# Zustand der Tiroler Wälder

鄉

Bericht an den Tiroler Landtag 1987

# Zustand der Tiroler Wälder

Untersuchungen über die Immissionsbelastung und den Waldzustand in Tirol

Bericht für das Jahr 1986

#### ZUSTAND DER TIROLER WÄLDER

Herausgegeben als Bericht an den Tiroler Landtag 1987. Amt der Tiroler Landesregierung, Landesforstdirektion, Bürgerstraße 36, A-6010 Innsbruck.

## Am Bericht haben mitgearbeitet:

Brenner Günther (13); Gassebner Helmut (4, 16, 19); Kammerlander Hubert (13); Kuen Herbert (23); Lesink Werner (6); Moling Michael (11); Müller Gerhard (12, 17); Pack Ida (2, 12); Perle Arthur (14, 20); Rieder Hubert (21); Scheiring Herbert (Zusammenfassung, 13); Schroll Hans-Peter (8, 12); Sprenger Eugen (9, 10); Stöhr Dieter (3, 7); Walch Josef (5, 8,15); Weber Andreas (1, 3, 22.1); Winkler Peter (13);

Kap. 18: Bortenschlager S., Schwarzer Ch. - Universität Innsbruck, Institut für Botanik; Kap. 22.2: Neuwinger I. - Forstliche Bundesversuchsanstalt Innsbruck.

Druck: Eigendruck im Landhaus, Innsbruck
Farbdruck: Schülerarbeiten der Landesberufsschule St. Nikolaus,
Innstraße 36, 6020 Innsbruck

# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
VORWORT	
ZUSTAND DER TIROLER WÄLDER - ZUSAMMENFASSUNG	1
12-PUNKTE-PROGRAMM ZUR WALDRETTUNG	9
TEILBERICHTE	
1. Stickoxid-Emissionen in Tirol	15
2. SO2-Ferntransport nach Tirol	17
3. Schadstoffeintrag durch masse Deposition in Tirol	27
4. Die radioaktive Belastung der Tiroler Wälder nach Tschernobyl	36
5. Die Waldzustandsinventur 1986, Schadens- entwicklung seit 1984	53
6. Nadelanalysen auf Schwefel - Ergebnisse des Bioindikatornetzes	63
7. Stand der Waldbodenuntersuchung in Tirol	67
8. Waldschäden in den Nachbarländern	71
9. Stand der Verfahren gegen forstschädliche Luftverunreinigungen	75
10. Das Beispiel Hoffnung - Magnesitwerk Hochfilzen	86
11. Das gute Beispiel - Ziegelwerk Hopfgarten	92

12.	Waldzustand u. Immissionssituation - Bezirksergebnisse:	95
	Bezirk Reutte	. 99
	Bezirke Landeck und Imst	103
	Bezirke Innsbruck-Land und Innsbruck-Stadt	110
	Bezirk Schwaz	132
	Bezirke Kufstein und Kitzbühel	139
	Bezirk Lienz	162
13.	Über Probleme in Tiroler Schutzwäldern sowie über	
	bisherige und künftig erforderliche Sanierungs-	
	maßnahmen	166
14.	Wildschadenserhebung - Fünf Jahre Traktaufnahme	
	Achenkirch	176
	Entwicklung der Schalenwildabschüsse in Tirol	180
15.	Die Waldschadensaufnahme Tienzens als Beispiel für	
	eine lokale Waldzustandserhebung	181
16.	Schäden an Latschenbeständen	185
17.	Waldschäden durch Salzstreuung	190
18.	Flechtenkartierungen im Raum Brixlegg 1975/1986	199
19.	Schwermetallgehalte von Fichtenrinden als Indikator	
	für Umweltbelastungen	203
20.	Die Schwermetallbelastung bei Wildtieren	209
21.	Energie aus Holz - ein Beitrag zur Umweltentlastung	
	und zur Verbesserung der Handelsbilanz	213
22.	Trockenheit als Ursache der neuartigen Waldschäden?	215
23.	Die Tätiskeit des Landschaftsdienstes im Jahre 1986	210

ANHANG: Waldbilder

225

Für wissenschaftliche Beratung, Durchführung von Messungen, Analysen und EDV-Auswertungen danken wir folgenden Damen und Herren:

Universität Innsbruck, Institut für Radiochemie:

P. BRUNNER, R. RACHLE

Universität Innsbruck, Institut für Botanik:

S. BORTENSCHLAGER, CH. SCHWARZER

Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Forstökologie:

G. GLATZL, M. SIEGHARD

Technische Universität Wien, Institut für analytische Chemie:

H. PUXBAUM, V. KASENSKY

Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien:

T. CECH, F. GLATTES, M. NEUMANN, J. POLLANSCHÜTZ, K. STEFAN

Außenstelle für subalpine Waldforschung, Innsbruck:

M. HAVRANEK, I. NEUWINGER, H.M. SCHIECHTL, R. STERN

Wetterdienststelle Innsbruck:

K. GABL

Landwirtschaftlich-chemische Untersuchungsstelle Rotholz:

U. PALLASSER, M. PALFRADER

Forschungsinstitut für Wildtierkunde, Wien:

F. TATARUCH

Umweltbundesamt Wien:

J. HACKL, K. ZIRM

Bayerische Forstliche Versuchsanstalt München:

H. TRÄNKNER

Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Ic:

H. KNOFLACH, F. SINT

Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung VIa - EDV:

J. SCHÖNEGGER, K. ZOLLNER

Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. VIc, Hydrographischer Dienst:

W. GATTERMAYR

#### VORWORT

Die Tiroler Landesregierung legt auch heuer wieder der Öffentlichkeit einen umfangreichen Bericht über den Zustand der Tiroler Wälder vor. Dabei werden alle verfügbaren Informationen aus der Waldzustandsinventur 1986, aus den Bioindikatorennetzen und aus den umfangreichen Immissionsmessungen des Landes zu einer Gesamtanalyse
zusammengefaßt. Damit wird auch dem Forstgesetz 1975 Rechnung getragen, das neben dem Nachweis von Waldschäden auch den Nachweis von
Grenzwertüberschreitungen verlangt.

Vor allem die detaillierte Besprechung der Situation in den einzelnen Landesteilen soll neben Information auch Arbeitsgrundlage zur Umweltentlastung sein. Umweltschutz ist nicht die Aufgabe einiger weniger, sondern die Aufgabe aller. Jeder Einzelne kann dabei seinen Beitrag für eine lebenswerte Heimat durch einen schonenden Umgang mit der Umwelt leisten.

Seit 1984 hat sich das Ausmaß der Waldschäden beträchtlich vergrößert, einzelne Bezirke Tirols sind dabei besonders stark betroffen. Die Erneuerung solcher geschädigter Waldbestände - vor allem, wenn diese hohe Schutzfunktionen zu erfüllen haben - erlangt damit besondere Priorität.

Die Verringerung der Luftschadstoffbelastung ist nicht nur Voraussetzung für die Erhaltung gesunder Waldbestände sondern ebenso Voraussetzung für die Sicherung der Lebensqualität in unserem Land. Dabei soll der bisher erfolgreiche Weg der Schadstoffreduktion beim Schwefeldioxid konsequent fortgesetzt werden. Die Stickoxide, die zu einem weit überwiegenden Teil aus dem Transitverkehr kommen, müssen durch ein ganzes Maßnahmenbündel auf ein erträgliches Ausmaß reduziert werden. Dies wird eine zentrale umweltpolitische Aufgabe der nächsten Jahre werden!

- Munuy

Landesrat Ing. Hermann Ennemoser

### ZUSTAND DER TIROLER WÄLDER - ZUSAMMENFASSUNG

MIT DER WALDZUSTANDSINVENTUR 1986 liegen nun drei aufeinanderfolgende Jahresergebnisse vor, die nicht nur den Gesundheitszustand des Tiroler Waldes aufzeigen, sondern auch eine vorsichtige Trendbeurteilung erlauben. Diese Trendabschätzung ist deshalb zulässig, weil diese drei Jahresergebnisse eine lineare Entwicklung anzeigen:

Detailergelnisse der Zustandsinventur 1986 Linden Sie im Kapitel 5. 1984 waren 30 % der Probestämme geschädigt, 1985 waren es 34 % und 1986 sind es nun 38 %. Hält dieser Trend an, dann sind 1989 die Hälfte der Bäume in Tirol nicht mehr gesund.

Das System der österreichischen Waldzustandsinventur beurteilt die Baumschäden nach dem "Verlichtungsgrad", d.h. nach dem Ausmaß des Nadelverlustes. Die Wissenschaft ist sich darüber einig, daß es sich dabei bereits um eine akute Schädigung des Baumes handelt, der aber durchaus eine mehr oder weniger lange latente Schädigung vorausgehen kann, die sich noch nicht durch einen Nadelverlust äußert.

#### DIE FOLGEN FÜR UNSER LAND:

Blätter bzw. Nadeln sind für Bäume lebenswichtig, sie haben für die Funktionsfähigkeit eines Waldes eine ganz besondere Bedeutung:

Über Blätter und Nadeln verdunstet der Baum jenes Wasser, das er aus dem Boden entnimmt. Auf diese Weise kann der Boden – ähnlich wie ein Schwamm – Niederschläge während der Vegetationszeit immer wieder aufnehmen und dadurch die Hochwassergefahr einschränken. Je mehr Nadeln ein Baum besitzt, umso mehr Wasser wird verdunstet und umso rascher wird die Rückhaltefähigkeit des Waldbodens gegenüber Niederschlägen wiederum hergestellt. Wälder mit ständig zunehmender Kronenverlichtung können daher ihre

Schutzfunktion gegenüber Hochwassergefahren immer weniger erfüllen.

Im wintergrünen Nodelwald bleibt ein wesentlicher Teil des Schneefalles in den Baumkronen liegen und fällt nicht unverzüglich auf den Boden. Durch die Umwandlung der Schneekristalle wird auf diese Weise die gefürchtete Schwimmschneebildung im Wald weitgehend unterbunden, die im Freiland vielfach Anlaß für Lawinenabgänge ist. Je stärker der Verlichtungsgrad unserer Wälder ist, umso weniger können diese ihre Schutzfunktion gegenüber Lawinenabgängen erfüllen.

Rund 2 % der von der Waldzustandsinventur aufgenommenen Stämme waren schwer geschädigt bzw. tot. Dies weist darauf hin, daß es in unserem Land kein flächenhaftes Waldsterben, aber sehr wohl eine schleichende Bestockungsverringerung gibt, die ein übriges tut, um die Schutzfunktion des Waldes gegenüber Lawinen, Steinschlag udgl. zu schwächen.

Die Frage, ab wann nun diese fortschreitende Waldschädigung in unserem Land auch zu einem Ansteigen der Naturkatastrophen führen muß, kann nicht mit mathematischer Genauigkeit beantwortet werden. Hält jedoch der in den letzten drei Inventurperioden erkennbare Trend auch in Zukunft weiter an, dann ist mit Sicherheit spätestens in den 90er-Jahren mit einer solchen zusätzlichen Bedrohung unseres Landes zu rechnen. Die Tatsache, daß in Tirol etwa die Hälfte aller Waldbestände vorrangig Schutzfunktionen zu erfüllen hat, läßt das Ausmaß dieser Gefährdung wenigstens andeutungsweise erkennen.

In Kapitel 13 finden Sie weitere Informationen über den Schutzwald.

Neben einer direkten Schädigung der Bäume führen Schadstoffdepositionen auch zu Folgen im Boden, die sich selbstverständlich auf den Wald aber auch auf andere Bereiche, wie etwa das Trinkwasser, auswirken können.

Dis Kapitel 7 informiert Sie üßer die Problematik der Bodenschäden durch Schadstoffeintrag. Siehe auch Kapitel 20 UBer die Schwermetallbelastung bei Wildtieren. Manche über die Immission in das Ökosystem transportierten Schadstoffe werden von Wild- und Weidetieren aufgenommen und gelangen damit auch in die menschliche Nahrungskette. Damit kommt eine zusätzliche Belastungsdimension auf uns zu.

Unsere Waldschadensaufnahme für die Agrangemeinschaft Tienzens (Kapitel 15) bringt weitere Informationen. Die Folgen dieser Immissionsschäden treffen aber nicht nur die Allgemeinheit, weil Sicherheit und Lebensqualität dadurch gefährdet werden. Auch der Waldeigentümer ist durch Ertragseinbuße und Mehraufwendung unmittelbar betroffen. Und in den allermeisten Fällen kann der Schaden nicht erfolgreich geltend gemacht werden, weil die Schadstoffbelastung zu komplex ist.

#### URSACHEN UND GEGENMASSNAHMEN:

Es gilt heute als gesichert, daß Schwefel- und Stickoxide, Kohlenwasserstoffe und alle daraus resultierenden Reaktionsprodukte - vor allem die Photooxidantien - für die derzeitige flächenhafte Waldschädigung hauptverantwortlich sind. An dieser unerträglichen Belastung haben "Schadstoffimporte" nur einen geringen Anteil. Am Alpennordrand tragen solche Ferntransporte von SO2 zur Waldschädigung spürbar bei, in den inneralpinen Lagen Tirols sind sie aber seltene Ereignisse, die nur unwesentlich zur Belastung beitragen. Hausbrand, Gewerbe, Industrie und eine gigantische Verkehrsbelastung verursachen gemeinsam die "hausgemachte" Belastung.

Wen den SO,-Ferntransport nach Tinol.

Siehe auch Kapitel 2

Die Erhaltung der für ein Gebirgsland lebenswichtigen Waldbestände kann nur durch eine rasche und ausreichende Umweltentlastung sichergestellt werden. Spätestens bis zum Ende der 90er-Jahre müssen die Hauptschadstoffe auf 10 % ihres seinerzeitigen Höchststandes reduziert sein. An welcher Stelle dieses mühsamen, kostenintensiven, aber lebensnotwendigen Weges stehen wir derzeit?

Detailergebnisse siehe Kapitel 12,

> Bei der Schwefeldioxidbelastung hat Tirol, ähnlich wie andere Länder, beachtliche Erfolge nachzuwei-

Iller den Stand der Forstverfahren.

sen. So ist der Jahresmittelwert der SO2-Belastung Siehe auch Kapitel 9 im Stadtzentrum Innsbruck von 1976 bis 1986 auf nahezu ein Drittel reduziert worden. Ahnliche, wenn auch nicht so weitreichende Reduktionen gibt es auch in anderen Regionen des Unterinntals. In der Verordnung der Tiroler Landesregierung v.20.12.1977 (LGB1.Nr. 5/78)) war die Zone III als Übergangslösung bis zur dringend notwendigen Entlastung vorgesehen. Diese Zone III könnte nach den bisherigen Reduktionserfolgen aufgelassen werden! Gleichzeitig aber lassen die SO2-Messungen erkennen, daß diese positive Entwicklung ab 1984 deutlich langsamer verläuft: Die ersten Erfolge waren relativ leicht erzielbar, die nächsten setzen nun neue Alternativen voraus:

- Ohne Erdgasanschluß, zumindest für den Raum Kuf- Gegenwchnahmen! stein - Innsbruck, wird auch bei der SO2-Belastung der bisher erfolgreiche Reduktionsweg nicht mit der für den Wald und die Menschen notwendigen Konsequenz fortgesetzt werden können. Damit sich Umweltschutz - in diesem Fall SO2-Reduktion - für die Betriebe auch marktwirtschaftlich lohnt, soll auf das in der öffentlichen Diskussion bereits mehrfach geschilderte Instrument einer Schwefelabgabe hingewiesen werden: Schwefelreiche Brennstoffe sind betriebswirtschaftlich billig, volkswirtschaftlich aber teuer (weil wir alle für die Folgekosten aufkommen müssen), daher sieht dieses Modell eine finanzielle Abgabe je nach Schwefelanteil im Brennstoff vor. Damit werden umweltfreundliche Brennstoffe, wie etwa Gas, aber auch Holz, gegenüber schwefelreichen Brennstoffen voll konkurrenzfähig. Die Einnahmen aus dieser Schwefelabgabe müssen aber vollständig für die Finanzierung von Umstellungsinvestitionen bzw. für die Errichtung von Rauchgasreinigungsanlagen den Betrieben zur Verfügung gestellt werden.

Der Einbau von Rauchgasreinigungsanlagen ist eine Gegenwafnahmen!

erfolgreiche Möglichkeit zur Verringerung der Luftschadstoffbelastung. Auch dabei könnte eine Schwefelabgabe die Sanierung von Altanlagen beschleunigen, weil diese Abgabe nach Maßgabe des Anlagenwirkungsgrades an den Betreiber zurückgezahlt wird.

Im Hausbrandbereich - der in Tirol eine bedeutsame Rolle spielt - gibt es zwei Möglichkeiten, um die SO2-Belastung zu reduzieren:

- Verringerung des Schwefelanteils im Heizöl extra leicht auf 0,15 % (derzeit 0,3 %).

- Energiesparen. Für die Bereitstellung der Raumwärme wird mehr als die Hälfte des privaten Energieverbrauches aufgewendet. Eine effizientere Verwendung der Raumwärme durch bessere Wärmedämmung, bessere Heiz- und Regelungstechnik kann ohne Komfortverlust beträchtliche Brennstoffmengen und damit beträchtliche Emissionsmengen einsparen helfen. Energiesparen ist daher eine wirksame Möglichkeit der Emissionsverminderung.

So erfolgreich die ersten Reduktionsschritte bei der SO2-Entlastung waren, so erfolglos war der Weg bei Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen. Ungefähr 87 % der gesamten NOx-Belastung in Tirol kommen aus dem Verkehr. Das ist ein Höchstwert, der von kaum einem anderen Land erreicht wird. Auch aus der nach 11 Jahren wiederholten Flechtenkartierung im Raum Brixlegg kann der Einfluß der Verkehrsbelastung nachgewiesen werden. Vorrangiges Ziel der Entlastungsstrategie müssen daher Maßnahmen im Verkehrsbereich sein, die durch Maßnahmen bei einzelnen industriellen NOx-Emittenten zu ergänzen sind.

Konkrete Möglichkeiten zur Reduktion im Verkehrsbereich gibt es genug:

- Stärkere Differenzierung der Kraftfahrzeugsteuer

Gegenmaßnahmen!

Details über Emissionen aus dem Verkehrsbereich in Kapitel 1.

Siehe auch Kapitel 18 (Flechtenkartierung).

Gegenmaßnahmen!

zwischen Kat- und Nicht-Kat-Fahrzeugen, um den Wechsel zu schadstoffarmen Fahrzeugen zu beschleunigen.

- Nachrüstkatalysator für jene Fahrzeuge, die motorseitig dazu geeignet sind. Etwa 1/3 des Altfahrzeugbestandes könnte theoretisch damit ausgerüstet werden. Diese Nachrüstkatalysatoren sind Katalysatoren ohne LAMBDA-Sonde, die nur eine Schadstoffreduktion um etwa 50 % bewirken. Trotzdem ist auch dies ein weiterer Schritt zur Entlastung.

Gegenmaßnahmen!

- Ordnungspolitische Maßnahmen im Verkehrsbereich, wie z.B. eine strengere Geschwindigkeitsbeschränkung und -kontrolle (der bundesdeutsche Großversuch zum Tempo 100 ergab eine Reduktion der verkehrsbedingten NOx-Emission um 10,4 % bei einer Befolgungsrate von ca. 30 %).

Gegennaßnahmen!

Der Tempolimitversuch 1985/86 in Vorarlberg brachte bei NOx Reduktionen um ca. 13 %. Rechnet man die Ergebnisse des Vorarlberger Tempolimitversuches auf das gesamte österreichische Autobahnnetz um, dann ergeben sich folgende Schadstoffreduktionen (angenommene Befolgungsrate bei PKW 80 %, bei LKW 30 %):

Kohlenmonoxid (CO): -28% oder 28.000 t jährlich Stickoxide (NOx): -19% oder 7.700 t jährlich Schwefeldioxid (SO2):- 9% oder 110 t jährlich Blei (Pb): -15% oder 10 t jährlich Kraftstoffverbrauch: -15% oder 106.000 t jährlich (Quelle: "Tempo 100" Ziviltechnikerbüro ROSNAK u. STICKLER)

Gegenmaßnahmen!

- Im Bereich der Motor- und Fahrzeugkonstruktion gibt es heute schon sehr konkrete Möglichkeiten, um die Emissionen von Diesellastkraftwagen zu verringern. Solche Maßnahmen sind deshalb besonders notwendig, weil aus diesem Bereich rund die Hälfte der verkehrsbedingten Schadstoffbelastung herrührt. Im "Zustand der Tiroler Wälder 1986" sind technische Möglichkeiten der Schadstoffverminderung bei Lastkraftwagen (Seite 6) angeführt.

- Der wichtigste Beitrag zur Verminderung der aus dem Schwerverkehr herrührenden Schadstoffbelastungen ist aber durch eine umweltkonforme Verkehrsverlagerung auf die Schiene zu erreichen.

Gegenmußnahmen!

Die bisherigen drei Inventurergebnisse zeigen eine bedrohliche Entwicklung der Waldschäden, die schon in wenigen Jahren zu einer Erhöhung des Katastrophenrisikos in unserem Land führen wird. Diese auf der Basis konkreter Fakten erfolgte Beurteilung darf aber nicht zur Resignation führen! Die zur Siehe auch "Das gute Bei- Walderhaltung notwendigen Maßnahmen sind technisch machbar und finanziell verkraftbar, sie müssen allerdings wesentlich rascher und konsequenter als bisher von der Politik vorgegeben werden.

spiel", Kapitel 10 und 11.

> Die Landespolitik muß sich dort, wo die Maßnahmenkompetenz beim Bund liegt, zum Sprecher des Landes machen, weil Tirol von einer Waldschädigung ganz besonders schwer getroffen wird.

> Ein Teil der für die Sicherheit wichtigen Schutzwaldbestände ist aber heute schon derart geschädigt, daß er mit Umweltentlastung allein nicht funktionsfähig bleiben kann. In diesen Beständen müssen rasche Verjüngungsmaßnahmen eingeleitet werden, damit das Sicherheitsrisiko möglichst klein bleibt. Diese Waldsanierungsmaßnahmen sind im engsten Einvernehmen mit dem Waldeigentümer, aber mit hohem öffentlichen Mitteleinsatz durchzuführen. Die seit 15 Jahren in Tirol durchgeführte Schutzwaldsanierung reicht dazu in keiner Weise aus!

> Damit diese öffentlichen Mittel erfolgreich und ökonomisch eingesetzt werden können, müssen die Verjüngungshindernisse in diesen Waldbeständen bestmöglich und rasch ausgeräumt werden.

> Waldgefährdende Wildschäden sind in manchen Gebie-

ten ein ernstes Verjüngungshindernis, Behörden und Jagdausübungsberechtigte sind aufgerufen, so rasch als möglich Abhilfe zu schaffen.

Dort, wo intensive Waldweide die Verjüngung verhindert, müssen Lösungen gefunden werden, welche die Existenz dieser bergbäuerlichen Betriebe nicht weiter gefährden. Im Rahmen einer agrarpolitischen Lösung des landwirtschaftlichen Überschußproblems soll auf eine Entschärfung der Waldweide bedacht genommen werden.

In Tirol häufen sich die Klagen über Verjüngungsschäden vor allem durch ausufernde Pistenskiläufer, die sich neben den ausgewiesenen Abfahrtsstrecken in Verjüngungsflächen ihre persönlichen Varianten suchen.

Die Verjüngung von funktionslos werdenden Altbeständen mit hoher Schutzfunktion ist ein Wettlauf mit der Zeit, der nur gewonnen werden kann, wenn unverzüglich die notwendigen Mittel bereitgestellt werden. Mit dem Beginn dieser Verjüngungsarbeit darf nicht zugewartet werden, bis die Immissionen ein für den Wald erträgliches Ausmaß erreicht haben – Jungwälder leiden in den ersten Altersklassen nachweislich weniger unter Luftbelastung. Ohne Beseitigung der aufgezeigten Verjüngungshindernisse aber ist der Beginn dieser Arbeit und der damit verbundene Einsatz öffentlicher Mittel nicht zu rechtfertigen – es gilt also besonders rasch zu handeln!

#### 12-PUNKTE-PROGRAMM ZUR WALDRETTUNG

(Beschluß der Landesagrarreferenten-Konferenz vom 27.2.1987)

Im Arbeitsübereinkommen zwischen ÖVP und SPÖ über die Bildung einer gemeinsamen Bundesregierung für die Dauer der XVII. Gesetzgebungsperiode des Nationalrates ist ein Großteil der Forderungen des 12-Punkte-Programmes konkret mit kurzfristigen Zeithorizonten für die Erledigung enthalten.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich aus dem gegenwärtigen Stand folgende Prioritäten:

- Komplettierung und Beschleunigung der Maßnahmen zur Reduktion von KFZ-Emissionen
- 2) Anlagenbezogenes Luftreinhalterecht
- 3) Immissionsschutzvereinbarung
- 4) Heizöl-Entschwefelung
- 5) Umweltfonds

Weiter Schwerpunkte im 12-Punkte-Programm:

- Reduktion der Hausbrandemissionen Fernwärme, Biomasse
- Energiesparen
- Wirksame Verträge gegen grenzüberschreitende Luftverunreinigungen
- 1) Komplettierung und Beschleunigung der Maßnahmen zur Reduktion von KFZ-Emissionen:

Nach der derzeitigen gesetzlichen Situation und den weitergehenden Aussagen von Mitgliedern der Bundesregierung kann davon ausgegangen werden, daß ab 1.10.1987 PKW und Kombis (ab 1.1.1988 <u>ausnahmslos</u>) nur mehr zugelassen werden, wenn sie den strengen Abgasvorschriften entsprechen (Katalysator oder Dieselmotor).

Offen sind noch folgende Fragen - Forderungen:

- a) Rasche Einbeziehung des Altwagenbestandes, der mit Katalysatoren nachgerüstet (bleifrei betrieben) werden kann Termin: 31.12.1990, ab dann kein "grünes Pickerl". Laut ÖAMTC, November 1986, sind 730.000 Altfahrzeuge (30 % des PKW-Bestandes) für die Katalysatornachrüstung geeignet, für sie werden in der BRD Nachrüstkatalysatoren werkseitig angeboten.
- b) Begrenzung der Verkehrszulassung für jenen Teil des Altbestandes, der nicht nachgerüstet wird
   Termin: 31.12.1993.
   Bis dahin Pflicht zur besonderen Kennzeichnung (Beispiel: "Spikes-Pickerl") Tempolimit 80/100, Fahrverbot bei Smogalarm.
- c) Einbeziehung von Benzin-LKW, Geländefahrzeugen und Motorrädern mit 4-Takt-Motor Zeithorizont: 1987. Entsprechende Regelungen für Neuzulassungen und Altbestand.
- d) Strenge Abgasbestimmungen (Katalysator) für Mopeds. Zeithorizont: 1987. Entsprechende Regelungen für Neuzulassungen und Altbestand.
- e) Verkehrspolitische Maßnahmen Ausbau und Erhöhung der Attraktivität des öffentlichen Verkehrs (Ballungszentren und Güterferntransport, Transitverkehr).

# Voraussetzungen zur effizienten Realisierung:

- Treibstoffverbesserung
  Unbedenkliche Antiklopfmittel Biosprit
  Flächendeckendes Angebot von unverbleitem Superbenzin
- Strenge Qualitätsnormen für Kraftstoffe Kontrolle auch an Tankstellen (Bleifreiheit)
- Verbesserung der Abgasprüfungen
   Sowohl bei Typisierung als auch bei laufendem Betrieb,
   Nachkontrolle
- Entbürokratisierung
   Typisierung von Nachrüstkatalysatoren keine Einzeltypisierung
   mehr, Erleichterung des Eigenimports von Katalysatoren und abgasarmen Fahrzeugen

Es ist zu prüfen, ob diese dem Verursacherprinzip entsprechenden Maßnahmen durch gezielte finanzielle Förderungen und/oder steuer-liche (KFZ-Steuer, MWSt.) erleichtert werden können.

#### 2) Anlagenbezogenes Luftreinhalterecht

Im Arbeitsübereinkommen der Bundesregierung sind folgende legistische Vorhaben jeweils mit Zeithorizont 1987 enthalten:

- (Vorbereitetes) Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen (LRG-K) und Durchführungsverordnung
- (in Begutachtung befindliche) Novelle zum Betriebsanlagenrecht der Gewerbeordnung analog zum LRG-K
- Harmonisierung der bergrechtlichen anlagenbezogenen Bestimmungen mit der GewO

Weitere Maßnahmen betreffen Verordnungen nach der GewO bzw. dem Chemikaliengesetz:

- Beschränkung der Verwendung von Chlorfluorkohlenwasserstoffen
- Hausbrand: Qualitätsanforderungen für Brennstoffe (Schwefel, Asche) und Feuerungsanlagen (Typenprüfung)

Diese Vorhaben sind aus Sicht des 12-Punkte-Programmes sehr zu begrüßen, doch ist vorzusorgen, daß sie auch im Detail (z.B. Altanlagenregelungen) den für die Walderhaltung notwendigen Standard aufweisen und daß trotz dafür voraussichtlich noch notwendiger Verhandlungen der vorgegebene Zeithorizont 1987 eingehalten wird.

Dazu bleiben die bisher im 12-Punkte-Programm erhobenen Forderungen voll aufrecht, insbes.:

- o Gewerbeordnung:
- Emissionsbegrenzung nach dem Stand der Technik als Genehmigungsvoraussetzung
- Genehmigung nur, wenn nachteilige Einwirkungen auf Boden und Pflanzen auszuschließen sind
- Nötigenfalls nachträgliche Anordnungen
- Anpassung innerhalb knapper Fristen an jeweiligen Stand der Technik

- Altanlagen müssen innerhalb einer knappen Umstellungszeit den Bestimmungen für Neuanlagen entsprechen
- Rasche Erlassung von Verordnungen über das zulässige Ausmaß der Emissionen mit komplettem Schadstoffkatalog
- o Luftreinhalterecht für Kesselanlagen (LRG-K):
- Anpassung innerhalb knapper Frist an jeweiligen Stand der Technik
- Verschärfte Bestimmungen für Altanlagen
- Verordnung mit verschärften Emissionsgrenzwerten und komplettiertem Schadstoffkatalog

Im Arbeitsübereinkommen der Bundesregierung heißt es weiters, daß über die kurz- bzw. mittelfristig zu realisierenden Maßnahmen hinaus eine umfassende Zuständigkeit des Bundes zur Luftreinhaltung und auf dieser Grundlage ein umfassendes anlagenbezogenes Luftreinhaltegesetz angestrebt wird.

Bei Verwirklichung dieser Konzentration der anlagenbezogenen Emissionsbestimmungen wird jedenfalls davon auszugehen sein, daß die für den Waldschutz jeweils günstigste Bestimmung zur Emissionsminderung aus dem geltenden Rechtsbestand des Bundes und der Länder übernommen wird.

#### 3) Immissionsschutzvereinbarung

In der Landeshauptmännerkonferenz am 22. Jänner 1987 hat man sich für eine baldige Unterzeichnung der auf Beamtenebene akkordierten Immissionsschutzvereinbarung und der Nebenabrede ausgesprochen. Diese Vereinbarung betrifft

- a) die Festlegung von Immissionsgrenzwerten, bei deren Überschreiten Sofortmaßnahmen erforderlich werden (Smogalarm) und im Sinne der B-VG-Novelle 1983 in die Kompetenz des Bundes fallen sowie, damit es gar nicht soweit kommen muß,
- b) jene Immissionsgrenzwerte, die ab dem 1. Jänner 1991 im gesamten Bundesgebiet nicht überschritten werden sollen, wozu in der Nebenabrede geeignete Maßnahmen des Bundes und der Länder angeführt werden, die Maßnahmen zur Emissionsminderung im jeweiligen Kompetenzbereich betreffen.

Aus dem Zusammenhang wird klar, daß auch die Grenzwerte nach Punkt b) dem vorbeugenden Immissionsschutz nach humanmedizinischen Kriterien dienen sollen. Der z.B. für SO2 vorgesehene Grenzwert ist 2-3mal so hoch wie die forstkonformen Grenzwerte.

Im Text der Immissionsschutzvereinbarung findet sich allerdings kein Hinweis darauf, daß die forstkonformen Immissionsgrenzwerte (Bund: 2. VO gegen forstschädliche Luftverunreinigungen; Länder: Luftreinhaltegesetze bzw. VO in NÖ., OÖ., Stmk. und T) und die durch deren Überschreitung auszulösenden Immissionsschutzmaßnahmen (Waldschutz) unberührt bleiben.

Es wäre daher zumindest sicherzustellen, daß die Immissionsschutzvereinbarung und das durch sie verfassungsrechtlich ermöglichte Bundes-Immissionsschutzgesetz in ihrem Geltungsbereich auf humanmedizinische Gesichtspunkte des Smogalarms beschränkt bleiben oder besser, wie im 12-Punkte-Programm seit jeher gefordert, ausdrücklich
und durch Anführung entsprechender forstkonformer Immissionsgrenzwerte auch die Belange des Waldschutzes mit abdecken.

Die in der "Nebenanrede" angeführten emissionsmindernden Maßnahmen müssen jedenfalls so gefaßt werden, daß sie nicht nur den Schutz der menschlichen Gesundheit, sondern auch den Schutz des Waldes gewährleisten.

#### 4) Heizöl-Entschwefelung

Die Forderung, den Schwefelgehalt von Heizöl schwer von 2 % auf generell 1 % zu senken, zumindest aber den bisherigen Auslieferungs-anteil mit 1 % Schwefel wesentlich zu erhöhen und preislich zu begünstigen, ist nach wie vor offen.

Die ÖMV hat im Juni 1986 der damaligen Bundesregierung zugesagt, bis 1.12.1988 den Schwefelgehalt von Heizöl extraleicht von derzeit 0,3 % auf 0,2 % und von Heizöl leicht von derzeit 0,3 % bis 0,5 % auf generell 0,3 % zu senken. Der zulässige Schwefelgehalt von Heizöl mittel wurde kürzlich von 1 % auf 0,6 % gesenkt.

Trotz der bisherigen Erfolge bei der Reduktion der Schwefelemissionen muß die Heizölentschwefelung weiter vorangebracht werden, weil für viele Bereich der mittelständischen Wirtschaft und der Raumheizung andere emissionsmindernde Maßnahmen nur beschränkt zum Tragen kommen können.

#### 5) Umweltfonds

Trotz Vorrang des Verursacherprinzips kommt der Förderung durch den Umweltfonds besondere Bedeutung zu, weil sie bewirkt, daß emissionsmindernde Maßnahmen von Industrie und Gewerbe rascher und zumeist tiefgreifender durchgeführt werden als auf Grund der gesetzlichen Bestimmungen verwaltungsmäßig durchgesetzt werden könnte. In vielen Fällen sind die geförderten Projekte auch gesamtvirtschaftlich sinnvoller (Umstellung auf modernste Verfahren).

Zur Zeit ist die Finanzierung des Umweltfonds offen, weil seine zur Abdeckung bereits eingegangener Verpflichtungen und zur Befriedigung der bereits eingebrachten Anträge gedachten Reserven von 1,5 Mrd. Schillung zur Sanierung des Bundesbudgets herangezogen werden und eine neue Finanzierung (Begebung einer Anleihe bzw. Bundeshaftung) noch nicht sichergestellt ist.

Die Praxis wird zeigen, ob die mit der Zusammenführung von Umweltfonds und Wasserwirtschaftsfonds verbundene Komplizierung der verwaltungsmäßigen Abläufe die Effizienz beeinträchtigen wird.

Die Forderungen des 12-Punkte-Programmes bleiben voll aufrecht:

- Dotation mit mindestens 1 Mrd. Schilling jährlich,
- bei Inanspruchnahme durch die Verstaatlichte Industrie zusätzliche Dotation im erforderlichen Ausmaß.
- Abwicklung rasch, unbürokratisch und wirtschaftsnah.

#### 1. STICKOXID - EMISSIONEN IN TIROL

Stickoxide (NOx = NO + NO2) (\*) sind seit längerem als giftige Luftbeimengungen für Pflanzen, aber auch Tiere und Menschen bekannt. Darüberhinaus werden aus Stickoxiden - insbesondere bei gleichzeitigem Vorhandensein von Kohlenwasserstoffen in der Luft (KFZ-Abgase!) - durch die kurzwellige Strahlung der Sonne sogenannte Photooxidantien (hauptsächlich Ozon) gebildet, deren Schadwirkung auf die Pflanze ebenso gesichert ist.

Während sich die SO2-Immissionssituation - hauptsächlich durch die Verwendung besserer Heizölqualitäten mit geringerem Schwefelgehalt - in Tirol während der letzten Jahre gebessert hat, besteht hinsichtlich der Stickoxidbelastung ein ansteigender Trend. Wann und wie wird eine Trendumkehr dieser Schadstoffbelastung erreicht werden?

Hiezu ist die Analyse der Verursacher notwendig. Im Emittentenkataster 1978, dem u.a. die Verkehrszahlen aus den Jahren 1975/76 zugrunde gelegt sind, waren fast 70 % der gesamttirolischen NOx-Emissionen verkehrsbedingt (siehe Abb. 1).

Zur Ermittlung von aktuellen Daten der NOx-Emission wurde unsererseits eine Abschätzung der Stickoxidbelastung in Tirol aufgrund von Verkehrszählungen, infrastrukturellen Gegebenheiten sowie Heizölstatistiken und Stickoxidemissionfaktoren erarbeitet, deren Ergebnisse in Abb. 1 dargestellt sind.

Aus der Graphik stechen sofort 2 Punkte ins Auge: Zum einen haben sich die NOx-Emissionen aus dem Verkehr 1985 gegenüber 1975/76 fast verdreifacht, zum anderen sind die Stickoxidemissionen aus dem Bereich "Sonstige" (Industrie, Gewerbe u.a.) seit 1975/76 annähernd unverändert. Dadurch stieg der Relativanteil der verkehrsbedingten Stickoxidemissionen von 70 % auf 87 % im Jahr 1985!

Diese Abschätzung zeigt eindrucksvoll, wo der Hebel für eine Trendumkehr bei den NOx-Immissionen anzusetzen ist.

<sup>(\*)</sup> Unter Stickoxiden versteht man das Gemisch aus Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO2).

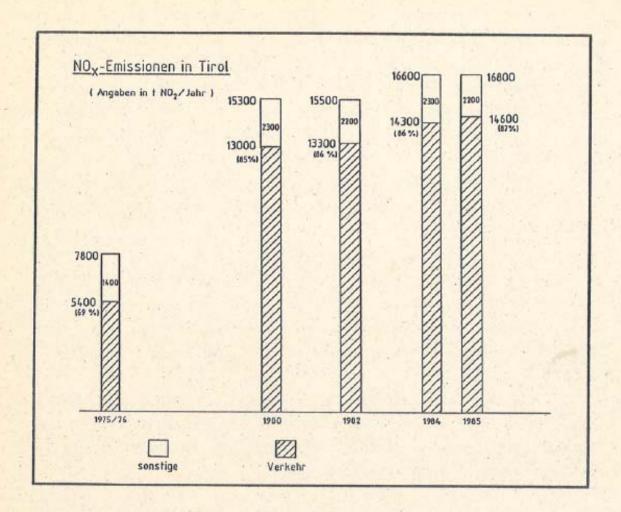


Abb. 1: Stickoxid - Emissionen in Tirol

Gerade für Tirol als durch den Straßenverkehr massiv belastetes Land, bei dem sich die Emissionen aufgrund der orographischen Gegebenheiten (Tal- und Kessellagen mit schlechter Durchlüftung) zusätzlich erschwerend auswirken, sind Reduktionsmaßnahmen besonders dringend.

#### 2. SO2-FERNTRANSPORT NACH TIROL

Insbesonders in der kalten Jahreszeit kann es zu mehr oder weniger ausgeprägten SO2-Ferntransporten aus weit entfernten Industrieballungsräumen bis nach Tirol kommen. Solche Ereignisse sind zwar allgemein sehr selten, aber im Februar 1986 kam es zu einer Häufung solcher Ereignisse. Dreimal wurden in diesem Monat solche SO2-Ferntransporte festgestellt. Das ausgeprägteste dieser Ereignisse wird im folgenden näher beschrieben:

Am 19. Februar 1986 und an den folgenden 2 Tagen erfolgte ein großräumiger Schadstofferntransport, der einerseits zu einer Graufärbung von Neuschnee führte, andererseits die SO2-Konzentrationen
weiträumig in den Staulagen der Nordalpen anhob. Die Immissionsüberwachungsstationen in Bayern, Salzburg und Oberösterreich registrierten dieses Ereignis ebenso, wie die Tiroler Immissionsüberwachungsstationen am Alpennordrand bis hin zu den Zentralalpen.

Zur Wetterlage in dieser Zeit stellt die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik fest:

"Die meteorologische Lage war durch ein von Westen nach Nordosten ziehendes Mittelmeertief gekennzeichnet, dessen Störungsfronten am 19.2.1986 zunächst von Süden her auf Österreich übergriffen. An der Rückseite eines kleinräumigen Tiefausläufers, der in der Wetterkarte vom 20.2.1986 über der CSSR zu erkennen ist, drehte die Luftströmung in allen Höhenlagen am Abend des 19.2.1986 auf Nordwest. Am Alpennordrand wurde der Schneefall durch schwachen Nordstau etwas verstärkt.

Die Trajektorien der Luftmassen zeigen durch die Verlagerung des Tiefs bedingte, stark gekrümmte Wege mit Ursprungsgebieten aus dem Grenzbereich DDR zur CSSR. Die Bahn des Luftkörpers im 850 mb (1.500 m) -Niveau führt um den Böhmerwald herum über Bayern nach Österreich."

Die schadstoffbelasteten Luftmassen wurden über Nordwesten an den Alpenrand gedrückt und gelangten hierauf, wie es bei Nordwestwetterlagen häufig zu beobachten ist, über das Inntal aufwärts von Osten nach Innsbruck. Während der 2. Hälfte des 19.2.1986, während des 20.2.1986 ganztägig und in den Morgenstunden des 21.2.1986 herrschte praktisch ununterbrochen dieselbe Windrichtung, und zwar am Alpennordrand aus Norden und im Inntal jeweils talaufwärts.

Zeitlicher Ablauf der SO2-Belastung in Tirol durch den SO2-Ferntransport

Nachdem am 18.2. und am 19.2.1986 vormittags bei den meisten Tiroler Meßstellen eine niedere oder mittlere SO2-Belastung registriert worden war, stieg mit Eintreffen der SO2-belasteten Luftmassen die SO2-Belastung um jeweils 0,10 bis 0,13 mg SO2/m3 an.

Bei allen Meßstellen erfolgte zunächst ein recht gleichmäßiger Anstieg der SO2-Belastung, bis innerhalb von etwa 10 Stunden der Maximalwert erreicht war. Dann blieb die Belastung weitere ca. 12 Stunden hoch, um dann allmählich im Laufe des Abends des 20.2.1986 und während des 21.2.1986 wieder abzusinken (siehe Abb. 1).

Die schadstoffbelasteten Luftmassen erreichten am Alpennordrand in Tirol zuerst die Meßstelle in Reutte, wo bereits gegen Mittag die SO2-Belastung deutlich zu steigen begann. In Kufstein, bei den Meßstellen im Stadtamt und Endach, wurde das Eintreffen der schadstoffbelasteten Luftmassen erst am frühen Nachmittag registriert. Während der 2. Hälfte des 19.2.1986 sowie am darauffolgenden Tag herrschte in Kufstein praktisch ausschließlich Wind aus Nord. Der Inntal-aufwärts gerichtete Wind führte dann um ca. 16.00 Uhr des 19.2.1986 in Wörgl zu einem Anstieg der SO2-Konzentration. Bei der nächsten Inntal-aufwärts gerichteten Meßstelle, in Brixlegg, herrschte bei ständigem NO-Wind den ganzen Tag eine stark wechselnde hohe SO2-Belastung, sodaß das Eintreffen der zusätzlichen SO2-Belastung nicht eindeutig erkennbar ist. Sehr deutlich sieht man aber dann um 17.30 Uhr das Eintreffen der schadstoffbelasteten Luftmassen bei anhaltendem Ostwind in Schwaz, während im Raum Hall-Innsbruck bei den Meßstellen Hall - Bezirksforstinspektion, Innsbruck -Olympisches Dorf und Innsbruck - Landesforstdirektion der Anstieg der SO2-Konzentrationen bei ebenfalls anhaltendem Ostwind zwischen 18.30 und 20.30 Uhr erfolgte. In Hochfilzen trafen die schadstoffbelasteten Luftmassen erst zwischen 18.00 Uhr und 19.30 Uhr ein. In Lienz, jenseits des Alpenhauptkammes konnte in der Nacht vom 19.2. auf den 20.2.1986 bei Winden aus Nordwest kein Anstieg der SO2-Belastung festgestellt werden.

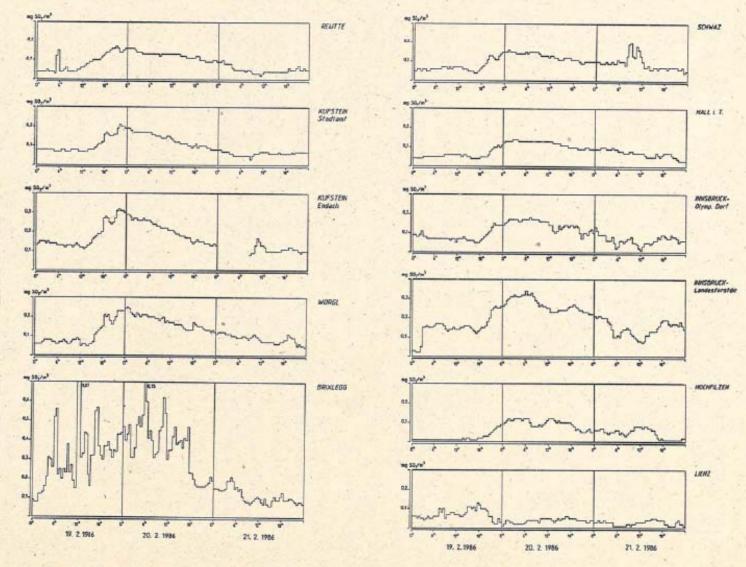


Abb. 1: Tagesgänge der SO2 - Belastung bei verschiedenen Meßstellen

Welche Bedeutung hatte die SO2-Belastung durch den Ferntransport im Verhältnis zu den hausgemachten SO2-Belastungen?

Die Meßstelle in Hochfilzen liegt in 1.000 m Seehöhe am Talboden eines abgelegenen Seitentales der Nordalper. Sie ist mit durchschnittlich 0,01 mg S02/m3 in Tirol die am geringsten belastete Meßstelle. Dort führte diese zusätzliche S02-Belastung durch den Ferntransport zwar dazu, daß die gemessenen S02-Konzentrationen auf das ca. 10-fache der Belastung der Vortage anstiegen, aber trotzdem wurden mit einem maximalen Halbstundenmittelwert von 0,12 mg S02/m3 und einem Tagesmittelwert am 20.2.1986 von 0,09 mg S02/m3 die Grenzwerte der Zone I (Erholungsgebiet) laut Tiroler Luftreinhalteverordnung sowie die Grenzwerte der 2. Forstverordnung nicht überschritten.

Die Meßstelle in Reutte liegt im nördlichen Teil der Marktgemeinde am Talboden des nach Norden offenen Reuttener Beckens auf 850 m Seehöhe. In Reutte lag die SO2-Belastung am Vormittag des 19.2.1986 bei ca. 0,04 mg SO2/m3, unterbrochen von einer kurzfristigen Spitzenbelastung bis 0,15 mg SO2/m3, verursacht durch lokale Emittenten. Am Abend des 19.2.1986 wurde ein maximaler Halbstundenmittelwert von 0,17 mg SO2/m3 erreicht und am 20.2.1986 ein Tagesmittelwert von 0,12 mg SO2/m3. Somit wurden in Reutte die Grenzwerte der Zone II (Siedlungsgebiete) laut Tiroler Luftreinhalteverordnung eingehalten, jedoch die Grenzwerte gemäß 2. Forstverordnung überschritten.

In Kufstein zeigt sich deutlich, daß die im Inntal weiter im Norden gelegene Meßstelle Kufstein – Stadtamt in der Stadtmitte von Kufstein auf 500 m Seehöhe während dieser Tage, welche von nördlichen Winden geprägt waren, deutlich geringere Belastungen aufwies als die Meßstelle Kufstein – Endach im südlichsten Teil der Stadt. In Kufstein – Stadtamt stieg am 19.2.1986 abends die SO2-Belastung von Vormittagswerten um 0,08 mg/m3 auf Halbstundenmittelwerte von 0,21 mg/m3 an, am 20.2.1986 wurde ein Tagesmittelwert von 0,13 mg SO2/m3 gemessen. Somit wurden bei der Meßstelle Kufstein – Stadtamt die Grenzwerte der 2. Forstverordnung überschritten, jedoch während der gesamten Zeit des Ferntransportes die Grenzwerte der Zone II

(Siedlungsgebiete) laut Tiroler Luftreinhalteverordnung eingehalten. Anders bei der im Süden der Stadt gelegenen Meßstelle Kufstein – Endach, welche bei Nordwind SO2-Belastungen zusätzlich registriert, welche durch die im südlichen Teil der Stadt gelegenen Emittenten verursacht werden: Hier wurden bereits am Vormittag des 19.2.1986 vor Eintreffen des SO2-Ferntransportes Halbstundenmittelwerte bis 0,15 mg SO2/m3 registriert, und die Belastung stieg in der Nacht vom 19. auf 20.2.1986 auf 0,32 mg SO2/m3 als Halbstundenmittelwert an. Am 20.2.1986 betrug der Tagesmittelwert 0,20 mg SO2/m3. Somit wurden bei der Meßstelle Kufstein – Endach sowohl die Grenzwerte der 2. Forstverordnung als auch sogar die Grenzwerte der Zone III (Ballungsräume) der Tiroler Luftreinhalteverordnung überschritten.

Die Meßstelle in Wörgl befindet sich östlich des Stadtzentrums und westlich von Industrieanlagen am Talboden des Inntales. In Wörgl betrug die Vorbelastung am Vormittag des 19.2.1986 0,09 mg SO2/m3. In der Nacht vom 19. auf 20.2.1986 wurde ein maximaler Halbstundenmittelwert von 0,25 mg SO2/m3 registriert, während der Tagesmittelwert am 20.2.1986 0,17 mg SO2/m3 betrug. Bei der in Wörgl gemessenen SO2-Belastung waren somit ebenfalls Überlagerungen der Belastungen durch die örtlichen Emittenten und durch den Schadstofferntransport gegeben. Somit wurden in Wörgl sowohl am 19. als auch am 20.2.1986 die Grenzwerte der Zone II (Siedlungsgebiete) der Tiroler Luftreinhalteverordnung überschritten, ebenso die Grenzwerte der 2. Forstverordnung.

In Brixlegg, wo die Meßstelle ebenfalls am Talboden des Inntales im Westen des Ortszentrums und eines starken lokalen Emittenten liegt, zeigte die SO2-Belastung bereits in den frühen Morgenstunden des 19.2.1986, verursacht durch den lokalen Emittenten, sehr stark erhöhte Halbstundenmittelwerte zwischen 0,20 und 0,56 mg SO2/m3. Zu Mittag wurde vor Eintreffen des SO2-Ferntransportes sogar ein maximaler Halbstundenmittelwert von 1,67 mg SO2/m3 registriert. Bei derartig starken Belastungen, die zusätzlich noch von sehr starken Belastungsschwankungen geprägt sind, ließ sich eine Zunahme um 0,10 bis 0,13 mg SO2/m3, wie sie durch den Schadstofferntransport erfolgte, nicht mehr mit Sicherheit erkennen. Hier betrug der Einfluß des

Schadstofferntransportes höchstens 1/14 gegenüber den gemessenen Spitzenwerten der Einflüsse der lokalen Emissionen. Der gemessene Tagesmittelwert betrug am 19.2.1986 0,34 mg SO2/m3 und am 20.2.1986 0,36 mg SO2/m3. Der maximale Halbstundenmittelwert betrug am 20.2.1986 0,75 mg SO2/m3. Somit wurden bei der Meßstelle Brixlegg an beiden Tagen die Grenzwerte der Zone III (Ballungsgebiete) der Tiroler Luftreinhalteverordnung bei weitem überschritten, ebenso die Grenzwerte gemäß 2. Forstverordnung.

In Schwaz lag die Meßstelle bei der Feuerwehr im Osten des Ortszentrums und der Hauptemittenten in Talbodennähe des Inntales. Die Vorbelastung lag am Vormittag des 19.2.1986 bei 0,07 mg SO2/m3. In der Nacht vom 19. auf 20.2.1986 wurde bei anhaltendem Ostwind ein maximaler Halbstundenmittelwert von 0,16 mg SO2/m3 erreicht. Der Tagesmittelwert betrug am 20.2.1986 0,13 mg SO2/m3. Somit wurden an diesem Tag die Grenzwerte der 2. Forstverordnung überschritten, jedoch die Grenzwerte der Zone II (Siedlungsgebiete) der Tiroler Luftreinhalteverordnung eingehalten. Am 21.2.1986 wurden nach einer Winddrehung auf Südwest erhöhte Halbstundenmittelwerte 0,20 mg SO2/m3 gemessen. Diese Belastungen gehen auf die im Südwesten der Meßstelle gelegenen lokalen Emittenten zurück. Dies zeigt, daß auch in Schwaz durch die lokalen Emittenten höhere Halbstundenmittelwerte verursacht werden als durch den Schadstofferntransport.

In Hall bei der Meßstelle Bezirksforstinspektion am Talboden des Inntales, im Osten des Stadtzentrums und der Emittenten, lag am 19.2.1986 die SO2-Belastung am Vormittag bei beständigem Ostwind zwischen 0,04 und 0,06 mg SO2/m3. In der Nacht vom 19.2. auf 20.2.1986 wurde ein maximaler Halbstundenmittelwert von 0,14 mg SO2/m3 erreicht. Der Tagesmittelwert betrug am 20.2.1986 0,12 mg SO2/m3. Somit wurden in Hall bei der im Osten des Stadtzentrums gelegenen Neßstelle bei Zuwehung aus dem Unterinntal die Grenzwerte der Zone II (Siedlungsgebiet) der Tiroler Luftreinhalteverordnung eingehalten, jedoch die Grenzwerte der 2. Forstverordnung überschritten.

Das Olympische Dorf liegt im verbauten Gebiet im Osten der Stadt

Innsbruck an der Ortsgrenze zur Ortschaft Rum am Talboden. Bei der Meßstelle im Olympischen Dorf lag die Vorbelastung am 19.2.1986 bei beständigem Ostwind bei 0,07 mg SO2/m3. Am frühen Morgen des 20.2.1986 wurde ein maximaler Halbstundenmittelwert von 0,18 mg SO2/m3 gemessen. Der Tagesmittelwert betrug an diesem Tag 0,14 mg SO2/m3. Somit wurden bei der Meßstelle Innsbruck – Olympisches Dorf am 20.2.1986 zwar die Grenzwerte der 2. Forstverordnung überschritten, die Grenzwerte der Zone II (Siedlungsgebiete) laut Tiroler Luftreinhalteverordnung jedoch eingehalten.

Bei der Meßstelle Innsbruck - Landesforstdirektion, welche westlich des Stadtzentrums mitten im Stadtgebiet liegt, wurde bei andauernden Ostwinden bereits am Vormittag des 19.2. eine Vorbelastung zwischen 0,14 und 0,17 mg SO2/m3 gemessen. Am Morgen des 20.2.1986 wurde dann infolge des SO2-Ferntransportes ein maximaler Halbstundenmittelwert von 0,34 mg SO2/m3 gemessen. Der Tagesmittelwert betrug an diesem Tag 0,27 mg SO2/m3. Einerseits die hohe Vorbelastung und andererseits der fast doppelt so hohe Halbstundenmittelwert am Morgen des 20.2.1986 gegenüber den im Osten der Stadt gemessenen maximalen Halbstundenmittelwerten lassen erkennen, daß der gemessene Maximalwert von 0,34 mg SO2/m3 zu weniger als einem Drittel auf den erfolgten Schadstofferntransport zurückgeht, während mehr als zwei Drittel der Belastung auf eigene Schadstoffemissionen im Innsbrucker Raum zurückgehen. Somit wurden bei dieser Meßstelle am 20.2.1986 die Grenzwerte der 2. Forstverordnung als auch die Grenzwerte der Zone III(Ballungsräume) laut Tiroler Luftreinhalteverordnung überschritten. Dies war übrigens der einzige Tag im Winter 85/86, an dem in Innsbruck bei einer der Meßstellen die Grenzwerte der Zone III überschritten wurden. Ohne den Schadstofferntransport, der in Innsbruck am 20.2.1986 noch eine zusätzliche Belastung von ca. 0,10 mg SO2/m3 ausgemacht hat, wären an diesem Tag die Grenzwerte der Zone III nicht überschritten worden, jedoch immer noch jene der Zone II.

Die Meßstelle in Lienz liegt südlich des Stadtzentrums am Talboden des Lienzer Talkessels auf 670 m Seehöhe. Dort wurden bei der Meßstelle Bezirkshauptmannschaft bei aus Norden kommenden Winden am Vormittag des 19.2.1986 SO2-Belastungen bis zu 0,13 mg SO2/m3 gemessen, welche jedoch am Abend und in der Nacht auf den 20.2.1986

bis auf Werte von 0,01 mg SO2/m3 zurückgingen. Somit kann bei dieser Meßstelle kein Einfluß eines Schadstofferntransportes auf die SO2-Belastung festgestellt werden. An dieser Meßstelle wurden während des 19.2. und 20.2.1986 sowohl die Grenzwerte der 2. Forstverordnung als auch jene der Zone I (Erholungsgebiete) der Tiroler Luftreinhalteverordnung eingehalten.

