

**MITTEILUNGEN
DER FORSTLICHEN BUNDES-VERSUCHSANSTALT
WIEN**

(früher „Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs“)

131. Heft

1980

BEITRÄGE ZUR RAUCHSCHADENSSITUATION IN ÖSTERREICH

ODC 425.1 : 971 : (436)

Contributions to the Situation of Air Pollution in Austria

Contributions à la situation de pollution de l'air en Autriche

IUFRO	Fachgruppe Subject Group Group Sectoriel	S 2.09-00	Luftverunreinigung Air Pollution Pollution de l'air
-------	------------------------------------------------	-----------	-----------------------------------------------------------

XI. Internationale Arbeitstagung forstlicher Rauchschadenssachverständiger-Exkursion

1. - 6. September 1980, Graz - Österreich

Herausgegeben
von der

Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien

Wissenschaftszentrum Österreichischer Anwaltschaft, 1014 Wien

Copyright by
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 Wien

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Printed in Austria

ISBN 3 7040 0693-9

Herstellung und Druck

Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 Wien

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
DONAUBAUER E.: Forstschäden durch Luftverunreinigungen in Österreich	5
SCHNOPFHAGEN K. S.: Immissionskontrolle in Waldgebieten durch die Forstbehörde in der Steiermark.....	11
SCHNOPFHAGEN K. S.: Großräumige Erhebung von Immissionszonen mit Infrared-Film in der Steiermark.....	33
GRILL D., RABER J. und SCHNOPFHAGEN K. S.: Zur Immissions-situation im Gratkorner Becken - Beweissicherung Verfahrensänderungen in einer Zellstoffabrik.....	43
KILIAN W.: Standortsverhältnisse und Veränderungen im Boden-chemismus in der Umgebung des Magnesitwerkes Breitenau...	49
SMIDT St. und STEFAN K.: Nadelanalytische Ergebnisse aus dem Raum Breitenau.....	59
GRIESS O.: Langzeitwirkung von Schadstoffimmissionen im Bereich Hausergraben am Nordwest - Abfall des Hochlantsch gegen die Breitenau.....	73
STEFAN K.: Abgrenzung des Einflußbereiches verschiedener Emissionsquellen mit Hilfe von Luft- und Nadelanalysen auf dem Häuselberg bei Leoben.....	79
HAFELLNER J. und GRILL D.: Die Wiedereinwanderung von epiphytischen Flechten in den Raum Leoben - Hinterberg...	83
STEFAN K.: Ergebnisse von Luft- und Nadelanalysen aus dem Einflußbereich der Hütte Donawitz	89
STEFAN K.: Zur Frage der Immissionsfeststellung mit Hilfe von Barytlappen	109
KARASEK S.: Haldenrekultivierungen im Rauchschadensgebiet Leoben - Donawitz.....	113
HÄRTEL O.: Beweissicherung im Bereich des Gleinalmtunnels der Pyhrn - Autobahn	125
LAZAR R.: Lokalklimatische Untersuchungen im Raum Aichfeld-Murboden	129

	Seite
STEFAN K.: Auswirkung der Düngung auf Nährstoff- und Schwefelgehalte der Nadeln von einer Düngungsversuchsfläche im Immissionsgebiet Aichfeld (Steiermark) von 1968 bis 1979 ...	161
GRIESS O.: Nachweis zusätzlicher Immissionseinwirkungen durch das DKW - Zeltweg und ihre Quantifizierung in einem Teilgebiet des Murwaldes	185
HÄRTEL O.: Das Vertikalprofil der Luftverunreinigungen im Aichfeld anhand von Borkenuntersuchungen.....	189
PAPESCH E.: Die Immissionssituation in der Region Aichfeld-Murboden	195
STEFAN K.: Ergebnisse von Luftanalysen (SO ₂ -Stichprobenmessungen) im westlichen Teil des Aichfeldes (Steiermark) in den Jahren 1977 und 1979.....	199
DONAUBAUER E. und KHORASANI N.: Flechtenflora und Immissionsbelastung im Pölsertal	207
SUPPAN E. und PETZ H.: Beschreibung des Rauchschadensgebietes Arnoldstein	215
HALBWACHS G.: Das immissionsökologische Forschungsprojekt "Arnoldstein" (1976 - 1980). Konzeption und Durchführung ...	219
DONAUBAUER E. und STEFAN K.: Immissionsschäden im unteren Lavanttal.....	229
HÄRTEL O., GRILL D. und KRZYSCIN F.: Die Abgasbelastung im Raum Voitsberg / Köflach - Die Verwendung von Fichtenborke zur Indikation.....	241
PRINER W.: Das Dampfkraftwerk Neudorf / Werndorf der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts- Aktiengesellschaft	249
STEFAN K.: Veränderungen der Immissionseinwirkung an Hand chemischer Nadelanalysendaten nach Errichtung des kalorischen Kraftwerkes Neudorf / Werndorf der STEWEAG.....	255
Exkursionsprogramm.....	271

FORSTSCHÄDEN DURCH LUFTVERUNREINIGUNGEN IN ÖSTERREICH

Von

Edwin DONAUBAUER

Institut für Forstschutz der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

EIN BLICK ZURÜCK

Luftverunreinigungen erwecken erst seit zehn bis zwanzig Jahren die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit Österreichs; ganz anders ist dies im forstlichen Bereich: Schon vor nahezu hundert Jahren war die Forstliche Bundesversuchsanstalt damit befaßt, Begutachtungen von Rauchschadensfällen durchzuführen (vgl. CIESLAR, 1899). Diese Arbeiten wurden später unter RUSNOV (an der Versuchsanstalt von 1908 bis 1932) intensiviert und Forschungsprojekte in Angriff genommen. Heute schenkt man dem Problem der sauren Niederschläge (acid rain) aus Luftverunreinigungen in mehreren Ländern steigende Beachtung, doch scheint man vergessen zu haben, daß schon RUSNOV mit seiner Abhandlung "Die Entkalkung des Bodens durch den Einfluß SO_2 -haltiger Rauchgase" (1919) diese heute so aktuelle Frage behandelt hatte.

Aber nicht nur die Forschung, sondern auch die Praxis befaßte sich schon sehr früh mit forstlichen Rauchschäden. Es zahlte schon damals die Forstwirtschaft ihren "Förderungsbeitrag" zur Industrialisierung in Form geringerer Zuwächse, durch Beeinträchtigung der Waldböden, durch das gebietsweise Aussterben der Tanne. (Kaum jemand wird sich z. B. dessen bewußt sein, daß im Mürz- und Murtal der Steiermark tannenreiche Wälder existierten und die Tanne im Einflußbereich der Luftverunreinigungen - vorwiegend SO_2 - im Laufe der letzten hundert Jahre bis in Höhenlagen von 1000 bis 1200 Meter als bestandesbildende Baumart ausgestorben ist, PELLETER, 19??.) Manche Menschen neigen aus unterschiedlichen, meist kurzfristigen ökonomischen Motiven dazu, die schleichenden Veränderungen des Ökosystems Wald durch relativ gering konzentrierte Luftverunreinigungen zu verniedlichen; aber gerade der Wald und die langen Umtriebszeiten in der Forstwirtschaft sind in der Lage, negative Einflüsse auf die Umwelt evident zu machen, die vorerst nicht

immer mit Sicherheit beweisbar sind.

Kehren wir jedoch zur historischen Rückschau zurück: Von den erwähnten Anfängen der forstlichen Rauchschadensforschung bis heute hat es kaum eine nennenswerte Unterbrechung gegeben; die Entwicklung ist durch die aus Publikationen bekannten Namen BERAN und RECKENDORFER, KISSER, ANDRE, HÄRTEL, HALBWACHS, GRILL, POLLANSCHÜTZ, STEFAN und andere charakterisiert. Aus den zahlreichen Arbeiten möchte ich in dieser kurzen Übersicht lediglich zwei herausgreifen, die in Österreich zur weit über forstliche Fragen hinausgehenden Anwendung geführt haben: 1968 wird erstmals für Österreich der Falschfarbfilm zur Übersichtskartierung (Fernerkundung) von Immissionsgebieten erprobt und mehrfach angewendet. Diese Methode wird heute - kombiniert mit terrestrischer Verifizierung durch verschiedene Methoden (meist chemische Analyse von Fichtennadeln) - von verschiedenen Bundes- und Landesdienststellen auch zur nichtforstlichen Information mit Erfolg herangezogen. (Auch das MSS-Verfahren - Multispektrales Scanning - wurde übrigens mit maßgeblicher Mitwirkung von Forstbehörde und Forstlicher Bundesversuchsanstalt über Initiative der Oberösterreichischen Landesregierung in einem Großversuch erprobt; die kritische Wertung dieser Fernerkundungsmethode wird in einer noch 1980 zu erwartenden Publikation erscheinen.)

Wird bei dieser Interpretation von Infrarot (-Falschfarben-) -Luftaufnahmen die Baumart Fichte als praktikabler Indikator für die Luftgüte als Kriterium verwendet, so verdient dieser Forstbaum (der zu rund 60 % an Österreichs Wäldern Anteil hat) noch in anderer Beziehung Beachtung: Durch die Arbeiten von STEFAN über die natürlichen Gehalte an Schwefel in Fichtennadeln und deren Beeinflussung durch Standortverhältnisse etc. gewann man an der chemischen Nadelanalyse für die Untersuchung für unsere am weitesten verbreiteten Schadstoffe (SO_2 und HF) zunehmendes Vertrauen; sie wird daher heute nicht nur im Rahmen forstlicher Beweissicherungen, sondern auch für allgemeine lufthygienische Regionaluntersuchungen herangezogen.

ZUR GEGENWÄRTIGEN SITUATION

Die Forstbehörden mehrerer Bundesländer widmeten den forstlichen Rauchschäden im Laufe der Jahre verschiedene Untersuchungen (mit Hilfe der Fernerkundung und terrestrischer Methoden), wobei fast immer die Forstliche Bundesversuchsanstalt in Beratung und Mitarbeit engagiert war, und darüber hinaus haben auch andere Dienststellen des Bundes und der Länder Untersuchungen durchgeführt, die zum Teil auch Schlüsse auf die Situation im Wald zulassen.

Alles zusammen ergibt eine vorsichtige Schätzung, daß in Österreich mindestens 120 000 ha Forstfläche derart von Luftverunreinigungen beeinflusst ist, daß zumindest Zuwachsverluste eintreten; diese bewegen sich im allgemeinen in einer Größenordnung von 1 - 2 Erntefestmeter pro Hektar und Jahr. Die hauptsächlichen Schadstoffe sind nach wie vor SO_2 und HF, doch gibt es lokale Probleme auch mit anderen, wie Cl, ja sogar mit NH_4 (in der Umgebung einer Hühnerfarm im Bezirk Amstetten /NÖ).

Einige Untersuchungsbeispiele unterstreichen die Notwendigkeit, folgenden Problemen mehr Aufmerksamkeit zu schenken:

- Schadstoffgemische : Der Mißerfolg mit den in vielen Ländern existierenden Grenzwerten für die maximalen Immissionskonzentrationen einzelner Schadstoffe in der Luft hängt nicht nur damit zusammen, daß man die Baumphysiologie nicht gebührend berücksichtigen kann (Schadstoffaufnahme je nach physiologischer Aktivität!), sondern auch damit, daß sehr oft Schadstoffgemische vorkommen; viel zu wenig wissen wir darüber, ob und wann es zu welcher Wirkung kommt: Summieren sich die Wirkungen? - Eher selten, es scheint Verstärkungseffekte zu geben, doch weiß man noch zu wenig darüber. In der Toxikologie ist man schon längst von der Lehre "PARACELSUS" abgegangen, daß nur die Dosis die Wirkung ausmache; man kennt heute nicht nur Giftwirkungen, die auf der Summation der Wirkungen, sondern auch auf der Akkumulation des toxischen Stoffes beruhen und man weiß auch vom synergetischen oder potenzierenden Zusammenwirken mehrerer Stoffe. Manchmal erstaunt uns die Tatsache, daß relativ geringe Schadstoffgehalte einer Einzelkomponente große Schäden nach sich ziehen; es erscheint uns daher angebracht der Frage etwaiger mitwirkender Stoffe mehr Aufmerksamkeit zuzuwenden.

- Photochemische Luftverunreinigungen : Einige Beobachtungen und Meßergebnisse deuten die Möglichkeit an, daß nicht nur in urbanen Gebieten, sondern auch in Tälern und Beckenlandschaften diese Gruppe von Luftverunreinigungen im Zunehmen begriffen ist. Wenngleich die bisher bekannten Konzentrationen kaum für das Entstehen forstwirtschaftlicher Schäden ausreichen dürften, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß ein Zusammenwirken mit anderen Schadstoffkonzentrationen solche verursachen könnte.

- Alkalischer Staub : Es gibt Beispiele dafür (eines wird während der Exkursion diskutiert), daß langjährige Staubbimmissionen geringer Mengen zu einer so starken und nachhaltigen Alkalisierung der Böden führen können, daß schwere Schäden an den Wäldern entstehen; zieht man eine forstliche Umtriebszeit (bei uns meist 80 bis 100 Jahre) in Betracht, so sind auch Immissionen sehr geringer Konzentration problematisch.

- Schwermetalle : Es mehren sich die Publikationen aus verschiedenen europäischen Ländern über erhöhte Schwermetallgehalte in Waldböden und die Auswirkungen auf Bäume; mehr Aufmerksam-

keit ziehen in der Öffentlichkeit Berichte über erhöhte Schwermetallgehalte in Speisepilzen und Wildbret auf sich. In Österreich gibt es Gebiete mit hohen natürlichen Schwermetallgehalten der Böden, weshalb man Arbeiten über die Verhältnisse in einem bestimmten Gebiet unter diesem Aspekt prüfen muß, bevor man weitreichende Interpretationen versucht. Wie immer dies im Einzelfall sei, wir bedürften einer objektiven Information über Schwermetallgehalte in Österreichs Böden.

Selbstverständlich sind diese Fragen nicht auf Österreich beschränkt, sie haben auch in anderen Ländern eine mehr oder weniger große Bedeutung. Dies ist ein Vorteil, weil sich dadurch auch die verschiedenen Einzelergebnisse früher - wie die Einzelsteinchen zu einem Mosaik - zusammenfügen und das Bild unserer Kenntnisse aus dieser Vielfalt entsteht. Mit der Erwähnung obiger Fragen wollte ich lediglich andeuten, daß diesen Problemen künftig auch in Österreich mehr Beachtung in der Forschung entgegengebracht werden wird.

Die gegenwärtige Situation ist in Österreich sehr wesentlich dadurch gekennzeichnet, daß im Forstgesetz 1975 erstmals Bestimmungen über forstschädliche Luftverunreinigungen enthalten sind, wodurch in mehrfacher Weise der Anstoß zum Umdenken in der Materie erfolgte (vgl. Beitrag hiezu im Rahmen der Vortragsveranstaltung der Tagung).

Abschließend sei noch eine Bemerkung über die meteorologischen Verhältnisse und über ihre Wechselbeziehung zu Rauchschadensfällen gestattet: Die Erfahrung hat leider gezeigt, daß so mancher Ermittler, der allein auf die meteorologische Beurteilung der Situation gebaut hatte, böse Überraschungen erleben mußte. Nun weiß zwar jeder aufmerksame und häufige Beobachter einer Rauchfahne, daß die Berechnung der maximalen Immissionskonzentration nach der idealen Gasausbreitung für die Praxis unbrauchbar ist, doch wird diese Formel noch immer da und dort angewendet. Darüber hinaus ergeben sich im Alpenraum zusätzliche Schwierigkeiten für die Beurteilung von Verfrachtungen: So treten z.B. in bestimmten Höhenlagen gelände- und reliefbedingte Windrichtungen auf, die der allgemeinen Situation entgegengesetzt sind; so gibt es Verfrachtungen durch die Berg- und Talwinde, so haben wir ferner zu manchen Jahreszeiten sehr stabile Nebel- oder Inversionsdecken, die eine Anreicherung der Schadstoffe darunter bewirken (wir müssen deshalb in den Tälern mit Beeinflussungen bis in Höhen von 900 bis 1200 m SH - mitunter auch darüber - rechnen). Gewiß sollte man aber auch berücksichtigen, daß sich eine meteorologische Beurteilung häufig auf die Ergebnisse von Talstationen (meist liegen diese im Siedlungsgebiet und fernab vom Wald) stützen muß und die Verhältnisse an Hängen beziehungsweise in größeren Höhen einer Messung entgangen sind; überdies mag noch erwähnt werden, daß an den meisten Orten keine registrierenden Meßstationen vorhanden sind und die für die regionale und konzentrationsmäßige Kalkulation

herangezogenen Werte aus drei Einzelmessungen (früh, mittags und abends) gewonnen werden.

Allein die hier skizzierten Einwände lassen uns wünschen, daß seitens der Meteorologie künftig mehr Beiträge zur Frage der Nah- und Fernverfrachtung von Schadstoffen geliefert werden, damit potentielle Emittenten schon im Planungsstadium mit besseren Prognosen versorgt werden können.

Dieser kurze Überblick über einige Aspekte zum Thema der Exkursion sollte den Teilnehmern jene Fragen andeuten, die uns früher bewegten und solche, die heute wichtig erscheinen. Die Exkursion wird in mehrere Gebiete geführt, die zum einen oder anderen Problem detaillierte Information bieten werden. Wir hoffen, daß die Auswahl zu ausgiebiger Diskussion herausfordern wird und daraus für die künftige Arbeit aller Teilnehmer zahlreiche Anregungen erwachsen. In diesem Sinne sind auch die Beiträge dieses Exkursionsführers zu verstehen. Möge in der langen Tradition dieser IUFRO - Fachgruppe die Tagung ein weiterer Anlaß für internationale Zusammenarbeit und persönliche Freundschaft sein!

IMMISSIONSKONTROLLE IN WALD-
GEBIETEN DURCH DIE FORSTBEHÖRDE
IN DER STEIERMARK

Von
Karl Siegfried SCHNOPFHAGEN
Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung für das Forstwesen, Graz

Einleitung

Nach den Bestimmungen des Abschnittes C "Forstschädliche Luftverunreinigungen" des "Bundesgesetz vom 3. Juli 1975, mit dem das Forstwesen geregelt wird", kurz "Forstgesetz 1975" genannt, hat die Forstbehörde einerseits durch Vorschriften und Bedingungen in Genehmigungsverfahren von Anlagen, die forstschädliche Luftverunreinigungen verursachen, Schäden am Wald durch Immissionen zu verhindern, andererseits im Falle des Auftretens solcher Schäden den Nachweis zu erbringen, daß sie durch Luftverunreinigungen entstanden sind und wer sie verursacht hat.

Nun sind aber vorerst die fraglichen Anlagen, die forstschädlichen Emissionen, die Immissionsgrenzwerte und Verfahrensfragen durch eine Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, im Einvernehmen mit den Bundesministern für Handel, Gewerbe und Industrie, für Verkehr sowie für Bauten und Technik zu bestimmen. Der grundsätzliche Interessensgegensatz der beteiligten Ministerien führte dazu, daß die Verordnung bis Anfang 1980 nicht erging und niemand weiß, wann sie kommt. Demnach sind die gesetzlichen Bestimmungen praktisch nicht vollziehbar, weil ja, de jure niemand weiß, welche Anlagen welche Schadstoffe ausstoßen und ab welcher Höhe Immissionen zu Forstschäden führen. Trotzdem zwingt sich die steirische Forstbehörde, wo es möglich ist, in gewerbliche und energierechtliche Genehmigungsverfahren. Es werden dabei keine Vorschriften und Auflagen erteilt (weil es rechtlich ja nicht möglich ist), es ist aber bisher noch fast immer gelungen, Vereinbarungen zu treffen, die eventuell später notwendige Beweisführungen erleichtern und objektivieren. Grundsätzlich bemühen wir uns, die Feststellung der Grundbelastung in Waldgebieten um einen neuen Betrieb vor dessen Inbetriebnahme zu erheben und um die gleichartige Fortführung der Untersuchung in den ersten Betriebsjahren zur Fest-

stellung eventueller Veränderungen der Immissionsverhältnisse auf Kosten des Konsenswerbers. Viele (nicht alle) Firmen sind selbst an derartigen Aufnahmen interessiert, manchmal sind es Besitzer gefährdeter Waldflächen und fallweise rechtfertigt das öffentliche Interesse den Einsatz öffentlicher Mittel.

Es wird überall mit Nadeluntersuchungen und Bleikerzenmessungen gearbeitet, weil apparative Schadstoff-Konzentrationsmessungen im erforderlichen Umfange technisch schwierig, finanziell unmöglich sind. Wo in den an unsere forstlichen Untersuchungsräume angrenzenden Siedlungen Konzentrationsmeßgeräte vom Referat Luftreinhalte der Landesbaudirektion stationiert sind, wird versucht, Korrelationen herzustellen.

Bis jetzt wurden im ganzen Land in 15 gefährdeten Gebieten verschiedener Größe Immissionskontrollnetze auf der Basis von Fichtennadeluntersuchungen eingerichtet, 9 davon werden noch betrieben. Zur Bestätigung der Nadelergebnisse werden in größeren Untersuchungsräumen 1 bis 2 Jahre Bleikerzenuntersuchungen parallel mitgemacht.

Die Exkursionen der IUFRO-Tagung werden in die Kontrollgebiete Breitenau, Aichfeld, Voitsberg-Köflach und Werndorf geführt. Überall wird nach demselben Schema gearbeitet. Es wird daher zuerst die Vorgangsweise bei den Kontrollen für alle Gebiete gemeinsam beschrieben und anschließend werden die in den Exkursionszielen getroffenen Maßnahmen erläutert.

N a d e l p r o b e n - K o n t r o l l e

Erstellung des Kontrollbaumnetzes

Vorweggenommen sei, daß alle Arbeiten in enger Zusammenarbeit mit der forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien geschehen sind und auch weiterhin gemacht werden.

Im gebirgigen Teil der Steiermark (Obersteiermark) stehen alle Industrieanlagen in den Tälern. Talaufwärts und -abwärts wird möglichst im Abstand von jeweils 0,5 - 1,0 km (in den Randgebieten 1,0 - 2,0 km) ein Profil über das Tal gelegt und alle 50 oder 100 Höhenmeter ein Kontrollbaum gesucht. In der Längsrichtung werden diese Profile bis in den Talschluß oder in den Übergang zum nächsten Immissionsgebiet eingelegt. Die letzten Bäume sollen entweder unbelastet sein oder bereits wieder ansteigende Belastung aufweisen. Dadurch wird die Abgrenzung des Einflußbereiches eines Werkes möglich. Der Höhe nach wird das Netz bis in unbelastete Regionen ausgedehnt. Dies ist normalerweise rd. 300 m über Emissionshöhe. Vereinzelt werden noch höher stockende Bäume zur Sicherheit kontrolliert. Gewöhnlich werden die Bäume alle 100 Höhenmeter und von Profil zu Profil um 50 m versetzt ausgewählt. Die Bäume sollen möglichst nahe zu befahrbaren Wegen stehen oder tief belastet sein. Wenn Leitern zum Besteigen des Baumes notwendig sind, sollen sie keine weiten Strecken getragen werden müssen. Wenn ein Kontrollbaum abseits fahrbarer Wege steht, soll er ohne Leiter

erklettert werden können.

Jeder Baum wird mit Ölfarbe nummeriert, in der Österreich-Karte 1:50.000 eingezeichnet und in einem Verzeichnis der Kontrollbäume folgende Daten festgehalten: Nummer des Baumes, Seehöhe, Baumalter, Orts- und Katastralgemeinde, Besitzer, Beschreibung der Örtlichkeit und fallweise des Standortes. Außerdem wird angemerkt, ob und wenn ja, wieviel an Leitern zum Ersteigen notwendig sind. Wenn die Untersuchung nicht im Auftrag oder in Zusammenarbeit mit den Waldbesitzern erfolgt, wird jeder schriftlich über den Grund der Kennzeichnung der Bäume informiert.

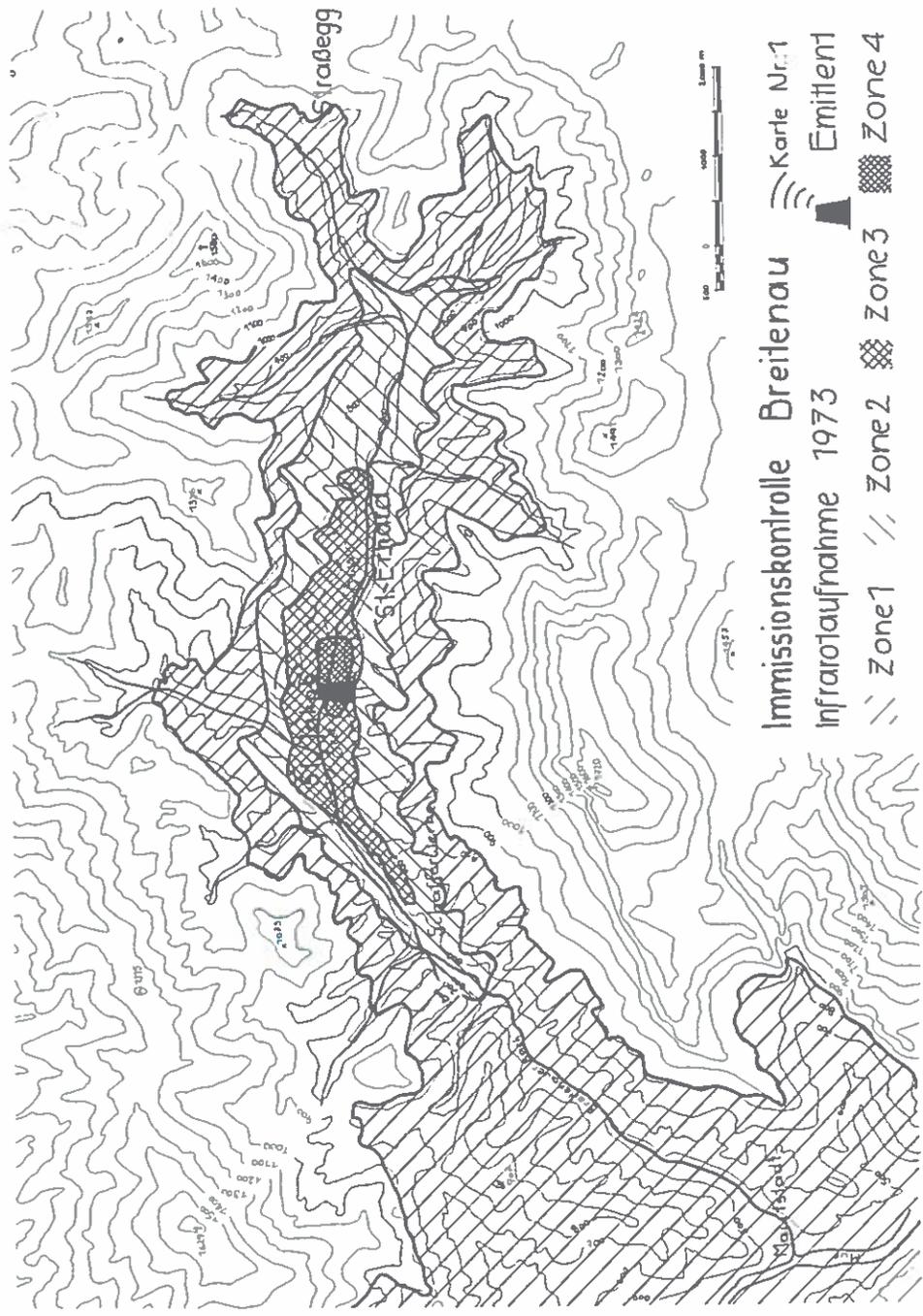
Probengewinnung und Untersuchung

Nadelproben werden nur von Fichten genommen, die älter sind als 50 Jahre und deren Kronen frei sind. Es wird ein Ast vom Wipfel des Baumes (5. - 7. Astquirl), von der dem Emittenten zugewandten Seite geholt und davon die Triebe des laufenden und des vorigen Jahres geschnitten. Das Probematerial wird in Kunststoffsäckchen, getrennt nach Nadeljahrgängen, gepackt und diese gekennzeichnet. Im Labor der Landesbaudirektion werden die Nadeln bei 100° C über Nacht getrocknet und gemahlen. Das homogenisierte Material wird in kleinen verschweißten Plastikbeuteln gelagert.

Alle Nadelanalysen wurden in den letzten Jahren von Dr. Likussar am Institut für pharmazeutische Chemie der Universität Graz nach "Eine spektralphotometrische Schnellmethode zur Bestimmung von Schwefel in Pflanzenmaterial" (Rabar, Likussar, Grill; Intern. J. Invirom. anal. chem. 1976 fol. 4 251-255) durchgeführt. Teilweise wurden Paralleluntersuchungen von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt und anderen Labors gemacht.

Die Ergebnisse wurden vom Labor in Gehalt an SO_2 mg/% ausgewiesen. Die Einordnung in Belastungszonen erfolgt nicht nach streng numerischen Grenzwerten, sondern es wurden unter Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse die Werte in einer Schwankungsbreite von rd. 10 % des Grundwertes gewählt. Das heißt, es kann in einem Fall der Grenzwert für 1-jährige Nadeln bei 0,27 mg/% SO_2 liegen, im anderen bei 0,30 mg/%. Diese Differenzierung erwies sich als notwendig, weil in alten Industriegebieten die Verträglichkeitsgrenze augenscheinlich höher liegt als in jüngeren. Im Raume Fohnsdorf, wo der Bergbaubetrieb älter ist als die älteste Fichte, wurden Schwefelgehalte in den Nadeln festgestellt, die zu schweren Schäden geführt haben müßten, ohne daß dies der Fall war. Hier hat sicher eine natürliche Auslese während des Heranwachsens der Bestände stattgefunden. Demgegenüber reagieren Fichten in bisher unbelasteten Gebieten, z.B. in der Umgebung von neu errichteten Asphaltmischgutanlagen sehr empfindlich.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt wiederum in der Österreich-Karte 1:50.000. Für kleinere Untersuchungsgebiete fallweise auch 1:25.000.



Immissionskontrolle Breitenau
 Infrarotaufnahme 1973
 100 0 1000 2000 m

Karle Nr.1
 Emittent

Zone1 // Zone2 Zone3 Zone4

Bleikerzen - Messungen

Die Methode wird nur in größeren Untersuchungsräumen parallel zu Nadeluntersuchungen angewandt. Zum Beispiel wurden im Raume Voitsberg - Köflach vor der ersten Nadelprobenahme 1 Jahr lang Bleikerzenmessungen zur Feststellung der Grundbelastung gemacht. Im Raume Aichfeld - Pöls wurden Bleikerzen 1976 - 77 und 1979 - 80 exponiert und jeweils im Herbst Nadelproben geholt.

Es soll damit eine gewisse Kontrolle der biologischen Meßmethode mit den Fichtennadeln durch ein technisches Meßverfahren gegeben sein. Außerdem geben die Bleikerzen Aufschluß über die jahreszeitliche Verteilung der Immissionsbelastungen.

Die Auswahl der Standorte erfolgt einerseits möglichst nahe an Kontrollbäumen, um die Ergebnisse vergleichen zu können, andererseits auf unbewaldeten Flächen zur Ergänzung der Nadelproben-Kontrolle.

Die Bleikerzen werden 13mal im Jahr jeweils 28 Tage exponiert. Richtlinie für die Herstellung und Untersuchung des Materials ist die entsprechende Empfehlung der österreichischen Akademie der Wissenschaften, ausgeführt wird sie im Labor der Landesbaudirektion oder von Doz. Dr. J. Raber am Institut für anorgan. u. analyt. Chemie der Universität Graz.

Immissionskontrolle Breitenau

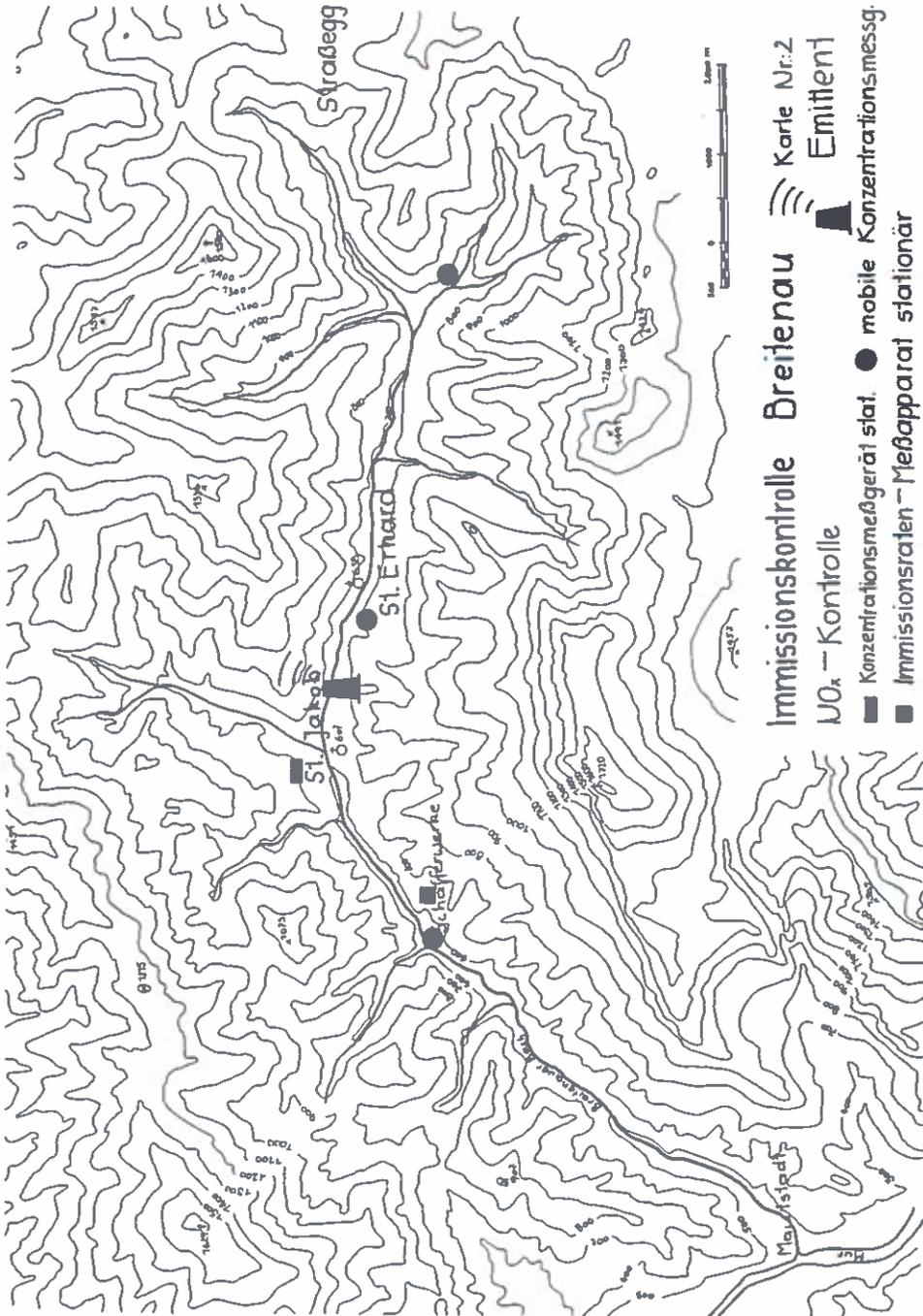
Situation

Das Breitenauertal ist ein tief eingeschnittener Seitengraben des Murtales zwischen dem kristallinen Bergstock des Rennfeldes im Norden und dem aus Kalk und Dolomit aufgebauten Hochlantsch im Süden. Die Veitscher Magnesit AG (V.M.A.G.) betreibt hier den Abbau und die Verarbeitung von Magnesit. Immissionschäden an landwirtschaftlichen Kulturen und Wald wurden im allgemeinen zufriedenstellend entschädigt. Letale Schädigungen entstanden bis vor 3 Jahren nur in der unmittelbaren Umgebung des Verarbeitungsbetriebes. Diese Flächen gehören z.T. der V.M.A.G., zum anderen Teil einem größeren Forstbetrieb. Seit 1977 wird ein verstärktes Absterben von Bäumen und Beständen in weiterem Umkreis beobachtet. Besonders tritt dieses auf flachgründigen Rücken und Hängen des schattseitigen Einhanges auf. 1978 ersuchte ein Forstgut die Bezirksforstinspektion um Feststellung der Rauchschaadensflächen.

Die Untersuchungen wurden auf das ganze Tal ausgedehnt. 1977 wurde der Betrieb endgültig auf Erdgasfeuerung umgestellt. 1978 wurde eine Entstaubungsanlage eingebaut.

Kontrollmaßnahmen

Die Infrarotaufnahme des Breitenauer Tales stammt aus dem Jahre 1973. Die Begrenzungen der Zonen haben sich seither nur



Immissionskontrolle Breitenau Karte Nr.:2
UO_x - Kontrolle **Emitent**

- Konzentrationsmeßgerät stat. ● mobile Konzentrationsmessg.
- Immissionsstrahlen - Meßapparat stationär

wenig verändert. Die Schadbilder sind stärker ausgeprägt (Karte 1).

Das zeitliche Zusammentreffen der verstärkten Schäden mit der Umstellung der Feuerung des Betriebes von Öl auf Erdgas ließ das Auftreten von NOx-Schäden vermuten. Laut Literatur sind Waldbestände, die durch S geschädigt wurden, besonders gegen Stickoxide empfindlich. Es wurde daher als erstes versucht, diesen Schadstoff zu messen.

1500 m westlich (talabwärts) des Werkes wurde in einem freistehenden Haus ein Konzentrationsmeßgerät aufgestellt. Damit wurde von Mai bis November 1978 kontinuierlich (ausgenommen die relativ häufigen Ausfallzeiten des Gerätes) gemessen.

2500 m westlich wurde in einem schwer geschädigten ca. 50-jährigen Bestand im selben Zeitraum ein "Immissionsratenmeßapparat" mit Batteriebetrieb installiert.

Am 1. 6., 15. 6., 3. 7. und 14. 7. 1978 wurden an 3 Punkten des Untersuchungsgebietes mit einer einfachen Apparatur von Mitarbeitern der Abteilung für analytische Chemie der Universität Graz mobile NOx-Messungen gemacht (Karte 2).

Die Ergebnisse schwankten zu stark, um sie eindeutig interpretieren zu können. Die Messungen sollen teilweise wiederholt werden.

Im Herbst 1978 wurde ein SO₂ Nadelproben-Kontrollnetz vom Straßegg-Sattel (1163 m), dem Übergang in das Nachbartal, im Osten (talaufwärts) bis zur Einmündung des Breitenauer-tales in das Murtal im Westen (talabwärts) eingelegt. Das Werk steht in 510 m Seehöhe und emittiert in ca. 550 m. Die Kontrollbäume wurden vom Talboden bis allgemein 1000 m vereinzelt darüber in Abständen von 100 Höhenmetern ausgewählt (Karte 3).

Der 1. Jahrgang der 1978 eingeholten Nadeln wurde von der forstl. Bundesversuchsanstalt (FBVA) untersucht. Kontrolluntersuchungen durch Dr. Likussar bestätigten die Ergebnisse im allgemeinen gut.

1979 wurden die Nadelproben wiederholt und beide Nadeljahrgänge von beiden Labors untersucht.

Die erhaltenen Werte liegen im Grenzbereich und deutlich unter den Immissionsgrenzwerten.

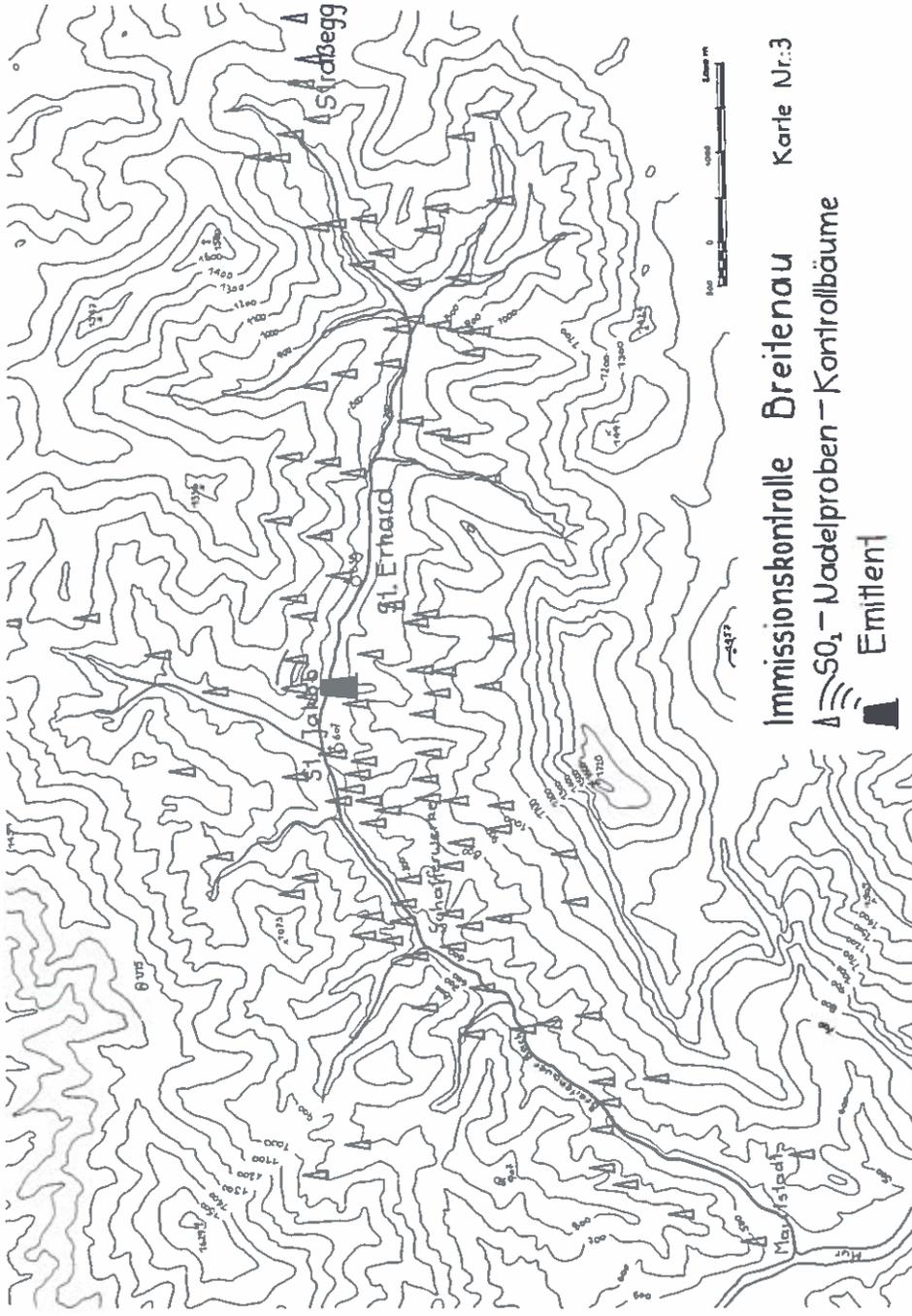
An 19 Punkten wurden 1979 Bodenproben genommen, die in der FBVA untersucht wurden. Die Ergebnisse liegen noch nicht vor (Karte 4).

Im Herbst 1979 wurden noch versuchsweise Ozonmessungen in der Nähe des Werkes gemacht.

Schlußfolgerungen

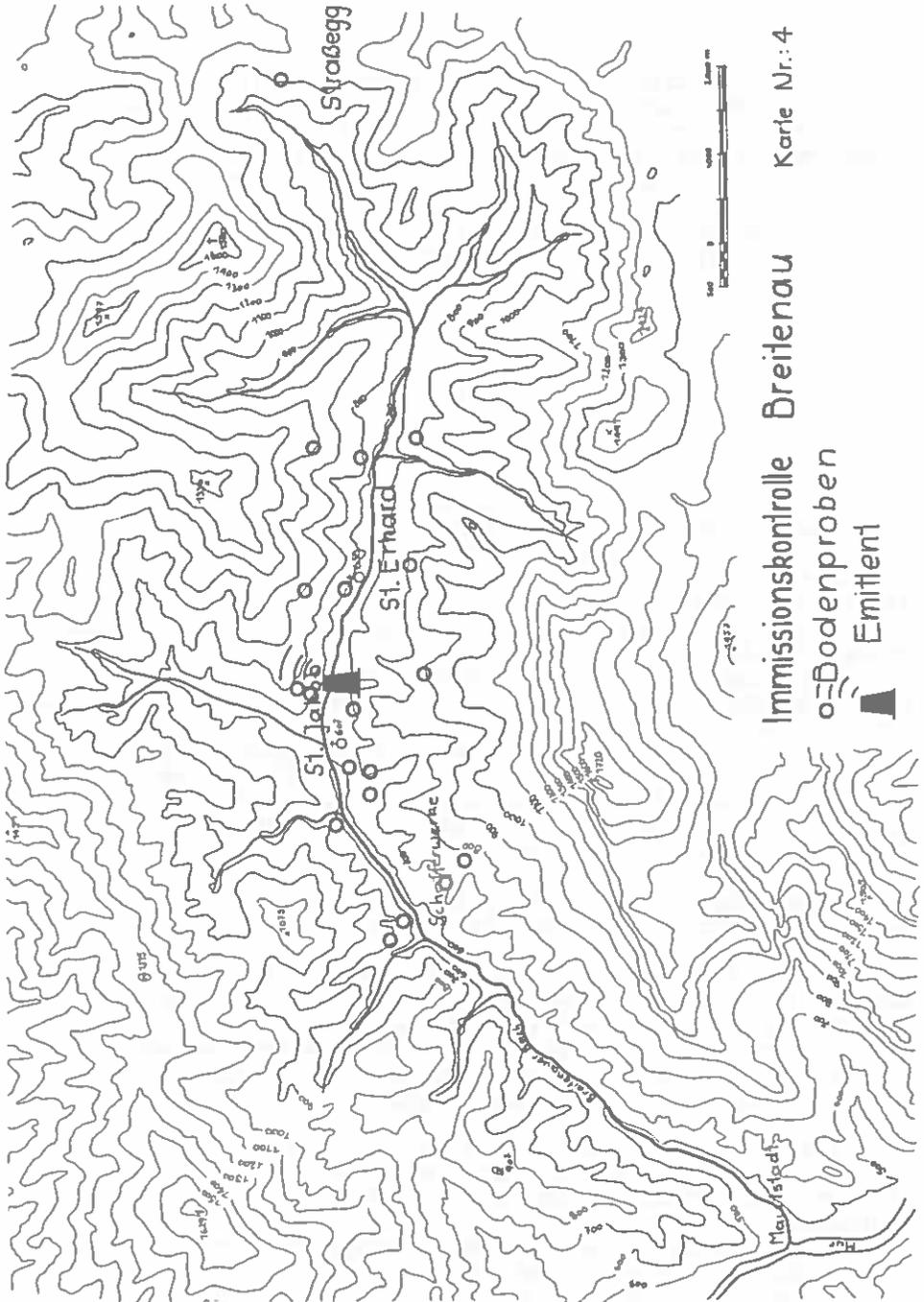
Die Nadeluntersuchungen zeigen, daß eine geringe Schwefelbelastung örtlich vorhanden ist, die aber keineswegs zu Schäden führen kann, wie sie auftreten.

Frühere Bodenuntersuchungen zeigen in unmittelbarer Werksnähe eine toxische Magnesium-Anreicherung an. Teilergebnisse der letzten Untersuchung deuten an, daß diese Anreicherung mit zunehmender Entfernung vom Werk rasch abnimmt, also in den entfernteren Schädflächen auch nicht die Schadursache



Immissionskontrolle Breitenau Karte Nr.3

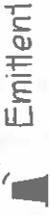
 SO₂ - Nadelproben - Kontrollbäume
 Emittent



Immissionskontrolle Breitenau Karte Nr.: 4

o = Bodenproben

Emitent



sein kann.

Die Frage der Einwirkung von Stickoxiden wird weiter untersucht.

In den letzten Jahren waren jeweils im Frühjahr und Sommer kürzere Trockenperioden. Es ist möglich, daß diese auf die bereits früher durch SO_2 geschädigten Bestände auf schlechteren Standorten letal bzw. schwer schädigend wirkten. In diesem Fall müßte nach einem oder zwei Jahren mit normalem Witterungsablauf eine zumindest leichte Besserung in den weniger geschädigten Beständen eintreten. Bis zur Klärung dieser Frage muß aber nach anderen möglichen Schadursachen gesucht werden.

I m m i s s i o n s k o n t r o l l e P ö l s - A i c h f e l d

Situation

Das Aichfeld ist das größte inneralpine Becken der Steiermark. Der Talboden an der Mur liegt zwischen 650 und 750 m Seehöhe. Im Norden begrenzen es die rd. 2.300 m hohen Seckauer Tauern, im Süden die gleich hohen Seetaler Alpen und die 2000 m hohe Gleinalpe.

Klimatisch sind häufige Inversionswetterlagen und Calmen charakteristisch.

Der Raum Judenburg - Zeltweg - Knittelfeld ist ein altes Industriegebiet. Der älteste Betrieb hier war der 1978 geschlossene Braunkohlenbergbau in Fohnsdorf, der in einem angeschlossenen Kraftwerk die S-reiche eigene Kohle verheizte. Daneben gibt es an Großemittenten noch ein Stahlwerk in Judenburg, ein kalorisches Kraftwerk in Zeltweg und eine Papierfabrik in Pöls. Außerdem gibt es neben einem staatlichen stahlverarbeitenden Großbetrieb in Zeltweg in der ganzen Region zahlreiche Gewerbebetriebe und Siedlungen.

Rauchs Schadensentschädigungen wurden bisher nur für den sogenannten Murwald entlang des Flußes und für Wälder im Stadtbereich von Judenburg verlangt und bezahlt. Hier liegen Kontrollflächen der FBVA, die seit langem untersucht werden. Außerdem wurden von Prof. Härtl und anderen Sachverständigen Gutachten bereits in den 50er-Jahren erstellt.

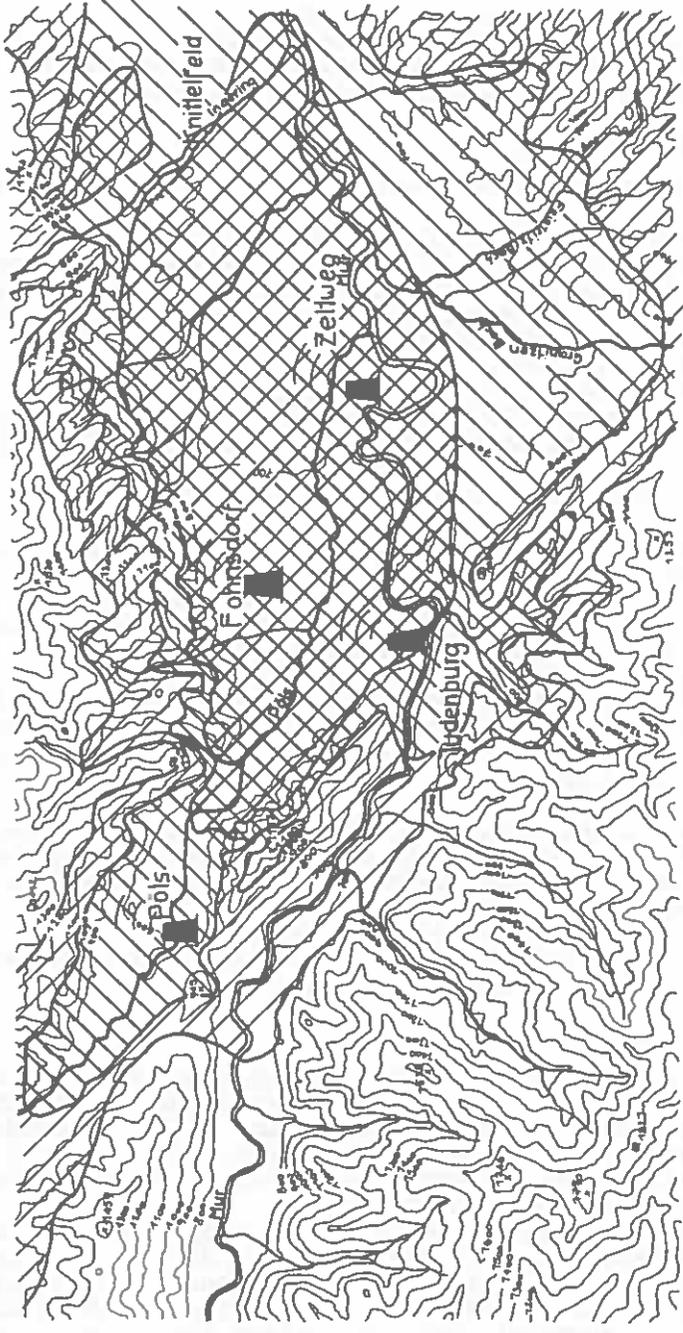
Im März 1976 hat die v. Pezold'sche Gutsverwaltung in Pöls bei der Bezirksforstinspektion Judenburg die Ermittlung von Forstschäden durch Luftverunreinigungen in ihren Waldflächen beantragt.

Bereits 1975 wurde der Pölscher Papierfabrik anlässlich eines Genehmigungsverfahrens für eine Betriebsumstellung eine Feststellung der Grundbelastung mittels Nadeluntersuchungen vorgeschrieben.

In Erfüllung dieser beiden Aufträge war der wahrscheinliche Immissionsbereich der Papierfabrik Möderbrugg im Westen bis Fohnsdorf im Osten zu untersuchen.

Immissionskontrolle Aichfeld – Pöls

Karte Nr.:5



Infrarotaufnahme 1976

- Zone 1
- Zone 2
- Zone 3
- Emitent



Auf Grund eines Antrages der Prinz von Croy'schen Gutsverwaltung Authal in Zeltweg auf Feststellung der Verursacher der Rauchschäden des dortigen Forstbetriebes wurden die Untersuchungen auf das Aichfeld bis Knittelfeld ausgedehnt.

Kontrollmaßnahmen (SO₂)

Die Infraradaufnahme dieses Gebietes stammt aus dem Jahre 1976 (Karte 5).

1976 wurden von 12 Profilen über das Pöls- und das Tauern-tal im Abstand von 0,5 - 1,0 km Kontrollbäume im Abstand von jeweils 100 Höhenmetern ausgewählt (Karte 6). Es sind dies 70 Bäume, von denen 1976 Nadelproben der beiden jüngsten Jahrgänge eingeholt wurden. 1977, 78 und 79 wurde dies jeweils von einem Teil der Bäume wiederholt.

Parallel wurden 1976 - 77 44 Bleikerzen exponiert.

1977 - 78 wurden 50 Bleikerzen durch 10 Monate in einem Quadratsatz von 2 km Seitenlänge über das ganze Aichfeld ausgehängt (Karte 7).

Diese Untersuchung wird 1979/80 nach Schließung des Bergbaues wiederholt.

Daneben wurden 1978 und 79 von 10 Kontrollbäumen im Murwald Nadelproben eingeholt.

Zur Ermittlung von meteorologischen Basisdaten für die rechnerische Zuordnung von Immissionsanteilen (bei bekannten Emissionen) wird eine kleinklimatische Untersuchung des Aichfeldes gemacht. Es wurden dafür 3 Windmeßgeräte und 20 Temperatur- und Luftfeuchtigkeits-Meßstationen aufgestellt. Hierbei wird mit der Wetterwarte des Militärflughafens Zeltweg zusammengearbeitet. Ausgeführt wird die Arbeit von Dr. Lazar, der in diesem Band in einem eigenen Beitrag ausführlich darüber berichtet.

Während der Wintermonate 1979/80 wurde in einer Hangstation 100 m über dem Talboden ein SO₂-Konzentrationsmeßgerät aufgestellt. Die Meßergebnisse werden mit den Ergebnissen der 3 von der Landesregierung am Talboden in Judenburg, Fohnsdorf und Knittelfeld betriebenen Stationen verglichen.

Im selben Zeitraum werden vom Bundesinstitut für Gesundheitswesen Transmissionsmessungen gemacht.

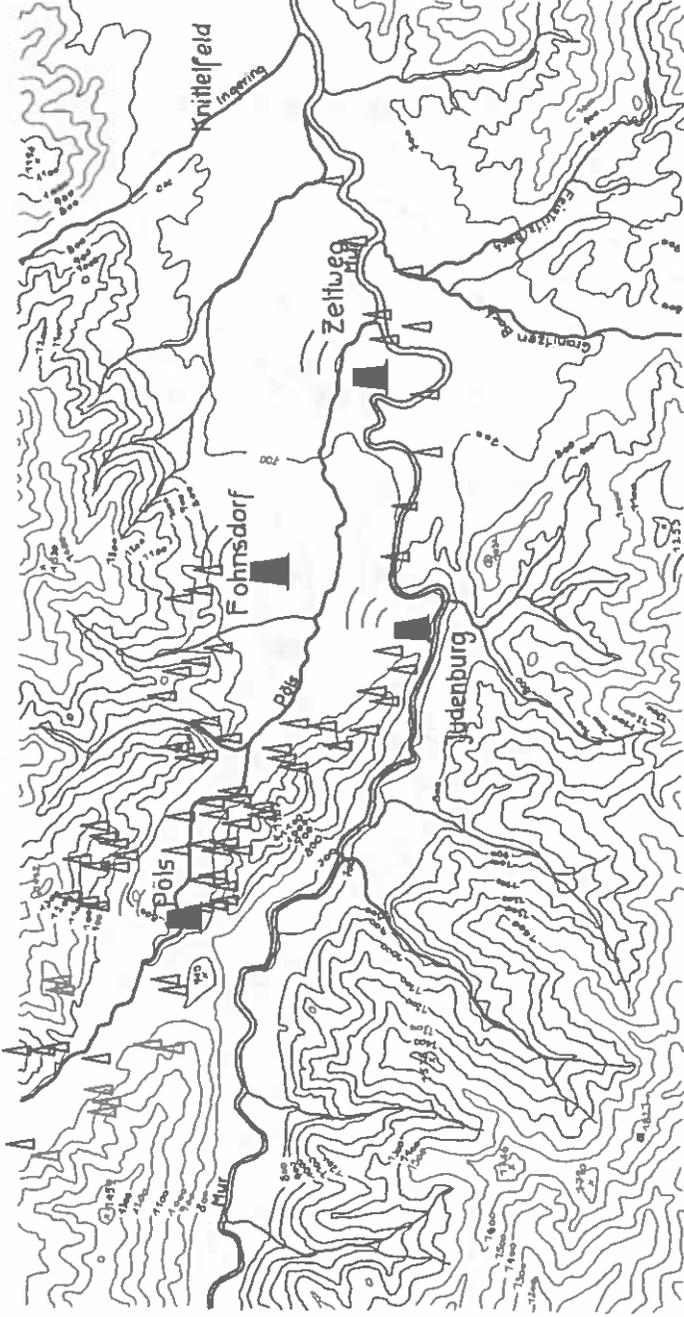
Schlußfolgerungen - Ergebnisse

Bisher konnte auf Grund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse der Nachweis der Bestandesschädigung durch Luftverunreinigungen sowie die Flächenbegrenzung dieser Schädflächen von der Forstbehörde für den v. Pezold'schen Forstbetrieb erbracht werden. Darauf aufbauend wurde ein privates Gutachten über die Höhe der Schäden erstellt.

