The organic layer was taken in all cases at the four corners of the subplot by means of a sampling*

*frame (25 x 25 cm).*

*The parallel-analyses of four combined samples should contribute to better assessing the spreading of local inhomogenities in the forest soil. Thus, it might be possible to identify in detail the number of the individual samples necessary for the resolution of a specific problem. Replication at an interval of five to ten years will be made in order to record the temporal trends of the different soil parameters.*

### 6.3 Chemische Analysen

Die bodenchemischen Parameter dienen der Charakterisierung der Beobachtungsflächen und geben Auskunft über die Waldernährung (den „verwitterbaren“ Vorräten an Nährelementen, den austauschbaren und für die Pflanzen potentiell aufnehmbaren Anteilen an Kationen, den Säurestatus und das Puffervermögen [Carbonat-Gehalt, pH und Kationen-Austauschkapazität] sowie über den Kohlenstoff- und Stickstoffhaushalt). Auch allfällige Schwermetalleinträge in den Waldboden können dadurch erfaßt werden.

Folgende Parameter wurden analysiert:

► **Allgemeine Parameter:**

pH-H<sub>2</sub>O, pH-CaCl<sub>2</sub>, Carbonat, C<sub>org</sub>, N<sub>tot</sub>

► **Nährelemente und Schwermetalle**

im Säureauszug („der verwitterbare Vorrat“):

P, K, Ca, Mg, Fe; Mn, Cu, Zn, Co, Cr, Ni, Pb, Cd;

im Auflagehumus auch Al

► **Austauschbare Kationen:**

K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>; Mn<sup>++</sup>, Fe<sup>+++</sup>, Al<sup>+++</sup>, H<sup>+</sup>; RT (Rücktausch)

► **Korngrößenverteilung:**

Sand (≥0,063 - <2,000 mm), Schluff (≥0,002 - <0,063 mm), Ton (<0,002 mm)

Sämtliche angewandten Analysenmethoden stimmen mit den im Manual vorgeschlagenen Referenzmethoden entweder überein oder sind mit diesen zumindest vergleichbar. Analysiert wurde in allen Fällen der lufttrockene Feinboden (< 2 mm); die Bezugsbasis ist ofentrocken (105 °C).

Die pH-Werte wurden in H<sub>2</sub>O und in einer 0,01 mol/l CaCl<sub>2</sub>-Lösung bestimmt; vom Auflagehumus wurden 2 g, vom mineralischen Feinboden 10 g mit 25 ml H<sub>2</sub>O bzw. CaCl<sub>2</sub>-Lösung versetzt. Die Suspension wurde gut durchmischt und der pH-Wert frühestens nach zwei Stunden, längstens aber nach 24 Stunden nach nochmaliger kräftiger Durchmischung gemessen. Carbonat wurde gasvolumetrisch nach SCHEIBLER bestimmt. C<sub>org</sub> und N<sub>tot</sub> wurden gemeinsam mittels Elementaranalyse (LECO CN 2000) analysiert. Die verwitterbaren Vorräte an Nährelementen und Schwermetallen sowie Al wurden im Säureauszug (Gemisch aus Salpetersäure [5 Teile] und Perchlorsäure [1 Teil]) gemessen. Zur Erfassung der austauschbaren Kationen und der Kationenaustauschkapazität wurden 5 g Boden mit 0,1 molarer ungepufferter BaCl<sub>2</sub>-Lösung versetzt, über Nacht stehen gelassen und am nächsten Tag zwei Stunden ge-

### 6.3 Chemistry analyses

Soil chemical parameters are used to characterize the monitoring plots and provide information on the forest nutrition status. (the „weatherable“ pools on nutrient elements, the exchangeable and potentially uptakeable cation portions, the acid status and the buffer capacity [Carbonate-content, pH-value and cation-exchange capacity]. Information is provided also concerning the carbon and nitrogen cycle). In addition, important heavy metal inputs can be identified in the soil using this method.

The following parameters were analysed:

► **General parameters:**

pH-H<sub>2</sub>O, pH-CaCl<sub>2</sub>, Carbonate, C<sub>org</sub>, N<sub>tot</sub>

► **Nutrient elements and heavy metals in acid extraction („the weatherable pool“):**

P, K, Ca, Mg, Fe; Mn, Cu, Zn, Co, Cr, Ni, Pb, Cd; in organic layers also Al

► **Exchangeable cations:**

K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>; Mn<sup>++</sup>, Fe<sup>+++</sup>, Al<sup>+++</sup>, H<sup>+</sup>; RT (back exchange)

► **Particle size:**

sand (≥0,063 - <2,000 mm), silt (≥0,002 - <0,063 mm), clay (<0,002 mm)

Most applied methods correspond to or are comparable with the reference methods proposed in the Manual. In all cases, the air dried fine soil (< 2 mm) was analysed; the reference base was oven dry (105 °C).