#### "Grauer Schnee"

Am 19. und 20.2.1986 war der in geringen Mengen gefallene Neuschnee grau verfärbt. An der Schneeoberfläche erreichte z.B. in Gries am Brenner die Sulfatkonzentration einen Wert von 76,7 mg SO4/1, wie eine Untersuchung am Institut für Forstökologie der Universität für Bodenkultur (Prof. Glatzl) ergab. Auch in Salzburg wurden in derselben Zeit ähnlich hohe Belastungen von 82,8 mg SO4/1 im oberflächlichen Schnee gemessen, während im Schnee aus der Tiefe die SO4-Konzentration nur 5,7 mg/l betrug (Analysen der Technischen Universität Wien, Institut für Analytische Chemie). Dies zeigt, daß die erhöhten SO2-Konzentrationen in der Luft mit großflächig erheblich erhöhten SO4-Depositionen am Boden einhergingen. Dabei lagen die Konzentrationen im oberflächlichen Schnee um mehr als das 20-fache über den sonst im sauren nassen Niederschlag gemessenen Sulfatkonzentrationen. Das Institut für Analytische Chemie der Technischen Universität Wien schließt aus der chemischen Analyse des grauen Schnees auf Verbrennungsprodukte einer relativ minderwertigen Kohle (möglicherweise Braunkohle).

#### Ergebnisse aus Bayern

Die Ergebnisse der Bayerischen Luftüberwachung an den dem Alpennordrand vorgelagerten Meßstellen am Wank, am Predigtstuhl und auf der
Hochgratbahn in 1.500 bis 1.800 m Seehöhe zeigten ebenfalls am 19.
und 20.2.1986 deutlich erhöhte SO2-Belastungen, wobei maximale Halbstundenmittelwerte zwischen 0,27 und 0,21 mg SO2/m3 gemessen wurden. Im Gegensatz zu den übrigen Monaten betrug im Februar 1986
durch die 3 SO2-Ferntransporte der 98 %-Wert der Halbstundenmittelwerte 0,18 und 0,23 mg SO2/m3, was gemessen an den österreichischen
Grenzwerten der 2. Forstverordnung eine Grenzwertüberschreitung darstellen würde.

#### Zusammenfassung

Diese Ergebnisse zeigen deutlich, daß der geschilderte Fall von SO2-Ferntransport bei den Tiroler Meßstellen in den Tallagen durchgehend zu einer Erhöhung der SO2-Belastung um 0,10 bis 0,13 mg SO2/m3 geführt hat. Die in 1.500 bis 1.800 m Seehöhe gelegenen bayerischen Meßstellen, die dem österreichischen Alpennordrand vorgelagert sind, wiesen noch höhere Belastungen bis 0,27 mg SO2/m3 auf, wobei dort die Grenzwerte der 2. Forstverordnung überschritten wurden. Daraus kann geschlossen werden, daß zumindest fallweise die am Alpennordrand besonders nach Norden exponierten höheren Hanglagen im Februar 1986 forstschädlichen SO2-Belastungen durch SO2-Ferntransporte ausgesetzt waren, während die innertiroler Tal- und Beckenlagen bis zum Zentralalpenbereich zwar zusätzliche SO2-Belastungen durch den SO2-Ferntransport erhielten, jedoch ohne zusätzliche lokal verursachte SO2-Belastungen hier keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung auftraten. Nur dort, wo lokale Emittenten zusätzliche SO2-Emissionen verursachten, wurden in deren Zuwehungsbereich zum Teil erhebliche Belastungen und Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung sowie gemäß Tiroler Luftreinhalteverordnung festgestellt. So betrug z.B. in Innsbruck bei der Meßstelle im O-Dorf im Osten der Stadt bei Ostwind der Tagesmittelwert am 20.2.1986 "nur" 0,14 mg SO2/m3, während die Belastung westlich des Stadtzentrums bei der Landesforstdirektion bei Zuwehung aus dem östlichen und zentralen Stadtgebiet 0,27 mg SO2/m3 als Tagesmittelwert betrug. Auch in Kufstein beim Stadtamt betrug die SO2-Belastung mit 0,13 mg SO2/m3 als Tagesmittelwert deutlich niedrigere Werte als in Endach bei Zuwehungen aus praktisch dem ganzen Stadtgebiet, wo der Tagesmittelwert 0,20 mg SO2/m3 betrug. Aus diesen beiden Beispielen ist der deutliche Einfluß lokaler Emittenten erkennbar. Bei den Meßstellen mit Zuwehung von lokalen SO2-Quellen betrug der Anteil der lokal verursachten SO2-Belastung also in Kufstein die Hälfte und in Innsbruck sogar zwei Drittel der Gesamtbelastung während der Zeit des Schadstofferntransportes. Die von den lokalen Emittenten in Brixlegg verursachten Spitzenkonzentrationen übertrafen die durch den Schadstofferntransport verursachten Konzentrationen sogar um das 14-fache.

Gleichzeitig erfolgte im gesamten Nordalpenbereich bis hin zu den Zentralalpen eine stark erhöhte Schadstoffdeposition an der Schneeoberfläche.

#### Schlußfolgerung

Die aus der Zusammenstellung dieser Ereignisse gewonnene Schlußfolgerung muß also lauten: Fallweise Schadstofferntransporte können zu einer gelegentlich erhöhten Schadstoffbelastung der emittentenfernen abgelegenen und besonders nach Norden exponierten Hanglagen des Alpennordrandes führen. Im Inntal und in anderen Beckenlagen in der Umgebung unserer industriell oder durch große Siedlungen geprägten Regionen überwiegt selbst während der Zeit von Ferntransporten eindeutig der Einfluß der Emissionen aus den lokalen Schadstoffquellen, sodaß zur Vermeidung erhöhter SO2-Belastungen nach wie vor auf die Reduktion der Schadstoffemissionen unserer eigenen Emittenten größter Wert gelegt werden muß.

#### 3. SCHADSTOFFEINTRAG DURCH NASSE DEPOSITION IN TIROL

1985/86 wurden die Untersuchungen über den Schadstoffeintrag aus nasser Deposition stark erweitert. Neben den 5 Meßstellen in Kufstein, Achenkirch, Reutte, Innervillgraten und Nößlach/Schmirn wurde im Winter 1985/86 an einem Höhenprofil Innsbruck-Nordkette der Einfluß lokaler bzw. regionaler Belastungen untersucht.

#### 3.1 Landesweiter Schadstoffeintrag

Im folgenden werden zuerst die Ergebnisse der fünf länger bestehenden Meßstellen gezeigt, welche die Abschätzung des Schadstoffeintrages aus nasser Deposition landesweit ermöglichen.

Die Tab. 1 zeigt den jährlichen Eintrag von Schadstoffelementen aus Nitrat, Ammoniak, Sulfat, freier Säure sowie die Niederschlagsmengen im Vergleich zu früheren Meßjahren.

Hinsichtlich der Jahresniederschlagsmenge ergaben sich mit Ausnahme der Meßstelle in Kufstein fast gleiche Verhältnisse wie im Meßjahr davor. Der geringere Niederschlag in Kufstein fiel hauptsächlich im Sommer (April bis Oktober; vgl. auch Kapitel 22). Aufgrund eines Ausfalls des Meßgerätes in Innervillgraten im Februar, März und April kommt die angegebene Regenmenge nicht an jenen Wert von 1985 heran.

Der Schadstoffeintrag während des Meßzeitraumes 10/85 bis 9/86 ist an allen Stationen gegenüber dem Vorjahr - mit Ausnahme von Sulfat/S - geringfügig niedriger.

In Kufstein wurden hauptsächlich wegen der geringeren Niederschlagsmenge auch etwas geringere Schadstoffeinträge aller Elemente gemessen.

In Reutte ergab sich beim Eintrag an freier Säure (H+) der höchste bisher gemessene Wert an dieser Station, nämlich um fast 40 % mehr als im Vorjahr. Auch der Sulfat/S-Eintrag in Reutte ist gegenüber 1984/85 leicht angestiegen, ebenso in Achenkirch.

Die beiden Meßstellen im Zentralalpenbereich bzw. südlich des Alpenhauptkammes weisen insgesamt niedrigere Schadstoffeinträge auf als jene am Alpennordrand,

· Tab. 1: Schadstoffeintrag aus nasser Deposition in Tirol - Jahresvergleich (Angaben in g/m²)

Tab. 2: Regenqualität; Gewichtete Konzentrationswerte u. pH-Wert - Jahresvergleich (Angaben in mg/1)

	Nieder- schlag	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> /N	№3/И	so <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /s
KUFSTEIN					300
10/83-9/84	1302	0,062	1,08	0,74	1,32
10/84-9/85	1185	0,045	0,71	0,59	0.84
10/85-9/86	971	0,036	0,62	0,44	0,71
REUTTE				A Comment	
10/83-9/84	1125	0,034	0,50	0,40	0,75
10/84-9/85	1344	0,026	0,57	0,39	0,65
10/85-9/86	1341	0,036	0,44	0,40	0,70
ACHENKIRCH					130
10/83-9/84	1188	0,029	0,82	0,51	1,00
10/84-9/85	1048	0,035	0,47	0,37	0,62
10/85-9/86	1062	0,024	0,30	0,22	0,76
NÖSSLACH		79. 1			
10/84-9/85	677	0,010	0,45	0,20	0,42
SCHMIKN			111110000	.007508	100,000
10/85-9/86	651	0,010	0,33	0,19	0,37
INNERVILLGRATEN	THE PARTY	200	-101		
10/84-9/85**	740	0,016	0,35	0,27	0,57
10/85-9/86***	639	0,015	0.27	0,17	0,43

	H <sup>+</sup>	pH-Wert	NH <sub>4</sub> /N	NO3/N	S04-/S
KUFSTEIN		250			
10/83-9/84	0,047	4,32	0,83	0,57	1,02
10/84-9/85	0,038	4,42	0,60	0,50	0,71
10/85-9/86	0,037	4,43	0,64	0,45	0,73
REUTTE				-	30/04
10/83-9/84	0,030	4,52	0.44	0,36	0,67
10/84-9/85	0,019	4,72	0,43	0,30	0.49
10/85-9/86	0,027	4,57	0,33	0,30	0,52
ACHENKIRCH		The Walter			
10/83-9/84	0,025	4,61	0,69	0,43	0,84
10/84-9/85	0,034	4,47	0,45	0,35	0,60
10/85-9/86	0,023	4,64	0,30*	0,21	0,72
NÖSSLACH					
10/84-9/85	0,014	4,85	0,67	0.29	0,62
SCHMIRN					
10/85-9/86	0,016	4,80	0,50	0,30	0,56
INNERVILLGRATEN			7		
10/84-9/85	0,022	4,66	0,47	0,36	0,77
10/85-9/86***	0,024	4,62	0,42	0,26	0,68

<sup>\* 3</sup> Grenzwerte von Mai 1986 wurden nicht miteinbezogen

<sup>\*\* 10/84</sup> und 11/84 als geschätzte Mittelwerte miteinbezogen

<sup>\*\*\*</sup> Geräteausfall von 2/86 bis 4/86

Die Analyse der Daten in Form von gewichteten Konzentrationswerten ermöglichen Aussagen über die Regenqualität (Tab. 2).

Sowohl für den Nitrat/N-, besonders aber für den Sulfat/S-Eintrag zeigt sich an den 3 Nordalpenstationen ein ansteigender Wert von West nach Ost. Kufstein ist die meist belastete Station in Tirol hinsichtlich der Regenqualität. Deshalb wird hier trotz der geringeren Niederschlagsmenge von 1983 bis 1986 ein höherer Eintrag an Sulfat/S, Nitrat/N und freier Säure gemessen als z.B. in Reutte.

Die Regenqualität in Nößlach-Schmirn liegt hinsichtlich Sulfat/S und Nitrat/N zwischen der in Reutte und Achenkirch, hinsichtlich der Konzentration an freier Säure jedoch deutlich darunter. In Innervillgraten ist die Belastung mit Nitrat/N, Sulfat/S und freier Säure ähnlich wie in der Meßstelle Achenkirch.

Die geringeren Jahreseinträge an Schadstoffen bei diesen beiden Stationen (Tab. 1) ergeben sich also hauptsächlich durch die geringeren Niederschlagsmengen.

Zusammenfassend gesehen hat sich die Belastung Tirols aus nasser Deposition, welche in der Hauptsache durch die großräumige Schadstoffverfrachtung verursacht wird, gegenüber dem Vorjahr kaum verbessert. Lokale bis regionale Emissionseinflüsse wirken sich an diesen 5 Meßstellen kaum aus. Lediglich im Einzugsgebiet größerer Emissionsquellen (z.B. Ballungsraum Innsbruck, siehe unten) treten zum Teil erhebliche Schadstoffeinträge durch Auswaschung schadstoffhältiger Luft im Regen und Schnee auf.

3.2 Untersuchungen des Schadstoffgehaltes im Regen/Schnee im Raum Innsbruck anhand eines Höhenprofiles Innsbruck-Gramart-Seegrube

In die freie Atmosphäre emittierte Schadstoffe, z.B. Schwefeldioxid (SO2) oder Stickoxide (NO, NO2), werden zum Teil weit verfrachtet (sog. Transmission) und dabei chemisch umgewandelt. Durch Sedimentation und Absorption an der Erdoberfläche werden diese Verbindungen mit Ausnahme feinster Schadstoffteilchen (sog. interstitieller Staub) schließlich wieder aus der Atmosphäre entfernt. Zusätzlich wird die Luft durch das Lösen bzw. Absorbieren von Schadstoffen in herunterfallendem Regen/Schnee gereinigt. Der gemessene Schadstoff-

gehalt im Regen/Schnee setzt sich also aus zwei Teilen zusammen:

- Weit in den Wolken transportierte Schadstoffe, welche ausgeregnet werden.
- Reinigung der Luft unterhalb der Regenwolke während der Niederschlagstätigkeit.

Als Meßzeitraum für diese Fragestellung bietet der Winter bessere Voraussetzungen, da einerseits Inversionslagen häufiger und vor allem stabiler sind als im Sommer (bei Inversionswetterlagen ist der vertikale Austausch der Luftmassen erschwert); andererseits führt vor allem die Wohnraumbeheizung im Ballungsraum Innsbruck während der Heizperiode zu einer verstärkten Immissionsbelastung - zumindest durch SO2.

Hiezu wurden nun gleichzeitig zwei Meßreihen durchgeführt. Ein Höhenprofil mit WADOS-Geräten diente zur chemischen Untersuchung des jeweils neu gefallenen Niederschlages, das zweite Höhenprofil der Schneemessungen erfaßte auch altersbedingte Veränderungen des Schadstoffgehaltes der Schneedecke. Während das WADOS-System ausschließlich den Beitrag aus Regen/Schnee (also nasser Deposition) zum gesamten Schadstoffeintrag liefert, wird durch die Schneeuntersuchung auch der zum Teil sehr dominierende trockene Eintrag miterfaßt.

### 3.2.1 WADOS-Höhenprofil

Drei Geräte zur täglichen Probenahme von nassen Niederschlagsereignissen wurden vom Tiroler Forstdienst in der Reichenau (570 m), auf dem Gramart (840 m) und auf der Seegrube (1960 m) eingerichtet und die gesammelten Proben an der Technischen Universität Wien auf ihre Inhaltsstoffe analysiert.

In Tab. 3 sind die eingetragenen Schadstoffmengen an freier Säure (H+), Nitrat/N und Sulfat/S sowie die gemessenen Niederschlagsmengen zusammengestellt.

Es zeigt sich für die freie Säure ein mit der Seehöhe zunehmender Eintrag, der Sulfat/S-Eintrag verhält sich umgekehrt.

Tab. 3: Schadstoffeintrag von Dezember 1985 bis März 1986

Station	ND mm	H <sup>+</sup>	NO3/N mg/m <sup>2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /S mg/m <sup>2</sup>
Reichenau	89	3,79	67,7	24,30
Gramart	180	7,41	111,9	134,1
Seegrube	264	5,98	70,4	80,2

Bezieht man den gemessenen Schadstoffeintrag auf die gefallene Niederschlagsmenge pro Millimeter (siehe Tab. 4), so erhält man einen besseren Vergleich der einzelnen Stationen.

Tab. 4: Mittlere Konzentrationen der Regen-/Schneereignisse von Dezember 1985 bis März 1986

Station	Н+	№3/и	so <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /s
nnbrücke Reichenau	0,043	0,738	2,730
ramart	0,041	0,622	0,745
Seegrube	0,023	0,267	0,304

Angaben in mg/l Niederschlag (nicht gewichtet)

Aus dieser Darstellung geht die Belastungssituation der verschiedenen Höhen wesentlich deutlicher hervor. Die Seegrube weist deutlich niedrigere Werte auf als Gramart bzw. Reichenau. Die Durchsicht der Einzelereignisse zeigt, daß dieses Ergebnis nicht durch wenige stark belastete Ereignisse in der Reichenau zustande gekommen ist.

Diese Ergebnisse belegen recht eindrucksvoll den Reinigungseffekt des nassen Niederschlages; die sich entladenden Wolken absorbieren während des Fallens von der Seegrube (1960 m) zur Meßstelle in der Reichenau (570 m) zusätzlich Schadstoffe wie z.B. Sulfat bzw. SO2 aus der Umgebungsluft. Diese Effekte führen schließlich zu der etwa 8-fachen Konzentrationserhöhung an Sulfat-S in den Proben der Meß-

stelle Reichenau (bzw. Gramart) gegenüber der Seegrube. Verdunstungseffekte während des Niederschlags können diese Unterschiede nicht ausreichend erklären. Diese Untersuchung belegt den erheblichen Anteil am Schadstoffeintrag durch nasse Deposition im Winter durch lokale bzw. regionale – also hausgemachte – Schadstoffbelastung der Luft aus dem Ballungsraum Innsbruck.

### 3.2.2 Schneeprofil

Im Rahmen des Forschungsprojektes "Schadstoffdeposition in Wäldern" im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz wurde der Schadstoffeintrag während des Winters 1985/86 entlang eines Höhenprofils vom Stadtgebiet Innsbruck bis zur Baumgrenze im Bereich der Seegrube untersucht. Zu diesem Zwecke wurden jeden zweiten Tag Schneeproben von 3 Meßflächen in unterschiedlicher Höhenlage genommen. Die Niederschlagsproben wurden am Institut für Forstökologie der Universität für Bodenkultur analysiert.

Die hauptsächlich im Talbereich emittierten Schadstoffe werden in der Luft elementspezifisch umgewandelt und gelangen nach unterschiedlicher Verweildauer in der Atmosphäre auf den Erdboden zurück. Der daraus resultierende Schadstoffeintrag entlang des Höhenprofils zeigt deshalb eine für alle Elemente unterschiedliche Verteilung.

# - Kalzium (Ca), Magnesium (Mg) (Abb. 1):

Die deutliche Abnahme des Ca- und Mg-Eintrages mit steigender Seehöhe spiegelt sich auch in den pH-Werten der Altschneedecke und des frisch gefallenen Neuschnees wider. Während der mittlere pH-Wert im Stadtgebiet von Innsbruck 5,2 beträgt (Altschnee 6,7), weist der Neuschnee auf der Seegrube einen pH-Mittelwert von 4,7 auf (Altschnee 5,4).

#### - Sulfat (Abb. 2):

Hohe Sulfateinträge wurden in erster Linie im Stadtbereich von Innsbruck gemessen. Ein wesentlicher Grund hiefür ist in den hohen Absorptionsraten für SO2 auf annähernd pH-neutralen Oberflächen zu suchen. Diese Bedingungen sind vor allem im Stadtgebiet

durch das Vorhandensein alkalischer Stäube ständig gegeben. Vergleicht man die Ergebnisse der WADOS-Untersuchungen mit denen der Schneeuntersuchungen, so wird der dominierende Anteil der trockenen Deposition beim Sulfat im Stadtbereich von Innsbruck deutlich. In größerer Seehöhe dominiert die nasse Deposition beim Sulfateintrag. Dies bedeutet, daß der sehr hohe Sulfateintrag im Bereich der Talsohle zu 70 bis 90 % von Emissionen aus dem Inntalraum stammt und daß der Ferntransport im Vergleich dazu wenig ins Gewicht fällt (vgl. 3.2.1).

## - Witrat, Gesamtstickstoff (Abb. 2):

Im Gegensatz zum Sulfat zeigt sich beim Nitrat und Gesamtstickstoffeintrag kaum ein Höhengradient. Dies ist besonders überraschend, da die NOx-Konzentrationen der Luft mit zunehmender Seehöhe rasch abnehmen. Gründe für die geringen Depositionsraten bei
gleichzeitig hohen NOx-Konzentrationen der Luft am Talboden und
die im Vergleich dazu hohen Eintragsraten verbunden mit niedrigen
Stickoxidgehalten in größeren Seehöhen sind:

- Die Auswaschungsraten für gasförmiges NO und NO2 durch Niederschläge sind relativ gering.
- Im Bereich der Talsohle herrschen besonders während winterlicher Inversionslagen sehr schlechte Oxidationsbedingungen (geringe O3-Konzentrationen und Sonneneinstrahlung). Die Stickoxide werden deshalb kaum aus den talnahen Luftschichten entfernt und reichern sich so immer weiter an. Im Tagesverlauf kann es insbesondere an Südhängen zu einem lokalen Auflösen der Inversion verbunden mit der Auswehung von Schadstoffpaketen in höhere Lagen kommen, wo wesentlich günstigere Oxidationsbedingungen herrschen (siehe Kap. 12, 7. Beurteilungsraum). Eine beschleunigte Umwandlung der Stickoxide und eine ebenso rasche Deposition der gebildeten Salpetersäure in Gebirgslagen ist die Folge. Dieser Prozeß verhindert auch das Auftreten nennenswerter NOx-Konzentrationen im Gebirge.
- Größere Niederschlagsmengen in höheren Lagen führen trotz relativ geringerer Nitrat-Konzentrationen im Niederschlag zu ähnlichen Einträgen wie am Talboden (siehe Tab. 3 bzw. 4).

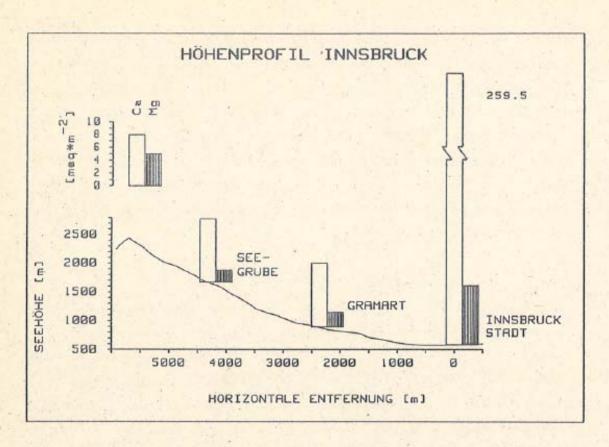


Abb. 1: Kalzium- und Magnesiumeintrag in unterschiedlichen Höhenlagen bei Innsbruck im Winter 1985/86

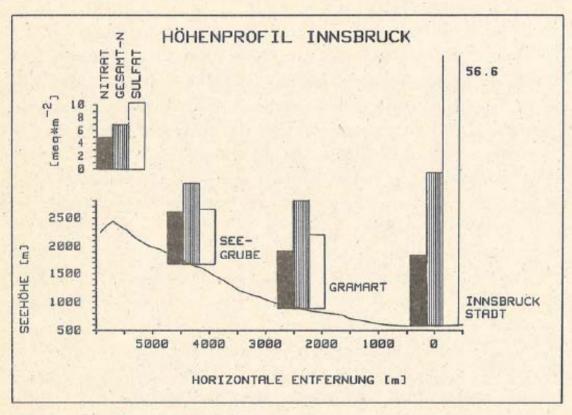


Abb. 2: Witrat-, Gesamtstickstoff- und Sulfateintrag in unterschiedlichen Höhenlagen bei Innsbruck im Winter 1985/86

Je nach Höhenlage ergeben sich aus diesen Schadstoffeinträgen unterschiedliche Folgen für die betroffenen Waldökosysteme. Im Talbereich kann der hohe Sulfateintrag zu direkten Schädigungen der Blattorgane führen. Dies spiegelt sich auch in den hohen Schwefelgehalten von Fichtennadeln im Talbereich wider. Im Gegensatz dazu kann der allgemein erhöhte Stickstoffeintrag vor allem in höheren Lagen zu ernsten Ernährungsstörungen der Waldbäume führen. Zu den Folgen einseitig erhöhter Stickstoffversorgung gehören je nach Standort und NH4+/NO3- -Verhältnis bei der Deposition:

- Versauerung im Wurzelbereich bei der NH4+ -Aufnahme.
- Verstärkung witterungsbedingter Versauerungsschübe durch Nitratauswaschung aus dem Wurzelraum, verbunden mit einer erhöhten Nitratbelastung der Fließgewässer und des Grundwassers.
- Schädigung der Mykorrhizen, was eine Verschlechterung der Wasser- und P-Versorgung der Waldbäume sowie eine Beeinträchtigung des Schutzes gegen pathogene Organismen und toxische Substanzen (Schwermetalle) bewirken kann.
- Veränderungen der Ernährungssituation von Waldbeständen durch Verschlechterung der K+, Ca++ und Mg++ -Aufnahme bei Überangebot an NH4+ sowie durch Erhöhung der Kationenauswaschung aus den Nadeln durch Austausch gegen NH4+.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß der erhöhte Stickstoffeintrag überall dort besonders kritisch zu beurteilen ist, wo gleichzeitig Mangelsituationen bei anderen Pflanzennährstoffen auftreten.

### 4. DIE RADIOAKTIVE BELASTUNG DER TIROLER WÄLDER NACH TSCHERNOBYL

Am 26. April 1986 ereignete sich in Tschernobyl (UDSSR) der bisher schwerste Kernkraftwerksunfall der Geschichte, der auch für Tirol nicht ohne Folgen geblieben ist. Zur Beurteilung der radioaktiven Belastung der Tiroler Wälder wurden von der Versuchsstelle für Strahlenschutz und Kerntechnik am Institut für Radiochemie der Universität Innsbruck (Univ.Prof. Dr. 0. Bobleter, OR Dr. P. Brunner) in Zusammenarbeit mit der Landesforstdirektion umfangreiche Messungen durchgeführt, die folgende wichtige Teile des Waldökosystems erfaßten:

- Waldböden
- Bodenvegetation
- Baumkronen
- Wild

## 4.1 Die Auswirkungen des Reaktorunfalles von Tschernobyl in Tirol

Durch den Reaktorunfall in Tschernobyl kam es zu massiver Freisetzung von Radioaktivität (ca. 10 % des radioaktiven Inventars des Reaktors), die auch in höhere Luftschichten gelangte (1,6,7). Zunächst wurde die radioaktive Abgaswolke des brennenden Reaktors mit dem Wind nach Norden verfrachtet. Am 27.4.1986 drehte der Wind über der Ukraine nach West bis Südwest (2). In der Folge gelangten auch radioaktiv belastete Luftmassen nach Tirol (Abb. 1). In der Nacht vom 29.4. auf 30.4.1986 stieg in Tirol die Radioaktivität in der Luft rasch auf das 5- bis 15-fache des natürlichen Wertes an (Abb. 2). Gleichzeitig setzten im ganzen Land Regenfälle ein. Am 30.4. und 1.5. fielen in Tirol vor allem am Alpennordrand, in den Zillertaler- und Kitzbühler Alpen und in den Hohen Tauern sehr ergiebige Niederschläge (mehr als 20 mm). Nur in Osttirol und im Oberland fielen weniger als 10 mm Regen (Abb. 3).

Durch den Regen wurden die radioaktiven Teilchen sehr wirksam aus der Luft ausgewaschen (wash-out, nasse Deposition). Im Gegensatz zur trockenen Deposition, durch die die radioaktiven Teilchen in der bodennahen Luftschicht langsam durch die Schwerkraft abgesetzt

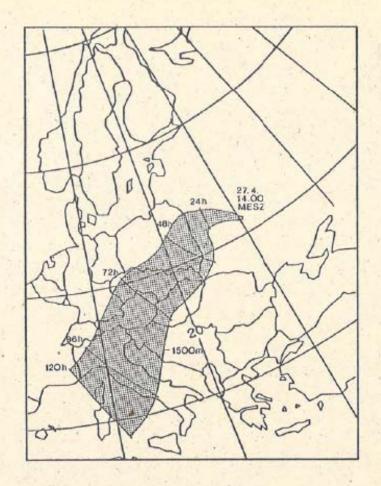


Abb. 1: Weg der Luftmassen, die Tschernobyl am 27.4.1986 verlassen (1)

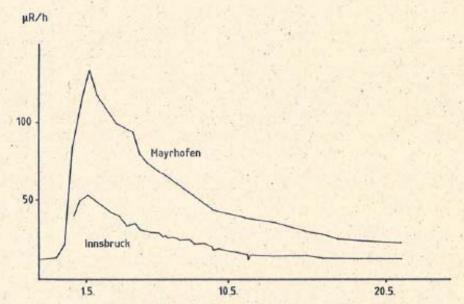


Abb. 2: Radioaktivität der Luft in Innsbruck und Mayrhofen vom 29.4. bis 30.5.1986 (Strahlenfrühwarnsystem des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz) (1)

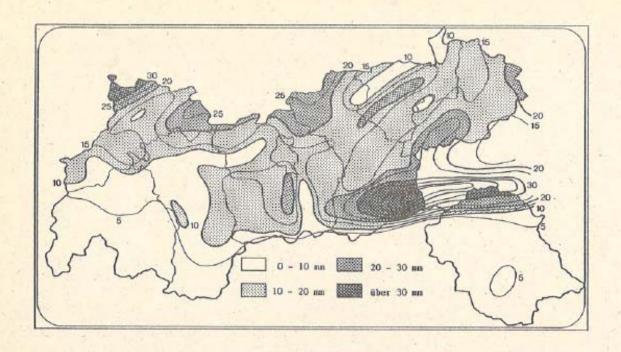


Abb. 3: Niederschlagsmengen am 30. 4. und 1. 5. 1986 in Tirol (laut Wetterdienststelle Innsbruck, Dr. K. Gabl)

werden, wurde mit dem Regen die in der gesamten Luftmasse enthaltene Radioaktivität zum Boden gebracht. Deshalb ist die radioaktive Belastung der Böden und Vegetation umso höher, je mehr es geregnet hat.

In Mitteleuropa hat es zur Zeit der radioaktiven Belastung der Luft vom 30.4. bis 2.5.1986 nur in 3 Gebieten Niederschläge über 15 mm gegeben (2):

- in Süddeutschland von Augsburg bis zum Bodensee
- in Österreich von Oberösterreich über Salzburg bis Nordtirol
- im jugoslawischen Gebirgsland von Velebit bis Montenegro

Bedingt durch die Niederschläge am 30.4. und 1.5.1986 gehört daher der Osten und Norden von Nordtirol nach dem Unfall von Tschernobyl zu den am stärksten radioaktiv belasteten Gebieten Mitteleuropas. Die Alpen sind bei derartigen Katastrophen aber auch beim "Normalbetrieb" von Atomanlagen ein Gebiet, in dem radioaktiv verseuchte Luft durch die höhere Niederschlagsmenge oder Steigungsregen vermehrt ausgeregnet wird.

Das auf den Boden gelangte Radionuklidgemisch bestand hauptsächlich aus den Spaltprodukten Jod, Ruthenium, Cäsium und Tellur. Der starke Radioaktivitätsanstieg in der Luft war eine Folge des kurzlebigen Jod-131- und Tellur-132-Gehalts. Neben den genannten Radionukliden wurde noch eine Reihe anderer Isotope im Fall-out von Tschernobyl in geringen Spuren gemessen (Tab. 1).

Nach dem Zerfall der kurzlebigen Radionuklide sind für die langfristige Belastung die langlebigen Cäsiumisotope (Cs-137, Cs-134) bestimmend. Demgegenüber ist der Beitrag der Strontiumisotope (Sr-89, Sr-90) relativ klein. Der Anteil des langlebigen Betastrahlers Strontium 90 kann aufgrund der wenigen vorliegenden Messungen mit 1-3 % der Cs-137-Aktivität angegeben werden (1). Die Rutheniumisotope 103 und 106 sind im Mittel mit 18 % der Fall-out-Aktivität vertreten, werden aber in den Stoffwechsel nicht einbezogen.

Tab. 1: Isotopenzusammensetzung der Freisetzung in Tschernobyl und der Deposition an Boden (Anfang Mai 1986, Angaben in %) aus (7)

Isotop	Freisetzung	Deposition	Halbwertszeit
	(bis 6. Mai)	im Boden	
Sr-89	6,3	0,7	50 Tage
Sr-90	0,6	0,07	29 Jahre
Zr-95(Nb-95)	10,8	w.a. 0,05	64 Tage
Mo-99(Tc-99m)	8,6	3,2	66 Stunden
Ru-103	9,1	9,0	39 Tage
Ru-106(Rh-106)	4,6	2,3	1 Jahr
I-131	20,8	30,8	8 Tage
Te-132(I-132	3,7	40,1	3 Tage
Cs-134	1,4	3,3	2 Jahre
Cs-137	2,8	6,4	30 Jahre
Ba-140(La-140)	12,3	4,0	13 Tage
Ce-141	8,0	w.a. 0,05	325 Tage
Ce-144	6,9	w.a. 0,05	284 Tage
Pu (gesamt)	0,5	Spuren	13-24000 Jahre
Np-239	3,4	Spuren	2 Tage

Im folgenden wird hauptsächlich die Cs-137-Aktivität als Meßgröße für die radioaktive Belastung im Waldökosystem herangezogen, da Cäsium 137 aufgrund der langen Halbwertszeit und des hohen Anteiles langfristig den größten Teil der Strahlenbelastung ausmacht.

### 4.2 Radioaktivität in Waldböden und Waldbodenvegeation in Tirol

Im Zuge der Bodenprobenwerbung für den Tiroler Bodenkataster (siehe Kapitel 7) wurden von allen 225 Probeflächen in Nordtirol auch Boden- und Vegetationsproben für die radiochemische Untersuchung gesammelt.

Bei der Probenahme wurde folgende Vorgangsweise gewählt:

Die Proben wurden innerhalb jeder Probefläche von 3 repräsentativen Profilgruben bzw. von der unmittelbar angrenzenden Bodenoberfläche gewonnen und tiefenstufenweise zu Mischproben vereint. Da eine möglichst detaillierte vertikale Gliederung des Bodens und der Vegetation bis zum Unterboden wünschenswert erschien, wurde folgende Zonierung gewählt:

- Gefäßpflanzen (Gräser, Kräuter, Zwergsträucher):
   soweit ausreichend vorhanden, flächenbezogene Werbung mittels
   Edelstahlrahmen
- niedere Vegetation (Flechten, Moose): flächenbezogene Werbung

### - Auflagehumus:

Je nach Mächtigkeit der Auflage 1 bis 8 Proben; Unterteilung von der Oberkante des Auflagehumus in 2x2,5cm, 3x5cm und 3x10cm Stufen bis zur Mineralbodenobergrenze; flächenbezogene Werbung

#### - Mineralboden:

Die Proben wurden aus folgenden Tiefenstufen gewonnen (Messung von der Mineralbodenoberkante aus: 0-5, 5-10, 10-20, 20-50 cm). Das Material wurde direkt aus der Profilwand entnommen, da wegen des hohen Grobskelettgehaltes eine flächenrichtige Werbetechnik nicht möglich war.

Die gewählte Probenahmetechnik ermöglicht die Korrelation mit bodenchemischen und -physikalischen Untersuchungsergebnissen.

## Probenvorbereitung und Meßmethoden:

Boden-, Auflagehumus und Vegetationsproben wurde bei 110 Grad C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Vom Mineralboden wurde der Feinboden kleiner 2 mm gemessen.

#### Zwei Meßverfahren wurden verwendet:

- Gesamtgammastrahlung mit Szintillationsverfahren (Natrium-Jodiddetektor) als Überblicksmessung (Doppelprobe 10 g, Meßzeit 3.000 s/Probe).
- Gamma-Spektroskopie mit Reinst-Germanium-Halbleiterdetektor (Einzelproben 50 g, Meßzeit 3.600 s/Probe).

Da die Messungen und Auswertearbeiten bei Redaktionsschluß noch nicht abgeschlossen waren, können nur erste Detailergebnisse wiedergegeben werden. Die Landesforstdirektion und das Institut für Radiochemie beabsichtigen, die Untersuchungsergebnisse nach Abschluß der Arbeiten gemeinsam zu veröffentlichen.

## Ergebnisse der Bodenmessungen

Bei den von Juli bis Oktober 1986 geworbenen Proben verteilte sich die Gammaaktivität der künstlichen Radionuklide Anfang 1987 folgendermaßen:

Isotop	Halbwertszeit	Anteil
Cs-137	30,3 Jahre	57-71 %
Cs-134	2,06 Jahre	12-24 %
Ru-106	368 Tage	17-19 %

Abb. 4 zeigt ein typisches Gammaspektrum einer Tiroler Waldbodenprobe nach Tschernobyl (oberster Mineralbodenhorizont 0-5 cm). Neben den natürlichen Radionukliden (Uran-Thorium-Zerfallsreihen, Kalium 40, Radium 226) sind die "Tschernobyl-Isotope" Cs-137 (10,3nCi/kg), Cs-134 (1,7 nCi/kg) und Ru-106 (2,5 nCi/kg) im Spektrum deutlich erkennbar.

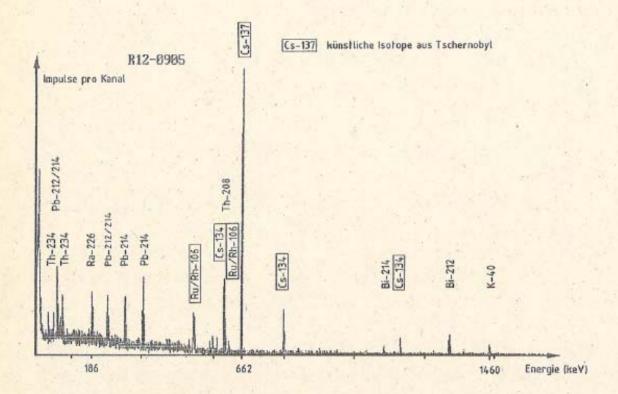


Abb. 4: Gammaspektrum einer Waldbodenprobe (Bodenprobenummer 1209, Kirchberg, oberster Mineralbodenhorizont 0-5 cm)

Die verschiedenen Radionuklide sind innerhalb der Bodenprofile sehr unterschiedlich verteilt. Waldböden bestehen im wesentlichen aus zwei Teilen:

Dem Auflagehumus, der aus verrottenden Nadeln, Blättern und Pflanzenteilen besteht, und dem Mineralboden, der durch Verwitterung und den Abbau von Biomasse entstanden ist. Waldböden stellen durch diesen Aufbau ein perfektes Recycling-System dar. Abb. 5 zeigt die typische Verteilung der Cs-137-Aktivität in verschiedenen Tiefenstufen in Tiroler Waldböden. Das CS-137 aus Tschernobyl war im Sommer 1986 noch zum allergrößten Teil im Auflagehumus sowie in der Moosdecke und in der Waldbodenvegetation konzentriert. Im Mineralboden wurde im allgemeinen weniger als ein Hundertstel der Cs-137-Aktivität der obersten Auflageschicht (O-2,5 cm) gemessen. In tieferen Bodenschichten ist häufig eine geringe Cs-137-Aktivität aus dem Fallout der Kernwaffentests der 60iger Jahre nachweisbar.

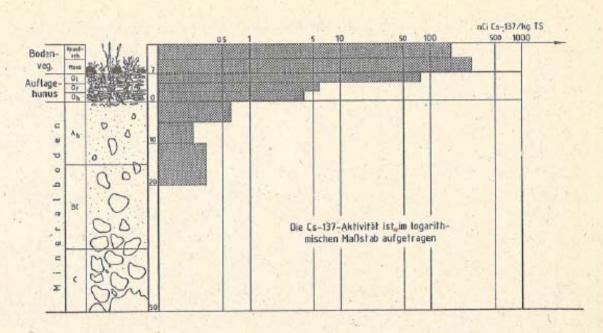


Abb. 5: Cs-137-Aktivität im Boden (Scharnitz, 1.220 m, Kalk-schuttrendsina)

In den nächsten Jahrzehnten werden sich die Radionuklide mit dem Niederschlagswasser in tiefere Bodenschichten verlagern. Diese Verlagerung wird in sandigen Böden rascher als in tonigen und humosen Böden vor sich gehen, da Cäsium und Strontium an Tonminerale und Humusteilchen gebunden werden. Wieviel Cs-137 und Sr-90 dann aus dem Waldboden von den Pflanzen aufgenommen werden, ist weitgehend unbekannt. Für Futtergräser z.B. werden in der Literatur mittlere Transferfaktoren für Cäsium von 0,02 und für Strontium von 0,80 angegeben (3). Das heißt, daß Futtergräser 2 % des im Boden befindlichen Cäsiums und 80 % des im Boden befindlichen Strontiums aufnehmen. Auf sauren Böden wurde eine starke Anreicherung von Cs-137 in Heidekraut und Heidelbeeren festgestellt (4).

Die im Sommer 1986 in der Waldbodenvegetation gemessenen Aktivitäten (Tab. 2) dürften noch zum allergrößten Teil auf den radioaktiven Niederschlag zurückgehen. Nur die rasch wachsenden Pilze haben je nach Art unterschiedlich viel Radioaktivität aus den Waldböden aufgenommen. In Tirol wurden vom Institut für Radiochemie folgende Cs-137-Aktivitäten in Pilzen gemessen:

Juli 1986: Durchschnitt 8,1 nCi, max. 164,3 nCi Cs-137/kg September 1986: Durchschnitt 6,3 nCi, max. 34,5 nCi Cs-137/kg

Tab. 2: Cs-137-Aktivität (nCi/kg Trockensubstanz) in Waldböden

(Auflagehumus, Mineralboden) und Bodenvegetation in Tirol

(kleinste, mittlere und höchste Meßwerte,

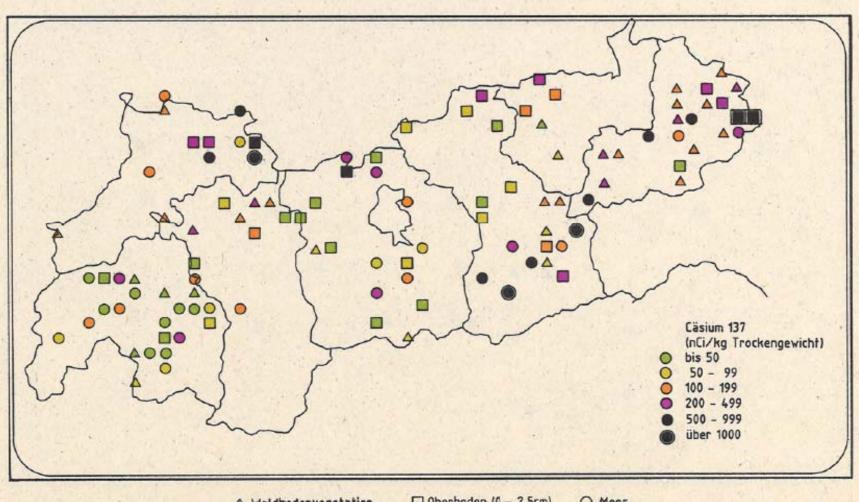
N = Anzahl der Proben)

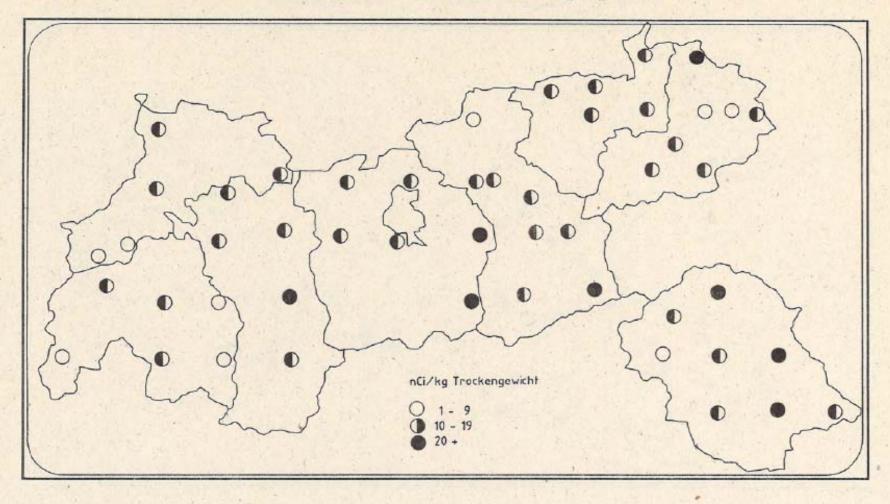
		Gebiet				
Vegetations- bzw	,	Bezirk	Bezirk			
Bodenschicht		Landeck	Kitzbühel	Zillertal	Nordtirol	
				ne e		
Waldbodenvege-	MIN	14	63	52	14	
tation (N=56)	MW	40	188	108	125	
	MAX	132	415	197	415	
Moose (N=49)	MIN	9		115	9	
	MW	83		570	280	
	MAX	304		1446	1446	
Auflagehumus	MIN	2	20		2	
0-2,5 cm Tiefe	MW	27	398		190	
(N=47)	MAX	55	1746		1746	
Mineralboden	MIN				0,1	
0-5 cm Tiefe	MW				5,0	
(N=44)	MAX				23,4	
Mineralboden	MIN				0,1	
5-10 cm Tiefe	MW	about,			0,9	
(N=37)	MAX				4,4	

(alle Werte in nCi Cs-137/kg Trockensubstanz)

Abb. 6 und Tab. 2 geben einen groben Überblick über die radioaktive Belastung der Tiroler Waldböden durch Cs-137 im Sommer und Herbst 1986. Die Karte ist unvollständig, da viele Proben noch nicht gemessen worden sind. In Abb. 6 sind die Cs-137-Aktivitäten im obersten Auflagehumushorizont (0-2,5 cm), in der Moosschicht bzw. der Bodenvegetation, also in den Bodenschichten mit der derzeit höchsten Be-

Abb. 6: Cäsium 137-Aktivität in Oberboden und Bodenvegetation





lastung angegeben (siehe Abb. 5). Im Mineralboden wurden bisher um vieles niedrigere Aktivitätswerte gemessen (Tab. 2), da die Radio-nuklide bisher nur ca. 5 cm in den Mineralboden eingedrungen sind:

Die Cs-137-Aktivität in Waldböden ist lokal sehr unterschiedlich und stimmt gut mit der Niederschlagsverteilung am 30.4. und 1.5.1986 in Tirol überein (siehe Abb. 3). In Gebieten, die von starken radioaktiv kontaminierten Niederschlägen betroffen waren, wie der Bezirk Kitzbühel, das hintere Zillertal und der Alpennordrand, ist die Cs-137-Aktivität in Waldböden auch am höchsten. Der mit Abstand höchste Wert (1.746 nCi Cs-137/kg TS) wurde in einer Auflagehumusprobe in Hochfilzen gemessen.

Die Ursache für die hohe radioaktive Belastung unserer Wälder ist in der Filterwirkung des Waldes für alle Schadstoffe in der Luft zu suchen. Die Nadel- bzw. Blattoberfläche von einem Hektar Waldbestand ist 20-60 mal größer als die einer gleich großen Wiese. Diese aktive Oberfläche des Waldes steht in engem Kontakt mit der Atmosphäre. Ein Hektar Waldbestand kann daher beispielsweise pro Jahr 30-60 Tonnen Staub aus der Luft filtern. Der mit der Filterwirkung verbundene hohe Schadstoffeintrag in den Wald ist letztlich auch die Ursache für das Waldsterben durch Luftverschmutzung.

Daß Waldbestände auch radioaktive Partikel aus der Luft auffangen, ist ebenfalls seit langem bekannt (5). Aus diesem Grund werden z.B. in den USA Kernkraftwerke nur genehmigt, wenn um den Reaktor eine ausreichende Waldausstattung vorhanden ist.

Aufgrund der Filterwirkung des Waldes wurden auf den Baumkronen mehr radioaktive Staubteilchen abgelagert als im Freiland. Die radioaktiv belasteten Niederschläge vom 30.4. und 1.5. wurden in Waldbeständen, dem Wasserrückhaltevermögen der Wälder entsprechend, in den Baumkronen (3-7 mm Niederschlag), in der Bodenvegetation und in der Moosschicht (5-10 mm Niederschlag) und im Auflagehumus (2mm Niederschlag je cm) aufgefangen. In diesen Teilen des Waldökosystems hat sich daher auch der allergrößte Teil der Radioaktivität angesammelt.

Größere Anteile der Radionuklide wurden auch in den Baumkronen auf-

gefangen. Im Oktober 1986 wurde im Zuge des Bioindikatornetzes (siehe Kapitel 6) vom Institut für Radiochemie der Universität Innsbruck auch die Gammaaktivität von Fichtennadeln gemessen (Abb. 7). Im Frühsommer wurden in Fichtennadelproben in Tirol durchwegs über 100 nCi Cs-137/kg gemessen. Diese Aktivität wurde offenbar zum größten Teil bereits im Laufe des Sommers von den Nadeln durch die Niederschläge abgewaschen. Im Oktober lag die Cs-137-Aktivität von Fichtennadeln in Tirol im Mittel nur mehr bei 15 nCi Cs-137/kg TS (min. 3 nCi, max. 58 nCi). Die derzeit in der Nadelmasse noch enthaltenen Radionuklide werden im Laufe der nächsten Jahre mit dem Nadelabfall und durch Abwaschung in den Boden gelangen.

Das weitere Verhalten und der Kreislauf der Radionuklide in Waldökosystemen sowie die Auswirkungen auf die Waldbestände sind noch weitgehend unerforscht. Die Beobachtung der Radioaktivität im Waldökosystem wird daher eine wichtige wissenschaftliche Aufgabe für die nächsten Jahrzehnte sein.

## 4.3 Untersuchungen der radioaktiven Belastung von Wild in Tirol

Um die Auswirkungen des radioaktiven Niederschlages nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl auf unser Wild zu untersuchen, wurden auch vom Umweltbundesamt, Abteilung Strahlenschutz, in Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut für Wildtierkunde in Wien und vom Institut für Radiochemie der Universität Innsbruck Gewebeproben von Wild aus dem Bundesland Tirol analysiert.

In der Hauptsache waren das Jodisotop 131 und die Cäsiumisotope 137 und 134 in größeren Mengen im Niederschlag vorhanden. Andere radio-aktive Stoffe spielten infolge ihrer kurzen Halbwertszeit bzw. ihrer geringen Menge eine geringe Rolle.

Jod 131 sammelt sich vor allem in der Schilddrüse an; Leber, Niere und Milz weisen deutlich niedrigere, die Muskulatur nochmals kleinere Konzentrationen auf. Jod war aufgrund seiner kurzen Halbwertszeit von 8 Tagen nur in den ersten Wochen nach dem Reaktorunfall in den Gewebeproben nachzuweisen (vgl. Tab. 3).

Ungleich ernster ist die Situation, bei der Belastung mit Cäsiumiso-

topen. Während Leber und Milz relativ gering belastet sind, weisen Nieren, vor allem aber die Muskulatur die höchsten Konzentrationen auf.

Tab. 3: Mittelwerte der radioaktiven Belastung von Wildfleisch aus Tirol in nCi/kg Fleisch (Messungen des Instituts für Radiochemie, Universität Innsbruck)

	Juni	Juli	August
J -131	1,44	0,00	0,00
Cs-137	14,08	11,00	7,59
Cs-134	6,90	5,41	3,73

Cäsium 137 hat eine physikalische Halbwertszeit von 30 Jahren, Cäsium 134 von 2 Jahren. Allerdings ist die Verweildauer von Cäsium im Organismus des Wildes (biologische Halbwertszeit) mit ca. 20 bis 40 Tagen relativ gering. Abb. 8 zeigt, daß die radioaktive Verseuchung von Gras in Tirol am Nordrand am stärksten war und von Osten nach Westen abnahm. Höhere Lagen waren allgemein stärker belastet. Besonders Gebiete, in denen es regnete, als die radioaktive "Wolke" über unserem Land lag, wurden stark betroffen.

Doz. Dr. Frieda Tataruch (Forschungsinstitut für Wildtierkunde) und Dr. Franz Schönhofer (Umweltbundesamt) zeigen in einem Bericht an konkreten Beispielen die zeitliche Abnahme und die örtlichen Unterschiede der Belastung von Wildtieren in Tirol auf. Demzufolge betrug die Cäsiumbelastung durch Cäsium 137 in der Muskulatur bei zwei Gemsen, die Ende Mai in Achenkirch erlegt wurden, 18,0 bzw. 23,0 nCi, während die Analyse einer Ende Juni im selben Gebiet erlegten Gams 5,3 nCi ergab und im Oktober an zwei Achentaler Gemsen 1,0 bzw. 7,6 nCi nachgewiesen wurden. Ende November wies die Muskulatur einer Gemse aus diesem Raum nur mehr 1,1 nCi Cs 137 auf.

Bei drei Rehen, die im Juni im Achental erlegt wurden, lag die Kontamination zwischen 9,5 und 18,9 nCi Cs 137.

Im Zillertal brachten Analysen an drei Rehen und drei Gemsen, die zur selben Zeit für Untersuchungszwecke erlegt wurden, höhere Ergeb-

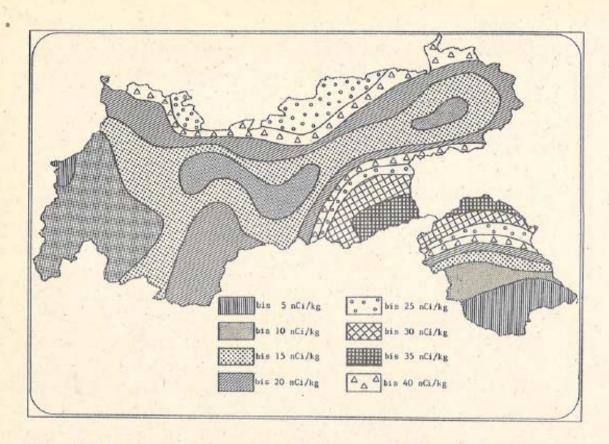


Abb. 8: Radioaktive Verseuchung von Gras durch Cäsium 137 (Messungen Mitte Mai in den Tallagen)

nisse, was auf stärkere Regenniederschläge Ende April/Anfang Mai in diesem Raum zurückzuführen ist. Bei Rehwild lagen die Analyseergebnisse zwischen 17,9 und 41,6 nCi und bei Gamswild zwischen 14,1 und 31,0 nCi Cs 137. Auch aus Meßergebnissen der Tiroler Landesveterinärdirektion geht hervor, daß in den Bezirken Kufstein, Kitzbühel und Schwaz teilweise sehr hohe Belastungen festzustellen waren, im westlichen Teil Tirols waren deutlich niedrigere Kontaminationswerte festzustellen. Bei einer Ende Juni vom Forschungsinstitut für Wildtierkunde untersuchten Gemse aus Ried im Oberinntal waren nur 2,6 nCi Cs 137 in der Muskulatur nachzuweisen.

Die Abhängigkeit der Belastung von der Seehöhe zeigen Analysenergebnisse, nach denen ein im Zillertal auf 1.600 m erlegter Gamsbock 14,1 nCi, ein gleichaltriger im selben Gebiet auf 2.400 m Seehöhe erlegter 31,0 nCi Cs 137 aufwies.

Infolge physiologischer Unterschiede und unterschiedlicher Äsungsauswahl waren auch deutliche tierartliche Differenzen festzustellen. Im selben Lebensraum wies Rehwild eine höhere radioaktive Belastung auf als Gams- und Rotwild.

Tab. 3 zeigt die Abnahme der durchschnittlichen radioaktiven Belastung des Wildbrets von Reh-, Gams- und Rotwildfleischproben aus ganz Tirol in den Monaten mit stärkster Belastung (Analysen: Institut für Radiochemie in Innsbruck).

In Tirol wurden 1986 aufgrund der radioaktiven Belastung des Wildbrets die Schonzeiten verlängert. Bis zum Aufheben des Jagdverbotes waren höchstens 16 nCi/kg Wildbret erlaubt. Mit Aufheben des Jagdverbotes fiel auch dieser Richtwert mit der Begründung, daß Wildfleisch ohnehin nur selten verzehrt wird.

#### Literatur

- (1) Umweltbundesamt
  "Tschernobyl und die Folgen für Österreich", Bundesministerium
  für Gesundheit und Umweltschutz, Wien 1986
- (2) KOLB et.al.: "Diskussion meteorolgischer Aspekte der radioaktiven Belastung in Österreich durch den Reaktorunfall in Tschernobyl", Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Heft 69, Wien 1986
- (3) HAUNOLD et.al.: "Die Nutzbarkeit radioaktiv kontaminierten Acker- und Weidelandes nach großräumigen Verstrahlungen in Abhängigkeit von der Zeit", Forschungsbericht, Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf 1982
- (4) Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung "Analytik und Ökolgie von Radionukliden und toxischen Elementspuren", GSF-Jahresbericht, München 1984
- (5) HERBST, W.: "Filter- und Schutzwirkungen des Waldes gegen radioaktive und andere Belastungen des Waldes". Der Forst- und Holzwirt 20, 1965

- (6) BRUNNER P., BOBLETER O.: "Der Kernreaktorunfall in Tschernobyl und seine Folgen in Österreich", Ö-Cheniz 6/1986 p. 186-192
- (7) IAEA: "The Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant and its Consequences" (Information compiled for the IAEA Experts Meltiy, Vienna, August 1986)
- (8) TATARUCH, F., SCHONHOFER, F.: "Untersuchungen der radioaktiven Belastung von Wildtieren in Tirol". Forschungsinstitut für Wildtierkunde der Veterinärmedizinischen Universität Wien und Umweltbundesamt, Abteilung Strahlenschutz, Wien 1986

### 5. DIE WALDZUSTANDSINVENTUR 1986, SCHADENSENTWICKLUNG SEIT 1984

Ziel der Waldzustandsinventur (WZI) ist die Erfassung der aktuellen Waldschadenssituation und der regionalen Verteilung der Schäden. Durch die jährliche Wiederholung der Aufnahme an identen Probebäumen kann die Zustandsveränderung zuverlässig festgestellt und die Schadensentwicklung auch in einzelnen Regionen verfolgt werden. So gewinnt die Zustandsinventur von Jahr zu Jahr an Aussagewert.