Durch Wiederholung der Nadeluntersuchungen und teilweise Bleikerzenmessung nach der Stilllegung des Bergbaues Fohnsdorf und Vergleich der Ergebnisse soll der frühere Immissionsanteil dieses Werkes ermittelt werden. Die klimatischen Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen. Sie zeigen aber jetzt schon starke Unterschiede der Wind- und Inversionsverhältnisse

Immissionskontrolle Aichfeld - Pöls

Karte Nr.: 6



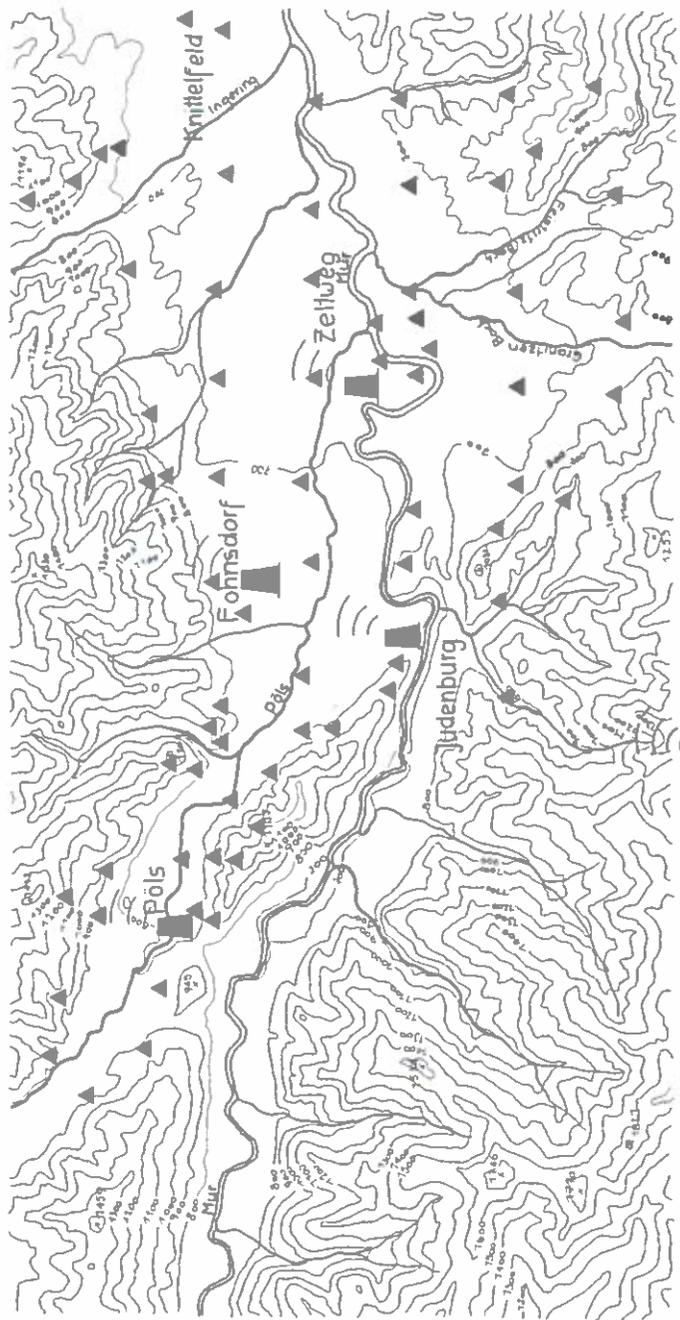
▲ SO₂-Nadelprobenkontrollbäume

■ Emittent



Immissionskontrolle Aichfeld – Pöls

Karte Nr. 7

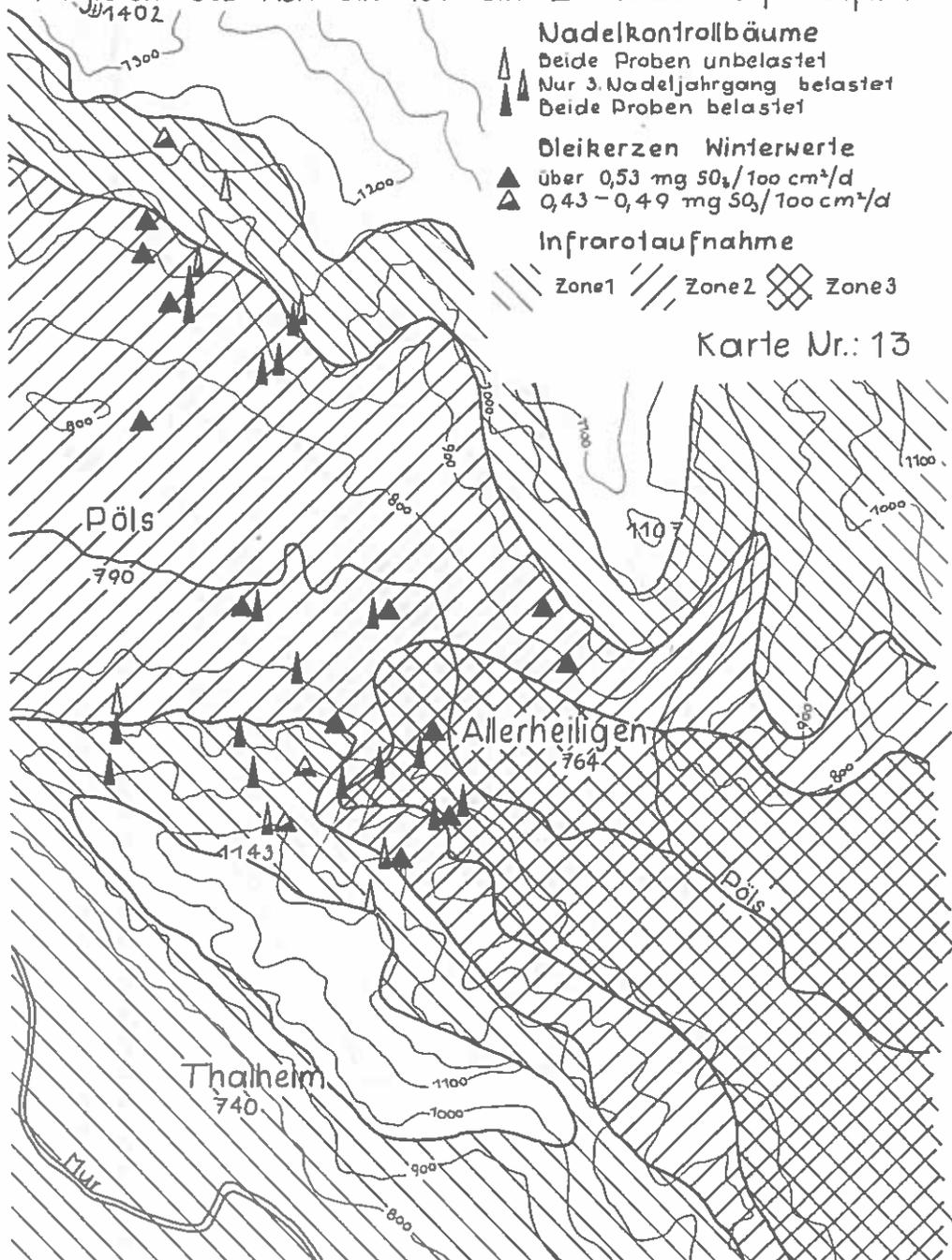


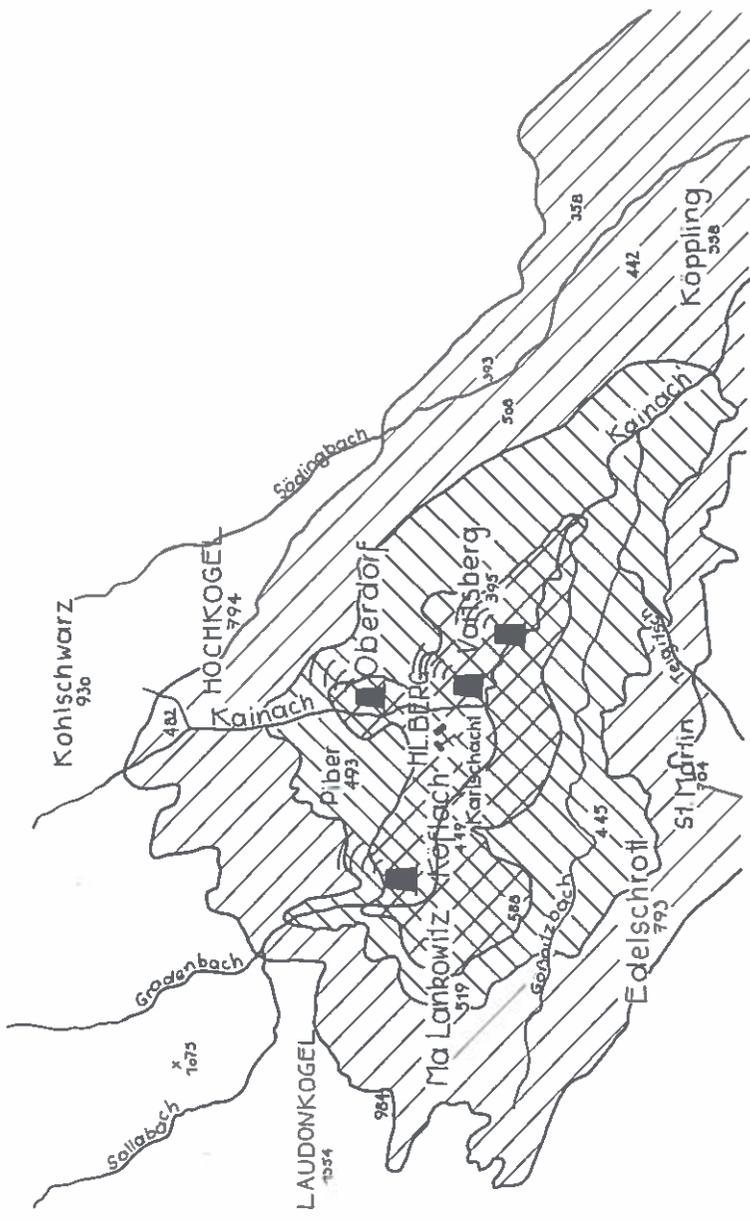
▲ SO₂ Bleikerzen-Messung

■ Emittent



Vergleich: SO₂-Kontrolle: Nadeln-Bleikerzen-Infrarotfilm





Immissionskontrolle Voitsberg Infrarotaufnahme 1975

Zone 1
 Zone 2
 Zone 3
 Emittent



Karte Nr. 8

zwischen Sonn- und Schattseite und zwischen Hanglagen und Beckenmitte. Sie werden die Unterlagen für kleinräumige Ausbreitungsrechnungen liefern, die eine anteilmäßige Zuordnung von Schäden zum Verursacher ermöglichen sollen.

Die Zonenbegrenzungen auf Grund der Nadeluntersuchungen und Bleikerzenmessungen ergeben eine sehr gute Deckung mit der Zonenausscheidung mit Hilfe der Infraradaufnahme.

Immissionskontrolle Voitsberg

Situation

Das Untersuchungsgebiet besteht aus 2 zusammenhängenden Becken, das Voitsberger und das Köflacher Becken. Die Talsohlen liegen zwischen 350 und 450 m Seehöhe. Die begrenzenden Bergketten gehören im Norden zum Massiv der Gleinalpe (1988 m), im Westen zur Stubalpe (1597 m) und Packalpe (1612 m). Im Süden sind es mehrere Kogel des Weststeirischen Hügellandes mit Höhen von rd. 1100 m, die die Becken abschließen. Gegen Osten ist das Voitsberger Becken nur durch niedrigere Hügel vom Grazer Feld getrennt.

Klimatisch sind häufige Inversionswetterlagen charakteristisch.

Der ganze Raum ist ein altes Kohlenrevier. Die Braunkohle wurde und wird wieder im Tagebau gewonnen. Es sind hier 1 kalorische Kraftwerk, 3 Glasfabriken, mehrere Ziegeleien und zahlreiche Gewerbebetriebe angesiedelt.

Forstschäden sind bisher nur in talnahen Beständen aufgetreten, die größtenteils dem Bergbaubetrieb gehören.

Die vorgesehene Errichtung eines neuen kalorischen Kraftwerkes auf Braunkohlenbasis mit 330 MW Leistung und einem 180 m hohen Schlot machte Kontrolluntersuchungen notwendig.

Kontrollmaßnahmen (SO₂)

Die Infraradaufnahme des Kontrollraumes stammt aus 1975 (Karte 8).

Es wurde im Umkreis von 10 km ein Nadelproben- und Bleikerzen-Meßnetz eingerichtet. Besonders berücksichtigt wurde bei der Auswahl der Kontrollpunkte die zu erwartende Belastung höher gelegener Waldgebiete.

Zur Feststellung der Grundbelastung vor Inbetriebnahme des neuen Werkes wurden von November 1977 bis Oktober 1978 an 52 Stellen Bleikerzenmessungen durchgeführt (Karte 10). Außerdem wurden im Herbst 1978 von 125 Kontrollbäumen Nadelproben eingeholt und untersucht (Karte 9).

Das Werk soll 1984 in Betrieb gehen. Bis dahin sind stichprobenweise Nadeluntersuchungen vorgesehen.

Nach Inbetriebnahme des Werkes sollen die Untersuchungen zur Feststellung eventueller Veränderungen der Immissions-situation durch 5 Jahre wiederholt werden.

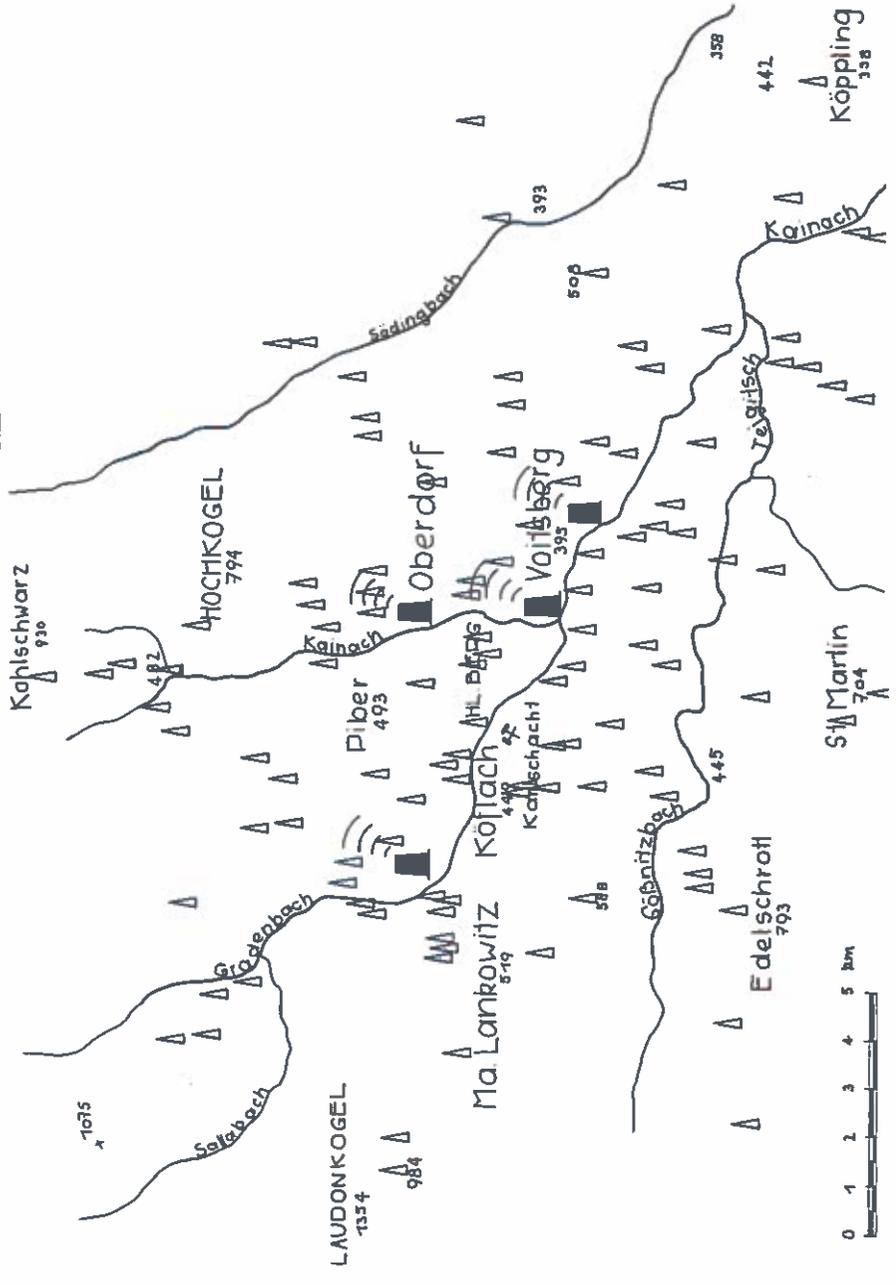
Immissionskontrolle Voitsberg

Karte Nr.: 9

▲ SO₂-Nadelproben-Kontrollbäume

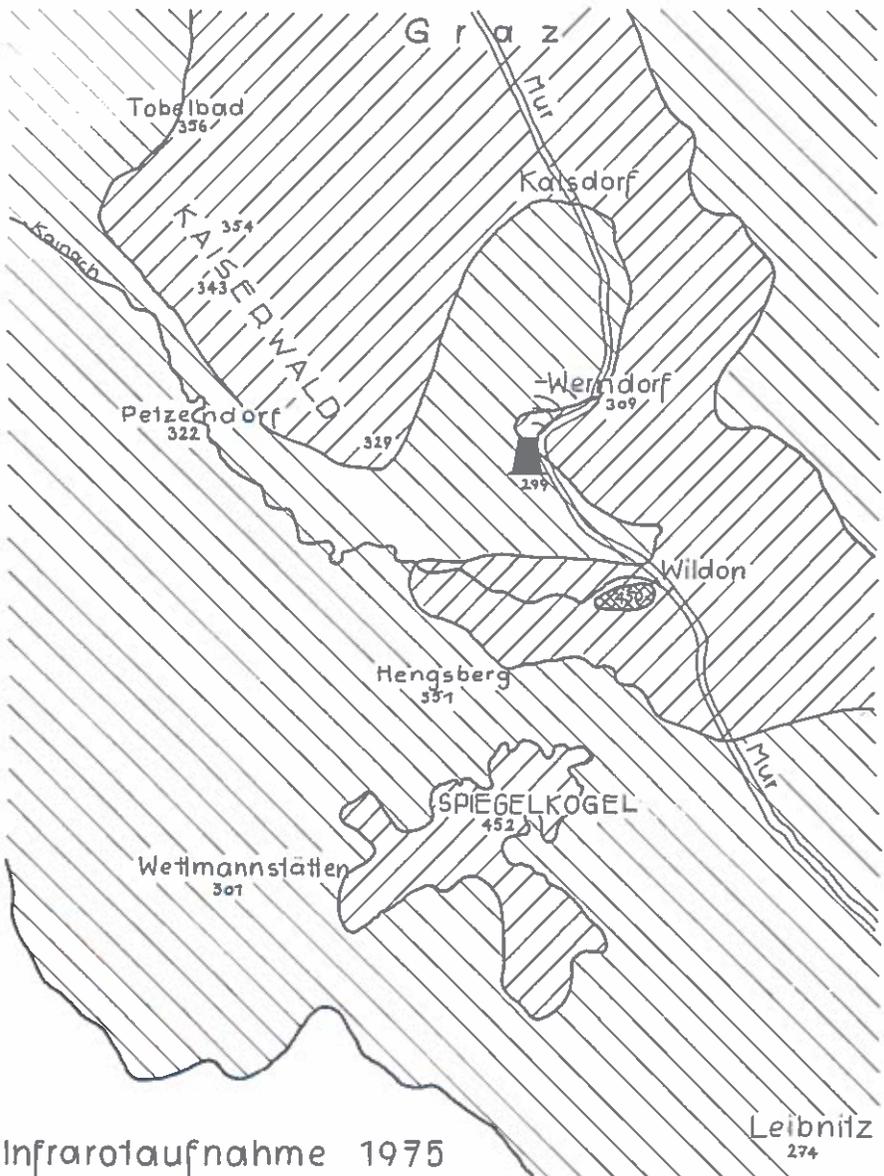
395 Seehöhe

■ Emittent



Immissionskontrolle Werndorf

Karte Nr. 11



Infrarotaufnahme 1975

395 Seehöhe

 Zone 1
  Zone 2
  Zone 3



 Emittent

Immissionskontrolle Werndorf

Situation

Das Grazer Feld, in dem das kalorische Kraftwerk Werndorf der STEWEAG (Steirische Wasserkraft- und Elektrizitäts-AG) errichtet wurde, ist eine niedrig gelegene, 5 - 6 km breite Flußschotterterrasse in rd. 320 m Seehöhe. Im Norden geht es in das von 700 - 1000 m hohen Bergen eingeschlossene Grazer Becken über. Im Süden schließen es der 450 m hohe Kehlberg und der Buchkogel mit 550 m Höhe ab. Im Osten und Westen wird es von Rücken und Hügeln begrenzt, die sich kaum 50 m über die Talsohle erheben und erst in größerer Entfernung ansteigen.

Das Werk wurde 1969 in Betrieb genommen. Bis 1976 wurde es mit Öl, seit 1977 teils mit Öl, teils mit Erdgas betrieben. Es hat eine Leistung von 295 MW. Die Emissionen gehen über einen 175 m hohen Schlot.

Da sich die nahe gelegene Stadt Graz sicherlich nicht unwesentlich an der Belastung des Gebietes durch Luftverunreinigungen beteiligt, war die Überprüfung der Auswirkungen des neuen Werkes von großem Interesse.

Kontrollmaßnahmen

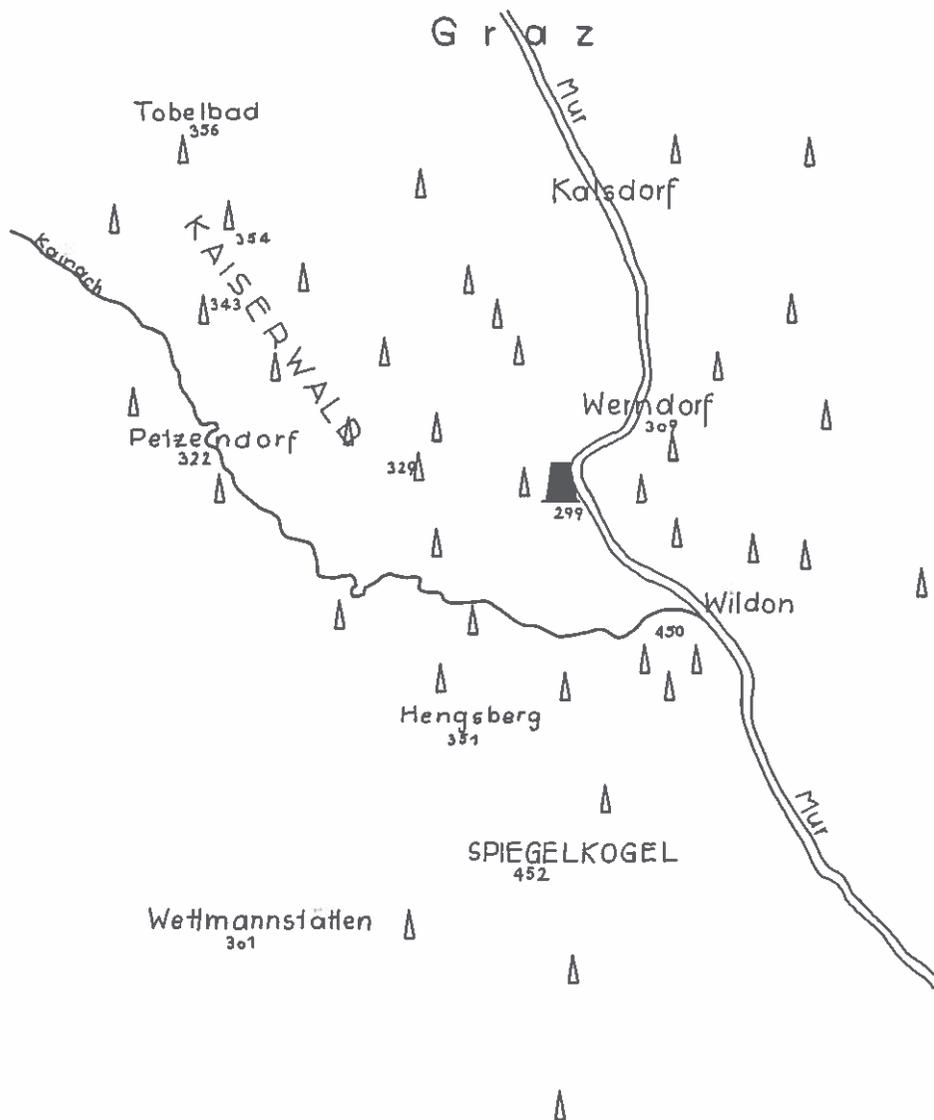
Die Infrarotaufnahmen stammen aus dem Jahre 1975 (Karte 11).

1968 wurde von der FBVA ein Netz von Kontrollbäumen bis zu 15 km Entfernung vom Werk eingerichtet (Karte 12). An diesen sollen Zuwachsuntersuchungen im Abstand von 5 Jahren erfolgen. (Es liegt noch kein Ergebnis vor). Sehr gut funktionieren die Nadelprobenkontrollen, die jährlich vom Betreiber des Werkes, der Forstbehörde, der Landwirtschaftskammer und der FBVA gemeinsam gemacht werden. Der Vergleich der Werte läßt einen deutlich ansteigenden Trend erkennen, ohne daß bisher wirklich kritische Belastungen erreicht wurden.

Nördlich des bestehenden Werkes ist die Errichtung eines Fernheizwerkes vorgesehen. Zusammen mit dem rd. 24 km entfernten Kraftwerk Voitsberg, das durch das westlich gelegene Kainachtal entlüftet wird, kann sich eine Verschlechterung der Situation ergeben. Ab Herbst 1980 wird das Nadelprobenkontrollnetz daher so weit gegen Norden ausgedehnt, daß ein loser Zusammenhang mit dem Voitsberger Kontrollnetz besteht.

Immissionskontrolle Werndorf

Karte Nr.: 12



△ SO₂-Nadelproben - Kontrollbäume

■ Emittent 395 Seehöhe



GROSSRÄUMIGE ERHEBUNG VON IMMISSIONSZONEN MIT INFRARED - FILM IN DER STEIERMARK

Von

Karl Siegfried SCHNOPFHAGEN
Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung für das Forstwesen - Graz

EINLEITUNG

1970 wurde in der Steiermark der Landeshygieniker als Beratungsorgan der Landesregierung für Fragen des Umweltschutzes installiert; das Referat für Luftreinhaltung wurde eingerichtet und die aus dem damals entstehenden neuen Forstgesetz bekannt gewordenen Bestimmungen über Luftreinhaltung machten das Referat Forstschutz der Landesforstinspektion neugierig. Alle drei Dienststellen wollten möglichst rasch einen Überblick über die Immissionssituation im gesamten Bundesland. Alle üblichen Meßverfahren waren für eine derartige Erhebung zu aufwendig und zeitraubend.

1968 schrieb POLLANSCHÜTZ im "Centralblatt für das gesamte Forstwesen" (85. Jg., H. 2) über "Erste Ergebnisse über die Verwendung eines Infrarot-Farbfilmes in Österreich für die Zwecke der Rauchschadensfeststellung". Die seinerzeitigen Versuchsaufnahmen (mit einer Kleinbildkamera) stammten aus der Steiermark und waren bekannt. Das Verfahren sollte nun großräumig verwendet werden.

Am 23. 9. 1971 wurden im Raume Leoben - Traidersberg (rund 7000 ha) und im Mürztal (rund 17000 ha) die ersten Probeaufnahmen vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen gemacht. Verwendet wurde Kodak Aerochrome Infrarotfilm Nr. 2443 und ein infrarotkorrigiertes Objektiv Wild-Universal-aviogon 341 (f = 15) mit Wrattenfilter Nr. 12. Versuchsweise wurde zwischen 1000 und 1800 m über Grund geflogen. Entwickelt wurden die Filme durch die KLM Aero-carto N.V. nach dem Rewind-System. Geliefert wurden Luftbild-Dias 23 x 23 cm mit ca. 1/3 seitlicher und 2/3 Längsüberlappung (dadurch ist die Aufnahme auch für geodätische Auswertung verwendbar). Die Bildqualität des erhaltenen Materials war zwar vergleichsweise nicht brillant, reichte aber, mit relativ viel Bildinterpretation in der Natur, für die Auswertung entsprechend den gestellten Anforderungen. Die Anwendbarkeit des Verfahrens für die beabsichtigte großflächige Inventur von Immissionseinflüssen in der Steiermark erschien ge-

sichert. Durch Koordination der Möglichkeiten der drei interessierten Dienststellen konnte die Finanzierung einigermaßen sichergestellt werden. Dipl.Ing. Dr. Pollanschütz sagte seine beratende Mitarbeit bei zukünftigen Aufnahmen und die Auswertung des Bildmaterials zu.

1972 wurde das vorhandene Bildmaterial Traidersberg und Mürztal ausgewertet. Das Ergebnis wurde von POLLANSCHÜTZ in "Allgemeine Forstzeitung" Nr. 2 / 1973 unter dem Titel "Luftbildinventur von Vegetationsschäden mit Infrarotfilm in der Steiermark" veröffentlicht. Alle weiteren Schwerpunktgebiete der Luftverunreinigung in der Steiermark wurden in 12 Abschnitte aufgeteilt und nach den jährlich vorhandenen Geldmitteln von 1973 bis 1978 in gleicher Weise bearbeitet.

AUFNAHMEMATERIAL UND -TECHNIK

Alle Aufnahmen wurden vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen Wien durchgeführt. Verwendet wurde Kodak Aerochrome-film Nr. 2443 und eine Wild-Luftbildkamera mit Universalaviogon Brennweite 15,324 cm.

Wegen der überall stark gegliederten Geländeverhältnisse in den Aufnahmegebieten schwankten die Flughöhen stark. Ein Aufnahmegebiet (Badl - Graz) wurde aus Höhen zwischen 900 bis 1200 m über Grund aufgenommen. Daraus resultierten Bildmaßstäbe von ungefähr 1 : 5000 bis 1 : 6000. In den anderen Gebieten wurde annähernd 1500 bis 1800 m hoch geflogen, daraus ergaben sich größtenteils Bildmaßstabzahlen zwischen 1 : 8000 und 1 : 12000. In Steillagen schwankten sie natürlich bedeutend stärker.

Geflogen wurde nur in den Mittagsstunden zwischen 11,30 und 13,30 Uhr.

Der Zeitraum von Mitte bis Ende August erwies sich als am günstigsten für die Aufnahme. Allein von Sonnenstand und Lichtangebot her erschiene ein früherer Termin vorteilhafter. Die Fichte hat aber dann das Triebwachstum noch nicht überall abgeschlossen. Die Kronen erscheinen zu hell. Aus der Sicht der Schadstoffwirkung und der daraus folgenden Habitusänderung der Bäume wäre wiederum ein späterer Aufnahmezeitpunkt zweckmäßiger. Dann ist aber, besonders im steileren Gelände, die Schattenbildung zu stark. Auf Bildern, die aus organisatorischen Gründen einmal erst im Oktober gemacht wurden, erschienen alle Schatthänge so dunkel, daß darauf nichts unterschieden werden konnte. Die Sonnhänge dagegen waren überbelichtet, weil die Belichtung des Filmes auf das Mischlicht abgestimmt war.

Die Entwicklung der ersten Filme erfolgte im Ausland. Seit 1974 hat das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen eine

eigene Anlage und entwickelt die Filme im Haus.

Die Filme sind überaus wärmeempfindlich.

Die Bilder wurden als Luftbild-Dias 23 x 23 cm mit Ortungskarten, auf denen Flugstreifen und Bildmittelpunkte mit Bildnummern dargestellt sind, geliefert.

AUSWERTUNG DER BILDER UND DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

Dipl.Ing. Dr. J. Pollanschütz wertete das Bildmaterial aus, kartierte die Ergebnisse in der Österreich-Karte 1 : 50000 und lieferte jeweils einen Bericht dazu, in dem er auf Eigenheiten des Film- und Bildmaterials, Arbeitsmethode und speziell auf lokale Besonderheiten verwies, die in der großräumigen Darstellungsart unberücksichtigt bleiben mußten. Die nachfolgenden Ausführungen über Arbeitsmethode, Bildinterpretation und Interpretationsschlüssel sind wörtlich aus dem ersten der vorerwähnten Berichte übernommen.

POLLANSCHÜTZ:

"Im Vergleich zu der früher mit dem Kodak Ektachrome Infrarot Aerofilm Nr. 8443 erzielten Bildqualität ließ diese bei den nunmehr zum Einsatz gelangten Kodak Aerochrome Infrarotfilm Nr. 2443 zu wünschen übrig. Es herrschten die Blautöne vor und somit war die Farbdifferenzierung, die üblicherweise von kräftigen Rottönen über verblaßte Rottöne, gelben, braunen zu grünen und blauen Farbtönen reicht, ganz erheblich herabgemindert. Dieser Umstand führte dazu, daß die über einem Durchlichtgerät durchgeführte monokulare Betrachtung und Interpretation der Luftbilder wesentlich häufiger in der Natur überprüft werden mußte als im Normalfall, um den bedingten Unsicherheiten zu begegnen.

Die Interpretation erstreckt sich vor allem auf die Waldbestände und nur in zweiter Linie auf die landwirtschaftlich genutzten Flächen. Dem Wesen einer Großrauminventur entsprechend handelte es sich bei der Aufnahmemethode um eine "Extensivinventur", dies bedeutet, daß für die Zuordnung der einzelnen örtlichen Bereiche zu den Schädigungszonen in erster Linie das "flächige" Erscheinungsbild maßgebend war und erst in zweiter Linie die Häufigkeit des Auftretens unterschiedlich geschädigter Einzelbaumkronen als Entscheidungskriterium Beachtung fand. Der durchschnittliche Bildmaßstab von etwa 1 : 10000 hätte abgesehen von der Bildqualität eine andere Aufnahmemethode nicht zugelassen. (Für die Intensivinventur eines bestimmten Immissionsgebietes z.B. "Zweiphasen - Stichprobe - Inventur" mit der Interpretationseinheit = Einzelkrone, wäre demgegenüber ein Aufnahmemaßstab von 1 : 6000 bis 1 : 8000 erforderlich.)

Die gewählte Aufnahmemethode umfaßte vier Arbeitsphasen. Die erste Phase war einem intensiven Interpretationstraining in der Natur und der Erarbeitung eines Interpretationsschlüssels vorbehalten. Der zweite Schritt umfaßte die Interpretation der Luftbilddias über einem Durchlichtgerät und die provisorische Kartierung der Schädigungszonen. In der dritten Arbeitsphase wurde das vorläufige Interpretationsergebnis in der Natur überprüft und gegebenenfalls Korrekturen an der Abgrenzung der Schädigungszonen in Anhalt an okular erkennbaren Schädigungssymptomen vorgenommen. Die endgültige Abgrenzung der Schädigungszonen erfolgte im Büro bei Stereobetrachtung (außerdem Vergrößerung der Bildbetrachtung) mit Hilfe eines Spiegelstereoskopes. Diese vierte Arbeitsphase war als Kontrolle gedacht und ermöglichte auf Grund der Häufigkeit des Auftretens der in unterschiedlichem Ausmaß geschädigten Nadelbaumkronen (Nadelholzbestände ab Alter 40) eine endgültige Entscheidung über die Zuordnung zu den Schädigungszonen. Diese Kontrollen bezogen sich vor allem auf die Abgrenzung zwischen den "schadensfreien Bereichen" (Zone 0) und den durch Immissionen "beeinflussten Bereichen" (Zone 1) sowie den "leicht geschädigten Bereichen" (Zone 2).

Interpretationsschlüssel und Beschreibung der Schädigungszonen

Nach einem intensiven Interpretationstraining (Vergleiche der im Bild erkennbaren Farbdifferenzen mit den in der Natur an den Einzelbaumkronen erkennbaren Schädigungen) war es möglich, bei der Hauptbaumart Fichte (*Picea abies* Karst.) und bei der örtlich vertretenen Tanne (*Abies alba* Miller) mit einiger Sicherheit vier Vitalitäts- bzw. Schädigungsstufen zu unterscheiden.

- Schädigungsstufe 1 "gesund":

deutliches Hervortreten roter Farbtöne, dies umso stärker, je jünger die Bestände waren.

- Schädigungsstufe 2 "leicht geschädigt":

blaue Farbtöne gewinnen gegenüber den meist blassen roten Farbtönen das eindeutige Übergewicht (bedingt durch die Filmqualität herrschen die blauen Farbtöne bereits vor).

- Schädigungsstufe 3: "stark geschädigt":

die Einzelbaumkronen erscheinen bei "Mitlicht" in hellblauen Farbtönen und bei "Gegenlicht" in dunkelblauen Farbtönen.

- Schädigungsstufe 4 "abgestorben":

die Einzelbaumkronen erscheinen in grünen oder blaugrünen Farbtönen

Die relative Häufigkeit des Auftretens der Kronen der einzelnen Vitalitäts- bzw. Schädigungsstufen (insbesondere 1 - 3) führte in den meisten Fällen zu einem flächigen Erscheinungsbild, das eine Unterscheidung nach Zonen unterschiedlicher Schädigung ermöglichte. Gegen die Bereiche sehr starker Schädigungen hin waren vor allem die

älteren Nadelholzbestände überdies aufgelockert (da zahlreiche Bäume in der vorausgegangenen Zeit abgestorben waren) und in den Gebieten sehr starker Schädigung waren nur mehr einzelne, offenbar sehr widerstandsfähige, jedoch stark geschädigte Fichten und Kiefern zu verzeichnen.

Entgegen dem ursprünglichen Vorhaben, nur drei Zonen unterschiedlicher Schädigung (bzw. Immissionsbelastung) auszuscheiden, erschien es auf Grund des intensiven Interpretationstrainings, möglich fünf Schädigungszonen zu unterscheiden.

Zone 0 = "schädigungsfreie Zone"

- Luftbild: Eindeutiges Überwiegen der Einzelkronen der Vitalitätsstufe 1, daher sehr stark differenziertes Erscheinungsbild der Waldbestände und sehr deutliches Hervortreten roter Farbtöne. Das örtliche Auftreten einiger (oder in älteren Beständen bisweilen zahlreicher Nadelbaumkronen der Vitalitätsstufe 2 geht auf ungünstige Standortverhältnisse (z.B. trockene Standorte) zurück. Das vereinzelte Auftreten von Bäumen der Schädigungsstufen 3 und 4 steht nicht mit Immissionsbeeinflussungen, sondern mit anderen Schadensursachen im Zusammenhang (z.B. bei kreisförmiger Anordnung grün erscheinender Kronen handelt es sich um sogenannte "Blitzlöcher"). Im Bereich landwirtschaftlich genutzter Gebiete treten kräftige und satte Rottöne in den Vordergrund, wobei je nach Kulturgattung und Entwicklungszustand eine sehr starke Farbdifferenzierung festzustellen ist.

- Natur: An den Fichten können durchschnittlich 7 bis 9 Nadeljahrgänge festgestellt werden, die Kronen erscheinen daher dicht und in gesunden grünen Farben. Selbst bei den älteren Nadeln überwiegen noch die grünen Farben, nur die ältesten Nadeln erscheinen leicht schmutzig-grün bzw. braun-grün. Nur im Bereich ungünstiger Standorte treten teilweise etwas schütterere Kronen mit blaßgrünen Nadelfarben auf. Die Baumart Tanne ist häufig anzutreffen und zeigt ein vitales Erscheinungsbild.

Zone 1 = "beeinflusste Zone"

- Luftbild: Die Nadelbaumkronen der Schädigungsstufen 1 und 2 halten sich im allgemeinen die Waage. In älteren Beständen sind Kronen der Vitalitätsstufe 2 jedoch bereits stärker vertreten als Kronen der Vitalitätsstufe 1. Kronen der Laubbäume (Buche, Ahorn, Esche) erscheinen in kräftigen roten Farben, verblaßte Farben (als Folge vorzeitiger herbstlicher Laubverfärbung) sind nur sehr selten festzustellen. Im Bereich landwirtschaftlich genutzter Grundstücke überwiegen noch relativ kräftige rote Farbtöne. Gesamtheitlich gesehen zeigen die Waldflächen ebenso wie die landwirtschaftlichen Flächen noch ein relativ stark differenziertes Erscheinungsbild.

- Natur: Die Fichten verfügen im Durchschnitt über 6 oder teilweise auch mehr Nadeljahrgänge. Es treten jedoch bereits häufig schütter erscheinende Fichten auf. Die älteren Nadeln zeigen eine schmutzig-grüne Farbe; Übergänge von schmutzig-grünen 3 und 4-jährigen Nadeln zu braun-grünen 5- und mehrjährigen Nadeln sind sehr häufig

zu beobachten. Die Baumart Tanne ist in dieser Zone noch relativ häufig anzutreffen, weist jedoch in der überwiegenden Zahl der Fälle bereits eine sehr schütterere Benadelung auf.

Zone 2 = "leicht bis mäßig geschädigte Zone"

- Luftbild: Eindeutiges Überwiegen der Kronen der Schädigungsstufe 2. In älteren Beständen sind nur mehr vereinzelt Kronen der Vitalitätsstufe 1 festzustellen. Selbst in mittelalten und jungen Beständen überwiegen bereits Kronen der Schädigungsstufe 2. Einzelbaumkronen der Vitalitätsstufe 3 (bei Mitlicht meist hellblaue Farbtöne, im Gegenlicht dunkelblaue Farbtöne) treten insbesondere in älteren Beständen bereits häufig auf. Örtlich ist ein verstärktes Auftreten der Kronen der Schädigungsstufe 4 festzustellen. Bei den Kronen der Lärchen und Kiefern überwiegen (wie im Bereich der Zone 0 und 1) hellblaue Farbtöne mit Andeutungen von roten Farbtönen. Bei Laubbaumkronen sind relativ häufig bereits verblaßte Rottöne als Folge einer immis-sionsbedingten vorzeitigen herbstlichen Laubverfärbung festzustellen. Im Bereich der landwirtschaftlich genutzten Grundstücke treten die blauen Farbtöne und verblaßte rote Farben in den Vordergrund. Allgemein zeigt diese Zone infolge der geringeren Farbdifferenzierung bereits ein flächiges Erscheinungsbild.

- Natur: Die Fichte verfügt durchschnittlich nur mehr über 5 Nadel-jahrgänge, wobei die älteren Nadeln schmutzig-grün bis bräunlich sind. Ab der III. Altersklasse ist bei Fichte sehr häufig Harzfluß zu beob-achten. Dies gilt besonders für den Bereich Traidersberg - Donawitz - Leoben und den Bereich Bruck a. d. Mur - Kapfenberg. Die Tanne ist nur mehr in wenigen stark geschädigten und kümmernden Exem-plaren anzutreffen. Im Gegensatz zur Zone 1 und 0 ist unter den Kronen der Nadelholzbestände selbst bei relativ schütterem Kronen-dach meist nur eine spärliche Begrünung des Bodens festzustellen. Zone 3 = "stark geschädigte Zone"

- Luftbild: Es überwiegen die Kronen der Schädigungsstufe 3, nur ver-einzelt sind Kronen der Vitalitätsstufe 2 (blasse rote Farbtöne) festzu-stellen. Die Kronen der Lärchen und Kiefern zeigen keine Spuren von roten Farbtönen und erscheinen in hellgrauen bis grün-blauen Farben. Bei Laubbäumen ist häufig eine meist halbseitige (werkszugewandte Seite) vorzeitige Laubverfärbung zu konstatieren. Die Laubbaumarten treten überdies wesentlich häufiger auf als in den Zonen 0 - 2. Im Bereich der Grünlandflächen und der übrigen landwirtschaftlichen Grundstücke überwiegen blasse violette und verwaschene blaue (grau-blaue) Farbtöne, nur örtlich sind verwaschene blasse Rottöne festzu-stellen. Insgesamt betrachtet bietet die Zone 3 ein flächiges, leicht verwaschenes, blaues Erscheinungsbild; die dominierenden Farbtöne sind graublau bis blaugrün.

- Natur: Die Fichten verfügen im Durchschnitt nur mehr über 3 - 4 Nadeljahrgänge; die Kronen erscheinen folglich schütter bis sehr schütter. Die älteren Nadeln (2- und mehrjährige Nadeln) sind schmutzig braun, die Stämme sind meist stark verrußt und zeigen

starken Harzfluß (Harzaustritt im Bereich der Ansätze abgestorbener Äste). Am Boden ist im unmittelbaren Bereich der Einzelbaumkronen eine übermäßig dichte Nadelstreudecke und keine Begrünung festzustellen. Dies ist offenbar eine Folge der durch den verstärkten Nadelabfall bedingten Versauerung, die durch im Traufbereich zum Boden gelangende saure Niederschlagswasser noch verstärkt wird. Die gegenüber SO_2 , H_2S , HF usw. empfindlichste Baumart Tanne ist im Bereich dieser Zone als bereits ausgestorben zu betrachten. Lärche und vor allem auch die Kiefer lassen in dieser Zone an Vitalität zu wünschen übrig.

Zone 4 = "sehr stark geschädigte Zone"

- Luftbild: Es überwiegen immissionsbedingt die Laubbaumarten und ihre Kronen erscheinen in blaß-rosa bis violetten Farbtönen. Eine halbseitige vorzeitige Laubverfärbung (siehe diesbezüglich auch Zone 3) ist häufig zu beobachten (stark verblaßte Farben bis gelblich weiße Farbtöne). Die Kronen der Lärchen erscheinen in graublauen Farben. Soweit noch einzelne Fichten vorhanden sind, zeigen deren Kronen im Bild blaue bis blaugraue und blaugrüne Farbtöne. Im Bereich der landwirtschaftlichen Flächen und im Bereich der Gärten dominieren grau-blaue bis blaß violette Farbtöne. Alle Kulturgattungen zusammen gesehen weisen ein stark flächiges Erscheinungsbild auf, das durch einen leichten Grauton charakterisiert ist.

- Natur: Die Fichte existiert örtlich nur mehr in einigen stark geschädigten (offenbar sehr widerstandsfähigen) Exemplaren. An ihre Stelle sind schütterere Lärchen- und Laubholzbestände getreten. Sowohl bei Lärche als auch bei Laubbaumarten sind häufig abgeflachte oder fallweise auch ovale bis nahezu kugelförmige Kronen als Folge eines seit mehreren oder vielen Jahren stark reduzierten Höhenwuchses festzustellen. Der Artenreichtum der Bodenflora in den Waldbeständen ist ebenso wie auf den Grünflächen geringer als in den mäßig geschädigten bis unbeeinflussten Bereichen." (Ende Zitat Pollanschütz)

Die Begrenzung der Zonen ist in der Natur keine Linie, sondern ein Band in verschiedener Breite. Dies gilt besonders für die Abgrenzungen der Zonen 0 -1 und 1 - 2.

Das Schädigungsausmaß in den ausgewiesenen Zonen ist folgendermaßen definierbar:

- Zone 0 : schädigungsfrei.
- Zone 1 : beeinflusst; Immissionseinwirkungen treten hier vorwiegend während der nebelreichen Wintermonate auf. Eventuelle Zuwachsverluste liegen unterhalb der meßbaren Grenze.
- Zone 2 : leicht bis mäßig geschädigt; Schäden sind bereits meßbar, bei längeren Inversionswetterlagen ist fallweise eine Geruchsbelästigung und Sichtbehinderung vom Menschen wahrnehmbar.
- Zone 3 : stark geschädigt; Tanne praktisch ausgestorben, vorzeitiges Absterben und starke Zuwachsverluste an der Fichte, Vitalitätsminderung an Lärche, Kiefer und Laubhölzern, bei Inversionswetterlagen starke Geruchsbelästigung und Sichtbehinderung für den Menschen.

- Zone 4 : sehr stark geschädigt; praktisch nadelholzfrei.

Die Zonen wurden auf der Österreich-Karte mit Wald- und Straßenaufdruck und 20 m Schichtenplan in 4 Farben dargestellt. Es wurden Folien in den Farben braun für die Zone 4, rot für die Zone 3, orange für 2 und gelb für 1 aufgeklebt. Die Zone 0 ergab sich aus der Begrenzung der Zone 1 und des Fluges. Für eine spätere Publikation wurden Karten 1 : 200000 angefertigt. Für die gegenständliche Arbeit wurden die Zonen in 4 verschiedenen Rasterdichten einfärbig auf eine vorhandene Waldkarte im Maßstab 1 : 300000 aufgedruckt.

In der relativ kleinen Geländedarstellung des Maßstabes 1 : 50000 war es nicht möglich, alle bei der Taxation festgestellten, kleinflächigen Besonderheiten graphisch darzustellen. Diese wurden in den jeweiligen Berichten in der nachfolgend beispielhaften Form verbal festgehalten.

"Die Schädigungen in der Talsohle des vorderen Teiles des oberen Tollingergrabens entsprechen jenen der Zone "2". Da die Seitenhänge (50 - 100 m über der Talsohle) jedoch eindeutig der Zone "3" zuzurechnen sind, erfolgte die gegebene kartenmäßige Darstellung."

"Im Gebiet Köpplingberg - Muggau wurden auf den Anhöhen Bestände der Schädigungsklasse 2 festgestellt, das gesamte Gebiet aber der Zone 1 zugeordnet."

Der Interpretationsschlüssel wurde grundsätzlich beibehalten. Das Bildmaterial der folgenden 6 Aufnahmejahre bot aber noch manche bunte Überraschung. Es traten Farbveränderungen gegen grün und braun auf. Häufig war das Interpretationstraining im Gelände mühsam und zeitraubend, immer aber zielführend.

Die ursprünglich für eine Weiterverwendung der Bilder für geodätische Auswertungen (es waren ja in manchen Gebieten Neuaufnahmen nach längerer Zeit) verlangten Bildüberdeckungen erwiesen sich auch für die Zonierung als gut. Manchmal war nur der mittlere Bildteil einwandfrei in den Farben. Die Ränder erschienen heller. Unterschiede in der Farbwiedergabe bestanden nicht nur zwischen den jährlichen Aufnahmen, sondern auch zwischen mehreren, im gleichen Jahr gemachten Gebietsaufnahmen und fallweise sogar zwischen einzelnen Gruppen von Bildstreifen. Erklärung hierfür dürfte in unterschiedlichem Filmalter (unterschiedliche Lagerzeit), möglicher wärmemäßiger Vorbelastung, geringen Belichtungsunterschieden und Entwicklungsdifferenzen zu finden sein.

Die Flächen wurden planimetriert und in der angeschlossenen Tabelle bezirksweise zusammengestellt.

NUTZANWENDUNG

Alle beteiligten Dienststellen haben den gewünschten Überblick

über die großräumige Immissionssituation im Land erhalten. Die Ergebnisse dienen der Regional- und Landesplanung ebenso als Unterlage für ihre Arbeiten wie der Behörde in gewerblichen und industriellen Genehmigungsverfahren. Von den Fachabteilungen werden sie für Planungen von Meßnetzen und zur Kontrolle von Meßergebnissen und Prognosen herangezogen. In forstlichen Entschädigungsverhandlungen werden sie herangezogen und im Waldentwicklungsplan werden die Zonen 2 und 3 als jene Gebiete ausgewiesen, in denen dem Wald vorwiegend Wohlfahrtsfunktionen zukommen.

Das Bildmaterial wurde zentral archiviert und wird für geodätische Arbeiten sowie Kulturgattungsfeststellungen u.ä. weiter verwendet.

Die Ergebnisse werden jedoch nicht als direktes oder ausschließliches Beweismittel bei forstlichen Entschädigungsverfahren verwendet. Die Karten dienen vielfach als Verhandlungsgrundlage und Hinweis für lokale Messungen, sind aber für kleinflächige Beurteilungen nie gedacht gewesen und auch schon von der Darstellung her nicht geeignet. Alle kleinräumig gemachten Untersuchungen haben aber die Aussage der Infrarot - Aufnahme recht gut bestätigt.

Die Gesamtkosten der Arbeit betragen rund 2 060 000.- ö.S.

Bearbeitet wurde eine Fläche von rund 4155 km², das sind 25 % der gesamten Landesfläche (16373 km²); jener Teil, auf dem mehr als 60 % der Bevölkerung leben.

Erfaßt wurden rund 187 000 ha Wald, das sind 20 % der steirischen Waldfläche (948 000 ha). Das Ausmaß der in den Zonen 2, 3 und 4 stockenden, geschädigten Bestände von 29 300 ha oder 3 % der Gesamtwaldfläche erscheint verhältnismäßig gering. Da es sich aber ausschließlich um Wald in und um Siedlungsräume handelt, steht die Notwendigkeit seiner Erhaltung in allen seinen Funktionen wohl außer Zweifel. Um entsprechende Maßnahmen treffen zu können, war vorerst der Gefährdungsbereich festzustellen.

ZUSAMMENFASSUNG

Von 1971 - 1978 wurden von den industriellen und siedlungsmäßigen Ballungsräumen der Steiermark Luftbildaufnahmen mit Kodak Aerochrome Infrarotfilm gemacht. Je nach Schädigungsausmaß erscheint der gewählte Indikatorbaum Fichte auf den Luftbildern in Farbtönen zwischen rot und blaugrün. Nach der Häufigkeit vorhandener geschädigter Bäume konnten 5 Immissions-Belastungszonen ausgetrennt und in der Österreich-Karte 1 : 50 000 kartiert werden. Im gewählten Bildmaßstab von rund 1 : 8000 - 1 : 12000 können Einzelbäume noch erkannt werden, gleichfarbige Kronen ergeben aber schon Flächen in annähernd gleichen Farbtönen, die eine Zuordnung zu einer Zone erleichtern.

Die Aufnahme wurde zur raschen Information über großräumige Immissionsverhältnisse gemacht. Die erhaltenen Karten dienen der allgemeinen Raumplanung und forstlichen Planungen als Unterlage. Für Beweisverfahren bei Entschädigungsforderungen für Rauchschäden in Waldbeständen werden gesondert Messungen durchgeführt, deren Ergebnisse sich allgemein gut mit den Immissionszonen der Infraradaufnahmen decken.

Von der aufgenommenen Gesamtfläche von 415 520 Hektar entfallen auf:

Zone 0 (unbeeinflusst)	204 140 ha
Zone 1 (beeinträchtigt)	130 920 ha, davon 57 900 ha Wald
Zone 2, 3 (geschädigt)	79 910 ha, davon 29 200 ha Wald
Zone 4 (keine Koniferen)	550 ha, davon 100 ha Wald

Die Gesamtkosten der Arbeit betragen rund 2 060 000.- ö.S.

Flächenausmaße der Immissionszonen nach Gesamtlächen und Waldflächen
in den Politischen Bezirken:

Stand 1978

Bezirk	Ges. Erheb- g. Fläche	in Hektar (100 Hektar = 1 km ²)				Zone 4 Gesamt dav. Wald				
		Zone 0 Gesamt dav. Wald	Zone 1 Gesamt dav. Wald	Zone 2 Gesamt dav. Wald	Zone 3 Gesamt dav. Wald					
Mürzzuschlag	28.600	15.760	10.800	6.080	1.940	930	70	30	30	-
Bruck/Mur	51.000	25.720	14.720	6.430	9.030	3.030	1.460	-	70	-
Leoben	39.710	19.490	8.810	7.010	9.300	6.910	1.660	640	450	100
Knittelfeld	32.750	23.280	4.030	2.160	3.290	920	2.150	420	-	-
Judenburg	40.780	21.960	7.430	5.090	6.210	2.260	5.180	1.220	-	-
Voitsberg	46.410	26.090	12.380	5.500	5.160	2.900	2.780	550	-	-
Deutschlandsberg	32.200	18.700	13.500	4.310	-	-	-	-	-	-
Graz-Umgebung	76.310	26.720	27.020	12.260	19.980	5.150	2.590	20	-	-
Leibnitz	38.480	5.890	25.730	5.670	6.710	2.760	150	60	-	-
Feldbach	1.380	-	1.380	840	-	-	-	-	-	-
Liezen	27.900	20.530	5.120	2.550	1.950	390	300	90	-	-
S u m m e	415.520	204.140	130.920	57.900	63.570	26.170	16.340	3.030	550	100

ZUR IMMISSIONSSITUATION
IM GRATKORNER BECKEN - BEWEIS -
SICHERUNG NACH VERFAHRENSÄNDERUN -
GEN IN EINER ZELLSTOFFFABRIK

V o n

D.Grill, J.Raber und S.Schnopfhagen

Institut für Pflanzenphysiologie, Institut für Anorganische
und Analytische Chemie, Universität Graz; Landesforstinspektion
für Steiermark, Graz.

A U S G A N G S S I T U A T I O N

Im Zuge der Wasserqualitätsverbesserung der Mur wurde in
zweijähriger Bauzeit das Zellstoffaufschlußverfahren bei der
Leykam-Mürztaler A.G. von Calciumbisulfit auf das umwelt-
freundlichere Magnefiteverfahren umgestellt (Kocherproduktion
175.000 t pro Jahr, Trockensubstanz). Die Fabrik liegt nörd-
lich von Graz im relativ kleinen Gratkorn Becken. Dieses
stellt das südlichste und zugleich besonders ausgeprägte Tal-
becken im gesamten Murdurchbruch von Bruck bis Graz dar und
ist von Bergketten mit Höhen bis über 700 m Seehöhe umgrenzt.
Durch diese spezielle Lage, insbesondere aus meteorologischer
Sicht (Lazar 1979), waren Vorkehrungen zu treffen, um Änderun-
gen in der Immissionssituation im Zuge der Werksumstellung
zu erfassen.

Zur Beweissicherung wurden stationäre Meßstellen in-
stalliert und ein Netz von Kontrollbäumen für Nadelanalysen
ausgewählt. Weiters existierten aus diesem Gebiet IR-Kartie-
rungen (Schnopfhagen 1977). Während der Probetriebsperiode
mußte jedoch festgestellt werden, daß vom Betrieb intensive
Geruchsbelästigungen ausgingen und eindeutige Hinweise vorla-
gen, daß die amtlich zugelassenen SO₂-Emissionen während der
Anfahrphase überschritten wurden.

O R I E N T I E R U N G

Ü B E R D I E I M M I S S I O N S V E R T E I L U N G

Auf Grund zahlreicher Klagen aus der Bevölkerung und der
jedoch zum Teil recht unterschiedlichen Feststellungen in bezug

auf Belästigungen (z.B. Schädigungen der Vegetation) war anzunehmen, daß in diesem Gebiet lokalklimatische Faktoren bei der Immissionsbeurteilung heranzuziehen sind. Einige Sachverständige wollten diese Faktoren rein meteorologisch erfassen (Lazar 1979), andere die Abgassituation in diesem Gebiet möglichst rasch und differenziert untersuchen, da Daten aus den zwei bisher installierten registrierenden Meßstationen keine Beurteilung der Belastungssituation zuließen. Dafür bot sich die Verwendung von Bleikerzen an. Sie wurde aber für den Zweck einer möglichst raschen und umfassenden Indikation nicht für optimal erachtet, da mit ihnen nur S-haltige, eventuell auch F-haltige Verbindungen aus der Luft bestimmt werden können, wobei die Aufarbeitung relativ umständlich ist; mögliche anorganische gasförmige Cl-Verbindungen aus der Zellstoffbleicherei sind nicht zu erfassen.

I n t e g r i e r e n d e s V e r f a h r e n

Für diese Zwecke wurde eine alkalisch beschichtete Zellulosekerze entwickelt, die einerseits einfach und billig herzustellen war, sämtliche saure S-F-Cl - haltige Komponenten erfassen konnte und überdies rasch und rationell aufzuarbeiten war:

Die Anordnung entspricht der der Bleikerze mit einer Plastikglocke als Witterungsschutz (Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz 1972). Die Meßeinheit besteht aus einem Glaszylinder mit einer Mantelfläche von 1 dm^2 , über den ein Chromatographiepapier (S&S 2043a Mgl., Cl^- , F^- und SO_4^{2-} freigewaschen) gleicher Größe gespannt und mit Zwirn befestigt ist. Der Zylinder wird in eine wässrige Lösung von 3 g KOH und 70 ml Glycerin in 1000 ml aqua dest., mit KHCO_3 puriss. gesättigt, getaucht (vgl. Huygen 1963). Nach Abtropfen und kurzem Trocknen bei 80°C ist das System bereit zur Exposition und wird gasdicht aufbewahrt.

Die Absorption der Abgase an der alkalischen Oberfläche erfolgt über Salzbildung, weshalb nur saure Immissionen erfaßt werden können (vgl. hingegen Bleikerzen). Daneben konnte festgestellt werden, daß bei der Zellulosekerze der Kapazitätsabfall bei hohen Schadstoffkonzentrationen in geringerem Ausmaß vor sich geht als bei der Bleikerze (Rainer 1979). Nach 28tägiger Exposition werden die Proben eingesammelt und wieder gasdicht (Exsikkator) bis zur Auswertung aufbewahrt. Für die Analyse wird das Papier vom Glaskörper abgelöst, mit aqua dest. eluiert, die Lösung mit einigen Tropfen H_2O_2 versetzt und Sulfat, Chlorid sowie Fluorid nach Likussar et al. 1976 mit Bariumchloranilat, Quecksilberchloranilat bzw. Lanthan-Alizarin-Komplexan bestimmt.

Mit diesem integrierenden Meßverfahren, der "Dreifachkerze", bekam man orientierende Hinweise über die Verteilung von Immissionen im Untersuchungsgebiet, wobei ein offensicht-

licher Stauraum um die Kirche Straßengel besonders auffiel, auf den auch klimatische Untersuchungen (Lazar 1979) hinwiesen. An dieser Stelle, sowie 3 weiteren, wurden dann gezielt zusätzliche registrierende Geräte (Wösthoff) installiert. Es war zu beobachten, daß nicht nur mit S-haltigen, sondern auch Cl-haltigen sauren Abgasen zu rechnen war. Es war eine deutliche Verbesserung der Luftsituation durch die gesetzten technischen Maßnahmen gegen Ende des Probetriebes feststellbar.

N a d e l a n a l y s e n

Wie eingangs erwähnt, wurden auch Nadelproben zur Be-weissicherung herangezogen und analysiert (Likussar et al. 1976). Entsprechend der Siedlungs-Industriestruktur des Gratkorner Beckens zeigten die Nadeln - als Beispiel sei hier nur jeweils der erste Nadeljahrgang angeführt - eine schwache Belastung durch S-haltige Abgase: Der S-Gehalt der Nadeln, ausgedrückt als SO_3 , betrug im Mittel zwischen 0,24 und 0,28 %. Bei der mit der "Dreifachkerze" lokalisierten Staulage im umliegenden Gebiet der Kirche Straßengel besaßen die Nadeln im Mittel stets um 0,34 % SO_3 und entsprachen nach der IR-Kartierung (Schnopfhagen 1977) der Zone 3. Auffallend war, daß trotz Umstellung der Fabrik 1978 und Probleme beim Probetrieb die S-Gehalte der Nadeln 1976, 1978 und 1979 annähernd konstant waren. Deutlich anders verhielt sich der Cl-Gehalt: Dieser betrug im Mittel 1976 und 1979 zwischen 0,06 und 0,09 %, 1978 war er jedoch deutlich erhöht (vgl. auch "Dreifachkerze"). Nachweisbares Fluorid bei Nadeln war sicher auf Staubabla-gerungen (Hausbrand, Braunkohlefeuerung der Fabrik) zurück-zuführen, insbesondere da die Nadeln vor der Analyse nicht gewaschen wurden und an den integrierenden Meßkörpern kein Fluorid nachzuweisen war.