The pH-values were determined in H<sub>2</sub>O and in a 0,01 mol/l CaCl<sub>2</sub>-solution. From 2 g of the organic layer and 10 g mineral fine soil a 25 ml H<sub>2</sub>O or CaCl<sub>2</sub>-solution was prepared. The suspension was well shaken and the pH-value was measured after two hours at the earliest and 24 hours at the latest, after shaking well again. The gas volume of carbonate was determined according to SCHEIBLER. C<sub>org</sub> and N<sub>tot</sub> were analysed jointly by means of elemental analysis (LECO CN 2000). The weatherable stocks on nutrient elements and heavy metals as well as Al were measured in the acid extract (mixture of nitric acid [5 parts] and perchloric acid [1 part]). In order to identify the exchangeable cations and the cation exchange capacity 5 g soil were mixed with 0,1 molar non buffered BaCl<sub>2</sub>-solution, left over night and shaken for two hours the next day. The subsequent analysis of nutrient elements and heavy metals in the acid extract

schüttelt. Die anschließende Analyse der Nährelemente und Schwermetalle im Säureauszug sowie der austauschbaren Kationen erfolgte mittels eines sequentiellen Plasmaemission-Spektrometers (VARIAN 200). Die Korngrößen wurden mittels kombinierter Sieb- und Sedimentationsmethode bestimmt.

#### 6.4 Ergebnisse

Im Datenteil des Bandes werden neben einer Schemazeichnung des Profils und einer Profilbeschreibung nach der Österreichischen Bodensystematik die Daten der chemischen Analyse, sowohl auf genetische Horizonte als auch auf Tiefenstufen bezogen, dargestellt. Zur besseren Lesbarkeit sind die Meßwerte für die einzelnen Horizonte bzw. Tiefenstufen mit farbcodierten Linien verbunden. Die dargestellten Meßwerte stellen Einzelwerte (Horizonte) bzw. Mittelwerte aus den Messungen von 4 Durchschnittsproben (Tiefenstufen) dar. Für einige Schlüssel-Merkmale (pH-Wert,  $C_{org}$ ,  $N_{tot}$ , C/N-Verhältnis, Basensättigung) ist für jede Tiefenstufe zusätzlich die Standardabweichung aufgetragen.

Die Böden der drei Beobachtungsflächen Grimmenstein (07), Müzzuschlag (15) und Ehrwald (18) sind carbonathaltig. Entsprechend hoch sind dort die pH-Werte ( $CaCl_2$ ) im Mineralboden – meist über pH 6 oder auch pH 7. Im Auflagehumus hingegen sinken sie bis unter pH 5. Auf den restlichen, carbonatfreien Beobachtungsflächen bewegen sich die pH-Werte zwischen 2,7 und 4,8, die Basensättigung zwischen 2 % (Zillertal 19) und rund 90 % (Unterpullendorf 02, Pöggstall 06, Klausenleopoldsdorf 09 und Jochberg 17). Auf zwei Probeflächen (Mondsee 11 und Zillertal 19) liegt die Basensättigung im gesamten Profil unter 10 %; die Mg-Sättigung im Zillertal (19) beträgt dabei durchwegs nur 1 %. Gemeinsam mit der Fläche Hochhädrich (20) mit extrem niedriger Basensättigung von < 6 % ab 5 cm Mineralbodentiefe handelt es sich um die am stärksten versauerten und nährstoffverarmten Böden aller Level-II-Flächen. Schwermetallkontaminationen spielen hingegen keine Rolle, wengleich auf einigen Flächen eine deutliche Abnahme von Blei mit zunehmender Bodentiefe zu verzeichnen ist, was einen Hinweis auf atmogene Einträge darstellt. Auf den Flächen Dobersberg (08) und Mondsee (11) ist Mangelversorgung der Pflanzen an Kupfer nicht auszuschließen.

*as well as the exchangeable cations was done by means of a sequential plasma emission spectrometer (VARIAN 200). The particle size was determined by means of a combined sieve and sedimentation method.*

#### 6.4 Results

*In the second section of this report schematic soil diagrams and soil profile descriptions according to the Austrian soil taxonomy are presented for each plot. In addition chemical data, referring to genetic horizons as well as depth layers for each plot are shown. For better readability the values for the separate horizons and depth layers are connected by colour-coded lines. The presented values are single values (genetic horizons) respectively means from 4 samples (depth layers). Additionally, standard deviations for each depth layer are shown in the graphs for some key parameters (pH-value,  $C_{org}$ ,  $N_{tot}$ , C/N-ratio, base saturation).*