### 5.1 Untersuchungsmethode

### Die WZI - ein Stichprobenverfahren

Bei der Waldzustandsinventur handelt es sich um ein Stichprobenverfahren mit einem 4 x 4 km-Grundnetz, das im Inntal verdichtet wurde. Von den ursprünglich 264 Grundnetzpunkten mit durchschnittlich 40 markierten Probestämmen fielen 6 Probepunkte infolge Nutzung aus. Für 5 davon konnten nach den bestehenden Auswahlrichtlinien Erstzflächen gefunden werden. 1 Probepunkt wurde nicht mehr eingerichtet. Sonst wurden bis auf geringe Abweichungen infolge natürlichen Ausfalls einiger Stämme durch Kronenbruch, Windwurf oder Nutzung dieselben Probestämme nach den bei der Erstaufnahme vorgegebenen Kriterien angesprochen.

Die Zahl der aufgenommenen Probeflächen und der beurteilten Stämme ist in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Datenumfang der WZI 1986

Anzah1	der Probeflächen	299
	davon Grundnetz	263
	davon Verdichtungspunkte	36
Anzah1	beobachteter Bäume	11.758
	davon Grundnetz	10.302
	davon Verdichtungspunkte	1.456

Der Nadel-/Blattverlust - das wichtigste Merkmal für die Schadensansprache

Der Gesundheitszustand der Bäume kann ebensowenig in einer Messung ausgedrückt werden wie der Gesundheitszustand des Menschen. Die Bäume müssen anhand von Schadsymptomen beurteilt werden. Das wichtigste Erhebungsmerkmal für die "Diagnose" bildet dabei die Verlichtung der Baumkrone. Der Nadel-/Blattverlust wird in einer okularen Ansprache mit dem Fernglas angeschätzt, jeder Stamm wird nach dem Grad der Verlichtung den Schadstufen 1 bis 5 zugeordnet:

- Stufe 1: keine Verlichtung, gesund, nicht geschädigt, Nadel-/Blattverlust 0 - 10 %
- Stufe 2: leichte Verlichtung, kränkelnd, leicht geschädigt, Nadel-/Blattverlust 11 - 25 %
- Stufe 3: mittlere Verlichtung, krank, mittelstark geschädigt, Nadel-/Blattverlust 26 - 60 %
- Stufe 4: starke Verlichtung, absterbend, stark geschädigt, Nadel-/Blattverlust 61 - 99 %
- Stufe 5: abgestorben, Nadel-/Blattverlust 100 %

Neben der Kronenverlichtung werden auch Nadel-/Blattverfärbungen beurteilt und die Bäume auf sonstige Schäden und Schädlingsbefall untersucht.

## 5.2 Durchführung der WZI und Auswertung

Die jährliche Schadensentwicklung kann nur dann richtig ausgewiesen werden, wenn die Kronenansprache von Jahr zu Jahr gleich bleibt. Um diese Kontinuität zu wahren, wurde wie in den Vorjahren vor Beginn der Inventur ein intensives zweiwöchiges Aufnahmetraining mit Hilfe von Fotos und Eichflächen durchgeführt. Die Kronenansprache wurde wie in den Vorjahren im gleichen Zeitraum in den Monaten Juli und August vom selben bereits erfahrenen Forstpersonal abgewickelt. Die im Sommer erhobenen Daten wurden in der Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien und in Zusammenarbeit mit dem Amt der Tiroler Landesreglerung, Abteilung VIa/EDV ausgewertet.

### 5.3 Schadenssituation und Schadensentwicklung

Der Gesundheitszustand des Tiroler Waldes hat sich weiter verschlechtert. In Tirol sind mittlerweile 38 % des über 60 Jahre alten Waldbestandes sichtbar geschädigt. 29 % der Bäume weisen leichte, 7 % mittelstarke Schäden auf. 2 % sind entweder stark geschädigt oder tot (siehe Tab. 2).

Der Vergleich mit den Inventuren 1984 und 1985 zeigt eine jährliche Zunahme der Waldschäden um 4 Prozentpunkte. Wenn sich auch dieser Schadensanstieg auf die Stufe 2 - schwache Verlichtung - beschränkt, so ist doch eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Schäden zu verzeichnen.

Umgerechnet auf die Tiroler Waldfläche sind ca. 137.000 ha von 437.000 ha Hochwaldfläche geschädigt. Dies bedeutet, daß die Schadfläche seit 1984 um ca. 29.000 ha zugenommen hat. Bei dieser Fläche handelt es sich allerdings um eine "ideelle" Waldfläche, da die Schäden nicht auf ein Gebiet konzentriert sondern über den gesamten Wald verteilt sind. Jeder geschädigte Baum bildet mit seiner Grundfläche einen Teil dieser "ideellen" Schadensfläche. Bei der Waldzustandsinventur werden derzeit Bestände unter 60 Jahren nicht erfaßt. Sie wurden bei dieser Flächenberechnung als ungeschädigt betrachtet, obwohl zumindest in den Hauptschadensgebieten diese Annahme nicht mehr zutrifft.

#### Die Schäden an den einzelnen Baumarten

Die Ergebnisse der WZI für die einzelnen Baumarten sind in Tab. 2 zusammengestellt. Die Tanne ist am stärksten von den Schäden betroffen. Zwei Drittel unserer Tannen sind nicht mehr gesund. Überdurchschnittlich starke Schäden zeigen auch Kiefern und Buchen.

Im Vergleich zu den Vorjahren hat sich der Zustand aller Baumarten verschlechtert. Dabei ist für die Hauptbaumart Fichte ein Schadensanstieg unter dem Gesamtdurchschnitt zu verzeichnen, während er bei den übrigen Baumarten mehr als 4 Prozentpunkte beträgt. Am stärksten haben die Kronenverlichtungen von 1984 bis 1986 bei Buche, Lärche, Kiefer und Zirbe zugenommen (siehe Tab. 2 und Abb. 1).

Tab. 2: Gesundheitszustand der einzelnen Baumarten in Beständen über 60 Jahre (in % der Bestandesgrundfläche) in Tirol

Baumart	Jahr	1		stufen 3	4+5	
paumart	Janr	gesand ungeschildigt	2 leicht geschidigt	mittelst. geschädigt	stark gesch. + tot	gesamt geschädigt
	1984	68	24	7	1	32
Fichte	1985	65	27	7	1	35
	1986	62	30	7	1	38
1 5	1984	46	32	17	5	54
Tanne	1985	43	33	19	5	57
18.42	1986	38	41	16	5	62
th	1984	94	5	1-1-7	1	6
Lärche	1985	84	15	1	0	16
	1986	79	18	2	1	21
	1984	78	20		2	22
Kiefer	1985	66	27	6	1	. 34
	1986	58	35	6	1	42
	1984	95	5	4 2 2 5	0	5
Zirbe	1985	93	7	0	0	7
	1986	85	12	3	0	15
4	1984	60	27	11	2	40
Buche	1985	55	33	10	2	- 45
	1986	45	44	9	2	55
	1984	70	21	7	2	30
alle BA	1985	66	25	7	2	34
	1986	62	29	7	2	38

Baumartenverteilung (WZI 1986): 66 % Fichte, 6 % Tanne, 11 % Lärche, 6 % Kiefer 3 % Zirbe, 7 % Buche, 1 % sonstige Laubhölzer

#### Die Schäden in den Bezirken

Die Waldschäden verteilen sich nicht gleichmäßig über ganz Tirol. Am stärksten sind die Schäden in den Nordalpen, im Inntal von Erlbis Telfs und im Wipptal. Bei bezirksweiser Betrachtung - die Bezirke Landeck und Imst, Innsbruck Stadt und Land, Kufstein und Kitz-

Tab. 3: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre in den Bezirken (in % der Bestandesgrundfläche) in Tirol

D-1-1	Total	1		2	4.6	The second second
Bezirk	Jahr	gesund ungeschädigt	2 leicht geachädigt	mittelst. geschädigt	4+5 stark gesch. + tot	gesamt geschädig
	1984	57	24	16	3	43
Reutte	1985	49	32	16	3.	51
	1986	44	35	17	4	. 56
	1984	85	10	4	1	15
Landeck u. Imst	1985	76	20	3	1	24
THISC	1986	75	21	3	1	25
We will	1984	67	28	. , 4	1	33
Innsbruck Stadt u. Land	1985	68	26	. 5	1	32
Scare di Land	1986	60	34	5	1	40
	1984	62	29	7	2	38
Schwaz	1985	62	29	7	2	38
	1986	59	32	8	1	41
	1984	67	24	7	2	33
Kufstein u. Kitzbühel	1985	61	30	8	1	39
	1986	55	37	7 "	1	45
	1984	83	15	2	0	17
Lienz -	1985	78	18	3	1	22
	1986	76	19	4	1	24
	1984	70	21	. 7	2	30
Gesamt Tirol	1985	66	25	7	2	34
	1986	62	29	7	2	38

bühel wurden zusammengefaßt, um eine genügend große Stichprobenanzahl zu erhalten - ergibt sich für den Bezirk Reutte mit 56 % geschädigter Bestandesgrundfläche das höchste Schadensausmaß, gefolgt von Kufstein - Kitzbühel mit 45 %. Gerade in diesen meistbetroffenen Bezirken ist die Schadenszunahme von 1984 auf 1986 mit 13 bzw. 12 Prozentpunkten am höchsten. In den weniger geschädigten Gebieten Oberland und Osttirol hat sich die deutliche Zunahme von 1984 auf 1985 im Jahre 1986 nicht mehr wiederholt (siehe Tab. 3 und Abb. 2).

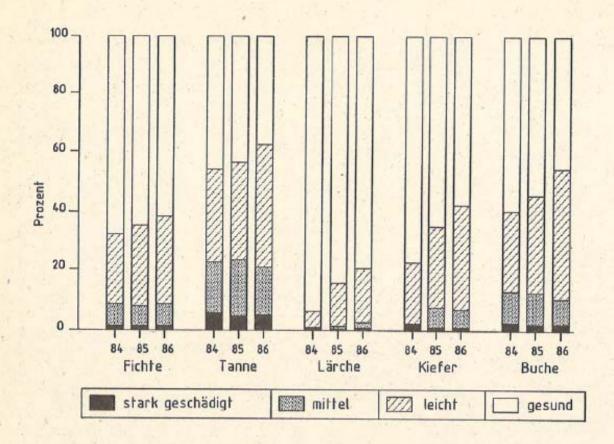
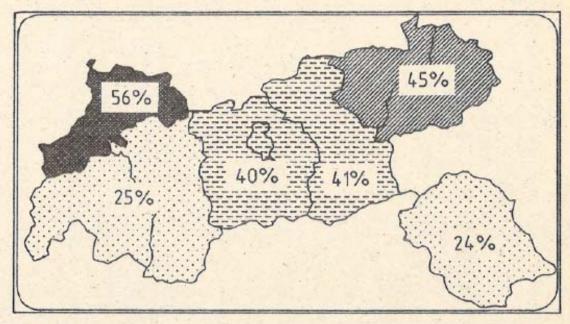


Abb. 1: Verteiung der Schäden bei den Hauptbaumarten (WZI 1986)

Der durchschnittliche Kronenverlichtungsgrad der Probeflächen

Die Abb. 3 zeigt die Lage der Probeflächen. Für jede Probefläche wurde aus den Schadstufen der einzelnen Bäume der durchschnittliche Kronenverlichtungsgrad errechnet und in 4 Abstufungen dargestellt. Je höher dieser ausfällt, desto schlechter ist der Waldzustand. Bei einem Verlichtungsgrad von 1,0 bis 1,2 ist der Wald gesund, die Verlichtungen gehen über ein natürliches Ausmaß nicht hinaus. Bei einem Kronenverlichtungsgrad von 1,2 bis 1,5 kann man von einer schwachen Schädigung sprechen. Ab 1,5 ist der Wald bereits deutlich und über 1,8 stark geschädigt.

Der Verlichtungsgrad allein gibt allerdings keine Auskunft über die Ursachen der Schädigung, dazu müssen weitere Untersuchungen durchgeführt werden. Auch kann daraus nicht unmittelbar eine gebietsbezogene Aussage getroffen werden, der Verlichtungsgrad gilt nur am jeweiligen Probepunkt. Durch unterschiedliche Immissionssituationen und verschiedene Standorts- und Bestandesfaktoren kann sich der Gesund-



Zunahme der Schäden von 1984 bis 1986

WZI 1984 - 86

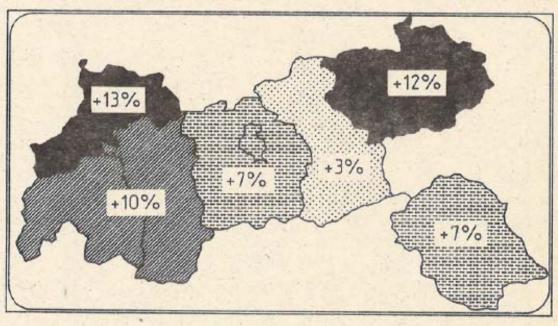
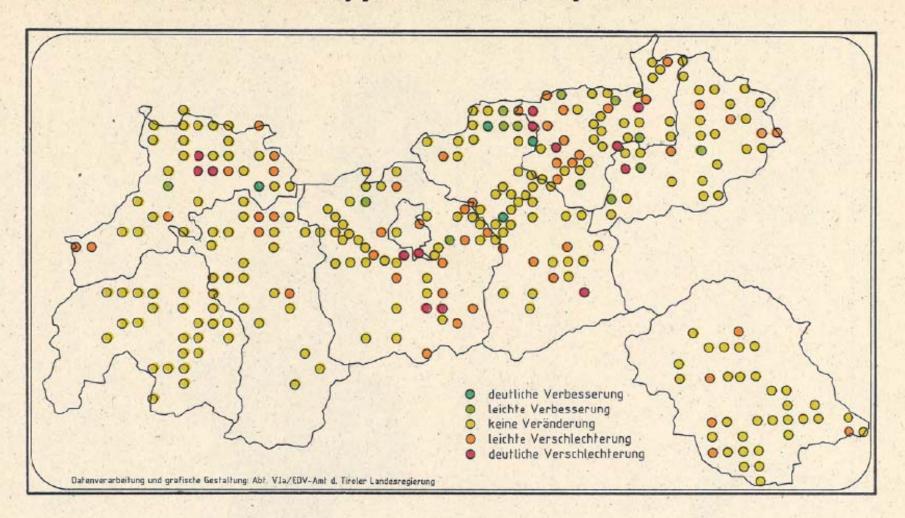
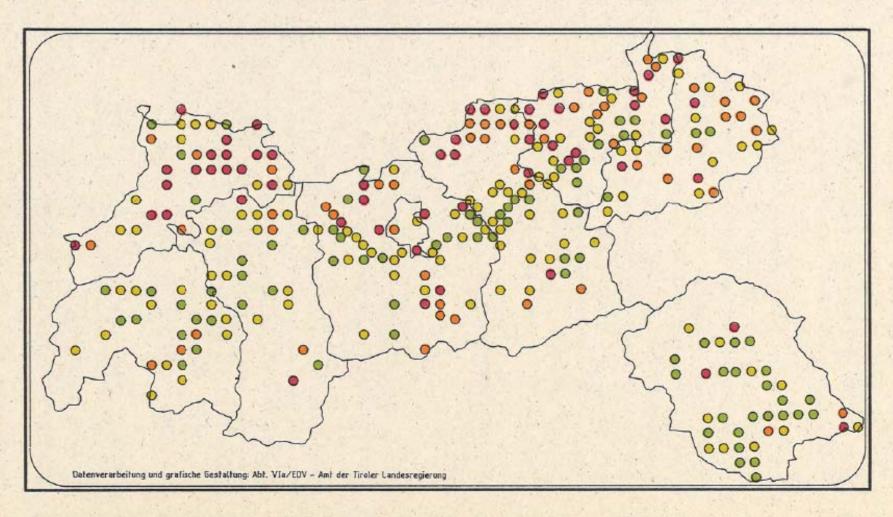


Abb. 2: Verteilung der Waldschäden in den Bezirken und Zunahme der Schäden von 1984 bis 1986

Abb. 4: Durchschnittlicher Kronenverlichtungsgrad der Probeflächen: Vergleich 1985 – 1986





- Verlichtungsgrad 1,0 1,2 gesund
- Verlichtungsgrad 1,21 1,5 leichte Schädigung
- Verlichtungsgrad 1,51 1,8 mittlere Schädigung
- Verlichtungsgrad 1,8 + starke Schädigung

heitszustand des Waldes kleinräumig ändern. Erst durch die Häufung von Probepunkten mit hohen Verlichtungsgraden - wie sie die Karte (Abb. 3) für die Nordalpen, das Inn- und Wipptal zeigt - kann auf Hauptschadensgebiete geschlossen werden.

Die Abb. 4 zeigt die Veränderungen der Verlichtungsgrade von 1985 auf 1986. Bei den Probeflächen "ohne Veränderungen" sind die Abweichungen so klein, daß sie innerhalb der Aufnahmegenauigkeit liegen. Verbesserungen zeigen nur wenige, deutliche Verbesserungen nur 4 Probeflächen. Die Verschlechterungen – vor allem die deutlichen Verschlechterungen – konzentrieren sich auf die dicht besiedelten und stark verkehrsbelasteten Teile Tirols, insbesondere das Innund Wipptal. In den Nordalpen haben die Schäden in den stark geschädigten Beständen weiter zugenommen. In den veniger immissionsbelasteten Gebieten, wie im Oberland und in Osttirol, ergeben sich nur wenige Veränderungen gegenüber dem Vorjahr.

### 5.4 Schlußbemerkungen

Zusammenhänge zwischen Kronenverlichtungen und verschiedenen Standorts- und Bestandesfaktoren wurden bereits im Zustand der Tiroler Wälder, Bericht an den Tiroler Landtag 1985 und 1986 untersucht. In diesem Zusammenhang sei auf diese beiden Berichte verwiesen.

Das Waldsterben ist nicht nur durch eine Ursache allein erklärbar. Verschiedene Schadensursachen sind daran beteiligt und überlagern sich gegenseitig. Je schwieriger die Standortsbedingungen für einen Baum sind, desto anfälliger ist er für äußere Schadeinflüsse. Es genügen geringe Schadstoffkonzentrationen, die dauernd auf den Wald einwirken, oder wenige Spitzenbelastungen, um ein so kompliziertes Ökosystem wie den Wald aus dem Gleichgewicht zu bringen.

Im Kampf gegen das Waldsterben sind nicht nur das Schadensausmaß und die -zunahme zu berücksichtigen. Hauptaugenmerk ist auf den Umfang und das Ausmaß zukünftiger möglicher Folgeschäden zu richten. Es ist zu bedenken, daß die Schutzwirkung unseres Gebirgswaldes von existentieller Bedeutung ist und bereits bei relativ geringer Schädigung zurück- oder verlorengeht.

#### 6. NADELANALYSEN AUF SCHWEFEL - ERGEBNISSE DES BIOINDIKATORNETZES

#### 6.1 Das österreichische Bioindikatornetz

Das österreichische Bioindikatornetz in Tirol umfaßt Probepunkte in einem 16x16 km Raster. Aufgrund des weiten Rasters sind die Hauptbelastungsgebiete jedoch unterrepräsentiert. Aus diesem Grund wurde in Tirol neben dem österreichischen Bioindikatornetz noch ein verdichtetes "Tiroler Netz" angelegt. Die Ergebnisse 1986 lagen bei Redaktionsschluß dieses Berichtes leider noch nicht vor. 1986 wurden 49 Grundnetzpunkte beerntet, wobei jeweils Aste von zwei benachbarten Bäumen entnommen wurden. Die Proben wurden vom Landesforstdienst den Vorschriften der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen entsprechend geworben und die Nadeljahrgänge vorschriftsmäßig aufgetrennt. Das Institut für Immissionsforschung und Forstchemie an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien führte die Schwefelanalysen durch. Für die Beurteilung der Schwefelwerte der zwei untersuchten Nadeljahrgänge (NJ) der einzelnen Probepunkte wurden die Schwefelwerte (Durchschnittswert der zwei benachbarten Probebäume) des Nadeljahrgangs 1 und 2 Klassen mit Tabelle 1 angeführten Grenzen zugeordnet.

Tab. 1: Grenzen für die Klassifizierung der Schwefelgehalte der Nadeljahrgänge 1 und 2

	% S im Nadeljahrgang				
Klasse	1	2			
1	< 0,081	<'0,101			
2	0,081 - 0,110	0,101 - 0,140			
3	0,111 - 0,150	0,141 - 0,190			
4	> 0,150	> 0,190			

Die mittleren Schwefelgehalte der 49 Grundnetzpunkte, die 1986 bearbeitet wurden, lagen im Nadeljahrgang 1 zwischen 0,068 und 0,111 %S und im Nadeljahrgang 2 zwischen 0,065 und 0,117 %S. Nur an einem Punkt kam es 1986 im 1. Nadeljahrgang zu einer absoluten Überschrei-

tung der Grenzwerte der 2. Forstverordnung für Schwefel laut §5(1)b. Bei Beurteilung der angeführten Klassenwerte bzw. Gesamt-klassifikationen ergibt sich folgende Häufigkeitsverteilung der 49 Probepunkte:

Tab. 2: Gesamtklassifikation 1986 - Grundnetz

G	esamtklassifil	kation	Zah1	der	Punkte
1	(keine Schwei	felbelastun;	g)	19	
2	(leichte	-"-)		29	
3	(starke	-"-)	12.0	1	
4	(sehr starke	-"-)		0	

Bei 19 Probepunkten wurde die Gesamtklassifikation 1 festgestellt, das heißt keine Überschreitung der Schwefelgrenzwerte gemäß 2. Forstverordnung. Die Gesamtklassifikation 2 wurde an 29 Probepunkten festgestellt, das heißt im 1. und/oder 2. Nadeljahrgang treten relative Überschreitungen gemäß 2. Forstverordnung §5(1)a auf. An einem Probepunkt wurde die Gesamtklassifikation 3 erreicht, das heißt absolute Überschreitungen der Grenzwerte für Schwefel laut 2. Forstverordnung §5(1)b. Für eine Abschätzung der Entwicklung in den Jahren 1983 bis 1986 stehen die Werte von 43 Grundnetzpunkten, die in allen Jahren bearbeitet wurden, zur Verfügung. In den bisherigen vier Untersuchungsjahren ergaben sich folgende Häufigkeitsverteilungen der Gesamtklassifikationen:

Tab. 3: Gesamtklassifikationen 1983-1986

Jahr	Gesamtklassifikationen					
	1	2	3	4		
1983	2	37	4	0		
1984	34	9	0	0		
1985	26	15	2	0		
1986	17	25	1	0		

Gegenüber 1984 und 1985 ergab sich zwar ein Anstieg der Zahl der Punkte mit einer Gesamtklassifikation 2 und ein entsprechender Rückgang bei der Gesamtklassifikation 1, eine Grenzwertüberschreitung ergab sich aber 1986 nur an einem Punkt. Diese Entwicklung dokumentiert sich auch bei den in der folgendenen Zusammenstellung enthaltenen Mittelwerten des Nadeljahrganges 1 der 43 Grundnetzpunkte; wie aus den Bereichen des Schwefelgehaltes dieser Zusammenstellung zu ersehen ist, gingen die Maximalwerte im Nadeljahrgang 1 und 2 1986 gegenüber dem Vorjahr und gegenüber 1983 deutlich zurück:

Bereich der Schwefelgehalte (Durchschnittswerte der 2 Probebäume) und Nadeljahrgangsmittelwerte der von 1983 bis 1986 bearbeiteten 43 Tiroler Grundnetzpunkte in % Schwefel

Jahr	Nadeljahrgang 1		Nadeljahrgang 2		
	Bereich	Mittel	Bereich	Mittel	
1983	0,069 - 0,137	0,097	0,075 - 0,144	0,104	
1984	0,055 - 0,099	0,072	0,061 - 0,129	0,082	
1985	0,058 - 0,132	0,080	0,067 - 0,152	0,090	
1986	0,068 - 0,111	0,086	0,065 - 0,116	0,084	

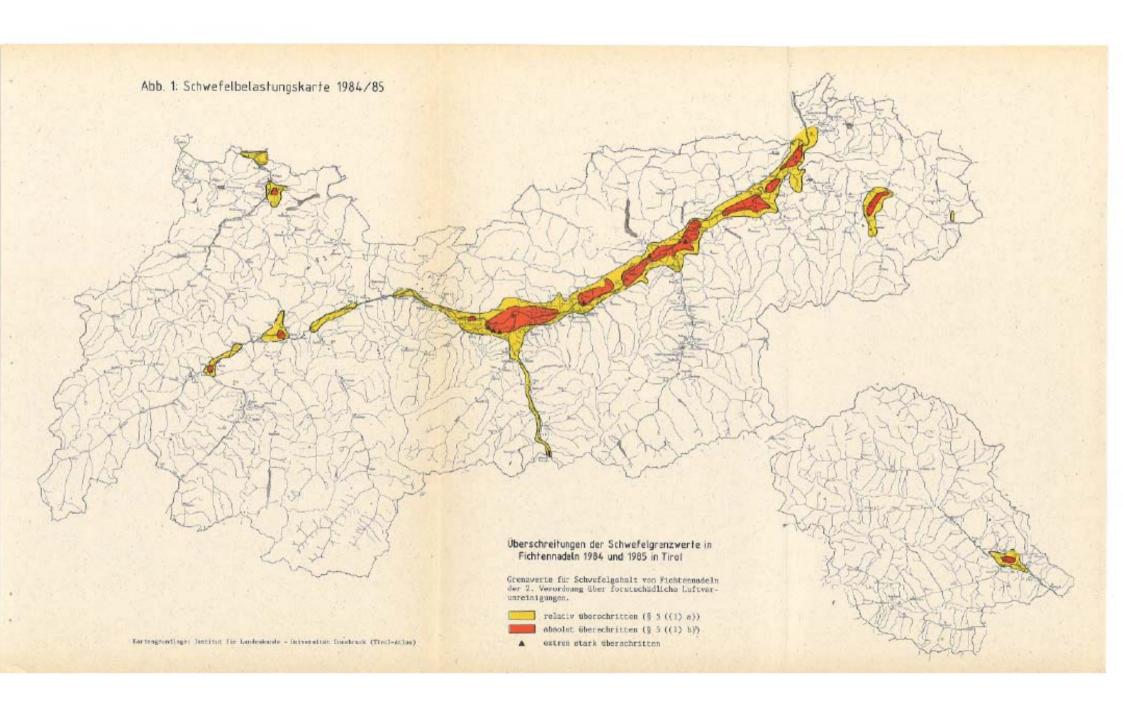
Trotz der Zunahme der Zahl der Punkte mit einer Gesamtklassifikation 2 im Jahre 1986, ist für das Tiroler Grundnetz im Berichtsjahr eine Verminderung stärkerer SO2-Immissionseinwirkungen anzunehmen, wenn man den Rückgang der Grenzwertüberschreitungen und der Maximalwerte in Betracht zieht.

#### 6.2 Schwefelbelastungskarte Tirol

Da von 1986 bisher nur die Daten des Bioindikatorgrundnetzes vorliegen, ist lediglich eine Trendaussage möglich. Für die flächenhafte Darstellung werden somit die Nadelanalysenergebnisse von 1984 und 1985 herangezogen; in diesen zwei Jahren wurden 405 (1984) und 540 (1985) Probebäume beerntet. Die Ergebnisse der Nadelanalysen von 1984-1985 sind in Abb. 1 in Form von Schwefelbelastungszonen grob dargestellt. Die Schwefelbelastungskarte 1984/85 zeigt sehr deutlich Ausmaß und Intensität der Schwefelbelastung in Tirol. An Hand des Schwefelgehaltes an den verschiedenen Probepunkten und deren räumlicher Verteilung konnten vier Zonen abgegrenzt werden.

- 1. Zone ohne Grenzwertüberschreitungen
- 2. Zone mit relativen Grenzwertüberschreitungen
  - (2. Forstverordnung § 5 (1) a) gelb
- 3. Zone mit absoluten Grenzwertüberschreitungen
  - (2. Forstverordnung § 5 (1) b) rot
- 4. Extrem starke Grenzwertüberschreitungen schwarze Dreiecke

Auch außerhalb dieser Zonen können fallweise Schwefelbelastungen z.B. durch Ferntransport oder winterliche Wohnraumbeheizung auftreten. Da die Schwefelbelastung ein, jedoch nicht der alleinige Grund für den schlechten Waldzustand in Tirol ist, können aus dieser Karte nicht gleichzeitig die Gebiete mit Waldschäden ersehen werden.



#### 7. STAND DER WALDBODENUNTERSUCHUNG IN TIROL

Um möglichst exakte Informationen über das Gefährdungspotential der Tiroler Böden zu erarbeiten, wurde im Jahre 1986 nach einem Beschluß der Tiroler Landesregierung mit der Einrichtung eines Bodenkatasters begonnen, der nach Fertigstellung sämtliche land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen Tirols erfassen soll. Ziel dieses Bodenkatasters ist es, eine breite Datenbasis für Maßnahmen des Bodenschutzes zu liefern. Diese Maßnahmen sollen sicherstellen, daß unsere Böden ihre für unsere Gesellschaft lebenswichtigen Funktionen auch in Zukunft erfüllen können.

Die im Abstand von 5 Jahren zu wiederholenden Erhebungen sollen die Möglichkeit bieten, jedwede Veränderung des physikalischen und chemischen Bodenzustandes sicher und rechtzeitig erkennen zu können. Neu auftretende Fragestellungen sollen durch die Anlage einer Probenbank, in der altes Probenmaterial jederzeit für Vergleichsuntersuchungen zur Verfügung steht, geklärt werden können.

Die besondere Wichtigkeit der Einbeziehung der Waldböden in dieses Bodenbeobachtungsprogramm ergibt sich vor allem aus den im Vergleich zur Landwirtschaft noch weitgehend geschlossenen Nährstoffkreisläufen unserer Wälder. Auf der einen Seite werden Düngemittel, Insektizide und Pestizide in den Waldbeständen kaum eingesetzt, auf der anderen Seite sind die Nährstoffentzüge durch die Holzernte meist sehr gering, insbesondere bei der in Tirol vorherrschenden Derbholznutzung mit langen Umtriebszeiten. Fragen der immissionsbedingten Bodenversauerung und der damit verbundenen Freisetzung giftiger Metallionen sowie der Anreicherung von Schwermetallen im Boden können deshalb besonders gut in Waldböden untersucht werden. Bei landwirtschaftlichen Böden erschweren die vielfältigen Bewirtschaftungsmaßnahmen, von der Kalkung über Bodenbearbeitung, Fruchtwechsel und Einsatz von Düngemitteln, den Nachweis immissionsbedingter Bodenzustandsveränderungen. Hinzu kommt noch, daß der Schadstoffeintrag aus der Luft, bedingt durch die höhere Filterwirkung der Waldbestände, auch absolut größer ist als bei den landwirtschaftlichen Flächen. Ein weiterer Vorteil bei der Untersuchung von Zustandsveränderungen des Bodens stellt die weitgehend naturnahe Zusammensetzung der Vegetation in den Waldbeständen dar, die sich im Laufe des Bestandeslebens nur allmählich und meist nur unwesentlich verändert. Eine deutliche Veränderung der Artenzusammensetzung kann deshalb meist auch als Indikator für Bodenzustandsveränderungen dienen.

Durch das gewählte Stichprobenverfahren, das die Probepunkte der Waldzustandsinventur gleichzeitig auch als Probeflächen für den Waldbodenkataster verwendet, können Zusammenhänge zwischen dem Schädigungsgrad des Bestandes und dem Bodenzustand detailliert untersucht werden.

Ein weiterer Fragenkomplex, der mit Hilfe des Tiroler Waldbodenkatasters beantwortet werden soll, steht in Zusammenhang mit der radio-aktiven Belastung unserer Waldböden nach der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl. Neben der regionalen Verteilung der Belastung in Tirol sollen die Verlagerung der radioaktiven Spaltprodukte im Boden und die daraus resultierenden Risken (Grundwassergefährdung, Belastung der Vegetation) abgeschätzt werden können. Zu diesem Zweck wurden von allen Probepunkten Boden- und Vegetationsproben für die radiochemische Untersuchung geworben und am Institut für Radiochemie der Universität Innsbruck analysiert (siehe Kap. 4).

Um all diesen Anforderungen Rechnung tragen zu können, war es notwendig, einerseits speziell auf Waldböden zugeschnittene Verfahren bei Außenaufnahme und Analyse zu verwenden und andererseits die Vergleichbarkeit mit den landwirtschaftlichen Nutzflächen soweit als möglich zu gewährleisten. Äußerst wichtig erschien die Möglichkeit eines Vergleichs der gewonnenen Daten mit ähnlichen Untersuchungen in anderen Bundesländern und im benachbarten Ausland. Aus diesen Gründen wurden die Empfehlungen der Arbeitsgruppe Waldbodenuntersuchung der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, die 1985/86 im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft ausgearbeitet wurden, soweit als möglich bei der Geländeaufnahme, Probenahme und Analyse berücksichtigt.

Mit der Schaffung des Tiroler Waldbodenkatasters wird ein wesentlicher Bestandteil des Schadstoff - Monitoring Konzeptes des Österreichischen Forstvereins in Tirol verwirklicht. In diesem Konzept werden periodische Bodenuntersuchungen auf allen Grundnetzpunkten der Waldzustandsinventur und die Einrichtung einer Probenbank gefordert.

#### Auswahl der Probeflächen:

Da Aussagen über den Zustand und die Veränderung der Tiroler Waldböden gemacht werden sollen, ergab sich zwingend eine nach statistischen Kriterien zufällige Auswahl der Probeflächen. Nur auf diese Art können die unterschiedlichen Bodenformen und Standortstypen analog ihres Anteils an der Landesfläche repräsentiert werden. Eine subjektive Auswahl (z.B. nach typischen Standorten) würde einzelne Standortstypen gegenüber anderen über- oder unterbewerten.

Es war daher naheliegend, die Rasterpunkte der Waldzustandsinventur als Probeflächen zu verwenden, da hier bereits wertvolle Vorarbeit bei der Flächenauswahl und der Kennzeichnung der Probepunkte geleistet worden war. Überdies liegen von allen Flächen bereits mehrjährige Beobachtungsreihen über den Waldzustand und die Bestandesverhältnisse vor.

Im Zeitraum 7.7.1986 - 17.10.1986 wurden deshalb Boden- und Vegetationsproben von 225 WZI-Probeflächen (4x4 km-Raster) in ganz Nordtirol genommen. Im Sommer 1987 ist eine Beprobung der 39 Probeflächen in Osttirol vorgesehen.

#### Geländeaufnahme:

Sämtliche für die Waldzustandsinventur bereits erhobenen Standortsund Bestandesdaten können für die Auswertung des Bodenkatasters verwendet werden. Zusätzliche Informationen waren nur bei Wasserhaushalt, Geologie, Vegetation und der Bodenansprache notwendig.

Bei der Vegetationsaufnahme wurden alle Pflanzenarten innerhalb eines Probekreises mit 10 m Radius nach ihrem Deckungsgrad erfaßt. Diese Vorgangsweise soll etwaige Veränderungen der Artenzusammensetzung (z.B. Einwanderung von Säure- oder Stickstoffzeigern) bei Folgeaufnahmen dokumentieren und so die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen ergänzen.

Auch die im Gelände durchgeführten Bodenbeschreibungen nach einfachen Merkmalen und die möglichst exakte Aufnahme des geologischen Untergrundes dienen der besseren Interpretation der Analysenergebnisse.

# Probenahme:

Von jeder Probefläche wurden getrennte Proben für die chemischen und die radiochemischen Untersuchungen geworben. Die Tiefenzonierung ist so gewählt, daß Korrelationen zwischen Nährstoff- und Schwermetallgehalten einerseits und dem Gehalt an Radionukliden andererseits berechnet werden können. Jede analysierte Probe wurde als Mischprobe von mindestens drei im Probebestand verteilten Entnahmestellen gewonnen. Gestörte Bodenprofile (z.B. alte Wurzelstöcke, Windwurfteller) sowie vom herrschenden Standortstyp stark abweichende Kleinstandorte (z.B. kleine Naßgallen, Felsrippen) wurden nicht beprobt.

Gefäßpflanzen, Flechten und Moose, sowie der Auflagehumus wurden mit Hilfe eines Edelstahlrahmens (30x30 cm) flächenrichtig geworben. Beim Mineralboden war eine flächengerechte Werbemethode wegen des oft sehr hohen Skelettanteils der Waldböden nicht möglich. Das Probenmaterial wurde deshalb aus der Profilwand der maximal 50 cm tiefen Profilgruben mit einem Schäufelchen tiefenstufenweise entnommen.

Die Bodenproben wurden in Plastiksäckchen abgefüllt und noch am selben Tag in einem kühlen Raum zwischengelagert. Um etwaige Umsetzungsvorgänge raschest zu unterbinden, wurden die Proben an der Landwirtschaftlich-chemischen Untersuchungsstelle Rotholz spätestens 3 Wochen nach der Probenahme bei 30 bis 40 Grad Celsius 3 Tage lang luftgetrocknet, gesiebt und erst dann bis zur endgültigen Analyse archiviert. Da wesentliche Teile der Laborausstattung an der Landwirtschaftlich-chemischen Untersuchungsstelle Rotholz erst im Winter 1986/87 installiert wurden und die Analysenarbeit zur Zeit erst im Anlaufen ist, können zur Zeit noch keine Ergebnisse präsentiert werden.

# 8. WALDSCHÄDEN IN DEN NACHBARLÄNDERN

# 8.1 Aufnahmemethodik und Vergleichbarkeit der Ergebnisse

Tirol arbeitet bei der Erfassung und Untersuchung der "neuartigen Waldschäden" mit den Nachbarländern zusammen. Eine Plattform für den Informationsaustausch bildet die "Arbeitsgruppe Baumsterben" der ARGE-ALP. Im Zuge dieser Zusammenarbeit wurden bereits 1985 Abweichungen in der Schadensansprache zwischen Deutschland, Italien und Österreich festgestellt. Bei den Zustandsinventuren der 3 Länder handelt es sich jeweils um eine terrestrische Stichprobenaufnahme mit einem 4 x 4 km Netz, die Anspracherichtlinien sind jedoch nicht einheitlich. In Bayern erfolgt die Schadensansprache nach Richtlinien des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, in Tirol nach den Richtlinien für die Waldzustandsinventur der Forstlichen Bundesversuchsanstalt und in Südtirol nach den EG-Richtlinien. Im Herbst 1986 wurden daher gemeinsam mit Bayern und Südtirol Vergleichsuntersuchungen durchgeführt. Das Ziel war eine genauere Analyse der Unterschiede bei den Vitalitätserhebungen.

Von Mitarbeitern der Waldschadensinventuren der 3 Länder wurden auf 11 Probeflächen in Bayern, Nordtirol und Südtirol 443 Bäume hinsichtlich Kronenverlichtung nach den jeweiligen Anspracherichtlinien beurteilt. Die Abb. 1 zeigt die bei dieser Vergleichsuntersuchung durch die Taxatoren aus Bayern, Nordtirol und Südtirol erhobenen Verteilungen der angesprochenen Fichten auf die 5 Schadstufen. Die Schadensansprache nach den bayerischen Richtlinien ergibt demnach einen höheren Anteil geschädigter Bäume, die Ansprache nach den südtiroler Richtlinien einen geringeren Anteil geschädigter Bäume als die Ansprache nach österreichischen Kriterien. Zwischen den Taxatoren der einzelnen Länder waren die Unterschiede bei der Ansprache nur sehr gering.

Diese Vergleichsuntersuchung zeigt, daß die Ergebnisse der Waldschadensaufnahmen in Bayern, Nordtirol und Südtirol nicht direkt vergleichbar sind. Ursache für diese doch erheblichen Differenzen sind die unterschiedlichen Richtlinien für die Beurteilung des Nadelverlustes. Von den deutschen Taxatoren werden nur vollkommen dicht be-

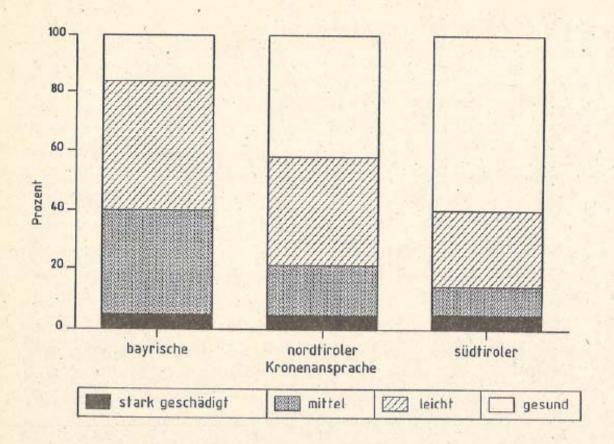


Abbildung 1: Schadstufenverteilung der Fichten bei der Vergleichsuntersuchung nach bayerischen, österreichischen und südtiroler Richtlinien

nadelte "Idealbäume" als ungeschädigt angesprochen. Österreich und Südtirol orientieren sich bei der Beurteilung der einzelnen Bäume hauptsächlich an der Zahl der Nadeljahrgänge, die je nach Höhenlage von Natur aus unterschiedlich ist. Standortsfaktoren und Bestandesalter werden bei der Beurteilung der Kronenverlichtungen stärker berücksichtigt.

Ein "Umrechnungsschlüssel" für die Waldschadensinventuren der einzelnen Länder konnte aufgrund des zu geringen Stichprobenumfanges bei dieser Vergleichsuntersuchung nicht erstellt werden. Aus den Vergleichsuntersuchungen geht aber hervor, daß die Waldschadenssituation in Bayern, Nordtirol und Südtirol nicht so unterschiedlich ist, wie es in den verschiedenen Ergebnissen der Waldschadensinventuren zum Ausdruck kommt. Daher sind die in der Abbildung 2 angeführten Werte für Deutschland und Italien mit Österreich nur bedingt vergleichbar.

Eine bessere Vergleichsmöglichkeit ergeben die Zahlen über die Entwicklung der Waldschäden, da innerhalb der Länder durch intensive Schulung und Kontrolle der Taxatoren gewährleistet ist, daß jedes Jahr bei den Schadensinventuren dieselben Richtlinien angewendet werden.

#### 8.2 Ausmaß und Trend der Waldschäden

In Deutschland ist ein ausgeprägtes Nord-Süd Gefälle der Waldschäden zu beobachten. Die südlichsten Bundesländer Baden-Württemberg und Bayern mit 65% bzw. 64% Schadensausmaß sind am stärksten vom Waldsterben betroffen. In Bayern ist eine Stabilisierung bei den Nadelbaumarten festzustellen. Bei diesen Baumarten hat der Anteil der deutlichen Schäden von 1985 auf 1986 um 4%-Punkte abgenommen. Erheblich fällt dagegen die Schadenszunahme beim Laubholz von 1985 auf 1986 mit 9%-Punkten aus. Das Gesamtschadensausmaß ist in Bayern um 3%-Punkte angestiegen. In den bayerischen Alpen ist die Situation mit 50% mittel- und stark geschädigten Bäumen äußerst ernst.

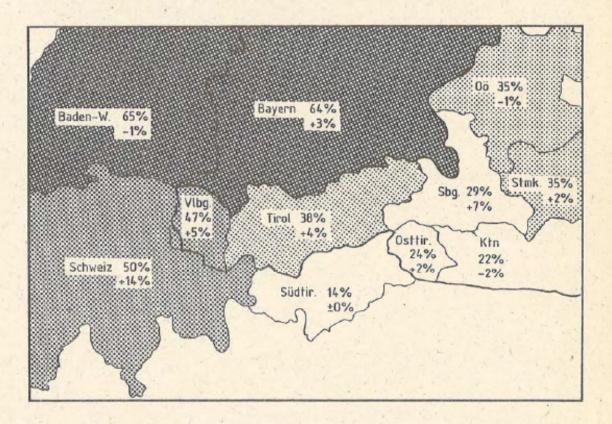


Abbildung 2: Waldschäden in Tirol und in den Nachbarländern und Schadensentwicklung von 1985 auf 1986

Eine ähnliche Entwicklung wie in Bayern ist in Baden Württemberg gegeben. Das Gesamtschadensausmaß beträgt 65% und ist damit seit 1985 praktisch konstant.

In der Schweiz ist es von 1985 auf 1986 zu einer Zunahme der Waldschäden um 14%-Punkte gekommen. Sie verteilt sich auf die gesamte Schweizer Waldfläche. Die höchsten Schäden treten in den Alpen und auf der Alpensüdseite auf (Wallis, Graubünden, Uri, Tessin).

Die Entwicklung der Waldschäden in Südtirol ist von 1985 auf 1986 bei 14% geschädigter Bäume stehengeblieben. Im Trentino ist das Schadensausmaß mit 21% höher.

In den österreichischen Bundesländern lassen die Waldschäden von 1985 und 1986 eine unterschiedliche Entwicklung erkennen. In Salzburg mit 7%-Punkten, in Vorarlberg mit 5 %-Punkten (Ergebnis ohne Verdichtungsflächen) und in Tirol mit 4%-Punkten ist die Zunahme doch erheblich, in der Steiermark und Osttirol mit jeweils 2%-Punkten geringer. Stagnierend bzw. leicht rückläufig ist das Schadensausmaß in Oberösterreich (-1%-Punkt) und Kärnten (-2%-Punkte). Es ist also zu erkennen, daß vor allem in den westlichen Bundesländern die Waldschäden nicht stagnieren, sondern besonders in Salzburg und Tirol weiter zunehmen.

#### 9. STAND DER VERFAHREN GEGEN FORSTSCHÄDLICHE LUFTVERUNREINIGUNGEN

Das Forstgesetz 1975 sieht im Abschnitt IV C vor, daß Betreiber von Anlagen, die forstschädliche Luftverunreinigungen verursachen, zu emissionsmindernden Maßnahmen verpflichtet werden können. Forstschädliche Luftverunreinigungen sind dann gegeben, wenn einerseits die in der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen festgesetzten Grenzwerte bestimmter Schadstoffe überschritten werden und gleichzeitig auch durch ein forstfachliches Zeugnis nachgewiesen werden kann, daß dadurch meßbare Schäden an der Waldkultur entstanden sind. Für den Schadstoff Schwefeldioxid wurde hinsichtlich der Größe der Anlagen ein zeitlicher Stufenplan vorgesehen, der darauf abzielt, daß in Zweijahresstufen in zunehmendem Maße auch die mittleren und kleineren Emittenten von den entsprechenden forstgesetzlichen Bestimmungen erfaßt werden. Zum 1.7.1986 unterliegen nunmehr alle jene Betriebe dem Forstgesetz, die eine Brennstoffwärmeleistung von mehr als 30 MW aufweisen oder mehr als 90 kg SO2 pro Stunde emittieren. Diese Werte gelten jedoch nur für Altanlagen. Im Falle der Neuerrichtung von Betriebsanlagen sind die Werte um zwei Drittel niedriger; diese Anlagen unterliegen somit derzeit dem Forstgesetz ab einer Brennstoffwärmeleistung von 10 MW oder einer Schwefeldioxidemissionsmenge von 30 kg pro Stunde. Durch diese zeitliche Stufenregelung sind nunmehr zu den vier Schwefeldioxid-Emittenten in Tirol, auf die bisher schon die forstgesetzlichen Bestimmungen anzuwenden waren, weitere sechs dazugekommen. Zum Termin 1.7.1988 werden neuerlich zwölf Betriebe vom Forstgesetz 1975 erfaßt werden und zum 1.7.1990 alle schwefeldioxidemittierenden Anlagen, die eine Brennstoffwärmeleistung über 2 MW aufweisen oder mehr als 6 kg Schwefeldioxid pro Stunde ausstoßen. Dies werden dann zusätzlich 29 Anlagen sein, sodaß bis zu diesem Zeitpunkt insgesamt 52 Betriebe die Bestimmungen des Forstgesetzes einzuhalten haben werden. Zu diesen kommen noch vier Anlagen die Fluor ausstoßen und eine Anlage die Schwermetalle emittiert, somit insgesamt 57 Betriebe in Tirol, die ab Juli 1990 verpflichtet sind, die forstgesetzlichen Bestimmungen zu beachten.

Die bisher von den Forstreferaten der Bezirkshauptmannschaften an die Landesforstdirektion ergangenen Beauftragungen zur Erstellung von Gutachten gemäß § 52 Forstgesetz 1975 lassen sich hinsichtlich

des Standes der Erledigung in fünf Gruppen unterteilen:

## 1. Gutachten liegt vor - Verursacher wurde festgestellt

In bisher 4 Fällen wurde ein forstfachliches Gutachten gemäß § 52 Forstgesetz erstellt, in dem ein Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen ermittelt werden konnte. In einem Fall wurden Sofortmaßnahmen zur Beseitigung der forstschädlichen Immissionen gesetzt, in einem weiteren Fall sind solche in Aussicht genommen und
für 2 Anlagen sind die entsprechenden Gespräche bzw. Verfahren noch
vorzusehen. Im einzelnen ergibt sich folgender Stand der Erledigungen.

## Ziegelei in Hopfgarten

Das Gutachten, in dem diese Ziegelei als Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen durch Fluor festgestellt wurde, konnte im Juli 1986 an die Forstbehörde der BH Kitzbühel übermittelt werden. Wenige Wochen später wurde eine gewerberechtliche Verhandlung durchgeführt, um Maßnahmen zur Reduzierung der Fluoremissionen zu beraten. Bei dieser Verhandlung legte die Betriebsleitung ein Rahmenprojekt zur Senkung der Fluoremissionen auf 5 mg/m3 vor und gleichzeitig erklärte sie sich freiwillig bereit, künftig nur mehr Heizöl schwer mit maximal 1 % Schwefel zu verwenden. Die projektierte Fluorkaskadenabsorberanlage wurde aufgrund dieser Verhandlung wenige Tage später behördlich genehmigt. Der Einbau dieser Rauchgasreinigung kostete ca. 4 Mio. S und ist 2 Monate nach der erwähnten gewerberechtlichen Verhandlung bereits in Betrieb gegangen. Durch diese Maßnahmen wurde die Fluoremission von 2,18 g auf 0,15 g pro Stunde reduziert, dies bedeutet eine Absenkung auf ca. 7 % des ursprünglichen Wertes.

Beim Schwefeldioxid wurden vorher stündlich rund 5 kg Schwefeldioxid ausgestoßen, nach den durchgeführten Maßnahmen sind es nur mehr 1,70 kg, das entspricht einer Reduktion auf ungefähr ein Drittel.

Mit dem Einbau dieser Reinigungsanlage und der freiwilligen Verwendung von Heizöl schwer mit nur mehr 1 % Schwefel wird gewährlei-

stet, daß künftig keine forstschädlichen Fluoremissionen mehr erfolgen werden, und gleichzeitig auch eine Entlastung der Schwefeldioxidimmissionen erreicht.

Zur selben Zeit hat sich auch die dortige Gerberei in der Gemeinde Hopfgarten freiwillig bereit erklärt, künftig nur mehr Heizöl schwer mit 1 % Schwefel einzusetzen, obwohl gegen diesen Betrieb kein Verfahren eingeleitet wurde oder beabsichtigt war.

# Fernheizwerk und kalorisches Kraftwerk Kufstein

Im September 1986 wurde ein forstfachliches Gutachten gemäß § 52 Forstgesetz erstellt, in dem das Fernheizwerk der Stadtwerke Kufstein als Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen erkannt wurde. Aufgrund dieses Gutachtens lud im Jänner dieses Jahres der Forstrechtsreferent der Bezirkshauptmannschaft Kufstein zu einer Besprechung ein, an der Vertreter der Stadtwerke, der Stadtgemeinde Kufstein und der Landesforstdirektion teilnahmen. Als Ergebnis dieser Aussprache wurden verschiedene Maßnahmen festgelegt, die für die Zeit von Jänner bis Ende März 1987 eine gewisse Begrenzung der Schwefeldioxid-Emissionen bewirken werden.

Für die Heizperiode 87/88 ist die gesamte Umstellung auf Erdgas vorgesehen, wobei zum Betrieb des Dieselaggregates weiterhin ca. 15 % Dieselöl (mit 0,15 % Schwefel) eingesetzt werden müssen, um den Verbrennungsvorgang zu ermöglichen. Die erforderlichen rechtlichen und technischen Maßnahmen zur Schaffung der entsprechenden Voraussetzungen werden derzeit von der Tiroler FerngasgesmbH getroffen, Sollte es somit im Herbst dieses Jahres zur Erdgasversorgung des Fernheizwerkes Kufstein kommen, so würde damit ein langwieriges Umweltproblem im dortigen Raum gelöst und die Einleitung eines Verfahrens nach § 52 Forstgesetz entbehrlich.

#### Jenbacher Werke

Ende Dezember 1986 wurde in einem Gutachten gemäß § 52 Forstgesetz 1975 festgestellt, daß die Jenbacher Werke Verursacher forstschäd-licher Luftverunreinigungen durch Schwefeldioxid-Emissionen sind. Von der zuständigen Behörde wurden bisher noch keine Veranlassungen getroffen.

#### Zementwerk in Vils

Auch für diesen Betrieb wurde in einem entsprechenden Gutachten Anfang November 1986 festgestellt, daß er Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen durch die Immission von Schwefeldioxid ist. Eine Besprechung zur Erörterung von Möglichkeiten, die Emissionen angemessen zu verringern, hat Mitte Februar 1987 bei der Bezirshauptmannschaft Reutte stattgefunden.

# Die Gutachtenerstellung wurde wegen geänderter Emissionsverhältnisse aufgeschoben

In mehreren Fällen haben Betreiber von Anlagen noch vor Erstellung der entsprechenden Gutachten gemäß § 52 Forstgesetz 1975 Maßnahmen zur Emissionsminderung getroffen. Für diese Betriebe wurde entweder nur die bisherige, jedoch rechtlich und sachlich nicht mehr relevante Immissionssituation dargestellt oder die Ausarbeitung der Gutachten einstweilen ausgesetzt, um die Ergebnisse der Nadelanalysen 1986 und 1987 abzuwarten. Sollten diese zeigen, daß die getroffenen Maßnahmen zur Schwefeldioxid-Reduktion nicht ausreichend waren, so werden im Rahmen von § 52-Gutachten die dann vorhandenen Immissionsbelastungen und Waldschäden beurteilt.

# Metallwerk Plansee in Breitenwang/Reutte

Im Umgebungsbereich dieses Betriebes sind eine absolute und mehrere relative Überschreitungen des Schwefel-Grenzwertes für Fichtennadeln aufgetreten, die überwiegend dem Metallwerk Plansee zuzuordnen sind. Aufgrund von Mitteilungen des Landesforstdienstes an die Betriebsleitung, daß das Werk als Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen in Betracht kommt, wurde spontan zugesagt, nur mehr Heizöl schwer mit 1 % Schwefel einzusetzen. Damit werden die bisherigen Emissionen halbiert. Nach Aussagen der Betriebsleitung besteht die Bereitschaft auch noch weitergehende Maßnahmen zu setzen – entweder durch die Verwendung von Heizöl mittel mit 0.6 % Schwefel oder durch den Einbau einer Entschwefelungsanlage. In einer an die Bezirkshauptmannschaft Reutte ergangenen Stellungnahme wurde die bisherige Immissionssituation in der Umgebung des Metall-

werkes Plansee dargelegt. Um jedoch beurteilen zu können, inwieweit die getroffenen Maßnahmen zu einer ausreichenden Entlastung der Schwefeldioxid-Immission führen, werden auch noch in den Jahren 1987 und 1988 entsprechende Nadelanalysen vorgenommen.

## Montanwerk Brixlegg

Die Austria Metall Montanwerke Brixlegg sind Betreiber mehrerer Anlagen, wobei in der Vergangenheit insbesondere der Konverter einige Male am Tag sehr hohe Schwefeldioxid-Spitzenwerte verursacht hat. Durch den Einbau einer Entschwefelungsanlage, die Ende 1985 in Betrieb gegangen ist, wurde dieser Emittent entschärft. Es gibt jedoch noch andere Anlagen dieses Unternehmens, die erhebliche Mengen Schwefeldioxid ausstoßen, wobei die Summe der Emissionen dazu führt, daß es zeitweise, insbesondere bei ungünstigen Wetterlagen, zu merklichen Umweltbelastungen kommt. Insbesondere in der ersten Jahreshälfte 1986 und in den Wintermonaten 1987 wurden die Zone II und auch die Zone III der Tiroler Luftreinhalteverordnung nicht eingehalten. Aufgrund dieser Ergebnisse kann zufolge des waldnahen Standortes der Meßstation angenommen werden, daß auch die forstlichen Grenzwerte zeitweise überschritten werden, wenngleich bei weitem nicht mehr im ursprünglichen Ausmaß und mit der früheren Häufigkeit. Der größte Teil dieser Emissionen stammt aus dem Flammofen, der jedoch wegen der zeitlichen Stufenregelung für schwefeldioxidemittierende Anlagen erst ab 1.1.1988 dem Forstgesetz bzw. der gegen forstschädliche Luftverunreinigungen unter- . 2. Verordnung liegt.

Außerdem kann erst aufgrund der Nadelanalysen 1986 und insbesondere 1987 sowie neuerlicher Erhebungen des Waldzustandes festgestellt werden, ob die Montanwerke Brixlegg weiterhin Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen sind. Hinsichtlich der Schwermetallimmissionen an Blei, Zink und Kupfer ist aufgrund der Meßergebnisse im Jahr 1986 davon auszugehen, daß die forstlichen Grenzwerte in den nächstgelegenen Waldteilen bei Blei und Zink nicht erreicht aber bei Kupfer weiterhin etwas überschritten werden.

Die Untersuchungen in Brixlegg sind auch in den nächsten Jahren weiterzuführen, obwohl die Einleitung eines Verfahrens nach § 51

Forstgesetz wegen der nunmehr völlig geänderten Immissionssituation durch die Schwefeldioxid-Waschanlage beim Konverter derzeit nicht möglich ist. Es werden jedoch weiterhin alle erforderlichen Erhebungen vorgenommen, um zum 1.1.1988 ein Verfahren wegen der Emissionen des Flammofens einzuleiten und damit die Montanwerke zu veranlassen, den Schadstoffausstoß z.B. durch den Einsatz von schwefelärmeren Brennstoffen zu vermindern. Derzeit wird für diese Anlage Heizöl schwer mit im Mittel 1,7 % Schwefel verwendet.