S C H L U S S F O L G E R U N G E N

Zur Orientierung über die Verteilung von Emissionen sowie grobe Klassifikation saurer Abgase haben sich integrierende Meßkörper ("Dreifachkerzen") als äußerst brauchbar erwiesen, nicht zuletzt wegen der billigen Herstellung und der einfachen und zeitsparenden Analyse. Bei kurzzeitig auftretenden Problemen, wie sie bei der angesprochenen Industrieanlage vorlagen, haben sie sich bewährt, da man sich auf Grund der Vorinfor-mationen mit der optimalen Aufstellung einer geringen Zahl auf-wendiger Geräte begnügen kann. Die während der Verfahrensum-stellung aufgetretenen Störungen und damit verbundene erhöhte

Belastung der Luft durch Abgase führten zu Klagen aus der Bevölkerung über außergewöhnliche Immissionsintensitäten; mit der neuen Methode konnten diese Belastungssituationen verifiziert werden. Daß die Nadelanalysen nur zum Teil übereinstimmende Ergebnisse lieferten, dürfte in der relativ kurzen Phase erhöhter Emissionen während des Probetriebes liegen.

Die im Werk getroffenen Sanierungsmaßnahmen führten in der endgültigen Ausbaustufe zu deutlich spürbaren Verbesserungen in der Immissionslage. So ist nach Auskunft des Werkes festzuhalten, daß durch die Laugenverbrennung und damit im Zusammenhang stehenden verringerten Einsatzes von Braunkohle die SO₂-Emission nach vollständiger Inbetriebnahme der neuen Zellstoffabrik insgesamt gesehen verringert wurde (von 469 kg/h auf 335 kg/h). Dies spiegelt sich jedoch in den Analysenwerten der Nadeln noch nicht wider. Weiters seien hier besonders die positiven Leistungen zur Geruchsentsorgung erwähnt, die weltweit beispielgebend und auch patentiert sind.

L I T E R A T U R

- Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, 1972: Richtlinien zur Bestimmung von Luftverunreinigungen (Immissionsschäden) Nr.1, 1-10.
- Huygen, C., 1963: The sampling of sulfur in air with impregnated filter paper. Anal.Chim.Acta 28: 349-360.
- Lazar, R., 1979: Endbericht zu den Kleinklimatischen Untersuchungen im Gratkorner Becken. Im Auftrag des Landeshygienikers Univ.-Prof. Dr. J. Möse, Graz.
- Likussar, W., Raber, J., Huber, H. und Grill, D., 1976: The spectrophotometric determination of sulfate, chloride and fluoride in plant materials. Anal. Chim.Acta 87: 247-250.
- Rainer, R., 1979: Modellversuche zur Bestimmung pflanzenphysiologischer Schadstoffe in der Atmosphäre. Hausarbeit, Graz.
- Schnopfhagen, S., 1977: Immissionserhebung mit Infrarotfilm über forstliche Vegetationsschäden 1971-1976 in der Steiermark. In: Luftgüte und Wald in der Steiermark. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.

STANDORTSVERHÄLTNISSE UND VERÄNDERUNGEN IM BODENCHEMISMUS IN DER UMGEBUNG DES MAGNESIT- WERKES BREITENAU

Von
Walter KILIAN
Institut für Standort der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

STANDORTSKUNDLICHE CHARAKTERISTIK DES RAUMES

Klima

Das Gebiet gehört dem illyrisch getönten Klimabereich der südöstlichen Randalpen an, welcher durch relativ hohe Mitteltemperaturen und Niederschläge bei häufig auftretenden Starkregen, Lufruhe und Luftfeuchtigkeit gekennzeichnet ist. Auch die Gewitterhäufigkeit ist im Vergleich zum Bundesdurchschnitt hoch. Allerdings sind diese Merkmale hier, weiter im Gebirgsinneren, bereits abgeschwächt: der Niederschlagsgang hat noch ein deutliches Sommermaximum, die Wintertemperaturen sind relativ niedrig und die Schneelage höher und länger andauernd. Die Kamm-lagen weisen sogar eine überdurchschnittliche Windhäufigkeit und -stärke auf.

Gegen NW (von der Teichalm zum Rennfeld) leitet das Klima zur kühlfeuchten zwischenalpinen Region über.

Durch die ziemlich abgeschlossene Beckenlage des Talbodens um St. Erhard ist die Situation zudem modifiziert: Tiefsttemperaturen und Jahresmitteltemperatur sind abgesenkt, die Lufruhe verstärkt. Von Starkregen wird auch der unmittelbare Bereich der Breitenau heimgesucht, was wiederholt zu Katastrophen geführt hat.

Die bemerkenswert geringe Niederschlagssumme auf der Teichalm (Windschatten des Hochlantsch) beweist die stark modifizierende Wirkung des Reliefs auf das Lokalklima.

Gestein und Landformung

Das Exkursionsgebiet liegt in den geologischen Einheiten des Mur-alpenkristallins und des Grazer Paläozoikums und weist eine bunt

TABELLE 1: Klimadaten

a) Temperatur:

	Höhe	Mittel			Tagesmittel	
		Jahr	Jänner	Juli	min	max
Breitenau	560m	6.9	-3.4	17.0	-17.9	24.1
Teichalm	1200m	4.1	-4.8	13.0	-26.6	23.5

b) Niederschlag:

	Jahressumme	jährl. Häufigkeit von Tages-NS über 40mm	
		über 40mm	20-39mm
Breitenau	979	2.6	8.3
Teichalpe	896	2.2	11.0
Straßegg	1051	-	-

c) Trockenperioden im Zeitraum 1951 bis 1960:

	Tage:	über 40	30-39	20-29	10-19	6-9
Breitenau		0	1	12	34	62
Teichalpe		0	1	3	32	65

(Daten aus "Beiträge zur Hydrographie Österreichs",
H. 27 (1953), H. 32 (1961), H. 35 (1963) und H. 42 (1972)).

wechselnde Folge von Gesteinen auf.

An den S-Abhängen des Rennfeldzuges vornehmlich heller Paragneis und Amphibolitzüge des Muralpenkristallins, an den Schatthängen des Hochlantsch und weiter gegen den Straßegg-Sattel zu die Serie des Grazer Paläozoikums: Tonschiefer, Graphit- Serizit- und Kalkphyllit, Sandstein und Quarzit, Dolomitsandstein sowie der massige Hochlantschkalk.

Die Landformung des Tales ist jung: Steile, gleichförmige, von mächtigen Hangschuttdecken verkleidete Hänge im Tonschiefer-Phyllit-Komplex, aus dem die Kalkpartien meist als Rücken und Felsköpfe herausragen; im Amphibolit und Gneis ebenfalls steile, etwas weniger tief verwitterte, unruhige, von felsigen Abschnitten durchsetzte Hänge.

In der Hochfläche der Teichalm- Sommeralm ist eine alte Landoberfläche erhalten.

Die oft in nur schmalen Bändern wechselnden Gesteine sind in der Hangschuttdecke vermischt und als bodbildendes Substrat im Gelände kaum mehr abzugrenzen. Die Zuordnung von höherem Mg-Gehalt im Boden zu Magnesitstaub-Immissionen wird dadurch wesentlich erschwert, da nicht nur räumlich, sondern auch in der vertikalen Abfolge des Bodenprofils Dolomit oder Kalk führende Schichten regellos wechselnd auftreten und zu einem untypischen Profilverlauf des Mg- und Ca-Gehaltes führen können. Grob generalisiert muß fast im gesamten linken Taleinhang bis gegen Straßegg zu mit einem natürlichen Kalk/Dolomit-Anteil im Boden gerechnet werden, während an der rechten, sonnseitigen Talflanke carbonatfreie, saure (durch den Amphibolit jedoch auch recht Mg-reiche) Böden vorherrschen.

Boden

Der Boden umfaßt etwa folgende Formen:

- Auf Tonschiefer und Phyllit tiefgründige, schluffige bis sandig-lehmige, unreife Braunerde-Kolluvien, meist mäßig nährstoffreich und fallweise carbonathältige; hohes Wasserspeichervermögen, mäßig durchlässig, bei höherem Schluffgehalt auch undurchlässig, dichtlagernd und zu Stau-nässe neigend. Besonders bei kolluvialer Einmischung relikten Kalk-lehm-Materials vom Teichalpenplateau auch bindige, plastische und sehr tiefgründige Böden. Die Böden sind im allgemeinen rutschgefährdet.
- Auf Gneis meist seichtgründigere, skelettreiche und magere Braunerde, meist mehr gereift, besonders in höheren Lagen podsolige Tendenz, Übergang zu Semipodsol. Sandiger Lehm, nährstoffärmer und saurer, auf Amphibolit auch eutrophe Braunerde bis in größere Höhen.
- Auf Quarzsandstein und Quarzit flächenmäßig untergeordnet seichtgründiger Podsol.
- Im Bereich der Kalkstöcke Rendsina, von steinig-seichtgründigen An-fangsbodenbildungen bis zur tiefgründigen Mullrendsina und Übergänge zur Kalkbraunerde.

Vegetation und Waldgesellschaften

Die natürlichen Waldgesellschaften sind montane Fichten-Tannen-Buchen-Wälder und hochmontane Fichten-Tannen-Wälder mit deutlich subillyrischem Einfluß. Die Tanne ist stärker begünstigt, Buche auf basenreiches Gestein konzentriert (*Calamagrostis arundinacea*-Fichten-Tannen-Buchen-Wald auf Amphibolit, *Dentaria enneaphylos*-Fichten-Buchen-Tannen-Wald auf Kalk, *Cardamine trifolia*-Fichten-Tannen-Bergahorn-Wald auf Tonschiefer-Phyllit).

Die Buche ist von natur aus auch im sauren Kristallin vertreten, doch reicht ihre Vitalität hier nicht aus, um sich gegen den wirtschaftlich bedingten Druck der Fichte behaupten zu können.

Am Talausgang wird - besonders an Sonnhängen - noch die submontane Stufe mit Traubeneichen-Buchen-(Kiefern-) Mischwald und Buchenwald erreicht.

Fichte ist zwar weit über ihren natürlichen Anteil ausgebreitet, findet hier aber beste Wuchsbedingungen und ist außerordentlich vital und zuwachskräftig. Die Standorte sind im allgemeinen - insbesondere die auf Tonschiefer und Kalk-Phyllit - ziemlich stabil gegen wirtschaftliche Eingriffe.

Abgesehen von Sonderstandorten und wenigen, besonders unpfleglichen Waldbildern sind Degradationsformen selten, überwiegende Humusform ist Feinmoder und Mull.

Die im Tonschiefer-Phyllitgebiet früher stark verbreiteten Staudenwälder (Brandkultur) sind heute weitgehend verschwunden.

IMMISSIONSEINWIRKUNGEN AUF DEN BODEN

Die Immission von SO₂ bedeutet - im Gegensatz zu den Forstgewächsen - für den Boden hier keine wesentliche Gefährdung. Die Säurezufuhr wird weitgehend abgepuffert und ist bei stärker carbonathältigen Böden vielleicht sogar günstig.

Eine sehr wesentliche Belastung bedeutet hingegen die Zufuhr von Magnesit-Staub. Die Böden zeigen eine merkliche und relativ tiefreichende Anreicherung mit Magnesium, welche in näherer Umgebung des Werkes zu einseitig extremen, toxischen Konzentrationen und Anhebung des pH-Wertes in den hoch alkalischen Bereich führt. Mag in dolomitischen Böden der anthropogene Anteil des Mg-Gehaltes nicht klar abgrenzbar sein, so sind aber gerade diese Böden gegen eine zusätzliche Anreicherung empfindlich.

Im Jahre 1974 wurde eine Reihe von Bodenproben aus der näheren und mittleren Umgebung des Magnesitwerkes untersucht. Probepunkte 1 bis 4 liegen unmittelbar am Steilhang über dem Drehrohrföfen, Pt. 5 und 6 talauswärts in etwa 250 m und 1 km Entfernung von der Emissionsquelle.

Im Jahre 1979 wurden im Zuge einer größeren Probenzahl die Untersuchung an etwa den gleichen Stellen wiederholt.

Punkt 1

Sehr steiler N-Hang oberhalb Drehrohfen (Parzelle EZ 404); geschlägerte Schadfläche, derzeit etwa 80 % deckende Vegetation von Gräsern (vorwiegend *Aira flexouosa*), Seggen und Moosen; einzelne, teilweise abgestorbene Birken und Erlen. Offener Boden steinig, beweglich, erosionsgefährdet.

Boden: Bindige, kolluviale Braunerde auf Phyllit, kein sichtbarer Kalkgehalt.

Profil

5 mm	0_1	Moospolster, mit Wurzelfilz von Drahtschmiele durchsetzt, z. T. deutliche Staubkruste
3 mm	0_f	Unterseite der Moospolster, kohlig zersetzt, z. T. schwarzer Moder, dicht gelagert
2 - 0 cm	0_h	Feinmoder, schwarz, zwischen Steinen bis 7 cm verlaufend
0 - 5 cm	A	schwach humoser, sandiger Lehm, steinig
5 - 10 cm	AB	Übergangshorizont
10 - 50 cm	B	sandiger Lehm, stark steinig, locker
50 - 80 cm	BC_v	zunehmend steinig, Feinboden zwischen Schutt verlaufend

Punkt 2

Gleicher N-Hang, etwas weiter westlich in Parzelle 404. Einzelne Erlen, durch Erlenlaubstreu etwas mehr Humusauflage und "Verdüngungseffekt" der Staubkruste.

Boden wie voriges Profil

Probe aus 2 cm 0_{1+f} Horizont, unter Erlen

Punkt 3

Gleicher N-Hang, oberer, westlicher Rand der Parzelle 404. Einzelne Lärchen, Kolonie von *Calamagrostis epigeios*.

Boden wie voriges Profil

Probe aus 1 cm 0_1 Wurzelfilz und Pflanzenabfall von *Calamagrostis epigeios*

2 cm 0_f fasriger, brauner Grobmoder und Wurzelfilz

Punkt 4

Unterhang am Westrand der gleichen Parzelle 404 Mooskrusten wie

bei Punkt 1, aber nicht "verkohlt", unmittelbar dem Mineralboden aufliegend.

Probe aus 0_{1+f} 1 cm, Moospolster

Punkt 5

Parzelle EZ 252/2, etwa 250 m westlich der vorhergehenden Punkte, Standort ähnlich wie diese: N-Hang, Braunerde-Kolluvium auf Phyllit, frisch.

Kahlschlag in Fichtenbestand, mit *Aira flexouosa* vergrast, lokal ebenfalls Moospolster. Proben korrespondierend zu Profil 1

5 mm	0_1	Moos
3 mm	0_f	Unterseite der Moospolster, etwas zersetzt, kohlig schwarz
2 - 0 cm	0_h	Feinmoder, schwarz
0 - 5 cm	A ^h	sandiger Lehm, schwach humos weiteres Profil wie Profil 1

Punkt 6

Parzelle EZ 168, ca 1 km westlich von Punkt 1; N-Hang, Bodenprofil wie vor, etwas wasserzünftig; Schlag mit *Calamagrostis epigeios*-Vergrasung. Nur wenig Moos, kaum schwarze Stellen; Proben sinngemäß wie vorige

2 cm	0_{1+f}	aus Moospolstern, alternierend mit
2 cm	0_{1+f}	Moder und Wurzelfilz in <i>Calamagrostis</i> -Kolonie
0 - 6 cm	A ^{1+f}	humoser lehmiger Sand
6 - 80 cm	B	lehmiger Sand, steinig (Probe aus 50 cm)

Die Analysendaten sind in TABELLE 2 zusammengestellt. Die Werte für Ca, Mg, und Fe sowie für die Hauptnährstoffe P und K sind aus dem Aufschluß mit heißer Salzsäure ermittelt und geben etwa den mittelfristig verwitterbaren Gesamtvorrat dieser Elemente an.

Zum Vergleich sind auch die Daten zweier weiter entfernt gelegener, nicht immissionsbelasteter Bodenprofile (TABELLE 3) angeführt, welche etwa die Bandbreite der bei den Punkten 1 bis 6 auftretenden Böden einschließen: Tiefgründige, kolluviale Braunerden auf Phyllit, Profil A carbonathaltig und relativ bindig, Profil B leichter, kalkfrei, sauer und nährstoffärmer. Profil A läßt deutlich erkennen, daß bei höherem Mg-Gehalt carbonatischer Böden die Ca-Konzentration noch wesentlich stärker ansteigt. Selbst in Dolomitböden liegt der Ca-Gehalt meist über jenem von Mg. Auch der Profilverlauf - der Kalkgehalt steigt mit der Tiefe an - ist ein völlig anderer als bei den staubbelasteten Böden (siehe auch Graphik).

In der gesamten Parzelle 404 (Pte 1 - 4) sind die pH-Werte weit in den toxischen Bereich angehoben. Ebenso ist eine extreme Anreicherung

mit Mg erkennbar, welche ebenfalls toxisch wirkt. Ein großer Teil des Mg liegt in nicht carbonatischer Form vor - wobei aber die Menge, welche normalerweise an Humus gebunden ist oder aus dem Mineralbestand aufgeschlossen wird, weit überschritten ist. Das Mg: Ca-Verhältnis ist schließlich wesentlich weiter zum Magnesium hin verschoben als aus einem dolomitischen Charakter des Bodens erklärbar wäre. Der Mg-Gehalt ebenso wie die stark alkalische Bodenreaktion ist somit zweifellos der Staubeinwirkung zuzuschreiben.

Im größten Teil der Fläche liegt dem Boden eine sichtbare Kruste aus Magnesitstaub auf, welche, abgesehen von einigen speziellen Moosen und Flechten, unbewachsen ist. Die Anreicherung mit Mg nimmt mit der Bodentiefe rasch ab, doch ist eine gewisse Beeinflussung auch noch in größerer Tiefe erkennbar. In 60 cm hat die Mg-Konzentration bereits einen für diese Böden normalen Wert, doch liegt der pH-Wert immer noch im basischen Bereich, während er bei (auch analytisch) vergleichbaren Böden sonst um pH 5 liegt.

In den obersten Auflagehorizonten ist auch der Gehalt an Fe ungewöhnlich hoch, was auf eine entsprechende Anreicherung deutet. Im Mineralboden wird dies durch den höheren natürlichen Fe-Gehalt unkenntlich.

Noch bei Punkt 5, in 250 m Entfernung, sind die Verhältnisse ähnlich. Auch die Proben aus Punkt 6 weisen immer noch eine einseitige Mg-Anreicherung (Mg: Ca 5:1) bis in 60 cm Tiefe auf, doch ist die Konzentration hier nicht mehr extrem. Aber auch hier ist noch der pH-Wert deutlich über den Normalwert angehoben.

Die für Punkt 1 verfügbaren Vergleichsanalysen aus dem Jahre 1979 lassen eine deutliche Abnahme der Mg-Konzentration in den obersten Schichten erkennen, vielleicht verbunden mit einer geringfügigen Verlagerung in eine Zone zwischen 5 und 25 cm Tiefe; desgleichen sind die pH-Werte in allen Horizonten bis in 70 cm Tiefe, besonders aber im Humushorizont, abgesunken. Dies könnte mit der in den letzten Jahren stark reduzierten Emission in Zusammenhang gebracht werden.

Weiter abgelegene, im Jahre 1979 untersuchte Probepunkte lassen nach den bisherigen (nur teilweise vorliegenden) Analysendaten auf eine rasche Abnahme der Staubwirkung mit zunehmender Entfernung schließen.

TABELLE 2: Ergebnisse von Bodenanalysen aus Breitenau

	(KCl)	% in HCl-Aufschluß					MgO	Fe ₂ O ₃	N
		pH	CaCO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO			
Probepunkt 1 (1974)									
O ₁		9,2	22,8	0,19	0,10	5,00	22,7	6,25	0,81
O _f		9,1	18,3	0,18	0,10	6,25	25,0	6,25	0,61
O _h		9,0	9,3	0,20	0,10	6,25	22,7	6,00	0,60
A		8,6	1,1	0,16	0,15	0,35	3,25	6,25	0,28
AB		8,1	1,2	0,15	0,18	0,40	2,50	7,15	0,18
B		7,6	-	0,14	0,18	0,35	2,00	6,60	0,11
B/C ₁		7,3	2,7	0,14	0,17	0,20	1,50	6,60	0,11
Probepunkt 2									
O ₁		8,8	19,5	0,24	0,10	4,75	20,00	5,35	1,34
Probepunkt 3									
O ₁		8,8	7,5	0,37	0,16	3,00	12,50	4,80	1,43
O _f		8,5	12,5	0,29	0,17	6,25	6,50	3,95	0,58
Profilpunkt 4									
O _f		9,2	10,0	0,15	0,16	2,00	13,25	7,15	0,53

TABELLE 2 - Fortsetzung

	(KCl)	% in HCl-Aufschluß							
		pH	CaCO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	N
Profilpunkt 5									
O _l	5 mm	9,1	6,9	0,30	0,10	3,00	14,00	6,20	1,40
O _f	3 mm	8,6	3,3	0,20	0,08	1,25	10,70	3,95	1,17
O _h	3 - 0 cm	8,7	2,5	0,27	0,10	2,00	10,50	3,95	1,32
A	0 - 5 cm	8,1	0,8	0,18	0,13	0,50	2,50	5,40	0,27
Profilpunkt 6									
O _{l+f}		7,0	0,6	0,20	0,13	0,50	3,25	5,90	0,53
O _{l+f}	2 - 0 cm	7,6	1,2	0,23	0,18	0,62	3,25	4,80	0,68
A	0 - 6 cm	7,3	0,8	0,16	0,21	0,40	1,50	5,70	0,31
B	6 -80 cm	6,9	0,8	0,14	0,25	0,15	1,25	5,70	0,15
Probepunkt 1 (1979)									
O _f	2 - 0 cm	8,9		0,24	0,15	5,00	9,40	6,38	0,77
A	0 - 5 cm	8,4		0,22	0,20	1,75	5,80	6,25	0,35
AB	5 -10 cm	8,2		0,20	0,20	0,85	3,60	6,06	0,28
B	10 -25 cm	7,8		0,14	0,20	0,20	1,80	6,38	0,10
B/C ₁	60 -70 cm	6,8		0,14	0,23	0,08	1,50	5,88	0,13

TABELLE 3: Chemische Analysendaten von Vergleichsprofilen

		(KCl)	% in HCl-Aufschluß					MgO	Fe ₂ O ₃	N
			pH	CaCO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO			
Probepunkt A (Erhardstraße)										
O _h	1 - 0 cm	6,2		0,33	0,36	1,25	0,55	1,40	0,68	
A	0 -10 cm	6,2	2,0	0,22	0,24	1,65	0,49	5,10	0,70	
AB	10 -25 cm	6,6	1,2	0,20	0,43	0,98	0,45	6,30	0,19	
B ₁	25 -60 cm	7,1	6,0	0,23	0,68	3,72	1,43	6,55	0,11	
B ₂	60-120 cm	7,4	19,0	0,19	0,40	10,08	1,92	5,46	Sp.	
Probepunkt B (Haslau)										
O _f	5 - 0 cm	3,1	0	0,16	0,14	0,20	0,55	2,15	1,15	
A	0 - 5 cm	3,2	0	0,12	0,14	0,20	0,70	4,15	0,65	
B _{1h}	5 -15 cm	3,7	0	0,14	0,13	0,30	0,95	6,05	0,25	
B ₂	15 -30 cm	4,4	0	0,06	0,12	0,45	0,95	6,05	0,15	
B ₃	30 -70 cm	4,8	0	0,06	0,15	0,45	0,46	6,45	0,05	
BC _v	70-100 cm	4,6	0	0,07	0,19	0,55	0,20	7,60	Sp.	

NADELANALYTISCHE ERGEBNISSE

AUS DEM RAUM BREITENAU

Von

Stefan SMIDT und Klaus STEFAN

Institut für Forstschutz der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

EINLEITUNG

Die Umgebung des Magnesitwerkes St. Jakob bei Mixnitz (Breitenau) zählt zu den ältesten Rauchschadensgebieten der Steiermark, wofür SO_2 und Magnesitstaub verantwortlich waren. Das Werk wurde Mitte der 20er Jahre von Heizöl- auf Erdgasbetrieb umgestellt, sodaß seither keine gravierenden SO_2 -Mengen mehr emittiert wurden. Ebenso wurden die Magnesitstaubemissionen durch den sukzessiven Einbau von drei Staubfiltern in den Jahren 1973 bis 1978 weitgehend ausgeschaltet. Trotz der Veränderungen in den SO_2 - und Staubemissionen hatten sich die Symptome, die nicht von pflanzlichen oder tierischen Schädlingen stammen, im Nahbereich des Werkes in den vergangenen Jahren noch verstärkt.

Zur Klärung der möglichen Ursachen hierfür hat das Amt der Steiermärkischen Landesregierung (Landesforstinspektion) ein Probepunktnetz um das Werk eingerichtet, wozu die dort vorherrschende Baumart Fichte herangezogen wurde. Während 1978 von allen 111 Probebäumen Astproben gewonnen wurden, wurde 1979 nur an einem Teil die Entnahme wiederholt. Neben Schwefel- und Fluorbestimmungen wurden von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt auf Grund der bodenchemischen Ergebnisse (KILIAN, 1980) auch noch von einzelnen Proben Nährstoffbestimmungen durchgeführt.

MATERIAL UND METHODIK

Probepunktnetz und Probenmaterial

Bei der Anlegung des Probepunktnetzes, das sich zwischen 480 und 1163 Meter Seehöhe erstreckt, wurde den Transmissionsverhältnissen im Untersuchungsgebiet besondere Beachtung geschenkt,

um sowohl die Höhen- als auch die Längenausdehnung des Immissionsareals zu erfassen. In den Hauptzuwehungsrichtungen erstreckt sich das Netz bis in Entfernungen von rund 8 km (SCHNOPFHAGEN, 1980).

Vom Probenmaterial 1978 wurden alle 111 Proben des Nadeljahrganges 1 (im Oktober geerntet) auf ihren Schwefelgehalt untersucht, 1979 wurde nur noch von einem Teil der Probeflächen Nadelmaterial entnommen und in den ein-, zwei- und fünfjährigen Nadeln der Schwefelgehalt analysiert.

Im Nadelmaterial der Entnahme 1979 wurde von 12 werksnahen Punkten (bis 2 km) der Fluorgehalt in den Nadeljahrgängen eins und zwei sowie zum Teil im Nadeljahrgang fünf analysiert.

Für orientierende Nährstoffbestimmungen wurden im Jahre 1979 Proben des Nadeljahrganges eins von 16 (für Stickstoff, Eisen, Kupfer, Zink, Mangan) beziehungsweise 24 Punkten (für Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium) östlich (5 beziehungsweise 8) und westlich (11 beziehungsweise 16) des Werkes ausgewählt.

Analysenverfahren

Die Gesamtschwefelbestimmung (nach RABER et al., 1976) wurde spektralphotometrisch mit Bariumchloranilat und die Fluoranalyse (KRONBERGER und HALBWACHS, 1974) mit Hilfe einer spezifischen Elektrode potentiometrisch nach Verbrennung im Schönigerkolben durchgeführt. Die Elemente P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn und Mn wurden nach trockener Veraschung aus dem salzsauren Filtrat bestimmt (P spektralphotometrisch mit Ammoniummolybdat, K flammenphotometrisch und die übrigen Elemente mit Hilfe der Atomabsorption). Der Stickstoff wurde nach Kjeldahlaufschluß maßanalytisch bestimmt.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Schwefelwerte

In Tabelle 1 werden die Bereiche und Mittelwerte der Schwefelgehalte für das gesamte von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt in den Jahren 1978 und 1979 untersuchte Probenmaterial angegeben.

Bei der angewandten Methode der Gesamtschwefelbestimmung kann der natürliche Gehalt bis zu 0,11 % S bei den einjährigen und 0,14 % S bei den zweijährigen Nadeln betragen (GUDERIAN, 1970). Diese Grenzen wurden bei den einjährigen Nadeln 1978 sechsmal beziehungsweise 1979 zehnmal und bei den zweijährigen Nadeln 1979 sechsmal überschritten. Der Mittelwert stieg bei den einjährigen Nadeln von 1978 auf 1979 um 0,016 % S (beziehungsweise 0,014 % S, wenn man nur den Mittelwert der in beiden Jahren untersuchten 41 Probebäume berücksichtigt). Die fünfjährigen Nadeln wiesen im Mittel im Vergleich zu den zwei-

TABELLE 1: Schwefelwerte der 1978 und 1979 beernteten Probebäume

Jahr der Probenahme (Nadeljahrgang)	% Schwefel		Mittelwert (Zahl der Probebäume)
	Bereich		
1978 (1j.)	0,056-0,144		0,088 (111)
	0,060-0,144	1)	0,090 (41) ¹⁾
1979 (1j.)	0,072-0,144		0,104 (41)
	0,072-0,156		0,124 (39)
	0,128-0,244		0,165 (18)

1) Unter Verwendung der auch 1979 beernteten 41 Probebäume

TABELLE 2: Fluorwerte ein-, zwei- und fünfjähriger Nadeln aus Entfernungen bis 2 km vom Werk.

km Entfernung vom Werk (Nadeljahrgang)	mg % Fluor		Mittelwert (Zahl der Probestämme)
	Bereich		
0 -- 1	0,7-1,1	(1j.)	0,85 (4)
	1,2-1,6	(2j.)	1,50 (4)
	1,5-2,0	(5j.)	1,70 (3)
1 -- 2	1,0-1,2	(1j.)	1,11 (8)
	1,2-2,2	(2j.)	1,65 (8)
	0,9-1,6	(5j.)	1,30 (6)

jährigen Nadeln einen um rund 0,04 % höheren Schwefelgehalt auf. Die Probebäume mit den höchsten Schwefelgehalten in den ein- und zweijährigen Nadeln lagen westlich des Werkes in einer Distanz von 1 - 3 Kilometer und in der Nähe der Mündung des Breitenauerbaches in die Mur. Maximal wurden die natürlichen Gehalte bei den einjährigen Nadeln 1978 und 1979 um 0,03 % S und bei den zweijährigen Nadeln 1979 um 0,02 % S überschritten. Bei der Hälfte der 1978 und 1979 untersuchten Punkte kam es zwar im Nadeljahrgang eins zu einem Anstieg des Schwefelgehaltes, der über dem natürlichen Schwankungsbereich von Jahr zu Jahr (0,02 %) liegt, mit nur 0,03 % S ist dieser Anstieg aber nicht als Indiz für eine Änderung der Immissionssituation anzusehen.

Auch Stichprobenmessungen der SO₂-Konzentrationen mit einem Wösthoff-Gerät während der Vegetationsperiode 1979 ergaben keine nennenswerte SO₂-Belastung an fünf zwischen Werk und Murtal gelegenen Meßstellen; die I₁ - Werte lagen zwischen 0,014₃ und 0,019, die I₂ - Werte zwischen 0,024 und 0,036 mg SO₂ / m³.

Fluorwerte

Die Bereiche und Mittelwerte der Fluorgehalte der vom Material 1979 untersuchten Nadeljahrgänge gibt Tabelle 2 wieder. Von den insgesamt analysierten 33 Proben lagen nur drei - aus Werksnähe stammende Nadelproben (zwei einjährige und eine fünfjährige) - im natürlichen Bereich (bis 0,8 mg % F im Nadeljahrgang eins; bis 1,0 mg % F in älteren Nadeljahrgängen). Die größten Überschreitungen waren bei den in 1 bis 2 km Entfernung vom Werk gelegenen Punkten festzustellen. Im Mittel lagen die Fluorgehalte der Proben des gesamten 2 km Umkreises im Nadeljahrgang eins bei 1,02 mg % F, im Nadeljahrgang zwei bei 1,60 mg % F und im Nadeljahrgang fünf bei 1,43 mg % F.

Nährstoffgehalte

Tabelle 3 gibt die Zusammenstellung der Nährstoffgehalte wieder, die in 2 km Bereiche (Luftlinienabstände vom Werk) zusammengefaßt wurden. Die Beurteilung der Gehalte an N, P, K, Ca und Mg in den einjährigen Nadeln wurde nach den in Tabelle 4 ausgewiesenen Grenzwerten vorgenommen.

TABELLE 4: Ernährungsgrenzwerte für Fichte - Nadeljahrgang 1

	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
Mangel	- 1,30	- 0,11	- 0,33	- 0,10	- 0,07
Nicht ausreichend	- 1,50	- 0,13	- 0,42	- 0,36	- 0,11

TABELLE 3: Stickstoff-, Phosphor-, Kalium-, Calcium- und Magnesiumwerte einjähriger Nadeln

Element	km Entfernung vom Werk	Richtung			\bar{x} (n)
		Südwesten	Osten	Bereich	
		Bereich		Bereich	
Stickstoff (% N)	0 - 2	1,02-1,74		0,99-1,52	1,25(3)
	2 - 4	1,17-1,32		1,43	- (1)
	4 - 6	1,23-1,41		1,24	- (1)
	6 - 8	1,24-1,35		-	-
Mittelwert					1,28(5)
Phosphor (% P)	0 - 2	0,14-0,23		0,13-0,21	0,17(5)
	2 - 4	0,12-0,30		0,21	- (1)
	4 - 6	0,15-0,17		0,13-0,23	0,18(2)
	6 - 8	0,14-0,20		-	-
Mittelwert					0,18(8)
Kalium (% K)	0 - 2	0,12-0,82		0,24-0,70	0,54(5)
	2 - 4	0,60-0,94		0,66	- (1)
	4 - 6	0,44-0,52		0,40-0,46	0,44(2)
	6 - 8	0,38-0,64		-	-
Mittelwert					0,53(8)

TABELLE 3: Stickstoff-, Phosphor-, Kalium-, Calcium- und Magnesiumwerte einjähriger Nadeln
(Fortsetzung)

Element	km Entfernung vom Werk	Südwesten		Richtung		\bar{x} (n)
		Bereich	\bar{x} (n)	Bereich	Osten	
Calcium (% Ca)	0 - 2	0,34-0,61	0,43(6)	0,24-0,49		0,38(5)
	2 - 4	0,35-0,83	0,54(6)	0,40		- (1)
	4 - 6	0,37-0,45	0,41(2)	0,44-0,49		0,47(2)
	6 - 8	0,54-0,65	0,60(2)	-		-
Mittelwert		0,49(16)			0,41(8)	
Magnesium (% Mg)	0 - 2	0,14-0,48	0,28(6)	0,19-0,39		0,29(5)
	2 - 4	0,14-0,36	0,20(6)	0,25		- (1)
	4 - 6	0,19-0,27	0,23(2)	0,11-0,21		0,16(2)
	6 - 8	0,07-0,16	0,12(2)	-		-
Mittelwert		0,22(16)			0,25(8)	

Die nach diesen Werten beurteilten Nährstoffgehalte der untersuchten Nadelproben ergaben die in Tabelle 5 ausgewiesenen Häufigkeitsverteilungen für den Versorgungsgrad mit den einzelnen Hauptnährstoffen.

TABELLE 5: Versorgungsgrad der Nadeln mit Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium

Versorgungsgrad der Nadeln	Anzahl der Proben				
	N	P	K	Ca	Mg
mangelhaft	8	0	2	0	1
nicht ausreichend	4	3	2	5	0
ausreichend	4	21	20	19	23

Sehr schlecht waren demnach die Nadeln mit Stickstoff versorgt: Nur bei einem Viertel der untersuchten Proben war er in genügender Menge vorhanden, das Gesamtmittel lag bei nur 1,33 % N. Hingegen wies der Gehalt an Phosphor, der im Mittel bei 0,19 % P lag, nur bei drei Proben auf eine nicht ausreichende Versorgung hin. Auch die Kalium- und Calciumversorgung war auf Grund der nadelanalytischen Ergebnisse nur auf 4 beziehungsweise 5 Punkten mangelhaft oder nicht ausreichend (Gesamtmittelwerte 0,58 % K beziehungsweise 0,46 % Ca).

Während bei den bisher genannten Elementen an mehr oder weniger Punkten eine mangelhafte oder nicht ausreichende Versorgung beobachtet wurde, war die Magnesiumversorgung (mit Ausnahme des werksentferntesten Punktes) erwartungsgemäß ausreichend beziehungsweise lag an den meisten Punkten weit über dem Optimum.

Die Stickstoffwerte zeigten keine Abhängigkeit von der Werksentfernung, Phosphor und Kalium wiesen ein leichtes Maximum im Bereich zwischen 2 und 4 km vom Werk auf. Die charakteristische Abnahme der Magnesiumgehalte und die damit verbundene Zunahme des Antagonisten Calcium mit steigender Entfernung vom Werk führte auch zu einem deutlichen Anstieg des Ca / Mg -Quotienten auf einen günstigeren Wert (s. Abbildung). Eine Tendenz zur Zunahme wiesen dementsprechend auch die Quotienten P / Mg und K / Mg mit zunehmender Distanz auf (Tabelle 6).

Die durchschnittlichen Schwermetallgehalte betragen: Eisen 152 (56 - 800), Kupfer 2,9 (2,0 - 4,2), Zink 44 (17 - 120) und Mangan 390 (160 - 1300) ppm. Mit Ausnahme stark erhöhter Fe-, Zn- und Mn-Gehalte bei einem an der Mündung des Breitenauerbaches in die Mur gelegenen Probebaum lagen die Werte im natürlichen Bereich.

Aus den nadel- und luftanalytischen Ergebnissen kann keine immissionsbelastung durch SO₂ abgeleitet werden. Vielmehr scheinen die seit 1976 verstärkt aufgetretenen Schädigungen im Zusammenhang mit den durch Immissionen von Magnesiumverbindungen verursachten Bodenschädigungen und durch den extremen Niederschlags-

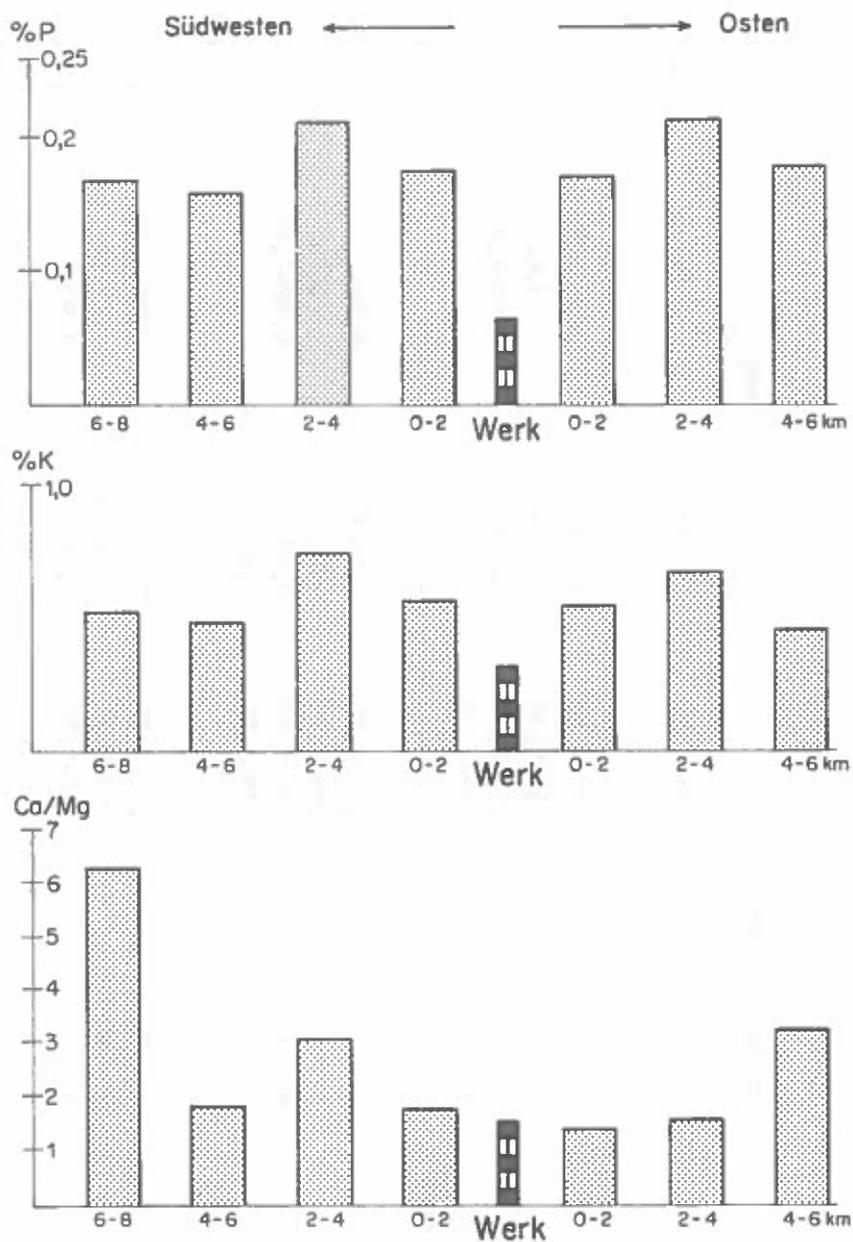


ABBILDUNG 1: Phosphor- und Kaliumgehalte sowie das Verhältnis Ca:Mg im Nadeljahrgang 1 in Abhängigkeit von der Werksentfernung

TABELLE 6: Nährstoffquotienten

Quotient	km Entfernung vom Werk	Richtung			
		Südwesten		Osten	
		Bereich	\bar{x} (n)	Bereich	\bar{x} (n)
Ca/Mg	0 - 2	0,75-3,07	1,82(6)	0,90-2,37	1,43(5)
	2 - 4	0,97-5,19	3,10(6)	1,60	- (1)
	4 - 6	1,37-2,37	1,87(2)	2,10-4,45	3,28(2)
	6 - 8	3,38-9,29	6,34(2)	-	-
	Mittelwert		2,87(16)		1,91(8)
P/Mg	0 - 2	0,36-1,18	0,76(6)	0,50-0,92	0,62(5)
	2 - 4	0,46-1,86	1,12(6)	0,86	- (1)
	4 - 6	0,54-0,88	0,71(2)	0,62-2,06	1,34(2)
	6 - 8	0,88-2,80	1,84(2)	-	-
	Mittelwert		1,02(16)		0,83(8)
K/Mg	0 - 2	0,26-4,72	2,53(6)	0,80-3,58	2,05(5)
	2 - 4	1,66-6,72	4,19(6)	2,64	- (1)
	4 - 6	1,62-2,74	2,18(2)	1,90-4,18	3,04(2)
	6 - 8	2,38-9,14	5,76(2)	-	-
	Mittelwert		3,51(16)		2,37(8)

TABELLE 7: Niederschlagssumme (mm) der Monate Mai bis September 1968 - 1977 in Bruck/Mur, Graz (Universität) und Schöckl.

Jahr	Bruck/Mur	Graz	Schöckl
1968	484	673	625
1969	455	548	672
1970	572	549	560
1971	501	369	499
1972	692	742	991
1973	479	702	665
1974	427	451	492
1975	542	660	924
1976	- x)	372	455
1977	341	378	515

x) Keine Angaben möglich, da Werte von Juli und August fehlen.

mangel in den Jahren 1976 und 1977 ausgelöst worden zu sein. Vergleicht man nämlich die Niederschlagssummen der nächstgelegenen Meßstellen zwischen Mai und September während der Jahre 1968 und 1977, ergibt sich für 1976 und 1977 ein deutlicher Abfall gegenüber dem Mittel der acht vorangegangenen Jahre (s. Tabelle 7).

Ob die bodenchemischen Veränderungen und / oder die standörtlichen Gegebenheiten an der vor allem ungenügenden Versorgung mit Stickstoff beteiligt sind, läßt sich derzeit am vorliegenden Datenmaterial nicht eindeutig beurteilen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung der Schwefel- und Fluorgehalte in den Nadeln lieferte keinen Hinweis auf Immissionseinwirkungen, die mit dem Schaden in Einklang gebracht werden könnten. Auch die 1979 vorgenommenen Stichprobenmessungen der SO_2 -Konzentrationen deuteten auf keine SO_2 -Belastung der Luft hin.

Die Nährstoffbestimmungen ergaben bei den meisten Proben Stickstoffmangel und vereinzelt unzureichende Versorgung mit Phosphor, Kalium und Calcium, während Magnesium in ausreichender Menge vorhanden war beziehungsweise weit über dem Optimum liegende Werte aufwies.

Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse muß angenommen werden, daß die ab 1976 verstärkt aufgetretenen Schädigungen ihre Ursache in den durch die Magnesiumimmissionen bewirkten Bodenschäden haben und durch die extreme Niederschlagsarmut der Jahre 1976 und 1977 ausgelöst wurden.

LITERATUR

GUDERIAN, R., 1970: Untersuchungen über quantitative Beziehungen zwischen dem Schwefelgehalt von Pflanzen und dem Schwefeldioxidgehalt der Luft.

Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 77, 200 - 220, 289 - 308, 387 - 399.

KILIAN, W., 1980: Standortverhältnisse und Veränderungen im Bodenchemismus in der Umgebung des Magnesitwerkes Breitenau.

Mitt. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien, 131, 49 - 58

KRONBERGER, W. und HALBWACHS, G., 1974: Über eine einfache Methode zur Bestimmung des Fluorgehaltes von Pflanzen mittels ionenspezifischer Elektrode.

Tagungsber. IX. Int. Tagung über die Luftverunreinigung und

Forstwirtschaft, Marianske Lazne, 121 - 130.

RABER, H., LIKUSSAR, W. und GRILL, D., 1976: Eine spektralphoto-
metrische Schnellmethode zur Bestimmung von Schwefel in Pflan-
zenmaterial.

Int. J. Environ. Anal. Chem. 4, 251 - 255

SCHNOPFHAGEN, K.S., 1980: Immissionskontrolle in Waldgebieten
durch die Forstbehörde in der Steiermark.

Mitt. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien, 131, 11 - 32

LANGZEITWIRKUNG VON SCHADSTOFF -
IMMISSIONEN IM BEREICH "HAUSERGRABEN"
AM NORDWEST-ABFALL DES HOCHLANTSCH
GEGEN DIE BREITENAU

OTHMAR GRIESS

Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark

Problemstellung

Beantwortet werden sollte die Frage nach der Möglichkeit, den Einfluß von Schadstoffimmissionen an Beständen nachzuweisen und zu quantifizieren, die während ihrer gesamten Entwicklung mehr oder minder starken Immissionen ausgesetzt waren.

Das Untersuchungsgebiet (Abb.1) liegt vorwiegend auf Westhängen bzw. Nordwestrücken, in einer Höhenlage zwischen 590 und 1000 m, ca. 1,5 km westlich des Magnesitwerkes Breitenau.

Vorgangsweise

Es wurde versucht, diese Frage mit Hilfe des normierten Kreisflächenzuwachsprozentes (= NKZ) zu lösen.

Die Bohrkerne wurden an den in Abb.1 mit .O bezeichneten Punkten 1977/78 entnommen, mit der Bohrkernmeßlupe II nach Dr. Pollanschütz ausgemessen, anschließend nach dem NKZ durchgerechnet und nach der Immissionszonierung (Zone 1 = beeinflusst, Zone 2 = leicht bis mäßig geschädigt, Zone 3 = stark geschädigt, Zone 4 = sehr stark geschädigt) zusammengefaßt, um u.U. Unterschiede im Wachstumsverlauf nach dieser Zonierung zu finden; dabei wurde das Alter vom Kern für jeden Einzelbaum in die Rechnung eingesetzt.

Das rechnerische Ergebnis für den Verlauf des NKZ nach $y = a * x^b$ ($y = \text{NKZ}$, $x = \text{Alter vom Kern}$) lautet für die einzelnen Zonen:

Zone	Anzahl der ausgewerteten Bohrkerne	Jahrringe	a	b	r ²
0	14	735	731.4255641	-1.46215298	0.84
1	5	159	638.5708799	-1.42627184	0.88
2	10	420	523.6226744	-1.40375119	0.83
3	6	297	255.7059095	-1.25935206	0.79

Obwohl der Verlauf des NKZ (Abb.2) darauf hindeutet, daß sich Immissionseinflüsse auf den Radialzuwachs und somit auf das Kreisflächenzuwachsprozent von dem Augenblick an bemerkbar machen, in dem sich die Kreisfläche in Brusthöhe zu bilden beginnt, wurde das Modell für die Entwicklung

doch erst mit einem Baumalter von 20 Jahren unter einheitlichen Voraussetzungen (Stammzahlhaltung, prozentuelle Kreisflächenentnahme alle 5 Jahre) begonnen.

Den folgenden Massendaten liegt eine Mittelstammrechnung zugrunde; die dazugehörigen Mittelhöhen stammen aus Höhenmessungen bei Relaskopaufnahmen im Bereich des Hausergrabens. Die über dem Alter aufgetragenen Höhen wurden über die Funktion $y = a \cdot x^b$ ausgeglichen.

Ergebnisse

Es ergaben sich folgende Werte gegenüber der Zone 0 (= unbeeinflusst) in Prozenten:

Baumalter	Zone 1		Zone 2		Zone 3	
	GWL	LZ	GWL	LZ	GWL	LZ
20	0	- 9	0	-29	- 2	-59
30	- 7	-10	-24	-39	-49	-71
40	- 8	-10	-31	-43	-60	-75
50	- 9		-35	-45	-65	-77
60	*)		-37		-67	-79
70	*)		*)		-69	

GWL = Gesamtwuchsleistung

LZ = Laufender Zuwachs

*) Dieser Altersbereich wurde nicht durch Bohrkerne erfaßt.

Es geht dabei nicht nur um die mengenmäßigen Verluste, sondern der geringere Durchmesser bedingt zusätzlich eine Sortimentverschlechterung (Abb.4).

Das Absinken der Mittelhöhe, verursacht durch die immissionsbeeinflusste Veränderung der Durchmesser, tritt nicht nur im Modell auf, sondern auch in der Natur; hier täuscht es schlechtere Bonitäten vor (Abb.3), wobei nicht untersucht werden konnte, ob eine immissionsbedingte Veränderung des BHD:H-Verhältnisses vorliegt. Die Zone 0 entspricht nach Fichte Bruck/Mur etwa einer AB 15 (Absolut-Bonität nach DGZ 100), die Zone 3 dagegen nur einer 8. In der Zone 0 läßt sich modellmäßig eine volle Produktion erhalten, in der Zone 3 kann jedoch nicht einmal die 8. AB voll ausgenutzt werden. Diese Wachstumsunterschiede bedingen selbstverständlich auch eine Beeinflussung des laufenden Zuwachses (Abb.5).

Eine andere Modellrechnung, die zonenweise ein geändertes Eingriffsintervall zur Ausnützung des durch die Auflichtung eintretenden Lichtungszuwachses berücksichtigt, zeigt stellenweise wohl abweichende Ergebnisse, liefert aber auf die Gesamtwuchsleistung im Umtriebsalter bezogen, ähnliche Werte. Somit kann bei dieser Untersuchung ein Rahmen für den Zuwachsverlust am DGZ in den einzelnen Zonen wie folgt abgesteckt werden:

Zone 1 bis 10%

Zone 2 bis 50%

Zone 3 bis 75%

Eine Aufnahme von mehreren Profilen könnte noch bessere und genauere Erkenntnisse bringen.

Zusammenfassung

Es wird gezeigt, wie mit Hilfe des NKZ (normiertes Kreisflächenzuwachsprozent) Zuwachsverluste an Beständen, die während ihrer gesamten Entwicklung Immissionseinflüssen ausgesetzt waren, erfaßt und quantifiziert werden können. Es ergibt sich dabei eine gute Übereinstimmung mit der Immissionszonierung.

Summary

This paper offers the possibility to prove and quantify the influence of longterm air pollution on single trees or stands with the per cent of basal area increment.

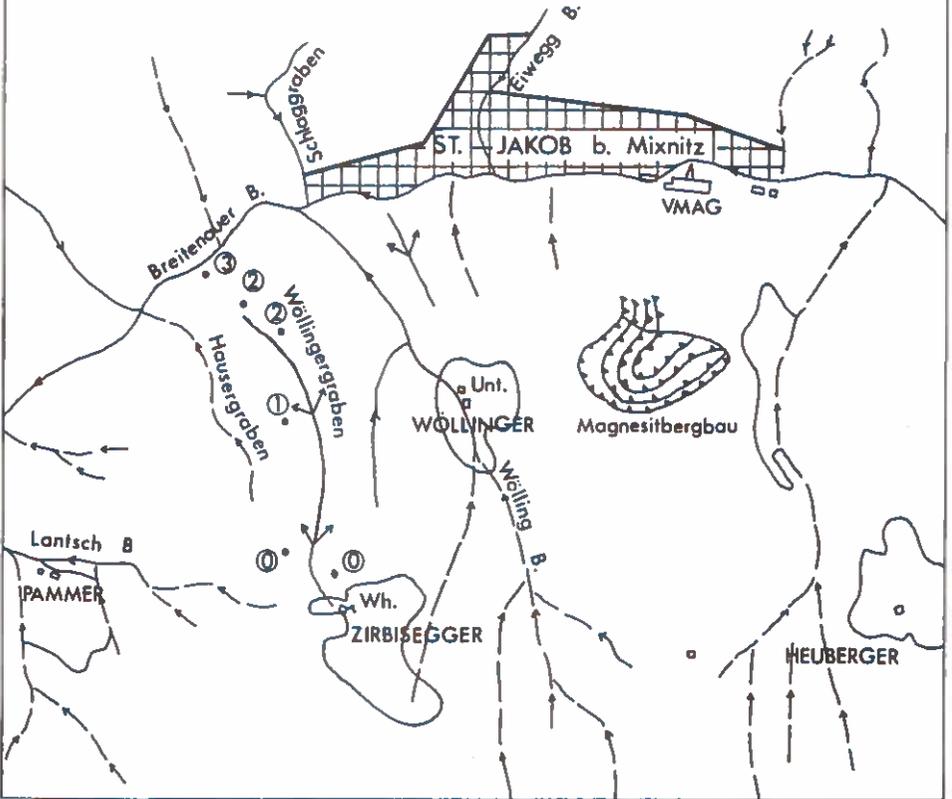
Grundlagen: "Das normierte Kreisflächenzuwachsprozent - ein Hilfsmittel zur Beweissicherung und Quantifizierung äußerer Einflüsse auf das Wachstum von Bäumen und Beständen" in den Berichten zur XI. Internationalen Tagung forstlicher Rauchschadenssachverständiger in Graz 1980.

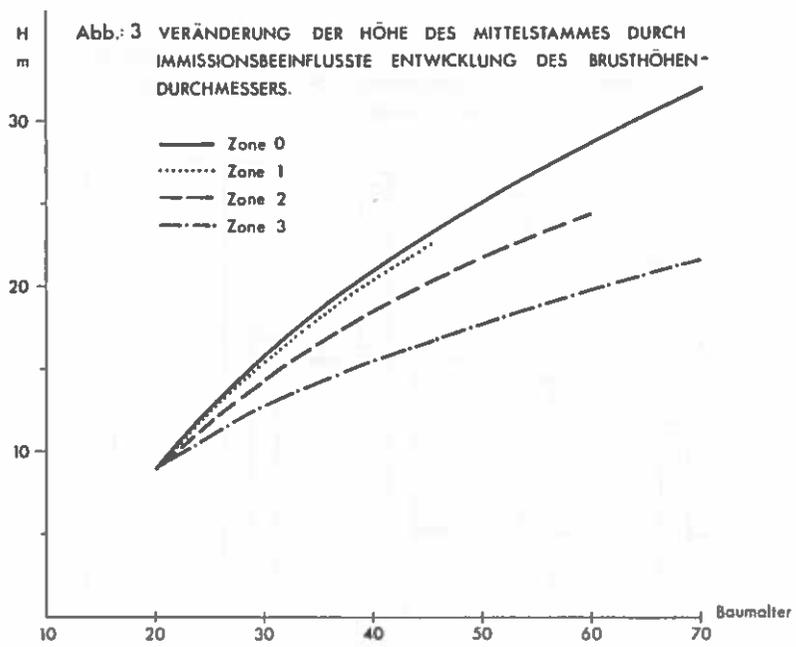
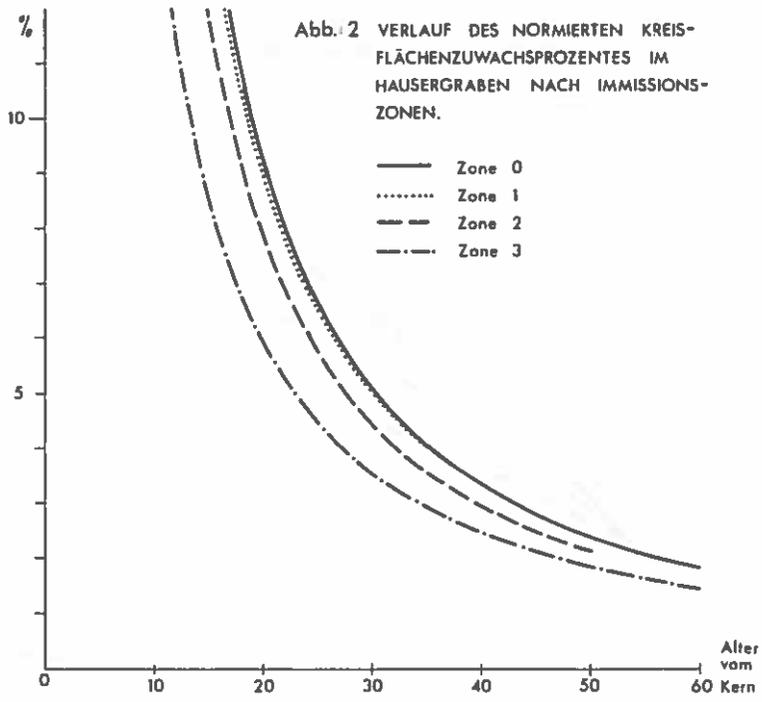
"Luftgüte und Wald in der Steiermark", Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz 1977.

Abb. 1

○. Untersuchungspunkte in
Zone 0, 1, 2, 3

Maßstab





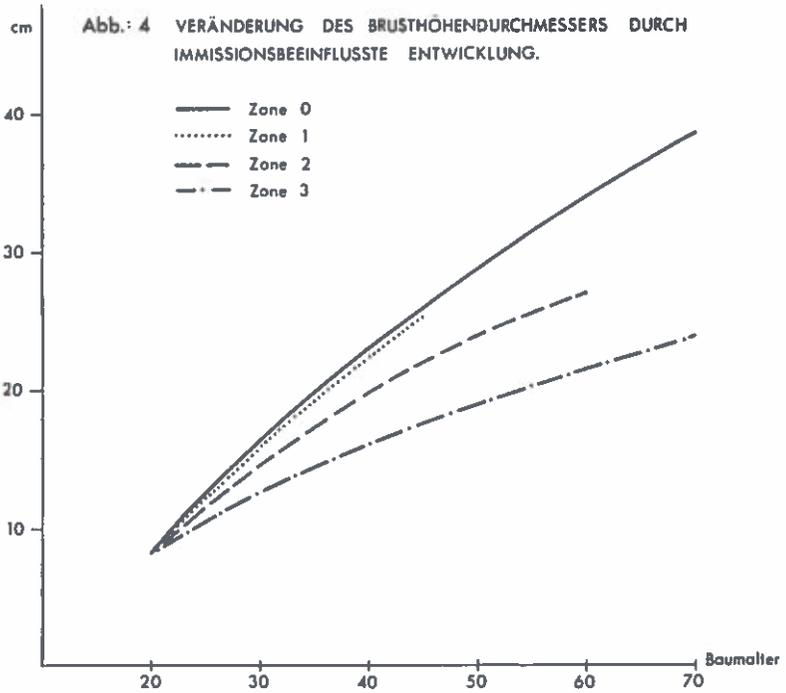
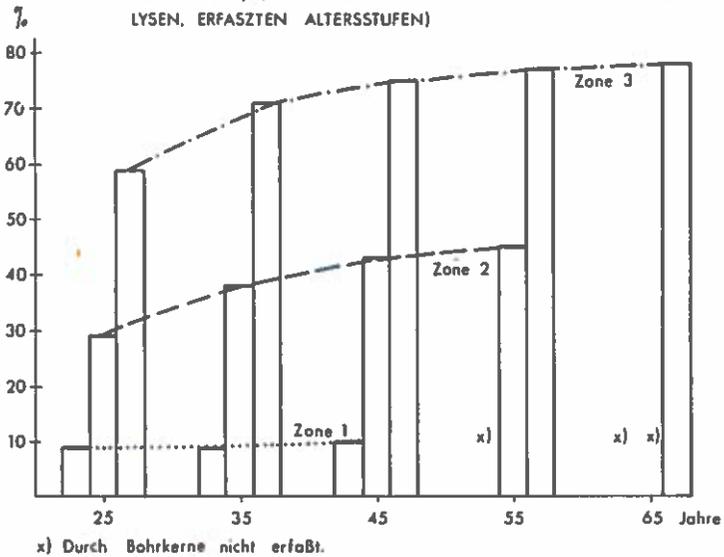


Abb.: 5 VERLUSTE AM LAUFENDEN ZUWACHS NACH RAUCHSCHADENSZONEN IN % (MODELLRECHNUNG FÜR DIE, DURCH BOHRKERNANALYSEN, ERFASZTEN ALTERSSTUFEN)



ABGRENZUNG DES EINFLUSSBEREICHES
VERSCHIEDENER EMISSIONSQUELLEN MIT HILFE
VON LUFT- UND NADELANALYSEN AUF DEM
HÄUSELBERG BEI LEOBEN

Von
Klaus STEFAN
Institut für Forstschutz der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

Im Rahmen einer gutachtlichen Stellungnahme durch die Forstliche Bundesversuchsanstalt war 1962 zu klären, ob ein bestimmter Waldteil auf dem zwischen Leoben und Hinterberg gelegenen Häuselberg (Ausdehnung 1 x 1 km) im wesentlichen von Emissionen der damals noch existierenden Zellulosefabrik in Hinterberg oder von Emissionen aus dem Raum Leoben/Donawitz betroffen ist (siehe Abbildung 1).

