

# Zustand der Tiroler Wälder

Bericht an den Tiroler Landtag 1985



Dieser Bericht über den ZUSTAND DES TIROLER WALDES 1984 soll eine intensive Information aller Entscheidungsträger in der Politik sicherstellen. Dazu wird der Zustand des Waldes aus den Inventurergebnissen 1984 dargestellt, gleichzeitig aber auch die Immissionssituation der einzelnen Landesteile besprochen. Das Forstgesetz 1975 verlangt ja als Voraussetzung für die Vorschreibung von umweltentlastenden Maßnahmen sowohl die Erhebung der Waldschäden als auch den gleichzeitigen Nachweis von Grenzwertüberschreitungen. Mit der Darstellung von Ausmaß und Fortschritt der Waldschäden soll eine Entscheidungshilfe dafür geboten werden, ob die bisher beschlossenen Maßnahmen ausreichen, den Wald und damit den Lebensraum zu sichern.

Neben der eingehenden Information soll dieser Bericht aber auch ein Arbeitsbehelf für alle jene Dienststellen sein, die Umweltentlastung durch Vollziehung bestehender Rechtsvorschriften herbeizuführen haben. Das machte es notwendig, manche Fakten ausführlicher darzustellen als es für eine bloße Information notwendig gewesen wäre.

Politische Entscheidung und konkrete Abhilfemaßnahmen sind aber nur möglich, wenn das Schadensausmaß und die Schadensursache im Detail dargestellt werden.

Dabei gibt es keinen Anlaß die festgestellten Waldschäden als unabwendbares Schicksal zu sehen: Der überwiegende Teil der betroffenen Wälder ist leicht bis mittel geschädigt, ihre Erhaltung ist daher durchaus möglich, wenn rechtzeitige und ausreichende Gegenmaßnahmen gesetzt werden. Gerade Tirol aber hat mit der beispielhaften Lösung des Problems Hochfilzen gezeigt, daß es erfolgreiche Gegenmaßnahmen gegen Umweltbelastungen gibt.

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	
A URSACHEN DER IMMISSIONSBEDINGTEN WALDERKRANKUNG	1
- Die Bedeutung der SO <sub>2</sub> -Emission	3
- Die Bedeutung der NO <sub>x</sub> -Emission	4
- Möglichkeiten zur Reduzierung des Schadstoffausstoßes	5
- Die Entwicklung der Immissionssituation in Tirol	8
B DIE VERURSACHER - MÖGLICHE GEGENMASSNAHMEN	11
B 1 Emittenten im Sinne der 2. Forstverordnung	11
- Technologie der Rauchgasreinigung	11
B 2 Emissionen aus dem Hausbrand	13
- Das Potential von energetisch nutzbarem Restholz	20
B 3 a Emissionen aus dem Verkehr	22
B 3 b Umweltbelastungen entlang von Hauptdurchzugsstraßen	28
B 4 Emissionen aus dem Flugverkehr	33
C 1 Ergebnisse der Waldzustandsinventur	37
C 2 Immissionssituation in Tirol - Landesergebnisse	47
C 3 Die allgemeine Entwicklung des Bodenzustandes	52
C 4 Schadstoffeintrag durch nasse Deposition in Tirol	54
C 5 Schäden durch Wild	58
C 6 Waldschäden in den Nachbarländern	60
D WALDZUSTAND UND IMMISSIONSSITUATION - BEZIRKSERGEBNISSE	63
D 1 Bezirk REUTTE	63
a) Waldzustand	63
b) Immissionssituation	66
D 2 Bezirk LANDECK und IMST	69
a) Waldzustand	69
b) Immissionssituation	71
D 3 Bezirk INNSBRUCK-Land und INNSBRUCK-Stadt	72
a) Waldzustand	72
b) Immissionssituation	75

	Seite
D 4 Bezirk SCHWAZ	107
a) Waldzustand	107
b) Immissionssituation	108
D 5 Bezirke KUFSTEIN UND KITZBÜHEL	116
a) Waldzustand	116
b) Immissionssituation	120
D 6 Bezirk LIENZ	151
a) Waldzustand	151
b) Immissionssituation	152
E FOLGEN EINER GROSSFLÄCHIGEN WALDSCHÄDIGUNG	155
E 1 Verminderte Schutzwirkung	155
E 2 Die Auswirkungen der Walderkrankung auf Zuwachs und Ertrag	156
E 3 Auswirkungen auf den Fremdenverkehr	158
E 4 Auswirkungen auf den Wasserhaushalt	158
E 5 Forstliche Sekundärschädlinge	159
F <b>STAND DER VERFAHREN GEGEN FORSTSCHÄDLICHE LUFTVERUNREINIGUNGEN</b>	161
a) Montanwerk Brixlegg	161
b) Ziegelei des Landesgefängnisses Innsbruck	162
c) Verschiedene Gewerbebetriebe die nach der Gewerbeordnung überprüft werden	163
G DAS FORDERUNGSPROGRAMM DER BUNDESLÄNDER 1983 - WAS WURDE BISHER ERFÜLLT ?	164
H Anhang: IMMISSIONSMESSTELLEN UND NADELPROBEPUNKTE IN TIROL	169

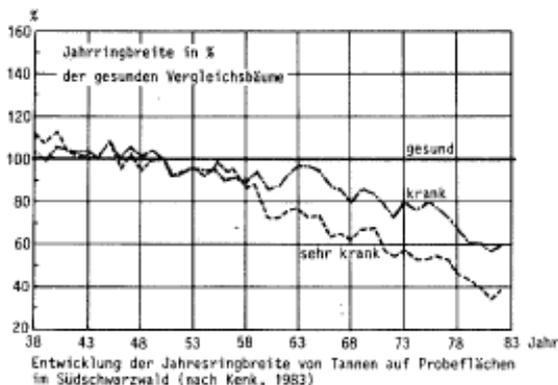
A

## URSACHEN DER IMMISSIONSBEDINGTEN WALDERKRANKUNG

Die Tatsache der immissionsbedingten Walderkrankung kann heute nicht mehr übersehen werden. Auch die Ursachen sind weitgehend bekannt.

Das Waldsterben ist nicht die plötzliche Folge der Luftverschmutzung des letzten Jahres, sondern das Endstadium einer längerwährenden Überbelastung der Wälder. Dies wird zum Beispiel bei einer Analyse der Jahresringe aus den zurückliegenden Jahrzehnten sichtbar. Die Breite eines Jahresringes ist ein Indikator für die Lebensfähigkeit des Baumes, für seine Fähigkeit, organische Substanzen zu bilden. Das tieferstehende Bild (1) zeigt die Entwicklung der Jahrringbreiten von Tannen im Südschwarzwald von 1938 bis heute. Dabei ist deutlich zu sehen, daß die Jahresringbreite bei Bäumen, die heute krank sind, bereits vor etwa 20 Jahren schmaler wurde und in den letzten Jahren laufend weiter absank. Dieser Rückgang der Jahresringbreite stimmt recht gut mit der Freisetzung von Schwefeldioxid und Stickoxiden durch den Menschen überein.

Abb. 1



Kein ernstzunehmender Forscher bezweifelt heute mehr, daß die Luftverunreinigungen bei der Entstehung der Waldschäden eine ganz bedeutende Rolle spielen und daß

der Großteil der Schadstoffe aus den verschiedenen Verbrennungsprozessen kommt. Zu groß ist inzwischen die Zahl wissenschaftlich fundierter Teilbeweise, die für eine ursächliche Beteiligung der Schadstoffe an der Walderkrankung sprechen. Offen ist höchstens noch die Frage nach dem Anteil, den die einzelnen Schadstoffe an der Waldzerstörung haben.

Die wirksamste Maßnahme, dem Waldsterben Einhalt zu gebieten, ist die rasche und gründliche Verringerung der Luftverschmutzung. Waldbauliche Rezepte, wie Düngung, Kalkung, Schädlingsbekämpfung, Züchtung widerstandsfähigerer Bäume und dgl., sind Scheinstrategien, die die Ursache des Waldsterbens nicht beseitigen, die bestenfalls die Folgen zeitlich verzögern können.

Eine Hauptkomponente dieser Luftbelastung ist das

Schwefeldioxid, das zum weit überwiegenden Teil aus Verbrennungsprozessen stammt. Kohle und Öl enthalten unterschiedlich hohe Schwefelanteile, bei der Verbrennung entsteht daraus Schwefeldioxid, das seit über 100 Jahren als Pflanzengift bekannt ist. In der Luft ist das farblose Gas nur einige Tage beständig, nach einer Reihe von Prozessen entsteht daraus Schwefelsäure, die dann wiederum im Niederschlag ausgerechnet wird. Schwefeldioxid schädigt als Gas Nadeln und Blätter der Bäume, die Schwefelsäure im "sauren Regen" wäscht Nährstoffe aus Nadeln und Blätter aus und führt langfristig zur Bodenversauerung. In einer österreichweiten Untersuchung wurde kürzlich die Waldbodenversauerung innerhalb der vergangenen 20 Jahre in ganz Österreich nachgewiesen.

Stickoxide sind seit vier Jahrzehnten als Pflanzenschadstoffe bekannt. Auch sie wandeln sich in der Luft zu Salpetersäure um und tragen ihren Teil zu

den sauren Niederschlägen bei. Stickoxide sind aber vor allem deshalb besonders gefährlich, weil sie Ausgangsstoffe für die photochemische Bildung von Ozon und Photooxidantien, wie das aggressive Peroxiacethylnitrat (PAN), sind. Stickoxide werden in Tirol zum weit überwiegenden Teil vom Verkehr emittiert, gleichzeitig sind die Immissionskonzentrationen von Ozon z.B. an der Meßstelle Patscherkofel alarmierend hoch.

Die Forschung kennt heute nur andeutungsweise das Problem des Zusammenwirkens mehrerer Schadstoffe. Es ist aber unbestritten, daß sich bei gleichzeitiger Anwesenheit mehrerer Schadstoffe die Wirkung der einzelnen Komponenten gegenseitig verstärkt: Wenn die Luft auch nur geringe Mengen Ozon enthält, schädigt Schwefeldioxid die Waldbäume bereits bei wesentlich kleineren Konzentrationen.

Zu den Hauptschadstoffen Schwefeldioxid, Stickoxiden und Folgeprodukten kommt in der Nachbarschaft von Ziegeleien und Glashütten die gefährliche Fluorbelastung.

Es kommen dazu aber auch noch Belastungen, über deren Wirkung auf das Ökosystem noch zu wenig bekannt ist. Über Immissionen eingebrachte Schwermetalle reichern sich im Boden an und bewirken oft komplizierte Veränderungen des Bodenlebens. Schwermetalle können aber auch wie Katalysatoren in der Luft die Bildung von Schadstoff-Folgeprodukten beschleunigen.

Der Zusammenbruch der Lebensgemeinschaft Wald hätte unabsehbare Folgen. Es geht dabei nicht nur um den Wert der Holzproduktion, unabschätzbar ist die Leistung des Waldes für die Sicherheit des Landes vor Naturgefahren. Unabschätzbar ist seine Leistung auch für die Wasserwirtschaft, für das Klima und für den Bodenschutz. Erholung für die heimische Bevölkerung und für die Gäste hängen un-

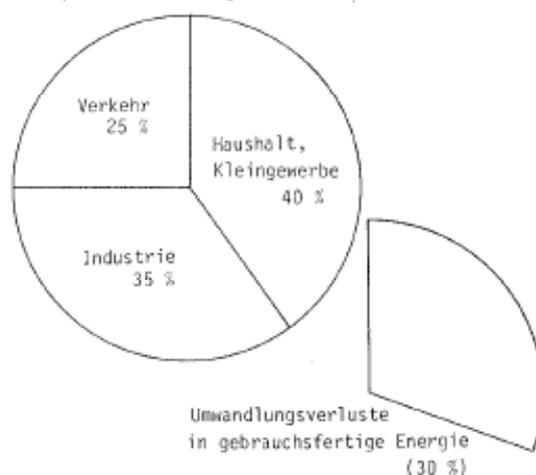
weigerlich mit dem Schicksal des Waldes zusammen.

Der Einsatz fossiler Energieträger ist also die Hauptursache für jene Immissionen, die heute den Wald tödlich gefährden. Energiesparende Maßnahmen, die heute ohne Komfortverlust möglich sind, stehen daher an der Spitze aller Strategien gegen das Waldsterben. In Tirol verbrauchen Haushalte und Kleingewerbe ca. 40 % der Endenergie, die Industrie benötigt rund 35 % und der Verkehr 25 %. Dazu kommen noch ca. 30 % Umwandlungsverluste - also etwa der gesamte Bedarf der Industrie - der in Kauf genommen werden muß, um diesen Energiebedarf zur Verfügung zu stellen (Grafik (2)).

Abb. 2

ENERGIEVERBRAUCH (Tirol)

(Stand: Jahresbeginn 1984)

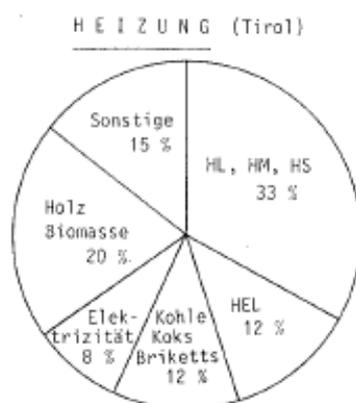


Knapp 50 % der Rohenergie werden also für Raumheizungszwecke in Haushalt, Gewerbe, Dienstleistung und Industrie verwendet. Das zeigt gleichzeitig auch das große Sparpotential, das heute noch nicht ausgeschöpft ist. Bessere Wärmedämmung, besserer Wirkungsgrad, bessere Regelanlagen machen Sparen ohne Komfortverlust möglich.

Gliedert man die Rohenergie für Raumheizzwecke weiter auf, so

zeigt sich, daß für den Raum Tirol etwa 33 % aus schweren, mittleren und leichten Heizölen gedeckt werden. Ca. 12 % der erforderlichen Energie wird mit Heizöl extra leicht gedeckt, weitere 12 % mit festen fossilen Brennstoffen (Kohle, Koks, Briketts), 15 - 20 % mit Holz und ca. 8 % mit elektrischer Energie. Verschiedene andere Brennstoffe spielen eine untergeordnete Rolle (Grafik (3)).

Abb. 3



#### Die Bedeutung der SO<sub>2</sub>-Emission:

Beim Verbrennen einer Tonne Heizöl schwer mit 2 % Schwefelanteil wird nahezu gleich viel Schwefeldioxid erzeugt, wie bei der Verbrennung von 7 t Heizöl extra leicht! Dieses Beispiel zeigt, daß im Bereich der Raumheizungen neben der Sparstrategie noch die Möglichkeit des Einsatzes schwefelarmer Brennstoffe besonders beachtet werden soll. Die Kosten für den Einsatz dieser schwefelarmen Ölqualität stellen sich auf der Preisbasis 1984 etwa wie folgt dar: (Angaben aus dem Vortrag "Schutz des Waldes durch Emissionen" von Dr. Halada vom 10. 5. 1984) Bei einem Heizölbedarf von 100 t Heizöl schwer (2 % Schwefel) betragen die Brennstoffkosten ca. S 400.000,-. Die Neben-

kosten (Reinigung, Wartung, Service etc.) erreichen einen jährlichen Betrag von ca. S 150.000,-. Gesamtkosten also S 550.000,-. Bei der Verbrennung von 100 t Heizöl schwer (2 % Schwefel) werden 2.000 kg Schwefel oder 4.000 kg SO<sub>2</sub> jährlich emittiert. Bei Einsatz von Heizöl extra leicht beträgt der Energiebedarf durch einen besseren Wirkungsgrad ca. 95 Tonnen. Diese kosten rund S 700.000,-. Die Nebenkosten sinken auf etwa S 100.000,-, sodaß jährliche Gesamtkosten in Höhe von S 800.000,- anfallen. Die Schwefeldioxidemission hingegen beträgt nur mehr 570 kg pro Jahr, das sind nur mehr rund 15 % der ursprünglichen Emission. Diese gewaltige Umweltentlastung ist mit einem Mehraufwand von rund 30 % der Kosten zu erreichen.

Eine Höchstgrenze von 0,3 % Schwefel, die Anwendung der Tiroler Heizölverordnung auf sämtliche Bereiche der Raumheizung sowie eine ausreichende Kontrolle der Ölqualität kann also in jenem Bereich, in dem das Land seine Zuständigkeit hat, zu einer weiteren spürbaren Verminderung der SO<sub>2</sub>-Belastung führen.

Industrie und Gewerbe emittieren nach den Angaben des Emittentenkatasters jährlich ca. 4.000 t SO<sub>2</sub>. Bei Einsatz von 2 %igem Heizöl schwer enthält jeder Kubikmeter Rauchgas (m<sup>3</sup>) 3.400 Milligramm SO<sub>2</sub>. Verwendet ein Betrieb 1 %iges Heizöl schwer, dann sinkt die SO<sub>2</sub>-Emission auf 1.700 Milligramm je m<sup>3</sup>. Der an sich noch hohe zulässige Schwefeldioxidgrenzwert von 400 Milligramm SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, der derzeit noch als Stand der Technik gilt, kann ohne Rauchgasreinigungsanlage nur durch den Einsatz von Heizöl extra leicht erreicht werden. Im industriellen Bereich ist daher - wenn kein Erdgas zur Verfügung steht - der Einbau von Rauchgasreinigungsanlagen langfri-

stig unumgänglich, um wiederum zu Immissionswerten zu kommen, die dem Wald und damit auch den Menschen nicht schaden. Eine Entscheidung über den Erdgasanschluß darf daher nicht nur durch die Höhe der Energiekosten beeinflußt werden. Die Folgekosten für eine Rauchgasreinigung, die ohne Erdgasanschluß zwangsläufig anfallen werden, sollten ebenso in die Entscheidung für einen Erdgasanschluß einfließen.

Die 2. Forstverordnung, die Mitte des Jahres 1984 rechtskräftig wurde, bietet die Möglichkeit, die SO<sub>2</sub>-Emissionen auch von Altanlagen nach einem Stufenplan bis längstens 1990 auf ein für den Wald erträgliches Maß zurückzuführen. Diese von den Ländern immer wieder urgierte Rechtsvorschrift des Bundes gilt es, in die Praxis umzusetzen. (siehe Tab. 1)

#### Die Bedeutung der NO<sub>x</sub>-Emission:

Aus dem Kfz-Verkehr stammen mehr als 70 % aller Stickoxidemissionen, der dichte Verkehr wirkt sich in den engen Tälern ganz besonders nachteilig aus. Aus den Stickoxiden werden über komplizierte Umwandlungsprozesse pflanzengiftige Photooxidantien, wie etwa das Ozon. Die im Bereich des Patscherkofel gemessenen überaus hohen Ozonimmissionen sind hoher Wahrscheinlichkeit dem Verkehr zu-

zuordnen. Für eine ausreichende Reduktion der Stickoxidemissionen ist also die Verwendung von Katalysatoren eine dringende Notwendigkeit. Sie darf sich allerdings nicht nur auf den Pkw, sie muß sich auch auf den Dieselmotor erstrecken, kommt doch ein ganz wesentlicher Teil der Stickoxide aus dem Lkw-Verkehr. Die geplante Katalysatorlösung bringt allerdings keine ausreichend rasche Entlastung, schon bei einer geringfügigen Zunahme des Verkehrsvolumens um nur 1,5 % pro Jahr wird sich die Stickoxidreduktion durch die Katalysatorlösung erst in den neunziger Jahren spürbar auswirken. Die Wirksamkeit eines Tempolimits von 80/100 km/h ist bis 1995 höher als die der Katalysatorlösung. Es geht aber nicht darum zu entscheiden, ob das eine oder ob das andere notwendig ist. Nur beide Maßnahmen, Katalysatorauto so rasch als möglich und Geschwindigkeitsbeschränkung jetzt, können eine ausreichende Entlastung bringen.

Tab. 1

Stufenplan für die Sanierung SO <sub>2</sub> -emittierender Altanlagen nach der 2. Forstverordnung	
Anlagengröße: (Brennstoffwärmeleistung in Megawatt oder Emission von mehr als ....kg SO <sub>2</sub> /Betriebsstunde)	Anwendung ab:
50 MW oder 150 kg SO <sub>2</sub> /h	1. Juli 1984
30 MW oder 90 kg SO <sub>2</sub> /h	1. Juli 1986
10 MW oder 30 kg SO <sub>2</sub> /h	1. Juli 1988
2 MW oder 6 kg SO <sub>2</sub> /h	1. Juli 1990

MÖGLICHKEITEN ZUR REDUZIERUNG DES SCHADSTOFFAUSSTOSSES:

1. Verwendung von schwefelarmen Brennstoffen

a) Kohle

Schwefel kann in Kohlen entweder gebunden oder auch als Verunreinigung enthalten sein. Der Gesamtschwefelanteil in der Kohle hängt sehr stark von der Herkunft ab. Im wesentlichen schwankt dieser Anteil zwischen 0,5 bis 8 %. Bei der Verbrennung der Kohle wird ein Teil der Schwefeloxide in Asche bzw. Schlacke eingebunden, er kommt auf diese Weise nicht über die Rauchgase in die Luft.

Der in Form von Verunreinigung vorliegende Schwefelanteil kann durch verschiedene Aufbereitungstechniken entfernt werden.

b) Schweres Heizöl

Bei Industriefeuerungen wird vornehmlich schweres Heizöl eingesetzt. Heizöl schwer fällt als Produkt bei der Herstellung von Benzin, Dieselkraftstoff und

leichten Heizölen in der Raffinerie an. Österreichische Raffinerien können - mit ganz geringen Ausnahmen - derzeit Heizöl schwer nur mit maximal 2 % Schwefel ausliefern, die für die Versorgung des Tiroler Raumes frachtgünstig liegenden süddeutschen Raffinerien verfügen über größere Mengen Heizöl schwer mit maximal 1 % Schwefel.

In Feuerungsanlagen, die Heizöl schwer verbrennen, sind folgende Maßnahmen zur SO<sub>2</sub>-Minderung möglich:

Ersatz des Heizöls schwer 2 % durch 1 %iges Schweröl.

Ersatz des Heizöls schwer durch Heizöl leicht bzw. extra leicht.

Rauchgasentschwefelungsanlage hinter der Feuerungsanlage.

(siehe Tab. 2)

c) Erdgas

Erdgas ist ein nahezu schwefelfreier Energieträger, der bei angepaßter Verbrennung auch keine zusätzliche NO<sub>x</sub>-Belastung verursacht.

Tab. 2

SO<sub>2</sub>- MINDERUNGSMASSNAHMEN VON SCHWEREM HEIZÖL (2%)

Maßnahme	SO <sub>2</sub> -Emissionsminderung	SO <sub>2</sub> -Konzentration im Abgas (mg/m <sup>3</sup> )
Heizöl S max 1%	50 %	1.700
Verwendung von Heizöl EL	ca. 85 %	ca. 400
Verwendung von Erdgas	nahezu 100 %	nahezu 0
Rauchgasentschwefelung	ca. 95 %	bis 140

## 2. Rauchgasentschwefelung

Es gibt heute eine Reihe von Verfahren, mit deren Hilfe das SO<sub>2</sub> aus den Rauchgasen mit einem sehr hohen Wirkungsgrad entfernt werden kann. Ein besonders wirksames Verfahren wurde zur Sanierung des Magnesitwerkes Hochfilzen entwickelt und eingesetzt.

Im wesentlichen erfolgt die Rauchgasentschwefelung durch trockene oder nasse Verfahren, wobei letztere einen im allgemeinen höheren Wirkungsgrad aufweisen.

## 3. Stickoxidemissionsminderung

Die möglichen technischen Maßnahmen zur Verminderung der Stickoxidemission sind vom Prinzip her anders, als die Maßnahmen zur Rauchgasentschwefelung. Hier wird zuerst versucht, die Verbrennung so zu gestalten, daß Stickoxide erst gar nicht entstehen. Dies ist durch primäre bzw. feuerungstechnische Maßnahmen möglich.

Als solche Maßnahmen kommen in Frage: Einbau von Stufenbrennern, Luftüberschußverringern, Rauchgasrückführung.

Mit diesen Maßnahmen lassen sich die Stickoxidemissionen jedoch nur etwa bis zur Hälfte senken. Eine weitere Absenkung ist durch Denox-Anlagen möglich.

## 4. Wirbelschichtfeuerung

Die Wirbelschichtfeuerung ist eine Technologie, die nur wenig Stickoxide emittiert und bei der das Schwefeldioxid durch ein einfaches Verfahren wesentlich reduziert werden kann. Der große Vorteil der Wirbelschichtfeuerung liegt darin, daß sie auch bei kleineren Anlagen wirtschaftlich ist. Sie stellt eine relativ saubere Technik zur Nutzung von Kohle dar.

## 5. Umweltfreundliche Hausheizungssysteme

Neben Industrie, Gewerbe und Verkehr tragen auch die privaten Haushalte in Tirol wesentlich zur Luftverschmutzung bei. Allerdings muß darauf hingewiesen werden, daß die Emissionen aus dem Hausbrand wegen der im allgemeinen geringen Schornsteinhöhe sehr rasch niedergeschlagen werden und nicht wie die Emissionen aus Industrieschornsteinen sehr konzentriert anfallen und weit verfrachtet werden.

Die tieferstehende Abbildung zeigt verschiedene Heiztechniken hinsichtlich der von ihnen verursachten SO<sub>2</sub>-Emission. Als Vergleichsmaßstab ist dabei jene Schadstoffmenge zugrundegelegt, die bei der Beheizung eines "Normhauses" durch eine Ölzentralheizung freigesetzt wird.

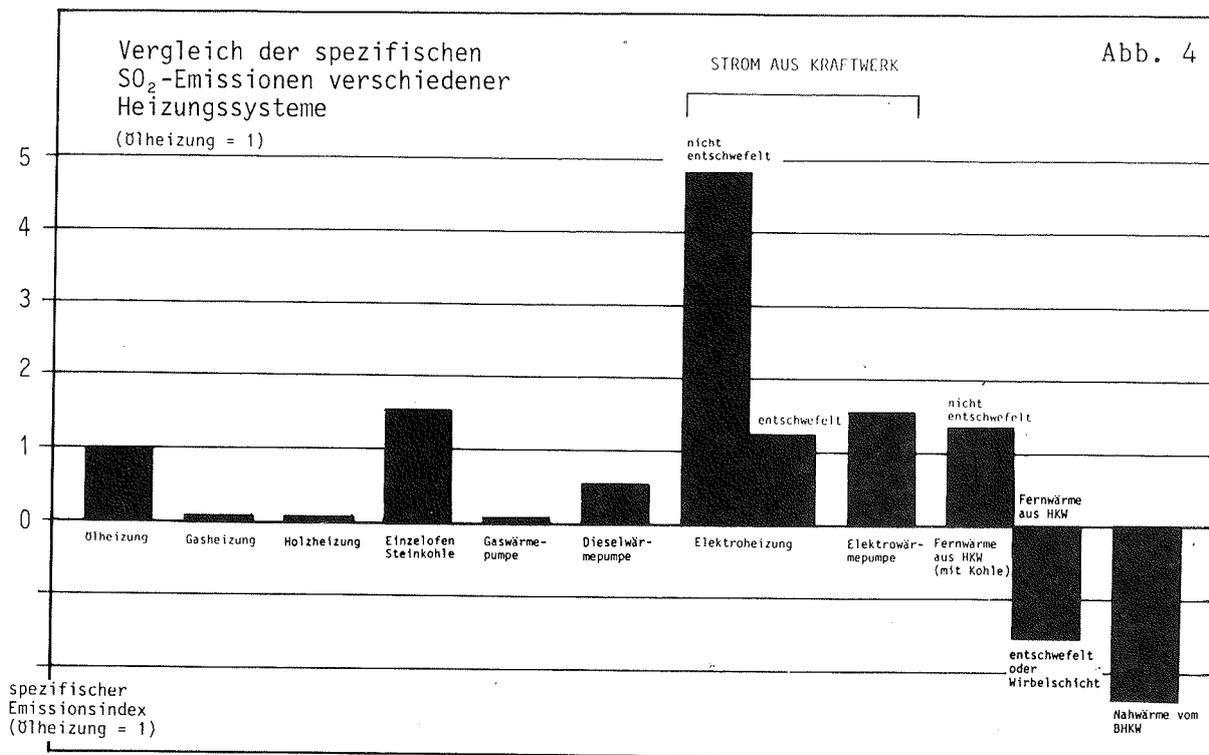
Bei der Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Stromheizungen ist zu bedenken, daß derzeit in Österreich während des Winterhalbjahres wesentlich mehr Strom aus kalorischen Kraftwerken kommt wie aus Wasserkraftwerken.

Wird bei der Wärmeproduktion gleichzeitig Strom erzeugt (Heizkraftwerk, Blockheizkraftwerk), so ergibt sich beim Diagramm durch diese "Gutschrift" ein negativer Wert.

Abb. 4

## 6. Kraftfahrzeugverkehr

Der Kraftfahrzeugverkehr ist in Tirol der mit Abstand größte Stickoxidemittent. Ottomotor (Benzinmotor) und Dieselmotor tragen unterschiedlich zur Luftverschmutzung bei: Wegen des Schwefelgehaltes im Diesel hat der Dieselmotor SO<sub>2</sub>-Emissionen, die ungefähr 20 mal so hoch liegen wie die des Ottomotors.



Maßnahmen zur Senkung des Schwefelgehaltes im Diesel sind daher dringend notwendig.

Anders verhält es sich bei den Stickoxiden, hier verursacht der Diesel im Vergleich zu einem entsprechenden Ottomotor pro Testzyklus ungefähr 25 % der NO<sub>x</sub>-Emission. Gleiches gilt für die Emissionen an unverbrannten Kohlenwasserstoffen und an Kohlenmonoxid. Als Feststoffemissionen gibt der Ottomotor im wesentlichen Bleiverbindungen ab, der Diesel hingegen emittiert die mehr als 10-fache Menge an Ruß.

Der für den Diesel relativ günstige Schadstoffvergleich gilt natürlich nur für Autos vergleichbarer Größe! Diesel-Lkw's haben wegen ihres großen Motors, ihres großen Gewichtes und hohen Luftwiderstandes pro zurückgelegten Kilometer deutlich höhere Emissionen als die Pkw's.

In Österreich dürfte rund die Hälfte der verkehrsbedingten NO<sub>x</sub>-Emission vom

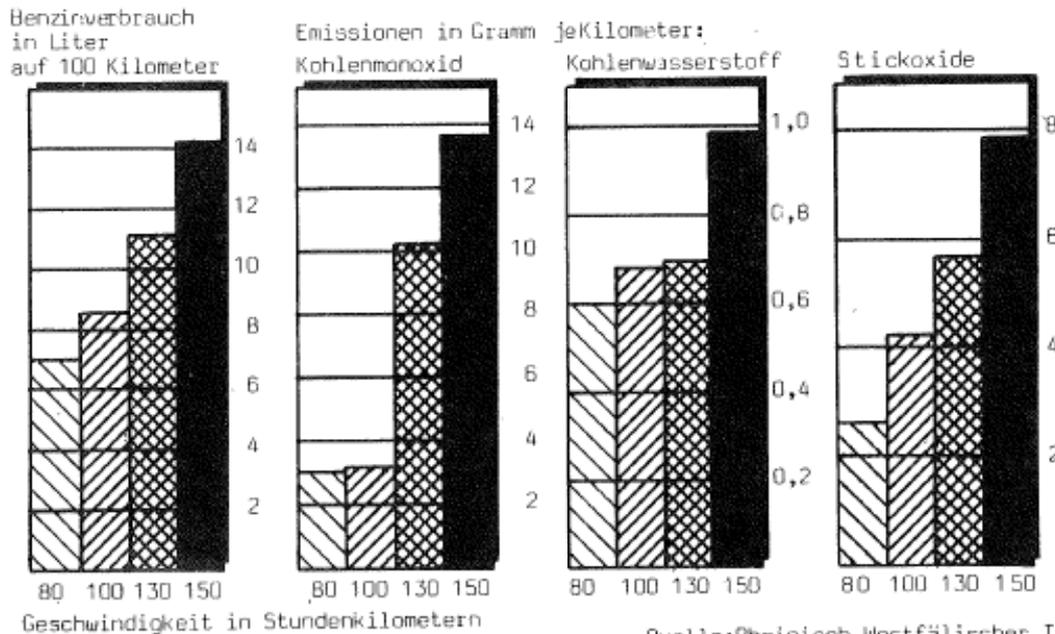
Lkw Verkehr verursacht werden.

Die Emissionen eines Fahrzeuges werden darüberhinaus noch vom Fahrverhalten und vom Motorzustand mitbestimmt. Verbrauch und Emissionen hängen von der Fahrgeschwindigkeit ab. Abgaskontrollen können aber die für den Wald besonders nachteilige NO<sub>x</sub>-Emission nicht vermindern, sie senken allerdings die Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemission. Daher kann langfristig eine Reduktion aller Schadstoffe aus dem Verkehr nur durch den Abgaskatalysator erreicht werden.

Da jedoch die Umrüstung von Altwagen kaum möglich erscheint, bringt das Katalysatorauto erst in der zweiten Hälfte der neunziger Jahre eine spürbare Entlastung. Rechtzeitige Emissionsminderung im Verkehrsbereich kann daher vor allem durch verkehrspolitische Maßnahmen (Geschwindigkeitsbeschränkung) erzielt werden.

Abb. 5

Kraftstoffverbrauch und Schadstoff-Emissionen von Pkw mit Otto-Motoren bei konstanten Geschwindigkeiten (Mittelwerte für 20 Fahrzeuge)



DIE ENTWICKLUNG DER IMMISSIONSSITUATION IN TIROL

Tirol ist auch heute kein hochindustrialisiertes Land. Seine SO<sub>2</sub>-Emission von annähernd 14.000 Jahrestonnen, seine Stickoxidemission von annähernd 8.000 Jahrestonnen wirken sich aber aufgrund vorhandener topographischer und meteorologischer Probleme besonders spürbar aus: Enge Gebirgstäler haben auch bei geringen Emissionsmengen aufgrund ihrer schwierigen Durchlüftung beträchtliche Immissionsprobleme. Der Alpenraum - vor allem der nördliche Teil davon, empfängt nachweislich eine nicht unbeträchtliche Schadstoffmenge aus Fernimmissionen. Das Montanwerk in Brixlegg - heute ein besonderes Umweltproblem in Tirol - wurde 1463 in einer Urkunde erwähnt. Hier wurden Erze aus der näheren und weiteren Umgebung verhüttet, aus den Wäldern der Umgebung bezog man den Energieträger Holz. 1585 waren damals 20 Schmelzöfen in Be-

trieb. Das Werk hat alle Zeitaläufe bis zum Ende des 2. Weltkrieges überlebt, in den letzten Kriegsmonaten wurde es durch Bomben schwer getroffen. Am 30. Juni 1947 war der Wiederaufbau der Schmelzhütte abgeschlossen, diese Kupferhütte steht heute im dicht besiedelten Tiroler Unterland.

Eine Urkunde aus dem Jahre 1831 behandelt den "vermeintlichen Hüttenrauchschaden und den dafür zu leistenden Ersatz". Das Montanwerk Brixlegg und seine heute längst nicht mehr "vermeintlichen" Rauchschäden waren durch lange Zeit das einzige klassische Immissionsschadensgebiet in Tirol. Die Bezirksforstinspektion Wörgl, die für diesen Bereich zuständig ist, berichtet seit den sechziger Jahren anlässlich der Forsttagsatzung in Brixlegg über die Immissionsschäden in diesem Bereich. Das Werk hat seine Produktion im Laufe der Zeit ganz wesentlich erweitert.

In der Gemeinde Lanersbach im hinteren Zillertal wurde 1926 mit der Verhüttung von Magnesit begonnen. Dieser auch für die Kriegswirtschaft wichtige Betrieb setzte seine Tätigkeit bis zum Jahre 1976 fort. Zu diesem Zeitpunkt wurde der Betrieb aus wirtschaftlichen Überlegungen stillgelegt. In der unmittelbaren Umgebung des im Bereich der Waldkronen situierten Betriebes zeigten sich rasch Immissionschäden am Wald, die - wohl als Folge zusätzlicher Streubrenn an der Waldgrenze - bis heute nicht zum Stillstand gekommen sind.

Im Raum von Hochfilzen wurde 1959 ein Magnesitwerk errichtet, zu einer Zeit, als man noch glaubte, Umweltschäden über hohe Fabrik-schornsteine vermeiden zu können. Anfangs der sechziger Jahre waren in der Umgebung allein auf Tiroler Gebiet ca. 1100 ha Waldfläche zuerst durch Staubschäden betroffen, bald nachher gab es schwere Schäden auch durch SO<sub>2</sub>.

Alle diese drei punktuellen Immissionschadensgebiete waren in den sechziger Jahren isolierte Problembereiche in Tirol. An dieser Problematik hat sich übrigens die immissionsökologische Aktivität des Tiroler Forstdienstes entwickelt.

Die Anfang der siebziger Jahre vom Forstdienst eingerichteten Luftmeßstationen zeigten bald, daß sich auch außerhalb der drei "klassischen" Immissionschadensgebiete in Tirol neue Problemgebiete abzeichneten. 1975 wurde daher gemeinsam mit dem Österr. Bundesinstitut für Gesundheitswesen, mit der Universität Innsbruck und mit der Forstlichen Bundesversuchsanstalt eine Untersuchung der Umweltbelastung im unteren Inntal durchgeführt. Ergebnisse und Erfahrungen aus dieser Arbeit waren der Anlaß, daß 1977/78 rund 120.000 ha Lan-

desfläche durch Fernerkundung mittels IR-Falschfarbfilm aufgenommen wurde (ca. 10 % der Landesfläche).

1977/78 wurden dabei jene Teil Tirols befliegen, von denen der Tiroler Forstdienst aufgrund seiner Erfahrung annahm, daß sie Immissionschäden aufwiesen. Obwohl die Ergebnisse aus der Befliegung 1977/78 mit der Schadensinventur 1984 deshalb nicht voll vergleichbar sind, weil jeweils andere Erhebungsmethoden angewandt wurden, bieten die Ergebnisse der Befliegung 1977/78 doch eine sehr gute Möglichkeit, die Entwicklung der Waldschäden in Tirol innerhalb eines Zeitraumes von 7 Jahren aufzuzeigen. Deshalb wird das Ergebnis der Fernerkundung 1977/78 kurz dargestellt:

Es wurden vier Belastungszonen ausgewiesen:

Zone 0 = schädigungsfreie Zone. An den Fichten können in dieser Zone durchschnittlich sieben bis neun Nadeljahrgänge festgestellt werden, die Kronen erscheinen daher dicht und in gesunden grünen Farben. Die Baumart Tanne ist häufig anzutreffen und zeigt im allgemeinen ein vitales Erscheinungsbild.

Die Zone 1 war bei der Befliegung 1977/78 mit einem Ausmaß von 38.350 ha vertreten, davon waren 18.000 ha Wald.

Zone 2 = leicht bis mäßig geschädigte Zone. Hier überwiegt eindeutig die Schädigungsstufe 2 (mäßig geschädigte Kronen). Die Fichte verfügt durchschnittlich nur mehr über vier bis fünf Nadeljahrgänge, die Tanne ist nur mehr in wenigen stark geschädigten und kümmernden Exemplaren anzutreffen. Die Zone 2 hatte 1977/78 ein Ausmaß von 16.600 ha, davon waren 3.300 ha Wald.

Zone 3 = stark geschädigte Zone. Hier überwiegt die Schädigungsstu-

fe 3 (stark geschädigte Kronen), nur vereinzelt sind noch Bäume der Vitalitätsstufe 2 festzustellen. Die Fichte verfügt hier nur mehr über drei bis vier Nadeljahrgänge, die Kronen sind folglich schütter bis sehr schütter. Die Tanne ist im Bereich der Zone 3 bereits als ausgestorben zu betrachten.

Das Ausmaß der Zone 3 erreichte 1977 3.450 ha, davon waren 300 ha Wald.

Zone 4 = stark geschädigte Zone (Absterbezone).

Diese Zone war 1977 nur kleinräumig in nächster Umgebung der Montanhütte in Brixlegg am Matzenköpfl festzustellen. Das Ausmaß wurde mit ca. 10 ha angegeben. Die IR-Luftbilder aus der Befliegung 1977/78 wurden in die OK 1 : 50.000 eingezeichnet, die folgende Karte (entnommen: Umweltbestandsaufnahme durch Fernerkundung und Bodenmessung, ÖBIG 1984, Seite 149) zeigt die Immissions-situation in Tirol im Jahre 1977/78. Abb. 6

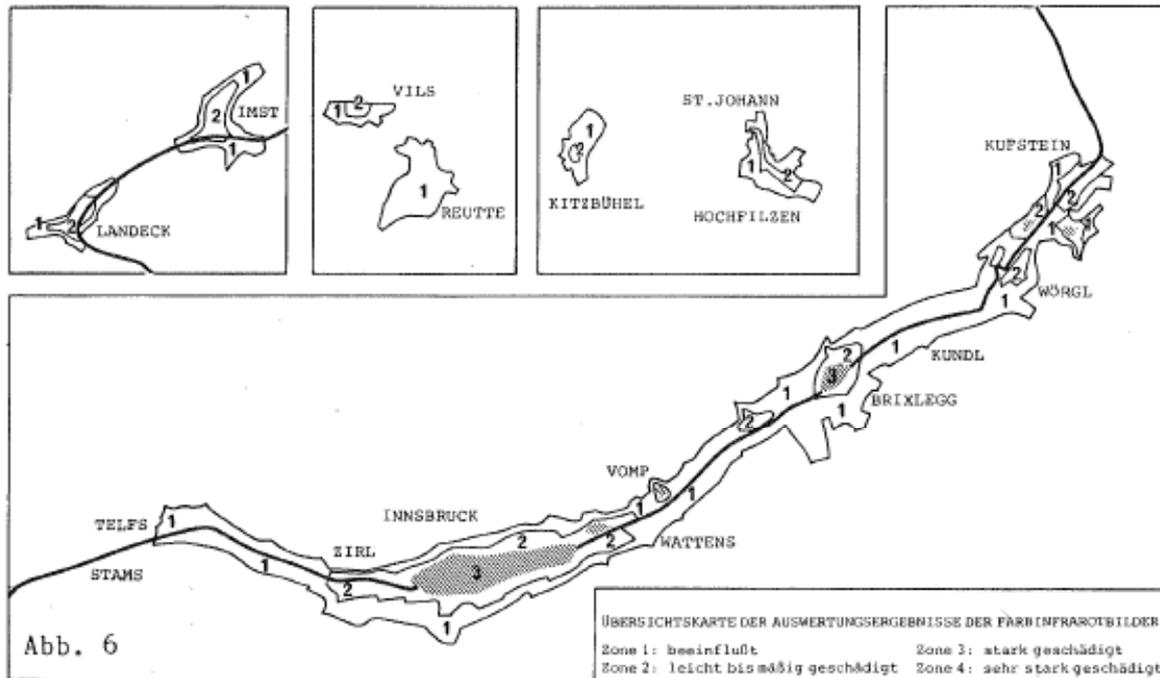


Abb. 6

Tab. 3 Übersicht über die Belastungszonen in Tirol 1977/78

Zone	Belastungsgrad	Ausdehnung
1	gering	38.300 ha davon 18.000 ha Wald
2	mäßig	16.600 ha davon 3.300 ha Wald
3	mittel bis stark	3.450 ha davon 300 ha Wald
4	überbelastet	100 ha

Ergebnis der Waldschadensinventur 1984

Schadstufe	Schädigung	Ausdehnung
1	gesund	ca. 329.000 ha
2	leichte Verlichtung	ca. 76.000 ha
3	mittlere Verlichtung	ca. 25.000 ha
4+5	starke Verlichtung + tot	ca. 7.000 ha

## B DIE VERURSACHER - MÖGLICHE GEGENMASSNAHMEN

Hauptursache der großflächigen immissionsbedingten Walderkrankung sind Emissionen aus Verbrennungsprozessen. Dabei ist es gleichgültig, ob diese Verbrennungsprozesse im Feuerraum oder im Motor stattfinden. Gewerbe und Industrie, Hausbrand und Verkehr sind jene Emittentenbereiche, die zur Umweltbelastung am stärksten beitragen.

### B1 EMMITTENTEN IM SINNE DER 2. FORSTVERORDNUNG

Als Anlage (Emittent) im Sinne der 2. Forstverordnung ist die Gesamtheit der technischen Einrichtungen (inkl. der Nebeneinrichtungen) anzusehen, die für die Emission maßgebend sind und in einem engen räumlichen und betrieblichen Zusammenhang stehen (d.h. Anlagen, die Schwefeldioxid, Fluorverbindungen, Chlor und Chlorverbindungen, Ammoniak oder mehr als 35 kg Staub pro Stunde emittieren). In Tirol fallen 40 - 50 Betriebe unter die 2. Forstverordnung (§ 11 (4)). Sie liegen im wesentlichen in einem Leistungsbereich unter 30 Megawatt, das heißt, daß in Tirol die Emittenten aus Gewerbe und Industrie keine Großanlagen im Sinne des Dampfkessелеmissionsgesetzes sind. Nach dem derzeitigen Stand der Technik aber ist die Verminderung der Emissionen aus Mittel- und Kleinanlagen am wirtschaftlichsten durch den Einsatz schwefelarmer Brennstoffe durchzuführen. Der Erdgasanschluß für Tirol würde also zahlreichen Betrieben aus Gewerbe und Industrie die im Sinne der 2. Forstverordnung notwendigen emissionsmindernden Maßnahmen relativ einfach und vor allem billig machen.

## TECHNOLOGIE DER RAUCHGASREINIGUNG

Schon im vorigen Jahrhundert gab es in Europa erste Ansätze für die Rauchgasentschwefelung. Die damaligen Anlagen waren im Prinzip Gaswäscher, in denen das saure Schwefeldioxid durch Kalklauge neutralisiert wurde. So einfach die chemische Gleichung auf dem Papier aussieht, so viele Schwierigkeiten gab es im Betriebsalltag. Das führte dazu, daß die wenigen Anlagen, die es in Europa gab, spätestens mit Ende der fünfziger Jahre eingestellt waren.

In den siebziger Jahren entstand in Japan eine neue Industrialisierungswelle. In den "Gründerjahren" dieser technischen Entwicklung kannte die japanische Sprache das Wort Umweltschutz nicht. Spektakuläre Umweltkatastrophen haben in diesem dicht besiedelten Land zu einer radikalen Umkehr geführt, strengste Grenzwerte forderten die besten Techniker zur Entwicklung neuer Technologien heraus.

Wenig später begann in den Vereinigten Staaten von Amerika die Arbeit an neuen Entschwefelungsverfahren - Europa folgte mit mehrjähriger Verspätung schließlich nach.

Das alte Naßverfahren, dessen Geburtsstunde vor über 100 Jahren in Europa geschlagen hat, ist auch heute noch eine moderne Technologie, die ihre Kinderkrankheiten längst verloren hat. Kalzium- bzw. Magnesiumverbindungen werden dabei als alkalische Waschflüssigkeit dem Rauchgasstrom entgegengesetzt und binden das giftige Schwefeldioxid zu mehr als 90 %. Bei einigen Verfahren fällt dabei als Endprodukt der Rauchgasreinigung Gips an, der in der Bauwirtschaft Verwendung finden kann.

Einige Naßverfahren binden das Schwefeldioxid in Reaktionsprodukte, die deponiert werden müssen.

Deponien können wegen ihrer potentiellen Grundwassergefährdung Probleme verursachen, grundsätzlich haben daher jene Verfahren mehr Zukunft, die mit einem wiederverwertbaren Endprodukt aufwarten. In Tirol wurde ein wichtiger Beitrag zur Rauchgasreinigung geleistet: Das Magnesitwerk Hochfilzen hat ein Verfahren entwickelt, das aus der Sicht des Wirkungsgrades und des Recyclings heute zur Weltspitze gehört.

Neben den klassischen Naßverfahren haben sog. Sprühverfahren seit einigen Jahren ihre großtechnische Reife erreicht. Auch hier wird eine meist kalkhaltige Flüssigkeit zu feinsten Tröpfchen versprüht und dem Rauchgasstrom entgegengesetzt. Bei diesem Verfahren trocknet das Reaktionsprodukt zu Feststoffpartikeln, die im nachgeschalteten Staubfilter zusammen mit der Flugasche abgeschieden werden.

Sowohl bei den Naß- als auch bei den Sprühverfahren kommt es im allgemeinen zu einer starken Abkühlung der Rauchgase, was wiederum Probleme verursacht. Die Rauchgase benötigen einen thermischen Auftrieb, zu niedrige Rauchgastemperaturen führen darüber hinaus zu Kondensationserscheinungen im Schornstein. In all diesen Fällen ist eine Wiederaufheizung der gereinigten Rauchgase notwendig, dies geschieht heute meistens durch Energie, die im Wärmeaustauschverfahren aus den ungereinigten Rauchgasen gewonnen wird.

Trockenadditivverfahren verwenden im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Verfahren staubförmige Zusätze, die eine Neutralisation der Schwefelverbindungen bewirken. So einfach diese Technologie ist, so ungenügend ist im allgemeinen der dabei erzielte Ent-

schwefelungsgrad, der lediglich Größenordnungen zwischen 50 und 60 % erreicht.

Neben diesen drei geschilderten klassischen Technologien gibt es eine Fülle neuer Verfahren, die einerseits bessere Wirkungsgrade bringen, die aber vor allem zu neuen wiederverwertbaren Endprodukten führen sollen. Die Technologie der Rauchgasreinigung soll ja nicht nur das giftige Schwefeldioxid beseitigen, sie soll vielmehr den begehrten Rohstoff Schwefel wiedergewinnen. Je perfekter Entgiftung mit Recycling verbunden wird, umso wirksamer und kostengünstiger wird schließlich das Verfahren sein.

Schließlich soll hier auch noch auf die Technik der Wirbelschichtfeuerung hingewiesen werden, die allerdings mehr ist als nur ein Verfahren zur Rauchgasentschwefelung. Kleinkörnige, feste Brennstoffe - das kann Kohle ebenso sein wie Rinde oder andere biogene Brennstoffe - werden im Feuerungsraum durch einen Luftstrom in Schwebe gehalten. Gleichzeitig wird feingemahlener Kalk eingeblasen, der die beim Verbrennungsprozeß entstehenden Schwefelverbindungen neutralisiert. Neben dem guten Entschwefelungsgrad hat die Wirbelschichtfeuerung noch den Vorteil relativ niedriger Feuerraumtemperaturen. Diese niederen Temperaturen aber sind eine entscheidende Voraussetzung für eine stickoxidarme Verbrennung - Stickoxide sind ja neben Schwefeldioxid ein wesentlicher Mitverursacher unserer Umweltschäden.

Denoxanlagen sind Einrichtungen zur Beseitigung von Stickoxiden. Im Feuerungsbereich kann durch primäre Maßnahmen die Bildung von Stickoxiden minimiert werden. Dabei geht es um eine "weiche" Verbrennung, da ja Stickoxide vor allem bei sehr hohen

Feuerraumtemperaturen entstehen. Auch durch eine teilweise Rauchgasrückführung kann die NO<sub>x</sub>-Emission verkleinert werden. Weiterreichende Wirkungsgrade (80 - 90 %) können durch Katalysatoren erzielt werden. Sie können im Abgasstrom sowohl von Feuerungsanlagen als auch von Motoren eingebaut werden.

## B 2 EMISSIONEN AUS DEM HAUSBRAND

In den dicht besiedelten Gebieten hat der Hausbrand einen wesentlichen Anteil an der Luftverschmutzung. Verwendet werden dabei überwiegend fossile Brennstoffe (Heizöl und Kohle), bei deren Verfeuerung verschiedene Schadstoffe freigesetzt werden. Neben der Hauptkomponente Schwefeldioxid werden auch Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Stickoxide, Stäube und organische Verbindungen emittiert.

Laut Tiroler Emittentenkataster 1981 entfallen auf private Wohnraumheizungen:

- 33 % der Schwefeldioxidemissionen
- 10 % der Stickoxidemissionen
- 22 % der Kohlenmonoxidemissionen
- 16 % der organischen Gase und Dämpfe
- 53 % der Stäube und Aerosole

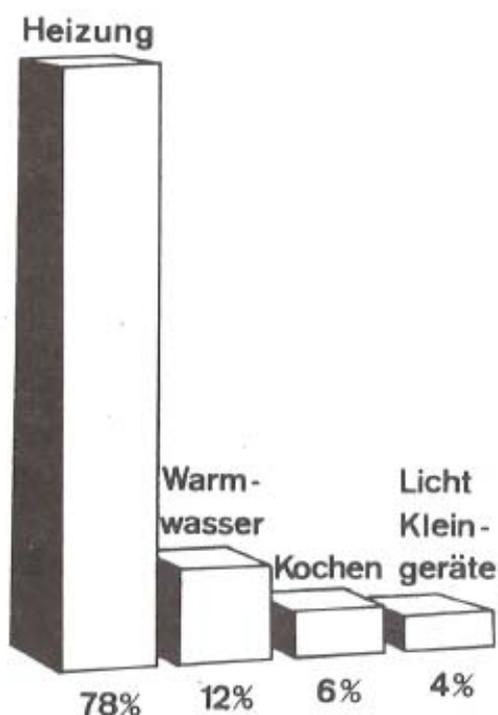
In Folge der geringen Schornsteinhöhen belasten die Schadstoffe aus den Haushalten vor allem die nähere Umgebung, und sind daher besonders in den Ballungsgebieten für die Luftbelastung mitverantwortlich. Der überwiegende Teil des privaten Energieverbrauchs wird zur Raumbeheizung aufgewendet (Abbildung (1)) und daher ist die Heizungsart und das verwendete Heizmaterial für die Luftverschmutzung von entscheidender Bedeutung.

## Gebäude und Wohnungen

Der Gebäudebestand in Tirol ist im Zeitraum 1961/1971 um 25,7 %, der Wohnungsbestand um 32,3 % angestiegen. Zwischen 1971 und 1981 hat die Zahl der Häuser (alle unter einer Hausnummer zusammengefaßten Gebäude) nochmals um 28 % jene der Wohnungen um 27,2 % zugenommen. Durch die Verbesserung der Wohnqualität änderten sich auch die Heizungsarten und Brennstoffanteile.

Abb. 1

### ANTEILE AM ENERGIEVERBRAUCH IM HAUSHALT

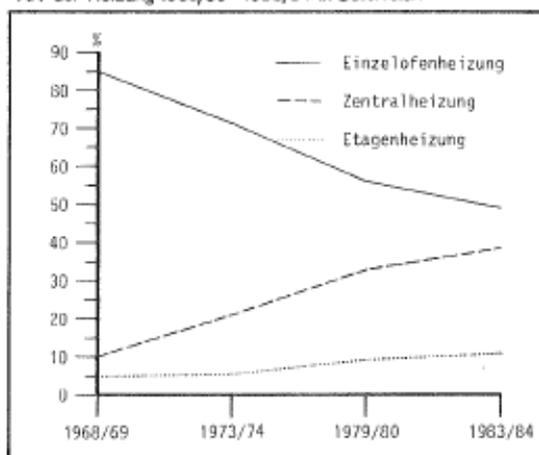


### Heizungsart

Der Anteil der Zentralheizungen hat stetig zugenommen, jener der Einzelofenheizungen stetig abgenommen. In Österreich waren 1969 85 % der Wohnungen mit einer Einzelofenheizung, 10 % mit einer Zentralheizung und 5 % mit einer

Etagenheizung ausgestattet. Bis zum Winter 1983/84 verringerte sich der Anteil der Einzelofenheizungen auf 49 %. Im gleichen Zeitraum stieg der Anteil der Zentralheizungen auf 33 %, der der Etagenheizungen auf 12 % (Abbildung (2)).

Art der Heizung 1968/69-1983/84 in Österreich



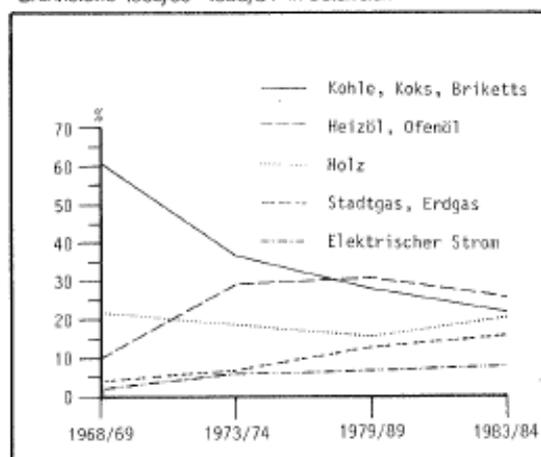
1971 hatten in Tirol 65 % der Wohnungen eine Einzelofenheizung, 32 % eine Hauszentralheizung und nur 3 % eine Etagenheizung. Bis zum Jahre 1984 ist der Anteil der Einzelofenheizungen auf 47 % abgesunken; dementsprechend angestiegen ist der Anteil der Hauszentralheizungen auf 44 %. Nach Vorarlberg (61 %) besitzt Tirol damit die zweithöchste Ausstattung an Hauszentralheizungen aller österreichischer Bundesländer. Der Anteil an Wohnungszentralheizungen (Etagenheizungen) ist in Tirol mit 5 % am niedrigsten in Österreich. Nur 4 % der Tiroler Wohnungen werden mit Fernwärme versorgt, diese Wohnungen befinden sich ausschließlich in großen Wohngebäuden mit mehr als 2 Wohnungen.

#### Heizmaterial

In Österreich verlief die Entwicklung bei den einzelnen Brennstoffen seit Mitte der 60er-Jahre sehr uneinheitlich. So nahm der

Anteil der mit Öl beheizten Wohnungen zunächst deutlich von 10 % im Jahre 1969 auf 29 % im Jahre 1974 zu, stieg dann bis 1980 nur noch leicht auf 31 % an und ging seither auf 26 % im Jahre 1984 zurück. Trotz dieses Rückganges liegt Ofenöl bzw. Heizöl 1984 an der Spitze der Brennstoffe, da die Verwendung von Kohle, Koks und Briketts (1969: 61 %, 1984: 22 %) ständig zurückging. Diesen Rückgang der festen mineralischen Brennstoffe machte zunächst auch Holz mit, dessen Anteil von 22 % im Jahre 1969 auf 16 % im Jahre 1980 zurückging; seit 1980 steigt jedoch der Prozentsatz der mit Holz beheizten Wohnungen wieder auf 21 % im Jahre 1984 an. Ständig gestiegen sind die Anteile der Gasheizungen (von 4 % im Jahre 1969 auf 8 % im Jahre 1984 - Abbildung (3)).

Brennstoffe 1968/69-1983/84 in Österreich



In den westlichen Bundesländern gibt es wesentlich mehr Wohnungen mit Zentralheizungen als in den östlichen. Aus diesem Grund ergab sich für Tirol auch eine veränderte Brennstoffentwicklung. In Tirol veränderten sich die Anteile der verschiedenen Heizmaterialien für die Wohnraumbeheizung folgendermaßen (Statistische Nachrichten 1974, 1979, 1984):

Bewohnte Wohnungen			
verwend. Heizmaterial	1974	1979	1984
Holz	23	17	25
Kohle, Koks, Briketts	29	15	13
Erdgas, Stadtgas	1	1	2
Heizöl	42	35	46
Elektrischer Strom	5	6	9
Sonst. Brennstoff - Unbekannt	-	26	5

Mit einem Anteil von 46 % wird in Tirol Heizöl bzw. Ofenheizöl am häufigsten verwendet. Damit hat Tirol den höchsten Anteil ölbeheizter Wohnungen aller österreichischen Bundesländer. Bis zum Winter 1973/74 nahm der Heizölanteil stark zu, sank nach der Ölkrise jedoch ab und ist seither wieder konstant angestiegen. Derzeit werden in Tirol 76 % der Hauszentralheizungen und 33 % der Etagenheizungen mit Heizöl betrieben. Bei den Einzelofenheizungen hat das Heizöl nur einen Anteil von 16 %.

Bis zum Jahre 1979 nahm der Holzanteil am Gesamtbrennstoffverbrauch ständig ab; seit 1980 ist er allerdings wieder stark angestiegen. Derzeit werden rund ein Viertel aller Wohnungen in Tirol mit Holz beheizt, damit ist Holz nach dem Heizöl das wichtigste Heizmaterial. Bei Zentral- und Etagenheizungen wird selten ausschließlich Holz verwendet, meistens wird Holz und Kohle kombiniert. Jedoch bei den Einzelofenheizungen wurden 1984 44 % nur mit Holz beheizt. Da in den letzten Jahren in vielen Wohnungen Kachelöfen errichtet wurden, wird die Bedeutung von Holz für Einzelofenheizungen weiterhin ansteigen.

Die Verwendung von Kohle, Koks und Briketts ging bis 1980 sehr stark zurück und fällt seither nur mehr leicht ab. Für die Hauszentralheizungen haben diese Brennstoffe nur geringe Bedeutung (7 %), jedoch 19 % der Einzelofen-

heizungen und 22 % der Etagenheizungen werden damit betrieben.

Der Anteil der Stromheizungen ist zwar seit Anfang der 70er-Jahre ständig langsam angestiegen, trotzdem ist der Gesamtanteil mit 9 % relativ gering. In Folge der fehlenden Erdgasversorgung hat Tirol (2 %) nach Kärnten den geringsten Anteil an Gasheizungen. Durch den Bau einer Gasleitung wäre allerdings eine erhebliche Steigerung zu erwarten. Fernwärme wird derzeit in Tirol zu mehr als 80 % mit Heizöl und der Rest mit Gas oder anderen Brennstoffen erzeugt.

#### G e b ä u d e g r ö ß e u n d B a u p e r i o d e

In Ein- und Zweifamilienhäusern werden mehr als die Hälfte aller Wohnungen mittels Zentralheizung beheizt, der restliche Teil verfügt über eine Einzelofenheizung. Wesentlich stärker vertreten ist die Einzelofenheizung in größeren Wohngebäuden. In Österreich sind 23 % der Wohnungen in Gebäuden mit 3 bis 9 Wohnungen und 54 % der Wohnungen in Gebäuden mit mehr als 10 Wohnungen mit Einzelöfen ausgestattet und nur knapp ein Fünftel an eine Hauszentralheizung angeschlossen. Die Fernwärmeversorgung der größeren Gebäude ist überdurchschnittlich hoch.

Drei Viertel der vor 1919 erbauten Wohnungen werden noch durch Einzelöfen oder Heizgeräte beheizt. Mit zunehmend jüngerem

Alter gehen die Anteile dieser Heizungsart rasch zurück und erreichen bei Neubauten ab 1981 nur noch 14 %. Umgekehrt steigen die Anteile von Wohnungen mit Zentralheizung rasch von 12 % in Altbauten vor 1919 auf 64 % in 1981 und später errichtete Wohnungen. In vor 1919 erbauten Wohnungen liegt die Verwendung von Holz mit einem Anteil von 30 % an der Spitze, aber auch 28 % der Neubauwohnungen werden mittels Holz beheizt. Ölheizungen werden vorwiegend in Wohnungen der Baujahre 1961 bis 1970 verwendet (34 %) sowie in 1971 bis 1980 erbauten Wohnungen (27 %).

#### G e m e i n d e t y p

Die Einzelofenheizung überwiegt noch deutlich in Gemeinden mit einem hohen landwirtschaftlichen Bevölkerungsanteil, während diese Heizungsart in Mittel- und Großstädten einen eindeutig niedrigeren Anteil aufweist. Auch bei den verwendeten Brennstoffen zeigen sich deutliche Unterschiede in den Heizgewohnheiten. In Gemeinden mit dem höchsten landwirtschaftlichen Bevölkerungsanteil werden noch über 50 % der Wohnungen mit Holz beheizt, während dieser Brennstoff in Städten ab 20.000 Einwohnern kaum mehr von Bedeutung ist. Mit sinkender landwirtschaftlicher Bevölkerung nimmt in Gemeinden bis zu 20.000 Einwohnern die Bedeutung von Kohle, Koks und Briketts sowie Heizöl stetig zu.

#### M a ß n a h m e n z u r V e r b e s s e r u n g d e r L u f t

Um die Schadstoffemissionen aus dem Hausbrand zu verringern, können mehrere Maßnahmen durchgeführt werden. Einige davon sollen nachfolgend kurz erläutert werden. Energiesparen ist nicht nur die

wirkungsvollste sondern auch billigste Maßnahme, die jeder Einzelne durchführen kann.

Regelung der Raumtemperatur mittels Außenthermostat - der Heizvorgang soll mit der Außentemperatur abgestimmt werden.

Heizkörper- und Raumthermostat: Die Sonneneinstrahlung und die bei anderen Arbeitsvorgängen (Kochen, Backen, Bügeln usw.) anfallende Wärme wird mitberücksichtigt.

Absenkung der Raumtemperatur in den Nachtstunden und in unbenutzten Räumen.

Begrenzung der Raumtemperatur und der Beheizungsdauer.

Änderung der Lüftungsgewohnheiten; kein Dauerkippen der Fenster, sondern vollständiges Öffnen der Fenster für kurze Zeit.

Die Höhe der Energieeinsparung durch Regeltechnik ist aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich. Tabelle (1)

Durch verschiedene Dämmstoffe kann der Wärmeverlust an den Außenwänden und Decke stark reduziert werden. Ebenso notwendig sind gut schließbare Fenster und Türen mit Doppelverglasung (Thermoglas) und das Abdichten von Fenster- und Türfugen. Isolierrolläden würden vor allem die Wärmeabstrahlung der Fenster bei Nacht stark reduzieren. Bei Neubauten sollten nur mehr Baustoffe mit bestmöglicher Wärmedämmwirkung verwendet werden.

Wärmeschutzmaßnahmen verringern den Wärmebedarf erheblich  
- Tabelle (2)

Holz ist ein sehr umweltfreundlicher Brennstoff. Da Holz fast schwefelfrei ist, können bei der Holzverbrennung auch keine schwefelhaltigen Schadstoffe entstehen. Mit dem heutigen Stand der Technik werden bei Holzfeuerungsanlagen auch andere Schadgase (Stickoxide, Kohlenmonoxid,

Regelungstechnische Maßnahmen	Energieeinsparung			
	Einhaltung des einregulierten Temperaturniveaus	Einsparung in % <sup>1)</sup> durch		Nachtabenkung
Erfassung der Wärmeentwicklung im Raum		Vermeidung von höheren Temperaturen		
- nur Thermostatventile in allen Räumen	ca. 14 % (14 %)	ca. 5-8 % (5-8 %)		
- Raumtemperaturregelung elektronisch, mit Mischregelung	ca. 14 %	ca. 3-5 %	ca. 2-3 %	ca. 9-13 %
- witterungsgeführte, elektronische Vorlauftemperaturregelung	ca. 14 % (16-19 %)		ca. 2-3 % (3-4 %)	ca. 8-12 % (3-8 %)
- witterungsgeführte Vorlauf-temperaturregelung und Thermostatventile	ca. 14 % (16-19 %)	ca. 5-8 % (5-8 %)	ca. 2-3 % (3-5 %)	ca. 8-12 % (3-8 %)

1) Werte ohne Klammer: Einfamilienhaus  
Werte in Klammer: Mehrfamilienhaus

Quelle: "Sparsame Energieverwendung im Wohnbau", Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, 1980

Tab. 2

### Wärmebedarf für ein freistehendes Einfamilienhaus mit ca. 130 m<sup>2</sup> Wohnfläche

in Abhängigkeit von den Wärmeschutzmaßnahmen (Bauweise, Fensterausführung und Fensterflächenanteil an den Außenwandflächen)

Wärmeschutzmaßnahmen		sehr gut			gut			den Mindestanforderungen entsprechend			
Wärmedurchgangszahlen: k-Werte für Außenwände und Decken		0,3 bis 0,6 Watt/m <sup>2</sup> K			0,6 bis 0,9 Watt/m <sup>2</sup> K			0,9 bis 1,4 Watt/m <sup>2</sup> K			
Fläche der Fenster und Außentüren bezogen auf die Außenwände		bis 20%			bis 25%			bis 30%			
Bauteil	maximale Temperaturdifferenz Räume - Außenluft Kelvin bzw. °C	Fläche m <sup>2</sup>	k-Wert W/m <sup>2</sup> K	maximaler Wärmebedarf Watt	Fläche m <sup>2</sup>	k-Wert W/m <sup>2</sup> K	maximaler Wärmebedarf Watt	Fläche m <sup>2</sup>	k-Wert W/m <sup>2</sup> K	maximaler Wärmebedarf Watt	
Fenster und Außentüren	38	23	2,6	2272	32	2,8	3405	46	3,0	5244	
Außenwände	38	121	0,4	1839	115	0,8	3496	122	1,25	5795	
Kellerdecke	15	130	0,6	1170	130	0,9	1755	130	1,4	2730	
Dachbodendecke	38	130	0,3	1482	130	0,6	2964	130	1,1	5434	
Transmissionswärmebedarf				6763					11620		
		Fugenlänge m	Fugendurchlässigkeit Watt/mK		Fugenlänge m	Fugendurchlässigkeit Watt/mK		Fugenlänge m	Fugendurchlässigkeit Watt/mK		
Fenster und Außentüren	38	65	1,0	2470	78	1,4	4150	97	2,0	7372	
Lüftungswärmebedarf				2470					4150		
<b>Gesamtwärmebedarf</b>				<b>9233</b>					<b>15770</b>		

**Ergebnis:** Der maximale Wärmebedarf von rund 26.600 Watt bei Wärmeschutzmaßnahmen, die den Mindestanforderungen entsprechen, verringert sich um ca. 40% bei gutem und um ca. 65% bei sehr gutem Wärmeschutz.

Quelle: "Sparsame Energie-Verwendung im Wohnbau", Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, 1980

u.a.) minimiert. Moderne Holzfeuerungsanlagen mit einer automatischen Beschickung bieten einen ähnlichen Komfort wie Ölfeuerungen und bringen wirtschaftliche Vorteile. Dem etwas höheren Inves-

titionsaufwand stehen wesentlich geringere Betriebskosten gegenüber. Nach einem Amortisationszeitraum von ca. 5 Jahren können die Betriebskosten um mehr als 50 % gesenkt werden. Öl- und Kohlehei-

zungen könnten in der mildereren Übergangszeit (Herbst-Winter, Winter-Frühjahr) mit Holz beheizt werden, dies würde zu einer wesentlichen Verringerung der Schadstoffemissionen führen. Erdgasheizungen haben ebenfalls einen geringen Schadstoffausstoß. Bei einer ausreichenden Erdgasversorgung in Tirol würde der verstärkte Einbau von Gasheizungen zu einer Verbesserung der Luftqualität beitragen.

Eine bessere Verwertung der eingesetzten Energie läßt sich durch eine Verbesserung des Wirkungsgebietes einer Heizungsanlage erzielen. Durch die neue Heiztechnik kann der Wirkungsgrad einer Heizungsanlage wesentlich gesteigert werden.

Umwandlungsverluste beim Einsatz fossiler Energieträger werden dann minimiert, wenn eine vollständige Verbrennung erreicht wird. Eine vollständige Verbrennung setzt aber bestimmte Temperaturen und eine richtige Bemessung der Sauerstoffzufuhr bei der Verbrennung voraus: Brenner, Heizkessel und Schornstein müssen richtig aufeinander abgestimmt sein. Oft führen schon einfache Maßnahmen, wie der Einbau einer Zugbegrenzerklappe im Schornstein (zu hoher Zug) und die richtige Einstellung des Brenners zu einer deutlichen Steigerung des Wirkungsgrades.

Niedertemperatur-Heizsysteme

Die Vorlauftemperaturen können bei Niedertemperatur-Heizsystemen (großflächige Heizsysteme) beträchtlich gesenkt werden. Die Wassertemperatur liegt zwischen 25 und 50 Grad Celsius. Für Niedertemperaturheizsysteme können beliebige Wärmeerzeuger verwendet oder kombiniert werden. Die Wärmepumpe nutzt die Umgebungsluft als Wärmequelle. Das Prinzip der Wärmepumpe besteht somit in einer Umwandlungskette "Verdampfen - Verdichten - Kondensieren - Entspannen"

und dadurch kann Wärme von einem niederen auf ein höheres Temperaturniveau gebracht werden. Wasser, Luft und Erdreich stellen durch Sonnenenergie stets neu erwärmte Wärmespeicher - Medien dar und sind daher als Wärmequellen hervorragend geeignet. Nach der Funktionsweise unterscheidet man vier Arten von Wärmepumpensystemen:

- Kompressions - Wärmepumpe
- Absorptions-Wärmepumpe
- Kaltgas-Wärmepumpe
- Peltier-Wärmepumpe

In der Praxis verwendet man heute nahezu ausschließlich die Kompressions Wärmepumpe, bei der der Antrieb der Wärmepumpe durch Zufuhr von mechanischer Energie erfolgt. Gas, Diesel und Strom sind als Antriebsenergie geeignet. Da der Wirkungsgrad der Elektrowärmepumpe bei geringen Temperaturen der genutzten Wärmequelle rasch abfällt, kann die gesamte Heizenergie zur Raumheizung (monovalenter Betrieb) von einer Wärmepumpenanlage allein nicht aufgebracht werden. Die Wärmepumpe muß mit einer festen Brennstoffheizung (Ölheizung) kombiniert werden.

Solaranlagen

Obwohl die Solartechnik eine noch junge Technologie ist, stehen heute bereits ausreichende Erfahrungen zur Verfügung, welche eine sinnvolle Installation von Solaranlagen zur Brauchwasserbereitung (Warmwasser) und zur Schwimmbadheizung gestatten. Vor allem die passive Nutzung der Sonnenenergie kann auch wesentliche Beiträge zur Wohnraumheizung leisten.

Rauchgasreinigungsanlagen für Hausheizungen

Bei größeren Wohngebäuden mit einer Hauszentralheizung ist auch eine Rauchgasreinigungsanlage

denkbar. Derzeit sind einige derartige Anlagen als Prototyp vorhanden. Bei einer Kombination von Wärmerückgewinnung und Rauchgasreinigung können Nutzungsgrade bis zu 100 % erreicht werden. Es wäre daher unbedingt notwendig diese Pilotanlagen für die Rauchgasreinigung von Kleinf Feuerungen

einer intensiven Betriebsprüfung zu unterziehen.

Der Energie-Einsatz im Wohnbau ist beachtlich und beträgt in den westlichen Industriestaaten etwa 40 % des Primärenergieaufkommens. Der Hauptanteil des privaten Energieverbrauchs wird zur Raumbeheizung aufgewendet.

Tab. 3

### Effekte verschiedener Energiesparmaßnahmen auf den Primärenergieverbrauch und die SO<sub>2</sub>-Emission (in Prozent)

Maßnahme	Primärenergieeinsparung <sup>1)</sup>	Geschätzte SO <sub>2</sub> -Verminderung	Verlagerung auf andere Energien
Ölheizung Basiswert <sup>2)</sup>	0	0	nein
Regelungstechnik <sup>3)</sup>	5-20	5-20	nein
Wärmedämmung, Isolierrolläden, Doppelverglasung	20-70	20-70	nein
Wärmerückgewinnung, Wärmedämmung, passiv-solare <sup>4)</sup> Bauweise	50-90	40-80 <sup>5)</sup>	zum Teil <sup>5)</sup>
Solarkollektoren und Ölheizung	25-50	20-45 <sup>5)</sup>	zum Teil <sup>5)</sup>

1) = Werte können nicht addiert werden

2) = alle Prozentwerte bezogen auf konventionelle Ölheizung, mittlerer Wirkungsgrad 70 %, Wärmedämmstandard k(m) = 1,5 W/qmK

3) = Thermostate, optimierte Brenner, Nachtabsenkung, niedrige Verlauftemperatur

4) = incl. Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung, Personen, Hausgeräte

5) = für den Betrieb von Wärmetauschern bzw. Umwälzpumpen muß elektrische Energie eingesetzt werden, deren Produktion zusätzliche Emissionen verursacht und daher die SO<sub>2</sub>-Verminderung verkleinert

QUELLE: Das Waldsterben / Ursachen - Folgen - Gegenmaßnahmen, Arbeitskreis Chemische Industrie, Katalyse Umweltgruppe Köln, 1984

Um den konzentrierten Anfall von Schadgasen im Winter zu reduzieren, sollten alle möglichen Maßnahmen zur Energieeinsparung, sowie Einbau emissionsarmer Heizsysteme durchgeführt werden. Dabei werden nicht nur die SO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern auch die gesamten Schadstoffe (Stickoxide, Kohlenmonoxid, Staub usw.) verringert. Die vorstehende Tabelle (3) zeigt die Höhe der Energieeinsparung und SO<sub>2</sub>-Verminderung infolge verschiedener Maßnahmen:

#### DAS POTENTIAL VON ENERGETISCH NUTZBAREM RESTHOLZ IN TIROL

##### Anfall von Restholz

Im Jahr 1983 hat die Tiroler Sägeindustrie 1,252.700 fm Rundholz verarbeitet. Die Ausbeute an Schnittholz betrug 823.082 m<sup>3</sup>, das sind 65,7 %.

Beim Rundholzeinschnitt fallen als Nebenprodukte Rinde, Kappholz, Spreißel, Säge- und Hobelspäne sowie Hackgut an.

Aus einem fm Holz können im Durchschnitt 2,85 rm Hackgut erzeugt werden. Die Rinde hat einen Auflockerungsfaktor von 1:3, sodaß 1 fm Rinde 3 rm Rindenschüttgut ergibt. Dadurch wird verständlich, wie aus 429.618 Festmeter Sägerestholz 1,245.892 Raummeter Sägenebenprodukte entstehen konnten. Diese Menge teilt sich wie folgt auf:

1. Rinde	235.374 rm
2. Kappholz	22.733 rm
3. Spreißel (m. u. ohne Rinde)	149.251 rm
4. Säge- und Hobelspäne	315.724 rm
5. Hackgut	522.810 rm
	<hr/>
	1,245.892 rm

##### Verwertung des Restholzes

Traditionelle Abnehmer von Sägenebenprodukten sind die Papier- und Zellulose- sowie die Holzwerkstoffindustrie. In Tirol sind die Hauptabnehmer von Spreißeln und Hackgut bzw. von Säge- und Hobelspänen die Spanplattenwerke in St. Johann und Wörgl. Das Kappholz wird teilweise an das Zellulosewerk in Hallein, von kleineren Betrieben vorwiegend an private oder Holzhändler zu Heizzwecken verkauft.

Das Statistische Zentralamt in Wien hat erhoben, daß im Jahre 1983 die Sägewerke in Tirol für den energetischen Verbrauch im eigenen Betrieb 3.015 rm Sägenebenprodukte ohne Rinde und 44.694 rm Rinde eingesetzt haben.

Aus einer Untersuchung von Mag. Walter Klotzner (1979) über die Möglichkeiten der Abfallbewirtschaftung für die Tiroler Sägeindustrie kann angenommen werden, daß derzeit in Tirol mindestens 100.000 rm Rindenschüttgut noch ungenutzt sind.

Da kleinere Sägebetriebe nur in Ausnahmefällen über eine Entrindungsanlage verfügen, verschneiden diese das Rundholz mit der Rinde. Der Absatz der dabei anfallenden Spreißeln und Schwarteln mit Rinde ist mit Problemen verbunden. Durch eine energetische Verwertung dieser Rindenspreißeln und der Rinde selbst kann ein neuer Absatzmarkt geschaffen werden, ohne daß sich dadurch Nachteile für die Abnehmer aus der Holzwerkstoffindustrie ergeben.

Neben diesem industriellen Restholz gibt es auch im Tiroler Wald beträchtliche Pfliegerückstände, die von der Forstinventur auf ca. 1,15 Mio. vfm geschätzt werden. Davon könnte ein wesentlicher Teil energetisch genutzt werden.