## Spanplattenwerk in St. Johann

Aufgrund von massiven Protesten aus der Bevölkerung und wiederholten gewerberechtlichen Verhandlungen hat die Firmenleitung zu Beginn des Jahres 1986 den Entschluß gefaßt, "freiwillig" Heizöl schwer nit nur 1 % Schwefel einzusetzen – gegenüber der bisher verwendeten Ölqualität mit 2 %. Durch die Halbierung der Schwefeldioxid-Emissionen dieses Betriebes sind die bisherigen Ergebnisse der Nadelanaysen und Waldschadenserhebungen für ein § 52-Gutachten und insbesondere für ein diesbezügliches Verfahren nicht mehr verwendbar. Erst die Werte der Nadelanalysen aus den Proben 1986 und allenfalls 1987 werden zeigen, ob die getroffenen Maßnahmen ausreichend waren. Die Fortführung der Untersuchungen ist jedenfalls noch erforderlich.

#### Gemeinde Wattens - Optische Industrie und Papierfabrik

Die Firma Swarovski hat im Jahre 1985 als erstes Unternehmen in Tirol freiwillig die Erklärung abgegeben, daß es künftig nur mehr Heizöl schwer mit 1 % Schwefel einsetzen wird. Die Anlagen dieser Firma weisen in der Gemeinde Wattens eine Brennstoffwärmeleistung von etwas über 30 MW auf. Im räumlich gleichen Gebiet befindet sich auch eine Papierfabrik mit einer Brennstoffwärmeleistung von knapp unter 30 MW. Dies bedeutet, daß der Betrieb Swarovski mit 1.1.1986 den forstgesetzlichen Bestimmungen unterliegt, die Papierfabrik aber erst zum 1.1.1988. Das Unternehmen Swarovski hat sich jedoch freiwillig bereit erklärt, emissionsmindernde Maßnahmen zu setzen nicht so hingegen die Firmenleitung der Papierfabrik. Aufgrund des zeitlichen Stufenplanes hinsichtlich des Inkrafttretens der forstge-

setzlichen Bestimmungen für Schwefeldioxid-Emittenten könnte nunmehr jedoch gegen die Anlagen der Firma Swarovski - nicht aber gegen die Papierfabrik vorgegangen werden, obwohl diese durch den Einsatz von Heizöl schwer mit nahezu 2 % Schwefel mehr Schadstoffe
emittiert. Eine derartige Vorgangsweise wäre wohl ungerecht und würde freiwillige Leistungen in keiner Weise honorieren. Es wird daher
abgewartet werden bis beide Anlagen dem Forstgesetz 1975 unterliegen und sodann die weitere Beurteilung vorgenommen. Die Untersuchungen werden jedoch in diesem Jahr fortgesetzt und zum 1.7.1988 das
entsprechende Gutachten erstellt.

## Zementwerk in Kirchbichl

Die durch das Zementwerk in Kirchbichl verursachten Schwefeldioxid-Immissionen und Schäden am Wald wurden zwar bisher keiner detaillierten Untersuchung unterzogen, Überschreitungen der Schwefel-Grenzwerte in den Fichtennadeln der benachbarten Waldungen sowie dort auftretende Bestandesschäden lassen jedoch annehmen, daß das Zementwerk Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen ist. Die Firmenleitung hat allerdings einen Antrag auf Errichtung eines neuen Ofens, der nach Auffassung von Fachleuten wesentlich weniger an Schwefeldioxid und Staub emittieren wird als die bisherige Anlage, bei der Gewerbebehörde der Bezirkshauptmannschaft Kufstein eingebracht. Der Bescheid zur Genehmigung der beantragten Anlage ist bereits vor einiger Zeit ergangen, doch einige Anrainer, insbesondere auch Waldbesitzer haben, wegen der völligen Mißachtung aller forstlichen Auflagen, Berufung dagegen erhoben. Derzeit ist das Verfahren bei der Gewerbeabteilung des Amtes der Tiroler Landesregierung anhängig und es ist anzunehmen, daß strengere Vorschreibungen und Auflagen bescheidmäßig ergehen werden. Solange dieses Behördenverfahren läuft, erscheint es jedoch nicht zweckmäßig, ein Gutachten gemäß § 52 Forstgesetz zu erstellen, da im Falle der Errichtung dieser Ofenanlage eine erhebliche Verminderung der Emissionen zu erwarten ist. Sollte allerdings, wie dies die Firmenleitung gelegentlich geäußert hat, der Antrag auf Errichtung einer umweltfreundlichen Neuanlage zurückgezogen werden, so würde umgehend ein entsprechendes Gutachten zu erstellen sein und die Einleitung eines Verfahrens gemäß § 51 Forstgesetz empfohlen. Zwischenzeitlich ist es jedoch erforderlich, weiterhin Nadelanalysen vorzunehmen, um gegebenenfalls über entsprechende Beweismittel verfügen zu können.

#### 3. Noch zu erstellende Gutachten

In zwei Fällen konnten aufgrund ausständiger Ergebnisse der Waldschadensaufnahme bzw. der Nadelanalysen 1986 die Gutachten noch nicht erstellt werden.

## Zementwerk Eiberg, Gemeinde Söll

Die Beauftragung zur Untersuchung des Umgebungsbereiches des Zementwerkes Eiberg ist erst im September des vergangenen Jahres erfolgt. Es war daher zeitlich nicht mehr möglich, alle erforderlichen Erhebungen vorzunehmen. Sobald alle Ergebnisse vorliegen, wird das von der Bezirkshauptmannschaft Kufstein angeforderte Gutachten erstellt. Im Hinblick auf die Grenzwertüberschreitungen an Schwefel in den Nadeln sowie der allgemeinen Kenntnis der dortigen Waldschäden ist zu erwarten, daß das Zementwerk Eiberg als Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen zu erkennen sein wird.

#### Biochemie Kundl

Der Betrieb der Biochemie in Kundl zählt zu den größten Emittenten in Tirol. Die für eine rasche Verdünnung der Abgase günstige Lage inmitten des Inntales führt dazu, daß die Abgasfahne des Werkes kaum konzentriert auf Waldgebiete einwirkt. Zweifellos zeigen aber die Schwefel-Analyseergebnisse von Fichtennadeln relative und absolute Grenzwertüberschreitungen im Umgebungsbereich. Um eine sichere Zuordnung vornehmen zu können, werden noch die Ergebnisse der Nadelanalysen 1986 abgewartet. Hierauf wird das erforderliche Gutachten erstellt werden.

# 4. Durch die bisherigen Untersuchungen konnte ein bestimmter Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen nicht festgestellt werden

Im Umgebungsbereich verschiedener Betriebe, von denen vermutet wurde, daß sie Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen sind, wurden Untersuchungen auf den jeweils spezifischen Schadstoff vorgenommen. Hiebei zeigte sich zweierlei: Entweder waren nur einzelne Grenzwertüberschreitungen festzustellen und diese einem Verursacher nicht zuordenbar oder es waren im Falle von Fluor-Belastung keine für den Schadstoff typischen Baumschäden in Waldgebieten zu finden. In zwei Fällen wurde im Herbst 1986 durch Verdichtung der Probenahme an Fichten versucht, die Zuordenbarkeit von Grenzwertüberschreitungen zu ermöglichen.

#### Glashütte in Kufstein

An einigen Stellen wurden zwar gewisse Grenzwertüberschreitungen für Fluor an Fichten festgestellt; in den benachbarten Waldgebieten konnten jedoch keine typischen Fluorschäden an Beständen beobachtet werden. Lediglich an einigen wenigen Bäumen traten leichte Rotverfärbungen der Nadelspitzen auf. Sehr wohl aber waren derartige Verfärbungen an Ziersträuchern in benachbarten Gärten, insbesondere an Blaufichten, zu sehen.

#### Tonwerk in Fritzens

Auch von diesem Betrieb wurde vermutet, daß er Emittent forstschädlicher Fluor-Immissionen sei. Der Verdacht erhärtete sich zwar
durch einzelne geringfügige Grenzwertüberschreitungen, typische
Fluor-Schäden an Waldbäumen wurden jedoch nicht vorgefunden. Damit
konnte das Tonwerk Fritzens, das im übrigen über eine Fluor-Filteranlage verfügt, nicht als Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen erkannt werden. Weitere Beobachtungen, allerdings in reduziertem Umfang, werden jedoch auch künftighin vorgenommen.

# Biochemie Schaftenau in der Gemeinde Langkampfen

Es wurde vermutet, daß dieser Betrieb neben Schwefeldioxid auch Cloride in bedeutendem Ausmaß emittiert. Die Nadelanalysen des Umgebungsbereiches haben jedoch ergeben, daß dies offensichtlich nicht zutrifft. Hinsichtlich der Schwefeldioxid-Emissionen konnte die räumliche Verteilung der Proben mit Grenzwertüberschreitungen in den Nadeln keine eindeutige Zuordnung ermöglichen. Außerdem hat der Betrieb freiwillig auf Heizöl schwer mit 1 % Schwefel umgestellt und wird aufgrund des zeitlichen Stufenplanes für Schwefeldioxid-Emittenten erst zum 1.7.1990 unter die 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen fallen. Die Untersuchungen werden jedoch in einem angemessenen Ausmaß fortgesetzt, um erforderlichenfalls zum entsprechenden Stichtag eine Beurteilung abgeben zu können.

#### Hersteller diverser chemischer Produkte in Absam

Im Umgebungsbereich dieses Betriebes wurden wohl vereinzelt Überschreitungen der Schwefel-Grenzwerte festgestellt; eine Zuordnung ist jedoch fachlich nicht vertretbar, wenngleich erhebliche Waldschäden im unmittelbaren Nahbereich vorhanden sind. Es wird als nicht zielführend erachtet, das verdichtete Probeflächennetz dort fortzuführen.

# 5. Feststellungsverfahren abgeschlossen - keine Maßnahmen

Durch rechtskräftigen Bescheid wurde im April 1985 die Justizverwaltung als Betreiberin der Ziegelei des Landesgerichtlichen Gefangenenhauses erkannt. Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen zu sein. Bisher sind jedoch keine Maßnahmen zur Emissionsminderung getroffen worden, wobei jedoch die Anlage weiter benützt wird. Auch werden im Umgebungsbereich der Ziegelei die höchsten Schwefelwerte in den Nadeln von ganz Tirol gemessen, sodaß mangels anderer bedeutender Emittenten im dortigen Gebiet davon ausgegangen werden muß, daß die Justizverwaltung auch forstschädliche Luftverunreinigungen durch Schwefeldioxid verursacht.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß derzeit kein Verfahren gemäß § 51 Forstgesetz 1975 anhängig ist. Von den 4 Anlagen, die aufgrund von Gutachten gemäß § 52 Forstgesetz 1975 als Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen erkannt wurden, ist eine Anlage saniert (Ziegelei Hopfgarten), eine wird voraussichtlich im Laufe dieses Jahres durch den Einsatz von Erdgas "sauber" werden (Fernheizwerk Kufstein) und hinsichtlich der übrigen 2 Anlagen sind Gespräche zwischen den Bezirkshauptmannschaften und den Betreibern vorgesehen.

# DAS BEISPIEL HOFFNUNG – MAGNESITWERK HOCHFILZEN

Als Musterbeispiel eines erfolgreichen Kampfes gegen das Waldsterben kann der Fall Magnesitwerk Hochfilzen gelten. In konstruktiver Zusammenarbeit zwischen dem Landesforstdienst und der Geschäftsleitung sowie unter Mithilfe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien konnte das Schadstoffproblem ohne behördlichen Zwang gelöst werden.

Bald nach Inbetriebnahme des Magnesitwerkes in Hochfilzen im Jahre 1960 zeigte sich, daß auch der 150 m hohe Werkskamin keine ausreichende Schadstoffverdünnung herbeiführen konnte. Zuerst trat eine starke Verstaubung der Wälder bis weit in die Gemeindegebiete von Fieberbrunn und St. Ulrich auf. Die Nadeln waren teilweise mit einer dichten Staubhülle umgeben, sodaß Assimilation, Atmung und Transpiration behindert wurden. Anfangs der 60iger Jahre waren in Hochfilzen und auf Tiroler Gebiet rund 1.100 ha Waldfläche mehr oder weniger stark verstaubt. Sodann zeigten sich die Folgen der für das Leben der Bäume gefährlicheren Schwefeldioxidimmissionen - zuerst in Form von Nadelverlusten und später durch das Absterben von Tannen und Fichten. Neben teilweise beträchtlichen Zuwachsverminderungen kam es in weiterer Folge zu stärkeren Braunverfärbungen der Kiefernbestände nördlich des Wiesensees.

Die Ergebnisse der regelmäßig durchgeführten Kontrollmessungen und Erhebungen über die Zuwachsentwicklung (Bohrkernproben, Stammanalysen, Einzelbaumbeschreibungen) sowie über die Schwefeldioxid-Belastung in der Luft (Barytlappen) und in der Vegetation (Nadelanalysen) bildeten die Grundlage für die von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt in ihrem ersten Gutachten vorgenommene Abgrenzung des Schadensgebietes und der je nach Ausmaß der Schädigung ausgewiesenen Schadenszonen. Die Ermittlung der Schadensflächen und der für die Entschädigungsberechnung erforderlichen Ertragsminderungen erfolgte in Form parzellenweiser Bestandeserhebungen durch den Landesforstdienst. Danach ergab sich mit Stand Ende 1964 für Tirol eine Schadensfläche von insgesamt 602 ha mit Zuwachsverlusten bis zu 50 % bei Kiefer und 40 % bei Fichte.

Insgesamt betrug der Zuwachsverlust für die Jahre 1960 bis 1964 im Tiroler Schadensgebiet 1.131 fm. 1967 traten erstmals starke Dürrlingsschäden auf, deren Ausmaß sich in den folgenden Jahren steigerte. Die Entnahme der anfallenden Dürrlinge führte, nachdem es bereits zu einer Verlichtung der Kronen gekommen war, auch zu einer Auflichtung des Waldes. Beide Entwicklungen vergrößerten bei den teilweise labilen Bodenverhältnissen die Gefahr von Hanganbrüchen und Murabgängen und im Bereich des Wiesensees auch die Gefahr von Steinschlag und kleinen Lawinenabgängen auf die von Hochfilzen nach St. Ulrich führende Straße.

Im Jahre 1968 erfolgten Flüge um Luftbilder mit Infrarot-Aerofilmen anzufertigen. Zusammen mit den ertragskundlichen und chemischen Kontrollen bildeten diese Bilder nach einer kommissionellen Begehung die Grundlage für die Neufeststellung des inzwischen merklich ausgeweiteten Schadensgebietes. Das Gutachten der Forstlichen Bundesversuchsanstalt wies für die Periode 1965 bis 1969 in Tirol eine Schadensfläche von insgesamt 1.423 ha auf, was gegenüber dem Jahr 1964 einer Vergrößerung um 821 ha oder 136 % entsprach.

Im Bemühen, die Immissionsbelastungen herabzusetzen und damit die Walderhaltung zu sichern, sowie die Last der jährlichen Entschädigungszahlungen zu verringern, wurde von der Geschäftsleitung vorerst die Entstaubungsanlage verbessert und so eine merkliche Verringerung des Staubausstoßes erreicht. Wesentlich größere Schwierigkeiten bereitete die Beseitigung der Schwefelemissionen, da zu jenem Zeitpunkt noch keine entsprechenden großtechnischen Anlagen mit befriedigendem Wirkungsgrad zur Verfügung standen. Im Jahre 1974 wurde mit der ersten Ausbaustufe einer Gas-Waschanlage begonnen. Die Forstliche Bundesversuchsanstalt, der Landesforstdienst sowie die Geschäftsleitung arbeiteten eng zusammen, um zu prüfen, ob diese Anlage auch in der Praxis die erhoffte abgasreinigende Wirkung erzielen würde.

Ein groß angelegtes Meßnetz, bei dem neben Nadelanalysen vor allem auch bis zu 7 selbstregistrierende Schwefeldioxid-Meßgeräte eingesetzt waren, bestätigte bereits nach Inbetriebnahme der ersten Ausbaustufe die Verringerung der Immissionsbelastung. Daraufhin wurden

auch die zweite und dritte Ausbaustufe errichtet und im Jahre 1975 in Betrieb genommen. Seit jenem Zeitpunkt hat sich die Schwefeldioxid-Immissionsbelastung im Raume Hochfilzen gegenüber den vorangegangenen Jahren auf ein auch forstlich tragbares Maß verringert und es bleiben nunmehr die Schadstoffwerte unter den in der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen festgelegten Grenzwerten.

Die bedeutende Verringerung der Schwefeldioxid-Belastung zeigte sich auch in den Waldungen. Die Anzahl der gesunden Nadeljahrgänge nahm allmählich wieder zu, die Kronen erhielten damit ein gesünderes Aussehen und der Dürrlingsanfall ging rasch zurück. In einem Großteil des ursprünglichen Schadensgebietes konnten sich die Wälder wieder so weit erholen, daß dort keine meßbaren Schäden mehr vorliegen. Lediglich in den seinerzeit am stärksten beeinträchtigten Waldgebieten waren die schädigenden Einwirkungen so erheblich, daß auf diesen Flächen die Zuwachsrückgänge noch einige Jahre fortdauern werden. Es kann jedoch aufgrund der bisherigen Entwicklung des Zuwachsverlaufes der geschädigten Bestände angenommen werden, daß anfangs der 90iger Jahre eine völlige Regeneration der betroffenen Waldungen eintreten wird.

Für die Waldbesitzer war jedoch von großer Bedeutung, daß nach der technischen Sanierung der Magnesitaufbereitungsanlage und der Gesundung der geschädigten Wälder die Firmenleitung stets auch bereit war, die auftretenden Schäden finanziell abzugelten.

Aufgrund des Gutachtens der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien über die Zuwachsverluste bei den verschiedenen Baumarten und der Berechnungen der Landesforstdirektion wurden in periodischen Zeitabständen die Schäden ermittelt und die entsprechenden Entschädigungen bezahlt bzw. Akontierungen in Hinblick auf die laufende Schadensentwicklung vorgenommen. Nachdem das dritte Gutachten der Forstlichen Bundesversuchsanstalt im Jahre 1980 festgestellt hatte, daß das Schadensgebiet stark geschrumpft war, wurde vereinbart, im Jahre 1983 neuerlich die Schadensentwicklung zu untersuchen und wenn möglich eine abschließende Beurteilung zu geben. Im Frühjahr 1986 wurde von der Versuchsanstalt basierend auf den Erhebungen vom Herbst 1983 das letzte und nunmehr endgültige Gutachten vorgelegt,

in dem für alle Baumarten mit Ausnahme der Tanne nur mehr ein sehr kleiner Bereich als Schadensfläche ausgewiesen wurde. Die Zuwachsverluste sind bei der Hauptbaumart Fichte von 30 bis 40 % auf 0 bis 20 % zurückgegangen. Bei der Baumart Kiefer ist diese Entwicklung von 5 bis 50 % auf 0 bis 15 % verlaufen.

Diese nachwirkenden Zuwachsverluste sind jedoch darauf zurückzuführen, daß die Regeneration hinsichtlich der Wuchsleistung noch nicht zur Gänze erfolgt ist. Alle Bestände sind jedoch physiologisch nunmehr wieder gesund und es hat sich gezeigt, daß das Regenerationsvermögen junger und mittelalter Wälder sehr hoch ist, wenn zeitgerecht die Entlastung der Luft von den Schadstoffen erfolgt. Nur alte oder überalterte Bestände sowie vorgeschwächte Einzelbäume waren nicht in der Lage, diesen besonderen Streß durch giftige Schwefeldioxid-Einwirkungen zu überstehen.

Aufgrund des letzten Gutachtens der Forstlichen Bundesversuchsanstalt hat die Landesforstdirektion eine abschließende Entschädigungsberechnung vorgenommen, wobei auch die in den nächsten Jahren noch auftretenden Zuwachsminderungen erfaßt wurden. Für diese in die Zukunft reichende Schadensermittlung wurde der Gesundungsverlauf von 1975 (Einbau der Gas-Waschanlage) bis 1983 extrapoliert, das heißt, die bisherige Entwicklung wurde auch für die nächsten Jahre angenommen. Diese forstfachlich und rechentechnisch vertretbare Vorgangsweise ergibt, daß die direkten Zuwachsverluste etwa im Jahre 1992 enden werden. Danach wird es nur mehr indirekte Zuwachsverluste dadurch geben, daß die künftigen Zuwachsmäntel an Durchmessern zuwachsen, die nicht dieselbe Stärke haben als bisher nicht beeinträchtigte Bäume. Doch auch diese Tatsache wurde in den Berechnungen der Landesforstdirektion für einen angemessenen Bewirtschaftungszeitraum berücksichtigt.

Sowohl das Gutachten der Forstlichen Bundesversuchsanstalt als auch jenes der Landesforstdirektion wurden der Firmenleitung vorgelegt, gemeinsam erörtert und hiebei der Gesamtentschädigungsbetrag zustimmend zur Kenntnis genommen. Für die betroffenen Waldbesitzer wurde eine Informationsveranstaltung durchgeführt, um sie über die Entschädigungsgrundsätze und -berechnungen aufzuklären. Dabei gab es keine grundsätzlichen Einwände gegen die Schadensberechnungen.

Insgesamt wurden von den betroffenen Waldbesitzern sowie von der Tiroler Magnesit AG folgende abschließende Entschädigungsbeträge anerkannt:

Tiroler Nichtstaatswald	S	752.690,
Österreichische Bundesforste		
in Tirol und Salzburg	S	302,661,
Salzburger Nichtstaatswald	S	118.493,
Gesamtentschädigung	SI	1,173.844,

Damit werden die Entschädigungen, die von Inbetriebnahme des Werkes 1960 bis zum Ende der direkten Schadensauswirkungen 1992 anfallen werden, insgesamt eine Höhe von S 14,169.278,— erreichen, davon S 8,228.137,— für den bäuerlichen Waldanteil in Tirol. Aus der Sicht der Waldbesitzer und der mit der Erstellung der Gutachten und Entschädigungsberechnungen befaßten Forstleute kann damit der Fall Hochfilzen als technisch, ökologisch und finanziell saniert bzw. abgeschlossen betrachtet werden und folglich als Musterbeispiel für die Bewältigung und Behebung von Waldschäden durch forstschädliche Luftverunreinigungen gelten.

Dieser Erfolg hat jedoch vom Unternehmen einen hohen finanziellen Einsatz erfordert. Laut Mitteilung der Tiroler Magnesit AG wurden für die Errichtung der ersten Entstaubungsanlagen in der Zeit zwischen 1957 und 1960 47 Mio. S aufgewendet. Die moderne Gas-Waschanlage, die zwischen 1973 und 1975 installiert wurde, kostete nocheinmal 15 Mio. S. Zusammen mit zusätzlichen Zwischeninvestitionen hat die Firmenleitung laut ihren Angaben damit bisher rund 80 Mio S in Umweltschutzmaßnahmen investiert. Neben diesen Investitionskosten fallen noch jährlich 9 Mio S für Strom und Reaktionsmaterialien an.

Aus der Sicht des Betriebes ergeben sich durch die Waschanlage folgende Schwefeldioxid-Emissionsminderungen. Der jährliche Ausstoß vor der Installation der Wäscher betrug etwa 2.000 t Schwefeldioxid pro Jahr. Nunmehr werden nur noch ca. 20 t im gleichen Zeitraum ausgestoßen. Damit beträgt der Wirkungsgrad für Schwefeldioxid 99 %; für Staub ist dieser laut Werk mit 98 % anzugeben.

Die Bereitschaft, diese innovativen technischen Leistungen zu erbringen und gleichzeitig auch die entsprechenden finanziellen Belastungen auf sich zu nehmen, war und ist geprägt durch besondere Einsatzfreude und ein hohes Maß an Verantwortungsbewußtsein der zuständigen Techniker und wirtschaftlichen Führungskräfte, denen für diese Haltung besonderer Dank auszusprechen ist.

## 11. DAS GUTE BEISPIEL - ZIEGELWERK HOPFGARTEN

Im Jahre 1985 traten im Umgebungsbereich des Ziegelwerkes Hopfgarten akute Waldschäden auf. Dabei wurden Nadelrötungen und Nadelverluste beobachtet sowie das Absterben von Einzelindividuen; insbesondere Fichten wurden vom Wipfel her dürr. An Obstbäumen und Ziergehölzen in Ortsgebiet wurden ebenfalls lokal schwere Schädigungen festgestellt. Diese Tatsachen führten zu Beschwerden geschädigter Waldeigentümer und betroffener Anrainer. Nachdem die Bezirksforstinspektion Kitzbühel das Vorhandensein forstschädlicher Luftverunreinigungen gemeldet hatte, erstellte die Landesforstdirektion nach Beauftragung durch die zuständige Bezirkshauptmannschaft ein Gutachten über das Auftreten forstschädlicher Luftverunreinigungen im Bereich Hopfgarten.

# Verursacherfrage

Die Waldschadenskartierung, durchgeführt nach den Ansprachekriterien der Tiroler Waldschadensaufnahme, erbrachte eine geschädigte Gesamtwaldfläche von etwa 120 ha. Durch Nadelanalysen, deren Ergebnisse Ende April 1986 von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien vorgelegt wurden, konnte der Nachweis erbracht werden, daß es sich um Fluorschäden handelte und diese aufgrund der Schadensverteilung dem Ziegelwerk zuzuordnen waren. Die in den Fichtennadeln gemessenen Fluorbelastungen erreichten in den der Ziegelei unmittelbar benachbarten Waldbeständen die höchsten Werte; mit zunehmender Entfernung nahmen die Schadstoffgehalte an Fluor auf beiden Talseiten deutlich ab. Die Grenzwerte für Fluor gemäß der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen wurden hiebei teilweise um ein Vielfaches überschritten. Die aufgetretenen Immissionsschäden wiesen auch optisch eindeutig auf Schadeinwirkung durch Fluor hin. Symptome derartiger Schäden waren einerseits bei Fichte das häufig beobachtete Absterben der Kronenwipfel, andererseits traten Rotverfärbungen auf, die später das Abfallen des jeweils jüngsten Nadeljahrganges zur Folge hatten.

## Gegenmaßnahmen

Aufgrund des erstellten Gutachtens wurde für Juli 1986 eine gewerberechtliche Verhandlung betreffend die Fluoremissionen der Ziegelei Mayr anberaumt, um geeignete emissionsmindernde Maßnahmen zu beraten. Bereits vor dieser Verhandlung ergriff der Betrieb, nachdem er von der Forstinspektion Kitzbühel über die auftretenden Waldschäden und Grenzwertüberschreitungen informiert worden war, die Initiative und prüfte alle Möglichkeiten der Fluorabgasreinigung nach dem neuesten Stand der Technik. Die Vorarbeiten der Ziegelei waren zu diesem Zeitpunkt bereits soweit gediehen, daß am Verhandlungstag ein ausgereiftes Projekt zur Fluorabgasentsorgung mit zeitlichem Durchführungsplan vorgestellt werden konnte. Ein Fluorkaskadenabsorber scllte für die Senkung der Fluoremissionen auf 5 mg/m3 sorgen. Die Ziegelei Mayr KG hatte jedoch nicht nur in Hinblick auf die Lösung des Fluorbelastungsproblemes sehr rasch und umweltfreundlich reagiert, sondern sich auch gleichzeitig bereit erklärt, künftig nur mehr Heizöl schwer mit maximal 1 % Schwefelgehalt zu verwenden. Auch wurde den Waldbesitzern die Abgeltung der vermögensrechtlichen Nachteile zugesagt.

Durch die Installation der Fluorkaskadenabsorberanlage (Inbetriebnahme - 16. September 1986) mit einem Kostenaufwand von etwa 4 Mio. Schilling werden nunmehr statt ursprünglich 2,18 g pflanzengiftiges Fluor pro Stunde nur mehr 0,15 g emittiert; das bedeutet eine Reduktion auf ca. 7 % des ursprünglichen Wertes. An Schwefeldioxid wurden vorher 5,06 kg SO2/Stunde ausgestoßen, nach den durchgeführten Maßnahmen sind es nur mehr 1,73 kg stündlich, also etwa ein Drittel, Diese entscheidende Verbesserung der Emissionssituation war unter anderem auch Grundlage für die Erstellung des Gutachtens zur Entschädigung der Zuwachsverluste, die in den Gemeinden Hopfgarten, Itter und Wörgl-Kufstein aufgetreten waren. Die gutachtliche Anschätzung bestimmter Zuwachsverluste in verschieden stark geschädigten Zonen sowie die Annahme eines gewissen Gesundungszeitraumes für die beeinträchtigten Waldbestände ermöglichten die finanzielle Abgeltung der aufgetretenen Holzzuwachsverluste und damit eine Zufriedenstellung aller Betroffenen. Die Erfahrungen und Erkenntnisse aus Hochfilzen über die Veränderung des Holzzuwachses bei Schadstoffeinwirkungen waren dabei sehr hilfreich.

Die rasche und gründliche Schadstoffreduktion seitens der Frieda Mayr KG veranlaßte im Dezember 1986 das vom Tiroler Forstverein geschaffene Kuratorium einhellig, diesem Betrieb den Grünen Zweig für beispielhafte Umweltentlastung zuzuerkennen. Dies umso leichter, weil in Tirol auch ein anderes Ziegelwerk existiert, das im Erzeugungsprozeß noch dazu billige Arbeitskräfte einsetzen kann und das sich durch alle Instanzen gegen die behördliche Feststellung, Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen zu sein, lange Zeit zur Wehr gesetzt hat. Trotz eines nunmehr rechtskräftigen Feststellungsbescheides wurden bei diesem in Innsbruck gelegenen Ziegelwerk bisher keine emissionsreduzierenden Maßnahmen ergriffen.

#### 12. WALDZUSTAND UND IMMISSIONSSITUATION - BEZIRKSERGEBNISSE

In diesem Abschnitt werden Waldzustand und Immissionssituation für regionale Einheiten besprochen. Diese im Sinne des Forstgesetzes 1975 erfolgte gemeinsame Darstellung ist vor allem als Arbeitsunterlage für jene Dienststellen vorgesehen, die Entlastungsmaßnahmen durchzuführen haben. Im Sinne eines personal- und gerätesparenden Meßeinsatzes geht es dabei besonders um den Nachweis von Belastungen und nicht um die Beschreibung weniger oder kaum belasteter Regionen.

Grundlage der Besprechung sind die in der Karte (Abb. 1) eingezeichneten und mit den Zahlen 1 bis 20 numerierten Beurteilungsräume. Als Beurteilungsgrundlage dienen die Waldzustandsinventur 1986 sowie die Ergebnisse der langjährigen Immissionsmessungen der Landesforstdirektion Tirol.

Da die Ergebnisse der Nadelanalysen 1986 zu Redaktionsschluß von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien nur teilweise eingetroffen sind und da die vollständigen Ergebnisse für die Beurteilung wesentlich sind, wird bei einzelnen Beurteilungsräumen auf den Bericht an den Tiroler Landtag 1986 verwiesen.

Die zur Beurteilung herangezogenen Grenzwerte sind:

# A) Schwefeldioxidbelastung (SO2):

Die Grenzwerte laut 2. Forstverordnung sind:

§ 4.(1) Als Höchstanteile im Sinne des § 48 lit.b des Forstgesetzes 1975, die nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse und der Erfahrung noch nicht zu einer der Schadensanfälligkeit des Bewuchses entsprechenden Gefährdung der Waldkultur führen (wirkungsbezogene Immissionsgrenzwerte, gemessen an der Empfindlichkeit der Fichte), werden bei Messungen an der Luft festgesetzt:

- a) Schwefeldioxid (SO2):
- 1. 97,5 Perzentil für den Halbstundenmittelwert (HMW) in den

#### Monaten

- aa) April bis Oktober 0,07 mg/m3
- bb) November bis März 0,15 mg/m3

Die zulässige Überschreitung des Grenzwertes, die sich aus der Perzentilregelung ergibt, darf höchstens 100 % des Grenzwertes betragen.

- 2. Tagesmittelwert (TMW) in den Monaten
  - aa) April bis Oktober 0,05 mg/m3
  - bb) November bis März 0,10 mg/m3

# B) Stickoxide (NOx):

Bei Pflanzen liegen die Toleranzgrenzen für Stickoxide 2- bis 8-mal höher als für SO2. Mit einer Gefährdung wird erst ab 0,35 mg NO2/m3 (= 175 ppb) gerechnet. In Kombination mit SO2 liegt die Wirkungsschwelle allerdings niedriger: Bei Anwesenheit von 0,13 mg SO2/m3 führen schon 0,09 mg NO2/m3 (= 45 ppb) zu Blattschäden (Materialien zum Immissionsschutzbericht 1977, Umweltbundesamt Berlin).

Da in Österreich derzeit für Stickoxide und Ozon keine gesetzlichen Grenzwerte vorliegen, werden die ab 1. März 1986 in der Schweizerischen Luftreinhalteverordnung geltenden Grenzwerte für Stickoxide und Ozon zur Beurteilung herangezogen.

#### Stickstoffdioxid:

Grenzwerte der Schweizer Luftreinhalteverordnung: Jahresmittelwert: 30 μg NO2/m3 = 15 ppb NO2 95 %-Wert bezogen auf die Halbstundenmittelwerte eines Jahres: 100 μg NO2/m3 = 50 ppb NO2 maximaler Tagesmittelwert: 80 μg NO2/m3 = 40 ppb NO2

## C) Ozon:

98 %-Wert auf der Basis der Halbstundenmittelwerte eines Monats:  $100~\mu g~03/m3 = 50~ppb$ 

Einstundenmittelwert: 120 µg 03/m3 = 60 ppb 03

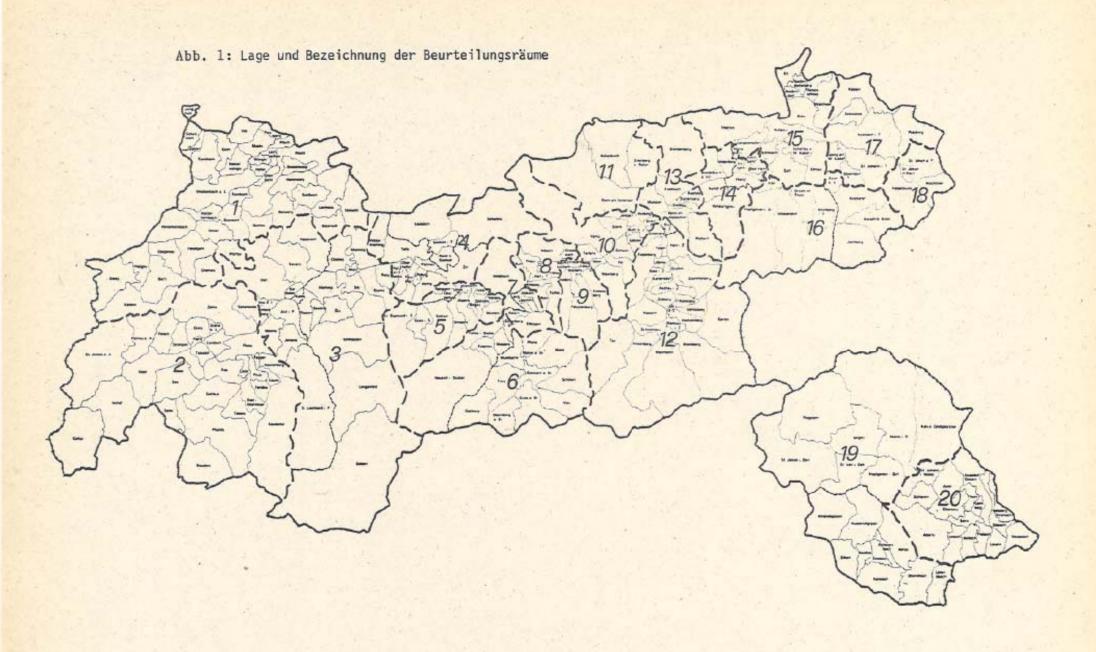
# D) Schwermetall- u.a. Staubbelastungen:

Die Grenzwerte laut 2. Forstverordnung sind:

§ 4.(3) Als Höchstmengen im Staubniederschlag werden im Sinne des § 48 lit.b des Forstgesetzes 1975 festgesetzt:

Monatsmittelwert	Jahresmittelwert		
(g/m2 . d)	(g/m2 .d)		
angegeben als			
MgO 0,08	0,05		
CaO 0,6	0,4		
	Jahresmittelwert		
	(kg/ha . a)		
Pb	2,5		
Zn	10,0		
Cu	2,5		
Cd	0,05		

Die in § 4 angeführten Werte beziehen sich auf die alleinige Wirkung der jeweiligen luftverunreinigenden Stoffe.



#### BEZIRK REUTTE

BFI Lechtal, BFI Reutte

# a) Waldzustand

Tab. 1: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre im Bezirk Reutte, Schadensentwicklung seit 1984

1.00		P TILL	Schadstufen				
Baumart	Jahr	gesand ungeschädigt	2 leicht geschädigt	mittelst. geschädigt	4+5 stark gesch. + tot	gesamt geschädigt	
	1984	. 57	24	17	2	43	
Fichte	1985	-51	32	14	3	49	
	1986	46	35	17	2	54	
	1984	44	21	23	12	56	
Tanne	1985	24	37	24	15	76	
	1986	24	33	25	18	76	
	1984	72	25		3	28	
Kiefer	1985	. 66	26	5	3	34	
	1986	. 60	28	10	2	40	
NIN TO	1984	50	29	21		50	
Buche	1985	34	38	28	200	66	
	1986	35	43	18	4	65	
	1984	57	24	16	3	43	
alle BA	1985	49	32	16	3	51	
	1986	44	35	17	4	56	

Der Bezirk Reutte, der zur Gänze im Nordalpenbereich liegt, ist mit Abstand der am stärksten geschädigte Bezirk Tirols. 56 % der Bestände über 60 Jahre weisen Kronenverlichtungen auf. Seit der ersten Erhebung 1984 nehmen die Waldschäden laufend zu. Jeder 2. Baum zeigt sichtbare Schadsymptome. Der Zustand der am meisten geschädigten Baumarten Tanne und Buche ist nach der starken Verschlechterung von 1984 auf 1985 um 16 bzw. 20 Prozentpunkte 1986 konstant geblieben. Die starken und mittelstarken Schäden haben jedoch zugenommen. Bereits 43 % der Tannen sind mittelstark bzw. stark geschädigt. Die

Fichte zeigt eine gleichmäßige Verschlechterung von 1984 auf 1986 (siehe Tab. 1).

Die Schäden verteilen sich über das gesamte Außerfern. Besonders schlecht ist der Waldzustand im nördlichen Teil des Bezirkes vom Zugspitzgebiet über den Ammerwald und den Reuttener Talkessel bis Vils. Im Lechtal sind vor allem die Taleingänge in die Seitentäler und die Seitentäler Rotlech, Namlos, Schwarzwasser und Hornbach von den Waldschäden betroffen.

Der schlechte Gesundheitszustand der Außerferner Wälder wird auch durch die Ergebnisse der Waldschadensaufnahmen, die die Landesforstdirektion für die Agrargemeinschaften Höfen, Reutte, Musau und Biberwier im Zuge der Einheitswertfortschreibung durchgeführt hat, bestätigt. Die Ergebnisse in Höfen und Musau liegen etwas über dem Bezirksdurchschnitt, in Reutte und Biberwier darunter (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Ergebnisse der Waldschadensaufnahmen 1986 im Bezirk Reutte

	-				
Agrargemeinschaft	gesund ungeschädigt	2 leicht geschädigt	mittelst. geschädigt	4+5 stark gesch. + tot	gesamt geschädig
Höfen	49	31	17	3	51 %
Reutte	42	37	18	3	58 %
Musau	46	33	16	5	54 %
Biberwier	42	35	18	5	58 %

# b) Immissionssituation

## 1. Beurteilungsraum: Bezirk Reutte

# Zusammenfassende Beurteilung:

Die Schwefeldioxiderhebungen in Reutte zeigen, daß hier eine Grundbelastung herrscht, welche fallweise im Zusammenwirken mit SO2-Ferntransporten zu forstschädlichen SO2-Belastungen führt. Außerdem zeigen die im benachbarten Ausland gelegenen Meßstellen Garmisch-Partenkirchen und Wank, daß an den besonders exponierten Hanglagen des Nordalpenbereiches auch durch Ferntransport allein forstschädliche SO2-Belastungen aufgetreten sind. Diese Ereignisse stellen jedoch Einzelfälle dar.

Bei der Meßstelle am Wank wurden während der gesamten Frühjahr-, Sommer- und Herbstmonate deutlich erhöhte Ozonbelastungen gemessen, welche langfristig insbesonders gemeinsam mit den erhöhten sauren Niederschlägen zu Vitalitätsminderungen bei den empfindlichen Baumarten führen.

Bezüglich der Beurteilung der Nadelanalysen wird auf den Bericht an dem Tiroler Landtag 1986, Zustand der Tiroler Wälder, verwiesen.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Wängle:

Lage der Meßstelle: Die Meßstelle liegt seit dem Winter 1983/84 auf 930 m Seehöhe am Rande des locker bebauten Siedlungsgebietes an einem flach nach Ostsüdost geneigten Hang. In unmittelbarer Nähe der Meßstelle befindet sich keine stark befahrene Straße. Der Talboden des Reuttener Beckens liegt ca. 80 Höhenmeter tiefer in etwa 3 km Entfernung.

Genessen wurde: Nasser Niederschlag

Nasser Niederschlag:

Die detaillierten Ergebnisse sind im Kapitel 3 wiedergegeben. Im Zeitraum Oktober 1985 bis September 1986 wurde gleich viel Nitrat/N wie im Vorjahr und geringfügig mehr Sulfat/S deponiert. Die Deposition an Ammonium/N nahm gegenüber dem Vorjahr ab.

Meßstelle Reutte-Bezirksforstinspektion - Bahnhofstraße:

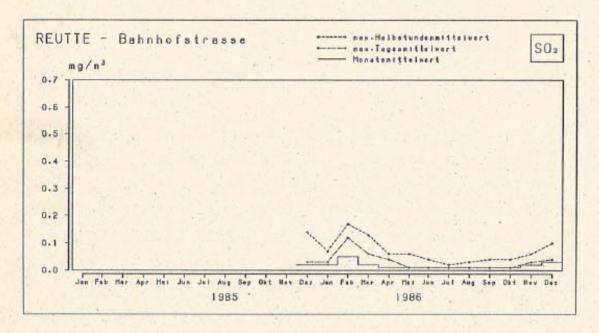
Lage der Meßstelle: Die Meßstelle liegt seit Dezember 1985 auf 850 m Seehöhe im Nordwesten des bebauten Ortsgebietes von Reutte am Talboden im Gebäude der Bezirksforstinspektion in der Bahnhofstrasse.

Genessen wurde: SO2

## Schwefeldioxid:

Seit Ende 1985 wird diese Meßstelle in Reutte betrieben. Die Abbildung zeigt den Jahresgang der Monatsmittelwerte und die max. Tagesund Halbstundenmittelwerte. Im Februar wurde mit Tagesmittelwerten von 0,12 mg SO2/m3 bei Überlagerungen mit SO2-Ferntransporten der Grenzwert für den Tagesmittelwert laut 2. Forstverordnung zweimal überschritten. Der höchste Halbstundenmittelwert betrug 0,17 mg SO2/m3. Im Sommerhalbjahr 1986 sowie im November und Dezember 1986 wurden die SO2-Grenzwerte der 2. Forstverordnung eingehalten.

Abb. 2:



Meßstellen Garmisch-Partenkirchen, Wank und Zugspitze:

Wie aus den lufthygienischen Monatsberichten des bayerischen Landesamtes für Umweltschutz zu entnehmen ist, wurde im Februar 1986
nicht nur in Garmisch-Partenkirchen im verbauten Gebiet sondern
auch am Wankgipfel in 1780 m Seehöhe an mehreren Tagen infolge SO2Ferntransportes der SO2-Grenzwert der 2. Forstverordnung deutlich
überschritten. Die besonders nach Norden exponierten Hanglagen der
angrenzenden Tiroler Nordalpen dürften ähnlichen Belastungen ausgesetzt gewesen sein.

Die Ozonmessungen in Garmisch-Partenkirchen, am Wank und auf der

Zugspitze zeigten, daß im Bereich Wank auf 1780 m Seehöhe häufigere und höhere Spitzenbelastungen registriert wurden als auf 3000 m auf der Zugspitze und als in Garmisch-Partenkirchen selbst. Die gemessenen Ozonkonzentrationen mit monatlichen 98 %-Werten bis 89 ppb 03 lagen bei weitem über den Grenzwerten der Schweizer Luftreinhalteverordnung. Von ähnlichen Ozonbelastungen dürften die angrenzenden Bereiche der Tiroler Nordalpen betroffen sein. Derartige Ozonbelastungen führen zu Vitalitätsminderungen bei den empfindlichen Baumarten.

# BEZIRKE LANDECK UND IMST

BFI Landeck, BFI Ried, BFI Imst, BFI Silz

# a) Waldzustand

Tab. 3: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre in den Bezirken Landeck und Imst, Schadensentwicklung seit 1984

			Schads	tufen		A ALCOHOLD
Baumart	Jahr	l gesand ungeschädigt	2 leicht geschildigt	mittelst. geschädigt	4+5 stark gesch. + tot	gesamt geschädigt
	1984	80	13	6	1	20
Fichte	1985	. 74	21	4	1	26
	1986	72	23	4	1	28
	1984	98	1		1	2
Lärche	1985	86	13	-	1	14
	1986	87	13	-	-	13
	1984	92	7	+	1	8
Kiefer	1985	75	23	2	- 1	25
	1986	73	25	1	1	27
1	1984	98	2	-		2
Zirbe	1985	91	9	-	4.00 - 100	9
	1986	92	8	795	/ 1 7	8
	1984	85	10	4	1	15
alle BA	1985	76	20	3	1	24
	1986	75	21	3	1	25

Der Waldzustand im Tiroler Oberland zeigt von 1985 auf 1986 keine wesentliche Veränderung. 25 % der Bestandesgrundfläche sind geschädigt. Damit ist die Schädigung deutlich geringer als im Landesdurchschnitt. Die starke Zunahme der Kronenverlichtungen von 1984 auf 1985 um 9 Prozentpunkte war auf die Verschlechterung des Zustandes der Baumarten Kiefer und Lärche zurückzuführen (siehe Tab. 3). Die Wälder des Bezirkes Landeck weisen zum Großteil noch keine flächenhaften Waldschäden auf. Bei Beständen an exponierten Stellen, z.B. am Arlberg, im Bereich der Paßstraße und am Gampen, kann man jedoch Kronenverlichtungen feststellen. Im Bezirk Imst gibt es bereits Gebiete in denen Waldschäden großflächig auftreten, wie im Raum Fernpaß — Nassereith, im Imster Talkessel, im Talbereich des Inntales. Einzelne geschädigte Bestände findet man auf dem Mieminger Plateau und im Ötztal, während das Pitztal mit Ausnahme des Taleeingangs noch durchwegs gesunde Bestände aufweist.

## b) Immissionssituation

# 2. Beurteilungsraum: Bezirk Landeck

## Zusammenfassende Beurteilung:

Die im Juli und August 1986 im Bereich Stadtzentrum Landeck und Perjentunnel durchgeführten Messungen der Stickoxid- und Schwermetallbelastung zeigen, daß der Durchzugsverkehr zu erhöhten Stickoxidbelastungen führt. Bei den gemessenen NO2-Belastungen von mehr als 30 ppb im Sommer ist gemeinsam mit den Kohlenwasserstoffen aus dem Durchzugsverkehr unter ungünstigen Randbedingungen mit der Ausbildung von erhöhten Ozonbelastungen in den oberen und angrenzenden Hanglagen zu rechnen. Außerdem führen hohe Stickoxidkonzentrationen auch zu erhöhten Nitratdepositionen im nassen und trockenen Niederschlag, wodurch an den benachbarten oberen Hanglagen ebenfalls Veränderungen des ökologischen Gleichgewichts verursacht werden können. Die Schwermetallbelastung von Gras mit Blei und Cadmium lag zur Hauptreisezeit unter den EG-Richtwerten für Futtermittel.

Bezüglich der Beurteilung der Nadelanalysen wird auf den Bericht an den Tiroler Landtag 1986, Zustand der Tiroler Wälder, verwiesen.

# Beurteilungsunterlagen:

# Meßprogramm Landeck - Perjen:

Im Juli und August 1986 wurden kurzzeitig Messungen der Schadstoffimmissionen im Bereich des Perjentunnels sowie im Stadtzentrum von Landeck durchgeführt. Hier werden nur die Ergebnisse der Stickoxidbelastung der Luft und der Schwermetallbelastung an Pflanzen besprochen.

# Lage der Meßstellen:

#### Meßstelle 1:

Westlich des westlichen Tunnelportals, 10 m unterhalb der Bundesstraße auf der Höhe des Hauses Graf 132 c.

Gemessen wurde: Pb und Cd auf Gras

#### Meßstelle 2:

10 m unterhalb der Bundesstraße bei Haus 89a, Bruggen, Flirstr.32. Gemessen wurde: Pb und Cd auf Gras

### Meßstelle 3:

Unmittelbar neben dem Lüfterbauwerk und 40 m neben dem Westportal beim Haus Stampfle 74, ca. 30 m oberhalb der Fahrbahn der Arlbergschnellstraße.

Gemessen wurde: NO, NO2, Pb und Cd auf Gras

## Meßstelle 4:

Beim Haus Stampfle 77, ca. 200 m östlich und ca. 10 m unterhalb des Lüfterbauwerks.

Gemessen wurde: NO, NO2, Pb und Cd auf Gras

#### Meßstelle 5:

Ca. 20 m oberhalb der 2. Kehre der Straße auf den Perfuchsberg, auf einer nach NNO geneigten Wiese, ca. 60 m über dem Talboden und ca. 30 m südöstlich über dem Lüfterbauwerk.

Gemessen wurde: Pb und Cd auf Gras

# Meßstelle 6:

Im Hof der Pontlatzkaserne.

Gemessen wurde: Pb und Cd auf Gras

# Meßstelle 7:

Im Haus Malserstraße 16, am Balkon des 2. Stockes, unmittelbar an der Kreuzung der Bundesstraßen vom Arlberg und vom Reschen.

Gemessen wurde: NO, NO2, Pb und Cd auf Gras

## Meßstelle 8:

In der Wiese am orographisch rechten Innufer gegenüber dem Ostportal des Perjen-Tunnels.

Gemessen wurde: Pb und Cd auf Gras

Tab. 4: Ergebnisse der Stickstoffmonoxid- und Stickstoffdioxiderhebungen in ppb NO/NO2

Meßstelle	Westportal	Stampfle 77	Malserstr.16
Nr.	3	4	7
Mittelwert NO/NO2	44/21	18/15	48/25
max. Tagesmittelwert	79/28	31/23	63/33
max. Halbstundenmittelwert	364/98	135/62	205/66
95 %-Wert	-/59	-/32	-/48
Anzahl der Halbstundenmittelw	. 667/667	650/650	805/805

Tab. 5: Ergebnisse der Untersuchungen von Gras auf Schwermetallbelastung mit Blei und Cadmium

Me	eßstelle	Blei	Cadmium
		mg/kg = ppm	mg/kg = ppm
1	Graf an Bundesstraße	3,4	0,076
2	Bruggen an Bundesstraße	1,9	0,084
3	oberhalb Westportal	2,5	0,051
4	Stampfle 77	3,1	0,029
5	Perfuchsberg	1,5	0,042
6	Kaserne	1,8	0,101
8	rechtes Innufer bei Ostportal	1,7	0,022

## Stickoxide:

Die Erhebungen zeigten (siehe Tab. 4), daß im jeweiligen Erhebungszeitraum, insbesondere bei der Meßstelle 3, oberhalb des Westportals, wie auch bei der Meßstelle 7, in der Malserstraße, erhöhte Stickstoffdioxidbelastungen vorlagen. Es wurden Halbstundenmittelwerte zwischen 62 'und 98 ppb NO2 erreicht. Obwohl der Mittelwert und der 95 %-Wert erst nach einjähriger Erhebungsdauer beurteilt werden dürfen, kann angenommen werden, daß bei derartigen Sommerwerten der Grenzwert für den Jahresmittelwert weder bei der Meßstelle 3 noch bei der Meßstelle 7 eingehalten werden kann. Auch bei der Meßstelle 4 ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, Jahresdurchschnitt der Grenzwert nicht eingehalten werden kann. (Wie aus mehr jährigen Erhebungen von verkehrsnahen Meßstellen in Tirol bekannt ist, liegt trotz allenfalls etwas niedrigerer Verkehrsbelastung im Winter die Stickoxidbelastung im Winter eher höher als im Sommer, da die Umwandlungsbedingungen von NOx in Folgeprodukte und die Durchmischung mit Frischluft im Winter deutlich behindert sind und daher in den Wintermonaten im allgemeinen eher höhere Stickstoffdioxidbelastungen auftreten als im Sommer). Insgesamt ist bei den gemessenen NO2- Belastungen von mehr als 30 ppb im Sommer unter ungünstigen Bedingungen mit der Ausbildung von erhöhten Ozonbelastungen in den oberen Hanglagen zu rechnen. Außerdem führen hohe NOx-Konzentrationen auch zu erhöhten Nitrat-Depositionen im nassen und trockenen Niederschlag an den benachbarten Hanglagen, wodurch ebenfalls Veränderungen des ökologischen Gleichgewichts verursacht werden können. Die unmittelbar in Emittentennähe beim Tunnelportal und in der Malserstraße (Stadtzentrum - Durchzugsstraße) gelegenen Meßstellen zeigen deutlich höhere NO-Belastungen als die nicht unmittelbar in Emittentennähe gelegene Meßstelle Stampfle 77.

Schwermetallbelastung von Gras mit Blei und Cadmium:

Die untersuchten Grasproben des 2. Schnittes zeigten durchwegs weder bei Blei noch bei Cadmium Überschreitungen des EG-Richtwertes für Futtermittel an. (Bleirichtwert 10 ppm, Cadmiumrichtwert 1 ppm). Die höchsten Bleibelastungen (in der Höhe von 1/4 bis 1/3

des Grenzwertes) wurden im Bereich Graf an der Bundesstraße sowie oberhalb des Westportals und in Stampfle 77 erhoben. Cadmiumbelastungen zwischen 7 und 10 % des Grenzwertes wurden an der Bundesstraße in Graf und Bruggen sowie in der Kaserne erhoben (siehe Tab. 5).

# 3. Beurteilungsraum: Bezirk Imst

# Zusammenfassende Beurteilung:

Die in den Hochsommermonaten im Venter Tal gemessenen Ozonkonzentrationen überschritten die Schweizer Ozongrenzwerte erheblich. Bei derartigen Ozonbelastungen ist langfristig mit Vitalitätsminderungen bei den empfindlichen Nadel- und Laubbaumarten zu rechnen.

Südlich der Imster Industriezone auf dem Taleinhang zum Inn wurden neuerlich grenzwertüberschreitende Schwefelbelastungen in den Fichtennadeln erhoben (Herbst 1986).

Bezüglich der Beurteilung der weiteren Nadelanalysen wird auf den Bericht an den Tiroler Landtag 1986, Zustand der Tiroler Wälder, verwiesen.

# Beurteilungsunterlagen:

# Meßstelle Sölden - Heiligkreuz:

Lage der Meßstelle: Die Meßstelle Sölden - Heiligkreuz liegt auf ca. 1710 m Seehöhe im Venter Tal im untersten Bereich einer nach Südosten orientierten Hanglage ca. 10 Höhenmeter oberhalb der Strasse nach Vent. Die Meßstelle wurde im Sommer 1986 von Juli bis Anfang September betrieben.

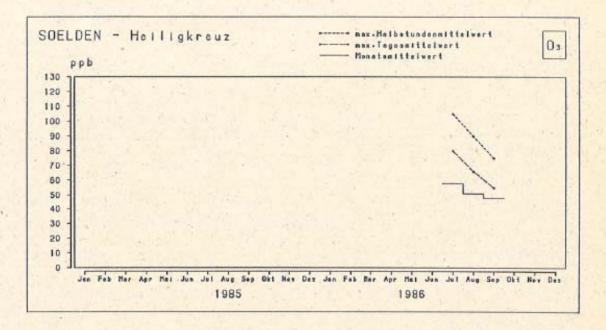
Gemessen wurde: 03

#### Ozon:

Die gemessenen Ozonkonzentrationen im Juli und August ergaben einen Monatsmittelwert von 58 bzw. 51 ppb, maximale Tagesmittelwerte von 80 und 66 ppb maximale Halbstundenmittelwerte von 105 und 90 ppb

und 95 %-Werte von 90 bzw. 72 ppb 03. Mit diesen Ozonkonzentrationen ist die Meßstelle erheblich belastet. Bei derartigen Ozonbelastungen ist mit einer Vitalitätsminderung bei den empfindlichen Nadel- und Laubbaumarten zu rechnen. Der 03-Grenzwert der Schweizer Luftreinhalteverordnung wurde bei dieser Meßstelle im Meßzeitraum laufend erheblich überschritten.

Abb. 3:



## Nadelanalysen:

Die Ergebnisse der Nadelanalysen vom Meßpunkt Arzl i.P. liegen bereits vor. Der Meßpunkt liegt auf einem dem Inntal zugeneigten Hang oberhalb der Imster Industriezone. Die Nadelanalysen zeigen wie in den Vorjahren neuerlich absolute Überschreitungen des Grenzwertes für den Schwefelgehalt in den Fichtennadeln laut 2. Forstverordnung an.