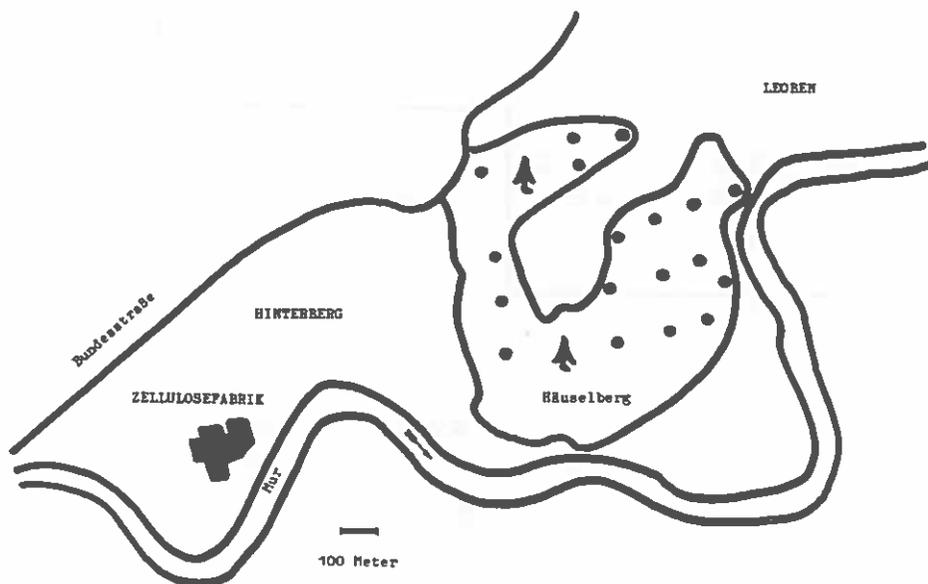


ABBILDUNG 1: Untersuchungsnetz auf dem Häuselberg im Jahre 1962

TABELLE 1: Lagemäßige Darstellung der Schwefelwerte 1962 vom Kontrollnetz Häuselberg
 (A-R Probenpunkte; l: Barytlappenwert; a: % S Nadeljahrgang 1; b: % S Nadeljahrgang 5)

HINTERBERG		LEOBEN	
A	l: 0,59 a: 0,19 b: 0,36	J	l: 0,72 a: 0,20 b: 0,47
B	l: 0,87 a: 0,23 b: 0,54	K	l: 0,80 a: 0,19 b: 0,44
C	l: 1,06 a: 0,17 b: 0,33	L	l: 0,83 a: 0,20 b: 0,45
D	l: 0,97 a: 0,17 b: 0,41	M	l: 0,56 a: 0,20 b: 0,58
E	l: 1,21 a: 0,21 b: 0,44	N	l: 0,96 a: 0,30 b: 0,50
F	l: 1,31 a: 0,19 b: 0,44	O	l: 0,69 a: - b: -
G	l: 1,17 a: 0,21 b: 0,46	P	l: 0,76 a: 0,21 b: 0,41
H	l: 1,37 a: 0,17 b: 0,38	Q	l: 0,66 a: 0,22 b: 0,39
I	l: 1,42 a: 0,23 b: 0,52	R	l: 0,92 a: 0,22 b: 0,46

Zwischen der Nord - Süd verlaufenden Kante des sehr steilen Westabfalls des Häuselberges und Leoben wurde ein rasterförmiges Untersuchungsnetz so festgelegt, daß die Abstände der Probepunkte auf der Waldfläche zwischen 150 und 200 Meter betragen. Während der Vegetationsperiode 1962 wurden im oberen Kronenbereich von 17 Fichten beziehungsweise einer Kiefer Barytlappen exponiert und von den 17 Fichten im Herbst Astproben gewonnen. Die Ergebnisse der Schwefelbestimmungen (Methode KÖNIG) in den Barytlappen ($\text{mg H}_2\text{SO}_4/\text{Tag}$) und im Nadelmaterial (% S in der Trockensubstanz) der Nadeljahrgänge eins und fünf (aufsteigende Numerierung mit dem Nadelalter; Nadeljahrgang eins im Entnahmejahr gebildet) sind für die 18 Untersuchungspunkte in Tabelle 1 entsprechend den Rasterpositionen schematisch dargestellt. Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, lagen die Immissionsmaxima (Lappenwerte) in der Reihe E bis I. Sowohl auf der Linie B bis Q als auch auf der Linie D bis R kam es östlich der Reihe E/I in Richtung Leoben nach einem Absinken zu einem neuerlichen Anstieg bei den Barytlappenwerten an den Punkten N und R. Für die Reihe E bis I mußte angenommen werden, daß diese Maximalwerte durch das Zusammenfallen der Immissionen aus beiden Richtungen zustande gekommen sind, wobei bei den drei südlichen Untersuchungslinien auf Grund der absoluten Werte der Nachbarpunkte der Einfluß von Hinterberg bei G, und besonders bei H und I vorgeherrscht haben dürfte. Beim tiefer gelegenen Punkt E war dagegen ein stärkerer Einfluß aus dem Raum Leoben anzunehmen.

Im Gegensatz zu den an Hand der Barytlappenwerte festgestellten Immissionen waren die Immissionseinwirkungen 1962 (Schwefelgehalt im Nadeljahrgang 1), wenn man von Punkt N absieht, nicht so stark differenziert (0,17 bis 0,23 % S) und erlaubten nur für die Punkte L und N, die auf den dazugehörigen Untersuchungslinien die Maximalgehalte aufwiesen, den Schluß, daß hier der Einfluß aus Leoben/Donawitz vorherrschte. Auf Grund des höheren Schwefelgehaltes des Nadeljahrganges eins am Punkt N im Vergleich zu Punkt G war auch für Punkt K ein stärkerer Einfluß aus Leoben anzunehmen. Unterstützt wurde diese Annahme auch durch die Schwefelwerte des Nadeljahrganges fünf, der eine größere Differenzierung als der Nadeljahrgang eins aufwies. Aus dem Verlauf der Schwefelgehalte dieses Nadeljahrganges auf den einzelnen Untersuchungslinien und auf Grund der Barytlappenwerte wurde angenommen, daß die Grenzlinie des Haupteinflußbereiches der Hinterberger Zellulosefabrik östlich der Punkte A, G, H und M liegt und der hier verlaufenden Geländekante, ab welcher das nach Osten geneigte Untersuchungsareal stärker abfällt, entspricht.

DIE WIEDEREINWANDERUNG VON EPI -
PHYTISCHEN FLECHTEN IN DEN RAUM
LEOBEN - HINTERBERG NACH STILL -
LEGUNG DES HAUPTEMITTENTEN .

Von

Josef HAFELLNER und Dieter GRILL

Institut für Botanik und Institut für Pflanzenphysiologie
an der Universität Graz

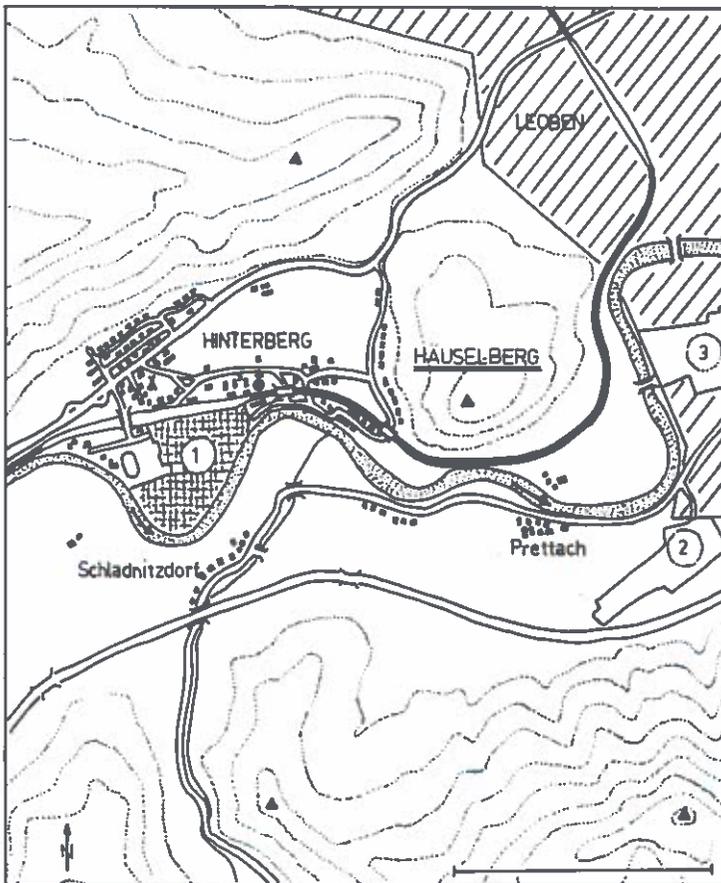
E I N L E I T U N G

Auf Immissionen eines Gebietes reagieren Pflanzen in Abhängigkeit von verschiedenen äußeren Faktoren sowie ihrer spezifischen und individuellen Resistenz. Durch derart sich verschieden verhaltende Pflanzengesellschaften, aber auch einzelne Arten lassen sich Zonen mit verschieden hoher Belastung feststellen. Solche Kartierungen sind in überaus großer Zahl mit Flechten (vgl. Jürging und Burkhardt 1979) durchgeführt worden, weniger mit Moosen (Düll 1975) oder höheren Pflanzen (Niklfeld 1967, Trautmann et al. 1971).

Das Gros der einschlägigen Arbeiten über Flechten und Luftverunreinigung befaßt sich mit dem Einfluß von großen oder steigenden Schadstoffkonzentrationen auf diese Pflanzen. Damit ist das Verschwinden von empfindlichen Flechtenarten in Stadtkernen und Industriegebieten bis zur Ausbildung von Flechtenwüsten das am häufigsten gewonnene vegetationskundliche Ergebnis. Kaum untersucht ist jedoch die Ausbreitung von Arten, respektive die Wiederbesiedlung eines einst verlorengegangenen Terrains nach einer einschneidenden Verbesserung der Luftgüte (Henderson-Sellers and Seaward 1979), aber in erster Linie wohl deswegen weil dieser Vorgang eher eine Ausnahme darstellt.

Leoben-Hinterberg hat sich nun für eine solche Studie aufgedrängt (Hafellner und Grill 1980), da die Autoren auf publizierte Vergleichswerte zurückgreifen konnten (Schittengruber 1964). Schittengruber hatte die W-Abhänge des Häuselberges (siehe Karte) als Flechtenwüste ausgewiesen, den Talboden als Kampfzone. Dies zu einer Zeit, als in der Zellulose-Fabrik in Hinterberg 5 Kocher in Betrieb waren. Ende 1971 war der Fabriksbesitzer wegen finanzieller Schwierigkeiten gezwungen, das Werk stillzulegen.

Unsere Untersuchungen zielten im wesentlichen auf zwei Fragen ab. Einmal, wie lange dauert es, bis sich die Vegetation erholt, insbesondere wann siedeln sich epiphytische Flechten in einem als Flechtenwüste ausgewiesenen Gebiet wieder an. Rückschlüsse darauf erlauben die Größen der aufgefundenen Thalli in Verbindung mit den bekannten Wachstumsraten bestimmter Arten. Zum anderen war interessant zu erfahren, wie sehr sich die Emissionen der Zellstofffabrik an der Gesamtbelastung auswirkten. Eine relativ hohe Grundbelastung dieses Gebietes wäre durch die dichte Besiedlung sowie verschiedene Industrien zu erwarten.



Skizze des Untersuchungsgebietes
Häuselberg

1 das Gelände der ehemaligen Zellstofffabrik, 2 Spanplattenfabrik, 3 Brauerei, Maßstrich = 1 km

D I E A B G A S B E L A S T U N G I M U N T E R S U C H U N G S G E B I E T

Über die Abgasbelastung des Untersuchungsgebietes liegen leider weder Daten aus Konzentrationsmessungen noch Integrationsmessungen vor, so daß man gezwungen ist, andere Kriterien heranzuziehen, um die Luftqualität zur Zeit des Betriebes beziehungsweise nach der Stilllegung zu charakterisieren.

Der S-Gehalt der Fichtennadeln wurde sowohl bei früheren als auch bei den jüngsten Proben nach der Methode nach König bestimmt (Dipl.Ing.Klaus Stefan FBVA-Wien), so daß Interpretationsschwierigkeiten auf Grund verschiedener Analyseverfahren wegfielen. Die Proben wurden jeweils aus dem Kronenbereich der Bäume entnommen. Deutlich kann man aus dem S-Gehalt der Nadeln, der ja die Abgassituation widerspiegelt, erkennen, daß sich nach Stilllegen des Hauptemittenten die Luftqualität deutlich gebessert hat: So betrug im Herbst 1961 im 1.Jg. der S-Gehalt 0,175% des Trockengewichtes, 1979 nur mehr 0,069%. Aus dieser sowie weiteren S-Analysen von Nadeln ist zu ersehen, daß kaum mehr, beziehungsweise nur noch geringfügige SO₂-Belastung (z.B. 0,081% S in den Nadeln des 1.Jg.) vorhanden ist; ein Befund, der auch gut mit den IR-Aufnahmen von Fichtenbeständen (Schnopfhagen 1977) aus diesem Gebiet übereinstimmt. Weiters wurden Jahrringvermessungen an Bohrspänen von Fichten und Rotföhren zur Indikation der Abgasbelastung herangezogen. Dazu wurden die Mittelwerte der Jahrringbreiten seit der Werksstilllegung mit der gleichen Anzahl zur Zeit der Produktion verglichen und statistisch abgesichert. Dabei konnte festgestellt werden, daß die Jahrringe seit der Werksstilllegung durchwegs im Mittel um 90% an Breite zunahmen, wobei diese Zunahme zum überwiegenden Teil auch statistisch gesichert ist ($p = 0,001 - 0,20$).

Z U R E P I P H Y T I S C H E N F L E C H T E N - V E G E T A T I O N

Nach nunmehr 8 Jahren seit der Werksstilllegung konnten die Autoren 25 Arten epiphytischer Flechten im Untersuchungsgebiet finden. Die Artengarnitur entspricht etwa der Zone 5 einer 10stufigen Skala, wie sie von Hawksworth and Rose 1970 für England entwickelt worden war. Mehrfach gefunden wurden *Hypogymnia physodes*, *Bacidia chlorococca*, *Lecanora hageni*, *Parmelia sulcata*, *Lecanora conizaeoides*, *Parmelia exasperatula*,

Candelariella xanthostigma, Physcia ascendens, Lepraria aeruginosa, Buellia punctata, Phaeophyscia orbicularis, Cladonia coniocraea, Lecanora chlorona, Physcia caesia, Physcia tenella, Cetraria pinastri und Lecidea scalaris. Einzelfunde der empfindlichen Arten Usnea dasypoga und Bryoria fuscescens untermauern die Ansicht, die durchschnittliche Belastung müsse derzeit (entsprechende Zone 5) bei ca. 50-60/ug SO₂/m³ Luft liegen. Bei dieser Konzentration sind nur noch geringe Auswirkungen auf empfindliche Pflanzenarten zu erwarten (Akademie d.Wiss. 1976). Hierbei muß man allerdings berücksichtigen, daß im Bestandesinneren stets deutlich bessere Luftqualität ange- troffen wird als am Rand oder in Kronenhöhe. Auf Grund der Thallusgröße von Hypogymnia physodes und aus der Literatur bekannten Wachstumsraten wurden der Besiedlungszeitpunkt mit 1975-1977 erschlossen, das ist 4-6 Jahre nach Stilllegung des Betriebes.

Diese späte Wiederbesiedlung ist ziemlich sicher nicht auf einen gestörten Chemismus des Substrates als Langzeitwirkung vorangegangener Begasungen zurückzuführen, da z.B. Fichtenborken bereits nach einem Monat auf die geänderte Abgas- situation ansprechen (Kienzl und Härtel 1979).

S C H L U S S F O L G E R U N G E N

Auf Grund der Wiederbesiedlung der einstigen Flechten- wüste am Häuselberg mit epiphytischen Flechten nach Stilllegung der Zellstoffabrik ist deutlich die ehemals dominierende Stellung dieses Emittenten an der Gesamtbelastung zu ersehen. Gleichzeitig stellt sich heraus, daß die nun zu erwartende Grundbelastung in diesem Gebiet relativ niedrig ist. Offen- sichtlich verhindern die meteorologischen Bedingungen des Tales (vorherrschende W-Winde) ein Einfließen von Immissionen aus dem Leobner-Raum. Bei der Luftgütebeurteilung mittels Flechten muß jedoch die mikroklimatische Situation am Wuchsort der Flechten u.a. Bestandesschutz berücksichtigt werden. Trotzdem läßt sich die durch z.T. gegen SO₂ empfindlichen Flechten an- gezeigte günstige Luftsituation dieses Gebietes durch die IR-Kartierung bestätigen.

Schlüsselwörter: Luftverunreinigungen, Flechten.

L I T E R A T U R

- Akademie der Wissenschaften, 1976: Schwefeldioxid in der Atmosphäre, Luftqualitätskriterium SO₂. Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, Wien.
- Düll, R., 1975: Neuere Untersuchungen über Moose als abgestufte ökologische Indikatoren im Industriegebiet zwischen Rhein und Ruhr bei Duisburg. VDI-Komm. Reinhaltung Luft, Düsseldorf.
- Hafellner, J. und Grill, D., 1980: Hat die Stilllegung einer Zellstofffabrik einen Einfluß auf die Vegetation der Umgebung? Phyton (im Druck).
- Hawksworth, D. and Rose F., 1970: Qualitative scale for estimating sulfurdioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature 227:145-148.
- Henderson-Sellers, A. and Seaward, M.R.D., 1979: Monitoring lichen reinvasion of ameliorating environments. Environ. Pollut. 19:207-213.
- Jürging, P. und Burkhardt, J., 1979: Bibliographie Flechten und Luftverunreinigung. Landschaftsökologie, Weihenstephan.
- Kienzl, J. und Härtel, O., 1979: Die Luftverunreinigungen im Stadtgebiet von Graz, dargestellt anhand von Borkenuntersuchungen. Mitt.naturwiss.Ver.Steiermark 109:113-135.
- Niklfeld, M., 1967: Pflanzensoziologische Beobachtungen im Rauchschadensgebiet eines Aluminiumwerkes. Cbl. f.d.ges. Forstwesen 84:318-329.
- Schittengruber, K., 1964: Über ein neues Vorkommen von Cetraria sepincola in der Obersteiermark. Jahresber. BRG Leoben 66/102:1-15.
- Schnopfhagen, S., 1977: Immissionserhebung mit Infrarotfilm über forstliche Vegetationsschäden 1971-1976 in der Steiermark. In: Luftgüte und Wald in der Steiermark. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.
- Trautmann, W., Krause, A. und Wolff-Straub, R., 1971: Veränderungen der Bodenvegetation in Kiefernforsten als Folge industrieller Luftverunreinigungen im Raum Mannheim-Lufwighafen. Zit. nach Steubing, L., 1978: Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Pflanzen; Pflanzen als Bioindikatoren. In: Handbuch für Planung, Gestaltung u. Schutz der Umwelt (Buchwald/Engelhardt eds.) BLV-Verlag, München-Bern-Wien. S. 166-175.

ERGEBNISSE VON LUFT- UND NADELANALYSEN AUS DEM EINFLUSSBEREICH DER HÜTTE DONAWITZ

Von
Klaus STEFAN
Institut für Forstschutz der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

EINLEITUNG

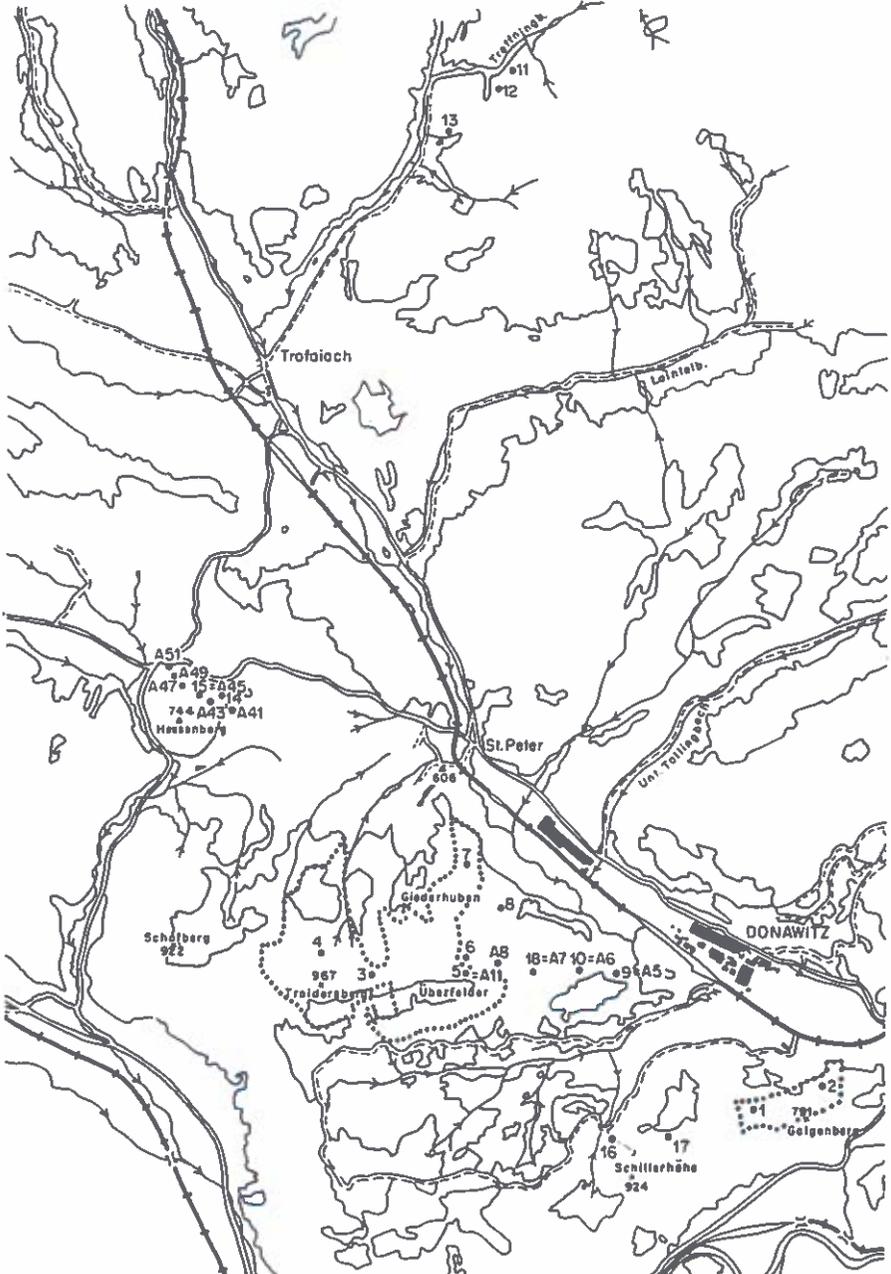
Die Untersuchungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt reichen in diesem Immissionsgebiet bis an den Beginn der 50-er Jahre zurück. Nachdem zuerst die Immissionssituation großflächig mit Hilfe von Barytlappen aufgenommen worden war, wurden von 1954 (Traidersberg) beziehungsweise 1955 (Hessenberg und Gai) bis 1962 Testflächen in Fichte (*Picea abies*) jährlich mit Hilfe von Barytlappen und Nadelanalysen bearbeitet, um einerseits die Entwicklung der Immissionssituation weiterverfolgen und andererseits in späterer Folge die Auswirkungen des Anschlusses der Industrieanlagen an die Erdgasversorgung untersuchen zu können. Nach dieser Phase der intensiveren chemischen Bearbeitung wurde dann erst wieder 1966 eine Kontrolluntersuchung mit Hilfe von Nadelanalysen durchgeführt und gleichzeitig eine ertragskundliche Erhebung vorgenommen, wobei aber nur ein Teil der alten Untersuchungspunkte herangezogen wurde. Um einen Vergleich zwischen den Verhältnissen der 50-er beziehungsweise 60-er Jahre und den momentan vorhandenen Immissionseinwirkungen anstellen zu können, wurden im Herbst 1979 in dem Teil des Traidersberges, der zwischen 1954 und 1966 am stärksten von Immissionseinwirkungen betroffen war, Astproben von fünf Bäumen analysiert.

MATERIAL UND METHODE

Für die Untersuchungen von 1954/55 bis 1962 wurden sowohl auf dem Traidersberg als auch auf dem Hessenberg die Probepunkte entlang einer Untersuchungslinie festgelegt, da es dabei

ABBILDUNG 1

Lage der Untersuchungspunkte



weniger um eine Flächenerfassung der unter Immissionseinwirkungen stehenden Bestände ging, sondern vielmehr um die jährlichen und distanzbedingten Änderungen der Immissionseinwirkungen. Die Probenflächen in Gai dienten als Vergleichsproben in einer Entfernung von rund 14 km von der Hauptemissionsquelle.

Bei der Untersuchung im Jahre 1966 sollten im Gegensatz zu den vorangegangenen Untersuchungen aber die Immissionseinwirkungen und ihre ertragskundlich festzustellenden Auswirkungen im Revier II (früher Traidersberg) der Leobner Realgemeinschaft erhoben werden. Für diese Untersuchung mußte daher einerseits das Probenetz im Besitz der Realgemeinschaft vergrößert werden, andererseits sollte aber mit den Ergebnissen der früheren Untersuchungen ein Zusammenhang hergestellt werden, wozu auch einige Probepunkte der Serie 1954/55 bis 1962 in diese Untersuchung miteinbezogen wurden. Für Vergleichszwecke wurden Bäume aus dem Treffinggraben (Proben Nr. 11, 13) untersucht. Die Lage der Untersuchungspunkte, die 1966 und/oder 1954/55 bis 1962 bearbeitet wurden, ist aus der Abbildung 1 ersichtlich. 1979 wurden nur Proben aus dem Bereich zwischen den Probenflächen A 7 (18) und A 8 gewonnen.

Die Barytlappen wurden am Beginn der Vegetationszeit in der Höhe des 6./7. Quirls exponiert und bis zur Nadelprobenentnahme dort belassen. Die Nadelproben wurden immer nur im Herbst (Ende September / Anfang Oktober) im Bereich des 6./7. Quirls gewonnen. Die Fichtenäste wurden im Laboratorium in Nadeljahrgänge getrennt, getrocknet und gemahlen. Die Durchnummerierung der Nadeljahrgänge erfolgte aufsteigend mit dem Alter der Nadeln; der im Entnahmejahr gebildete Nadeljahrgang stellt also den Nadeljahrgang 1 dar.

Für die Herstellung der Barytlappen (145 x 250 mm) wurde ausgekochter Molino zweimal mit gesättigter Bariumhydroxidlösung und einmal mit einem Gemisch von zwei Teilen gesättigter Bariumhydroxidlösung und einem Teil Glycerin getränkt. Die Lappen wurden an zwei Glasringen befestigt und in einen Drahtkäfig eingehängt, der gegen Niederschläge durch einen "Aluminiumhut" (doppelter Durchmesser des Drahtkäfigs) geschützt wurde.

Die Schwefelbestimmung im Nadelmaterial und in den Barytlappen erfolgte nach Veraschung unter Zusatz von Calciumazetat und anschließendem Sodaaufschluß gravimetrisch als Bariumsulfat.

ERGEBNISSE

In den folgenden Tabellen werden die Ergebnisse der Nadelanalysen und der Luftuntersuchungen mit Hilfe von Barytlappen an den einzelnen Probepunkten getrennt ausgewiesen. Der Großbuchstabe A vor der Probennummer gilt für die Bezeichnung während der Periode 1954/55 bis 1962.

Barytlappenwerte der Jahre 1954/55 bis 1962

In Tabelle 1 werden die Ergebnisse der Barytlappenuntersuchungen in $\text{mg H}_2\text{SO}_4$ / Tag angegeben. Da die Expositionsdauer in den einzelnen Jahren nicht gleich war, wurde das Analysenergebnis auf einen Tagesdurchschnittswert umgerechnet, um die Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Untersuchungsjahren zu ermöglichen.

Nadelanalysen

Ergebnisse der Jahre 1954/55 bis 1962

In den Jahren 1954 bis 1958 wurden von den Proben vom Traidersberg die Nadeljahrgänge 1 bis 5 auf ihren Schwefelgehalt untersucht. Von 1959 bis 1962 wurde dann nur noch der 1. und 5. Nadeljahrgang analysiert. Bei den Proben vom Hessenberg und aus Gai wurden nur 1955, 1957 und 1958 die Schwefelgehalte der Nadeljahrgänge 1 bis 5 bestimmt. In Tabelle 2 sind die Analysenwerte in % S in der Trockensubstanz für die untersuchten Nadeljahrgänge ausgewiesen. Die Probepunkte, die auch bei der Untersuchung 1966 bearbeitet wurden, sind mit einem +) gekennzeichnet.

Ergebnisse des Jahres 1966

In Tabelle 3 werden die Ergebnisse der Nadeljahrgänge 1 bis 5 von 18 Probebäumen ausgewiesen. Neben der für diese Untersuchung geltenden Numerierung wurde auch die alte Probebezeichnung (A) angeführt.

Untersuchung 1979

Für diese Testuntersuchung wurden nur 5 Bäume aus dem Bereich der früheren Probepunkte A 7 bis A 8 (aufsteigende Numerierung von A 7 nach A 8), wo bei den früheren Untersuchungen immer die stärksten Immissionseinwirkungen an Hand der Nadelanalysendaten zu konstatieren waren, untersucht, wobei die in Tabelle 4 ausgewiesenen Werte für die Nadeljahrgänge 1 bis 5 erhalten wurden.

DISKUSSION

Untersuchung 1954/55 bis 1962

Traidersberg

Die Werte in Tabelle 1 und 2 zeigen, daß die Jahresmaxima der Immissionen (Lappenwerte) nicht "ortsfest" waren und diese Maxima auch nicht immer mit denen der Immissionseinwirkungen (Schwe-

TABELLE 1: Barytlappenwerte aus dem Raum Leoben/Donawitz in den Jahren 1954/55 bis 1962 in mg H₂SO₄/Tag

Gebiet	Nr.	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
Traidersberg	A 5	0.98	0.70	1.04	1.72	0.95	1.14	1.10	0.61	0.68
	A 6	0.66	0.89	0.80	1.90	1.39	1.45	1.16	0.78	0.77
	A 7	0.60	1.03	0.80	1.25	1.13	1.36	1.08	0.82	0.96
	A 8	0.38	0.89	0.70	1.41	0.99	1.10	0.89	0.73	0.89
	A 11	1.05	0.77	0.90	1.02	1.04	1.01	0.84	0.61	0.69
	A 10	0.61	0.63	0.60	0.93	0.78	0.99	0.64	0.48	0.45
Hessenberg	A 41	-	0.61	0.70	0.99	0.66	0.89	0.59	0.44	0.41
	A 43	-	0.35	0.40	0.63	0.47	0.56	0.52	0.51	0.41
	A 45	-	0.33	0.39	0.52	0.28	0.54	0.38	0.45	0.45
	A 47	-	0.44	0.42	0.59	0.49	0.59	0.47	0.38	0.53
	A 49	-	0.31	0.29	0.57	0.42	0.64	0.50	0.34	0.37
	A 51	-	0.34	0.33	0.61	0.38	0.51	0.28	0.29	0.39
Gai	A 130	-	0.20	0.20	0.25	0.23	0.35	0.18	0.17	0.25
	A 131	-	0.23	0.25	0.24	0.21	0.35	0.18	0.15	0.21

TABELLE 2: Nadelanalysenwerte der Untersuchungen 1954/55 - 1962 im Raum Leoben/Donawitz
(% S in der Trockensubstanz)

a) Traidersberg		% S i.d. Tr. S.									
Nr.	NJ	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	
A 5 *)	1	0·21	0·16	0·20	0·25	0·23	0·29	0·18	0·15	0·16	
	2	0·28	0·25	0·26	0·32	0·25	-	-	-	-	
	3	0·31	0·35	0·30	0·34	0·28	-	-	-	-	
	4	0·39	0·38	0·33	0·35	0·33	-	-	-	-	
	5	0·45	0·41	0·37	0·38	0·35	0·37	0·40	0·39	0·37	
A 6 *)	1	0·23	0·18	0·19	0·25	0·23	0·27	0·14	0·18	0·21	
	2	0·36	0·34	0·33	0·35	0·30	-	-	-	-	
	3	0·41	0·45	0·41	0·41	0·37	-	-	-	-	
	4	0·46	0·48	0·44	0·46	0·41	-	-	-	-	
	5	0·52	0·52	0·49	0·47	0·45	0·45	0·42	0·42	0·44	
A 7 *)	1	0·25	0·22	0·19	0·30	0·25	0·24	0·13	0·21	0·21	
	2	0·41	0·33	0·31	0·38	0·30	-	-	-	-	
	3	0·46	0·44	0·39	0·46	0·37	-	-	-	-	
	4	0·54	0·53	0·50	0·51	0·44	-	-	-	-	
	5	0·57	0·57	0·54	0·54	0·47	0·43	0·29	0·46	0·44	

TABELLE 2 - Fortsetzung

a) Traidersberg		1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
Nr.	NJ									
A 8	1	0·20	0·17	0·17	0·25	0·16	0·19	0·16	0·18	0·16
	2	0·25	0·26	0·28	0·30	0·23	-	-	-	-
	3	0·36	0·40	0·34	0·38	-	-	-	-	-
	4	0·45	0·44	0·41	0·44	0·34	-	-	-	-
	5	0·48	0·53	0·43	0·47	0·38	0·37	0·41	0·43	0·43
A 11 x)	1	0·20	0·13	0·14	0·23	0·19	0·16	0·13	0·13	0·14
	2	0·34	0·27	0·23	0·30	0·26	-	-	-	-
	3	0·37	0·42	0·36	0·38	0·31	-	-	-	-
	4	0·47	0·46	0·41	0·44	0·36	-	-	-	-
	5	0·56	0·47	0·46	0·47	0·44	0·36	0·38	0·47	0·47
A 10 x)	1	0·15	0·13	0·13	0·16	0·15	0·14	0·10	0·14	0·12
	2	0·24	0·20	0·20	0·22	0·21	-	-	-	-
	3	0·31	0·29	0·26	0·26	0·26	-	-	-	-
	4	0·39	0·32	0·28	0·32	0·31	-	-	-	-
	5	0·42	0·41	0·34	0·49	0·37	0·28	0·29	0·34	0·41

TABELLE 2 - Fortsetzung

b) Hessenberg		1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
Nr.	NJ								
A 41 x)	1	0*07	0*12	0*19	0*12	0*15	0*10	0*10	0*13
	2	0*12	-	0*22	0*17	-	-	-	-
	3	0*18	-	0*25	0*21	-	-	-	-
	4	0*22	-	0*26	0*25	-	-	-	-
	5	0*24	0*25	0*26	0*24	0*24	0*23	0*25	0*24
A 43	1	0*15	0*14	0*25	0*15	0*16	0*10	0*13	0*13
	2	0*17	-	0*27	0*21	-	-	-	-
	3	0*30	-	0*34	0*25	-	-	-	-
	4	0*34	-	0*35	0*29	-	-	-	-
	5	0*37	0*33	0*35	0*32	0*31	0*28	0*29	0*30
A 45 x)	1	0*14	0*15	0*20	0*13	0*18	0*15	0*09	0*10
	2	0*22	-	0*23	0*19	-	-	-	-
	3	0*26	-	0*25	0*20	-	-	-	-
	4	0*30	-	0*27	0*26	-	-	-	-
	5	0*35	0*31	0*31	0*32	0*30	0*28	0*24	0*24

TABELLE 2 - Fortsetzung

b) Hessenberg		1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
Nr.	NJ								
A 47	1	0*14	0*13	0*19	0*13	0*16	0*14	0*14	0*15
	2	0*18	-	0*23	0*20	-	-	-	-
	3	0*20	-	0*25	0*21	-	-	-	-
	4	0*28	-	0*27	0*25	-	-	-	-
	5	0*30	0*28	0*28	0*25	0*33	0*27	0*28	0*31
A 49	1	0*11	0*11	0*15	0*11	0*12	0*08	0*12	0*10
	2	0*20	-	0*18	0*14	-	-	-	-
	3	0*21	-	0*21	0*15	-	-	-	-
	4	0*24	-	0*23	0*20	-	-	-	-
	5	0*28	0*26	0*26	0*23	0*25	0*21	0*27	0*24
A 51	1	0*14	0*11	0*13	0*09	0*12	0*09	0*10	0*11
	2	0*16	-	0*16	0*14	-	-	-	-
	3	0*26	-	0*19	0*20	-	-	-	-
	4	0*31	-	0*22	0*22	-	-	-	-
	5	0*32	0*25	0*26	0*24	0*25	0*23	0*20	0*22

TABELLE 2 - Fortsetzung

c) Gai											
Nr.	NJ	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962		
A 130	1	0*08	0*07	0*08	0*07	0*08	0*09	0*07	0*07		
	2	0*11	-	0*10	0*09	-	-	-	-		
	3	0*14	-	0*12	0*11	-	-	-	-		
	4	0*16	-	0*14	0*13	-	-	-	-		
	5	0*20	0*25	0*16	0*15	0*15	0*18	0*18	0*18	0*12	
A 131	1	0*07	0*07	0*08	0*07	0*08	0*04	0*09	0*08		
	2	0*14	-	0*11	0*09	-	-	-	-		
	3	0*15	-	0*14	0*12	-	-	-	-		
	4	0*19	-	0*19	0*16	-	-	-	-		
	5	0*24	0*19	0*22	0*21	0*14	0*10	0*13	0*18	0*18	

TABELLE 3: Nadelanalysenwerte der Untersuchung 1966 im Raum Leoben/Donawitz (% S in der Trockensubstanz)

Gebiet	Nr.	% S im Nadeljahrgang				
		1(1966)	2(1965)	3(1964)	4(1963)	5(1962)
Galgenberg	1	0·11	0·16	0·20	0·23	0·28
Galgenberg	2	0·16	0·24	0·32	0·37	0·42
Traidersberg	3/A10	0·11	0·19	0·27	0·30	0·35
Traidersberg	4	0·12	0·19	0·27	0·29	0·33
Traidersberg	5/A11	0·15	0·24	0·33	0·38	0·39
Traidersberg	6	0·15	0·23	0·28	0·30	0·33
Traidersberg	7	0·13	0·19	0·25	0·25	0·28
Traidersberg	8	0·15	0·19	0·23	0·27	0·27
Traidersberg	9/A5	0·17	0·22	0·26	0·27	0·34
Traidersberg	10/A6	0·17	0·21	0·26	0·28	0·26
Treffning Graben	11	0·00	0·06	0·07	0·07	0·07
Treffning Graben	13	0·08	0·09	0·11	0·10	0·11
Hessenberg	14	0·09	0·11	0·16	0·20	0·18
Hessenberg	15/A45	0·09	0·13	0·18	0·25	0·21
Buchberg	16	0·10	0·20	0·22	0·25	0·28
Buchberg	17	0·12	0·18	0·31	0·37	0·37
Traidersberg	18/A7	0·20	0·30	0·35	0·37	0·46
Hessenberg	41/A41	0·12	0·14	0·18	0·18	0·18

TABELLE 4: Nadelanalysenwerte der Untersuchung 1979

% S im Nadeljahrgang

Gebiet	Nr.	Baum	1(1979)	2(1978)	3(1977)	4(1976)	5(1975)
Traidersberg	(A7)	1	0·11	0·18	0·21	0·28	0·30
	(A8)	2	0·09	0·13	0·21	0·26	0·29
		3	0·08	0·15	0·22	0·24	0·26
		4	0·08	0·14	0·22	0·29	0·31
		5	0·12	0·18	0·24	0·31	0·32

TABELLE 5: SO₂ - Emissionen der Hütte Donawitz während der Vegetationsperiode (IV-IX) nach Angabe der Hüttdirektion in t.

Jahr	SO ₂ -Emission in t
1953	891
1954	846
1955	823
1956	833
1957	789
1958	851
1959	844
1960	446
1961	348
1962	289
1963	234

felgehalt des Nadeljahrganges 1) zusammenfielen. Während die SO₂-Emissionen des Werkes vor Anschluß an das Erdgasnetz während der Vegetationsperioden von 1954 bis 1959 (s. Tabelle 5) weitgehend gleich blieben, kam es in diesen Jahren sowohl zu starken jährlichen Schwankungen der mit Hilfe der Barytflappen gemessenen Immissionen als auch zu allerdings geringeren jährlichen Schwankungen im Schwefelgehalt des Nadeljahrganges 1. Zieht man sowohl bei den Lappen als auch beim Schwefelgehalt des Nadeljahrganges 1 für den Vergleich der 6 Jahre untereinander den Mittelwert aller Traidersbergpunkte heran, so war die Immission 1954 am geringsten und 1957 am stärksten, die Immissionseinwirkung 1955 und 1956 am geringsten und so wie bei den Lappen 1957 am höchsten (s. Abbildung 2).

Um den Einfluß verschiedener Klimafaktoren am Zustandekommen dieser Ergebnisse zu beleuchten, werden in Tabelle 6 Klimadaten der Station Bruck/Mur angeführt, da uns von Leoben oder Donawitz keine Windbeobachtungen zur Verfügung standen. Beim Anteil der "Ostwinde", die für eine Zuwehung am Traidersberg maßgeblich wären, ergibt sich zwischen 1954 und 1957 (Minimum beziehungsweise Maximum der Immissionen) kein markanter Unterschied. Der Anteil der "Westwinde" ist 1957 sogar höher als 1954. Die Summe der Niederschläge ist aber 1954 um rund 28 Prozent größer als 1957, womit eine geringere "Auswaschung" im Jahr 1957 gegeben gewesen sein dürfte. Diese Vermutung, daß ein gewisser Zusammenhang mit den Niederschlagsverhältnissen bestehen dürfte, stützt sich auch auf die Tatsache, daß die zweithöchste durchschnittliche Immission zwischen 1954 und 1959 ebenfalls bei Niederschlägen unter 500 mm 1959 zu konstatieren war. Da 1955 und 1956 sogar Niederschläge unter 400 mm gegeben waren, wäre eigentlich anzunehmen, daß die Immissionen über denen von 1957 lägen. Aus Tabelle 6 ist aber für 1955 und 1956 eine höhere durchschnittliche Windgeschwindigkeit

TABELLE 6: Klimadaten der Station Bruck/M. für die Monate Mai - September

	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1966
Niederschlag (mm)	574	356	388	450	507	476	541	332	434	601
Mitteltemperatur (°C)	15·7	15·6	15·9	15·3	16·8	15·6	15·2	15·8	14·8	14·8
"Humiditätsfaktor" NS (mm): T (°C)	36·6	22·8	24·4	29·4	30·2	30·5	35·6	21·0	29·3	40·6
Windverteilung in % d. Gesamt- beobachtungen	32·4	35·1	36·0	31·9	38·4	39·7	38·6	46·2	37·3	33·3
Summe NO, O, SO	27·7	46·0	48·4	38·3	30·1	32·0	34·6	27·9	37·2	37·9
Summe SW, W, NW	37·9	18·5	14·2	28·8	30·7	28·3	25·7	25·7	24·6	28·1
Kalmen										
Sektor Ost:	1·17	0·76	0·74	0·83	1·28	1·24	1·12	1·66	1·00	0·88
Sektor West:										
mittl. Winge- schwindigkeit (m/sec)	1·1	1·5	1·8	1·2	1·1	1·0	1·0	1·1	1·4	2·0

abzulesen, die für die Reduzierung des Immissionsangebotes maßgeblich gewesen sein dürfte.

Die geringeren Niederschläge während der Vegetationsperioden 1955 und 1956, die sich auch in den geringeren "Humiditätsfaktoren" dokumentieren, dürften aber dafür maßgeblich sein, daß die Immissionseinwirkungen in diesen beiden Jahren im Durchschnitt (Schwefelgehalt des Nadeljahrganges 1) am geringsten waren (s. Abbildung 3).

Dem Rückgang der Emissionen im Jahre 1960 auf rund 52 Prozent der Maximalemission von 1958 steht am Traidersberg bei den Immissionen nur ein Rückgang von 10 Prozent und bei den Nadelwerten einer von 30 Prozent im Vergleich zu 1958 gegenüber. Bei der Immissionseinwirkung (Schwefelgehalt des Nadeljahrganges 1) dürfte der hohe "Humiditätsfaktor" an der "Ausnützung" des Schwefelangebotes beteiligt sein. Für den geringen Rückgang der Immission läßt sich jedoch von den angegebenen Klimadaten keine Erklärung ableiten. Betrachtet man jedoch die Werte der einzelnen Punkte, so zeigt sich, daß bei den werksferneren Punkten (A 10 / 3 und A 11 / 5) die Abnahme (1960 gegenüber 1958) über dem Durchschnitt des Traidersberges liegt und rund 20 Prozent beträgt. Diese beiden genannten Punkte wiesen während der Periode 1954 - 1959 auch geringere Schwankungen als die übrigen auf. In den Jahren 1961 beziehungsweise 1962, als die Emission auf 41 beziehungsweise 34 Prozent der Maximalemission von 1958 abgesunken war, kam es bei der durchschnittlichen Immission auf dem Traidersberg zu Absenkungen auf 63 beziehungsweise 71 Prozent. Daß sich die starke Emissionsreduzierung nicht stärker auswirkte, dürfte wieder mit den geringeren Niederschlägen beziehungsweise mit den häufigeren Ostwinden im Jahr 1961 in Zusammenhang stehen. Bei den Nadelwerten war dagegen 1961 und 1962 keine weitere Abnahme zu konstatieren, sondern sogar wieder eine Zunahme.

Hessenberg und Gai

Die Höhe der Werte auf dem Hessenberg (Tabelle 1 und 2) entspricht etwa der Fortsetzung der "Traidersberglinie". Im Gegensatz zum Traidersberg wies aber der am Bestandesrand liegende Punkt A 41 / 41 von 1955 bis 1960 immer die höchsten Lappenwerte auf und erst in den Jahren 1961 und 1962 "rutschte" das Immissionsmaximum in das Bestandesinnere. So wie auf dem Traidersberg kam es auch auf dem Hessenberg 1957 beziehungsweise 1959 zu den höchsten Immissionen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren waren aber auf Grund der größeren Entfernung nicht mehr so groß wie auf den werksnahen Punkten des Traidersberges. Der Emissionsrückgang ab 1960 zeigt sich außer an Punkt A 41 / 41 noch an den Punkten A 49 und A 51 die am werksabgewandten Abfall des Hessenberges liegen.

ABBILDUNG 2

So₂-Emissionen der Hütte Donawitz von April-September
und Durchschnittswerte vom Traidersberg in den Jahren
1954 bis 1962

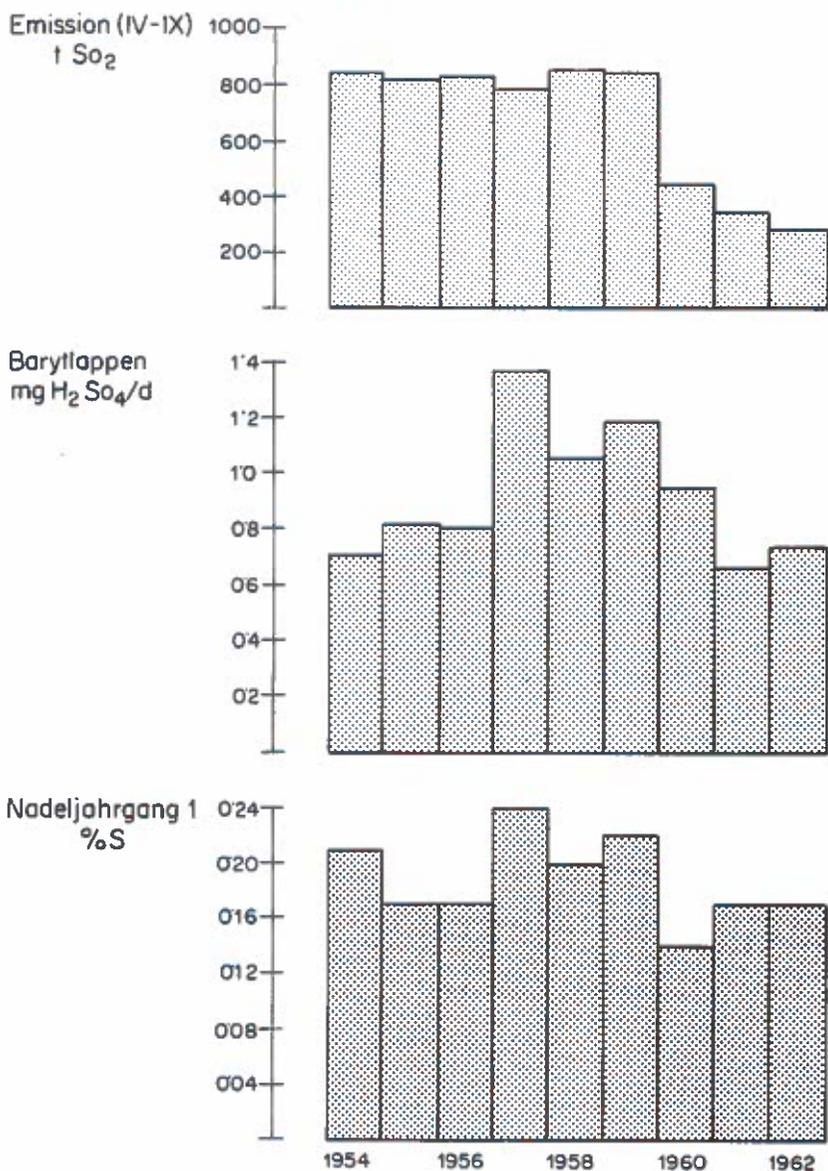
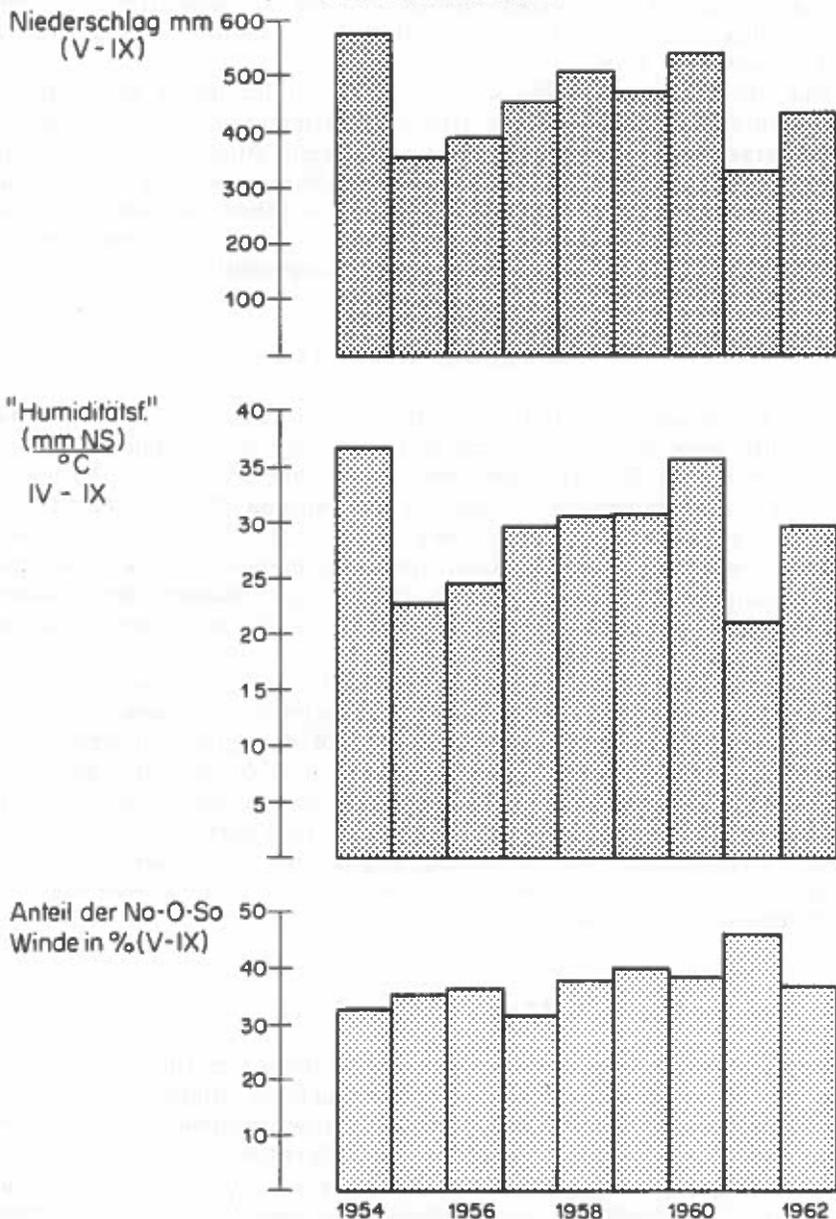


ABBILDUNG 3

Klimawerte der Station Bruck/Mur (V-IX) in den Jahren 1954 bis 1962



Die Schwefelgehalte des Nadeljahrganges 1 waren in diesem Untersuchungsgebiet mit einer Ausnahme (A 51 - 1955) ebenso wie die Immissionen in den Jahren 1957 und 1959 am höchsten. Ab 1960 war bei allen Punkten ein Rückgang des Schwefelgehaltes im Nadeljahrgang 1 im Vergleich zu den vorangegangenen Jahren zu konstatieren, wobei aber auch hier 1961 und 1962 gegenüber 1960 wieder ein leichter Anstieg festzustellen war.

Bei den Punkten in Gai war ab 1960 ein Rückgang der Immissionen festzustellen, sodaß dieses Gebiet zumindest bis 1959 ebenfalls unter Immissionseinfluß stand. Der neuerliche Anstieg 1962 läßt dies auch für später vermuten. Die Werte der Nadelanalysen weisen dagegen nur noch geringe Überschreitungen des natürlichen Schwefelgehaltes in einzelnen Jahren auf. Auf Grund dieser Tatsache wurden 1966 auch andere Versuchspunkte als "Nullproben" ausgewählt.

Untersuchung 1966

Die Werte der einjährigen Nadeln lagen 1966 an den 7 Vergleichspunkten, die bereits bei den vorangegangenen Untersuchungen bearbeitet worden waren, im Bereich der Werte von 1960 bis 1962. Im Schwefelgehalt des Nadeljahrganges 5 kam es bei einigen Punkten (Traidersberg A 5 / 9, A 6 / 10; Hessenberg A 41 / 41, A 45 / 15) zu Absenkungen, was mit dem Umstand zusammenhängen dürfte, daß dieser Nadeljahrgang im Gegensatz zu den fünfjährigen Nadeln der früheren Untersuchungen von der Bildung an (1962) keinen so hohen Immissionen ausgesetzt war.

Von den Untersuchungspunkten südlich des Traidersberges auf dem Galgenberg und im Bereich der Schillerhöhe auf dem Buchberg wiesen die talnäher gelegenen Punkte Werte der gleichen Größenordnung wie die stärkst betroffenen Teile des Traidersberges auf.

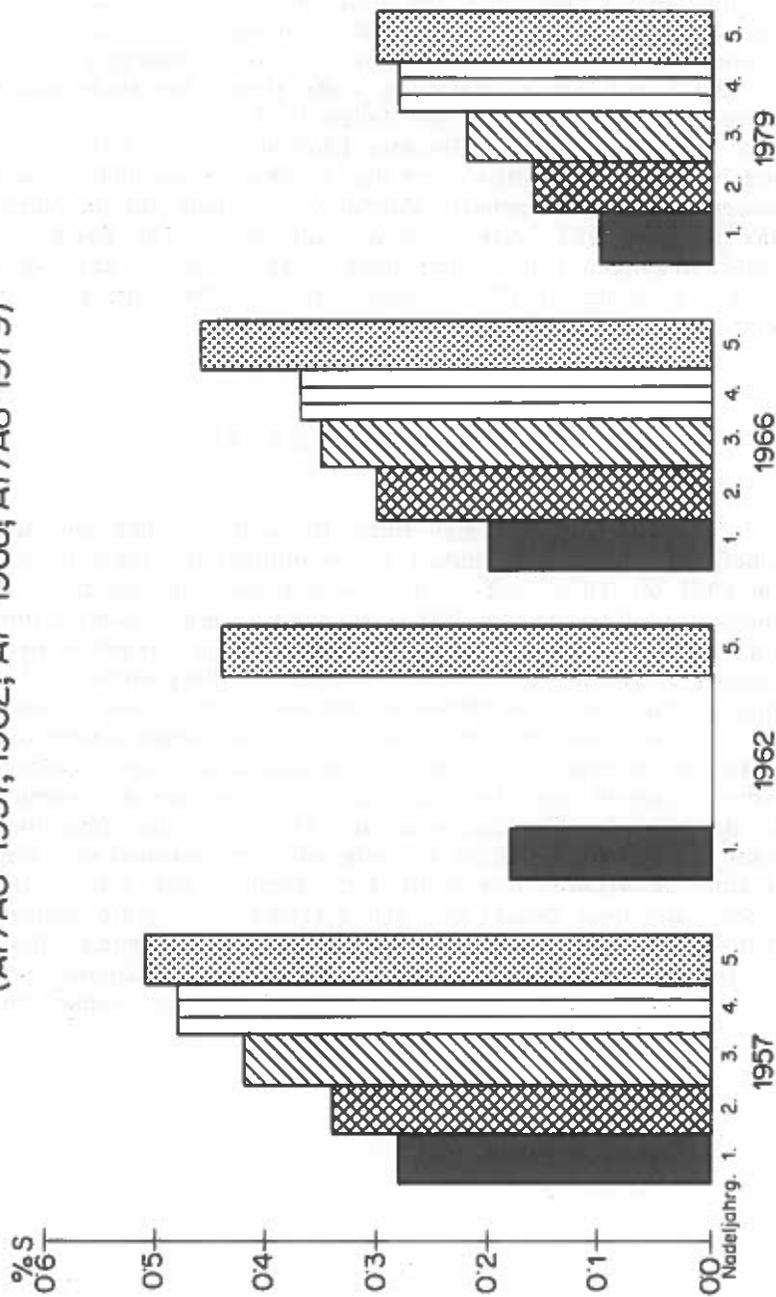
Die Probeflächen im Treffninggraben waren auf Grund der Ergebnisse der Nadelanalysen als Nullproben zu beurteilen.

Eine wesentliche Verbesserung gegenüber dem Ende der vorangegangenen Untersuchung konnte an Hand dieser Ergebnisse noch nicht festgestellt werden.

Untersuchung 1979

Beim Vergleich mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen weisen die Daten dieser Stichprobenuntersuchung eindeutig auf eine wesentliche Verringerung der Immissionseinwirkungen hin. Auf Grund des Umstandes, daß die Ergebnisse werksfernerer Untersuchungspunkte im Gegensatz zu denen von Punkt A 7 / 18 bereits 1966 auf eine leichte Verbesserung der Immissionssituation schließen ließen, ist anzunehmen, daß die günstige Entwicklung für das gesamte Unter-

Schwefelgehalte der Nadelproben vom Traidersberg (A7/A8-1957, 1962; A7-1966; A7/A8-1979)



suchungsgebiet zumindest im gleichen, wenn nicht sogar in verstärktem Maß wie an Punkt A 7 / 18 anzunehmen ist. Zur Veranschaulichung der Entwicklung der Immissionseinwirkungen im Verlauf von 25 Jahren werden in Abbildung 4 die Daten der Nadelanalysen von Punkt A 7 / 18 und A 8 der Jahre 1957, 1962 und 1966 (1957 und 1962 Mittelwerte beider Punkte; 1966 nur A 7 / 18) denen der Untersuchung von 1979 (Mittelwert der 5 Bäume) gegenübergestellt. 1979 wiesen die Schwefelgehalte (Mittel von 5 Bäumen) im Vergleich zum Maximaljahr 1957 (Mittel von A 7 und A 8 = 100 Prozent) in den Nadeljahrgängen 1 bis 5 nur noch folgende Werte auf: Nadeljahrgang 1: 35,7 Prozent; 2: 47,1 Prozent; 3: 52,4 Prozent; 4: 58,3 Prozent; 5: 58,8 Prozent.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Einflußbereich der Hütte Donawitz wurden von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt an permanenten Probepunkten jährlich von 1954 bis 1962 Luft- und Nadelanalysen durchgeführt. Nadeluntersuchungen allein wurden 1966 im Rahmen einer Kontrollerhebung und 1979 im Rahmen einer Testuntersuchung vorgenommen. Für die Periode 1954 bis 1959, in der annähernd die gleiche Emissionssituation gegeben war, konnten Hinweise für den Einfluß verschiedener klimatischer Faktoren auf das unterschiedliche Immissionsgeschehen beziehungsweise die unterschiedlichen Immissionseinwirkungen gefunden werden. Dadurch konnte zum Teil auch der Umstand erklärt werden, daß sich die Reduzierung der Emission ab 1960 durch den Anschluß an das Erdgasnetz nicht in gleichem Umfang auf Immissionen und Immissionseinwirkung auswirkte. Durch die Untersuchung des Jahres 1979, wofür Proben aus dem Gebiet mit den stärksten Immissionseinwirkungen von 1954 bis 1966 gewonnen wurden, konnte die eindeutige Reduzierung der Immissionseinwirkung zum gegenwärtigen Zeitpunkt dokumentiert werden; auch diese liegen aber nach wie vor im Schädigungsbereich.