## Heizwert des Holzes

Der Heizwert des Holzes ist im wesentlichen vom Wasser- und Kohlenstoffgehalt abhängig. Ein höherer Wassergehalt verringert den Heizwert. Der Wassergehalt des Holzes wird in Prozenten bezogen auf das Gesamtgewicht angegeben. Waldfrisches Holz hat im Durchschnitt einen Wassergehalt zwischen 50 und 60 %. Durch Lagerung über einen Sommer verringert sich der Wasseranteil auf 25-30 %, bei längerer Lagerung auf 15-20 %. Bei der Rinde muß mit einem durchschnittlichen Wassergehalt von 50 % gerechnet werden. Ein Raummeter Fichtenholz mit 25 % Wassergehalt hat eine Energieleistung von 1,245 kWh. Auf das Gewicht bezogen hat 1 kg Rinde mit 50 % Wasseranteil einen Heizwert von 2,248 kWh und 1 kg Nadelholz mit 25 % Wassergehalt einen Heizwert von 3,740 kWh.

Der Heizwert des Holzes ist demnach mit jenem einer guten Braunkohle vergleichbar.

1000 l Heizöl können durch 5 bis 6 m<sup>3</sup> Hartlaubholz bzw. 7 bis 8 m<sup>3</sup> Nadelholz (Weichholz) ersetzt werden. Bei der Verwendung von Hackgut sind auf Grund der größeren Auflockerung 10 bis 16 m<sup>3</sup> Hackgut zur Substitution notwendig.

Der energetische Wert von 100.000 m<sup>3</sup> Rinde mit 50 % Wassergehalt entspricht einer Menge von ca. 5.000 to Heizöl extraleicht.

Während Heizöl extraleicht zur Zeit S 5.750,-- je Tonne (ohne Mehrwertsteuer) kostet, ist ein Raummeter Rinde einschließlich der Transportkosten mit ca. S 70,-- (ohne Mehrwertsteuer) zu veranschlagen. Daraus ergibt sich, daß bei Verwendung von Heizöl extraleicht ohne Berück-

sichtigung der Investitionskosten eine Kilowattstunde S 0,49 kostet; eine aus Rinde erzeugte Kilowattstunde kommt dagegen nur auf S 0,12, wenn ebenfalls keine Investitionskosten berechnet werden. Moderne Holz- bzw. Rindenfeuerungsanlagen mit automatischer Beschickung bieten etwa gleich viel Komfort wie Öl- oder Gasheizungen, haben allerdings um etwa 50 % höhere Anschaffungskosten. Außerdem muß mit baulichen Mehraufwendungen für ein größeres Heizhaus und für einen Brennstoffbunker gerechnet werden.

## Auswirkungen auf die Luftqualität

Holz ist nahezu schwefelfrei. Daher kann bei der Verbrennung des Holzes kein Schwefeldioxid entstehen. Wenn nun 5.000 to Heizöl extraleicht, welches 0,3 % Schwefel enthält, durch Holz als Energieträger ersetzt werden, so werden im Jahr um 30 to weniger Schwefeldioxid freigesetzt. Damit wird auch ein Beitrag zur Umweltentlastung geleistet.

Auch die NO<sub>x</sub>-Emission aus Holzfeuerungen liegt deutlich unter der Emission aus Kohle, Öl- und Gasfeuerungen.

### B 3.a EMISSIONEN AUS DEM VERKEHR

Der Verkehr ist in Tirol der mit Abstand größte NO<sub>x</sub>-Emittent. Während es im Laufe der letzten Jahre gelungen ist die SO<sub>2</sub>-Emissionen aus Gewerbe, Industrie und Hausbrand einzuschränken, hat die NO<sub>x</sub>-Emission in allen europäischen Ländern zugenommen. Durch den Verkehr kommen aber auch beträchtliche Mengen von Kohlenwasserstoffen, Kohlenmonoxid und Blei in die Umwelt. Der Einsatz von Auftausalzen bringt im Bereich der Hauptdurchzugsstraßen zusätzliche Belastungen.

Der Anteil der verkehrsbedingten Umweltentlastungen wird durch die folgenden zwei Detailuntersuchungen dargestellt:

#### DER EINFLUSS DES VERKEHRS AUF DIE IMMISSIONSBELASTUNG AM BEISPIEL DES WIPPTALES

In industrialisierten Ländern mit hoher Verkehrsdichte, z.B. der Bundesrepublik, der Schweiz und auch Österreich, stammen mehr als 95 % der Stickoxidemissionen aus nicht natürlichen Quellen und zwar vorwiegend aus Verkehr und Feuerungen. Als Hauptquelle muß dabei eindeutig der Motorfahrzeugverkehr bezeichnet werden; sein Anteil an der antropogenen Stickoxidemission beträgt nach dem Emittentenkataster für Tirol 1980 etwa 70 %. Demgegenüber sind die sich aus natürlichen Quellen ergebenden Stickoxidbelastungen (Freisetzung aus Böden, Entstehung bei Blitzen usw.) in Mitteleuropa vernachlässigbar klein. Die von den Motorfahrzeugen und anderen Quellen ausgestoßenen Schadstoffe (siehe unten) werden in der Atmosphäre umgewandelt und verfrachtet. Damit wird erklärlich, daß das Waldsterben nicht auf den Nahbereich von NO<sub>x</sub>-Emittenten begrenzt ist, sondern auch

auf abgelegene Gebiete übergreift.

Abb.(4) zeigt vereinfachend den Reaktionszyklus der Stickoxide und Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre:

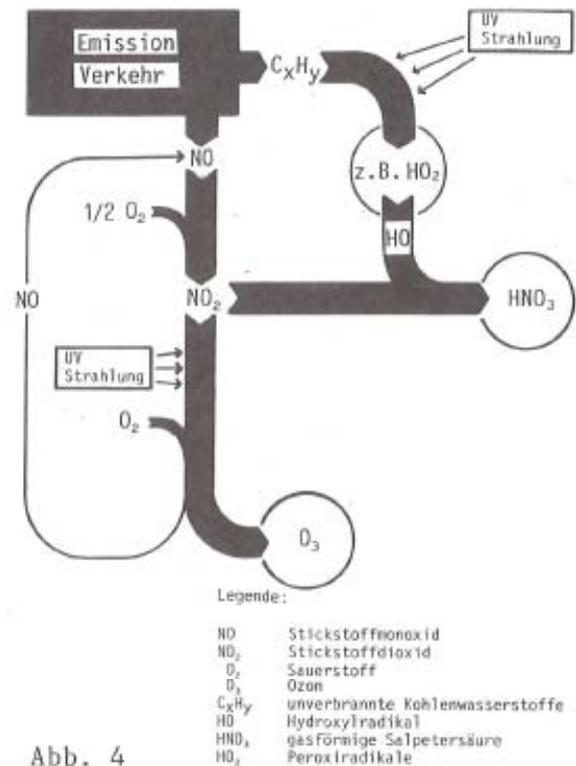


Abb. 4

Aus den Abgasen des Verkehrs entstehen unter Einwirkung von ultraviolettem Licht neben Ozon eine Vielzahl gas- und partikelförmiger Verbindungen wie Peroxide, Aldehyde, Peroxyacylnitrate (PAN), die toxischer als Ozon sein können, aber in geringeren Konzentrationen auftreten. Als Leitsubstanz zur Beurteilung fotochemischer Luftverunreinigungen wird deshalb Ozon herangezogen. In diesem Zusammenhang ist ein Vergleich von Ozonkonzentrationen verschiedener Stationen interessant. Am Wank in Bayern (1.780 m Seehöhe) sowie auf der Zugspitze (2.960 m Seehöhe) werden seit Jahren Ozonkonzentrationen gemessen. An beiden Stationen sind die Jahresmittelwerte sehr ähnlich und liegen bei 40 ppb (ppb = Anteil pro Milliarde). Die von der Lan-

desforstdirektion durchgeführten Ozonmessungen am Patscherkofel (Klimahaus 1.960 m Seehöhe) ergaben einen Jahresmittelwert (Mai 1981 - Mai 1982) von über 80 ppb. Es drängt sich hierbei die Vermutung auf, daß diese Mehrbelastung an Ozon durch den Verkehr bedingt sein könnte.

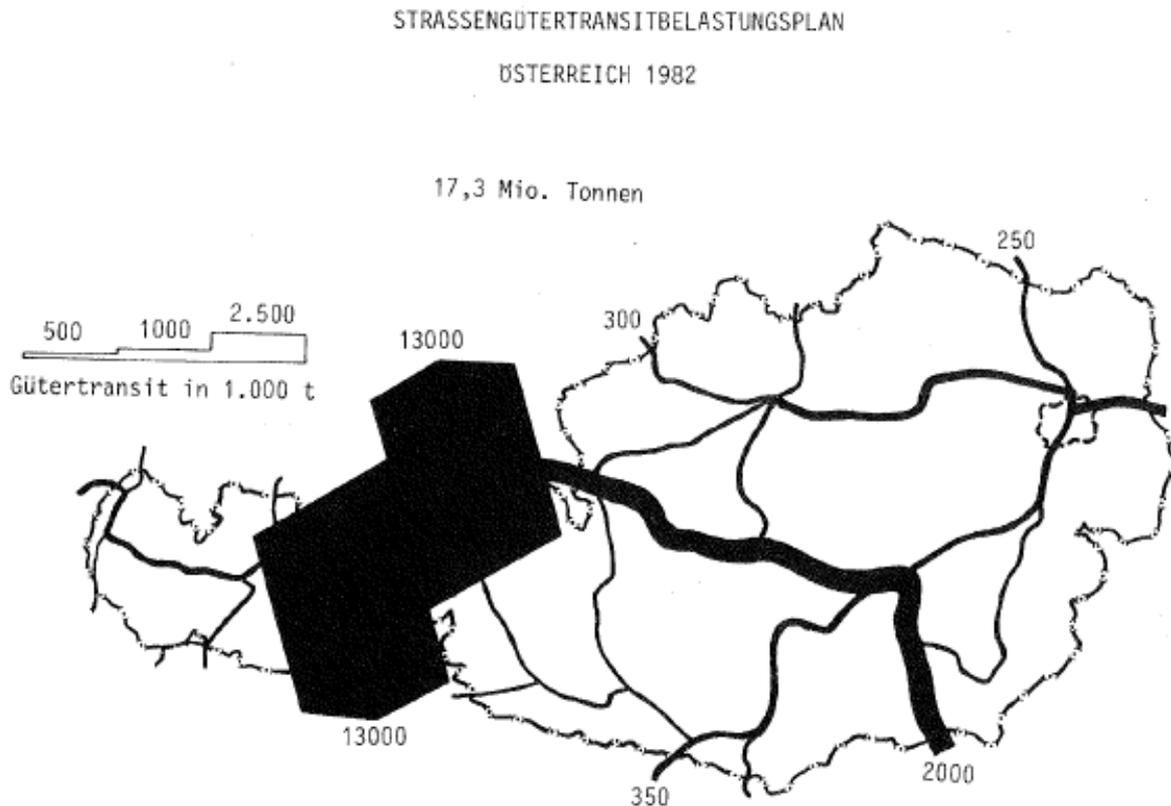
Die Verkehrssituation in Tirol:

Tirol als Land zwischen den EG-Staaten BRD und Italien ist mit Abstand das am meisten belastete Transitland Europas. Im Jahr 1982 wurden 17,3 Mio. Tonnen Güter durch Österreich transportiert; 3/4 davon (= 13 Mio. Tonnen) rollten über den Brenner, wie aus der Abbildung 5 hervorgeht (aus einer Studie des BMFV, Abt. Verkehrskoordination vom Mai 1984):

Im folgenden wird versucht, die Schadstoffemission des Verkehrs vom Jahre 1983 am Beispiel Innsbruck-Brenner zu berechnen, da für diesen Bereich genaue Zahlen vorliegen. Als Werte wurden die Angaben des grenzüberschreitenden Verkehrs 1983 vom Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. I d verwendet. Der Verkehr innerhalb des Wipptales ist hierbei nicht berücksichtigt. Es ergibt sich daraus folgendes Bild (siehe Tabelle 4).

Wie aus der Tabelle 4 ersichtlich, sind im Jahr 1983 über 9,5 Mio. Fahrzeuge an der Brennergrenze gezählt worden. Bei den Lastkraftwagen sind 99 %, bei den PKWs 70 % und bei den Bussen 63 % über die Autobahn an die Grenze gelangt.

Abbildung (5)



Tab.(4)

Anteil der verschiedenen Fahrzeugklassen am Verkehr  
durch das Wipptal (Meßstelle Brennergrenze)

	PKW	%	LKW	%	Busse	%
Bundesstraße	2,618.902	30	7.926	1	42.758	37
Autobahn	5,982.268	70	841.421	99	74.385	63
Gesamt	8,601.170	100 %	849.350	100 %	117.143	100 %

Die Abgasbelastung des Wipptales:

Die für eine derartige Abschätzung notwendigen Schadstoffemissionsfaktoren für PKW wurde auf eine Untersuchung des Schweizer Umweltbundesamtes vom März 1984 bezogen; jene für Nutzfahrzeuge sind aus einem 1983 veröffentlichten Bericht des Umweltbundesamtes Berlin entnommen. Als Abgasemissionsfaktoren wurden die für den Fahrmodus 85 km/h Konstantfahrt (= K 85) ermittelten Werte für die Berechnung herangezogen. Diese K 85-Werte sind auf die Fahrt auf ebener Straße bezogen; aufgrund der Steigung zum Brenner wird diese Geschwindigkeit zumindest von den Bussen und Lastkraftwagen nicht erreicht. Trotzdem erscheint es zulässig, diese Emissionswerte zur Berechnung heranzuziehen, da jeweils mit Volllast gefahren wird.

Der Schadstoffemissionswert für den Nutzfahrzeugverkehr auf Autobahnen außerorts ist ein Mischwert. Es wird dabei ein Lastenzuganteil von 60 % angenommen, der sich jeweils zur Hälfte aus Lastzügen mit 22-32 to bzw. 32-38 to zulässiges Gesamtgewicht zusammensetzt. Die restlichen 40 % dieses Wertes setzen sich wiederum zur Hälfte aus Solofahrzeugen bis 10 to bzw. über 10 to (bis 22 to) Gesamtgewicht zusammen.

Schadstoffemissionen des Verkehrs im Wipptal im Jahre 1983

Die oben ermittelten Zahlen für die Verkehrsfrequenz sowie die Werte für die Abgasemissionen der einzelnen Fahrzeugklassen ergeben auf der Strecke Innsbruck Brenner somit folgende Belastungen an Stickoxiden bzw. Schwefeldioxid.

Für das Wipptal ergibt sich im Jahre 1983 eine Stickoxidbelastung allein durch den grenzüberschreitenden Verkehr von insgesamt über 1.400 to, die Schwefeldioxidbelastung beträgt knapp 60 to (der Schwefelgehalt im Diesel wurde mit 0,3 % angenommen). Wenn man die Kürze der Strecke in Betracht zieht, so fallen pro km etwa 41.000 kg Stickoxide an, beim SO<sub>2</sub> immerhin noch über 1.600 kg! Diese Angaben sind nicht zuletzt wegen der Nichtberücksichtigung des Verkehrs innerhalb des Wipptales als Minimalabschätzung zu bewerten.

Veränderung des Verkehrsaufkommens über die Grenze seit 1976

Ein Vergleich mit dem alten Emissionenkataster von 1981, dem die Verkehrszahlen von 1976 zugrundegelegt sind, ist wenig aussagekräftig, da in der Zwischenzeit wesentlich genauere Zahlen über die Abgaswerte besonders von den LKW und Bussen vorliegen.

Der PKW- und Busverkehr hat sich 1983 im Vergleich zu 1976 nur unwesentlich verändert. Demgegenüber hat der LKW-Verkehr über den Brenner ständig zugenommen. Laut Statistik wurden 1976 634.609 LKW an der Grenze (Autobahn und Bundesstraße) gezählt. Die Differenz bis 1983 betrug 214.741 Einheiten, was vereinfacht gerechnet eine Mehrbelastung von 21 to NOx und 1,8 to SO2 pro Jahr seit 1976 gleichkommt.

Stickoxide werden relativ rasch zu Folgeprodukten abgebaut, die durch Windströmungen abtransportiert werden. Entlastungen zur Verminderung der Emissionen an der Entstehungsquelle sind aber dringend notwendig.

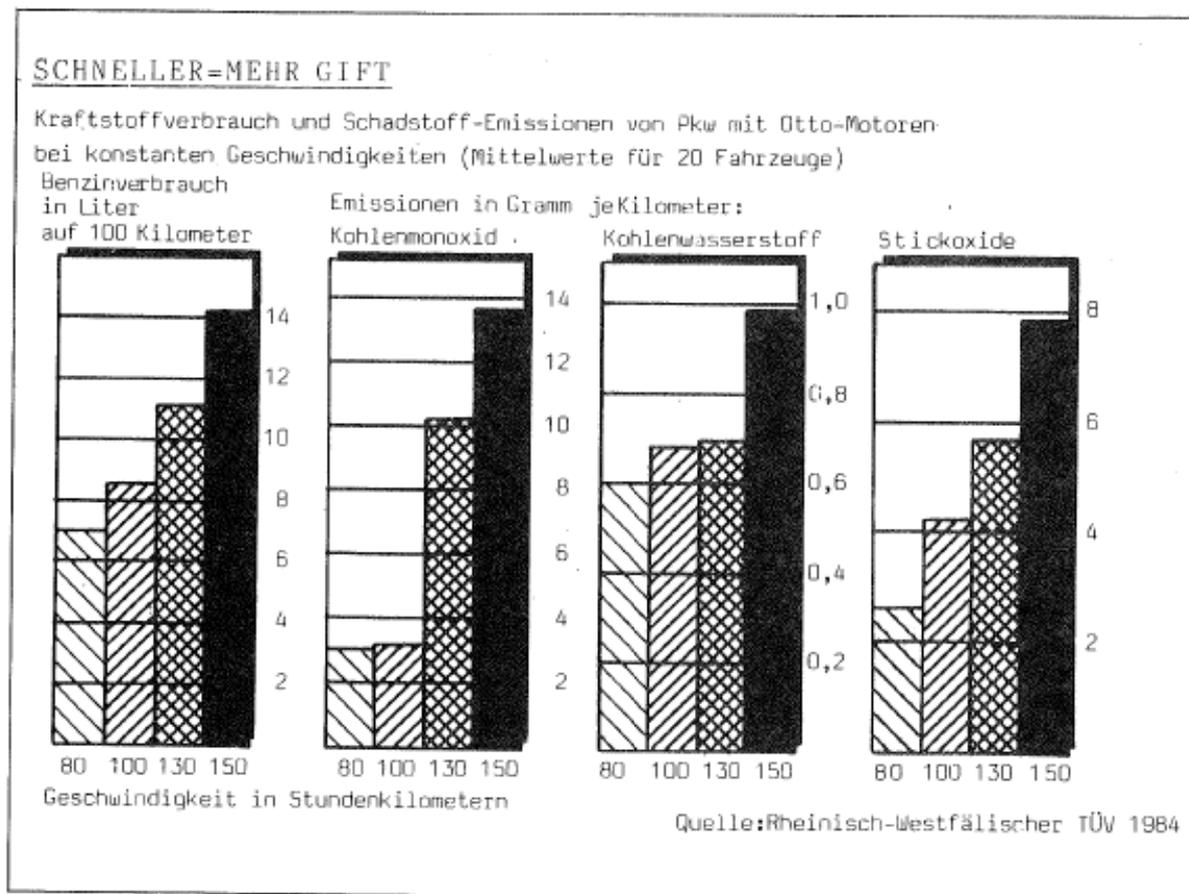
## MASSNAHMEN ZUR VERRINGERUNG DER SCHADSTOFFEMISSIONEN AUS DEM VERKEHR

### 1. Bessere Geschwindigkeitskontrolle

Eine effektive Kontrolle der Geschwindigkeit der Fahrzeuge besonders auf Autobahnen bringt, wie die Abbildung 6 des TÜV (BRD) für Otto-Motoren zeigt, eine deutliche Reduktion der Schadstoffemissionen.

Für Dieselfahrzeuge liegen diesbezüglich keine Daten vor; zweifellos wirken sich aber auch bei Dieselmotoren höher werdende Geschwindigkeiten wegen des größer werdenden Luftwiderstandes in einer Erhöhung der Abgasemission aus.

Abbildung (6)



## 2. Tempo 80/100 km/h

Die Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen auf 100 km/h bzw. 80 km/h auf Bundesstraßen hat einen deutlichen Effekt auf die Schadstoffemission durch Fahrzeuge. Die verfügbaren Daten für Fahrzeuge mit Otto-Motor (siehe Abb. 6) zeigen für Stickoxide und für CO erhebliche Reduktionen, auch der Kraftstoffverbrauch sinkt. Für den gesamten Motorfahrzeugverkehr in der Schweiz ist nach einer Studie des Bundesamtes für Umweltschutz, Bern, vom März 1984 eine 8 %ige Reduktion der NO<sub>x</sub>-Emission zu erwarten. In Deutschland würde sich nach Angaben des Umweltbundesamtes Berlin vom Oktober 1984 eine 18 %ige Reduktion der Stickstoffemissionen aus dem KFZ-Verkehr ergeben. Die unterschiedlichen Werte sind im unterschiedlichen Fahrzeugpark sowie der damals für die Schweiz geltenden 130 km/h-Begrenzung auf Autobahnen zurückzuführen.

Der große Vorteil dieser Maßnahme ist sein sofortiger Wirkungseintritt, die noch dazu im Gegensatz zu einem autofreien Tag die Mobilität des Einzelnen nicht beeinträchtigt. Ihr lufthygienischer Nutzen ist erwiesen. Alle übrigen technischen Maßnahmen wirken sich, auch wenn sie sofort eingeführt werden, nur langsam und allmählich aus und kommen erst nach Jahren richtig zum Tragen.

Automobiltechnische Maßnahmen (andere Motoren oder Katalysatoren) greifen nur in dem Maß, wie Altfahrzeuge durch emissionsärmere Fahrzeuge ersetzt werden. So wirken sich strengere Abgasvorschriften frühestens nach rund 10 Jahren voll aus, weil sie jeweils nur für neue Fahrzeuge gelten. Dies gilt auch für Katalysatorfahrzeuge. Für die Schweiz wurde dabei errechnet, daß unter

der Annahme ab Modelljahr 1987 würden anstelle der bereits gesetzlich festgelegten zweiten Stufe der Schweizerischen Abgasvorschriften die strengen USA-1982-Grenzwerte (für Katalysatorfahrzeuge) vorgeschrieben, sich erst nach 1992 eine insgesamt gleich große Stickoxidverminderung ergeben würde, als "Tempo 100/80" sofort bringt.

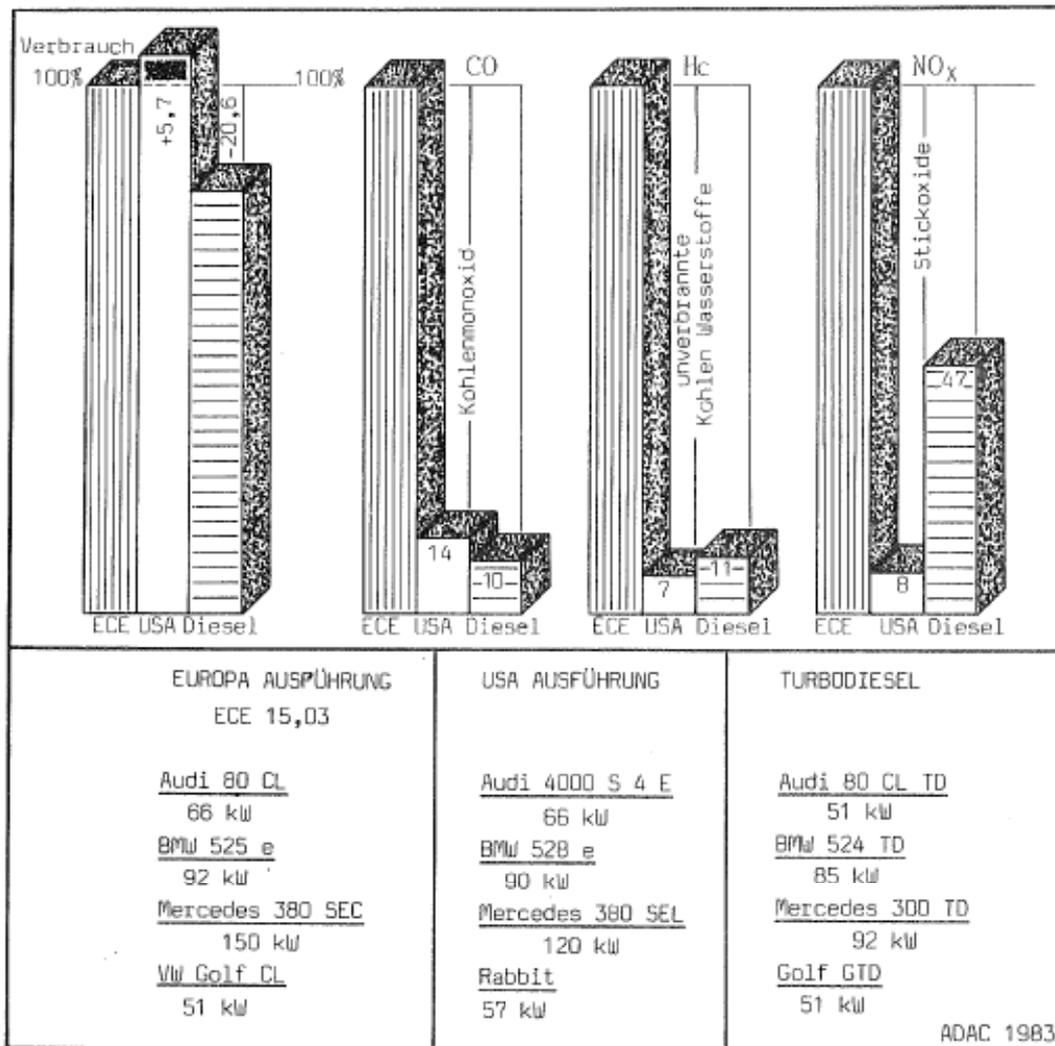
## 3. Katalysator

Langfristig gesehen ist - ohne den sofort wirksamen Effekt der Temporeduktion zu schmälern - die Einführung von Katalysatoren zur Schadstoffminderung der Kraftfahrzeugabgase notwendig. Dies auch deshalb, weil die Zahl der im Verkehr befindlichen Kraftfahrzeuge steigende Tendenz hat; in Österreich wird die Vollmotorisierung erst in den 90iger Jahren erwartet. Von technischer Seite bestehen absolut keine Zweifel, daß der Dreiwegkatalysator das zur Zeit wirkungsvollste System für Abgasverminderung bei Otto-Motoren darstellt. In Japan, wo seit 1973 (!) strenge Abgasvorschriften bestehen, sind heute rund 80 % aller PKW mit einem Katalysator ausgerüstet. Verminderte Schadstoffemissionen der PKW durch streng formulierte Zielvorgaben (= Grenzwerte) sind somit auch für Österreich bzw. Tirol erreichbar. Ein Vergleich von 4 PKW in Europa bzw. USA-Ausführung bringt nach Untersuchungen des ADAC 1983 folgendes Ergebnis (Abb. 7):

Ein nicht zu übersehender Nebeneffekt des Katalysators ist die Beseitigung der Bleibelastung durch den Verkehr, nachdem diese Anlage nur unverbleiten Kraftstoff akzeptiert.

In diesem Zusammenhang ist erwähnenswert, daß derzeit intensive

Abbildung (7)



Bemühungen laufen, auch für Dieselmotoren ein System zur katalytischen Reduktion der Abgase zu erreichen.

Der für den Ottomotor konstruierte 3-Weg-Katalysator kann aufgrund der blockierenden Wirkung des Schwefels im Dieselmotorenstoff für diesen Motorentyp nicht eingesetzt werden.

#### 4. Huckepack-Transitkorridor

Wie aus der Tabelle (5) ersichtlich, sind die LKW und Busse fast zur Hälfte an der Stickoxidbelastung des Wipptales beteiligt. Wie auch weiter oben ausgeführt, rollen mehr als 75 % des gesamten

Gütertransitverkehrs Österreichs durch Tirol. Vom BM für Verkehr wurden Berechnungen durchgeführt, inwieweit dieser Transitverkehr von der Straße auf die Schiene verlegt werden könnte. Auf der Strecke Kufstein-Brenner sind nach dem Endausbau der Strecke jährliche Kapazitätsvorhaltungen von 9,5 Mio. to (= 380.000 Sendungen) möglich; derzeit werden jedoch nur 5.000 Sendungen mittels Bahn transportiert. Beginnend mit Herbst 1985 wird es durch den Einsatz von Niederflrwagen möglich sein, jährlich weitere 40.000 Sendungen mittels "rollender Landstraße" über den Brenner zu befördern. (Quelle: mündl. Mitteilung von HR. LAMPL)

Tab. 5 Geschätzte Schadstoffemissionen aus Abgasen des KFZ-Verkehrs durch das Wipptal/Brennergrenze im Jahr 1983

	NOx		SO2	
	to	%	to	%
PKW	783	55	-	-
Busse	70	5	5,8	10
LKW	578	40	51,3	90
Gesamt	1431	100 %	57,1	100 %

im Dezember 1984; ÖBB Direktion, Wien) Je nach Annahme dieser Transportmöglichkeit durch die Wirtschaft ist der weitere Ausbau der "rollenden Landstraße" geplant.

In diesem Zusammenhang, sei hier noch die Möglichkeit des Gütertransportes mittels Container auf der Schiene angeführt; diese kann jetzt schon auf der Strecke Kufstein-Brenner durchgeführt werden und somit den Straßengütertransitverkehr entlasten.

### B 3.b UMWELTBELASTUNGEN ENTLANG VON HAUPTDURCHZUGSSTRASSEN

#### A u f t r e t e n d e S c h a d s t o f f e

Durch den KFZ-Verkehr werden Stickoxide (NOx), Kohlenwasserstoffe (HC), Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO2) sowie Ruß, Blei und Staubpartikel emittiert. Stickoxide und Kohlenwasserstoffe führen als Primärprodukte erst in hohen Konzentrationen zu Schäden an der Vegetation. Diese Verbrennungsprodukte werden jedoch in größerer Entfernung von den Straßen bei Schönwetter durch photochemische Reaktionen in pflanzenschädliche Photooxidantien umgewandelt. Diese Photooxidantien (Ozon) schädigen daher den Wald nicht unmit-

telbar neben den Straßen, sondern in größerer Entfernung von diesen.

Im Gegensatz dazu werden die beim Verbrennungsprozeß in Ottomotoren entstehenden Bleiverbindungen zum größten Teil auf einer mehr oder weniger breiten Streifen entlang der Straße deponiert.

Die wohl extremste Belastung für die Vegetation am Fahrbahnrand resultiert jedoch aus der Verwendung von Auftausalzen, die ebenfalls hauptsächlich in Fahrbahnnähe abgelagert werden.

Die beiden letztgenannten Belastungsfaktoren prägen die Wuchsbedingungen für die am Straßenrand stockenden Bestände entscheidend. Das Auftreten, die Ausbreitung und die Wirkung von Blei und Streusalz wurde an der Brennerautobahn in Gries am Brenner und an der Paß-Thurn-Straße untersucht. Die dabei erhobenen Daten dürften für alle Tiroler Hauptverkehrsstraßen gültig sein.

#### D e r E i n f l u ß v o n A u f t a u s a l z e n a u f B o d e n, W a s s e r u n d V e g e t a t i o n

Auf den Tiroler Straßen wird fast ausschließlich Natriumchlorid (NaCl) als Auftausalz gestreut. Für die Schädigung des chemischen und physikalischen Bodenzustandes ist in erster Linie das Natrium verantwortlich. Die in der Boden-

lösung salzbeeinflusster Boden im Überschuß vorhandenen Na<sup>+</sup>-Ionen werden vermehrt gegen andere Kationen von den Oberflächen der Bodenkolloide ausgetauscht. Die freigesetzten Kationen, die zu meist wichtige Nährstoffe für die Pflanze darstellen, werden mit dem Sickerwasser ausgewaschen und gehen somit verloren.

Die verstärkte Sättigung der Bodenkolloide mit Natrium fördert aber auch Strukturverlust, Dichtlagerung und Tonverlust der Böden. Damit ist eine Verschlechterung des Bodenwasser- und Bodenlufthaushaltes verbunden.

Die Chloridionen unterliegen keinem Ionenaustausch und können deshalb rasch ausgewaschen werden. Dies hat jedoch zur Folge, daß in der Bodenlösung vorhandene Wasserstoffionen gegen Chlorionen ausgetauscht werden. Das führt zu einer Erhöhung der OH<sup>-</sup>-Ionenkonzentration und damit zu steigenden pH-Werten.

Die große Mobilität der Chloridionen bedeutet, daß diese auch ins Grundwasser gelangen können. Normales Grundwasser enthält 10 - 30 mg Cl/l; in Urgesteinsgebieten 3 - 5 mg Cl/l. Erhöhte Chloridgehalte im Trinkwasser (Grenzwert 200 mg Cl/l) sind insbesondere für Kleinkinder, sowie Menschen mit Herz- und Nierenerkrankungen gefährlich.

Der Einfluß des Streusalzes auf die Vegetation läßt sich in 4 Gruppen zusammenfassen:

- Veränderung des osmotischen Wertes der Bodenlösung. Dadurch wird die Wasseraufnahme durch die Pflanze erschwert, was in vielen Fällen Trocknisschäden verursacht.

- Verätzungen.

- Konzentrierte Lösungen entziehen

lebendem Gewebe Wasser, was zum Absterben von Zellen führen kann. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn aufgesprühte Salzlösungen nicht abgewaschen werden, sondern allmählich verdunsten und somit aufkonzentriert werden.

- Veränderungen der Nährstoffverhältnisse.

Durch Überangebot an Natriumionen in der Bodenlösung wird insbesondere die Aufnahme von Kalium behindert. Die vermehrt vorhandenen Chloridionen hemmen vor allem die Versorgung mit Phosphationen.

- Durch die Anreicherung von Na<sup>+</sup> und Cl<sup>-</sup> Ionen in Nadeln und Blättern in toxischen Konzentrationen bilden sich Blattrandnekrosen. Nadeln und Blätter können vorzeitig abfallen.

#### Salzbelastung an der Paß-Thurn- Bundesstraße:

Auf der Paß-Thurn-Straße wurden zwischen Kitzbühel und dem Paß-Thurn im Winter 1983/84 ca. 54 t Streusalz/km gestreut (lt. Straßenmeisterei Kitzbühel). Unter der Voraussetzung, daß der Großteil des Salzes in einem ca. 10 m breiten Streifen beiderseits der Straße abgelagert wird, ergibt sich ein durchschnittlicher jährlicher Salzeintrag in den Boden von 2,7 kg NaCl/m<sup>2</sup>. Daß dies nicht ohne Folgen für das gesamte Ökosystem bleiben kann, ist verständlich.

Um die räumliche Ausbreitung und die Intensität der Beeinflussung zu erfassen, wurden im Oktober 82 und Mai 83 Boden- sowie Nadelproben in unterschiedlicher Entfernung vom Straßenrand beiderseits der Fahrbahn gewonnen. (Abb. 8 und 11).

Die Auswertung der Bodenproben ergaben deutliche pH-Wert-Erhöhungen bei straßennahen Probepunkten, in sämtlichen untersuchten

Bodenhorizonten (- 40 cm Tiefe) um durchschnittlich 2 pH-Einheiten. Bei den weiter entfernten Probestellen war kein deutlicher pH-Wert-Effekt nachweisbar.

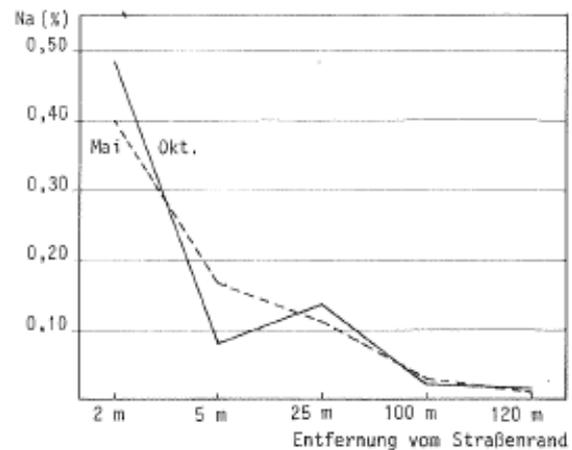
Erwartungsgemäß stehen die pH-Werte in deutlichem Zusammenhang mit den Natrium-Konzentrationen der Bodenlösung. Der Natrium-Gehalt nimmt mit zunehmender Entfernung von der Straße stark ab. Erhöhte Werte können aber noch in einem Abstand von ca. 100 m hangabwärts von der Fahrbahn dort nachgewiesen werden, wo ein starker Hangwasserzug im Boden besteht. Die Vermutung, daß alle Probestellen im Vergleich zum unbelasteten Probestellen, künstlich erhöhte Natriumwerte aufweisen, wird dadurch erhärtet, daß der Anteil des in Lösung befindlichen oder am Sorptionskomplex austauschbar gebundenen Natriums, auf diesen Flächen wesentlich höher ist. Natrium ist in Straßennähe also nicht nur in größeren Mengen vorhanden, sondern auch wesentlich leichter pflanzenverfügbar.

Auch ein deutlicher Jahresgang der Natrium-Konzentrationen konnte bei allen Probestellen in sämtlichen Bodenhorizonten nachgewiesen werden. So war die Konzentration vor Beginn der Streusaison um durchschnittlich 30 % niedriger als am Winterende. Dies bedeutet jedoch auch, daß bei weitem nicht das gesamte Natrium aus dem Boden im Laufe des Jahres ausgewaschen wurde, was eine Akkumulation von Na<sup>+</sup>-Ionen im Boden bei wiederholter Streusalzanwendung nach sich zieht.

In welchem Ausmaß das im Boden vorhandene Natrium von den Nadelbäumen aufgenommen wird zeigen die Nadelanalysen. Eine deutliche Erhöhung der Na<sup>+</sup>-Konzentrationen in Straßennähe konnte auch hier festgestellt werden. (Abb. 8).

Tab. 8

Paß Thurn - Straße  
Na-Konzentration in den Nadeln (%)



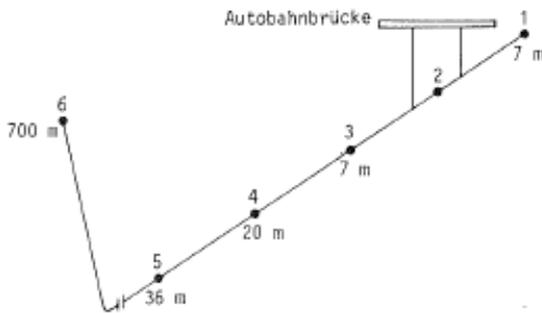
Ein merkbarer Einfluß der Salzbelastung auf die Nährstoffversorgung der Blätter konnte bei Mangan nachgewiesen werden. Die Aufnahme dieses Mikronährstoffes scheint in Straßennähe behindert zu sein.

#### Salzbelastung an der Brennerautobahn:

Zwischen 1981 und 1983 wurden auf der Brennerautobahn zwischen 1.417 t und 2.830 t Streusalz und ca. 40 t Calciumchlorid pro Jahr ausgebracht (Jahresberichte der Brennerautobahn AG). Dies bedeutet, daß bis zu 88 t NaCl/km/Jahr gestreut werden.

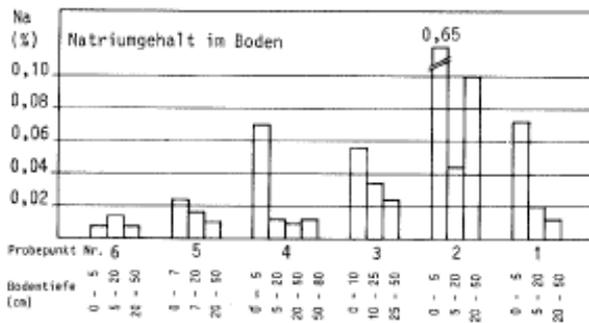
An der Luegbrücke in Gries am Brenner wurde die Salzbelastung des Bodens untersucht. Oberhalb und unterhalb der Luegbrücke sind die Waldbestände abgestorben oder schwer geschädigt. In unterschiedlicher Entfernung von der Brücke wurden Bodenproben aus den einzelnen Bodenschichten entnommen und der Natriumgehalt bestimmt (Abb. 9). Die Konzentrationen der Ende Juni 1984 gewonnenen Bodenproben liegen geringfügig höher als die entlang der Paß-Thurn-Straße gemessenen Werte in vergleichbarer

Bodenproben Brennerautobahn 1984  
 (Gries am Brenner / Luegbrücke)  
 Entfernung der Probepunkte zum Brückenrand



Entfernung vom Straßenrand. (Abb. 10). Als extrem muß die Belastung insbesondere dort angesehen werden, wo Straßenabwässer konzentriert abgeleitet werden (Probepunkt 2). Dies führt nicht nur am Autobahnrand, sondern auch in größerem Abstand von der Autobahn überall dort, wo salzhaltiges Abwasser hinlangt, nesterweise zum Absterben des Waldbestandes.

Bodenproben Brennerautobahn 1984  
 (Gries am Brenner - Luegbrücke)



Die Auswaschung von Chloridionen aus dem Boden hat an der Brennerautobahn bereits ein so großes Ausmaß erreicht, daß in einzelnen Trinkwasserquellen im Matreiwald Chloridgehalte von 500 mg/l registriert wurden. Der zulässige Höchstwert beträgt 200 mg/l (laut Kulturbauamt Innsbruck).

## Blei im Boden

Die Menge an Blei, die in straßen-nahen Beständen deponiert wird, ist in erster Linie von der Fahrzeugfrequenz, aber auch vom durchschnittlichen Bleigehalt der Autobenzine, sowie klimatischen Faktoren abhängig. Die aufgestaubten Bleiverbindungen werden vor allem im Auflagehumus und im humosen Mineralboden angereichert. Die Verlagerung mit dem Sickerwasserstrom gewinnt mit sinkendem pH-Wert immer mehr an Bedeutung, weil dann die Löslichkeit von Bleiverbindungen zunimmt.

Die überproportional starke Belastung von straßennahen Waldbeständen resultiert vor allem aus der Filterleistung der Bäume und den damit verbundenen höheren Konzentrationen im Vergleich zur Freifläche. Die niedrigeren pH-Werte der Waldböden führen zusätzlich zu einer höheren Mobilität und damit auch Pflanzentoxizität der Bleiverbindungen.

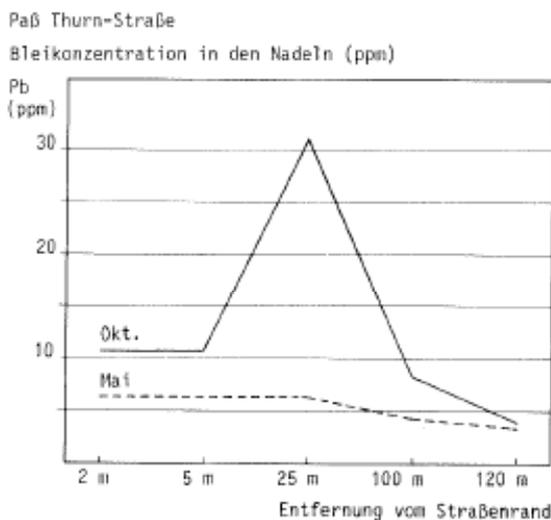
## Bleibelastung - Paß-Thurn - -Bundesstraße:

Im Jahre 1983 benützten 1,8 Mio. Fahrzeugeinheiten die Paß-Thurn-Straße (Bundesministerium für Bauten und Technik, Automatische Straßenverkehrszählung 1983). Die Gesamtleiemiission beträgt somit bei einem Bleigehalt von 0,15 g/l Benzin und einem durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch von 10 l/100 km ca. 27 kg/km/Jahr. Die daraus resultierenden Bleigehalte im Boden zeigen eine deutliche Abhängigkeit von der Entfernung zum Fahrbahnrand. Überschreitungen des Grenzwertes für landwirtschaftliche Böden von 100 ppm konnten noch in einer Entfernung von 25 m vom Straßenrand beobachtet werden. In diesem Bereich wurden Bleigehalte von 140 bis

365 ppm im Oberboden festgestellt. Beachtlich ist auch die Tiefenverlagerung des Bleis, so waren in Fahrbahnnähe noch in 20 cm Tiefe Grenzwertüberschreitungen feststellbar.

Die Nadelanalysen zeigen, daß einerseits beträchtliche Mengen an Blei auf die Nadeloberfläche aufgestaubt werden, daß es aber auch zur Aufnahme von Blei während des Sommers aus dem Boden kommen kann (Abb. 11). Die Aufnahme von Bleiverbindungen aus dem Boden wird durch Wurzelschädigungen, die hier durch die hohen NaCl-Konzentrationen verstärkt auftreten, gefördert.

Abb. 11



### Bleibelastung an der Brennerautobahn:

Während im Jahre 1974 ca. 4,8 Mio. Pkw jährlich die Brennerautobahn benützten, waren es im Jahr 1983 bereits ca. 6 Mio. Pkw. Da in Italien wesentlich höhere Bleigehalte im Benzin (0,3 - 0,4 g/l) zugelassen sind, ergibt sich eine Bleiemission von ca. 188 kg/km/Jahr.

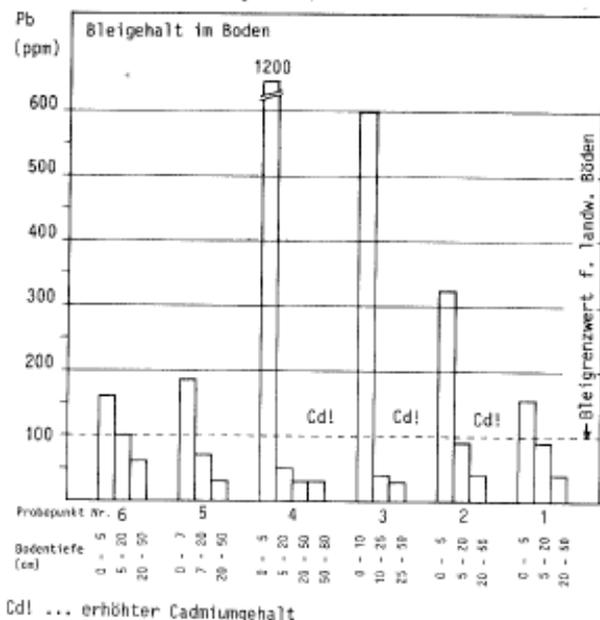
Am Beispiel der Brennerautobahn kann die starke Akkumulation von Blei im Oberboden verfolgt werden. Bei einer vergleichbaren Untersuchung der landwirt-

schaftlich chemischen Versuchsstelle Rotholz im Jahre 1974, also 4 Jahre nach Eröffnung der Brennerautobahn, wurden in Matrei an der Brennerautobahn Bleigehalte von 25 ppm bis 55 ppm im Oberboden ermittelt.

Im Jahre 1983 waren die Bleigehalte im Bereich der Luegbrücke/Gries am Brenner bereits auf 150 ppm bis 1.200 ppm im Oberboden angestiegen (Abb. 9 und 12). Der Grenzwert für den Bleigehalt von landwirtschaftlichen Böden wird hier also in einem breiten Streifen neben der Autobahnbrücke zum Teil erheblich überschritten. Eine Überschreitung dieses Grenzwertes wurde aber auch sogar im Wald am Präsan-tiberg in Steinach, der 700 m von der Autobahn entfernt am Gegenhang liegt, festgestellt (Abb. 9. und 12). Offenbar wird im Wipptal ein Teil der Bleiemissionen von der Autobahn, die meist hoch über

Bodenproben Brennerautobahn 1984  
(Gries am Brenner - Luegbrücke)

Abb. 12



dem Talboden und über Brücken führt, nicht wie im Flachland nur unmittelbar neben der Autobahn abgelagert, sondern durch Wind weit verfrachtet. Die Bodenprobe am

Präsantiberg (Probe Nr. 6) und die Proben Nr. 4 und 5 an der Luegbrücke wurden im Traufbereich von Bäumen gewonnen, sodaß es im Boden durch die Abwaschung des von den Bäumen aus der Luft ausgefilterten Bleistaubes bei Regen zu einer verstärkten Bleianreicherung kommt.

Wo stark bleihaltiger Schleifstaub, der bei der Erneuerung der Brückenanstriche anfällt, in den Boden gelangt ist, treten Extremwerte von über 5.000 ppm Blei im Oberboden auf. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Proben Nr. 3 und 4 an der Luegbrücke ebenfalls etwas durch bleihaltigen Schleifstaub verunreinigt waren.

An autobahnnahe Probestellen wurden außerdem noch erhöhte Gehalte an Cadmium festgestellt. Cadmium ist im Diesel in geringen Konzentrationen enthalten.

Das Gefährdungspotential durch toxische Bleikonzentrationen ist an der Brennerautobahn sowohl für den angrenzenden Baumbestand, aber auch für die landwirtschaftlichen Böden und Trinkwasserquellen wesentlich höher als entlang der Paß-Thurn-Straße.

#### Schl u ß f o l g e r u n g e n - G e g e n m a ß n a h m e n

Die Untersuchungen haben ergeben, daß straßennahe Bestände durch den Eintrag von Auftausalzen und Bleiverbindungen extremen Belastungen ausgesetzt sind. Dies hat bereits zum Absterben des Bestandesrandes entlang der beiden untersuchten Hauptverkehrsstraßen geführt. Außerdem konnten nesterweise Bestandeszusammenbrüche auch in größerer Entfernung von der Brennerautobahn dort beobachtet werden, wo die Fahrbahnabwässer in die Bestände eingeleitet werden.

Wirksame Maßnahmen, die das durch Akkumulationsprozesse ständig

steigende Gefahrenpotential vermindern können, sind allgemein die raschestmögliche Einführung bleifreien Benzins sowie der möglichst sparsame Einsatz der Auftaumittel und den Ersatz der Salzstreuung durch Splittstreuung, wo dies möglich ist.

#### B 4 EMISSIONEN AUS DEM FLUGVERKEHR

Vielfach wird dem Flugverkehr eine nicht unbeträchtliche Teilschuld an den großräumig auftretenden Waldschäden zugewiesen. Dies ist verständlich, gibt es doch zahlreiche über unser Land verlaufende Flugstraßen mit einer sehr intensiven Frequenz.

Es gibt nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen über die Auswirkungen des Luftverkehrs auf die Immissionssituation. Für die folgenden Ausführungen wurde die Veröffentlichung des Umweltbundesamtes Berlin vom Februar 1984 wesentlich herangezogen:

1982 verzeichneten die Flughäfen in der Bundesrepublik Deutschland insgesamt 1,180.000 Flugbewegungen. Da die Emissionen aus dem Flugverkehr aufgrund der großen Emissionshöhe auch weiträumigen Verfrachtungen unterliegen, kommt dieser Flugbewegung in Deutschland sicherlich auch für Tirol einige Bedeutung zu. Flugbewegungen in anderen Nachbarländern standen für die Bearbeitung dieses Beitrages nicht zur Verfügung.

Die meisten gewerblichen und militärischen Flugbewegungen werden mit Flugzeugen durchgeführt, die über Turbinen-Luftstrahl-Triebwerke verfügen. Abgasemissionen dieser Triebwerke tragen den Hauptanteil der Luftverschmutzung

aus dem Flugverkehr. Dabei werden sowohl Gase, als auch feste Partikel emittiert. Die Hauptbestandteile der gasförmigen Komponenten sind: Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoff und Stickoxide. Die Schwefeldioxidemissionen können vernachlässigt werden. Während des Fluges ist die Konzentration an Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoff in den Triebwerksabgasen sehr niedrig, beim Betrieb des Flugzeuges am Boden wachsen diese Konzentrationen aber um den Faktor 30 an. Die Konzentration der Stickoxide im Abgas der Triebwerke ist dagegen während des Fluges deutlich höher als beim Betrieb am Boden. Auf diese Tatsache muß vor allem aus der Sicht eines überflogenen Landes hingewiesen werden. Vor allem ältere Triebwerke emittieren auch feste Partikel - zum Beispiel Kohlenstoffteilchen - die als Rauchfahne hinter dem Triebwerk sichtbar werden. Das Umweltbundesamt Berlin versucht eine Abschätzung des Emissionsanteiles aus dem Luftverkehr in der Bundesrepublik Deutschland und kommt dabei zum Ergebnis, daß die Stickoxidemission aus dem Flugverkehr nur 0,2 % - 0,4 % der anthropogenen GesamtNO<sub>x</sub>-Emission beträgt.

Anhaltspunkte über die absolute Schadstoffemission gibt Tabelle (6), welche die Gesamtemission für den Start-Lande-Zyklus verschiedener Flugzeugtypen angibt:

Das Umweltbundesamt vertritt auch die Auffassung, daß die Auswirkungen des überfliegenden Luftverkehrs am Erdboden sehr gering sind, sie liegen im allgemeinen unter der Nachweisgrenze. Dies ist überwiegend darin begründet, daß die Schadstoffe in größeren Höhen emittiert werden und bis zum Erreichen des Einwirkungsgebietes bereits stark verdünnt sind.

Tab. 6

Flugzeugtyp	Schadstoffemissionsmenge in kg		
	HC	CO	NO <sub>x</sub>
B 747	36,04	76,08	57,56
DC 10	30,43	61,38	42,39
A 300	20,28	40,92	28,26
DC 8	97,68	92,04	14,72
B 727	7,45	24,56	11,06
BAC 1-11	22,62	39,66	11,68
Fk 28	34,32	34,14	4,60

Die Arbeit geht leider nicht auf die Frage ein, ob die in großen Höhen emittierten Stickoxide gemeinsam mit den ebenfalls aus dem Flugverkehr emittierten Kohlenwasserstoffen unter Einwirkung der intensiven Sonnenstrahlung nicht zu vermehrter Bildung von Photooxidantien führen. Unter diesen Gesichtspunkten könnte der Einfluß des Flugverkehrs doch wesentlich größer sein, als er aus einem Vergleich der absoluten Emissionsmengen hervorzugehen scheint.

#### DER FLUGVERKEHR ÜBER TIROL

1. Nach Auskunft des Bundesamtes für Zivilluftfahrt überqueren im Winterhalbjahr täglich 134 - 153 Flugzeuge das Land Tirol, auf den Flugstraßen:

München - Innsbruck - Bozen oder München - Rattenberg - Villach. Im Sommerhalbjahr sind dies täglich 265 - 330 Flugzeuge, wobei alle angeführten Zahlen für "Instrumentenflüge" gelten, d.h. sie umschließen Linien-, Charter- und Geschäftsflüge.

2. Die Ergebnisse der Waldschadenserhebung 1984 in Tirol zeigen deutlich, daß der Schädigungsgrad

der Waldbestände mit zunehmender Seehöhe abnimmt. Das ist ein deutlicher Hinweis darauf, daß die Ursache der Walderkrankung im eigenen Land liegt und daß Fernimmissionen zumindestens in Zentraltirol keine besonders große Rolle spielen. Am Alpennordrand - der als meteorologischer Prallhang gilt - dürften Fernimmissionen eine größere Rolle spielen. Aus dem Flugverkehr werden Kohlenmonoxid, Stickoxide und unverbrannte Kohlenwasserstoffe emittiert. Die beiden letzteren Schadstoffe finden in dieser Höhe optimale Voraussetzungen zur Umwandlung in die besonders pflanzenschädigenden Photooxidantien. Die große Emissionshöhe von ca. 10.000 m bedingt allerdings eine große horizontale Verteilung und es kann mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß die Schadstoffe erst in großer Entfernung zu Boden gelangen.

Österreich wird täglich von ca. 1.000 Flügen mit einer Durchschnittslänge von 250 km überflogen. Diese Flüge konzentrieren sich auf wenige Hauptflugstraßen, zwei davon führen über Tirol. Versucht man eine Abschätzung der Stickoxidemissionen aus diesem Österreich überquerenden Flugverkehr, so ergibt dies ca. 750 t Stickoxide pro Jahr. Die gesamte österreichische Stickoxidemission eines Jahres wird auf über 200.000 t geschätzt, das würde bedeuten, daß die NOx-Emission aus dem Flugverkehr nur rund 0,4 % der österreichischen NOx-Emission ausmacht.

Bedenkt man allerdings, daß in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1982 680.000 Flugbewegungen im gewerblichen und 500.000 Flugbewegungen im militärischen Bereich verzeichnet wurden, so wird damit der NOx-Anteil sicherlich höher, er bleibt aber immer noch in einem vergleichsweise bescheidenen Rahmen.

## ZUSAMMENSTELLUNG ZUR FRAGE DER IMMISSIONSBELASTUNG DURCH FLUGVERKEHR IN ÖSTERREICH

1. Emissionsdaten (nach D.T.F. Pachowsky, Institut für Leichtbau und Flugzeugbau der TU Wien, A-1060 Getreidemarkt 9).

Douglas MD 18 (DC 9-81) (im Flug)

Gesamter Schadstoffausstoß:

20 g/km

davon 49 % CO<sub>2</sub>

46 % NO<sub>x</sub>

4 % unverbrannte Kohlenwasserstoffe

Emission, bezogen auf den Treibstoffverbrauch

CO ..... 0,19 %

NO<sub>x</sub> ..... 0,18 %

unverbr. KW .... 0,016 %

S ..... 0,001 - 0,005 %

keine Schwermetalle

2. Flugkilometer über Österreich

Nach Angaben von Dr. Thumber werden ca. 1000 Flüge a ca. 250 km über Österreich täglich zurückgelegt. Sie konzentrieren sich auf wenige Hauptflugstraßen.

3. Emissionen durch den Flugverkehr über Österreich

Sieht man die DC 9-81 als charakteristisches Flugzeug an, so ergeben sich über Österreich Emissionen von

2,3 t NO<sub>x</sub>/Tag

5 t Schadstoff/Tag = 2,5 t CO/Tag  
0,2 t uKW/Tag

bzw. ca. 1.800 t Schadstoffe/Jahr

Zum Vergleich: nach dem Linzer Emissionskataster 1979 beträgt der NO<sub>x</sub>-Ausstoß durch den Verkehr in Linz 784 t NO<sub>x</sub>/Jahr.

4. Transmission

Die o.a. Emissionen durch Flugverkehr werden in einer Höhe von ca. 10 km freigesetzt. Aufgrund der

geringen vertikalen Vermischung in diesen Höhen kommen die Schadstoffe erst in großen Entfernungen und meist nach chemischen Umwandlungen zu Boden.

Die resultierenden Immissionskonzentrationen am Boden können mit den im Einsatz stehenden Meßgeräten nicht nachgewiesen werden.

5. Im Bereich von Flughäfen können die Belastungen durch Flugverkehr und Bodeneinrichtungen jedoch beträchtlich sein.

Stand: Oktober 1984

(Zusammengestellt von Dr. H. Kolb, Institut für Meteorologie und Geophysik der Univ. Wien, A-1190 Hohe Warte 38)

Die Angaben aus Japan bewegen sich in vergleichbarer Größenordnung. Der Anteil des Flugzeugverkehrs an den anthropogenen NO<sub>x</sub>-Emissionen betrug im Bezirk Osaka 1977 0,8 %, in Tokio 1976 1,3 % (entnommen aus dem Bericht einer Studienreise nach Japan über Maßnahmen zur Minderung von Stickoxiden, Nov. 1984).

C 1 ERGEBNISSE DER  
WALDZUSTANDSINVENTUR

Die Waldzustandsinventur 1984 hat die Landesforstdirektion im Auftrag der Tiroler Landesregierung und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft durchgeführt. Damit können aktuelle und objektive Daten über Umfang und Verbreitung der Waldschäden als sachliche Information für die Öffentlichkeit und Entscheidungsgrundlage für die politisch Verantwortlichen vorgelegt werden.

Ziel der Inventur war eine objektive, genaue, überprüfbare, regelmäßig wiederholbare Waldzustandserfassung. Wie in den meisten Nachbarländern wurde auch in Tirol eine Stichprobeninventur mit zufällig ausgewählten, für Wiederholungsaufnahmen dauerhaft markierten Probebäumen durchgeführt. Insgesamt wurden mit einem 4 x 4 Kilometerraster über ganz Tirol 264 Probeflächen in Beständen über 60 Jahren mit 10.325 Probebäumen nach dem Zufallsprinzip ausgewählt (Abb. 1). Der Gesundheitszustand jedes Probebaumes wurde nach mehreren Kriterien genau beurteilt und in 5 Stufen nach dem Grad der Kronenverlichtung (vorzeitiger Nadel- oder Blattverlust) angesprochen:

- Stufe 1: keine Verlichtung - gesund
- Stufe 2: leichte Verlichtung - leicht geschädigt - kränkelnd
- Stufe 3: mittlere Verlichtung - mittelstark geschädigt - krank
- Stufe 4: starke Verlichtung - stark geschädigt - absterbend
- Stufe 5: abgestorben

Alle objektiv feststellbaren Schäden (Vitalitätsminderungen) der Bäume wurden aufgenommen. Eine kausale Ursachenzuordnung - Immissionsschaden oder nicht - war bei dieser Aufnahme allein nicht möglich. Deshalb werden weitere Messungen (Nadel-, Luft-, Niederschlags- und Bodenanalysen) im ganzen Land durchgeführt. Weiters wurden bei der Inventur alle sonstigen Streßfaktoren für den Wald (Standort, Belastungen, Schädlinge und anderes) aufgenommen. Insgesamt ergibt die Tiroler Waldzustandsinventur so ein objektives Bild über den Gesundheitszustand unseres Waldes.

Nach einer Wiederholung der Aufnahme in den nächsten Jahren ist eine klare Aussage über die weitere Entwicklung der Schäden möglich. Das Aufnahmeverfahren entspricht im wesentlichen den Richtlinien des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft über die Waldzustandsinventur und ist mit den Stichprobeninventuren in unseren Nachbarländern vergleichbar.

Neben der Stichprobeninventur wurde auch eine grobe Kartierung der Hauptschadensgebiete durchgeführt (Abb. 2).

In den in dieser Karte eingezeichneten Waldschadensgebieten treten häufig Baumkronenverlichtungen durch vorzeitigen Nadel- oder Blattverlust auf. Diese Kartierung allein erlaubt aber auch keine Ursachenzuordnung. In vielen Gebieten liegen aber Messungen vor, die die Einwirkung von Luftverunreinigungen belegen (siehe Kapitel D). Darüberhinaus können auch natürliche Schadfaktoren Waldschäden verursachen. Allerdings besteht kein Zweifel, daß auch außerhalb der Ballungsgebiete in Tirol die Waldschäden durch Luftverunreinigungen mitverursacht werden.

Die wichtigsten  
Ergebnisse der  
Waldzustands-  
inventur in Tirol

Aus den in 264 Probebeständen erhobenen Daten läßt sich das Ausmaß der Waldschäden für Tirol und einzelne Landesteile mit ausreichender statistischer Sicherheit berechnen, wobei sich alle folgenden Angaben auf die Bestände über 60 Jahre beziehen.

Die angegebenen Prozentwerte sind "ideelle Flächenanteile", die über die gesamte Waldfläche verteilt sind. Wenn beispielsweise in einem Waldbestand im Durchschnitt jeder 4. Baum geschädigt ist, so wären das 25 % der Waldfläche (Bestandesgrundfläche).

In Tirol sind insgesamt 30 % des Waldbestandes über 60 Jahre geschädigt. Umgerechnet auf die Tiroler Waldfläche sind das unter Einbeziehung der Jungbestände, die fast durchwegs keine sichtbaren Schädigungssymptome zeigen, ca. 108.000 ha von 437.000 ha Gesamtwaldfläche. 21 % des Bestandes weisen leichte, 7 % mittelstarke Schäden auf. Der Großteil der geschädigten Wälder ist also keineswegs "todkrank". Er kann vielmehr durch rasche und wirksame Maßnahmen gerettet werden. 2 % unseres Waldbestandes sind beim

Absterben oder schon tot. Auf die einzelnen Bäume bezogen heißt das:

Jeder dritte Baum ist zumindest leicht geschädigt  
Jeder vierzehnte Baum ist mittelstark geschädigt.  
Jeder fünfzigste Baum ist stark geschädigt oder schon tot.

Die 2 % absterbenden und toten Bäume entsprechen etwa dem nachhaltigen Tiroler Jahresholzeinschlag von 2 Jahren.

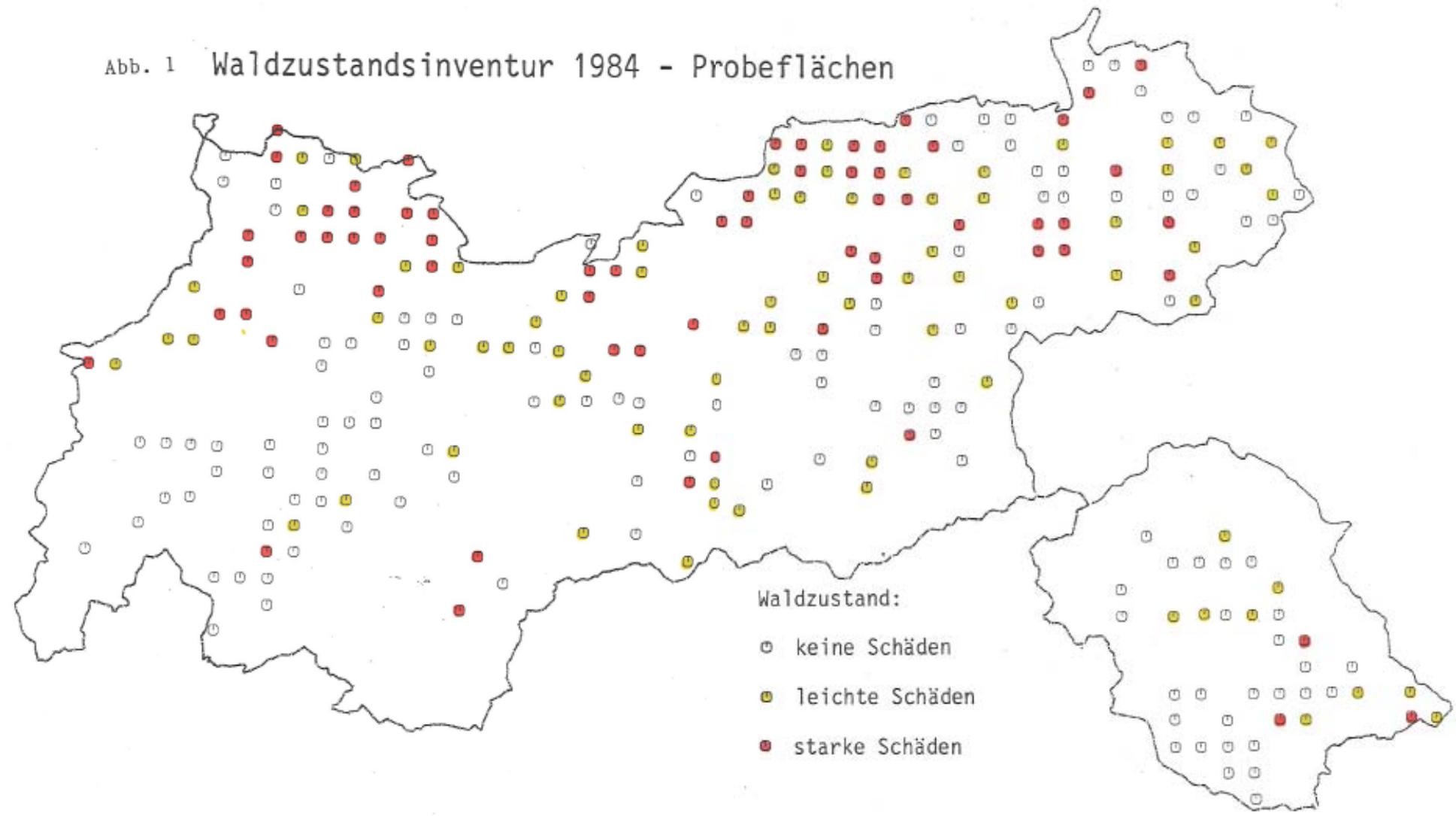
Die Schäden an den einzelnen Baumarten in Tirol

Von allen Baumarten ist die Tanne (54 % geschädigt) am stärksten betroffen. Jede 2. Tanne ist nicht mehr gesund. Jede 4. nicht mehr zu retten! Gravierende Schäden wurden auch an unserer Hauptbaumart Fichte (32 % geschädigt) und an der Buche (40 % geschädigt) festgestellt. Lärche (6 % geschädigt) und Zirbe (5 % geschädigt) sind bisher von den Waldschäden am wenigsten betroffen. Von der Kiefer sind 22 %, von Ahorn, Esche und anderen Laubhölzern 15 % geschädigt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Gesundheitszustand der einzelnen Baumarten in Beständen über 60 Jahre (in % der Bestandesgrundfläche) in Tirol

Baumarten	Schadstufen				gesamt geschädigt
	1(gesund)	2(leicht geschädigt)	3(mittelstark geschädigt)	4+5(absterbend + tot)	
Fichte	68	24	7	1	32 %
Tanne	46	32	17	5	54 %
Lärche	94	5	-	1	6 %
Kiefer	78	20	-	2	22 %
Zirbe	95	5	-	-	5 %
Buche	60	27	11	2	40 %
Laubhölzer	85	10	4	2	15 %
alle Baumarten	70	21	7	2	30 %

Abb. 1 Waldzustandsinventur 1984 - Probeflächen



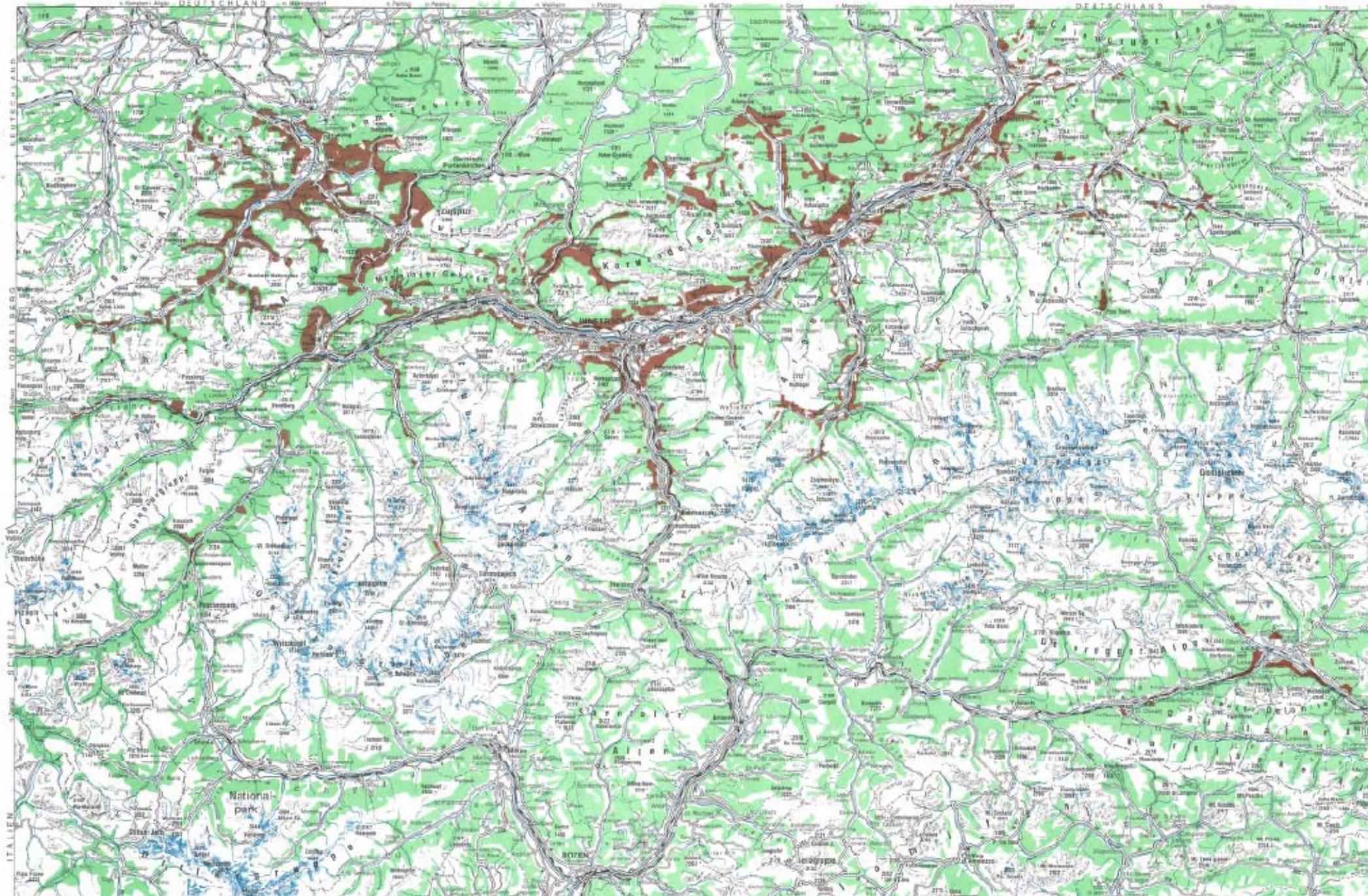
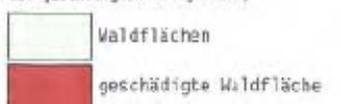


Abb. 7  
 WALDGEBIETE MIT WALDSCHÄDEN  
 IN TIROL  
 (Ergebnisse einer groben Kartierung  
 der geschädigten Waldgebiete)



Die regionale Verteilung der Waldschäden in Tirol

Der Anteil der geschädigten Bäume ist regional sehr verschieden. Am stärksten sind die Schäden im Inntal von Kufstein bis Telfs bis in eine Höhe von 400 m über dem Talboden. Das zweite Hauptschadensgebiet sind die Tiroler Nordalpen, wo das Schadensausmaß ähnlich groß wie in den benachbarten bayerischen Alpen und in Vorarlberg ist. Auch der Anteil an starken Waldschäden (Schadstufen 3, 4 und 5) ist im Inntal und in den Nordalpen höher als im übrigen Tirol. In den Zentralalpen und in Osttirol sind die Schäden deutlich geringer (siehe Tabelle 2 und Abb. 3, 4, 5 und 6). In den Nordalpen sind die Wälder auch auf vergleichbaren Standorten deutlich stärker geschädigt als in den Zentralalpen und in Osttirol.

Von den politischen Bezirken ist Reutte am stärksten betroffen. Sehr stark sind die Schäden auch in den Bezirken Schwaz, Innsbruck-Land und Stadt, und im Tiroler Unterland (Bezirk Kufstein und Kitzbühel). Im Oberland (Imst und Landeck) und in Osttirol sind die Schäden noch am geringsten

(siehe Tabelle 2 und Abb. 1, 2, 3, 4, 5, 6). Die Schadensverteilung in Tirol entspricht dem Grad der jeweiligen wirtschaftlichen Entwicklung. In Bezirken mit weniger Industrie und weniger Verkehr sind die Schäden auch geringer. Die Waldschäden nehmen in Tirol mit zunehmender Höhenlage deutlich ab. Das ist ein Hinweis darauf, daß hausgemachte Luftverschmutzung eine wesentliche Ursache für die Schädigung unserer Wälder ist (Abb. 7). Eine detailliertere Beschreibung der einzelnen Schadensgebiete finden sie im Abschnitt D dieses Heftes.

#### Waldschäden im Schutzwald

Die Schutzwälder, die die Hälfte der Tiroler Wälder ausmachen, sind von den Waldschäden genauso betroffen wie die Wirtschaftswälder (Tabelle 3, Abb. 8). Während die Schutzwälder in den Zentralalpen und in Osttirol einen geringen Anteil an geschädigten Bäumen aufweisen, sind die Schutzwälder in den Nordalpen (vor allem im Außerfern, Karwendel und Achtal) schwer geschädigt. Im Durchschnitt ist in den Nordalpen im Schutzwald jeder zweite Baum zumindest leicht geschädigt.