# BEZIRKE INNSBRUCK-LAND UND INNSBRUCK-STADT

Stadtmagistrat Innsbruck (Abteilung IX), BFI Telfs. BFI Steinach BFI Hall

# a) Waldzustand

Tab. 6: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre in den Bezirken Innsbruck-Land und Innsbruck-Stadt; Schadensentwicklung seit 1984

	14		Schad	stufen		1,77
Baumart	Jahr	l gesund ungeschädigt	2 leicht geschidigt	3 mittelst. geschädigt	4+5 stark gesch. + tot	gesamt geschädig
	1984	62	32	6	100 - 10	38
Fichte	1985	68	26	6	2	32
	1986	61	33	6	7	39
	1984	40	50	9	1	60
Tanne	1985	34	57	8	1	66
	1986	49	46	5	-	51
	1984	88	11	-	1	12
Lärche	1985	79	19	2	-	21
	1986	65	31	3	1	35
THE REAL PROPERTY.	1984	65	32	-	3	35
Kiefer	1985	54	33	- 11	2	46
	1986	44	44	10	2	56
	1984	47 -	40	10	3	53
Buche	1985	58	32	9	1	42
	1986	50	37	13		50
	1984	67	28	4	1	33
alle BA	1985	68	26	5	1	32
	1986	60	34	5	1	40

In den Bezirken Innsbruck-Land und Innsbruck-Stadt haben die Waldschäden verglichen mit den anderen Bezirken Tirols am stärksten zugenommen (8 Prozentpunkte Steigerung). Derzeit sind 40 % der Bestandesgrundfläche geschädigt, wobei 34 % auf die leichten und 6 % auf die mittleren und starken Schäden entfallen. Die deutliche Zunahme geht auf die starke Verschlechterung der Lärche, Kiefer und Buche zurück. Erholt hat sich die Tanne, die jedoch nur einen geringen Baumartenanteil besitzt (siehe Tab. 6).

Die Hauptschadensgebiete sind das Karwendel, das gesamte Inntal und das Wipptal. Im Inntal weisen vor allem die Bestände in den unteren Tallagen besonders im Raum Innsbruck - Hall schwere Schäden auf.

# Waldschäden entlang der Brennerautobahn:

Im Jahre 1984 wurden die geschädigten Bestände entlang der Brennerautobahn kartiert. 1986 wurden für die Schadenssituation typische Bestände einzelbaumweise nach den Kriterien der Waldzustandsinventur untersucht. Als Indikator diente die Hauptbaumart Fichte.

Der Vergleich mit der Waldzustandsinventur 1986 zeigt folgendes Ergebnis: In den untersuchten Beständen unterhalb der Brennerautobahn stehen 68 mal mehr tote Fichten (27 %) als im gesamttiroler Durchschnitt (0,4 %). Die bereits entnommenen abgestorbenen Stämme wurden dabei nicht berücksichtigt.

In Tirol waren 0,8 % der Fichten stark geschädigt, an der Brennerautobahn 7 %. Der Prozentanteil der leicht geschädigten Fichten entspricht mit 26 % etwa dem Tiroler Durchschnitt (30 %), 15 % sind mittelstark geschädigt, in Tirol 7 %. Während in Gesamttirol im Jahre 1986 62 % der Fichten über 60 Jahre keine Verlichtung zeigten, sind unterhalb der Brennerautobahn nur 25 % als gesund anzusprechen (siehe Abb. 4).

Der Gesundheitszustand der oberhalb der Brennerautobahn untersuchten Bäume ist im Vergleich zu den Beständen unterhalb wesentlich besser (63 % gesund, 32 % leicht, 4 % mittelstark geschädigt).

In den Gemeinden Gries, Steinach, Matrei, Mühlbachl, Schönberg und Patsch sind 3,8 ha absterbende und tote Waldbestände, 28,3 ha Waldfläche sind leicht bis mittelgeschädigt (siehe Bild 12 im Anhang).

Als Hauptursache für den schlechten Zustand der Randbestände entlang der Brennerautobahn sind vor allem die Einwirkung von Auftau-

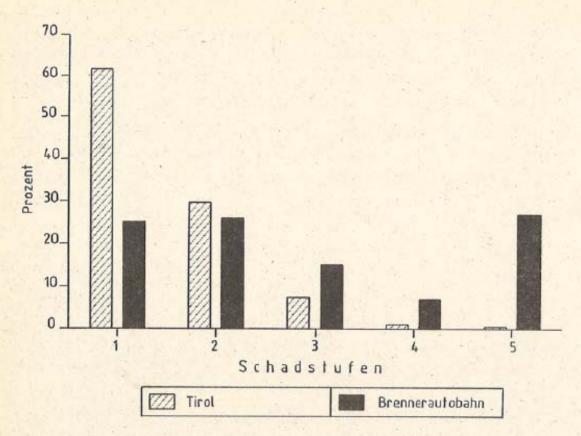


Abb. 4: Schadstufenverteilung bei den untersuchten Fichten in den Randbeständen unterhalb der Brennerautobahn im Vergleich mit dem Ergebnis der Waldzustandsinventur 1986 in Tirol

salzen und in zweiter Linie die Verkehrsabgase und andere Immissionen anzusehen. Zusammenfassend ist festzustellen, daß in den untersuchten Waldflächen insbesondere unterhalb der Brennerautobahn eindeutig die Kriterien der Waldverwüstung nach § 16, Abs. 2 Forstgesetz 1975 verursacht durch schadstoffbelastete Straßenwässer sowie direkte Salzeinwirkung vorliegen (siehe Kapitel 17).

Daß die Waldschäden nicht nur im Nahbereich der Brennerautobahn im Wipptal verstärkt auftreten, zeigt die Waldschadensaufnahme Tienzens. Die Schäden liegen mit 55 % verlichteten Stämmen um 15 % höher als im Bezirk Innsbruck-Land, die mittelstarken Schäden betragen das Dreifache (siehe Kapitel 15).

## b) Immissionssituation

# 4. Beurteilungsraum: Telfs und Umgebung, Salzstraße und Seefelder Plateau

Bezüglich der Beurteilung der Nadelanalysen wird auf den Bericht an den Tiroler Landtag 1986, Zustand der Tiroler Wälder, verwiesen.

# 5. Beurteilungsraum: Kematen und Umgebung, Westliches Mittelgebirge und Sellrain

Bezüglich der Beurteilung der Nadelanalysen wird auf den Bericht an den Tiroler Landtag 1986, Zustand der Tiroler Wälder, verwiesen,

# 6. Beurteilungsraum: Stubaital und Wipptal

Zusammenfassende Beurteilung:

Die Immissionsbelastung im Wipptal wird fast zur Gänze vom Transitverkehr (ca. 9 Mio. PKW und 1 Mio. LKW/Jahr) verursacht.

Stickoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen aus dem Straßenverkehr verursachen eine hohe Ozonbelastung, die gemeinsam mit Einträgen an Sulfat/S und Nitrat/N in Niederschlägen zu Vitalitätsminderungen

Autobahnnahe Waldbestände sind einer relativ geringen aber andauernden Schwefeldioxidbelastung aus dem Schwerverkehr ausgesetzt.

bei den empfindlichen Laub- und Nadelbaumarten führt.

In Straßennähe treten in Waldböden durchwegs Bleikonzentrationen auf, die über dem Grenzwert für landwirtschaftliche Böden liegen. In den Hanglagen des Wipptales wurden erhöhte Blei- und Cadmiumgehalte in Fichtenrinden gemessen (siehe Kapitel 19).

In diesem Zusammenhang wird auf die ausführlichen Besprechungen und weitere Beurteilungsunterlagen im "Zustand der Tiroler Wälder", Bericht an den Tiroler Landtag 1986 verwiesen, insbesonders auf die Seiten 68 bis 74 und 160 bis 181.

# Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Gries a. Brenner/Nößlach-Kalchschmid bzw. Schmirn-Toldern:

Lage der Meßstellen: Die Meßstelle Nößlach lag im Jahr 1984/85 auf 1420 m Seehöhe in einem dünn besiedelten, hauptsächlich landwirtschaftlich genutzten Gebiet, in einer nach Osten geneigten Wiese ca. 230 m über dem Talboden. Die Brennerautobahn führt 120 m tiefer in ca. 1,5 km Entfernung östlich der Meßstelle vorbei. Ab Dezember 1985 wurde die Meßstelle nach Schmirn-Toldern verlegt (verkehrsfern) und liegt nun am Talschluß des Schmirntales auf 1570 m Seehöhe.

Gemessen wurde: Nasser Niederschlag

# Nasser Niederschlag:

Die genauen Ergebnisse sind in Kapitel 3 wiedergegeben. Insgesamt wurden bei diesen Meßstellen wiederholt erhöhte Werte an Sulfat/S und Nitrat/N im Niederschlag gemessen. Bei diesen Meßstellen ergab sich der niedrigste Eintrag an freier Säure im Niederschlag von allen Meßstellen in Tirol.

# 7. Beurteilungsraum: Landeshauptstadt Innsbruck und Östliches Mittelgebirge

Zusammenfassende Beurteilung:

Die seit mehr als 12 Jahren durchgeführten SO2-Messungen im Talkessel von Innsbruck zeigen, daß der bereits mehrere Jahre anhaltende Trend zu niederen SO2-Belastungen sich im Jahr 1986 nur mehr geringfügig fortgesetzt hat, wobei die zum Teil noch erheblichen Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung fast ausschließlich im Winterhalbjahr und in den frühen Frühjahrsmonaten auftreten.

Die Stickoxidbelastung ist in Innsbruck gemessen an den Schweizer Grenzwerten ganzjährig besonders im Stadtzentrum deutlich erhöht, wobei ebenfalls im Winter höhere Werte auftreten als im Sommer. Der Trend der Stickstoffdioxidbelastung war bei der Meßstelle Olympi-

sches Dorf in den letzten 3 Jahren mit einer Zunahme um nahezu 50 % stark steigend. Bei derartigen Stickstoffdioxidbelastungen ist je nach photochemischen Umwandlungsbedingungen gemeinsam mit den Kohlenwasserstoffen aus dem Straßenverkehr im Umland mit der Ausbildung von stark erhöhten Ozonbelastungen zu rechnen. Tatsächlich wurde auf der Seegrube eine Spitzenbelastung von 115 ppb Ozon und auf der nördlichen Mittelgebirgsterasse von 101 ppb Ozon gemessen.

Die im Sommer 1986 bei der Meßstelle Seegrube gemessenen O3-Belastungsspitzenwerte waren deutlich häufiger und höher als bei den anderen Tiroler Ozonmeßstellen inklusive der bayerischen Meßstellen am Wank und auf der Zugspitze. Daher ist eine starke Überlagerung durch lokale Ozonentstehung aus den Straßenverkehrsabgasen anzunehmen.

Weiters führen die fallweise gleichzeitig auftretenden erhöhten Stickstoffdioxid- und Schwefeldioxidbelastungen zu vegetationsschädigenden Kombinationswirkungen im unmittelbaren Stadtbereich. Hier ist auch mit direkten Schädigungen durch Stickstoffdioxidspitzenbelastungen zu rechnen.

Die bei der Meßstelle Rechenhof am nördlichen Mittelgebirgsplateau gemessenen SO2- und Stickoxidkonzentrationen zeigen, daß im Laufe des Vormittags mit Anhebung der Mischungsschicht schadstoffbelastete Luftmassen die Hanglagen des Inntales erreichen. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Schadstoffdeposition, die im Kap. 3 näher beschrieben wird, verwiesen.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Innsbruck - Stadtzentrum - Bürgerstraße:

Lage der Meßstelle: Die Meßstelle befand sich seit November 1974 im Gebäude des Rathauses im Stadtzentrum von Innsbruck, im November 1977 wurde die Meßstelle in das nahe gelegene Gebäude der Landesforstdirektion in der Bürgerstraße verlegt. Beide Meßstellen liegen nur ca. 200 m voneinander entfernt. Es wurde durch Parallelmessungen festgestellt, daß bei beiden Meßstellen die gleichen Immissionsverhältnisse herrschten. Die Meßstellen liegen im westlichen Stadt-

zentrum von Innsbruck auf 580 m Seehöhe am Talboden. Die Meßstelle in der Bürgerstraße befindet sich in unmittelbarer Nähe einer stark frequentierten, ampelgeregelten Kreuzung.

Gemessen wurde: SO2, NO, NO2

# Schwefeldioxid:

Die seit mehr als 12 Jahren durchgeführten SO2-Messungen in Innsbruck-Stadtzentrum zeigen, daß sich der bereits mehrere Jahre anhaltende Trend zu niedrigeren SO2-Belastungen im Jahr 1986 nur mehr geringfügig fortgesetzt hat (siehe Abb. 5).

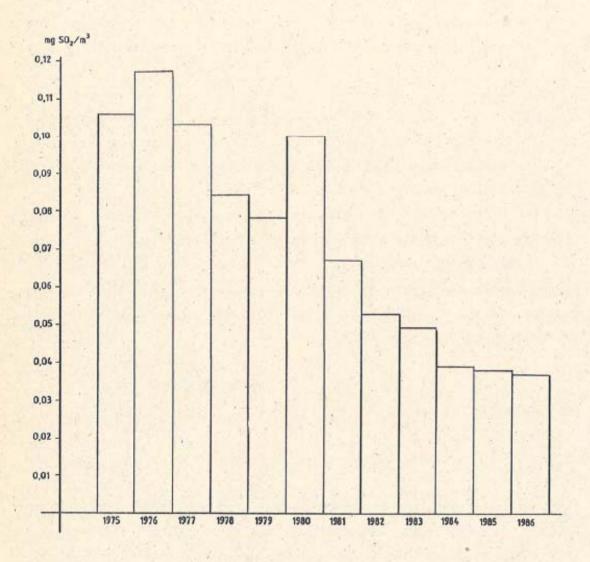
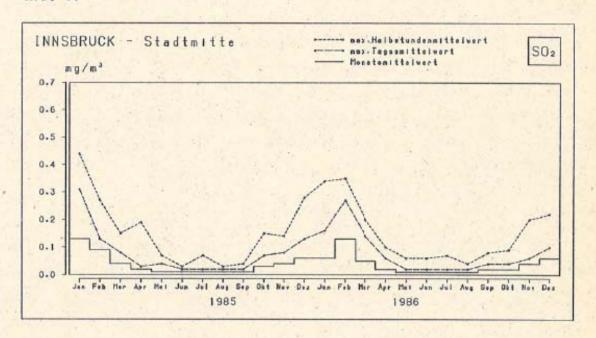


Abb. 5: Jahresmittelwerte der SO2-Belastung in Innsbruck-Stadtzentrum 1975 bis 1986

Trotzdem wurden im Winter 85/86 mit maximalen Tagesmittelwerten von 0,27 mg SO2/m3, maximalen Halbstündenmittelwerten von 0,35 mg SO2/m3 und einem monatlichen 97,5-Perzentil bis zu 0,28 mg SO2/m3 die Grenzwerte für SO2 laut 2. Forstverordnung wiederholt und zum Teil erheblich überschritten. Im Sommerhalbjahr 1986 wurde im April mit einem maximalen Tagesmittelwert von 0,06 mg SO2/m3 der SO2-Grenzwert laut 2. Forstverordnung ebenfalls überschritten, von Mai bis Oktober wurden maximale Halbstundenmittelwerte bis 0,09 mg SO2/m3 und maximale Tagesmittelwerte bis 0,04 mg SO2/m3 sowie monatliche 97,5-Perzentil-Werte bis 0,05 mg SO2/m3 gemessen und somit der SO2-Grenzwert der 2. Forstverordnung eingehalten. Im November und Dezember 1986 betrug der maximale Halbstundenmittelwert 0,22 mg SO2, der maximale Tagesmittelwert 0,10 mg SO2/m3 und das 97,5-Perzentil 0,13 mg SO2/m3.

Abb. 6:



## Stickoxide:

Die bei der Meßstelle Innsbruck-Stadtzentrum erhobenen Stickstoffdioxidbelastungen zeigen mit einem Jahresmittelwert von 42 ppb,
einem maximalen Tagesmittelwert von 114 ppb, einem maximalen Halbstundenmittelwert von 206 ppb und einem 95 %-Wert der Halbstundenmittelwerte des Jahres von 88 ppb, daß die Grenzwerte laut Schweizer Luftreinhalteverordnung ganzjährig erheblich, aber insbesondere
im Winter, nahezu durchgehend und stark überschritten werden. Diese

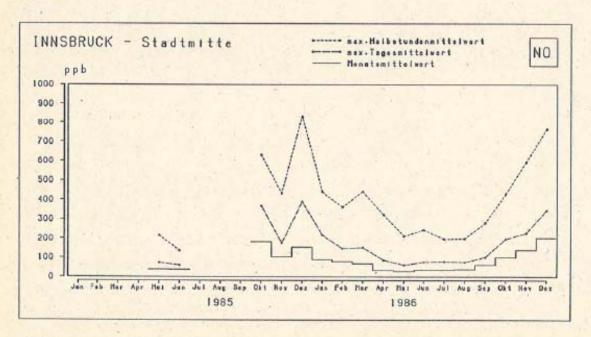
Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen, die in anderen Großstädten erhoben werden. Die Stickstoffmonoxidbelastung lag in Innsbruck – Stadtzentrum mit einem Jahresmittelwert von 76 ppb, einem maximalen Tagesmittelwert von 346 ppb und einem maximalen Halbstundenmittelwert von 766 ppb erheblich über der Stickstoffdioxidbelastung. Bei diesen Ergebnissen ist zu berücksichtigen, daß in unmittelbarer Nähe der Meßstelle eine stark frequentierte ampelgeregelte Kreuzung zusätzlich zur Höhe der Belastung beiträgt.

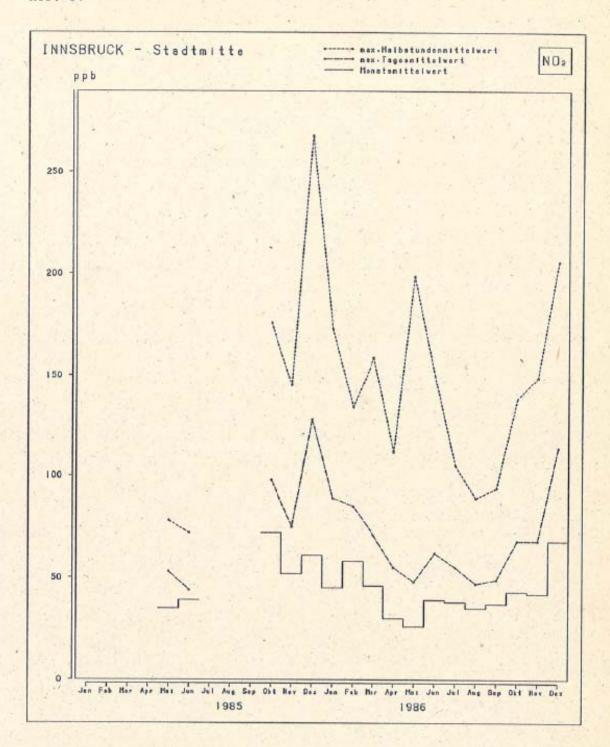
Die gemessenen Stickstoffdioxidbelastungen erreichten somit regelmäßig Werte, bei denen im Umland je nach photochemischen Umwandlungsbedingungen gemeinsam mit Kohlenwasserstoffen aus dem Straßenverkehr mit der Ausbildung von Ozonbelastungen zwischen 100 und 150 ppb gerechnet werden muß. In diesem Zusammenhang wird auf die Ozon-Spitzenbelastung auf der Seegrube von bis zu 115 ppb 03 und auf dem nördlichen Mittelgebirge bis zu 101 ppb hingewiesen.

Weiters ist bei den gemessenen Stickstoffdioxidbelastungen von mehr als 45 ppb NO2 bei gleichzeitiger Anwesenheit von mehr als 0,13 mg SO2/m3 mit vegetationsschädigenden Kombinationswirkungen zu rechnen. Stickstoffdioxidspitzenbelastungen von mehr als 175 ppb NO2 können auch unmittelbar zu Vegetationsschäden führen.

Auf die Probleme der Schadstoffdeposition wird im Kapitel 3 näher eingegangen.

Abb. 7:





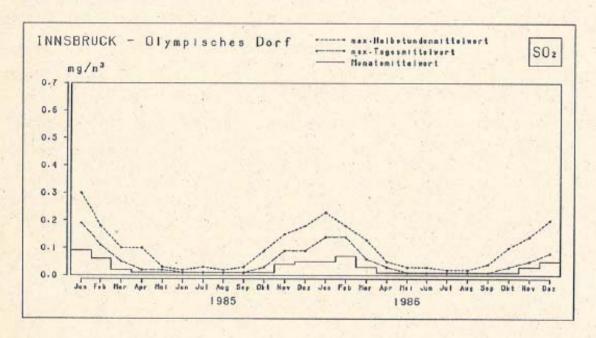
# Meßstelle Innsbruck - Olympisches Dorf:

Lage der Meßstelle: Die Meßstelle liegt seit 1977 im Osten von Innsbruck in der Nähe der Gemeindegrenze zur Nachbargemeinde Rum in einem mit Hochhäusern bebauten Gebiet. Die Meßstelle liegt auf 570 m Seehöhe am Talboden. In unmittelbarer Nähe der Meßstelle befindet sich eine mäßig stark frequentierte Nebenstraße. Die Inntalautobahn ist ca. 1 km von der Meßstelle entfernt. Gemessen wurde: SO2, NO, NO2

# Schwefeldioxid:

Die seit nunmehr 10 Jahren durchgeführten SO2-Messungen in Innsbruck-Olympisches Dorf zeigen, daß der bereits mehrere Jahre anhaltende Trend zu niedrigeren SO2-Belastungen im Jahr 1986 nur mehr zu geringfügig niedereren Werten führte (siehe Abb. 10). Trotzdem wurden im Winter 1985/86 mit maximalen Halbstundenmittelwerten bis 0,23 mg SO2/m3, maximalen Tagesmittelwerten bis 0,14 mg SO2/m3 und einem monatlichen 97,5-Perzentil von 0,16 mg SO2/m3 (Februar 1986) die SO2-Grenzwerte der 2. Forstverordnung wiederholt überschritten. Von März bis Dezember 1986 wurden hingegen die jeweils geltenden Sommer- bzw. Wintergrenzwerte für SO2 der 2. Forstverordnung eingehalten.

## Abb. 9:



# Stickoxide:

Die Erhebung der Stickstoffdioxidbelastung bei der Meßstelle Olympisches Dorf zeigte 1984 einen Jahresmittelwert von 20 ppb NO2, im Jahr 1985 einen Jahresmittelwert von 24 ppb NO2 und im Jahr 1986 einen Jahresmittelwert von 29 ppb NO2 an. Somit ist die durchschnittliche NO2-Belastung bei dieser Meßstelle innerhalb von 3 Jah-

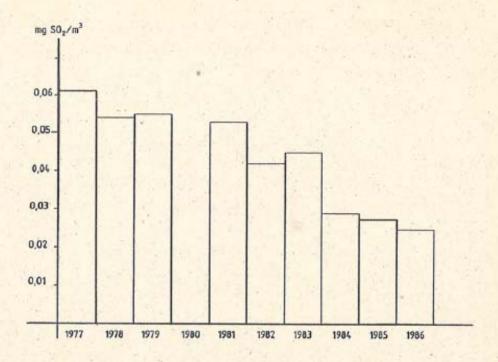


Abb. 10: Jahresmittelwerte der SO2-Belastung in Innsbruck -Olympisches Dorf 1977 bis 1986

ren um nahezu die Hälfte angestiegen (siehe Abb. 11). Mit einem Jahresmittelwert von 29 ppb NO2, einem maximalen Tagesmittelwert von 73 ppb NO2 und einem 95 %-Wert der Halbstundenmittelwerte des Jahres von 60 ppb NO2 wurden die NO2-Grenzwerte der Schweizer Luftreinhalteverordnung erheblich überschritten. Der maximale Halbstundenmittelwert bei dieser Meßstelle betrug 135 ppb NO2.

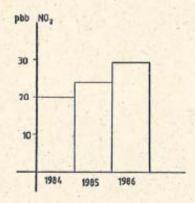


Abb. 11: Jahresmittelwerte der NO2-Belastung in Innsbruck -Olympisches Dorf 1984 - 1986

Die Stickstoffmonoxidbelastung lag im Jahr 1986 im Jahresmittel bei 43 ppb, der maximale Halbstundenmittelwert betrug 728 ppb, und der maximale Tagesmittelwert 340 ppb NO.

Abb. 12:

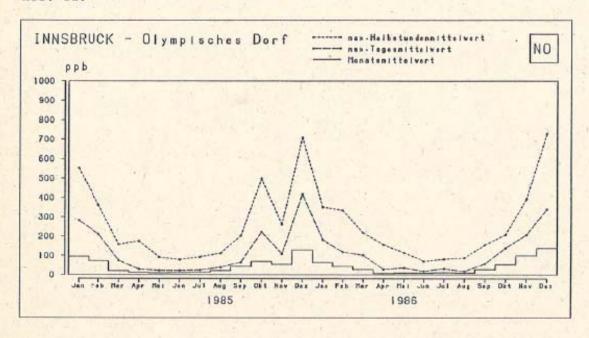
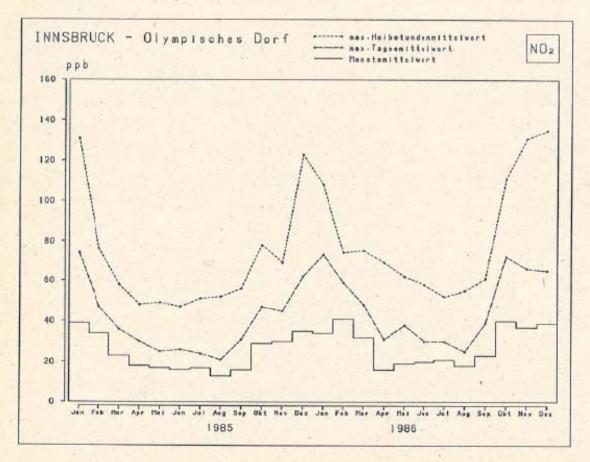


Abb. 13:



Die gemessenen Stickstoffdioxidbelastungen erreichten somit häufig Werte, bei denen je nach photochemischen Umwandlungsbedingungen mit der Ausbildung von Ozonbelastungen über 100 ppb gerechnet werden muß. Weiters ist bei den gemessenen Stickstoffdioxidbelastungen von mehr als 45 ppb NO2 bei gleichzeitiger Anwesenheit von 0,13 mg SO2/m3 oder mehr mit blattschädigenden Kombinationswirkungen zu rechnen.

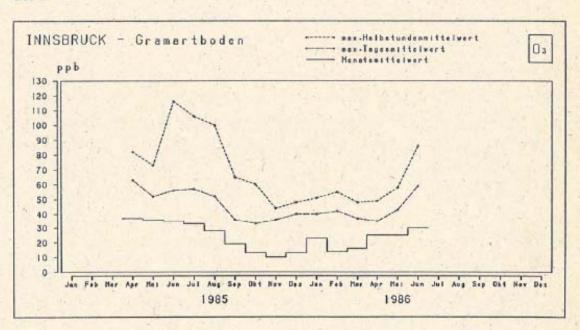
Auf die Probleme der Schadstoffdeposition wird im Kapitel 3 näher eingegangen.

## Meßstelle Innsbruck-Gramartboden:

Lage der Meßstelle: Die Meßstelle war von April 1985 bis Juli 1986 in Betrieb. Die Meßstelle liegt im Norden von Innsbruck auf der Hungerburg auf 840 m Seehöhe in einer großen Waldlichtung ca. 260 m über dem Talboden von Innsbruck. Die Meßstelle befindet sich im Bereich einzelner verstreut gelegener Häuser am Ende einer wenig befahrenen Straße.

Genessen wurde: 03

Abb. 14:



## Ozon:

Die Ozonbelastung erreichte in den Winter- und Frühjahrsmonaten bei der Meßstelle Gramartboden maximale Halbstundenmittelwerte um 50 ppb, während im Juli 1986 ein maximaler Halbstundenmittelwert von 101 ppb 03 erreicht wurde. Teilweise in den Frühjahrsmonaten aber besonders in den Sommermonaten wurde bei dieser Meßstelle mit 95 %-Werten der Halbstundenmittelwerte eines Monats zwischen 47 und 71 ppb der Schweizer Immissionsgrenzwert für Ozon zum Teil erheblich überschritten.

Diese Ozonbelastungen bedeuten, daß bei den empfindlichen Baumarten mit einer Vitalitätsbeeinträchtigung durch Ozon zu rechnen ist, auch schädliche Kombinationswirkungen mit sauren Niederschlägen sind zu erwarten.

# Meßstelle Innsbruck - Rechenhof:

Gemessen wurde: SO2, NO, NO2, O3

Lage der Meßstelle: Die Meßstelle Innsbruck - Rechenhof wird statt der bisherigen Meßstelle Innsbruck - Gramartboden seit August 1986 betrieben. Die Meßstelle liegt ebenso wie die Meßstelle Innsbruck - Gramartboden auf der nördlichen Mittelgebirgsterrasse, jedoch nord-östlich des Innsbrucker Stadtzentrums auf 870 m Seehöhe am Rande einer großen Waldlichtung ca. 300 m über dem Talboden von Innsbruck. Die Meßstelle befindet sich im Bereich weniger verstreut gelegener Häuser am Ende einer kaum befahrenen Strasse.

## Schwefeldioxid:

Die ersten Erhebungen vom Dezember 1986 bei der Meßstelle Rechenhof zeigen, daß maximale Halbstundenmittelwerte von 0,11 mg SO2/m3 erreicht wurden. Der maximale Tagesmittelwert betrug in diesem Monat 0,02 mg SO2/m3. Aus dieser kurzen Meßzeit kann noch keine Aussage über Einhaltung oder Überschreitung von Grenzwerten getroffen werden. Bei Anheben der Mischungsschicht meist am späten Vormittag zeigt sich jedoch deutlich die Zuwehung schadstoffbelasteter Luftmassen aus dem Talboden.

#### Stickoxide:

Im November und Dezember wurden Monatsmittelwerte der NO2-Belastung von 14 bzv. 16 ppb NO2 gemessen. Der maximale Tagesmittelwert betrug 35 ppb NO2, der maximale Halbstundenmittelwert 76 ppb NO2. Aus dieser kurzen Meßzeit kann noch nicht auf eine Einhaltung oder Über-

schreitung von Stickoxidgrenzwerten geschlossen werden, jedoch zeigt sich, daß in diesen beiden Monaten fallweise beträchtliche Stickstoffdioxidbelastungen aus dem Talboden bis in Mittelgebirgshöhe gelangt sind.

Die Stickstoffmonoxidbelastung betrug in den Monaten November und Dezember im Mittel 7 bzw. 11 ppb NO, der maximale Tagesmittelwert betrug 52 ppb NO.

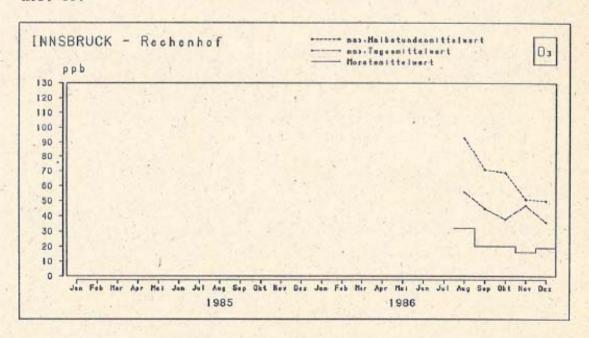
Aus dem Überwiegen der NO2-Belastung über die NO-Belastung kann geschlossen werden, daß die Stickoxide aus dem Talboden bereits eine Umwandlung erfahren haben, wenn sie bis zur Mittelgebirgsterrasse am Rechenhof gelangt sind.

#### Ozon:

Die von August bis Oktober gemessenen 95 %-Werte der Halbstundenmittelwerte der einzelnen Monate zwischen 48 und 68 ppb 03 zeigen, daß die Grenzwerte laut Schweizer Luftreinhalteverordnung in diesen Monaten regelmäßig überschritten wurden. Im August wurde ein maximaler Halbstundenmittelwert von 93 ppb 03 gemessen.

Bei derartigen Ozonbelastungen ist mit Vitalitätsbeeinträchtigungen bei den empfindlichen Baumarten zu rechnen, auch schädliche Kombinationswirkungen mit sauren Niederschlägen sind zu erwarten.





# Meßstelle Seegrube:

Die Meßstelle Seegrube wurde im März 1985 in 1960 m Seehöhe ca. 1300 m über dem Talkessel von Innsbruck an einem nach Süden exponierten Hang errichtet. Die Meßstelle ist nur über die Seilbahn zu erreichen, da keine Straßenverbindung besteht.

Gemessen wurde: 03

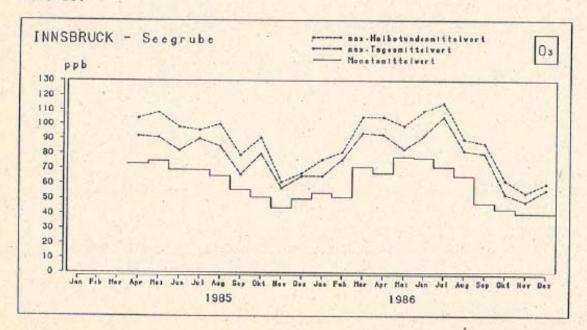
## Ozon:

Bei der Meßstelle Seegrube wurde im Juli ein maximaler Halbstundenmittelwert von 115 ppb Ozon gemessen. In den Sommermonaten betrug der 95 %-Wert der Halbstundenmittelwerte des Monats zwischen 55 und 102 ppb. Auch in den Wintermonaten wurden 95 %-Werte zwischen 49 und 95 ppb 03 gemessen. Der maximale Tagesmittelwert betrug im Juli 1986 105 ppb 03. Somit wurde der Schweizer Ozon-Grenzwert sowohl in den Wintermonaten als auch besonders drastisch in den Sommermonaten überschritten. Die Meßstelle Seegrube zeigte im Sommer 1986 somit deutlich die häufigsten und höchsten 03-Belastungsspitzen von allen Tiroler 03-Meßstellen und auch deutlich höhere als die bayerischen Meßstellen in Garmisch, am Wank und auf der Zugspitze.

Daher muß eine starke Überlagerung durch lokale 03-Entstehung angenommen werden.

Diese Ozonbelastungen bedeuten für die empfindlichen Baumarten eine Vitalitätsbeeinträchtigung, auch mit schädlichen Kombinationswirkungen mit sauren Niederschlägen ist zu rechnen.

Abb. 16:



# 8. Beurteilungsraum: Hall und Umgebung

Zusammenfassende Beurteilung:

Die Ergebnisse der Immissionsüberwachung bei der Meßstelle Hall i.T. zeigen, daß die SO2-Belastung mit einem Jahresmittelwert für 1986 von 0,02 mg SO2/m3 etwa gleich hoch war wie 1985. Im Jänner und Februar wurde je einmal der Grenzwert für den Tagesmittelwert gemäß 2. Forstverordnung überschritten.

Die Stickoxidbelastung war bei der Meßstelle Hall i.T. das ganze Jahr hindurch sehr hoch, sodaß die Schweizer Grenzwerte für Stickstoffdioxid stets weit überschritten wurden. Der Jahresmittelwert lag mit 33 ppb NO2 um mehr als das Doppelte über dem in der Schweiz gültigen Grenzwert und zeigt gegenüber dem Vorjahr steigende Tendenz. Auch die Stickoxidwerte, welche in ungünstigen Fällen die Ausbildung von hohen Ozonkonzentrationen einleiten können, wurden regelmäßig überschritten. Bei derart erhöhten Stickoxidgehalten ist außerdem damit zu rechnen, daß diese rasch zu erhöhten Nitratanteilen in den trockenen und nassen Niederschlägen führen, welche ihrerseits oft erst nach Verfrachtung in entlegenere Gebiete Vegetationsbeeinträchtigungen und Störungen des ökologischen Gleichgewichtes verursachen können. Außerdem wurden wiederholt gleichzeitig erhöhte Schwefeldioxid- und Stickstoffdioxidbelastungen gemessen, welche in Kombinationswirkung zu Blattschäden führen können. Die Ozonbelastung bei der Meßstelle Hall i.T. zeigte im Sommerhalbjahr tagsüber oft deutlich erhöhte Ozonbelastungen an, welche über den Schweizer Ozongrenzwerten lagen. Bei derartigen Ozonbelastungen muß mit einem Vitalitätsverlust, insbesonders bei empfindlichen Laub- und Nadelbaumarten, gerechnet werden. Auch sind Kombinationswirkungen mit sauren Niederschlägen möglich.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Hall i.T. - Münzergasse:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle liegt seit dem Winter 80/81 in der Münzergasse im Garten der Bezirksforstinspektion. Die Meßstelle befindet sich im Talboden auf 560 m Seehöhe in ca. 200 m

Abstand von der Autobahn, durch den Inn von dieser getrennt, in ca. 1,5 bis 2 km Entfernung von der Haller Industriezone inmitten des Siedlungsgebietes, welches in diesem Bereich von Häusern mit Gärten umgrenzt ist. In unmittelbarer Nähe befindet sich eine mäßig frequentierte Straße.

Gemessen wurde: SO2, NO, NO2, O3

### Schwefeldioxid:

Die Erhebung der SO2-Belastung bei der Meßstelle Hall zeigt, daß im Jahr 1986 keine neuerliche Verminderung der SO2-Belastung eingetreten ist (siehe Abb. 17).

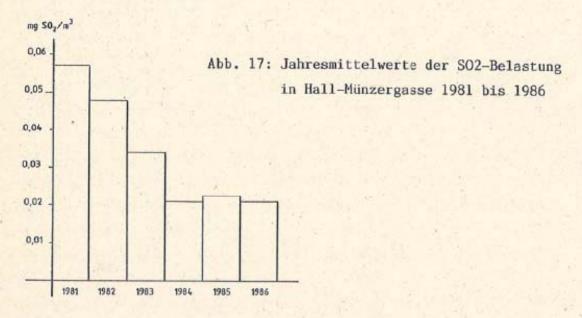
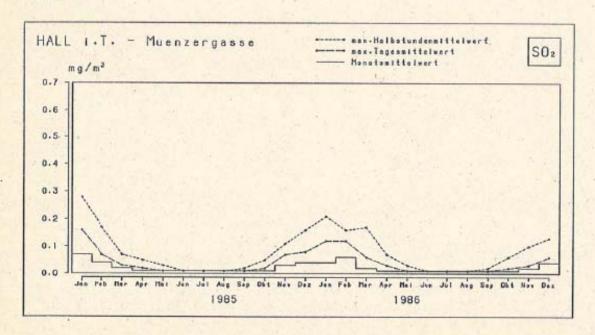


Abb. 18:



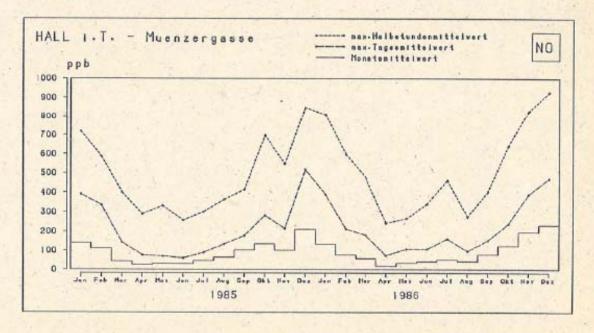
In den Wintermonaten Jänner und Februar 1986 wurden mit maximalen Tagesmittelwerten von 0,14 mg SO2/m3 und maximalen Halbstundenmittelwerten von 0,23 mg SO2/m3 die Grenzwerte der 2. Forstverordnung überschritten (siehe Abb. 18), obwohl diese Höchstwerte gegenüber dem letztjährigen Vergleichszeitraum geringfügig niedriger waren.

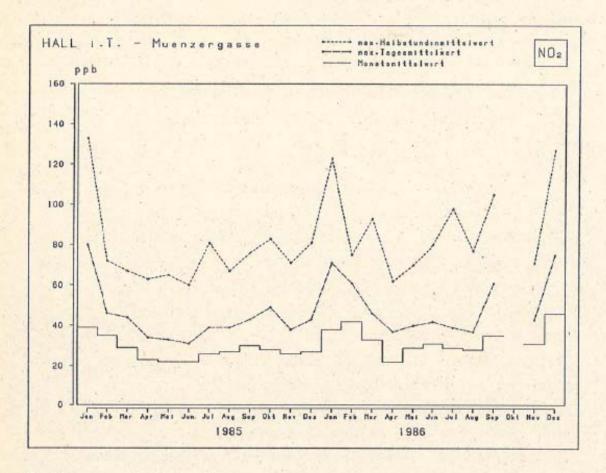
# Stickoxide:

Die Stickstoffdioxidbelastung erreichte im Durchschnitt Werte zwischen 22 ppb NO2 im April 1986 und 46 ppb NO2 im Dezember 1986 mit meximalen Halbstundenmittelwerten zwischen 70 und 127 ppb NO2. Der Jahresmittelwert betrug 33 ppb NO2, der 95 %-Wert der Halbstundenmittelwerte des Jahres 60 ppb NO2 und der maximale Tagesmittelwert 75 ppb NO2. Die gemessenen NO2-Belastungen lagen somit weit über den Schweizer NO2-Grenzwerten. Die Werte von 30 ppb, welche in ungünstigen Fällen die Ausbildung von 100 ppb Ozon oder mehr einleiten können, wurden regelmäßig überschritten.

Die Stickstoffmonoxidbelastung war im April am niedrigsten. Der Mittelwert betrug 18 ppb, der höchste Halbstundenwert 244 und der höchste Tagesmittelwert 74 ppb. Der höchst belastete Monat war der Dezember 1986 mit einem Mittelwert von 232 ppb, einem maximalen Halbstundenmittelwert von 929 ppb und einem maximalen Tagesmittelwert von 472 ppb.

Abb. 19:





Im Sommer wurden max. Halbstundenmittelwerte von 267 bis 463 ppb gemessen.

Im Jahresmittel gesehen lag die NO-Belastung an dieser Meßstelle mit 93 ppb etwa dreimal höher als die Stickstoffdioxidkonzentration (Mittelwert 33 ppb).

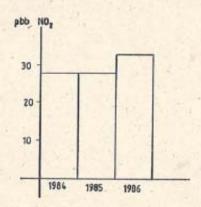


Abb. 21: Jahresmittelwerte der NO2-Belastung in Hall-Münzergasse 1984 bis 1986

Als besonders besorgniserregend ist die steigende Tendenz der Stickstoffdioxidbelastung zu bewerten (siehe Abb. 21).

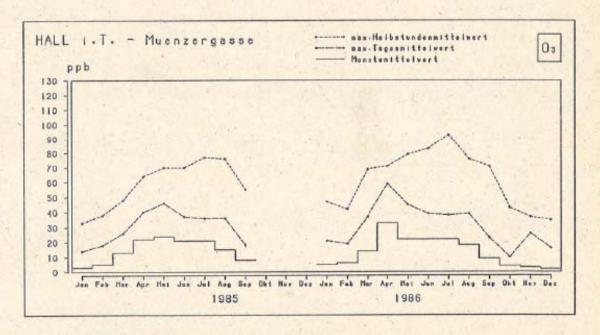
1984 und 1985 lag der Jahresmittelwert noch bei 28 ppb, 1986 wurde ein Wert von 33 ppb gemessen. Der in der Schweiz gültige Grenzwert wurde damit um das Doppelte überschritten! Auch in Innsbruck ist ein deutlich steigender Trend der NO2-Belastung feststellbar.

Bei derart erhöhten Stickoxidgehalten ist damit zu rechnen, daß diese rasch zu erhöhten Nitratanteilen in den trockenen und nassen Niederschlägen führen, welche ihrerseits oft nach Verfrachtung zu Vegetationsbeeinträchtigungen und zu Störungen des ökologischen Gleichgewichtes führen können (siehe auch Kapitel 3).

## Ozon:

Die Ozonbelastung bei der Meßstelle Hall i.T. zeigt einen ausgeprägten Tagesgang. In der Nacht geht sie wegen der Autobahnnähe (NO-Emission) häufig auf Null zurück. Trotzdem wurden in den Sommermonaten Monatsmittelwerte bis 33 ppb gemessen, sowie maximale Halbstundenmittelwerte bis 93 ppb. In den Monaten April bis August lag der 95 %-Wert der Halbstundenmittelwerte jeweils zwischen 62 und 71 ppb 03. Der Ozongrenzwert der Schweizer Luftreinhalteverordnung wurde im Sommer somit erheblich überschritten.

Abb. 22:



Bei derartigen Ozonbelastungen muß vor allem bei den empfindlichen Laub- und Nadelbaumarten mit einer Vitalitätsminderung gerechnet werden. Auch schädliche Kombinationswirkungen mit sauren Niederschlägen sind möglich.

# 9. Beurteilungsraum: Wattens und Umgebung

Bezüglich der Beurteilung der Nadelanalysen wird auf den Bericht an den Tiroler Landtag 1986, Zustand der Tiroler Wälder, verwiesen.

BEZIRK SCHWAZ

BFI Schwaz, BFI Zillertal

## a) Waldzustand

41 % der Bestände im Bereich Schwaz sind geschädigt, davon 32 % leicht, 8 % mittelstark und 1 % stark. Das bedeutet eine Zunahme der Waldschäden gegenüber den Jahren 1984 und 1985, in denen das Schadensausmaß konstant blieb, um 3 Prozentpunkte. Der Bezirk Schwaz zählt zu den am schwersten geschädigten Bezirken. Besonders deutlich geschädigt sind die Baumarten Tanne, Kiefer und Buche. Nur noch 18 % der Tannen sind gesund, die Hälfte ist mittelstark oder stark geschädigt (siehe Tab. 7). Die Schäden konzentrieren sich vor allem auf den Alpennordrand (Achental, Steinberg, Hinterriß, Bächental) und das Inntal. Im Zillertal hat sich der Waldzustand leicht verschlechtert, wobei überwiegend Bestände in den unteren Tallagen Schädigungen erkennen lassen.

## b) Immissionssituation

# 10. Beurteilungsraum: Schwaz und Umgebung

Zusammenfassende Beurteilung:

Die Ergebnisse der SO2-Erhebungen zeigen, daß vor allem in den Hochwintermonaten in Schwaz die Grenzwerte der 2. Forstverordnung über-

Tab. 7: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre im Bezirk Schwaz, Schadensentwicklung seit 1984

			Schad	stufen		1
Baumart	Jahr	l geand ungeschildigt	2 leicht geschädigt	' mittelst. geschädigt	4+5 stark gesch. + tot	gesamt geschädig
	1984	61	31	7	1	39
Fichte	1985	61	33	5	1	39
	1986	61	31	7	1	39
	1984	39	35	19	7	61
Tanne	1985	28	22	42	8	72
	1986	18	36	38	8	82
	1984	79	. 19	100	2	21
Lärche	1985	78	18	4	-	22
	1986	75	23	2	-	25
- V. V	1984	65	31		-4	35
Kiefer	1985	64	23	13	. 50	. 36
	1986	35	53	12	-	65
	1984	95	5	-	-	5
Zirbe	1985	92	8	77.4	6 14 - 3	- 8
	1986	79	16	5	-	21
22	1984	36	42	19	3	64
Buche	1985	37	47	13	3	63
	1986	42	49	7	2	58
3.4.V	1984	62	29	7	2	38
alle BA	1985	62	29	7	2	38
	1986	59	32	8	1	41

schritten werden. Besonders im Zentrum von Schwaz aber auch an den unteren Hanglagen wurden fallweise deutlich erhöhte SO2-Belastungen gemessen. Auch die Erhebung der Stickoxidbelastung zeigte, daß im Zentrum von Schwaz erhebliche NO2-Belastungen vorliegen, welche bei ganzjähriger Messung mit sehr großer Wahrscheinlichkeit eine Überschreitung der Schweizer Grenzwerte bedeuten. Die gemessenen NO2-Belastungen erreichten häufig Werte, bei denen je nach photochemischen Umwandlungsbedingungen gemeinsam mit Kohlenwasserstoffen aus den Autoabgasen mit der Ausbildung von Ozonbelastungen von mehr als

100 ppb an den benachbarten Hanglagen gerechnet werden muß. Auch erhöhte Sulfat- und Nitratdepositionen im trockenen und nassen Niederschlag sind zu erwarten. Im Stadtbereich von Schwaz ist auch durch das gleichzeitige Auftreten von erhöhten Stickstoffdioxid- und Schwefeldioxidbelastungen mit vegetationsschädigenden Kombinationswirkungen zu rechnen.

# Beurteilungsunterlagen:

# Meßstelle Schwaz - Feuerwehr:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag vor dem Gebäude der Feuerwehr im östlichen Ortsbereich der Stadt Schwaz, ca. 10 m über dem Talboden mitten im verbauten Gebiet an einer städtischen, mittelstark frequentierten Straße.

Gemessen wurde: SO2, NO2, NO

## Schwefeldioxid:

Die Ergebnisse der SO2-Messungen von Mitte Dezember 1985 bis Ende März 1986 sind in der Tabelle angegeben.

## Tabelle 8:

Zeit	Meßtage	Mittelwert mg/m3	max. HMW mg/m3	max. TMW mg/m3
85/12	14	0,04	0,15	0,06
86/01	31	0,06	0,32	0,13
86/02	28	0,07	0,29	0,13
86/03	31	0,03	0,24	0,07

Das monatliche 97,5-Perzentil erreichte im Jänner und Februar 1986 Werte von 0,15 mg SO2/m3.

Im Dezember 1985 sowie im März 1986 wurden die Grenzwerte der 2. Forstverordnung eingehalten.

Im Jänner und Februar 1986 wurden diese Grenzwerte jedoch deutlich überschritten.

## Stichprobenmessung der SO2-Belastung:

Von Dezember 1985 bis Februar 1986 wurde in Schwaz eine Stichprobenmessung der SO2-Immissionsbelastung durchgeführt. Es zeigt sich,
daß während der Meßperiode mit Ausnahme der durch SO2-Ferntransporte überlagerten Tage (20.2. und 26.2.) eine eher ausgeglichene flächenhafte Belastung besteht, mit abnehmender Tendenz zu den Hanglagen bzw. den vom Ortsgebiet entfernteren Meßstellen.

Tabelle 9: Ergebnisse der mobilen SO2-Messung im Raum Schwaz

Lage der Meßstelle	Anzahl der Messungen	mittlere SO2- Konzentration	max. HMW
		mg/m3	mg SO2/m3
Restop Vomp Parkplatz			
Südseite	14	0,07	0,19
Swarovskistraße neben			
Arbeitsamt	14 -	0,08	0,19
Pfundsplatz/Parkplatz	14	0,08	0,19
Freundsberg HNr, 64	12	0,07	0,18
Innsbruckerstraße			
ESSO-Tankstelle	14	0,09	0,20
Schwaz west/Sportplatz	13	0,08	0,18
Fiecht 22, Fa. Wille	13	0,06	0,19
Lahnbach/			
Feuerwehrmuseum	14	0,10	0,19
Südwestl. Ecke/			1000
Friedhof Schwaz	. 14	0,06	0,19
Ried zw. HNr. 32 u. 33	13	0,06	0,19
Münchnerstraße 31	14	0,07	0,16
		1 7 9	

#### Stickoxide:

Die kontinuierliche NOx-Messung in Schwaz/Feuerwehr vom 20,12.1985 bis 30.3.1986 ergab folgende Werte.

Tabelle 10:

	Monat	Mittelwert	max. HMW	max. TMW
		ppb	ppb	ppb
NO:	85/12	72	437	139
	86/01	90	467	213
	86/02	66	403	134
	86/03	49	241	130
NO2:	85/12	21	41	28
	86/01	34	90	58
	86/02	38	83	57
	86/03	30	65	45

Der Schweizer Grenzwert für NO2 als Tagesmittelwert von 40 ppb wurde zum Teil erheblich überschritten.

Beim Stickstoffmonoxid wurden 4 bis 10mal so hohe Werte gemessen als beim Stickstoffdioxid.

Der Vergleich mit den anderen Tiroler NOx-Meßstationen zeigt, daß die in Schwaz gemessene Stickoxidbelastung jener in Hall bzw. der in Innsbruck-O-Dorf sehr ähnlich ist.

Insgesamt ist die NOx-Immissionsbelastung, gemessen an der Schweizer Luftreinhalteverordnung, erheblich.

Die gemessenen NO2-Belastungen erreichten somit häufig Werte, bei denen je nach photochemischen Umwandlungsbedingungen mit der Ausbildung von Ozonbelastungen über 100 ppb gerechnet werden muß. Auch auf die Probleme der Schadstoffdeposition (siehe Kap. 3) wird verwiesen.

## 11. Beurteilungsraum: Achental

#### Zusammenfassende Beurteilung:

Die erhöhten Einträge an nassem saurem Niederschlag lassen gemeinsam mit den aus früheren Meßjahren bekannten erhöhten Ozonkonzentrationen langfristig eine Vitalitätsminderung der empfindlichen Laubund Nadelbaumarten erwarten.

Bezüglich der Beurteilung der Nadelanalysen wird auf den Bericht an den Tiroler Landtag 1986, Zustand der Tiroler Wälder, verwiesen.

### Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Achenkirch-Ampelsbacher Hof:

Die Meßstelle liegt seit dem Sommer 1983 auf 990 m Seehöhe nördlich von Achenkirch auf einer allseits gut anströmbaren Geländekuppe 70 m über dem Talboden des Achentales. Die Meßstelle befindet sich im Bereich einzelner Bauernhöfe in ca. 100 m Entfernung von der Abzweigung der Straße nach Steinberg von der Achenseebundesstraße. Gemessen wurde: Nasser Niederschlag

## Nasser Niederschlag:

Die genauen Ergebnisse sind im Kapitel 3 wiedergegeben. Insgesamt wurden bei dieser Meßstelle im Beurteilungszeitraum 85/86 fast gleiche Niederschlagsmengen gemessen wie im vorangegangenen Beurteilungszeitraum. Der Eintrag an Nitrat/N sowie an freier Säure war etwas geringer, trotzdem stieg der Sulfat/S-Eintrag an.

#### 12. Beurteilungsraum: Vorderes Zillertal und Hinteres Zillertal

#### Zusammenfassende Beurteilung:

Die im Bereich Ahorn, hinteres Zillertal, gemessenen Ozonkonzentrationen lagen merklich unter den an den Hanglagen des Inntals erhobenen Werten. Trotzdem kann bei den gemessenen Ozonkonzentrationen eine Beeinträchtigung von empfindlichen Nadel- und Laubbaumarten nicht ausgeschlossen werden.

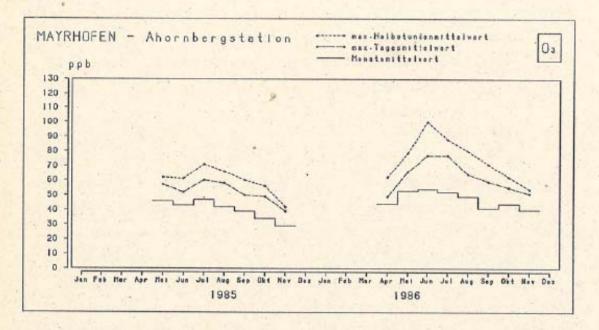
Bezüglich der Beurteilung der Nadelanalysen wird auf den Bericht an den Tiroler Landtag 1986, Zustand der Tiroler Wälder, verwiesen.

## Beurteilungsunterlagen:

## Meßstelle Mayrhofen - Ahorn-Bergstation:

Lage der Meßstelle: Im Bereich der Bergstation der Ahornbahn auf 1910 m Seehöhe ist die Meßstelle in der zur Skischule Spieß-Maringer gehörenden Hütte untergebracht. Die Meßstelle liegt auf einer allseits anströmbaren Geländekuppe, 1280 m über dem Talboden von Mayrhofen. Die Meßstelle wurde auch im Jahr 1986 von Mai bis November betrieben.

Abb. 23:



Gemessen wurde: 03

#### Ozon:

Die Ozonbelastungen erreichten im Berichtszeitraum Mai bis November 1986 Monatsmittelwerte zwischen 40 und 54 ppb 03 und maximale Halbstundenmittelwerte zwischen 54 und 100 ppb 03.

Ein Tagesgang der Ozonbelastung ist bei dieser Meßstelle so gut wie nicht erkennbar. Der 95 %-Wert der Halbstundenmittelwerte der Monate lag zwischen 51 und 79 ppb 03. Somit wurde der Schweizerische Ozongrenzwert in allen Berichtsmonaten 1986 überschritten.

Die bei dieser Meßstelle erhobenen Ozonkonzentrationen waren deutlich niedriger als die gleichzeitig in derselben Seehöhe erhobenen Ozonkonzentrationen bei der Meßstelle Seegrube. Dies dürfte mit der im hinteren Zillertal deutlich geringeren Verkehrsbelastung zusammenhängen.

Trotzdem kann bei den gemessenen Ozonkonzentrationen eine Beeinträchtigung von empfindlichen Nadel- oder Laubbaumarten nicht ausgeschlossen werden.

## BEZIRKE KUFSTEIN UND KITZBÜHEL

BFI Worgl, BFI Kufstein, BFI Kitzbühel, BFI St. Johann

# a) Waldzustand

Tab. 10: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre in den Bezirken Kufstein und Kitzbühel, Schadensentwicklung seit 1984

	1000		Schadstufen								
Baumart	Jahr	geskind ungeschädigt	2 leicht geschidigt	3 mittelst. geschödigt	4+5. stark gesch, + tot	gesamt geschädigt					
	1984	66	26	7	1	34					
Fichte	1985	60	32	7	1	40					
	1986	58	35	6	1	42					
Xel Xel	1984	46	32	17	5	54					
Tanne	1985	49	32	16	3	51					
in the	1986	41	44	12	3	59					
	1984	98	2		-	2					
Lärche	1985	91	9 .	-	-	9					
	1986	80	18	2	SU TE SU	20					
	1984	71	20	6	3	29					
Buche	1985	62	29	6	3	38					
	1986	48	43	7,	2	52					
	1984	67	24	7	2	33					
alle BA	1985	61	30	8	1	39					
	1986	55	37	7 .	-1	45					

Anlaß zu besonderer Sorge gibt die Entwicklung der Waldschäden im Tiroler Unterland. Seit 1984 hat die geschädigte Bestandesgrundfläche jährlich um 6 Prozentpunkte zugenommen. Damit gehören die Bezirke Kufstein und Kitzbühel neben Reutte zu den schwerst geschädigten Gebieten in Tirol. 45 % der Bestände über 60 Jahre sind bereits geschädigt. 37 % zeigen leichte, 7 % mittlere und 1 % starke Kronenverlichtungen. Die Hauptbaumart Fichte verzeichnet eine Zunahme der Schädigung von 1984 auf 1986 um 8 Prozentpunkte. Besonders negative Tendenz zeigen die Baumarten Lärche und Buche mit einer Zunahme von 18 bzw. 23 Prozentpunkten seit 1984. Mittlerweile sind 20 % der Lärchen und 52 % der Buchen geschädigt. Bei der Tanne sind bereits 59 % sichtbar geschädigt. Die Schadenszunahme ist nicht auf bestimmte Gebiete beschränkt sondern erfolgt ziemlich gleichmäßig im gesamten Unterland (siehe Tab. 10).