*The soils of the three plots of Grimmenstein (07), Müzzuschlag (15) and Ehrwald (18) contain carbonate. As a result, pH-values ( $CaCl_2$ ) are rather high in the mineral soil - mostly more than pH 6 or even pH 7. In the organic layer, they are lower than pH 5. On the remaining carbonate free monitoring plots the pH-values are between 2,7 and 4,8, the base saturation is between 2 % (Zillertal 19) and 90 % (Unterpullendorf 02, Pöggstall 06, Klausen-Leopoldsdorf 09 and Jochberg 17). At two plots (Mondsee 11 and Zillertal 19) the base saturation in the whole profile is lower than 10 %; the Mg-saturation is only 1 % on the average in the Zillertal (19). Along with the site Hochhädrich (20) showing extremely low base saturations of < 6 % as of 5 cm mineral soil depth these are the most acidified and nutrient poor soils of all Level-II-plots. Heavy metal contamination plays no major role, regardless of a distinct decline of lead with increasing depth which is an indication of atmogene inputs. At the sites of Dobersberg (08) and Mondsee (11) some insufficient supply of plants with copper cannot be excluded.*

## 7 Erfassung der nassen Deposition (Stefan Smidt)

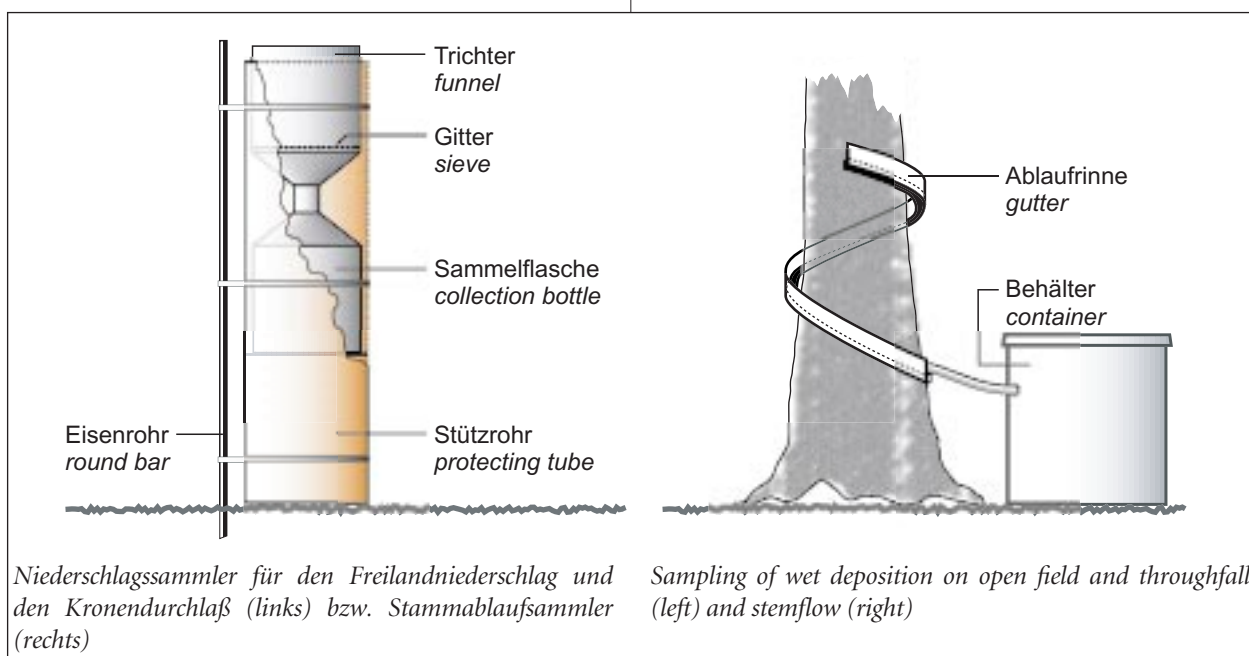
Durch die Erfassung der Deposition auf den Intensivbeobachtungsflächen selbst sollen unmittelbar lokal spezifische Informationen über die Belastungssituation gewonnen werden. Längerfristig soll dadurch auch das Wissen über die europaweite Verteilung von Schadstoffen verbessert und eventuelle Veränderungen erfaßt werden.

Seit Jahresbeginn 1996 wird auf allen 20 Beobachtungsflächen die nasse Deposition sowohl im Bestand (Kronendurchlaß) als auch auf einer nahegelegenen Freifläche mit Bulksammlern erfaßt. Eine Beschränkung auf ein Teilkollektiv von 10% der Flächen, wie im Manual vorgesehen, erschien für Österreich mit seiner starken orografischen Gliederung nicht sinnvoll. Die Bulksammler sind ständige offene Sammelgefäße. Sie stehen in einem Stützrohr und sind mit einer Vogelschutzeinrichtung, einem Kunststoffsieb und einem Lichtschutz versehen. Im Bestand sind in der Pufferzone 15 Sammler in Reihe in gleichen Abständen aufgestellt, auf der Freifläche sind es drei Sammler. In Klausen-Leopoldsdorf (09) wird zusätzlich der Stammabfluß an 3 Buchen erfaßt. Die Flächen werden von lokalen Flächenbetreuern alle 14 Tage aufgesucht, dabei wird die Niederschlagsmenge vor Ort gemessen. Die Niederschlagsproben werden entnommen und die Gefäße gereinigt. Die Freiland- sowie die Kronendurchlaßproben werden zu jeweils einer Mischprobe vereinigt und an das Institut für Immissionsforschung und Forstchemie gesandt. Im