ZUR FRAGE DER IMMISSIONSFESTSTELLUNG

MIT HILFE VON BARYTLAPPEN

Von

Klaus STEFAN

Institut für Forstschutz der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

EINLEITUNG

Um einen Überblick über die Verteilung von Immissionen und ihre relative Intensität zu erhalten, werden bei forstlichen Rauchschaudensuntersuchungen - etwa vergleichbar mit Bleikerzenmessungen - Barytlappen im Kronenbereich exponiert. Während Bleikerzen nach einem fixen Zeitplan alle 4 Wochen ausgewechselt werden, ist ein so häufiger Wechsel der Barytlappen nur in Sonderfällen mit speziellen Fragestellungen arbeitsaufwandmäßig vertretbar. Beim Einsatz von Barytlappen durch die Forstliche Bundesversuchsanstalt werden diese normalerweise 100 bis 120 Tage während der Vegetationszeit exponiert und erst bei der Astprobengewinnung Ende September / Anfang Oktober wieder abgenommen. Für den Vergleich beziehungsweise die Interpretation von Lappenwerten schien es uns im Hinblick auf die lange Expositionsdauer und die möglicherweise zeitlich variierten Immissionsangebote während der Aushängung notwendig, die Frage der "Alterung", das heißt die mögliche Abnahme der Aufnahmefähigkeit der Lappen, zu untersuchen.

MATERIAL UND METHODIK

An einem im Quadrat gespannten Draht wurden an jeder Seite je vier Barytlappen 1,5 Meter über dem Boden im Garten der Versuchsanstalt ausgehängt. Während der Versuchsdauer von 16 Wochen wurde auf jeder Seite des Meßquadrates ein Lappen alle 2 Wochen, einer nach vier Wochen und einer nach 8 Wochen ausgewechselt, während der vierte die gesamte Versuchsdauer über exponiert blieb.

Für die Herstellung der Barytlappen (145 x 250 mm) wurde ausgekochter Molino zweimal mit gesättigter Bariumhydroxidlösung und

einmal mit einem Gemisch von zwei Teilen gesättigter Bariumhydroxid-lösung und einem Teil Glycerin getränkt. Die Lappen wurden an zwei Glasringen befestigt und in einem Drahtkäfig, der gegen Niederschläge durch einen Aluminiumhut (doppelter Durchmesser des Drahtkäfigs) geschützt wurde, eingehängt. Die Schwefelbestimmung in den Barytlappen erfolgte nach Veraschung unter Zusatz von Calciumazetat und anschließendem Sodaaufschluß gravimetrisch als Bariumsulfat. An nicht exponierten Lappen wurde der Blindwert bestimmt und von den Analyseergebnissen abgezogen.

ERGEBNISSE UND BESPRECHUNG

Für die Feststellung beziehungsweise den Vergleich des Einflusses der Expositionsdauer auf die Aufnahmefähigkeit der Lappen wurden die Durchschnittswerte der 4 Lappen der 4 Expositionstypen auf $\text{mg H}_2\text{SO}_4$ pro Tag während 16 Wochen umgerechnet. Wie aus diesen Werten, die in Tabelle 1 ausgewiesen sind, zu ersehen ist, kam es im Durchschnitt bei einer 16-wöchigen Exposition zu einem Absinken des Immissionswertes um rund 12,5 Prozent gegenüber den in kürzeren Intervallen gewechselten Lappen.

TABELLE 1: Durchschnittliche Barytlappenwerte in $\text{mg H}_2\text{SO}_4$ / Tag für die Versuchsdauer von 16 Wochen bei verschiedener Expositionsdauer der Lappen, Spannweite (R) zwischen den 4 Positionen und Standardabweichung (s).

Expositionstyp	$\text{mg H}_2\text{SO}_4$ /Tag		
	\bar{x}	R	s
1 - 8 x 2 Wochen	1,76	0,08	0,03
2 - 4 x 4 Wochen	1,78	0,26	0,12
3 - 2 x 8 Wochen	1,74	0,39	0,19
4 - 1 x 16 Wochen	1,53	0,27	0,12

Da es während der Versuchsdauer (26. Jänner bis 18. Mai) entsprechend der Heizungsperiode in Wien zu einer Abnahme der Immissionen kam (Tabelle 2), muß aber vermutet werden, daß die Aufnahmeverringerung der während 16 Wochen exponierten Lappen größer ausgefallen wäre, wenn die Immissionstendenz umgekehrt verlaufen wäre.

Die Spannweite (R) in Tabelle 1 wurde aus den 16-Wochen-Durchschnittswerten der vier Aufhängepositionen errechnet. Bei den einzelnen Serien der Expositionstypen 1 - 3 ergaben sich aber in Abhängigkeit vom Immissionsangebot (siehe Tabelle 2) größere Spannweiten und zwar bis $0,6 \text{ mg H}_2\text{SO}_4$ / Tag beim Typ 1 und $0,9$ beziehungsweise $0,8 \text{ mg}$ beim Typ 2 beziehungsweise Typ 3. Dementsprechend lagen

TABELLE 2: Durchschnittliche Barytlappenwerte (mg H_2SO_4 / Tag) des Expositionstyps 1 (8 x 2 Wochen) im Verlauf von 16 Wochen

Wochen	mg H_2SO_4 / Tag
1/2	2,10
3/4	2,09
5/6	2,20
7/8	2,42
9/10	1,88
11/12	1,37
13/14	1,34
15/16	0,70

die maximalen Abweichungen vom Mittelwert einer Meßserie bei den Expositionstypen 1 - 3 zwischen 5 und 27 Prozent, im Durchschnitt bei 14 Prozent des Mittelwertes. Die entsprechenden Werte des Expositionstyps 4, bei dem die Lappen 16 Wochen ausgehängt waren, liegen mit 0,27 mg H_2SO_4 / Tag Spannweite und 11 Prozent maximaler Abweichung vom Mittelwert durchaus in der gleichen Größenordnung.

Die Standardabweichungen lagen beim Expositionstyp 1 (8 x 2 Wochen) zwischen 0,10 und 0,25 und beim Expositionstyp 2 (4 x 4 Wochen) zwischen 0,10 und 0,40 mg H_2SO_4 / Tag. Beim Expositionstyp 3 (2 x 8 Wochen) betragen die Standardabweichungen 0,42 beziehungsweise 0,07 und beim Expositionstyp 4 (1 x 16 Wochen) 0,12 mg H_2SO_4 / Tag.

Für die Feststellung der Immissionsverteilung in einem Rauchschadensgebiet können auf Grund dieser Ergebnisse Barytlappen nach unserer Ansicht, wie bisher gehandhabt, während der Vegetationszeit exponiert bleiben, wenn bei der Interpretation von Unterschieden auf die Grenzen der Methode (Spannweite, Standardabweichung) Bedacht genommen wird.

ZUSAMMENFASSUNG

Um den Einfluß der Expositionsdauer auf die Meßergebnisse mit Barytlappen zu prüfen, wurden im Garten der Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien jeweils 4 Barytlappen im Verlauf von 16 Wochen verschieden lang exponiert (Expositionstyp 1: 8 x 2 Wochen; 2: 4 x 4 Wochen; 3: 2 x 8 Wochen; 4: 1 x 16 Wochen). Die mit Hilfe der Barytlappen festgestellte durchschnittliche Tagesimmission im Verlauf von 16 Wochen war bei den Expositionstypen 1 bis 3 (1,74 bis 1,78

mg H_2SO_4 / Tag) praktisch gleich. Der Durchschnittswert der Lappen des Expositionstyps 4 lag dagegen nur 12,5 Prozent tiefer. Bei den Expositionstypen 1 bis 3 ergab sich eine größere Spannweite und Standardabweichung im Zusammenhang mit stärkeren Immissionen.

Für die Feststellung der Immissionsverteilung in einem Rauchschadensgebiet kann somit ohne Nachteil für den Immissionsnachweis eine längere Expositionszeit bei geringerem Arbeits- und Kostenaufwand gewählt werden, sofern bei der Interpretation der Daten die Grenzen der Methode (z.B. Standardabweichung), die aber auch für kurzfristigere Expositionen gelten, Berücksichtigung finden.

H A L D E N R E K U L T I V I E R U N G E N I M
R A U C H S C H A D E N S G E B I E T
L E O B E N - D O N A W I T Z

von
Siegfried KARASEK
Forstverwaltung der VOEST - ALPINE AG, Leoben

A L L G E M E I N E S I T U A T I O N

G e s c h i c h t e

Die Geschichte der stahlerzeugenden Industrie im Raume Donawitz greift bis in das vergangene Jahrhundert zurück. Noch weiter reicht die Geschichte des Abbaues des steirischen Erzberges zurück, dessen Ursprünge bereits zur Zeit der Römerherrschaft in diesem Gebiet zu finden sind.

Ein Vorläufer der heutigen Firma, die sogenannte "Radmeisterkommunität" trat bereits am 18. August 1852 als Mitgründer des Forstvereines für die Steiermark auf.

Als im Jahre 1891 durch Zusammenfassung der Radwerke und Hammerwerke die "Oesterreichisch Alpine-Montangesellschaft" gegründet wurde, wies diese einen land- und forstwirtschaftlichen Besitz von rund 167.000 ha auf. Aus diesen Besitzungen erfolgte die Versorgung mit Holzkohle, welche zur Eisengewinnung benötigt wurde. Als jedoch in dieser Zeit die Roh-eisenerzeugung auf der Basis von Koks anstatt von Holzkohle entwickelt wurde, kam der Waldbesitz zum größten Teil zum Verkauf. Derzeit besitzt die VOEST-ALPINE AG rund 3.000 ha Wirtschaftswald. Die Waldflächen liegen zwischen Traisen und Ferlach, sowie zwischen Linz und Köflach.

Die Verhaldung der in der Hütte Donawitz anfallenden Abfallprodukte erfolgte und erfolgt auch heute noch nördlich der Stadt Leoben auf land- und forstwirtschaftlichen Grundflächen.

Gliederung der Halden nach Herkunft und Lokalität.

Von der Forstverwaltung der VOEST-ALPINE AG wurden Rekultivierungsmaßnahmen von devastierten Flächen folgender Herkunft durchgeführt:

A) BERGBAU

- a) Braunkohlenbergbau, und zwar im Gebiet Köflach, Fohnsdorf, Seegraben bei Leoben und Ratten
- b) Eisenerzbergbau, und zwar in Eisenerz, in der Radmer und in Hüttenberg
- c) Magnesitbergbau, und zwar in Wald am Schoberpaß

B) HÜTTENBETRIEBE

- a) im Gebiet der Hütte Donawitz
- b) im Gebiet der Hütte Linz

C) MATERIALENTNAHMESTELLEN

- a) Schotterentnahmestelle in Ferlach
- b) Steinbruch in St. Peter-Freienstein

D) MÜLLDEPONIE in Fohnsdorf

BESCHREIBUNG DES LEOBNER RAUMES

Rekultivierungsmaßnahmen am Beispiel der Schlackenhalde im Raume Leoben

Die zu bepflanzen Böden resultieren aus den Hüttenabfallprodukten bei der Eisenerzeugung und bestehen der Hauptsache nach aus Stahlwerks- und Hochofenschlacke.

Die Stahlwerksschlacke stammt aus den Martin-Öfen und ist eine Grobschlacke. Die Hochofenschlacke ist eine granulいた Feinschlacke, besitzt Sandform, und entsteht, wenn beim Hochofenabstich die auf dem flüssigen Eisen schwimmende Schlacke in stürzendes Wasser fließt.

Beide Schlackenarten wurden seinerzeit mechanisch mit Schrägaufzug und Seilbahn hochgefördert und mit Förderbahnen im Norden des Werkes gestürzt. Heute wird der Transport mittels LKW durchgeführt. Das Alter ist entsprechend dem Fortschreiten des Sturzes verschieden. Die älteren Halden reichen bis 1918 zurück. Halden aus dem Jahre 1930 wurden für die erste Bepflanzung ausgewählt.

B e s c h r e i b u n g

Die Bodenzusammensetzung ist sehr verschieden und es treten pH-Werte von 7,40 bis 10,30 auf. Ferner sind enthalten:

Schwefelsäure	0,22	-	0,70	%
Calcium	0,15	-	3,10	%
Phosphor	0,02	-	0,16	%
Eisen	0,32	-	20,00	%
Kalk	5,30	-	28,90	%
Stickstoff	0,02	-	0,42	%

Es zeigt sich demnach ein sehr geringer Phosphor- und Stickstoffgehalt. Der hohe Kalkgehalt ermöglicht heute Zementfabriken eine Weiterausarbeitung des Sandes.

Bedingt durch die dunkle Farbe, welche die gelbliche Schlacke nach einiger Zeit im Freien annimmt sowie durch die rauhe Beschaffenheit, weisen die Oberflächentemperaturen bei Sonnenbestrahlung beachtliche Höhe auf. An heißen Sommertagen konnten Oberflächentemperaturen bis zu 71 Grad gemessen werden. Dazu kommt, daß im Innern noch Brandherde zu beobachten sind. Ebenso finden stellenweise exotherme Reaktionen statt, welche im Winter leicht durch den ausströmenden Wasserdampf und durch das Fehlen der Schneedecke festgestellt werden können.

Die Folge davon ist, daß die Haldenoberflächen rasch schneefrei werden, welche Tatsache zum Anlaß genommen werden mußte, bereits im Feber zu kultivieren.

G e s c h i c h t e

Die ersten gezielten Versuche wurden in den Jahren nach 1945 im Gebiet Leoben durchgeführt. Es trat damals die Stadtgemeinde Leoben an die seinerzeitige Oesterreichisch Alpine-Montangesellschaft mit dem dringenden Ersuchen heran, noch vor Erteilung eines behördlichen Auftrages mit der Begründung der damals 40 ha großen Halde zu beginnen, um die Störung des Landschaftsbildes zu mildern und die Staubplage und Rutschgefahr zu verringern.

Es wurde mit Birken- und Ahornsaaten im größeren Ausmaß begonnen, aber erst 1949 gelang es mit Hilfe von Pappelstecklingen (*Populus simonii* und *Populus robusta*), Aussicht auf eine erfolgreiche Begründung der Sand- und sonstigen Halden in Donawitz zu erhalten.

D e r z e i t i g e S c h ü t t w e i s e

Im Gegensatz zum Materialtransport mit Förderbändern besteht bei der hier angewandten Transportform mit LKW die Möglichkeit, das anfallende Material insofern zu sortieren, als auf der Oberfläche pflanzenverträgliche Substrate aufgebracht werden.

Weiters besteht die Möglichkeit, die Halde in Etagen von unten beginnend bergwärts aufzubauen. Dadurch werden die langen Flanken, wie sie bei tafelbergartiger Schüttweise entstehen, vermieden. Weiters kann die fertiggestellte Etage sofort auf den Hängen rekultiviert werden, sodaß die Begrünung mit der Halde mitwächst.

W a s s e r v e r h ä l t n i s s e - B e r m e n

Bäume entnehmen dem Boden beachtliche Wassermengen. Die Entnahme liegt in den meisten Fällen über der Niederschlagsmenge des als Vegetationszeit angenommenen Zeitraumes. In 120 Tagen verbraucht z.B. ein Fichtenbestand von 40 - 50 Jahren 390 - 450 mm Niederschlag. Wenn der Boden 8,5 Gewichtsprozent Wasseranteil hat, beträgt die Trockensubstanzproduktion der Fichte gegenüber der vollen Wasserkapazität (= 20 Gewichtsprozent Wasseranteil) 26,1 %. Dies bedeutet, daß in der Holzproduktion Wasser zu den größten Mangelfaktoren zählt.

Durch die Anlage von Bermen, welche eine Neigung von 1 : 10 gegen den Haldenkörper haben, besteht die Möglichkeit, den Niederschlag über die Halde zu verteilen. Es wird ein großräumiger Oberflächenabfluß verhindert, welcher mit seinen Erosionserscheinungen zerstörend wirkt. Allein bei einer Bermbreite von ca. 2 m und einer Etagenhöhe von 10 - 12 m entsteht eine ebene Fläche von 800 m² je ha. Unabhängig vom Oberflächenzufluß halten diese Berme bei einem Niederschlag von 400 mm in der Vegetationszeit 320.000 l Wasser. Dieses Wasser reicht zur Erzeugung von 1.325 kg Trockensubstanz. Bei einer Raumdichtezahl von 390 entspricht dies einem totalen Baumvolumen von 3,4 fm. Nach Abzug von 15 - 20 % unterirdischer Holzmasse und der Annahme von 70 % Derbholz des oberirdischen Baumvolumens entspricht diese Produktion in unserem 40 - 50-jährigen Fichtenbestand 1,90 fm pro ha und Jahr.

B e g r ü n u n g m i t G r a s m i s c h u n g e n

Unabhängig davon, welchen Einfluß die Einsaat mit Grasgemenge, der sogenannten Böschungsmischung, auf die Holzpflanzen

ausübt, werden die Flächen, welche im Sichtbereich liegen, eingesät. Die Begründung liegt darin, daß die verantwortlichen Herren der Hütte den Wunsch geäußert haben, möglichst rasch die offene Halde mit Vegetation abzudecken, um einerseits die gefürchtete Staubeentwicklung zu verhindern und andererseits den Erfolg rasch vor Augen zu haben.

T e c h n i k d e r G r a s s a a t

Die Saat einer Böschungsmischung unterliegt bei gekippten Flächen je nach Länge ab einer Neigung von 20 % der Auswaschung. Um den Samen dagegen zu schützen, wurden bekanntlich verschiedene Verfahren - wie mulchen mit Bitumen, Hydrosaat etc. - angewendet. Diese Verfahren zeichnen sich durch eine große Erfolgssicherheit aus, kosten aber einen entsprechenden Preis. Dagegen ist es nicht überall nötig, solch expensive Verfahren anzuwenden.

Nach anfänglichen Versuchen bewährte sich die Samenausbringung mit der Granuliereinrichtung des Rückensprühgerätes Stihl SG 17 am besten. Hierbei wird die Böschungsmischung mit einer Geschwindigkeit von 100 m/Sek. durch das Stäuberohr geschleudert. Die damit verbundene Luftleistung des Gebläses von ca. 600 m³/Std. bewirkt, daß der Samen, welcher nicht durch die Auftreffwucht am Boden festliegt, in Mikrospalten und Vertiefungen eingeblasen wird. Dies sind gerade jene Standorte, welche von Natur aus die besten Kleinklimate und Keimbedingungen aufweisen. Ebenso ist der Samen gegen eine gewisse Abwaschung - natürlich nur im begrenzten Ausmaße - geschützt. Bei einem Verbrauch von 0,03 kg/m² und einem angenommenen Preis von 25 S/kg Böschungsmischung kommt der Mittelpreis auf 0,75 S/m². Bei diesen Arbeiten lohnt es sich nicht, die Arbeitsleistung auf Kosten der Sorgfältigkeit zu sehr anzuspornen. Bei einer Flächenleistung von 30 Stunden/ha kommt der Quadratmeter auf 0,19 S.

Selbstverständlich ist bei extensiv zu begründenden Flächen eine Reduzierung möglich.

W e r t u n g d e r G r a s s a a t

Bei den Forstpflanzen, speziell der Fichte, führt eine Beschattung der Nadeln zur Änderung in deren Aufbau. Eine von uns durchgeführte Vermessung von Nadeln an verdämmten und freistehenden Zweigen einer im Frühjahr 1970 gesetzten Fichtenkultur ergab bei einer Probenahme am 21. März 1971 folgende statistisch gemittelte Werte:

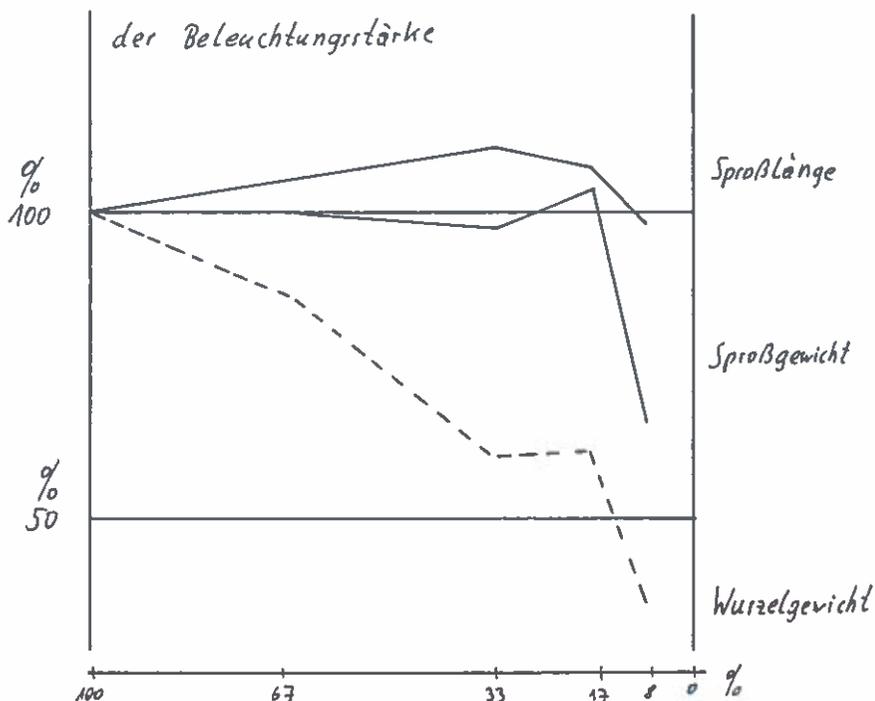
Länge	verdämmt:	7,5 mm	freistehend:	8,6 mm
Breite	"	0,5 mm	"	0,8 mm
Verhältnis				
Länge : Breite	"	15,0 mm	"	10,8 mm
Volumen je Nadel ..	"	0,9 mm ³	"	2,6 mm ³
Wasserverlust nach einer einstündigen Trocknung	"	61,0 Gew.%	"	56,5 Gew.%

Demnach sind die verdämmten Nadeln 13 % kürzer, 38 % dünner, 1,4-mal schlanker und haben 35 % weniger Volumen und weisen um 5 % mehr Wasserverlust in einer Trockensituation auf.

Aus diesen Daten ist verständlich, daß bei gleicher normaler Beleuchtung (ca. 7.000 - 13.000 Lux) die Lichtnadeln die doppelte Assimilationsleistung als wie die Schatten-nadeln aufweisen. Die Verringerung der Beleuchtungsstärke wirkt sich jedoch nicht nur auf die Nadeln und deren Leistung, sondern auch auf die ganze Pflanze aus.

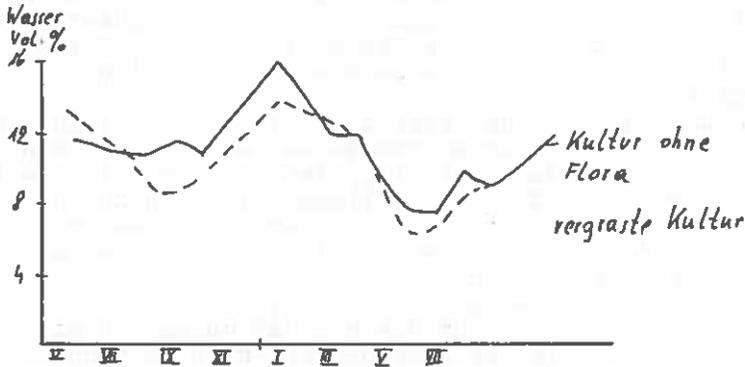
Mit zunehmender Reduzierung der Beleuchtungsstärke streckt sich zuerst der Sproß auf Kosten des Durchmessers, wogegen das Wurzelgewicht ständig abnimmt. Diese gravierende Divergenz zwischen Sproß und Wurzel zeigt, daß sich der Kraftakt sozu-sagen unter der Erde abspielt.

Entwicklung von Buchensämlingen bei Reduzierung
der Beleuchtungsstärke



Bezüglich dieser Grafik sei nicht unerwähnt gelassen, daß die Wirkung des Lichtentzuges umso stärker ist, je ungünstiger der Standort ist.

Hinsichtlich der nutzbaren Bodenfeuchtigkeit zeigt eine Vergrasung, daß im Frühjahr vor Vegetationsbeginn eine höhere Bodenfeuchtigkeit unter Gras gefunden wird. Dies ist offenbar auf einen gewissen Verdunstungsschutz durch das alte Gras des Vorjahres zurückzuführen. Der Unterschied ist allerdings gering. In der Folgezeit geht die Bodenfeuchte in der vergrasteten Fläche sehr rasch zurück. Erst ab dem Zeitpunkt, wo das Gras wieder abzusterben beginnt, steigt der Wasserhaushalt des Bodens wieder an.



Bodenfeuchtigkeit mit u. ohne Flora

Diese Überlegungen zeigen daher, daß eine Einsaat mit Böschungsmischung das Wachstum der Pflanzen behindert und es weit vorteilhafter ist, den Boden zu belassen und keine Konkurrenzverhältnisse zu schaffen.

Holzartenwahl

Zu Beginn der Haldenaufforstungen wurden verschiedenste Holzarten verwendet. Ausgrabungen der Pflanzen und durchgeführte Untersuchungen der Wurzeltracht ergaben, daß die Laubbölzer wenige Wurzeln, oft nur eine einzige Hauptwurzel, ausbilden. Diese streichen unter der Oberfläche und in durchlüfteten Klüften in Form eines Stranges, ohne den Boden

aufzuschließen. mitunter entfernt sich diese Hungerwurzel bis zu einer Entfernung der 5-fachen Pflanzenhöhe. Von den Koniferen wiesen *Pinus austriaca* und *Pinus silvestris* die geringste Wurzeltracht auf. Eine mittelmäßige Durchwurzelung zeigte *Larix decidua* und die intensivste Durchwurzelung sowie im Verhältnis zum oberirdischen Baumteil größten Wurzelkörper entwickelte *Picea excelsa*.

Auf Grund dieser Ergebnisse werden von uns als Hauptbaumarten Fichte und Lärche verwendet.

Ein wesentlicher Teil der Energieversorgung der Hütte Donawitz erfolgt auf der Basis von Erdgas. An die bestehende Ferngasleitung sind aber auch Haushalte der Stadt Leoben angeschlossen. Bei der Verbrennung von Erdgas entsteht unter anderem ein Gemisch von Stickstoffverbindungen (NOx). Diese Stickstoffverbindungen gelangen über Mikroorganismen und Niederschlag in den Boden, sodaß sich mit der Zeit eine mäßige Stickstoffversorgung einstellt. In der Radmer, das ist bei Hieflau, wo nur reine Gebirgsluft ist, mußte zur Stickstoffversorgung auf eine Beimischung von *Alnus incana* zurückgegriffen werden.

Besonders die Lärche, aber auch die Fichte, leidet auf diesen Standorten sehr unter dem Versetztschock. Durchgeführte Untersuchungen über das Ausfallsprozent zeigten eine fast lineare Abhängigkeit der ausgefallenen Pflanzen zu dem Zeitraum, der sich vom Versetzdatum bis zum Beginn des Wurzelwachstums erstreckt. Es ist somit ein möglichst rasches Anwachsen der Pflanzen von Bedeutung.

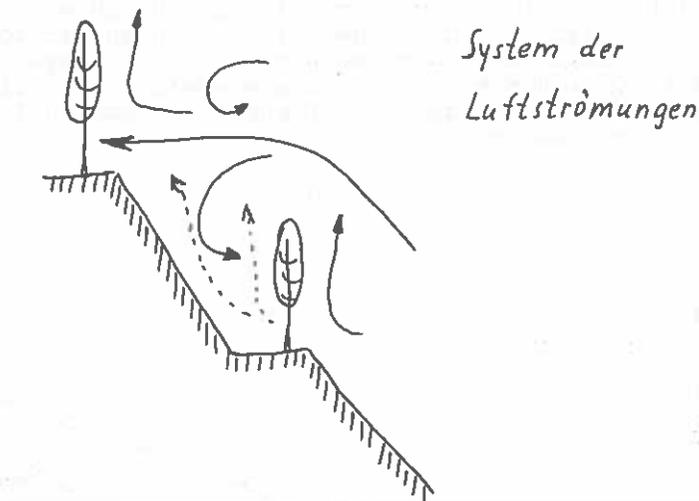
Als besonders schädigend zeigte sich das Einschlagen der gelieferten Pflanzen. Um diese Schädigungen zu minimieren, aber auch um den Zeitpunkt zwischen Pflanzenlieferung und der Kultur zu strecken, werden die gelieferten Pflanzensendungen nicht im Erdreich eingeschlagen, sondern auf den vorher befeuchteten Boden gelegt und mit Folie abgedeckt. Hierbei wird vermieden, daß die Wurzeln mit der Folie in Berührung kommen. Als Material wird eine mehrschichtige Äthylen-Folie verwendet, die nach außen hin mit Aluminium beschichtet ist, in der Mitte eine Zwischenschicht aus schwarzem Material aufweist und innen eine weiße Beschichtung hat. Durch die Aluminiumbeschichtung wird eine möglichst starke Strahlenreflektion erreicht. Die schwarze Mittellamelle garantiert die absolute Lichtundurchlässigkeit auch bei einer unbeabsichtigten Reckung infolge der Hantierung. Weiters ist die absolute Dampfdurchlässigkeit gewährt.

Verbunden mit einer Übersprühung mit Wasser vor der Abdeckung bleiben auf diese Art und Weise die Pflanzen bis zum Setzen einwandfrei frisch.

P a p p e l k u l i s s e n

Im Juli 1978 wurden von uns an einem windstillen Tag bei Schönwetter an der Haldenoberkante 30 cm über der Ober-

fläche eine Windgeschwindigkeit von 4 m pro Sekunde gemessen. Besonders die gegen Süden geneigten Flächen entwickeln eine Eigethermik. Diese ist an der Oberkante am stärksten und stetig. Die Folge davon ist, daß in diesem Bereich die Pflanzen oberirdisch austrocknen. Die Pflanzen wachsen anfangs gut an, bilden einen neuen Sproß und beginnen dann vom Terminaltrieb herunter zu absterben.



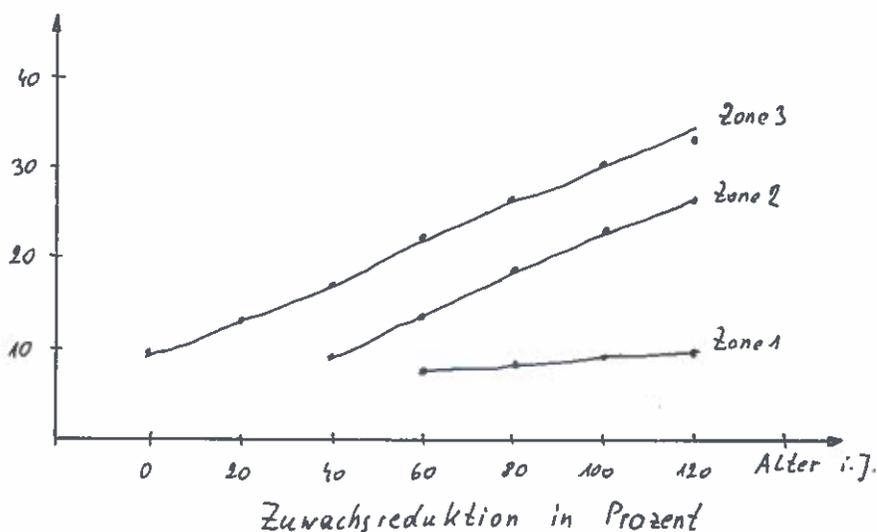
Zur Unterbrechung und Ableitung dieser Luftströme werden an der Bermenvorderkante im Abstand von 4 m Pappelheister gesetzt. Als Folge davon wird ein Teil der Strömung über den Erdboden angehoben und der andere Strömungsteil aus dem laminaren in den gleichsam turbulenten Bereich geleitet.

ENTSCHÄDIGUNGSREGELUNGEN AUS
DEM TITEL IMMISSIONSEINWIRKUNG
AUF WIRTSCHAFTSWÄLDER

Immissionsituation

Die Immissionsbelastung des Raumes Leoben - Donawitz führt zur Verminderung des Zuwachses der Koniferen. Aus dieser Kenntnis heraus wurden auf Begehren der Grundeigen-

tümer, welche zur Bewirtschaftung ihrer Wälder Fachpersonal eingesetzt haben, Übereinkommen geschlossen, die einen Teil dieser Zuwachsverluste und der damit verbundenen Vermögensnachteile vergüten. Die Entschädigungen basieren auf einem unterstellten Zuwachsverlust, berücksichtigen also den Ertragswert. Mit 3.000 ha Wirtschaftswald besitzt unsere Firma einen Forstbetrieb, der dem österreichischen Gesetz nach buchführungspflichtig ist. Es werden somit die Erzeugungskosten sowie forstliche Kennziffern im eigenen Betrieb erfaßt und errechnet. Für die Entschädigungsverhandlungen erweist sich dies als großer Vorteil, da dadurch ein großer Bereich eines möglichen Mißtrauens (Anerkennung der forstlichen Daten) von vornherein ausgeräumt wird. Weiters liegen von den eigenen Forstrevieren Forsteinrichtungsoperatte auf, die auf die Zuwachsverhältnisse des betroffenen Nachbarn Analogieschlüsse ziehen lassen.



Das heikelste Problem, die Festsetzung des Zuwachsverlustes, erfolgt auf Grund einer Begehung, während der sogenannte Pilotbestände taxiert werden. Sodann erfolgt eine Einteilung des betroffenen Revieres in Schädigungszonen. Jeder Zone werden altersabhängige Zuwachsverlustprozente unterstellt, die in der Praxis auf die Durchschnittsbonität gerechnet werden (bei schlechten Bonitäten höhere Verlustprozente). Auf Grund dieser Vorgangsweise fand bis heute noch keine gerichtliche Auseinandersetzung statt.

Z U S A M M E N F A S S U N G

In der vorliegenden Abhandlung wurden als Beispiel der Umweltgestaltung in einem von Immissionen beeinflussten Raum Rekultivierungsmaßnahmen im Raum Leoben in der Steiermark dargestellt, die organisatorische und technische Durchführung der damit verbundenen Schwierigkeiten und die Entwicklung der Verfahren aufgezeigt.

Als Modell der Zusammenarbeit zwischen der Industrie und den von Immissionen beeinträchtigten Forstbetrieben wurde das angewandte Übereinkommenssystem mit den Waldeigentümern vorgestellt.

B E W E I S S I C H E R U N G
I M B E R E I C H D E S G L E I N A L M T U N N E L S
D E R P Y H R N - A U T O B A H N

V o n
O t t o H ä r t e l

Institut für Pflanzenphysiologie an der Universität Graz

Die im Bau befindliche und teilweise bereits dem Verkehr übergebene Pyhrn-Autobahn ist eine wichtige Verbindung zwischen dem Linzer Raum bzw. dem Ennstal und Graz ("Gastarbeiterroute"). Sie durchstößt den Gebirgszug Gleinalpe - Fensteralpe in einem 8310 m langen, in Richtung NW - SE verlaufenden Tunnel und verkürzt damit die oben genannten Strecken um rd. 37 km. Im Endausbau sind zwei Tunnelröhren vorgesehen. Vorläufig ist aber nur die westliche Röhre ausgebaut und im Gegenverkehr befahrbar.

Tunnels dieser Länge werfen, namentlich im Hinblick auf den starken Verkehr, Lüftungsprobleme auf. Bei der Projektierung des Tunnels wurden zwei Entlüftungsschächte vorgesehen, durch die die Abluft mittels Ventilatoren senkrecht nach oben abgeführt und an der Nord- bzw. Südabdachung des Gebirgszuges ins Freie geblasen werden. Der südliche Entlüftungsschacht liegt rd. 2,9 km von dem in rd. 810 m über NN gelegenen Tunnelportal bergwärts und erreicht die Oberfläche bei 1102 m. Die Austrittsstelle ist in einem engen Graben gelegen, weshalb ein 30 m hoher Kamin vorgesehen wurde, durch den die Abgase über die Baumkronen hinweg geblasen werden.

Trotz dieser Maßnahme wurden im Zuge der Inanspruchnahme von Grundstücken für die Errichtung des Entlüftungsschachtes seitens der Liechtenstein'schen Forstverwaltung Bedenken geäußert, daß durch die Abgase, namentlich im Hinblick auf das überaus ungünstige Gelände, Schäden in den umliegenden Beständen zu befürchten wären.

Diesen Bedenken Rechnung tragend, hat die damalige Gleinalpe-Autobahn AG (jetzt Pyhrn-Autobahn AG) den Verfasser dieser Zeilen beauftragt, einvernehmlich mit der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien - Schönbrunn (FBVA) eine Zustandsfeststellung zum Zwecke der Beweissicherung in den in Frage kommenden Waldbeständen durchzuführen. Die FBVA erklärte sich zur Mitwirkung in Form einer Beratungstätigkeit bei der Auswahl der Probestellen an Ort und Stelle und bei der Probengewinnung sowie zu gemeinsamer Interpretation bereit.

Gemeinsam mit Herrn Dipl.-Ing.K.STEFAN von der FBVA wurden zunächst anhand der Waldkarte und dann an Ort und Stelle 27 Probestellen entsprechend der Lage des Emissionsortes, der Geländegestaltung, der Höhenzonierung und in Hinblick auf eine möglichst gleichmäßige Überdeckung des in Frage kommenden Gebietes ausgewählt. An diesen Probestellen wurde jeweils ein Probebaum, vorwiegend der III. und IV. Altersklasse ausgewählt und mit gelber Farbe markiert. Von diesen Probebäumen bzw. auch von in nächster Nähe stehenden Bäumen wurden im September bis Anfang Oktober 1975 Zweig- und Borkenproben entnommen.

Für die Zustandsfeststellung wurden nur solche Kriterien ausgewählt, die anhand einer (gerade in solchen Fällen unerläßlichen) detaillierten Methodenbeschreibung auch nach Jahren in völlig identischer Weise untersucht werden können und damit mit diesen Erhebungen streng vergleichbare Ergebnisse liefern.

Das Arbeitsprogramm umfaßte:

- 1) SO_3 -Bestimmungen an Fichtennadeln des 1. und 3.Nadeljahrganges (Proben nach den Richtlinien der FBVA gesammelt);
- 2) Trübungstest nach HÄRTEL;
- 3) Borkenuntersuchungen nach HÄRTEL - GRILL;
- 4) Morphometrische Messungen an Fichtennadeln und -trieben (Zweiglänge, Wassergehalt der Nadeln, 100-Nadel-Gewicht und Nadellänge, Nadeldichte pro cm Trieb länge) am 1. - 3.Nadeljahrgang von Proben aus der Wipfelregion und vom unteren Kronenrand.

Die Analysen zu 1) wurden im Umweltschutz-Laboratorium am Institut für Pharmazeutische Chemie der Universität Graz (Vorstand Prof. Dr. G. ZIGEUNER) ausgeführt, die Untersuchungen zu 2) - 4) an dem vom Verf. geleiteten Institut.

Auf Pigmentanalysen, enzymatische Untersuchungen u. dgl. wurde aus obengenannten Gründen verzichtet. Ebenso konnte auf die Entnahme von Bohrkernen zwecks Ausmessung von Jahresringbreiten verzichtet werden. Sie wird erst aktuell, wenn vermutete Abgasschäden in den Beständen neuerliche Erhebungen erforderlich machen.

Die erhaltenen Daten wurden statistisch ausgewertet, indem Mittelwerte und Standardabweichungen der Proben insgesamt sowie nach Gruppierung nach verschiedenen Gesichtspunkten wie Horizontalverbreitung, Zonierung nach Höhenstufen, berechnet wurden; ferner wurden auch die Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen untersuchten Kriterien berechnet. Dabei war die Überlegung maßgebend, daß sich eine eventuelle zusätzliche Belastung der Bestände durch Autoabgase aus dem Entlüftungsschacht in Veränderungen der Verbreitungsmuster der genannten Kriterien äußern.

Von einer ähnlichen Erhebung im Umkreis des nördlichen Entlüftungsschachtes wurde vorderhand abgesehen.

Die bei der Ersterhebung Herbst 1977 erhaltenen Werte bewegten sich durchwegs im Bereich des Normalen bis an die obere Grenze der an unbeeinflussten Fichten gefundenen Werte.

LOKALKLIMATISCHE UNTERSUCHUNGEN IM RAUME AICHFELD - MURBODEN

Von

Reinhold LAZAR

Freier Mitarbeiter des Landeshygienikers und der Landesforst-
inspektion für Steiermark - Graz

LAGE UND MORPHOLOGIE DES UNTERSUCHUNGS- GEBIETES

Makroklimatische Lage

Das Knittelfelder Becken - mit dem Aichfeld nördlich und dem Murboden südlich der Mur - stellt ein tertiäres Einbruchsbecken dar. Im Nordosten schließt das deutlich kleinere Becken von Seckau an, welches sich durch eiszeitliche Schotterfluren und tertiäre Riedel auszeichnet. Reste von tertiären Riedeln sind auch im Norden des Aichfeldes (bei Schönberg) und im Süden (südwestlich von Weißkirchen) anzutreffen. Sehr gut ausgeprägt ist die Würmterrasse, beispielsweise quer durch Judenburg (Terrassenabfall 15 - 20 m). Reste älterer Terrassen gibt es noch im östlichen Abschnitt des Murbodens. Das Becken selbst mit der rezenten Talsohle (700 m Seehöhe im Westen, abfallend auf ca. 600 m bei Preg im Osten) ist durch einen markanten Murchurchbruch bei Preg sehr gut abgeschlossen.

Die Gebirgsumrahmung bildet im Westen der Falkenberg (um 1160 m), der durch den sogenannten Pölschals (805 m) im Westen begrenzt wird. Im Norden wird das Becken durch die überwiegend Nord-Süd verlaufenden Seitenkämme der Gaaler Höhe flankiert. Durch den Hammergraben (Ingeringtal) von der Gaaler Höhe getrennt, stellt der Tremmelberg im Nordosten eine weitere Begrenzung dar. Im Osten gestalten die auslaufenden Kämme des Steinplans (1671 m) die Beckenumrahmung, im Süden die Kämme des Größing. In diesem Abschnitt ist auch die größte Reliefenergie zu beobachten. Das Gelände steigt hier innerhalb von 5-7 km von der Terrasse (um 700 m) auf Höhen über 2000 m an (Größing 2131 m). Im Süden bzw. Südwesten wird das Becken vom Reiflingberg (1453 m), einem Ausläufer der Wenzelalpe, flankiert.

Häufig sind in dieser Gebirgsumrahmung des Beckens deutliche Ni-

veaus auf den auslaufenden Kämmen festzustellen. Hervorzuheben sind insbesondere das Niveau um 930 m, ein weiteres um 1020 - 1040 m und um 1100 - 1120 m. Die höheren Niveaus um 1300 m (Fohnsdorfer Berg 1302 m), um 1380 m und schließlich die Kammniveaus um 1500 - 1530 m sind hauptsächlich auf der Gaaler Höhe und im Südosten (Gaberl 1547 m) gut ausgeprägt.

Die in das Becken einmündenden Täler sind vorwiegend Sohlentäler, wobei die Talsohlenbreite zwischen 100 und 700 m schwankt. Hingegen zeigen die tief eingeschnittenen Täler der Gaaler Höhe, des Größing und des Reiflingberges Kerbtalcharakter. Erwähnenswert ist ferner die Einengung des Pölstales bei Allerheiligen; dadurch entsteht ein kleines Seitentalbecken im Raume Pöls. Das Becken von Seckau gliedert sich in zwei Abschnitte, dem Gaaler Becken im Westen und - durch einen flachen Rücken um 900 m getrennt - dem eigentlichen Seckauer Becken, das nach Osten nur mäßig abgeschlossen ist.

Makroklimatisch gesehen, weist das Becken durch seine inneralpine Lage ausgeprägte kontinentale Züge auf. Bedeutend ist vor allem die Weterscheidenwirkung des Alpenhauptkammes bei West- bis Nordströmung; als Folge treten Leeffekte in Form von Wolkenauflösung und zeitweisem Nordföhneinfluß auf. Der Nordföhn kann entweder vom Tauerntal bzw. durch den Hammergraben kommend im Aichfeld lagernde bodennahe Kaltluftreste relativ rasch ausräumen, was oft zu bedeutenden plötzlichen Temperaturanstiegen führt. Föhneffekte treten aber auch bei Süd- bis Südwestströmung auf; hier bilden sich vorzugsweise über dem Zirbitzkogel und der Wenzelalpe bzw. über dem Größing "Föhnmauern". Der Südföhn erfaßt zunächst den Raum um Weißkirchen/Eppenstein; in der Nacht ist häufig ein Abheben der Föhnströmung auf ca. 800 - 900 m zu beobachten. Eine weitere Eigenschaft, nämlich eine gegenüber dem Vorland deutlich verringerte Hochnebelbildung bei kontinentalen Hochdruckwetterlagen, verstärkt die Kontinentalität bzw. erhöht die relative Sonnenscheindauer vor allem im Spätherbst und Winter.

Der Jahresgang des Niederschlages zeigt einen für kontinentale Becken typischen Verlauf mit einem ausgeprägten Sommermaximum (Gewitter) und einem Winterminimum (Schneefälle hauptsächlich bei Tiefdruckeinfluß vom Mittelmeerraum).

METHODIK

Seit den letzten Dezennien entwickelte sich ein neuer praxisorientierter Zweig der Klimatologie, die sogenannte Gelände- oder Mesoklimatologie, da die bisherigen Unterlagen auf makroklimatischer Basis den Anforderungen an eine sinnvolle Raumplanung nicht mehr genügten. Ziel lokalklimatischer Untersuchungen ist es nun, mit Hilfe einer geeigneten Methodik flächendeckende Ergebnisse über die einzelnen Lokalklimaelemente in ihrer Abhängigkeit vom Gelände zu erhalten und diese anschaulich in

Karten darzustellen. Dabei erweist sich eine Kombination aus Meßergebnissen eines Sondernetzes bzw. aus Meßfahrten als vorteilhaft. Im Spätwinter bzw. Frühling wurden auch Meßflüge mit einem speziellen Thermometer (Sekundenthermometer mit Digitalanzeige) durchgeführt. Die Standortwahl der einzelnen Stationen dieses Sondernetzes hängt wesentlich von der Mannigfaltigkeit des Geländes ab. Besonders wichtige Standorte mit längerem Beobachtungszeitraum bilden ein Basisnetz, meist aus vertikalen Profilen aufgebaut. Stationen, deren klimatische Bedingungen hinreichend genau abgeschätzt werden können, werden an Standorte versetzt, die etwa bei Meßfahrten als besonders interessant aufgefallen sind und wo deshalb eine kontinuierliche Messung erforderlich erscheint. Die Meßfahrten werden grundsätzlich in klaren Strahlungsnächten durchgeführt, da in solchen Nächten die autochthonen klimatischen Bedingungen (Kaltluftabfluß, Kaltluftseebildung) am besten zur Geltung kommen. Die Routen der Meßfahrten liegen insbesondere in den Abschnitten des Untersuchungsgebietes, wo die Stationsdichte für flächendeckende Ergebnisse nicht ausreicht; dies gilt insbesondere für Windbeobachtungen.

Bei der Auswertung der Temperaturergebnisse wird besonders auf die nächtlichen Temperaturen (Temperaturminima) Wert gelegt. Für die Gliederung in sogenannte Kaltluftgefährdungszonen werden vorwiegend die Minima aus den heiteren Strahlungsnächten herangezogen. Damit sind Aussagen über Mächtigkeit und Intensität von Kaltluftseen möglich. Die Temperaturmaxima hingegen geben Aufschluß über das Ausmaß der Überwärmung an Südhängen (für die Thermik von Bedeutung), im Winter vor allem darüber, ob und in welcher Stärke die Inversionen auch tagsüber erhalten bleiben.

Für die Windverhältnisse sind ebenfalls die nächtlichen Bedingungen, insbesondere die Frischluftzufuhr aus den Seitentälern in das Becken, von großer Bedeutung. Wesentliches Ziel stellt die Erfassung von Lokalwindsystemen, vor allem des Talauf- bzw. Talabwindes, dar.

DAS STATIONSNETZ

Erläuterungen zur Karte 1

Auf Grund der Geländevielfalt wurde während des Beobachtungszeitraumes die Anzahl der Stationen immer mehr erhöht, bis schließlich im Dezember 1979 mit dem Maximum von 20 Stationen das Kontingent an Wetterhütten und Geräten erschöpft war. Drei Stationen wurden bereits im Spätherbst versetzt (26-Mitterlobming; 24-Stüblergut; 12-Geiger). Für das Frühjahr sind noch 5 - 6 weitere Versetzungen vorgesehen. Das Sondernetz ist aus zwei großen vertikalen Profilen, dem Profil "Gaalser Höhe" und dem Profil "Gaberl" und einigen weiteren Stationen im Raume Pöls (13 und 15) bzw. im Hammergraben (28) und auf einem Sporn des Tremmelberges (27) zusammengesetzt. Das Profil "Gaalser Höhe" beginnt mit

der Station Zeltweg/Flughafen als Basisstation, setzt dann an einem Hang östlich von Fohnsdorf (3, 4 und 5) fort und wird mit einer Reihe von Stationen (6, 7, 8, 9 und 10) auf einem Nord-Süd verlaufenden Kamm der "Gaalere Höhe" bis Allerheiligen abgeschlossen. Vor allem die Station auf der "Gaalere Höhe" selbst (10, 1490 m) ist im Winterhalbjahr nur mit Schi und Fellen zu erreichen; der Standort der Station ist so exponiert gewählt (Abb. 1), daß ein Zuwehen, wie dies etwa bei der Station Sabatyalp (1620 m) vorkommt, unmöglich ist.



Abb. 1: Station "Gaalere Höhe" (1490 m) nach Westen

Die Bedeutung dieser Station liegt in der Erfassung der Mächtigkeit von Inversionen, besonders bei Hochdruckwetterlagen und in der Bestätigung, daß inneralpine Mittelgebirgslagen deutlich gegenüber solchen im Randgebirge oder im Vorland (Schöckl) begünstigt sind. Somit liegt diese Station häufig im Bereich der wärmsten nächtlichen Temperaturen, dies gilt besonders für das Winterhalbjahr und weist in einigen Nächten um 3-4° wärmere Temperaturen auf als die nächst tiefer gelegene Station Erholungshaus (9, 1230 m). Die Bedeutung dieser Station läßt sich an der großen Temperaturgunst ermes sen, die jene der Station Stolzalpe noch deutlich übertrifft (in heiteren Nächten bis zu 7° wärmer!). Die weiteren Stationen erlauben eine relativ genaue Abgrenzung der einzelnen Zonen.

Das Profil "Gaberl" beginnt mit der Station Blickner (1, 641 m), der kältesten Station im Aichfeld, setzt im Süden bei Eppenstein (18, 19) fort und führt schließlich entlang der Gaberlstraße auf den Plankogel (1600 m, 25). Die wichtige Rolle dieses Profiles besteht in der Feststellung der Übereinstimmung der Temperaturverhältnisse zwischen "Gaalere Höhe" und dem Südosten des Beckens.

Die Stationen sind alle mit Thermohygrographen bzw. Thermographen und Extremthermometern ausgestattet; die Wartung und Ablesung der Thermometer wird gemeinsam mit einem Betreuer durchgeführt, der auch für das Bleikerzennetz verantwortlich ist.

TEMPERATURERGEBNISSE

Temperaturminima; Gliederung des Untersuchungsgebietes in Kaltluftgefährdungszonen (Erläuterungen zur Karte 2 und 3 mit Legende).

Die Gliederung eines Beckens in Kaltluftgefährdungszonen bewährte sich bereits in ähnlichen Untersuchungen. Der Vorteil dieser Gliederung besteht im wesentlichen darin, daß jeder Zone ein bestimmtes Maß an Temperaturgunst - in Abhängigkeit vom Gelände - zugeordnet wird. Außerdem sind Rückschlüsse auf die Höhe der SO₂-Belastung möglich.

Kaltluftgefährdungszone 1

Diese Zone weist die größte Kaltluftgefährdung auf; im Winter 1962/63 und 1963/64 unterschritten die Minima -30°. Sie ist hauptsächlich im Südosten des Aichfeldes (rezente Talsohle des Murtales) und lokal in Seitentälern (Hammergraben) vertreten. Für den Abschnitt des Hammergrabens, wo der Zinkenbach in die Ingering einmündet, wurde die Zonenbezeichnung 1a eingeführt; vor allem in Nächten mit Nebelbildung im Aichfeld treten noch Differenzen bis zu 3° auf. Damit zählt dieser Abschnitt zu den "Kältepolen" der Steiermark.

Kaltluftgefährdungszone 2

Sie stellt flächenmäßig die größte Zone dar und umfaßt im wesentlichen den Bereich der Würmterrasse, Abschnitte des Pölstales und einige wenige Seitentäler (etwa des Lobmingtales). In heiteren Nächten ist sie häufig um 0,5 bis 1,5° wärmer als die Zone 1. Außerdem weist sie - wie Zone 1 - eine hohe Nebelhäufigkeit bei relativ geringer Mächtigkeit der Kaltluft auf (Obergrenze zwischen 700 und 720 m). Nahezu die gesamten Immissionen aus dem Hausbrand belasten diese Zone stark.

Kaltluftgefährdungszone 3

Sie bildet eine Übergangszone zur nächsten Zone 4 (Hanglagen bis in eine Seehöhe von ca. 900 m); morphologisch gesehen bleibt diese Zone vorwiegend auf Unterhänge bzw. Terrassenabschnitte im Murtal westlich von Judenburg beschränkt. Ferner ist sie in Seitentälern mit Kerbtalcharakter vertreten. In heiteren Nächten sind Temperaturdifferenzen zwischen 1 und 2° (bei Schneedecke im Winter 3 bis 4°) zur Zone 2 zu beobachten.

Kaltluftgefährdungszone 4

Gliedert man die etwa 700 m-mächtige Luftschicht über dem Aichfeld (bis zur Zone 7) in drei Abschnitte - quasi in Kaltluftseen mit unterschiedlicher Höhe, Mächtigkeit und Intensität - so gehören dem tiefsten Abschnitt, dem "Kaltluftsee I", die Zonen 1 bis 3 an (vertikale Erstreckung bis etwa 750 m). Darüber schließt dann - schon mit deutlich geringerer Kaltluftgefährdung - mit der Zone 4 der "Kaltluftsee II" an, der im Gegensatz zum Kaltluftsee I eine meist immer sehr gut ausgeprägte Obergrenze um 900 m aufweist. Dieser Kaltluftsee bleibt im Winter oft auch tagsüber erhalten, was eine bedeutende Erhöhung der Schadstoffkonzentrationen zur Folge hat.

Kaltluftgefährdungszone 5

Diese Zone repräsentiert gleichsam die Temperaturverhältnisse im "Kaltluftsee III", der nach oben häufig durch eine markante Dunstgrenze (besonders durch die Rauchgase der ÖDK) in 1100 - 1120 m, seltener auch etwas darüber (max. bis etwa 1200 m Seehöhe) abgeschlossen ist. Temperaturmäßig ist grundsätzlich nur eine relativ bescheidene Temperaturzunahme zur Zone 4 (Kaltluftsee II) von 0,5 bis 1° festzustellen,

Kaltluftgefährdungszone 6

Ab etwa 1200 m Seehöhe nimmt die Temperatur durch den Einfluß absinkender Luftströmungen (Einfluß des freien Föhns) kräftig zu (bis 6°!); selbst in bewölkten Nächten trifft man in diesem Höhenbereich (bis ca. 1350 m) häufig die höchsten nächtlichen Temperaturen an. Außerdem ist in dieser Zone eine deutliche Zunahme des Gradientwindeinflusses festzustellen. Die Zone 6 zeichnet sich, bedingt durch die große nächtliche Temperaturgunst und die bedeutend bessere Durchlüftung, durch eine nur noch sehr geringe SO₂-Belastung in den unteren Bereichen (1150 - 1220 m) aus. Bemerkenswert ist ferner, daß die Station Erholungsheim deutlich höhere Minima verzeichnet als die Parallelstation Stolzalpe (1305 m). So war beispielsweise das Mittel aus 9 heiteren Nächten im September 1979 mit 11,5° um 4,4° wärmer als die Stolzalpe, deren Wert somit dem Wert der Zone 4 in etwa 750 m entsprach. Dies zeigt deutlich, daß eine Übertragung von Klimadaten benachbarter Stationen zu einem stark verfälschten Bild führen kann.

Kaltluftgefährdungszone 7

In Nächten mit starkem Hochdruckeinfluß bzw. advektiver Warmluftzufuhr, vor allem aus dem Westsektor, liegt erst die Zone 7 mit der Station Gaaler Höhe (1490 m) im Höhenbereich mit den wärmsten nächtlichen Temperaturen, da in diesen Höhenlagen absinkende Luftströmungen (Höhenföhn) besonders stark ausgeprägt sind. An solchen Tagen läßt sich eine Dunstgrenze, in seltenen Fällen auch eine Nebelobergrenze in etwa 1350 m Seehöhe beobachten, die als Abgrenzung zur Zone 6 dient. Besonders im Spätherbst und Winter können die positiven Temperaturdifferenzen zur Zone 6 3-4° erreichen. Die Zone 7 zeichnet sich allgemein durch einen starken Gradientwindeinfluß aus, der besonders auf den Kammlagen der Gaaler Höhe zur Geltung kommt.

Kaltluftgefährdungszonen 6a und 7a im Südosten des Beckens (Größling, Steinplan).

Im Gegensatz zum Profil auf der Gaaler Höhe wirkt sich der Hochdruckeinfluß thermisch nicht so stark aus. Deshalb liegen auch die Temperaturminima in entsprechender Höhe (ab einer Seehöhe um 1150 m) tiefer als an den Stationen des Profils "Gaaler Höhe". Zusätzlich bedeutet die häufig ungünstige Exposition (überwiegend Nordhänge) einen weiteren Temperaturgunstverlust durch niedrigere Maxima als auf den südexponierten Spornen der Gaaler Höhe. Eine Differenzierung in die Zonen 6a und 7a für die entsprechenden Höhenlagen im Südosten schien daher gerechtfertigt. Sie bilden quasi das modifizierte - und zwar thermisch benachteiligte - Äquivalent

zu den Zonen 6 und 7 auf der gegenüberliegenden Beckenseite.

Kaltluftgefährdungszone 8

Sie schließt mit einem fließenden Übergang in etwa 1600 m Seehöhe an die Zone 7a an. Besondere Klimakennzeichen sind die hohen Windgeschwindigkeiten (vor allem am Plankogel/Gaberl) und häufige Kammnebelbildung (starke Vereisung im Spätherbst und Winter).

Wie man der Legende der Kaltluftgefährdungskarte entnehmen kann, werden im Hochwinter die Temperaturgegensätze vor allem bei Schneedecke entscheidend verschärft. Insgesamt dürfen maximale Temperaturdifferenzen zwischen kältester (Blickner) und wärmster Station Erholungsheim bzw. Gaaler Höhe um 22 bis 24^o angenommen werden (WAKONIGG, 1971, 1978).

Erläuterungen zu den Abb. 2 und 3.