Besonders starke Schäden treten im Raum Kufstein, Brandenberg, Brixlegg, Erpfendorf-Kössen, Hochfilzen und Jochberg auf.

### b) Immissionssituation

#### 13. Beurteilungsraum: Brixlegg und Umgebung

### Zusammenfassende Beurteilung:

Mit Jahresende 1985 wurde bei den Montanwerken Brixlegg der Konverter, der bisher zu sehr hohen SO2-Spitzenbelastungen führte, mit einer Abgasreinigungsanlage ausgerüstet. Nach anfänglichen Schwierigkeiten ist die Anlage seit Mai 1986 voll in Betrieb. Die Erhebung der SO2-Belastung zeigt, daß von 1984 bis Mai 1986 die SO2-Belastung weiter angestiegen ist. Seit jedoch der Konverterfilter voll in Betrieb ist, treten insbesondere die hohen Spitzenbelastungen nicht mehr auf. Auch die Durchschnittsbelastung hat deutlich abgenommen. Dagegen zeigt die Gesamtstaubniederschlagsbelastung im Bereich Innweg eine deutliche Zunahme. Die zum Teil stark erhöhte Schwermetallbelastung mit Kupfer, Blei und Zink ist im wesentlichen gegenüber den Vorjahren nicht verändert, hat bei Zink sogar eher zugenommen. Auch Böden und Gras weisen bis in mehr als 1 km Entfernung von den Montanwerken Brixlegg erhöhte Schwermetallgehalte auf.

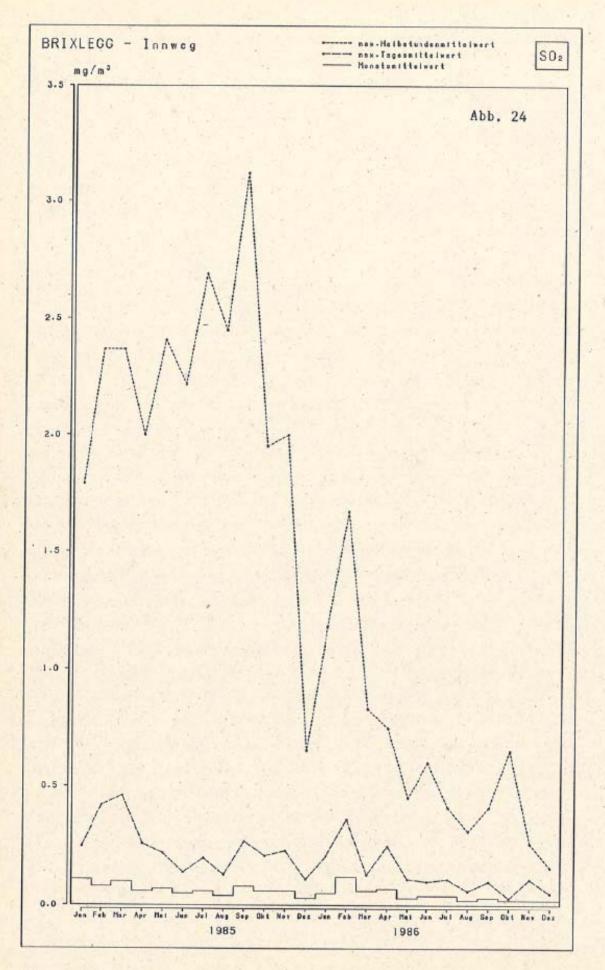
## Beurteilungsunterlagen:

## Meßstelle Brixlegg-Innweg:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle liegt seit dem Jahr 1975 am Innweg auf 520 m Seehöhe am nordwestlichen Rand des Sied-lungsgebietes, bei den häufig taleinwärts gerichteten Winden 100 bis 200 m im Lee der Montanwerke Brixlegg am Talboden des Inntales. Gemessen wurde: SO2

#### Schwefeldioxid:

Die Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidbelastung zeigten von 1977 bis 1983 eine abnehmende Tendenz, von 1983 bis 1985 nahmen sie wieder deutlich zu. Ende 1985 wurde für jene Anlage des Montanwerkes Brixlegg, welche für die häufigen hohen Spitzenbelastungen verantwortlich ist, eine Abgasreinigungsanlage errichtet. In den Monaten Jänner bis April 1986 traten noch häufige Betriebsschwierigkeiten bei dieser Anlage auf, sodaß der Mittelwert über diesen Zeitraum über dem Jahresmittelwert 1985 liegt. Seit Mai 1986 ist die Abgasreinigungsanlage voll funktionsfähig und der von Mai bis Dezember 1986 gemessene Mittelwert beträgt nur mehr die Hälfte der niedrigsten bzw. 1/3 der höchsten Jahresmittelwerte der vergangenen Jahre (siehe Abb. 25). Insbesondere aber sind die maximalen Halbstundenmittelwerte von früher (mehr als 3 mg SO2/m3) deutlich zurückgegangen. Es wurden im Zeitraum Juni bis Dezember 1986 nur 3 Halbstundenmittelwerte von mehr als 0,50 und maximal 0,65 mg SO2/m3 gemessen. Im gleichen Zeitraum wurde 19mal ein Halbstundenmittelwert von mehr als 0,30 mg SO2/m3 gemessen. Bei der Meßstelle Innweg 1ag der monatliche Wert für das 97,5 Perzentil im Zeitraum von Februar bis April 1986 zwischen 0,29 und 0,47 mg SO2/m3 und von Mai bis Dezember 1986 zwischen 0,05 und 0,22 mg SO2/m3. Somit wurden bei dieser Meßstelle nicht nur bis Mai 1986 sondern auch in den Monaten Juni bis November 1986 die Grenzwerte für SO2 der 2. Forstverordnung sowohl hinsichtlich des 97,5 Perzentils als auch der Tagesmittelwerte. auch der maximalen Halbstundenmittelwerte wiederholt deutlich überschritten.



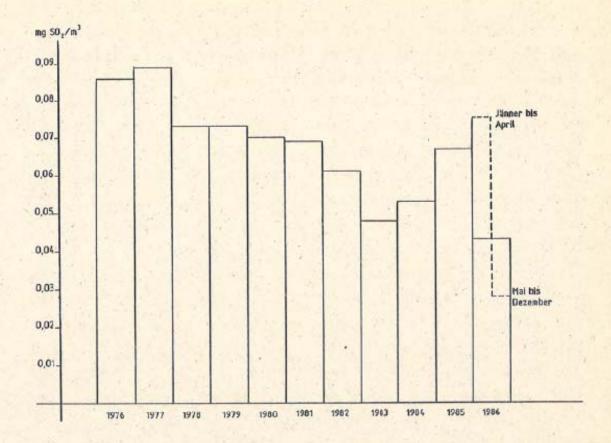


Abb. 25: Jahresmittelwerte der SO2-Belastung in Brixlegg-Innweg 1976 bis 1986

Staubniederschlagsmeßnetz Brixlegg - Reith i.a. - Münster - Kramsach:

Gemessen wurde: Staubniederschlag und Blei, Zink, Kupfer im Staubniederschlag

# Schwermetallgehalte im Staubniederschlag:

Die Erhebung der Staubniederschlagsbelastung sowie deren Gehalt an Blei, Zink und Kupfer wurde an den bisherigen Meßstellen im Raum Brixlegg, Reith i.A. und Münster an 7 Meßstellen weitergeführt. Eine zusätzliche Meßstelle wurde im Jahr 1986 in Kramsach - Hagau errichtet. Die Ergebnisse der Erhebungen 1986 zeigen, daß die Gesamtstaubniederschlagsbelastung in Werksnähe besonders im Bereich Innweg mit 0,52 g/m2 x d (Jahresmittelwert) deutlich erhöht ist und gegenüber den Vorjahren (Jahresmittelwerte 1984: 0,23 g/m2 x d und 1985: 0,32 g/m2 x d) weiter erheblich angestiegen ist, während die Gesamtstaubniederschlagsbelastung bei den anderen Meßstellen seit

3 Jahren auf gleicher mittlerer (ca. 0,14 g/m2 x d) Höhe liegt. Auch die Schwermetallgehalte des Staubniederschlags waren im Bereich des Innweges am höchsten. Hier wurde der Grenzwert für Blei gemäß 2. Forstverordnung bis mehr als das Doppelte überschritten. Der Grenzwert für Kupfer wurde am Innweg bis zum 7-fachen überschritten und am Bahnhof um das 5-fache. Bei der Meßstelle Niederbacher und in der Hagau in Kramsach wurde der Grenzwert erreicht. Auch der Grenzwert für Zink laut 2. Forstverordnung wurde bei der Meßstelle am Bahnhof und bei den Meßstellen am Innweg bis zum 3 1/2-fachen überschritten. Bei den einzelnen Meßstellen ist die Blei- und Kupferbelastung gegenüber dem Vorjahr im wesentlichen gleich hoch geblieben, während die Zinkbelastung bei allen Meßstellen gegenüber dem Vorjahr eine neuerliche Zunahme aufweist. Es wird darauf hingewiesen, daß neben den regelmäßig erfaßten Schwermetallen Blei, Zink, Kupfer weitere Schwermetalle wie z.B. Cadmium und Nickel vorkommen. Durch derartige anhaltend hohe Schwermetallbelastungen ist mit schwersten Schäden in der Land- und Forstwirtschaft zu rechnen. Darüber wurde bereits in den Landtagsberichten 1985 bzw. 1986 ausführlich berichtet. Die erhöhten Schwermetallniederschläge führen auch zu erhöhten Boden- bzw. Grasschwermetallgehalten. Wie aus der Tab. 11 ersichtlich ist, konnten bei den Meßstellen am Innweg, Matzenköpfl und Niederbacher die Richtwerte für Bleibelastung im Futtermittel (Gras) bei weitem nicht eingehalten werden. Ebenso wurden die Richtwerte für die Cadmiumbelastung an denselben Meßstellen überschritten.

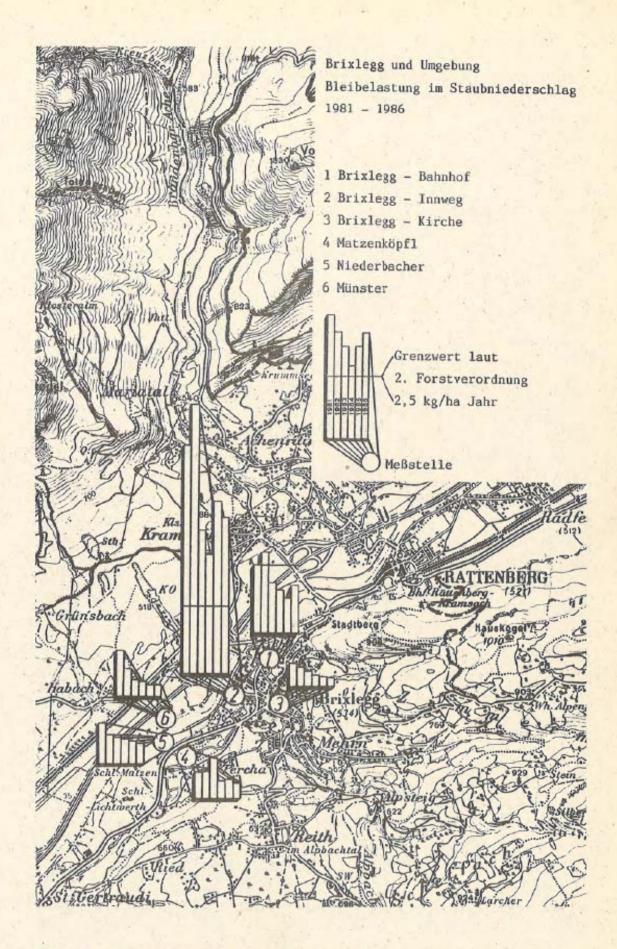


Abb. 26: Bleibelastung im Staubniederschlag

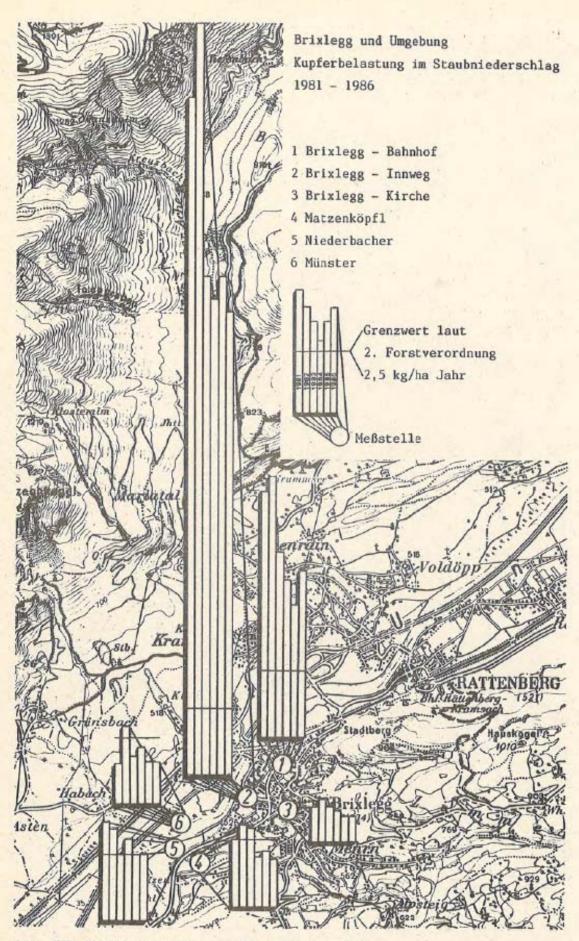


Abb. 27: Kupferbelastung im Staubniederschlag

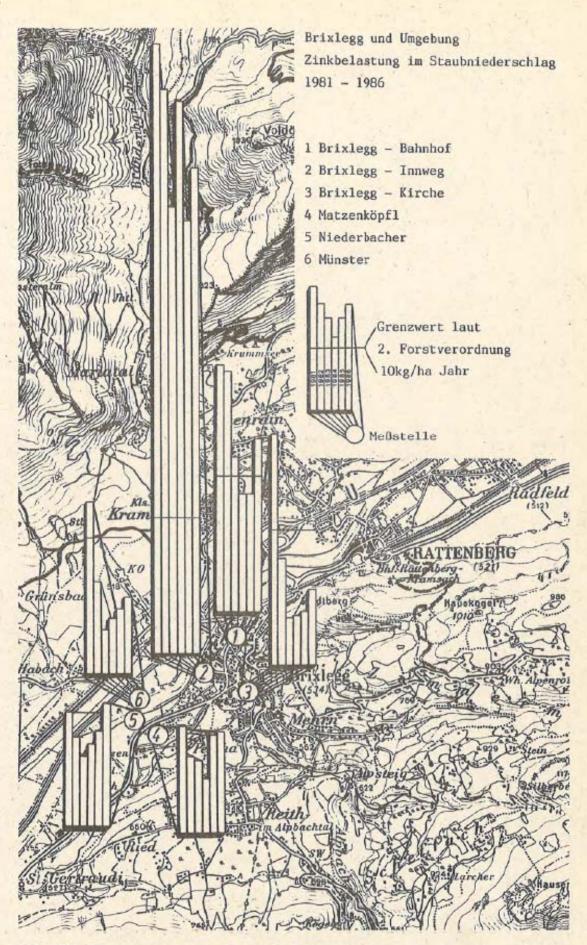


Abb. 28: Zinkbelastung im Staubniederschlag

Tab. 11: Boden- und Grasschwermetallgehalt im Raum Brixlegg und Reith i. A. 1980 - 1986 (ppm)

## A) im Boden:

NeBstelle	Jahr der Probenahme	РЬ	Cd	N1	Fe	Cu	Zn
1 Bahnhof	1980 1981 1982 1983 1985 1986	608 675 660 725 620 630	- 8 13 9 6	32 40 39	29075	1000	1325
2 Innweg	1980 1981 1982 1983 1985 1986	2334 1390 1690 1950 1800 2000	12 18 23 35	93 80 95	30250	4290	4250
4 Matzenköpfl (Wald)	1980 1981 1982 1983 1985 1986	2465 4575. 1270 1750 6500 6300	9 19 60 57	90 330 375	25125	18250	9325
5 Niederbacher	1980 1981 1982 1983 1985 1986	221 220 195 175 230 475	- 5 5 6 16	45 40 60	20050	1825	2200

## 8) im Gras:

Meßstelle	Jahr der		Pb		d		Ni		Fe		Cu		Zn
	Frobenahme	a	b	a	Ь	9	р	à	р	a	ь	a	
1 Bahnhof	1980 1981 1982 1983 1985 1986	79.5 39.1 24.7 158.4 24.8 5	83,5 35,6 31,1 102,4 28,0 4,6	3,4 7,7 4,3 0,6	3,0 5,3 6,5 0,5	20,6	17,6 7,7 6	176	165	26	25	132	138
2 Innweg	1980 1981 1982 1983 1985 1986	48,4 19,9 12,7 183,0 38,2 63	51,8 19,8 12,8 229,2 32,6 55	0,8 7,5 1,4 2,9	1,1 8,5 1,3 2,5	20,8 9,7	24.0 6,4 12	1058	937	176	169	854	632
4 Matzenköpf1	1980 1981 1982 1983 1985 1986	89,1 31,8 8,5 123,7 40,8	159,8 42,2 19,1 80,3 34,2 60	0,4 2,3 1,6	0,6 3,0 1,4	7,2 4,3	6,2 5,3 7	330	506	53	55	594	396
5 Miederbacher	1980 1981 1982 1983 1985 1986	51,2 21,6 19,3 78,4 14,0 18	53,5 19,5 20,3 91,8 14,0 23	1,0 3,0 1,2 2,1	1,1	16,5 5,4 7	20,1	325	322	52	61	177	197

Indice a,b bezeichnen zwei nebeneinanderliegende Flächen von ca. je 1 m²

Richtwerte (in ppm):	Pb	Cu	Zn	Cd	Ni
im Boden	100	100	200	3	50
futtermittel	10	-		1	

# 14. Beurteilungsraum: Wildschönau sowie Wörgl und Umgebung

## Zusammenfassende Beurteilung:

Bei der Meßstelle Wörgl Hochhäuser wurden im Meßzeitraum Jänner bis März 1986 bezüglich SO2 wiederholte Überschreitungen gemäß 2. Forstverordnung festgestellt. In den Monaten April bis Dezember 1986 wurden die SO2- Grenzwerte bei der in der Nähe errichteten, neuen Meßstelle Wörgl - Stelzhammerstraße eingehalten. Hinsichtlich Stickstoffdioxid liegt die Belastung bei ganzjähriger Messung voraussichtlich über dem Grenzwert laut Schweizer Luftreinhalteverordnung. Bei ungünstigen Randbedingungen ist an den benachbarten Hanglagen mit erhöhten O3-Belastungen zu rechnen. Erhöhte Nitrat-Einträge können in den benachbarten Hanglagen zu Beeinträchtigungen des ökologischen Gleichgewichts führen. Die in Kirchbichl gemessene Staubniederschlagsbelastung zeigt in Ortsmitte deutlich erhöhte Werte, die zu Beeinträchtigungen und Materialschäden Anlaß geben können, wobei jedoch die CaO-Grenzwerte gemäß 2. Forstverordnung nicht überschritten wurden.

Bezüglich der Beurteilung der Nadelanalysen wird auf den Bericht an den Tiroler Landtag 1986, Zustand der Tiroler Wälder, verwiesen.

#### Beurteilungsunterlagen:

## Meßstelle Wörgl - Hochhäuser:

Lage der Meßstelle: Vom Jahr 1980 bis März 1986 befand sich die Immissionsmeßstelle in der Ladestraße im Bereich der neu errichteten Hochhäuser. Dort lag die Meßstelle am östlichen Rand des Siedlungsgebietes im Nordwesten des Industriegebietes auf 510 m Seehöhe am Talboden des Inntales. Durch die zahlreichen Neubauten von Hochhäusern mußte in den vergangenen Jahren der Standort der Meßstelle mehrfach geringfügig verändert werden.

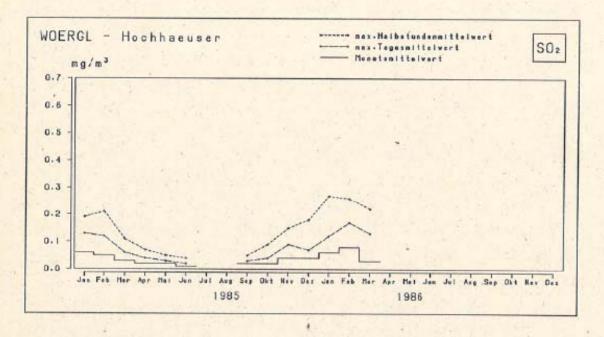
Gemessen wurde: SO2

#### Schwefeldioxid:

In den 3 Monaten der SO2-Messung wurden Monatsmittelwerte von 0,06,

0,08 und 0,03 mg SO2/m3 gemessen. Die höchsten Tagesmittelwerte betrugen 0,12, 0,17 bzw. 0,13 mg SO2/m3, als höchste Halbstundenmittelwerte wurden Werte bis 0,27 mg SO2/m3 gemessen. Das monatliche 97,5 Perzentil erreichte bis zu 0,22 mg SO2/m3. Der SO2-Grenzwert der 2. Forstverordnung für den Tagesmittelwert wurde während des Meßzeitraumes dadurch wiederholt überschritten.

Abb. 29:



#### Meßstelle Stelzhammerstraße:

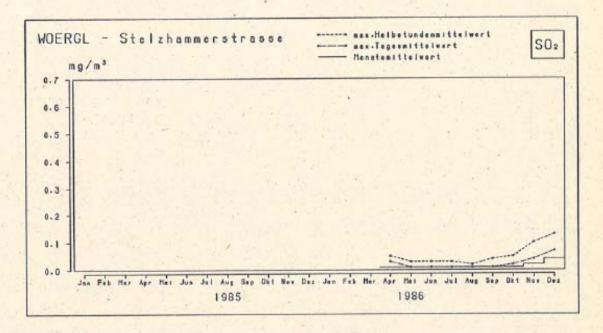
Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle Wörgl - Stelzhammerstraße vurde anstelle der Meßstelle Wörgl - Hochhäuser im April 1986 in Betrieb genommen. Diese Meßstelle liegt ca. 450 m südwestlich der Meßstelle Wörgl - Ladestraße im östlichen Bereich des Siedlungsgebietes von Wörgl und im Südwesten des Industriegebietes, auf 510 m Seehöhe am Talboden des Inntales. Die Meßstelle ist rund 900 m von der Autobahn und deren Zubringer entfernt. Die Entfernung zur Bundesstraße B 171 beträgt ca. 150 m. Sowohl die Autobahn als auch die Bundesstraße verläuft am Talboden, in unmittelbarer Nähe der Meßstelle befindet sich nur eine schwach frequentierte Straße. Parallelerhebungen zeigten bei dieser Meßstelle eine ähnliche SO2-Belastung wie bei der Meßstelle Wörgl-Hochhäuser.

Gemessen wurde: SO2, NO, NO2

#### Schwefeldioxid:

Während des Meßzeitraumes wurde ein maximaler Halbstundenmittelwert von 0,13 mg SO2/m3 sowie ein maximaler Tagesmittelwert von 0,07 mg SO2/m3 gemessen. Damit wurden die Grenzwerte der 2. Forstverordnung eingehalten. Die monatlichen 97,5 Perzentilwerte erreichten im Sommer 0,03 mg SO2/m3 und im Dezember 1986 0,09 mg SO2/m3.

Abb. 30:



#### Stickoxide:

Die Erhebung der Stickstoffdioxidbelastung zeigte bei dieser Meßstelle einen Mittelwert über die gesamte Meßzeit von 19 ppb und
einen 95 %-Wert von 41 ppb NO2. Als meist belasteter Monat wurde
der Juli festgestellt (Mittelwert 34 ppb). Auch der höchste Halbstundenmittelwert von 74 ppb wurde im Juli gemessen. Mit dem gemessenen Mittelwert von April bis Dezember 1986 von 19 ppb NO2 dürfte
auch der Jahresmittelwert laut Schweizer Luftreinhalteverordnung
von 15 ppb überschritten werden.

Hinsichtlich Stickstoffmonoxid war der Dezember mit einem Mittelwert von 126 ppb der am meisten belastete Monat. Der höchste Halbstundenmittelwert betrug 578 ppb. Somit überwog bei dieser Meßstelle die Stickstoffmonoxidbelastung deutlich. Dies weist auf nahegelegene NOx-Quellen hin (z.B. Autobahn in ca. 1 km Entfernung). Die gemessenen Halbstundenmittelwerte von mehr als 30 ppb NO2 lassen unter ungünstigen Bedingungen eine erhöhte Ozonbildungsrate in den

höheren Hanglagen erwarten. Vermehrte Stickstoffeinträge können zu einer Störung des ökologischen Gleichgewichtes an den Hanglagen der Umgebung führen.

Abb. 31:

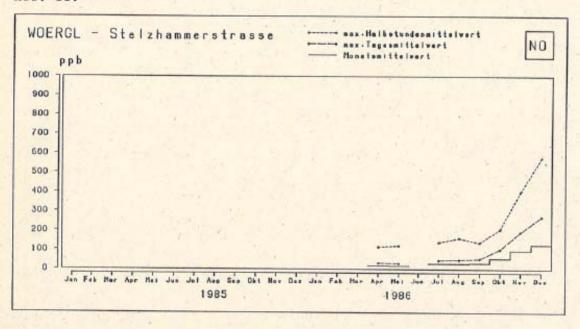
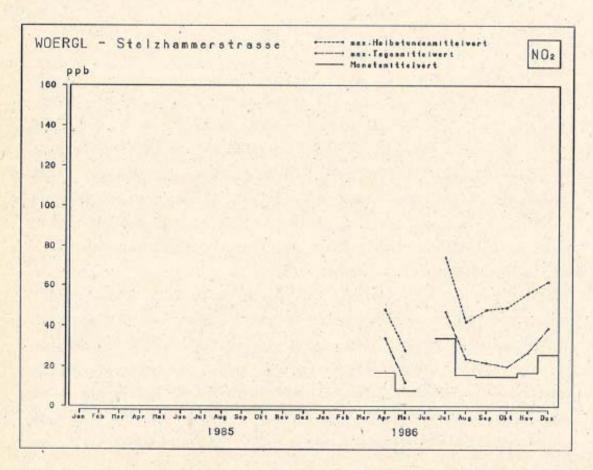


Abb. 32:



## Staubniederschlagsmeßnetz Kirchbichl:

Im Bereich Kirchbichl und Umgebung wurde auch im Jahr 1986 die Staubniederschlagsbelastung an 7 Meßstellen erhoben. Die Ergebnisse dieser Erhebungen zeigen, daß im Ortsgebiet von Kirchbichl zum Teil sehr starke Staubniederschlagsbelastungen bis 0,45 g/m2 x d als Jahresmittel auftreten, die zu Beeinträchtigungen und Materialschäden Anlaß geben. Dabei wurden jedoch die CaO-Grenzwerte gemäß 2. Forstverordnung nicht überschritten.

# 15. Beurteilungsraum: Kufstein und Umgebung sowie Untere Schranne und Sölland

## Zusammenfassende Beurteilung:

Die Ergebnisse der SO2-Messung in Kufstein-Stadtamt ergaben, daß im Winterhalbjahr 1985/86 wiederholt die SO2-Grenzwerte laut 2. Forstverordnung für den Tagesmittelwert überschritten worden sind. Durch Uberlagerung von Ferntransport und lokalen Belastungen wurden besonders im Februar 1986 mit einem maximalen Tagesmittelwert von 0,17 mg SO2/m3 sowie einem 97,5 Perzentil von ebenfalls 0,17 mg SO2/m3 deutliche Überschreitungen festgestellt. Nach Verlegung der Meßstelle vom Stadtamt zum Bozner Platz hat sich bisher, bis Ende 1986, keine SO2-Belastung ergeben, bei welcher die Grenzwerte der 2. Forstverordnung überschritten worden wären. Im gleichen Beurteilungszeitraum wurden hingegen bei der Meßstelle Endach im Winter 1985/86 sehr häufig und in beträchtlichem Ausmaße die SO2-Grenzwerte der 2. Forstverordnung überschritten, wobei im Februar 1986 ein maximaler Tagesmittelwert von 0,31 mg SO2/m3 und ein 97,5 Perzentil von 0,36 mg SO2/m3 erreicht wurde. Dies bedeutet, daß die Belastung bei der Meßstelle Endach infolge lokaler Emittenten nahezu doppelt so hoch war als bei der Meßstelle Kufstein-Stadtamt. Auch zeigte sich in Endach von 1984 bis 1986 eine Zunahme der SO2-Belastung. Die Erhebung der Stickoxidbelastung ergab, daß sowohl während der einmonatigen Meßdauer bei der Meßstelle Stadtamt als auch im Zeitraum von April bis Dezember 1986 bei der Meßstelle Kufstein - Boznerplatz fallweise die Grenzwerte der Schweizer Luftreinhalteverordnung für den Tagesmittelwert überschritten wurden. Bei den gemessenen Stickoxidkonzentrationen muß in ungünstigen Fällen mit der Ausbildung von erhöhten Ozonkonzentrationen auf den benachbarten Hängen gerechnet werden. Außerdem führen die vermehrten Stickoxidbelastungen zu erhöhten Nitratanteilen in der trockenen und nassen Deposition, wie sie zum Beispiel auch bei der Meßstelle Niederndorferberg gemessen wurden. Bei derartigen sauren Einträgen muß insbesondere gemeinsam mit erhöhten Ozonbelastungen mit Vitalitätsverlusten bei der empfindlichen Waldvegetation gerechnet werden. Die Erhebung des Staubniederschlages im Bereich Eiberg zeigte besonders im Herbst erhöhte Werte, die Beeinträchtigungen und Materialschäden zur Folge haben. Die Grenzwerte der 2. Forstverordnung für CaO wurden jedoch nicht überschritten.

Bezüglich der Beurteilung der Nadelanalysen wird auf den Bericht an den Tiroler Landtag 1986, Zustand der Tiroler Wälder, verwiesen.

### Beurteilungsunterlagen:

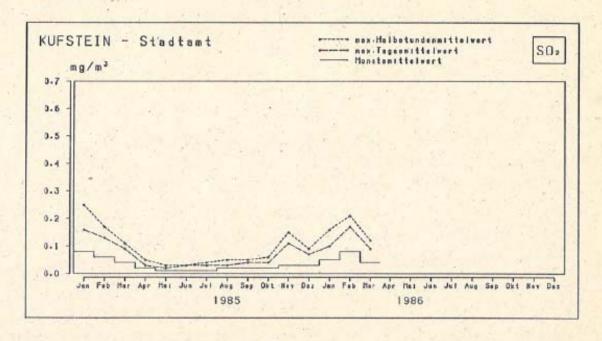
Meßstelle Kufstein - Stadtamt:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag seit 1973 im Stadtamt, im Stadtzentrum von Kufstein auf ca. 500 m Seehöhe am Talboden an einer einige Meter über den Inn ansteigenden Straße. Im April 1986 wurde die Meßstelle an den neuen Standort Kufstein - Bozner Platz verlegt.

Gemessen wurde: SO2, NO, NO2

#### Schwefeldioxid:

Die Erhebung der Schwefeldioxidbelastung bei der Meßstelle Kufstein – Stadtamt bis April 1986 zeigte, daß im Winter 1985/86 wiederholt die SO2-Grenzwerte der 2. Forstverordnung für den Tagesmittelwert überschritten wurden. Der maximale Tagesmittelwert wurde im Februar mit 0,17 mg SO2/m3 gemessen. Der maximale Halbstundenmittelwert betrug 0,21 mg SO2/m3 und das 97,5 Perzentil 0,17 mg SO2/m3. Dies entspricht ebenfalls einer Grenzwertüberschreitung für SO2 gemäß 2. Forstverordnung (siehe auch Kap. 2).



#### Stickoxide:

Die Stickoxidbelastung wurde nur im Februar 1986 gemessen. Der Monatsmittelwert betrug 37 ppb NO2, der maximale Halbstundenmittelwert 92 ppb NO2, der 95 %-Wert des Monats 58 ppb NO2 und der maximale Tagesmittelwert 51 ppb NO2. Somit wurde gemessen an den Grenzwerten der Schweizer Luftreinhalteverordnung der Grenzwert für den maximalen Tagesmittelwert überschritten.

Die Stickstoffmonoxidbelastung zeigte einen Monatsmittelwert von 43 ppb NO, einen maximalen Halbstundenmittelwert von 315 ppb NO und einen maximalen Tagesmittelwert von 101 ppb NO.

Somit wurden häufig Stickoxidbelastungen gemessen, welche in ungünstigen Fällen die Ausbildung von hohen Ozonkonzentrationen einleiten können. Außerdem führen erhöhte Stickoxidgehalte zu erhöhten Nitratanteilen im trockenen und nassen Niederschlag, die ihrerseits oft auch erst nach Verfrachtung in entlegenere Gebiete zu Vegetationsbeeinträchtigungen und Störungen des ökologischen Gleichgewichtes führen können.

## Meßstelle Kufstein - Boznerplatz (Bezirksforstinspektion):

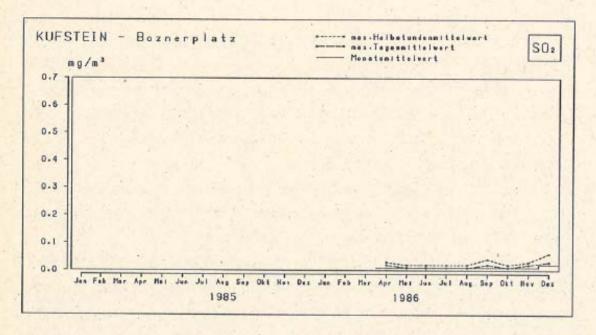
Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle Kufstein - Boznerplatz liegt 360 m östlich der Meßstelle Kufstein - Stadtamt am Talboden auf 500 m Seehöhe. Diese Meßstelle befindet sich im östlichen Teil der Stadtmitte. Parallelerhebungen zeigten bei dieser Meßstelle eine ähnliche SO2-Belastung wie bei der Meßstelle Kufstein Stadtamt.

Gemessen wurde: SO2, NO, NO2

#### Schwefeldioxid:

Die Erhebung der Schwefeldioxidbelastung bei der Meßstelle Kufstein Boznerplatz - Bezirksforstinspektion zeigte in der Zeit von April bis Dezember 1986 maximale Tagesmittelwerte von 0,03 mg SO2/m3, maximale Halbstundenmittelwerte von 0,06 mg SO2/m3 und ein 97,5-Perzentil von 0,05 mg SO2/m3. Somit wurden im Zeitraum April bis Dezember 1986 bei dieser Meßstelle die Grenzwerte der 2. Forstverordnung nicht überschritten.

Abb. 34:



#### Stickoxide:

Beim Stickstoffdioxid ergab sich im Zeitraum von April bis Dezember 1986 einen Mittelwert von 16 ppb NO2. Es wurden maximale Tagesmittelwerte von 48 ppb, maximale Halbstundenmittelwerte von 89 ppb und ein 95 %-Wert der Halbstundenmittelwerte des Beurteilungszeitraumes von 34 ppb gemessen. Da der Beurteilungszeitraum April bis Dezember kein volles Jahr beträgt, kann nur mit Vorbehalt ein Vergleich mit den Schweizer Grenzwerten gezogen werden; trotzdem zeigt sich, daß mit Sicherheit der Jahresmittelwert laut Schweizer Luftreinhaltever-

Abb. 35:

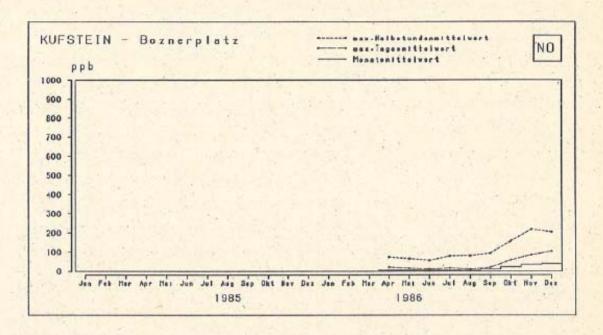
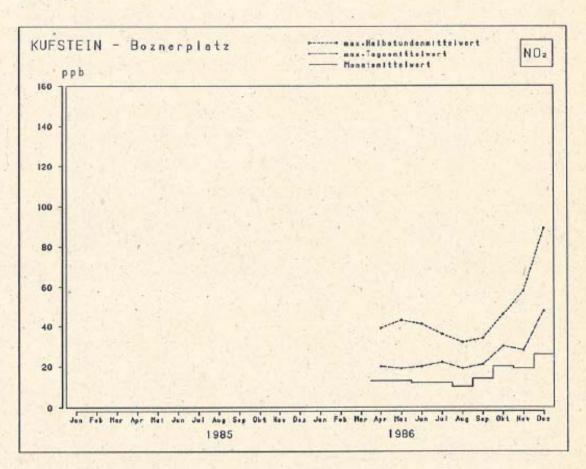


Abb. 36:



ordnung bei dieser Meßstelle überschritten wird. Ebenso der Grenzwert für den maximalen Tagesmittelwert. Der 95 %-Wert lag unter dem Grenzwert der Schweizer Luftreinhalteverordnung. Die Stickstoffmono-xidbelastung lag im Mittel über dem Beurteilungszeitraum gleich hoch wie die Belastung mit Stickstoffdioxid, also 16 ppb, der maximale Halbstundenmittelwert betrug 218 ppb und der maximale Tagesmittelwert 104 ppb.

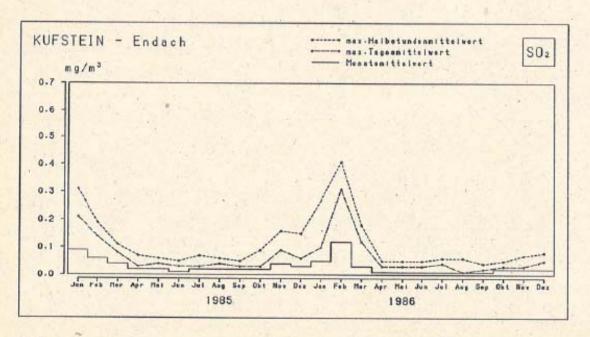
Die gemessenen Stickstoffdioxidkonzentrationen erreichten wiederholt Werte, die in ungünstigen Fällen die Ausbildung von hohen Ozonkonzentrationen einleiten können. Erhöhte Stickoxidgehalte führen
auch zu erhöhten Nitratanteilen in den trockenen und nassen Niederschlägen, die ihrerseits oft erst nach Verfrachtung in entlegenere
Gebiete zu Vegetationsbeeinträchtigungen und Störungen des ökologischen Gleichgewichtes führen können.

## Meßstelle Kufstein - Endach:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle liegt im Bereich der Hochhäuser Endach auf 490 m Seehöhe am Talboden. Die Meßstelle liegt im Süden der Stadt und deren Industriezone sowie im Norden des Fernheizwerkes.

Gemessen wurde: SO2

Abb. 37:



#### Schwefeldioxid:

Die Erhebung der Schwefeldioxidbelastung bei der Meßstelle Kufstein – Endach im Jahr 1986 zeigte mit maximalen Halbstundenmittelwerten bis 0,41 mg SO2/m3, maximalen Tagesmittelwerten von 0,31 mg SO2/m3 und einem 97,5-Perzentil im Monat Februar von 0,36 mg SO2/m3, daß in den Wintermonaten die SO2-Grenzwerte der 2. Forstverordnung sehr stark überschritten wurden (siehe auch Kap. 2).

Auch der Vergleich der maximalen Halbstundenmittelwerte sowie der maximalen Tagesmittelwerte aus den Jahren 1984 bis 1986 zeigt, daß die Belastung bei der Meßstelle Kufstein-Endach in den vergangenen Jahren zugenommen hat.

#### Tabelle 12:

MeBstelle	max.HMW mg/m3	max.TMW
Kufstein/Endach SO2	ciii /giii	Cili (Sili
1984	0,28	0,12
1985	0,31	0,21
1986	0,41	0,31

#### Staubniederschlagsmeßnetz Schwoich-Söll-Eiberg:

Im Bereich Eiberg und Umgebung wurde an 5 Meßstellen der Staubniederschlag erhoben. Die durchschnittliche Belastung betrug für das Jahr 1986 bezogen auf 4 Meßstellen und das Jahr 0,31 g/m2 x d, die maximale Belastung bezogen auf 1 Meßstelle und 1 Monat betrug 0,96 g/m2 x d. Dabei zeigte sich, daß (wie im Vorjahr) im Spätherbst auf den nahegelegenen landwirtschaftlichen Flächen zum Teil sehr starke Staubniederschlagsbelastungen auftraten, die Beeinträchtigungen und Materialschäden zur Folge haben können. Die Grenzwerte für CaO gemäß 2. Forstverordnung wurden jedoch nicht überschritten.

#### Meßstelle Niederndorferberg:

Die Meßstelle liegt seit dem Winter 1983/84 auf 700 m Seehöhe auf einem allseits gut belüfteten flachen Hang, der etwas nach Süden exponiert ist. Die Meßstelle befindet sich abseits großer Siedlungen

und viel befahrener Straßen in einem dünn besiedelten Gebiet. Gemessen wurde: Nasser Niederschlag

## Nasser Niederschlag:

Die genauen Ergebnisse sind im Kapitel 3 wiedergegeben. Insgesamt zeigten die Einträge an Nitrat/N und Sulfat/S sowie der Eintrag an Säure etwas niedrigere Werte als im Vorjahr. Gemeinsam mit erhöhten Ozonbelastungen, wie sie aus den Vorjahren z.B. von der Meßstelle Ebbs-Buchberg bekannt sind, kann bei derartigen sauren Einträgen mit Vitalitätsminderungen insbesondere bei der empfindlichen Waldvegetation gerechnet werden.

# 16. Beurteilungsraum: Kitzbühel und Umgebung sowie Brixental

## Zusammenfassende Beurteilung:

Bezüglich der Beurteilung der Nadelanalysen wird auf den Bericht an den Tiroler Landtag 1986, Zustand der Tiroler Wälder, verwiesen. Da der fluoremittierende Betrieb im Raum Hopfgarten im Laufe des Jahres 1986 saniert wurde, kann frühestens an den Nadelanalysen, die im Herbst 1987 gewonnen werden, der Erfolg der Sanierung überprüft werden.

## Beurteilungsunterlagen:

#### Nadelanalysen:

Die im Herbst 1985 in der Umgebung von Hopfgarten gewonnenen Nadelanalysen zur Bestimmung des Fluorgehaltes lagen für den Bericht an den Tiroler Landtag 1986 noch nicht vor und werden hier besprochen:

Im Umgebungsbereich Hopfgarten wurden im Jahre 1985 15 Probepunkte ausgewählt. Die Nadelanalysen ergaben hinsichtlich Fluorbelastung die vermuteten Grenwzertüberschreitungen. An 11 von 15 Probepunkten kam es sowohl im 1. als auch im 2. Nadeljahrgang zu Fluor-Grenzwert-überschreitungen, die im Extremfall das 22-fache bzw. 20-fache des Grenzwertes erreichten. Die Untersuchung der Nadelproben auf Schwe-

felbelastung zeigt, daß im Raum Hopfgarten keine einzige absolute Überschreitung des Grenzwertes 1t. 2. Forstverordnung aufgetreten ist. Neben 4 relativen Grenzwertüberschreitungen waren 12 der gewonnenen Nadelproben unterhalb des zulässigen Schwefelgrenzwertes.

Das Problem der extrem hohen Fluoremissionen wurde noch im Jahre 1986 durch die Errichtung eines Fluorkaskadenabsorbers beseitigt. Auch die Schwefelbelastung durch den Betrieb der Ziegelei wurde infolge verbesserter Technologie und Einsatzes schwefelarmer Energieträger erheblich reduziert.

(Näheres - siehe Kap. 11).

#### 17. Beurteilungsraum: Pillersee

### Zusammenfassende Beurteilung:

Im Raum Hochfilzen wurden sowohl im Winter (trotz des SO2-Ferntransportes im Feber 1986) als auch im Sommer die Grenzwerte der 2.Forstverordnung durchwegs und meist bei weitem eingehalten.

Bezüglich der Beurteilung der Nadelanalysen wird auf den Bericht an den Tiroler Landtag 1986, Zustand der Tiroler Wälder, verwiesen.

#### Beurteilungsunterlagen:

#### Meßstelle Hochfilzen - Oberkant:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle liegt seit dem Jahr 1973 auf 940 m Seehöhe in Warming-Oberkant am Talboden des von Hochfilzen nach Norden verlaufenden Tales. Die Meßstelle ist ca. 1 bis 1,5 km vom Ortszentrum von Hochfilzen und ca. 2 km vom Magnesitwerk entfernt.

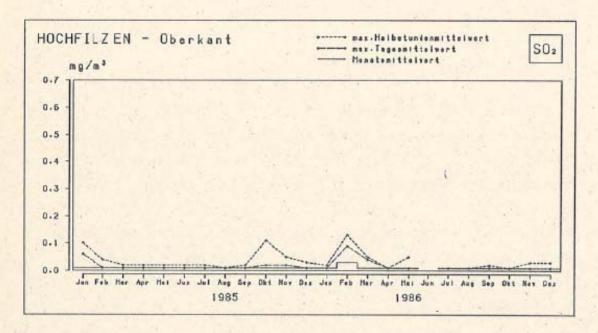
Gemessen wurde: SO2

#### Schwefeldioxid:

Die Erhebung der Schwefeldioxidbelastung bei der Meßstelle Hochfilzen-Oberkant in Warming zeigte, daß nur im Februar ein Monatsmittelwert von 0,03 mg SO2/m3 gemessen wurde und sonst in allen Monaten des Jahres 1986 Mittelwerte von 0,01 mg SO2/m3. Der maximale Tages-

mittelwert von 0,09 mg SO2/m3 wurde ebenfalls im Februar 1986 auf Grund eines SO2-Ferntransportes gemessen, gemeinsam mit einem maximalen Halbstundenmittelwert von 0,13 mg SO2/m3. In den übrigen Monaten war die SO2-Belastung durchwegs gering mit Tagesmittelwerten zwischen 0,01 und 0,04 mg SO2/m3 und maximalen Halbstundenmittelwerten von März bis September bis maximal 0,05 mg SO2/m3. Bei dieser Meßstelle wurden sowohl im Winter als auch im Sommer die Grenzwerte der 2. Forstverordnung durchwegs und meist bei weitem eingehalten.

Abb. 38:



BEZIRK LIENZ

BFI Lienz, BFI Matrei, BFI Sillian

#### a) Waldzustand

Der Bezirk Lienz zeigt mit einem Schadensausmaß von 24 % zusammen mit den Bezirken Landeck und Imst (25 %) den besten Waldzustand Tirols. Die Zunahme der Waldschäden um 7 Prozentpunkte seit 1984 geht hauptsächlich auf die Verschlechterung der Hauptbaumart Fichte zurück. 1986 sind jedoch auch bei der bisher völlig gesunden Zirbe leichte Schäden in der Höhe von 6 % aufgetreten. Das Schadensausmaß hat seit 1984 jährlich zugenommen (siehe Tab. 13). Die Waldschäden konzentrieren sich in den Tal- und Beckenlagen (Lienzer Becken).

Tab. 13: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre im Bezirk Lienz, Schadensentwicklung seit 1984

		Schadstufen							
Baumart	Jahr	gezund ungeschildigt	2 leicht geschädigt	mittelst. geschödigt	4+5 stark gesch, + tot	gesamt geschädigt			
	1984	77	19	3	1	23			
Fichte	1985	74	21	4	1	26			
	1986	71	22	6	1	29			
11,-17	1984	100	1	-		0			
Lärche	1985	90	10	-		10			
38	1986	91	7	2		. 9			
	1984	100	-	-		0			
Zirbe	1985	100	3 15	-		6			
	1986	94	6	<del>-</del>	-	6			
Ten En	1984	83	15	2	-	17			
alle BA	1985	78	18	3	1	22			
	1986	76	19	4	1	24			

#### b) Immissionssituation

18. Beurteilungsraum: Matrei und Umgebung, Kals, Defereggen, Abfaltersbach und Umgebung, Sillian und Umgebung, Villgraten und Tilliach

#### Zusammenfassende Beurteilung:

Die Erhebung des nassen sauren Niederschlags in Innervillgraten hat neuerlich ergeben, daß bei dieser Meßstelle die Schadstoffeinträge geringer sind als am Alpennordrand.

Bezüglich der Beurteilung der Nadelanalysen wird auf den Bericht an den Tiroler Landtag 1986, Zustand der Tiroler Wälder, verwiesen.

## Beurteilungsunterlagen:

## Meßstelle Innervillgraten:

Lage der McSstelle: Die Meßstelle liegt seit dem Herbst 1984 an einer nach Südwesten gerichteten oberen Hanglage in Innervillgraten auf 1730 m Seehöhe 320 m über dem Talboden in steilem Gelände. Die Meßstelle liegt in einem abgelegenen Seitental, das von viel befahrenen Straßen weit entfernt ist - die Straße durch das Pustertal ist mehr als 8 km Luftlinie von der Meßstelle entfernt und außerdem durch einen etwa 2500 m hohen Bergkamm abgeschirmt. Die Meßstelle liegt im Bereich einzelner Bergbauernhöfe.

Gemessen wurde: Nasser Niederschlag

### Nasser Niederschlag:

Die genauen Ergebnisse sind im Kapitel 3 wiedergegeben. Insgesamt zeigen die Ergebnisse 1985/86, daß die Einträge an Sulfat/S und Nitrat/N sowie freier Säure bei dieser Meßstelle niedriger sind als am Alpennordrand. Auch die Niederschlagsmenge ist bei dieser Meßstelle deutlich geringer.

# 19. Beurteilungsraum: Lienz und Umgebung sowie Ainet und Umgebung

#### Zusammenfassende Beurteilung:

Die Erhebungen der SO2-Belastung in Lienz-Stadtzentrum zeigen, daß dort im Winter 1985/86 die Grenzwerte der 2. Forstverordnung überschritten wurden, während sie im Sommer eingehalten wurden.

Bezüglich der Beurteilung der Nadelanalysen wird auf den Bericht an den Tiroler Landtag 1986, Zustand der Tiroler Wälder, verwiesen.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Lienz - Bezirkshauptmannschaft:

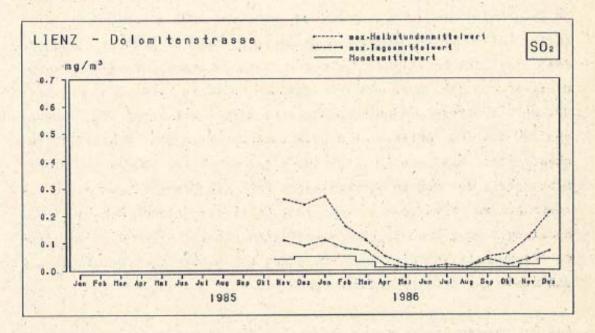
Lage der Meßstelle; Die Immissionsmeßstelle liegt beim Gebäude der Bezirkshauptmannschaft nahe dem Stadtzentrum von Lienz. In geringer Entfernung von der Meßstelle befinden sich die Bundesstraße vom Felbertauern in Richtung Kärnten sowie die Abzweigung in Richtung Pustertal. Die Meßstelle befindet sich auf 670 m Seehöhe im Talboden. Die Meßstelle wird seit November 1985 neuerlich betrieben.

Gemessen wurde: SO2

#### Schwefeldioxid:

Die Erhebung der SO2-Belastung bei der Meßstelle Lienz-Bezirkshauptmannschaft ergab im Jahr 1986 (Jänner) maximale Halbstundenmittelwerte bis 0,27 mg SO2/m3, maximale Tagesmittelwerte bis 0,11 mg
SO2/m3 und ein 97,5-Perzentil von 0,16 mg SO2/m3. Somit wurden im
Winter 1985/86 die SO2-Grenzwerte der 2. Forstverordnung wiederholt
überschritten.

Abb. 39:



# 13. ÜBER PROBLEME IN TIROLER SCHUTZWÄLDERN SOWIE ÜBER BISHERIGE UND KÜNFTIG ERFORDERLICHE SANIERUNGSMASZNAHMEN

In einem Gebirgsland muß der Sicherung des Lebensraumes vor Elementargewalten wie Lawinenanbrüchen, Muren und Hochwässern besonderes Augenmerk gewidmet werden. Wegen seiner vielfältigen Wirkungsweise kommt dem Gebirgswald dabei höchste Bedeutung zu. Somit wird verständlich, daß entgegen dem österreichischen Durchschnitt in Tirol rund die halbe Waldfläche als Schutzwald ausgewiesen ist.

## Vitalitäts- und Verjüngungsprobleme

Die vornehmlich in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts in Tirol durchgeführten großflächigen Holznutzungen, wobei mitunter ganze Berghänge kahlgeschlagen wurden, sind forstgeschichtlich dokumentiert. Daß es in der Folge zu Naturkatastrophen größten Ausmaßes kam, ist aus heutiger Sicht nur allzu verständlich. Diese Ereignisse von damals waren schließlich auch Anlaß zu scharfen Forstgesetzen. Immerhin stammen aus dieser Zeit – mit einer Altersspanne von 120 bis 160 Jahren – etwa 29 % unserer heutigen Schutzwaldflächen, mehr als ein Drittel ist sogar älter als 160 Jahre. Dieser hohe Anteil der oberen Altersklassen hat ihre Ursachen zum einen im restriktiven Forstgesetz von 1852, das zielführende Schutzwaldbehandlungen kaum ermöglichte; zum anderen hat vor allem die mangelnde Wirtschaftlichkeit in Verbindung mit schwieriger Holzlieferung und niedrigen Holzpreisen dazu geführt.

Aus Untersuchungen in Naturwäldern unserer Heimat wissen wir, daß im Gebirge 200-jährige Bäume nicht unbedingt als überaltert zu bezeichnen sind. Vor allem karge Standorte erhalten Bäume lange Zeit gesund und stabil. Wenn heute Hochlagenwälder, die anfangs der 70er Jahre nachweisbar gesund waren, nunmehr großteils ernsthaft vitalitätsgeschädigt sind, dann läßt das zwei Schlüsse zu:

1. Das, was wir als Waldsterben bezeichnen, ist primär weder ein Überalterungs- noch ein Pflegeproblem.

 Die Vitalitätsverschlechterung geht rapide vor sich, damit läuft uns die Zeit, die wir zur Erhaltung unserer Wälder noch haben, unter den Händen davon.

Den Inventurergebnissen zufolge haben wir in Tirols Schutzwäldern mit 9 % einen hohen Blößenanteil, der Anteil der Verjüngungen bis 40 Jahre beträgt lediglich 7 %. Blößen sind Waldflächen, die aus irgendwelchen Gründen noch nicht bestockt sind, zum größeren Teil jedoch aufzuforsten sind. Erschwerend kommt noch hinzu, daß auf 29 % der Schutzwaldfläche sehr stark aufgelichtete Bestände stokken, wobei trotz der günstigen Lichtverhältnisse die Verjüngung weitgehend fehlt. Das wiederum läßt den Schluß zu, daß in den Schutzwaldregionen häufig Verjüngungshindernisse vorkommen: Klimaextreme, geringe Keimprozente, Wildschäden, Schäden durch Weidevieh und Tiefschneefahrer u.dgl..

## Ausmaß und Entwicklung der Vitalitätsschäden im Tiroler Schutzwald

So wie in den beiden vorangegangenen Jahren wurden auch 1986 die Probeflächen in über 60-jährigen Schutzwaldbeständen beobachtet. Mehr als 4.000 markierte Probebäume wurden dabei nach denselben Kriterien wie in den beiden vorangegangenen Jahren hinsichtlich ihres Gesundheitsbildes beurteilt. Diese systematische Diagnose und ihre Wiederholung garantieren objektive Ergebnisse bezüglich des erhobenen Waldzustandes und seiner Entwicklung.

Wie wir schon von den Erhebungen der vergangenen Jahre wissen, sind die Waldschäden in jährlich steigendem Ausmaß auch in den Tiroler Schutzwäldern zu finden. Den Ergebnissen der letzten Waldzustandsinventur (1986) zufolge sind in unserem Lande nunmehr 40 % des Schutzwaldes in seiner Vitalität geschädigt; davon 29 % leicht und 9 % mittel, die restlichen 2 % sind entweder absterbend oder schon tot. Vom Jahre 1985 auf 1986 bedeutet dies landesweit eine Zunahme der geschädigten Schutzwaldfläche um 4 %-Punkte (Tab. 1).

Bekanntlich sind die Waldschäden in Tirol nicht gleichmäßig verteilt. Die Nordalpen, und da vor allem Außerfern, Karwendel und Achental, sind davon besonders arg betroffen; in diesem Gebiet ist

Tab. 1: Gesundheitszustand der über 60-jährigen Probebäume im Schutzwald (in %) in den Jahren 1984 bis 1986

Beurteilungs- räume	Jahr	l gesund ungeschödigt	2 leicht	stufe 3 mittelst. geschädigt	4 + 5 stark gesch. + tot	gesamt geschädigt
	1984	78	16	4	2	22
Zentralalpen -	1985	74	21	- 4	1	26
(ohne Osttirol)	1986	68	26	5	1	32
	1984	55	28	13	4	45
Nordalpen	1985	50	34	13	3	50
	1986	44	37	15	4	56
	1984	69	21	8	2	31
Gesamt Tirol	1985	64	26	8	2	36 .
	1986	60	29	9	2	40

die magische 50 %-Grenze nun schon deutlich überschritten (Tab. 1). Bereits 56 % der dortigen Schutzwaldflächen sind in ihrer Vitalität geschädigt! Besorgniserregend in diesem Gebiet sind vor allem die starke Zunahme der Schäden und die bereits 15 % mittel geschädigten und 4 % absterbenden bzw. toten Schutzwaldflächen - die mit diesen Größenordnungen weit über dem Tiroler Durchschnitt liegen. Und das vor dem Hintergrund eines nun schon Jahrzehnte dauernden, weiträumigen wildbedingten Verjüngungshemmnisses! Bekanntlich ist die Verjüngung des Waldes mit den standortsgemäßen Baumarten in diesem Gebiet wegen Wildverbisses vielfach nicht mehr möglich.