## 7 Measurement of wet deposition (Stefan Smidt)

*The measurements of wet deposition on the permanent observation plots for intensive monitoring shall provide information on the local pollution situation. The aim is to improve knowledge on the Europe-wide distribution of atmospheric pollutants and potential changes on the long run.*

*Since early 1996, wet deposition both in the stand (throughfall) and on a nearby open field has been measured. The limitation to a partial collective of 10 % of the plots, as foreseen in the Manual, did not appear to be useful for Austria with its strong orographic relief. The bulk samplers are always-open collectors. They are located in a tube and equipped with a bird protection device, a plastic sieve and a light protection. Within the stand, 15 collectors are installed at regular intervals in the buffer zone in a line, three samplers are installed in the open field. At the site Klausen-Leopoldsdorf (09) the stem flow is recorded also from three beeches. The plots are visited every two weeks by local staff who measure the precipitation quantity on the spot. The precipitation samples are taken and the collectors are cleaned. The samples from the open field and from the throughfall are transmitted to the Institute of Air Pollution Research and Forest Chemistry. During winter, the collectors are replaced by PE bags to collect snow.*



Winter werden die Sammelgefäße durch PE-Säcke ersetzt, welche in die Stützrohre eingelegt werden.

Die Proben werden vor der Analyse kühl gelagert. Bestimmt werden: pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Alkalinität, Konzentrationen ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) der Anionen (Chlorid, Nitrat, Sulfat) und der Kationen (Natrium, Ammonium, Kalium, Magnesium, Kalzium). Nach erfolgter Analyse werden die Ergebnisse auf Plausibilität geprüft. Aus den Ionenkonzentrationen und den Niederschlagsmengen werden die Jahressummen der Einträge pro Hektar ( $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ) errechnet.

Die höchsten Freiland-Leitfähigkeiten wurden im Osten Österreichs mit einem Maximalwert in Unterpullendorf (02) ermittelt. Der höchste Protoneneintrag wurde in Leutschach (13), der höchste S- und N-Eintrag in Mondsee (11) festgestellt. Im Kronendurchlaß war die Leitfähigkeit in Dobersberg (08) am höchsten; H-, S- und N-Einträge waren in Mondsee, der Station mit den zweithöchsten Niederschlagshöhen, am höchsten ( $\Rightarrow$  'DEPOSITION'). Die teilweise auffallend hohen Na-Einträge dürften auf methodische Ursachen bei der Probenahme zurückzuführen sein.

Generell war die Gesamtbelastung (Leitfähigkeit, Ionengehalte sowie die S- und N-Einträge) auf den 10 nördlichen Probeflächen sowohl im Freiland als auch im Bestand höher als auf den 10 südlichen Probeflächen. Auf den 10 östlichen Probeflächen lagen im Freiland und im Bestand die Leitfähigkeiten, Ionengehalte sowie die S-Einträge im Gesamtmittel über jenen der westlichen 10 Probeflächen. Die Nitrat-N- und Ammonium-N-Einträge waren im Freiland hingegen im Westen höher, während beim Kronendurchlaß die Nitrateinträge im Osten und die Ammoniumeinträge im Westen höher lagen.

*The samples are stored in a cool room. The following parameters are determined: pH-value, electric conductivity, alkalinity, anion concentration ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) (chloride, nitrate, sulfate) and cation concentration (sodium, ammonium, potassium, magnesium, calcium). After the analysis the results are checked for their plausibility. From the ion concentrations and the precipitation quantities the annual sums of the inputs per hectare are calculated ( $\text{kg.ha}^{-1}.\text{a}^{-1}$ ).*

*The most remarkable conductivity in the open area was identified in East Austria in Unterpullendorf (02) showing a maximum value. The highest input of protons was found in Leutschach (13), the highest S- and N-input was found in Mondsee (11). For the throughfall the highest conductivity was found in Dobersberg (08); the highest H-, S- and N-inputs were found in Mondsee, the station with the second highest precipitation level ( $\Rightarrow$  'DEPOSITION'). The extraordinary high Na-inputs on some plots are to be explained rather by methodological reasons.*