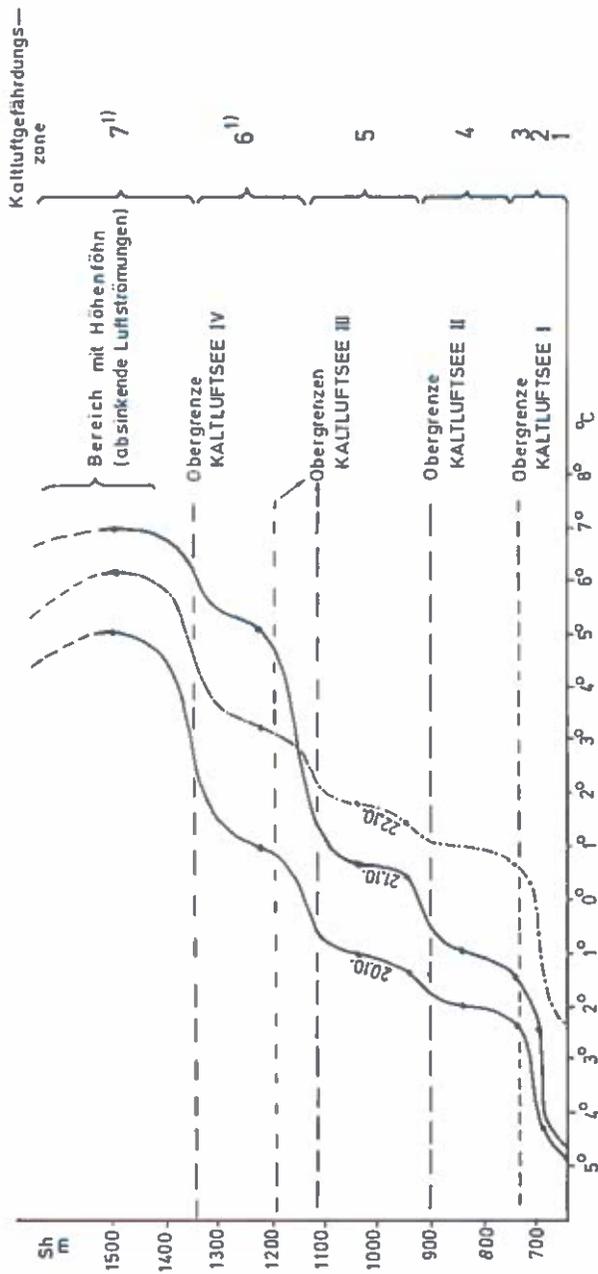
In Abb. 2 sind vertikale Temperaturprofile aus einer Hochdruckperiode im Oktober 1979 dargestellt. Sie untermauern deutlich die vorgenommene Gliederung des Beckens in 4 Kaltluftseen (Inversionsabschnitte) mit den Zonen 1 - 6. Besonders starke Temperaturzunahmen treten bis zur Zone 4 auf, dann folgen die beiden Zonen 4 und 5 mit jeweils nur geringen Zunahmen - oft herrscht auch nur Isothermie - bis schließlich unter dem Einfluß absinkender Luftströmungen die Temperaturen kräftig steigen (Minima auf der Gaaler Höhe um 7^o höher als in Zone 5). Die Abgasfahnen der höheren Emittenten, etwa der Papierfabrik oder der Styria-Stahl in Judenburg, können mit Ausnahme der ÖDK die Obergrenze des Kaltluftsees II in ca. 900 m nicht durchstoßen, was eine bedeutende Konzentrationserhöhung innerhalb und vor allem an der Grenzschicht zur Zone 5 zur Folge hat. In bewölkten Nächten sind ähnliche Verhältnisse zu beobachten, doch erreichen die Temperaturunterschiede bei weitem nicht das Ausmaß der heiteren Nächte.

In Abb. 3 wurde eine Gliederung der Höhenbereiche (mit ihren Repräsentativstationen) nach den wärmsten nächtlichen Temperaturminima in Abhängigkeit vom Bewölkungsgrad durchgeführt. Besonders im September 1979 kommt die Gunst der Zonen 6 und 7 stark zur Geltung, die nicht nur in heiteren, sondern auch in bewölkten Nächten am wärmsten sind. Insgesamt läßt dies auf eine äußerst stabile Schichtung innerhalb des Beckens schließen; tatsächlich sind die nächtlichen Windgeschwindigkeiten bis zur Zone 6 relativ gering - eine Durchmischung der Luft tritt deshalb kaum auf, sieht man von wenigen Nächten mit starkem Nord- bzw. Südfohneinfluß ab. Im Spätherbst und Winter können auch in bedeckten Nächten die höchsten Temperaturen in den Zonen 6 und 7 gemessen werden, wenn es sich um Wetterlagen mit feuchtadvektiver Warmluft handelt.

Ergebnisse der Temperaturmaxima

In der Vegetationsperiode (April - Oktober) lösen sich die nächtlichen Inversionen meist noch in den frühen Vormittagsstunden auf (vor allem im

Abb.2: Vertikale Temperaturprofile (nächtliche Temperaturminima) während einer Hochdruckperiode im Oktober 1979



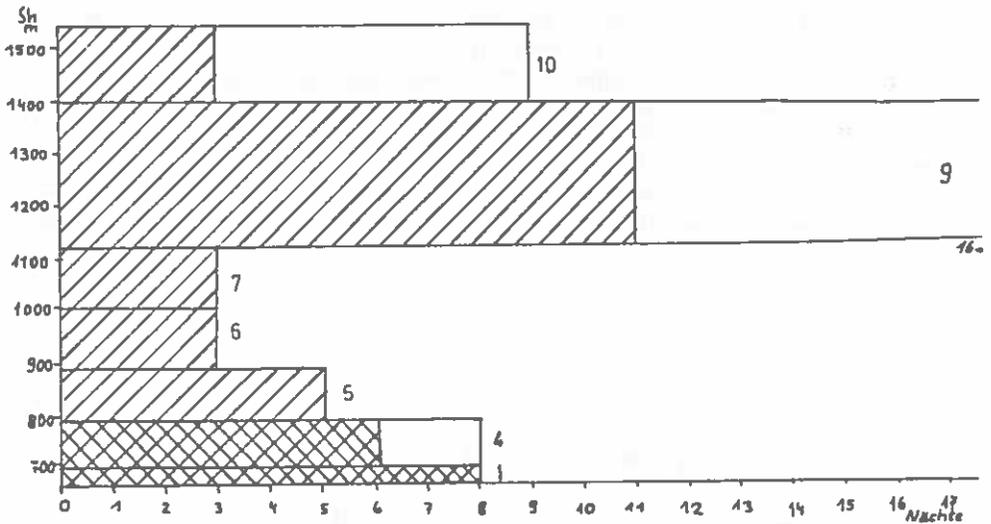
Bemerkungen: 20.10.: Aufbau des Hochs; 21.10.: Höhepunkt des Hochdruckwetters; 22.10. Abbau des Hochs. zu beachten sind die kräftigen Temperaturzunahmen in den bodennahen Kaltluftzonen 1-3 und von Zone 6 zu Zone 7.

1) Die Ergebnisse beziehen sich auf das Profil "Gaaler Höhe" (Punkte in den Kurven) und zeigen günstigere Werte als die höheren Stationen des Profils "Gaberl".

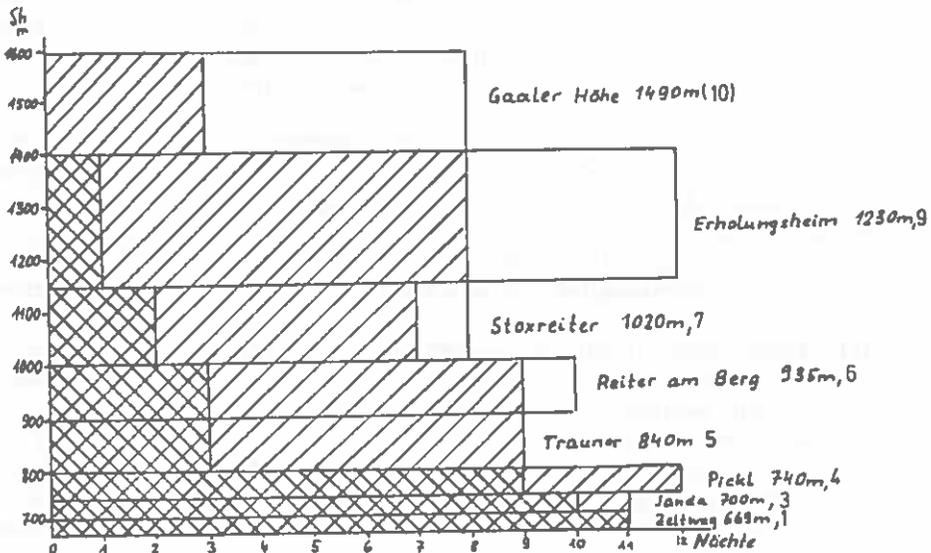
Abb.3: Höhenbereiche mit den wärmsten nächtlichen Temperaturminima in Abhängigkeit vom Bewölkungsgrad.

heitere Nächte
 bewölkte Nächte
 bedeckte Nächte

September 1979



November 1979



Sommer). Die höchsten Schadstoffkonzentrationen treten dabei solange auf, bis der Talaufwind einsetzt und damit eine ausreichende Durchlüftung bewirkt. Kurzfristig können durch die aufkommende Thermik Südhänge und Sporne der Gaaler Höhe von belasteter Luft aus tieferen Bereichen erfaßt werden.

Im Winter hingegen werden zwar mittags die Inversionen abgeschwächt, aber häufig nicht aufgelöst; somit bleiben die im Abschnitt "Erläuterungen zu den Abb. 2 und 3" beschriebenen nächtlichen Temperaturverhältnisse und damit die charakteristische Schichtung mit den beiden Kaltluftseeobergrenzen in 900 und 1120 m erhalten. Die Tabelle 1 zeigt, daß bereits im Oktober Inversionen auch tagsüber bestehen können; im Spätherbst und Winter sind sie wegen der geringen Einstrahlung sogar die Regel; nur bei starkem Windeinfluß bzw. zyklonalem Wetterablauf mit Kaltluftzufuhr tritt eine gute Durchmischung der Luft ein.

Tab. 1: Zahl der Tage, an denen der Kaltluftsee II (Obergrenzen um 900 m, Gruppe A) bzw. III (Obergrenzen um 1100 m, Gruppe B) im Aichfeld erhalten blieb.

Monat	Gruppe A	Gruppe B
Oktober 1979	2	1
November 1979	18	10
Dezember 1979	17	11
Jänner 1980	20	14
Februar 1980	11	6

Bemerkung: Die Ergebnisse beziehen sich auf das Profil "Gaaler Höhe". An den Tagen der Gruppe A bestand zum Zeitpunkt des Temperaturmaximums (meist zwischen 13 - 14 Uhr) eine Inversion oder wenigstens Isothermie zwischen den Stationen Trauner (840 m) bzw. Reiter/Berg (935 m) und Stoxreiter (1020 m). An den Tagen der Gruppe B wurde außerdem eine Inversion (bzw. Isothermie) zwischen den beiden letztgenannten Stationen und der Station Strohmeier (1120 m) und Erholungsheim (1230 m) registriert.

In Abb. 4 wurde nun als Beispiel für eine kräftige Inversion, die auch tagsüber erhalten blieb, der Verlauf eines atlantischen Warmlufteinbruches in einem vertikalen Zeit-Temperatur-Profil dargestellt. Der Abschnitt vom 5. 12. bis zum 6. 12. 6 Uhr stand noch deutlich unter Hochdruckeinfluß, während sich am 6. und 7. 12. zunehmend Störungseinfluß, vor allem eine Verstärkung der Windintensität (auf den Kammlagen der Gaaler Höhe Sturmstärke) bemerkbar machte.

In der ersten Nacht erreichen die Temperaturunterschiede zwischen Blickner und Erholungsheim Werte um 15° ; diese Inversion schwächt sich ab um 14 Uhr zum Zeitpunkt des Maximums auf 10° , doch bleiben die typischen Kaltluftseeobergrenzen um 900 m und um 1150 m deutlich erhalten (jeweiliger Temperaturanstieg oberhalb dieser Grenzschichten 3°). Durch die Ausstrahlung bedingt, baut sich in den Abendstunden des 5. 12. erneut eine kräftige Inversion auf (14° Temperaturdifferenz), bis dann um

5 Uhr auf der Gaaler Höhe, aber auch noch am Erholungsheim eine Abkühlung bei Zunahme der Windstärke aus West bis Nordwest eintritt. Dadurch greift nun die Warmluft föhnartig bis zur Zone 5 (Reiter am Berg um 12 Uhr 13,5°) durch, wobei nun erstmals eine Obergrenze des Kaltluftsees I (in 730 - 750 m) erkennbar wird; darüber nimmt nämlich die Temperatur sprunghaft um 7 - 8° zu. Die Strömung erreicht um Mitternacht (zum 7. 12.) Sturmstärke auf der Gaaler Höhe; dies begünstigt eine starke Durchmischung, wobei nun auch Teile des Aichfeldes von der Warmluft erfaßt werden. Nach einer vorübergehenden Abschwächung um 6 Uhr verstärkt sich die Strömung erneut, doch greift die Warmluft nicht bis zur Terrasse durch, die Maxima wurden im Pölstal am Nordrand des Aichfeldes bzw. im Südabschnitt des Beckens (Raum Eppenstein) und im Judenburger Raum gemessen (um 15°), während gleichzeitig die Terrasse, vor allem jedoch die rezente Talsohle (Blickner 9,5°), merklich kälter blieben.

Besonders in den ersten beiden Tagen begünstigte die stabile Schichtung die Anreicherung der Luft (vor allem im Kaltluftsee II) mit Schadstoffen. Derartige Wetterlagen dürften, als der Bergbaubetrieb in Fohnsdorf noch aktuell war, sehr hohe SO₂-Konzentrationen am Nordrand des Aichfeldes bewirkt haben (Maximalwerte über 1 mg SO₂/m³).

DIE WINDVERHÄLTNISSE

Im Gegensatz zu anderen Abschnitten im Murtal - etwa im Gratkorn-Becken - ist das Talauf- bzw. Talabwindsystem infolge der Beckenlage des Aichfeldes nur schwach ausgeprägt vorhanden. Die besten Durchlüftungsbedingungen herrschen - bei autochthoner Witterung - im Frühjahr und Sommer, wenn der Talaufwind (überwiegend aus östlichen Richtungen) am frühen Nachmittag sein Maximum mit etwa 5 - 10 km/h, mitunter auch darüber erreicht; zu diesem Zeitpunkt verzeichnen auch insbesondere die Südhänge der Gaaler Höhe ihre größte Thermik. Schon im Herbst erfolgt eine bedeutende Abschwächung der Intensität des Talaufwindes. Während einer Hochdruckperiode im Oktober 1979 betrug die Windgeschwindigkeit des Talaufwindes aus östlicher Richtung ca. 3 - 5 km/h. Diese Beobachtungen stammen von einer Windmeßanlage der ÖDK (auf dem Dach des Betriebsgebäudes montiert, quasi der einzigen Windbeobachtung im Beckenzentrum ca. 6 m über der rezenten Talsohle. Im Winter unterbleibt oft - wegen der geringen Einstrahlung und der stabilen Schichtung - der Talaufwind. Bei West- bis Nordwetterlagen sind jedoch Gegenströmungen aus östlicher Richtung nicht selten. Dadurch wird häufig stark belastete Luft aus dem Aichfeld Richtung Pöls verfrachtet, wobei insbesondere die Nordostflanke des Falkenberges und einige vorspringende Sporne der Gaaler Höhe (bei Allerheiligen und Kumpitz) betroffen sind. Diese genannten Geländeabschnitte stellen bei Talaufwind die bedeutendsten Prall-

hänge dar. Zu beachten ist ferner, daß die Beckenlage von Pöls das Durchgreifen der Talaufwindströmung verzögert; so sind in den Vormittagsstunden häufig richtungsuneinheitliche Winde bzw. Rotorströmungen zu beobachten, wobei gleichzeitig an der steilen Südflanke des Geigerecks Aufwinde herrschen.

Der Talabwind erreicht an der Meßstelle der ÖDK nur eine relativ geringe Intensität (häufig zwischen 2 und 5 km/h); im Spätherbst und Winter sinkt die Geschwindigkeit auch darunter ab. An der Station Zeltweg reicht die Intensität dieser Talabwindströmung oft nicht mehr aus, das Windregistriergerät anzusprechen; deshalb scheint auch in einer Windstatistik dieser Station (KOLB, 1976) die hohe Anzahl von Calmen auf (ca. 54 % aller Termine). Bemerkenswert ist ferner, daß bei Nordwest-bis Nordströmung - mit Nordföhneinfluß tagsüber - keine oder nur eine geringe Verstärkung des Talabwindes in der Nacht eintritt. Sowohl Nord-als auch Südföhn halten oft nur in den Zonen 5 und 6 an; somit "hebt" die alochthone Strömung ab und gleitet quasi über der bodennahen Kaltluft auf (besonders charakteristisch bei Südföhn zu beobachten).

L U F T S T R Ö M U N G E N I N B O D E N N Ä H E W Ä H R E N D D E R N A C H T

Erläuterungen zu Karte 4

In dieser Karte wurde versucht, die während der Meßfahrten gewonnenen Windbeobachtungen nach Richtung und Stärke darzustellen, wobei diese Windbeobachtungen durchwegs aus heiteren Strahlungsnächten stammen und damit im wesentlichen den typischen bodennahen Kaltluftabfluß bzw. die Hangwinde umfassen. Wichtig für die Windverteilung sind die häufig trichterförmig einmündenden Seitentäler, besonders Hammergraben, Granitzen- und Pölstal. Diese Besonderheit bewirkt nach der Düsenwirkung der Talenge eine Auffächerung des Windes - und damit verbunden eine bedeutende Intensitätsabschwächung -, daß gegen die Beckenmitte zu nur noch sehr schwache und teilweise richtungsuneinheitliche Winde zu beobachten sind (strichlierte Pfeile). Entscheidend dafür ist auch die Beckenlage selbst, wobei die gute Abgeschlossenheit des Knittelfelder Beckens im Osten (Murenge bei Preg) die in das Becken einfließende Kaltluft an ihrem Abfluß nach Osten behindert (Kaltluftstaubildung-Kaltluftsee). Als wichtige Kaltluft- und somit "Frischluftlieferanten" sind im Nordwesten der Allerheiligengraben, im Süden Granitzen-, Feistritz- und Lobmingtal, im Nordosten der Hammergraben und im Osten der Gleingraben anzusehen. Die Intensität dieser Kaltluftzuflüsse schwankt zwischen 1 bis 3 m/sec. (höchste Werte im Hammergraben). Ausgesprochene Windstillen gibt es hingegen im Bereich der rezenten Talsohle (Blickner), wo auch die tiefsten Temperaturen im Becken verzeichnet werden. Über diesen oft nur geringmäch-

tigen Kaltluftabfluß gleiten wärmere Hangwinde auf, besonders an den Abhängen des nördlichen Beckenrandes. Diese Hangwinde bewirken beispielsweise an den Stationen Zeltweg (669 m) und vor allem Dinsendorf/Janda (705 m), kurzfristige, oft recht beachtliche Temperaturschwankungen, da die nächtliche bodennahe Kaltluftschicht (Zone 2) über dem Aichfeld geringmächtig ist und Erwärmungen im nächtlichen Abkühlungsprozeß häufig sind. Diese Erwärmungen erreichen in den Nächten mit Schneedecke ihr Maximum (4 - 6°), wobei gleichzeitig auch die Temperaturgegensätze zwischen bodennahe Kaltluft (Zone 2) und wärmerer Hangluft (Zone 3) beachtliche Werte (bis 7°) erzielen.

Grundsätzlich ist eine Abschwächung - in den späten Nachtstunden - bzw. ein Erlöschen des Kaltluftabflusses in den Morgenstunden festzustellen; auch die Intensität der Hangabwinde nimmt gleichzeitig merklich ab. Zum Zeitpunkt des Temperaturminimums läßt sich häufig eine gute Übereinstimmung der Temperaturverhältnisse zwischen den Stationen des Profiles "Gaalser Höhe" und dem Profil "Gabel" auf Grund des nur noch schwachen Einflusses der Hangabwinde beobachten.

LUFTSTRÖMUNGEN 100 - 200 m ÜBER DER BECKENSOHLE

Talabwindströmungen zu Karte 5

Die Darstellung in der Karte 5 stützt sich ebenfalls auf Wind- und Abgasfahnenbeobachtungen, wobei hier der Versuch unternommen wurde, das Strömungsfeld des Talabwindes zu veranschaulichen. Deutlich ist nun die Auffächerung der Strömung vor allem im Raum Judenburg festzustellen, wo die zunächst noch kanalisierte Kaltluft aus Murtal plötzlich in das Becken einmündet. Der Talabwind ist im Abschnitt westlich von Judenburg gut ausgeprägt, wobei die Südwestflanke des Falkenberges als Prallhang fungiert und in einigen Nächten sogar überströmt wird. Dabei tritt infolge Stau Kammnebel auf, der sich auf der Leeseite (Pölstal) sofort wieder auflöst. Aber auch in den anderen Nächten strömt Kaltluft aus dem Murtal über den Pöls in den Raum Pöls ein. Diese Kaltluft ist allerdings grundsätzlich um 2 - 3° (im Winter auch darüber) wärmer als die bodennahe Kaltluft an der Talsohle und gleitet deshalb häufig auf. Fallweise löst sie jedoch noch kurzfristige Temperaturanstiege an der Station Pöls (800 m) aus und bewirkt somit einen unruhigen nächtlichen Temperaturverlauf. Die aus dem Tauerntal kommende Kaltluft "hebt" nicht selten schon bei Katzling ab; das Kaltluftangebot selbst ist bedeutend geringer als jenes vom Murtal, sonst würde keine Kaltluft vom Murtal her über den Pöls in das Becken einströmen.

Der Talabwind in den Seitentälern gliedert sich vertikal in zwei Abschnitte, in einen ersten mit bodennahem und daher nur geringmächtigen

Kaltluftabfluß und in einen zweiten relativ mächtigen Kaltluftkörper, der allerdings um einige Grade wärmer ist. Die von den Hängen abströmende Hangluft sammelt sich in diesen Seitentälern und mündet schließlich im Becken ein. Im Gegensatz zum bodennahen Kaltluftabfluß bzw. zu den Hangabwinden halten die Talabwindströmungen im Mur-, Pöls- und Granitzental auch noch in den Vormittagsstunden an. Im Raum Eppenstein ist der Talabwind mitunter so stark ausgeprägt, daß er bis zur Talsohle durchgreift. Nicht zuletzt deshalb zählt der Raum Eppenstein zu den Talabschnitten mit der größten Temperaturgunst. Außerdem erfährt die aus Westen (Murtal) bzw. aus Nordwesten einströmende Luft durch den Einfluß des Talabwindes aus dem Granitzental eine Ablenkung nach NE. Dies bestätigen auch die Ergebnisse der Windmeßstelle der ÖDK (mit häufiger SW-Komponente in der Nacht) und die Beobachtungen der Abgasfahne (Richtung Tremmelberg).

Der punktierte Bereich über 1200 m Seehöhe zeichnet sich hingegen durch schwache Winde (bei Hochdruckwetterlagen) bzw. durch zunehmenden Gradientwindeinfluß aus.

ERLÄUTERUNGEN ZUR NEBELKARTE

Karte 6

Analog zu den Temperaturverhältnissen läßt sich auch bezüglich der Nebelgefährdung (Nebelhäufigkeit, Nebelandaauer) eine Gliederung in mehrere Zonen vornehmen. Die Grundlage bilden Beobachtungen, Nebelaufnahmen, Aussage der ansässigen Bevölkerung und Ergebnisse der relativen Feuchte von den einzelnen Stationen ausgedrückt in Stunden der relativen Feuchte über 90 %.

Tab. 2: Anzahl der Stunden mit einer relativen Feuchte über 90 % im September 1979

Station	Seehöhe	Kaltluftgef.	Nebelgef.	Anzahl der Stunden
	m	Zone	Zone	
Blickner	641	1	1a	395
Zeltweg	669	2	1a	390
Dinsendorf/Janda	705	2	1	ca. 320 +)
Dinsendorf/Pickl	740	3	2	235
Trauner	840	4	2	194
Reiter/Berg	935	5	3	179
Stoxreiter	1020	5	3	150
Erholungsheim	1230	6	4	127
Gaaler Höhe	1490	7	5	ca. 150 +)

+) geschätzte Werte.

Aus der Tabelle 2 kommt die Abhängigkeit der Anzahl der Stunden mit hoher Luftfeuchte von Nebel- bzw. Kaltluftgefährdungszonen gut zur Geltung.

Die kälteste Station, Blickner 641 m, verzeichnet auch die höchste Zahl (395) an Stunden mit mehr als 90 % relativer Feuchte. Tatsächlich kann man nach trockenen klaren Nächten in diesen Abschnitten des Aichfeldes seichte Nebelfelder bzw. Nebelschwaden beobachten. Ansonsten zeichnet sich diese Zone durch frühe Nebelbildung und späte Nebelauflösung aus. In der Zone 1 sind die Nebelfelder oft nicht mehr so kompakt und weisen eine Mächtigkeit von nur 20 - 30 m auf.

Die nächste Nebelzone 2 zeigt eine gut ausgeprägte Obergrenze um 900 m, die nach trockenen Nächten ohne Nebelbildung als scharfe Dunstgrenze in Erscheinung tritt. Dieser Talnebeltyp mit einer Mächtigkeit von 150 - 200 m liegt häufig noch am Talboden auf, hebt dann aber vor seiner Auflösung gerne ab. Er besitzt insbesondere im Herbst und Winter eine große Häufigkeit, vor allem bei kontinentalen Hochdruckwetterlagen. Bemerkenswert ist ferner, daß die seichten Talnebel (in der Zone 1), aber auch die schon deutlich mächtigeren Talnebel mit einer Obergrenze um 900 m westlich von Judenburg häufig im Abschnitt Rothenturm-St. Peter bei Judenburg bzw. im Raum Pöls auflockern oder in Dunst übergehen. In solchen Nächten verzeichnete die Station Pöls/Meierei (800 m) etwas tiefere Minima als Zeltweg als Folge weiterer Abstrahlung im nebelfreien Raum Pöls.

Nicht selten kommt es ferner zu einer Nebelbildung mit einer Obergrenze um 1100 m. Diese Hochnebel treten insbesondere bei antizyklonaler Süd- bis Ostströmung auf. Die Obergrenze ist ähnlich wie in der Nebelgefährdungszone 2, auch nach Strahlungsnächten ohne Nebelbildung durch eine, mitunter auch zwei Dunstgrenzen gekennzeichnet, an der sich die Emissionen der ÖDK Zeltweg ausbreiten.

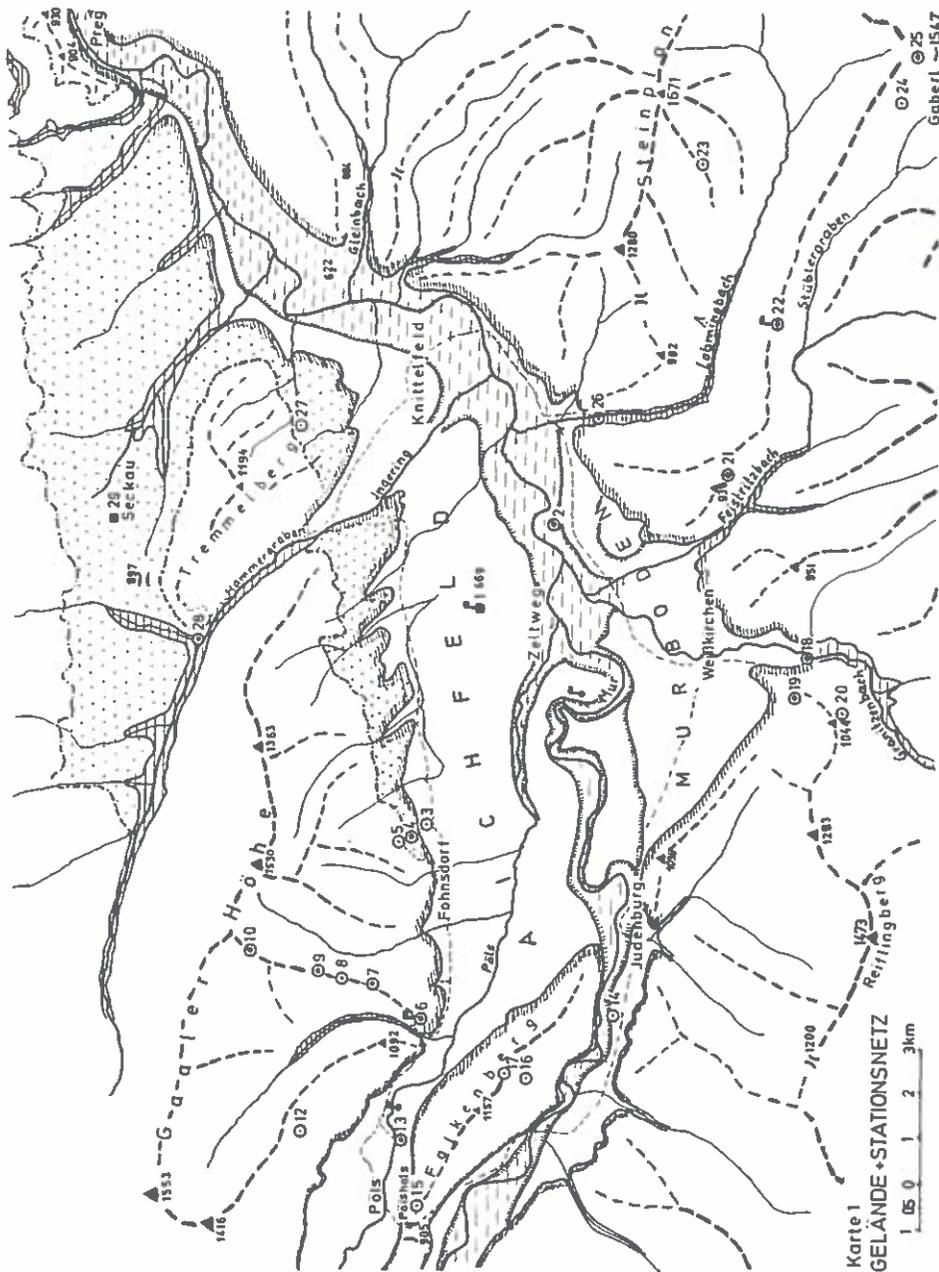
Darüber schließt nun ein Höhenbereich an, der durch Nebelarmut gekennzeichnet ist und vor allem in der Vegetationsperiode bei Hochdruckeinfluß sehr geringe Werte der relativen Feuchte aufweist. Nur im Spätherbst und Winter gerät diese Zone 4 in einen Kaltluft-(nebel)-körper, wobei die Dunst- bzw. Nebelobergrenze um 1350 m schwankt. Die Zahl der Tage mit einem derartigen Hochnebeltyp bleibt allgemein gering. Die Entstehung ist häufig durch ein "Anheben" der Nebelobergrenze eines tiefergelegenen Nebels bzw. durch Absenken eines hochreichenden Nebels (Obergrenze meist um 1600 m) gegeben.

Die Zone 5 schließlich zählt wie die Zone 4 besonders im Winterhalbjahr zu den nebelärmsten Gebieten - die Kammlagen ab ca. 1500 m Seehöhe (Kammnebelbildung) ausgenommen - Nebel tritt vorwiegend nur noch bei zyklonaler Witterung, vor allem bei Tiefdruckeinfluß vom Süden, auf.

Gegenüber der Gaaler Höhe zeigt sich der Anteil des steirischen Randgebirges im Südosten des Beckens (Stub- und Gleinalpe) bezüglich der Nebelhäufigkeit deutlich benachteiligt, insbesondere bei östlichen Strömungen.

LITERATUR

- KOLB, H., 1976: Immissionsklimatologie des Aichfeldes, Stmk., Teil I
Lehrkanzel für theoretische Meteorologie der Universität Wien,
Publikationsnummer 16.
- WAKONIGG, H., 1978: Witterung und Klima in der Steiermark; Graz,
473 S.
- WAKONIGG, H., 1970: Wintertemperaturen und Inversionen in einem ost-
alpinen Talbecken.
Met. Rundschau, 104 - 110.



Karte 1
GELÄNDE + STATIONSNETZ



Gabriel 1547

Legende zum Stationsnetz (Karte 1)

Stat.Kr.	Bezeichnung	Seehöhe	Lage
1	Zeltweg/Flughafen	669	Aichfeld (Würmterrasse)
2	Blickner	640	rezente Talschle östlich von Zeltweg
3	Dinsendorf I	705	Aichfeld östl. von Fohnsdorf
4	Dinsendorf II	740	Unterhang (Süd 20°), knapp oberhalb Dinsendorf I
5	Fohnsdorf/Trauner	840	Mittelhang (Süd 35°), oberhalb von Dinsendorf II
6	Reiter am Berg	935	Spornlage bei Allerheiligen
7	Stoxreiter	1020	Hanglage (Süd 20°), später Spornlage (1030 m)
8	Strohmeier	1120	Kammlage
9	Erholungsheim	1235	Kammlage) am Schlapfkogel
10	Gaaler Höhe	1490	Kammlage, westexponiert
11	Schönbergkopf	1900	Gipfelage, westlich von Oberzeiring (Lachtal)
12	Geiger	1190	Oberhang, Südexp. 35°, nördlich von Pöls
13	Pöls/Reifenstein	795	Talschle im Pölstal
14	Grünhübl	760	Terrasse im Murtal, westlich von Judenburg
15	Pölschals	870	Spornlage, nordwestexponiert
16	Rinofner	940	Sporn an der Südflanke des Falkenberges
17	Falkenberg	1050	Kammlage
18	Eppenstein/Mühldorf	705	Talschle, Talausgangslage (Granitzenbach)
19	Eppenstein (Krug)	810	Spornlage, nordostexponiert
20	Korer	970	Oberhang (Kammnähe) Südost 25°
21	Lichtenegger	938	Kammlage südwestl. von Großfeistritz
22	Saufleisch	1070	Kammlage südl. von Kleinlobming
23	Oberkamper	1250	Spornlage (vom Steinplan), westexponiert
24	Stüblergut	1390	Oberhang (Kammnähe), Südwest 30°
25	Plankogel	1600	Gipfelage am Steir. Randgebirge
26	Mitterlobming	660	Talschle in Seitentallage (Talschlenbreite 150 m)
27	Brunner	810	Spornlage nordöstl. von Sachendorf
28	Hammergraben	760	Talschle am nördl. Beginn des Hammergrabens
29	Seckau	840	eiszeitliche Schwemmfächerlage, schwach nach Osten abfallend

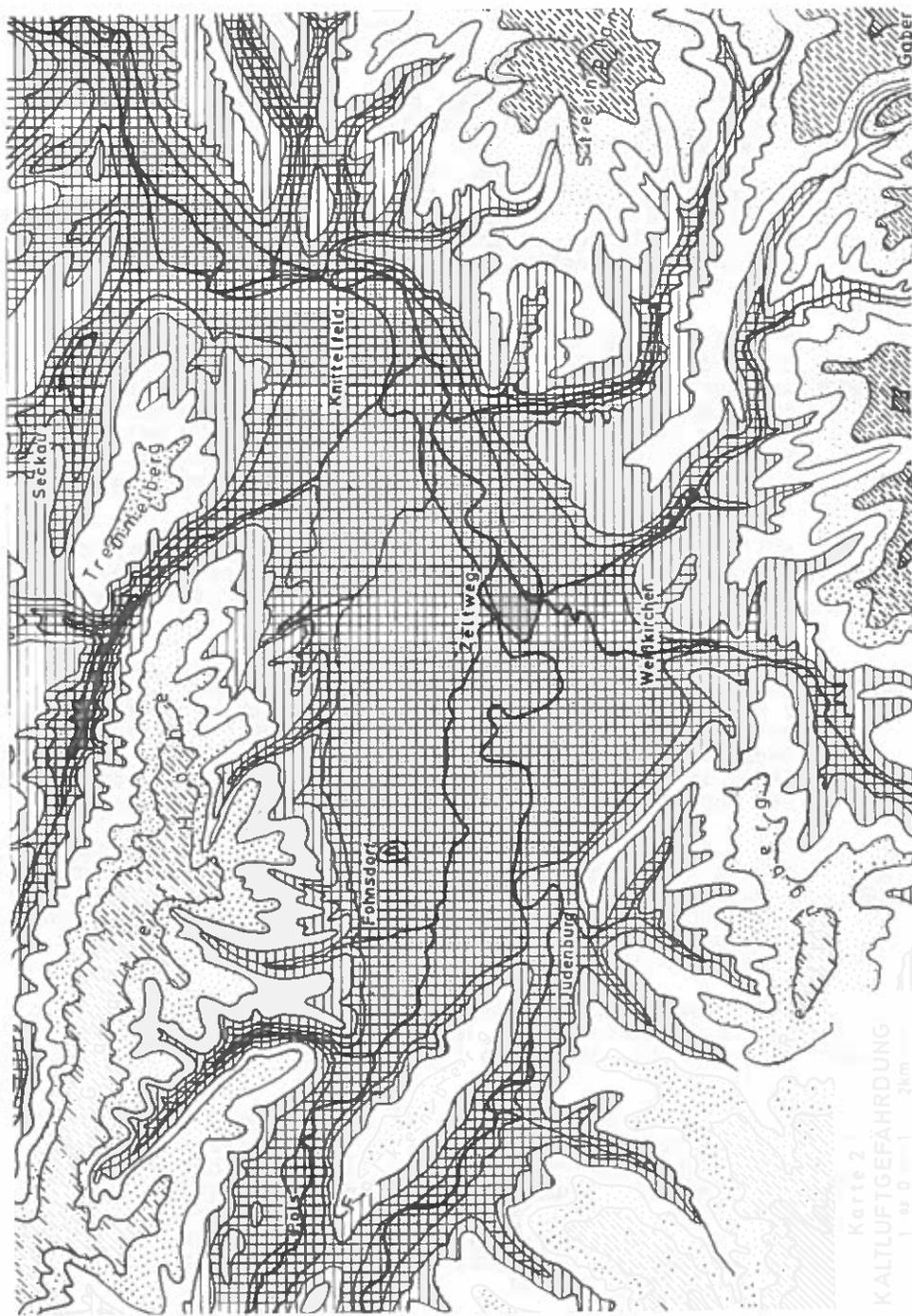
Windmeßstellen ohne Temperaturregistrierung

- a) ÖDK/Zeltweg 720 bzw. 740 Aschenhalde bzw. Dach des
Werksgebäudes
- b) Pöls 800 Talschle

Erläuterung

- amtliche Stationen
- ⊙ Basisstationen des Sondernetzes (Beobachtungszeitraum
Herbst 1979-Sommer 1980)
- ⊙ Station des Sondernetzes mit kurzfristiger Beobachtung
- ⊙ Stationen des Sondernetzes mit Windregistrierung
- ⊙ Stationen mit Wind-, aber ohne Temperaturregistrierung

Die Stationen des Sondernetzes sind alle mit Thermo- bzw. Thermohyprographen und Extremthermometern ausgestattet.



Karte 2
KALTUFTGEFAHRUNG

1:50.000 1:50.000

Gaber

Legende zur Karte 2 (Kaltluftgefährdung)

Basis: Auswertung der nächtlichen Temperaturminima von 28 Stationen im gesamten Knittelfelder Becken, zur Unterscheidung der einzelnen Zonen wurden besonders die Temperaturminima aus den heiteren Strahlungsnächten herangezogen (Darstellung in den Erläuterungen zur Karte 2), da die Temperaturdifferenzen und damit die unterschiedliche Temperaturgunst der einzelnen Geländeabschnitte am besten zur Geltung kommen.

Zone Nr.

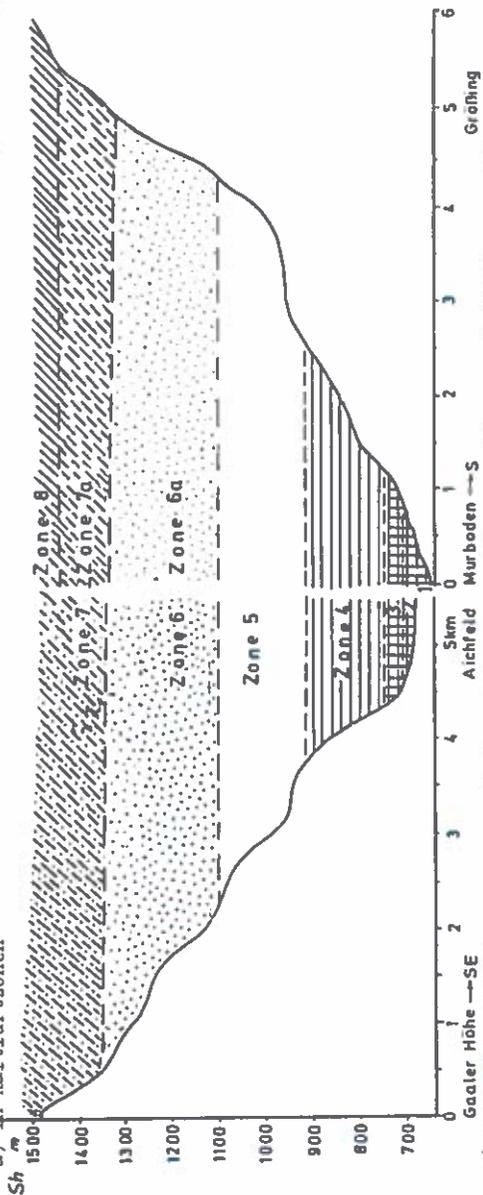
- 1a  "Kältepol" des Knittelfelder Beckens - Talsohle an der Einmündung des Zinkenbaches in die Ingering (Hammergraben); in klaren Nächten bis zu 3° , in Nächten mit Nebelbildung im Aichfeld bis zu 5° kälter als Zone 1; tagsüber von Oktober bis April an heiteren Tagen um $5 - 7^{\circ}$ kälter (im Hochwinter noch krässere Gegensätze) als das Aichfeld; insgesamt daher eine sehr hohe Anzahl von Frosttagen (170 -180d) bzw. von Eistagen (60 - 70d).
- 1  Kälteste Zone im Murtalabschnitt von Judenburg bis Preg, im Bereich der rezenten Talsohle; gleichzeitig auch die Zone mit den häufigsten Calmen und der größten Tagesamplitude (im Mittel um 13° /Jahr).
- 2  Aichfeld/Murboden (Bereich der Würmterrasse), im Pölstal und westl.von Judenburg; nach klaren Nächten häufig um $0.5 - 1.5^{\circ}$ wärmer als die Zone 1; Bereich mit relativ seichter Kaltluft, daher vor allem in Nächten mit Schneedecke starke Temperaturschwankungen (bis 6°) Minimum wird daher im Gegensatz zur Zone 1 nur kurz erreicht; noch sehr ungünstige Durchlüftungsverhältnisse, häufige Calmen.
- 3  Schleppen- und Unterhänge am Beckenrand bzw. Talabschnitte in Seitentälern; Bereiche mit bereits deutlich wärmeren nächtlichen Temperaturen (in klaren Nächten um 2 bis 4° - mit Schneedecke bis 8° - wärmer als die Terrasse); durch lokale Hangwinde etwas bessere Durchlüftung als Zone 2 (besonders im Granitzental).
- 4  Mittelhangabschnitte am Beckenrand, Kerbtäler, allgemein bis in Seehöhen um 900 m; nächtliche Temperaturen um 0.5 bis 1.0° wärmer als in Zone 2; häufig aber auch Isothermie.
- 5  Sporne, niedrige Kammlagen bzw. Oberhänge vorwiegend in Seehöhen von 900 bis ca. 1100 m. Nächtliche Temperaturminima häufig um 0.5 bis 1.5° wärmer als Zone 4; mitunter auch Isothermie oder geringe Temperaturabnahme; Zunahme der Durchlüftung tagsüber durch Thermik, nachts durch Hangabwinde bzw. durch Einflüsse von Talabwinden; geringere Nebelhäufigkeit (über Kaltluftnebelsee mit Obergrenzen um 900 m).

Legende zur Karte 2 (Fortsetzung)

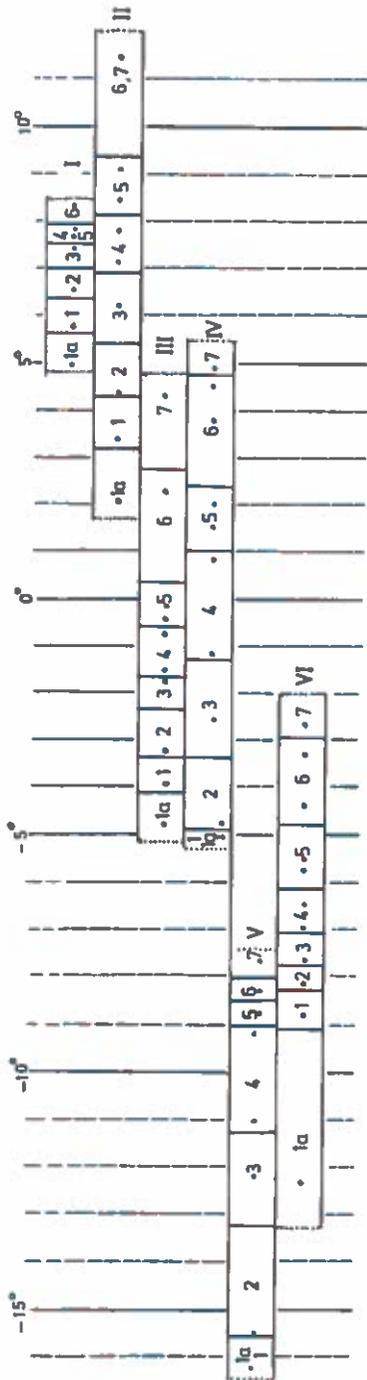
Zone Nr.

- 6  Sporne und Kammlagen in Seehöhen von 1100 - 1350 m, vor allem in der Vegetationsperiode die Zone mit den wärmsten nächtlichen Temperaturen; bei ausgesprochenem Hochdruckwetter um 3 bis 5° wärmer als Zone 5; relativ geringe periodische Tagesschwankung (7-8°/ weitere bedeutende Zunahme der Durchlüftung; lokale Hangwinde treten zugunsten des Gradientwindeinflusses zurück; weitere Abnahme der Nebelhäufigkeit; Zone mit der geringsten Anzahl von Sättigungsstunden;
- 6a  a-analog wie 6; im Südosten des Beckens; geringere Temperaturgunst als Zone 6 (Stationen auf der Gaaler Höhe);
- 7  vorwiegend Kammlagen in Seehöhen von 1350 bis ca. 1500 m; im Winterhalbjahr bei Hochdruckwetter günstigste Zone mit den höchsten nächtlichen Temperaturen (um 2 - 3° wärmer als Zone 6, häufig auch Isothermic) im Winterhalbjahr wie Zone 6 sehr nebelarm, hohe Sonnenscheindauer;
- 7a  analog wie 7; im Südosten des Beckens; geringere Temperaturgunst als Zone 7, teils infolge Stauwirkungen (vorallem bei östlichen Strömungen), teils infolge abgeschwächten Höhenföhns bei Hochdruckwetter;
- 8  Kamm- und Gipfellagen mit fließendem Übergang (von Zone 7) ab ca. 1500 m Seehöhe; generell, auch im Winter, Temperaturabnahme in der Nacht, Inversionen nur noch bei antizyklonaler Warmluftzufuhr; sehr starker Windeinfluß, besonders im Südosten (steirisches Randgebirge);

Karte 3: Schematischer Ausschnitt durch das Knittelfelder Becken (5-fach überhöhtes Profil) mit d. Gliedern in Kaltluftzonen



b) Temperaturdifferenzen im Knittelfelder Becken mit der Gliederung in Kaltluftzonen



Erläuterungen zur Karte 3

- Zu a) Die Gliederung basiert auf der Auswertung der Temperaturminima aus vorwiegend heiteren Nächten. Zu beachten ist die allgemein gute Übereinstimmung bei einem Vergleich der Nord- bzw. Südseite des Beckens bis zur Zone 5; ab Zone 6 weisen die Stationen auf der Südseite (Profil "Gaberl") eine geringere Temperaturgunst auf als auf der Gaaler Höhe.
- Zu b) Diese Darstellung bringt Beispiele für Temperaturunterschiede mit der Gliederung in Kaltluftzonen mit den für repräsentativen Stationen.
- | | | |
|-----|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| I | mittl. tägliche Temperaturminima | -September 1979/alle Nächte |
| II | mittl. tägliche Temperaturminima | aus 9 heiteren Nächten
September 1979 |
| III | mittl. tägliche Temperaturminima | aus 3 heiteren Nächten
Oktober 1979 |
| IV | mittl. tägliche Temperaturminima | aus 6 heiteren Nächten
mit mildem Westwetter
(Ende Nov., Anfang Dez. 79) |
| V | mittl. nächtl. Temperaturminima | -Jänner 1980/5 Nächte mit
Schneedecke |
| VI | mittl. nächtl. Temperaturminima | -Februar 1980/6 Nächte mit
Schneedecke |

Stationen bzw. Kaltluftzonen

Zone 1a: Hammergraben	760 m
Zone 1: Blickner	640 m
Zone 2: Zeltweg	669 m
Zone 3: Eppenstein	705 m
Zone 4: Dinsendorf/Pickl	740 m u. Dinsendorf Trauner 840 m
Zone 5: Reiter/Berg	935 m u. Stoxreiter 1020 m
Zone 6: Erholungsheim	1235 m
Zone 7: Gaaler Höhe	1490 m.

Legende zur Karte 4

nächtliche Talabwindströmungen in Bodennähe (bis 10m)
(Hochdruckeinfluß geringe Bewölkung)

Symbol:



besonders ausgeprägte Strömung (Geschwindigkeit
2 - 3 m/sec, aber auch darüber;



Raum Eppenstein infolge Düsenwirkung bis 5 m/sec;



noch gut ausgeprägte Strömung (um 2 m/sec; im Hammer-
graben auch darüber 4 m/sec);



schwache Strömungen (um 1 m/sec);



sehr schwache, oft auch richtungsunterschiedliche
Strömungen unter 1 m/sec;



merklich wärmere (um 2 - 4°) Hangwinde, die über der
bodennahen Kaltluft aufgleiten; Intensität unter-
schiedlich (stoßweise, bis 3 m/sec);



Gebiete mit besonders häufigen Windstillen; dadurch
bedingt frühzeitige Nebelbildung;



Beckenrand;

Grundlage: Windbeobachtungen bei Meßfahrten im Knittelfelder
Becken, Ergebnisse der Windmeßstellen Pöls und
Zeltweg/Flughafen; die Intensität der bodennahen Tal-
abwindströmungen ist vorwiegend durch den Kaltluft-
abfluß bestimmt, dessen Intensität von den Strahlungs-
bedingungen (Boden-, Schneeverhältnisse, Bewölkungsgrad
rel. Feuchte und otophthone Windeinflüsse) abhängt;
nach Erreichen des Taupunktes tritt meist eine Abschwä-
chung der Intensität ein, bei Nebelbildung auch völliges
Erlöschen dieser Strömungen bzw. Einsetzen von schwachen
Gegenströmungen, bedingt durch den Rückstau der Talnebel-
kaltluft in den späten Nachtstunden bzw. am Morgen.
Die Bedeutung dieser bodennahen Kaltluftströmungen liegt
in ihrer Rolle als "Frischlufztubringer" (Lufterneuerung
auch im Winter).

Legende zur Karte 5

nächtliche Talabwindströmungen in 100 - 200 m über Grund
(bei Hochdruckeinfluß und geringer Bewölkung)

Symbol: Bedeutung der Pfeile wie in Karte 4. Täler mit besonders ausgeprägter Talabwindströmung sind das Murtal und Granitzental.

 Bildung von Rotorströmungen.



bei ausgeprägtem Hochdruckeinfluß Höhenbereiche, die nur schwache, teils uneinheitliche, vorwiegend jedoch absinkende Luftströmungen (Höhenföhn, besonders ab 1350 m Seehöhe auf der Gaaler Höhe) verzeichnen; bei autochthoner Witterung starker Gradientwindeinfluß und gute Durchmischung (vor allem bei Kaltluftzufuhr).



Kammlagen mit starkem Windeinfluß.

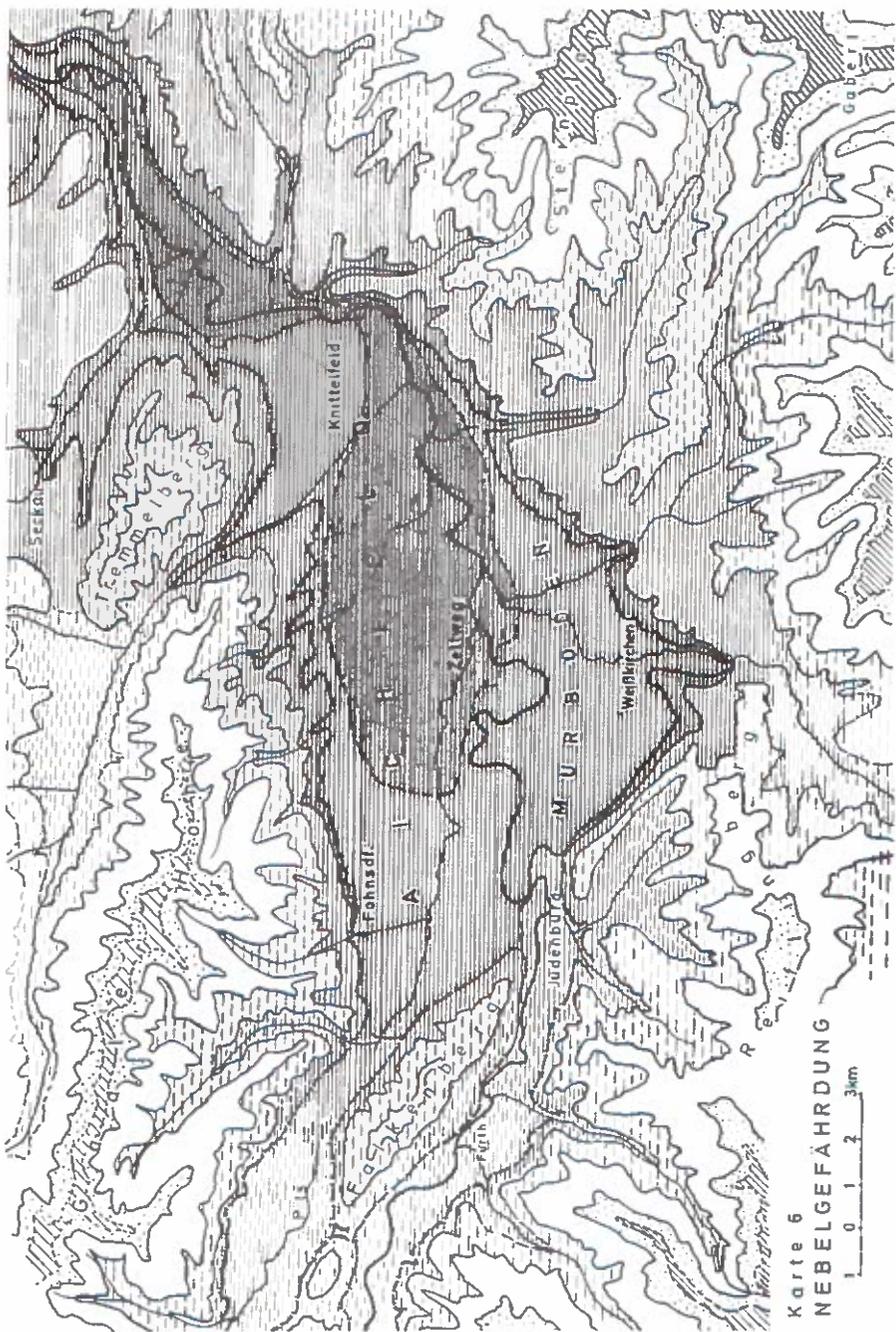


Kammlagen des steirischen Randgebirges (Steinplan, Gaberl) mit besonders starkem Windeinfluß und Stauwirkungen (kräftige Rauheisbildung bei Nebel unter 0).

Grundlage: Wind- und Abgasfahnenbeobachtungen bei Meßfahrten; Ergebnisse der Windmeßstellen Reiter/Berg (935 m) und ODK/Zeltweg (740 m).

Im Gegensatz zu den bodennahen Luftströmungen erlöschen die vertikal bedeutend mächtigeren Talabwinde, vor allem die des Murtales und Granitzentales viel später, im Sommer gegen 7 - 8 Uhr, im Frühjahr und Herbst gegen 10 - 11 Uhr, im Winter oft nur kurzfristig am frühen Nachmittag. Die Umstellung der Strömung in die vorwiegend entgegengesetzte Windrichtung (Talaufwindströmung) erfolgt meist nicht abrupt, sondern kann länger andauern, bis sich der Talaufwind endgültig durchgesetzt hat, vor allem im Winterhalbjahr.

Temperaturmäßig ist die mächtige Kaltluft aus dem oberen Murtal bzw. vom Obdacher Sattel meist nur 1 - 3⁰ wärmer als der bodennahe Kaltluftabfluß und gleitet daher häufig über diesen auf. Eine Durchmischung (mit deutlicher vertikaler Temperaturabnahme) ist nur am Pölschals (Falkenberg) bzw. im Raum Eppenstein feststellbar.



Karte 6
NEBELGEFAHRUNG



Legende zur Karte 6 - Nebelgefährdung

Zone Nr.

- 
1a
nebelreichster Abschnitt im Knittelfelder Becken; umfaßt die östlichen Teile des Aichfeldes und Murboden bzw. die rezente Talsohle; frühe Nebelbildung bzw. späte Nebelauflösung; nach klaren Nächten oft seichte Bodennebelfelder (10-20 m-mächtig);
- 
1
etwas begünstigter als Zone 1a, da Nebel mitunter nicht mehr so kompakt; raschere Auflösung; häufigstes Vorkommen dieses Talnebeltyps (Mächtigkeit um 20 m, Obergrenzen um 720 - 740 m) in der Vegetationsperiode (April - Oktober);
- 
2
Hanglagen bzw. Talschnitte bis in Seehöhen um 900 m; besonders im Winterhalbjahr häufiger Nebeltyp; Nebeluntergrenze liegt meist noch am Talboden auf (Talnebel; Mächtigkeit 150 - 200 m);
- 
zu 2
Abschnitte mit beginnender Auflockerung bzw. Auflösung des Nebels;
- 
3
bereits wesentlich begünstigter Höhenbereich zwischen 900-1100 m Seehöhe; nur im Winterhalbjahr noch innerhalb eines Hochnebeltyps mit Obergrenzen um 1100 m.
- 
4
nebelärmste Zone während der Vegetationsperiode bzw. nur sehr geringfügig benachteiligt gegenüber Zone 5 im Winter (vereinzelte Hochnebel bis ca. 1353 m Seehöhe); geringste Anzahl Sättigungsstunden;
- 
5
günstiger Höhenbereich im Winterhalbjahr ab ca. 1350 bis 1450 m;
- 
Bereiche mit häufiger Kammnebelbildung (ohne auf der Gaaler Höhe), vor allem bei zyklonaler Witterung;
- 
Bereiche mit besonders häufiger Kammnebelbildung, hervorgerufen durch ausgeprägte Staueffekte (Steinplan, Gaberl);

Grundlagen: Nebelphotographien; Aussagen der Beobachter bzw. der ortsansässigen Bevölkerung.

AUSWIRKUNG DER DÜNGUNG AUF NÄHRSTOFF-
UND SCHWEFELGEHALTE DER NADELN VON EINER
DÜNGUNGSVERSUCHSFLÄCHE IM IMMISSIONSGEBIET
AICHFELD (Steiermark) VON 1968 BIS 1979

Von
Klaus STEFAN
Institut für Forstschutz der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

EINLEITUNG

Auf der Düngungsversuchsfläche Aupal wurde der Versuch unternommen die durch SO_2 -Immissionen bedingten negativen Einflüsse durch eine optimierte Nährstoffversorgung zu verringern. Auf früheren Tagungen der IUFRO Fachgruppe S 2.09 wurde bereits über nadelanalytische beziehungsweise ertragskundliche Ergebnisse dieser Fläche nach den ersten Auswertungsperioden berichtet (STEFAN, 1972, STEFAN und POLLANSCHÜTZ, 1974). Im vorliegenden Beitrag soll die aktuelle Situation dargestellt werden und damit auch die Entwicklung der Immissionssituation in diesem Teil des Aichfeldes beleuchtet werden.

MATERIAL UND METHODE

Das Aichfeld gehört zum inneralpinen Klimabereich mit einer durchschnittlichen Temperatur von $6,7^\circ\text{C}$ und nur 900 mm Niederschlag pro Jahr. Die Versuchsfläche liegt in 650 m Seehöhe auf einer älteren Terrasse der Mur. Der Boden - Braunerde auf Schotter - ist gut mit Kalium sowie Phosphor und durchschnittlich mit Stickstoff und Calcium versorgt. Die Resultate von Nadelanalysen, die neben den Bodendaten für die Bemessung der Düngergaben herangezogen wurden, ergaben, daß die Versorgung mit Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium ausreichend, die Stickstoffversorgung jedoch nicht optimal ist.

Die gesamte Versuchsanlage umfaßt 8 Teilflächen, wovon 4 (A) unbehandelt blieben und 4 (B) mit verschiedenen Düngerkombinationen beziehungsweise -mengen gedüngt wurden. Das Teilflächenpaar IV,

eine Wiederholung der Variante III, liegt auf einer höheren Terrasse, 15 Meter über den übrigen Parzellen. Bei Versuchsbeginn lag das Alter der Fichtenbestände der Teilflächenpaare I bis III bei 35 bis 40 Jahren und das des Teilflächenpaares IV bei 55 Jahren. Im vorliegenden Beitrag werden nur die Parzellenpaare I bis III behandelt, da das Parzellenpaar IV auf Grund seiner Lage nicht direkt mit den übrigen verglichen werden kann.

Die Reinnährstoffmengen, welche im Frühjahr 1969 auf den einzelnen Teilflächen (siehe Abbildung 1) ausgebracht wurden, sind in Tabelle 1 ausgewiesen.

TABELLE 1: Ausgebrachte Reinnährstoffmengen in kg / ha

Parzelle	N	P	K	Ca	Mg	S
I B _B	279	62	89	326	28	162
II B _B	279			172		
III B	186			114		
IV B	188			116		

Seit Einrichtung des Versuches wurden jährlich im Oktober vom 3. Quirl Astproben entnommen. Bis 1969 waren pro Parzelle nur zwei Bäume beerntet worden; ab 1970 wurden auf den gedüngten Parzellen von je sechs Bäumen Astproben gewonnen.