Tabelle 2: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre in Bezirken und Landesteilen (in % der Bestandesgrundfläche) in Tirol

Bezirk	Schadstufen				gesamt geschädigt
	1(gesund)	2(leicht geschädigt)	3(mittelstark geschädigt)	4+5(absterbend + tot)	
Reutte	57	24	16	3	43 %
Landeck+Imst	85	10	4	1	15 %
Ibk.Land+Stadt	67	28	4	1	33 %
Schwaz	62	29	7	2	38 %
Kufstein und Kitzbühel	67	24	7	2	33 %
Lienz	83	15	2	-	17 %
Nordalpen	60	26	11	3	40 %
Inntal	56	32	10	2	44 %
Zentralalpen	76	18	5	1	24 %
gesamt Tirol	70	21	7	2	30 %

Abb. 3: Waldschäden in den Bezirken

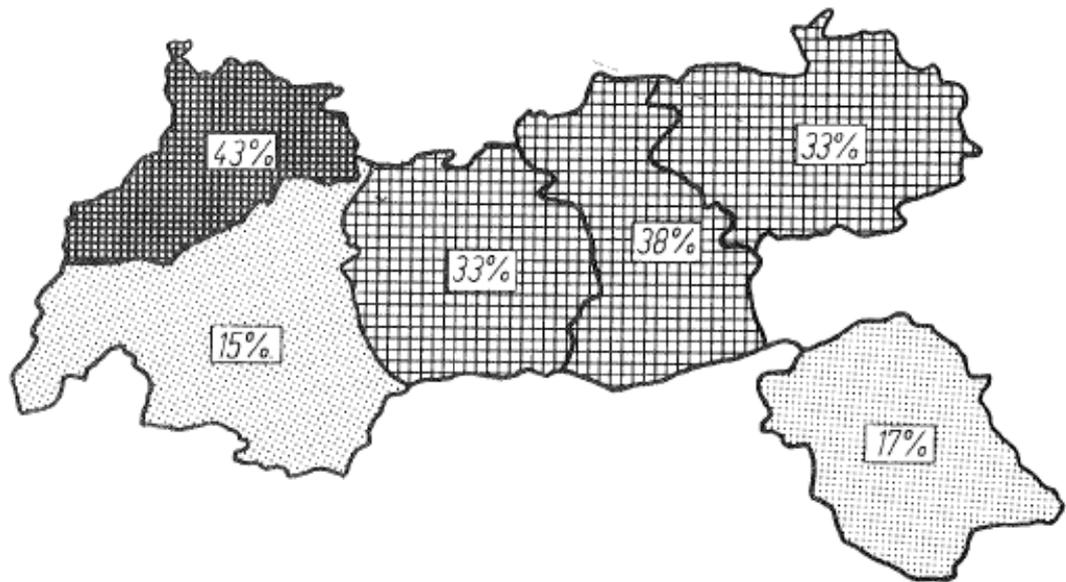
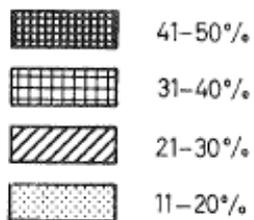
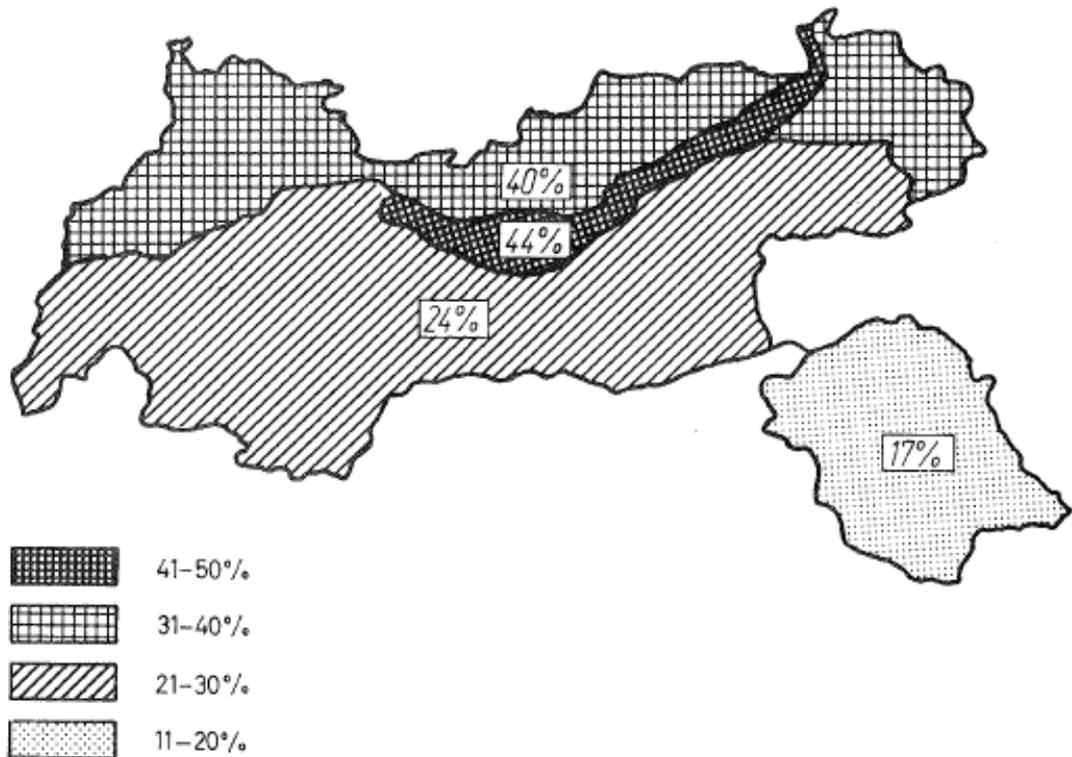


Abb. 4: Waldschäden in Nord- und Zentralalpen, Inntal und Osttirol



Anteil an geschädigter Waldfläche in den Beständen über 60 Jahre

Abb. 5: Starke Waldschäden in den Bezirken

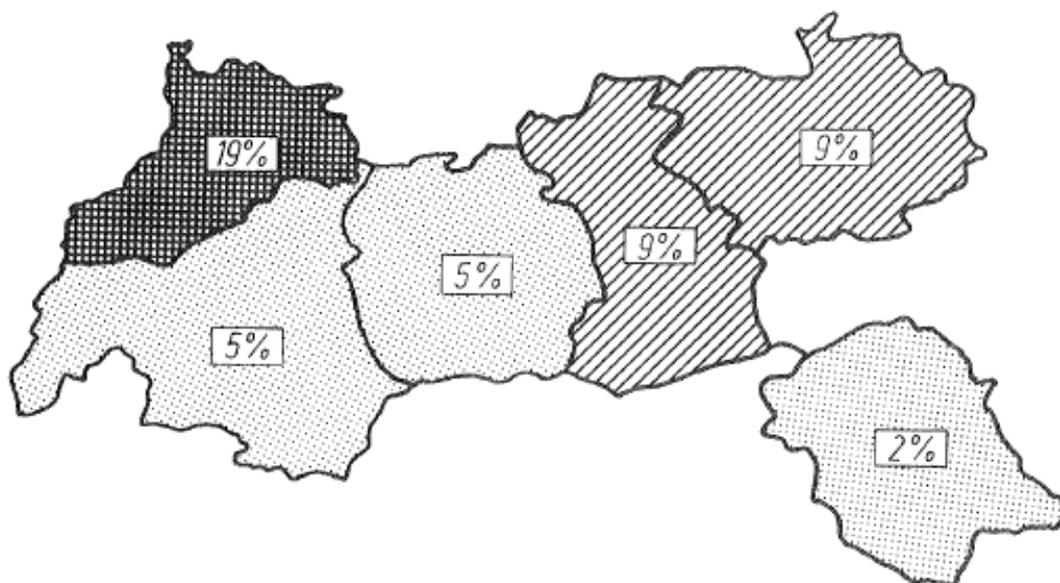
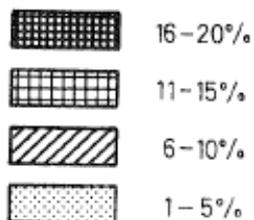
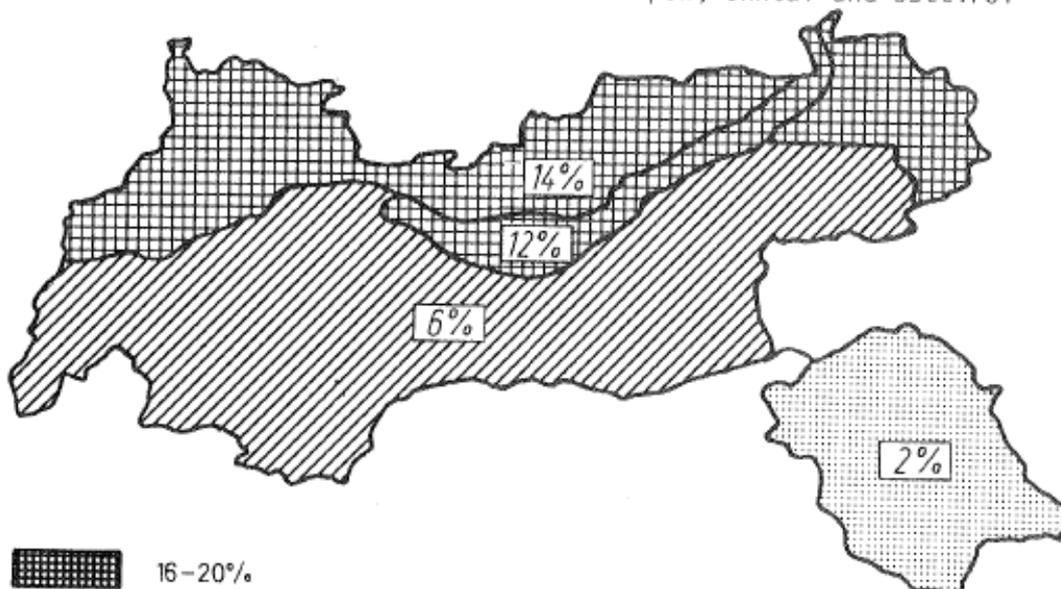
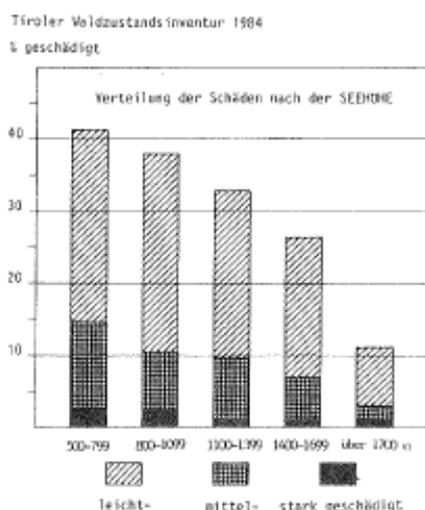


Abb. 6: Starke Waldschäden in Nord- und Zentralalpen, Inntal und Osttirol



Anteil an stark geschädigter Waldfläche in den Beständen über 60 Jahre

Abb. 7



Jeder zehnte Baum ist schon mittelstark oder stark geschädigt (Tabelle 3).

Die Ergebnisse der Waldzustandsinventur belegen jedenfalls, daß die Schutzwälder in den Tiroler Nordalpen bereits ernstlich bedroht sind. Das umso mehr, weil die Verjüngung der Schutzwälder mit den standortsgemäßen Baumarten in diesem Gebiet durch Verbiß vielfach nicht mehr gesichert ist.

#### Natürliche Schäden und Belastungen

Ohne Zweifel beeinflussen auch natürliche Faktoren wie Trocken-

heit, Schädlingsauftreten, schlechte Standorte u.a. den Gesundheitszustand des Waldes.

Nach der Waldzustandsinventur sind die Kronenverlichtungen bei ca. 5 % aller Bäume wahrscheinlich durch natürliche Schäden (Steinschlag, Käferbefall, Blitzschlag, Kronenbruch u.a.) mitverursacht worden. Bäume mit natürlichen Schäden haben also im Durchschnitt nur wenig stärkere Kronenverlichtungen als Bäume ohne natürliche Schäden (Abb. 9). Trockenheit kommt als wesentliche Ursache für die Waldschäden in Tirol nicht in Frage. Der Wald ist in Tirol gerade dort noch am wenigsten geschädigt, wo die Landwirtschaft in den letzten Jahren wie in Süd- und Osttirol, große Trockenheitsschäden erlitten hat. Die Waldschäden (Kronenverlichtungen) kommen auf allen Standorten gleichermaßen vor.

Im Durchschnitt sind in Tirol die Wälder auf trockenen oder geringwüchsigen Standorten nur relativ wenig stärker geschädigt als auf gut wasserversorgten und gutwüchsigen Standorten (Abb. 10, 11). Schlechte Standorte verstärken die Waldschäden etwas, lösen sie aber nicht aus.

Mit zunehmendem Alter steigt der Anteil der Bäume mit Kronenverlichtungen (Abb. 12). Ältere Bäume sind gegen alle äußeren Einflüsse empfindlicher.

Tabelle 3: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre im Schutzwald

	Schadstufen				gesamt geschädigt
	1(gesund)	2(leicht geschädigt)	3(mittelstark geschädigt)	4+5(absterbend + tot)	
Zentralalpen und Osttirol	81	14	4	1	19 %
Nordalpen	55	28	13	4	45 %
gesamt Tirol	69	21	8	2	31 %

Abb. 8

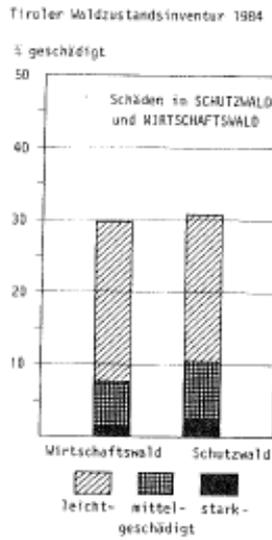


Abb. 10

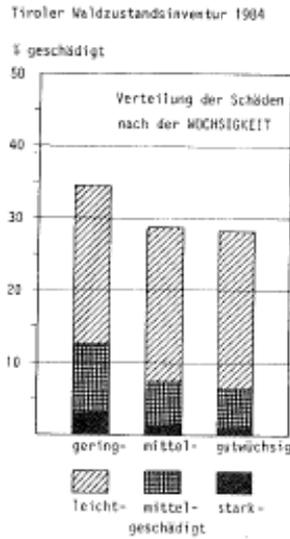


Abb. 11

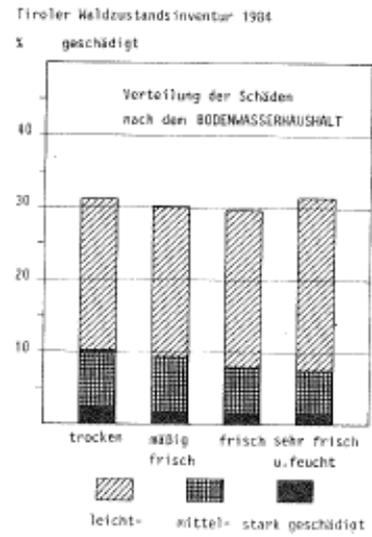


Abb. 9

Tiroler Waldzustandsinventur 1984

% der Probestämme

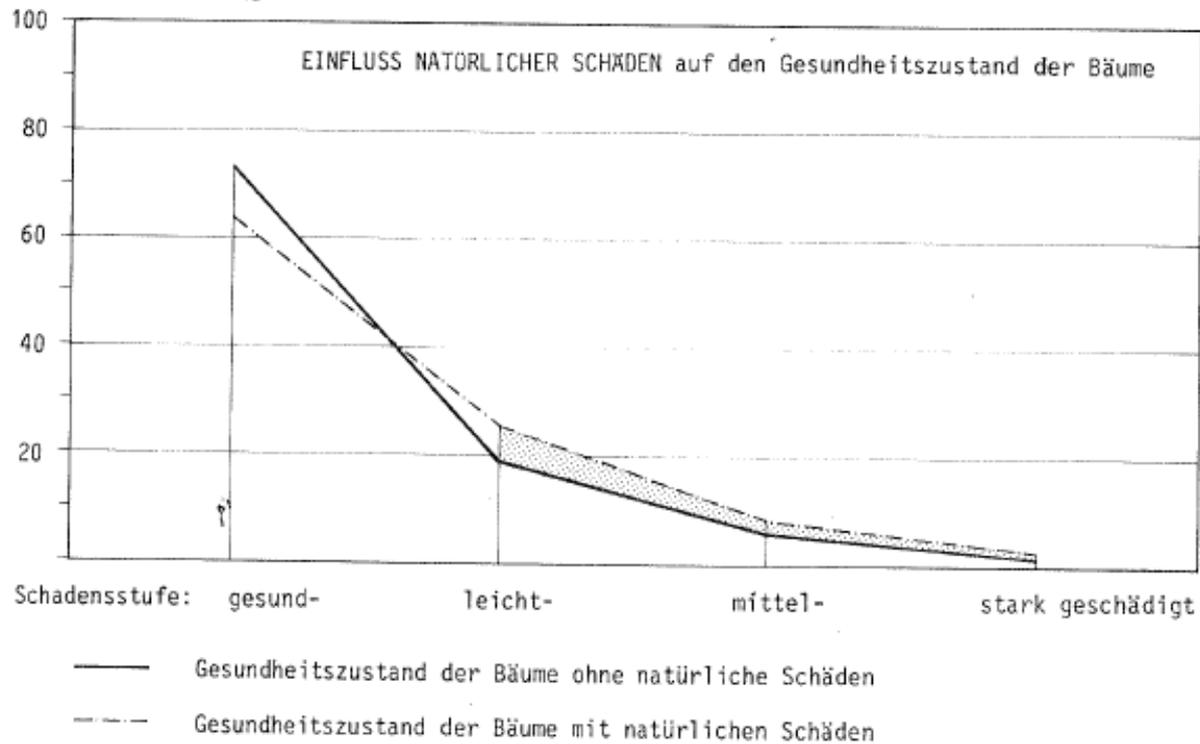
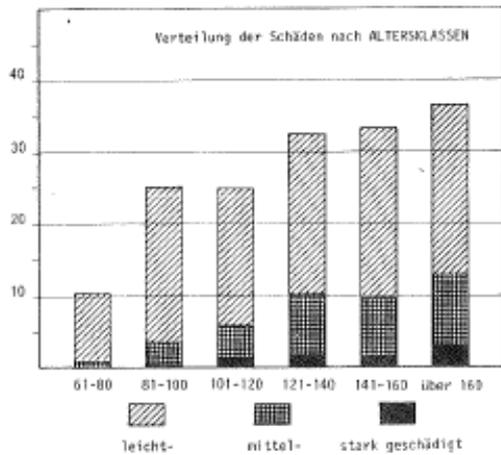


Abb. 12



Wie bei anderen Waldzustandsuntersuchungen in den Nachbarländern zeigen die Waldschäden in Tirol aber eine deutliche Abhängigkeit der Schäden von der Bestandesstruktur. Je lichter und stufiger die Bestände sind, desto stärker sind die Schäden (Abb. 13).

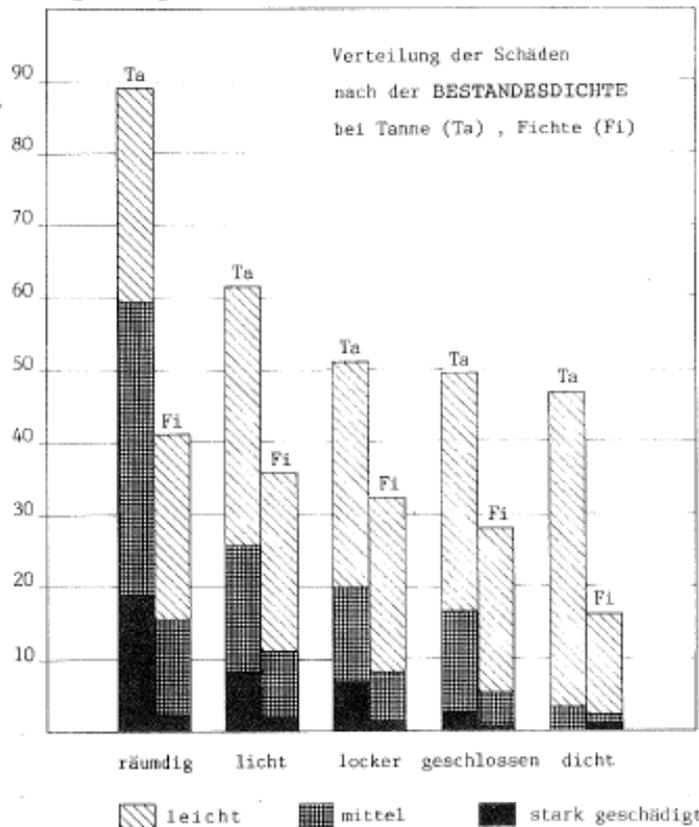
Ebenso sind aus dem Kronendach herausragende Bäume und Bäume an Bestandesrändern im Durchschnitt deutlich stärker geschädigt.

Bäume, die Luftströmungen verstärkt ausgesetzt sind, zeigen eine stärkere Schädigung als Bäume im dichten Bestand. Diese Tatsache sowie die Abnahme der Waldschäden mit der Höhenlage und die sehr unterschiedliche regionale Schadensverteilung ist durch natürliche Faktoren nicht erklärbar.

Aus den langjährigen Messungen der Landesforstdirektion wissen wir aber, daß in allen unseren Ballungsräumen forstschädliche Luftverunreinigungen (vor allem Schwefeldioxid) vorliegen. Rund um diese Gebiete und in den verkehrsreichen Tälern treten zudem waldschädliche Ozonimmissionen

Abb. 13

100 % geschädigt



auf, die auf die ständig zunehmende Stickoxidemissionen zurückgehen. Zur hausgemachten Luftverschmutzung kommt in Tirol noch eine Grundbelastung durch saure Niederschläge, die in den Nordalpen als meteorologische Stauzone besonders wirksam wird. Aufgrund dieser Tatsachen müssen wir annehmen, daß die Waldschäden auch in Tirol in erster Linie auf die Luftverschmutzung zurückzuführen sind (siehe Kapitel D).

## C 2 DIE IMMISSIONSSITUATION IN TIROL - LANDESERGEBNISSE

Seit mehr als 10 Jahren werden in Tirol in Hinblick auf den Waldzustand vor allem in den Hauptbelastungsgebieten an zahlreichen Meßstellen u.a. die Belastungen mit Schwefeldioxid, Staub u. Schwermetallen erhoben. Seit 1981 wurden zusätzlich Erhebungen der Belastung durch Stickoxide und Ozon durchgeführt. Seit 1983 wurde auch an mehreren Meßstellen mit der Erhebung des sauren nassen Niederschlags begonnen.

Grundsätzlich muß festgestellt werden, daß eine Reihe von primären Luftschadstoffen von den verschiedenen Verursachergruppen ausgestoßen werden. Hierzu zählen insbesondere die Schadstoffe Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Stäube, Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid, Schwermetalle. Diese Luftschadstoffe werden je nach äußeren Bedingungen unterschiedlich rasch und in unterschiedlicher Entfernung vom Emittenten (= Verursacher) in sekundäre Luftschadstoffe = Folgeprodukte umgewandelt. Solche Folgeprodukte sind unter anderem insbesondere saure Niederschläge (naß, trocken), Ozon und Photooxidantien. Wie rasch und in welcher Entfernung vom Ort der Emission aus den primären Luftschad-

stoffen die sekundären Folgeprodukte entstehen, hängt u.a. von zahlreichen Bedingungen ab, wie z.B. Lufttemperatur, Sonneneinstrahlung, Tageszeit, Luftfeuchtigkeit, Vorhandensein von anderen Luftschadstoffen sowie weiteren örtlichen und klimatischen Gegebenheiten. Einerseits können die primären Luftschadstoffe durch diese Umwandlungen zum Teil in noch giftigere Folgeprodukte umgewandelt werden. Andererseits werden sowohl primäre als auch sekundäre Folgeprodukte in Folge Ablagerung auf Pflanzen bzw. Böden oder anderen Oberflächen (z.B. Gebäudefassaden) aus dem Luftraum entfernt oder über große Entfernungen verfrachtet (bis zu mehrere 100 km).

Dies führt dazu, daß im allgemeinen in der Nähe der Ballungszentren in Tallage und an den unteren Hanglagen mit erhöhten Konzentrationen der primären Luftschadstoffe (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) zu rechnen ist, in den mittleren und höheren Hanglagen, sowie in den abgelegeneren Gebieten ("Reinluftgebieten") unter Umständen erhöhte Konzentrationen von sekundären Luftschadstoffen (z.B. Ozon, saurer Niederschlag) auftreten.

### Schwefeldioxidbelastung (SO<sub>2</sub>):

Die Grenzwerte laut 2. Forstverordnung sind:

§ 4 (1) Als Höchstanteile im Sinne des § 48 lit. b des Forstgesetzes 1975, die nach dem Stande 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 (SO<sub>2</sub>):

1. 97,5 Perzentil für den Halbstundenmittelwert (HMW) in den Monaten

aa) April bis Oktober 0,07 mg/m<sup>3</sup>

bb) November bis März 0,15 mg/m<sup>3</sup>

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/m<sup>3</sup>

bb) November bis März 0,10 mg/m<sup>3</sup>

In kleineren Orten und in ländlichen Streusiedlungen, wo vorwiegend mit Heizöl extraleicht oder Holz geheizt wird und die allenfalls auftretenden SO<sub>2</sub>-Immissionen nur über niedere Einzelhausheizungen emittiert werden, werden im allgemeinen nur lokal und im kleinen Umkreis, allenfalls vorübergehend in der Heizperiode etwas erhöhte SO<sub>2</sub>-Werte gemessen, welche jedoch nur selten die Grenzwerte der 2. Forstverordnung überschreiten. Die SO<sub>2</sub>-Belastung in größerer Entfernung vom Ortskern nimmt rasch ab. Auch im Sommer ist in solchen Gebieten insgesamt die SO<sub>2</sub>-Belastung niedrig.

In den größeren Orten und insbesondere in den dicht bebauten Ballungsgebieten werden größere Gebäudekomplexe häufig mit schwefelhaltigeren Heizmaterialien versorgt. Somit ist einerseits die ausgestoßene Schwefeldioxidmenge größer und außerdem wird sie meist über höhere Rauchfänge (Quellhöhen) emittiert, sodaß die in diesen Gebieten auftretenden SO<sub>2</sub>-Belastungen je nach Quellstärke und nach Quellhöhe im allgemeinen weitreichender sind, insbesondere dann, wenn Prallhänge hiervon betroffen sind. Dies führt dazu,

daß in den Wintermonaten aber auch in den Übergangsmonaten im Frühjahr und Herbst während der Heizperiode die Grenzwerte der 2. Forstverordnung fallweise sogar stark überschritten werden, wobei maximale Halbstundenmittelwerte bis 0,40 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> in zahlreichen Orten erreicht worden sind. Mit zunehmender Entfernung von den Ballungsräumen nimmt jedoch die Belastung an Schwefeldioxid durch Umwandlung des Luftschadstoffes in Folgeprodukte, aber auch durch Verdünnung und Ablagerung ab. Im Sommer ist die SO<sub>2</sub>-Belastung in reinen Wohngebieten im allgemeinen niedrig.

In der Umgebung von SO<sub>2</sub>-emittierenden Industriebetrieben, welche ganzjährig betrieben werden, treten SO<sub>2</sub>-Belastungen auch ganzjährig auf, sodaß hier nicht nur im Winter sondern insbesondere auch im Sommer mit Überschreitungen der Grenzwerte der 2. Forstverordnung zu rechnen ist, da die Grenzwerte im Sommer niedriger liegen als im Winter entsprechend der im Sommer höheren Empfindlichkeit der Vegetation. Auch hier ist mit zunehmender Entfernung vom Emittenten ein Rückgang der SO<sub>2</sub>-Belastung meßbar und zwar je nach Quellstärke sowie Höhe und Lage des emittierenden Schlottes zum umgebenden Gelände. Wegen der Schwefeldioxidbelastung während der Vegetationsperiode sind die Immissionen, welche im Sommerhalbjahr erfolgen, in Hinblick auf die Vegetation besonders kritisch zu beurteilen.

Insgesamt kann festgestellt werden, daß im Inntal im allgemeinen die Mittelgebirgslagen nur mehr von deutlich geringeren Schwefeldioxidbelastungen betroffen sind als die Tallagen. Die Hochlagen werden meist von keinen mit den üblichen Geräten meßbaren Schwefeldioxidbelastungen mehr erreicht. Hierher gelangen oft dann

jedoch die sekundären Folgeprodukte der Schwefeldioxidbelastung in Form von "saurem Niederschlag" in trockener oder nasser Form. Diese Folgeprodukte schädigen aber die Vegetation ebenfalls, sie können durch Wados-Geräte erfaßt werden.

#### Stickoxide (NOx):

Für Pflanzen liegen die Toleranzgrenzen für Stickoxide 2- bis 8mal höher als für SO<sub>2</sub>. Mit einer Gefährdung wird erst ab 0,35 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gerechnet. In Kombination mit SO<sub>2</sub> liegt die Wirkungsschwelle allerdings niedriger: Bei Anwesenheit von 0,13 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> führen schon 0,09 mg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (= 45 ppb) zu Blattschäden (Materialien zum Immissionsschutzbericht 1977, Umweltbundesamt Berlin).

Unter Stickoxiden versteht man im allgemeinen ein Gemisch aus Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>). Als Emission von Verbrennungsvorgängen bei hoher Temperatur also insbesondere beim KFZ-Verkehr aber auch bei gewerblich-industriellen Verbrennungsprozessen, bei welchen hohe Temperaturen erreicht werden, werden Stickoxide zunächst in Form von NO emittiert, das meist sehr rasch in NO<sub>2</sub> übergeht.

Die Stickoxide reagieren unter dem Einfluß von Sonnenstrahlung mit reaktiven Kohlenwasserstoffen, die ebenfalls vorwiegend aus dem Autoverkehr stammen, zu neuen Verbindungen, welche wegen ihrer oxidierenden Wirkung auch als (Photo-) Oxidantien (Photochemischer Smog) bezeichnet werden. Diese Verbindungen unterscheiden sich in chemischer Hinsicht erheblich von den Ausgangsstoffen und sind häufig reaktionsfreudiger und stärker umweltgefährdend. Als wichtigstes Reaktionsprodukt dieser photochemi-

schen Prozesse wird das Ozon angesehen. Daneben entsteht aber auch eine Vielzahl anderer gas- und partikelförmiger Verbindungen, wie Peroxide, Aldehyde, Peroxiacetylnitrat, die noch toxischer als Ozon sein können, aber in geringen Konzentrationen auftreten.

Die Immissionsmessungen in Tirol haben gezeigt, daß die Stickoxidbelastungen im autobahnnahe Bereich (z.B. Meßstelle BFI Hall - ca. 200 m von der Autobahn entfernt) höher liegen, als im dicht bebauten Siedlungsgebiet (z.B. Olympisches Dorf). Insgesamt sind die Stickoxidbelastungen in der Nähe der Autobahn und Hauptstraßen am höchsten, sie sind noch hoch im Bereich der Ballungsräume und nehmen mit zunehmender Entfernung vom Ballungsraum ab, sodaß in Mittelgebirgs-lagen nur mehr geringe bzw. in größeren Höhen häufig keine mit den üblichen Meßmethoden erfassbare Stickoxidwerte festgestellt werden konnten, da die emittierten Stickoxide viel rascher als SO<sub>2</sub> in sekundäre Folgeprodukte umgewandelt werden. Eines dieser Umwandlungsprodukte ist das Ozon, ein weiteres der Nitratanteil im "sauren Niederschlag".

#### Ozon (O<sub>3</sub>):

Als Leitsubstanz zur Beurteilung photochemischer Luftverunreinigungen wird das Ozon herangezogen (Materialien zum Immissionsschutzbericht 1977, Pkt.1.3.3.2), wobei z.B. für die Schweizer Luftreinhalteverordnung ein Grenzwert von 40 ppb O<sub>3</sub> als 95 %-Wert eines Monats vorgeschlagen wurde.

Zum Teil wird Ozon in der Stratosphäre als natürlicher Luftbestandteil gebildet. Dies bedingt eine natürliche Grundbelastung an Ozon. Darüberhinaus wird jedoch

als Folgeprodukt von Stickoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen unter intensiver Sonneneinstrahlung zusätzliches Ozon gebildet. Wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, daß bei Vorhandensein von ca. 100 ppb NO<sub>2</sub> je nach den photochemischen Umwandlungsbedingungen mit der Bildung von etwa 200 ppb Ozon zu rechnen ist, bei ca. 60 ppb NO<sub>2</sub> mit etwa 150 ppb Ozon und bei ca. 30 ppb NO<sub>2</sub> in ungünstigen Fällen immer noch mit 100 ppb Ozon. Solche Stickoxidkonzentrationen von 40 ppb treten in Tirol häufig neben den Autobahnen auf. Ähnliche Konzentrationen von Stickoxiden werden auch in Ballungsräumen in der Nähe stark befahrener Straßen gemessen. Andererseits werden im Lee in einiger Entfernung von Hauptverkehrsstraßen bzw. Autobahnen Ozonkonzentrationen bis zu 100 ppb und darüber gemessen. Da dieser Vorgang der Schadstoffumwandlung einige Zeit benötigt, treten die hohen Ozonkonzentrationen nicht am Ort der Emissionen der ursprünglichen Schadstoffe auf, sondern in mehreren bis vielen Kilometern Entfernung hiervon.

Deshalb ist die Ozonbelastung in den unteren Tallagen Tirols niedriger und weist einen deutlichen Tagesgang auf, wobei in den frühen Nachmittagsstunden die höchsten O<sub>3</sub>-Werte erreicht werden und in frühen Morgenstunden die niedrigsten O<sub>3</sub>-Werte, da nachts oft eine völlige Rückreaktion mit neu emittiertem NO erfolgt. In den Mittelgebirgslagen nimmt die Ozonbelastung insgesamt zu und zwar insbesondere in den Mittelgebirgslagen des Inntales und in den stark verkehrsbelasteten Seitentälern. Die höchsten Werte der Ozonbelastung wurden in Tirol bisher am Patscherkofel gemessen, dem Schnittpunkt der Hauptverkehrslinie Brenner - Inntal. Diese Belastungen liegen deutlich höher als bei anderen Meßstellen

im Bereich der Waldgrenze, welche abseits von Hauptstraßenverkehrslinien liegen. Typisch für die Meßstellen in der Nähe der Waldgrenze ist der meist fehlende oder nur schwach ausgeprägte Tagesgang, da hier keine Rückreaktion mit NO erfolgt. Die hohen Ozonbelastungen an den Hanglagen und an der Waldgrenze in mehreren Kilometern Entfernung und im Lee von Autobahnen und Hauptstraßen sind auf die hohen Verkehrsbelastungen in den Tälern zurückzuführen.

Schwermetall- u.a. Staubbelastungen:

Die Grenzwerte laut 2. Forstverordnung sind:  
 § 4 (3) Als Höchstmengen im Staubbiederschlag werden im Sinne des § 48 lit.b des Forstgesetzes 1975 festgesetzt:

	Monats- mittelwert	Jahres- mittelwert	
	(g pro m <sup>2</sup> und Tag) angegeben als	(g pro m <sup>2</sup> und Tag)	
MgO	0,08	0,05	
CaO	0,6	0,4	
			Jahres- mittelwert (kg pro ha und Jahr)
Pb			2,5
Zn			10,0
Cu			2,5
Cd			0,05

Das Problem der Blei- und Salzbelastung entlang von Hauptdurchzugsstraßen ist in Kapitel B 3 behandelt. Über die Schwermetallbelastung durch industrielle Emitenten siehe D Beurteilungsraum Brixlegg und Umgebung.

## 2. bei Fluor und Chlor

Nadel- jahrg.	mg % F.i.d.Tr. % Cl i.d.Tr.	
	Gesamt- fluor	Gesamt- schwefel
1	0,8	0,1
2	1,0	0,1
3	1,0	0,1

## Nadelanalysen:

Die Grenzwerte gemäß 2. Forstverordnung sind:

§ 5 (1) Über die Höchstanteile im Sinne des § 48 lit.b des Forstgesetzes 1975 hat bei Messungen am Bewuchs, unter Verwendung der Baumart Fichte als Indikator, zu gelten:

Geringere Schwefelgehalte als die in lit.b abgegebenen überschreiten den zulässigen Immissionsgrenzwert bereits dann, wenn in einem Nadeljahrgang im jeweiligen Untersuchungsgebiet im selben Jahr zwischen beeinflussten und unbeeinflussten Flächen eine Differenz von 0,03 % S in der Trockensubstanz oder mehr auftritt.

Findet lit.a keine Anwendung, werden für die ersten drei Nadeljahrgänge die zulässigen Höchstanteile wie folgt festgesetzt:

### 1. bei Schwefel

Nadel- jahrgang	% S i.d.Tr.	
	Sulfat	Gesamtschwefel
1	0,08	0,11
2	0,11	0,14
3	0,14	0,17

### 3. bei Ammoniak

im Nadeljahrgang 1 2,2 % i.d.Tr. Gesamtstickstoff

### 4. bei Staub

im Nadeljahrgang 1 0,3 % i.d.Tr. Phosphor  
0,85 % i.d.Tr. Kalium  
0,9 % i.d.Tr. Kalzium  
0,2 % i.d.Tr. Magnesium

Neben diesen absoluten Werten ist auch das Verhältnis der Nährelemente zueinander (Nährelementquotient) zu berücksichtigen.

(2) Für Messungen am Bewuchs, unter Verwendung der Baumart Buche als Indikator, werden fol-

gende Höchstanteile im Sinne des § 48 lit. b des Forstgesetzes 1975 festgesetzt:

1. bei Schwefel 0,08 % S i.d.Tr.  
Gesamtschwefel
2. bei Fluor 0,8 mg % F  
i.d.Tr. Gesamtfluor
3. bei Chlor 0,1 % Cl i.d.Tr.  
Gesamtchlor

§ 6 Die in den §§ 4 und 5 angeführten Werte beziehen sich auf die alleinige Wirkung der jeweiligen luftverunreinigenden Stoffe.

Zur Identifizierung von Einwirkungen forstschädlicher Schadstoffbelastungen (z.B. durch SO<sub>2</sub> und Fluor) und zur sicheren Diagnose sind im allgemeinen verschiedene Nachweisverfahren geeignet. Während z.B. Luftanalysen nur eine Aussage über die Immissionen zum Zeitpunkt der Messung zulassen, kann z.B. über die Nadelanalyse auch auf die Einwirkung früher aufgetretener schädlicher Schadstoffbelastungen geschlossen werden. Dabei erfolgt die Aufnahme gasförmiger Luftschadstoffe durch die Pflanze in Abhängigkeit von einer Reihe innerer und äußerer Faktoren und ist daher nicht direkt dosisbezogen. Unter anderem erfolgt die Aufnahme nicht nur konzentrationsproportional sondern insbesondere auch massenstromproportional, das bedeutet, daß windexponierte Bestandesteile in Geländekuppen oder -kanten auch bei relativ niedrigeren Schadstoffkonzentrationen in der Luft unter Umständen hohe Schadstoffspeicherwerte aufweisen. Außerdem führen kurzzeitige Konzentrationsspitzen häufig zu verstärkten akuten Schädwirkungen.

Bei den Erhebungen in Tirol wurde festgestellt, daß Spitzenwerte der Schwefel- und besonders der Fluorbelastung nur im näheren Einzugsbereich größerer Emittenten oder Emittentengruppen auftreten und hier wieder insbesondere im talnahen Bereich und an sogenannten Prallhängen. Die emittentferneren Nadelanalysenpunkte in den mittleren und oberen Hanglagen sowie in den abgelegenen Gebieten weisen zum überwiegenden Großteil niedere oder nur mäßige Belastungen auf.

Die jetzt feststellbaren Waldschäden sind vielerorts als Folge jahre- und jahrzehntelanger Schadstoffeinwirkungen anzusehen.

### C 3 DIE ALLGEMEINE ENTWICKLUNG DES BODENZUSTANDES

Die wichtigste Triebkraft bei der Veränderung der Bodeneigenschaften ist die Bodenversauerung, ein in unserem Klima natürlicher Prozeß bei der Bodenentwicklung. Diese Entwicklung, die sich meist über viele Jahrtausende erstreckt, führt zur Bildung von nährstoffarmen Podsolböden, die nur mehr das Aufkommen einer anspruchslosen, säuretoleranten Vegetation ermöglichen.

Diese Entwicklung kann jedoch durch die Nutzung des Waldes durch den Menschen (Holz-, Streunutzung), sowie durch Eintrag von sauren Niederschlägen (saure Deposition) verstärkt und beschleunigt werden.

Die Versauerung auf Grund der Entnahme von Biomasse (Holz-, Streunutzung) resultiert aus der Anreicherung von Kationen (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) in der Pflanze.

Wird dieser Kationenüberschuß der Zersetzung im Bestand durch Holz- oder Streunutzung entzogen, so fehlen diese Kationen bei der Neutralisation von Säuren. Der Umfang der daraus resultierenden Versauerung hängt von der Form, in der Biomasse entnommen wird, ab.

Während die in Tirol übliche Derbholznutzung (Nutzung des Stammholzes ohne Äste und Wipfel) lediglich einen schwachen Versauerungsschub bewirkt, führt die Ganzbaumnutzung (mit Ästen und Wipfel) zu einer beinahe dreimal stärkeren Versauerung (siehe Tabelle 4). Der Versauerungseffekt bei der Bodenstreuentnahme kann noch wesentlich höher sein als der bei der Holznutzung.

Durch saure Niederschläge, die im Boden neutralisiert werden müssen, werden dem Boden ebenfalls große Mengen an Kationen durch Auswaschung in Verbindung mit den Anionen der Niederschläge (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) entzogen.

Tabelle 4 gibt eine Gegenüberstellung der wichtigsten Versauerungsfaktoren. Die Protoneneinträge im Bestandes-Niederschlag können aus den Messungen des Freiland Niederschlages und nach Forschungsergebnissen von ULRICH und MATZNER abgeschätzt werden.

PH-Wert Absenkungen, die aus sauren Niederschlägen und zum geringeren Teil aus der Akkumulation von Biomasse resultieren, konnten auf 2 Exaktversuchsflächen der Forstlichen Bundesver-

suchsanstalt in Tirol in Silz und Unterangerberg und bei weiteren Einzelproben aus dem Bezirk Schwaz auch in Tirol nachgewiesen werden. Die Bodenversauerung auf der Versuchsfläche Silz muß als besonders stark bezeichnet werden, da auf diesem Standort schon zu Versuchsbeginn (1963) sehr niedrige pH-Werte vorlagen. Diese deutliche Reaktion kann durch die geringe Pufferkapazität des relativ nährstoffarmen Podsoles erklärt werden (Tabelle 5). Die pH-Werte der Versuchsfläche Unterangerberg hingegen waren anfangs noch durch eine, Ende der 50er-Jahre durchgeführte Kalkung erhöht. Die Säurebelastung führte jedoch auch hier in den letzten 20 Jahren zu einer drastischen Versauerung (Tabelle 5).

Für die Forstwirtschaft ist die Tatsache, daß innerhalb waldökologisch ganz kurzer Zeiträume (2 Jahrzehnte) meßbare pH-Verschiebungen beobachtet werden konnten, höchst alarmierend.

Dieses Phänomen der drastisch beschleunigten Bodenversauerung, das in zahlreichen übereinstimmenden Untersuchungen in Mitteleuropa nachgewiesen werden konnte, hat gravierende Auswirkungen auf Bodenzustand und Pflanzenwachstum:

- Verminderter Humusabbau und abnehmende Bodendurchmischung durch schlechtere Lebensbedingungen für die Mikroorganismen.
- Zunehmend unharmonische Nähr-

Tabelle 4: Bodenversauerung durch saure Niederschläge, Holzernte und Streunutzung in Tirol (Protoneneinträge in Keq/ha/Jahr)

	Niederschlag		Ernteverfahren		Streunutzung (1 t/ha/Jahr)
	Freiland	Bestand	Derbholz	Ganzbaum	
Reutte	0,33	1,32			
Kufstein	0,58	2,32	0,54	1,38	1,10

Tabelle 5: pH-Wert in den verschiedenen Bodentiefen - Versuchsfläche Silz, Unterangerberg in den Jahren 1963 - 1983.

		Versuchsfläche Silz			
Horizont	Bodentiefe	1963	1968	1973	1983
Auflagehumus	4 - 0 cm	4,1	4,1	3,8	3,7
	0 - 15 cm	3,8	3,6	3,7	3,5
Mineralboden	15 - 18 cm	4,4	-	-	4,0

		Versuchsfläche Unterangerberg			
Auflagehumus	5 - 0 cm	4,5	3,6	3,7	3,3
	0 - 5 cm	4,0	3,2	-	3,2
Mineralboden	5 - 20 cm	4,2	-	-	3,8

stoffzusammensetzung in der Bodenlösung durch verstärktes Auftreten von toxischen  $Al^{+++}$ ,  $Fe^{+++}$  und Schwermetallionen.

- Verminderung der Fähigkeit der Säurepufferung auf den Blättern der Bäume, dadie Nachschaffung basischer Kationen aus dem versauerten Boden nicht rasch genug möglich ist. Dies kann zu Säureschäden auf den Blättern führen.

- Schlechtere Nährstoffversorgung der Bäume nach dem Absterben der Mykorrhizapilze durch Säuretoxizität.

- Primäre Wurzelschädigungen durch  $Al^{+++}$  und Schwermetallionen.

- Sekundär erleichtertes Eindringen von sauren Lösungen in bereits durch Trockenheit etc. geschädigte Wurzeln.

- Toxische  $Al^{+++}$  und Schwermetallionenkonzentrationen in Fließgewässern aus Gebieten mit bereits extrem versauerten Böden (Skandinavien).

Durch den Säureeintrag über die sauren Niederschläge sind also langfristig sowohl land- und forstwirtschaftliche Böden als auch Quellwasser, Seen und Fließgewässer, also alle unsere Lebensgrundlagen bedroht!

#### C 4 SCHADSTOFFEINTRAG DURCH NASSE DEPOSITION IN TIROL

Saure Niederschläge haben ihren Ursprung hauptsächlich im Schwefeldioxid ( $SO_2$ ) und Stickoxiden ( $NO_x$ -Verbindungen). Ihre Quellen sind neben der Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl) auch die Verhüttung schwefelhaltiger Erze; ein geringer Teil kommt aus natürlichen Quellen. Nach dem Ausstoß in die Atmosphäre (= Emission) werden diese (und andere) Verbindungen verfrachtet (= Transmission) und sedimentieren einerseits als trockene Deposition oder gelangen andererseits nach Adsorption und Umwandlung in Wolkenelementen als verdünnte Säuren im Regen/Schnee wieder auf die Erdoberfläche (siehe Abb. 14). Grobstaub wird auf Grund seines Gewichtes nicht weit verfrachtet; er enthält vielfach alkalische Verbindungen (u.a.  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ -Verbindungen). Bestimmt man nun die Gesamtdeposition mit einem ständig geöffneten Gefäß, kann das Ergebnis der nassen Niederschläge durch Neutralisation der sauren Niederschläge mit den alkalischen Komponenten des Grobstaubes aus der trockenen Deposition verfälscht werden.

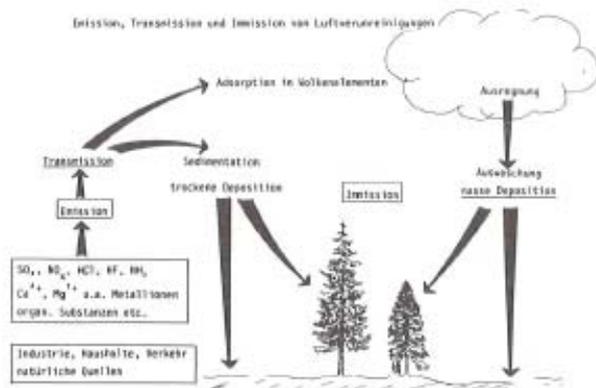


Abbildung 14

Die nasse Deposition von Säuren, Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Sulfat bzw. Nitrat) sowie gelöster Salze kann durch die Analyse von Niederschlägen ermittelt werden.

Zur eingehenden Klärung der Frage einer Belastung Tirols durch den Ferntransport von Luftschadstoffen, die im feuchten Niederschlag zu Boden fallen, führt der Landesforstdienst seit 1983 ein Untersuchungsprogramm durch. Geeignete Meßgeräte, welche sich nur bei Regen/Schnee öffnen, wurden in Wängle/Reutte, Achenkirch und am Niederndorferberg/Kufstein aufgestellt. Die bisher vorliegenden Ergebnisse sind in der nächsten Tabelle 6 als Mittelwerte angegeben.

	Meßzeit- raum	Konzentration (mg/l)		
		pH	S	N
Kufstein	Nov. 83 -			
	Juli 84	4,5	4,2	4,1
Reutte	Nov. 83 -			
	Juli 84	4,6	3,2	2,7
Achenkirch	Nov. 83 - Mai 84	4,7	2,6	2,5

Der Mittelwert für den pH ist in Kufstein und Reutte deutlich, in Achenkirch schwach gesenkt. Aus-

gekräftiger ist aber die Zählung stark belasteter Niederschläge. So wies fast jeder vierte Regen in Kufstein und Reutte einen pH von 4,1 oder weniger auf, in Achenkirch jeder 7. Stark erhöhte Sulfatkonzentrationen (über 5 mg/l; nach S. Smidt) wurden in Kufstein in jedem 4., in Reutte in jedem 6. und in Achenkirch in jedem 10. Regen/Schnee gemessen. Für Nitrat wurden in Kufstein in jedem 4. nassen Niederschlag stark erhöhte Konzentrationen gemessen, in Reutte in fast jedem 9. und in Achenkirch in fast jedem 5.

Bezüglich der Ionengehalte sind die Sulfatmittelwerte von Nov. 1983 bis Mai bzw. Juli 1984 als erhöht einzustufen. Auch die Nitratmittelwerte sind mit Ausnahme von Achenkirch erhöht. In Haggen/Sellrain wurde gegenüber Achenkirch mit 0,32 mg/l (Gewichtsmittel) nur ein Fünftel(!) der Sulfatkonzentration gemessen, die Nitratkonzentration war sehr ähnlich der in Achenkirch.

Bei einzelnen Regenereignissen sind in allen drei Meßstationen (Reutte, Achenkirch, Kufstein) sehr stark erhöhte Sulfatkonzentrationen (über 10 mg/l) gemessen worden. Für Nitrat wurden in Kufstein und Reutte sehr stark erhöhte, in Achenkirch stark erhöhte Konzentrationen gemessen.

Besonders auffallend war der April 1984: 83 % der feuchten Niederschläge in Kufstein, 75 % der in Reutte und 50 % der in Achenkirch wiesen einen pH von weniger oder gleich 4,1 auf. Die Nitratkonzentration war an allen Stationen in mindestens 50 % der nassen Niederschläge stark erhöht; die Sulfatkonzentration war in Kufstein in 67 %, in Reutte in 50 % und in Achenkirch in 29 % der Fälle stark erhöht.

Als niedrigste wurden im April 1984 pH-Werte zwischen 3,3 und 3,7 an den jeweiligen Stationen gemessen - 80 bis 200 mal saurer als "reines" Regenwasser mit einem pH von 5,6. Die von der forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien im ersten Halbjahr 1984 in Tirol durchgeführten Messungen des Gesamtniederschlages ergeben für Achenkirch mit 4,7 den gleichen pH-Mittelwert. Am Patscherkofel betrug der Mittelwert 4,8, in Haggen/Sellrain dagegen 5,8, dies entsprach also fast natürlichem Regen.

Insgesamt läßt sich aus den vorliegenden Daten eine generell erhöhte einzustufende Belastung in allen drei Meßstationen am Nordrand Tirols durch die nassen Niederschläge ablesen.

Auf der Basis der gemessenen Niederschlagskonzentrationen und

-mengen wurde die feuchte Deposition abgeschätzt. Die Kenntnis der feuchten Deposition d.h. die Zufuhr von Schadstoffen durch Niederschlagsvorgänge zur Oberfläche (Boden und Vegetation) ist für die Beurteilung von möglichen schädlichen Wirkungen auf Ökosysteme von großer Bedeutung. In Abbildung 15 sind die feuchten Depositionen für  $SO_4^{2-}/S$  und  $NO_3^-/N$  sowie die gefallenen Regenmengen kumulativ von Nov. 1983 bis Mai 1984 für alle drei Meßstationen dargestellt.

Insgesamt erfolgten im Zeitraum November 1983 bis Mai 1984 folgende Einträge an Sulfat/S und Nitrat/N (in kg/ha) an den drei Stationen (siehe Tabelle 6).

Reutte und Achenkirch weisen im ersten halben Jahr der Messungen vergleichbare Mengen an Sulfat/S und Nitrat/N auf; die Station in Kufstein dagegen ist deutlich höher belastet.

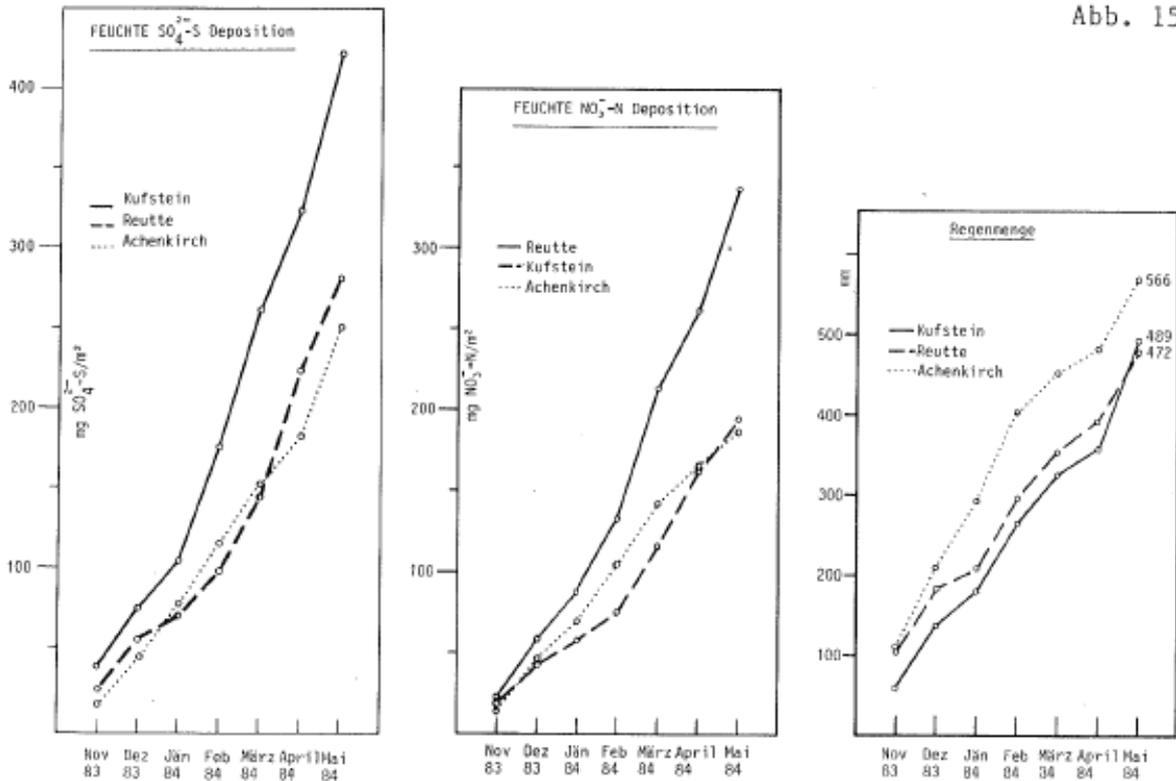


Abb. 15

Tabelle 6:

	SO <sub>4</sub> 2-/S (kg/ha)		NO <sub>3</sub> -/N (kg/ha)	
	11/83-5/84	11/83-10/84	11/83-5/84	11/83-10/84
Reutte	2,82	6,55	1,97	3,91
Achenkirch	2,53	-	1,85	-
Kufstein	4,21	12,83	3,38	7,39

Regionale Depositionsverteilungen sind wesentlich durch die Niederschlagsverteilung bestimmt. So fielen in Reutte und Kufstein fast identische Niederschlagsmengen im Zeitraum Nov. 83 - Mai 84. Der Eintrag von Sulfat/S in Kufstein ist jedoch um die Hälfte, jener von Nitrat/N um 70 % erhöht verglichen mit den Werten aus Reutte.

Ein Vergleich Reutte Achenkirch zeigt, daß in Reutte bei weniger Niederschlägen gleiche Einträge an Sulfat/S bzw. Nitrat/N erfolgten. Daraus kann der Schluß gezogen werden, daß die Station in Achenkirch etwa einer "Grundbelastung" für den Tiroler Alpennordrand gleichzusetzen ist, und lokale bis regionale Verunreinigungsquellen in Reutte und besonders in Kufstein die höheren Belastungen ausmachen. Ein derartiger Hinweis auf eine lokale Quelle ist der 70 % höhere NO<sub>3</sub> -/N-Wert in Kufstein verglichen mit Reutte. NO<sub>3</sub> -/N als ein Endprodukt der Stickoxidemission dürfte aus dem überaus hohen Verkehrsaufkommen in Kufstein und den größeren Emittenten (z.B. Zementwerke, Fernheizwerk) resultieren. Die Anhäufung dieser Großanlagen im Unterland ist vermutlich auch die Ursache für die 50 % höheren Sulfat/S-Werte Kufsteins gegenüber Reutte.

Ist die oben als "Grundbelastung" bezeichnete Belastung in Achenkirch (und Reutte, Kufstein) hausgemacht?

Eine Antwort auf diese Frage könnte durch den Vergleich stark saurer Niederschläge, die an allen drei Stationen gleichzeitig aufgetreten sind, mit der Wetterlage gefunden werden. Im April 1984 waren mehrere derartige Ereignisse, die von der Wetterdienststelle Innsbruck auf einen möglichen derartigen Zusammenhang geprüft wurden.

Von den 3 Beispielen hatten die beiden ersten einen sehr niedrigen pH-Wert sowie hohe Schadstoffgehalte, das dritte einen hohen pH-Wert mit niedrigeren Schadstoffkonzentrationen im Niederschlag.

Meteorologisch herrschten in der ersten Fallstudie in den Tagen vor den sauren Niederschlägen sonnenscheinarme Verhältnisse in Deutschland. Eine Wolkendecke erschwerte aber eher den vertikalen Luftaustausch, die Schadstoffe häuften sich darunter an. Der anschließende Frontdurchgang (= Niederschlag) am 12.4. war mit nur schwachen Winden verbunden.

Im zweiten Fall mit hohen Schadstoffkonzentrationen und niedrigerem pH-Wert kam die Strömung bei wiederum eher windschwachen Verhältnissen in Schichten bis ca. 5 km Höhe aus dem Süden bzw. Südwesten.

In der dritten Fallstudie war die Wetterlage von stürmischen bis orkanartigen Höhenwinden aus dem Sektor Nordost bis Nordwest gekennzeichnet; der pH-Wert und die Schadstoffkonzentration waren

hier gering.

Natürlich bedarf es vieler weiterer Beispiele und detaillierter Analysen der Atmosphäre, jedoch lassen die 3 Fallbeispiele folgende Vermutungen zu:

1. Austauscharme und windschwache Wetterlage bringen belastete Niederschläge.
2. Windstarke Verhältnisse in der Atmosphäre bedingen offenbar durch eine große Verdünnung der Schadstoffe keine bis geringe Belastung in den Niederschlägen.
3. Belastete Niederschläge kommen sowohl aus Nordwest als auch aus Süd.

Nachdem also - wie oben ausgeführt - belastete Niederschläge sowohl von Nordwest wie aus Süden kommen, erhebt sich die generelle Frage nach der Häufigkeitsverteilung der Niederschläge aus diesen beiden Richtungen.

Es

Tabelle 7:

Höhe	Verhältnis der Windrichtungen			
	Nord	Ost	Süd	West
bis 3 km	22	18	12	48
bis 5 km	35	14	13	38
bis 7 km	38	12	11	39

#### C 5 SCHÄDEN DURCH WILD

Als Folge der bisherigen Umweltbelastung sind in unserem Lande die Symptome der neuartigen Walderkrankung überwiegend noch auf ältere Waldbestände beschränkt. In Hinblick auf ihr rasches Fortschreiten jedoch ist der Verjüngung des Gebirgswaldes mit seiner lebenswichtigen Schutzfunktion ein ganz besonderes Augenmerk zu widmen. Der Forstwirtschaft

Es stellt sich die Frage, aus welchen Richtungen die Niederschläge u. damit ein Schadstofftransport kommen.

Ein Hinweis zur Klärung dieser Frage ergibt die Verteilungshäufigkeit der Höhenwinde, wie sie in der Tabelle 7 für München (als nächstem Meßpunkt zu Tirol) zusammengestellt ist.

Aus den beiden Quadranten West und Nord zusammen gelangt die Luft 5 bis 7 mal häufiger nach München als vom Süden.

Langjährige Untersuchungen am Wank in Garmisch/Partenkirchen (1.800 m Seehöhe) zeigen, daß Sulfat und Nitrat hauptsächlich über die polarmaritimen bzw. kontinentalen Luftmassen (= Nordwest bis Nordost) zur Meßstelle gelangten.

Somit kann zusammenfassend festgehalten werden, daß die "Grundbelastung" in Achenkirch stellvertretend für Tirol mit großer Wahrscheinlichkeit hauptsächlich aus dem nördlichen Ausland importiert wird.

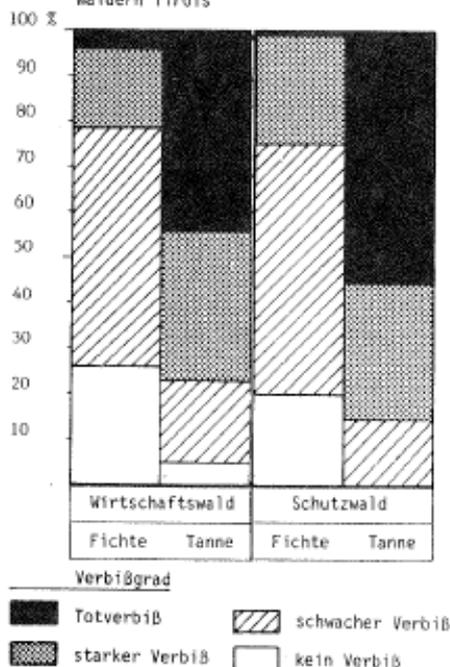
## Verbißschäden

Der Beweissicherung, sowie der Aufklärung von Waldbesitzern, Jägern und Forstleuten dienen und dienen wildsichere Kleinzäunungen, die im Jahre 1975 tirolweit errichtet worden sind. Durch sie kann man die natürliche Verjüngungsfähigkeit eines Bestandes und gleichzeitig den Verbißdruck bestimmen, indem man Baumarten und Baumzahlen inner- und außerhalb des Zaunes vergleicht. Die Ergebnisse einiger Auswerteeinheiten (Bezirksforstinspektionen) aus dem Jahre 1983 lassen sich dabei in drei charakteristische Gruppen einteilen: Jene, die außerhalb der wilddichten Kleinzäune knapp 70 % der Pflanzenzahl, die innerhalb der Zäune vorgefunden wurden (BFI Imst, Kitzbühel, Hall). Zwischen 37 % bis 41 % liegen die Werte in den Forstbezirken Schwaz, Landeck und Kufstein. Mit nur 20 bzw. 21 % sind die BFI Reutte und Lechtal am stärksten durch Wildverbiß gefährdet. Schlüsselt man diese Untersuchung nach den Baumarten auf, zeigt die Fichte innerhalb

und außerhalb der Zäune vergleichbare Stammzahlen. Die Mischbaumarten Tanne und verschiedene Laubhölzer hingegen fehlen außerhalb der Zäune weitgehend, lediglich als Sämlinge bzw. als einjährige Pflanzen bis zu einer Höhe von etwa 7 cm sind sie öfters zu beobachten. Das bedeutet, daß die für einen gesunden Bergwald gebietsweise ökologisch wichtigen Mischbaumarten systematisch durch Verbiß ausgeschaltet werden.

Ein ähnliches Bild der Verbißsituation in unserem Lande ergab sich, als im Rahmen der Waldzustandsinventur im Jahre 1984 für Fichte, Tanne und Laubhölzer getrennt grob beurteilt wurde, ob die Verjüngung des Waldes durch Verbißschäden beeinträchtigt ist (Tabelle 8). Dabei wurde zudem deutlich, daß in den Schutzwäldern und damit auch mit zunehmender Seehöhe sowohl Fichte wie Tanne verstärkt verbissen werden (Abb. 16). Für die Aufrechterhaltung der Schutzfunktion ist dies eine negative Entwicklung.

Abb. 16 Verbißschäden an Fichte und Tanne in den Wirtschafts- und Schutzwäldern Tirols



Die Schäl-schäden haben sich seit ihrem Maximum im Jahre 1976 mit 76.000 Stämmen unterschiedlich entwickelt. Sie erreichten im Winter 1982/83 mit 12.000 geschälten Stämmen den niedrigsten Wert. Trotz des schneearmen darauffolgenden Winters 1983/84 stiegen die Schäden auf 18.000 Stück an, sodaß wiederum Vorsicht geboten scheint. Bekanntlich dringen an den Schälwunden holzerstörende Pilze ein, die den Stamm zum "Faulen" und schließlich zum Abbrechen bringen. Die dadurch entstandene Reduktion des Waldertages setzt sich aus Wertverlust, verkürzter Umtriebszeit mit geringeren Stammdimensionen und arbeitsaufwendiger, planloser Nutzung zusammen.

	Fichte	Tanne	Laubhölzer
tot verbissen	3 %	48 %	19 %
stark verbissen	20 %	32 %	38 %
leicht verbissen	54 %	17 %	38 %
unverbissen	23 %	3 %	5 %

Tabelle 8: Anteil der Verbißgrade je Baumart in Prozent

### W e i d e s c h ä d e n

Die Schäden durch Viehweide im Wald entstehen durch Verbiß, Vertritt, Scheuern und Lagern, was über Bodenverdichtung und Wurzelverletzungen zuerst zu Zuwachsreduktionen, dann zum Verlichten des Bestandes und letztlich gegebenenfalls zum Verlust der Schutzfunktion führt. Die Verbißerhebungen des Jahres 1984 ergaben für ganz Tirol in den beweideten Waldflächen bei den Nadelhölzern Fichte und Tanne einen etwa um 5 % höheren Verbiß als auf unbeweideten Flächen. Gravierender ist der Unterschied beim Laubholz, das vom Rind weit lieber verbissen wird; hier beträgt die Differenz ca. 24 %.

Seit Jahrtausenden hat die Waldweide zur Ernährung des Weideviehs im Alpenland beigetragen, aber seit der land- und forstwirtschaftlichen Intensivierung ging dieses Futtergebiet in seiner Bedeutung stark zurück. (Flächig konzentriert zu wenig gutes Futter bzw. zu weite Distanzen). Bei den gegenwärtig angestrebten kleinflächigen Nutzungsformen wird das Futteraufkommen im Wald mehr und mehr eingeschränkt, sodaß für die Weideberechtigten die Ausübung dieser Weiderechte vielfach nicht mehr sinnvoll ist. Es ergibt sich daraus die zunehmende Notwendigkeit zur Ablösung der Waldweiderechte und zu einer Trennung von Wald und Weide.

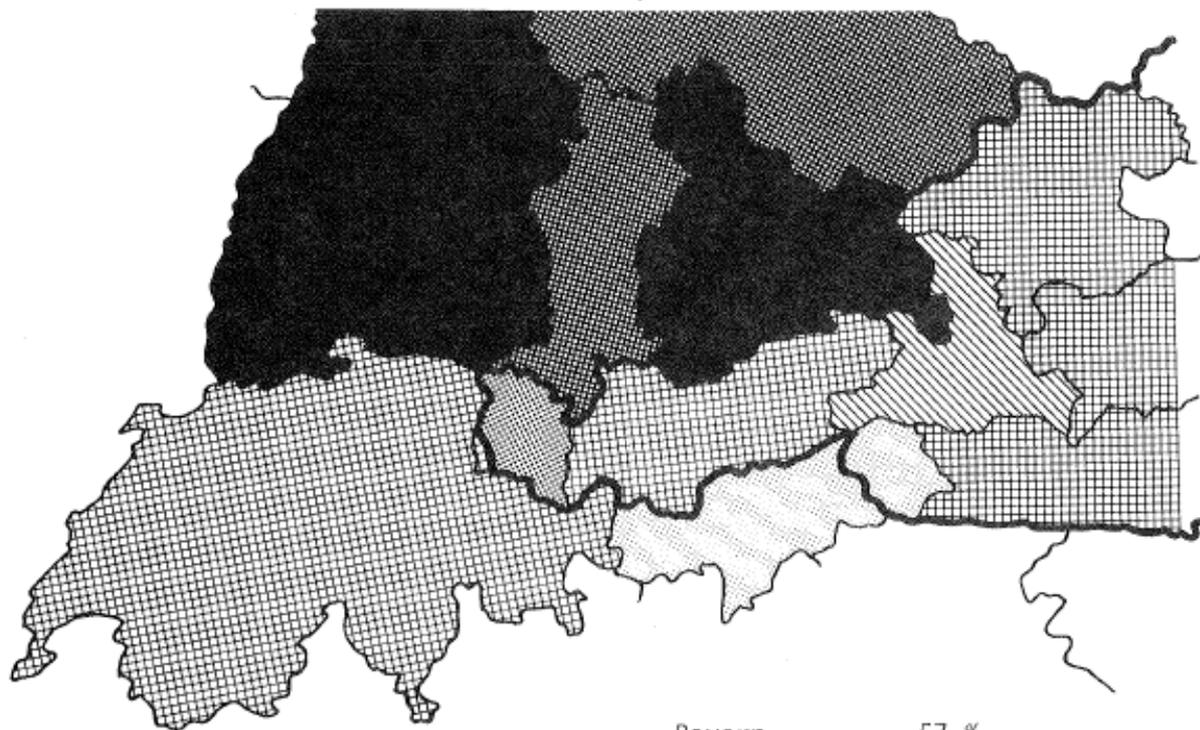
Das sogenannte Waldsterben infolge forstschädlicher Luftverunreinigungen macht es weiterhin erforderlich, daß dem sensiblen System

des Waldes, insbesondere aber seiner Verjüngung besondere Beachtung geschenkt wird. Sowohl die Waldweide wie auch die Jagd sind in einem relativ kurzen Zeitraum veränderbar, während das Instandbringen eines zerstörten Waldes einen sehr langen, im Gebirge jahrhundertelangen Zeitraum beansprucht.

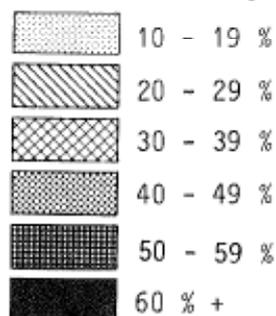
In Tirol gibt es eine Reihe hervorragend gelungener Lösungen, die zeigen, daß Wild, Jagd und Forstwirtschaft keine Gegner sein müssen. Auch die Lösung des Waldweideproblems kann an zahlreichen Beispielen aufgezeigt werden. Es gilt, diese guten Lösungen vermehrt umzusetzen.

### C 6 WALDSCHÄDEN IN DEN NACHBARLÄNDERN

In den meisten Nachbarländern wurde 1984 der Waldzustand wie in Tirol mit einer Stichprobenaufnahme erhoben. Die Ergebnisse sind in Abb. 17 dargestellt. Obwohl die Aufnahmeverfahren von Land zu Land etwas unterschiedlich sind, zeigt sich jedoch sehr deutlich, daß die Waldschäden in Österreich, in der Schweiz und im Süddeutschen Raum weit verbreitet sind. In den Südalpen wurden bisher nur geringe Schäden festgestellt. Die Schadensschwerpunkte liegen in Österreich rund um die großen Industriegebiete, im Alpenvorland, im Mühl- und Waldviertel, im Tiroler Inntal und Nordalpenraum und in Vorarlberg. In Süddeutschland sind in den Bayeri-



## Anteil geschädigter Bäume

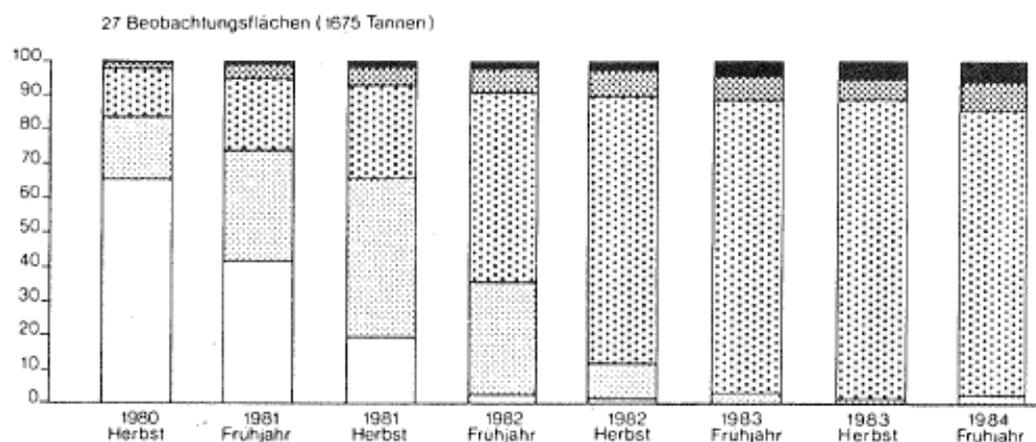


Bayern	57 %
Baden-W.	66 %
Schweiz	34 %
Vorarlberg	48 %
Tirol	30 %
Südtirol	18 % (nur Fichte)
Salzburg	28 % (nur Fichte)
Kärnten	33 % (nur Fichte)
Oberösterreich	33 % (nur Fichte)
Steiermark	31 %

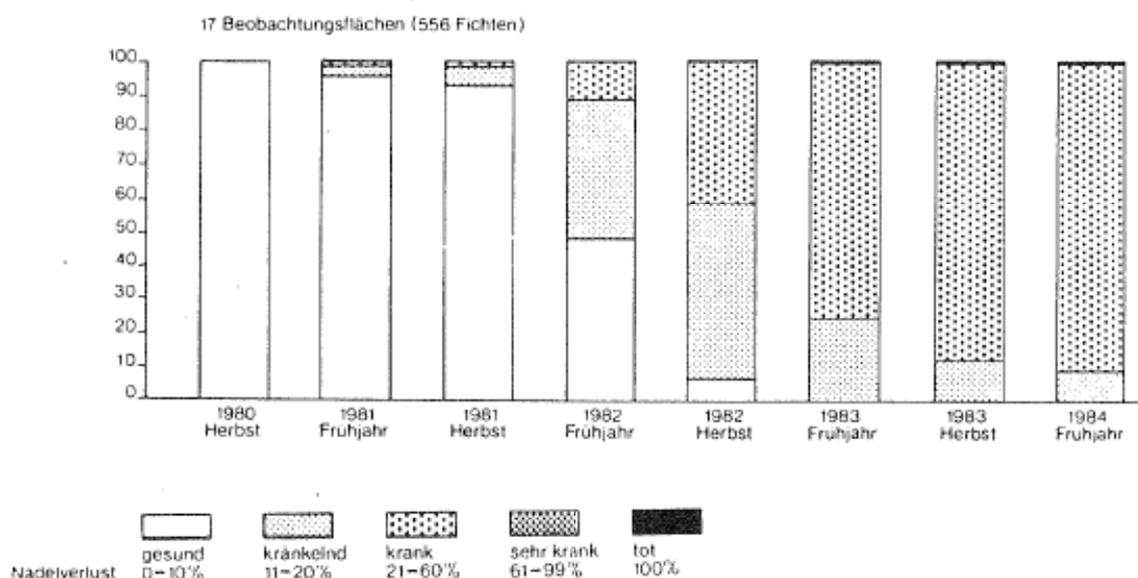
schen Alpen, im Alpenvorland, Fichtelgebirge, in der Oberpfalz, im Bayerischen Wald, Nürnberger Reichswald und Schwarzwald die Wälder schwer geschädigt. Die Tanne ist in Süddeutschland beim Aussterben. Nur mehr 12 % der Tannen sind gesund. In der Schweiz sind die Wälder der Nordwestschweiz, im Wallis und in Graubünden am stärksten geschädigt.

Bedrohlich ist die rasche Zunahme der Waldschäden. Im Bayerischen

Alpenraum beispielsweise ist der Anteil der geschädigten Bäume von 1983 auf 1984 von 40 % auf 62 % angestiegen. Besonders deutlich zeigt sich der Fortschritt des Waldsterbens auf den Dauerbeobachtungsflächen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt in Baden-Württemberg Abb. 18. 1980 wurden in 27 Waldbeständen 1.675 Tannen und 556 Fichten wie auf den Probeflächen der Tiroler Waldzustandsinventur nummeriert und seither ständig beobachtet. Im Herbst 1980 waren alle Fichten



Gesundheitszustand der Fichten auf den Beobachtungsflächen in B.-W.



und zwei Drittel der Tannen auf diesen Beobachtungsflächen vollkommen gesund. 1982 waren nur noch 48 % der Fichten und 2 % der Tannen gesund. Heute gibt es auf diesen Beobachtungsflächen keinen einzigen gesunden Baum mehr. Die

Prognose der Fachleute aus Baden-Württemberg: Setzt sich der Trend der letzten Jahre mit gleicher Geschwindigkeit fort, sind auf den Dauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg 1990 alle Tannen und 1992 fast alle Fichten tot.

D. WALDZUSTAND UND IMMISSIONS-  
SITUATION - BEZIRKS-  
ERGEBNISSE

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 vor allem um den Nachweis von Belastungen und nicht um die Beschreibung weniger oder kaum belasteter Regionen.

WALDZUSTAND UND IMMISSIONS-  
SITUATION IN DEN BEZIRKEN TIROLS

Im folgenden werden Waldzustand und Immissionssituation bezirksweise für die in die Karte eingezeichneten und mit den Zahlen 1 bis 20 nummerierten Beurteilungsräume besprochen. Als Beurteilungsgrundlage dienen die Waldzustandsinventur 1984, eine grobe flächenhafte Aufnahme der Waldschäden sowie die Ergebnisse der langjährigen Immissionsmessungen der Landesforstdirektion Tirol.

Abbildung 1: Graphik Karte mit nummerierten Beurteilungsräumen (siehe nächste Seite)

Tabelle 1: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre im Bezirk Reutte (Waldzustandsinventur, 35 Probebestände):

Schadstufe	Fichte	Tanne	Kiefer	Buche	alle Baumarten
1 (gesund)	57	44	72	50	56 %
2 (leicht gesch.)	24	21	25	29	24 %
3 (mittelstark gesch.)	17	23	-	21	17 %
4 + 5 (absterbend, tot)	2	12	3	-	3 %
gesamt geschädigt	43	56	28	50	44 %

Baumartenverteilung: 78 % Fichte, 6 % Tanne, 6 % Kiefer, 7 % Buche, 3 % Lärche, Zirbe, Laubholz

D 1 BEZIRK REUTTE

BFI Lechtal  
BFI Reutte

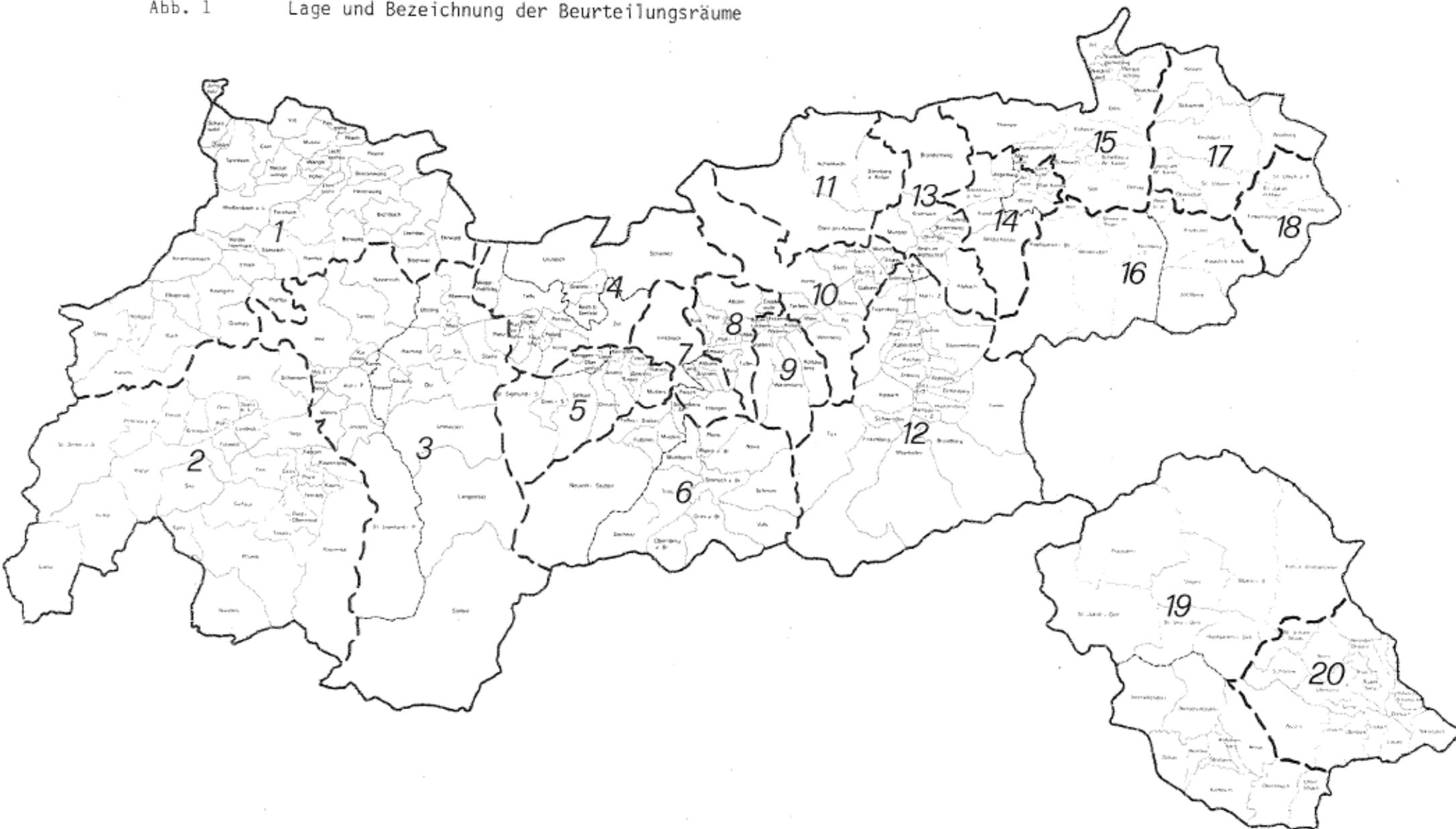
a) Waldzustand

1. Beurteilungsräume: Bezirk Reutte

Der Bezirk Reutte ist der am stärksten vom Waldsterben betroffene Bezirk Tirols. Die Schäden verteilen sich über das gesamte Außerfern. Es gibt vom Fernpaß bis Vils, von Reutte bis Steeg keine Gemeinde ohne geschädigte Wälder.