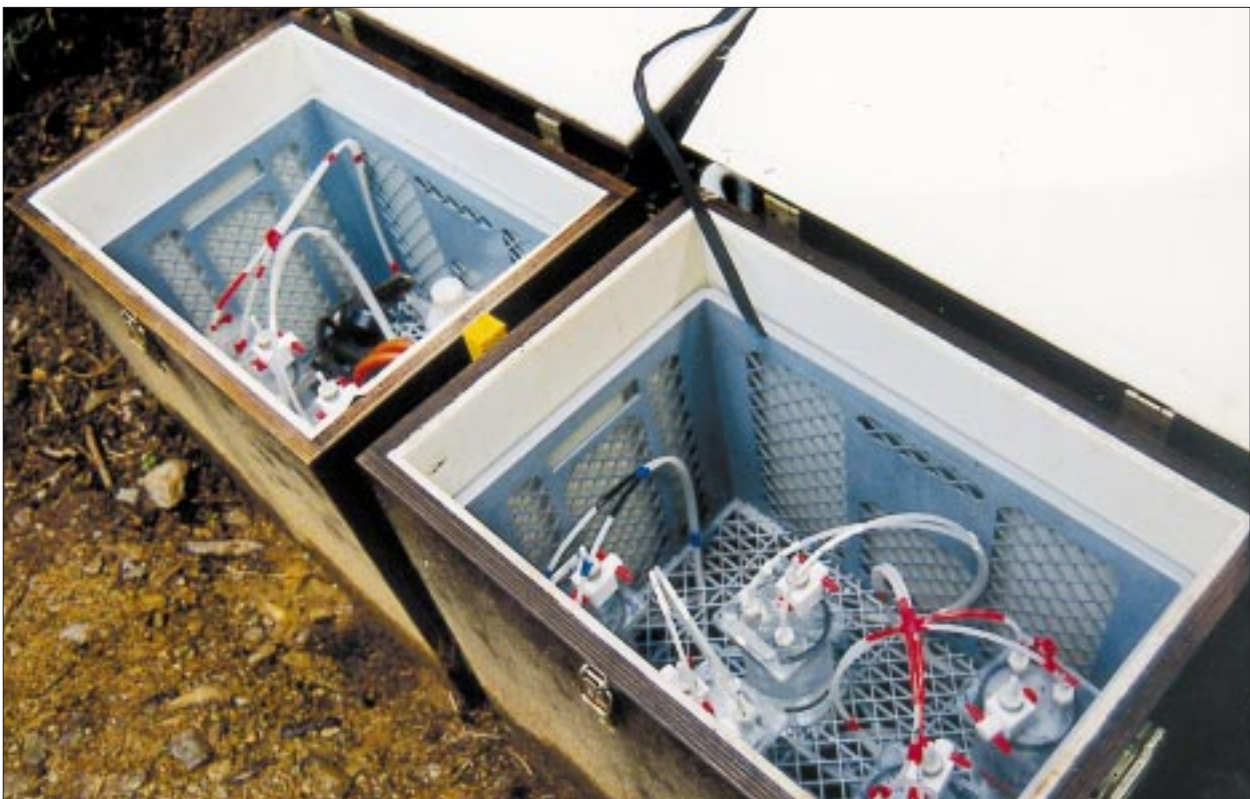
*In general, the total pollution (conductivity, ion contents as well as S- and N-inputs) was higher on the 10 northern sample plots both in the open field and under the crown canopy than on the 10 southern sample plots. On the 10 eastern sample plots in the open field and under the crown canopy the conductivity, ion contents and S-input exceeded those of the western 10 sample plots on the average. The nitrate N and ammonium - N- inputs were higher in the open field in the West while for the throughfall, the nitrate inputs in the East and the ammonium inputs in the West were higher .*

## 8 Erfassung der Bodenlösung (Robert Jandl)

Zur Beurteilung der Stoffflüsse am Standort ist die Kenntnis der Chemie der Bodenlösung wichtig. Die Daten müssen im Kontext mit der Niederschlagsmenge und dem damit verbundenen Stoffeintrag gesehen werden. Die chemische Analyse der Bodenlösung gibt Informationen über die Qualität des Mediums, aus dem die Pflanzen ihren Nährstoffbedarf decken. Daraus ergeben sich wesentliche Hinweise auf die Baumernährung und den Waldzustand. Durch die Erfassung der Langzeittrends soll ein möglicher Einfluß der Luftverschmutzung untersucht werden.

Die Erhebung ist für 10% der Flächen verpflichtend. Es wurden dafür die beiden Beobachtungsflächen in Klausen-Leopoldsdorf (09) und in Murau (16) gewählt. Die Saugsonden (Unterdrucklysimeter) wurden in 15, 30 und 60 cm Tiefe installiert. Zur leichteren Handhabung wurden in Murau die Saugleitungen zusammengefaßt. Die Probenahme erfolgt prinzipiell ganzjährig in einem Abstand von etwa 14 Tagen, allerdings verhindert zeitweise Bodenfrost oder starke Austrocknung eine Probenahme. Deswegen