Die Bestimmung des Stickstoffs erfolgte nach Kjeldahl-Aufschluß maßanalytisch. Die Elemente P, K, Ca und Mg wurden im salzsauren Filtrat der veraschten Nadelpulver bestimmt: P kolorimetrisch, K, Ca und Mg anfangs flammenphotometrisch, seit 1971 mit Hilfe der Atom-Absorptions-Spektralphotometrie. Der Schwefelgehalt wurde gravimetrisch als Bariumsulfat ermittelt, nachdem die Nadeln unter Zusatz von Calciumazetat verascht worden waren.

Am noch frischen Material wurden in den letzten Jahren Nadel-dichte und Nadellänge erhoben. Vor dem Mahlen wurde vom getrockneten Nadelmaterial auch das 100-Nadelgewicht ab 1969 bestimmt.

ERGEBNISSE

In Tabelle 2 werden die Ergebnisse der Nährstoffanalysen als Mittelwerte für die drei Düngungsparzellen und als Mittelwert der ungedüngten Parzellen I bis III A angegeben (auf den ungedüngten Parzellen n = 6 ab 1968; auf den gedüngten Parzellen n = 6 ab 1970). Die Mittelwerte der Nährstoffquotienten werden in Tabelle 3 ausgewiesen. Die Schwefelgehalte werden in Tabelle 4 und die Nadelmerkmale in Tabelle 5 angeführt.

ABBILDUNG 1

Düngungsversuchsfläche AUTAL

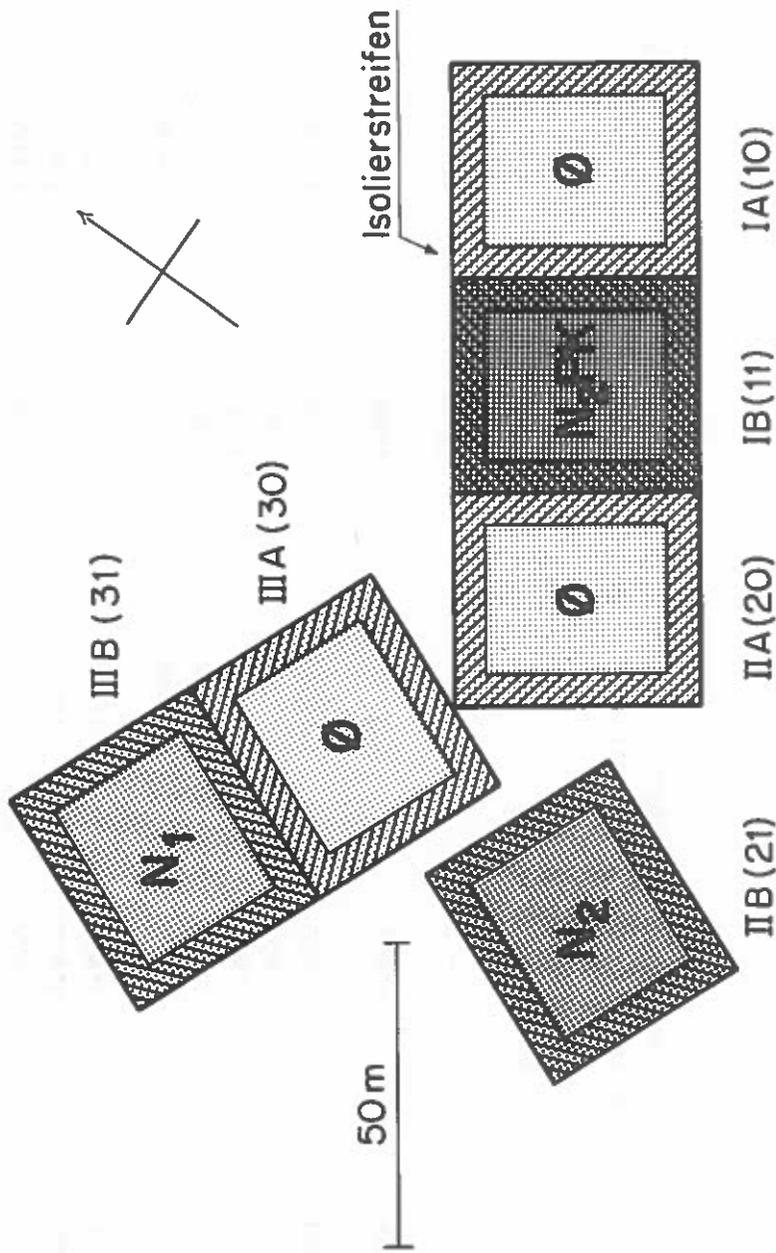


TABELLE 2: Nadelanalysen - Nährstoffgehalte in % der Trockensubstanz im Nadeljahrgang 1
auf der Düngungsfläche Autal

a) Stickstoff (% N)	I - III A	I B	II B	III B
1968	1·495	1·280	1·690	1·570
1969	1·526	1·900	2·090	1·900
1970	1·451	1·583	1·810	1·550
1971	1·420	1·595	1·833	1·575
1972	1·325	1·448	1·581	1·360
1973	1·336	1·460	1·533	1·408
1974	1·477	1·517	1·547	1·455
1975	1·417	1·498	1·490	1·423
1976	1·477	1·534	1·680	1·603
1977	1·397	1·528	1·668	1·552
1978	1·198	1·303	1·442	1·292

TABELLE 2: Fortsetzung

	I - III A	I B	II B	III B
b) Phosphor (% P)				
1968	0·194	0·176	0·200	0·185
1969	0·189	0·178	0·262	0·193
1970	0·193	0·222	0·194	0·165
1971	0·183	0·177	0·177	0·159
1972	0·172	0·165	0·162	0·149
1973	0·166	0·197	0·156	0·151
1974	0·161	0·180	0·133	0·156
1975	0·178	0·182	0·169	0·148
1976	0·164	0·171	0·174	0·164
1977	0·141	0·177	0·163	0·152
1978	0·171	0·162	0·146	0·134

TABELLE 2: Fortsetzung

	I - III A	I B	II B	III B
c) Kalium (% K)				
1968	0·845	0·941	0·975	0·868
1969	0·750	0·820	0·988	0·830
1970	0·778	0·840	1·040	0·723
1971	0·795	0·850	0·915	0·735
1972	0·657	0·675	0·797	0·600
1973	0·693	0·750	0·730	0·695
1974	0·780	0·650	0·670	0·672
1975	0·682	0·703	0·801	0·787
1976	0·652	0·768	0·809	0·729
1977	0·546	0·604	0·597	0·566
1978	0·444	0·546	0·598	0·517

TABELLE 2: Fortsetzung

d) Calcium (% Ca)	I - III A	I B	II B	III B
1968	0.715	0.635	0.623	0.630
1969	0.566	0.551	0.354	0.472
1970	0.495	0.385	0.326	0.365
1971	0.566	0.483	0.390	0.465
1972	0.537	0.453	0.355	0.427
1973	0.675	0.505	0.523	0.488
1974	0.732	0.689	0.626	0.526
1975	0.583	0.505	0.462	0.553
1976	0.477	0.483	0.466	0.478
1977	0.827	0.825	0.672	0.672
1978	0.475	0.490	0.408	0.487

TABELLE 3: Nährstoffquotienten (Mittelwerte)

	Jahr	I-III A	I B	II B	III B
N/P	1968	7*70	7*27	8*45	8*47
	1969	8*03	10*68	7*98	9*84
	1970	7*80	8*38	9*38	9*42
	1971	8*00	9*13	10*40	10*00
	1972	7*90	8*92	9*85	9*20
	1973	8*23	7*55	9*88	9*48
	1974	9*17	8*43	11*63	9*33
	1975	7*96	8*23	8*82	9*61
	1976	9*01	8*97	9*66	9*77
	1977	9*91	8*63	10*23	10*21
	1978	7*01	8*04	9*88	9*64
N/Ca	1968	2*10	2*04	2*72	2*49
	1969	2*69	3*44	5*90	4*03
	1970	2*98	4*32	6*20	4*36
	1971	2*54	3*36	4*70	3*46
	1972	2*56	3*34	4*50	3*26
	1973	2*00	3*02	2*94	2*97
	1974	2*02	2*20	2*47	2*77
	1975	2*43	2*97	3*23	2*57
	1976	3*10	3*18	3*61	3*35
	1977	1*69	1*85	2*48	2*31
	1978	2*52	2*66	3*53	2*65
N/K	1968	1*77	1*36	1*73	1*81
	1969	2*03	2*32	2*12	2*29
	1970	1*87	1*88	1*74	2*14
	1971	1*79	1*88	2*00	2*14
	1972	2*02	2*15	1*98	2*27
	1973	1*93	1*95	2*10	2*03
	1974	1*89	2*33	2*31	2*17
	1975	2*08	2*13	1*86	1*81
	1976	2*27	2*00	2*08	2*20
	1977	2*56	2*53	2*79	2*74
	1978	2*70	2*39	2*41	2*50

TABELLE 3: Nährstoffquotienten (Mittelwerte) Fortsetzung

	Jahr	I-III A	I B	II B	III B
P/K	1968	0*230	0*187	0*205	0*213
	1969	0*252	0*217	0*265	0*233
	1970	0*248	0*264	0*187	0*228
	1971	0*230	0*208	0*193	0*216
	1972	0*262	0*244	0*203	0*248
	1973	0*240	0*263	0*214	0*217
	1974	0*206	0*277	0*199	0*232
	1975	0*261	0*259	0*211	0*188
	1976	0*252	0*223	0*215	0*225
	1977	0*258	0*293	0*273	0*269
1978	0*385	0*297	0*244	0*259	
P/Ca	1968	0*271	0*277	0*321	0*294
	1969	0*334	0*323	0*740	0*409
	1970	0*390	0*577	0*595	0*452
	1971	0*323	0*366	0*454	0*342
	1972	0*320	0*364	0*456	0*349
	1973	0*246	0*390	0*298	0*309
	1974	0*220	0*261	0*212	0*297
	1975	0*305	0*360	0*366	0*268
	1976	0*344	0*354	0*373	0*343
	1977	0*170	0*215	0*243	0*226
1978	0*360	0*331	0*358	0*275	
K/Ca	1968	1*18	1*48	1*54	1*38
	1969	1*33	1*49	2*79	1*76
	1970	1*60	2*28	3*50	2*03
	1971	1*41	1*78	2*34	1*65
	1972	1*31	1*57	2*27	1*47
	1973	1*03	1*52	1*44	1*45
	1974	1*07	0*94	1*07	1*28
	1975	1*17	1*39	1*73	1*42
	1976	1*37	1*59	1*74	1*53
	1977	0*66	0*73	0*89	0*84
1978	0*93	1*11	1*47	1*06	

TABELLE 4: Nadelanalysen - % S im Nadeljahrgang 1 auf der Düngungsfläche Autal

	I - III A	I B	II B	III B
1968	0*194	0*199	0*181	0*176
1969	0*190	0*164	0*156	0*111
1970	0*136	0*119	0*127	0*095
1971	0*252	0*225	0*225	0*227
1972	0*158	0*114	0*135	0*136
1973	0*191	0*152	0*144	0*147
1974	0*167	0*159	0*181	0*164
1975	0*122	0*108	0*132	0*120
1976	0*179	0*166	0*170	0*152
1977	0*137	0*127	0*177	0*162
1978	0*106	0*116	0*138	0*134
1979	0*078	0*083	0*101	0*081

TABELLE 5: Nadelmerkmale

a) 100-Nadelgewicht (mg) - Nadeljahrgang 1

	I-III A	I B	II B	III B
1969	478	573	468	585
1970	450	533	405	475
1971	444	554	509	480
1972	527	583	486	508
1973	370	460	332	395
1974	240	276	243	298
1975	379	545	405	438
1976	389	447	329	348
1977	410	416	360	380
1978	440	495	425	437
1979	424	581	436	561

b) Nadellänge (mm) - Nadeljahrgang 1

	I-III A	I B	II B	III B
1974	17°3	15°9	15°6	14°5
1975	16°1	17°7	16°2	16°6
1976	15°8	16°3	13°3	14°8
1977	17°0	17°1	16°9	16°0
1978	18°1	18°7	17°1	16°6
1979	16°3	18°6	16°5	18°0

TABELLE 5: Nadelmerkmale - Fortsetzung

c) Benadelungsdichte (Nadeln / cm) - Nadeljahrgang (NJ) 1-3

	NJ	I-III A	I B	II B	III B
1974	1	28°9	29°9	23°9	29°9
	2	21°8	25°5	22°5	22°8
	3	20°5	20°5	21°8	22°6
1975	1	23°1	22°5	23°4	24°0
	2	25°3	27°5	24°7	26°8
	3	20°2	24°6	16°0	21°2
1976	1	23°0	22°8	24°2	23°3
	2	17°5	21°6	20°9	24°0
	3	22°2	23°3	17°5	26°0
1977	1	26°2	27°9	28°5	26°2
	2	25°0	24°7	27°5	26°2
	3	21°7	22°8	21°6	24°3
1978	1	25°6	22°1	21°6	24°9
	2	27°1	24°2	23°9	25°5
	3	23°4	23°6	21°5	24°2
1979	1	26°0	25°1	24°8	23°7
	2	24°5	24°6	23°5	23°5
	3	23°0	23°9	24°1	24°3

d) Nadelmasse (mg Trockengew./cm) - Nadeljahrgang 1

	I-III A	I B	II B	III B
1974	69°4	82°5	58°1	89°1
1975	87°5	122°6	94°8	105°1
1976	89°5	101°9	79°6	81°1
1977	107°4	116°1	102°6	99°6
1978	112°6	109°4	91°8	108°8
1979	110°2	145°8	108°1	133°0

BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Nährstoffgehalte

Im Gegensatz zu den übrigen Elementen lag der Stickstoffgehalt der Parzelle I B vor der Düngung (1968) gegenüber den übrigen Parzellen wesentlich tiefer. Die absoluten Stickstoffgehalte dieser Parzelle waren dadurch auch nach der Düngung nie so hoch wie die der Parzelle II B, die mit der selben Stickstoffmenge gedüngt worden war (Abbildung 2). Eine optimale Versorgung um 1,8 % N war nach der Düngung auf der Parzelle II B für 3 Jahre (1969 - 1971) und bei den beiden übrigen Parzellen für ein Jahr (1969) festzustellen. Eine nicht ausreichende Stickstoffversorgung (unter 1,5 % N) war während der 10 Jahre nach der Düngung auf der Parzelle II B zweimal (1975 und 1978), auf der Parzelle I B viermal (1972, 1973, 1975 und 1978) und auf der Parzelle III B fünfmal (1972 - 1975, 1978) vorhanden.

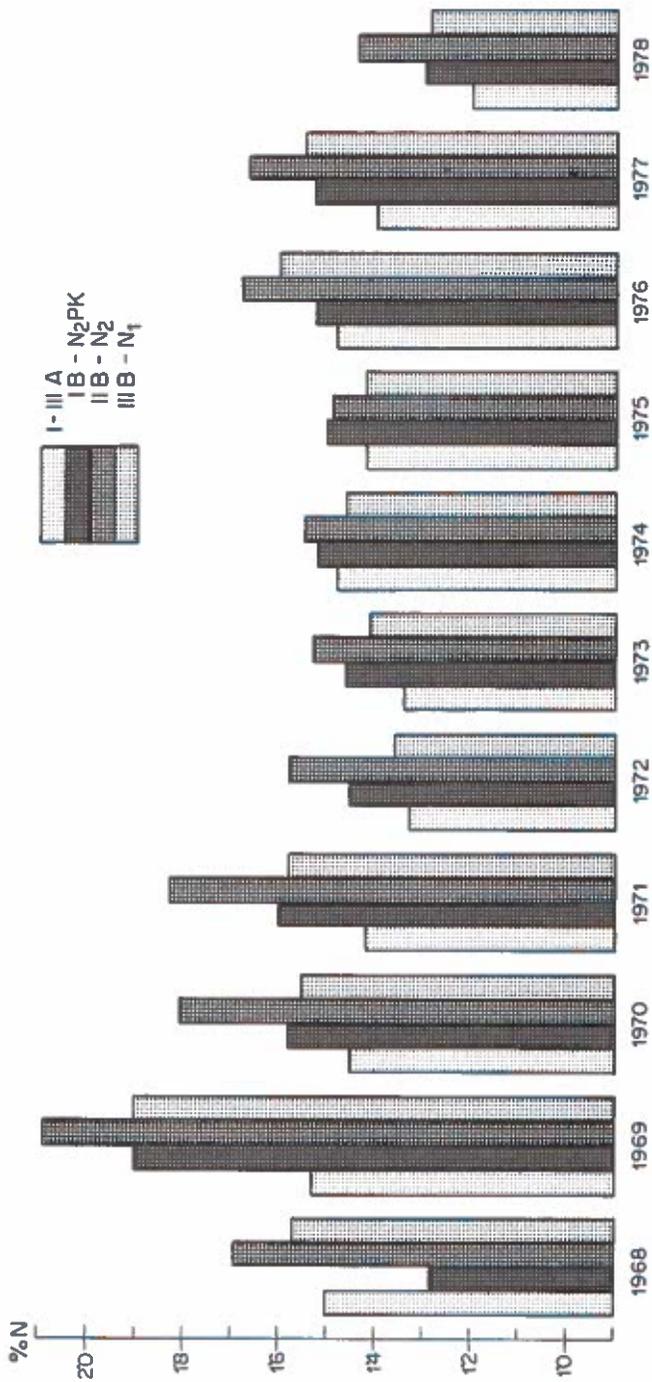
Für die Darstellung der Düngerwirkung auf den Parzellen I bis III B wurden die Veränderungen unter Berücksichtigung der Schwankungen der Nullflächenwerte und der Ausgangsdifferenz im Jahre 1968 nach der Formel

$$\Delta \% = (\% B_n - \% A_n) - (\% B_{68} - \% A_{68})$$

rechnerisch ermittelt. Wie aus Abbildung 3 zu ersehen ist, war die Volldüngungsvariante N₂PK (IB) in der N-Düngerwirkung den beiden Stickstoffvarianten N₂ und N₁ sowohl im Ausmaß als auch in der Dauer überlegen. In den Jahren 1974 und 1975 kam es bei diesen sogar zu einer deutlichen Absenkung des Stickstoffgehaltes im Vergleich zu den Nullflächen. Auf den Phosphorgehalt der Nadeln wirkte sich die Düngung ebenfalls nur auf der Variante IB langfristig in mehr oder minder starken Steigerungen aus. Durch die Düngung kam es nur anfangs auf der N₂-Variante (II B) zu einem signifikanten Anstieg der Kaliumwerte. Vor allem im Jahr 1974 war auf den Versuchsgliedern I und II B eine starke Absenkung des Kaliumgehaltes zu konstatieren. Im Anschluß an die Düngung kam es auf den nur mit Stickstoff gedüngten Parzellen II und III B zu einer Absenkung im Calciumgehalt, der vor der Düngung im Jahre 1968 schon unter dem der Nullfläche lag. Von 1970 bis 1974 war dann bei allen Düngungsvarianten eine Calciumabsenkung gegeben. Erst während der Periode 1974 bis 1978 war dann wieder ein Anstieg der Calciumgehalte festzustellen.

Um die im Zusammenhang mit der Düngung auftretenden unterschiedlichen Reaktionen auf den Düngungsparzellen zu eruieren, wurden auch noch die Nährstoffquotienten, die in Tabelle 3 ausgewiesen werden, ermittelt. Düngungsreaktionen ergaben sich bei N / P, N / Ca, K / Ca und P / Ca. Wie aus Abbildung 4 zu ersehen ist, ergaben sich vor allem zwischen der Düngungsvariante

ABBILDUNG 2: Durchschnittlicher Stickstoffgehalt des Nadeljahrganges eins auf den ungedüngten und den drei verschiedenen gedüngten Parzellen von 1968 bis 1978



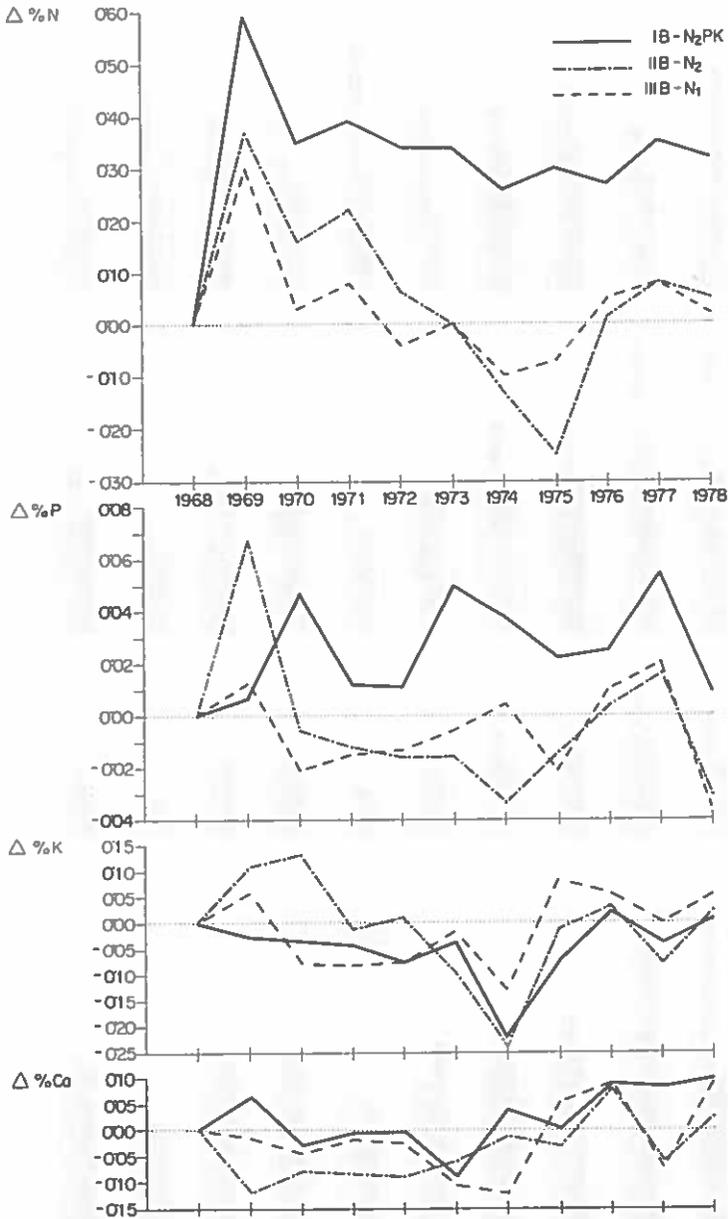


ABBILDUNG 3: Veränderungen der Nährstoffgehalte des Nadeljahrganges eins auf den Düngungsparzellen gegenüber den Nullflächen unter Berücksichtigung der Schwankungen der Nullflächenwerte und der Ausgangsdifferenzen im Jahre 1968

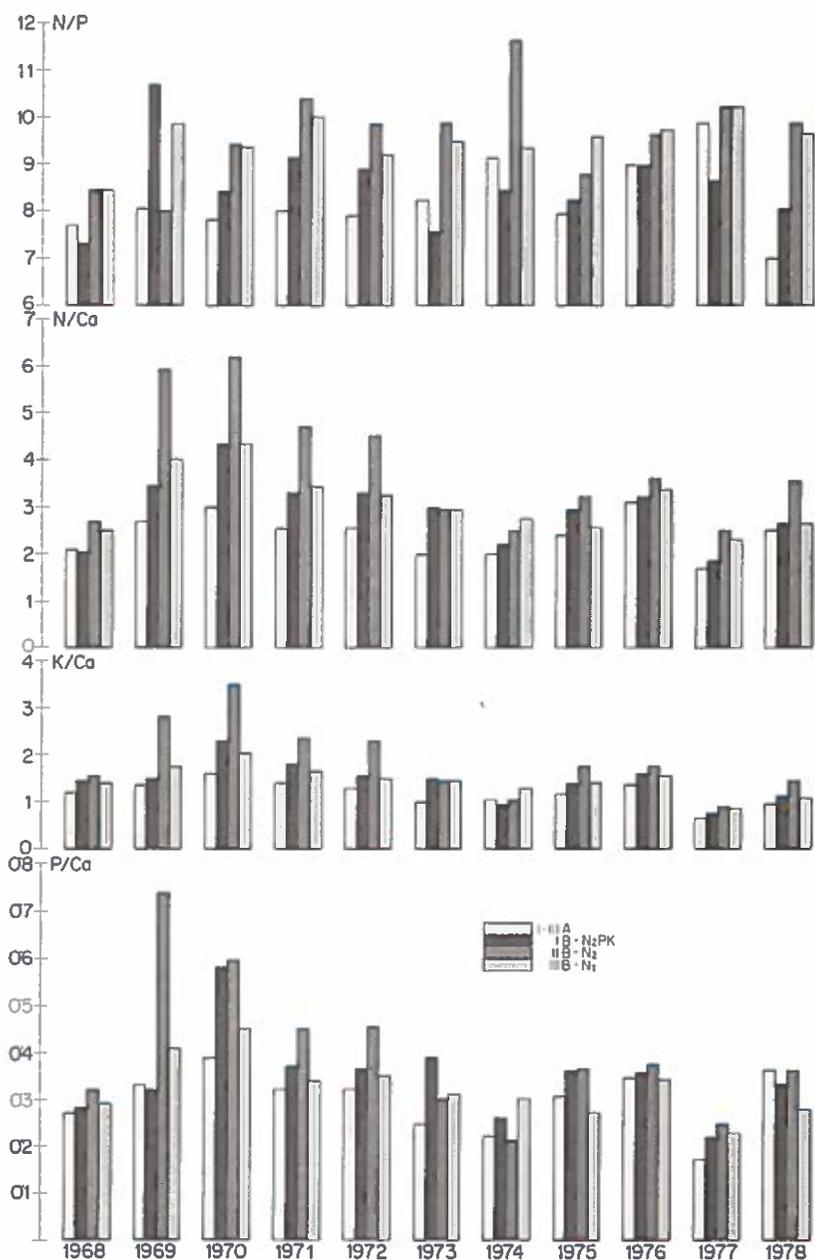


ABBILDUNG 4: Nährstoffquotienten (N/P, N/Ca, K/Ca, P/Ca) des Nadeljahrganges eins auf den ungedüngten und den drei verschieden gedüngten Parzellen von 1968 bis 1978

N_2PK (I B) und N_2 (II B) Unterschiede in den Quotienten, die mit Verdünnungseffekten bei II B in Zusammenhang stehen dürften.

Schwefelgehalte

Die Immissionseinwirkungen (gemessen am Schwefelgehalt des Nadeljahrganges 1) schwankten im Verlauf der Jahre 1968 bis 1979 in einem weiten Bereich, wovon die Schwefelgehalte aller Versuchsglieder betroffen waren (siehe Abbildung 5). Durch die Düngung wurde 1969 eine Absenkung des Schwefelgehaltes auf allen Düngungsvarianten gegenüber den Nullflächen erzielt. Längerfristig war eine Wirkung aber auch wieder nur auf der Variante N_2PK zu konstatieren (Abbildung 6). Die Veränderungen der Schwefelgehalte waren mit den Veränderungen der Stickstoffgehalte bis 1976 gut korreliert. Seit der Abnahme der Immissionseinwirkungen ab 1977 war dies jedoch nicht mehr der Fall (Abbildung 7). Neben schwankenden Immissionen im Verlauf der Untersuchungsperiode dürften am Zustandekommen der stark unterschiedlichen Immissionseinwirkungen aber auch die stark schwankenden Wetterbedingungen und Zuwehungsverhältnisse maßgeblich beteiligt gewesen sein (siehe Tabelle 6).

Nadelmerkmale

Im Verlauf der 11 Beobachtungsjahre lagen die 100-Nadelgewichte auf den Nullflächen (I bis III A) zwischen 240 und 527 mg; auf der Variante N_2PK (I B) zwischen 276 und 583 mg; auf der Variante N_2 (II B) zwischen 243 und 509 mg und auf der Variante N_1 (III B) zwischen 298 und 585 mg. Die Minima traten bei allen Versuchsgliedern im Jahr 1974 auf; beim Vergleich mit den Schwefelwerten ergibt sich jedoch kein direkter Zusammenhang zwischen Immissionseinwirkung und 100-Nadelgewicht. Der Umstand, daß die N_2PK -Variante im Verlauf von 11 Jahren immer höhere 100-Nadelgewichte als die Nullflächen aufwies, läßt auf einen positiven Düngungseffekt schließen.

Auch aus den seit 1974 erhobenen Nadellängen ergibt sich kein Hinweis auf einen Einfluß der Immissionseinwirkungen, wenn man wieder die durchschnittlichen Nadellängen und Schwefelgehalte des Nadeljahrganges eins der einzelnen Parzellen vergleicht. Auf der Parzelle III B fallen zwar maximaler Schwefelgehalt und geringste Nadellängen beziehungsweise geringster Schwefelgehalt und größte Nadellängen zusammen, für die anderen Jahre und auf den anderen Parzellen ist das aber nicht zu konstatieren. Ebenso wie beim 100-Nadelgewicht ist aber auch bei der Nadellänge die Variante N_2PK den Nullflächen während der letzten fünf Jahre überlegen. Bei den beiden anderen Düngungsparzellen war dagegen nur in einem beziehungsweise zwei Jahren eine größere Nadellänge als auf den Null-

ABBILDUNG 5: Durchschnittlicher Schwefelgehalt (% S) des Nadeljahrganges eins auf den ungedüngten und den drei verschiedenen gedüngten Parzellen von 1968 bis 1979

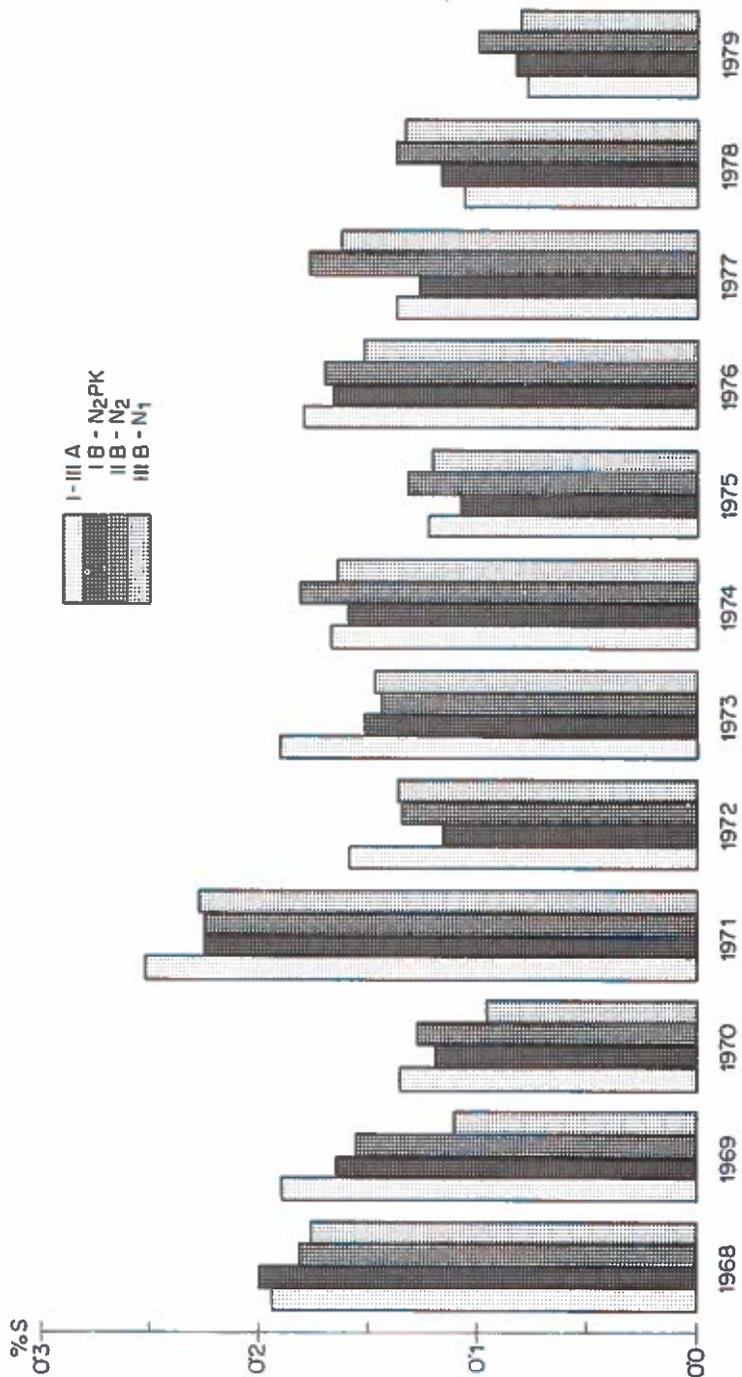


ABBILDUNG 6: Veränderungen im Schwefelgehalt des Nadeljahrganges eins auf den Düngungsparzellen gegenüber den Nullflächen unter Berücksichtigung der Schwankungen der Nullflächenwerte und der Ausgangsdifferenzen im Jahre 1968

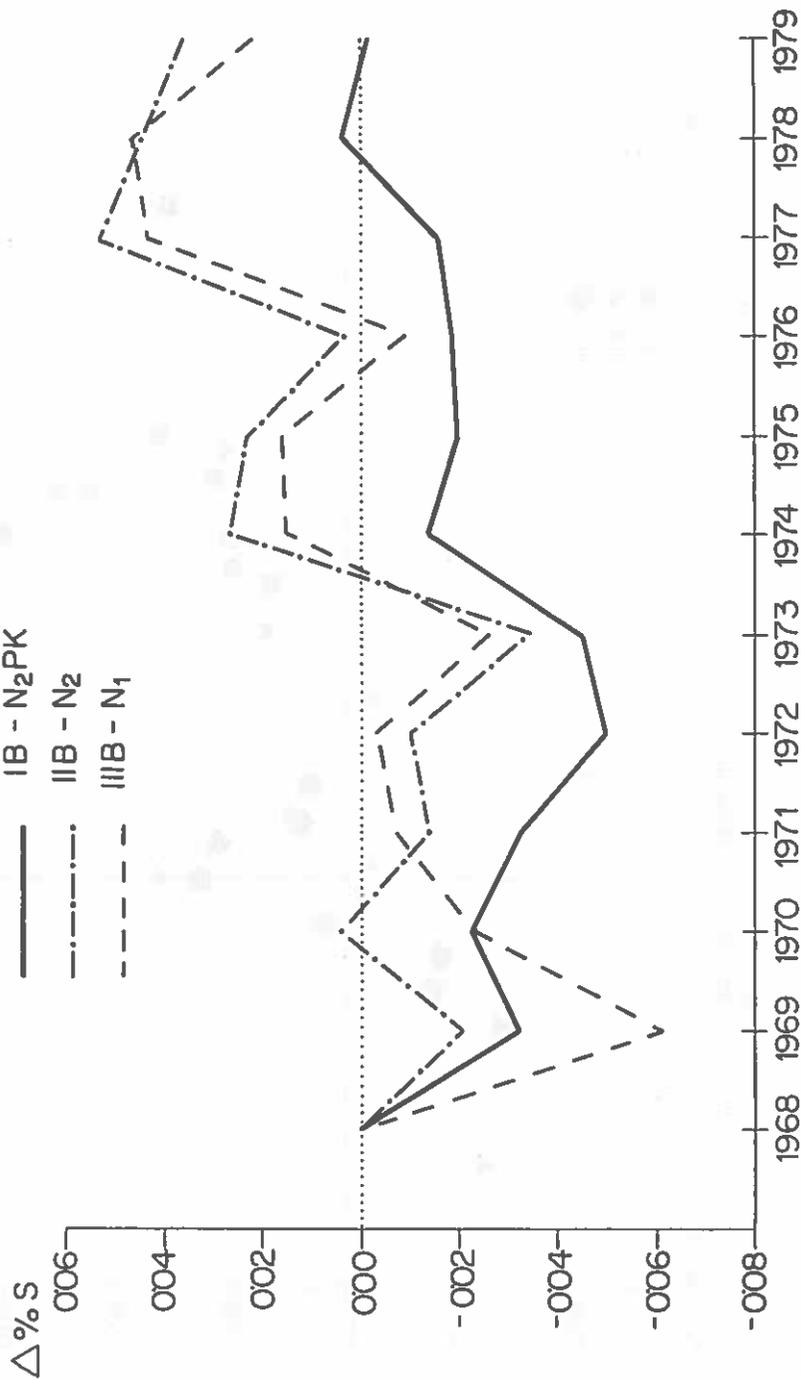


ABBILDUNG 7: Zusammenhang zwischen den Veränderungen im Schwefel- und Stickstoffgehalt des Nadeljahrganges eins auf den Düngungspartzellen gegenüber den Nullflächen

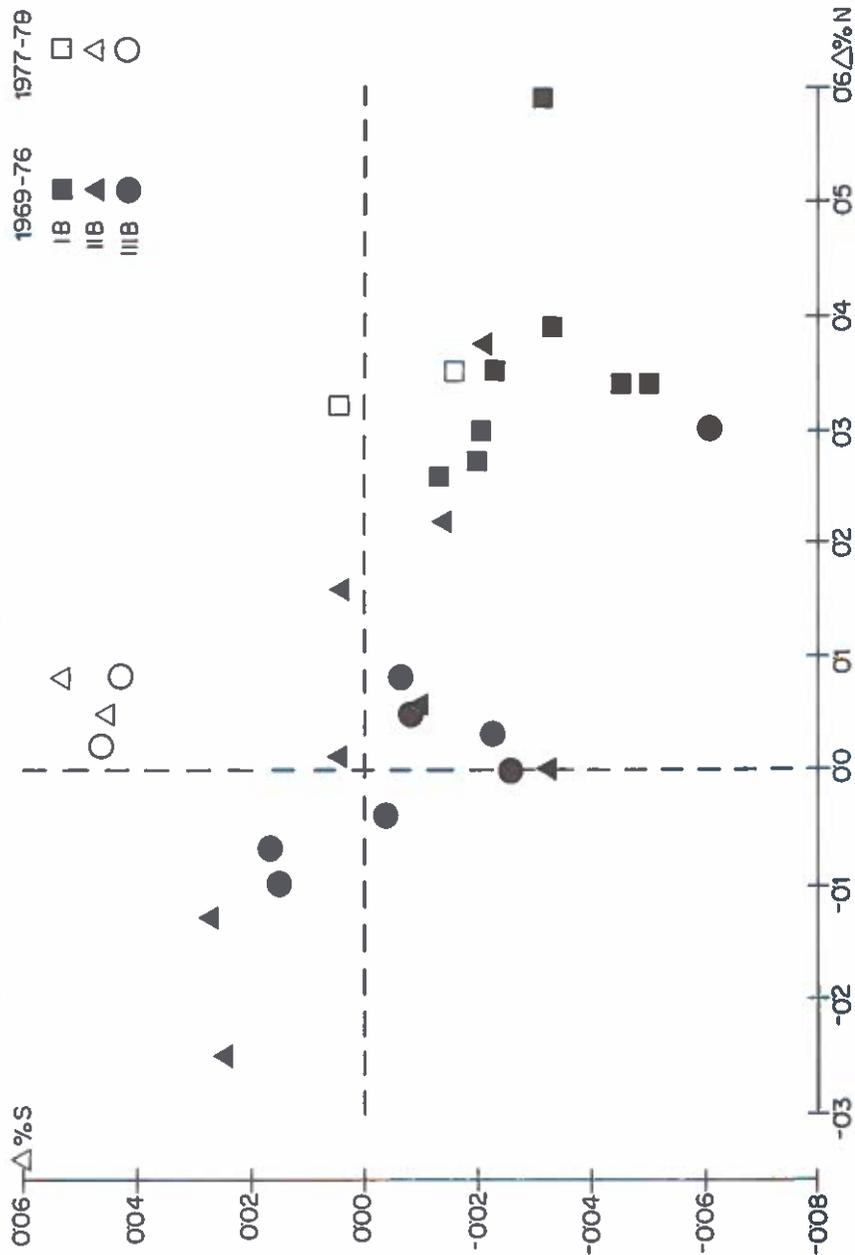


TABELLE 6: Klimadaten (Station Zeltweg; Mai - September)

Jahr	Mittel- Tempera- tur (°C)	Nieder- schlags- summe (mm)	Mittl. Wind- stärke (m/sec.)	Windverteilung (in % d. Gesamtbeobachtungen - gerundet)										
				N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	C		
1968	14.0	695	1.3	2.8	3.3	11.8	4.3	6.8	6.1	6.5	4.4	54.0		
1969	14.6	488	1.3	2.8	3.7	16.8	4.4	8.1	3.3	5.2	1.7	54.0		
1970	14.2	546	1.5	3.3	5.2	12.8	3.5	7.2	4.8	10.7	3.0	49.5		
1971	14.1	481	1.7	3.7	5.9	14.6	6.3	7.0	3.3	9.6	6.1	43.5		
1972	13.3	701	1.5	3.5	6.8	20.0	4.6	5.0	5.0	6.3	1.7	47.1		
1973	14.6	536	1.4	5.0	7.4	12.2	4.4	5.0	5.9	10.4	3.5	46.2		
1974	13.8	458	1.9	4.6	5.0	14.6	6.8	8.7	5.9	12.6	5.0	36.8		
1975	14.4	539	1.3	4.4	5.9	18.1	5.2	5.7	5.7	7.4	4.1	43.5		
1976	13.5	418	1.7	5.9	3.1	18.7	11.3	7.4	4.6	7.4	4.8	36.8		
1977	13.2	529	2.1	7.4	12.7	2.2	12.0	7.8	12.6	7.8	24.2	13.3		

flächen zu beobachten.

Auch bei der Benadelungsdichte der Nadeljahrgänge 1 bis 3, die bis auf einige Ausnahmen als normal anzusehen ist, ergeben sich keine Zusammenhänge mit dem Verlauf der Immissionseinwirkungen zwischen 1974 und 1979. Bei einer Regionaluntersuchung, wo eine entsprechende Spannweite der Immissionseinwirkungen gegeben war, konnte festgestellt werden, daß bei mit Aural vergleichbaren Immissionsverhältnissen erst die Benadelungsdichte der älteren Nadeljahrgänge im Zusammenhang mit den Immissionseinwirkungen stehen (STEFAN, 1980). Auch eine eindeutige Auswirkung der Düngungsmaßnahmen auf die Benadelungsdichte konnte für die Zeit 6 bis 11 Jahre nach der Düngung nicht mehr festgestellt werden. Bis 1977 war zwar die Benadelungsdichte des Nadeljahrganges eins auf einer der gedüngten Parzellen immer größer als auf den Nullflächen, auf einer oder beiden anderen gedüngten Flächen aber geringer beziehungsweise gleich.

Im Zusammenhang mit den höheren 100-Nadelgewichten der Variante N_2PK ergab sich für diese Parzelle in den Jahren 1974 bis 1979 - mit einer Ausnahme (1978) - auch eine deutlich größere Nadelmasse pro Zentimeter Sproß des Nadeljahrganges eins als auf den Nullflächen. Während der Jahre 1974 bis 1979 lag die Nadelmasse pro Zentimeter dagegen auf der Variante N_2 nur einmal und auf der Variante N_1 dreimal über der der Vergleichsparzellen I bis III A.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Immissionsgebiet Aichfeld wurde von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt 1968 eine Düngungsfläche mit drei Düngungsvarianten in einem Fichtenbestand eingerichtet. Seit 1968 werden von den drei Nullflächen und den drei Düngungsflächen jährlich im Oktober Nadelproben für die chemische Analysierung gewonnen. Im Nadeljahrgang des Entnahmejahres wurde für die einzelnen Jahre der Gehalt von N, P, K, Ca und S bestimmt. Seit 1969 (100-Nadelgewicht) beziehungsweise 1974 (Nadellänge, Benadelungsdichte / cm und Nadelmasse / cm) wurden auch Nadelmerkmale erhoben. Die Düngerwirkung, insbesondere die Stickstoffsteigerung, hielt an Hand der Nadelanalysendaten bei der N_2PK -Variante am längsten an. Nach der Düngung im Frühjahr 1969 kam es in den Nadeln der gedüngten Parzellen im Vergleich zu den Nullflächen für fünf Jahre zu einer Absenkung des Schwefelgehaltes. Auf der N_2PK -Variante hielt die Absenkung - wenngleich vermindert - auch noch weiter an. Die erhobenen Nadelmerkmale ergaben keinen Zusammenhang mit den im Verlauf der Jahre unterschiedlichen Immissionseinwirkungen.

L I T E R A T U R

- STEFAN, K., 1972: Nadelanalytische Ergebnisse von einem Düngungsversuch in einem rauchgeschädigten Fichtenbestand. Mitt. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien, 97 / II, 521 - 534.
- STEFAN, K., 1980: Darstellung der Immissionseinwirkung und Ernährungssituation im Raum Gailitz-Arnoldstein mit Hilfe chemischer Analysen von Fichtennadeln. Carinthia II (in Druck).
- STEFAN, K. und POLLANSCHÜTZ, J., 1974: Die Auswirkung verschiedener Düngungsmaßnahmen in einem rauchgeschädigten Fichtenbestand. Tagungsber., IX. Int. Tagung über die Luftverunreinigung und Forstwirtschaft, Marianske Lazne, 365 - 373.

NACHWEIS ZUSÄTZLICHER IMMISSIONS-
WIRKUNGEN DURCH DAS DKW-ZELTWEG
UND IHRE QUANTIFIZIERUNG IN EINEM
TEILGEBIET DES MURWALDES

OTHMAR GRIESS

Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark

Problemstellung

Das gesamte Gebiet des Aichfeldes ist als Industriegebiet (Stahlwerke, Bergbau) seit Jahrzehnten immissionsbelastet. 1962-63 wurde das Dampfkraftwerk (=DKW) Zeltweg der Österreichischen Draukraftwerke (=ÖDK) in Betrieb genommen und dadurch entstand eine zusätzliche Belastung. Im Zuge der Entschädigungsverhandlungen war nun die Frage zu klären, ob sich diese zusätzlichen Immissionseinflüsse erfassen und nachweisen lassen.

Das zu untersuchende Gebiet (Abb.1) liegt im Raum nördlich der Mur und südlich der Bahnlinie Judenburg-Zeltweg, in einer Seehöhe von ca. 680m.

Vorgangsweise

Bei 6 Punkten (Abb.1) wurden 36 Bohrspäne entnommen und bei diesen mit der Bohrkernmeßlupe II nach Dr. Pollanschütz 2878 Jahrringe gemessen.

Da im gesamten Aichfeld keine immissionsunbeeinflussten Gebiete liegen, wurde der Punkt 1 (=Nullfläche) in den Bereich von Reifling gelegt, ca 6 km südwestlich vom DKW Zeltweg. Dieser Bereich liegt zwar nach der Immissionszonenkartierung (Zone 1 = beeinflusst, Zone 2 = leicht bis mäßig geschädigt, Zone 3 = stark geschädigt, Zone 4 = sehr stark geschädigt) noch in der Zone 1, ein Einfluß des DKW Zeltweg ist jedoch unwahrscheinlich.

Die Verteilung der Bohrkern- und ausgewerteten Jahrringe kann folgender Übersicht entnommen werden:

Punkt	Bestandesalter im Jahr 1963	Anzahl der 1977/78 ausgewerteten Bohrkerne	Jahrringe
1	70	5	349
2	100	5	507
3	95	5	463
4	65	10	697
5	65	5	324
6	95	6	538

Die Auswertung nach dem NKZ (= normiertes Kreisflächenzuwachsprozent) ist über das Durchschnittsalter der Probebläche zu machen, damit jener auf

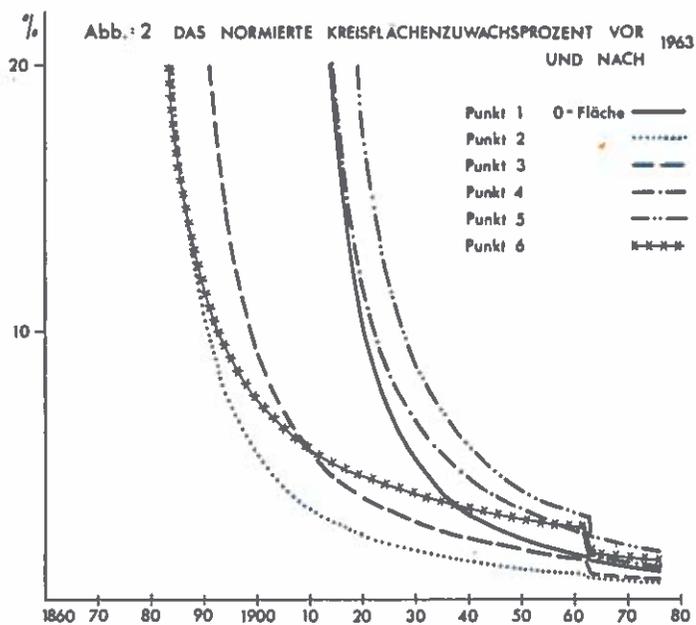
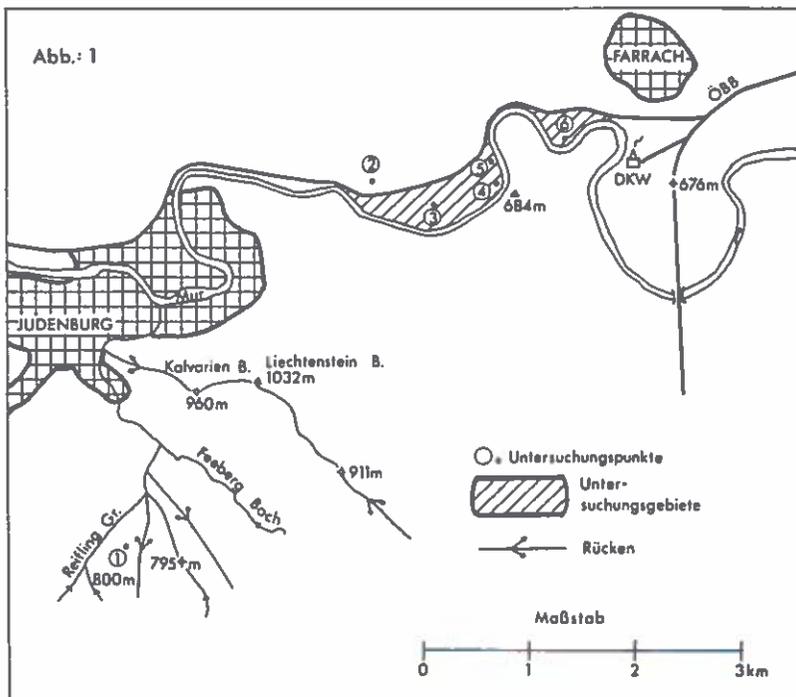
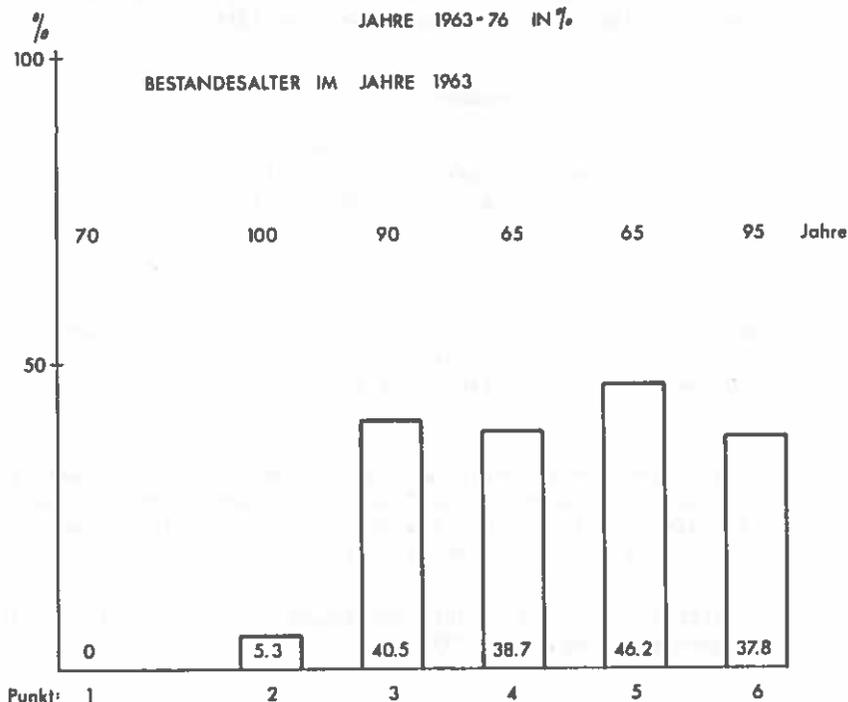


Abb. 3 AUSFALL AN LAUFENDEM ZUWACHS IM DURCHSCHNITT DER
JAHRE 1963-76 IN %



der x-Achse bestimmte Zeitpunkt der möglichen Beeinflussung für alle Bohrkern einer Probefläche ident ist (Abb.2).

Ergebnisse

Der Verlauf des normierten Kreisflächenzuwachsprozentes (Abb.2) zeigt deutliche Niveauunterschiede vor und ab 1963 auf den Probeflächen 3-6, bedingt auch 2, und geringe auf der Probefläche 1. Nimmt man an, daß Punkt 1 tatsächlich vom DKW Zeltweg unbeeinflusst ist, so kann man diesen Niveauunterschied der klimatischen Situation der Jahre 1963-77 zuschreiben.

Um nun das Ausmaß der zusätzlichen Immissionswirkung festzustellen, wird der Verlauf des NKZ auf allen Probeflächen über das Jahr 1963 hinaus seinem vorherigen Trend entsprechend prolongiert. Da sich - wie erwähnt - auch auf der Probefläche 1 eine Differenz gegenüber dem tatsächlichen Verlauf ab 1963 ergibt, wird daraus ein Korrekturfaktor errechnet, mit dem der NKZ-Verlauf der anderen Probeflächen reduziert wird. Die Differenz zwischen diesem reduzierten NKZ-Verlauf und dem aus den Messungen ermittelten ergibt das relative Schadensausmaß.

Zur Quantifizierung steht nun vom Modell bis zur bestandesweisen Aufnahme und Berechnung jede Möglichkeit offen.

Eine Modellrechnung über den Kreisflächenmittelstamm zeigt deutlich bedeutende Zuwachsverluste im Untersuchungsgebiet (Abb.3).

Zusammenfassung

Es wird gezeigt, wie mit Hilfe des NKZ (normiertes Kreisflächenzuwachsprozent) ein - zu einer bereits bestehenden Vorbelastung - zusätzlich hinzukommender Schadenseinfluß nachgewiesen und quantifiziert werden kann.

Summary

This paper demonstrate the possibility to recognize and quantify the influence of a new caloric power station within an area of longterm air pollution with the per cent of basal area increment.

Grundlagen: "Das normierte Kreisflächenzuwachsprozent - ein Hilfsmittel zur Beweissicherung und Quantifizierung äußerer Einflüsse auf das Wachstum von Bäumen und Beständen" in den Berichten zur XI. Internationalen Tagung forstlicher Rauchschadenssachverständiger in Graz 1980.

"Luftgüte und Wald in der Steiermark", Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz 1977.

DAS VERTIKALPROFIL DER LUFT -
VERUNREINIGUNGEN IM AICHFELD
ANHAND VON BORKENUNTERSUCHUNGEN

V o n

O t t o H ä r t e l

Institut für Pflanzenphysiologie an der Universität Graz

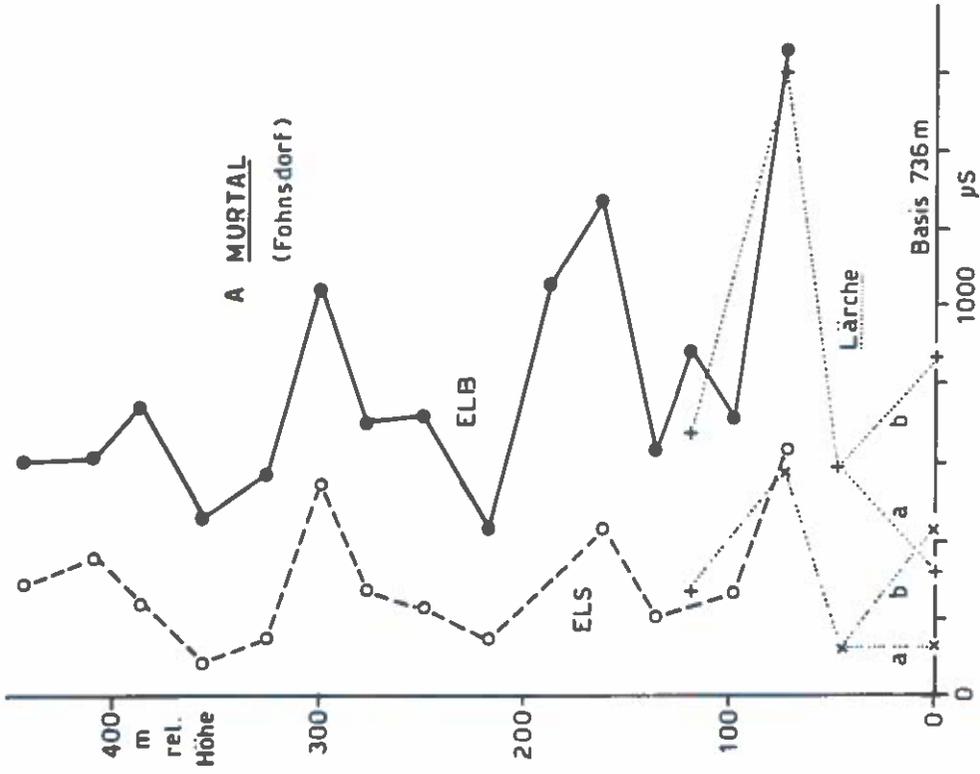
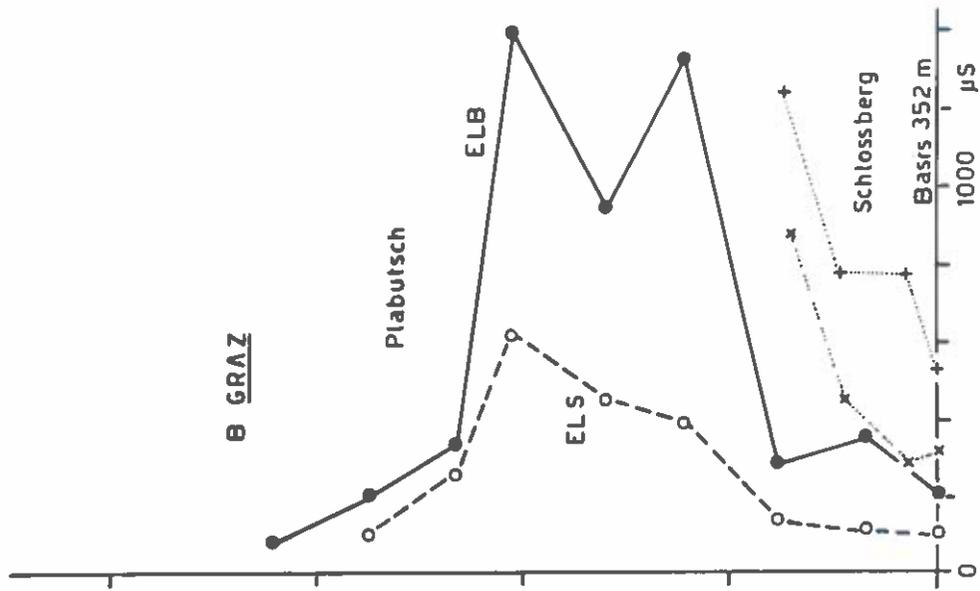
Mit 2 Abbildungen

Bei der Darstellung der Luftverunreinigungen im Stadtgebiet von Graz mittels des Borkentests nach HÄRTEL & GRILL (1972) fiel auf, daß die elektrolytische Leitfähigkeit der Borkenextrakte mit zunehmender relativer Höhe nicht gleichmäßig abnahm. Es zeigte sich in einer Zone etwa 100 - 200 Meter über der Talsohle ein ausgesprochenes Maximum löslicher Elektrolyte in den Borkenproben, erst oberhalb dieser Zone sinken die Leitfähigkeitswerte der Extrakte auf normale Werte ab (KIENZL & HÄRTEL 1979, vgl. Abb.1 B). Die erhöhte elektrolytische Leitfähigkeit der Borkenextrakte (kurz ELB-Werte genannt) beruht nicht allein auf einem erhöhten Gehalt an löslichen Sulfaten (deren Anteil an der Gesamtleitfähigkeit wird als ELS-Wert bezeichnet); ein erheblicher Anteil geht auch auf nichtsulfatische Komponenten zurück. Letztere ergeben sich aus der Differenz von ELS auf ELB und werden als ELN-Werte bezeichnet. Die Obergrenze dieser auffallend hohen Leitfähigkeitswerte fällt mit der durchschnittlichen Höhe der Obergrenze der stabilen Temperaturschichtung über der Stadt zusammen. Derartige Inversionen sind durch die Beckenlage von Graz bedingt, sie können sich im Winter durch lange Zeit, oft durch mehrere Wochen, halten.

Auch der im Zentrum von Graz sich erhebende Schloßberg (relative Höhe rd. 120 m) ragt mit seinem Plateau im Winter gerade in diesen "Inversions-Plafond" hinein, wie der Anstieg der Leitfähigkeitswerte erkennen läßt (Abb.1 B, gestrichelte Linien).

Der Borkentest eröffnet somit eine Möglichkeit, die Lage von Inversionszonen auf einfache Weise festzulegen.