Im folgenden werden geschädigte Waldgebiete in den einzelnen Gemeinden und Tälern aufgezählt. Diese Gebiete sind auch in der Tirolkarte in Kapitel C 1 in Abb. 2 eingezeichnet. In den genannten Gebieten treten Baumkronenverlichtungen durch vorzeitigen Nadel- oder Blattverlust auf. Diese lokalen Waldzustandsbeschreibungen allein erlauben keine Ursachenzuordnung. In vielen Gebieten liegen aber Messungen vor, die die Einwirkung von Luftverunreinigungen belegen. Darüberhinaus können auch natürliche Schadfaktoren Waldschäden verursachen. Allerdings besteht kein Zweifel, daß auch außerhalb der Ballungsgebiete in Tirol die Waldschäden durch Luftverunreinigungen mitverursacht werden.

Abb. 1 Lage und Bezeichnung der Beurteilungsräume



Ehrwald, Lermoos:

stärkste Schäden im Loissachtal von Ehrwald hinaus zur deutschen Grenze, in der Neidernach, sodaß rund um den Hochschober bereits kleinflächig absterbende Bestände vorhanden sind; flächenhafte leichte Schäden am Fuß der Zugs- spitze im Gebiet Ehrwald-Thörle, am Rauhen Bühel.

Biberwier:

starke Schäden im an Lermoos an- grenzenden Waldgebiet am Grubig- stein; Schädigung der Waldflächen zwischen Biberwier und Fernpaß, an der Fernpaßstraße zusätzlich starke Streusalzschäden.

Bichlbach, Heiterwang:

starke Schäden rund um den Heiter- wanger See, auf dem Gschwendkopf, im Rauchwald; leichte Schädigung des gesamten Kohlbergs, aber auch der gegenüberliegenden Talseite vom Heiterwanger Bannwald bis nach Bichlbach.

Berwang:

Schäden im Gebiet von Rinnen (Bannwald), Rauth, Brand, Mitter- egg.

Breitenwang, Ehenbichl:

starke Schäden auf dem Sintwag, am Archbach; leichte Schäden rund um den Tauern, am Plansee entlang und auf dem Schloßberg.

Reutte:

starke Schäden am Dürreberg, im Zwieselbachtal, Hirschengärtle, im Ammerwald, im Bereich der Klause, im hinteren Rotlechtal; leichte Schäden im ganzen Rotlech- tal, Klausenwald, Neuwald.

Pflach, Pinswang:

Schäden rund um den Säuling, am

Kniepaß, in Unterpinswang und Frauenwald.

Musau, Vils:

Schäden im Kühbachtal, im Rain- tal, am Siebeler, Ranzen, Galgen- berg, im Eldra, auf dem Zirmgrat.

Lechaschau, Wängle, Höfen:

leichte Schäden am Fuß des Hahnen- kammes.

Nesselwängle, Grän, Tannheim:

starke Schäden im Rauther Platten- wald, am Schachen; leichte Schä- den im Talbereich bei Nesselwän- gle, rund um die Ortschaft Halden- see, am Fuße des Neuner Kopfes, im Vilstal, im Roßalptal, am Fuß der Ronenspitze, im Engetal.

Zöblen, Schattwald, Jungholz:

starke Schäden südlich der Kälber- hofalpe, am Prentenkopf; leichte Schäden bei Katzensteig, am Wies- lerberg in Jungholz.

Weißbach:

starke Schäden am Eingang ins Bir- kental, auf der ganzen oro- graphisch linken Talseite von Schwarzwasser bis Dreibrunnen, im vorderen Talbereich des Schwarz- wassertales; leichte Schäden im Birkental, entlang der Gaichtpaß- straße, im hinteren Schwarzwasser- tal.

Forchach, Stanzach, Namlos:

leichte Schäden im Forchacher Bannwald, Durrenwald, Herrenwald, Mooswald, im Namloser Tal.

Vorderhornbach, Hinterhornbach:

Schädigung der orographisch linken Talseite (Gehrwald, Hagwald) bis an die Weißbacher Grenze (Beichlstein); leichte Schäden im Bannwaldsrücken.

Elmen, Pfafflar, Häselgehr,  
Gramais:

Schädigung der linken Talseite  
des Lechtales von Luxnach bis Mar-  
tinau; leichte Schäden am Eingang  
ins Gramaistal, im Bsclabser Tal  
bis nach Boden und Pfafflar.

Elbigenalp, Bach, Holzgau:

starke Schäden am Eingang ins Ma-  
dautal, Sulzelbachtal, in der  
Dürrnau; leichte Schäden: Gföll,  
Benglerwald, vom Seesumpf bis Un-  
tergiblen, Köglen, Grünauer Wald,  
kleinfächig im Madautal.

Steeg, Kaisers:

starke Schäden im Berger Wald  
(Oberellenbogen); leichte Schäden  
im Geierswald, am Burkopf, im  
Larchwald.

#### b) Immissionssituation

##### 1. Beurteilungs- raum: Bezirk Reutte

#### Zusammenfassende Beurteilung:

Die Ergebnisse der Untersuchungen  
zeigen, daß vor allem im nördli-  
chen und östlichen Teil erhöhte  
Schadstoffbelastungen vorliegen.  
Diese dürften zum größten Teil  
auf überregionalen Antransport zu-  
rückgehen, während z.B. die erhöhte  
Sulfatbelastung und die stark  
erhöhte Nitratbelastung im Raum  
um Vils sowie die erhöhte Nitrat-  
belastung im gesamten nördlichen  
Teil des Bezirkes Reutte bis ins  
Ehrwalder Becken in Zusammenhang  
mit der dort ansässigen Industrie  
und dem starken Verkehrsaufkommen  
gesehen werden muß (Ergebnisse  
der Untersuchung der nassen Nie-  
derschläge sowie die  
Stichprobenschneeuntersuchung).  
Die auf der Zugspitze und am Wang  
gemessenen Ozonbelastungen geben  
einen Hinweis darauf, daß zumin-

dest auch im Bereich Ehrwald, Ler-  
moos, Biberwier in den höheren,  
stark besonnten Lagen mit erhöh-  
ten Ozonbelastungen zu rechnen  
sein wird. Dabei sind die erhöh-  
ten Ozonkonzentrationen vorwie-  
gend als Folgeprodukte der Stick-  
oxid- und Kohlenwasserstoffemissio-  
nen des Straßenverkehrs zu  
deuten.

Die für die Schweizer Luftreinhal-  
teverordnung vorgeschlagenen Ozon-  
grenzwerte wurden im Bereich der  
Hanglagen der Zugspitze über-  
schritten.

Die Nadelanalysen im Bezirk  
Reutte zeigen, daß die Schwefelbe-  
lastung der Nadeln nur lokal so  
z.B. im Bereich Vils und am Plan-  
see zeitweise stärker erhöht war  
und Grenzwertüberschreitungen  
nach der 2. Forstverordnung er-  
reichte. Ansonsten lag die Schwe-  
felbelastung in einem Bereich der  
laut 2. Forstverordnung keine  
Grenzwertüberschreitung dar-  
stellt. Etwas erhöhte Werte  
wurden im Oberen Lechtal, in Kai-  
sers und im Madautal festge-  
stellt.

#### Beurteilungsunterlagen:

##### Meßstelle Wängle:

Die Meßstelle liegt seit dem  
Winter 1983/84 auf 930 m Seehöhe  
am Rande des locker bebauten Sied-  
lungsgebietes an einem flach nach  
OSO geneigten Hang. In unmittelba-  
rer Nähe der Meßstelle befindet  
sich keine stark befahrene  
Straße. Der Talboden des Reutte-  
ner Beckens liegt ca. 80 Höhenme-  
ter tiefer, in etwa 3 km Entfer-  
nung.

Gemessen wurde: Nasser Nieder-  
schlag

##### Nasser Niederschlag:

Die detaillierten Ergebnisse sind  
im Kapitel C 4 wiedergegeben. Bei  
dieser Meßstelle wurden erhöhte  
und fallweise auch stark erhöhte

Werte an Sulfat-S und Nitrat-N im Niederschlagswasser gemessen, wobei eine annähernd gleichstarke Nitratdeposition wie Sulfatdeposition festgestellt wurde, was auf starke Stickoxidemissionen im Lokal- bis Regionalbereich (z.B. Straßenverkehr) schließen läßt.

Erhebungen des Fraunhofer Instituts für Atmosphärische Umweltforschung in Garmisch-Partenkirchen, am Wank und auf der Zugspitze (aus Materialien 28, herausgegeben vom Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Dezember 1983):

Das Fraunhofer Institut für Atmosphärische Umweltforschung in Garmisch-Partenkirchen erhebt seit Jahren in Garmisch auf 740 m Meereshöhe, am Wank auf 1780 m Meereshöhe und auf der Zugspitze auf 2960 m Meereshöhe unter anderem die Ozonbelastung. Die Ergebnisse zeigen, daß in Garmisch am Talboden in der Nähe der Hauptstraßen die Ozonbelastung in den Jahren 1977 bis 1982 keine erkennbare Zunahme aufweist (hier erfolgt eine Rückreaktion des Ozon mit den aus dem Verkehr neu emittierten Stickoxiden), während die Ozonbelastung am Wank eine merkliche und auf der Zugspitze eine deutliche Zunahme im Zeitraum 1977 bis 1982 erkennen läßt. Laut Angabe von Dr. Reinhold Reiter, dem Leiter des Instituts, ist die Zunahme der Ozonbelastung auf der Zugspitze nicht auf klimatische Effekte zurückzuführen.

Die Ozonbelastung zeigte im Jahr 1982, im Frühjahr und Sommer, auf der Zugspitze durchschnittliche Belastungen von 50 bis 70 ppb und am Wank von durchschnittlich 50 bis 55 ppb. Der mittlere Tagesgang zeigte bei beiden Meßstellen kaum tageszeitliche Schwankungen auf. In Garmisch wurden im selben Zeitraum durchschnittliche Konzentrationen zwischen 10 und 50 ppb gemessen, bei starken tages-

zeitlichen Schwankungen, wie sie für verkehrsbeeinflusste Meßstellen typisch sind.

Abb. 2: Ozonbelastung Garmisch

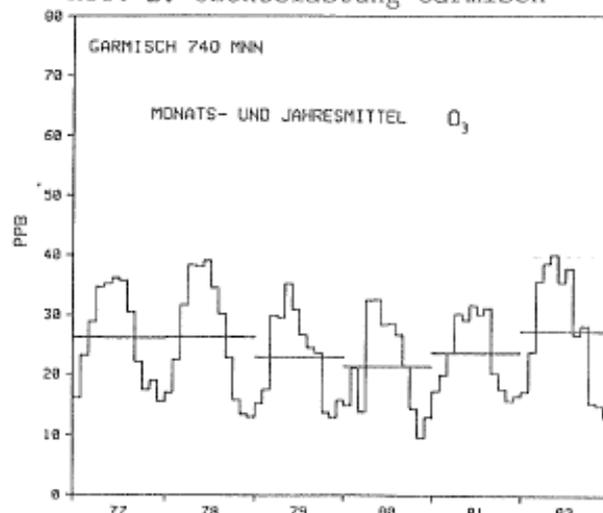


Abb. 3: Ozonbelastung Zugspitze

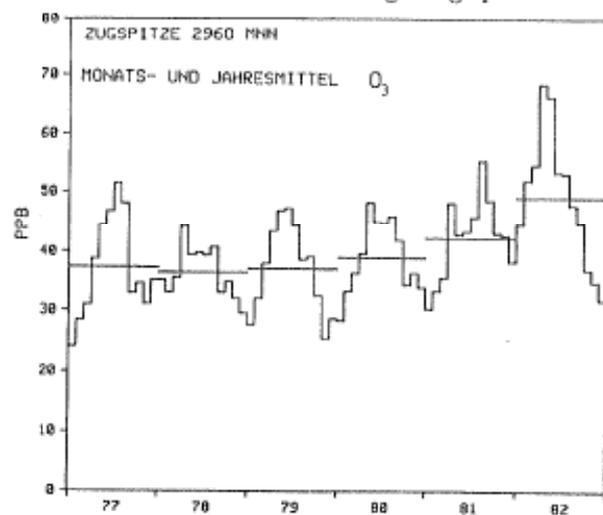
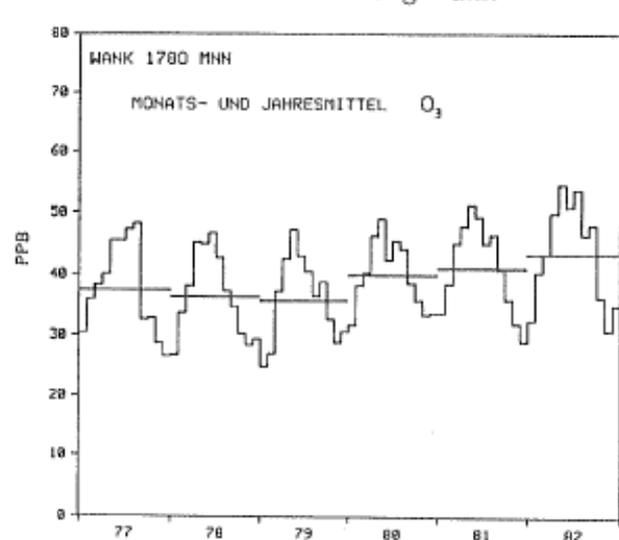
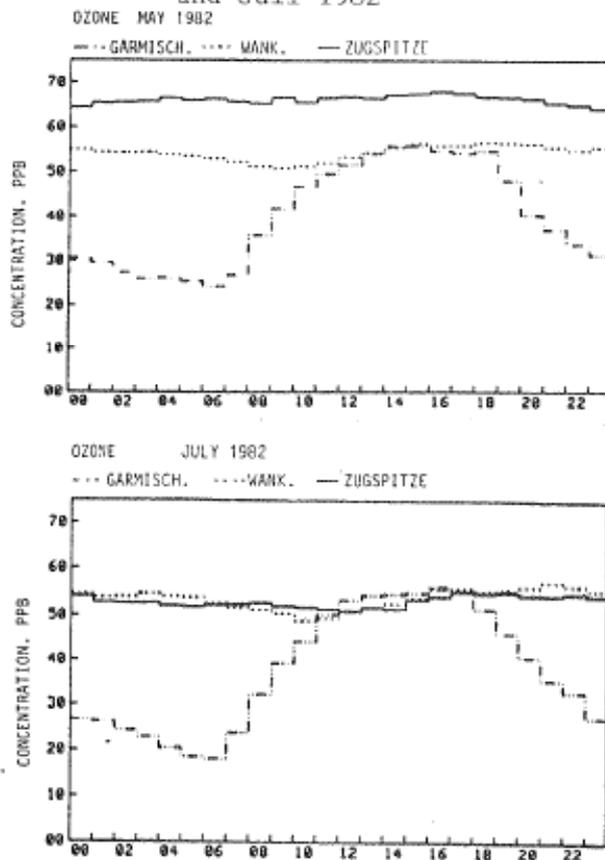


Abb. 4: Ozonbelastung Wank



In Hinblick auf den für die Schweizerische Luftreinhalteverordnung vorgeschlagenen Kurzzeittmissionsgrenzwert für Ozon von 40 ppb für den 95 %-Wert eines Monats wurde somit im Jahr 1982 dieser Grenzwert bei den Meßstellen Wank und Zugspitze im Frühjahr und in den Sommermonaten so gut wie laufend überschritten. Häufige Überschreitungen wurden in den Frühjahrs- und Sommermonaten auch bei der Meßstelle Garmisch registriert.

Abb. 5: Ozonbelastung im Mai und Juli 1982



Bundesweite Stichprobenuntersuchung 1983 über die Schadstoffbelastung von Schnee durch die Forstliche Bundesversuchsanstalt:

Die im Jahr 1983 durchgeführte stichprobenweise Erhebung der Schadstoffbelastung von Schnee zeigte, daß der nördliche und östliche Bereich des Bezirks Reutte

ähnlich wie das Inntal erhöhte Leitfähigkeitswerte im Schnee aufwies. Eine Fläche im Norden des Bezirks, die sich weitgehend mit dem Gemeindegebiet von Vils deckt, weist sogar stark erhöhte Leitfähigkeitswerte auf. Ebenfalls etwa der Bereich der Gemeinde Vils wies erhöhte Sulfatgehalte im Neuschnee auf. Hier wurden auch stark erhöhte Nitratgehalte festgestellt.

#### Nadelanalysen:

Ende der 70er-Jahre wiesen die Nadelanalysen aus Ranzen, Oberletzen und aus Sintwag etwas erhöhte Schwefelgehalte auf. Stark erhöhte Schwefelgehalte, welche gemäß 2. Forstverordnung Grenzwertüberschreitungen darstellen, wiesen Ende der 70er-Jahre die Meßstellen am Planseewerk und im Marienwäldle-Vils auf. Niedere Werte der Schwefelbelastung zeigten die Meßstellen aus Schattwald, vom Mauerleweg bei Kreckelmoos und südöstlich des Urisees. In den Jahren 1982 und 1983 wurden bei den Meßstellen Sintwag, Oberletzen, Ranzen, sowie bei den Meßstellen am Planseewerk, in Heiterwang-Flöserweg, in Ehrwald-Schrofenweg und in Rieden sowie am Haldensee, in Schwarzwasser und Martinau keine Schwefelbelastungen der Nadeln gemessen, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Leicht erhöhte Schwefelbelastungen in der einjährigen Nadel wurden in Kaisers und in der zwei-jährigen Nadel im Madautal festgestellt.

D 2 BEZIRK LANDECK UND IMST

BFI Landeck  
 BFI Ried  
 BFI Imst  
 BFI Silz

a) Waldzustand

Der Zustand der Wälder im Tiroler Oberland ist deutlich besser als im Landesdurchschnitt.

Die Wälder des Bezirkes Landeck weisen zum Großteil noch keine flächenhaften Waldschäden auf. Kleinflächig kann man jedoch an exponierten Stellen Bestände mit Kronenverlichtungen erkennen.

Im Bezirk Imst gibt es bereits Gebiete, wo 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 noch durchwegs gesunde Bestände aufweist.

Im folgenden werden geschädigte Waldgebiete in den einzelnen Gemeinden und Tälern aufgezählt. Diese Gebiete sind auch in der Tirolkarte in Kapitel C 1 Abb. 2 eingezeichnet. In den genannten

Gebieten treten Baumkronenverlichtungen durch vorzeitigen Nadel- oder Blattverlust auf. Diese lokalen Waldzustandsbeschreibungen allein erlauben keine Ursachenzuordnung. In vielen Gebieten liegen aber Messungen vor, die die Einwirkung von Luftverunreinigungen belegen. Darüberhinaus können auch natürliche Schadfaktoren Waldschäden verursachen. Allerdings besteht kein Zweifel, daß auch außerhalb der Ballungsgebiete in Tirol die Waldschäden durch Luftverunreinigungen mitverursacht werden.

2. Beurteilungsraum: Bezirk Landeck

Nauders, Pfunds, Spiss:

Schäden im Nahbereich entlang der Reschenpaßbundesstraße von der Kajetansbrücke nach Nauders, leicht geschädigte Bestände zwischen Kajetansbrücke und Spiss.

Tösens:

Leicht bis starke Schädigung des Hangrückens östlich und oberhalb der Eggele Güter.

Serfaus:

Schäden im Nahbereich des Müllplatzes.

Tabelle 2: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre in den Bezirken Landeck und Imst (Waldzustandsinventur, 50 Probebestände)

Schadstufe	Fichte	Lärche	Kiefer	Zirbe	gesamt geschädigt
1 (gesund)	80	98	92	98	85 %
2 (leicht gesch.)	13	1	7	2	10 %
3 (mittelstark gesch.)	6	-	-	-	4 %
4 + 5 (absterben, tot)	1	1	1	-	1 %
gesamt geschädigt	20	2	8	2	15 %

Baumartenverteilung: 68 % Fichte, 15 % Lärche, 13 % Kiefer, 4 % Zirbe

Prutz, Faggen:

Leichte Schäden in der Umgebung der Weiler Untergufer und Außergufer.

Kappl-See:

Leichte Schädigung des Ulmicher Waldes bis in eine Höhe von ca. 500 m über dem Talboden.

St. Anton:

Schäden entlang der Arlberg Bundesstraße.

Pettneu, Flirsch:

Leichte Schäden auf der Schattseite zwischen Flirsch und Schnann bis 500 m über dem Talboden.

Strengen:

Schäden auf beiden Seiten des Dawin-Tobel, im Riefner Wald und Dawinwald.

Zams:

Leichte Schäden am Zamserberg

### 3. Beurteilungsräume: Bezirk Imst

Nassereith:

Starke Schäden am Fernpaß in der Senke beim Weiler Fern, in Afugall, im Pleiswald, leichte Schäden auf beiden Talseiten vom Fernpaß bis Nassereith, im Tegestal, im Gafleintal; entlang der Fernpaßstraße starke Salzsäden.

Tarrenz:

Leichte Schäden auf der Schattseite bei Strad bis 300 m über dem Talboden.

Imst:

Leichte Schäden auf der Sonnseite von Strand bis zur Tarrenzer Grenze.

Karrösten:

Starke Schäden am Fuß des Tschirgant von Brennbichl bis Tarrenz bis 150 m über dem Talboden.

Arzl:

Leichte Schäden im Arzler Wald am Inn entlang bis 200 m über dem Talboden, in Osterstein.

Mieminger Plateau (Mieming, Mötz, Obsteig):

Mieming:

Leichte Schäden vom Nißkogel bis zur Iversenhütte, wobei an der Waldkrone vereinzelt mittlere bis starke Schäden auftreten, ebenfalls leichte Schäden am Fiechter Köpfl und Sassberg.

Mötz:

Leichte Schäden am Unterhangbereich des Grünberges sowie in Maria Locherboden.

Obsteig:

Mittlere bis starke Schäden am Grünberg, leichte Schäden am Simmering von Inntalblick bis zum Holzleitensattel, sowie in Aschland-Abbrand und im gesamten Arzberg-Lehnberg-Nißkogelbereich.

Inntal (Rietz, Stams, Silz, Haiming, Roppen):

Leichte Schäden nördlich des Inn bis etwa 200 m über Talboden, auf der Schattseite kleinflächig in Rietz, Stams, Haiming-Amberg und in Roppen.

Ötztal (Sautens, Ötz, Umhausen, Längenfeld, Sölden):

Leichte Schäden entlang der Ötztal-Bundesstraße (Umhausen-Au-Längenfeld-Teufelskanzel-Huben-Sölden-Zwieselstein-Heiligkreuz-Angern; mittlere Schäden im Bereich Ötz-Habichen-Ried-Tumpen.

b) Immissionsituation

2. Beurteilungsräum: Bezirk Landeck

Zusammenfassende Beurteilung:

Die Ergebnisse der SO<sub>2</sub>-Messungen vom Winter 79/80 in Landeck zeigen, daß die SO<sub>2</sub>-Grenzwerte der 2. Forstverordnung nicht eingehalten wurden.

Die Nadelanalysen 1983 zeigen vorwiegend im talnahen Bereich des Landecker Kessels wiederholt erhöhte Schwefelbelastungen mit Grenzwertüberschreitungen auf. Ebenso wurden Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung in den Nadeln der Fichten in den talnahen Lagen der Bereiche St. Anton-St. Jakob, Flirscherberg, Galtür sowie in Nauders und Tösens festgestellt. Die abgelegenen Probenahmeplätze für Nadelanalysen, wie die höher gelegenen Hanglagen oberhalb Landeck und oberhalb Kappl (Wolfgangwald) sowie die im Kaunertal gelegenen Punkte bei Kaltenbrunn und am Gepatschstausee wiesen keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung auf.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Landeck - BFI:

Lage der Meßstelle: Vom Dezember 1977 bis Februar 1980 wurde in Landeck eine Meßstelle im Gebäude der Bezirksforstinspektion errichtet. Die Meßstelle lag somit im Ortszentrum auf 817 m Seehöhe im Talboden.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die im Beurteilungszeitraum in Landeck gemessenen SO<sub>2</sub>-Belastungen zeigten mit max. Tagesmittelwerten bis 0,13 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und

max. Halbstundenmittelwerten bis 0,27 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, daß die SO<sub>2</sub>-Grenzwerte laut 2. Forstverordnung im Winter überschritten wurden.

Nadelanalysen:

Die seit mehreren Jahren durchgeführten Nadelanalysen im Bereich Schönwies, Zams und Vogelsang wiesen durchwegs niedere Schwefelbelastung auf, während die talnahen Meßstellen Hasliwald und Schloßwald beide fast durchwegs stark erhöhte Schwefelbelastung aufwiesen, welche zum Großteil Grenzwertüberschreitungen gemäß den Grenzwerten der 2. Forstverordnung darstellen.

Die im Jahr 1983 erhobenen Nadelanalysen in den BFIs Landeck und Ried zeigen, daß bei den talnahen Meßstellen in St. Jakob-Gand, Flirscherberg, Galtür und bei der talnahen Meßstelle in Landeck-Hasliwald sowie bei der talnahen Meßstelle Tösens zum Teil erhebliche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung aufgetreten sind. Dagegen zeigt die Meßstelle in Kappl-Wolfgangwald sowie die höher über Landeck gelegenen Hanglagen Hammerlhütte und Bergstation Tiallift sowie die Meßstellen in Nufels-Kaltenbrunn und am Gepatschstausee keine Schwefelbelastungen, welche Grenzwertüberschreitungen laut 2. Forstverordnung darstellen, während die Nadelanalyse aus Nauders-Laubaunalpe leicht erhöhte S-Werte anzeigt.

3. Beurteilungsräum: Bezirk Imst

Zusammenfassende Beurteilung:

Die Nadelanalysen zeigen, daß die talnahen Bereiche in der Umgebung von Imst sowie die talnahen Hanglagen des Innerts im Bereich

Ötztal - Silz bis in den Bereich Locherboden von erhöhten Schwefelbelastungen betroffen sind, welche Grenzwertüberschreitungen lt. 2. Forstverordnung darstellen. Die höher gelegenen Hanglagen von Hochimst und am Tschirgant, die oberen Hanglagen des Inntales südlich von Silz, sowie die Bereiche in einem Seitental des Gurgltales, am Henneberg nördlich des Mieminger Plateaus, im inneren Ötztal und ober Ochsengarten weisen keine erhöhten Schwefelbelastungen auf, welche Grenzwertüberschreitungen laut 2. Forstverordnung darstellen.

Beurteilungsunterlagen:

Nadelanalysen:

Die seit mehreren Jahren erhobenen Nadelanalysen zeigen in den Bereichen Ötztal, östlich des Friedhofs, im Pirchetwald bei Silz sowie in Imst am Westhang des Tschirgants (am Hangfuß in Imst) wiederholt erhöhte Schwefelbelastungen an, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Nicht bis kaum erhöhte Werte der Schwefelbelastung, welche keine Grenzwertüberschreitungen laut Forstverordnung darstellen, wurden in den vergangenen Jahren im Bereich Mötz, in Staudach, in Barwies sowie in Stams erhoben. Die im Jahr 1983 durchgeführten Nadelanalysen zeigen bei den Meßstellen in Arzl i.P. an der nach Imst gerichteten Hanglage, sowie am Hangfuß des Tschirgants, im Bereich von Imst-Brennbichl, außerdem im Pirchetwald im Talboden, sowie bei der zum Inntal gerichteten talnahen Hanglage am Locherboden und im talnahen Bereich südlich von Pfaffenhofen erhöhte Schwefelgehalte in der Fichtennadel, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Die mittleren und oberen Hanglagen des Tschirgants

sowie die mittleren und oberen Hanglagen im Bereich Hochimst bis Untermarkter Alpe, weiters die Meßstelle im Tegestal bei Nasse-reith sowie die oberen nach Norden gerichteten Hanglagen oberhalb des Pirchetwaldes bis zur Waldgrenze, die Meßstellen im Bereich Zwieselstein, in Sölden, Längenfeld, Niederthai, ober Ochsengarten und am Henneberg wiesen durchwegs nur niedere bis mäßige Schwefelbelastungen auf, welche gemäß 2. Forstverordnung keine Überschreitungen der Grenzwerte darstellen.

#### D 3 BEZIRKE INNSBRUCK-LAND UND INNSBRUCK-STADT

Stadtmagistrat Innsbruck, Abt. IX  
BFI Telfs  
BFI Steinach  
BFI Hall

##### a) Waldzustand

In den Bezirken Innsbruck-Land und Innsbruck-Stadt sind rund 33 % der Waldbestände über 60 Jahre geschädigt. Die Hauptschadensgebiete sind das Karwendel und das gesamte Inntal, besonders der Raum Innsbruck-Hall, wo sowohl Bestände in den unteren Tallagen aber auch Wälder an der Nordkette schwere Schäden aufweisen. Auch in Seefeld, Leutasch und im Wipptal treten Waldschäden auf.

Im folgenden werden geschädigte Waldgebiete in den einzelnen Gemeinden und Tälern aufgezählt. Diese Gebiete sind auch in der Tirolkarte in Kapitel C 1, Abb. 2 eingezeichnet. In den genannten Gebieten treten Baumkronenverlichtungen durch vorzeitigen Nadel- oder Blattverlust auf. Diese loka-

Tabelle 3: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre im Bezirk Innsbruck-Land und Innsbruck-Stadt (Waldzustandsinventur, 38 Probebestände):

Schadstufe	Fichte	Lärche	Kiefer	Tanne	Buche	alle Baumarten
1 (gesund)	62	88	65	40	47	67 %
2 (leicht gesch.)	32	11	32	50	40	28 %
3 (mittelstark gesch.)	6	-	-	9	10	4 %
4 + 5 (absterbend, tot)	-	1	3	1	3	1 %
gesamt geschädigt	38	12	35	60	53	33 %

Baumartenverteilung: 60 % Fichte, 21 % Lärche, 9 % Kiefer, 5 % Buche, 3 % Tanne, 2 % Zirbe

len Waldzustandsbeschreibungen allein erlauben keine Ursachenzuordnung. In vielen Gebieten liegen aber Messungen vor, die die Einwirkung von Luftverunreinigungen belegen. Darüberhinaus können auch natürliche Schadfaktoren Waldschäden verursachen. Allerdings besteht kein Zweifel, daß auch außerhalb der Ballungsgebiete in Tirol die Waldschäden durch Luftverunreinigungen mitverursacht werden.

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

Scharnitz, Seefeld, Reith: starke Schäden im Gleirschtal, kleinflächig im Hinterautal und Karwendeltal. Leichte Schäden an den nord-nordwestexponierten Hängen bis zur Roßhütte in ca. 1.500 m Seehöhe (kleinflächig starke Schäden), an der Schattseite bis etwa 200 m über Talboden.

Leutasch: starke Schäden an der deutsch-österreichischen Grenze (Leutaschkamm-Ederkanzel); leichte Schäden in Leutasch-Lochlehen, Ober-Unterweidach, Bereich Leutascher-Mähder, Gasse, Obern, Hochmoos, Gaistal-Hämmermoos.

Pfaffenhofen, Oberhofen, Flauring, Polling, Inzing:

von Pfaffenhofen bis Inzing leichte Schäden vom Talboden bis 750 (850) m Seehöhe.

Telfs, Petttau, Zirl: kleinflächig mittlere-starke Schäden am Hochleitenkopf-Mösl (Petttau), Hochwandkopf-Möslkopf (Zirl), Ladstattwald-Bärenbrand (Telfs); leichte Schäden in Telfs-Achberg-St. Moritzen-Lengenberg-Hochleite-Buchen, Arzberg, Petttau-Platten-Leiblfing, Wälder ober- und unterhalb der Martinswand (Zirl).

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

Götzens, Natters, Mutters, Axams: mittlere - starke Schäden im Herzogwald-Höllbodenwald; leichte Schäden bis in 1.100 m Seehöhe.

Unterperfuß, Oberperfuß, Sellrain-tal:

leichte Schäden vom Talboden bis in 800 m (Inntalbereich), kleinflächig in Sellrain und Gries im Sellrain.

#### 6. Beurteilungsraum: Wipptal und Stubaital

Neustift, Fulpmes, Telfes,

Mieders, Schönberg:

Im Stubaital treten noch keine flächenhaften Waldschäden auf. Leichte Schäden am Talboden zwischen Fulpmes und Mieders, in Mieders und Schönberg in den unteren Hanglagen und in Gleins im Telfes. An der Brennerautobahn in Schönberg starke Salzschiiden.

Obernberg, Trins, Gschnitz, Gries, Steinach, Matrei, Mühlbachl, Pfons, Navis, Schmirn, Vals:

Im Wipptal weisen die Wälder in den unteren Tallagen durchwegs leichte Schiiden auf. Darüberhinaus leichte Schiiden auch in Außernavis-Sonnseite; Steinach-Tienzerberg, Bergeralm, Prä-santiberg, in Trins-Oberzäunwald, in Gries-Nöblach, Eggerberg, Sattelberg, Rittenberg, in Außers-chmirn-Sonnseite. Entlang der Brennerautobahn absterbende Bestände druch Streusalzeinwirkung (siehe C 5, Waldschäden entlang von Hauptdurchzugsstraßen). In den Seitentälern des Wipptales wurden noch keine flächenhaften Waldschäden festgestellt.

#### 7. Beurteilungs- raum: Landeshauptstadt Innsbruck und südöstliches Mittelgebirge:

Innsbruck:

Starke Schiiden auf der Nordkette im Bereich Bodensteiner Alm-Spitzwald-Höttinger Alm-Achselkopf; Samertal-Mandeltal-kleines Kristental (Karwendel) sowie die Wälder um Schloß Ambras, bei der Auto-bahnraststätte Ampaß, im Bereich Grillhof (Vill), Igls und Ahrntal. Leichte Schiiden am Hechenberg, Rauschbrunnen, Hungerburg-Gramart, östlich der Arzler Alm, Rechenhof, Bereich Vill-Igls-Patscherkofel. Eine bestandesweise Kartierung der Wald-

schäden im Gemeindegebiet der Stadt Innsbruck im Sommer 1984 ergab, daß 23 % der Waldfläche stark und 23 % leicht geschädigt sind. Flächenhafte Waldschäden treten also fast auf der halben Innsbrucker Waldfläche auf.

Aldrans, Lans, Sistrans:

Leichte Schiiden in allen 3 Gemein-den bis ca. 1.300 m Seehöhe. Starke Schiiden am Mühleck (Aldrans).

Patsch, Ellbögen:

Flächig leichte Schiiden am Pat-scherkofel und entlang der Bren-nerbahn.

#### 8. Beurteilungs- raum: Hall und Umgebung:

Schiiden in Hall, Rum, Thaur, Absam und Gnadenswald etwa bis 1.300 m Seehöhe zum Teil starke Schiiden, oberhalb kleinflächig auftretende Schiiden. Südlich des Inn in den Gemeinden Tulfes, Rinn und Ampaß leichte Schiiden bis 1.300 m Seehöhe, nach Osten hin abnehmend. Starke Schiiden beson-ders in Ampaß-Sonnberg, Volders-Karlskirche, sowie am Absamer Heu-berg und Usterberg und Gnadenswal-der Bannwald.

#### 9. Beurteilungs- raum: Wattens und Umgebung:

Leichte Schiiden in Volders am Kleinvolderberg und Großvolder-berg (kleinflächig), im Wattental und im Unterhangbereich von Wat-tens, Wattenberg, Kolsaß, Kolsaß-berg und Fritzens-Aichberg und Baumkirchen. Starke Schiiden in Mils, am Milser Rain (westlich von Baumkirchen) und in Fallbach.

b) Immissionssituation

4. Beurteilungs-  
raum: Telfs und Umgebung,  
Salzstraße und Seefelder Pla-  
teau

Zusammenfassende Beurteilung:

Die Ende der 70er-Jahre in Telfs erhobenen sommerlichen SO<sub>2</sub>-Belastungen ließen keine erhöhten Werte erkennen, ebenso die Nadelanalysen aus der Umgebung von Telfs in diesem Zeitraum. Seit Beginn der 80er-Jahre ist in der S-Belastung der Nadelanalysen eine zunehmende Tendenz erkennbar.

Die Ergebnisse der Nadelanalysen 1983 zeigen, daß die talnahen Hanglagen des Inntales, besonders im Bereich Zirl - Meilbrunnen und bei Hatting, sowie der Bereich zwischen Seefeld und Leutasch (bei Neuleutasch) von erhöhten Schwefelbelastungen der Fichtennadel betroffen, wobei durchwegs deutliche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung auftreten.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Telfs-Schule:

Die Meßstelle lag in den Monaten Juli und August 1977 in der Nähe des Ortskerns von Telfs im Schulgebäude auf 640 m Seehöhe nur wenig über Talboden.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die im Beurteilungszeitraum Juli und August 1977 gemessenen SO<sub>2</sub>-Belastungen mit max. Tagesmittelwerten von 0,01 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und max. Halbstundenmittelwerten von 0,04 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> stellen keine Überschreitungen der Grenzwerte der 2. Forstverordnung dar. Über die

Belastung in den Übergangsmontaten bzw. im Winterhalbjahr kann auf Grund der kurzzeitigen Messung keine Aussage gemacht werden.

Nadelanalysen:

Die Nadelanalysen aus den talnahen Hanglagen des Inntales z.B. im Bereich Hattingerberg, Pfaffenhofen, Sagl, Hinterberg und St. Moritzen zeigte Mitte der 70er-Jahre durchwegs niedere Belastungen an, welche jedoch im Bereich Telfs Hinterberg und St. Moritzen in den Jahren nach 1980 ansteigende Tendenz aufwiesen. Bereits seit vielen Jahren wurden bei der Meßstelle Zirl - Meilbrunnen erhöhte Schwefelbelastungen gemessen, welche durchwegs Grenzwertüberschreitungen lt. 2. Forstverordnung darstellen.

Auch die im Jahr 1983 erhobenen Nadelanalysen im talnahen Bereich südlich von Hatting, im Bereich Zirl - Meilbrunnen und in Neuleutasch weisen deutlich erhöhte Schwefelbelastungen in der Nadel auf, welche durchwegs Grenzwertüberschreitungen lt. 2. Forstverordnung darstellen.

5. Beurteilungs-  
raum: Kematen und Umge-  
bung, westliches Mittelge-  
birge und Sellrain

Zusammenfassende Beurteilung:

Die Nadelanalysen aus der 2. Hälfte der 70er-Jahre bis zum Jahr 1983 zeigen, daß nur die relativ abgelegenen Tallagen von Sellrain-Gries, sowie der Bereich Oberperfuß und der Bereich Natters-Bergweg von niederen Schwefelbelastungen gekennzeichnet sind, welche keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Dagegen sehr starke Schwefel- und Fluorbelastungen mit sehr starken Grenzwertüberschreitungen gemäß

2. Forstverordnung zeigten die Nadelanalysen vom Herzogwald und der unmittelbaren Umgebung hiervon, während die übrigen Tallagen bzw. talnahen Hanglagen im Bereich von Völs, Götzens, Natters und Mutters von mehr oder weniger erhöhten Schwefelbelastungen der Nadel betroffen sind, welche zum Großteil Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen.

Stichprobenweise Meßfahrten im Winter 1982 haben gezeigt, daß bei hohen SO<sub>2</sub>-Belastungen in Innsbruck-Stadtzentrum, die gleichzeitig gemessene SO<sub>2</sub>-Belastung in Völs deutlich niedriger liegt.

Stichprobenuntersuchungen mit dem Bioindikator, Tabaksorte Bel W 3, haben gezeigt, daß zumindest fallweise auch in Sellrain mit pflanzenschädigenden Ozonkonzentrationen zu rechnen ist.

Beurteilungsunterlagen:

Nadelanalysen:

Im Zeitraum Ende der 70er-Jahre bis Anfang der 80er-Jahre zeigten die Nadelanalysen im Bereich Natters-Bergweg sowie in Oberperfuß durchwegs niedere Schwefelbelastungen an, welche keine Grenzwertüberschreitungen laut 2. Forstverordnung darstellen. Leicht bis deutlich erhöhte Schwefelbelastungen wurden im Bereich Götzener Ebene, im westlichen Teil des Höllbodenwegs, in Völs oberhalb des Tennisplatzes, im Buchenwald bei Afling und am Plumesköpfl gefunden, wobei in einigen Fällen die Grenzwerte bei Schwefelbelastung laut 2. Forstverordnung überschritten wurden. Starke Schwefelbelastungen in der Fichtennadel wurden im Bereich Völs-Herzogwald und Umgebung seit dem Jahr 1980 bis zum Jahr 1983 festgestellt, wobei die Grenzwerte der

2. Forstverordnung bei weitem überschritten wurden. Ebenfalls im Herzogwald und Umgebung wurden auch stark erhöhte Fluorgehalte der Fichtennadel festgestellt, welche ebenfalls starke Überschreitungen der Grenzwerte der 2. Forstverordnung darstellen. Die im Jahr 1983 erhobenen Nadelanalysen zeigen in der Axamer Lizum nördlich vom Adelshof, sowie in Außerkreit im Bereich oberhalb der Stefansbrücke erhöhte Schwefelbelastungen mit Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung an, während die Schwefelbelastung im Sellrain und zwar in Gries-Marendebach in talnaher Lage niedrige Werte aufwies und keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung anzeigte.

Meßfahrten mit registrierenden Geräten durch das Österreichische Bundesinstitut für Gesundheitswesen

Stichprobenweise Meßfahrten mit einem dauernd registrierendem SO<sub>2</sub>-Meßgerät wurden im Dezember 1982 durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß bei hohen SO<sub>2</sub>-Belastungen (0,30 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) in Innsbruck-Stadtzentrum die gleichzeitig in Völs gemessenen SO<sub>2</sub>-Werte deutlich niedriger lagen (0,06 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>). (Abbildung siehe bei 7. Beurteilungsraum: Innsbruck u. südöstliches Mittelgebirge).

Stichprobenuntersuchung mit dem Bioindikator Tabaksorte Bel W 3

Stichprobenweise Voruntersuchungen mit der als Bioindikator verwendeten und für Ozon besonders empfindlichen Tabaksorte Bel W 3 haben gezeigt, daß im Bereich Sellrain für diese Tabaksorte schädliche Ozonkonzentrationen aufgetreten sind.

6. Beurteilungs-  
raum: Stubaital und Wipptal

Zusammenfassende Beurteilung:

Die Ergebnisse der Erhebungen der Luftbelastung durch SO<sub>2</sub> zeigen, daß zwar weder durch die SO<sub>2</sub>-Belastungen durch den Hausbrand (am Beispiel von Steinach) noch durch die Autobahn unmittelbar Grenzwertüberschreitungen der SO<sub>2</sub>-Belastung gemäß 2. Forstverordnung festgestellt wurden. Da jedoch an der Autobahn auch im Sommer ständig eine gewisse erhöhte SO<sub>2</sub>-Immission, die über das in ländlichen Gebieten übliche Maß hinausgeht, gemeinsam mit erhöhten Stickoxidbelastungen festgestellt wurde, ist mit schädlichen Folgeprodukten dieser Belastungen zu rechnen, und zwar einerseits mit dem Umwandlungsprodukt "Saurer Niederschlag" und andererseits und dies besonders im Sommerhalbjahr mit dem Folgeprodukt der erhöhten Ozonbelastung. Darüberhinaus ist mit schädlichen Kombinationswirkungen an der Vegetation durch Ozon und sauren Niederschlag zu rechnen.

Die dem Wipptal zugewandte mittlere Hanglage am Präantiberg, welche besonders den talein- und talauswärts gerichteten Winden ausgesetzt ist, weist laut Nadelanalyse erhöhte Schwefelbelastungen auf, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Die in den Seitentälern gelegenen Nadelanalysenpunkte im Valsertal und im Gschnitztal weisen nur mäßig erhöhte Schwefelwerte und die im inneren Stubaital nur niedere Schwefelwerte auf.

Auf die durch Blei und Salz verursachten Belastungen entlang von Hauptdurchzugsstraßen wird verwiesen, siehe Kapitel B 3.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Steinach a.Br.:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag von Dezember 1982 bis Februar 1983 und im Mai und Juni 1983 im Schulgebäude von Steinach. Dieses befindet sich in der Nähe des Ortszentrums am Talboden des Wipptales in 1.040 m Seehöhe.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die gemessenen Schwefeldioxidbelastungen erreichten im sehr milden Winter 1982/1983 maximale Halbstundenmittelwerte von 0,05 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und in den beiden Sommermonaten 0,01 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Somit lagen die SO<sub>2</sub>-Belastungen deutlich unter den Grenzwerten gemäß 2. Forstverordnung.

Meßstelle Gries a.Br. - Autobahn:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag im August und September 1984 unmittelbar neben der Autobahn in Nöblach auf 1.300 m Seehöhe ca. 130 m über Talboden, weitab von Siedlungen an einer nach Osten gerichteten Hanglage. Die Autobahn weist dort eine erhebliche Steigung auf.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>

Schwefeldioxid:

Die im August und September 1984 gemessenen Schwefeldioxidkonzentrationen erreichten maximale Halbstundenmittelwerte von 0,08 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und maximale Tagesmittelwerte von 0,03 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Somit wurden zwar die Grenzwerte gemäß 2. Forstverordnung in den zwei Untersuchungsmonaten knapp nicht überschritten, es wurden aber dennoch SO<sub>2</sub>-Konzentrationen erreicht, die deutlich über jenen Werten liegen, die sonst im Sommer in ländlichen unbelasteten

Gebieten gemessen werden. Mit ähnlichen SO<sub>2</sub>-Konzentrationen ist zumindest in allen ähnlich schwerverkehrsbelasteten und ansteigenden Autobahnabschnitten zu rechnen.

#### Stickoxide:

Stichprobenmessungen der Stickoxidbelastung im September 1984 haben gezeigt, daß die Stickoxidkonzentrationen bei dieser Meßstelle ungefähr im selben Bereich liegen, wie bei der autobahnnahe Meßstelle in Hall. Für Stickstoffmonoxid wurden max. Konzentrationen (Halbstundenmittelwert) von 323 ppb und Durchschnittswerte von 183 ppb erhoben und für Stickstoffdioxid max. Konzentrationen (Halbstundenmittelwert) von 51 ppb und Durchschnittswerte von 42 ppb. Bei langfristigeren Meßserien sind vermutlich noch höhere Spitzenwerte zu erwarten.

Bereits eine Belastung von 30 ppb Stickstoffdioxid führt je nach photochemischen Umwandlungsbedingungen in ungünstigen Fällen zur Ausbildung von ca. 100 ppb Ozon (siehe Waldsterben und Luftverschmutzung, Eidg. Departement des Inneren). Die gemessenen Spitzenwerte der Stickstoffdioxidbelastung führen sogar zur Einleitung der Bildung noch höherer Ozonwerte. Gemessen an dem für die Schweizerische Luftreinhalteverordnung vorgeschlagenen Kurzzeitemissionsgrenzwert für Ozon von 40 ppb für den 95 %-Wert eines Monats ist bei derartigen Stickoxidkonzentrationen somit in einiger Entfernung vom Emittenten mit Grenzwertüberschreitungen der Ozonbelastung zu rechnen. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, daß z.B. am Patscherkofel, sogar Ozon-Belastungen von 160 ppb gemessen wurden.

Außerdem ist zu berücksichtigen, daß erhöhte Stickoxid- und Schwefeldioxidgehalte der Luft sehr

rasch zu erhöhten Nitrat- bzw. Sulfatanteilen in den Niederschlägen führen, welche ihrerseits zu Vegetationsschäden Anlaß geben.

Untersuchungen über die Blei- und Salzkontamination entlang der Autobahn:

Im Bereich der Autobahn in Gries a.Br. wurden Untersuchungen der Salz- bzw. Bleikontamination der angrenzenden Vegetation und der Böden durchgeführt; Ergebnisse siehe Kapitel B 3.

#### Nadelanalysen:

Die Nadelanalysen aus dem Jahr 1983 zeigen, daß im Inneren Stubaital im Bereich Krößbach-Gasteig niedere Schwefelbelastungen der Fichtennadel vorliegen, welche keine Grenzwertüberschreitung gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Im Bereich Trins-Lazaun und in Innervals am Talboden zwischen der Touristenrast und dem aufgelassenen Bergbau waren die Schwefelbelastungen der Nadeln leicht erhöht, während am Präan- tiberg an der mittleren dem Wipptal zugewandten Hanglage Schwefelbelastungen festgestellt wurden, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen.

#### 7. Beurteilungs- raum: Landeshauptstadt Innsbruck und östliches Mittelgebirge

#### Zusammenfassende Beurteilung:

Die Ergebnisse der langjährigen Immissionsmessungen in Innsbruck zeigen, daß die in früheren Jahren im Winterhalbjahr im Stadtzentrum von Innsbruck gemessenen sehr hohen SO<sub>2</sub>-Belastungen deutlich - auf weniger als die Hälfte - zurückgegangen sind. Trotzdem werden im Bereich des dichtbebau-

ten Siedlungsgebietes von Innsbruck immer noch SO<sub>2</sub>-Belastungen gemessen, welche im Winterhalbjahr sehr häufig Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Die winterlichen Schwefeldioxidbelastungen sind im allgemeinen im Stadtzentrum am höchsten und weisen bereits im Bereich der Lohbachsiedlung, und am Mentlberg sowie an den Hanglagen deutlich niedrigere Werte auf. Etwas erhöhte Werte weisen dann die wieder dichteren Siedlungen im Bereich Hungerburg und Völs auf, jedoch werden die Werte vom Stadtzentrum bei weitem nicht erreicht. Auch die nördlich und südlich von Innsbruck gelegenen Hanglagen weisen insbesondere in den Übergangsmo-naten fallweise erhöhte Schwefelbelastungen auf, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Die in Lans erhobenen SO<sub>2</sub>-Belastungen im milden Winter 1983/84 stellten keine Grenzwertüberschreitungen dar.

Auch die Nadelanalysenpunkte von den Hanglagen nördlich und südlich von Innsbruck bis zur Höhe der Mittelgebirgsterrasse weisen fast durchwegs insbesondere an den windexponierten Geländekuppen und -kanten erhöhte Schwefelbelastungen auf. Die höher gelegenen Nadelanalysenpunkte, z.B. vom Patscherkofel, Aldrans und vom Ahrnwald weisen nur mehr mäßige oder niedrige Schwefelbelastungen auf. Diese stellen keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung dar.

Auch in Igls beim Kurhaus wurden Schwefelbelastungen in den Nadeln gemessen, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. An der Nordkette sind mit zunehmender Höhe abnehmende Schwefelbelastungen feststellbar, jedoch ist eine Schwefelbelastung im Bereich des Grenzwertes bis zur Arzler

Alm und zum Taubentalweg hin feststellbar.

Eine niedere Schwefelbelastung weit unter dem Grenzwert der 2. Forstverordnung weisen die Nadelanalysen im Samertal auf.

Deutliche Überschreitungen sowohl der Schwefel- als auch der Fluor-grenzwerte gemäß 2. Forstverordnung weisen die Nadelanalysenpunkte östlich des Landesgefängnisses auf, wobei Beeinflussungen bis über den Mentlberg hinaus festzustellen sind.

Die Erhebungen der Stickoxidkonzentrationen im Olympischen Dorf zeigen wiederholt Werte, die unter ungünstigen photochemischen Umwandlungsbedingungen zur Einleitung erhöhter und pflanzenschädlicher Ozonbelastungen z.B. an den Hanglagen um Innsbruck führen können.

In Folge der erhöhten Stickoxidkonzentrationen aber auch der erhöhten Schwefeldioxidkonzentrationen ist außerdem mit der Ausbildung von saurem Niederschlag zu rechnen.

Wegen des fallweise gleichzeitigen Auftretens von erhöhten Werten von Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid ist damit zu rechnen, daß pflanzenschädliche Kombinationswirkungen vorwiegend in den Winter- und Übergangsmo-naten im Einflußbereich der Hauptverkehrsstraßen auftreten können.

Die am Gramartboden und am Patscherkofel gemessenen Ozonkonzentrationen lassen erkennen, daß sowohl in talnahen Hanglagen bei Innsbruck als auch insbesondere mit zunehmender Höhe die oberen Hanglagen oberhalb Innsbruck bis zur Waldgrenze von teilweise sehr stark erhöhten Ozonkonzentrationen nahezu ganzjährig betroffen

sind. Mit direkten pflanzenschädlichen Wirkungen und zusätzlich mit pflanzenschädlichen Kombinationswirkungen, z.B. mit saurem Niederschlag oder mit Schwefeldioxid ist zu rechnen.

Im Bereich des südöstlichen Mittelgebirges ist weniger mit der direkten SO<sub>2</sub>-Wirkung als vielmehr mit den schädlichen Folgeprodukten Saurer Niederschlag und Ozon zu rechnen.

Aufgrund der Ozonmessungen vom Patscherkofel und von der Zugspitze ist damit zu rechnen, daß auch im Bereich des Samertals erhöhte Ozonkonzentrationen auftreten, andererseits ist aufgrund der Meßergebnisse aus dem Achenal und aus Reutte damit zu rechnen, daß auch saure Niederschläge in diesem Bereich auftreten.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Innsbruck-Stadtzentrum:

Lage der Meßstelle: Die Meßstelle befand sich seit November 1974 im Gebäude des Rathauses im Stadtzen-

trum von Innsbruck. Im November 1977 wurde die Meßstelle in das nahegelegene Gebäude der Landesforstdirektion in der Bürgerstraße verlegt. Beide Meßstellen liegen nur ca. 200 m voneinander entfernt und es wurde durch Parallelmessungen festgestellt, daß bei beiden Meßstellen die gleichen Immissionsverhältnisse herrschten. Die Meßstellen liegen im westlichen Stadtzentrum von Innsbruck auf 580 m Seehöhe. Die Meßstelle in der Bürgerstraße befindet sich in unmittelbarer Nähe einer stark frequentierten ampelgeregelten Kreuzung.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die seit über 10 Jahren durchgeführten SO<sub>2</sub>-Messungen in Innsbruck-Stadtzentrum zeigen, daß seit Ende der 70er-Jahre die durchschnittlichen und maximalen SO<sub>2</sub>-Belastungen einen stark rückläufigen Trend aufweisen. So wurden in den Jahren 1975 und 1976 noch Jahresmittelwerte von 0,11 bzw. 0,12 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen, während in den Jahren 1982,

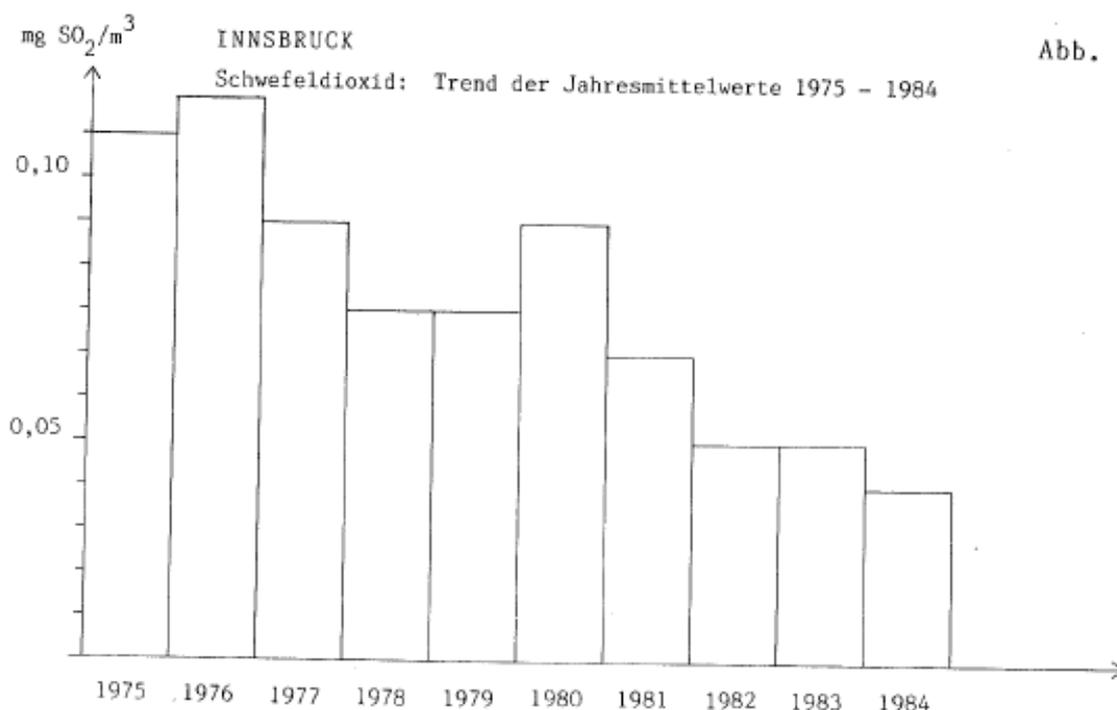


Abb. 6

1983 und 1984 die Jahresmittelwerte 0,05, 0,05 und 0,04 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> betragen ( siehe Abbildung 6 ).

Der sehr deutlich erkennbare Rückgang der SO<sub>2</sub>-Belastung in den letzten 10 Jahren ist zu einem großen Teil auf die durch das Land Tirol bzw. der Stadt Innsbruck gesetzten Luftreinhaltemaßnahmen möglich geworden. Noch deutlicher erkennbar ist der Rückgang der SO<sub>2</sub>-Belastung beim Vergleich der Jännerergebnisse aus dem nicht extrem kalten Jänner 1977 und der Ergebnisse aus dem extrem kalten Jänner 1985. So wurde im Jänner 1977 ein Monatsmittelwert von 0,30 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen und ein maximaler Tagesmittelwert von 0,65 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und ein maximaler Halbstundenmittelwert von 1,21 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Im sehr strengen Winter 1985 wurde dagegen ein Monatsmittelwert von 0,13 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, ein maximaler Tagesmittelwert von 0,31 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und ein maximaler Halbstundenmittelwert von 0,44 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen ( siehe Abbildung 7 ).

Im milden Winter 1983/84 mit maximalen Tagesmittelwerten bis zu 0,24 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und maximalen Halbstundenmittelwerten von 0,48 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> wurden dennoch häufige und zum Teil erhebliche Grenzwertüberschreitungen der 2. Forstverordnung festgestellt.

Der Rückgang der SO<sub>2</sub>-Belastung macht sich aber auch im Sommer bemerkbar, wo in den früheren Jahren praktisch kaum jemals in einem Sommermonat die Grenzwerte der 2. Forstverordnung eingehalten werden konnten, während sogar bei der Meßstelle Innsbruck-Stadtzentrum z.B. von April bis September 1984 die Grenzwerte der 2. Forstverordnung nicht überschritten wurden ( siehe Abbildung 8 ).

Meßstelle Innsbruck-Olympisches Dorf:

Die Meßstelle liegt seit 1977 im Osten von Innsbruck in der Nähe der Gemeindegrenze zur Nachbargemeinde Rum in einem mit Hochhäusern besiedelten 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. Die Meßstelle wurde 1977 errichtet.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die Ergebnisse der Schwefeldioxidmessungen im Olympischen Dorf zeigen, daß dort die Belastung ursprünglich nicht so hoch wie im Stadtzentrum war, im Jahr 1977 wurde z.B. ein Jahresmittelwert von 0,06 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> erhoben, während in Innsbruck-Zentrum ein Jahresmittelwert von 0,10 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> erhoben wurde. Auch im Olympischen Dorf ist der Trend der SO<sub>2</sub>-Belastung rückläufig, jedoch ist dieser Rückgang der SO<sub>2</sub>-Belastung nicht so ausgeprägt, wie in der Stadtmitte. So wurden im O-Dorf im Jahr 1983 ein Jahresmittelwert von 0,04 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> erhoben, gleich hoch wie im Stadtzentrum.

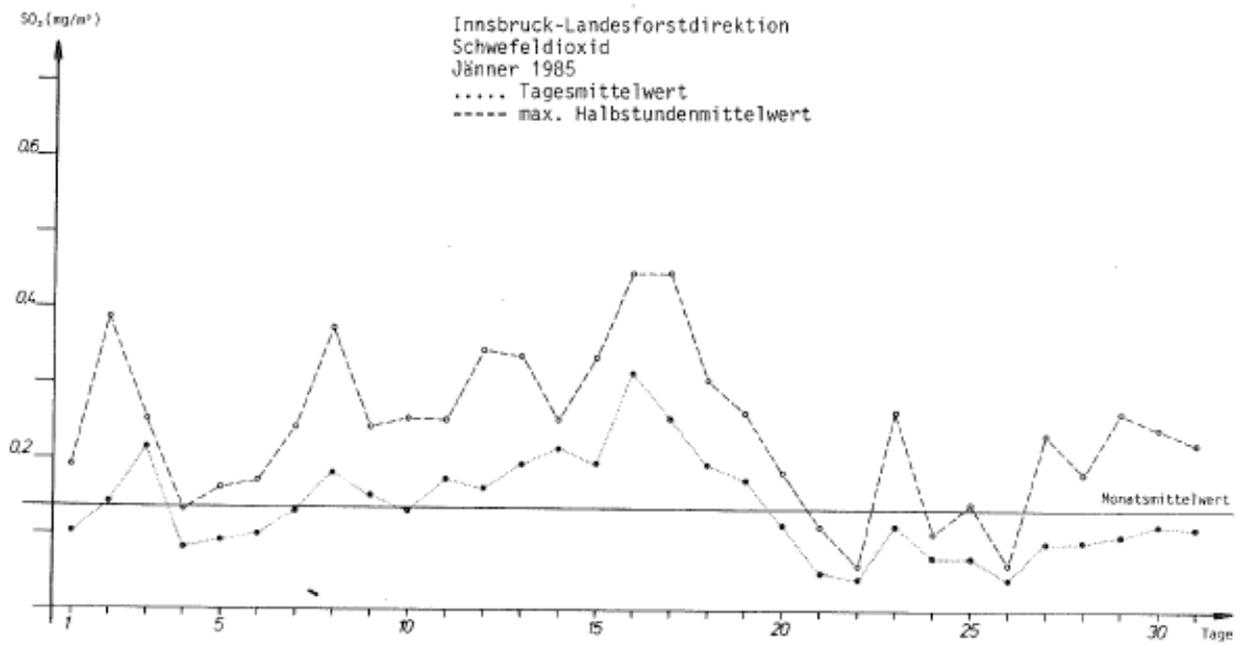
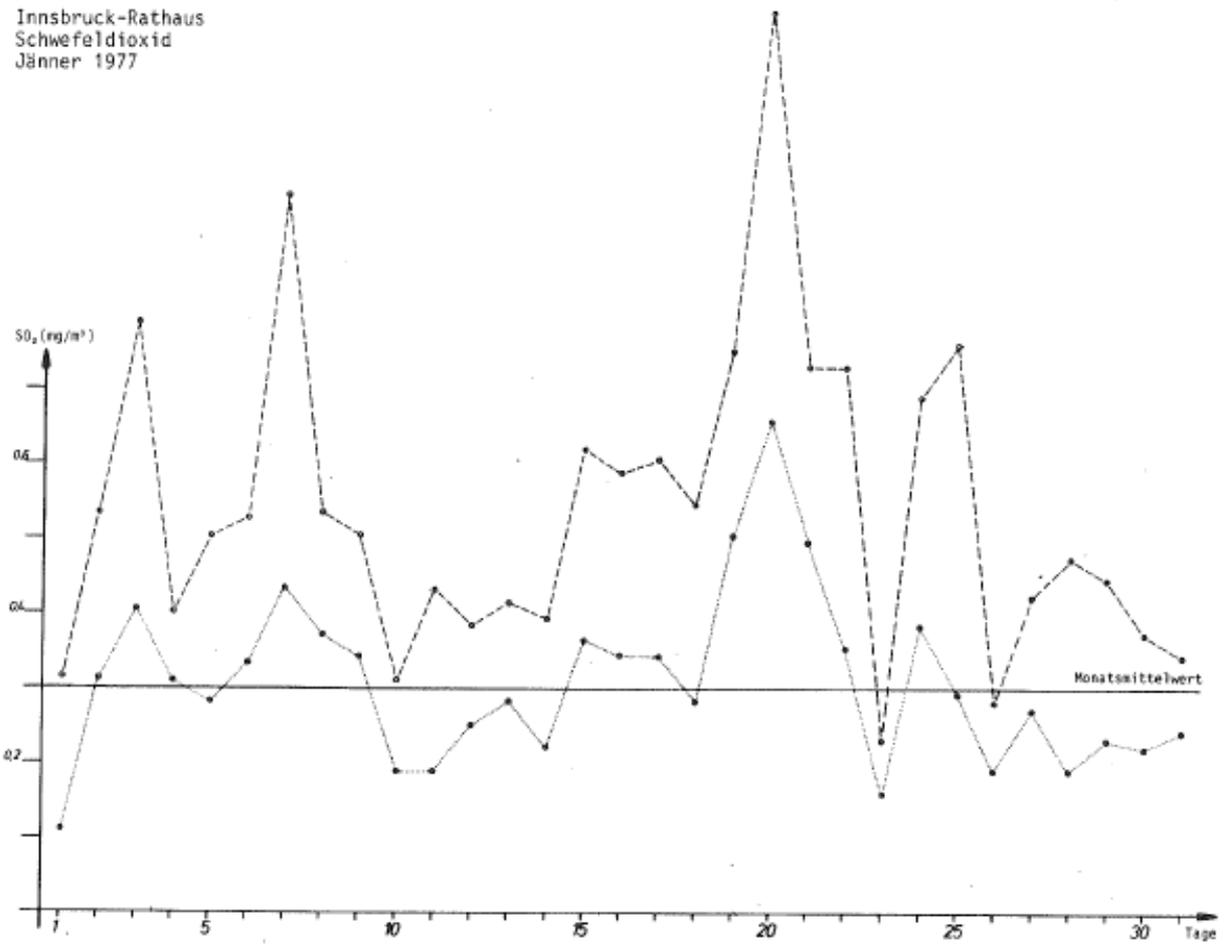
Im Winter 1983/84 wurden maximale Tagesmittelwerte bis zu 0,25 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und maximalen Halbstundenmittelwerte bis zu 0,49 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> erhoben. Somit wurden auch im vergangenen milden Winter in den Wintermonaten die Grenzwerte der 2. Forstverordnung zum Teil sogar erheblich überschritten ( siehe Abbildung 9 ).

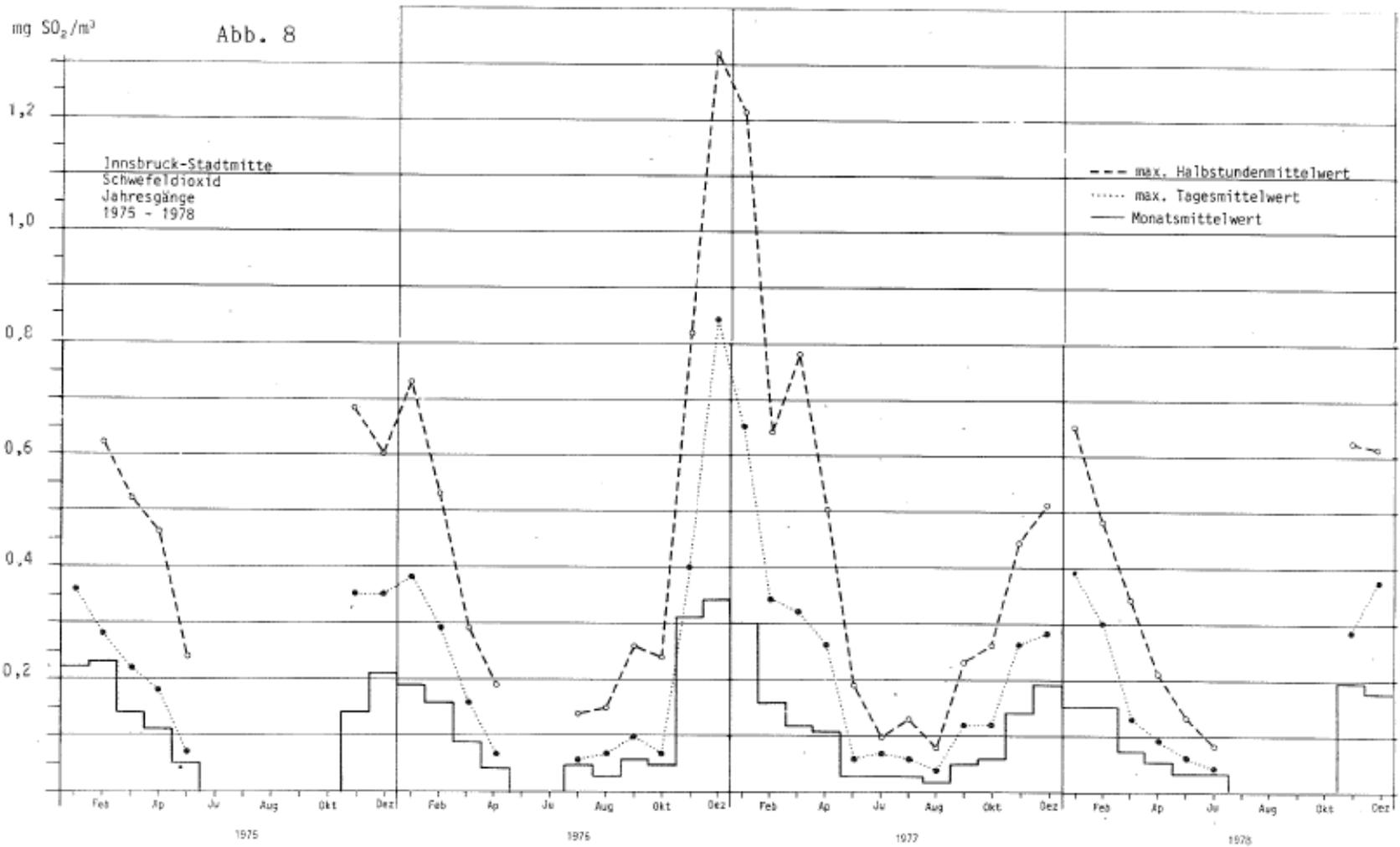
Stickoxide:

Die Erhebung der Stickstoffdioxidbelastung bei der Meßstelle Olympisches Dorf zeigt bis zum

Abb. 7

Innsbruck-Rathaus  
Schwefeldioxid  
Jänner 1977





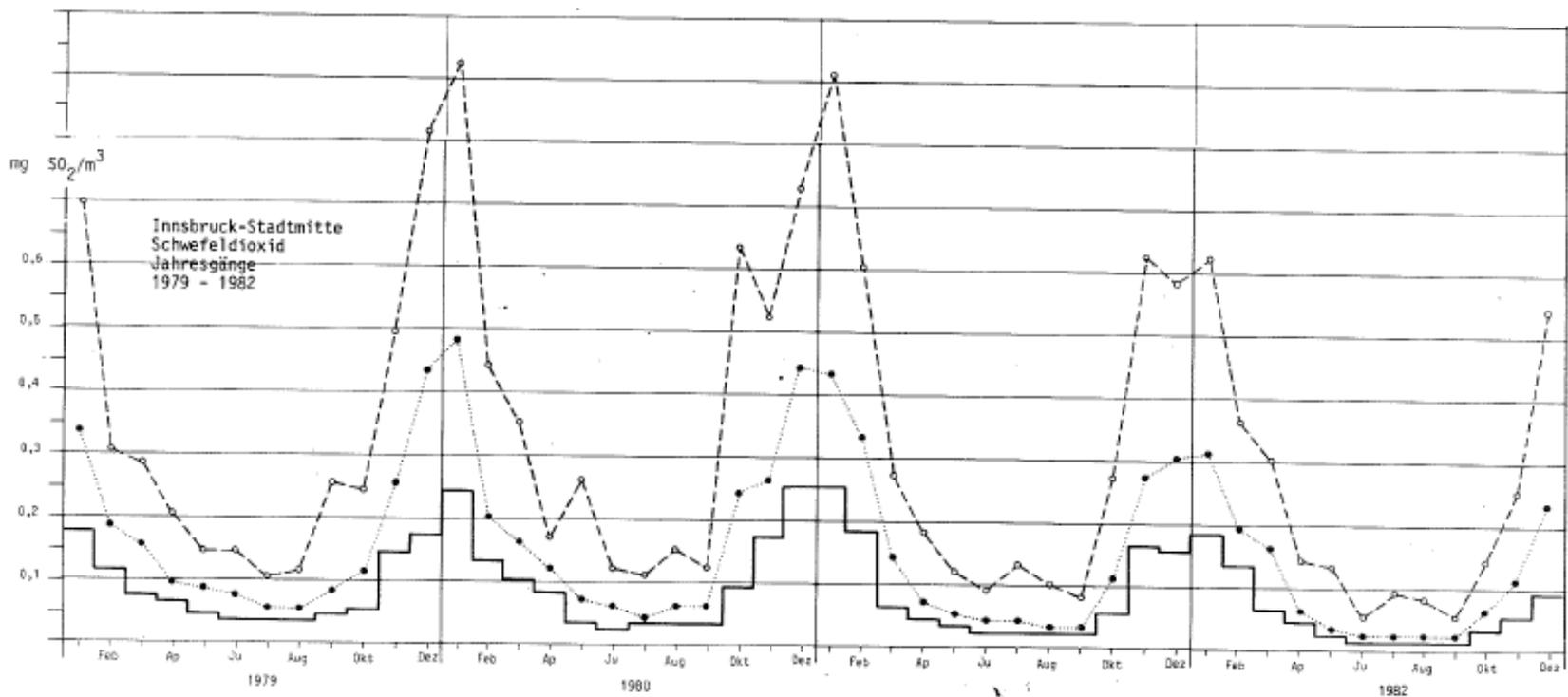


Abb. 8

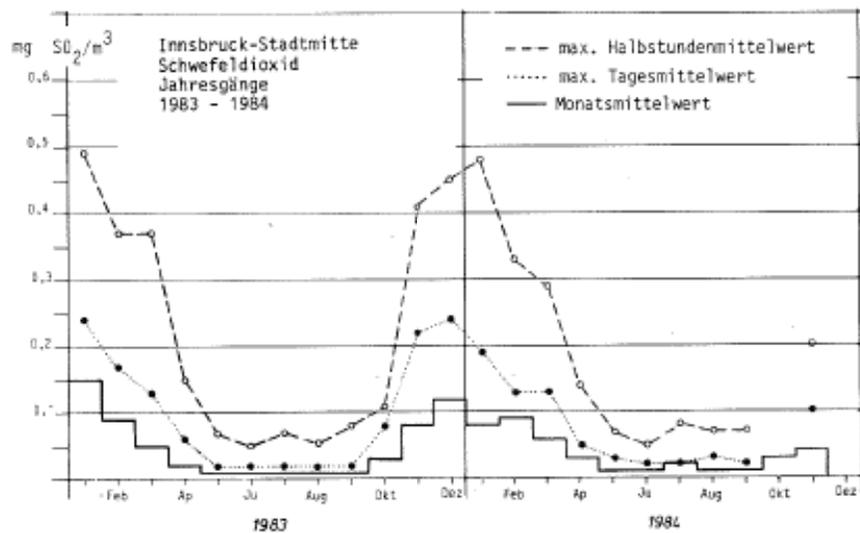
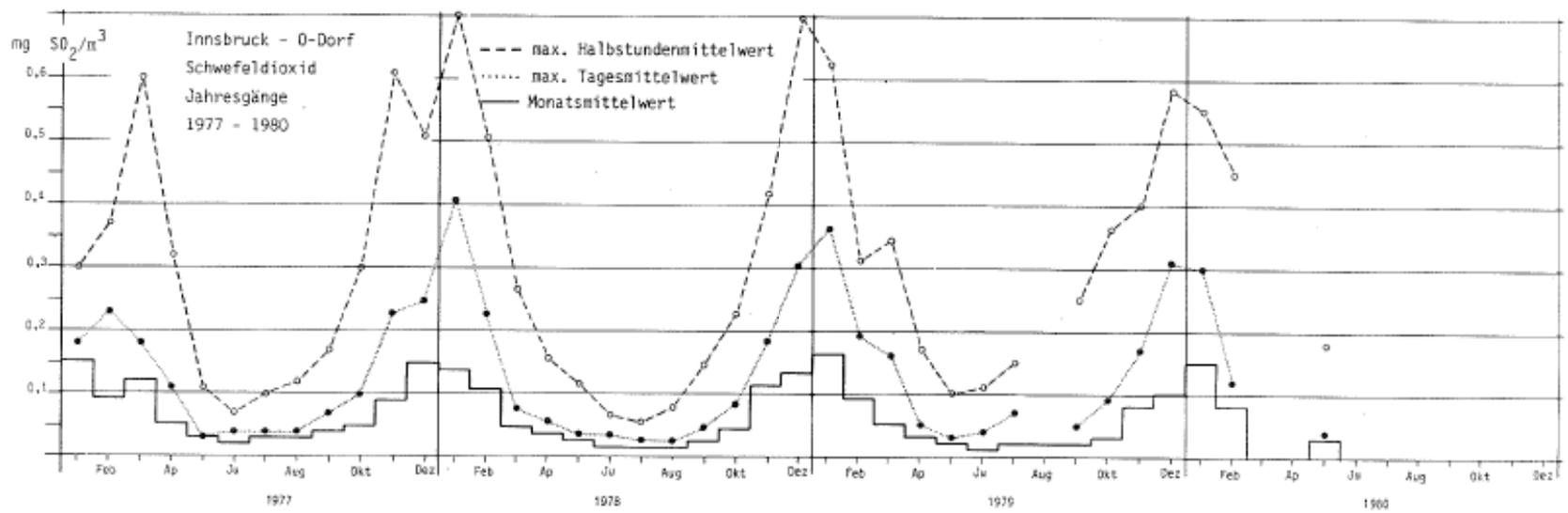
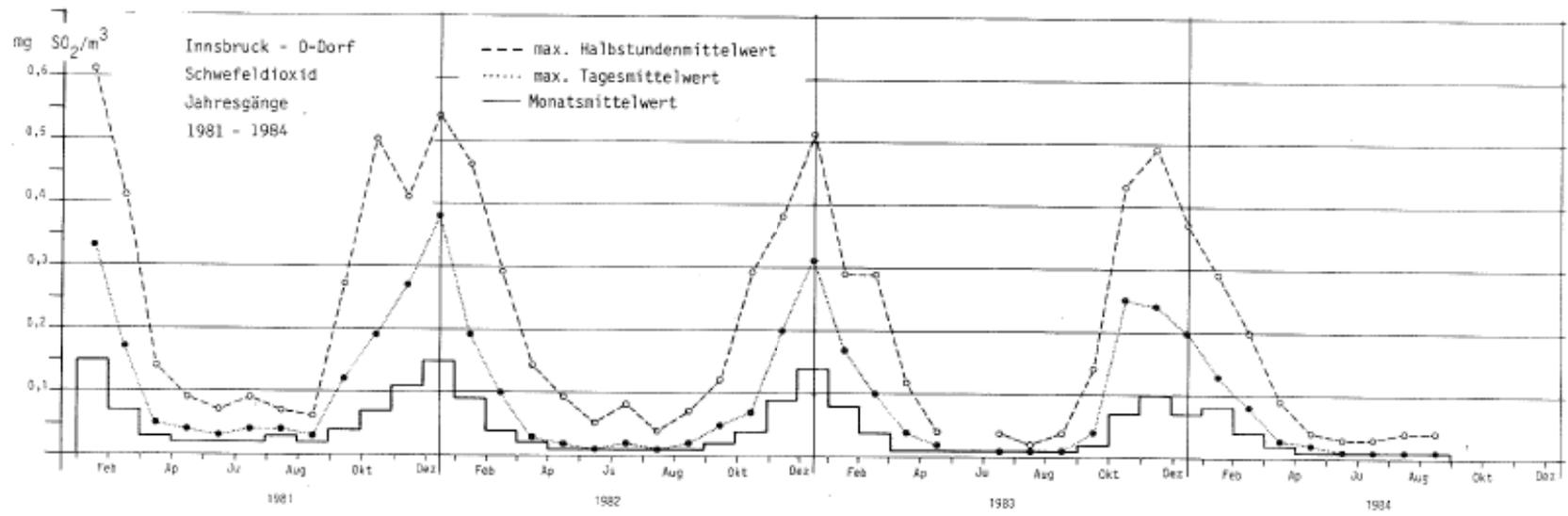
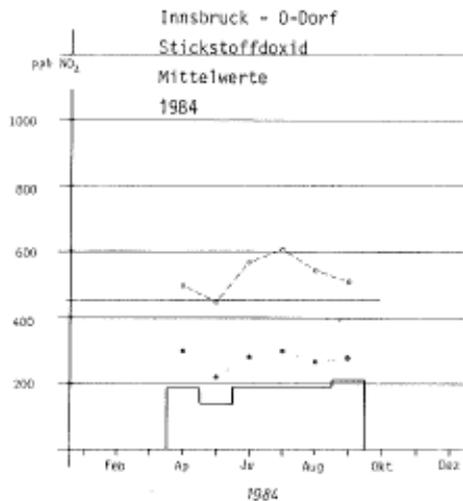


Abb. 9



September 1984 einen Mittelwert von 19 ppb bei maximalen Tagesmittelwerten bis 30 ppb und maximalen Halbstundenmittelwerten bis 61 ppb.