*Unterdruckanlage für Lysimeter auf der Fläche „Murau“*



## 8 Soil solution chemistry (Robert Jandl)

*For the evaluation of fluxes it is essential to know the soil solution chemistry. Data can be interpreted in the context of the precipitation and the rate of deposition. The chemical analyses of the soil solution provide information on the quality of the solute used by plants to support their growth. From this valuable conclusions can be drawn as regards tree nutrition and the general forest condition. Long-term trends shall reveal the impact of air pollution.*

*Assessments of the soil solution chemistry are mandatory at 10 % of the sites. We chose the plots Klausen-Leopoldsdorf (09) and Murau (16). Suction cups were installed in depths of 15, 30 and 60 cm. In order to make the handling simple, in Murau the pipes collecting the solution were combined. Samples are collected every 2 weeks, but can be impaired by soil frost or soil dryness. In 1999, 60 % (Murau) and 45 % (Klausen-Leopoldsdorf) of the sample collection campaigns were successful.*

*Soil solution sampling device on the plot „Murau“*

kann nicht zu allen Terminen Bodenwasser gesammelt werden, so konnten z.B. 1999 in Murau nur etwa für 60% aller Perioden und in Klausen-Leopoldsdorf nur für 45% Proben gewonnen werden.

Die Proben werden vor der Analyse kühl gelagert. Der pH-Wert wurde mittels Glaselektrode an der unfiltrierten feldfrischen Probe bestimmt. Die Konzentrationen der Kationen in der filtrierten Proben (Filter 0.45µm) werden mittels ICP (Inductively coupled plasma spectroscopy) gemessen. Die Konzentrationen der Anionen werden mittels IC (Ionenchromatographie) gemessen. Als Plausibilitätstest wurde die Ionenbilanz (Summe Kationen = Summe Anionen) gerechnet. In der Lösung werden alle dominierenden Kationen gemessen. Nichtgemessene kationische Spurenmetalle kommen nur in äußerst geringen Konzentrationen vor. Die Anionen können durch die IC nicht vollständig erfaßt werden: Im Oberboden kohlenstoffreicher Böden sind die Konzentrationen des DOC (gelöster Kohlenstoff; 'dissolved organic carbon') nicht vernachlässigbar, außerdem tritt in karbonatischen Böden  $\text{HCO}_3^-$  als dominierendes Anion auf, das mittels IC nicht erfaßt wird.

Die untersuchten Standorte Murau und Klausenleopoldsdorf unterscheiden sich erheblich ( $\Rightarrow$  'BODENLÖSUNG'): In Murau findet sich saures Grundgestein; unter dem Fichtenbestand hat sich eine Moder-Humusaufgabe gebildet. Der Sandstein in Klausen-Leopoldsdorf ist oberflächlich entkalkt, erst in tieferen Bodenschichten ist die Bodenreaktion alkalisch. Unter dem Buchenbestand hat sich Mullhumus gebildet. Die Unterschiede zwischen den Standorten sind an den pH-Werten, und an den 'sauren Kationen' Aluminium und Mangan erkennbar. Es sei darauf hingewiesen, daß in Murau Aluminium in erheblichen Konzentrationen vorkommt, während die Al-Konzentration in Klausen-Leopoldsdorf minimal ist. Daher können nur in Murau potentiell toxische Al-Konzentrationen auftreten. Als natürlicher Entgiftungsmechanismus wird im kohlenstoffreichen Oberboden die Komplexbildung des Aluminium durch DOC wirksam. Umgekehrt liegen die Verhältnisse bei den 'basischen Kationen' Kalzium und Magnesium. In Klausen-Leopoldsdorf ist ausreichend Kalzium in der Bodenlösung vorhanden. Durch den Transpirationsstrom werden hohe Ca-Mengen aufgenommen, weitaus mehr jedenfalls als in Murau.

*Prior to chemical analyses samples were stored in a cool room. The pH-value of the unfiltered sample was measured by means of a glass electrode, in filtered samples (filter 0.45µm) concentrations of cations were measured by means of ICP (Inductively coupled plasma spectroscopy) and anions by IC (Ion chromatography). Plausibility was calculated as a charge balance. The dominant cations were measured. Trace elements, that were not analysed are present in very low concentrations only. Anions are not completely captured by the IC: The concentration of DOC (dissolved organic carbon) is not negligible in the upper part of the soil profile, in calcareous soils bicarbonate, not measured by IC, can be the dominant anion.*

*The two sites Murau and Klausen-Leopoldsdorf differ significantly ( $\Rightarrow$  'BODENLÖSUNG'). Murau is located on acidic bedrock; a mor humus is built under the Norway spruce stand. The sandstone in Klausen-Leopoldsdorf is superficially decalcified: carbonates reside in deeper parts of the soil profile; the forest floor comprises mull. Differences between sites are obvious from the concentrations of acidic cations (Al, Mn) and the pH-value. Considerable concentrations of Al are present in Murau, but are negligible in Klausen-Leopoldsdorf. Therefore, toxic concentrations of Al are only possible in Murau. Detoxification of Al is performed in soil rich in organic matter by complex formation between Al and DOC. The concentrations of base cations (Ca, Mg) show the contrary pattern. In Klausen-Leopoldsdorf sufficient Ca is present in the soil solution. High amounts of Ca are taken up by the transpiration stream, by far more than in Murau.*