Von den Waldschäden noch relativ weniger betroffen sind die Schutzwälder der Zentralalpen. 32 % des in Nordtirol liegenden Anteiles weisen Schäden auf, die überwiegende Mehrheit davon ist leicht geschädigt. Immerhin, die Zunahme der Schäden von 1985 auf 1986 betrug jedoch in diesem Beurteilungsraum ebenso wie in den Nordalpen ganze 6 %-Punkte. Daß der Gesundheitszustand der Wirtschaftswälder besser als jener der Schutzwälder ist, zeigen die Abbildungen 1 und 2, die auch die besondere Gefährdung der Mischbaumarten Tanne und Buche veranschaulichen. Diese Tatsache kann kein Trost sein, weil die Erkrankung von Schutzwäldern in einem Gebirgsland wie Tirol zweifelsfrei eine bedrohliche Entwicklung darstellt. Ihr wird mit allen Mitteln entgegenzuwirken sein, wenn nicht Menschen und ihre Siedlungsräume, Infrastrukturen u.dgl. künftig Gefährdungen ausgesetzt werden sollen.

# Hochlagenaufforstungen und Schutzwaldsanierungen seit 1972

Im Hinblick darauf, daß nur intakte Schutzwälder unseren Lebensraum vor vielfältigen Naturgefahren bewahren können und unter Berücksichtigung der Tatsache, daß eine gute und dauerhafte Schutzwirkung eines Waldes überlegter forstlicher Maßnahmen bedarf, wurden in den vergangenen 15 Jahren tirolweit zahlreiche und kostspielige Schutz-

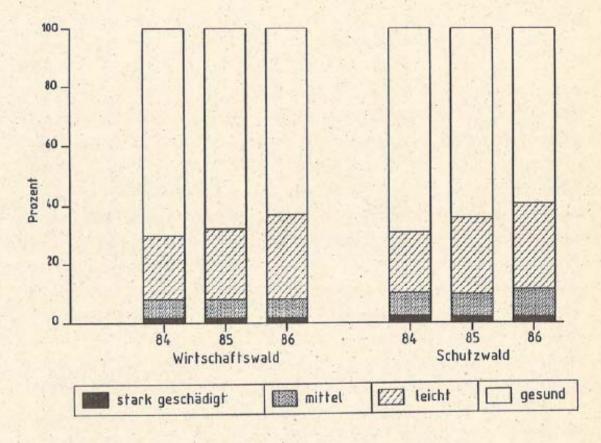


Abb. 1: Verteilung und Entwicklung der Waldschäden im Wirtschaftswald und Schutzwald in den Jahren 1984 bis 1986 (WZI 1984 - 1986)

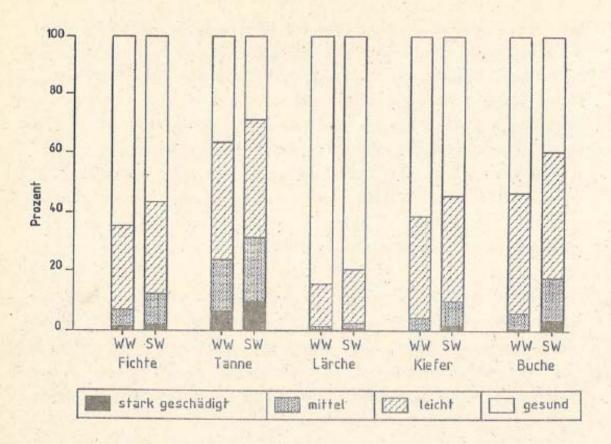


Abb. 2: Verteilung der Schäden bei den Baumarten im Wirtschaftswald (WW) und Schutzwald (SW) im Jahr 1986 (WZI 1986)

wald-Investitionen durchgeführt. In Gebieten, in denen die forstliche Produktivität geringer als die Einnahmen aus der Holznutzung sind, wurden durch Zuschuß öffentlicher Mittel seitens Bund und Land jene forstlichen Maßnahmen gefördert, die zur Erhaltung bzw. Verbesserung der Schutzwirkung des Waldes erforderlich sind. Diese öffentlichen Investitionen basieren in erster Linie auf der volkswirtschaftlichen Überlegung, daß technische Maßnahmen gegen Lawinen und Muren zum Schutze der Menschen, ihrer Siedlungen und Straßen um ein zig-faches teurer sind, als den Wald durch Bewirtschaftung funktionstüchtig zu erhalten.

Alle im folgenden angeführten Zahlen beziehen sich auf den Zeitraum bis Ende 1986.

Insgesamt wurden 149 Hochlagenaufforstungs- und Schutzwaldsanierungsprojekte begonnen, von denen derzeit etwa 100 jährlich betreut werden. Einige sind vorübergehend eingestellt, viele Projekte gelangen je nach Dringlichkeit und Arbeitsfortschritt nur alternierend zur Weiterführung. Vereinzelt sind Projekte mit einer Laufzeit bis zur Jahrtausendwende genehmigt (Bezirksforstinspektionen Lienz und St. Johann), die überwiegende Mehrheit läuft jedoch Mitte der 90er Jahre aus.

Von den jährlichen Gesamtkosten wurden im Zeitraum

1972-75 43% für Schutzwaldsanierung, 57% für Hochlagenaufforstung

1976-80 69% für Schutzwaldsanierung, 31% für Hochlagenaufforstung

1981-85 85% für Schutzwaldsanierung, 15% für Hochlagenaufforstung

1986 89% für Schutzwaldsanierung, 11% für Hochlagenaufforstung aufgewendet.

Eine Verlagerung von der reinen Hochlagenaufforstung zur Schutzwaldsanierung ist daraus klar erkennbar.

Wie aus Tab. 2 ersichtlich wurden bis Ende 1986 im Rahmen der Hochlagenaufforstung und Schutzwaldsanierung S 280,048.940,-- aufgewendet.

Da nur wenige Bezirke Tirols von den Sanierungsmaßnahmen schwerpunktmäßig erfaßt wurden - allein in Osttirol wurden 52 % des Gesamtaufwandes (1985 sogar 65 % des Jahresbudgets) in Anspruch genommen -, wurden bisher für die Bewirtschaftung des weitaus größeren Teiles des sanierungsbedürftigen Schutzwaldes wenig Förderungsmittel in Anspruch genommen. So wurden von der Region Oberland (Bezirke Imst und Landeck) mit einem Anteil von 23 % an der Schutzwaldfläche Tirols lediglich 9 % der Gesamtsumme verbraucht.

Im Bezirk Reutte mußten beinahe alle begonnenen Projekte vorübergehend eingestellt werden, weil durch den stark überhöhten Wildstand eine langfristige Verbesserung der Schutzfunktion nicht möglich ist. Eine Weiterführung ist nur nach einer großräumigen Wildstandsregulierung sinnvoll und volkswirtschaftlich zu vertreten.

Insgesamt werden durch die derzeit laufenden Projekte rund 33.000ha Schutzwälder, das sind 15 % der Schutzwaldfläche Tirols, bearbeitet. Darin sind 3.415 ha neuaufgeforstete Hochlagenflächen enthalten, auf denen 13,399 Mio. Pflanzen mit einem Kostenaufwand von S 81,998.191,-- gesetzt wurden.

BFI	Nichtstaatswald und UBF			Nichtstaatswald								
	Gesamt- waldfläche in ha	Schutz ha	wald	Schutzwal in ha	danteil in %	Wegebai Anteil a.d. Gesamtweg- baukosten in %	ukosten Anteil a.d. Gesamt-HSS- Kosten d. BFI in %	Forststr in 1fm	aBen in %	Gesamtkost S	en 1	Anzahl d Projekte
HALL 1.T.	14.762	5.377	2,4	- 3.510	2,0	0,7	28	10.441	1,8	3,662.652	1,3	3
IMST	20.210	11.304	5,0	8.565	5,0	2,9	35	18.331	3,2	11,464.045	4,1	8
IBK-STADT	4.839	1.298	0,6	962	0,6	0,7	10	2.929	0,5	3,822.226	1,4	1
KITZBOHEL	21.579	7.983	3,5	5.365	3,1	1,0	17	6.910	1,2	8,510.996	3,0	7
KUFSTEIN	25.673	8.970	3,9	6.874	4,0	2,7	70	12.634	2,2	5,288.189	1,9	. 8
LANDECK	23.356	14.253	6,2	13.438	7,8	2,1	44	17.853	3,2	6,407.069	2,3	5
LECHTAL	32.326	18.053	7,9	16.449	9,6	7,5	78	43.961	7,8	12,998.136	4,6	15
LIENZ	21.196	9.477	4,1	9.477	5,5	28,3	53	134.767	23,7	72,575.178	25,9	9
MATREI 1.0.	20.603	12.288	5,4	12.288	7,2	6,3	42	27.850	4,9	20,590.818	7,4	10
REUTTE	31.005	14.748	6,5	12.804	7,5	5,4	57	20.689	3,7	12,816.712	4,6	8
RIED i.T.	21.934	10.574	4,6	8.190	4,8	0,2	10	2.200	0,4	3,036.406	1,1	8
ST. JOHANN	28.741	14.382	6,3	5.351	3,1	7,2	76	27.430	4,8	12,898.099	4,6	4
SCHWAZ	46.554	24.850	10,9	6.452	3,7	0,4	29	5.150	0,9	1,651.577	0,6	7
SILLIAN	18.436	8.932	3,9	8.932 -	5,2	15,6	- 41	93.490	16,5	51,144.402	18,3	6
SILZ	25.075	13.718	6,0	12.310	7,2	1,5	53	10.580	1,9	3,860.230	1,4	8
STEINACH	27.644	13.351	5,8	13.322	7,7	12,1	60	94.188	16,6	27,293.703	9,7	13
TELFS	33.228	12.928	5,7	11.367	6,6	0,9	. 19	6.425	1,1	6,506.592	2,3	9
WORGL	27.167	8.849	3,9	5.927	3,4	- 1		-	-	3,761.787	1,3	11
ZILLERTAL	31.338	16.951	7,4	10.273	6,0	4,5	52	31.984	5,6	11,750.023	4,2	9.
TIROL	475.666	228.286	100,0	171.856	100,00	100.0	49	567.812	100.0	280,048.940	100.0	149

Tab.2: Zusammenstellung der Hochlagenaufforstungs- und Schutzwaldsanierungsprojekte nach Bezirksforstinspektionen im Zeitraum 1972 - 1986 (Waldflächen aus WEP)

Auch beim Forststraßenbau lassen sich eindeutig regionale Schwerpunkte erkennen (siehe Tabelle 2). Von den Gesamtkosten 1972-86 wurden tirolweit 49 % (das sind S 137,112.285,--) in Forststraßen investiert und damit 567.812 1fm gebaut.

War in den ersten Jahren die Erschließung eine Grundvoraussetzung für die Schutzwaldbewirtschaftung - fast die Hälfte der Förderungsgelder wurde in den forstlichen Wegebau gesteckt -, so hat in den 80er Jahren eine leichte Verlagerung der Aufwendungen zur Aufforstung sowie zu Vorbereitungs-, Kultursicherungs- und Pflegemaßnahmen stattgefunden.

Im Zuge der Arbeiten bei den laufenden Projekten wurden auf 33.000 ha der Tiroler Schutzwälder Verjüngungs- und Pflegemaßnahmen durchgeführt. Dabei wurden bisher rund 64 % der veranschlagten Gesamtgeldmittel verbraucht, die sich bisher im 15-jährigen Durchschnitt aus 53 % Bundesmittel, 26 % Landesmittel und 21 % Eigenleistung zusammensetzen. Nach einer Erhebung des Landesforstdienstes sind darüberhinaus derzeit noch ca. 80.000 ha des nichtstaatlichen Schutzwaldes sanierungsbedürftig.

### Ausblick

In einem Gebirgsland wie Tirol ist die Schutzwirkung des Waldes überlebensnotwendig. Großräumige technische Ersatzmaßnahmen sind entweder nicht machbar oder unfinanzierbar, in keinem Fall eine Alternative zur Erhaltung des Schutzwaldes. Es bleibt somit allein die Möglichkeit, die sanierungsbedürftigen Schutzwälder forciert zu verjüngen und dabei sämtliche Hemmnisse soweit als möglich zu minimieren:

- a) Die Immissionen der wichtigsten Luftschadstoffe sind auf 10 % ihres seinerzeitigen Höchststandes zu reduzieren.
- b) Der Schalenwildstand ist auf seine landeskulturelle Verträglichkeit hin zu prüfen. Unter der aus dem Waldsterben resultierenden Bedrohung darf es weder für Behörde, noch für Jagdausübungsberechtigte ungebührliche Schonfristen geben.

C) Die Waldweide, die über lange Zeiträume zur Schädigung des Schutzwaldes beigetragen hat, erlebt in den letzten Jahren gebietsweise in Tirol einen neuen Aufschwung. Wir sollten bedenken, daß in Tirol rund 80 % der Wälder in bäuerlichem Eigentum stehen und daß auf diesen Waldflächen eine Weideablöse agrarpolitisch dem Bauernstand nichts bringt. Soweit Staatswald belastet ist, ist eine Ablöse in Grund und Boden oder in Geld sicherlich agrarpolitisch und einzelwirtschaftlich sinnvoll.

Soll der knappe Zeitraum, der uns für eine Schutzwaldsanierung noch zur Verfügung steht, genutzt werden, dann müssen die Arbeiten in Angriff genommen werden, sobald Wildstände und Waldweideprobleme tragbar sind. Schutzwaldsanierung ist ja vor allem Waldverjüngung und diese muß begonnen werden, auch wenn das Immissionsproblem noch nicht gelöst ist!

Zur Schutzwaldsanierung reichen die Bestimmungen des Forstgesetzes 1975 voll aus - dies zeigt nicht zuletzt die nun bereits 15 Jahre anhaltende Schutzwaldsanierung in unserem Land. Das Forstgesetz schreibt in § 22 (1) dem Eigentümer vor, daß er möglichst stabile, dem Standort entsprechende Wälder mit kräftigem inneren Gefüge bei rechtzeitiger Erneuerung zu erhalten hat. Er schränkt diesen Auftrag ein, soweit die Kosten nicht durch Erträge aus der Fällung im Schutzwald gedeckt werden können.

Im § 24 regelt der Gesetzgeber die Förderung jener Arbeiten, die nicht durch Erträge finanziert werden können.

Die dringend notwendige und überaus rasch durchzuführende Schutzwaldsanierung ist in Tirol nur vorstellbar, wenn sie grundsätzlich in den Händen des Eigentümers bleibt. Sie ist auch nur dann finanzierbar! Der Waldbesitzer darf über eine intensive Förderung nicht zum Fremden im eigenen Wald gemacht werden. Der Forstdienst hat aber subsidiäre organisatorische Hilfe anzubieten, die der Waldbesitzer ergreifen kann, wenn er selbst zur Durchführung der Arbeit nicht in der Lage ist. Die Waldpflegevereine sind dafür ein gutes Modell. Ziel einer solchen Schutzwaldsanierung muß es sein, die Schutzfunktion als Voraussetzung für die Bewohnbarkeit des Berglandes sicherzustellen. Es geht dabei nicht um die Maximierung der Ertragsfunktion, es geht um die Realisierung eines landeskulturellen Mindestpflegeplanes, der ge-

rade soviel an Maßnahmen aus öffentlichen Mitteln finanziert, als zur nachhaltigen Erreichung des Schutzzieles notwendig ist. Eines muß uns nämlich allen klar sein: Die unabsehbaren Folgewirkungen einer umweltbedingten Zerstörung unserer Schutzwälder können wir uns nicht leisten, sie würden das Land unbewohnbar machen. Was wir uns daher leisten müssen, sind Vorbeugemaßnahmen gegen die Umweltverschmutzung sowie die Instandsetzung und -haltung unserer gefährdeten Schutzwälder.

### 14. WILDSCHADENSERHEBUNG - FÜNF JAHRE TRAKTAUFNAHME ACHENKIRCH

Seit dem Jahr 1982 wird in den FUST-Forschungsrevieren Achenkirch ein Verfahren, die Traktaufnahme, angewandt, mit dem der Verbißdruck auf die forstliche Verjüngung objektiv ermittelt werden kann.

Bei dieser Traktaufnahme werden alle forstlichen Pflanzen - ausgenommen Keimlinge - auf einer drei Meter breiten und bis zu mehreren 100 Meter langen, fix verpflockten Fläche aufgenommen und deren Verbiß beurteilt. Die Trakte sind so angelegt, daß die Verjüngungssituation und der Verbißdruck möglichst repräsentativ erfaßt sind. Wo immer sich ein wichtiges Kriterium des Traktes ändert, sei es die Neigung, Exposition, der Bestand, wird der Trakt in Teiltrakte gegliedert. Die Aufnahmen werden jährlich wiederholt.

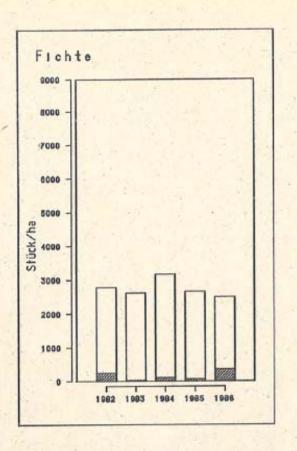
Insgesamt werden in Achenkirch jedes Jahr bis zu ca. 3.400 m Trakt (27 Teiltrakte) aufgenommen.

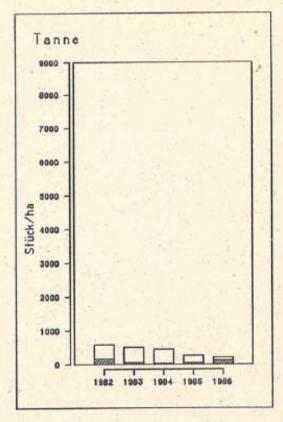
Es hat sich gezeigt, daß dieses Aufnahmeverfahren ein gutes Instrumentarium ist, Änderungen im Wildstand frühmöglichst aufzudecken und zu prüfen, ob der Verbißdruck tragbar ist oder nicht.

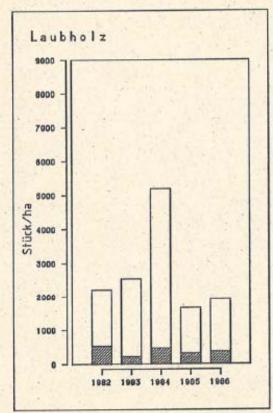
Eine Zusammenfassung aller Teiltrakte (Abb. 1) der Jahre 1982 bis 1986 zeigt deutlich, daß aufgrund der guten Verjüngungssituation der Verbißdruck, mit Ausnahme bei der Tanne in den letzten zwei Jahren, tragbar ist.

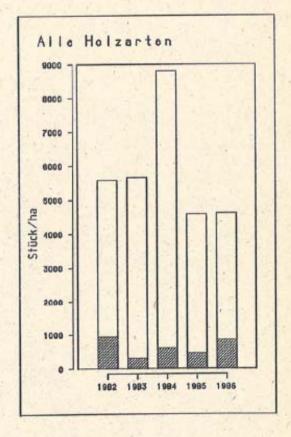
Eine Auswertung zeigte, daß im Schnitt 47 % der forstlichen Pflanzen Fichten, 7 % Tannen und 46 % Laubholz waren. Im Schnitt waren 6 % der Fichten, 25 % der Tannen und 16 % der Laubhölzer verbissen.

Nach dieser Aufnahme schwankt der jährliche Verbißdruck in einer geringen Bandbreite. Diese jährlichen Schwankungen beim Verbiß sind auf Schwankungen im Wildstand, aber auch auf unterschiedliche Schneehöhen im Winterhalbjahr zurückzuführen. Es hat sich aber bei Auswertungen von Teiltrakten gezeigt, daß sich Abschußerhöhungen in bestimmten Revierteilen schnell auf diese Art nachweisen lassen. 5 Jahre Traktaufnahme in Achenkirch zeigen, daß vor allem dem









unverbissene Pflanzen

verbissene Pflanzen

Abb. 1: Pflanzenzahl/ha auf den Traktflächen

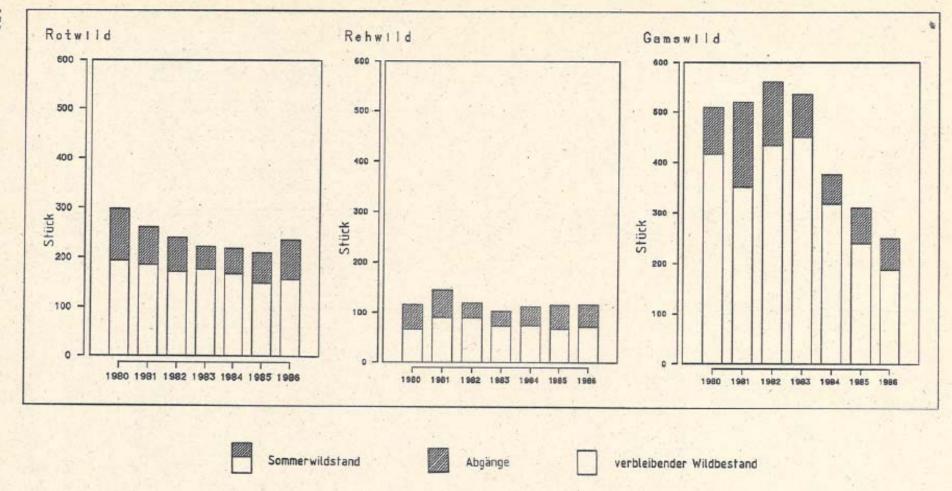
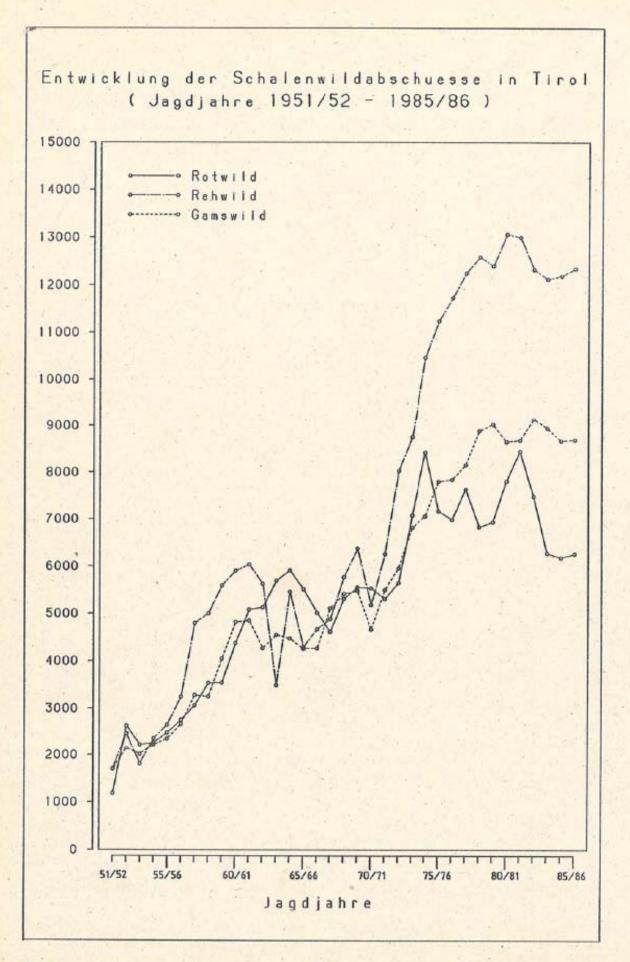


Abb. 2: Sommerwildstände und Abgänge in den Untersuchungsräumen

Tannenverbiß erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden ist.

Obwohl sich die Wildstände in den Fustrevieren im Untersuchungszeitraum mit Ausnahme des Gamswildes nur unwesentlich geändert haben (Abb. 2), scheinen sich doch die geringen Schwankungen besonders des Rotwildstandes, der ja am genauesten erfaßt ist, am Verbiß abzuzeichnen.

Die Abnahme des Gamswildstandes trifft höchstwahrscheinlich für den Waldgams nicht zu und wirkt sich aus diesem Grund auch nicht positiv auf den Verbißdruck auf den Traktflächen aus.



# 15. DIE WALDSCHADENSAUFNAHME TIENZENS ALS BEISPIEL FÜR EINE LOKALE WALDZUSTANDSERHEBUNG

Die zunehmende Erkrankung des Tiroler Waldes vermindert nicht nur die für unser Land lebensnotwendige Schutzfunktion, die die Besiedlung des Alpenraumes erst möglich macht. Auch Wohlfahrts- und Erholungswirkung nehmen ab. Durch die deutliche Beeinträchtigung der Nutzfunktion sind die Waldbesitzer unmittelbar am stärksten von der Schadensentwicklung unserer Wälder betroffen. Bestände, die über einen längeren Zeitraum Schadeinflüssen ausgesetzt sind, zeigen bereits vor sichtbaren Schadenssymptomen eine Zuwachsreduktion. Mit steigendem Verlust grüner Nadel- oder Blattmasse wird weniger Holz gebildet, werden die Höhentriebe kürzer, die Jahrringe enger. Zunehmende Kronenverlichtungen - in ursächlichem Zusammenhang mit Luftverunreinigungen und deren Folgen - führen also zu Zuwachsverlusten und vermindern die Ertragsfähigkeit der betroffenen Bestände. Diesem Umstand wird im Erlaß des Bundesministeriums für Finanzen vom 15. November 1984 insofern Rechnung getragen, als derartige Schäden in der forstwirtschaftlichen Einheitsbewertung auf Antrag des Waldbesitzers berücksichtigt werden können. Eine entsprechende Schädigung der Bestände wirkt sich dabei in einer Abminderung der Bonität bei der Wertfeststellung aus. Junge Bestände werden stärker berücksichtigt als ältere. Derzeit gilt der Erlaß für die Baumarten Fichte, Tanne und Kiefer.

Für diese Einheitswertfortschreibung ist der Nachweis der Waldschäden zu erbringen. Die Landesforstdirektion hat im Jahr 1986 mehrere solcher Beweisaufnahmen durchgeführt. Im folgenden sind die Ergebnisse der Waldschadensaufnahme für die Agrargemeinschaft Tienzens/ Steinach dargestellt.

### Aufnahmegebiet und Aufnahmeverfahren

Der Weiler Tienzens liegt auf einer Schotterterrasse auf der orographisch rechten Seite des Wipptales zwischen Matrei und Steinach. Am Waldbesitz der Agrargemeinschaft Tienzens, der 141 ha Waldfläche umfaßt, sind 16 Mitglieder anteilsberechtigt. Nur 1 Agrargemeinschaftsmitglied hat keinen bäuerlichen Betrieb. 10 sind Nebenerwerbsbauern und 5 leben nur von der Landwirtschaft. Gerade für die Vollerwerbsbauern liefert der Wald nicht nur das nötige Brenn- und Nutzholz, sondern bildet eine zusätzliche wichtige Einnahmequelle, ohne die der bäuerliche Betrieb nicht lebensfähig bleibt.

Da für eine Anerkennung der Waldschäden zur Einheitswertabsenkung eine objektive, nachprüfbare Schadenserfassung notwendig ist, wurde für die Aufnahme ein Stichprobenverfahren gewählt. Die Auswahl der Probepunkte erfolgte mit einem Quadratraster von 100 x 100 m. Auf 116 Probeflächen wurden 810 Probestämme aufgenommen und angesprochen. Neun Zehntel davon fielen auf die Hauptbaumart Fichte, ein Zehntel auf die Kiefer.

### Ergebnisse

In Tab. 1 ist das Gesamtergebnis für alle aufgenommenen Baumarten im Agrargemeinschaftswald Tienzens dargestellt. Über die Hälfte der Stämme ist nicht mehr gesund, ein Siebtel bereits deutlich geschädigt.

Tab. 1: Ergebnis im Agrargemeinschaftswald Tienzens, im Bezirk Innsbruck-Land und in Tirol (WSA Tienzens 86 - WZI 86)

	gesund	leicht ge- schädigt	mittelstark geschädigt	stark gesch.
	(1)	(2)	(3)	(4+5)
Agm. Tienzens	45	39	15	1
Bezirk Ibk-Land	60	34	5	1
WZI-Tirol	62	29	. 7	2

Vergleicht man den Gesundheitszustand im Agrargemeinschaftswald Tienzens mit dem Ergebnis der Waldzustandsinventur 1986 im Bezirk Innsbruck-Land, so zeigt sich bei dieser Waldschadensaufnahme die Abweichung lokaler Ergebnisse vom Bezirks- oder Landesdurchschnitt besonders deutlich. So liegen die Schäden um 15 % höher als im Bezirk Innsbruck-Land, die mittelstarken Schäden betragen das Dreifa-

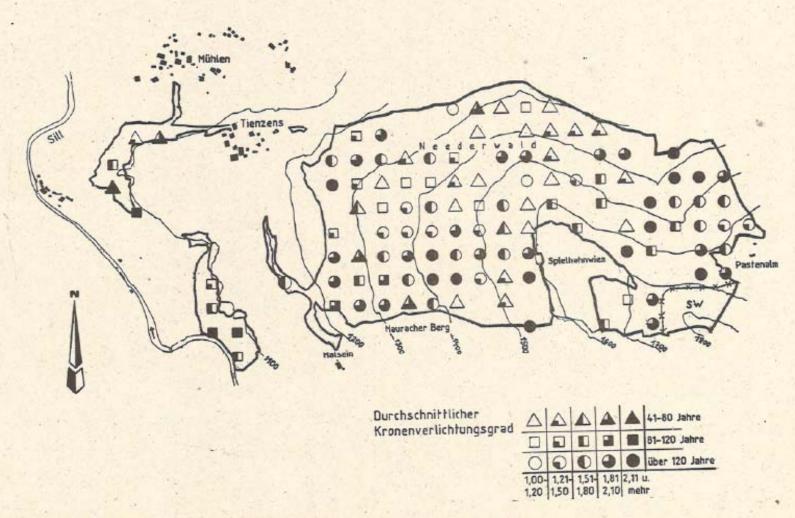


Abb. 1: Durchschnittlicher Kronenverlichtungsgrad auf den Probeflächen im Agrargemeinschaftswald Tienzens

che (siehe Tabelle 1). Dies ist auf die Lage der aufgenommenen Waldungen in einem Hauptschadensgebiet in Tirol – im Wipptal – zurückzuführen. Die Taleinhänge des Wipptales sind neben der hausgemachten Luftverschmutzung einer enormen Schadstoffbelastung durch den Transitverkehr ausgesetzt. Besonders besorgniserregend ist hierbei die Zunahme des waldschädigenden Ozons und anderer Photooxidantien, die durch Umwandlung aus den Verkehrsabgasen entstehen.

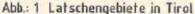
Die Abbildung 1 zeigt die Lage der Probeflächen. Für jeden Probepunkt wurde aus den Schadstufen der einzelnen Bäume der durchschnittliche Verlichtungsgrad errechnet und in 5 Abstufungen dargestellt. Je höher dieser ausfällt, desto schlechter ist der Waldzustand. Betrachtet man die räumliche Verteilung der Schäden, so fällt auf, daß der dem Wipptal zugekehrte südliche Teil des Agrargemeinschaftswaldes stark geschädigt ist. Vergleicht man die Bestände auf dem Einhang ins Navistal mit gleichaltrigen Beständen, die ins Wipptal exponiert sind, so sind diese noch wesentlich gesünder. Für ihr Alter unverhältnismäßig starke Kronenverlichtungen zeigen die Bäume auf den kleineren Waldflächen, die sich unterhalb von Tienzens am Abbruch zur Sill befinden. Besonders krass sind die Schäden auf vorspringenden Rücken und Kuppen, die voll den Luftströmen ausgesetzt sind. Die Schäden sind ziemlich unabhängig von der Seehöhe und nehmen nach oben hin kaum ab.

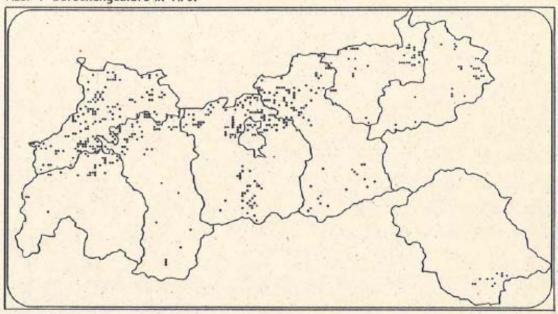
Durch die starke Schädigung des Agrargemeinschaftswaldes ist gerade der für die landwirtschaftlichen Betriebe notwendige Holzbezug auf lange Sicht nicht gesichert. Die Waldbesitzer müssen bedeutende Einkommenseinbußen hinnehmen, die durch die Einheitswertabsenkung sicher nur zum Teil abgegolten werden, soferne Waldschäden mit all ihren Folgen überhaupt vergütet werden können.

### 16. SCHÄDEN AN LATSCHENBESTÄNDEN

### 16.1 Die landeskulturelle Bedeutung der Latschenwälder

In Tirol gibt es ca. 53.000 ha Latschenwälder. Das sind 11 % der Tiroler Waldfläche bzw. ein Fünftel des Schutzwaldbestandes. Abb. 1 zeigt die Verbreitung der Latschenwälder in Tirol. Der größte Teil befindet sich demnach in den Kalkgebirgen Tirols, vor allem in den nördlichen Kalkalpen.





Von allen Schutzwaldbaumarten besiedelt die Latsche die extremsten Standorte wie Schuttreisen, Felsen und Lawinenstriche, wo Hochwaldbaumarten nicht mehr aufkommen. Als Schutzwaldbestände erfüllen die Latschenwälder mehrere wichtige Funktionen:

- Einfluß auf Wasserhaushalt und Hochwasserabfluß durch Niederschlagsrückhalt im Bestand und Boden, Verdunstung, Verzögerung der Schneeschmelze und Trinkwasserreinigung in Kalkgebieten. Die Wirkung der Latschenwälder in dieser Hinsicht ist mit Hochwaldbeständen durchaus vergleichbar.
- Schutz vor Bodenerosion und Verkarstung auf Extremstandorten.

Diese wichtigen Funktionen der Latschenwälder können durch andere Vegetationsformen oder durch technische Maßnahmen nicht ersetzt werden.

185

### 16.2 Untersuchungen über Schäden in Latschenwäldern

Die Latschenbestände werden bei der Waldzustandsinventur (siehe Kap. 5) nicht berücksichtigt. Da sich Meldungen und Beobachtungen über Schäden in Latschenbeständen auch in Tirol häufen, wurde 1986 mit genaueren Untersuchungen in Latschenbeständen begonnen.

In den benachbarten Bayerischen Alpen wurde 1985 im Forstamt Mittenwald und im Oberallgäu mittels Infrarotbefliegung der Zustand der Latschenbestände untersucht, die in an der Grenze zu Tirol liegenden Untersuchungsgebieten folgende Ergebnisse brachte:

Tab. 1: Schadensfläche in Latschenbeständen in den Bayerischen Alpen

	Oberallgäu	Forstamt Mittenwald
ungeschädigt/leichte Schäden	82 %	86 %
mittelstark geschädigt	12 %	10 %
stark geschädigt/abgestorben	6 %	4 %

Nachdem in Tirol aus dem an das Forstamt Mittenwald angrenzende Karwendeltal in der Gemeinde Scharnitz (Sachsen-Coburg-Gothasche Forstverwaltung) bereits wissenschaftliche Grundlagenarbeiten über Latschenbestände vorliegen (2), wurde dieses Gebiet im Sommer 1986 ebenfalls beflogen. Diese Infrarotaufnahmen werden am Umweltbundesamt Wien ausgewertet und mit Luftbildern aus den Jahren 1951 und 1927 verglichen. Die Untersuchungen im Karwendeltal, an denen neben dem Umweltbundesamt Wien die Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien und Innsbruck, das Institut für Waldbau der Universität für Bodenkultur, die Forstliche Versuchsanstalt München und die Landesforstdirektion mitarbeiten, werden 1987 fortgesetzt.

Als Beispiel zeigt Bild 14 im Anhang die Infrarotaufnahme eines stark geschädigten Latschenbestandes im Hochkar im Karwendeltal (gegenüber des Karwendelhauses des Alpenvereins). Gesunde Latschen sind im Infrarotbild dunkelbraum aund dicht. Von den abgestorbenen Latschenbüschen sind nur noch graugrüne Äste deutlich erkenn-

bar. Dieser Latschenbestand an der Waldgrenze löst sich flächenhaft auf. In den Luftbildern aus den Jahren 1927 und 1951 zeigt dieser Latschenbestand noch keine sichtbaren Schäden.

In Abb. 2 ist ein absterbender Latschenbestand detailliert dargestellt. Auf dieser Probefläche im Karwendeltal (Vogelkar 1950 m) ist etwa die Hälfte des Latschenbestandes abgestorben.

Derartige Schadbilder in Latschenbeständen sind in den Bayerischen Alpen an der Latschenbuschwaldgrenze weit verbreitet. Im Raum Garmisch wurde seit den fünfziger Jahren ein Rückgang der Latschenwaldgrenze um 10 bis 50 Höhenmeter und eine Zunahme der Erosionsflächen festgestellt. In Tirol treten derartige Schäden außer im Karwendel auch im Kaisergebirge und in den Lechtaler Alpen auf.

Eine genaue Erfassung dieser Schäden wird mit der 1987 beginnenden österreichweiten Infrarotbefliegung möglich sein.

### 16.3 Ursachen der Schäden an Latschenbeständen im Karwendeltal

Die Ursachen für das Absterben der Latschenbestände, das im Karwendel noch auf die Waldgrenze beschränkt ist, dürften sehr komplex und vielschichtig sein. Bei den bisherigen Untersuchungen wurden folgende Schadenseinflüsse im Karwendeltal festgestellt:

#### Biotische Schäden:

- Verschiedene Pilze in Latschennadeln (Schneeschimmel, Schüttepilze u.a.; pathogene Pilze wurden bisher nicht gefunden)
- Gamswildverbiß
- Insekten (Knospenwickler, Kiefernnadelscheidengallmücke, Lausbefall)

### Abiotische Schäden:

- Frost- und Frosttrocknisschäden an nicht schneebedeckten Latschen (Solche Schäden sind möglich, wenn infolge einer kurzen Vegetationsperiode die Nadeln nicht ausreifen konnten und im darauffolgenden Winter extreme Frostereignisse auftreten.)
- Wasserstreß auf sonnseitigen, trockenen Extremstandorten

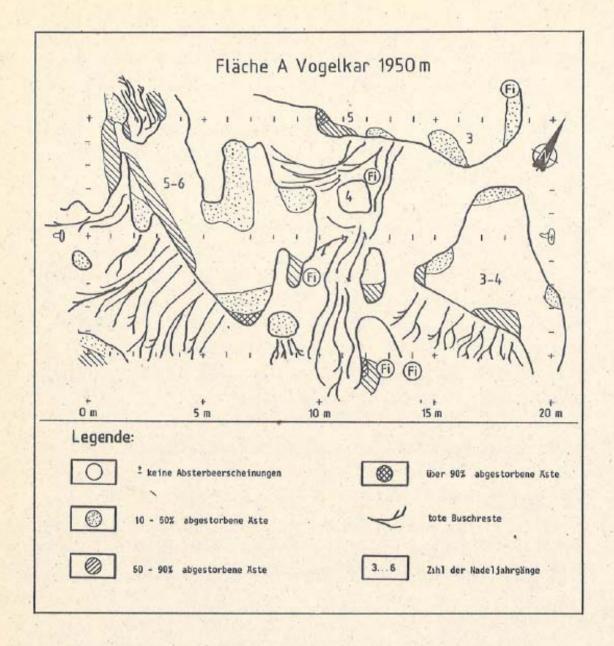


Abb. 2: Absterbender Latschenbestand, Probefläche im Vogelkar, 1950 m, Karwendeltal

- Wind- und Schneeschliffschäden an exponierten Stellen
- Steinschlag und Überschotterung
- Brände durch Blitzschlag

Latschenbestände wachsen von Natur aus auf Extremstandorten und sind daher auch an die dortigen Lebensbedingungen angepaßt. Die festgestellten natürlichen Schadenseinflüsse können daher wohl Schäden in Latschenbeständen verursachen. Daß sie allein Latschenwälder an der Waldgrenze zum Absterben bringen, ist unwahrscheinlich.

Als weitere Schadensursachen kommen noch folgende Faktoren in Frage:

- Waldgrenzenrückgang der Latschen infolge von langfristigen Klimaschwankungen
- Schäden durch Immissionseinwirkungen. In Latschenbeständen, die unter extremen Standorts- und Klimabedingungen existieren müssen, kann wahrscheinlich schon eine sehr geringe Immissionseinwirkung zu Schäden führen. Immissionen können auch die Wirkung natürlicher Streßfaktoren wie Frost oder Trockenheit verstärken. Beispielsweise ist die Herabsetzung der Frosthärte von Bäumen durch Ozonimmissionen nachgewiesen.

Zur gesicherten Beurteilung der entscheidenden Ursachen für die Schäden in den Latschenbeständen werden weitere wissenschaftliche Untersuchungen und die ständige Beobachtung der Schadensentwicklung notwendig sein.

### Literatur

- (1) TRÄNKNER, H. "Untersuchungen zur Erkennbarkeit und Quantifizierung von Schäden an Latsche im Bereich des Bayerischen Karwendelgebirges mittels Colorinfrarctluftbildes" CIR-Luftbildprogramm 1985/86, Bayerische Forstliche Versuchsund Forschungsanstalt, München 1986
- (2) HAFENSCHERER, J. "Standort, Aufbau, Entwicklungsdynamik und Verjüngung von Latschenbeständen im Karwendeltal/Tirol" Diplomarbeit am Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur, Wien 1985

### 17. WALDSCHÄDEN DURCH SALZSTREUUNG

Waldschäden durch Salzstreuung stellen in unserem Land ein Umweltproblem dar, das in seiner Tragweite sowohl von der Öffentlichkeit
als auch zum Teil von den verantwortlichen Straßenerhaltern noch
weitgehend nicht erkannt ist. Durch Streusalzschäden verlieren wir
die als Immissions-, Lärm- und Sichtschutz unersetzbaren straßennahen Wälder. Böden und Wasserreserven werden durch Versalzung geschädigt.

### 17.1 Salzstreuung auf den Tiroler Straßen

Im Jahre 1985 wurden auf Tirols Straßen auf 1.524 km, das sind fast zwei Drittel des Tiroler Landes- und Bundesstraßennetzes, 13.599 Tonnen Auftausalz gestreut. Aus Tab. 1 ist der Streusalzverbrauch zwischen 1981 und 1985 auf den Bundes- und Landesstraßen Tirols und der Brennerautobahn ersichtlich.

Hauptsächlich gelangt Natriumchlorid (Kochsalz) zur Anwendung, dem Vergällungsmittel, Farbstoffe und Antipackmittel (z.B. Kaliumhexacyanoferrat) zugesetzt sind. Bei sehr tiefen Temperaturen wird auch Kalziumchlorid (etwa 4 % des gesamten Salzverbrauchs) verwendet.

Tab. 1: Streusalzverbrauch in Tirol zwischen 1981 und 1985 (laut Angaben des Amtes der Tiroler Landesregierung, Abt. VIb5 und der Brennerautobahn AG)

	Streusalzverbrauch (t) in Tirol					
	1981	1982	1983	1984	1985	
	F 4					
Landesstraßen	3290	2747	2264	2181	1292	
Bundesstraßen	15571	9406	8280	8587	6110	
Inntalautobahn A12	6772	3721	2774	3021	3195	
Brennerautobahn A13	2866	1450	1875	1729	3002	
Summe	28499	17324	15193	15518	13599	

### 17.2 Die Ausbreitung des Streusalzes entlang der Straßen

Das auf die Fahrbahn gestreute Auftausalz gelangt auf mehrfache Weise in die angrenzenden Waldbestände (Abb. 1):

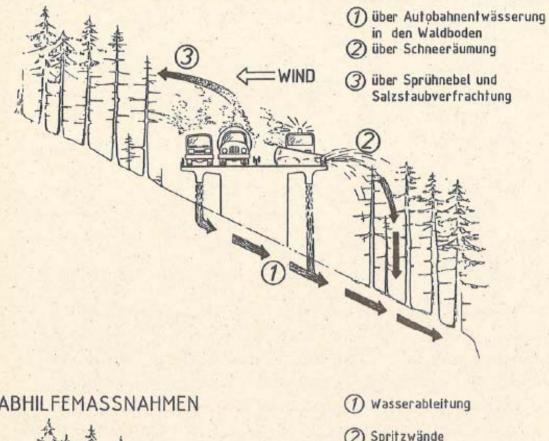
- Durch die Schneeräumung wird salzhaltiger Schnee, Schneematsch oder salzhaltiges Wasser über den Straßenrand hinausgeschoben oder -geschleudert und überwiegend in Straßennähe abgelagert.
   Mit dem Schmelzwasser gelangt das Salz in die Waldböden.
- Bei trockener Fahrbahn wird Salz als Staub verweht, Salzstaub und durch den Straßenverkehr aufgewirbelter salzhaltiger Sprühnebel kann durch den Wind 100 m und weiter verweht werden und an Nadelbäumen Verätzungen verursachen.
- Zu konzentrierter und besonders hoher Salzbelastung im Boden kommt es überall dort, wo Fahrbahnabwässer über Straßenentwässerungen in den Boden eingeleitet werden. Straßenabwässer sind hochgiftig und enthalten neben Natriumchlorid verschiedene Schwermetalle (Blei, Cadium, Zink, Kupfer, Nickel, Chrom), Rußpartikel, Asbest (Bremsbelagabrieb), Öl- und Treibstoffreste und Asphalt- und Gummiabrieb.
- In Hängen unterhalb von Straßen wird das Salzwasser mit dem Hangwasserzug talwärts verfrachtet und kann auch in großer Entfernung von der Straße Salzschäden in Waldbeständen verursachen.

### 17.3 Auswirkungen des Salzeintrages im Boden und auf die Bäume

Durch die Einwirkung von Streusalz werden in den Böden und an den Bäumen vielfältige Schädigungen hervorgerufen:

- Nährstoffauswaschung und pH-Wert-Erhöhung im Boden
- Zerstörung der Bodenstruktur und Bodenverdichtung, Bodenerosion
- Grund- und Bodenwasserverschmutzung durch Chlorid
- Verätzungen an Nadeln und Wurzeln
- Chloridvergiftung der Nadeln und Blätter

# AUSBREITUNG DES STREUSALZES VON DER FAHRBAHN IN DEN WALDBODEN UND DIE WALDBESTÄNDE



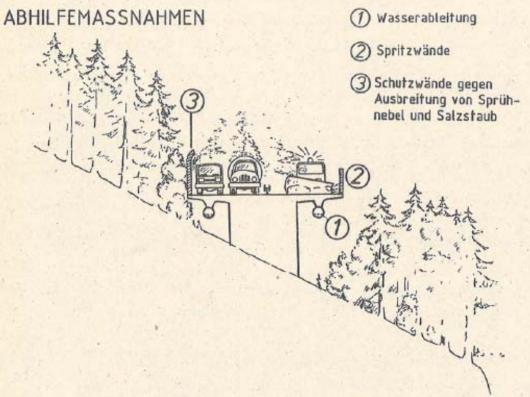


Abb. 1: Ausbreitung des Streusalzes von der Fahrbahn in die Waldbestände und technische Möglichkeiten, die Salzausbreitung zu verhindern (schematisch)

- Störung der Nährstoffaufnahme
- Störung der Wasseraufnahme, Trocknisschäden

Jahrzehntelange Streusalzeinwirkung führt durch die oben angeführten, wissenschaftlich mehrfach belegten Schädigungsmechanismen zum Absterben der betroffenen Waldbestände. Die Waldböden werden durch Versalzung unproduktiv und in Hanglagen durch die Bodenerosion abgetragen.

17.4 Zwei Beispiele für Streusalzschäden: Brennerautobahn und Fernpaßbundesstraße

Über die Streusalzschäden in Waldbeständen entlang dieser Straßen liegen umfangreiche Gutachten vor, die der Landesforstdienst zusammen mit der Landwirtschaftlich-chemischen Untersuchungsstelle Rotholz, der Universität für Bodenkultur Wien und der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien erarbeitet hat. Im folgenden werden einige wesentliche Untersuchungsergebnisse vorgestellt:

### 17.4.1 Brennerautobahn

Auf die 34 km lange Strecke der Brennerautobahn AG wurden 1985 mehr als 20 % der gesamten in Tirol verbrauchten Streusalzmenge gestreut (Tab. 1). Dieses Streusalz wurde entlang der Brennerautobahn im Boden, in Pflanzen, im Quellwasser und im Wasser der Sill nachgewiesen.

Die Bodenproben brachten folgende Ergebnisse:

Die Chloridgehalte in den Bodenproben entlang der Autobahn zeigen etwa dieselbe Verteilung wie die Natriumgehalte (siehe Abb.2). Dies weist auf die Herkunft dieser Elemente aus dem Streusalz hin. Wegen der rascheren Auswaschung des Chlorids liegen die Natriumgehalte im Boden höher als die Chloridgehalte. In straßenfernen Waldböden sind deutlich weniger als 0,01 % Natrium- und Chloridionen vorhanden, das entspricht den natürlichen Anteilen im Boden. Sowohl in den Böden der Autobahnböschung als auch in den angrenzenden Waldbeständen sind die Gehalte beider Elemente deutlich erhöht. Besonders hoch sind die Salzgehalte – aber auch die Schwermetallgehalte – überall

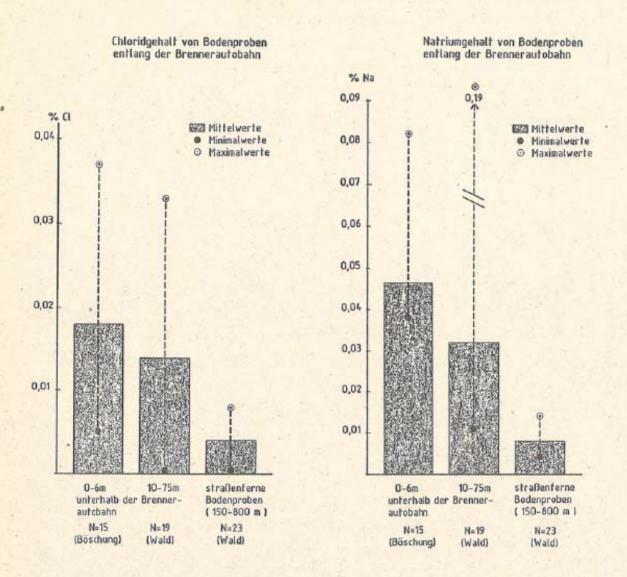


Abb. 2: Chlorid- und Natriumgehalt von Bodenproben entlang der Brennerautobahn und an straßenfernen Probepunkten im Wipptal (N = Probenanzahl)

dort, wo Autobahnabwässer direkt in den Waldboden eingeleitet werden. Der Einfluß von Streusalz im Boden konnte bis 75 m unterhalb der Autobahntrasse nachgewiesen werden. Es ist anzunehmen, daß Streusalz mit dem Hangwasserzug aber noch wesentlich weiter hangabwärts verfrachtet wird.

Die Analyse der Boden-, Nadel- und Wasserproben sowie das Auftreten typischer Schadenssymptome erbrachten den Nachweis, daß die Salzstreuung als Hauptursache für das Absterben der Waldbestände unterhalb der Brennerautobahn anzusehen ist. Entlang der Brennerautobahn sind 3,8 ha Wald abgestorben und 28,3 ha Wald geschädigt (siehe Kapitel 12, Waldzustand in den Bezirken Innsbruck Stadt und Land und Bild 12 im Anhang). Die Brennerautobahn AG spricht in diesem Zusammenhang – zuletzt in einem Schreiben an die Forstbehörde vom 12.1.1987 – von "angeblichen Forstschäden entlang der A 13-Brennerautobahn".

### 17.4.2 Fernpaßbundesstraße

Anlaß für die Ausarbeitung eines Gutachtens über Streusalzschäden in Waldbeständen entlang der Fernpaßbundesstraße war die Zurückweisung der Schadenersatzforderungen des geschädigten Waldbesitzers, der Agrargemeinschaft Biberwier, durch das Bundesministerium für Bauten und Technik, da "ein Ursachenzusammenhang zwischen der Verwendung von Tausalzen für den Winterdienst auf der Fernpaß-Ersatzstraße B 314 und den aufgetretenen Waldschäden nicht zu erkennen sei bzw. nicht glaubhaft gemacht wurde". Im Sommer 1986 wurden in den geschädigten Waldbeständen Boden- und Nadelanalysen sowie eine Schadensaufnahme durchgeführt.

Die Analyse von 30 Fichtennadelproben von 10 m oberhalb bis 30 m unterhalb der Fernpaßbundesstraße ergab, daß der Chloridgrenzwert für Fichtennadeln der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (0,10 % Chorid) in 22 Proben überschritten wurde (Abb.3). Im Nahbereich der Straße wurden die höchsten Chloridgehalte nachgewiesen. Die Boden- und Nadelanalysen in diesem Bereich haben aber auch gezeigt, daß der Streusalzeinfluß über 30 m unterhalb der Fernpaßstraße reicht.

Die erhöhten Chloridwerte in den Nadeln dürften überwiegend auf die Aufnahme von Chloridionen aus dem Boden zurückzuführen sein, da der Chloridgehalt des 1. Nadeljahrganges (1986) - diese Nadeln können nicht durch Salzsprühnebel kontaminiert sein - im Durchschnitt höher sind als im 2. Nadeljahrgang (1985).

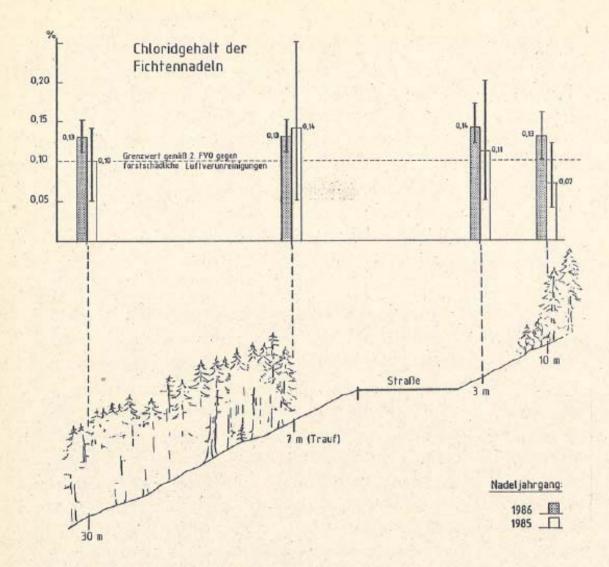


Abb. 3: Chloridgehalt in Fichtennadeln entlang der Fernpaßbundesstraße

Diese Untersuchungsergebnisse zeigen, daß entlang der Fernpaßstraße eine weitere Ausbreitung der Waldschäden in die Tiefe der Bestände wahrscheinlich ist, wenn keine wirksamen Abhilfemaßnahmen gesetzt werden.

# 17.5 Streusalz und andere Schadensfaktoren entlang von Straßen

Die Salzschäden am Straßenrand werden durch die kumulative Wirkung von Luftschadstoffen verstärkt. Die gasförmigen Emissionen aus dem KFZ-Verkehr schädigen den Wald aber in erster Linie durch die Umwandlung von Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen in Photooxidantien in größerer Entfernung von der Straße. In Straßennähe treten aber auch Schäden durch Kombinationswirkung verschiedener Luftschadstof-

fe auf. Die staubförmigen Emissionen (Ruß, Schwermetalle u.a.) werden meist in Straßennähe abgelagert, in den Boden eingewaschen und dort angereichert. Sie bilden ein langfristiges Gefährdungspotential für den Boden. Während alle Emissionen aus dem Straßenverkehr eine chronische Schädigung der Waldstände in ganzen Tälern bewirken, verursacht das Streusalz ein schnelles Absterben von Bäumen am Straßenrand durch toxische Chloridkonzentrationen.

Die ständige Kontrolle auf Schädlingsbefall in den absterbenden Wäldern entlang der Brennerautobahn hat ergeben, daß hier keine primären Schädlinge auftreten. Sekundärparasiten, die geschwächte Bäumen zum Absterben bringen, sind nur in geringem Maß vorhanden. Vielmehr werden meist erst die stehend abgestorbenen Bäume von saprophytischen Pilzen und Käfern, die totes Holz besiedeln, befallen. Das Auftreten von Schädlingen als wesentliche Ursache für das Absterben von Bäumen ist damit auszuschließen. Ebenso ist derzeit keine Gefahr einer Massenvermehrung forstlich schädlicher Insekten erkennbar.

# 17.6 Mögliche Maßnahmen gegen Streusalzschäden in Waldbeständen

Um die Ausbreitung der durch Streusalzeinwirkung hervorgerufenen Waldschäden zu verhindern und mittelfristig eine Verbesserung des Waldzustandes zu erreichen, sind folgende Maßnahmen (Abb. 1) möglich:

- Verzicht auf die Salzstreuung auf weniger frequentierten Straßen
- Verringerung der Salzmengen durch entsprechende Dosierung und optimierte Streutechnik
- Verwendung abstumpfender Streumittel bei Schneefahrbahn
- Bei der Schneeräumung ist zu vermeiden, daß salzhaltiger Schnee und Schneematsch über den Straßenrand hinausgeschoben bzw. hinausgeschleudert wird.
- An besonders gefährdeten Stellen Aufstellung von Schutzwänden, die die Ausbreitung von Gischt und Sprühnebel in die Waldbestände verhindern.
- Geschwindigkeitsbeschränkungen im Winter, um das Aufwirbeln von Sprühnebel zu vermindern.