Abb.10: Stickstoffdioxidbelastung  
Meßstelle Innsbruck  
Olympisches Dorf 1984



Das Stickstoffdioxid erreichte somit wiederholt Werte von 30 ppb, die je nach photochemischen Umwandlungsbedingungen in ungünstigen Fällen die Bildung von ca. 100 ppb Ozon einleiten können (siehe Waldsterben und Luftverschmutzung, Eidgen. Departement des Inneren). Die gemessenen fallweisen Spitzenwerte der Stickstoffdioxidbelastung von ca. 50 ppb führen sogar zur Einleitung der Bildung noch höherer Ozonwerte (150 ppb). In diesem Zusammenhang wird auf die am Patscherkofel gemessenen Spitzenbelastungen von Ozon von mehr als 150 ppb und von den Spitzenbelastungen auf der Hungerburg von mehr als 100 ppb hingewiesen.

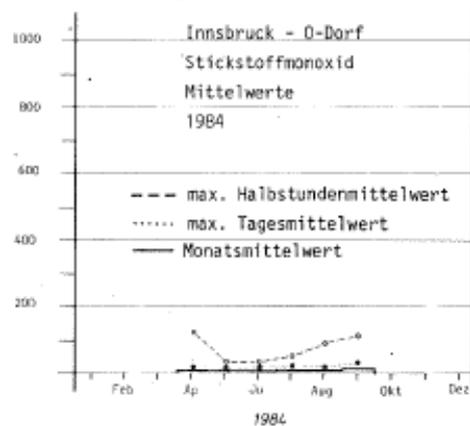
Es wird auch darauf hingewiesen, daß bei Anwesenheit von 0,13 mg SO<sub>2</sub> bereits 45 ppb NO<sub>2</sub> zu Blattschäden führen (Materialien zum Immissionsschutzbericht 1977, Umweltbundesamt Berlin). Insbesondere in den Übergangsmontaten können derartige Kombinationswir-

kungen im Einwirkungsbereich vielbefahrener Straßen auftreten.

Außerdem ist zu berücksichtigen, daß erhöhte Stickstoffdioxidgehalte der Luft sehr rasch zu erhöhten Nitratanteilen in den Niederschlägen führen, welche infolge Verfrachtung auch in größerer Entfernung insbesondere in Kombination mit anderen Schadstoffen, wie z.B. Ozon, ihrerseits zu Vegetationsschäden führen können.

Die bei der Meßstelle Olympisches Dorf gemessenen Stickstoffmonoxidkonzentrationen waren in der Zeit von April bis September 1984 mit 14 ppb im Durchschnittswert niedriger, als die gleichzeitig erhobene Stickstoffdioxidbelastung. Die gemessenen maximalen Halbstundenmittelwerte erreichten allerdings mit 168 ppb höhere Werte als die der Stickstoffdioxidbelastung.

Abb.11: Stickstoffmonoxidbelastung  
Meßstelle Innsbruck  
Olympisches Dorf 1984



Meßstelle Innsbruck-Gramartboden:

Die Meßstelle wurde im Herbst 1982 bis März 1984 auf der im Norden von Innsbruck gelegenen Mittelgebirgsterrasse Hungerburg-Gramartboden errichtet. Die Meßstelle lag auf 840 m Seehöhe in einer sehr großen Waldlichtung ca. 260 m über dem Talboden von Innsbruck. Die Meßstelle befand sich im Bereich einzelner ver-

streut gelegener Häuser am Ende einer kaum befahrenen Straße.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>

Schwefeldioxid:

Die Ergebnisse der Schwefeldioxidmessungen zeigten, daß bei dieser Meßstelle im Sommer maximale Halbstundenmittelwerte von 0,06 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> wiederholt erreicht wurden, und daß im Winter maximale Tagesmittelwerte von 0,09 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und maximale Halbstundenmittelwerte bis 0,32 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> auftraten. Somit wurden die Grenzwerte der 2. Forstverordnung bei dieser Meßstelle häufig erreicht und teilweise überschritten.

Ein Vergleich der SO<sub>2</sub>-Belastung in Innsbruck am Talboden und auf der nördlichen Mittelgebirgsterasse bei der Meßstelle am Gramartboden zeigt, daß hier die gemessenen maximalen Halbstundenmittelwerte an SO<sub>2</sub> dann auftreten, wenn zunächst am Morgen in Innsbruck erhöhte Belastungen gemessen wurden, die dann allmählich unter Anhebung oder Auflösung der Inversionen sowie Durchmischung mit den oberen Luftschichten in Innsbruck zurückgingen und damit die Belastung am Mittelgebirgsplateau zunahm und relativ höhere Werte erreichte, als bei starker Inversionslage über Innsbruck, wo zwar am Talboden hohe Werte gemessen wurden, am Mittelgebirgsplateau jedoch niedrige (siehe Abbildung 12).

Ozon:

Die Ozonbelastung bei der Meßstelle Gramartboden zeigt im allgemeinen einen mäßigen aber deutlich erkennbaren Tagesgang, wie er in allen verkehrsfernen aber trotzdem verkehrsbeeinflußten Mittelgebirgslagen erkennbar ist. Zum Beispiel im März 1983 lagen 35 % der Halbstundenmittelwerte über

50 ppb und 8 % der Halbstundenmittelwerte über 80 ppb. Der maximale Halbstundenmittelwert betrug bei dieser Meßstelle 108 ppb. Maximale Halbstundenmittelwerte zwischen 50 und 80 ppb wurden in allen Monaten des Beurteilungszeitraumes mit Ausnahme von November und Dezember 1983 erhoben.

Gemessen an dem für die Schweizerische Luftreinhalteverordnung vorgeschlagenen Kurzzeitemissionsgrenzwert für Ozon von 40 ppb für den 95 %-Wert eines Monats wurde dieser im Berichtszeitraum nur im Spätherbst und Winter 1983/84 nicht überschritten, in den anderen Monaten traten teilweise sogar erhebliche Überschreitungen dieses Grenzwertes auf (siehe Abbildung 13).

Meßstelle Lans-Gemeindeamt:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag vom Winter 1982/83 bis Mai 1983 im Gemeindeamt von Lans auf der südöstlichen Mittelgebirgsterasse auf 860 m Seehöhe inmitten des Siedlungsgebietes von Lans.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die gemessenen Schwefeldioxidbelastungen erreichten im sehr milden Winter 1982/83 maximale Halbstundenmittelwerte von 0,06 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und in den beiden Sommermonaten April und Mai 1983 maximale Halbstundenmittelwerte von 0,01 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Somit lagen die SO<sub>2</sub>-Belastungen deutlich unter den Grenzwerten gemäß 2. Forstverordnung (siehe Abbildung 14).

Meßstelle Innsbruck - Heiligwasser:

Lage der Meßstelle: Die Meßstelle lag im Juni und Juli 1981 auf

Abb. 12

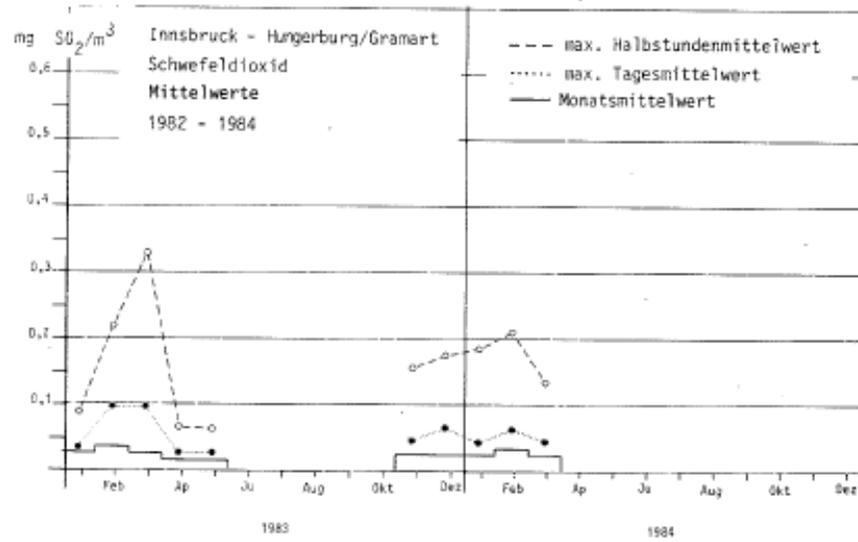


Abb. 14

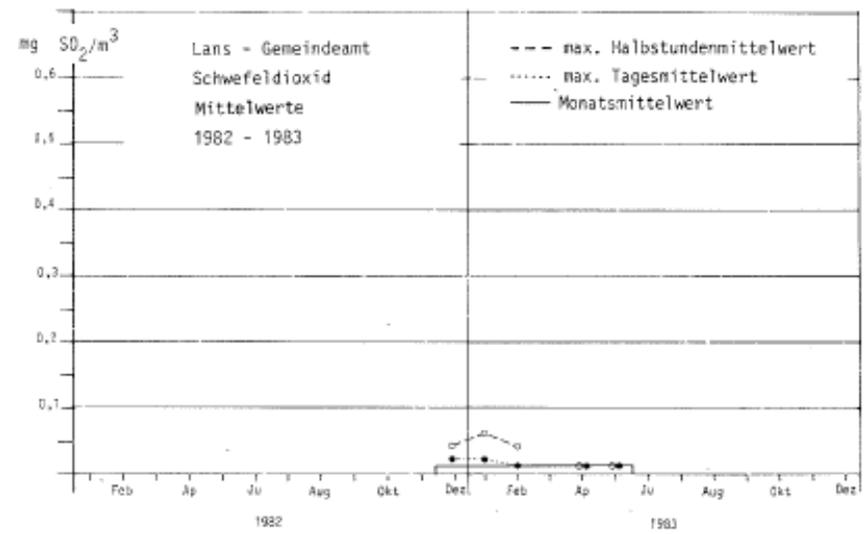
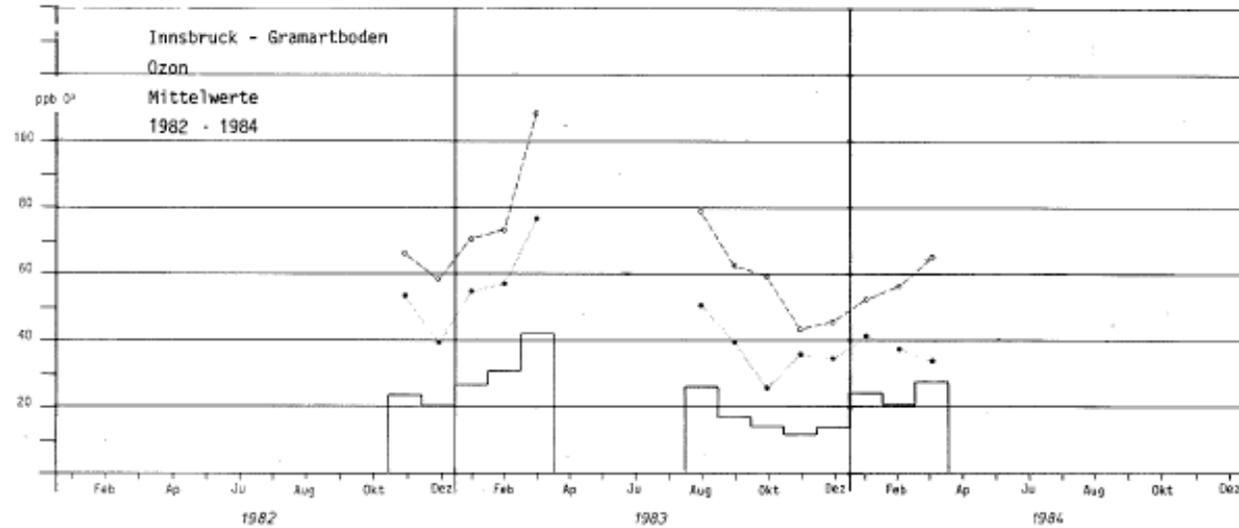


Abb. 13



einer großen Waldblöße an dem südlich von Innsbruck gelegenen nach Norden geneigten Hang des Patscherkofels in 1.100 m Seehöhe an einem für den öffentlichen Verkehr gesperrten Weg.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die Erhebung der Schwefeldioxidbelastung in den beiden Beurteilungsmonaten ergab maximale Tagesmittelwerte von 0,02 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und maximale Halbstundenmittelwerte bis 0,04 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Diese Ergebnisse zeigen, daß in den beiden Beurteilungsmonaten die Grenzwerte der 2. Forstverordnung eingehalten wurden.

Die maximalen Halbstundenmittelwerte von 0,04 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> lassen jedoch erkennen, daß eine gewisse Beeinflussung durch gelegentliche SO<sub>2</sub>-Immissionen vorliegt.

Meßstelle Patsch-Patscherkofel-Klimahaus:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag von Mai 1981 bis Juni 1982 im Klimahaus am Patscherkofel auf 1.960 m Seehöhe an der Waldgrenze. Somit befand sich die Meßstelle im Bereich der obersten Hanglage, welche nach Südwesten gerichtet ist und sich oberhalb der Einmündung des Wipptales in das Inntal befindet. In der Nähe der Meßstelle befand sich nur ein für den öffentlichen Verkehr nicht zugelassener Weg.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>

Schwefeldioxid:

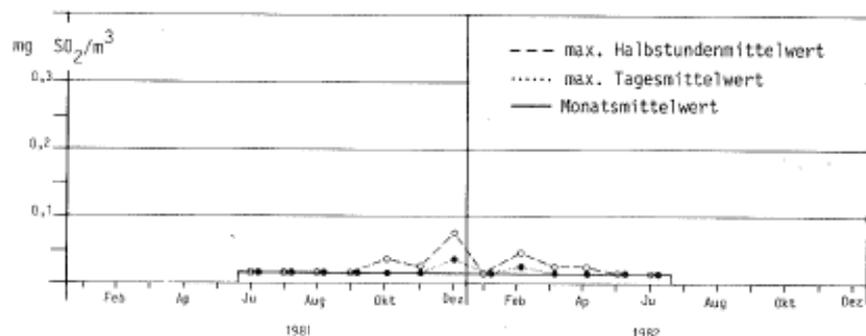
Die am Patscherkofel gemessenen Schwefeldioxidkonzentrationen lagen im allgemeinen im unteren Bereich der durch das Gerät erfassbaren Konzentration von 0,01 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Trotzdem wurden fallweise etwas erhöhte Schwefeldioxidkonzentrationen gemessen. Im Dezember 1981 wurde ein maximaler Tagesmittelwert von 0,03 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und ein maximaler Halbstundenmittelwert von 0,07 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen. Jedoch auch im Oktober und im Februar des Beurteilungszeitraumes wurden maximale Halbstundenmittelwerte von 0,03 bzw. 0,04 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> erhoben. Diese Werte liegen zwar deutlich unter den Grenzwerten der 2. Forstverordnung, trotzdem liegen fallweise leicht erhöhte SO<sub>2</sub>-Immissionskonzentrationen vor, welche aufgrund ihres zeitlichen Verlaufes erkennen lassen, daß die Immissionen nicht lokalen sondern regionalen Ursprung haben (z.B. aus dem Innsbrucker Becken)(siehe Abbildung 15).

Ozon:

Die Ozonbelastung zeigte bei der Meßstelle Patscherkofel während des gesamten Beurteilungszeitraumes von Mai 1981 bis Juli 1982 sowohl im Sommer als auch im Winter eine dauernde sehr hohe Belastung an. So lagen die Monatsmittelwerte von Mai bis August 1981 bei Werten zwischen 85 und

Abb. 15

Innsbruck - Patscherkofel  
Schwefeldioxid  
Mittelwerte  
1981 - 1982



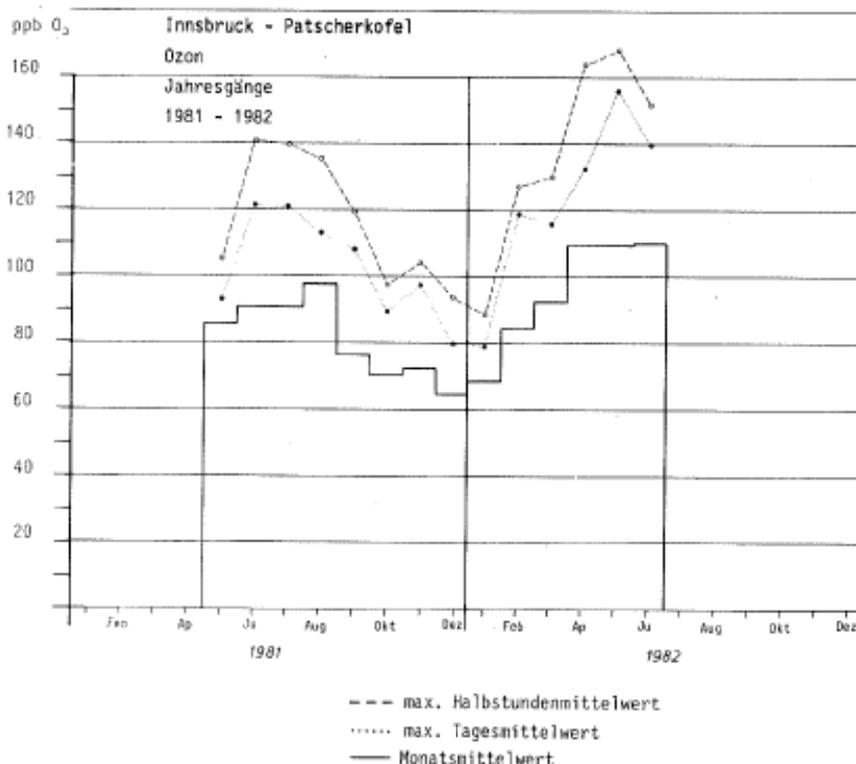
97 ppb, in der Zeit von September 1981 bis März 1982 bei Werten zwischen 64 und 92 ppb und im April, Mai und Juni 1982 bei Monatsmittelwerten von 109 bzw. 110 ppb. Dabei war bei dieser Meßstelle im allgemeinen ein gewisser Tagesgang deutlich erkennbar. Die maximalen Halbstundenmittelwerte erreichten im Sommer 1981 140 ppb, im Frühsommer 1982 sogar 167 ppb. Zum Beispiel im April 1982 wurde der Wert von 50 ppb niemals unterschritten und der Wert von 80 ppb von 96 % der Halbstundenmittelwerte überschritten.

Gemessen an dem für die Schweizerische Luftreinhalteverordnung vorgeschlagenen Kurzzeittmissionsgrenzwert für Ozon von

40 ppb für den 95 %-Wert eines Monats wurde somit bei der Meßstelle Patscherkofel im Berichtszeitraum dieser Wert ununterbrochen sogar in den Wintermonaten um ein Vielfaches überschritten. Obwohl auch am Wank bei Garmisch, welcher in etwa gleicher Seehöhe wie die Meßstelle am Patscherkofel liegt, erhöhte Ozonkonzentrationen festgestellt wurden, lagen diese doch deutlich niedriger, als die gleichzeitig am Patscherkofel gemessenen Werte der Ozonbelastung.

Vieles deutet darauf hin, daß diese sehr hohen Ozonbelastungen am Patscherkofel zum Großteil auf die im Inntal und Wipptal besonders hohe Verkehrsbelastung zurückgehen (siehe Abbildung 16).

Abb. 16



Meßfahrten mit registrierenden Meßgeräten durch das Österr. Bundesinstitut für Gesundheitswesen.

Meßfahrten mit einem dauernd registrierenden SO<sub>2</sub>- und Stickoxidmeßgerät wurden im Dezember 1982 im Großraum Innsbruck bis Hall durchgeführt. Wie die Abbildungen zeigen, wurden z.B. am 3. Dezember 1982 zwischen 8.00 und 9.30 Uhr im Stadtzentrum max. SO<sub>2</sub>-Konzentrationen von 0,30 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen. Am Gramartboden im Bereich der Ulfiswiese und am Lemmenhof wurden mit 0,03 bzw. 0,02 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> zur selben Zeit nur etwa ein Zehntel dieser SO<sub>2</sub>-Belastung gemessen. Am Mittag desselben Tages ist dann in Folge Durchmischung der unteren Luftschichten mit den oberen Luftschichten in Innsbruck-Stadtzentrum ein Rückgang der Belastung auf Werte zwischen 0,11 und 0,18 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> festgestellt worden. Somit ist im Stadtzentrum die Belastung etwa auf die Hälfte zurückgegangen, jedoch an den Hanglagen ist gleichzeitig die Belastung um das Doppelte angestiegen. So wurden im Bereich Gramartboden und Lemmenhof zu Mittag SO<sub>2</sub>-Belastungen von 0,06 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen. In der Früh hatte eine niedere Inversion über Innsbruck gelegen, die sich gegen Mittag deutlich an hob.

Die Ergebnisse lassen auch erkennen, daß besonders im Westen der Stadt, im Bereich Lohbachsiedlung und Sieglanger, die SO<sub>2</sub>-Belastungen deutlich niedriger sind als im Zentrum, obwohl z.B. in Völs ein leichter neuer Anstieg meßbar war.

Die Stickstoffdioxidbelastungen lagen z.B. am 6. Dezember 1982 am Morgen und gegen Mittag im Ostteil der Stadt (Reichenau und O-Dorf) höher als im Stadtzentrum und erreichten Werte zwischen 10 und 30 ppb (siehe Abbildung 17 und Abbildung 18).

#### Nadelanalysen:

Die seit der Mitte der 70er-Jahre erhobenen Nadelanalysen zeigen, daß die talnahen Hanglagen nördlich und südlich von Innsbruck zum Großteil wiederholt bis ständig von erhöhten Schwefelbelastungen in den Nadeln betroffen sind. So zeigten Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung folgende Meßpunkte (in den letzten 6 Jahren): Andreas-Hofer-Weg, Mentelberg, Tantegetweg, unter der Hungerburg, Kerschhof, Grillhof, östlich Landesgefängnis, Tummelplatz, östlich Arzl und Sternbachgarten. Erhöhte Belastungen im Bereich des Grenzwertes oder darunter zeigten folgende Meßstellen: Hohegg, Rapoldipark, Vogelhütte, Arzl-Eggenwald, Hofgarten.

Relativ niedere Belastungen zeigen die Meßstellen am Knappenstein, ober der Umbrückler Alm, Igls-Taxburg, der Ahrwald, Igls-Goldbichl, Egerdach und oberhalb Schloß Hohenburg (zwischen Igls und Lans).

Die Meßstellen in der Öde und am Mentelberg sowie östlich des Landesgefängnisses zeigten zusätzlich erhebliche Überschreitungen der Fluorgrenzwerte der 2. Forstverordnung. Werte im Bereich des Fluorgrenzwertes wurden gemessen: beim Andreas-Hofer-Weg und am Tummelplatz, während unter der Hungerburg, Kerschbuchhof, Schlotthof, Grillhof, Heiligwasser und Arzl-Eggenwald niedrige Fluorbelastungen aufwiesen. Die in Aldrans im Jahr 1982 erhobenen Nadelanalysen wiesen nur eine mäßige Schwefelbelastung unter dem Grenzwert der 2. Forstverordnung auf. Die zwischen Grünwalderhof und Baumgrenze am Patscherkofel entnommenen Nadelanalysen zeigten 1978 teilweise leicht erhöhte Schwefelbelastungen an, insbesondere in den Höhenlagen um 1.100 und 1.200 m. Dabei wurden jedoch die Grenzwert-

Abb. 1/

Meßzeit: 3. Dezember 1982, 8.00 - 9.30 Uhr

SO<sub>2</sub>-Konzentration (Werte in µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>)

dargestellt in Isolinien 100 µg = 0,10 mg

0 0,5 1 2 3 km

Sämtliche Meßwerte sind Mittel über die Meßzeit

Fernerkundung IV - Teilprojekt 3

Anhang Bd 7 (ÖBIG)

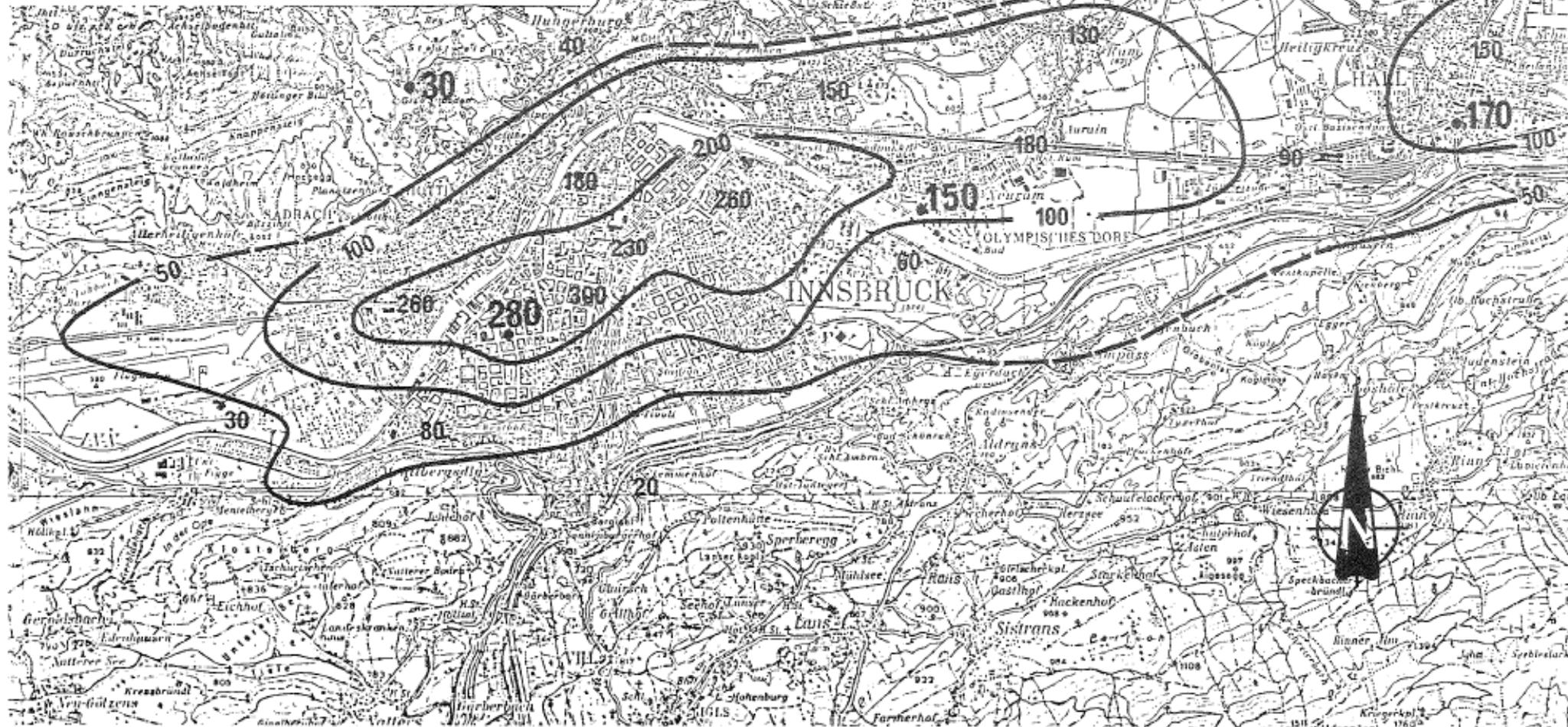


Abb. 17

Meßzeit: 3. Dezember 1982, 11.00 - 12.30 Uhr

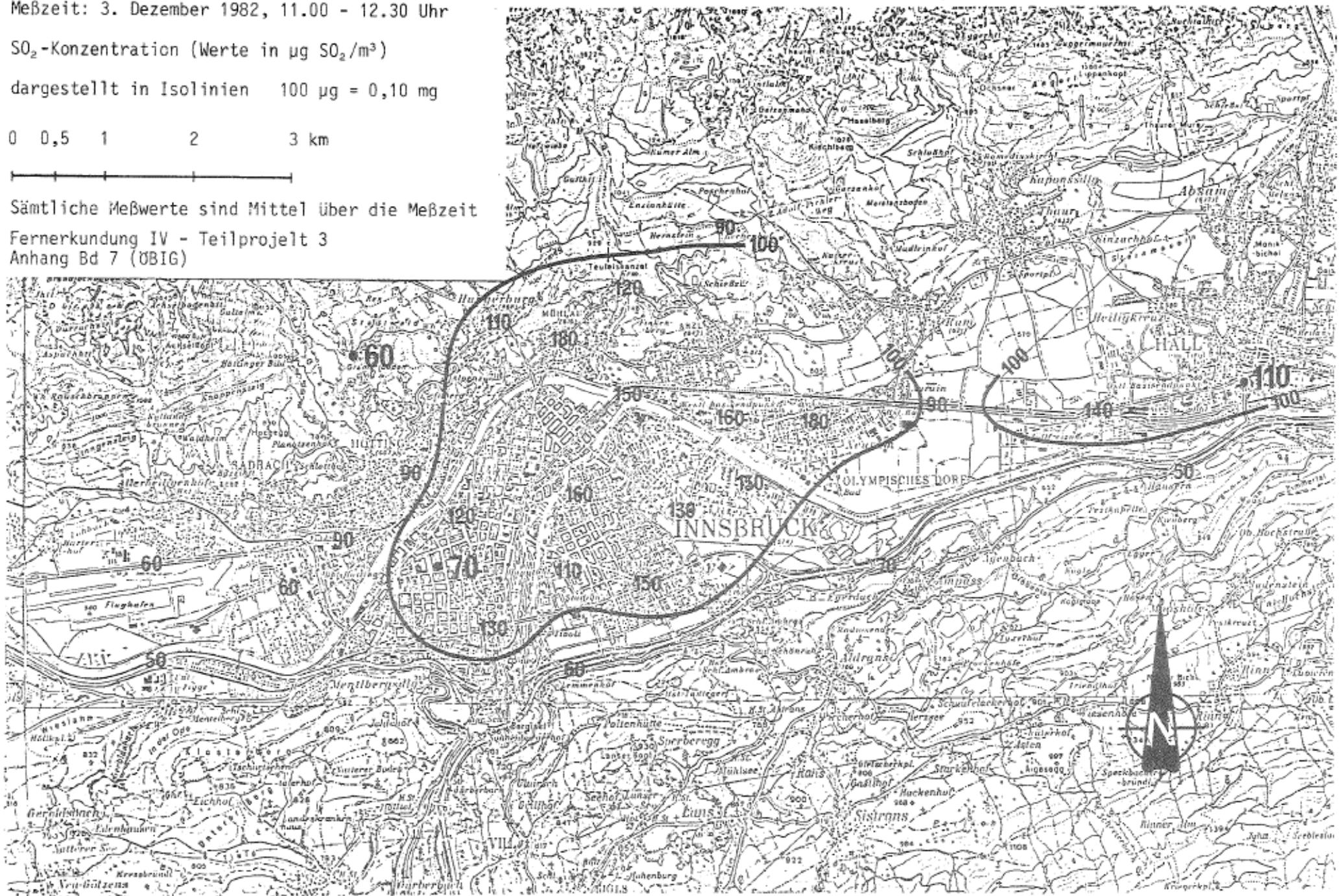
SO<sub>2</sub>-Konzentration (Werte in µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>)

dargestellt in Isolinien 100 µg = 0,10 mg

0 0,5 1 2 3 km

Sämtliche Meßwerte sind Mittel über die Meßzeit

Fernerkundung IV - Teilprojekt 3  
Anhang Bd 7 (ÖBIG)



Meßzeit: 6. Dezember 1982, 8.00 - 9.30 Uhr

NO<sub>2</sub>-Konzentration (Werte in ppb NO<sub>2</sub>)

dargestellt in Isolinien

0 0,5 1 2 3 km

Sämtliche Meßwerte sind Mittel über die Meßzeit

Fernerkundung IV - Teilprojekt 3  
Anhang Bd 7 (ÖBIG)

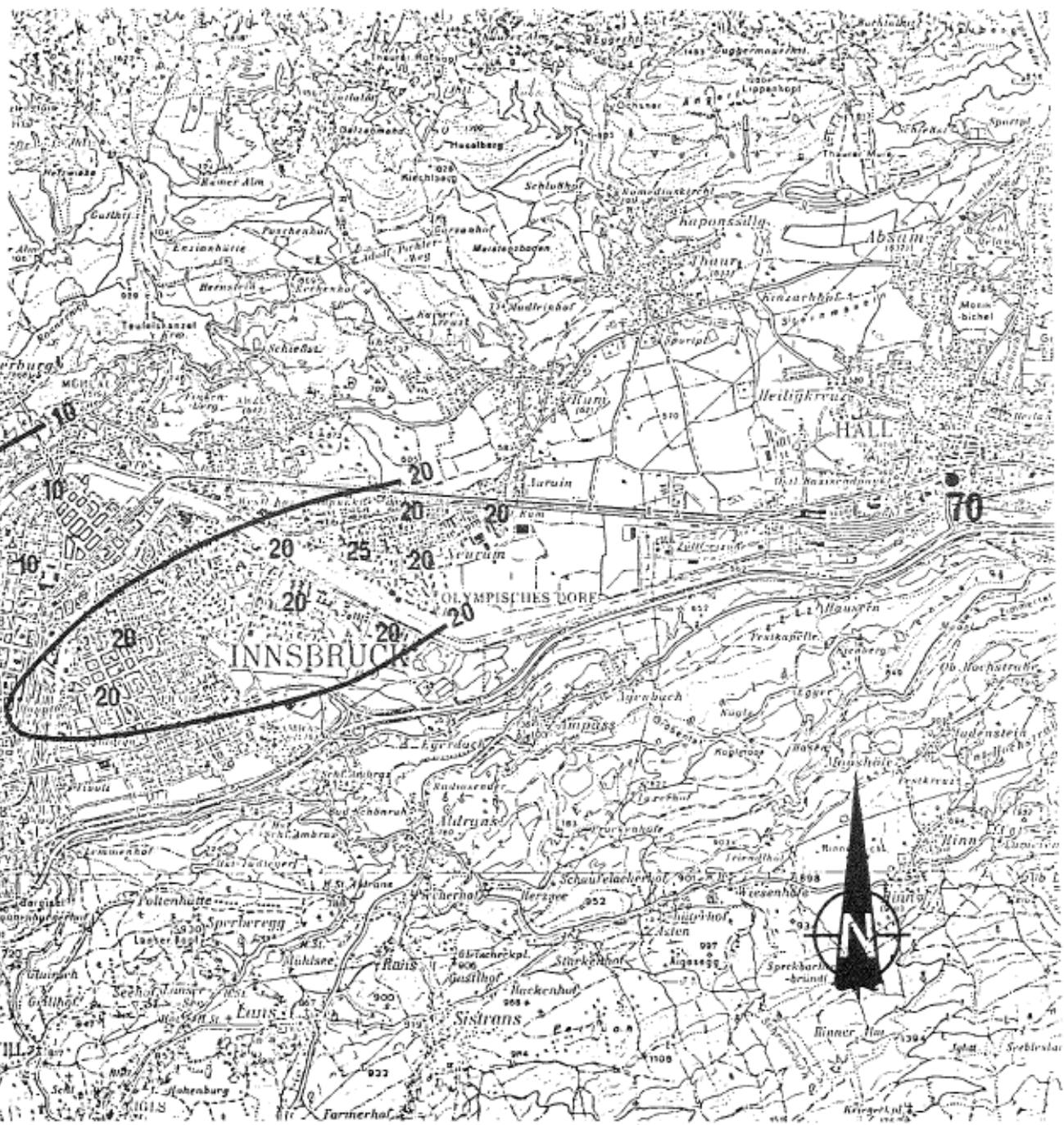


Abb. 18

Meßzeit: 6. Dezember 1982, 9.30 - 11.00 Uhr

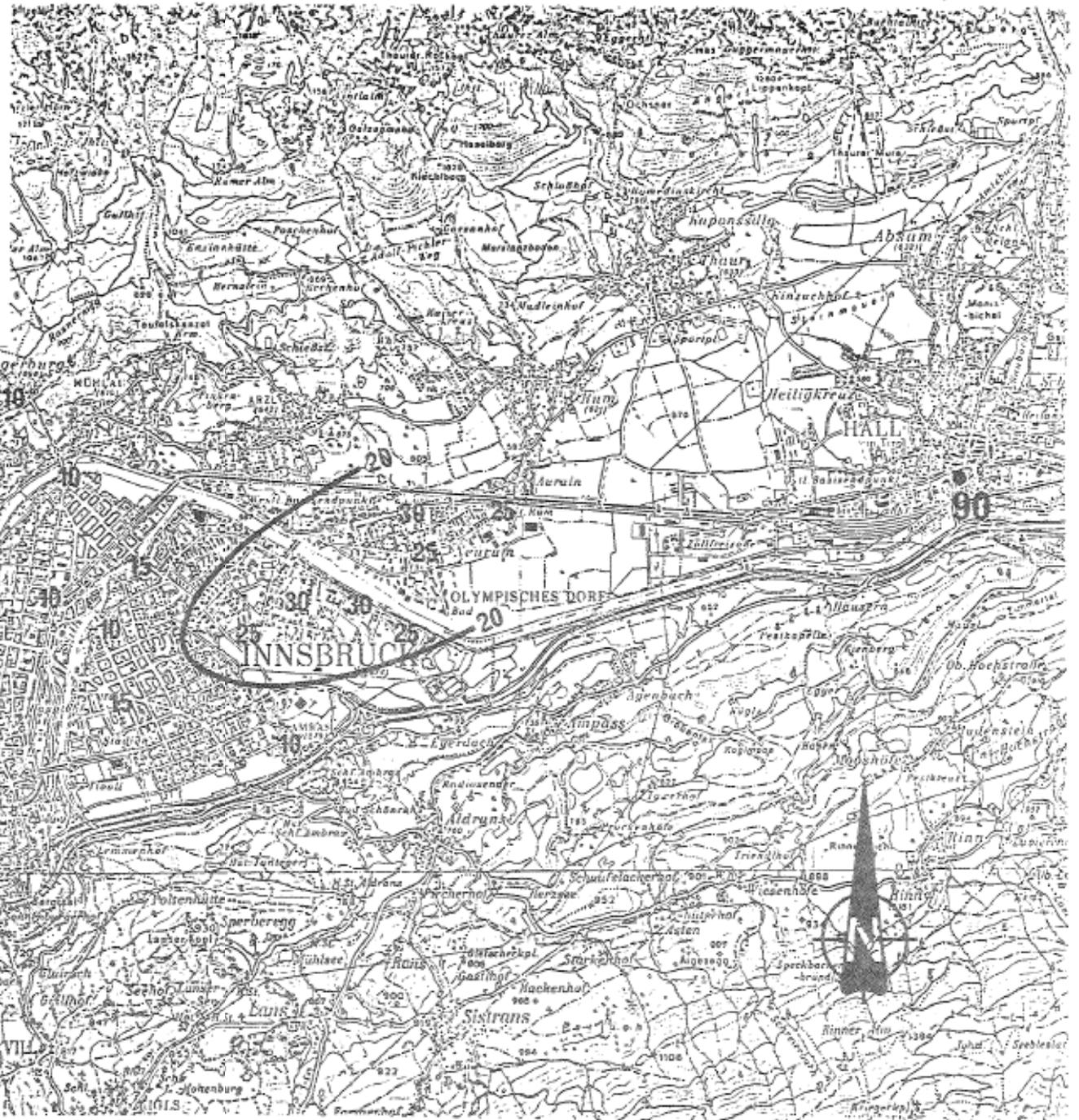
NO<sub>2</sub>-Konzentration (Werte in ppb NO<sub>2</sub>)

Dargestellt in Isolinien

0 0,5 1 2 3 km

Sämtliche Meßwerte sind Mittel über die Meßzeit

Fernerkundung IV - Teilprojekt 3  
Anhang Bd 7 (ÖBIG)



te gemäß 2. Forstverordnung nicht überschritten.

Die im Jahr 1983 erhobenen Nadelanalysen weisen im Bereich Tummelplatzweg, unterhalb der Hungerburg und im Bereich Kurhaus Igls deutliche Überschreitungen des Grenzwertes der 2. Forstverordnung auf, jedoch werden die Grenzwerte der 2. Forstverordnung auch noch auf der Hungerburg-Taubentalweg, auf der Arzler Alm und am Grillhof erreicht. Nur die Meßstelle im Samertal weist eine niedrige Schwefelbelastung auf, welche bei weitem unter den Grenzwerten der 2. Forstverordnung liegt.

Stichprobenuntersuchung mit dem Bioindikator Tabaksorte Bel W.3:

Stichprobenweise Voruntersuchungen mit der für Ozon besonders empfindlichen Tabaksorte Bel W.3 haben gezeigt, daß an der Seilbahntrasse zur Seegrube in ca. 1.000 m Seehöhe ca. 420 m über dem Talboden von Innsbruck für diese Tabaksorte schädliche Ozonkonzentrationen aufgetreten sind.

## 8. Beurteilungsraum: Hall und Umgebung

### Zusammenfassende Beurteilung

Die Ergebnisse der Erhebungen der Luftbelastung durch SO<sub>2</sub> zeigen im Raum Hall seit dem Jahr 1981 einen eher rückläufigen Trend. Trotzdem wurden im Talboden sowie an den nördlichen Hanglagen in den Wintermonaten und in der Übergangszeit erhöhte Schwefeldioxidbelastungen (im Sinne der 2. FVO) gemessen. Dasselbe gilt sicher auch für die südlichen Hanglagen in Talnähe. Auch die an den Hanglagen entnommenen Nadelanalysen im Bereich von Gnadenwald und Ampaß - Kienberg zeigen besonders an den windexponierten Geländekuppen und -kanten stark erhöhte

Schwefelbelastungen an.

Die in der Nähe der Autobahn (200 m horizontaler Abstand) gemessenen Stickoxidbelastungen weisen beim Stickstoffmonoxid in den vergangenen Jahren eine steigende Tendenz auf. Die Stickstoffdioxidbelastung war gleichbleibend. Die in den nördlichen Hanglagen des Haller Raums auftretenden Stickoxidbelastungen waren sowohl hinsichtlich der Stickstoffdioxidbelastung als ganz insbesondere hinsichtlich der Stickstoffmonoxidbelastung bei zunehmender Sonneneinstrahlung im späteren Frühjahr deutlich niedriger. Dies zeigt, daß die hohe Stickoxidbelastung einige 100 m neben der Autobahn bereits zurückgeht und zum Großteil in andere Schadstoffe (Folgeprodukte - Ozon und saurer Niederschlag) umgewandelt wird.

So zeigte sich, daß die Ozonbelastung in der Nähe der Autobahn eher niedrig ist (infolge Rückreaktion des Ozons mit dem Stickstoffmonoxid) während andererseits in den weiter entfernten nördlichen Hanglagen des Haller Raums stark erhöhte Ozonwerte bereits ab Frühjahr auftreten.

Wegen des fallweise gleichzeitigen Auftretens von erhöhten Werten von Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid ist damit zu rechnen, daß pflanzenschädliche Kombinationswirkungen vorwiegend in den Wintermonaten und im Einflußbereich von Hauptverkehrsstraßen auftreten.

Fallweise treten pflanzenschädliche Ozonkonzentrationen im ganzen Talbecken auf, an den Hanglagen nimmt die Ozonbelastung jedoch deutlich zu und die in der Schweiz geforderten Grenzwerte werden bis zum Doppelten überschritten.

Auch mit pflanzenschädlichen Umwandlungsprodukten von Schwefeldioxid in Sulfat und von Stickoxiden in Nitrat (= Saurer Niederschlag) ist im gesamten Talbecken und den angrenzenden Hanglagen zu rechnen. In größeren Höhen ist vorwiegend mit dem Auftreten von saurem Niederschlag und Ozon sowie deren schädlicher Kombinationswirkung zu rechnen.

#### Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Hall i. Tirol - 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 Gebiet von Häusern mit Gärten umgrenzt ist. In unmittelbarer Nähe befindet sich eine mäßig frequentierte Straße.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>

#### Schwefeldioxid:

Die SO<sub>2</sub>-Belastung zeigte im Jahr 1981 einen Jahresmittelwert von 0,06 mg/m<sup>3</sup>, im Jahr 1982 einen Jahresmittelwert von 0,05 mg/m<sup>3</sup> und im Jahr 1983 einen Jahresmittelwert von 0,03 mg/m<sup>3</sup>. Die Jahresbelastung im Jahr 1984 liegt etwa gleich hoch, wie im Jahr 1983 (siehe Abbildung 19).

Wie in allen vorwiegend durch den Hausbrand beeinflussten SO<sub>2</sub>-Belastungsgebieten ist in Hall i.T. ein deutlicher jahreszeitlicher Trend durch hohe winterliche Belastungswerte und niedrige sommerliche

Belastungswerte festzustellen (siehe Abbildung 20).

Gemessen an den SO<sub>2</sub>-Grenzwerten der 2. Forstverordnung wurden insbesondere in den Wintermonaten in den vergangenen Jahren zum Teil erhebliche Grenzwertüberschreitungen registriert. Fallweise wurden auch in den Übergangsmonaten im Frühjahr und Herbst je nach Dauer der Heizperiode Überschreitungen dieser Grenzwerte festgestellt. Lediglich in den Hochsommermonaten wurden keine derartigen Grenzwertüberschreitungen registriert. Im milden Winter 83/84 waren die Grenzwertüberschreitungen auf die Monate Dez. 83 und Jän. 84 beschränkt.

#### Stickoxide:

Die Erhebungen der Stickstoffdioxidbelastung in Hall i.T. seit dem Winter 1980/81 zeigen, daß die Jahresmittelwerte mit 32 ppb im Jahr 81, 31 ppb im Jahr 82 und 32 ppb im Jahr 83 als Jahresmittelwert relativ konstant waren.

Abb. 19

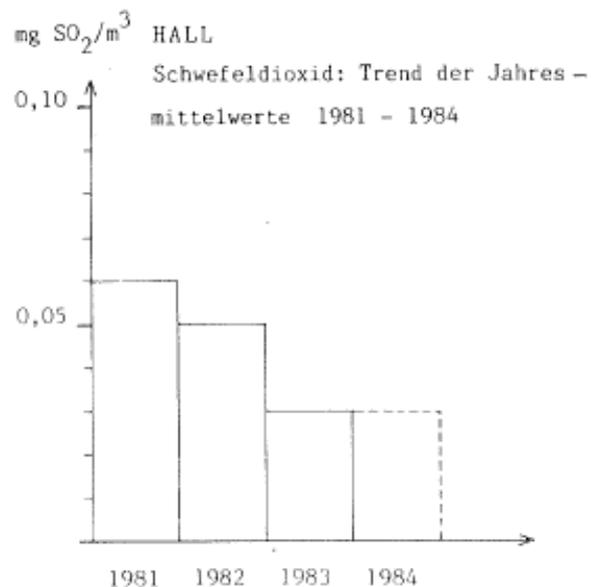
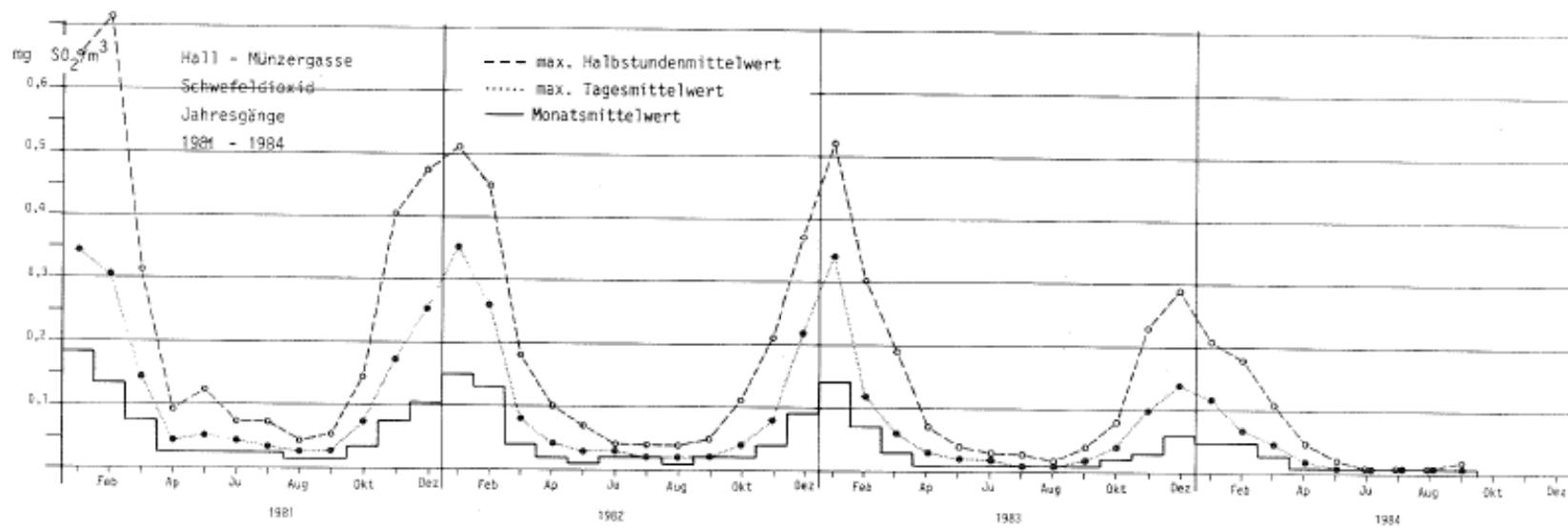


Abb. 20



Die gleichzeitig erhobenen Werte der Stickstoffmonoxidbelastung zeigten mit 81 ppb im Jahr 1981, 100 ppb im Jahr 1982 und 112 ppb im Jahr 1983 eine ansteigende Tendenz der Jahresmittelwerte (siehe Abbildungen 21 - 24 ).

Das Stickstoffdioxid erreichte im Durchschnitt Werte von 30 ppb, die je nach photochemischen Umwandlungsbedingungen in ungünstigen Fällen die Bildung von ca. 100 ppb Ozon einleiten können (Waldsterben und Luftverschmutzung, Eidg. Dep. d. Inneren). Die gemessenen häufigen Spitzenwerte der Stickstoffdioxidbelastung von ca. 60 ppb führen sogar zur Einleitung der Bildung noch höherer Ozonwerte (150 ppb). In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, daß z.B. in Absam-Forchat, sowie am Gramartboden Spitzenbelastungen mit Ozon von ca. 100 ppb tatsächlich gemessen wurden und daß die gemessenen Ozonspitzenbelastungen am Patscherkofel sogar 160 ppb erreichten.

Es wird darauf hingewiesen, daß bei Anwesenheit von 0,13 mg SO<sub>2</sub> bereits 45 ppb NO<sub>2</sub> zu Blattschäden führen (Materialien zum Immis-

sionsschutzbericht 1977, Umweltbundesamt Berlin). Insbesondere in den Übergangsmo- naten sind derartige Kombinationswirkungen wiederholt möglich.

Außerdem ist zu berücksichtigen, daß erhöhte Stickoxidgehalte der Luft sehr rasch zu erhöhten Nitratan- teilen in den Niederschlägen führen, welche ihrerseits zu Vegetationsschäden führen können.

#### Ozon:

Die Ozonbelastung bei der Meßstelle Hall i.T. zeigt einen ausgeprochenen Tagesgang, wobei in der Nacht in Folge Rückreaktion des Stickstoffmonoxides mit dem Ozon die Ozonbelastung im allgemeinen sehr stark zurückgeht. Trotzdem werden bei Tag in den Sommermonaten einzelne maximale Halbstundenmittelwerte bis über 80 ppb erreicht. Im April 1982 lagen 14 % der Halbstundenmittelwerte im Bereich über 50 ppb. ( siehe Abbildung 25 ).

Gemessen an dem für die schweizerische Luftreinhalteverordnung vorgeschlagenen Kurzzeitimmissionsgrenzwert für Ozon von

Abb. 21

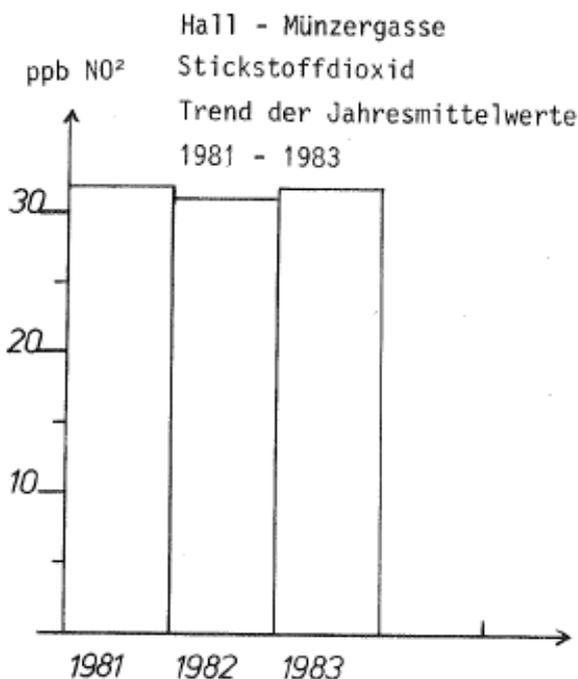
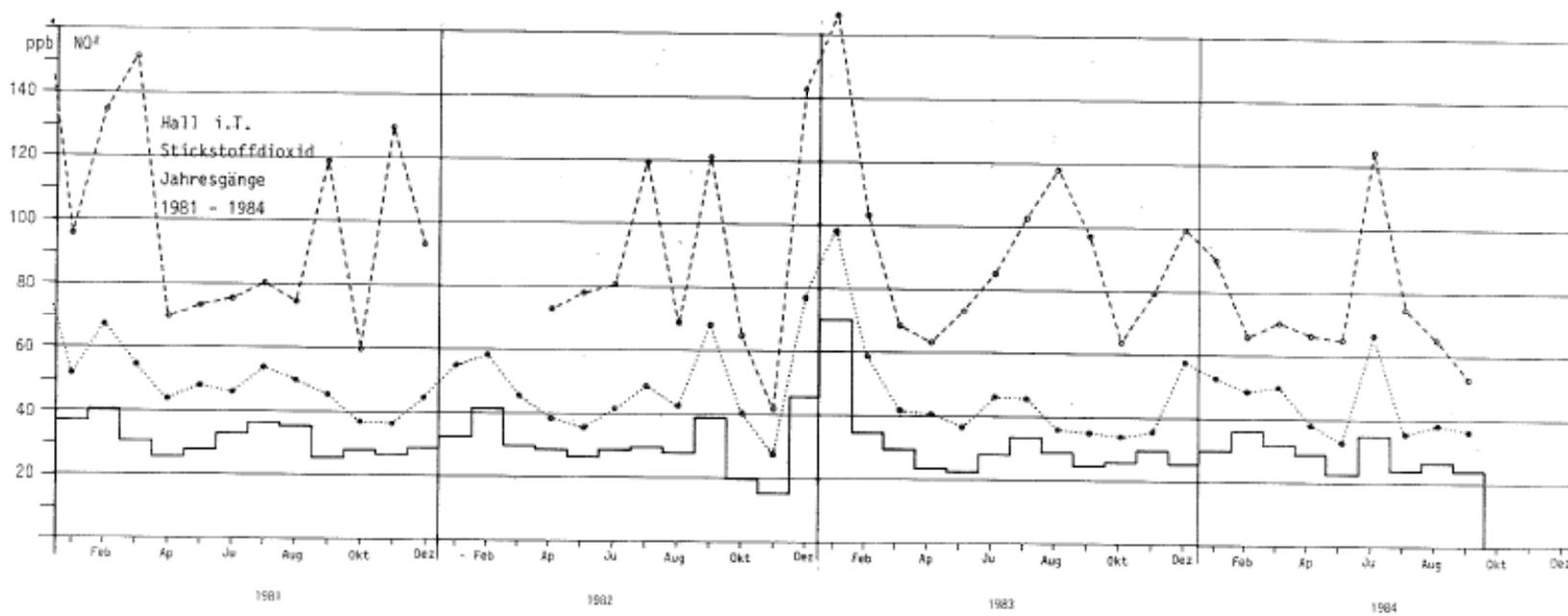


Abb. 22



Abb. 23



--- max. Halbstundennittelw.  
..... max. Tagesmittelwert  
— Monatsmittelwert

Abb. 24

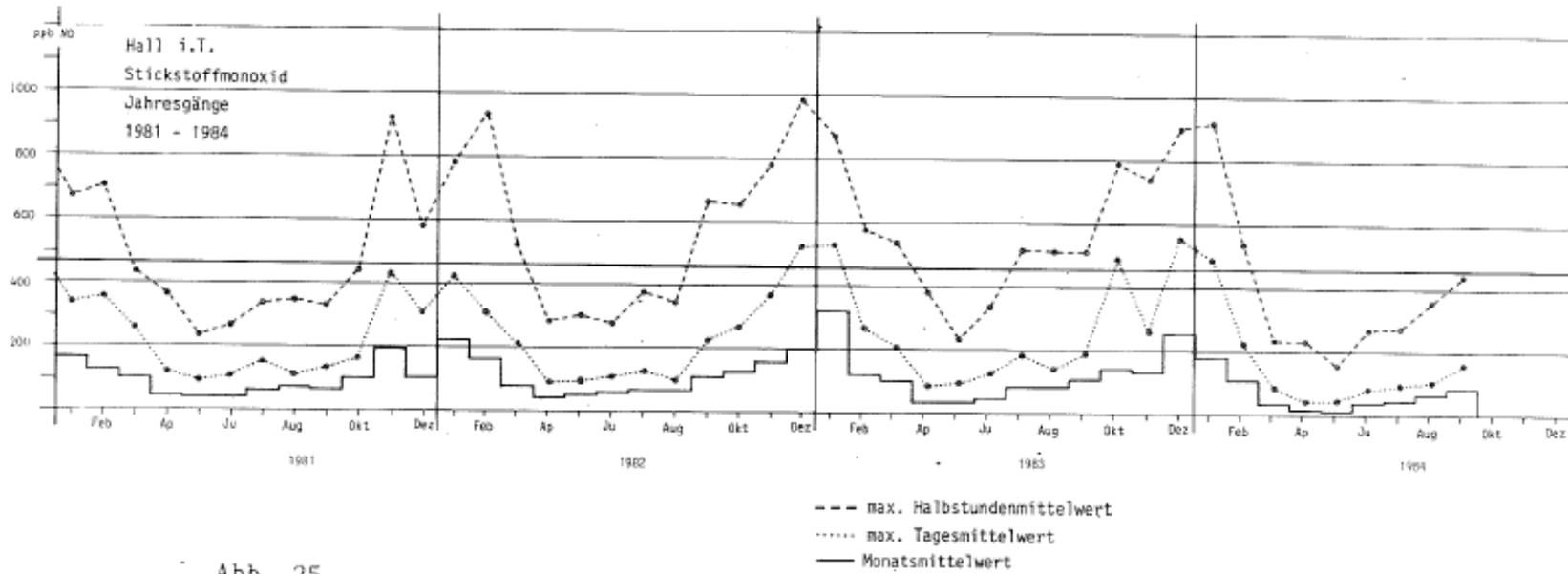
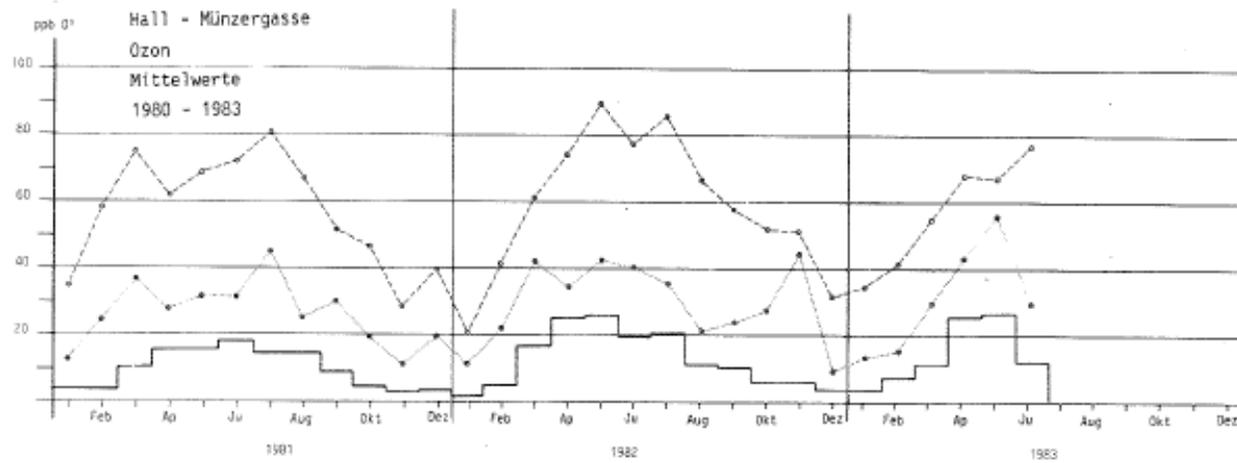


Abb. 25



40 ppb für den 95 %-Wert eines Monats, wurde dieser Grenzwert in sämtlichen Monaten der Vegetationszeit zum Teil sogar erheblich überschritten.

#### Meßstelle Absam - Swarovskistraße

##### Lage der Immissionsmeßstelle:

Die Immissionsmeßstelle in Absam wurde im Frühjahr 1984 von März bis Mai betrieben. Die Meßstelle befand sich in der Swarovskistraße am Werksgelände der Firma Swarovski in 730 m Seehöhe am oberen Rand des Siedlungsgebietes, ca. 170 m über Talboden an einem nach Süden geneigten Hang. Die Entfernung zum Stadtzentrum von Hall i.T. und zum Talboden des Inntals beträgt etwa 3 km. In unmittelbarer Nähe der Meßstelle befindet sich keine sehr stark frequentierte Straße, das Gebiet ist jedoch verkehrsmäßig gut erschlossen.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>

##### Schwefeldioxid:

Die Schwefeldioxidmessung in der Zeit von März bis Mai 1984 zeigte im April Überschreitungen der Grenzwerte der 2. Forstverordnung an (97,5 %-Wert 0,08 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>). ( siehe Abbildung 26 )

##### Stickoxide:

Die Erhebungen der Stickoxide in Absam im Frühjahr 1984 zeigen, daß bei dieser Meßstelle mehr NO<sub>2</sub> als NO vorliegt. Die Monatsmittelwerte lagen zwischen 21 und 4 ppb für das Stickstoffdioxid und zwischen 5 und 2 ppb für das Stickstoffmonoxid. Die maximalen Halbstundenmittelwerte lagen zwischen 87 und 53 ppb für Stickstoffdioxid und zwischen 48 und 30 ppb für das Stickstoffmonoxid ( siehe Abbildungen 27 und 28 ).

##### Ozon:

Die Ozonbelastung bei der Meßstelle Absam zeigt während der Beurteilungsmonate von März bis Mai eine insgesamt ansteigende Tendenz entsprechend der Zunahme der Sonneneinstrahlung. Der Tagesgang der Ozonbelastung ist in Absam, wie in allen verkehrsbeeinflussten Mittelgebirgslagen deutlich erkennbar. Die Maximalwerte, welche am frühen Nachmittag auftreten, überschritten in mehr als 5 % der Fälle 80 ppb. Somit wurde, gemessen an dem für die Schweizerische Luftreinhalteverordnung vorgeschlagenen Kurzzeitimmissionsgrenzwert für Ozon von 40 ppb für den 95 %-Wert, dieser in allen Beurteilungsmonaten um mehr als das Doppelte überschritten (siehe Abbildung 29 ).

Meßfahrten mit registrierenden Meßgeräten durch das Österr. Bundesinstitut für Gesundheitswesen in Rum, Thaur, Absam, Hall i.T.

Meßfahrten mit einem dauerndregistrierenden SO<sub>2</sub>-Meßgerät wurden im Dezember 1982 im Großraum Innsbruck bis Hall durchgeführt. Dabei zeigte sich, wie die Abbildungen verdeutlichen, daß z.B. am 5.12.1982 in der Früh eine deutlich niedrigere Belastung herrschte, als 2 Stunden später am Vormittag. Außerdem zeigen die Darstellungen deutlich, daß die Belastungen von lokalen Belastungszentren ausgehen, wie z.B. vom Stadtzentrum von Hall i.T. bzw. von den Zentren von Innsbruck, aber in verringertem Ausmaß auch von Ortszentren von Rum und Thaur. Die nur dünn bzw. nicht besiedelte Tallage zwischen Rum und Hall ist von wesentlich niedrigeren SO<sub>2</sub>-Belastungen betroffen. Dies weist deutlich die lokale Entstehung der SO<sub>2</sub>-Belastung nach ( siehe Abbildung 30 ).

Abb. 26

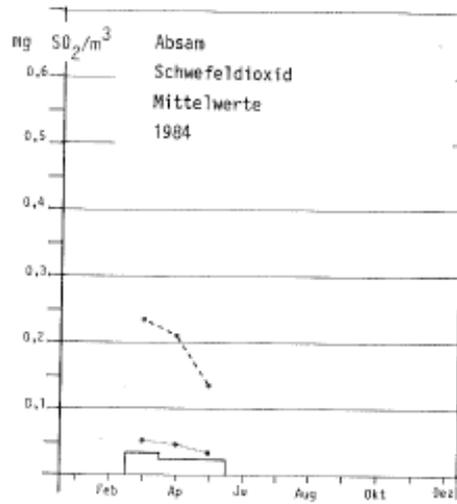


Abb. 27

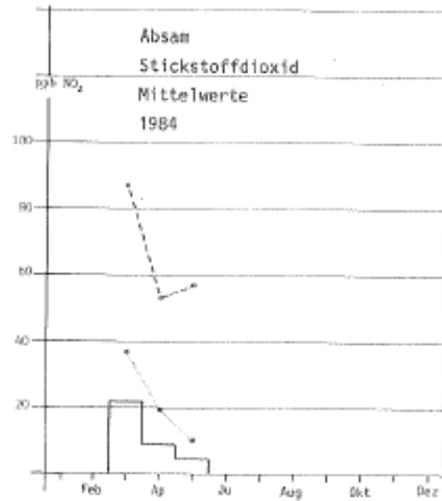


Abb. 28

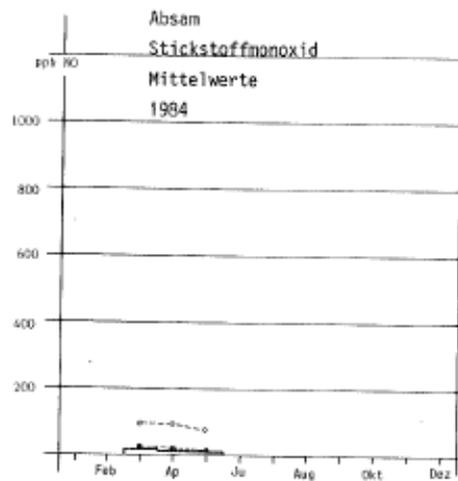
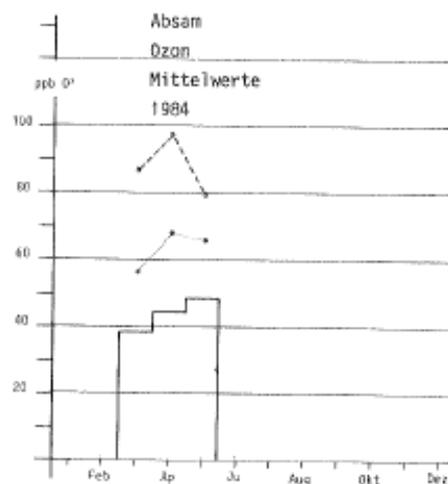


Abb. 29



--- max. Halbstundenmittelwert  
 ..... max. Tagesmittelwert  
 — Monatsmittelwert

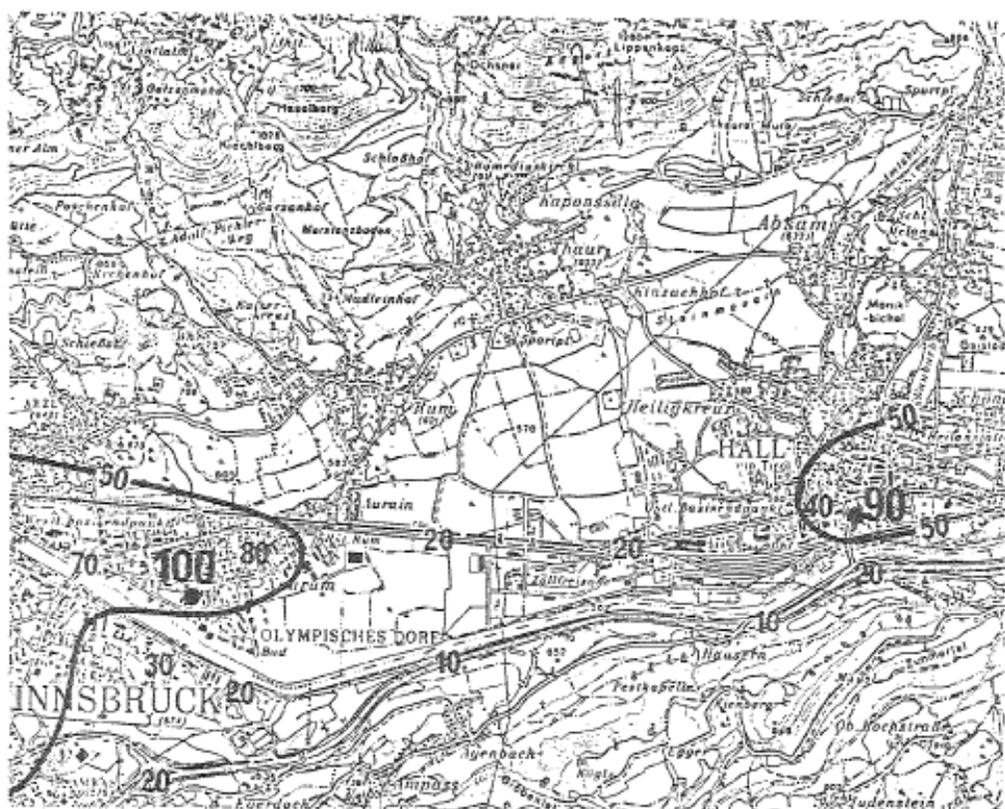


Abb. 30  
 Meßzeit: 5. Dez. 1982, 7.45 - 9.00 Uhr  
 SO<sub>2</sub>-Konzentration (Werte in µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>)  
 dargestellt in Isolinien

0 0,5 1 2 3 km

Sämtliche Meßwerte sind Mittel über die Meßzeit  
 Fernerkundung IV - Teilprojekt 3  
 Anhang Bd 7 (ÜBIG)

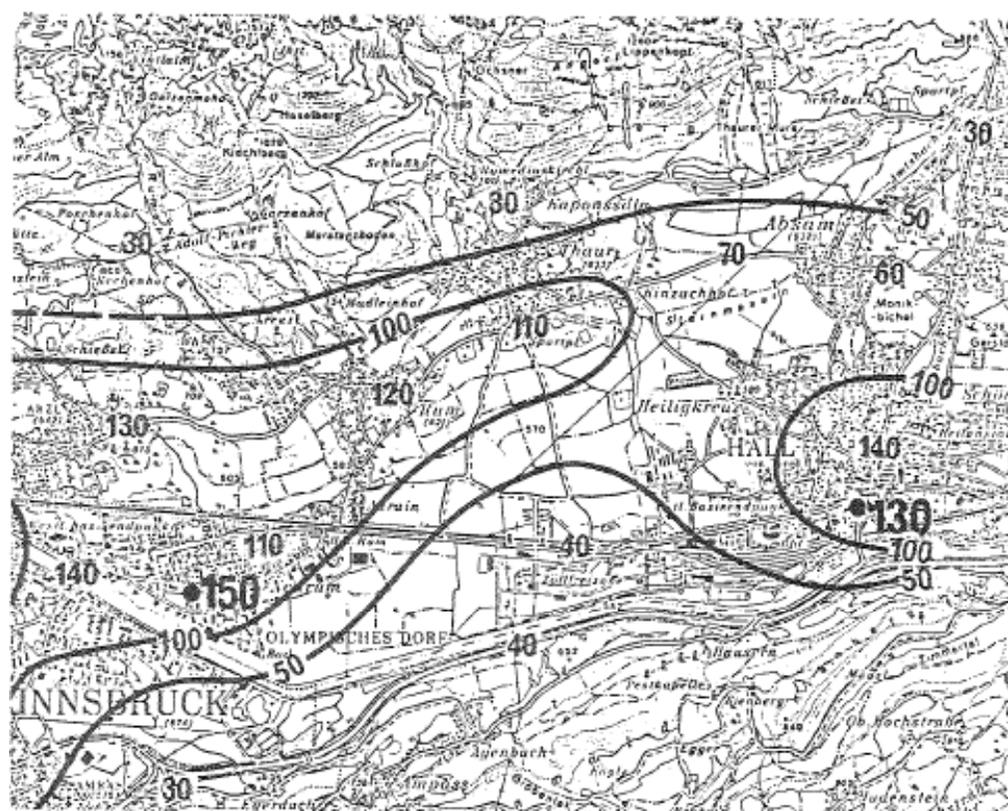


Abb. 30  
 Meßzeit: 5. Dez. 1982, 9.15 - 10.45 Uhr  
 SO<sub>2</sub>-Konzentration (Werte in µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>)  
 Dargestellt in Isolinien

0 0,5 1 2 3 km

Sämtliche Meßwerte sind Mittel über die Meßzeit  
 Fernerkundung IV - Teilprojekt 3  
 Anhang Bd 7 (ÜBIG)

## Nadelanalysen

Die Ergebnisse der Nadelanalysen im Bereich Absam, Ampaß, Gnadenwald, Hall i.T. und Mils aus den letzten 5 Jahren zeigen zum Großteil erhöhte Schwefelbelastungen an, insbesondere die Nadelanalysen aus Ampaß-Sonnenbühel, sowie Ampaß südlich, oberhalb der Pestkapelle und Mils-Haslach zeigen Schwefelbelastungen, welche die Grenzwerte der 2. FVO deutlich überschreiten. Lediglich die Meßstelle Absam-Sportplatz zeigt keine erhöhte Schwefelbelastung in der Nadel an.

Diese Ergebnisse zeigen, daß die den Talein- und Talauswinden ausgesetzten talnahen Hanglagen in Hall u. Umgebung eine erhöhte Schwefelbelastung aufweisen.

### 9. Beurteilungsraum: Wattens und Umgebung

#### Zusammenfassende Beurteilung:

Die talnah gelegenen Hanglagen nördlich des Inn zwischen Baumkirchen und Fritzens weisen zum Großteil bereits seit Jahren erhöhte Schwefelbelastungen auf, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Auch die Fluorbelastung war in diesem Bereich Ende der 70er-Jahre zum Teil stark erhöht und zeigte Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung, bis zum Jahr 1982 war hier der Trend rückläufig. Die südlich des Inn gelegenen talnahen Hanglagen weisen besonders dort wo Geländekanten den Talein- und Talauswinden ausgesetzt sind, erhöhte Schwefelbelastungen auf. Mitte der 70er-Jahre waren in diesem Bereich auch erhöhte Fluorbelastungen festzustellen, Anfang der 80er-Jahre traten in diesem Bereich keine Fluorbelastungen auf, welche Grenzwertüberschreitungen

gemäß 2. Forstverordnung darstellen.

Wegen des gleichzeitigen Auftretens von erhöhten Schwefel- und Fluorbelastungen muß mit verstärkten schädlichen Kombinationswirkungen gerechnet werden.

Die in der Wattener Lizum erhobenen Nadelanalysen weisen keine erhöhten Schwefelbelastungen mit Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung auf.

#### Beurteilungsunterlagen:

##### Nadelanalysen:

Seit Ende der 70er-Jahre wurden im Raum Baumkirchen, Fritzens, Volders und Wattens regelmäßig Nadelanalysen auf den Gehalt an Schwefel und Fluor untersucht. Dabei zeigte sich, daß Ende der 70er-Jahre die Meßstellen in Fritzens beim Tonwerk, in Fritzens beim Kinderspielplatz und in Fritzens beim Kandlerbauer und besonders in Volders-Himmelreich erhöhte bis starke erhöhte Schwefelbelastungen aufwiesen, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Die Meßstellen in Wattens-Haslach, in Baumkirchen am Osthang, am Hang zwischen Baumkirchen und Fritzens, in Fritzens beim Tonwerk, in Fritzens beim Kinderspielplatz und in Fritzens beim Kandlerbauer wiesen damals zum Teil stark erhöhte Fluorbelastungen auf, welche durchwegs Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Zu Beginn der 80er-Jahre waren bei denselben Meßstellen die Fluorbelastungen merklich zurückgegangen. Die in Haslach und Volders erhobenen Nadelanalysen zeigten Ende der 70er-Jahre noch erhöhte Fluorbelastungen mit Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung an, in den 80er-Jahren waren dort keine Grenzwertüberschreitungen der Fluorbelastung festzustellen.

Die im Jahr 1983 erhobenen Nadelanalysen im Bereich Vögelsberg wiesen erhöhte Schwefelbelastungen mit Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung auf, während die in der Wattener Lizum erhobenen Nadelanalysen keine erhöhten Schwefelbelastungen ergaben.

Beim gleichzeitigen Auftreten von

erhöhten Schwefel- und Fluorbelastungen kann auch dann mit vermehrten schädlichen Kombinationswirkungen an der Vegetation gerechnet werden, wenn die Belastungswerte der einzelnen Schadstoffe auch gerade noch keine Grenzwertüberschreitung gemäß 2. Forstverordnung darstellen würden.

D 4 BEZIRK SCHWAZ

BFI Schwaz  
BFI Zillertal

a) Waldzustand

Der Bezirk Schwaz ist nach Reutte der am stärksten vom Waldsterben betroffene Bezirk Tirols. Die Schäden konzentrieren sich vor allem auf den Alpennordrand (Achentäl, Steinberg, Hinterriß, Bächental) und das Inntal. Im Zillertal ist der Wald meist nur in den unteren Tallagen teilweise leicht geschädigt (siehe Tabelle 4).