## 9 Meteorologische Messungen (Karl Gartner)

Meteorologische Gegebenheiten beeinflussen das Wachstum, die Gesundheit und die Stabilität von Waldökosystemen im großen Ausmaß. Für die Beurteilung solcher Zusammenhänge sind spezifische Informationen über meteorologische Parameter notwendig. Die vorhandenen Daten der meteorologischen Dienste sind aber oft nicht detailliert genug, um z.B. kleinräumliche Inhomogenitäten des Klimas, die durch unterschiedliche Faktoren wie etwa durch die Orographie entstehen, zu erfassen. Außerdem sind die benötigten Variablen auch häufig nicht mit der notwendigen zeitlichen Auflösung verfügbar.

Aus diesem Grund wurden im Laufe des Jahres 1997 (nach Abschluß einer mehrjährigen Testphase) für die Intensivbeobachtungsflächen auch meteorologische Messungen vorgeschrieben.

Die Erfassung folgender meteorologischer Parameter ist verpflichtend:

- ▶ Niederschlag
- ▶ Lufttemperatur
- ▶ Relative Luftfeuchte
- ▶ Windgeschwindigkeit
- ▶ Windrichtung und Globalstrahlung

Weiters wird empfohlen folgende zusätzliche Größen optional zu erfassen:

- ▶ UV-b Strahlung
- ▶ Bodentemperaturen
- ▶ Bodenfeuchte (Matrixpotential, Wassergehalt)
- ▶ Bestandesniederschlag (Kronentraufe und Stammabfluß)

## 9 Meteorological measurements (Karl Gartner)

Meteorological conditions have a considerable influence on growth, health and stability of forest ecosystems. For the assessment of such relationships specific information on meteorological parameters is necessary. The available data from meteorological services are often not precise enough to identify small-scale climate inhomogenities, which arise from different factors such as orography for example. In addition, the necessary variables are often not always available at the necessary temporal resolution.

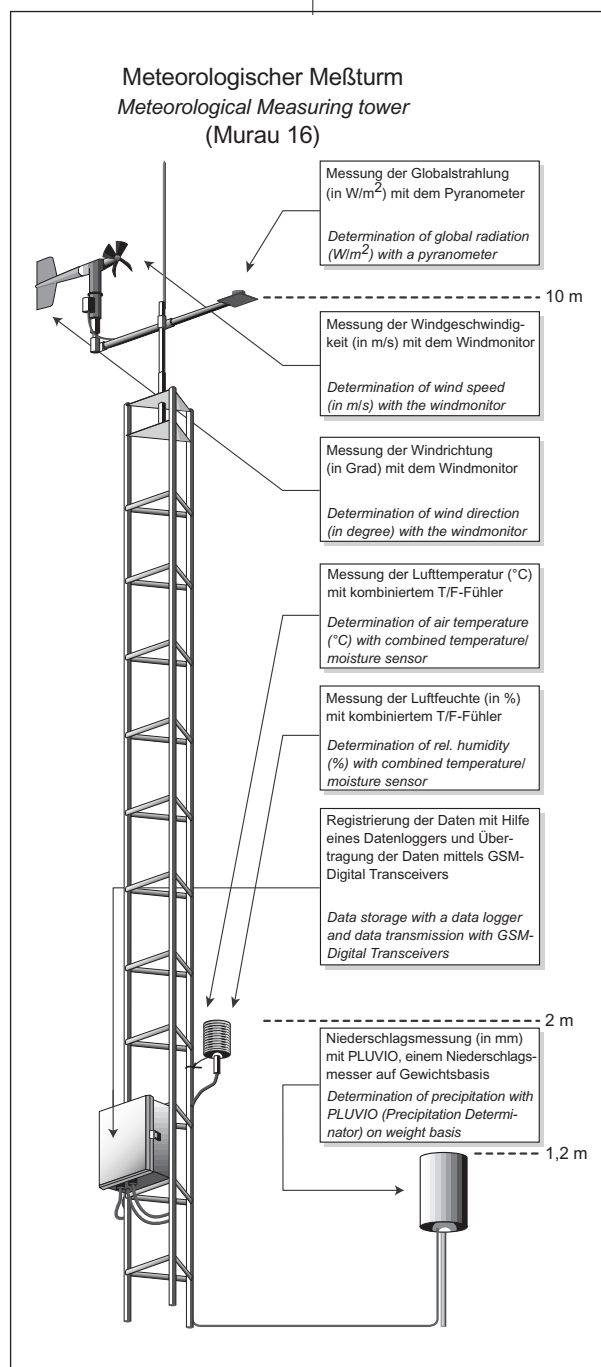
For this reason, in the course of 1997 (after the end of a testing phase of several years) also meteorological measurements were prescribed for the intensive monitoring plots.