- Flüsterasphalt mit hohem Porenvolumen (weniger Sprühnebelbildung).
- Abgestorbene Bäume müssen als Schutz vor Salzeinwehung in die dahinterliegenden Bestände stehengelassen werden.
- Fassung aller Straßenabwässer und Ableitung über Absetzbecken
- Bepflanzung der Straßenböschungen mit weniger salzempfindlichen Laubbäumen und Sträuchern

Abhilfemaßnahmen können nicht länger hinausgeschoben werden. Alle technischen und rechtlichen Möglichkeiten, Streusalzschäden zu vermeiden oder zu vermindern, müssen ausgenutzt werden. Nicht zuletzt verlangen aber auch die von den Schäden betroffenen meist bäuerlichen Waldbesitzer zu Recht, daß ihnen die durch die Salzstreuung erlittenen schweren Waldschäden endlich abgegolten werden.

Die Problematik der Waldschäden durch Streusalz konnte hier nur kurz angerissen werden. Weitere Details und umfassende Literaturhinweise können den folgenden Arbeiten entnommen werden:

Amt der Tiroler Landesregierung - Landesforstdirektion: "Untersuchungen über Waldschäden, Luft- und Bodenverunreinigungen durch den Straßenverkehr im Wipptal" Teil 1 und Teil 2, Innsbruck 1986.

Amt der Tiroler Landesregierung - Landesforstdirektion: "Gutachten über Schäden in Waldbeständen und Böden durch die Einwirkung von Streusalzen entlang der Fernpaßbundesstraße in der Gemeinde Biberwier", Innsbruck 1987.

### 18. FLECHTENKARTIERUNGEN IM RAUM BRIXLEGG 1975/1986

(Bortenschlager S. und Schwarzer Ch., Univ. Ibk.)

Um Veränderungen der Umweltbelastung in den letzten 11 Jahren festzustellen, wurde 1986 erneut eine Flechtenkartierung nach den gleichen Kriterien wie 1975 durchgeführt. An den 235 Punkten wurde die
epiphloedrische und epixyle Flechtenvegetation erhoben und nach der
beiliegenden Tab. 1 den einzelnen Zonen zugeteilt. Als Differenzialarten wurden für die Grenze Zone I/II Pseudoevernia furfuracea, für
die Grenze Zone II/III Evernia prunastri und für die Grenze Zone
III/IV Xanthoria parietina herangezogen. Weiters wurden noch diverse Physcien und Parmelien bei der Grenzziehung Zone II/III herangezogen.

Zone 2 Zone 5 Zone 1 Zone 3 Zone 4 Parm. furfuracea Hypog. physodes Usnea sp. Alectoria jubata Cladonia sp. Cetraria sp. Graphis scripta Evernia prunastri - Parm. dubia Parm, caperata - Parm. scortea - Parm. verruculifera - Parm. fuliginosa - Parm. exasperatula - Parm. olivacea —Physc. pulverulenta -Physc. aipolia ←Physc. stellaris →Physc. grisea Physc. orbicularis Xanth. parietina Parm. sulcata -Cand concolor Lecanora fusca Lecanora hageni -Physc. ascendens -Physc. tenella Lecidea parasema -Lepraria chlorina -Lepr. aeruginosa

Tab. 1: Flechtenzuteilung zu den Zonen

Veränderungen der Zonen gegenüber 1975:

Wie aus den beiden Karten in Abb. 1, Ergebnisse der Flechtenkartierungen 1975 und 1986, deutlich ersichtlich ist, hat sich das beeinflußte Gebiet etwas ausgedehnt, aber nicht dramatisch verändert. Generell aber hat sich die Schadstoffbelastung weiter manifestiert, was sich durch die massive Ausdehnung der mittel- bis stark belasteten Zonen zeigt.

### Zone I (nicht nachweisbare Beeinflussung):

Ein deutlicher Rückgang dieser Zone I fand im Gebiet der Reinthaler Seen statt, die Beeinflussung reicht bis nach Mosen und in die Senke zwischen Reith i.A. und St. Gertraudi.

# Zone II (schwache Beeinflussung):

Die Zone II, die westlich von Brixlegg 1975 noch weite Gebiete des Talbodens, vor allem entlang des Inn einnahm, ist heute aus dem Talbodenbereich völlig verdrängt worden. Die Gesamtausdehnung ist auf einen schmalen Saum zwischen der beeinflußten Zone I und der stärker beinflußten Zone III zusammengeschrumpft. Dieser Saum verläuft häufig parallel zum Waldrand. Größere Gebiete nimmt sie nur dort ein, wo die unbeeinflußte Zone I verdrängt worden ist.

# Zone III (starke Beeinflussung):

Die Zone III nimmt hun den gesamten Talboden des Inntals ein, mit Ausnahme der dicht besiedelten Gebiete von Brixlegg und Rattenberg, die bereits zur Zone IV gehören. Nach Süden hat sich diese Zone III weiter ausgedehnt und nimmt nun größere Gebiete um Percha und Reith ein.

# Zone IV (sehr starke Beeinflussung):

Die Zone IV, die als Siedlungsgebiet nicht mehr zumutbar ist, hat sich praktisch auf doppelte Größe ausgedehnt und nimmt nun neben dem Ortskern Brixlegg auch noch das ganze Gebiet von Rattenberg ein. Nach Westen hin schließt diese Zone jetzt das Matzenköpfl ein, ebenfalls gehört der Autobahnknoten im Nordosten von Brixlegg zu dieser Zone.

### Zone V (Flechtenwüste):

Diese von epixylen und epiphloedrischen Flechten praktisch freie Zone V, die Flechtenwüste, hat sich im Gegensatz zu Zone III und Zone
IV nicht gravierend ausgedehnt. Die Fläche ist auch auf das Doppelte angewachsen, aber die ursprüngliche Fläche war gering. Die Aus-

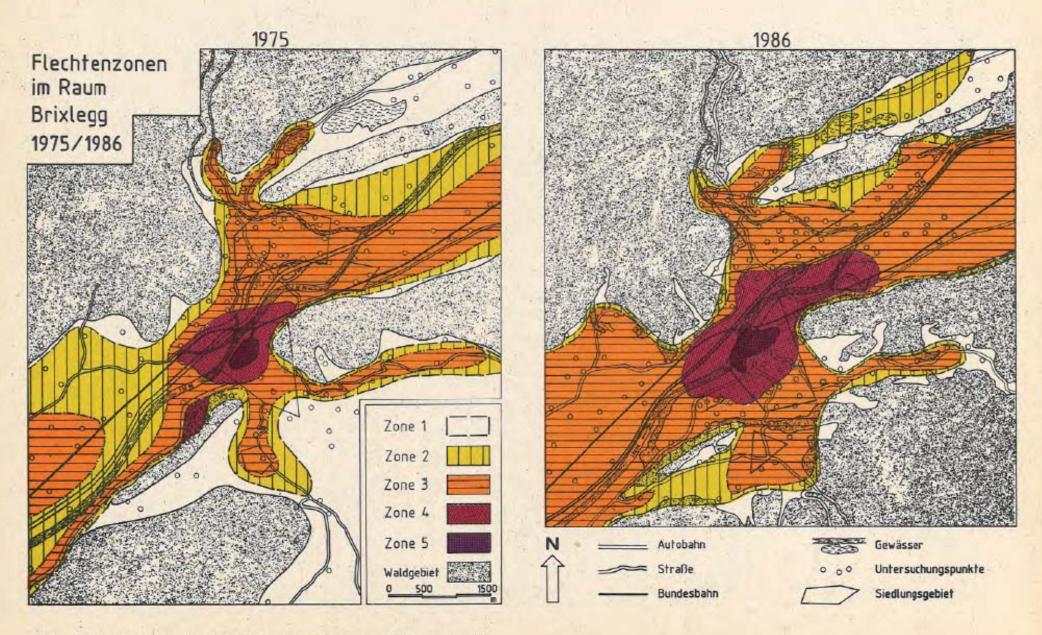


Abb. 1: Ergebnisse der Flechtenkartierungen 1975 und 1986

dehnung erfolgt vor allem nach Nordosten. Ebenfalls tritt diese Zone punktuell am Matzenköpfl auf, dieses Vorkommen ist aber auf den
Karten nicht ausgewiesen. Dieser Problemstandort ist anderweitig genügend dokumentiert.

### Schlußfolgerungen

Da die Flechten auf die Gesamtheit der Umweltbelastung, integriert über einen längeren Zeitraum, reagieren, können aufgrund einer Flechtenkartierung keine exakten Aussagen über Einzelschadstoffe gemacht werden. Die Gesamtausdehnung der beeinflußten Gebiete hat sich im Raum Brixlegg/Rattenberg nicht wesentlich vergrößert. Geändert hat sich nur die Intensität der Beeinflussung. Die Belastung ist innerhalb der beeinflußten Gebiete stärker geworden, der Gradient von den unbelasteten zu den stark belasteten Gebieten ist wesentlich steiler geworden. Aufgrund der in den letzten 11 Jahren stattgefundenen Zonenveränderungen können zwei Hauptursachen der Belastung festgestellt werden, einerseits Industrieabgase, deutlich erkennbar an der Ausdehnung der Zone II und Vergrößerung der Zone IV, andererseits Verkehr/Autobahn, deutlich erkennbar an der Veränderung Zone II zu Zone III.

# 19. SCHWERMETALLGEHALTE VON FICHTENRINDEN ALS INDIKATOR FÜR UMWELTBELASTUNGEN

Die in verunreinigter Luft enthaltenen Schwermetallstäube und -aerosole werden mit Luftströmungen verfrachtet und unter anderem auch auf der rauhen Oberfläche von Fichtenborke abgelagert. Die chemische Analyse von Fichtenborke auf diese Schwermetalle ist ein guter Indikator für die Belastung von Ökosystemen und unseres Lebensraumes durch Schwermetallimmissionen aus der Luft.

In den Jahren 1985 und 1986 wurden in folgenden Gebieten Tirols Rindenproben zur Schwermetalluntersuchung gesammelt:

Achenkirch
Gries und Steinach a.Br.
Vals und Gschnitz
Tegestal bei Nassereith
Madautal (Lechtal)

Von den insgesamt 23 Probebäumen wurden je 4 Proben aus dem unteren Stammbereich (N, S, O und W-Seite des Stammes) entnommen und an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien von Dipl.Ing. F. Glattes auf Blei- und Cadmiumgehalt untersucht.

Blei und Cadmium sind neben Quecksilber die wichtigsten toxischen Schwermetalle. In Ökosystemen und in der Nahrungskette werden Schwermetalle angereichert. Blei und Cadmium hemmen die mikrobielle Tätigkeit im Boden. Für die Pflanze toxische Konzentrationen werden in Waldökosystemen außer in der Umgebung von Schwermetallhütten (z.B. Montanwerk Brixlegg) im allgemeinen nicht erreicht. Blei und Cadmium sind überdies für Tiere und Menschen (Ablagerung von Blei in den Knochen, von Cadmium in den Nieren) hochgiftig. Für Cadmium ist eine lungenkrebserzeugende Wirkung nachgewiesen worden.

Die Herkunft dieser Schwermetalle kann natürlichen und anthropogenen Ursprungs sein. Natürliche Quellen sind Vulkane und die Verwitterung von blei- und cadmiumhaltigen Gesteinen. Anthropogene Bleiemissionen stammen zum größten Teil aus dem Straßenverkehr. Beson-

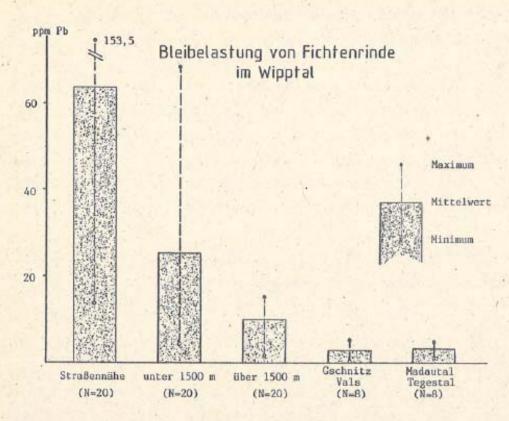


Abb. 1: Bleigehalte von Fichtenborken im Wipptal 1986

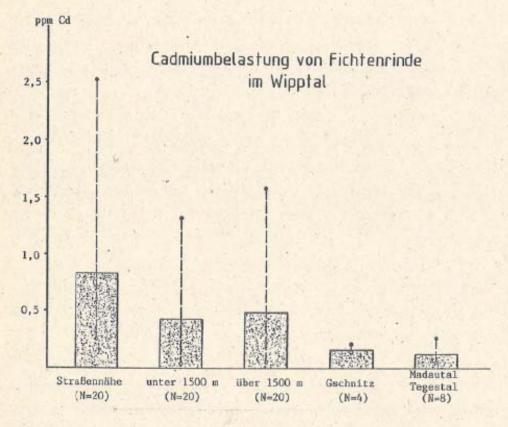
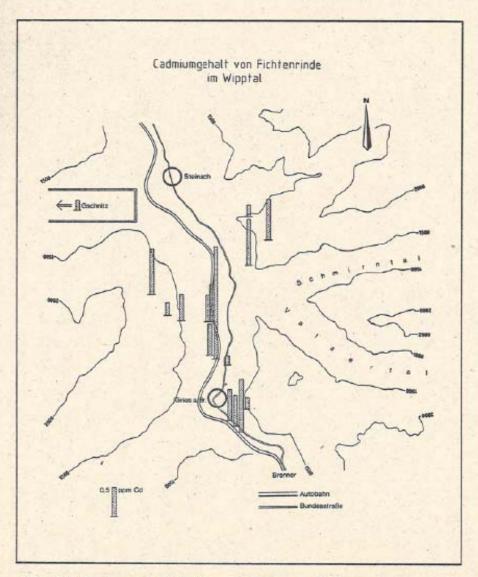


Abb. 2: Cadmiumgehalte von Fichtenborken im Wipptal 1986



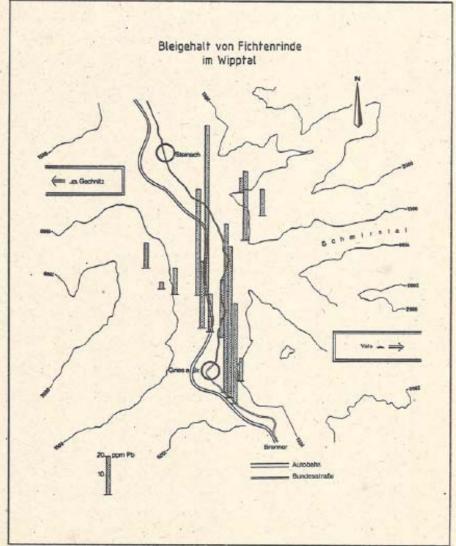


Abb. 3: Blei- und Cadmiumgehalte von Fichtenrindenproben im Wipptal (Straßennähe, Hanglagen, Seitentäler)

ders im Transitverkehr wird nur in geringem Ausmaß bleifreies Benzin verwendet. Cadmium gelangt durch Dieselabgase, Bremsbelag- und Reifenabrieb, Phosphatdünger, Klärschlamm und verschiedene Verbrennungsprozesse in die Umwelt.

## Ergebnisse der Fichtenborkenanalyse

Im Wipptal ergab die chemische Analyse der Fichtenrindenproben je nach Lage des Probebaumes sehr unterschiedliche Blei- und Cadmiumgehalte. Abbildung 1 und 2 zeigen die Lage der einzelnen Probebäume und den Blei- bzw. Cadmiumgehalt der Rinde. Die Bleigehalte der Rindenproben aus dem Wipptal lagen zwischen 2 und 154 ppm, die Cadmiumgehalte zwischen 0,05 und 2,53 ppm. In der Literatur werden für Blei in Pflanzen natürlich mögliche Gehalte von 0,1 bis 6 ppm; für Cadmium natürlich mögliche Gehalte von 0,05 bis 0,6 ppm angegeben.

Abbildung 3 zeigt die Blei- bzw. Cadmiumgehalte der Rindenproben in Abhängigkeit von der Entfernung zur Brennerautobahn. Am Talschluß zweier Wipptaler Seitentäler (Vals, Gschnitz) bzw. im Madautal und Tegestal in den Lechtaler Alpen liegen die Blei- und Cadmiumgehalte im Bereich natürlicher Werte. In unmittelbarer Nähe der Brennerautobahn (10 bis 50 m Entfernung) sind die Bleigehalte der Rinde im Mittel 20 mal, die Cadmiumgehalte im Mittel 7 mal so hoch als in Tiroler Reinluftgebieten.

Im Wipptal zeigen aber auch Borkenproben von den Hängen des Präsantiberges in Steinach, des Ritten- und Nößlacherberges in Gries erhöhte Blei- und Cadmiumgehalte (Abb. 1, 2 u.3). Die Bleigehalte sind hier im Mittel 5 mal, die Cadmiumgehalte im Mitte 3 mal so hoch als in Tiroler Reinluftgebieten.

Ebenso wie frühere Untersuchungen im Wipptal (Staubniederschlagsmessungen, Boden- und Nadelanalysen; siehe "Zustand der Tiroler Wälder" 1984 und 1985) zeigen diese Rindenanalysen, daß im Wipptal die Schwermetall- und anderen staubförmigen Emissionen von der Brennerautobahn offenbar nicht nur - wie entlang von Straßen im flachen Gelände - hauptsächlich in Straßennähe abgelagert werden, sondern bedingt durch die Trassenführung der Autobahn über Brücken (1/3 der

Strecke) und an den Hängen hoch über dem Talboden mit dem Wind über das ganze Tal bis hinauf zur Waldgrenze verteilt werden.

Daß die Blei- und Cadmiumimmissionen im Wipptal vom Straßenverkehr stammen, zeigt Abb. 4. Auf der straßenzugewandten Seite von Probebäumen im Nahbereich der Brennerautobahn sind die Blei- bzw. Cadmiumkonzentrationen doppelt so hoch wie auf der straßenabgewandten Baumseite.

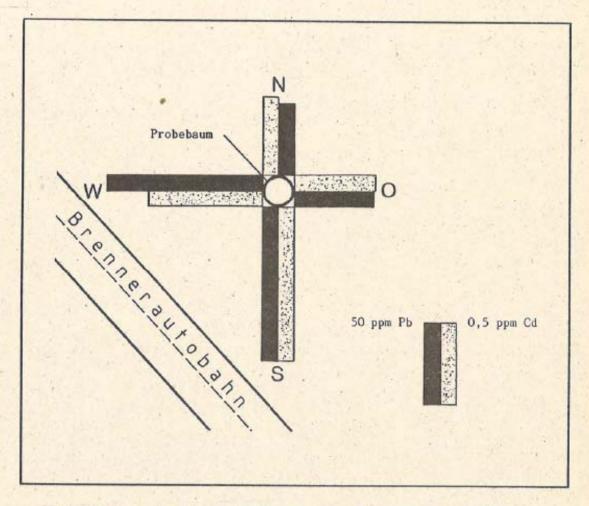


Abb. 4: Blei- und Cadmiumkonzentration in Borkenproben von Probebäumen an der Brennerautobahn in Abhängigkeit von der Lage zur Straße

In einem Höhenprofil in Achenkirch wurden in den Borkenproben Bleikonzentrationen zwischen 2 und 17 ppm gefunden (Abb. 5). Die Bleikonzentrationen sind hier am Talboden und am Unterhang deutlich höher als in höheren Lagen, wo der Bleigehalt der Fichtenborke im natürlichen Bereich liegt. Demnach dürfte auch im Achental die höhe-

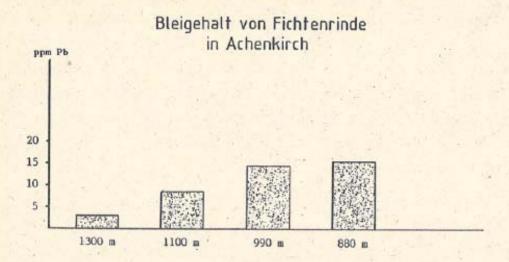


Abb. 5: Bleikonzentrationen in Borkenproben aus einem Höhenprofil bei Achenkirch

re Bleibelastung im Tal auf den lokalen Straßenverkehr und nicht auf Fernverfrachtungen zurückgehen.

#### 20. DIE SCHWERMETALLBELASTUNG BEI WILDTIEREN

Für eine Beurteilung der Schadstoffbelastung einer Region bieten sich Untersuchungen an freilebenden Wildtieren besonders an, da diese im Gegensatz zum Menschen z.B. größtenteils auf das Nahrungsangebot aus diesem Raum angewiesen sind. Besondere Bedeutung kommt den Schadstoffen Blei, Cadmium und Quecksilber zu, deren wirtschaftliche Verwendung gerade in letzter Zeit stark zugenommen hat, die aber Natur, Mensch und Tier stark belasten.

Das Forschungsinstitut für Wildtierkunde, Wien, hat in Zusammenarbeit mit dem FUST-Projekt Achenkirch u.a. auch die Schwermetallbelastung der Schalenwildarten Rot-, Reh- und Gamswild durch 2 1/2 Jahre hindurch untersucht. Univ.Doz. Dr. Frieda Tataruch hat anläßlich der Tagung "Der Wald als Lebensraum" in Achenkirch darüber referiert.

Für die Untersuchung wurden Leber- und Nierenproben, in denen die untersuchten Schwermetalle hauptsächlich gespeichert werden, herangezogen. Für die Beurteilung der Belastung mit Blei wurden auch Rippen analysiert. Auch Vegetationsproben, die am Erlegungsort der zur Untersuchung herangezogenen Tiere gleichzeitig entnommen wurden, wurden in die Analyse einbezogen. Parallel dazu geführte Panseninhaltsanalysen geben Auskunft über Äsungsvorlieben der Wildarten bzw. konkret des erlegten Tieres.

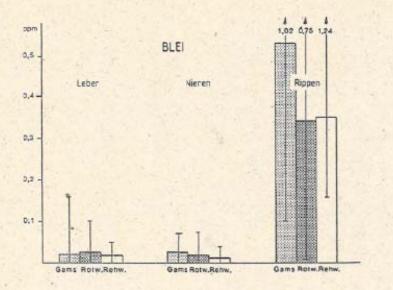
Für die Bleibelastung ist in erster Linie der KFZ-Verkehr verantwortlich, besonders straßennahe Flächen sind betroffen. Blei wird in Leber und Niere wieder abgebaut. In den Knochen geht dieser Abbau nur äußerst langsam vor sich. Deshalb kommt es in den Rippen alter Tiere zu hohen Bleikonzentrationen. Aus diesem Grund schien auch das untersuchte Gamswild, dessen Durchschnittsalter deutlich höher war als bei Rot- und Rehwild, am stärksten bleibelastet, obwohl die Äsung im Rehwildpansen (Abb. 4) die größte Bleikonzentration aufwies. Leber und Niere wiesen in Achenkirch bei allen Tieren geringe Bleikonzentrationen auf (Abb. 1). Eine frühere Untersuchung im Zillertal an Gamswild stellte ungleich höhere Bleikonzentrationen in allen Organen fest. Der Umstand, daß die Gemsen im Zillertal

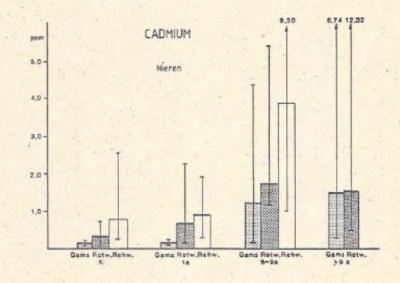
an Talseiten, die ungleich stärker den bleihaltigen Abgasen ausgesetzt sind, erlegt wurden und daß in der Zwischenzeit bei Benzin der Bleigehalt von 0,4 g/l auf 0,15 g/l reduziert wurde, dürfte als Ursache anzusehen sein. Seit Einführung von bleifreien Treibstoffen ist sicher mit einer allmählichen weiteren Verbesserung zu rechnen.

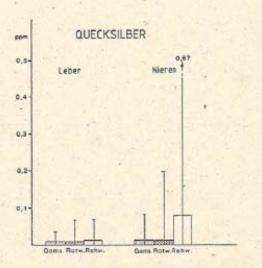
Für die Cadmiumimmission sind verschiedene Zweige der Industrie, die Verbrennung der fossilen Brennstoffe und der KFZ-Verkehr verantwortlich. Im Boden befindliches Cadmium wird im Gegensatz zu Blei und Quecksilber auch in oberirdische Pflanzenteile eingelagert und so für Tiere zugänglich. Die Verweildauer im Organismus ist sehr hoch, in der Niere kommt es praktisch zu einer irreversiblen Speicherung. Deshalb ist bei allen Tierarten eine deutliche Altersabhängigkeit der Cadmiumbelastung festzustellen. Am höchsten war die Cadmiumkontamination beim Rehwild (Abb. 2). Auch die Cadmiumkonzentration in den Pansen war beim Rehwild am höchsten (Abb. 4). Im Achental war die Cadmiumbelastung beim Gamswild deutlich geringer als im Zillertal, was hauptsächlich auf die Ursache zurückzuführen ist, daß die Möglichkeit der Einlagerung von Cadmium in die Pflanzen auf sauren, kalkarmen Böden mit niedrigem pH-Wert wesentlich größer ist als auf kalkreichen Böden, wie sie z.B. im Achental vorkommen.

Die Quecksilberbelastung wird in erster Linie durch Industrie und Landwirtschaft verursacht. Besonders quecksilberhaltige Verbindungen als Saatgutbeizmittel spielen, wenn auch nicht im Achen- und Zillertal, eine große Rolle. Wildarten, die in ackerbaulich genutzten Gebieten leben, z.B. Hasen, Fasane, Rebhüner, Tauben, Krähen etc. aber vielfach auch Rehe, zeigen besonders im Winter hohe Quecksilberwerte in der Leber und Niere, wo Wintergetreide angebaut wird.

Dementsprechend gering ist tatsächlich die Quecksilberbelastung im Achental, zumindest bei Rot- und Gamswild. Sehr überrascht war man allerdings, daß das Rehwild deutlich höhere Quecksilberbelastungen vor allem in der Niere aufwies (Abb. 3). Auch die Quecksilberkonzentration im Panseninhalt (Abb. 4) war beim Rehwild ungleich höher als bei den anderen Schalenwildarten. Eine genaue Untersuchung über







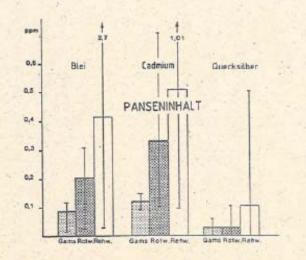


Abb. 1 - 4: Schwermetallbelastung bei Wildtieren in Achenkirch

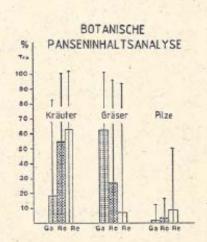


Abb. 5: Panseninhalte

Äsungsvorlieben und der Belastung verschiedener Äsung zeigte, daß höchstwahrscheinlich die Aufnahme von Pilzen, die eine sehr hohe Quecksilberkonzentration aber auch sehr große Cadmiummengen enthielten, Ursache dafür sind. Im Durchschnitt waren drei- bis viermal mehr Pilze im Rehwildpansen nachzuweisen als bei Rot- und Gamswild. Auch die hohen Cadmiumbelastungen bei Rehwild dürften zum Großteil auf die bevorzugte Aufnahme von Pilzen zurückzuführen sein (siehe Abb. 5).

Das Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz hat 1986 Richtwerte für Höchstmengen von Blei, Cadmium und Quecksilber in Lebensmitteln herausgegeben. Danach darf Blei im Wildbret 0,25 ppm, Cadmium 0,1 ppm und Quecksilber 0,03 ppm (beim Wildhasen 0,05 ppm) nicht überschreiten. Es wurde allgemein die Empfehlung gegeben, keine Nieren von Wild (vergleiche Abb. 2) und keine Hasenleber zu konsumieren! Im Muskelfleisch selbst sind die Schwermetallkonzentrationen deutlich unter den Grenzwerten.

#### Literatur

(1) TATARUCH, F.: "Die Schwermetallbelastung des Schalenwildes im Achental im Vergleich zu anderen Lebensräumen", Alpine Umweltprobleme, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1986

# 21. ENERGIE AUS HOLZ - EIN BEITRAG ZUR UMWELTENTLASTUNG UND ZUR VERBESSERUNG DER HANDELSBILANZ

Trotz der gesunkenen Ölpreise nahm auch im Jahre 1986 die Zahl der Hackschnitzelheizungen zu. Mit Jahresende 1986 waren in Tirol 182 Rinden- und Hackschnitzelverbrennungsanlagen mit automatischer Beschickung in Betrieb. Davon liegen im Leistungsbereich bis 100 kW 62 Anlagen, 110 Heizungen haben eine Leistung zwischen 101 und 1000 kW und 10 Verbrennungsanlagen leisten mehr als 1000 kW. In diesen Holz- und Rindenheizungen wurden im Vorjahr rund 220.000 Schüttmeter Hackgut bzw. Rinde verheizt. Auf diese Weise konnten 13.500 t Heizöl eingespart werden.

Wird mit einem durchschnittlichen Schwefelgehalt von 1 % im Heizöl gerechnet, so bedeutet die Umstellung von Öl auf Holz, daß um 270 t SO2 weniger emittiert wurde. Bei Vollastbetrieb ist die Verbrennung von Hackschnitzeln äußerst immissionsarm. Holz und Rinde sind nicht nur nahezu schwefelfrei, sondern enthalten auch weder Chlor noch Schwermetalle. Neueste, vom Umweltfonds durchgeführte Untersuchungen hinsichtlich der Umweltbelastung bei der Verheizung von Hackschnitzeln in vollautomatischen Anlagen geben berechtigten Anlaß zu Optimismus.

Die als feste Rückstände verbleibende Asche besteht vorwiegend aus verschiedenen Oxiden und kann - mit gewissen Einschränkungen - als Dünger besonders auf sauren Böden verwendet werden. Der Anteil an Asche bleibt bei guter Verbrennung unter 1 % vom Brennstoffgewicht. Die Entsorgung der Asche stellt daher weder von der Menge her noch aufgrund ihrer Zusammensetzung ein Umweltproblem dar.

Anzeichen für eine gute Holzverbrennung sind:

- Kein sichtbarer Rauch über dem Rauchfang. Nur in der Anheizphase ist eine Rauchbildung unvermeidbar.
- 2. Wenig Asche; die Farbe der Asche soll hellgrau bis weiß sein.
- 3. Wenig Ruß in den Rauchgaswegen und in den Feuerraumwänden.
- 4. Geringer Brennstoffverbrauch.

Moderne Hackschnitzelheizungen haben einen sehr großen feuerungstechnischen Wirkungsgrad, der etwa mit jenem von Ölfeuerungen vergleichbar ist. Laut diesen Erkenntnissen sind vollautomatische Verbrennungsanlagen auf Biomassebasis ein vernünftiger alternativer energiepolitischer Weg unter der Voraussetzung, daß die Holzheizungen gut dimensioniert ausgelegt sind und Wärmebedarfsschwankungen möglichst mit Pufferspeichern ausgeglichen werden.

Unter der Annahme eines durchschnittlichen Wassergehaltes von 45 % in den Brennstoffen belaufen sich die Kosten einer Kilowattstunde bei Verwendung von Hackgut mit Rinde auf S 0,25 und bei Hackgut ohne Rinde auf S 0,38. Bei der Berechnung dieser Kosten für die Rohenergie sind Preise von S 150,— je Schüttraummeter für Hackgut mit Rinde und S 240,— je Schüttraummeter für Hackgut ohne Rinde unterstellt. In diesen Preisen sind die Anlagekosten nicht berücksichtigt. Wird Steinkohle zur Energieerzeugung verwendet, kostet die Kilowattstunde S 0,60. Ein verhältnismäßig teurer Energieträger ist die Braunkohle, die zwar in der Anschaffung billiger ist, jedoch eine geringere Energieausbeute liefert. Wird Braunkohle verheizt, dann muß mit Kosten in der Höhe von S 0,82/kWh gerechnet werden.

#### 22. TROCKENHEIT ALS URSACHE DER NEUARTIGEN WALDSCHÄDEN?

### 22.1 Niederschlag in Tirol: Vergleich ausgewählter Meßstellen

Im letztjährigen Zustandsbericht der Tiroler Wälder wurde ein Vergleich der gefallenen Niederschlagsmengen mit dem jeweiligen 10-Jahreswert (1971 - 1980) von 4 Meßstellen des Hydrographischen Dienstes bzw. der Meteorologischen Zentralanstalt in Tirol begonnen.

Obwohl wegen der räumlichen Inhomogenität von Niederschlägen Punktmessungen streng genommen nur für den jeweiligen Meßort gelten, können Entwicklungen anhand der für den jeweiligen Landesteil ausgewählten Meßstelle näherungsweise aufgezeigt werden: Reutte und Kufstein für den Nordalpenbereich, Umhausen für den Zentralalpenbereich und Innervillgraten für den Teil Tirols südlich des Alpenhauptkammes.

Es wurden für die Abb. 1 die während der Vegetationsperiode 1986 (= April - Oktober) gefallenen Niederschlagsmengen aufsummiert und mit dem 10-jährigen Durchschnittswert verglichen.

Während in der vorigen Periode (April 1985 - Oktober 1985) 2 der 4 Meßstellen über dem Durchschnittswert der Jahre 1971-1980 lagen, wurden in den Vergleichsmonaten 1986 an allen 4 Meßstellen Niederschlagsmengen unterhalb des 10-Jahreswertes gemessen.

In Reutte, Umhausen sowie Innervillgraten liegen die geringeren Niederschlagsmengen 1986 im Schwankungsbereich der Jahre 1981-1985 (siehe Abbildung).

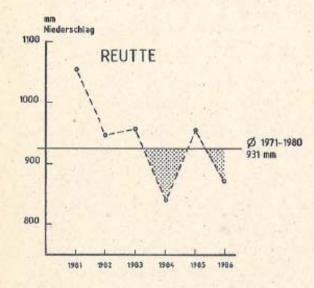
Lediglich in Kufstein fielen in der vorjährigen Periode um 77 % weniger Niederschlag als im 10-jährigen Durchschnitt.

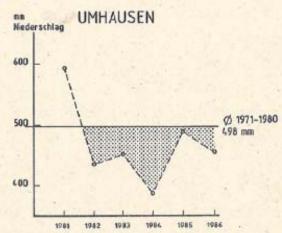
Insgesamt kann trotz dieser kleineren Mengen an Niederschlag im April - Oktober 1986 en den 4 Meßstellen keineswegs von einer waldschädigenden Wasserunterversorgung gesprochen werden, insbesonders wenn man die Trockenperioden (= Tage ohne Niederschlag) heranzieht. In Kufstein, wo das Niederschlagsdefizit im Zeitraum April bis Oktober 1986 gegenüber dem 10-jährigen Durchschnitt am höchsten ist, gab es von April bis Mitte September keine Periode ohne Regen, die länger als 5 Tage war.

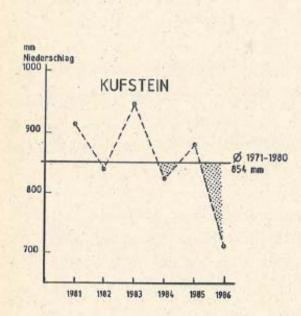
Abb. 1:

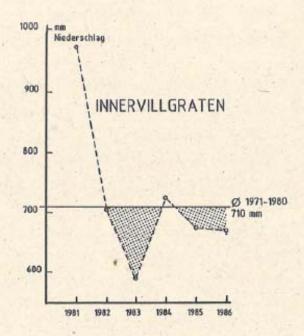
Vergleich gefallener Niederschlagsmengen von 1981-1986 mit dem 10-jährigen Durchschnitt

( April-Oktober Periode )









Die Werte für 1986 sind vorläufige Daten, geringfügge Korrekturen sind möglich.

# 22.2 Ergebnisse der vergleichenden Bodenfeuchtemessungen in verschiedenen Waldtypen Tirols (Irmentraud Neuwinger, FBVA)

Im Zuge forstökologischer Erhebungen wurden seit einigen Jahren im Rahmen eines Projektes der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Bodenfeuchtemessungen in verschiedenen Waldtypen Tirols durchgeführt und die Ergebnisse von Trockenstandorten mit solchen feuchter Lagen verglichen.

Bekannte Trockenstandorte mit angepaßter Vegetation sind die südexponierten Schneeheide-Föhrenwälder auf flachgründigen kalkhaltigen
Böden. Sie erstrecken sich von der Berg- bis zur Alpinstufe und
gehen im oberen Bereich zuerst in Fichten-Mischwälder und dann in
den Latschengürtel über.

Feuchte Lagen sind die Fichten-Buchen-Tannenwälder mit Bergahorn in den Kalkgebieten und vor allem die nordseitigen Zirben-Lärchenwälder.

Beim Vergleich der Meßdaten ergab sich, daß die meisten der untersuchten Waldböden während der Wachstumsperiode ausreichend mit Wasser versorgt sind.

Auch im sommertrockenen Jahr 1983 waren nur wenige Standorte zu verzeichnen, die geringe Bodenwassergehalte aufwiesen.

Extrem geringe Werte fanden sich in einem Schneeheide-Föhrenwald bei Imst in 900 m Seehöhe, ebenfalls geringe Werte an der Waldgrenze im Latschengürtel der Innsbrucker Nordkette um 1800 m Seehöhe.

Zur gleichen Zeit wurden in nordseitig gelegenen Böden mit starker Humusauflage sehr hohe Wassergehalte verzeichnet. Die nachstehende Tab. 1 bringt eine Übersicht der Vergleichsmessungen.

Auf flachgründigen und trockenen Böden können dann Trockenheitsschäden auftreten, wenn die darauf stockenden Wälder dem Standort nicht angepaßt sind (z.B. Fichtenwälder auf Kiefern- oder Eichenwaldstandorten). Das ist in Tirol selten der Fall, da die Waldbestockung weitgehend den natürlichen Waldgesellschaften, die an die Klimaund Bodenverhältnisse angepaßt sind, entspricht. Unter Trockenheitsstreß leiden Bäume besonders auf sekundären Trockenstandorten, die durch Bodenabtrag oder Vermurungen entstanden sind. Solche Standor-

te mit gestörten Böden kommen in Tirol in den nördlichen Kalkalpen häufig vor.

Die Bodenfeuchtemessungen der letzten Jahre in Tirol haben gezeigt, daß überall dort, wo natürliche Wälder auf gewachsenen ungestörten Böden stocken, keine Trockenheitsschäden an den Waldbäumen zu erwarten sind. Der Erhaltung und dem Schutz unserer Waldböden kommt daher große Bedeutung zu.

Tab. 1: Wassergehalt und pflanzenverfügbare Bodenfeuchte während des Trockenjahres 1983

Standort	Bodens Juni	asser Juli	(Liter		Sept.	Verfügbarkeit für die Bäume
Schneeheide-Föhrenweld, Inst, 900 m SH, SE geneigt, Boden 50 cm müchtig	20	30	17	40	94	schwer verfügbar, Wachstumsstop, im Oberboden unter der Welkemarke
Föhren-Fichten-Mischwald mit Schnee- heide und Moosbeeren, Imst 1000 m, NE geneigt, 50 cm Boden	60	40	30	50	60	gut verfügbar, im Oberboden nur kurzzeitig unter der Welkemarke
Fichtenwald Hungerburg bei Innsbruck, südgeneigt, 800 m, Sauerklee und Rasenuntervuchs, Boden 30 cm	108	110	55	90	117	gut verfügbar, im Unterboden Sickerwasser
Schneeheide-Latschengebüsch, Nord- kette bei Innsbruck, SE geneigt, 1800 m SH, 20 cm Boden	40	30	25	30	40	schwer verfügbar, im Hauptvurzel- bereich Wachstumsstop
Rostalpenrosen-Latschengebüsch über Podsol, Mannital, 1800 m SH, Hunusauflage 40 cm, NW geneigt	240	180	160	130	200	gut verfügbar, im Unterboden Sickerwasser

## 23. DIE TÄTIGKEIT DES LANDSCHAFTSDIENSTES IM JAHRE 1986

Im Jahre 1986 wurden unter Planung und Bauleitung des Landschaftsdienstes folgende Vorhaben verwirklicht:

#### 1. Erholungsraumgestaltung

#### Radvanderwege

An den überörtlichen Radwandernetzen wurden insgesamt 14 km Radwandervege neu ausgebaut und asphaltiert. Für diese Maßnahmen wurden 1986 rund 4,67 Mio. Schilling ausgegeben.

#### Wanderwege

Wieder eindeutiger Schwerpunkt war auch im Vorjahr die Errichtung ortsverbindender und überregionaler Wanderwege. Zum Teil wurden diese Wege in Hinsicht auf Mitverwendung als Loipen, Schiwanderwege und Rodelwege geplant.

Durch Neu- und Ausbau von 44 km Wanderwegen wurden Wanderstrecken von insgesamt 83 km mit einem Aufwand von 8,56 Mio. Schilling neu erschlossen.

#### Parkplätze

In einem Erholungsgebiet wurde ein Parkplatz mit 80 PKW-Abstellplätzen und einem finanziellen Aufwand von S 280.000,-- geschaffen.

#### Badeseen und Teiche

Beim vor Jahren unter der Leitung des Landschaftsdienstes errichteten künstlichen Badesee in Terfens wurde eine gründliche Entschlammung der Sohle durchgeführt. Am Reintalersee wurden wieder die Verwaltung besorgt und einige Sanierungsmaßnahmen durchgeführt.

Im Jahre 1986 wurden weiters die Bemühungen zur Schaffung von Teichen und Verbesserung von bestehenden Gewässern weitergeführt. Ein Teich wurde neu geschaffen, ein weiterer befindet sich in Bau und an drei Anlagen wurden Sanierungen und Verbesserungen durchgeführt.

Für diese Maßnahmen wurden 1986 insgesamt 1,02 Mio. Schilling ausgegeben.

#### Lehrpfade

Im Berichtsjahr wurden zwei neue Waldlehrpfade errichtet. An zwei bestehenden Lehrpfaden wurden Erhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten durchgeführt.

Zwei weitere Lehrpfade befinden sich in Vorbereitung. Hiefür wurden zusammen S 136.000,— aufgewendet.

#### Spielplätze

1986 wurden 10 neue Kinderspielplätze geschaffen. Eine Anlage befindet sich in Bau. Dafür wurden rund S 890.000,-- aufgewendet.

#### Sonstige Maßnahmen

An sonstigen Erholungsmaßnahmen wurden die Sanierung des Matzenparkes bei Brixlegg fortgeführt, ein geplanter Erholungswald mit Erholungseinrichtungen ausgestattet, ein Schulhof und eine Ortseinfahrt gestaltet und eine Kneipp-Anlage errichtet.

Für diese Vorhaben wurden zusammen rund 1,9 Mio. Schilling ausgegeben.

Für Erholungsmaßnahmen wurden 1986 zusammen ca. 17,46 Mio. Schilling aufgewendet. Hiefür wurden 4,95 Mio. Schilling an öffentlichen Beihilfen gewährt.

# Bepflanzungsmaßnahmen, Landschaftspflege

An der Autobahn wurden 1986 5.000 Stück, an Bundes- und Landesstra-Ben sowie entlang von Wanderwegen 6.000 Stück und an Flußufern 6.500 Stück Bäume und Sträucher gepflanzt. Die Finanzierung dieser Bepflanzungsmaßnahmen erfolgte zum Großteil aus Mitteln der Stra-Ben- und Gewässererhaltung, die Durchführung geschah in Zusammenarbeit mit den zuständigen Baubezirksämtern.

Zur Sanierung und Rekultivierung von Schottergruben wurden 2.600 Pflanzen versetzt.

Für gestaltende Ortsbepflanzungen, Schutzpflanzungen und sonstige Landschaftsgestaltung wurden insgesamt 12.000 Bäume und Sträucher, vorwiegend größere Sortimente, gepflanzt.

Im Rahmen von 6 Neubewaldungsprojekten, davon ein neu begonnenes Vorhaben, wurden zusammen 32.600 Bäume und Sträucher gepflanzt, welche aus Ersatzaufforstungsmitteln des Bundes finanziert wurden. Für diese nichtwirtschaftsorientierten Aufforstungen wurden Flächen im siedlungsnahen Bereich gewählt, wo die Waldverluste am größten sind.

Insgesamt wurden im Jahre 1986 64.700 Pflanzen nach Plänen und unter der Leitung des Landschaftsdienstes versetzt.

Für Bepflanzungsmaßnahmen standen im Vorjahr ca. S 580.000,— an öffentlichen Beihilfen zur Verfügung, womit Projekte im Ortsbereich, an Wanderwegen, zur Sanierung von Abbaugebieten und zur Neubewaldung mit ca. 1,93 Mio. Schilling Gesamtkosten teilweise gefördert wurden.

Die Gesamtbaukosten von Erholungs- und Bepflanzungsmaßnahmen betrugen 1986 rund 19,39 Mio. Schilling, die hiefür bereitgestellten Förderungsmittel 5,54 Mio. Schilling.

Darüber hinaus wurden noch einige Planungen und Beratungen durchgeführt, die vom Landschaftsdienst weniger intensiv, das heißt ohne Bauleitung, betreut worden sind. In den obigen Angaben und den Realisierungskosten sind diese Einrichtungen nicht enthalten.

#### 24. TIROLS WALD 1986 IN ZAHLEN

Holzeinschlag im Nichtstaatswald 593.039 efm
Staatswald 226.596 efm
Gesamtwald Tirol 819.635 efm

Gerodete Waldfläche 135,2 ha

Im Tiroler Nichtstaatswald wurden 3,054 Mio. Pflanzen auf rund 795 ha aufgeforstet.

Davon entfielen im Rahmen der Hochlagenaufforstungs- und Schutzwaldsanierungsprojekte auf rund 139,5 ha 544.500 Pflanzen.

Neuaufforstung landwirtschaftlicher Grenzertragsböden 32,6 ha.

Die direkt meßbaren und erhobenen Wildschäden betrugen S 4,141 Mio; 10,643.500 Pflanzen wurden gegen Wildverbiß geschützt.

Im Tiroler Nichtstaatswald wurden auf 2.307,5 ha, im Staatswald auf 1.250,1 ha Pflege- und Durchforstungsmaßnahmen durchgeführt.

In Tirol wurden insgesamt 178,5 km Waldwege neu gebaut, davon sind:

Wege mit forstlichen Mitteln gefördert -		85.502 1fm
Gesamtbaukosten -	S	24,426,569,
Wege im Rahmen der Hochlagenaufforstungs- und		
Schutzwaldsanierungsprojekte -		18.060 1fm
Gesamtbaukosten -	S	7,554.376,
ÖBF-Wege -		16.559 1fm
Gesamtbaukosten -	S	7,024.000,
Sonstige Wege (Wildbach- und Lawinenverbauung,		
IIId1, Landschaftsdienst usw.) -		58.408 1fm

Laut Holzeinschlagsmeldungen fielen 137.713 efm (davon 102.726 efm im Nichtstaatswald und 34.987 efm im Staatswald) an Schadholz an.

135.527 efm Rundholz mit einem Gesamtwert von S 109,155.000,-- wurden in Form gemeinsamer Holzverkäufe vermarktet.

Zur Auswertung der Holzpreisstatistik konnten 96.426 efm herangezogen werden. Demnach betrug der Rohholzpreis für B-Bloch frei Straße S 1.157,--/efm.

Die 14 Landesforstgärten haben 2,67 Mio. Nadelhölzer, 235.375 Laubhölzer und rund 347.000 Topfpflanzen erzeugt und vermarktet.

Die Forstbetriebseinrichtung hat in 30 Arbeitsgebieten eine Ertragswaldfläche von 5.035 ha bearbeitet. Die Bestandesaufnahme erfolgte
größtenteils im Wege der Repräsentativen Probenahme, wobei 5.285
Stichproben genommen wurden; 80 ha wurden vollkluppiert.
Im Zuge der Grenzinstandhaltung wurden im Berichtsjahr 44 km Besitzgrenzen verhandelt und 1.258 Grenzpunkte vermessen, welche im Rahmen von Grenzberichtigungen von den zuständigen Vermessungsämtern

Sämtliche Waldentwicklungspläne für das Bundesland Tirol sind vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft genehmigt worden. Im Rahmen von 24 Schulführungen wurden 622 Schulkinder über die Bedeutung und die Funktionen des Tiroler Gebirgswaldes informiert.

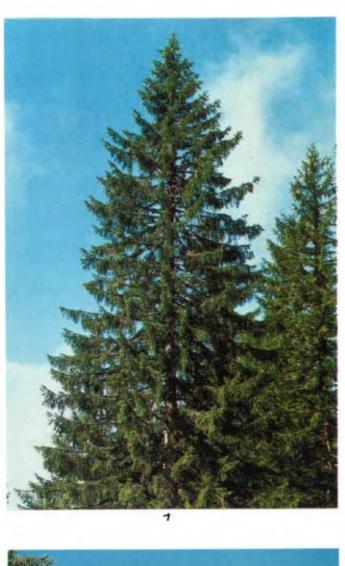
in die Katastralmappen übertragen werden.

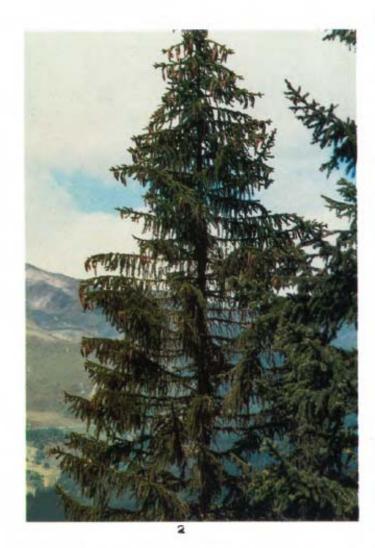
Zum Zwecke der Wertfortschreibung erfolgten Waldschadensaufnahmen auf einer Gesamtfläche von etwa 3.000 ha.

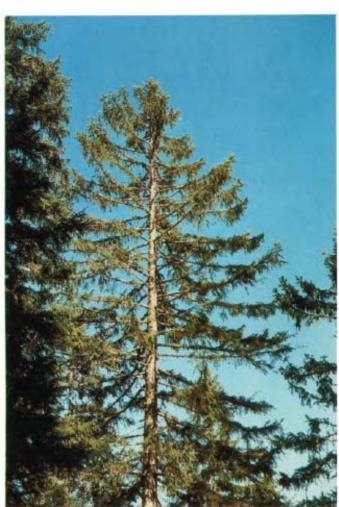
Bei 158 forstlichen Veranstaltungen wurden 4.187 Teilnehmer informiert und weitergebildet.

#### ANHANG: WALDBILDER

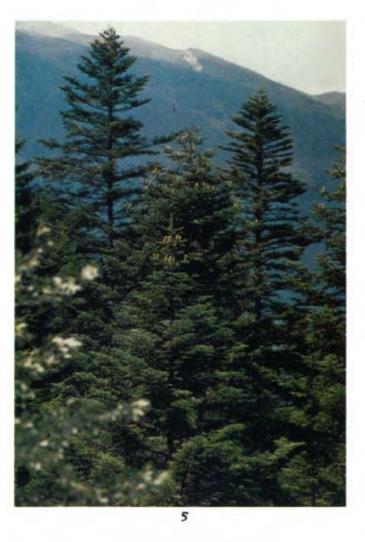
- Bild 1: Gesunde Fichte. Die Äste sind voll benadelt.
- Bild 2: Leicht geschädigte Fichte (Schadstufe 2). Die Krone beginnt von innen nach außen zu verlichten.
- Bild 3: Mittelstark geschädigte Fichte (Schadstufe 3). Der Baum hat mehr als 1/4 seiner Nadeln verloren.
- Bild 4: Absterbende Fichte (Schadstufe 4). Der Großteil der Nadeln ist abgeworfen, viele Hauptäste sind kahl.
- Bild 5: Gesunde, voll benadelte Tannen in Thal/Osttirol.
- Bild 6: Geschädigter Bergmischwald im Neuweidtal/Außerfern mit kranken Tannen, Fichten und Buchen.
- Bild 7: Schwer geschädigter Bergmischwald in Kufstein/Unterinntal.
- Bild 8: Absterbende Tanne in Hinterriß/Karvendelgebirge.
- Bild 9: Gesunder Lärchen-Fichten-Wald in Strengen/Oberinntal im Herbst.
- Bild 10: Absterbender Spirkenbestand im Ammerwald/Außerfern. Die Spirke ist eine in Tirol sehr seltene Bergkiefernart.
- Bild 11: Absterbender Mischwald in Langkampfen/Unterinntal.
- Bild 12: Abgestorbener Bestandesrand an der Brennerautobahn in Gries/Wipptal. Durch Streusalzeinwirkung werden Wald und Boden schwer geschädigt (siehe Kapitel 17).
- Bild 13: "Säuretrauf" einer Fichte auf dem Matzenköpfl bei Brixlegg/Unterinntal. Durch Schadstoffe, die mit dem Regen von der Baumkrone heruntergewaschen werden, stirbt die Bodenvegetation um den Baum ab.
- Bild 14: Absterbende Latschenbestände im Karwendeltal, Infrarotaufnahme (siehe Kapitel 16). Die gesunden Latschenbestände
  sind im Infrarotbild dunkelbraun (linke untere Bildhälfte). Abgestorbene Latschenbüsche (in Bildmitte) zeigen
  eine graue bis graugrüne Färbung. Astreste sind erkennbar,
  Die Grasvegetation ist im Infrarotbild rot. Geröll und
  Kalkfelsen treten weiß hervor.

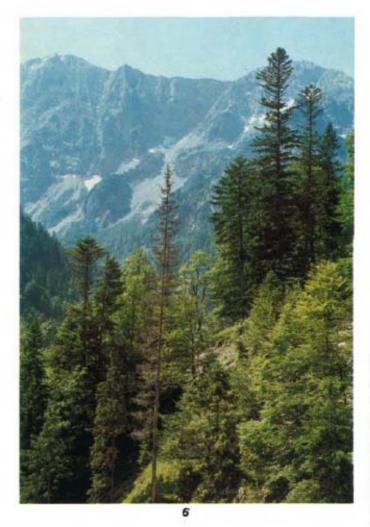


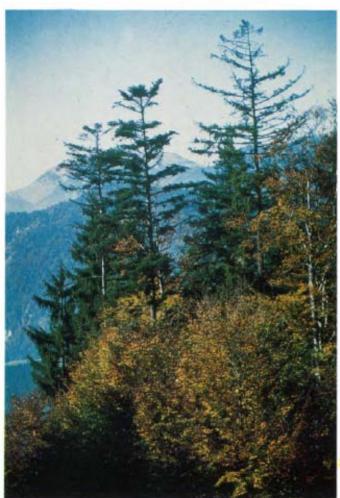






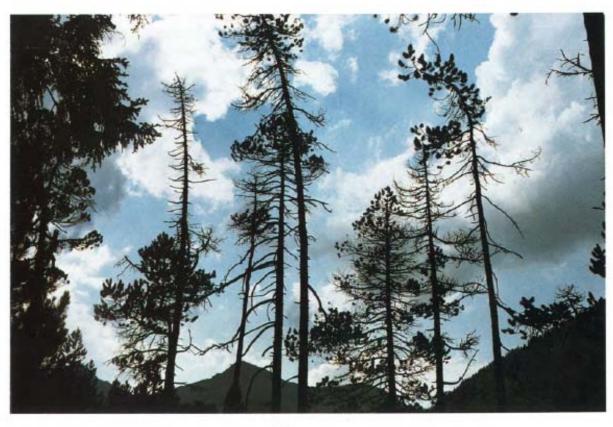




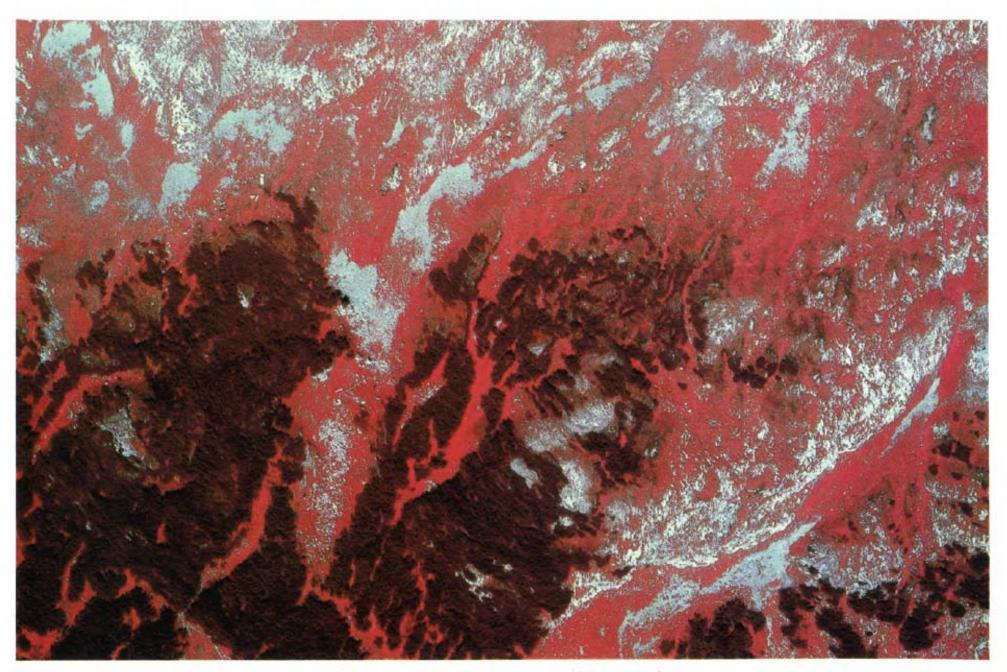








# Absterbende Latschenbestände im Karwendel (Infrarotbefliegung 1986, Umweltbundesamt Wien)



freigegeben vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen mit Zahl: 46222/35 - 406/87