Im folgenden werden geschädigte Waldgebiete in den einzelnen Gemeinden und Tälern aufgezählt. Diese Gebiete sind auch in der Tirolkarte in Kapitel C 1 in Abb. 2 eingezeichnet. In den genannten Gebieten treten Baumkronenverlichtungen durch vorzeitigen Nadel- oder Blattverlust auf. Diese lokalen Waldzustandsbeschreibungen allein erlauben keine Ursachenzuordnung. In vielen Gebieten liegen aber Messungen vor, die die Einwirkung von Luftverunreinigungen belegen. Darüberhinaus können auch natürliche Schadfaktoren Waldschäden verursachen. Allerdings besteht kein Zweifel, daß auch außerhalb der Ballungsgebiete in Tirol die Waldschäden durch Luftverunreinigungen mitverursacht werden.

10. Beurteilungsräume: Schwaz und Umgebung, Jenbach und Umgebung

Terfens, Vomp:

Flächig leichte Schäden in der Hinterriß (lokal starke Schäden eingangs Johannestal und Karlalm), am Aichberg, Umlberg, Vomper Loch, Vomper-Berg, Fiecht-Schlagturn, Stallenwald.

Stans:

Flächig leichte Schäden am Heuberg bis Schloß Tratzberg.

Jenbach:

Leichte Schäden vom Talboden bis Zeiselegg (1.000 m Seehöhe). Kleinflächig leichte Schäden vom Kasbachgraben bis in 1.100 m Seehöhe sowie am Burgeck.

Wiesing:

Starke Schäden in Wiesing-Dickat und -Tiergarten und flächig leichte Schäden im gesamten Gemeindegebiet.

Buch-Gallzein-Schwaz-Pill-Weerberg:

Starke Schäden in Schwaz-Arzberg, leichte Schäden vom Talboden bis in 800 m Seehöhe in Buch-Maurach, Schwaz-Ried-Zintberg-Frundsberg.

Tabelle 4: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre im Bezirk Schwaz (Waldzustandsinventur, 41 Probebestände):

Schadstufe	Fichte	Tanne	Buche	Lärche	Zirbe	alle Baumarten
1 (gesund)	61	39	36	79	95	62 %
2 (leicht gesch.)	31	35	42	19	5	29 %
3 (mittelstark gesch.)	7	19	19	-	-	7 %
4 + 5 (absterbend, tot)	1	7	3	2	-	2 %
gesamt geschädigt	39	61	64	21	5	38 %

Baumartenverteilung: 68 % Fichte, 4 % Tanne, 5 % Lärche, 4 % Kiefer, 8 % Zirbe, 8 % Buche, 3 % Laubholz

11. Beurteilungs-  
raum: Achenental

Eben:

Flächig leichte Schäden im Bächental (oberhalb 1.300 m Seehöhe) im Bereich Lerchkogel-Torjoch-Stierjoch-Laurisjoch-Flachalm, kleinflächig im Bereich Fanseiten-Alm-Stalln Alm Hochleger. Flächig leichte Schäden in Eben-Vorberg sowie in Pertisau Bereich Ländberg-Habichl-Feilalpe-Pletzschalpe-Hochried bis zur Prälatenbuche.

Achenkirch:

Flächig starke Schäden an den nord- bis westexponierten Hängen unterhalb des Halskopfes (Pitzbach Tal-Walchental-Zollamt Achenwald), sowie kleinflächig am Hofjoch, Roßstand, Klammkopf und Mähmooskopf. Flächig leichte Schäden im gesamten Gemeindegebiet mit nur wenigen Ausnahmen.

Steinberg:

Flächig leichte Schäden im gesamten Gemeindegebiet mit nur wenigen Ausnahmen. Starke Schäden am Kitzstein sowie im Bereich Kühler Mahd.

12. Beurteilungs-  
raum: Vorderes und  
Hinteres Zillertal:

Straß, Schlitters:

Mittlere bis starke Schäden am Brettfall, leichte Schäden am Schlitterberg.

Fügen, Fügenberg, Ried, Kaltenbach, Aschau, Zellberg, Zell, Hippach, Schwendau: Starke Schäden am Talboden in Ried-Kaltenbach sowie in Aschau-Erlach. Leichte Schäden in allen o.a. Gemeinden bis in etwa 900 m Seehöhe.

Tux, Finkenberg:

Mittlere bis starke Schäden im Be-

reich des ehemaligen Magnesitwerkes-Lansersbach. Leichte Schäden in Hintertux-Madseit, Lansersbach-Schöneben, Lansersbach bis zum Penken (Astegg), Bereich Dornauberg-Saustein.

Mayrhofen, Brandberg, Ramsau,  
Hainzenberg:

Leichte Schäden vom Talboden bis in 900 m Seehöhe in Hainzenberg, Ramsau (Hollenzen, Laubübel), Mayrhofen-Emberg bis Brandberg. Kleinflächig leichte Schäden eingangs der Stillupp-Klamm und Hauser-Berg.

Gerlos, Gerlosberg, Rohrberg,

Hart, Stumm, Stummerberg:

Kleinflächig leichte Schäden in Gerlos (Pinzger Leiten-Ebenfeld-Lischasch) und südlich von Ried-Au (bis in 1.300 m Seehöhe), Stumm (bis in 700 m Seehöhe) sowie kleinflächig am Stummerberg, im Märzengrund und in Hart.

b) Immissionssituation

10. Beurteilungs-  
raum: Schwaz und  
Umgebung sowie Jenbach und  
Umgebung

Zusammenfassende Beurteilung:

Die im Jahr 1978/79 durchgeführten Erhebungen der Schwefeldioxidbelastung in Schwaz lassen erkennen, daß in den Wintermonaten regelmäßig erhebliche und in den Übergangsmonaten fallweise Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung festgestellt wurden. Jedoch ist auch während der Sommermonate eine gewisse erhöhte Schwefeldioxidbelastung gegeben, welche zwar keine Grenzwertüberschreitung gemäß 2. Forstverordnung darstellt, welche jedoch die Grundbelastung an Schwefeldioxid in diesem Raum erhöht und somit einerseits zu Kombinationswirkungen mit anderen

Schadstoffen, wie z.B. den Stickoxiden in der Nähe viel befahrener Autostraßen führen kann, andererseits muß mit der Ausbildung schädlicher Folgeprodukte (saurer Niederschlag) gerechnet werden.

Die Nadelanalysen zeigen im gesamten talnahen Bereich des Innates zwischen Terfens-Weer und Buch-Jenbach etwas erhöhte Schwefelbelastungen. Besonders die in das Inntal herausragenden Geländekanten und -kuppen, z.B. das Dickat, der Tiergarten und auch die Geländekante oberhalb Fiecht sind von besonders starken Schwefelbelastungen betroffen, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Niedere Schwefelbelastungen wurden nur im abgelegenen Vomperloch auf der Ganalm festgestellt. Vor einigen Jahren wurden auch noch im Bereich Terfens, erhöhte Fluorgehalte in den Fichtennadeln festgestellt, die Tendenz der Fluorbelastung war bis zum Jahr 1982 rückläufig, sodaß Anfang der 80er-Jahre in Terfens keine Fluorbelastungen mehr festgestellt wurden, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Schwaz:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag in der Zeit von November 1978 bis September 1979 im Gebäude der BH Schwaz im Siedlungsgebiet in der Nähe der Industriezone am Talboden auf 540 m Seehöhe an einer viel befahrenen städtischen Straße.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die Schwefeldioxidbelastung zeigte mit maximalen Tagesmittelwerten bis zu 0,24 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und mit maximalen Halbstundenmittelwerten bis zu 0,45 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> in der Zeit von November bis Februar deutliche Überschreitungen der Grenzwerte der 2. Forstverordnung auf. Auch im April 1979 konnten die Grenzwerte der 2. Forstverordnung nicht eingehalten werden.

In den Sommermonaten wurden mit maximalen Tagesmittelwerten von 0,05 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und maximalen Halbstundenmittelwerten von 0,14 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> die Grenzwerte der 2. Forstverordnung zwar knapp nicht überschritten, jedoch wiederholt erreicht. Somit lag auch im Sommer eine SO<sub>2</sub>-Belastung vor, die deutlich über jenen Werten liegt, welche im Sommer üblicherweise in wenig oder unbelasteten Gebieten erhoben wird.

Diese Belastungen erscheinen unter anderem auch in Hinblick auf die schädlichen Kombinationswirkungen mit den im Einzugsbereich der Hauptdurchzugstraßen zu erwartenden Stickoxidbelastungen beachtlich. Außerdem ist mit schädlichen Folge- und Umwandlungsprodukten (nasser saurer Niederschlag) durch erhöhte Schwefeldioxidgrundbelastungen in der weiteren Umgebung zu rechnen.

( Siehe Abbildung 31, Seite 114).

Nadelanalysen:

Die seit der Mitte der 70er-Jahre bis 1982 im Bereich Vomperbach-Forchat im talnahen Bereich der Wälder ober Terfens-Weer, oberhalb der Ortschaft Terfens, oberhalb Fiecht sowie am Tiergarten gewonnen Nadelanalysen zeigen bei allen Erhebungspunkten wiederholt bis durchgehend Schwefelbelastungen an, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forst-

verordnung darstellen. Die höchsten Schwefelbelastungen wurden dabei bei jenen Meßstellen erhoben, die als Geländekanten oder Kuppen den im Inntal talauf- und talabwärts gerichteten Winden besonders ausgesetzt sind, so z.B. die Meßstelle Tiergarten und Fiecht. Die Nadelanalysen von den talnahen Bereichen bei Jenbach-Hubenwald, östlich von Maurach, zwischen Schwaz und Buch, südwestlich von Schwaz und südwestlich von Pill wiesen in der 2. Hälfte der 70er-Jahre ebenfalls etwas erhöhte Werte der Schwefelbelastung auf, jedoch ohne Grenzwertüberschreitung gemäß 2. Forstverordnung.

Die im Jahr 1983 in Wiesing neben der Autobahn im Dickat erhobenen Nadelanalysen sowie jene aus Vomp vom Schießstand wiesen Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung auf. Die gleichzeitig erhobene Nadelanalyse im Inneren des Vomperlochs, in der Ganalm wies eine niedrigere Schwefelbelastung und keine Grenzwertüberschreitung gemäß 2. Forstverordnung auf.

Die beiden talnahen Meßstellen im Bereich Terfens, Weer und oberhalb Terfens wiesen zunächst eine erhöhte Fluorbelastung mit Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung auf, jedoch war die Tendenz bis zum Jahr 1982 abnehmend, sodaß 1982 keine Grenzwertüberschreitungen festgestellt wurden.

#### 11. Beurteilungsraum: Achenental

##### Zusammenfassende Beurteilung:

Die Erhebungen der Ozonbelastung in Achenkirch haben gezeigt, daß im Sommerhalbjahr teilweise schon ab März im Talboden von Achenkirch aber sicherlich auch an den

Hanglagen des Achenales zum Teil stark erhöhte Ozonbelastungen auftreten, welche gemessen an den für die Schweiz geforderten Grenzwerten erhebliche Überschreitungen darstellen. Die ebenfalls in der Nähe von Achenkirch erhobenen sauren Niederschläge zeigen, daß mit erhöhten Schadstoffdepositionen an Sulfat-Schwefel und an Nitrat-Stickstoff zu rechnen ist. Obwohl ein Großteil dieser Belastungen überregionaler Herkunft sein dürfte, ist damit zu rechnen, daß zumindestens ein Teil des Nitrat-Stickstoffs auf die erhöhte Verkehrsbelastung auf der Achensee-Bundesstraße zurückgeht. Auch die gemessenen Ozonbelastungen sind als Folgeprodukte erhöhter Stickoxid- und Kohlenwasserstoffbelastungen durch den Verkehr zu deuten. Insbesondere beim Zusammentreffen von sauren Niederschlägen und erhöhten Ozonbelastungen ist mit waldschädigenden Kombinationswirkungen zu rechnen.

Die Nadelanalysen aus dem Raum Scholastika bzw. Steinberg/Tanneggraben weisen keine erhöhten Schwefelbelastungen auf, jedoch die Nadelanalysen aus dem Bächental lassen erhöhte Schwefelbelastungen erkennen, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen.

##### Beurteilungsunterlagen:

##### Meßstelle Achenkirch:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag von April 1983 bis September 1984 in Achenkirch in der Nähe des Ortszentrums am Talboden des Achenales auf 920 m Seehöhe. Der Abstand zur Bundesstraße beträgt ca. 200 m. In unmittelbarer Nähe der Meßstelle befand sich keine stark frequentierte Straße.

Gemessen wurde: 03

#### Ozon:

Die Ozonbelastung bei der Meßstelle Achenkirch zeigte einen ausgeprägten Tagesgang mit Maximum am frühen Nachmittag und Minimum in den Morgenstunden, wie es für verkehrsbeeinflusste Meßstellen typisch ist. In den Frühjahrs- und Sommermonaten wurden Monatsmittelwerte bis 41 ppb Ozon gemessen. Der max. Halbstundenmittelwert betrug 104 ppb. Zum Beispiel im April 1984 lagen 29 % der Halbstundenmittelwerte über 50 ppb Ozon und 4 % der Halbstundenmittelwerte über 80 ppb Ozon. Gemessen an dem für die Schweizerische Luftreinhalteverordnung vorgeschlagenen Kurzzeitimmissionsgrenzwert für Ozon von 40 ppb für den 95 %-Wert eines Monats wurde dieser Grenzwert in den Frühjahrs- und Sommermonaten teilweise bis zum Doppelten überschritten.

( Siehe Abbildung 32, Seite 114).

Die erhöhten Ozonbelastungen sind als Folgeprodukt erhöhter Stickoxid- und Kohlenwasserstoffbelastungen aus dem Verkehr zu erklären. So führen bereits 30 ppb Stickstoffdioxid (wie sie häufig an viel befahrenen Straßen gemessen werden können) je nach photochemischen Umwandlungsbedingungen in ungünstigen Fällen bereits zur Bildung von ca. 100 ppb Ozon (siehe Waldsterben und Luftverschmutzung, Eidgen. Departement des Inneren), wobei jedoch die erhöhte Ozonbelastung erst in größerem Abstand von Emittenten auftritt. So wurden z.B. allein im April und im Mai 1984 beim durchschnittlichen Tagesgang der Halbstundenmittelwerte jeweils an 8 bzw. 8,5 Stunden Halbstundenmittelwerte von mehr als 50 ppb gemessen. Laut einer Untersuchung des Instituts für Landeskultur und Pflanzenökologie der Universität Hohenheim (U. Arndt und M. Kaufmann) wurde festgestellt, daß bereits bei 50 ppb Ozon während

7 Stunden nach 6 Wochen die apparente Photosynthese bei der Tanne um 50 % zurückgegangen war, obwohl keine äußerlich sichtbaren Schäden entstanden sind.

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 befindet sich die Abzweigung der Straße nach Steinberg von der Achenseebundesstraße.

Gemessen wurde: nasser Niederschlag

Nasser Niederschlag:

Die genauen Ergebnisse sind in Kapitel C 4 wiedergegeben. Insgesamt wurden bei dieser Meßstelle wiederholt erhöhte Werte an Sulfat-S- und Nitrat-N im Niederschlagswasser gemessen. Vergleiche mit anderen Meßstellen lassen den Schluß zu, daß die gemessene Sulfat-Belastung vorwiegend auf überregionalen Ferntransport zurückgehen dürfte, ein Teil der Nitrat-N-Belastung jedoch aus dem lokalen bis regionalen Bereich (Verkehr) herrühren dürfte.

Nadelanalysen:

Die im Jahr 1983 erhobenen Nadelanalysen zeigen, daß im Bereich Steinberg/Tannegraben sowie bei Scholastika am Achensee niedrige Schwefelbelastungen vorliegen, welche keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen, während im Bächental der 2. Nadeljahrgang erhöhte Schwefelwerte aufwies, welche gemäß 2. Forstverordnung als Grenzwertüberschreitung einzustufen sind.

12. Beurteilungs-  
raum: Vorderes  
Zillertal und Hinteres  
Zillertal

Zusammenfassende Beurteilung:

Wie die Ergebnisse der Erhebung der Luftbelastung durch SO<sub>2</sub> aus den Jahren 1979/80 zeigen, wurden im Raum Mayrhofen sowohl im Winter als auch im Sommer SO<sub>2</sub>-Belastungen gemessen, welche gemäß 2. Forstverordnung erhebliche Grenzwertüberschreitungen darstellen. Diese SO<sub>2</sub>-Konzentrationen führen zu einer deutlichen Belastung der im Talboden und an den talnahen Hanglagen gelegenen Wälder im Raum Mayrhofen. Außerdem ist mit schädlichen Folgeprodukten (saurer Niederschlag) auch in größerer Entfernung zu rechnen.

Die im Bereich der Ahornbahn-Bergstation sowie an den Hanglagen in Hippach-Schwendberg in unterschiedlicher Höhe gemessenen Ozonbelastungen während des Sommerhalbjahres erreichten Konzentrationen die deutlich über jenen Grenzwerten lagen, die für die Schweizerische Luftreinhalteverordnung vorgeschlagen wurden. Es ist damit zu rechnen, daß ähnliche pflanzenschädliche Ozonkonzentrationen besonders an den Hanglagen im gesamten Bereich des Zillertals zwischen Straß und Mayrhofen in den Sommermonaten auftreten können.

Die Nadelanalysen zeigen, daß der Bereich um Brettfall, also die den taleinwärts gerichteten Windrichtungen im Inntal besonders ausgesetzte Geländekante, und die talnahen Hanglagen von Hainzenberg erhöhte Schwefelbelastungen aufweisen, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Die in den oberen Hanglagen im Bruckerwald, Hangrichtung zum Zillertal, sowie in Fügenberg-Wildauwald, am Stum-

merberg, an der Zillertaler Höhenstraße/Goldbründl sowie in Ginzling und im Zillergrund erhobenen Nadelanalysen weisen nur mäßige bis niedrige Schwefelbelastungen auf, welche keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Mayrhofen - Schule:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag in der Zeit von November 1979 bis September 1980 im Ortszentrum von Mayrhofen im Schulgebäude auf 630 m Seehöhe am Talboden.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die Ergebnisse der Immissionsmessungen zeigten in den Wintermonaten mit maximalen Tagesmittelwerten bis 0,30 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und maximalen Halbstundenmittelwerten bis 0,56 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> stark erhöhte Schwefeldioxidbelastungen an, welche gemäß 2. Forstverordnung deutliche Grenzwertüberschreitungen darstellen. Auch in den Übergangs- und Sommermonaten wurden erhöhte Schwefeldioxidbelastungen registriert, so wurde z.B. im Juli ein max. Tagesmittelwert von 0,07 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen. Auch in den übrigen Sommermonaten wurden wiederholt max. Halbstundenmittelwerte bis 0,14 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen. Somit wurden auch in den Übergangs- und Sommermonaten wiederholt Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung registriert.

( Siehe Abbildung 33, Seite 114).

Meßstelle

Mayrhofen-Ahornbergstation:

Lage der Meßstelle: Im Bereich der Bergstation der Ahornbahn auf

1.910 m Seehöhe lag die Meßstelle von April bis Juni 1984 in der zur Skischule Spieß-Maringer gehörenden Berghütte. Die Meßstelle lag auf einer allseits anström-baren Geländekuppe 1.280 m über dem Talboden von Mayrhofen.

Gemessen wurde: 03

Ozon:

Die Ozonbelastungen erreichten im Berichtszeitraum Monatsmittelwerte von 49 bis 53 ppb Ozon, mit max. Halbstundenmittelwerten bis zu 76 ppb Ozon. Ein Tagesgang ist im Allgemeinen bei dieser Meßstelle so gut wie nicht erkennbar. Im Mai 1984 zeigten 56 % der Halbstundenmittelwerte Belastungen von mehr als 50 ppb Ozon an, es wurden jedoch keine Halbstundenmittelwerte von mehr als 80 ppb registriert.

Gemessen an dem für die Schweizerische Luftreinhalteverordnung vorgeschlagenen Kurzzeitimmissionsgrenzwert für Ozon von 40 ppb für den 95 %-Wert eines Monats wurde dieser Grenzwert im Beurteilungszeitraum praktisch ununterbrochen überschritten.

( Siehe Abbildung 34, Seite 114).

Meßstelle

Hippach-Schwendberg-Mittertal:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag in Hippach-Schwendberg im Bereich der nach Osten in Richtung Zillertal gerichteten unteren Hanglage auf 830 m Seehöhe ca. 220 m über Talboden, im Bereich einer sehr locker besiedelten Streusiedlung an einem steilen Hang. In ca. 50 m Entfernung führte eine im Sommer als Ausflugsstraße häufiger befahrene Straße vorbei. Im Talboden verläuft die im Sommer stark frequentierte Bundesstraße ins Zillertal.

Gemessen wurde: 03

Ozon:

Die Ozonbelastung zeigte bei dieser Meßstelle einen deutlichen Tagesgang mit Maxima am frühen Nachmittag und Minima ca. um 7.00 Uhr Früh, wie es für verkehrsbeeinflusste aber nicht unmittelbar an Hauptverkehrsstraßen gelegenen Meßstellen charakteristisch ist. Die bei der Meßstelle Hippach-Schwendberg-Mittertal gemessenen Ozonbelastungen erreichten im Juli und August 1984 Monatsmittelwerte von 36 bis 38 ppb, wobei max. Halbstundenmittelwerte bis 106 ppb erreicht wurden. 28 % der Halbstundenmittelwerte zeigten Belastungen von mehr als 50 ppb an, 1 % der Halbstundenmittelwerte Belastungen von mehr als 80 ppb. Somit wurde, gemessen an dem für die Schweizerische Luftreinhalteverordnung vorgeschlagenen Kurzzeitimmissionsgrenzwert für Ozon von 40 ppb für den 95 %-Wert eines Monats dieser Grenzwert in beiden Beurteilungsmonaten häufig überschritten.

( Siehe Abbildung 35, Seite 115).

Meßstelle

Hippach-Schwendberg-Kumbbichlstock

Lage der Meßstelle: Die Meßstelle am Kumbbichlstock lag im Juli und August 1984 auf einer Richtung Zillertal nach Osten geneigten Hanglage auf 1.560 m Höhe, 950 m über dem Talboden des Zillertals (steile Hanglage). In ca. 150 m seitlicher Distanz unterhalb führt eine vorwiegend als Ausflugsstraße mäßig stark befahrene Bergstraße vorbei. Die Meßstelle befindet sich im landwirtschaftlich genutzten Gebiet mit ganz vereinzelt Gehöften.

Gemessen wurde: 03

Ozon:

Abb. 31

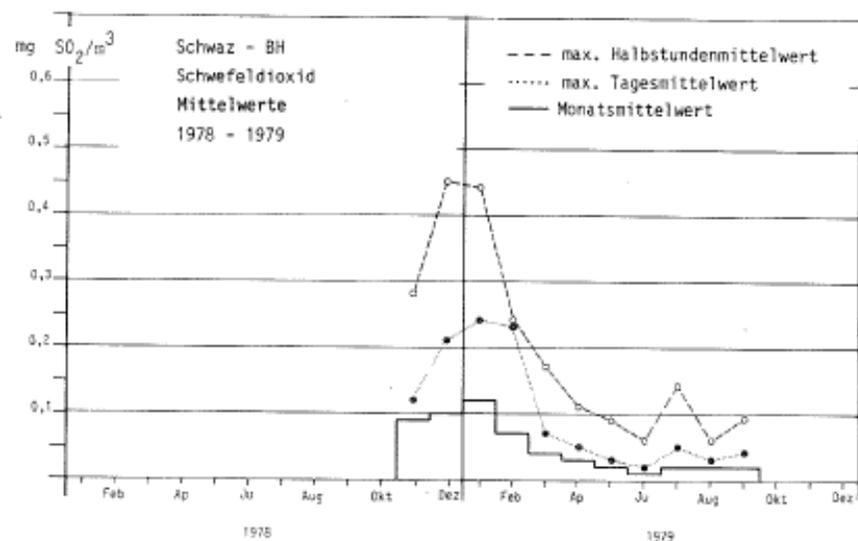


Abb. 32

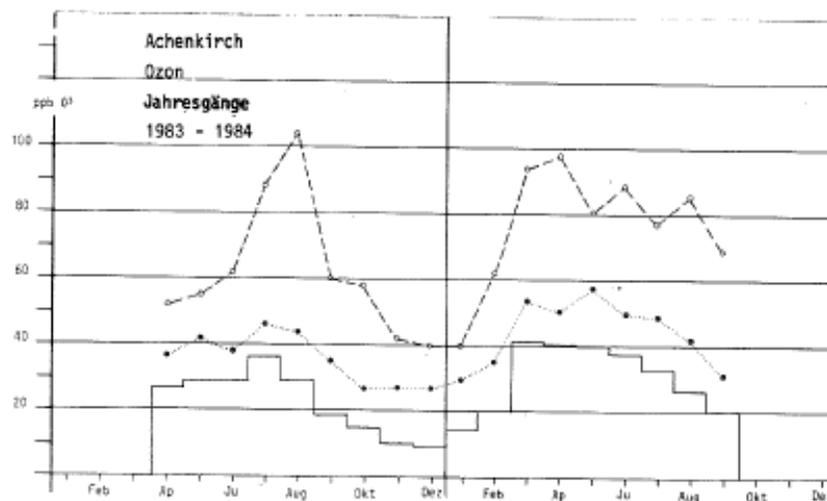


Abb. 33

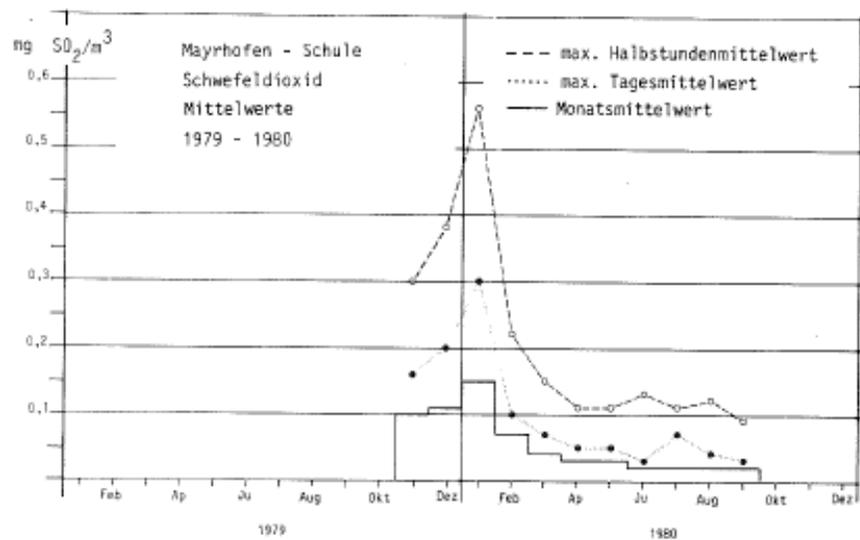
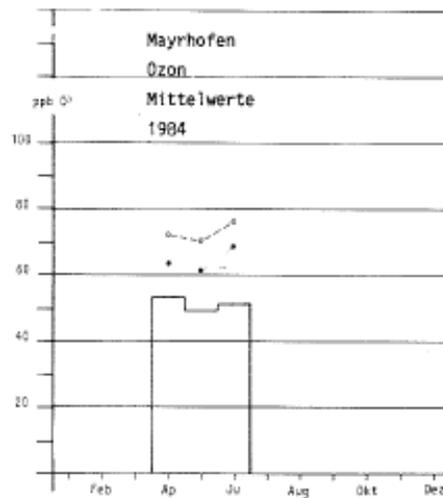


Abb. 34



Bei dieser Meßstelle war nur ein schwacher Tagesgang erkennbar mit einem flachen Maximum am späten Nachmittag bis Abend und einem flachen Minimum in den Morgenstunden.

Die Ozonbelastung zeigte in den beiden Beurteilungsmonaten Juli und August 1984 Monatsmittelwerte von 34 und 39 ppb, sowie max. Halbstundenmittelwerte bis 70 ppb. 15 % der Halbstundenmittelwerte erreichten einen Wert von mehr als 50 ppb Ozon.

Gemessen an dem für die Schweizerische Luftreinhalteverordnung vorgeschlagenen Kurzzeitimmissionsgrenzwert für Ozon von 40 ppb für den 95 %-Wert wurde dieser in beiden Beurteilungsmonaten überschritten.

( Siehe Abbildung 36).

#### Nadelanalysen:

Die Ergebnisse der Nadelanalysen aus dem Jahr 1982 zeigen, daß in Brettfall erhöhte Schwefelbelastungen vorliegen, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen.

Die im Jahr 1983 erhobenen Nadelanalysen zeigen, daß auf den talnahen Hanglagen am Hainzenberg Schwefelbelastungen auftraten, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Die in Fügenberg-Wildauwald, im Bruckerwald-Richtung Zillertal, am Stummerberg, an der Zillertaler Höhenstraße-Goldbründl, in Ginzling-Maxhütte und im Zillertalgrund erhobenen Nadelanalysen zeigen nur geringe bis mäßige Schwefelbelastungen an, welche gemäß 2. Forstverordnung keine Grenzwertüberschreitung darstellen.

Abb. 35

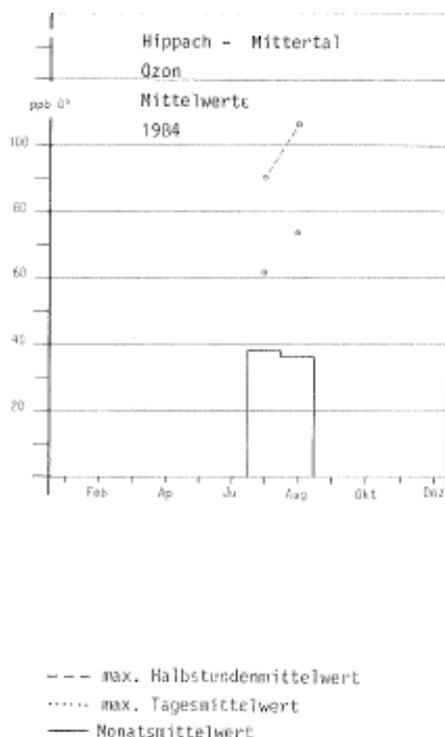
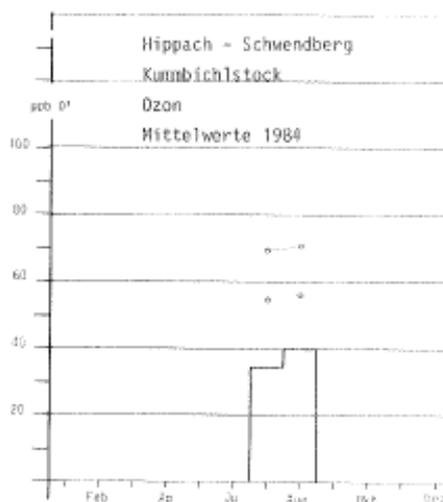


Abb. 36



D 5 BEZIRKE KUFSTEIN UND  
KITZBÜHEL

BFI Wörgl  
BFI Kufstein  
BFI Kitzbühel  
BFI St. Johann

a) Waldzustand

Im Tiroler Unterland treten weit verbreitet zum Teil sehr starke Waldschäden auf. Im gesamten Inntal sind hier die Wälder bis ca. 400 m über dem Talboden geschädigt. Starke Schäden treten im Raum Kufstein, die stärksten Schäden in Brixlegg und Umgebung auf.

Auch nördlich des Inntales (Brandenberg) und im Raum Kitzbühel-St. Johann-Hopfgarten-Söllandl-Waidring und Hochfilzen treten Schäden auf. In den östlichen Tiroler Nordalpen ist der Waldzustand aber deutlich besser als im Außerfern, Karwendelgebiet und Achenental.

Im folgenden werden geschädigte Waldgebiete in den einzelnen Gemeinden und Tälern aufgezählt. Die Gebiete sind auch in der Ti-

rolkkarte in Kapitel C I in Abb. 2 eingezeichnet. In den genannten Gebieten treten Baumkronenverlichtungen durch vorzeitigen Nadel- oder Blattverlust auf. Diese lokalen Waldzustandsbeschreibungen allein erlauben keine Ursachenzuordnung. In vielen Gebieten liegen aber Messungen vor, die die Einwirkung von Luftverunreinigungen belegen. Darüberhinaus können auch natürliche Schadfaktoren Waldschäden verursachen. Allerdings besteht kein Zweifel, daß auch außerhalb der Ballungsgebiete in Tirol die Waldschäden durch Luftverunreinigungen mitverursacht werden.

13. Beurteilungs-  
raum: Brixlegg und  
Umgebung

In der Umgebung des Montanwerkes Brixlegg (Brixlegg, Reith, Zimmermoos), wo die am stärksten geschädigten Wälder Tirols stehen, wurde 1983 eine genaue Kartierung der Waldschäden durchgeführt. Von 1039 ha kartierter Waldfläche waren 769 ha (74 %) stark geschädigt und 236 ha (23 %) leicht geschädigt. 34 ha (3 %) wiesen keine sichtbaren

Tabelle 5: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre im Tiroler Unterland (Bezirke Kufstein und Kitzbühel) (Waldzustandsinventur, 61 Probebestände):

Schadstufe	Fichte	Tanne	Buche	Lärche	alle Baumarten
1 (gesund)	66	46	71	98	67 %
2 (leicht gesch.)	26	32	20	2	24 %
3 (mittelstark gesch.)	7	17	6	-	7 %
4+5 (absterbend, tot)	1	5	3	-	2 %
gesamt geschädigt	34	54	29	2	33 %

Baumartenverteilung: 54 % Fichte, 17 % Tanne, 17 % Buche, 7 % Lärche, 5 % Kiefer und Laubholz.

Schäden auf.

Im Inntal treten leichte und starke Schäden in Münster, Kramsach und Radfeld auf.

Brandenberg:

Im gesamten Brandenberger Tal und den Seitentälern treten leichte bis starke Waldschäden auf.

Alpbach:

Am Taleingang mußten leichte Schäden festgestellt werden, im Talinneren sind noch keine sichtbaren Schäden vorhanden.

14. Beurteilungsraum: Wildschönau sowie Wörgl und Umgebung

Breitenbach, Angerberg, Maria-stein, Angath, Kirchbichl, Bad Häring, Wörgl, Kundl:

Starke Schäden am Talboden und vereinzelt auch in den unteren Hanglagen in Kirchbichl und Wörgl; flächenhaft leichte Schäden in den unteren Lagen in Breitenbach und Angerberg, in Bad Häring und Kundl.

Wildschönau:

In der Wildschönau wurden noch keine flächenhaften Waldschäden festgestellt.

15. Beurteilungsraum: Kufstein und Umgebung, Untere Schranne und Söllland

Im Sommer 1983 wurden die Waldschäden in der Bezirksforstinspektion Kufstein genau kartiert. Dabei waren auf 23 % der Waldfläche Schäden festzustellen. Im Sommer 1984 hat sich die Schadensfläche um 7 % erhöht.

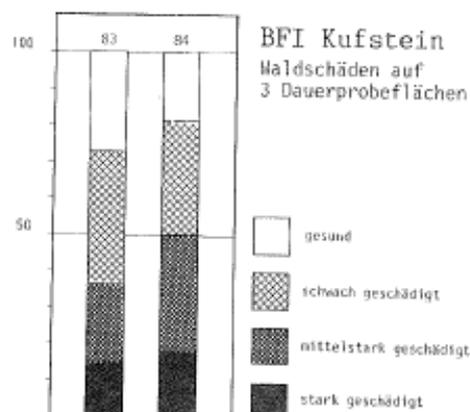
( siehe Abbildung 37, Seite 118 ).

Schäden wurden in allen Gemeinden festgestellt (siehe Abbildung 37). Am stärksten betroffen sind die Inntalgemeinden Kuf-

stein, Ebbs, Niederndorf, Erl, Schwoich und Langkampfen, wo mehr als ein Drittel der Waldfläche Schäden aufweist. In Walchsee, Rettenschöb, Niederndorferberg, Söll und Scheffau sind ca. 1/4 der Waldfläche geschädigt. Nur in Ellmau und Thiersee sind die Schäden geringer (siehe Tabelle 6). Die Schäden sind im Inntal am stärksten, nehmen mit zunehmender Seehöhe ab und sind unabhängig von Standortsfaktoren verteilt.

Die Schäden zeigen zunehmende Tendenz, Bereits 1975 und 1977 wurden die Immissionsschäden im Raum Kufstein durch Infrarot-Luftbildaufnahmen erfaßt. 1983 war eine deutliche Zunahme der Schäden festzustellen. Eine Zunahme der Schäden von 1983 auf 1984 wurde auch auf 3 Dauerbeobachtungsflächen mit 394 Probestämmen in stark geschädigten Beständen in Kufstein, Ebbs und Erl festgestellt (Abb. 38).

Abbildung 38:

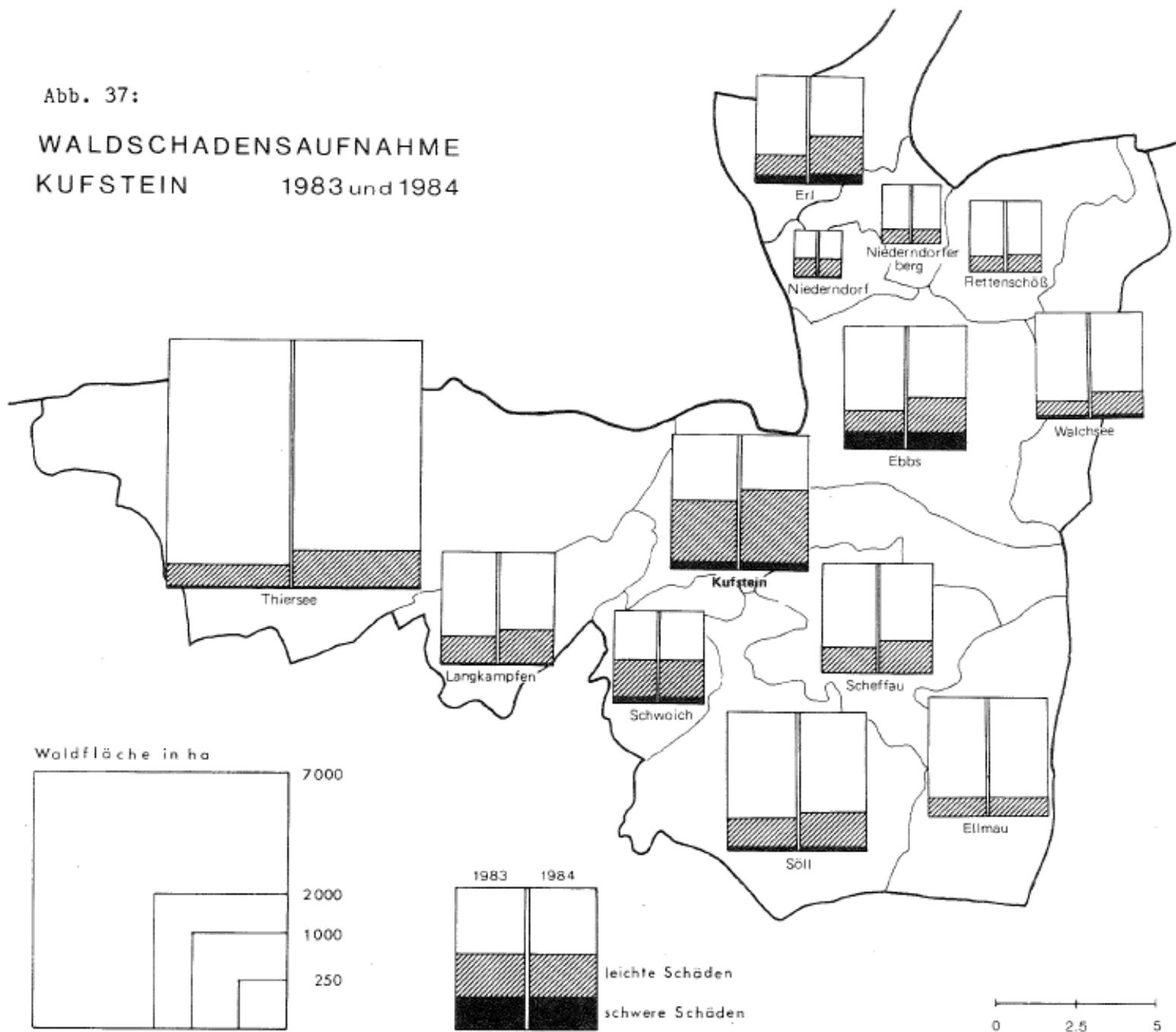


16. Beurteilungsraum: Kitzbühel und Umgebung sowie Brixental

Kirchberg, Kitzbühel, Reith, Jochberg, Aurach:  
Leichte Schäden in Kirchberg/-Sonnberg, Aschau und Kitzbühel in

Abb. 37:

WALDSCHADENSAUFNAHME  
KUFSTEIN 1983 und 1984



Entwicklung der Waldschadensfläche in der BFI Kufstein 1983 - 1984

Gemeinde	Holzbodenfläche (ha)	Schadensfläche gesamt (ha)	Schadensfläche 84 gesamt (ha)
Ellmau	1.556	243 (16 %)	243 (16 %)
Scheffau	1.441	349 (24 %)	432 (30 %)
Söll	2.201	536 (24 %)	619 (28 %)
Schwoich	966	469 (49 %)	469 (49 %)
Langkampfen	1.412	358 (25 %)	466 (33 %)
Kufstein	2.095	1.050 (50 %)	1.209 (58 %)
Ebbs	1.660	547 (33 %)	735 (44 %)
Niederndorf	246	121 (49 %)	121 (49 %)
Niederndorferberg	398	100 (25 %)	100 (25 %)
Rettenschöb	591	129 (22 %)	136 (23 %)
Erl	1.287	330 (26 %)	561 (44 %)
Walchsee	1.320	229 (17 %)	313 (24 %)
Thiersee	7.038	622 (9 %)	1.237 (18 %)
<b>Gesamt</b>	<b>22.181</b>	<b>5.083 (23 %)</b>	<b>6.641 (30 %)</b>

Tabelle 6: Entwicklung der Waldschadensfläche in der BFI Kufstein 1983/84

der unteren und mittleren Hanglagen von Hahnenkamm und Kitzbühler Horn. Kleinflächig leichte Schäden auch in Aurach und Jochberg. An der Paß-Thurn-Straße treten starke Salzsäden auf (Siehe B 3).

Hopfgarten, Itter, Westendorf, Brixen i.Th.:

In den unteren Tallagen sind besonders im Raum Hopfgarten leichte und starke Schäden festzustellen. In der Kelchsau kommen keine flächenhaften Waldschäden vor.

17. Beurteilungsräum: St. Johann und Umgebung sowie Kössen und Umgebung

Flächig treten leichte Schäden am gesamten Hangfuß des Kitzbühler

Horns, insbesondere bei Weibernndorf, Almdorf und im ehemaligen Hagelgebiet rund um Wolkenmoos auf. Kleinflächige Schäden sind im Gebiet des Hinterkaisers feststellbar. Starke Schäden konzentrieren sich auf talnahe Bestände südöstlich von Weibernndorf.

Oberndorf, Reith b.K.:

Flächig leichte Schäden in Bichlbach und westlich von Oberndorf; starke Schäden kleinflächig rund um das Hartsteinwerk und südöstlich von Wiesenschwang.

Going:

Leichte Schäden in talnahen Beständen nördlich von Prama und Schwendt, sowie am Ginsberg.

Kirchdorf i.T., Schwendt:

Leichte Schäden auf größeren Flächen südöstlich von Erpfendorf

bis zum Gießbachgraben bis in 850 m Seehöhe, oberhalb der Bundesstraße nördlich von Jageregg, sowie nördlich der Grierenau im Kohlental.

**Kössen:**

Leichte Schäden treten vereinzelt in schmalen Waldstreifen am Talboden zwischen Kössen und Walchsee, sowie auf den steilen Einhängen zur Großache im Schinterwinkel und auf den Hangrücken zwischen Hasenau und Aschenau.

**Waidring:**

Leichte Schäden kommen hier sehr verbreitet vor, insbesondere auf den Westhängen des Moratales (DR1) und des Steingassgrabens, ferner in straßennahen Beständen entlang der Bundesstraße zum Paß Strub, sowie auf den Nordhängen von Mitterhorn, Mühlberg, Reitberg und Hausberg. Starke Schäden kleinflächiger innerhalb der drei letztgenannten Schadensflächen.

**18. Beurteilungsraum: Pillersee**

**St. Ulrich a.P.:**

Leichte Schäden treten in den Talwäldern in und um St. Ulrich auf.

**Hochfilzen:**

Leichte Schäden auf der gesamten Ostseite der Buchensteinwand bis in 1.150 m Seehöhe und um Hochfilzen in den unteren Hanglagen und am Talboden.

**Fieberbrunn:**

Leichte Schäden in talnahen Wäldern.

**b) Immissionsituation**

**13. Beurteilungsraum: Brixlegg und Umgebung**

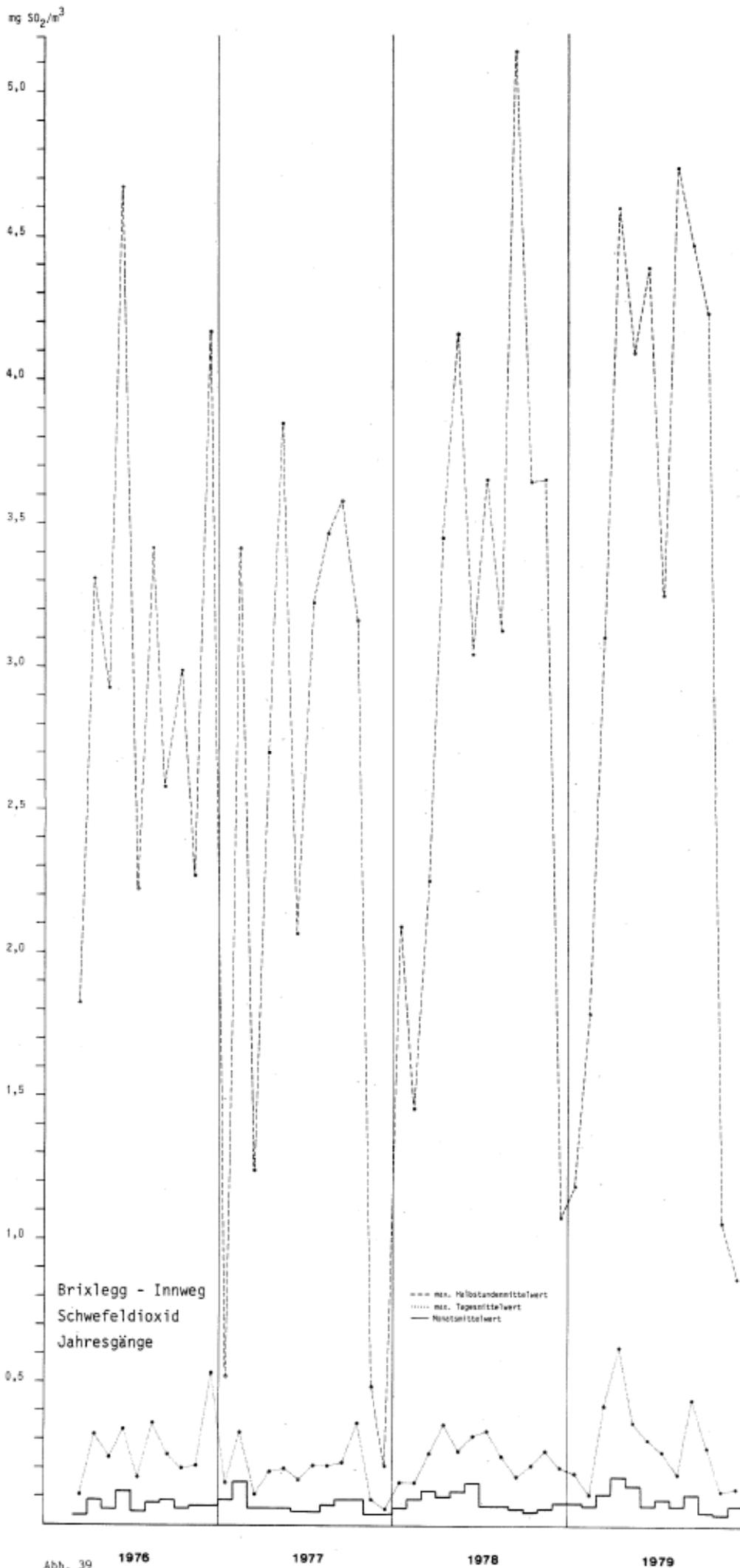
**Zusammenfassende Beurteilung:**

Die langjährigen Erhebungen der Schadstoffbelastung in Brixlegg und Umgebung haben gezeigt, daß ausgehend vom Montanwerk Brixlegg regelmäßig kurzfristige aber extrem hohe Belastungsspitzen an SO<sub>2</sub> auftreten. Dabei wurden laufend die SO<sub>2</sub>-Grenzwerte der 2. Forstverordnung größtenteils bei weitem überschritten (bis zum 20- bis 40-fachen des Grenzwertes je nach Meßort).

Auch sehr hohe Schwermetallbelastungen wurden in der Umgebung der Montanwerke Brixlegg erhoben, wobei die Schwermetallbelastung mit zunehmender Werksnähe zunimmt. Der Staubbiederschlag zeigte in der Umgebung von Brixlegg erhöhte Schwermetallbelastungen, wobei die Grenzwerte der 2. Forstverordnung sowohl für Kupfer, Blei als auch für Zink an mehreren Meßstellen in den letzten Jahren überschritten wurden. Dabei wurden auch andere Schwermetalle, wie z.B. Nickel, Cadmium u.a. in erhöhtem Maße festgestellt. Diese erhöhten Immissionsbelastungen in der Umgebung des Montanwerks wurden auch durch Schneeanalysen bestätigt.

Fichtenpflanzversuche auf dem aus dem Raum Brixlegg gewonnenen Auflagehumus haben ergeben, daß bei den stark kontaminierten Böden eine drastische Verringerung der Wuchsleistung mit zunehmender Werksnähe bei zunehmender Schwermetallbelastung des Substrats festzustellen ist.

Die seit vielen Jahren gemessenen stark erhöhten Immissionsbelastungswerte für gas- und staubförmige Luftverunreinigungen in der näheren Umgebung der Kupferhütte Brixlegg führen auch zu erhöhten



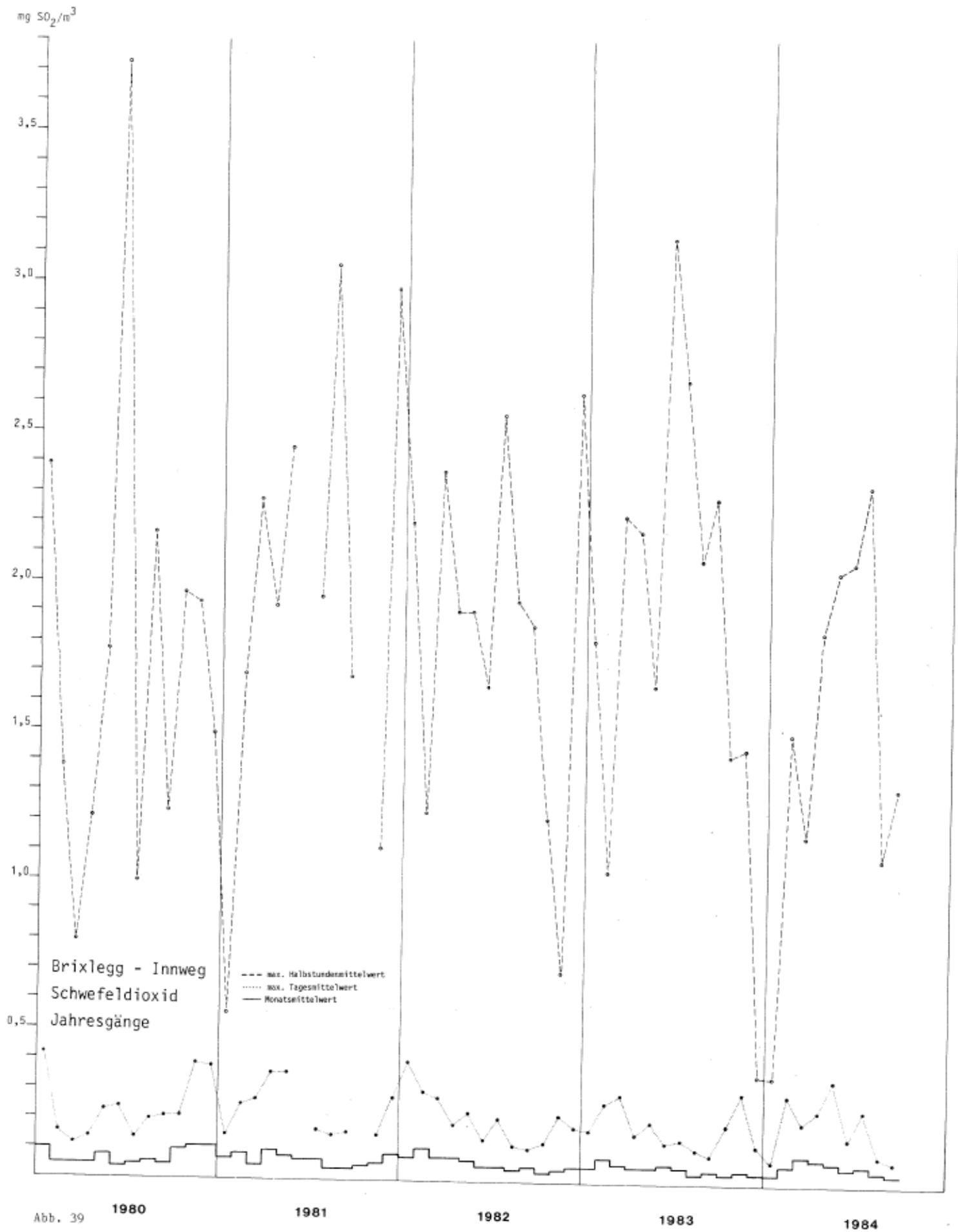


Abb. 39

Schwermetallbelastungen von Gras und Boden, wodurch, möglicherweise verstärkt durch Kombinationswirkungen, in der Umgebung von Brixlegg eine Artenverarmung der gesamten Vegetation eintritt mit Lückenbildung, Blattschäden und vermindertem Massenwuchs. Die Bleigehalte von Frischgrasproben erreichten ein Vielfaches der EG-Richtlinie.

Erhöhte Werte der Schwefelbelastung in den Nadeln wurden im Bereich zwischen Hagau, Rattenberger Stadtberg, Zimmermoos, Hygna, den östlichen Hanglagen des Reitherkogels und St. Gertraudi festgestellt. In diesem ganzen Bereich werden die Grenzwerte der Schwefelbelastung in den Nadeln gemäß 2. Forstverordnung deutlich überschritten.

Die nördlich der Bahnlinie in Kramsach und Münster gelegenen Nadelprobenpunkte wiesen im Gegensatz dazu nur mäßige oder niedrige Schwefelbelastungen auf.

Mäßige Schwefelbelastungen im Bereich des Grenzwertes wurden jedoch auch in Brandenburg festgestellt.

In Rattenberg an der nach Osten gerichteten Hanglage im Einzugsbereich eines glasverarbeitenden Gewerbebetriebs sowie in der Umgebung eines glasverarbeitenden Betriebs in Kramsach wurden lokal erhöhte Fluorbelastungen in der Nadel festgestellt. Auch diese Fluorbelastungen überschreiten die Grenzwerte gemäß 2. Forstverordnung.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Brixlegg-Innweg:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle liegt seit dem Jahr 1975 am Innweg auf 520 m Seehöhe am nordwestlichen Rand des Siedlungsgebietes, bei den häufig taleinwärts gerichteten Winden

100 bis 200 m im Lee der Montanwerke Brixlegg am Talboden des Inntales.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die bei dieser Meßstelle erhobene Schwefeldioxid-Belastung zeigte seit Meßbeginn im Oktober 1975 in sämtlichen Monaten der letzten 10 Jahre zum Großteil extrem starke Überschreitungen der SO<sub>2</sub>-Grenzwerte der 2. Forstverordnung an (bis zum 40-fachen des Grenzwertes). Dabei wurden sehr häufig, daß heißt fallweise bis mehr als 20mal pro Monat Halbstundenmittelwerte zwischen 0,8 und 3 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen. Es wurden jedoch auch Spitzenwerte von mehr als 4 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> wiederholt registriert. Zwischen den meistens, eine halbe bis eine Stunde dauernden, extrem hohen Belastungen fällt die SO<sub>2</sub>-Belastung relativ rasch wieder auf niedere SO<sub>2</sub>-Belastungen von weniger als 0,10 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> ab, sodaß die gemessenen Jahresmittelwerte der SO<sub>2</sub>-Belastung in den letzten Jahren im Durchschnitt etwa bei 0,06 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> lagen.

( siehe Abb. 39, Seite 123+124 ).

Meßstelle Reith i.A.-Wengfeld:

In der Zeit von 1973 bis 1977 lag diese Meßstelle am Fuß der bewaldeten Hanglagen des Matzenköpfls bzw. des Matzenparks, unmittelbar an der Bundesstraße ebenfalls in 520 m Seehöhe am westlichen Ende des Siedlungsgebietes, und bei den häufig taleinwärts gerichteten Winden im Lee der Montanwerke Brixlegg.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die Schwefeldioxidbelastung bei

dieser Meßstelle zeigte in allen Monaten des Untersuchungszeitraums mit Ausnahme einiger Hochwintermonate, in welchen vorwiegend Westwind herrschte, also keine Zuwehung von den Montanwerken Brixlegg erfolgte, durchwegs erhöhte Belastungen, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen (bis zum 26-fachen des Grenzwertes). So wurden hier maximale Halbstundenmittelwerte bis zu 1,83 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen.

#### Meßstelle Reith i.A.-Ried:

Im Herbst 1984 wurde im Bereich westlich von Reith i.A. in der Gegend von Ried auf ca. 660 m Seehöhe eine Immissionsmeßstelle eingerichtet. Diese Meßstelle lag auf dem südwestlich von Brixlegg gelegenen Mittelgebirgsplateau oberhalb der bewaldeten Hanglagen auf einer, bei den öfters auftretenden NNO-Winden, im Lee der Montanwerke Brixlegg gelegenen flach geneigten Wiesenkuppe in ca. 1,8 km Entfernung vom Montanwerk. Die Meßstelle liegt ca. 240 m über dem Talboden des Inntales.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

#### Schwefeldioxid:

Bei den im September bis November 1984 durchgeführten SO<sub>2</sub>-Messungen wurden im allgemeinen niedere Belastungen in der Größenordnung von weniger als 0,05 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen, jedoch wurden bei Zuwehung der Abgasfahne von den Montanwerken Brixlegg maximale Halbstundenmittelwerte bis zu 0,51 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> erreicht. Somit wurden auch bei dieser Meßstelle Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung festgestellt.

#### Meßstelle Reith i.A.-Matzenau:

Vorübergehend wurde im Herbst 1977 am Hangfuß des bewal-

deten Matzenköpfls in der Matzenau eine Meßstelle errichtet. Diese lag am Talboden des Inntales auf 520 m Seehöhe, bei den häufig taleinwärts gerichteten Winden im Lee der Montanwerke Brixlegg mehr als 1 km von diesem entfernt.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

#### Schwefeldioxid:

Die Schwefeldioxidbelastung bei dieser Meßstelle erreichte wiederholt maximale Halbstundenmittelwerte von mehr als 0,80 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Somit wurden auch bei dieser Meßstelle die Grenzwerte der SO<sub>2</sub>-Belastung gemäß 2. Forstverordnung wiederholt erheblich überschritten (bis zum 11-fachen des Grenzwertes).

Transmissionsmessungen des Österreichischen Bundesinstituts für Gesundheitstutswesen:

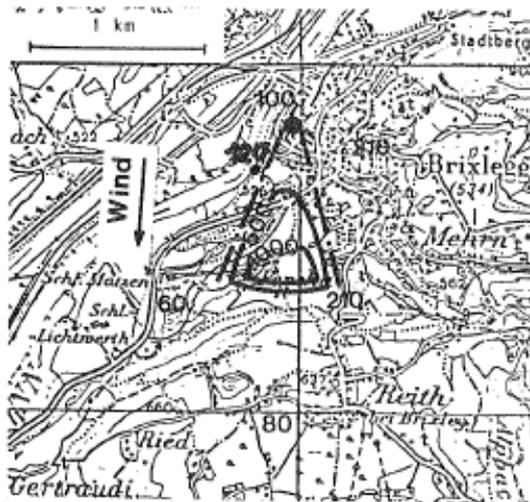
Im Februar 1982 wurden vom Österr. Bundesinstitut für Gesundheitstutswesen Transmissionsmessungen im Raum Brixlegg durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, daß bei den produktionsbedingten SO<sub>2</sub>-Emissionsspitzen durch das Montanwerk Brixlegg die Front der Abgaswolke bei einer Quelldistanz von ca. 1,700 m an den Hanglagen von Reith i.A. noch Konzentrationen von 1,40 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> aufwies. Die gleichzeitig am Talboden erhobene Schadstoffbelastung betrug in diesem Fall nur 0,12 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Diese Erhebung macht deutlich, daß Hanglagen (Prallhänge) oft von wesentlich höheren Schadgaskonzentrationen betroffen sein können, als gleich weit entfernte oder sogar näher gelegene Tallagen.

( siehe Abbildung 40, Seite 125 ).

Untersuchung von Niederschlägen durch die Forstliche Bundesversuchsanstalt in der Umgebung der

## Abbildung 40

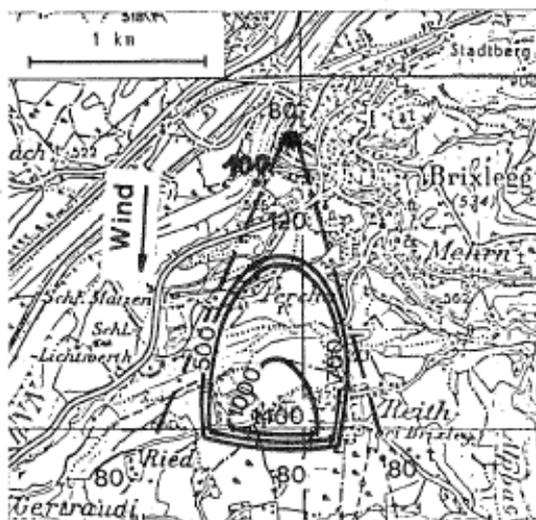
Montanwerk Brixlegg. Ausbreitung der produktionsbedingten  $\text{SO}_2$ -Emissionen, die am 17. Feb. 1982 zwischen 10.43 und 11.05 Uhr freigesetzt wurden.  $\text{SO}_2$ -Immissionen in  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ , dargestellt in Isolinien.



Immissionsverteilung um 11.02 Uhr.

Bei einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von ca. 50 Metern pro Minute hat die Front der Abgaswolke eine Quelldistanz von etwa 950 m erreicht.

120 ortsfeste Messung



Immissionsverteilung um 11.18 Uhr.

Die Front der Abgaswolke hat eine Quelldistanz von etwa 1700 m erreicht. In Reith erreicht die Konzentration Werte bis zu  $1400 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ .

In Werksnähe (500 m Quelldistanz) ist die  $\text{SO}_2$ -Konzentration wieder abgesunken.

Meßergebnisse des Österr. Bundesinst. f. Gesundheitswesen

Kupferhütte Brixlegg aus dem Jahr 1982 (Dissertation Dipl. Ing. Dr. Smidt).

Die Verteilung der untersuchten Ionengehalte in den Schneeproben der Umgebung der Kupferhütte Brixlegg entsprach den erhobenen Hauptwindrichtungen. Die elektrolytische Leitfähigkeit sowie die Sulfat-S-, Chlorid- und Zinkgehalte traten im Bereich des Talbodens an der SW-NO-Achse in deutlich erhöhtem Maße auf, wobei sie in Südwestrichtung also in Richtung der vorherrschenden Windbewegung langsamer absanken, als nach Nordosten.

( siehe Abbildung 41, Seite 126 ).

Meßnetz Brixlegg-Reith i.A.-Münster:

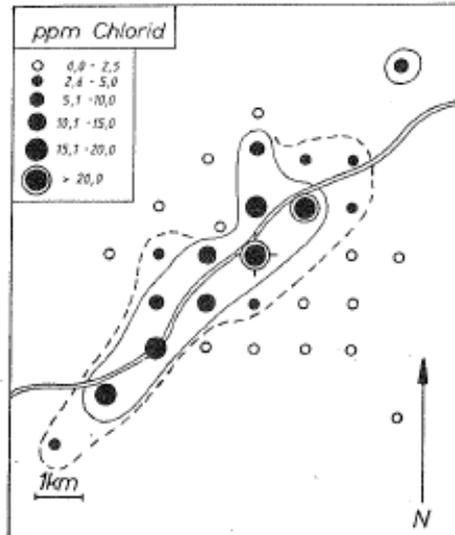
Schwermetallgehalte im Staubniederschlag:

In der Umgebung des Montanwerkes in Brixlegg, in Reith i.A. und Münster wird seit dem Jahr 1979 laufend an 6 Meßstellen die Staubniederschlagsbelastung und deren Gehalt an Kupfer, Blei und Zink erhoben. Die Ergebnisse der Erhebungen zeigen, daß nach einer Umbaumaßnahme beim Montanwerk im Jahr 1980 die extremen Spitzenbelastungen an Schwermetallstaub etwas zurückgegangen sind, die Gesamtbelastung aber immer noch stark erhöht ist.

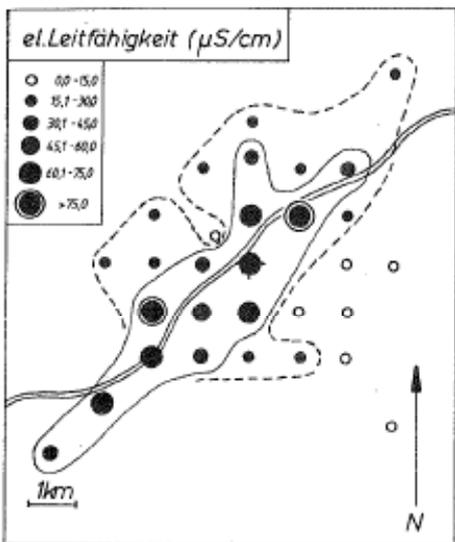
( siehe Abbildung 42, Seite 127 ).

So wurden seit dem Jahr 1981 bei den 6 Meßstellen die Grenzwerte der Forstverordnung für Blei bei 2 Meßstellen, die Grenzwerte für Kupfer bei 3 Meßstellen und die Grenzwerte für Zink bei 4 Meßstellen überschritten. Im Jahr 1982 wurden von 6 Meßstellen die Grenzwerte für Blei an 2 Meßstellen, die Grenzwerte für Kupfer an 5 Meßstellen und die Grenzwerte für

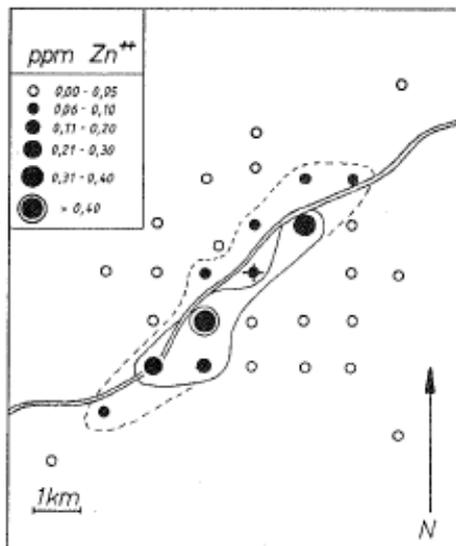
Abbildung 41



Chloridgehalte der Schneeeproben aus Brixlegg



Leitfähigkeitswerte der Schneeeproben aus Brixlegg



Zinkgehalte der Schneeeproben aus Brixlegg

(aus Diss. Dipl.-Ing.-Dr. Smidt FB9A)

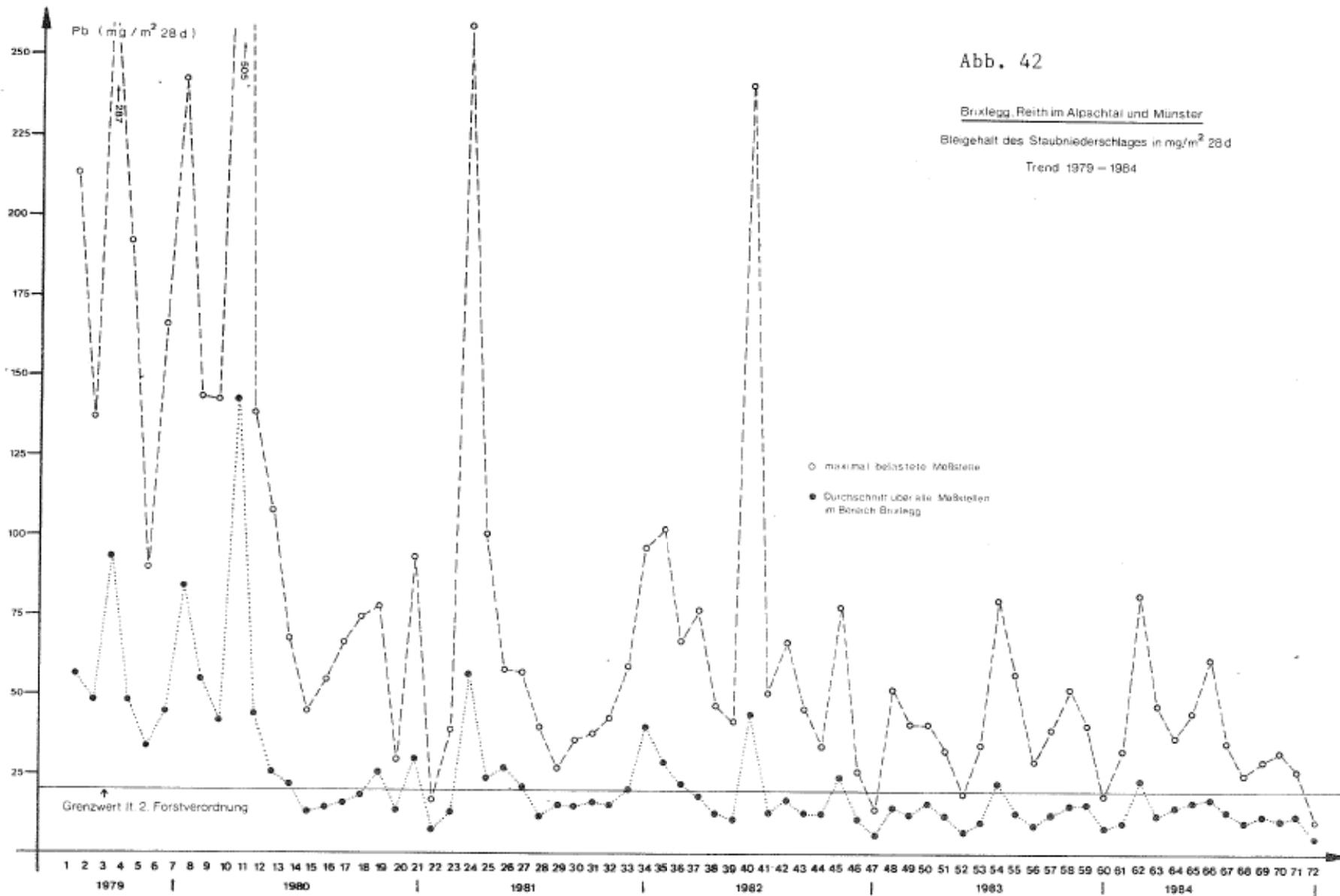
Zink an 2 Meßstellen überschritten. Im Jahr 1983 wurden an einer Meßstelle die Grenzwerte für Blei und an 4 Meßstellen die Grenzwerte für Kupfer und an 2 Meßstellen die Grenzwerte für Zink überschritten. Im Jahr 1984 wurden an 1 Meßstelle die Grenzwerte für Blei und Zink und an 3 Meßstellen die Grenzwerte für Kupfer überschritten.

Die Kupferbelastung am Innweg erreichte im Jahr 1982 das 10-fache des Grenzwertes. Die bereits seit langer Zeit anhaltenden Schwermetallbelastungen führen zu einer starken Akkumulation einzelner schwer auswaschbarer Schwermetalle im Boden.

Außerdem muß darauf hingewiesen werden, daß neben den erwähnten Schwermetallen Blei, Kupfer und Zink, welche regelmäßig erhoben wurden, auch weitere Schwermetalle wie Cadmium, Nickel u.a. ebenfalls regelmäßig mit dem Staubbiederschlag eingetragen werden.

Untersuchung der Boden- und Grasschwermetallgehalte im Raum Brixlegg und Reith i.A.

In der Zeit von 1980 bis 1983 wurden im Raum Brixlegg/-Reith i.A. an 4 Meßstellen Schwermetallgehalte an Blei, Cadmium und Nickel des Bodens sowie des Grases untersucht. Dabei ergaben sich stark erhöhte Werte besonders am Innweg/Weng (im Gras 8 ppm Cd gegenüber einem Cd-Grenzwert von 1 ppm Cd, 200 ppm Pb gegenüber einem Pb-Grenzwert von 10 ppm Pb) sowie am Matzenköpfl, wo durch die Auskämmwirkung der Baumkronen im Traufbereich der Baumkrone gelegene Waldboden von besonders hohen Schadstoffbelastungen betroffen ist. Aber auch die mehr als 1 km in der Hauptwindrichtung vom Montanwerk entfernte Meßstelle zeigte noch stark erhöhte Schadstoffbelastun-



gen insbesondere des Grases (3,5 ppm Cd gegenüber einem Cd-Grenzwert von 1 ppm Cd, 80 ppm Pb gegenüber einem Pb-Grenzwert von 10 ppm).

( siehe Abbildung 43, Seite 129 ).

( siehe Abbildung 44, Seite 130 ).

( siehe Abbildung 45, Seite 131 ).

Untersuchung der Schwermetallgehalte des Auflagehumusmaterials aus Brixlegg und Erhebung der substratbedingten Unterschiede der Wuchsleistung durch die Universität für Bodenkultur (a.o. Univ.Prof. Dipl.Ing. Dr. Gerhard Glatzl).

Im Jahr 1983 wurden in einem Gefäßversuch mit Auflagehumusmaterial aus Brixlegg die substratbedingten Unterschiede in der Wuchsleistung von Fichtenpflanzen im Vergleich zu einem aus industrieferner Lage gewonnenen Humus überprüft. Hierbei wurden äußerst hohe Schwermetallgehalte im Auflagehumus erhoben, wobei unter anderem Kupfergehalte bis zu 18,2 g Kupfer/kg Auflagehumus bei der Probe vom vorderen Matzenköpfl festgestellt wurden. Weiters wurde eine dramatische Verringerung der Wuchsleistung der Fichtenjungpflanzen mit zunehmender Schwermetallbelastung des Substrats festgestellt.

( siehe Abbildung 46, Seite 132 ).

#### Nadelanalysen:

Im Inntal und im Raum Brixlegg wurden bereits seit mehr als 10 Jahren Nadelanalysen erhoben. Dabei zeigte sich, daß z.B. bei der in diesem Raum am stärksten belasteten Meßstelle am Matzenköpfl bereits seit mehr als 10 Jahren regelmäßig starke Überschreitungen der Grenzwerte der 2. Forstverordnung eingetreten

sind. Ähnliche Ergebnisse liegen auch aus Zimmermoos vor. Die Nadelanalysen seit Ende der 70er-Jahre zeigen, daß in diesem Raum im wesentlichen die südlich der Eisenbahn gelegenen Bereiche Hagau, Matzenköpfl, Reith i.A., Zimmermoos von sehr stark erhöhten Schwefelbelastungen betroffen sind, aber auch die Nadelanalysen vom Stadtberg, Oberkienberg, Steinwald, Hygna, St. Gertraudi und ober- und unterhalb des Mittelwegs sind von erhöhten Schwefelbelastungen betroffen, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Die nördlich der Bahnlinie im Bereich Kramsach und Mariatal sowie Achenrain gelegenen Nadelanalysenpunkte weisen dagegen geringere S-Belastungen auf, welche nicht als Grenzwertüberschreitungen einzustufen sind.

Allerdings wurden in Kramsach in der Umgebung der Sagzahnstuben sowie in Rattenberg östlich des Bahnhofs in der nach Osten gerichteten bewaldeten Hanglage fallweise erhöhte Fluorbelastungen festgestellt, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Die von den erhöhten Fluorbelastungen betroffenen Gebiete sind aber gut begrenzt und im Fall von Rattenberg recht kleinräumig. Südlich der Bahnlinie wurden im Bereich Brixlegg und Reith i.A. keine erhöhten Fluorbelastungen festgestellt.

Die im Jahr 1983 durchgeführten Nadelanalysen zeigen, daß die Nadelanalysen aus Brandenburg von der bewaldeten Geländekante beim Altersheim, aus dem Bereich Kramsach-Mariatal, sowie Kramsach-Gubert-Steinbruch etwas erhöhte Schwefelbelastungen anzeigen, welche im Bereich des Grenzwertes gemäß 2. Forstverordnung liegen.