The determination of the following meteorological parameters is obligatory:

- ▶ Precipitation
- ▶ Air temperature
- ▶ Relative air moisture
- ▶ Wind speed
- ▶ Wind direction and
- ▶ Global radiation

It is recommended to record the following additional factors:

- ▶ UV-b radiation
- ▶ Soil temperature
- ▶ Soil moisture (matrix potential, water content)
- ▶ Stand precipitation (throughfall and stem flow)



Die verwendeten Sensoren und deren Aufstellung sollten Empfehlungen der WMO (World Meteorological Organisation) folgen und mit denen der nationalen Wetterdienste kompatibel sein.

Eine Erfassung der meteorologischen Parameter auf allen Flächen wäre zwar fachlich interessant, ist jedoch weder vom Aufwand der Anschaffung noch der Betreuung realistisch. Es mußte daher eine Auswahl von zwei in Frage kommenden Flächen getroffen werden. Zunächst wurden die Level II Flächen bestimmt, die von den Meßnetzen der meteorologischen Dienste (Zentralanstalt, Hydrographischer Dienst) nicht gut abgedeckt werden. Dann wurden die beiden Flächen nach weiteren Kriterien (z.B. bereits vor Ort laufende oder geplante Untersuchungen) endgültig festgelegt. Die Wahl fiel auf die Flächen Murau (16) und Klausen-Leopoldsdorf (09) (siehe Karte).

Die Sensoren für Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Globalstrahlung wurden in 10 Meter Höhe angebracht. Die Messung der Temperatur und der relativen Luftfeuchte erfolgt in der Normhöhe von 2 Meter mit einem kombinierten Temperatur-Feuchtefühler. Für die Registrierung des Niederschlags in 1,2 Meter Höhe wurden für die beiden Stationen unterschiedliche Sensoren gewählt. Wegen der alpinen Höhenlage der Station in Murau wurde ein spezieller Niederschlagssensor verwendet, der den Niederschlag über das Gewicht bestimmt und dadurch ohne Heizung auskommt. In Klausen-Leopoldsdorf wurde hingegen ein normaler Niederschlagssensor auf Wippenprinzip installiert.

Die Installation der Meßtürme auf nahegelegenen Freiflächen erfolgte im Sommer 1998. Bei beiden Wetterstationen wird alle 20 Sekunden eine Messung der oben angeführten Parameter durchgeführt. Alle 15 Minuten werden dann statistische Kennwerte dieser Messungen (wie Mittelwert, Summen etc.) abgespeichert. Die Klimadaten werden von einem Datenlogger gesammelt und periodisch über das Mobilfunknetz der Telekom nach Wien übertragen.

In den Abbildungen zu den beiden Flächen (⇒ 'METEOROLOGIE') sind die Wochenmittel der Temperatur im Vergleich zum langjährigen Mittel der nächstgelegenen Station (Stolzalpe für Murau und Alland für Klausen-Leopoldsdorf) dargestellt, weiters die wöchentliche Niederschlagsmenge, die Strahlung und die Windverteilung.

*The sensors to be used and their installation should be in accordance with the recommendations of the WMO (World Meteorological Organisation) and be compatible to those of the national weather forecasting services.*

*It would have been interesting from the scientific point of view to measure meteorological parameters on all sites but this would have required too much input both from the financial and technical point of view. Therefore, it was necessary to make a selection of two plots. As a first step, the Level II plots were determined which were not covered well by the grids of the meteorological services (Zentralanstalt, Hydrographischer Dienst). Finally, both sites were selected using other criteria (eg. on-going or planned investigations on the spot). As a consequence, the plots Murau (16) and Klausen-Leopoldsdorf (09) were selected (see map).*

*The sensors for wind speed, wind direction and global radiation were installed at a height of 10 meters. The measurement of temperature and relative air moisture is carried out at the standard height of 2 meters using a combined temperature-moisture sensor. In order to register the precipitation at a height of 1,2 meter, different sensors were chosen for both stations. Because of the alpine situation of the station near Murau, a special precipitation sensor was used which determines the precipitation over the weight, where therefore no heating was necessary. However, near Klausen-Leopoldsdorf a precipitation sensor with a tipping bucket was installed.*

*The measuring towers were installed in the surrounding open field in summer 1998. At the weather station the above mentioned parameters are measured every 20 second. Statistical indicators of these measurements (such as mean values, sums, etc.) are saved. The climate data are registered by a data logger and transmitted periodically via telecom mobile net to Vienna.*

*The figures referring to the two plots (⇒ 'METEOROLOGIE') show the weekly average of the temperature compared to the long term annual average of the closest station (Stolzalpe for Murau and Alland for Klausen-Leopoldsdorf), as well as the weekly quantity of precipitation, radiation and wind distribution.*