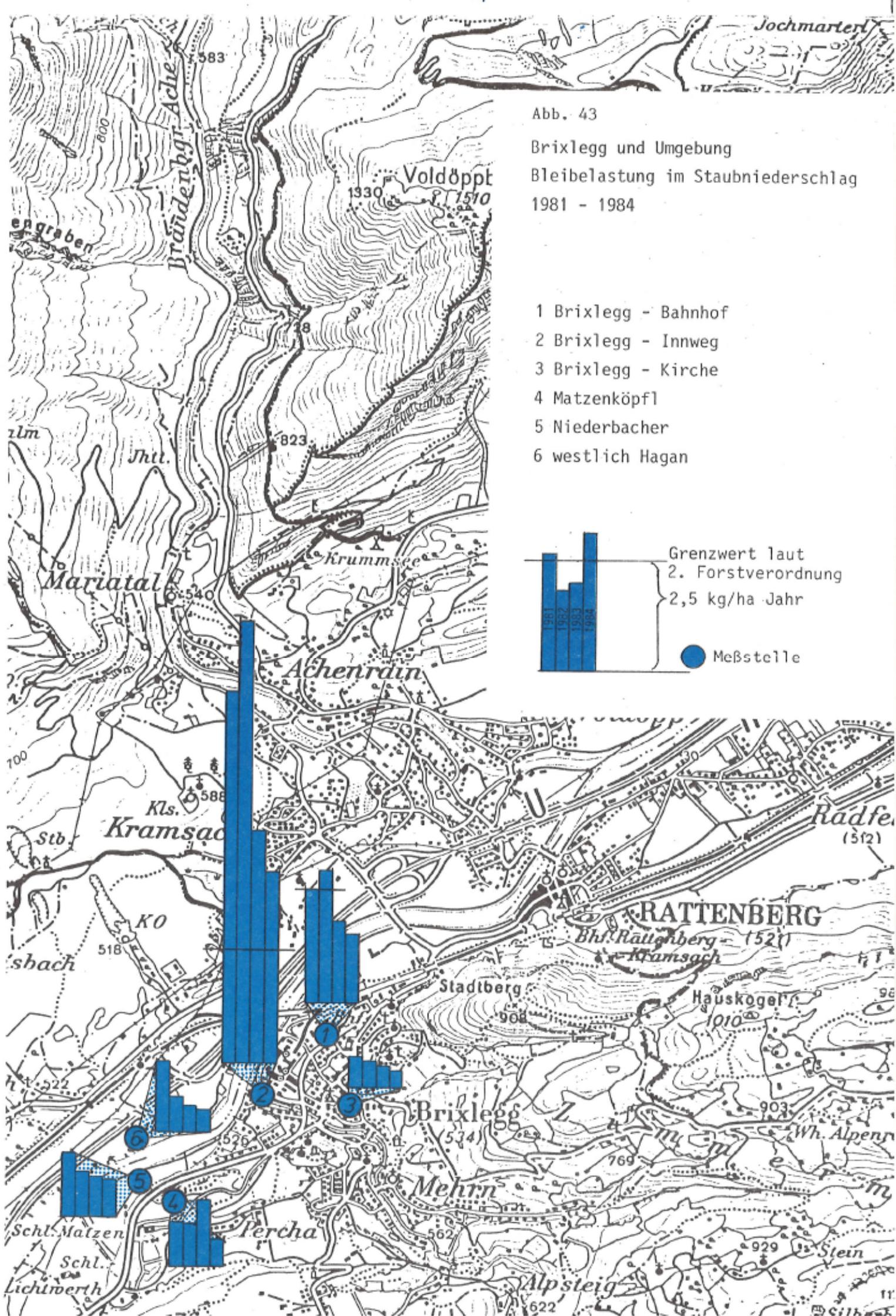
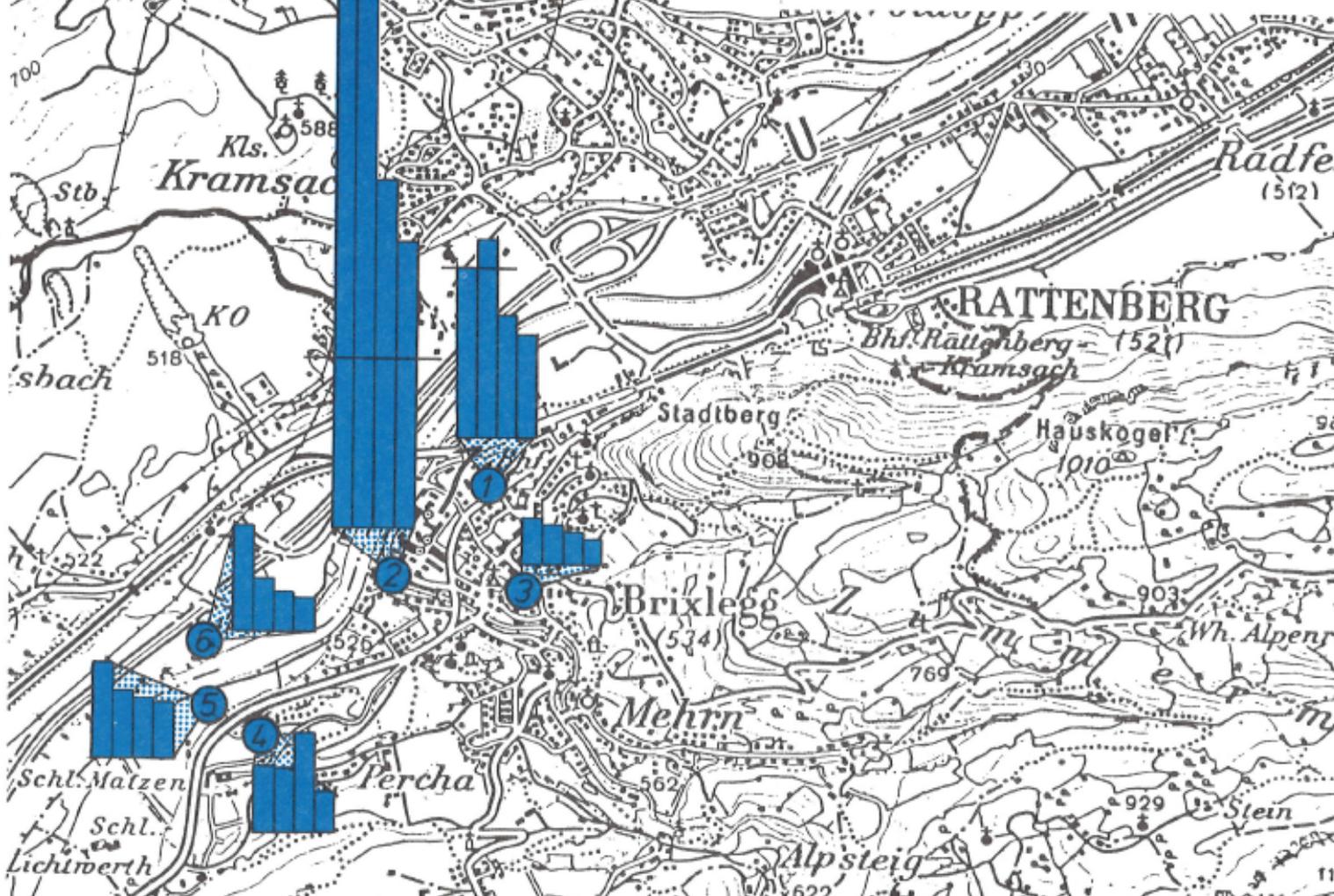
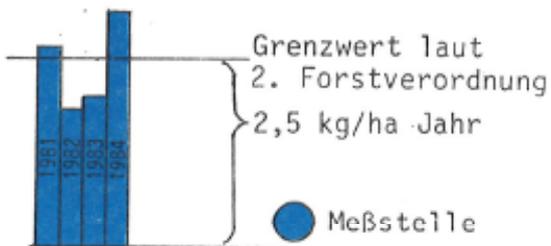


Abb. 43

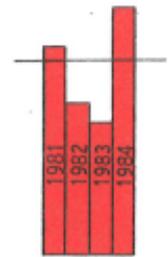
Brixlegg und Umgebung  
 Bleibelastung im Staubbiederschlag  
 1981 - 1984

- 1 Brixlegg - Bahnhof
- 2 Brixlegg - Innweg
- 3 Brixlegg - Kirche
- 4 Matzenköpfl
- 5 Niederbacher
- 6 westlich Hagan



Brixlegg und Umgebung  
 Kupferbelastung im Staubbiederschlag  
 1981 - 1984

- 1 Brixlegg - Bahnhof
- 2 Brixlegg - Innweg
- 3 Brixlegg - Kirche
- 4 Matzenköpfl
- 5 Niederbacher
- 6 westlich Hagan



Grenzwert laut  
 2. Forstverordnung  
 2,5 kg/ha Jahr

● Meßstelle

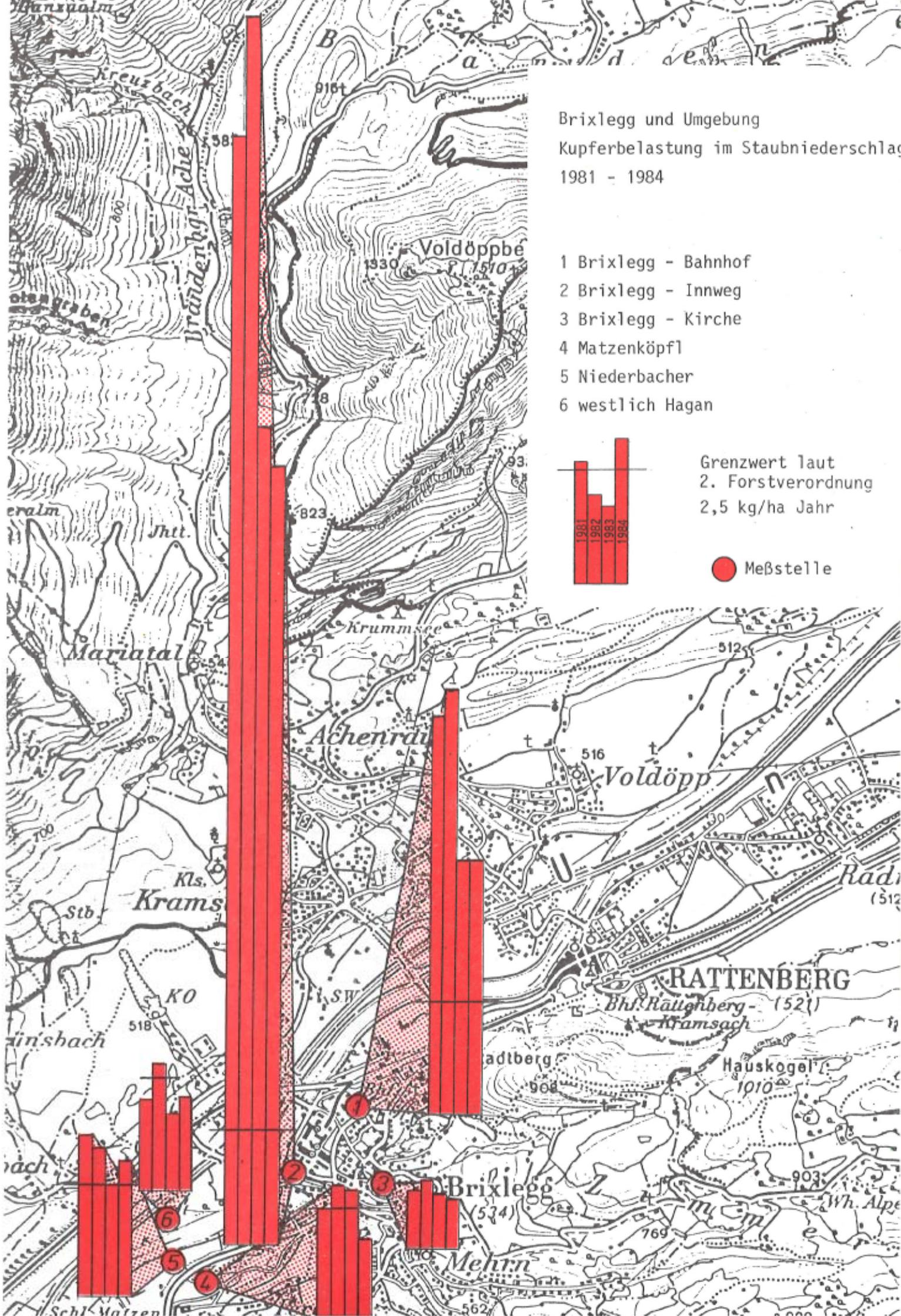


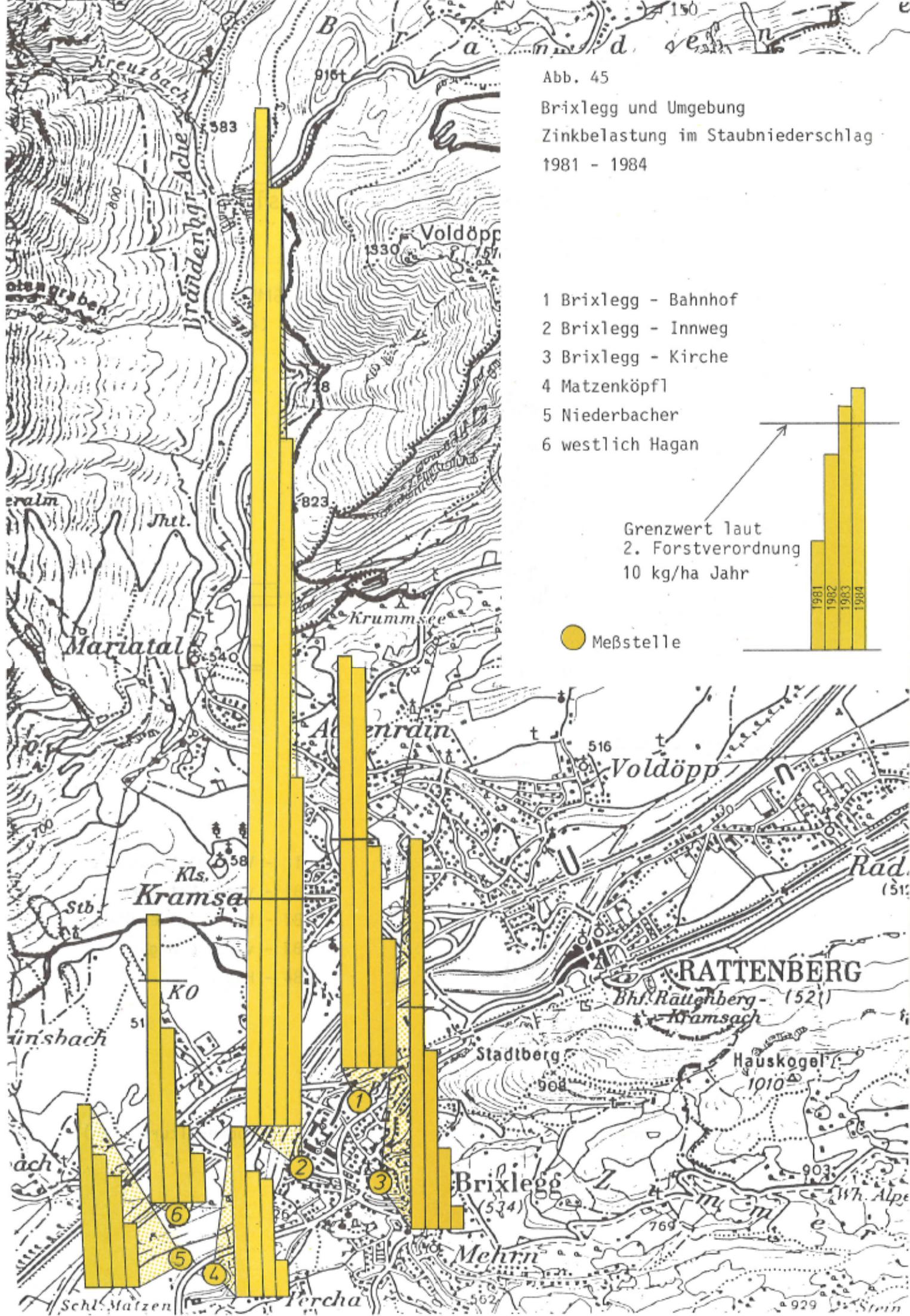
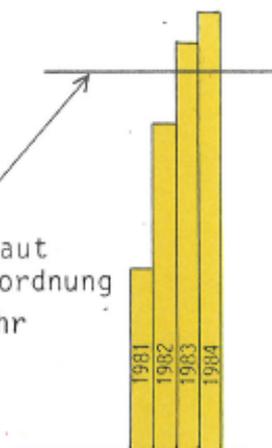
Abb. 45

Brixlegg und Umgebung  
Zinkbelastung im Staubbiederschlag  
1981 - 1984

- 1 Brixlegg - Bahnhof
- 2 Brixlegg - Innweg
- 3 Brixlegg - Kirche
- 4 Matzenköpfl
- 5 Niederbacher
- 6 westlich Hagan

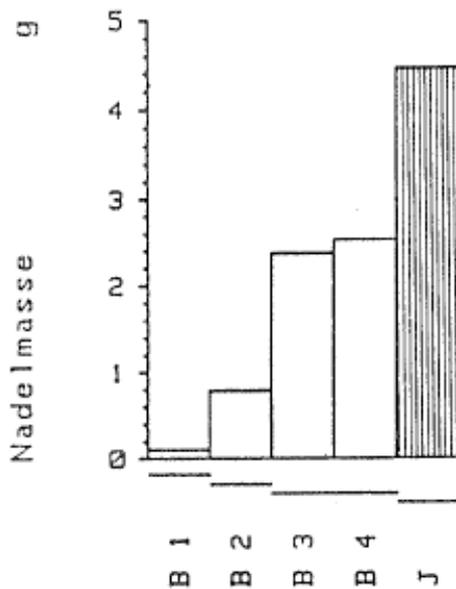
Grenzwert laut  
2. Forstverordnung  
10 kg/ha Jahr

● Meßstelle

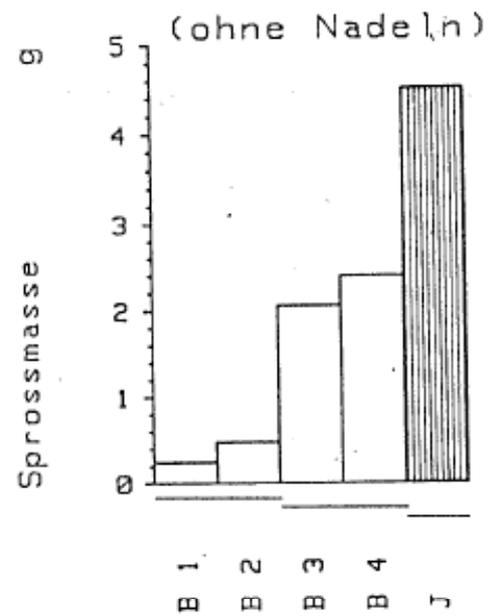


## Ergebnisse der Pflanzversuche auf Wuchsleistung in Humus von verschiedenen Standorten

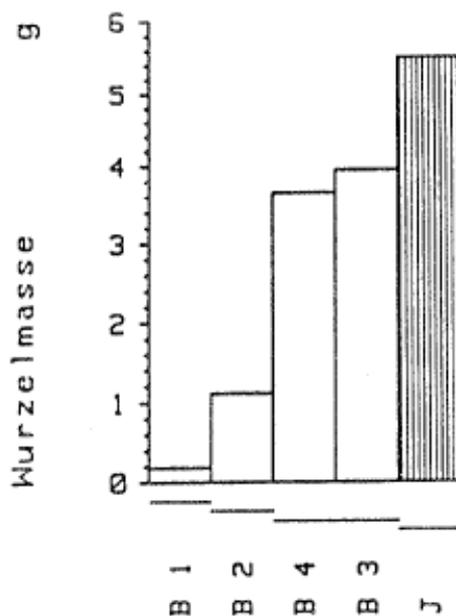
NADELMASSE



SPROSSMASSE



WURZELMASSE



- I - Vergleichstandort
- B1 - vord. Matzenköpfl
- B2 - hint. Matzenköpfl
- B3 - vordere Hagau
- B4 - Hagau

(Univ. f. Bodenkultur, Wien)

14. Beurteilungs-  
raum: Wildschönau sowie  
Wörgl und Umgebung

Zusammenfassende Beurteilung:

Die Erhebungen der Schwefeldioxidbelastung im Raum Kirchbichl Ende der 70er-Jahre zeigten, daß dort nicht nur im Winter, sondern ebenso im Sommer immer wieder Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung aufgetreten sind.

Die Erhebungen der Schwefeldioxidbelastung in Wörgl zeigen, daß Ende der 70er-Jahre bis zum Jahr 1982/83 erhöhte Schwefelbelastungen vorwiegend in den Wintermonaten, jedoch auch in den Sommermonaten aufgetreten sind, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Die SO<sub>2</sub>-Belastung seit Sommer 1983 zeigt bei der Meßstelle einen rückläufigen Trend, sodaß im vergangenen Winter und im Sommer 1984 keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung festgestellt wurden. Allerdings haben zahlreiche Neubauten in der Umgebung der Meßstelle die Zuwehungsverhältnisse verändert.

Die Staubbiederschlagsmessungen im Raum Kirchbichl zeigen, daß insbesondere im Ortszentrum von Kirchbichl, jedoch auch auf den nahegelegenen land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen stark erhöhte Staubbiederschlagsbelastungen mit Zementstaub auftreten.

Die Nadelanalysen aus dem Raum Bad Häring, Kirchbichl, Angath, Wörgl, Angerberg, Breitenbach a. Inn, Kundl und Wildschönau zeigen, daß die mit Abstand am stärksten belasteten Nadelanalysen an den bewaldeten Hanglagen bei Kirchbichl festgestellt wurden, wo seit Jahren zum Teil sehr starke Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung

festgestellt werden mußten. Die Nadelanalysen von den talnahen Waldgebieten an den südlich des Inn gelegenen Hanglagen zwischen Wörgl und Kundl, sowie die Nadelanalysen im östlichen Teil des Härringer Plateaus, sowie die Nadelanalysen im Bereich Mariastein, Brudersdorf und Glatzham wiesen mäßige Schwefelbelastungen auf, welche keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Erhöhte Schwefelbelastungen allerdings wurden wiederum an den talnahen Hanglagen nördlich des Inn zwischen Wörgl und Kundl erhoben, und zwar im Bereich Breitenbach-Thalerleiten, sowie im Bereich Pfluger, ebenso wie in Angerberg nördlich Linden. Bei diesen Meßstellen wurden Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung festgestellt. Die in der inneren Wildschönau gelegene Meßstelle zeigte hingegen nur eine geringe Schwefelbelastung an, wobei die Grenzwerte laut 2. Forstverordnung deutlich unterschritten wurden.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Wörgl:

Lage der Meßstelle: Nach dem die Immissionsmeßstelle in Wörgl in den Jahren 1977, 1978 und 1979 im Ortszentrum in der Gendarmerie untergebracht war, wurde sie ab dem Jahr 1980 in den Bereich der Hochhäuser in der Ladestraße verlegt. Dort liegt die Meßstelle am östlichen Rand des Siedlungsgebietes im Nordwesten des Industriegebietes auf 510 m Seehöhe am Talboden des Inntales. Durch zahlreiche Neubauten von Hochhäusern haben sich in jüngster Zeit die Zuwehungsverhältnisse bei der Meßstelle verändert.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die Erhebungen der Schwefeldioxid-

belastung bei der Meßstelle Gendarmerie und anschließend bei der Meßstelle Ladestraße haben gezeigt, daß seit dem Jahr 1977 bis zum Winter 82/83 in sämtlichen Winterhalbjahren jedoch auch wiederholt während der Übergangs- und Sommermonate erhöhte Schwefelbelastungen aufgetreten sind, welche gemäß 2. Forstverordnung Grenzwertüberschreitungen darstellen. So wurden bei der Meßstelle Ladestraße im Winter 80/81 noch maximale Tagesmittelwerte bis 0,31 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und max. Halbstundenmittelwerte bis 0,70 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen. Jedoch auch in den Sommermonaten, so z.B. im Juli 1981 oder im Mai 1982 wurden max. Halbstundenmittelwerte von 0,16 bzw. 0,17 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> registriert. Seit dem Winter 1983/84 ist die gemessene SO<sub>2</sub>-Belastung bei der Meßstelle Ladestraße deutlich zurückgegangen (max. Tagesmittelwert 0,08 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und max. Halbstundenmittelwert 0,20 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> im Jänner 1984), womit die Grenzwerte der 2. Forstverordnung im Talbodenbereich eingehalten werden konnten.

( siehe Abbildung 47, Seite 135 ).

#### Meßstelle Kirchbichl:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag mit Unterbrechungen in der Zeit von 1974 bis 1978 im Schulgebäude von Kirchbichl auf ca. 520 m Seehöhe, ca. 30 m über dem Talboden des Inntales inmitten des Siedlungsgebietes von Kirchbichl, bei der häufig taleinwärts gerichteten Windrichtung im Lee des Zementwerks.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

#### Schwefeldioxid:

Die Erhebungen der Schwefeldioxidbelastung ergaben, daß in den Wintermonaten max. Tagesmittelwerte bis zu 0,17 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und max.

Halbstundenmittelwerte bis 0,35 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> erhoben wurden. In den Sommermonaten wurden max. Tagesmittelwerte bis 0,09 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und max. Halbstundenmittelwerte bis 0,21 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen. Diese Belastungen, insbesondere jene im Sommer, liegen deutlich über jenen Werten, die in industriefernen Siedlungsgebieten im Sommer gemessen werden. Somit wurden nicht nur im Winter, sondern auch im Sommer während des Beurteilungszeitraumes die Grenzwerte der 2. Forstverordnung überschritten.

( siehe Abbildung 48, Seite 135 ).

#### Meßnetz Kirchbichl:

##### Staubniederschlag:

Im Bereich Kirchbichl und Umgebung wurde seit dem Jahr 1978 die Staubniederschlagsbelastung erhoben. Die Ergebnisse dieser Erhebungen zeigen, daß im Ortsgebiet von Kirchbichl sowie auf den nahegelegenen landwirtschaftlichen Flächen zum Teil sehr starke Staubniederschlagsbelastungen auftreten, die zu Beeinträchtigungen und Materialschäden Anlaß geben. Beim häufigeren Auftreten der fallweise stark erhöhten Kalkstaubbelastung kann ein Überschreiten der Jahreshrenzwerte der 2. Forstverordnung nicht ausgeschlossen werden.

( siehe Abbildung 49, Seite 136 ).

#### Meßnetz Kundl:

##### Stichprobenweise Erhebungen der SO<sub>2</sub>-Belastung:

In Kundl und Umgebung wurden im Winter 1979 Stichprobenerhebungen der SO<sub>2</sub>-Belastung durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Erhebungen zeigen fallweise erhöhte Schwefeldioxidbelastungen bis max. 0,27 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> bei einer Durchschnittsbelastung von

Abb. 47

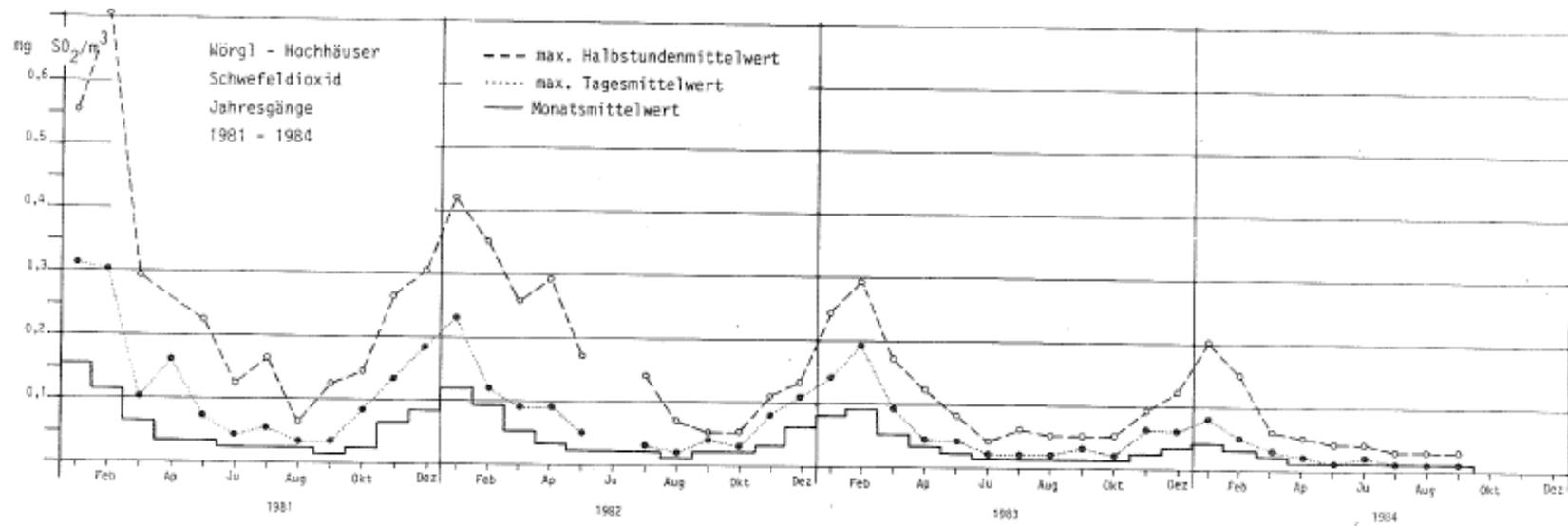


Abb. 48

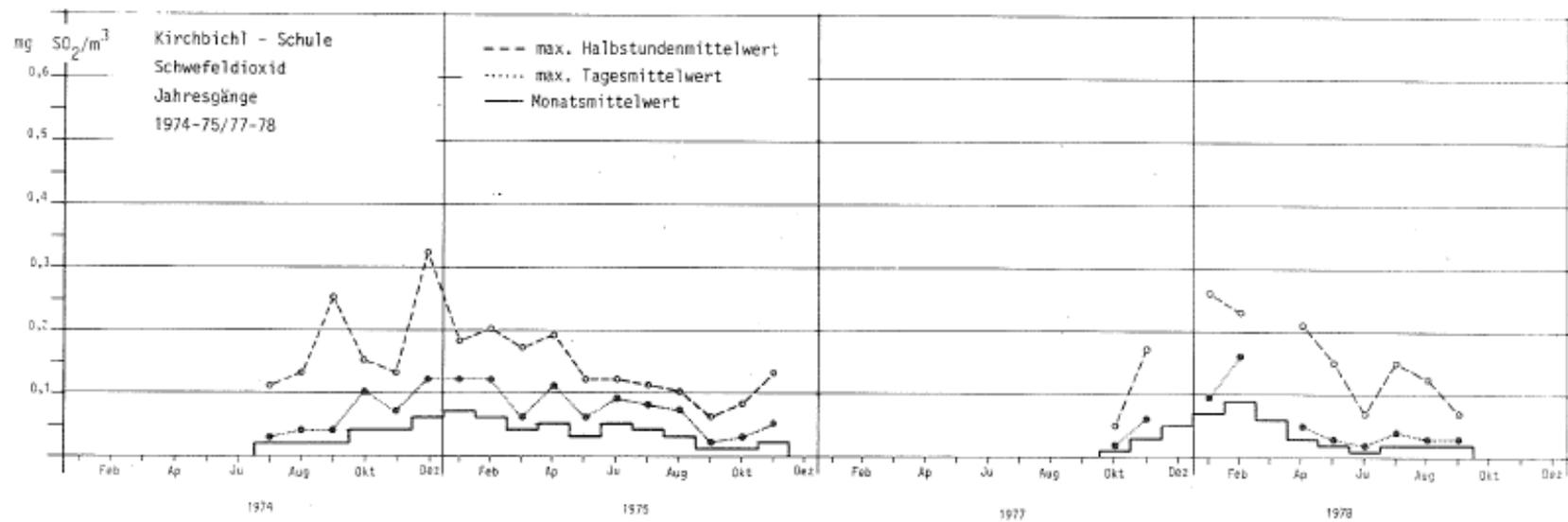
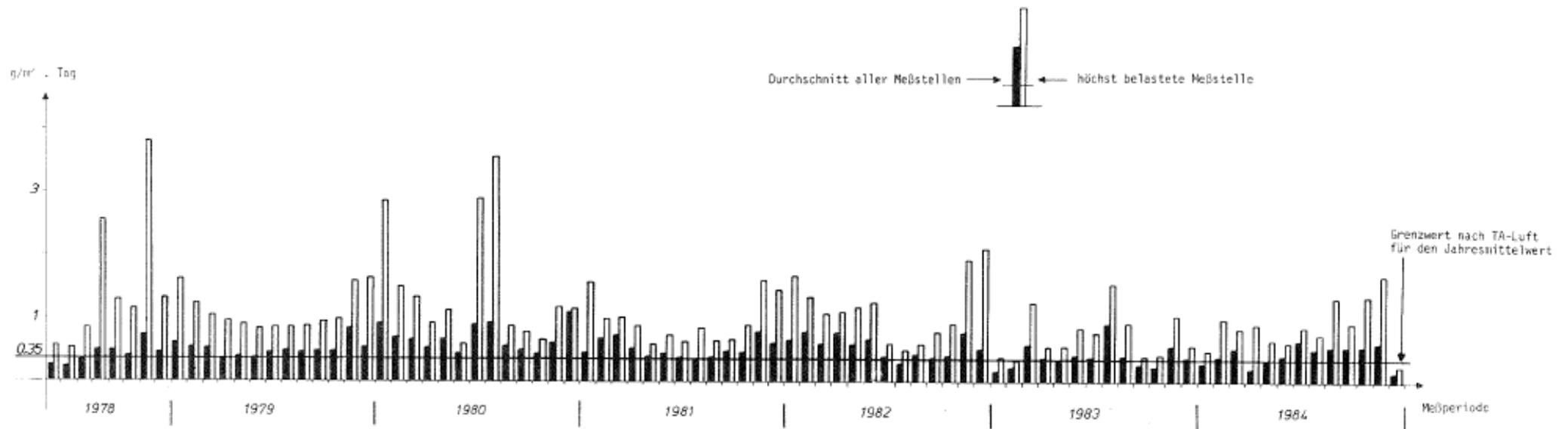


Abb. 49

Staubniederschlagsbelastung Kirchbichl

Meßdauer: seit 17.5.1978 Taufend

Dauer einer Meßperiode: 4 Wochen



0,07 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Die Ergebnisse dieser stichprobenweisen Erhebungen weisen daraufhin, daß die SO<sub>2</sub>-Grenzwerte der 2. Forstverordnung auch im Raum Kundl im Winter mit großer Wahrscheinlichkeit im Beurteilungszeitraum nicht eingehalten wurden.

#### Nadelanalysen:

Die seit Mitte der 70er-Jahre durchgeführten Nadelanalysen zeigen, daß alle Meßstellen an der Hanglage von Kirchbichl zum Häringer Plateau, vom Schrollwald über die Schroll siedlung, über die Straße nach Häring bis zum Gschallerwald durchwegs hohe bis extrem hohe Schwefelbelastungen aufwiesen, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Fallweise Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung zeigten auch die Nadelanalysen vom Lacknerwald. Nur mäßig oder nicht erhöhte Schwefelbelastungen zeigen dagegen seit Ende der 70er-Jahre Nadelanalysen vom Häringer Plateau aus Schönau, aus Häring-Burg, von den talnahen Hanglagen beim E-Werk Wörgl, beim Lahntaler Hof, sowie die Hanglagen im Bereich des Industriegebietes zwischen Wörgl und Kundl. Ähnliche Ergebnisse zeigten die Nadelanalysen aus Winklheim, vom Hoadererwald, aus Angath südlich Haslach, vom Angerberg bei Leichbrunn, sowie Angerberg-Brudersdorf und Angerberg-Glatzham. Erhöhte Schwefelbelastungen mit fallweisen Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung zeigten die Meßstellen an den talnahen Hanglagen des Angerberg bei Pfluger, sowie in Angerberg nördlich Linden. Bei den im Jahr 1983 durchgeführten Nadelanalysen von der zum Inntal gerichteten talnahen Hanglage zwischen Wörgl und Kundl, bei Breitenbach-Thalerleiten wurden ebenfalls erhöhte Schwefelbelastungen festgestellt, welche Grenzwertüberschreitungen

gemäß 2. Forstverordnung darstellen.

Die im inneren Teil der Wildschönau in Auffach/Schönangeralm erhobenen Nadelanalysen zeigen eine geringe Schwefelbelastung, welche deutlich unter den Grenzwerten der 2. Forstverordnung liegt.

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

#### Zusammenfassende Beurteilung:

Die Ergebnisse der Erhebungen der Luftbelastung durch Schwefeldioxid an mehreren Meßstellen im Bereich der Regionen Kufstein und Umgebung und Untere Schranne und Sölland zeigen, daß im dichtbesiedelten Gebiet von Kufstein bis Achrain in den Wintermonaten und fallweise auch in den Übergangsmonaten SO<sub>2</sub>-Belastungen auftreten, welche gemäß 2. Forstverordnung Grenzwertüberschreitungen darstellen. Die Hanglagen und die weiter von den Siedlungsgebieten entfernten Gebiete sind vorwiegend von erhöhten Belastungen durch die Umwandlungsprodukte von Schwefeldioxid betroffen und zeigen somit wie z.B. die Meßstelle am Niederdorferberg fallweise stark erhöhte Sulfatgehalte im nassen Niederschlag an.

Da im Raum Kufstein starke Stickoxidemittenten sowohl von Seiten der Industrie und des Fernheizwerkes, als auch von Seiten des Verkehrs vorliegen, ist damit zu rechnen, daß im Einzugsbereich dieser Emittenten die siedlungsnah gemessenen SO<sub>2</sub>-Belastungen fallweise auch durch Kombinationswirkung infolge gleichzeitiger Stickstoffdioxid- und Schwefeldioxidbelastungen zu Schäden führen können.

Erhöhte Nitratanteile im nassen Niederschlag wurden in Niederdorferberg gemessen, welche Folgepro-

dukte erhöhter Stickoxidbelastungen sind.

Die Nadelanalysen zeigen insbesondere im Bereich der Inntalfurche in Talbodennähe aber auch im Sömland in Talbodennähe häufig erhöhte Schwefeldioxidbelastungen an, welche gemäß 2. FVO fast durchwegs Grenzwertüberschreitungen darstellen. In den vergangenen Jahren wurden die höchsten Schwefelbelastungen in den Nadeln im Bereich der Meßstellen Festung und Hangfuß Achrain festgestellt.

Die im Bereich Buchberg gemessenen Ozonbelastungen lassen darauf schließen, daß fallweise im ganzen Talbecken von Kufstein vegetations-schädliche Ozonbelastungen auftreten, deren Häufigkeit und Intensität jedoch an den Hanglagen mit zunehmender Höhe noch zunehmen. Die in der Schweiz geforderten Grenzwerte werden besonders in den Frühjahrs- und Sommermonaten teils erheblich überschritten.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Ebbs-Buchberg:

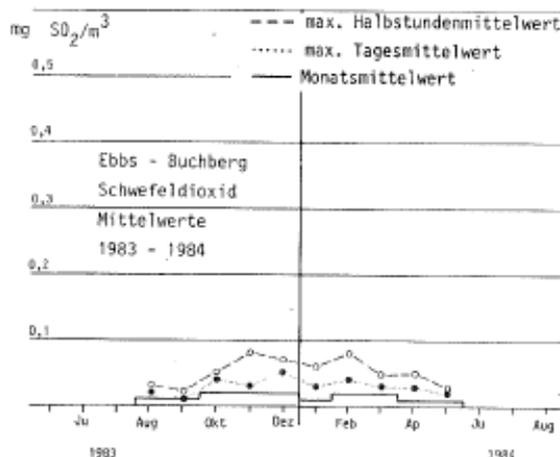
Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag vom Juli 1983 bis März 1984 auf einer allseits gut anströmbaren, flachen Wiesenkuppe in der nach Nordwesten orientierten Hanglage. Die Meßstelle befand sich außerhalb des Siedlungsgebietes auf 700 m Seehöhe, 220 m über dem Talboden. In unmittelbarer Nähe der Meßstelle befand sich keine starkfrequentierte Straße. Die nächsten kleineren Siedlungsgebiete von Ebbs und Oberndorf sind ca. 2 km entfernt, Kiefersfelden liegt ca. 4 km entfernt. Alle Ortschaften liegen im Talboden.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>

Schwefeldioxid

Die gemessenen Schwefeldioxidbelastungen erreichten im Winterhalbjahr Halbstundenmittelwerte von 0,08 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und im Sommerhalbjahr Halbstundenmittelwerte von 0,05 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Dabei wurden die Grenzwerte gemäß 2. Forstverordnung an Schwefeldioxid nicht überschritten.

Abbildung 50

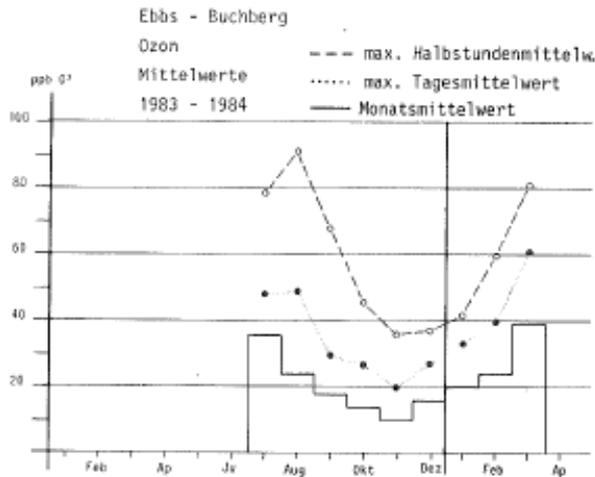


Ozon:

Die Ozonbelastung bei der Meßstelle Ebbs-Buchberg zeigt einen deutlichen Tagesgang mit einem Belastungsgipfel am frühen Nachmittag, wobei jedoch in der Nacht eine gewisse Ozonbelastung bestehen bleibt. Bei Tag werden in den Sommermonaten Halbstundenmittelwerte bis zu über 90 ppb erreicht. Im Juli 1983 zeigten 21 % der Halbstundenmittelwerte Belastungen von mehr als 50 ppb an.

Gemessen an dem für die Schweizerische Luftreinhalteverordnung vorgeschlagenen Kurzzeitimmissionsgrenzwert für Ozon von 40 ppb für den 95 %-Wert eines Monats wurde im Berichtszeitraum nur in den Monaten September bis Jänner dieser Grenzwert nicht überschritten, in allen anderen Monaten traten teils deutliche Überschreitungen dieses Grenzwertes auf.

Abbildung 51



Meßstelle Kufstein Stadtamt:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag von 1973 bis 1977 und seit November 1979 bis jetzt im Stadtamt im Stadtzentrum von Kufstein auf 500 m Seehöhe im Talboden an einer einige Meter über den Inn ansteigenden Straße.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die Schwefeldioxidbelastung zeigte in den Jahren 1974 bis 1984 Jahresmittelwerte zwischen 0,05 und 0,03 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> an, wobei in den letzten beiden Jahren 1983 und 1984 ein rückläufiger Trend zu beobachten ist. Dabei wurde im Zeitraum 1979 bis 1983 regelmäßig in den Wintermonaten und ausnahmsweise auch in den Übergangsmo- naten Grenzwertüberschreitungen gemäß der Grenzwerte der 2. Forst- verordnung festgestellt. Es wurden in der Zeit von 1979 bis 1983 wiederholt maximale Tagesmittel- werte von mehr als 0,18 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und max. Halbstundenmittelwerte von mehr als 0,31 mg/m<sup>3</sup> gemessen. Im milden Winter 83/84 wurden ma- ximale Tagesmittelwerte bis zu 0,10 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und maximale Halb- stundenmittelwerte bis zu

0,15 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen, wobei keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. FVO auftraten.

( siehe Abbildung 52, Seite 140 ).

( siehe Abbildung 53, Seite 141 ).

Meßstelle Kufstein-Endach:

Lage der Meßstelle: Die Immis- sionsmeßstelle liegt im Bereich der Hochhäuser Endach auf 490 m Seehöhe im Talboden. Die Meßstel- le liegt im Süden von Kufstein und im Norden des Fernheizwerkes. Die Meßstelle wurde seit dem November 1980 insbesondere in den Wintermonaten, seit November 1983 durchgehend betrieben.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Bei der Meßstelle Endach zeigt sich, daß in den Wintermonaten re- gelmäßig Überschreitungen der SO<sub>2</sub>-Grenzwerte der 2. Forstver- ordnung aufgetreten sind, wobei wiederholt Tagesmittelwerte von 0,17 bis 0,22 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und max. Halbstundenmittelwerte von mehr als 0,31 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen wurden. Auch im milden Winter 1983/84 wurde bei dieser Meßstelle vereinzelt Überschrei- tungen dieser Grenzwerte festge- stellt. Auch im April 1984 wurde in Endach noch ein erhöhter Tages- mittelwert von 0,06 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> ge- messen, somit eine Grenzwertüber- schreitung gemäß der 2. Forstver- ordnung.

Die in Endach gemessenen maxima- len Halbstundenmittelwerte lagen häufig höher als die im selben Zeitraum erhobenen maximalen Halbstundenmittelwerte bei der Meßstelle Stadtamt, obwohl die durchschnittliche Jahresbelastung bei beiden Meßstellen etwa gleich hoch liegt.

Beim gleichzeitigen Auftreten von

Abb. 52

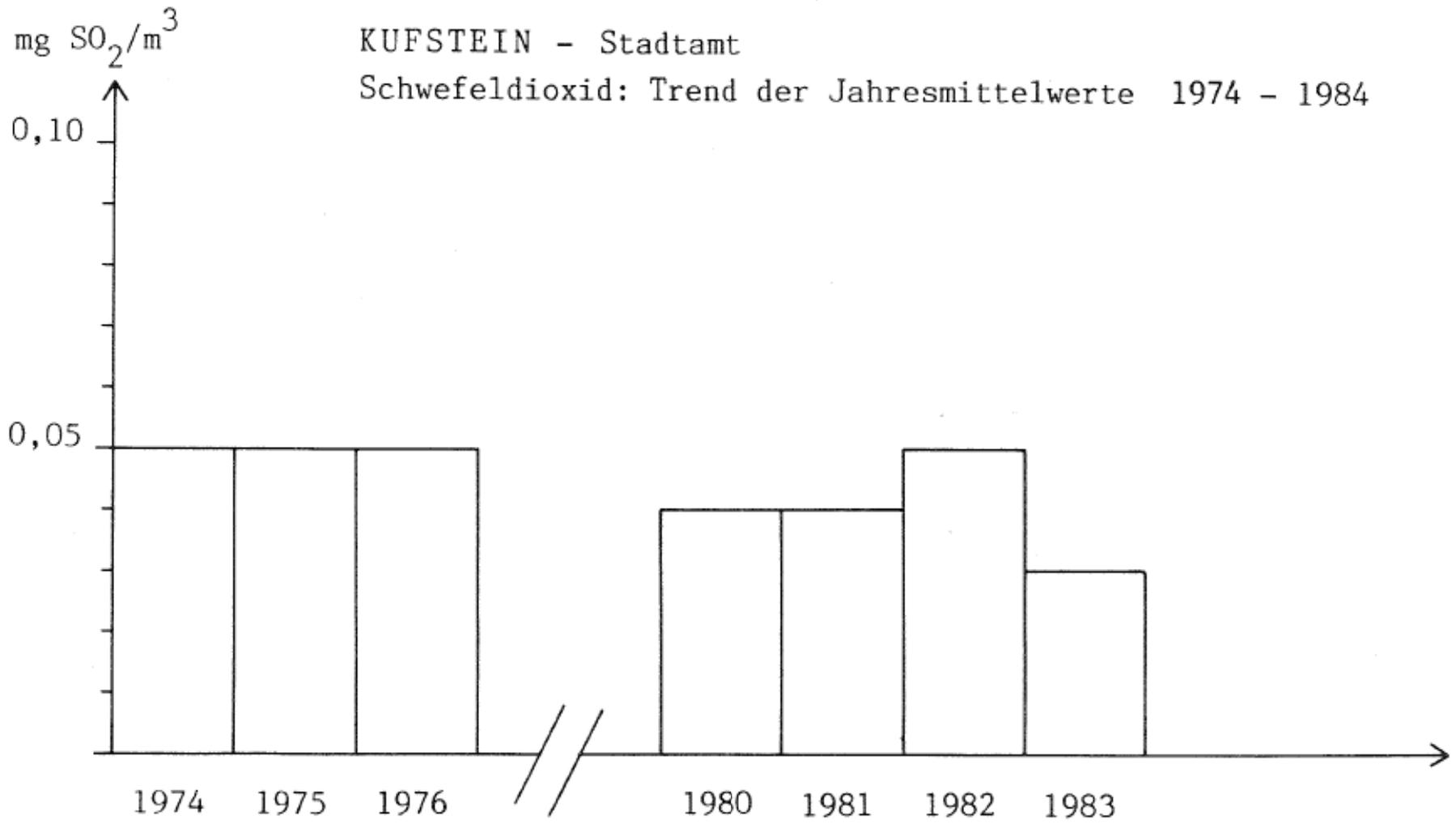


Abb. 53

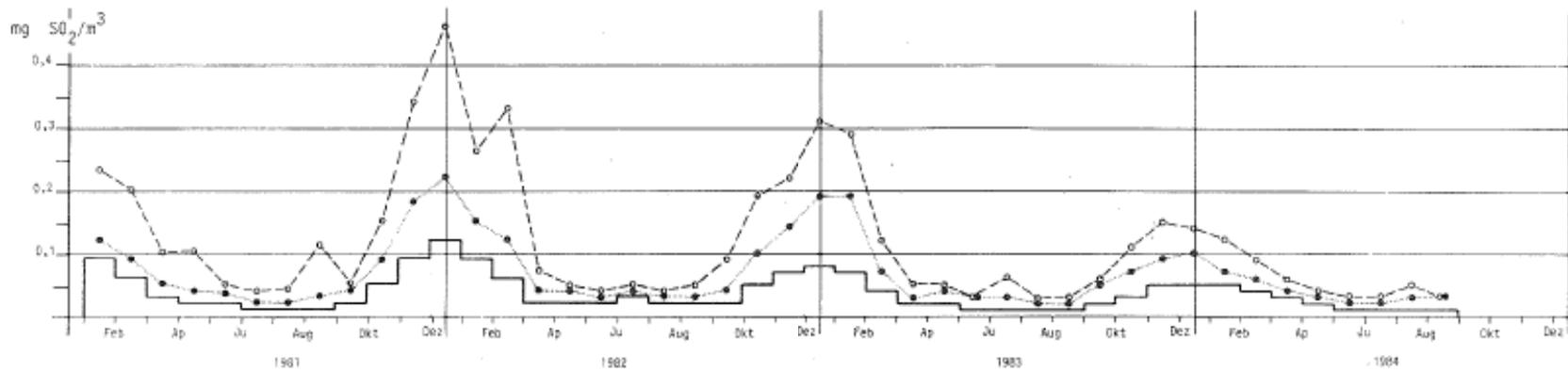
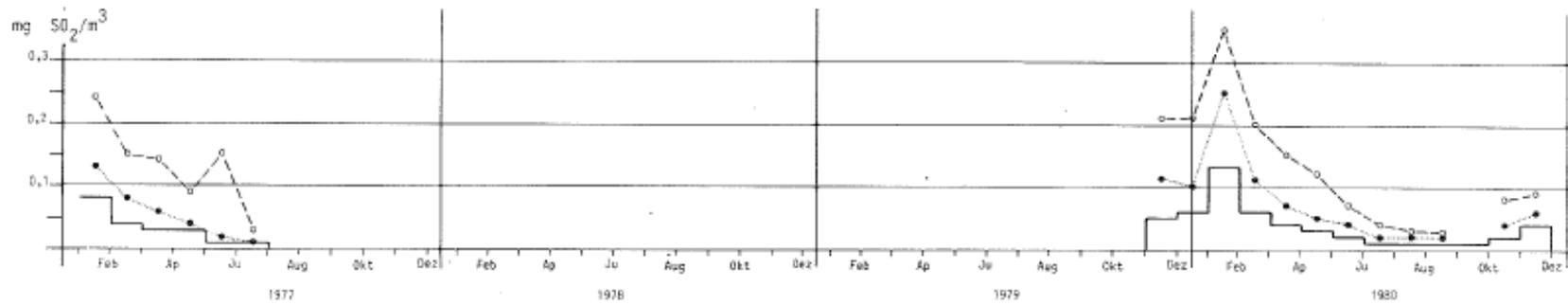
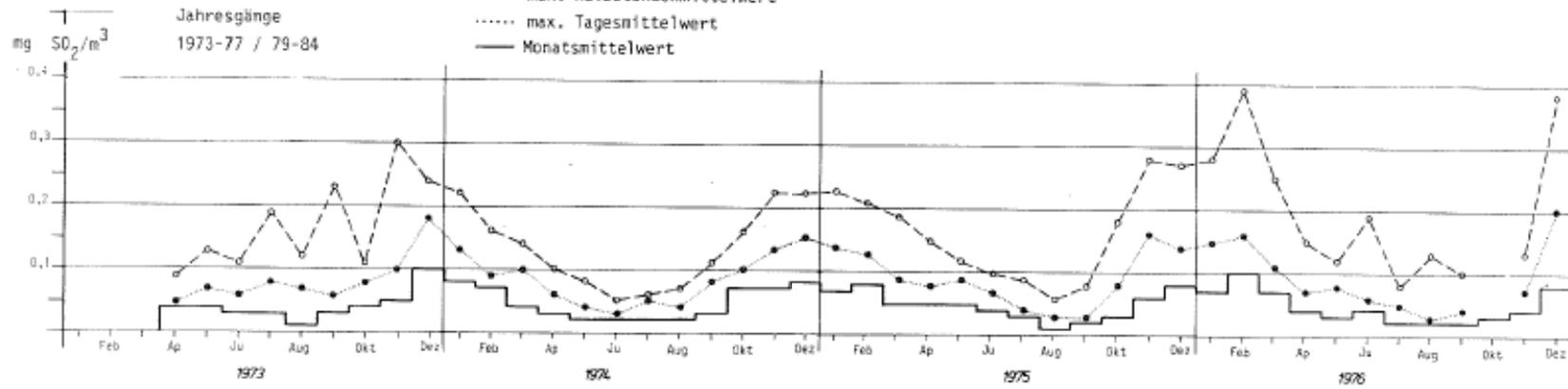
Kufstein - Stadtamt

Schwefeldioxid

Jahresgänge

1973-77 / 79-84

- max. Halbstundenmittelwert
- ..... max. Tagesmittelwert
- Monatsmittelwert



SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>-Belastungen ist bereits ab 0,13 mg SO<sub>2</sub> mit Vegetationsschädigungen zu rechnen. Daher ist besonders in Siedlungsnähe und in der Nähe der Hauptverkehrswege (z.B. Autobahn) und an den Prallhängen im Einzugsbereich starker NO<sub>x</sub>-Emittenten (z.B. Zementwerke, Fernheizwerk) mit dem gleichzeitigen Auftreten dieser Schadstoffe und daher mit zusätzlichen Vegetationsschäden zu rechnen.

( siehe Abbildung 54, Seite 143 ).

Meßstelle Schwoich-Achrain:

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag im Jahr 1981/82 im Bereich des Hangfußes des von Kufstein nach Kirchbichl ziehenden Mittelgebirges. Im Bereich der Meßstelle ist der Hang nach NNWest exponiert und bildet einen Geländevorsprung. Die Meßstelle lag auf 530 m Seehöhe ca. 30 m über dem Talboden. In diesem Bereich verläuft am Hangfuß auch die Bundesstraße.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die SO<sub>2</sub>-Belastung zeigte im Winter 81/82 im Bereich Achrain zahlreiche z.Teil sogar erhebliche Überschreitungen der Grenzwerte der 2. Forstverordnung für SO<sub>2</sub>. Dabei lagen die gemessenen maximalen Tagesmittelwerte von 0,21 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und die maximalen Halbstundenmittelwerte von 0,40 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gleich hoch und in einigen Monaten sogar höher als die gleichzeitig im Stadtamt Kufstein gemessenen SO<sub>2</sub>-Belastungen.

( siehe Abbildung 55, Seite 143 ).

Meßnetz Schwoich-Söll-Eiberg:

Staubniederschlag:

Im Bereich Eiberg in der Umgebung

des Zementwerkes wurde im Zeitraum 1977 bis 1982 die Staubbiederschlagsbelastung an fünf Meßstellen erhoben. Eine neuerliche Erhebung findet seit Ende 1984 statt. Die Ergebnisse der Erhebungen zeigten, daß bis zum Jahr 1978 und neuerlich vorübergehend zu Beginn des Jahres 1979 extrem erhöhte Staubbiederschlagsbelastungen vorlagen. Seither lag die Staubbiederschlagsbelastung in diesem Bereich mit wenigen Ausnahmen in einem tolerierbaren Ausmaß. Ende 1984 zeigte sich jedoch neuerlich eine erhebliche Staubbiederschlagsbelastung, welche beim weiteren Anhalten dieser Belastung auch zum Überschreiten der Grenzwerte der 2. Forstverordnung für Kalkstaubbildung führen kann.

( siehe Abbildung 56, Seite 144 ).

Meßstelle Niederndorferberg:

Die Meßstelle liegt seit dem Winter 83/84 auf 700 m Seehöhe auf einer allseits gut belüfteten flachen Hanglage, welche etwas nach Süden exponiert ist. Die Meßstelle befindet sich abseits großer Siedlungen und vielbefahrener Straßen in einem dünn besiedelten Gebiet.

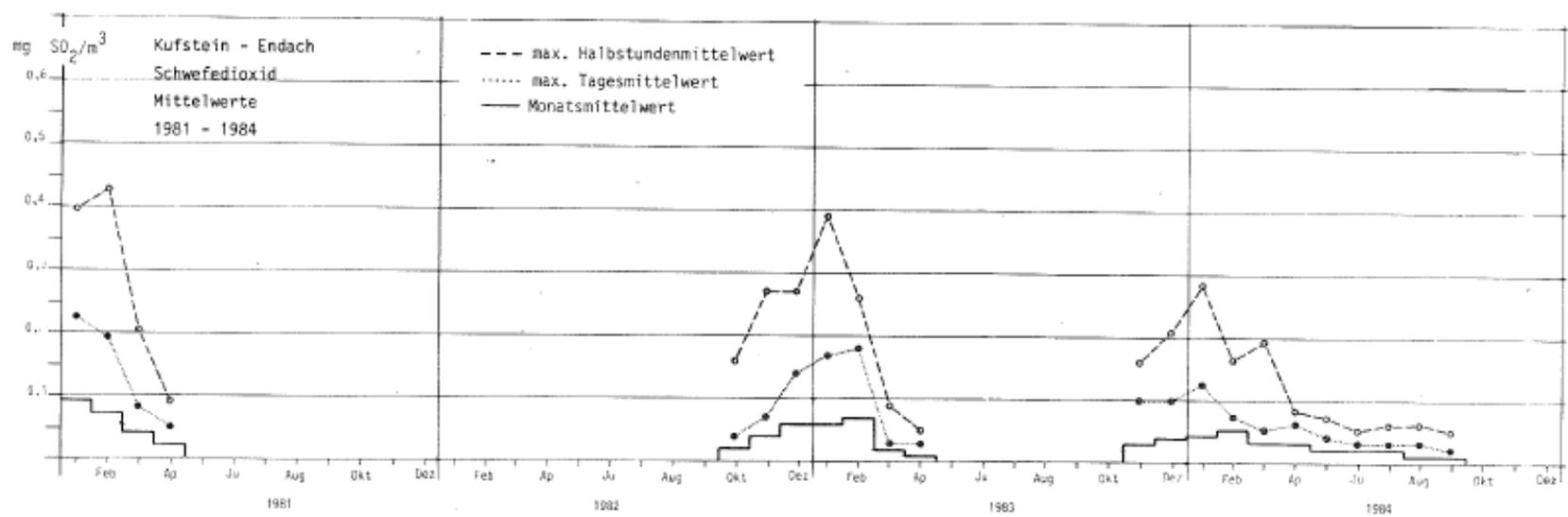
Gemessen wurde:

Nasser Niederschlag:

Die genauen Ergebnisse sind im Kapitel C 4 wiedergegeben. Insgesamt wurden bei dieser Meßstelle wiederholt stark erhöhte Werte an Sulfat-S und Nitrat-N im Niederschlagswasser gemessen, wobei die Nitratdeposition die gleichen Depositionsraten aufwies, wie die Sulfatdeposition, was auf besonders starke Stickoxidemittenten im lokalen bis regionalen Bereich schließen läßt.

Bundesweite Stichprobenuntersu-

Abb. 54



- 143 -

Abb. 55

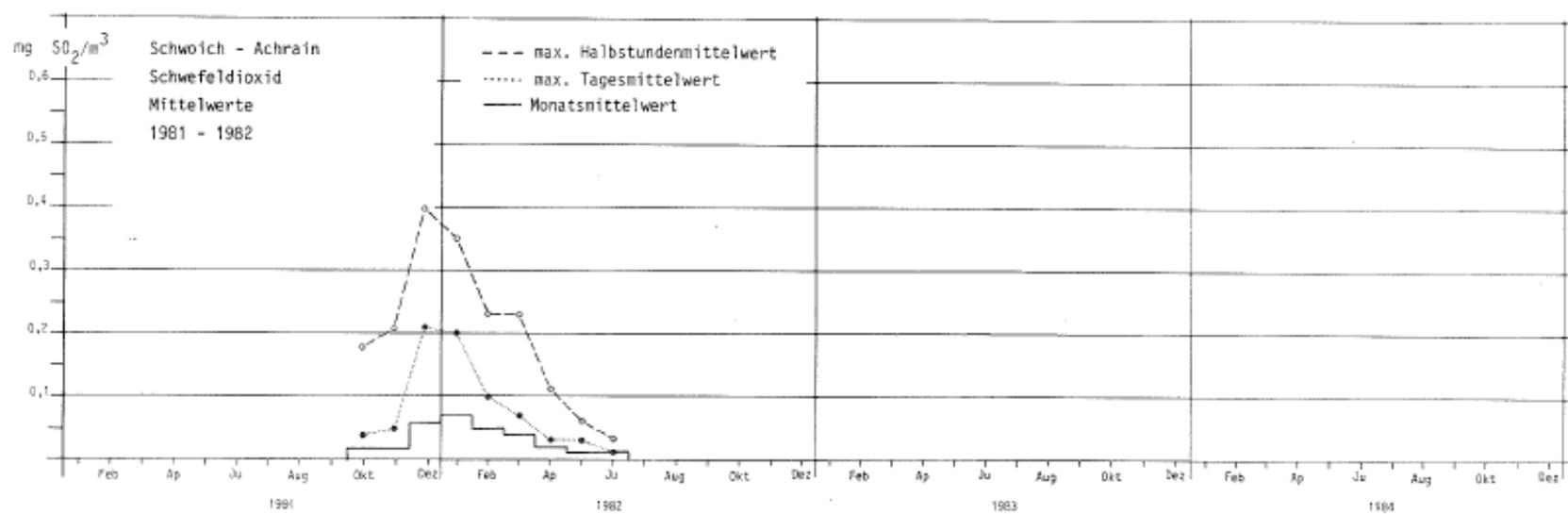
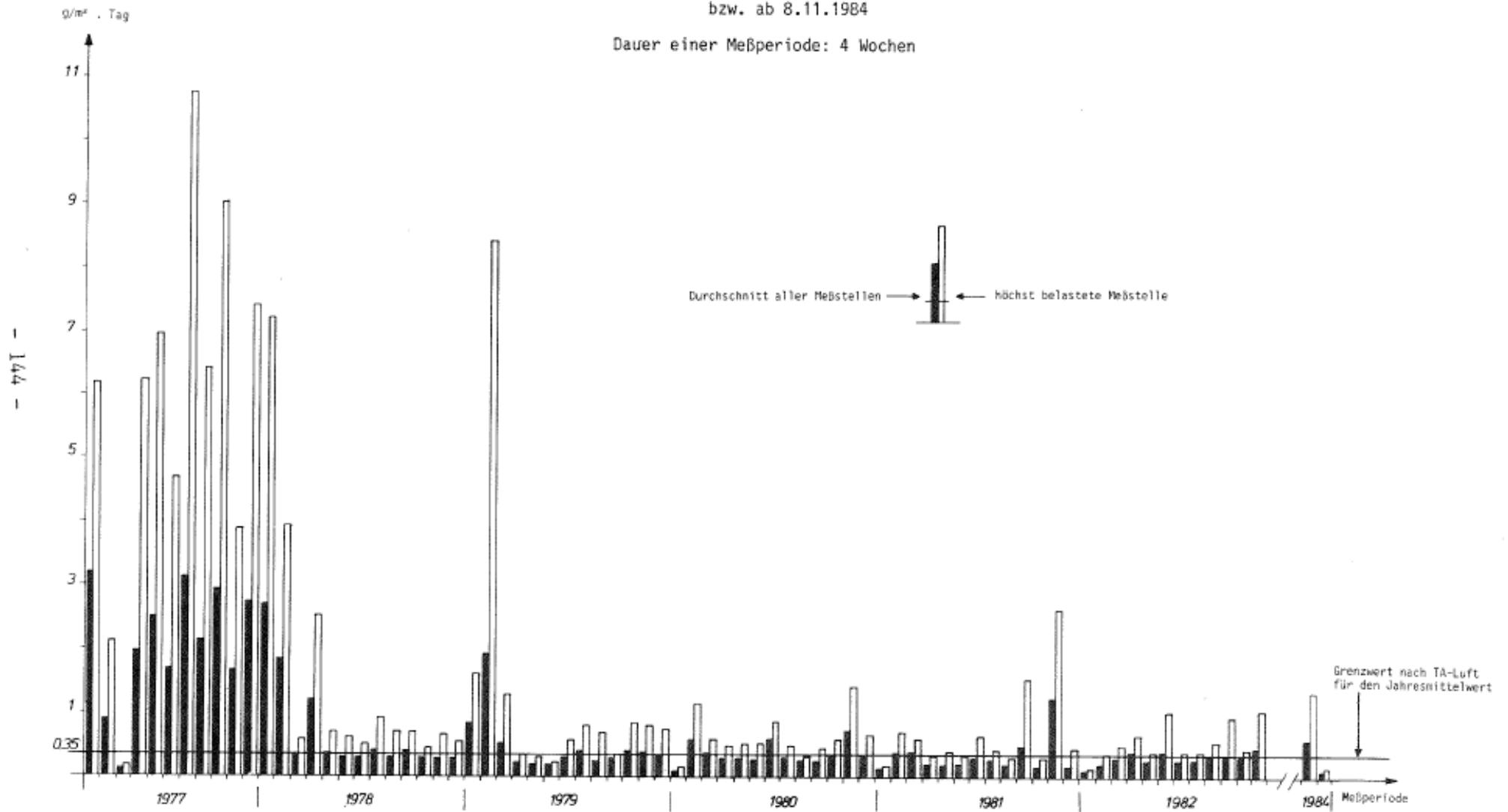


Abb. 56

Staubniederschlagsbelastung - Eiberg

Meßdauer: 15.2.1977 - 1.12.1982  
bzw. ab 8.11.1984

Dauer einer Meßperiode: 4 Wochen



chung 1983 über die Schadstoffbelastung von Schnee durch die Forstliche Bundesversuchsanstalt:

Eine im Jahr 1983 durchgeführte stichprobenweise Erhebung der Schadstoffbelastung von Neuschnee zeigte, daß im Gegensatz zu den übrigen angrenzenden Gebieten Tirols der Bereich um Kufstein von erhöhten Sulfatgehalten, stark erhöhten Nitratgehalten und deutlich erhöhten Leitfähigkeitswerten betroffen war.

#### Nadelanalysen:

Nachdem Ende der 70er-Jahre im Bereich Eiberg und Locherer Sattel, erhöhte Schwefelbelastungen in den Nadeln mit Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. FVO festgestellt wurden, war die Tendenz in diesem Bereich am Beginn der 80er-Jahre eher rückläufig.

Die talnahen Hanglagen des Inntales im Raum Kufstein-Schwoich wiesen in den letzten Jahren wiederholt erhöhte Schwefelbelastungen in den Fichtennadeln auf, wobei die Grenzwerte der zweiten Forstverordnung überschritten wurden; und zwar insbesondere in Schwoich-Achrain, Kufsteinerwald, Endach, Festung Kufstein sowie Fühölzl.

1983 zeigten sich erhöhte Schwefelbelastungen in den Nadeln mit Überschreitungen der Grenzwerte der 2. Forstverordnung an den mittleren und oberen Hanglagen zum Kaisertal, Morsbach, Ebbs-Buchberg sowie die zum Inntal gerichteten talnahen Hanglagen am Kranzhorn und an den mittleren Hanglagen von Söll-Paisslberg. Nur niedrigere Schwefelwerte, welche keine Überschreitung nach der 2. Forstverordnung darstellen, wurden gemessen: in den oberen Hanglagen am Kranzhorn, in den oberen Hanglagen auf der Brandstadlalpe und in Thiersee.

16. Beurteilungsraum: Kitzbühel und Umgebung sowie Brixental

#### Zusammenfassende Beurteilung:

Die in den 70er-Jahren und im Jahr 1983 gewonnenen Nadelanalysen weisen daraufhin, daß sowohl im Raum Kitzbühel als auch im Windautal sowie bei Hopfgarten fallweise erhöhte Schwefelbelastungen in den Fichtennadeln festgestellt wurden, welche knapp Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Die S-Belastung der Fichten im Bereich der Einsiedelei bei Kitzbühel war niedrig. Außerdem wurden im Bereich Hopfgarten in den 70er-Jahren erhöhte Fluorbelastungen festgestellt.

Die Blei- und insbesondere die Salzbelastung entlang der Paß-Thurn-Straße führte an mehreren Stellen im straßennahen Bereich zum flächigen Absterben der Bestandesränder.

#### Beurteilungsunterlagen:

Erhebung der Blei- und Salzbelastung:

Über die Erhebung der Salz- und Bleikontamination entlang der Paß-Thurn-Straße, siehe Kapitel B 3.

#### Nadelanalysen:

Ende der 70er-Jahre durchgeführte Nadelanalysen im Raum Kitzbühel zeigen, daß im Bereich der Einsiedelei eine geringe Schwefelbelastung der Fichtennadel vorlag, während im Bereich Leberberg zu Beginn der 70er-Jahre erhöhte Schwefelgehalte der Nadel festgestellt wurden, welche gemäß 2. Forstverordnung Grenzwertüberschreitungen darstellen. Ebenfalls in den 70er-Jahren wurden in Hopfgarten oberhalb der Ziegelei erhöhte Schwefelgehalte fest-

gestellt und ebenso wurden dort sowohl am Hangrücken als auch am Hangfuß des Achrainwaldes erhöhte Fluorbelastungen festgestellt, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen.

Die im Jahr 1983 durchgeführten Nadelanalysen im Windautal sowie bei Jochberg/Sintersbach weisen deutlich bis mäßig erhöhte Schwefelbelastungen auf, wobei die Nadelanalysen aus dem Windautal gemäß 2. Forstverordnung als Grenzwertüberschreitungen einzustufen sind.

17. Beurteilungsraum: St. Johann und Umgebung, sowie Kössen und Umgebung

Zusammenfassende Beurteilung:

Wie die Ergebnisse der SO<sub>2</sub>-Messungen bei der Meßstelle St. Johann zeigen, wurden im Beurteilungszeitraum (Wintermonate) sowohl in St. Johann als auch an den südlich von St. Johann gelegenen bewaldeten Hanglagen die SO<sub>2</sub>-Grenzwerte der 2. Forstverordnung häufig und zum Teil beträchtlich überschritten.

Die Nadelanalysen zeigen, daß im Bereich Kössen-Kleisalm an den talnahen Hanglagen sowie bei St. Johann/Eder-Nieder-alpe im Bereich der oberen im Südosten von St. Johann gelegenen Hanglagen nur mäßige Schwefelbelastungen vorliegen, welche keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen. Die im Südwesten von St. Johann gelegenen Hanglagen weisen etwas erhöhte Schwefelbelastungen auf, ebenso die Hanglagen bei Oberndorf, wo zusätzlich etwas erhöhte Fluorbelastungen vorliegen. Wegen der vermehrten schädlichen Kombinationswirkung von gleichzeitig mäßig erhöhten Schwefel- und Fluorbelastungen ist in diesem Bereich mit Vegetationsschäden zu

rechnen. Ebenso wurden im Bereich Oberndorf-Adlerhof Schwefelbelastungen in der Fichtennadel festgestellt, welche gemäß 2. Forstverordnung Grenzwertüberschreitungen darstellen.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle St. Johann i.T.:

Lage der Meßstelle: Die Meßstelle lag im Februar und März 1982 in St. Johann in der Speckbacherstraße, am südlichen Rand des Siedlungsgebietes, bei Südwinden im Lee eines Industriebetriebes, auf 660 m Seehöhe im Talboden.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die gemessenen max. Tagesmittelwerte betragen bis zu 0,19 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und die max. Halbstundenmittelwerte bis zu 0,55 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Somit wurden im Beurteilungsttelwertzeitraum die SO<sub>2</sub>-Grenzwerte der 2. Forstverordnung häufig und zum Teil erheblich überschritten.

Im Februar 1982 wurden auch stichprobenweise Erhebungen der SO<sub>2</sub>-Belastungen im Bereich des Ortszentrums, sowie an den bewaldeten Hanglagen im Bereich Sommerer und Talboden zwischen Wiesenschwang und St. Johann durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß im Ortszentrum von St. Johann max. Halbstundenmittelwerte von 0,51 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> erhoben wurden und an der bewaldeten Hanglage (Sommerer) bis zu 0,26 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. (Grenzwert lt. 2. Forstverordnung für häufige Spitzenbelastungen an SO<sub>2</sub> im Winter 0,15 und für einzelne Spitzenwerte 0,30 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>).

Nadelanalysen:

Die Mitte der 70er-Jahre erhobenen Nadelanalysen zeigten im Bereich nördlich von St. Johann in Fricking und beim Flugplatz keine

erhöhten Schwefelbelastungen an, während die Nadelanalysen aus dem Bereich Oberndorf, Blumberg und Brand seit Mitte der 70er-Jahre bis 1982 etwas erhöhte Schwefelbelastungen anzeigen, welche knapp an den Grenzwerten der 2. Forstverordnung liegen. Im Bereich Oberndorf wurden darüberhinaus in den Nadelanalysen Fluorbelastungen festgestellt, welche auch knapp am Bereich der Grenzwerte der 2. Forstverordnung liegen. Beim Zusammentreffen erhöhter Fluor- und Schwefelbelastungen ist jedoch auch dann bereits mit Schäden an den empfindlichen Nadelbäumen zu rechnen, wenn die Einzelwerte noch keine Grenzwertüberschreitungen darstellen. Die im Jahr 1983 in Kössen/Kleisalm sowie in St. Johann/Eder-Nieder-alpe gewonnenen Nadelanalysen zeigen nur mäßig erhöhte Schwefelbelastungen an, welche noch keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen, jedoch bei der Meßstelle Oberndorf/-Adlerhof zeigen die Fichten Schwefelbelastungen, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung sind.

Bundesweite Stichprobenuntersuchung 1983 über die Schadstoffbelastung von Schnee durch die Forstliche Bundesversuchsanstalt:

Die im Jahr 1983 durchgeführte stichprobenweise Erhebung der Schadstoffbelastung von Neuschnee zeigte, daß in der Umgebung von Kössen nicht nur erhöhte Leitfähigkeitswerte sondern auch ein erhöhter Sulfat- und Nitratgehalt des Schnees festgestellt wurde. In diesem Zusammenhang wird auf die Ergebnisse der Messung des nassen Niederschlags bei der Meßstelle Niederndorferberg verwiesen, siehe Kapitel C 4.

## 18. Beurteilungsraum: Pillersee

Zusammenfassende Beurteilung:

Wie die Ergebnisse der Erhebungen der Schwefeldioxidbelastung in Warming bei Hochfilzen zeigen, sind in den letzten beiden Jahren nur niedrigere Schwefelbelastungen aufgetreten und keinerlei Grenzwertüberschreitungen festgestellt worden. Auch in den Jahren seit Inbetriebnahme der Abgasentschwefelungsanlage im Jahr 1975 wurden nur insgesamt dreimal Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung festgestellt, in der übrigen Zeit wurden die Grenzwerte der 2. Forstverordnung zum Großteil sogar deutlich unterschritten.

Die Nadelanalysen zeigen im Raum Hochfilzen bis zum Wiesensee durchwegs nur niedrige bis mäßige Schwefelbelastungen an, welche keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung zeigen. Seit dem Jahr 1973 sind u.a. die Schwefelbelastungen in den ursprünglich am stärksten belasteten Bereichen, Halser und Oberböden, von extrem stark belasteten Werten auf sehr niedrige Schwefelbelastungen weit unter den Grenzwerten der 2. Forstverordnung zurückgegangen. In den Gemeinden St. Jakob i.H. und St. Ulrich wurden in den vergangenen Jahren ebenfalls im allgemeinen nur niedere bis mäßig erhöhte Schwefelbelastungen gemessen, allerdings wurden bei zwei Meßstellen, so am Lehrberg bei St. Jakob i.H. und bei Weisleiten zum Teil wiederholt Schwefelbelastungen festgestellt, welche Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Hochfilzen-Warming:

Lage der Meßstelle: Die Immis-

sionsmeßstelle liegt seit dem Jahr 1973 auf 940 m Seehöhe in Warming 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: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die Schwefeldioxidbelastung bei dieser Meßstelle zeigte seit dem Einbau der zu 98 bis 99 % Wirkungsgrad aufweisenden Entschwefelungsanlage beim Magnesitwerk Hochfilzen seit dem Jahr 1976 nur insgesamt dreimal Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung an, wobei kurzfristig Halbstundenmittelwerte von 0,15 bzw 0,36 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen wurden. In der übrigen Zeit wurden keine Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung festgestellt, z.B. im Jahr 1983 betragen die gemessenen max. Halbstundenmittelwerte 0,06 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> im Winterhalbjahr und 0,05 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> im Sommerhalbjahr. Die max. Tagesmittelwerte lagen im Winter bei 0,02 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und im Sommerhalbjahr durchwegs bei 0,01 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Im Jahr 1984 wurde im Juli ein max. Halbstundenmittelwert von 0,13 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gemessen bei einem max. Tagesmittelwert von 0,02 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. In den übrigen Monaten betrug der maximale Halbstundenmittelwert 0,02 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Somit lagen in den letzten beiden Jahren die gemessenen SO<sub>2</sub>-Belastungen fast lückenlos weit unter den SO<sub>2</sub>-Grenzwerten der 2. Forstverordnung.

( siehe Abbildung 57, Seite 149 ).

Nadelanalysen:

Nachdem zu Beginn der 70er-Jahre die Nadelanalysen im Raum Hochfilzen, St. Jakob sehr stark erhöhte Schwefelbelastungen aufwiesen,

ist die Belastung bereits im Jahre 1977 deutlich zurückgegangen. (Siehe Abbildung 58). Bei den extrem belasteten Meßstellen, z.B. in Oberböden oder beim Halser ist die ursprünglich im Jahr 1973 extreme Schwefelbelastung nunmehr in den Jahren 1979 bis 1983 auf sehr niedere Schwefelbelastungen zurückgegangen, die weit unter den Grenzwerten der 2. Forstverordnung liegen. In einzelnen Jahren vorübergehend mäßig erhöhte Schwefelbelastungen, welche jedoch nicht Grenzwertüberschreitungen gemäß 2. Forstverordnung darstellen, wurden bei folgenden Meßstellen im Zeitraum von 1979 bis 1983 erhoben: Hochfilzen-Hierhang bei Seilbahn, südöstlich der Schipfelalm, im Eibelgraben, in Ober-tenn, in St. Ulrich-Flecken und in St. Ulrich am Steig zur Bräualm. Niedere Schwefelbelastungen wurden festgestellt in St. Adolari, im Lachtal östlich Stelzer, in St. Jakob i.H., Kuchlegg, in St. Ulrich Fleckener Mähder, am Wiesensee in Schwarzlahner, am Hüttenboden im Astenwald bei der Schüttacheralm, in Warming-Reithal auf der Stalleralm und in Fieberbrunn Waldhof, sowie in Fieberbrunn-Tenn und in Fieberbrunn-Liendelmaiß, sowie im Hörndlinger Graben. Bei zwei Meßstellen und zwar in St. Ulrich südlich Weis-leiten im Jahr 1980, sowie in St. Johann i.H. im Jahr 1981 und erneut im Jahr 1983 wurden erhöhte Schwefelbelastungen festgestellt, welche gemäß 2. Forstverordnung Grenzwertüberschreitungen darstellen.

( siehe Abbildung 58, Seite 150 ).

Abb. 57

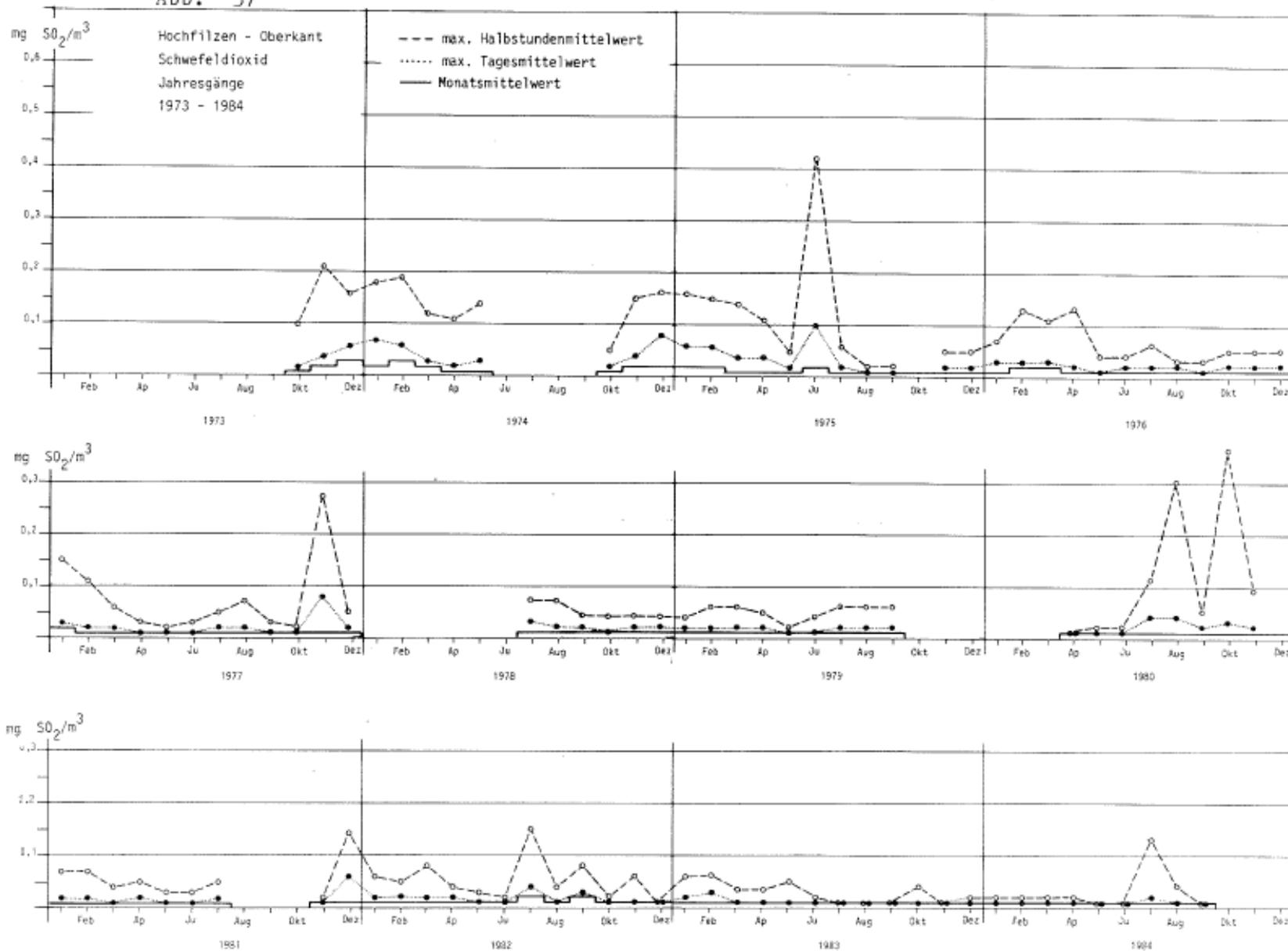


Abb. 58

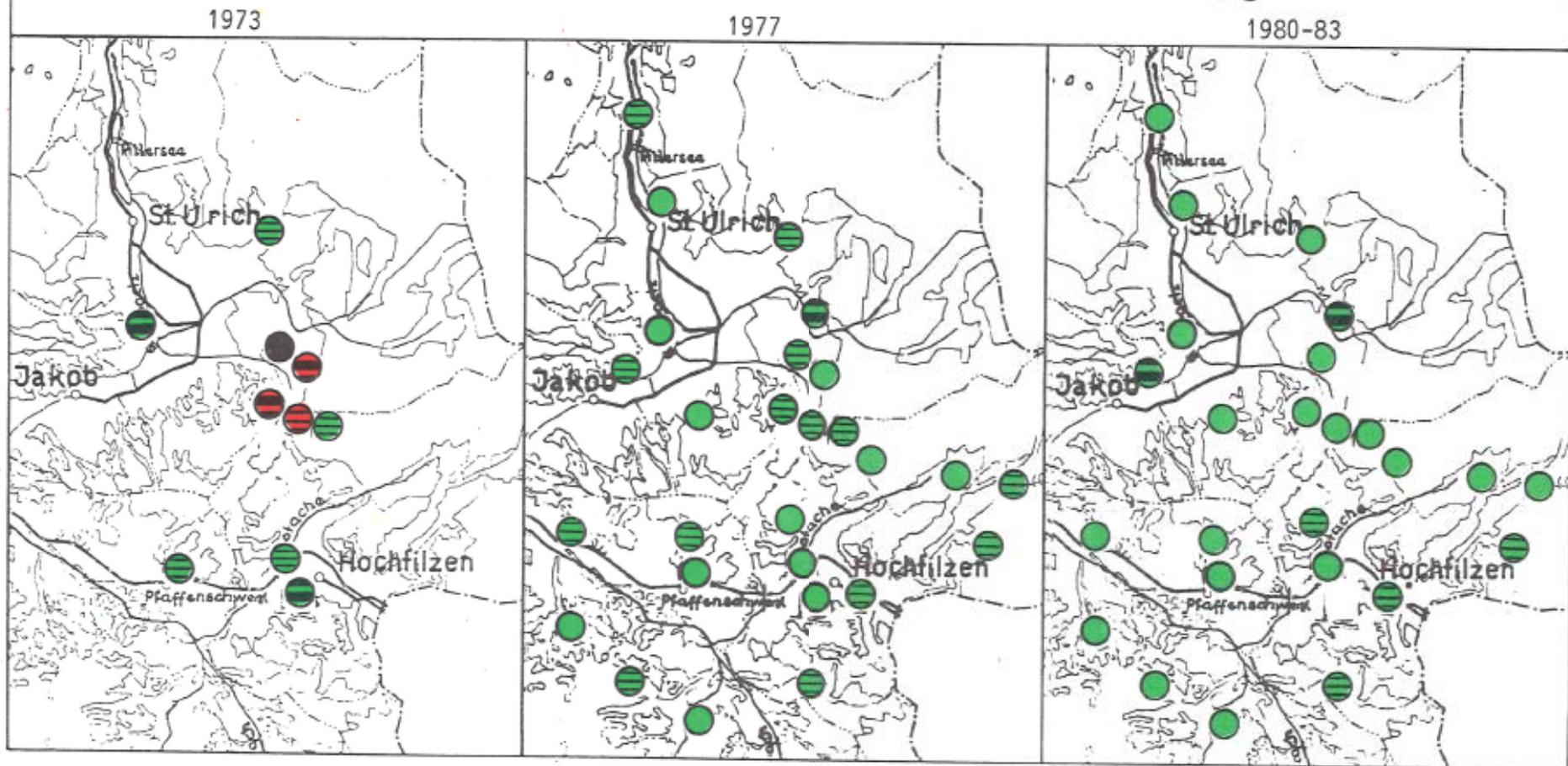
Schwefelgehalt der Fichtennadeln im Raum Hochfilzen - Ergebnisse der Jahre 1973, 1977 sowie 1980 - 83

(1974 wurde im Magnesitwerk Hochfilzen eine Abgaswäsche eingebaut)

Schwefelbelastung der Fichtennadeln:

- nicht bis kaum belastet
- ◐ mäßig belastet
- ◑ deutlich belastet

- ◒ stark belastet
- ◓ sehr stark belastet
- extrem belastet



D 6 BEZIRK LIENZ

BFI Matrei  
BFI Sillian  
BFI Lienz

a) Waldzustand

Osttirol ist von den Waldschäden in Tirol noch weniger betroffen. Während die Wälder im Raum Sillian und Matrei noch weitgehend gesund sind, treten im Lienzer Talkessel aber verbreitet Waldschäden auf ( siehe Tabelle 7 ).

Im folgenden werden geschädigte Waldgebiete in den einzelnen Gemeinden und Tälern aufgezählt. Diese Gebiete sind in der Tirolkarte in Kapitel C 1 in Abb. 2 eingezeichnet. In den genannten Gebieten treten Baumkronenverlichtungen durch vorzeitigen Nadel- oder Blattverlust auf. Diese lokalen Waldzustandsbeschreibungen allein erlauben keine Ursachenzuordnung. In einigen Gebieten liegen aber Messungen vor, die die Einwirkung von Luftverunreinigungen belegen. Darüberhinaus können auch natürliche Schadfaktoren Waldschäden verursachen. Allerdings besteht kein Zweifel, daß auch außerhalb der Ballungsgebiete in Tirol die Waldschäden durch Luftverunreinigungen mitverursacht werden:

Tabelle 7: Gesundheitszustand der Bestände über 60 Jahre im Bezirk Lienz (Waldzustandsinventur, 39 Probebestände)

Schadstufe	Fichte	Lärche	Zirbe	alle Baumarten
1 (gesund)	77	100	100	83 %
2 (leicht gesch.)	19	-	-	15 %
3 (mittelstark gesch.)	3	-	-	2 %
4+5 (absterbend, tot)	1	-	-	- (0,4 %)
gesamt geschädigt	23			17 %

Baumartenverteilung: 73 % Fichte, 20 % Lärche, 3 % Zirbe, 2 % Kiefer, 1 % Tanne, 1 % Buche.

19. Beurteilungs-  
raum: Matrei und  
Umgebung, Kals, Defreggen,  
Abfaltersbach und Umgebung,  
Sillian und Umgebung,  
Villgraten und Tilliach

Im gesamten Gebiet der BFI Matrei konnten flächig keine Schäden festgestellt werden. Kleinflächig kommen Vitalitätsschwächungen auf extremen Rücken des Tauerntales und im Virgental vor.

In der BFI Sillian treten keine flächenhaften Waldschäden auf. Kleinflächig sind leichte Schäden in Tassenbach bei der Straße nach Kartitsch und südlich von Abfaltersbach auf steilen Kalkhängen zwischen 950 und 1.100 m und am Talboden bei Arnbach festzustellen.

20. Beurteilungs-  
raum: Lienz und Umgebung  
sowie Ainet und Umgebung

St. Johann i.W., Ainet,  
Schlaiten:  
In talnahen Beständen des Iseltales kleinflächig auf exponierten Standorten verbreitet leichte Schäden.

Oberlienz, Lienz, Leisach, Amlach, Tristach:

Großflächig treten leichte Schäden am Schloßberg vom Talboden bis zur Venedigerwarte auf, die Schadenszone zieht sich hier am Hangfuß bis zur Lienzer Klause, ferner sind leichte Schäden im Gebiet zwischen Ulrichsbichl den Tristacher Heimwäldern und Bad Jungbrunn sowie noch bei der Tratte feststellbar. Starke Schäden konzentrieren sich auf den Bereich unterhalb der Venedigerwarte.

Assling:

Leichte Schäden insbesondere nördlich der Drau am Talboden, starke Schäden beim Mordbichl.

Lavant, Dölsach, Nikolsdorf:

Am Talboden des Drautaales treten leichte Schäden insbesondere in Gödnach und Nörsach auf. Südlich der Drau leichte Schäden vom Kreitlaf bis nach Nikolsdorf am Hangfuß.

#### b) Immissionssituation

19. Beurteilungsraum: Matriei und Umgebung, Kals, Defreggen, Abfaltersbach und Umgebung, Sillian und Umgebung, Villgraten und Tilliach

#### Zusammenfassende Beurteilung:

Die in Osttirol abseits des Lienzer Talkessels und seiner Umgebung durchgeführten Nadelanalysen zeigen niedrigere Belastungswerte an, sodaß die Grenzwerte laut Forstverordnung im wesentlichen nicht überschritten werden. Die ersten Ergebnisse der Untersuchungen der sauren Niederschläge deuten jedoch darauf hin, daß auch die aus dem Süden in den Untersuchungsraum gelangenden Niederschläge nicht als unbelastet einzustufen sind und gewisse

Schadstoffdepositionen daher in niederschlagsreichen Lagen nicht völlig ausgeschlossen werden können.

#### Beurteilungsunterlagen:

##### Meßstelle Innervillgraten

Lage der Meßstelle: Die Meßstelle liegt seit dem Herbst 1984 an einer nach Südwesten gerichteten oberen Hanglage in Innervillgraten auf 1.730 m Seehöhe, 320 m über dem Talboden. Die Meßstelle liegt in einem von allen viel befahrenen Straßen abgelegenen Seitental - die Straße durch das Pustertal ist mehr als 8 km Luftlinie von der Meßstelle entfernt und außerdem durch einen etwa 2.500 m hohen Bergkamm großteils abgeschirmt. Die Meßstelle liegt im Bereich einzelner Bergbauernhöfe.

Gemessen wurde: nasser Niederschlag

#### Nasser Niederschlag:

Die ersten Ergebnisse der Analysen des nassen Niederschlags zeigten mit Maximalwerten von 3,07 mg/l SO<sub>4</sub>-S und mit 1,02 mg/l NO<sub>3</sub>-N sowie einem niedrigsten pH-Wert von 4,13, daß auch südlich des Alpenhauptkammes zumindest fallweise erhöhte Schadstoffbelastungen des Regens möglich sind. Genauere Aussagen sind erst nach einem längeren Beobachtungszeitraum möglich. (Vergleiche die Ergebnisse der sauren Niederschlagsanalyse aus Reutte, Achenkirch und Kufstein in Kapitel C 4.)

#### Nadelanalysen:

Wie die Ergebnisse der Nadelanalysen von den Meßstellen Landeggwald, Glanz-Hinterburg bei Matriei i.O., Prägraten sowie aus dem Defreggental (beim Schmittent-

kirchl und beim Frattenwald) zeigen, werden die Grenzwerte laut zweiter Forstverordnung nicht erreicht, obwohl der Wert von Prägraten knapp am Grenzwert liegt. Die Nadelanalysen von der Fronstadelalm zeigen zwar einen erhöhten Schwefelgehalt in der einjährigen Nadel an, diese Probe wurde jedoch unmittelbar neben einem stillgelegten Schwefelkiesabbau gewonnen, sodaß dieser Wert nicht für ein größeres Gebiet als kennzeichnend herangezogen werden kann. Insgesamt können also die Nadelanalysen im Raum Tauerntal, Virgental, Defereggental als gering belastet bezeichnet werden.

20. B e u r t e i l u n g s -  
r a u m: Lienz und Umgebung  
sowie Ainet und Umgebung

Zusammenfassende Beurteilung:

Die Ergebnisse der Erhebungen der Luftbelastung durch SO<sub>2</sub> im Raum Lienz zeigen, daß in den vergangenen Jahren in den Wintermonaten häufige und zum Teil sehr starke Grenzwertüberschreitungen gemessen an den Grenzwerten der zweiten Forstverordnung aufgetreten sind. In den Sommermonaten traten nur vereinzelt geringfügig erhöhte SO<sub>2</sub>-Belastungen auf.

Die Nadelanalysen im Lienzer Talkessel, insbesondere an den nach Osten und Süden gerichteten Hanglagen, sowie im Bereich des Iseltals vor der Einmündung in den Lienzer Talkessel und südöstlich des Lienzer Talkessels zeigen zum Teil starke Überschreitungen der Grenzwerte der zweiten Forstverordnung an.

Vorwiegend in den Wintermonaten ist im Einflußbereich stark frequentierter Hauptverkehrsstraßen im Bereich des Lienzer Talkessels damit zu rechnen, daß pflanzenschädliche Kombinationswirkungen

von Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid auftreten können.

Beurteilungsunterlagen:

Meßstelle Lienz - Bezirkshauptmannschaft

Lage der Meßstelle: Die Immissionsmeßstelle lag in der Zeit von 1978 bis 1982 an der Ostseite des Gebäudes der Bezirkshauptmannschaft nahe dem Stadtzentrum von Lienz. In geringer Entfernung zur Meßstelle befindet sich die Bundesstraße vom Felbertauern in Richtung Kärnten sowie die Abzweigung in Richtung Pustertal. Die Meßstelle befand sich auf 670 m Seehöhe im Talboden.

Gemessen wurde: SO<sub>2</sub>

Schwefeldioxid:

Die Schwefeldioxidbelastung zeigte im gesamten Berichtszeitraum jeweils in den Wintermonaten stark erhöhte Belastungen an, wobei wiederholt Tagesmittelwerte bis zu 0,23 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und maximale Halbstundenmittelwerte von 0,40 bis 0,58 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> erreicht wurden. In jedem Winter des Berichtszeitraumes wurden die Grenzwerte der zweiten Forstverordnung zum Teil sehr beträchtlich überschritten. In den Sommermonaten lag die SO<sub>2</sub>-Belastung im allgemeinen wesentlich niedriger, sodaß im Berichtszeitraum in den Sommermonaten kaum Überschreitungen der SO<sub>2</sub>-Grenzwerte der zweiten Forstverordnung festgestellt wurden.

( siehe Abbildung 59, Seite 154 ).

Da im Winterhalbjahr oft SO<sub>2</sub>-Belastungen von mehr als 0,13 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> auftreten und andererseits im Einwirkungsbereich stark befahrener Bundesstraßen mit erhöhten Stickstoffdioxidkonzentrationen zu rechnen ist, muß fallweise mit vegetationsschädigenden Kombina-

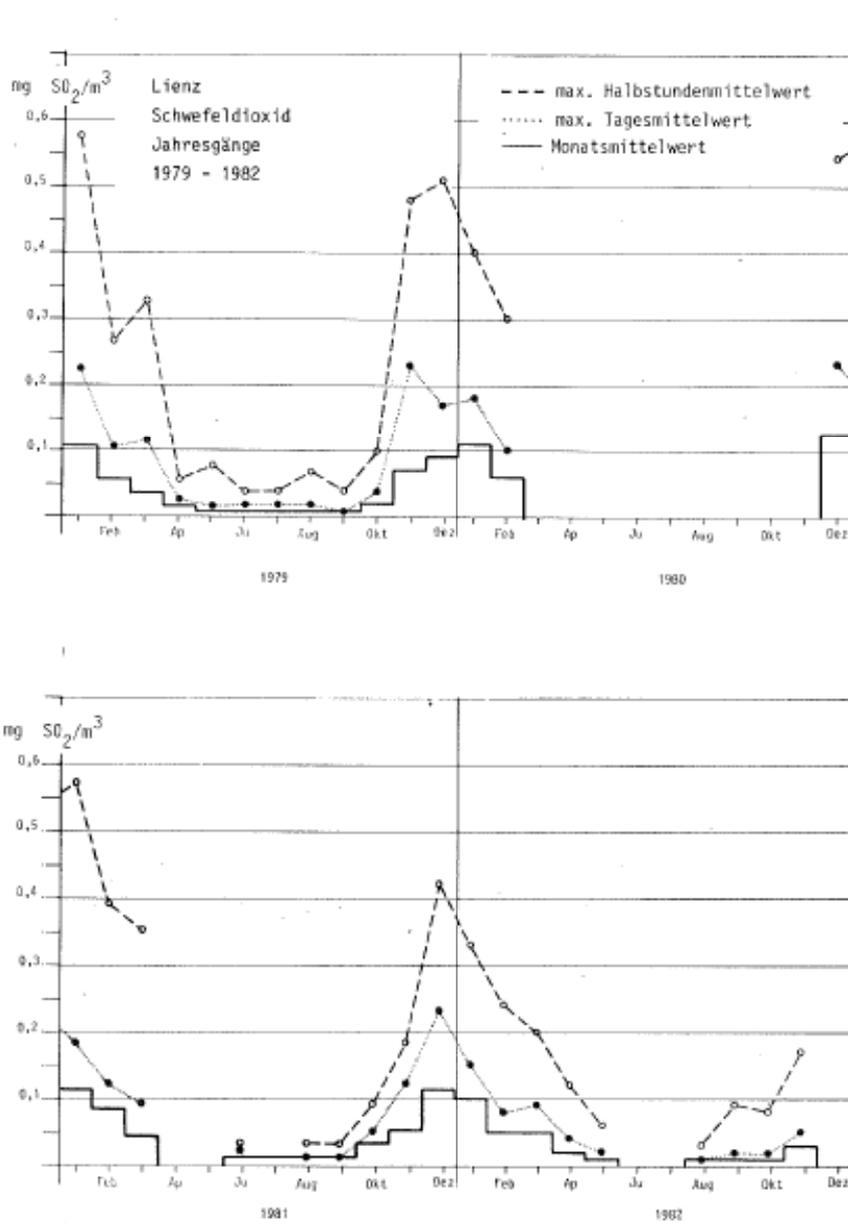
tionswirkungen von SO<sub>2</sub> und Stickoxiden im Einzugsbereich viel befahrener Hauptdurchzugsstraßen gerechnet werden.

Nadelanalysen:

Die Ergebnisse der Nadelanalysen im Bereich Schloßberg, Obergaimberg, Isel-Kai, Nußdorf, Lesendorf, Glanz, Bad Leopoldsrud sowie von den Hanglagen vom Talboden über den Gaimberg auf das Zet-

tersfeld sowie aus Nikolsdorf zeigen erhöhte bis stark erhöhte Schwefelbelastungen an, wobei die Grenzwerte der zweiten Forstverordnung überschritten werden. Die Nadelanalysen im Bereich Tristachersee, Amlach, Lavant und Assling sowie im Laibniztal weisen niedrige bis mäßige Schwefelbelastungen auf, wobei die Grenzwerte der zweiten Forstverordnung nicht überschritten werden.

Abb. 59



## E FOLGEN EINER GROSSFLÄCHIGEN WALDSCHÄDIGUNG

### E 1 VERMINDERTE SCHUTZWIRKUNG

Die Auswirkungen größerer Waldverluste in alpinen Landschaften können sehr unterschiedlicher Art sein. Je nach geologischer Unterlage, Böden, Hangneigung, Höhenlage sind erhöhte Oberflächenabflüsse, Rutschungen, Humusschwund, Lawinen zu erwarten. Neuere Erkenntnisse der Wildbachkunde, der Bodenmechanik der Schnee- und Lawinenkunde und auch der Hydrologie der Abflüsse lassen Prognosen für unterschiedliche Gebirgslandschaften zu, aus denen sich realistische Szenarios entwickeln lassen. Neben der Sicherheit eines Gebirgslandes wird der Holzerntrag verringert, für den Waldeigentümer wirkt sich dies ebenso nachteilig aus wie auf die Holzverarbeitenden Betriebe des Landes. Schließlich verursachen immissionsbedingte Waldschäden vielfach auch weitere sekundäre Schäden durch Pilze und Insekten.

### Erhöhte Oberflächenabflüsse

Oberflächenabflüsse treten nur bei kurzandauernden Starkregeneignissen auf. Derartige Niederschläge sind in den Alpen nicht nur häufig, sondern sie erreichen für mitteleuropäische Verhältnisse extrem hohe Intensitäten. Ob als Folge solcher Witterungsexzesse große oder weniger große Hochwasser in den Wildbächen auftreten, hängt neben anderen Faktoren ganz wesentlich von der Vegetation im Einzugsgebiet ab.

Es ist seit langem bekannt und durch eine Reihe von Untersuchungen bestätigt, daß dem Wald bei kurzen Starkniederschlägen eine ganz wesentliche moderierende Wirkung zuzurechnen ist. So treten in Wäldern nur ganz ausnahmsweise rasch abfließende Oberflächenab-

flüsse auf.

In Rasengesellschaften hingegen fließt ein großer Teil der Starkniederschläge rasch und ohne Verzögerung ab. Die Oberflächenabflüsse erreichen hier in vielen Fällen 30 bis 40 % des Niederschlages, in Ausnahmefällen bis zu 70 %.

Wie sich die Oberflächenabflüsse in absterbenden Wäldern entwickeln, hängt weitgehend von der nachfolgenden Vegetation ab. Bei rasch aufkommender Naturverjüngung der Hauptholzarten wird sich am Abflußverhalten gegenüber der Waldvegetation wenig ändern, da die dafür verantwortlichen Bodenstrukturen erhalten bleiben.

Kommt es jedoch zu einer starken Vergrasung, dann ist mit hohen Oberflächenabflüssen zu rechnen. In den Wildbächen treten dann sehr steile Hochwasserspitzen auf, die aus Uferanbrüchen und aus der Wildbachsohle erhebliche Geschiebemengen lösen und in die Talregionen verfrachten und Schäden in Kulturflächen und Siedlungen verursachen können.

### Rutschungen

Rutschungen sind Hangbewegungen recht unterschiedlicher Form, die durch ständig oder zeitweise hohe Wassergehalte in Böden, Schuttkörpern oder Gesteinspaketen ausgelöst und in Gang gehalten werden. In Waldbeständen gelangen durch Interzeption etwa 200 mm der Niederschläge im Jahresmittel nicht auf den Boden. Etwa die gleiche Menge Wasser wird durch die Evapotranspiration dem Boden durch die Pflanzen wieder entzogen. Beim Verschwinden des Waldes gelangt zunächst das vormals durch Interzeption zurückgehaltene Wasser zusätzlich in den Boden. Mit dem Fehlen der Bäume nimmt aber auch die Transpiration erheblich ab und das unverbrauchte Wasser verbleibt ebenfalls im Boden. Damit nimmt die Ausgangs-

feuchte im Schuttkörper des Untergrundes zu und es genügen geringe zusätzliche Wassermengen aus Niederschlägen, um Rutschungen auszulösen; dementsprechend ist nach großflächigen Waldverlusten mit häufigeren Rutschungen zu rechnen. Für die Wildbäche bedeutet dies eine Zunahme der Feststoffherde und der Murentätigkeit bei Hochwasser und damit eine vermehrte Gefährdung der Talbereiche und Siedlungen.

#### H u m u s s c h w u n d

Auf Kalken und Dolomiten sind in der Regel Humuskarbonatböden entwickelt, die auch unter Wald oftmals nur geringe Mächtigkeiten erreichen. Beim Ausfallen der Baumschicht wird zum einen durch das Fehlen der biogenen Abfälle, der Laub- und Nadelstreu, sowie durch verstärkten Humusabbau im Boden das Profil stark verkürzt. Damit vermindert sich die Aufnahmefähigkeit des Bodens bei Starkregen und es kommt zu höheren Abflüssen. Zum anderen kann auf solcherart degradierten Böden unter Umständen kein Wald mehr Fuß fassen. Dies gilt auch für Latschenbestände, die vom Waldsterben wohl kaum verschont bleiben werden.

Für alle derart gefährdeten und bereits betroffenen Bestände gilt, daß nur eine möglichst rasche flächendeckende Naturverjüngung die Waldstandorte erhalten kann.

#### L a w i n e n

Die Schutzwirkung von Bergwäldern gegen Lawinen ist altbekannt und hat ihren Niederschlag bereits in frühen Bannwaldverordnungen gefunden. In durch das Waldsterben entwaldeten Alpen wären zahlreiche Täler nicht mehr bewohnbar, unzählige Verkehrsverbindungen würden immer wieder zerstört, die Alm-

und Alpwirtschaft wäre durch die Zerstörung der Bodensubstanz ihrer Grundlagen beraubt und nicht zuletzt wäre ein winterlicher Massentourismus in vielen Gebieten nicht mehr möglich. Der Umfang der Gefährdung von Tallandschaften durch zusätzliche Lawinen als Folge größerer Waldverluste läßt sich heute auch näherungsweise noch nicht abschätzen, er kann aber leicht neben einer ökologischen zu einer ökonomischen Katastrophe werden.

Während bei den Wildbächen eine Abwendung der größten Gefahren zumindest von den Tälern finanziell noch machbar erscheint, wäre dies bei den Lawinen nahezu undenkbar. Geht man davon aus, daß der Ersatz eines Hektars Lawinenschutzwald durch technische Bauten mit (5 bis 7 Mio. S)angesetzt werden muß, so wird klar, daß hier auch wohlhabende Gemeinwesen rasch an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit stoßen.

#### E 2 DIE AUSWIRKUNGEN DER WALDERKRANKUNG AUF ZUWACHS UND ERTRAG

Zur Entfaltung seiner optimalen Wuchsfähigkeit benötigt ein Baum neben tauglichen Boden-, Wasser- und Umweltbedingungen auch eine volle Krone mit gesunden Assimilationsorganen (Nadeln, Blätter). Ein wie auch immer geartetes Kränkeln dieser Organe oder gar ihr merkbarer Verlust schränken die Produktionskraft des Baumes ein: Die Jahrringbreiten werden geringer und die Höhentriebe häufig kürzer, man spricht vom Zuwachsverlust.

Im Erscheinungsbild der neuartigen Walderkrankung sind ein vormals untypisches Verfärben und ein progressiv fortschreitendes, vorzeitiges Abwerfen der Nadel- und Blattorgane zu beobachten. Letzteres wurde mit der Ansprache

des prozentuellen Nadelverlustes im Zuge der Tiroler Waldzustandsinventur im Jahre 1984 erhoben, womit allerdings nur die untere Grenze des zu erwartenden Zuwachsverlustes bestimmt werden kann. Tatsächlich treten nämlich im allgemeinen Zuwachsreduktionen schon vor dem Sichtbarwerden der Kronenverlichtung ein.

Allein für die Baumart Fichte, die in Tirol immerhin 79 % des stockenden Holzvorrates und 77 % des jährlichen Holzzuwachses ausmacht, ist für 1984 der umweltbedingte Zuwachsverlust mit etwa 54.700 vfm anzuschätzen. Das sind immerhin fast 5 % des durchschnittlichen jährlichen Fichtenzuwachses. Durch den Zuwachsverlust gehen den Tiroler Waldbesitzern rund 5 30,6 Millionen verloren, durch den Verlust an eigenem Arbeitseinkommen aus der Waldarbeit zusätzlich 5 6,9 Millionen; das sind zusammen 5 125,--/ha Ertragswaldfläche. Entsprechend der vorangegangenen Erklärung handelt es sich dabei um einen Wert an der unteren Grenze. Berücksichtigt man in diesem Falle auch noch die regional recht unterschiedliche Verteilung der verschiedenen Schadensstufen, beträgt in den Wäldern am Alpennordrand und an den Unterhängen des Inntales der Zuwachsverlust je Hektar ein Mehrfaches von denen in den weniger stark geschädigten Zentralalpen.

Vergleichbare Berechnungen für die übrigen Baumarten unseres Landes können mangels geeigneter mathematischer Modelle nicht angestellt werden. Anzunehmen ist allerdings für die empfindliche Tanne, die in Tirol mit 7 % am Holzvorrat beteiligt ist, daß ihr prozentualer Zuwachsverlust den der Fichte weit übersteigt.

Betriebswirtschaftlich relevant werden die Folgewirkungen der Walderkrankung in erster Linie

durch die Beeinträchtigung der Einkommensfunktion:

Das sind einmal die Mindereinnahmen als Folge der Zuwachsverluste und ungünstiger Verschiebungen in der Sortenstruktur, weil das Holz oft vor der Umtriebszeit mit geringeren Dimensionen geschlägert werden muß, und weil abgestorbene Bäume grobe Qualitätsmängel aufweisen.

Beim heutigen Stand der Walderkrankung in unserem Land sind die kranken und abgestorbenen Bäume häufig diffus verteilt, woraus sich beträchtliche Mehraufwendungen für Holzernte und Waldverjüngung ergeben.

Durch die aus Forstschutzgründen notwendige rasche Durchführung solcher "Zwangsnutzungen" verliert der Waldbesitzer die Marktanpassung; er muß das Holz auch bei schlechtem Preis auf den Markt bringen.

Nach den Wirtschaftsergebnissen von buchführenden Betrieben ist die Einkommenssituation im Bereich der alpinen Landwirtschaft, zu der in Tirol mehr als die halbe Waldfläche in Form von Privatwald oder Agrargemeinschaftsanteilen gehören, bereits jahrelang bedenklich niedrig; der rein landwirtschaftliche Betriebszweig ist nicht selten defizitär und wird durch Einnahmen aus Wald, Waldarbeit und Nebenerwerb abgedeckt. Diese Situation für die bäuerlichen Betriebe ist sehr gefährlich, weil mittelfristig damit auch die Funktionen des Waldes als "Sparkasse" und als Lieferant von "Arbeitseinkommen" gefährdet sind.

E 3 AUSWIRKUNG AUF DEN  
FREMDEVKKEHR

Durch die Inanspruchnahme weiter Landesteile für Siedlungsraum, Gewerbe- und Industriegebiete, Infrastruktureinrichtungen, aber auch für die Landwirtschaft bilden Wald und Hochgebirge die einzigen, noch naturnahen Elemente der Landschaft.

Durch enges Zusammenleben in Ballungsräumen und Streß im Berufsleben suchen immer mehr Menschen Ruhe und Entspannung. Somit gewinnt der Wald als Erholungsraum zunehmend an Bedeutung.

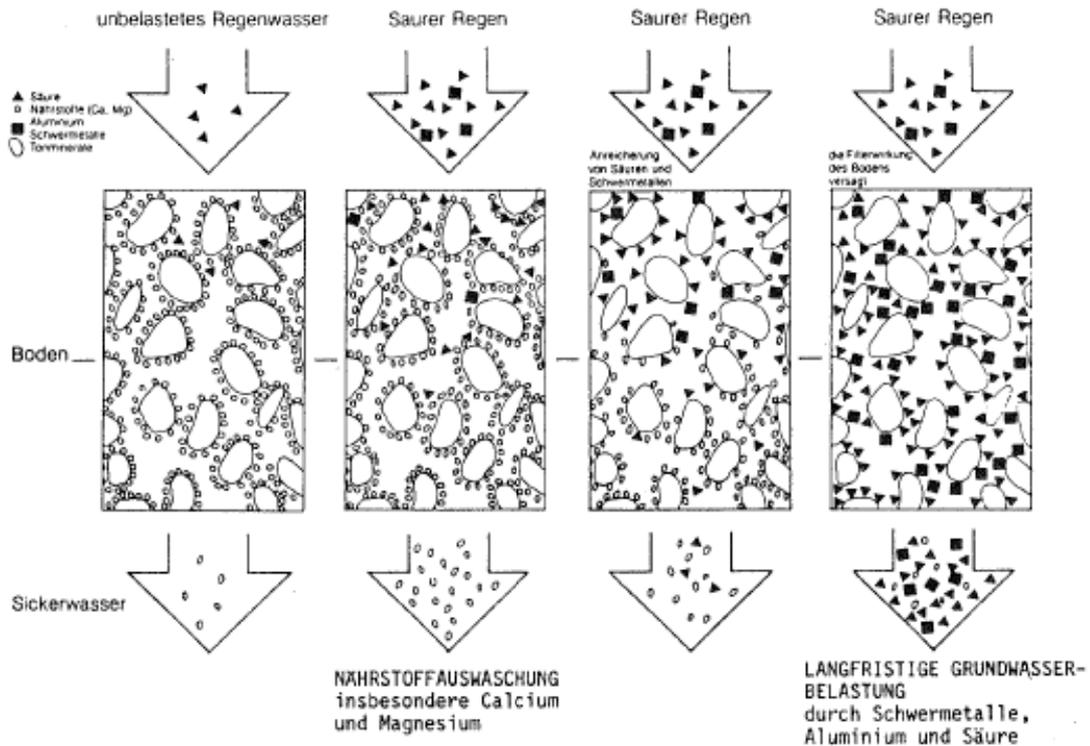
Der Fremdenverkehr stellt eine bedeutende Einnahmequelle in der heimischen Wirtschaft dar. Dies beweisen allein die 40 Millionen Übernachtungen im Fremdenverkehrsberichtsjaahr 1984 (Quelle: Fremdenverkehr im Sommerhalbjahr 1984, Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. Ic).

Bei Befragungen, warum die Gäste nach Tirol kommen, erhält die schöne Landschaft, und somit auch der gesunde Wald, die höchste Wertigkeit. Umweltentlastung und damit Walderhaltung sind daher langfristig eine entscheidende Voraussetzung für eine erfolgreiche Fremdenverkehrswirtschaft.

E 4 AUSWIRKUNGEN AUF DEN  
WASSERHAUSHALT

Die Schadstoffbelastung der Luft wirkt sich auch auf den Wasserhaushalt aus. Einmal dadurch, daß die Niederschläge durch Schadstoffe belastet sind (siehe den Beitrag über nasse Deposition in diesem Heft), zum anderen aber auch, weil der Schadstoffeintrag den Waldboden belastet, jene Teile unseres Landes also, die als große Quellschutzgebiete wichtige Funktionen zu erfüllen haben. Wenn die Pufferkapazität

Abbildung 1: Langzeitwirkung des sauren Regens auf Boden und Wasser



der Böden durch saure Niederschläge erschöpft ist, dann werden auch wir gebietsweise mit jenen Problemen konfrontiert werden, mit denen etwa die Skandinavier schon lange zu kämpfen haben: Versauerung der Oberflächengewässer verbunden mit Fischsterben, auf besonders schlecht gepufferten geologischen Formationen, auch Versauerung des Grundwassers, Belastung mit Nitraten und Metallen, bei saurem Trinkwasser Korrosion der Wasserleitungen.

Wälder sind ohne Zweifel unsere wichtigsten Wassereinzugsgebiete, ihre qualitative Schädigung muß sich langfristig auch auf die Wasserqualität auswirken.

Stark versauerte Waldböden verlieren ihre wertvolle Filterwirkung, zahlreiche im Boden angesammelte Schadstoffe (z.B. Schwermetalle oder aus dem Boden herausgelöstes Aluminium werden nicht mehr im Boden gebunden, sondern gelangen mit der Säure in tiefere Bodenschichten und langfristig damit auch in das Wassersystem (siehe Abbildung 1).

Schadstoffe, die mit Schnee in die Waldbestände eingetragen werden, kommen mit der Frühjahrschneeschnmelze stoßartig in die Oberflächengewässer und führen dort zu einer schockartigen pH-Ab-senkung. Im bayrischen Wald führten solche Ereignisse zum Absterben der zu dieser Zeit besonders empfindlichen Fischbruten.

#### E 5 FORSTILICHE SEKUNDÄRSCHÄDLINGE

Die Schädigung weiter Waldteile Tirols durch Luftverunreinigungen muß unbedingt im Zusammenhang mit den übrigen Schädigungen betrachtet werden.

In einem intakten Ökosystem mit standortsgerechter Baumartenmischung sowie naturnaher Waldbewirtschaftung herrscht ein gesun-

des Gleichgewicht: Der Wald regeneriert sich selbst. Solche Waldbestände besitzen eine hohe Widerstandskraft gegen Wind, Insekten und Pilze. Die Störung des Gleichgewichtes durch Immissionseinwirkungen erhöht das Forstschutzrisiko, welches von der vermehrten Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit und Frost bis zur Anfälligkeit gegenüber biotischen Schädlingen reicht.

So konnten beispielsweise an den Wurzeln kranker Tannen mehrere parasitische Pilze nachgewiesen werden. Diese befallen vorwiegend bereits geschwächte Bäume, sind also typische Sekundärparasiten, die den Krankheitsverlauf beschleunigen. Gleiches gilt für Hallimasch, der an absterbenden Bäumen verstärkt auftritt.

In den letzten beiden Jahren konnten in ganz Tirol ungewöhnlich häufig die Nadelpilze *Lophodermium piceae*, *L. macrosporum* sowie *Rhizosphaera kalkhoffii* beobachtet werden. Der Befall durch diese Pilze führt zum Verlust von 1 bis 2 Nadeljahrgängen. Während die *Lophodermium*arten auch an gesunden Fichten auftreten, befällt *Rhizosphaera kalkhoffii* offensichtlich nur kranke Fichten.

An Kiefern tritt in den letzten Jahren neben dem Schüttepilz *Lophodermium pinastri* immer häufiger der Bläuepilz (*Sclerophoma pityophila*) auf, der vermutlich auch mehr sekundären Charakter besitzt.

In stark immissionsgeschädigten Waldbeständen Polens konnte ein chronischer Befall durch Schadinsekten nachgewiesen werden. In Österreich laufen derzeit Untersuchungen über Anfälligkeit immissionsgeschädigter Bäume hinsichtlich Schadinsekten, besonders Borkenkäfern. Eine Massenvermehrung infolge verstärkten Schadholzanfalles mit Übergreifen auf der-

zeit noch vitale Bestände muß jedenfalls in Betracht gezogen werden.

Mikroorganismen (Bakterien, Viren, Mykoplasmen) sowie Nematoden als Primärursache im Krankheitsgeschehen können ausgeschlossen werden. Im Zusammenhang mit Kronenschäden konnten jedoch sekundär Bakterien im pathologischen Naßkern von Tannen nachgewiesen werden, die die Wasserversorgung beeinträchtigen und somit den Krankheitsverlauf beschleunigen. Auch bei gesunden Tannen kann ein Naßkern vorkommen, der jedoch auf den inneren Teil des Stammes beschränkt bleibt.

Durch den Eintrag von Luftschadstoffen in den Boden wird die Zahl nützlicher Bodenlebewesen

stark verringert. Dadurch unterbleibt die Bodendurchmischung, gestörter Luft-Wasserhaushalt sowie eine verringerte Umsetzung der Humusschicht sind die Folge. Außerdem wird der Mykorrhizabesatz an den Feinwurzeln stark dezimiert. Mykorrhiza sind Pilze, die eine Lebensgemeinschaft mit den Baumwurzeln zu beiderseitigem Nutzen bilden. Sie vergrößern die Oberfläche etwa um das 100-fache und tragen wesentlich zur Nährstoffaufnahme bei.

Sind auch noch lange nicht alle Wirkungszusammenhänge geklärt, so dürfen doch die biotischen und abiotischen (Folge-)Schäden keinesfalls unter den Tisch gekehrt werden. Im Gegenteil: Sie machen den Krankheitsverlauf unkalkulierbar!

F **STAND DER VERFAHREN GEGEN  
FORSTSCHÄDLICHE  
LUFTVERUNREINIGUNGEN**

Das Forstgesetz 1975 bestimmt im § 52 Abs. 1, daß, wenn das Vorhandensein forstschädlicher Luftverunreinigungen anzunehmen ist, die Behörde Sachverständige zu beauftragen hat, im Gelände Messungen zur Feststellung von forstschädlichen Luftverunreinigungen durchzuführen. Stellt der Sachverständige ein Überschreiten eines entsprechenden Immissionsgrenzwertes fest, so sind in jenen Anlagen, die nach der örtlichen Lage und ihrer Beschaffenheit als Quelle einer forstschädlichen Luftverunreinigung in Betracht kommen, die erforderlichen Messungen und Untersuchungen durchzuführen.

Im § 51 Abs. 1 Forstgesetz wird weiter nomiert, daß bei Überschreiten eines entsprechenden Immissionsgrenzwertes in einem Waldgebiet und bei dadurch sich ergebender Gefährdung der Waldkultur, die Behörde den Inhaber der die Gefährdung der Waldkultur verursachenden Anlage festzustellen hat. In weiterer Folge wird geregelt, daß die für die Erteilung der Betriebsbewilligung zuständige Behörde, sofern nicht Bann- oder Schutzwald betroffen sind, die erforderlichen Maßnahmen für den weiteren Betrieb der Anlage unter Schonung wohlervorbener Rechte durch Bescheid vorzuschreiben hat. Werden Schutz- oder Bannwald durch diese Luftverunreinigungen geschädigt, so ist zur Vorschreibung immissionsmindernder Maßnahmen die Forstbehörde zuständig.

Auf Grund dieser rechtlichen Rahmenbedingungen wurden für verschiedene Verursacher Verfahren eingeleitet, wobei die rechtlichen Möglichkeiten durch das Inkrafttreten der 2. Verordnung

gegen forstschädliche Luftverunreinigungen wesentlich erweitert wurden.

Verfahren vor Inkrafttreten der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen

a) **Montanwerk Brixlegg**

Entsprechend den Bestimmungen des § 51 Abs. 2 Forstgesetz 1975 ist die für die Beseitigung der forstschädlichen Luftverunreinigungen zuständige Behörde im Falle des Montanwerkes Brixlegg die Berghauptmannschaft Innsbruck. Daher wurde seit 1974 ein bergbehördliches Verfahren gegen diesen Betrieb geführt, in dem auch auf Antrag der Landesforstdirektion seit 1983 die materiellrechtlichen Bestimmungen des Forstgesetzes angewendet werden.

Das Emissionsproblem in Brixlegg besteht darin, daß durch den Betrieb der Bemusterung und des Konverters kurzzeitig für eine halbe bis eine Stunde außerordentlich hohe Spitzenwerte an Schwefeldioxid auftreten, die oftmals über dem 20-fachen der zulässigen Grenzwerte nach der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen liegen. Diese hochkonzentrierten Emissionsspitzen an Schwefeldioxid sind für die Waldvegetation besonders gefährdend, da sie zu akuten Vergiftungerscheinungen der Blatt- und Nadelorgane führen.

Seitens der Landesforstdirektion wird in Brixlegg die Luftbelastung an Schwefeldioxid durch selbstregistrierende Geräte seit 1973 gemessen. Weiters wurden auch im gesamten Umgebungsbereich Nadelanalysen zur Feststellung des Schwefelgehaltes vorgenommen, die zum Teil beträchtliche Grenzwertüberschreitungen zeigten. Die Abgase des Montanwerkes über-

schreiten jedoch nicht nur die Schwefeldioxid-Grenzwerte sondern verursachen auch Staubemissionen, die hohe Anteile an Schwermetallen aufweisen. Damit werden zum Teil auch die zulässigen Grenzwerte für verschiedene Schwermetalle, wie für Kupfer, Blei und Zink, überschritten.

Nach einer Unzahl von Verhandlungen und Begutachtungen, sind nun konkrete Maßnahmen zu erwarten, die die Begrenzung des Schwefeldioxidausstoßes auf 200 mg/m<sup>3</sup> Luft zum Ziele haben. Es wird sich im Laufe dieses Jahres zeigen, ob es im Interesse der Bevölkerung und des betroffenen Waldes gelingt, die für den Lebensraum in Brixlegg unzumutbaren Belastungen der Luft mit Schadstoffen endgültig zu beseitigen.

Aufgrund der bisherigen Entwicklung konnte nicht in jedem Fall mit einem Bescheid der Berghauptmannschaft Innsbruck gem. § 51 Abs. 2 Forstgesetz 1975 zur Beseitigung der waldgefährdenden Immissionen gerechnet werden. Daher wurde unabhängig von diesem laufenden Verfahren ein Gutachter der Landesforstdirektion seitens der Forstbehörde der Bezirkshauptmannschaft Kufstein beauftragt, ein Gutachten zu erstellen, um im Rahmen eines forstlichen Feststellungsverfahrens das Montanwerk Brixlegg als Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen zu identifizieren. Sollten jedoch durch die geplanten Reinigungsanlagen im Laufe des Jahres die entsprechenden emissionsbegrenzenden Maßnahmen gesetzt und wirksam werden, so wird dieses Verfahren zu unterbrechen oder einzustellen sein.

b) **Ziegelei des Landesgefängnisses Innsbruck**

In den Jahren 1980 bis 1982 wurden von der Landesforstdirek-

tion Untersuchungen der Schwefel- und Fluorbelastung durch Nadelanalysen durchgeführt, die eindeutig beträchtliche Grenzwertüberschreitungen insbesondere bei Fluor ergaben. An einzelnen Meßpunkten wurden die Grenzwerte für Fluor um das 8 bis 18-fache überschritten, wobei für diesen Schadstoff ausschließlich das Ziegelwerk des Landesgefängnisses in Frage kommt.

Auf Grund dieser eindeutigen Untersuchungsergebnisse hat der Bürgermeister der Stadt Innsbruck als Forstbehörde 1. Instanz am 5. März 1984 einen Bescheid erlassen, der die Ziegelei des Gefängnisses als Verursacher forstschädlicher Luftverunreinigungen feststellt. Gegen diesen Bescheid wurde nun seitens der Justizverwaltung fristgerecht berufen. Der Landeshauptmann von Tirol als Forstbehörde 2. Instanz hat in der Folge mit Bescheid vom 27.9.1984 diese Berufung als unbegründet abgewiesen. Hierauf wurde am 29.9.1984 seitens der Justizverwaltung neuerlich gegen den zweitinstanzlichen Bescheid die Berufung erhoben, deren Behandlung nun dem Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft als 3. Instanz obliegt. Sollten die bisherigen Bescheide der Forstbehörde der 1. und 2. Instanz bestätigt werden, so besteht für die Justizverwaltung noch die Möglichkeit der Beschwerde beim Verwaltungsgerichtshof. Eine Entscheidung dieser oberstgerichtlichen Instanz ist nicht vor einhalb bis zwei Jahren zu erwarten. Dies bedeutet, daß beginnend mit der ersten Messung im Jahre 1980 bis zur endgültigen Ausschöpfung des Instanzenzuges voraussichtlich sechs bis sieben Jahre vergehen, um allein rechtswirksam festzustellen, daß die Ziegelei forstschädliche Luftverunreinigungen verursacht. Sollte jedoch der Feststellungsbescheid von der

3. Instanz oder vom Verwaltungsgerichtshof aufgehoben werden, so ist mit weiteren zwei bis drei Jahren Verzögerung zu rechnen.

Nach Rechtskraft dieses Feststellungsbescheides wird es jedoch erst erforderlich sein, nach § 51 Abs. 2 Forstgesetz 1975 die notwendigen Maßnahmen zu Beseitigung der forstschädlichen Luftverunreinigungen vorzuschreiben, wobei dies, wie ausdrücklich im Gesetz bestimmt ist, unter Berücksichtigung wohlerworbener Rechte zu geschehen hat. Sollte gegen einen derartigen Bescheid wiederum der dreistufige Instanzenzug ausgeschöpft werden, so können weitere drei bis vier Jahre vergehen bis ein rechtskräftiger Bescheid vorliegt.

c) **Verschiedene Gewerbebetriebe, die nach der Gewerbeordnung überprüft wurden**

Auf Grund von Meldungen über forstschädliche Luftverunreinigungen sowie im Rahmen von Neuanlagen - Bewilligungen wurden gewerbebehördliche Verfahren und Überprüfungen unter Beiziehung von Forst- und Immissionsschutzsachverständigen durchgeführt, die zum Teil noch nicht abgeschlossen sind. Hierbei wurden bisher folgende Betriebe einer Kontrolle unterzogen:

BH Kufstein:

- Fernheizwerk Kufstein
- Glashütte Kufstein
- Glashütte Riedl
- Zementwerk Kirchbichl
- Spanplatten Egger, Wörgl
- Strawag, Kundl

BH Schwaz:

- Jenbacher Werke
- Tischlerei Wetscher, Fügen
- Ezeb-Brotfabrik, Uderns
- Diverse Kfz-Werkstätten und Tischlereien

BH Landeck:

- TAG Textilges.m.b.H., Landeck
- Asphaltmischanlage Fröschl

Soweit diese Überprüfungen Beanstandungen nach dem Gewerberecht ergaben, wurden bescheidmäßig Auflagen zur Verringerung oder Begrenzung der Emissionen erteilt.

Verfahren nach Inkrafttreten der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen

Durch die Erlassung der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen, die am 1. Juli 1984 in Kraft getreten ist, wurde der Kreis jener Betriebe, die den Bestimmungen dieser Verordnung unterliegen, wesentlich erweitert. Sowohl Altanlagen als auch mittlere und kleinere Anlagen werden nunmehr in einem zeitlichen Stufenplan von den emissionsbegrenzenden Bestimmungen der Verordnung erfaßt.

Auf Grund dieser geänderten Rechtsvorschriften wurden die Bezirksforstinspektionen angewiesen, die Forstrechtsreferate der Bezirkshauptmannschaften zu ersuchen, die für Immissionsschutz ausgebildeten Sachverständigen der Landesforstdirektion mit den erforderlichen Schadenserhebungen und Messungen zu beauftragen. Für folgende Gemeinden wurden derartige Aufträge zur Feststellung forstschädlicher Luftverunreinigungen erteilt:

BH Imst:

- a) Gemeinden Telfs/Rietz
- b) Gemeinden Silz/Haiming
- c) Gemeinde Imst

BH Reutte:

- a) Gemeinde Reutte und Breitenwang
- b) Gemeinden Ehrwald, Lermoos, Biberwier
- c) Gemeinde Vils

BH Innsbruck-Land:

- a) Gemeinde Mils und Hall
- b) Gemeinde Ampaß
- c) Gemeinde Wattens

BH Schwaz:

- a) Gemeinde Bruck und Straß
- b) Gemeinde Wiesing und Vomp
- c) Gemeinde Mayrhofen
- d) Gemeinde Zell a.Z.
- e) Gemeinde Kaltenbach
- f) Gemeinde Fügen

BH Kufstein:

- a) Gemeinde Brixlegg
- b) Gemeinde Kufstein
- c) Gemeinden Schwoich, Langkampfen, Ebbs, Erl
- d) Gemeinde Münster
- e) Gemeinde Wörgl
- f) Gemeinde Kundl

BH Kitzbühel:

Gemeinde St. Johann und Oberndorf

Der Landesforstdienst wird nunmehr festzustellen haben, in welchen Gemeinden bzw. Gebieten, Betriebe, für die die 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen anzuwenden ist, als Verursacher in Frage kommen. Gegen andere Verursacher können nur landes- und bundesweite Änderungen der einschlägigen Rechtsnormen sowie entsprechende internationale Vereinbarungen Abhilfe schaffen.

Nach Klärung der Frage, welche Emissionsquellen für die Schäden verantwortlich zu machen sind, werden die Ausmaße der Waldschäden von den Sachverständigen im Umgebungsbereich der jeweiligen Verursacher erhoben, die vorhandenen Meßergebnisse der Luftbelastung, soweit dies für eine schlüssige Identifizierung des Verursachers erforderlich ist, durch Nadelanalysen auf Schwefel und Luftmessungen ergänzt, um so dann die Zuordnung der Waldschäden zu einem oder mehreren Verur-

sachern vornehmen zu können. Da die Gewinnung der Nadeln und Blätter laut Anhang 3 zur 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen nur im Herbst durchgeführt werden darf und die Ergebnisse der Analysen erfahrungsgemäß mehrere Monate Zeit in Anspruch nehmen, werden überall dort, wo bisher nicht gezielt im Umgebungsbereich eines Betriebes gemessen wurde, die für die Feststellungsbescheide erforderlichen Gutachten längere Zeit in Anspruch nehmen.

Grundsätzlich ist festzustellen, daß die rechtlichen Verfahren ein langwieriger und mühsamer Weg sein können, um die forstschädlichen Luftverunreinigungen zu beseitigen, wobei überhaupt nur für Anlagen ab einer mittleren Größe Rechtsinstrumente im Rahmen der Forstgesetzgebung bestehen. Wenn durch die vielen Kleinanlagen des Hausbrandes, durch Verkehr oder durch Fernimmissionen Wald zerstört wird, so kann der Waldbesitzer und die betroffene Bevölkerung dagegen keinerlei direkte Abwehrmaßnahmen ergreifen oder gar Entschädigungsansprüche stellen. Daher sind für diese Verursacher dringend weitere Rechtsvorschriften zu erlassen und die erforderlichen internationalen Vereinbarungen zu treffen.

#### G DAS FORDERUNGSPROGRAMM DER BUNDESLÄNDER 1983 - WAS WURDE BISHER ERFÜLLT?

1. Der Bundesminister für Bauten und Technik hat die zweite Durchführungsverordnung zum Dampfkessелеmissionsgesetz erlassen, diese hat die Erwartungen bei weitem nicht erfüllt. Bei Brennstoffwärmeleistungen zwischen 2,0 - 50,0 MW sind keine Rauchgasreinigungseinrichtungen vorgeschrieben. In Tirol aber lie-

- gen alle industriellen Emit-  
tenten in einem Leistungsbe-  
reich unter 50 MW.  
Auch für Großanlagen über  
200 MW ist der vorgesehene  
Grenzwert von 400 mg/m<sup>3</sup> Abgas  
viel zu hoch. Auch wenn es in  
Tirol keine so großen Anlagen  
gibt, so tragen diese Großan-  
lagen doch zur allgemeinen  
Luftbelastung bei, indem sie  
die Grundbelastung anheben.  
Eine dritte Durchführungsver-  
ordnung zum Dampfkessелеmis-  
sionsgesetz sollte die Schwä-  
chen der bisherigen Durchfüh-  
rungsverordnung reparieren.
2. Das Land Tirol hat das Ölfeu-  
erungsgesetz novelliert und  
dabei den maximalen Schwefel-  
anteil im Heizöl schwer auf  
1 %, im Heizöl leicht auf  
0,5 % und im Heizöl extra  
leicht auf 0,3 % beschränkt.  
Gleichzeitig wurden Kontroll-  
organe zur Überwachung dieser  
Bestimmungen bestellt, diese  
Maßnahme hat sich besonders  
bewährt.  
Die vom Bundesminister für  
Handel, Gewerbe und Industrie  
verlangte Vorziehung der  
Schwefelbegrenzung im Heizöl  
schwer (1. 1. 1985: 1 %) wurde  
nicht erreicht.
  3. Die Novellierung des § 77  
Abs. 1 der Gewerbeordnung  
1973 wurde nicht durch ge-  
führt. Diese Forderung laute-  
te: "Nachteilige Emissionen  
sind auf das nach dem Stand  
der Technik unvermeidbare  
Ausmaß zu begrenzen."
  4. Die zweite Verordnung gegen  
forstschädliche Luftverunrei-  
nigungen ist mit 1.7.1984 in  
Kraft getreten.
  5. Das Land Tirol hat im Rahmen  
der Arge Alp mit seinen Nach-  
barländern Beratungen über  
vergleichbare Inventurmetho-  
den durchgeführt. Diese grenz-  
überschreitende Zusammenar-  
beit ist unkompliziert und in-  
formativ.
  6. Der Umweltfonds zur Förderung  
von emissionsmindernden Maß-  
nahmen wurde eingerichtet.
  7. Das Bundesimmissionsschutzge-  
setz wurde noch nicht zur  
Begutachtung ausgesandt, doch  
darf angenommen werden, daß  
die erhobene Forderung nach  
waldkonformen Immissions-  
grenzwerten erfüllt wird.
  8. Die Forderung nach zusätz-  
licher Förderung energiespa-  
render Maßnahmen wurden vom  
Bund noch nicht erfüllt.
  9. Für den Einsatz der Katalysa-  
tortechnik wurden Rechtsvor-  
schriften erlassen.
  10. Der Forschungsinitiative  
gegen das Waldsterben wurde  
nach längerer Anlaufzeit For-  
schungsmittel zur Verfügung  
gestellt.
  11. Im Bioindikatorennetz wurden  
die verlangten Untersuchungen  
durchgeführt, gleichzeitig  
hat das Bundesministerium für  
Land- und Forstwirtschaft die  
Richtlinien für eine bundes-  
einheitliche Waldzustandsin-  
ventur erlassen.
  12. Koordinierungsstellen für  
alle Fragen der forstschädli-  
chen Luftverunreinigung beste-  
hen teilweise bei der Forstli-  
chen Bundesversuchsanstalt in  
Wien und im Forschungszentrum  
Seibersdorf.
- Das Land Tirol hat 1984/85 als  
"Jahr zum Schutz des Waldes" er-  
klärt. Durch zusätzliche Mittel  
aus dem Landesbudget konnten ins-  
gesamt 11 Mitarbeiter angestellt  
werden, die sich mit Aufgaben der

Schadensinventur und mit den zahlreichen, für die Einleitung von Forstverfahren notwendigen Messungen beschäftigen. Das Land hat gleichzeitig zusätzliche Mittel bereitgestellt, um weitere Meßgeräte zur Erhebung waldgefährdender Luftbelastungen anzuschaffen. Im Rahmen des Jahres zum Schutz des Waldes wurden mehrere Informationsveranstaltungen für politische Entscheidungsträger und Fachbeamte durchgeführt und dabei Entlastungsstrategien zur Verminderung der Umweltbelastung vorgestellt. Das Land setzt in allen seinen Amtsgebäuden seit 1985 nur mehr Heizöl mit maximal 0,3 % Schwefel ein.

Das 12-Punkteforderungsprogramm der Bundesländer gegen das Waldsterben (Fassung vom 4. Dezember 1984) - Kurzfassung.

#### 1. Dampfkessellemissionsrecht:

Hier wird eine bessere Definition für den Begriff "Stand der Technik" verlangt, des weiteren schärfere Bestimmungen für Altanlagen. Eine dritte Durchführungsverordnung zum DKEG soll die Emissionsgrenzwerte verschärfen.

#### 2. Schwefelgehalt im Heizöl:

Es wird die Verringerung des Schwefelgehaltes im Heizöl auf folgende Werte gefordert:

Heizöl extra leicht:	0,15 %
Heizöl leicht:	0,5 %
Heizöl mittel:	0,75 %
Heizöl schwer:	1,0 %

#### 3. Gewerbeordnung:

Hier verlangen die österreichischen Bundesländer, daß vor allem jene Emissionen, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, vermieden werden müssen.

#### 4. Verfahren nach dem Forstrecht wegen forstschädlicher Luftverunreinigungen:

Der verlangte Durchführungserlaß zur zweiten Forstverordnung wurde in der Zwischenzeit herausgebracht.

#### 5. Grenzüberschreitende Luftverunreinigungen:

Hier werden bilaterale Übereinkommen mit allen Nachbarstaaten verlangt, vor allem wird die Forderung erhoben, daß die Nachbarstaaten die jeweils strengeren Umweltbestimmungen in den eigenen Wirkungsbereich übernehmen.

#### 6. Umweltfonds:

Die Länder fordern hier eine rasche und unbürokratisch - effiziente Abwicklung.

#### 7. Immissionsschutzvereinbarung:

Es wird neuerlich die Forderung erhoben, daß die Immissionsgrenzwerte den Schutz des Waldes gewährleisten müssen.

#### 8. Energiesparen:

Die Länder verlangen eine Förderung energiesparender Maßnahmen über das bereits bestehende Ausmaß hinaus. Die Verwendung von Bioenergie sollte stärker gefördert werden - Holz ist ein alter und bewährter schwefelfreier Energieträger.

#### 9. Kfz-Emissionen:

Die Forderung nach Einführung der Katalysatortechnik wurde erfüllt. Die Bundesländer verlangen die Reduktion des Schwefels im Dieselmotorkraftstoff auf 0,15 %.

#### 10. Forschung:

Die Forderung nach besserer Förde-

zung der Forschungsinitiative gegen das Waldsterben wurde in der Zwischenzeit von der Bundesregierung erfüllt.

#### 11. Meßnetz:

Hier wird neuerlich ein umfassendes forstliches Meßnetz zur Erfassung aller forstschädlichen Schad-

stoffe verlangt.

#### 12. Koordinierung:

Die Forderung nach besserer Koordinierung aller Maßnahmen wurde zumindest im Forschungsbereich durch einen Auftrag an das Forschungsbereichszentrum Seibersdorfer erfüllt.

ZUSTAND DER TIROLER WÄLDER 1984

Herausgegeben als Bericht an den Tiroler Landtag.  
Amt der Tiroler Landesregierung, Landesforstdirektion 1985  
Bürgerstraße 36, A - 6010 Innsbruck.

Am Bericht haben mitgearbeitet:  
Günther Brenner, Helmut Gassebner, Hubert Kammerlander,  
Werner Lesink, Gerhard Müller, Ida Pack, Hubert Rieder,  
Herbert Scheiring, Dieter Stöhr, Eugen Sprenger, Josef Walch,  
Andreas Weber, Peter Winkler.

## Anhang

Lage der Immissionsmeßstellen und Nadelprobenpunkte der Landesforstdirektion in Tirol

### LEGENDE

#### Nadelanalysen Schwefel

- keine Grenzwertüberschreitungen
- ◐ relative Überschreitungen (2.FVO § 5(1)a))
- absolute Überschreitungen (2.FVO § 5(1)b))

#### Nadelanalysen Fluor

- ▲ Grenzwertüberschreitungen (2.FVO § 5(1)b))

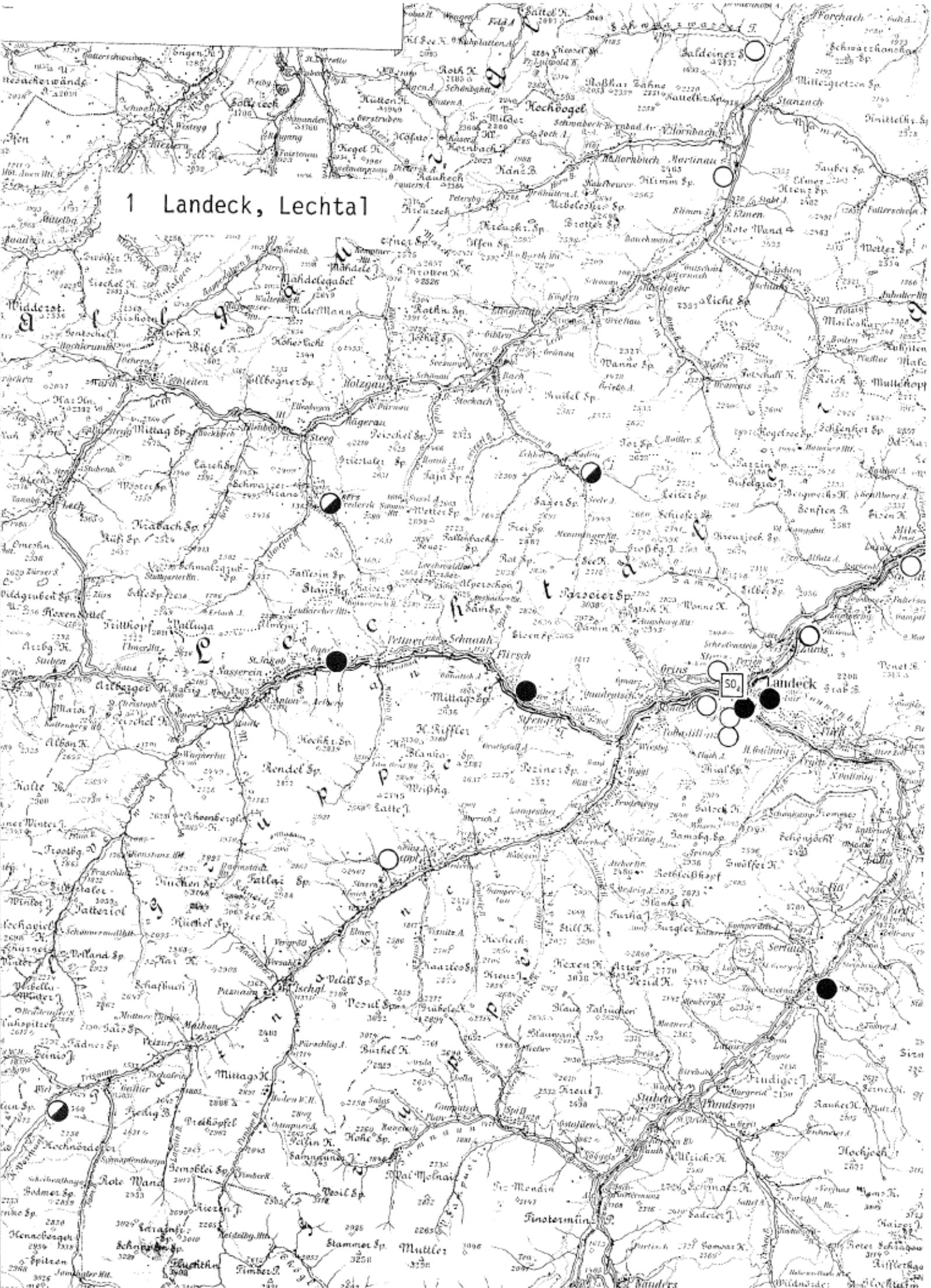
#### apparative Messungen

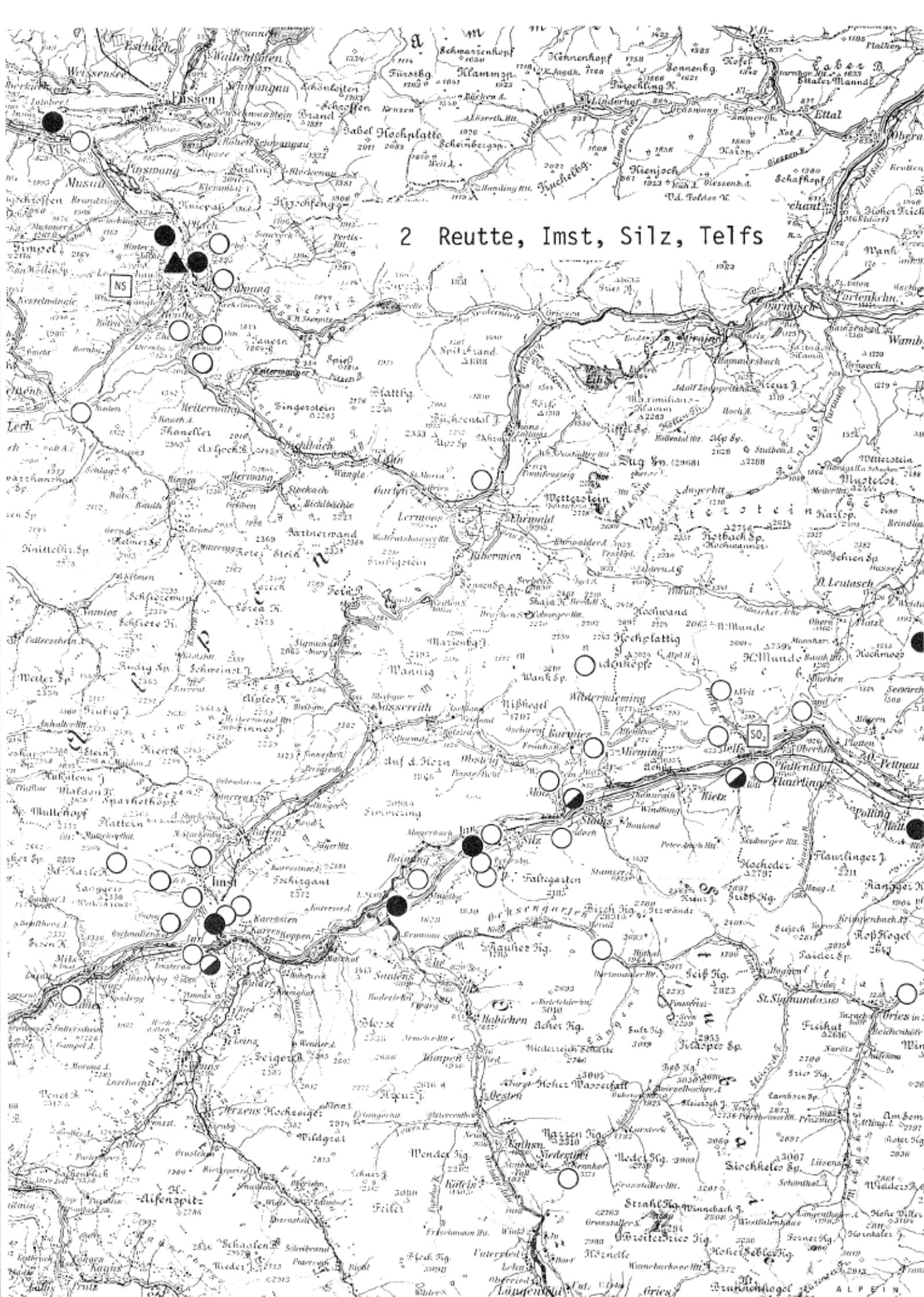
- ▣<sub>STAUB</sub> Meßpunkte Staubbelastung
- ▣<sub>SO<sub>2</sub></sub> Meßstelle Schwefeldioxid
- ▣<sub>O<sub>3</sub></sub> Meßstelle Ozon
- ▣<sub>NS</sub> Meßstelle Saurer Niederschlag
- ▣<sub>NO<sub>x</sub></sub> Meßstelle Stickoxide

### KARTEN

- |                             |                                       |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| 1 Landeck, Lechtal          | 6 Brixlegg - Wörgl                    |
| 2 Reutte, Imst, Silz, Telfs | 7 Kufstein                            |
| 3 Wipptal, Zillertal        | 8 Achenkirch                          |
| 4 Innsbruck und Umgebung    | 9 Kitzbühel - St. Johann - Hochfilzen |
| 5 Hall - Schwaz             | 10 Osttirol                           |

# 1 Landeck, Lechtal





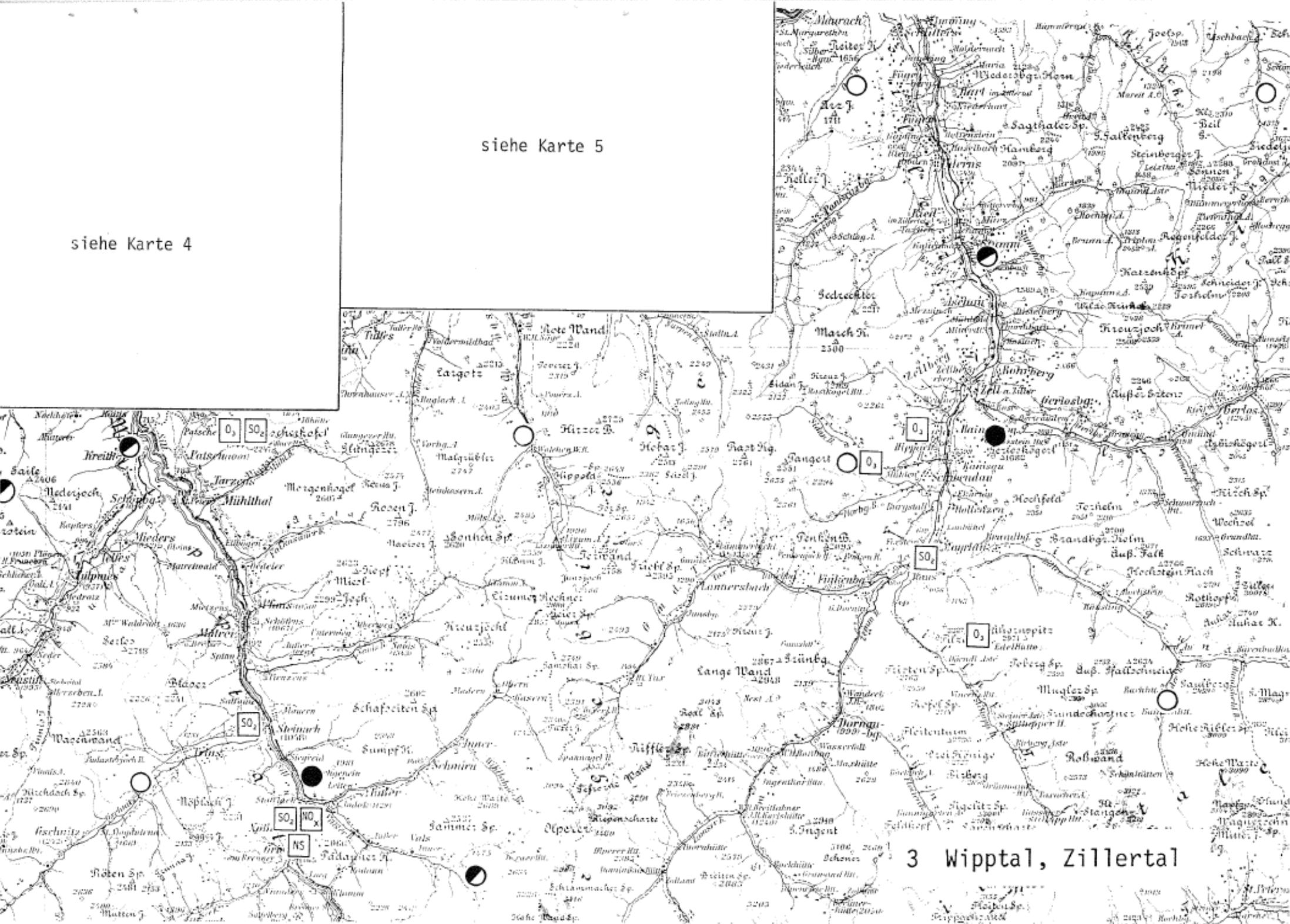
2 Reutte, Imst, Silz, Telfs

NS

SO2

siehe Karte 5

siehe Karte 4

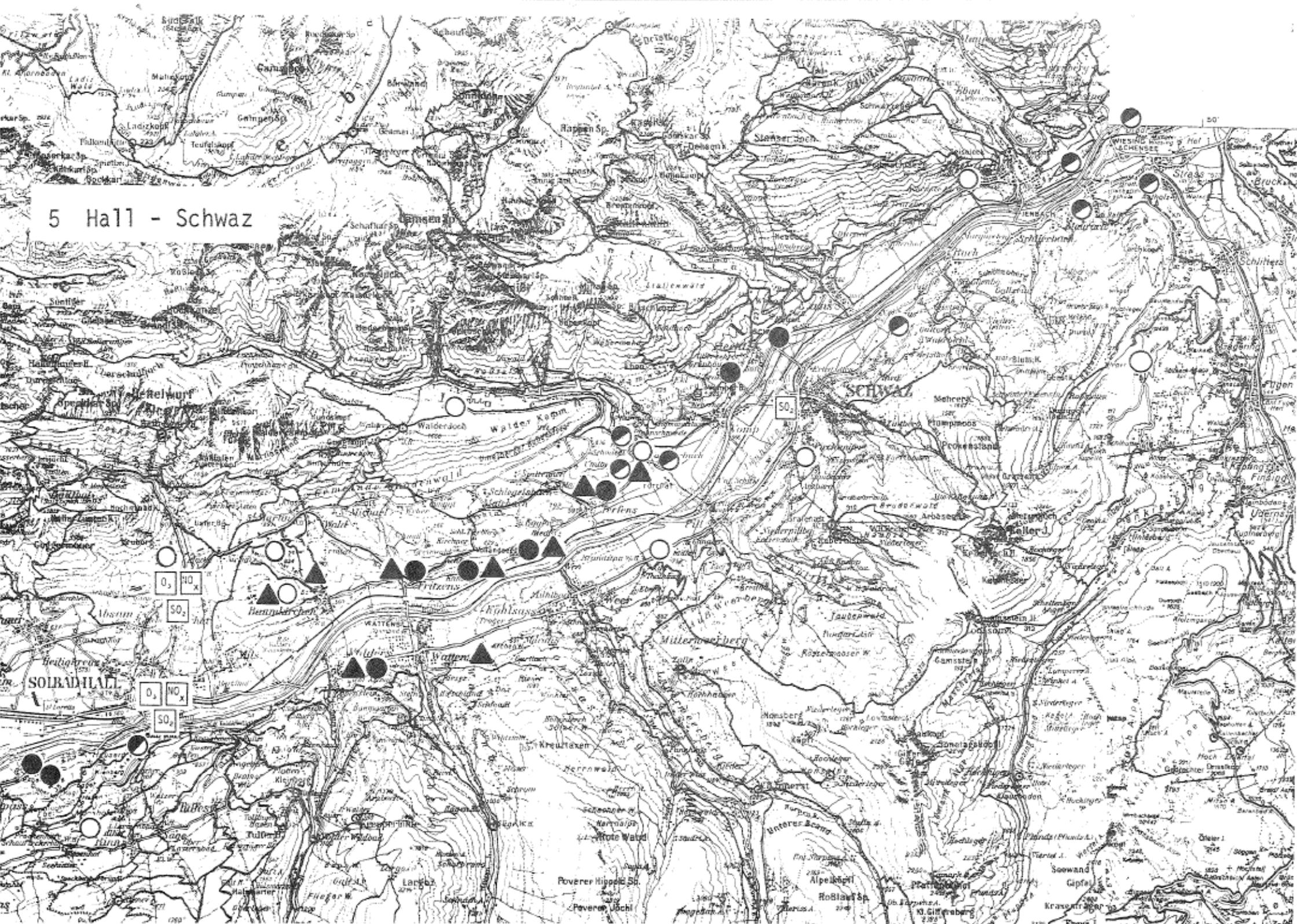


3 Wipptal, Zillertal

# 4 Innsbruck und Umgebung



5 Hall - Schwaz





A  
B  
C  
D  
E  
F  
G  
H  
I  
J  
K  
L  
M  
N  
O  
P  
Q  
R  
S  
T  
U  
V  
W  
X  
Y  
Z

# 7 Kufstein





# 9 Kitzbühel - St. Johann - Hochfilzen