Auch das Murtal im Bereich des Aichfeldes stellt ein ausgesprochenes Talbecken dar und ist durch häufige und langanhaltende Inversionen gekennzeichnet. Es befinden sich in diesem Bereich ein Braunkohlenbergwerk nahe Fohnsdorf, ein mit Braunkohle betriebenes kalorisches Kraftwerk und ein Gußstahlwerk; ferner werden bei NW-Winden auch Abgase einer, allerdings schon außerhalb des Aichfeldes gelegenen, Papierfabrik in das Aichfelder Becken verfrachtet. Schließlich darf der Hausbrand nicht übersehen werden.



Alle diese Komponenten tragen zu einer erheblichen Luftverschmutzung bei, so daß zu erwarten war, daß sich diese in den Borkenwerten widerspiegeln und dadurch Aufschlüsse über die Vertikalverteilung der Luftverunreinigungen geben.

Dazu wurden Ende Juli bis Anfang August entlang eines von Fohnsdorf ausgehend in Richtung NNE über den Schloßberg und entlang des Fohnsdorfer Grabens gelegten Profils Borkenproben von Fichte und Lärche bis in eine Höhe von 1210 m über NN entnommen (Abb.2). Nur an einigen Stellen, insbesondere zwischen 900 und 1000 m, fanden sich geeignete Testbäume erst etwas abseits dieses Profils, doch wurde darauf geachtet,

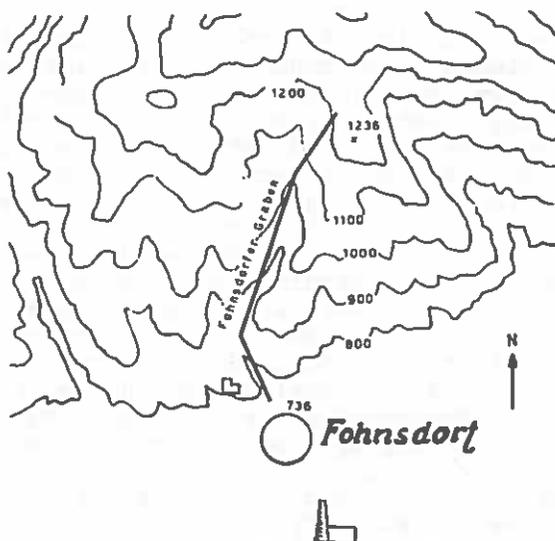


Abb.2: Die Lage des Profils (Maßstab 1 : 30.000)

daß auch diese Probestellen hinsichtlich der Exposition gegenüber den Emittenten mit den übrigen Probestellen vergleichbar waren. Der Fohnsdorfer Glanzkohlenbergbau war zwar knapp vor der Probenentnahme eingestellt worden, doch kann angenommen werden, daß die Borkenproben noch die Immissionsverhältnisse, wie sie zur Zeit des Betriebes des Bergwerkes bestanden haben, widerspiegeln. Auch die Halden schwelen weiter und stellen gleichfalls einen wichtigen Emittenten dar.

Legende zu Abb.1 (vorige Seite). A: Vertikalprofil der Gesamtleitfähigkeit (ELB) und des sulfatischen Anteils (ELS) der Borkenextrakte NNW Fohnsdorf. B: Vergleichsprofile Graz (Plabutsch) und Schloßberg) n. KIENZL & HÄRTEL 1979.

Die Borkenproben wurden, wie bei HÄRTEL & GRILL 1972 und KIENZL & HÄRTEL 1979 beschrieben, aufgearbeitet, d.h. klein zerteilt, 24 Stunden mit Wasser extrahiert (4 g Borke auf 60 ml Wasser). Die Leitfähigkeit wurde konduktometrisch und der Sulfatanteil turbidimetrisch bestimmt. Aus dem Sulfatanteil wurde der diesem entsprechende Anteil der Leitfähigkeit (ELS) auf der Basis von CaSO_4 errechnet (vgl. KIENZL & HÄRTEL 1978). Die Untersuchungen wurden von Frau Gisela MATSCHNEK, Fohnsdorf, im Rahmen einer Prüfungsarbeit durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abb. 1 A dargestellt. Um diese mit den Erhebungen aus Graz leichter vergleichen zu können, wurden die Höhen der Probestellen gleichfalls als relative Höhen mit Fohnsdorf = 736 m als Basis (= 0 m) angegeben.

Zunächst fällt ein scharfes Maximum ca 75 m über der Talsohle auf, es wird von der Fichten- wie von der Lärchenborke in genau der gleichen Weise angezeigt. Sie sind wohl durch die in der gleichen Höhe (82 und 84 m Höhe über dem Boden) befindlichen Emissionsorte des rd. 1300 m entfernt liegenden Glanzkohlenbergwerkes Fohnsdorf verursacht. Der Sulfatanteil ist in dieser Höhe gleichfalls erhöht, doch gehen die hohen Borkenwerte in dieser Höhe hauptsächlich auf die nichtsulfatischen Komponenten ("Staub") zurück.

Zwischen 0 und 50 m sind die Borkenwerte deutlich niedriger. Es standen hier allerdings nur Lärche als Probestämme zur Verfügung; angesichts der guten Übereinstimmung zwischen Fichte und Lärche in den darüber liegenden Zonen (punktierte Linien) ist der Ersatz von Fichte durch Lärche wohl vertretbar. Die in Abb. 1 A mit a bezeichneten Punkte an den in der Talsohle gelegenen Probestellen beziehen sich auf eine Probe, die innerhalb einer Baumgruppe gezogen wurde, der mit b bezeichnete Wert wurde an einem freistehenden Baum erhalten. Der Einfluß der Exposition zum Emittenten ist zwar offenkundig, er reicht aber allein nicht hin, um z.B. die Unterschiede zwischen 0 und 70 m zu erklären.

Über einem durch 3 Meßpunkte gesicherten Minimum der ELB- wie der ELS-Werte um 100 - 120 m rel. Höhe deuten zwei Meßpunkte ein sicheres Maximum der ELB-Werte in der Zone zwischen 150 und 200 m an; dieses wird jedoch von der Sulfatkomponente (den ELS-Werten) nicht mit der gleichen Schärfe mitgezeichnet, es scheint demnach vor allem durch nichtsulfatische Komponenten verursacht zu sein. Nach Auskunft der Flugwetterwarte Zeltweg finden sich in dieser Höhe häufig Hochnebel.

Ein weiteres Maximum, das allerdings nur durch einen Meßpunkt angezeigt wird, das aber seine Parallele in einem ebenso deutlichen Maximum des ELS-Wertes findet, liegt in einer relativen Höhe um 300 m (= 1030 m über NN). Ob dieses Maximum ebenfalls einer Inversionsgrenze entspricht, kann mangels entsprechender meteorologischer Daten nicht eindeutig entschieden werden. Jedenfalls entspricht die Höhe dieser Zone derjenigen, in der bereits früher verbreitet Photo-

oxidationsprodukte im Zusammenhang mit Hochnebellagen bzw. Inversionen nachgewiesen werden konnten (GRILL & HÄRTEL 1973).

Gleich wie Fichte wurde auch Lärchenborke untersucht, d.h. ebenfalls in 3 mm dünnen Schichten abgehoben; die Ergebnisse wurden jedoch, von den erwähnten Meßpunkten in Bodennähe abgesehen, der Übersichtlichkeit halber nicht in das Diagramm eingetragen. Die an der Lärche erhaltenen ELB- und ELS-Werte verändern sich mit der Höhe gleichsinnig zu denen der Fichte; da aber Fichte und Lärche nicht immer an der gleichen Stelle anzutreffen waren, ergeben sich, offenbar expositionsbedingt, Differenzen in der Lage der Minima und der Maxima bis zu etwa 25 Höhenmetern. Zwischen den an Fichte und Lärche erhobenen Werten besteht jedoch eine über das ganze Profil ermittelte gute Korrelation von $r = 0,60$, abschnittsweise sogar bis $r = 0,90$. Auch dadurch erscheint die erhaltene Zonierung bestätigt.

Mit den im Raume Graz ermittelten Profilen besteht auffallende Übereinstimmung. Der Anstieg der Borkenwerte am Grazer Schloßberg findet sich ähnlich auch im Aichfeld in den untersten 100 m wieder, dem breiten Maximum in der Zone 100 - 200 m über Graz entspricht das etwas weniger mächtige 150 - 200 m über dem Aichfeld. Ein noch höher gelegenes, dem Maximum 300 m über dem Aichfeld entsprechendes ist über Graz nicht mehr faßbar, weil die das Grazer Becken umrahmenden Berge zu niedrig sind. Während aber der Staubanteil (die nichtsulfatische Komponente der Leitfähigkeit) über Graz oberhalb etwa 200 m relativer Höhe nahezu verschwindet, ist er über dem Aichfeld in allen untersuchten Höhen ungefähr gleich groß und läßt keine Abhängigkeit von der Höhe erkennen.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Anhand eines Höhenprofils über dem Aichfeld und eines Vergleiches mit Graz erweist sich die Leitfähigkeit von Borkenextrakten als ein geeignetes Indiz, die Lage von Inversionszonen anzugeben.

Z I T I E R T E L I T E R A T U R

- GRILL, D. & HÄRTEL, O., 1973: Abgassymptome an Fichten in 1000 m Höhe ? Wetter und Leben 25: 91 - 95.
- HÄRTEL, O. & GRILL, D., 1972: Die Leitfähigkeit von Fichtenborken-Extrakten als empfindlicher Indikator für Luftverunreinigungen. Eur.J.Forest.Pathol. 2: 205 - 215.
- KIENZL, I. & HÄRTEL, O., 1978: Neues über den Borkentest - seine Zuverlässigkeit bei der Beurteilung von Immissionen. Tagungsbericht der X. Arbeitstagung forstlicher

Rauchschadenssachverständiger (IUFRO - Arbeitsgruppe 2.09) in Lubljana, September 1978 (im Druck).

KIENZL, I. & HÄRTEL, O., 1979: Die Luftverunreinigungen im Stadtgebiet von Graz, dargestellt anhand von Borkenuntersuchungen. Mitt.Naturwiss.Ver.Steiermark 109: 113 - 135.

MATSCHNEK, G., 1979: Höhenprofile der Luftverunreinigungen bei Fohnsdorf anhand des Borkentests. Hausarbeit Graz.

DIE IMMISSIONSSITUATION IN DER REGION AICHFELD - MURBODEN

Von

Ernst PAPESCH

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung Ia
(Allgemein technische Angelegenheiten), Referat für Luftreinhaltung, Graz

EINLEITUNG

Die Situation in der Region Aichfeld - Murboden war seit jeher durch eine Immissionsbelastung durch Schwefeldioxid gekennzeichnet. Dies hat dazu geführt, daß dort bereits 1971 durch das Land Steiermark ambulante Immissionskonzentrationsmessungen einsetzten. Sie bestätigten die schon aus dem Schädigungsgrad der Nadelbäume und den Untersuchungen der Forstl. Bundesversuchsanstalt gewonnenen Erkenntnisse und beschrieben die Immissionssituation in I_1 - und I_2 - Werten, wie sie von der TA Luft 1964 definiert wurden. Auf Grund dieser Situation wurden grundsätzliche Einschränkungen der Emissionen von Neuanlagen in den einzelnen behördlichen Verfahren beantragt. Die Gemeinden als Baubehörden wurden auf diesen Zustand besonders aufmerksam gemacht.

Im Gebiet wurden dann 3 Meßstationen für SO_2 fix aufgestellt, welche eine Kontrolle der Immissionssituation zuließen. Staubniederschlagsmessungen sollten eine Aussage zulassen, ob auch die Staubkonzentration zu messen sein wird. Die Ergebnisse der nach Bergerhoff durchgeführten Staubniederschlagsmessungen und die visuelle Beobachtung der Staubquellen ließen jedoch erkennen, daß übermäßige Staubkonzentrationen nicht auftreten. Dies wurde auch durch den Einsatz eines Staubmonitors festgestellt.

Bevor näher auf die Methode der Erfassung der Immissionssituation eingegangen wird, seien vorerst die Standorte der drei Meßstationen angegeben. Die Station Nr. 60 steht in einem Container in Knittelfeld ca. 40 m südlich der Bundesstraße, nächst dem Feuerwehrrüsthau. Die Station Nr. 61 ist im Judenburger Stadion und zwar im Kassenraum untergebracht und die Station Nr. 71 steht in Fohnsdorf in einem Container im Freischwimmbad.

Die Auswahl der Standorte der drei Stationen erfolgte auf Grund der ambulanten Konzentrationsmessungen und eines Bleikerzennetzes. Es wurden die in diesem Gebiet am stärksten belasteten Teilgebiete ausgewählt.

MESSE ERGEBNISSE

Station Nr. 60 Knittelfeld

	\bar{X} Jahr	\bar{X} Winter	\bar{X} Sommer
1974	0,09	1974/75 0,07	0,03
1975	0,06	1975/76 0,13	0,02
1976	0,09	1976/77 0,15	0,05
1977	0,08	1977/78 0,10	0,03

Station Nr. 61 Judenburg

	\bar{X} Jahr	\bar{X} Winter	\bar{X} Sommer
1974	0,07	1974/75 0,07	0,02
1975	0,06	1975/76 0,07	0,04
1976	0,09	1976/77 0,13	0,06
1977	0,06		0,02

Station Nr. 71 Fohnsdorf

	\bar{X} Jahr	\bar{X} Winter	\bar{X} Sommer
1975	0,16	1975/76 0,26	0,09
1976	0,24	1976/77 0,24	0,17
1977	0,17	1977/78 0,25	0,09

\bar{X} = arithmetisches Mittel der Halbstundenmittelwerte an SO_2 in mg/m^3 Luft über einen bestimmten Zeitraum

Als Jahr wird das Kalenderjahr von Jänner bis einschließlich Dezember angesehen, als Winter gilt der Zeitraum von Oktober bis einschließlich März und als Sommer der Zeitraum von April bis einschließlich September.

Mit Ausnahme der Ergebnisse der Station 71 wären die Immissionskonzentrationen der beiden anderen Stationen, gekennzeichnet durch die Mittelwerte, für ein industriell genutztes Gebiet nichts besonderes.

Es finden sich jedoch bei jeder Station Monatsmittelwerte über $0,30 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ Luft, 95 % Summenhäufigkeiten des Meßwertkollektives eines Monats von mehr als $0,60 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ Luft, Tagemittelwerte bei allen Stationen von mehr als $0,20 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ Luft und Halbstundenmittelwerte von mehr als $1,0 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ Luft. Auch im Sommer wurden maximale Halbstundenmittelwerte über $1,0 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ Luft beobachtet. Daß sich so hohe akute Belastungen während der Vegetationsperiode bei Nadel-

hölzern und anderen Pflanzen besonders wirksam erweisen, ist allgemein bekannt. Trotz der immer wieder auftretenden Erholungsphasen bleiben Schädigungen zurück.

URSACHEN

Als Großemittenten waren in diesem Raum die Gußstahlwerke in Judenburg, die Werkstätte der ÖBB in Knittelfeld und zwei Kraftwerke vorhanden. Diese Großemittenten waren eigentlich noch kein Grund für die hohen Immissionsbelastungen. Es mußte vielmehr noch ein weiterer Grund für diese Immissionssituation vorhanden sein.

Die Ursache war bald gefunden. Die im Bergbau Fohnsdorf gewonnene Kohle hatte sehr hohe Schwefelgehalte, der Abraum aus dem Bergbau wurde auf eine Halde gestürzt, die auf Grund der inneren Temperatur und des Druckes immer wieder zu schwelen und brennen begann. Diese Kohle wurde aber vor allem als Deputatkohle in den Haushalten verwendet und das dabei erzeugte Schwefeldioxid in geringen Höhen emittiert, sie wurde aber auch im Kraftwerk des Bergbaues und im Kraftwerk der Österreichischen Draukraftwerke verfeuert.

WIRKUNG

Die Situation änderte sich wesentlich, als im Sommer 1978 das Kraftwerk des Bergbaues eingestellt wurde und die Haushalte mit einer anderen Deputatkohle versorgt wurden. Auch das Kraftwerk der ÖDK verfeuerte jugoslawische Kohle, die weniger Schwefel als die Fohnsdorfer Kohle enthält und einen höheren Heizwert hat. Des weiteren wurde kein Abraum mehr aus dem Bergbau auf Halde gestürzt.

Diese Maßnahmen haben sich recht deutlich in den Meßwerten des Jahres 1979 gezeigt.

Monatsmittelwerte Station Nr. 60 Knittelfeld

	1	2	3	4	5	6	7	8
1977	0,26	0,10	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
1979	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

Monatsmittelwerte Station Nr. 71 Fohnsdorf

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1977	0,42	0,23	0,14	0,11	0,07	0,07	0,07	0,06	0,13	0,21	0,23	0,30
1979	-	-	0,17	0,08	0,06	0,02	0,03	0,02	0,03	0,06	0,12	0,13

Im Winter 1978/79 dürften sich noch die Reste der Deputatkohle ausge-

wirkt haben (es liegen hierfür leider keine Meßwerte vor), während im Sommer und in der ersten Hälfte des Winters 1979 die Auswirkungen der Stilllegung des Bergbaus und des Ausfalls der Fohnsdorfer Kohle sehr deutlich, vor allem an der Meßstelle 71, zu erkennen sind.

Die Wetterverhältnisse können für diese Unterschiede nicht allein verantwortlich sein, denn vergleicht man die vorhandenen Meßwerte der Station Nr. 61 aus dem Jahr 1977 und 1979 soweit sie vorhanden sind (das Meßgerät mußte in der Zwischenzeit leider als nicht mehr reparabel eingezogen werden), so findet man andere Zusammenhänge:

Monatsmittelwerte Station Nr. 61 Judenburg

	3	4	5	6
1977	0,05	0,04	0,02	0,01
1979	0,06	0,05	0,04	0,02

Es sind aus dem Jahr 1979 leider nur diese vier Monatsmittelwerte vorhanden. Doch ist aus ihnen im Vergleich mit den beiden anderen Stationen zu ersehen, daß sich hier der Ausfall der Fohnsdorfer Kohle nicht bemerkbar gemacht hat, da andere Einflüsse für diese Station maßgeblich zu sein scheinen.

Auf Grund des bisherigen Verlaufs ist zu hoffen, daß durch weitere gezielte Maßnahmen, vor allem durch Verhinderung der Verwendung schwefelreicher Brennstoffe, eine Situation erreicht wird, die den Bestrebungen, die Luft so rein als möglich zu halten, entgegenkommen.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird die Immissionssituation für SO_2 in der Region Aichfeld - Murboden beschrieben. Mit Wegfall der Fohnsdorfer Kohle als Brennstoff trat eine wesentliche Verbesserung der Immissionssituation im Bereich von Fohnsdorf und Knittelfeld ein, so daß zu hoffen ist, daß bei weiteren gezielten Maßnahmen die Reduzierung der Immissionen auf ein Maß erfolgen kann, welches auch einen nur wenig gestörten Waldbau zuläßt.

ERGEBNISSE VON LUFTANALYSEN
(SO₂ - STICHPROBENMESSUNGEN)
IM WESTLICHEN TEIL DES AICHFELDES
IN DEN JAHREN 1977 UND 1979

Von
Klaus STEFAN
Institut für Forstschutz der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

EINLEITUNG

Im Raum Fohnsdorf - Pöls - Judenburg wurden während der Vegetationsperioden 1977 und 1979 SO₂-Stichprobenmessungen durchgeführt. Im Immissionsgebiet Aichfeld kam es im Verlauf der letzten Jahrzehnte zu unterschiedlichen Immissionsbelastungen; eine deutliche Intensivierung erfuhr die Immissionssituation durch die Errichtung eines kalorischen Kraftwerkes in Zeltweg (DONAUBAUER und STEFAN, 1972).

Im Jahr 1977, als der Kohlenbergbau Fohnsdorf noch in Betrieb war, ging es neben der Feststellung der auftretenden Immissionskonzentrationen auch darum, ob und in welchem Umfang die Papierfabrik Pöls und das Edelstahlwerk Judenburg neben den östlich gelegenen Emittenten (Kohlenbergbau Fohnsdorf und dem Hauptemittenten, dem DKW Zeltweg der Österr. Draukraftwerke) an den Immissionen während der Meßzeiten in diesem Teil des Aichfeldes beteiligt sind und ob eine Abgrenzung der Einflußbereiche an Hand der Luftanalysendaten möglich ist. Bei der Untersuchung 1979 stand dann das Interesse an den Auswirkungen der 1978 erfolgten Schließung von Fohnsdorf im Vordergrund.

MATERIAL UND METHODIK

Die Messungen wurden 1977 an 8 und 1979 an 6 Meßstellen durchgeführt. Zwischen April und September 1977 und zwischen April und Oktober 1979 wurden die Meßstellen an drei aufeinanderfolgenden Tagen einmal im Monat angefahren. Die Meßzeiten an den einzelnen Meßstellen wurden im Meßplan so fixiert, daß eine "zeitliche Deckung" bei den einzelnen Meßstellen erzielt wurde. Die Meßorte wurden nur auf

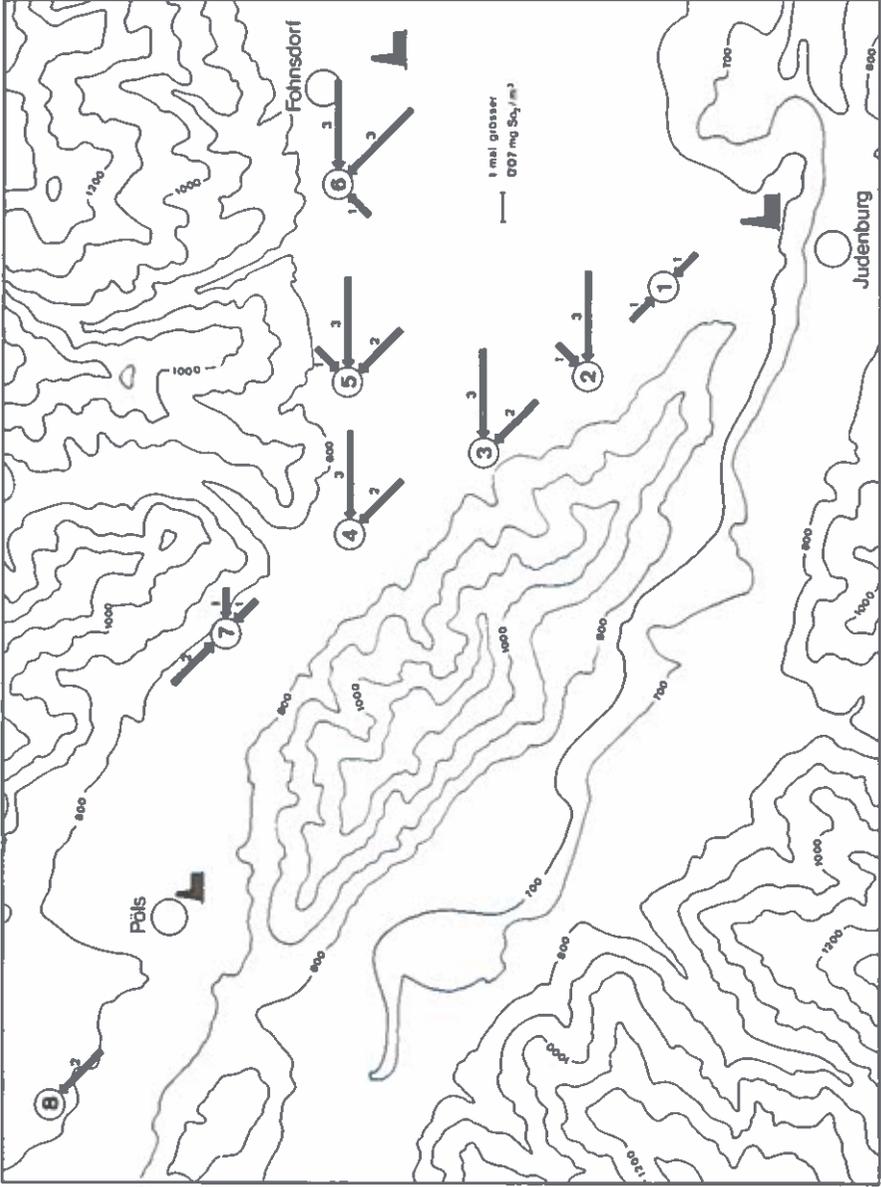


ABBILDUNG 1: Häufigkeit der Überschreitungen des Akademiegrenzwertes (0,07 mg SO₂/Kubikmeter) und Zuwehungsrichtungen bei diesen Überschreitungen an den einzelnen Meßstellen im Jahr 1977

den "Verbindungslinien" der drei Hauptemittenten in diesem Gebiet, relativ nahe zum Wald, fixiert (s. Abbildung). Die Messungen wurden mit einem Wösthoff Ultragas U 3 S unter Vorschaltung eines Filters durchgeführt. Die Stromversorgung des Meßgerätes erfolgte mit Hilfe eines Honda Generators.

ERGEBNISSE

Aus den 18 (1977) beziehungsweise 21 (1979) Einzelmessungen wurden nach der TA Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - 1974) die Kenngrößen I_1 und I_2 für die einzelnen Meßstellen berechnet und neben dem maximalen Halbstundenwert in Tabelle 1 angegeben.

In Tabelle 2 werden die aus den Einzelwerten errechneten Kenngrößen für Meßstellengruppen beziehungsweise aller Meßstellen ausgewiesen. Zu Gruppen wurden die Meßstellen der Verbindungs-
linie Fohnsdorf - Pöls (4, 5, 7) beziehungsweise Judenburg -
Ritzersdorf (1, 2, 3) zusammengefaßt.

BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften wurden Luftqualitätskriterien für SO_2 erarbeitet und ein Halbstundenmittelwert von $0,07 \text{ mg } SO_2 / \text{m}^3$ während der Vegetationszeit als Grenzwert für Koniferen angegeben (KISSER und HALBWACHS, 1975). An den Meßstellen 1 - 5 und 7, die sowohl 1977 als auch 1979 bearbeitet wurden, kam es 1977 zu 26 Überschreitungen dieses Grenzwertes, 1979 nur noch zu vier. Bei Berücksichtigung des unterschiedlichen Datenumfanges bedeutet dies, daß der Anteil der Werte größer $0,07 \text{ mg } SO_2 / \text{m}^3$ von 24,3 Prozent im Jahr 1977 auf 3,2 Prozent im Jahr 1979 abgesunken ist. Während 1977 an allen Meßstellen Überschreitungen des Akademiewertes vorkamen, war dies 1979 nur noch an 3 Meßstellen, die auf der Verbindungs-
linie Pöls - Fohnsdorf lagen, nämlich 4, 5 und 7 der Fall.

Daß der Kohlenbergbau 1977 den Hauptanteil an den Überschreitungen des Grenzwertes von $0,07 \text{ mg } / \text{m}^3$ gehabt haben dürfte, läßt sich auch aus den Zuwehungsverhältnissen bei Überschreitungen zeigen. In der Abbildung wurden dafür die Zuwehungsrichtungen bei Werten größer $0,07$ und die Häufigkeit dieser Werte im Jahr 1977 graphisch dargestellt. Dadurch, daß in dieser Beckenlandschaft im Gebirge im Verlaufe des Tages bestimmte Winde vorherrschen, dürfte auch zu erklären sein, daß während der üblichen Meßzeit von 9 bis 17 Uhr Über-

TABELLE 1: Kenngrößen I₁ und I₂ und maximale Halbstundenwerte der einzelnen Meßstellen von Stichprobenmessungen im westlichen Aichfeld in den Jahren 1977 und 1979 (mg SO₂/m³).

Meßstelle		1977	1979
1	I ₁	0*036	0*020
	I ₂	0*203	0*043
	Max.	0*19	0*04
2	I ₁	0*087	0*021
	I ₂	0*778	0*051
	Max.	0*67	0*05
3	I ₁	0*063	0*021
	I ₂	0*333	0*039
	Max.	0*35	0*03
4	I ₁	0*061	0*033
	I ₂	0*212	0*224
	Max.	0*21	0*21
5	I ₁	0*081	0*023
	I ₂	0*361	0*119
	Max.	0*44	0*11
6	I ₁	0*094	-
	I ₂	0*277	-
	Max.	0*26	-
7	I ₁	0*059	0*029
	I ₂	0*308	0*150
	Max.	0*33	0*13
8	I ₁	0*043	-
	I ₂	0*302	-
	Max.	0*37	-

TABELLE 2: Kenngrößen I_1 und I_2 von Meßstellengruppen und allen Meßstellen von Stichprobenmessungen im westlichen Aichfeld in den Jahren 1977 und 1979 ($\text{mg SO}_2/\text{m}^3$)

		1977	1979
Meßstellen 1,2,3	I_1	0*062	0*021
	I_2	0*438	0*038
Meßstellen 4,5,7	I_1	0*067	0*028
	I_2	0*306	0*168
Meßstellen 1-5,7	I_1	0*064	0*024
	I_2	0*361	0*104
Meßstellen 1-8	I_1	0*066	-
	I_2	0*358	-

schreitungen des Grenzwertes vor allem nur bis zum frühen Nachmittag zu konstatieren waren und zwar: 9 bis 12 Uhr 56 %, 9 bis 13 Uhr 72 %, 9 bis 14 Uhr 89 % der Überschreitungen.

Mit den durchgeführten Messungen am Tal- beziehungsweise Beckenboden kann aber sicherlich nicht die tatsächliche Immissions-situation für Waldteile in höheren Hanglagen beurteilt werden, da hiebei der Orographie in diesem Untersuchungsgebiet besondere Bedeutung zukommt. Früher durchgeführte Nadelanalysen ergaben, daß die Immissionseinwirkung in einem Teil des jetzt mit Luftanalysen bearbeiteten Gebietes in Abhängigkeit von der Orographie (Taleintritt des Pölsbaches, Prallhang des Falkenberges) bei höher gelegenen Punkten größer als bei talnahen war (STEFAN, 1974).

ZUSAMMENFASSUNG

Im westlichen Teil des Aichfeldes wurden in den Jahren vor und nach der Schließung des Kohlenbergbaues Fohnsdorf SO_2 -Stichprobenmessungen während der Vegetationszeit durchgeführt. Die Schließung des Bergbaues bewirkte eine gewaltige Reduzierung der Immissionen. An den sowohl 1977 als auch 1979 bearbeiteten Punkten waren folgende Veränderungen für das Meßgebiet festzustellen: Die nach TAL errechneten Immissionskenngrößen sanken ab: I_1 von 0,064 auf 0,024 und I_2 von 0,361 auf 0,104 mg SO_2 /Kubikmeter. Während der höchste Halbstundenmittelwert 1977 bei 0,67 mg SO_2 /Kubikmeter lag, betrug dieser 1979 0,21 mg SO_2 /Kubikmeter. Der Anteil der Werte größer 0,07 mg SO_2 /Kubikmeter sank von 24,3 auf 3,2 Prozent.

LITERATUR

- DONAUBAUER, E. und STEFAN, K., 1972: Nachweis der Vergrößerung von Immissionseinwirkungen nach Errichtung eines kalorischen Kraftwerkes.
Mitt. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien, 97/I, 151-161
- KISSER, J. und HALBWACHS, G., 1975: Wirkung von Schwefeloxiden in der Atmosphäre auf die Vegetation.
Schwefeloxide in der Atmosphäre - Luftqualitätskriterien SO_2 d. Akad. d. Wissenschaften.
Hrsg. v. Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, 59 - 76, 113 - 121

- STEFAN, K., 1974: Die Frage der SO₂-Belastung in Wäldern
verschiedener Höhenlagen.
Tagungsber. IX. Int. Tagung über die Luftverunreinigung und
Forstwirtschaft, Marianske Lazne, 97 - 106
- TA-Luft, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, 1974:
Gem. Ministerialblatt, Bonn, 426

FLECHTENFLORA UND IMMISSIONSBELASTUNG IM PÖLSERTAL

Von

Edwin DONAUBAUER und Nematollah KHORASANI

Institut für Forstschutz der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

IMMISSIONSSITUATION

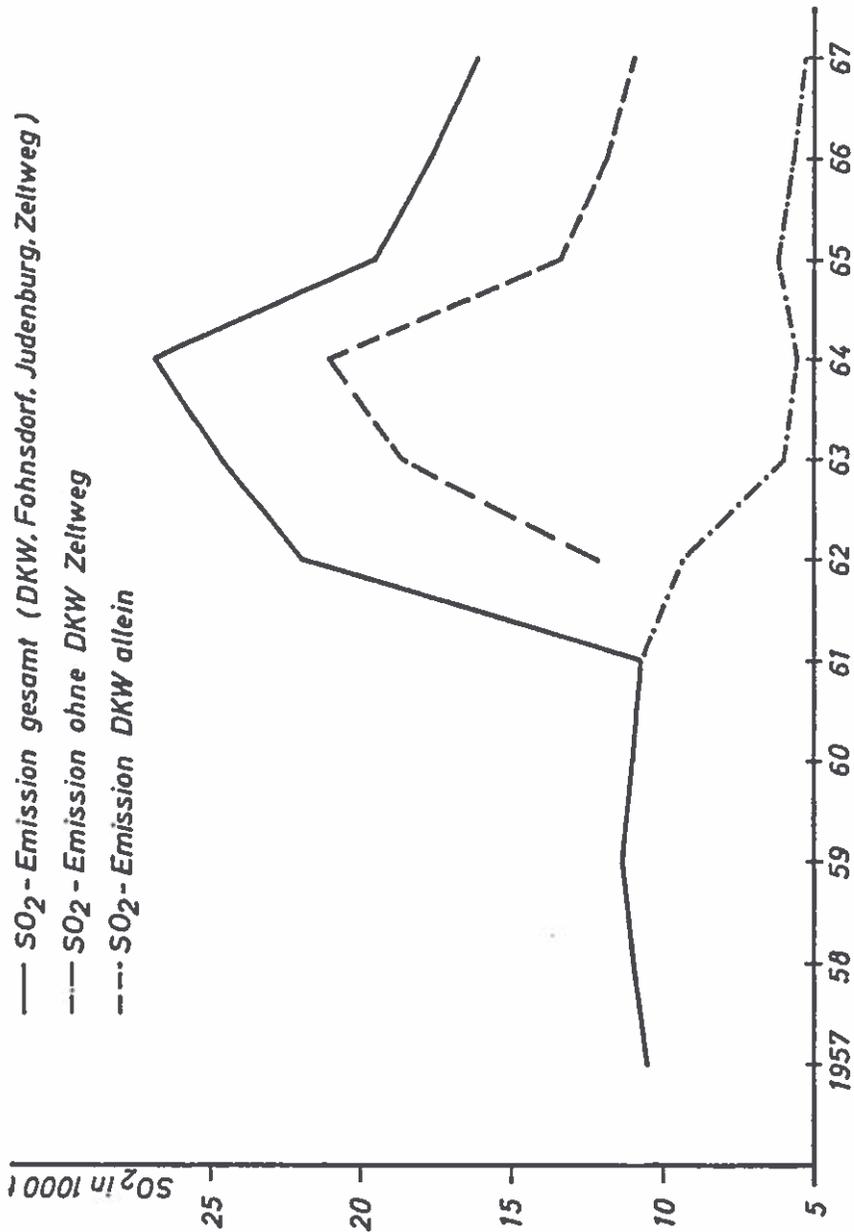
Das Pölsertal ist sehr stark durch Luftverunreinigungen im Aichfeld geprägt, weil die sehr häufigen Ostwinde Verfrachtungen aus diesem Raum bewirken; auch während der relativ häufigen Kalmen und Inversions-situationen (besonders häufige und stabile Inversionsschichten werden in rd. 900 -1100 m SH beobachtet) "rinnt" die immissionsbelastete Luft des Aichfeldes mehr oder weniger weit in das Pölsertal ein. Dies bedeutet, daß die großen Emittenten des Aichfeldes (vgl. Abbildung 1) und die Veränderungen in der Emission dieser Betriebe das Pölsertal maßgeblich beeinflussen.

Wie Nadel- und Luftanalysen (durchgeführt vom Amt der Steirischen Landesregierung und auch von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt) zeigen, treten als forstschädliche Luftverunreinigungen im wesentlichen SO₂ und HF auf; darüber hinaus gibt es im Pölsertal, aber auch bei Fohnsdorf in Talnähe erhöhte Chloridgehalte.

Im Tal selbst existiert eine Emissionsquelle, die Zellulose- und Papierfabrik Pöls, die verglichen mit den Quantitäten der Emission im Aichfeld geringe SO₂-Mengen an die Luft abgibt und wo auch Chlor-Austritte vorkommen.

Im gesamten Verlauf des Pölsertales und am Taleingang wurden vom Amt der Steirischen Landesregierung vor einigen Jahren Probeflächen für die chemische Untersuchung von Nadeln auf Schadstoffgehalte angelegt, die in Form von Querprofilen vom Talboden bis in rund 1100 m Seehöhe ausgewählt worden waren (insgesamt 11 Profile mit 66 Probeflächen). Die vorhandenen Unterlagen (KHORASANI, 1978) boten die Möglichkeit, die Ergebnisse chemischer Analysen mit dem Vorkommen rindenbewohnender Flechten zu vergleichen; zu diesem Zweck wurden die genannten Flächen (und deren nähere Umgebung) bezüglich Flechtenvorkommens untersucht.

ABBILDUNG 1: Jahressummen der Gesamtemission der Hauptemittenten im Aichfeld
(DONAUBAUER, E. und K. STEFAN, 1972)



FLECHTENBESATZ

Im Raum Pöls wurden insgesamt folgende vier baumbewohnende Flechtenarten gefunden:

Hypogymnia (=Parmelia) physodes auf den Probeflächen:

1/3, 2/2, 2/4, 2/8, 4/3, 4/4, 6/3, 6/7, 8/3, 8/6, 8/7, 9/2, 10/1, 10/2, 10/6, 11/2, 11/3 und 11/6.

Lepraria chlorina auf den Probeflächen:

2/6, 5/3, 6/7, 7/7, 8/6 und 8/7.

Lecanora frustulosa auf der Probefläche 8/5 und

Cetraria pinastri auf der Probefläche 2/2.

Das Vorkommen von Flechten (Deckungsgrad und Artenanzahl) auf den Probeflächen war sehr gering: lediglich Hypogymnia (=Parmelina) physodes kam auf relativ vielen Probeflächen (auf 18 von 66) vor. Bei dieser Art fällt auf, daß sie mit wenigen Ausnahmen nur über einer Seehöhe von ca. 900 m gefunden wurde (siehe Abbildung 2). Die Bestandes- und Klimaverhältnisse können den dürftigen Flechtenbesatz allein nicht erklären. Es muß daher angenommen werden, daß die durch viele Jahrzehnte bestehende Immissionsbelastung wesentlich am Verschwinden der Flechten beteiligt war.

BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

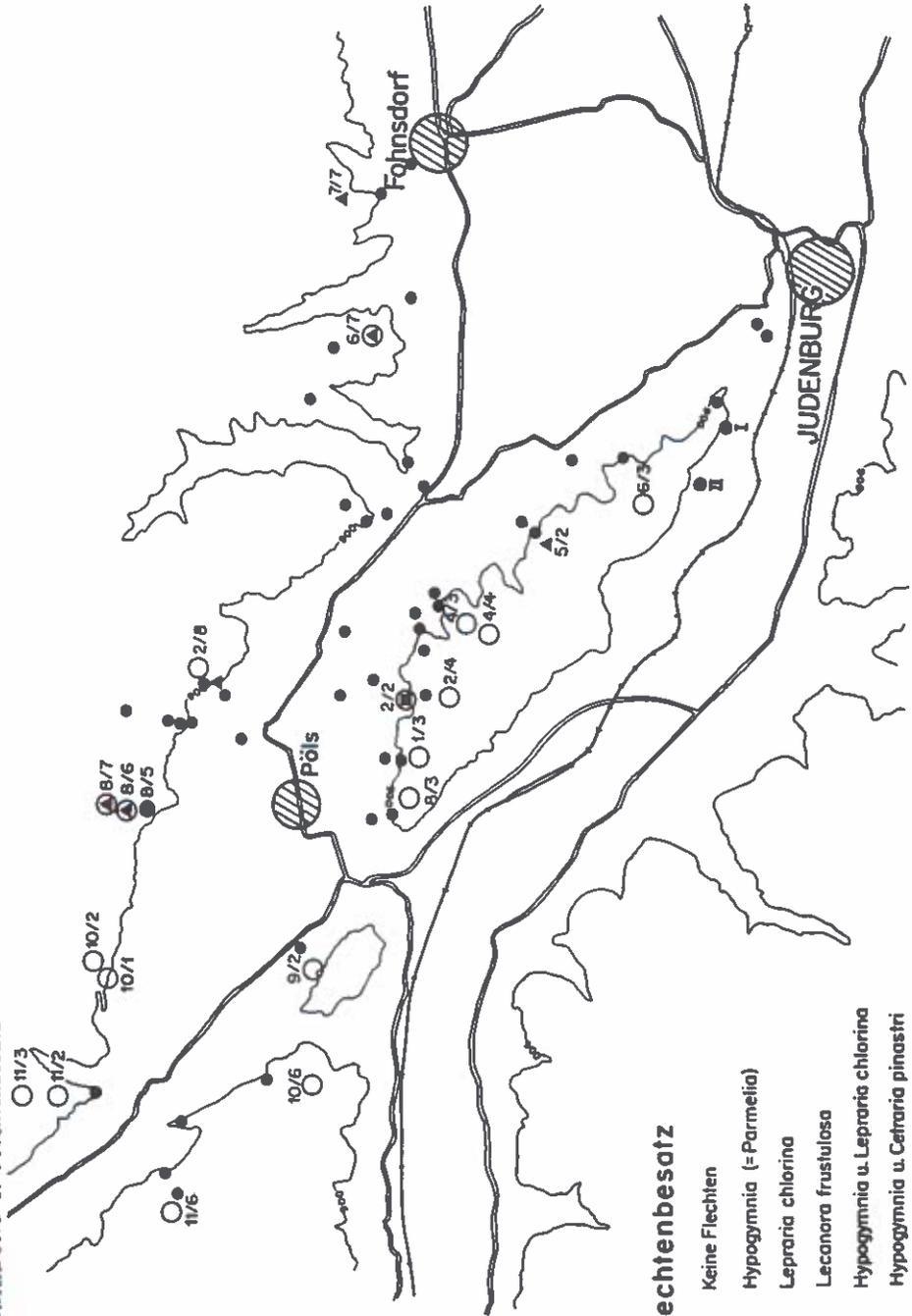
Die Ergebnisse zeigen deutlich, daß das Pölsertal in den untersuchten Höhenlagen nahezu eine Flechten-Wüste ist, die offensichtlich durch die jahrhundertlange Beeinflussung verschiedener saurer Luftverunreinigungen entstanden ist. Eigenartig ist die Tatsache, daß gerade jene Art, die als empfindlich für Luftverunreinigungen gilt und daher für Kartierungen gerne herangezogen wird, relativ häufig vertreten war.

Es ist ferner festzuhalten, daß die Ergebnisse der Flechtenkartierung nicht ausgereicht hätten, eine Zonierung - geschweige denn eine Abgrenzung - des beeinflussten Gebietes zu gestatten.

Hier erwiesen sich die Nadelanalysen und sogar die Luftanalysen als zweifelsfrei überlegen, da sie nicht nur direkt über die vom Baum aufgenommenen Schadstoffgehalte Auskunft geben konnten, sondern auch Hinweise auf die Reichweite einzelner Emittenten (Fluor!) liefern.

Vergleichen wir die S-Gehalte in Fichtennadeln (1. Nadeljahrgang) der Jahre 1976/77/78 (KHORASANI, 1978) mit dem Vorkommen von Hypogymnia physodes auf den untersuchten Probeflächen, so fällt vorerst auf, daß auf der Schattseite bereits drei (von 11) Flächen in 900 m Seehöhe einen Besatz aufweisen, in 1000 m schon 6 von 9 Flächen und in 1100 m Seehöhe 2 von 3 Flächen; auf der + südexponierten Hang-

ABBILDUNG 2: Flechtenbesatz



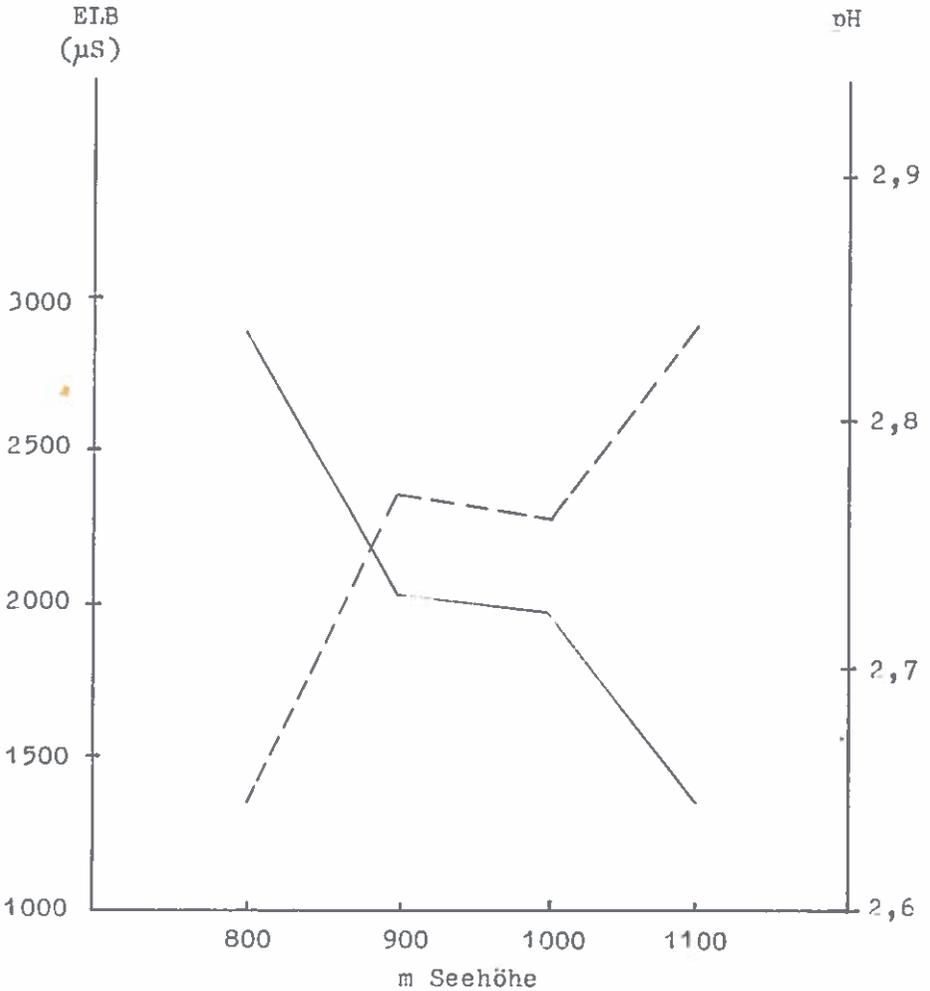
Flechtenbesatz

- Keine Flechten
- Hypogymnia (=Parmelia)
- ▲ Lepraria chlorina
- Lecanora frustulosa
- ⊖ Hypogymnia u. Lepraria chlorina
- ⊕ Hypogymnia u. Cetraria pinastri

TABELLE 1: Vergleich der pH- und ELB-Werte der Fichtenborkenextrakte in verschiedenen Seehöhen im Raum Pöls

Seehöhe (m)	Zahl der Proben	durchschnittlicher		pH		ELB (μ S)	
		pH-Wert	ELB-Wert	Min.	Max.	Min.	Max.
800	72	2,64	2898	2,37	2,93	1882	4922
900	84	2,77	2032	2,42	3,07	627	3687
1000	80	2,76	1973	2,41	3,06	910	3720
1100	28	2,84	1345	2,53	3,07	518	2384

ABBILDUNG 3: Durchschnittliche ELB- und pH-Werte von Fichtenborkenextrakten der verschiedenen Seehöhen im Raum Pöls



seite wurde die Flechtenart nur einmal im Bereich von unter 900 bis 1000 m Seehöhe gefunden und tritt erst über 1000 m auf 6 von 7 Flächen in Erscheinung. Der starke Unterschied zwischen den beiden Expositionen läßt sofort an die einstrahlungsbedingten, mikroklimatischen Verhältnisse als wesentliche Ursache des unterschiedlichen Flechtenbesatzes denken. Dieser Eindruck wird durch einen Blick auf die Ergebnisse der chemischen Nadelanalysen erhärtet: Denn es kommen zwar die Flechten dort vor, wo die S-Gehalte des Profiles relativ geringer sind, doch korrelieren sie keineswegs mit den in beiden Expositionen vorliegenden S-Werten. Allein dies erachten wir für ausreichend, um den Wert einer Flechten-Kartierung für Kartierungen von forstschädlichen Luftverunreinigungen bzw. ihrer Wirkungen als sehr gering anzusehen.

Ein weiterer Vergleich bietet sich dadurch an, daß auf den zitierten Probeflächen auch pH-Wert und Leitfähigkeit (ELB) von Fichtenborkenextrakten erhoben worden waren; die Tabelle 1 und Abbildung 3 geben einen Einblick in die gewonnenen Mittelwerte, doch ist zu betonen, daß die aufgetretenen Streuungen nur eine äußerst vorsichtige Interpretation der Daten erlauben (vgl. KHORASANI, 1978).

Da sich in den Durchschnittswerten eine Höhenabhängigkeit der pH- und ELB-Werte erkennen läßt, diese aber nicht mit den Expositionen der Probeflächen variieren, ist kein Zusammenhang mit dem Vorkommen der Flechten - und besonders mit der *Hypogymnia physodes* - erkennbar.

L I T E R A T U R

- KHORASANI, N., 1978: Über den Einfluß von Luftverunreinigungen auf Flechten (Lichenes) und die Acidität und elektrolytische Leitfähigkeit von Fichtenborken-Extrakten in Gebirgswäldern. Diss. Universität für Bodenkultur, Wien, 128 S.

BESCHREIBUNG DES RAUCHSCHADENSGBIETES ARNOLDSTEIN

Von
E. SUPPAN und H. PETZ
Bleiberger Bergwerks Union

TOPOGRAPHISCHE LAGE

Das Rauchschadensgebiet um das Werk Arnoldstein der BBU liegt am unteren Ende des breiten von West nach Ost führenden Gailtales. In Längsrichtung dieses Tales führt ein Höhenrücken, der durch das von WSW einmündende Gailitztal im Raum Arnoldstein unterbrochen ist, sich jedoch gegen Osten hin wieder fortsetzt.

Nördlich dieses Rückens wird der Talboden durch Bergsturzhügel unterbrochen, die aus historischer und prähistorischer Zeit stammen.

Im Norden wird das Gailtal in diesem Bereich durch den Dobratsch, im Süden durch die Vorberge der Karnischen Alpen eingegrenzt.

BESTANDESKUNDLICHE GRUNDLAGEN

Entsprechend der topographischen Lage ergibt sich für das Rauchschadensgebiet ein Mosaik von standörtlichen Wechselverhältnissen und somit von Bonitäten und Baumartenverteilungen.

Generell können zwei Wuchsräume unterschieden werden: Die Hanglagen der Karawanken und Villacher Alpe mit illyrischem Klimaeinfluß, sowie das Gailtaler Becken mit seinen relativ winterkalten Inversionslagen.

Die daraus resultierende Baumartenverteilung ergeben einen Eichen-, Buchen-, Fichten-Mischwald, wobei zusätzlich die Tanne in der montanen Stufe einen Verbreitungsschwerpunkt aufweist. Als Nebenbaumarten treten Bergahorn, Esche und Bergulme auf. Den illyrischen Einfluß dokumentiert das Auftreten von Schwarzföhre, Hopfenbuche, Manneresche und vereinzelt von Edelkastanie.

In den Beckenlagen treten auf Felsstandorten Fichte und Kiefer als natürliche Baumarten auf, auf Moränen- und Schotterböden Eichen-, Buchen- und Fichten-Mischwälder mit Beimischung von Winterlinde und Kiefer.

GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG

Die vorhandenen Bodenschätze in Kärnten, vor allem das bedeutende Vorkommen von Blei- und Zinkerzen in Bleiberg, führten bereits frühzeitig zu einer systematischen Nutzung. Diese bezog sich vorerst vor allem auf Blei, das wegen seiner leichten Gewinnbarkeit aus den Erzen im Kärntner Raum nachweislich schon in vorchristlicher Zeit erschmolzen wurde.

Ursprünglich war die Verhüttung des Bleierzes unmittelbar beim Bergbau Bleiberg situiert; die ersten Berichte über eine Loslösung von diesem Prinzip stammen aus dem 15. Jahrhundert und beziehen sich auf die Errichtung einer sogenannten "Saigerhütte" in Gailitz bei Arnoldstein durch die Familie Fugger im Jahr 1495.

Nach einer wechselvollen Geschichte, im Laufe derer sich die Hüttenaktivitäten immer mehr nach Arnoldstein verlagerten, wurde diese Entwicklung im Jahr 1906 mit der Stilllegung des letzten Bleiberger Ofens abgeschlossen.

In der Folge konnte die Technologie der Bleiverarbeitung erfolgreich weiterentwickelt werden und führte im Jahr 1936 zur Errichtung des ersten Rundherdofens, dessen Grundkonzept auch heute noch die Basis unserer Bleiverhüttung darstellt.

Während also die Bleiverhüttung in Kärnten sehr frühzeitig einsetzte und sich auf den Raum Bleiberg/Arnoldstein konzentrierte, wurden die ersten Zinkgewinnungsanlagen erst gegen Ende des 18. und Anfang des 19. Jahrhunderts, und zwar im Raum Mölltal/Drautal errichtet.

In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden noch einige weitere kleine Zinkhütten - so auch eine in Bleiberg - gebaut, wegen wenig erfolgreichen Betriebes jedoch bald wieder stillgelegt, so daß ab etwa 1850 bis in die Zeit nach dem 2. Weltkrieg in Kärnten keine Zinkverarbeitung betrieben wurde. Diese wurde erst im Jahre 1951 mit der Inbetriebnahme der neuen Rösthütte und Schwefelsäurefabrik als Teilbetrieb der BBU in Arnoldstein wieder aufgenommen. Die Weiterverarbeitung des daraus gewonnenen Zink-Röstgutes im eigenen Betrieb war dann nach Errichtung einer Zinkelektrolyse-Anlage ab 1955 möglich.

In den Jahren 1957 bis 1961 wurden sodann diverse Anlagen für die Gewinnung von Kuppel- und Folgeprodukten der Zinkerzeugung, wie Cadmium, Germaniumkonzentrat sowie Superphosphat und in den Jahren 1969 bis 1972 eine Anlage zur Aufarbeitung von Zink-Laugungs- und Blei-Rückständen in Betrieb genommen.

1973 wurde die Umstellung der Erzzröstung vom Etagen- auf ein modernes Wirbelschicht-Verfahren vorgenommen und schließlich als bisher letzter Schritt in den Jahren 1975 bis 1978 die Modernisierung und Erweiterung der Zinkelektrolyse durchgeführt.

UMWELTBEEINFLUSSUNG DURCH SO₂-HALTIGE ABGASE DER BBU

Da die Metalle Blei und Zink vorwiegend aus sulfidischen Erzen gewonnen werden, entstehen bei der oxidativen Verhüttung dieser Erze zwangsläufig sogenannte "Röstgase", d. h. Schwefeldioxid enthaltende Abgase.

Bei der Bleierzverarbeitung wurden diese Hüttengase - auch "Rauchgase" genannt - schon seit jeher über Dach abgeleitet. Daß dies bis dato noch immer so gehandhabt wird, liegt vor allem an dem niedrigen SO₂-Gehalt dieser Gase, für die es nach dem derzeitigen Stand der Technik keine wirtschaftliche Verwertungsmöglichkeit gibt.

Um jedoch die Immissionseinwirkung dieser Abgase so gering wie möglich zu halten, wurde zu deren Ableitung schon im Jahr 1924 ein 76 m-Kamin errichtet, der außerdem auf einen 22 m hohen Bergsturzhügel aufgesetzt wurde und dadurch eine effektive Emissionshöhe von 98 m erreicht. Dieser Maßnahme war es wohl vor allen Dingen zuzuschreiben, daß die Rauchschäden in der Werksumgebung lange Zeit hindurch relativ gering waren und annähernd konstant blieben.

Zur Entfernung der im Abgas enthaltenen bleihaltigen Stäube wurde bereits 1897 eine Naßkondensation eingebaut. In den Folgejahren wurde laufend an der Verbesserung der Staubabscheidung gearbeitet - so wurde z. B. auch eine elektrische Gasreinigung eingebaut -, ein befriedigender Endzustand konnte jedoch erst 1968 mit dem Einbau eines modernen Schlauchfilters erreicht werden.

Entsprechend dem höheren Schwefelgehalt der Zinkerze fällt das daraus erhaltene Röstgas mit ca. 6 - 8 % SO₂ an und eignet sich daher zur Herstellung von Schwefelsäure.

Das größte Problem der Arnoldsteiner Rösthütte lag anfangs in dem zu diesem Zeitpunkt zum Stand der Technik gehörigen Etagenröstverfahren, bei dem im Falle von Betriebsstörungen gelegentlich Abgase mit relativ hoher SO₂ - Konzentration kurzzeitig in etwa 30 m Höhe über Dach gefahren werden mußten.

Um die sich daraus ergebenden erhöhten Umweltschäden, die vor allem in den umliegenden Forstbereichen auftraten, wieder reduzieren zu können, wurde in den Jahren 1963/64 eine Rohrleitung Rösthütte - Bleihütte gebaut und dadurch die Möglichkeit geschaffen, die konzentrierten Abgase in Störfällen über den 98 m hohen Bleihüttenschornstein ab-

blasen zu können.

Eine endgültige Lösung dieses Problems konnte erst 1973 durch die Umstellung von Etagen- auf Wirbelschichtröstung erreicht werden, da bei diesem Verfahren ein Überdachfahren auch bei Störungen nicht mehr erforderlich ist. Das in der Röstanlage erzeugte SO_2 - haltige Gas wird nach Reinigung in der angeschlossenen Schwefelsäurefabrik zu konzentrierter H_2SO_4 verarbeitet. Dem Wirkungsgrad von 97,5 % dieser katalytischen Anlage entsprechend, ist die Umsetzung nicht quantitativ, so daß die Abgase dieser Anlage noch geringe Mengen SO_2 enthalten.

Eine weitere Emissionsquelle für SO_2 im Bereich der Zinkhütte bildet die Rückständeanlage, in der zink- und bleihaltige Rückstände in zwei Kurztrommelöfen thermisch verarbeitet werden.

Die Emissionen dieser Anlage, die in etwa 30 m Höhe austreten, konnten durch Verfahrensverbesserungen im Zuge der Modernisierung des Zinkhüttenprozesses ab 1978 ganz wesentlich, nämlich auf die Hälfte reduziert werden.

Gegenwärtig läuft gerade ein umfangreiches Versuchsprogramm, das eine weitere Verminderung dieser Emissionen zum Ziele hat.

Wie aus dieser kurzen Darstellung der Emissionssituation der BBU ersichtlich, wurden seitens des Unternehmens schon bisher große Anstrengungen unternommen, um die mit seiner volkswirtschaftlich wichtigen Tätigkeit auf dem Sektor der Grundstoffgewinnung verbundene Umweltbelastung so gering wie möglich zu halten. Neben dem laufenden Bemühen, durch eigene Entwicklungen die im Betrieb angewendeten Prozesse und Anlagen emissionsmäßig zu verbessern, wird auch die Literatur ständig auf umweltfreundlichere Verfahrenstechnologien hin durchgearbeitet.

Wie ernst es der BBU mit dem Bemühen um ein erträgliches ökologisches Gleichgewicht mit der Umwelt ist, kann auch daraus ersehen werden, daß auf Initiative des Unternehmens im Jahre 1976 ein 3-jähriges Forschungsprojekt mit dem Titel "Verminderung von SO_2 -Immissionschäden durch gezielte land- und forstwirtschaftliche Maßnahmen" gestartet wurde. An diesem Projekt, das vom Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz und der ÖIAG finanziell unterstützt wurde, beteiligten sich die Kärntner Landesregierung, die Landwirtschaftskammer für Kärnten, die Rauchgeschädigten des betroffenen Gebietes sowie eine Reihe von namhaften Wissenschaftlern.

Die damit verbundenen Arbeiten, deren Ergebnisse im Herbst dieses Jahres im Rahmen eines Sonderheftes der CARINTHIA II veröffentlicht werden sollen, ergaben neben einer umfassenden Bestandesaufnahme über das gesamte Rauchschadensgebiet auch konkrete Vorschläge für Maßnahmen zur besseren Anpassung von Land- und Forstwirtschaft an die gegebenen Umweltbedingungen in der Nähe von schadstoffemittierenden Industrie-Betrieben.

DAS IMMISSIONSÖKOLOGISCHE FOR-
SCHUNGSPROJEKT "ARNOLDSTEIN"
(1976 - 1980)
KONZEPTION UND DURCHFÜHRUNG

Gottfried HALBWACHS

(Botanisches Institut der Universität für Bodenkultur)

Eine namhafte finanzielle Förderung durch das Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, ein Finanzierungsbeitrag der Österreichischen Industrie Verwaltungs-A.G., das stete Engagement der Bleiburger Bergwerks Union A.G. und die Bereitstellung von zahlreichen Versuchs- und Probeflächen durch Mitglieder des Rauchschadensverbandes (Verband der Eigentümer land- und forstwirtschaftlicher Rauchschadensflächen der Gemeinden Arnoldstein und Hohenthurn) ermöglichten die Durchführung des im Jahr 1976 begonnenen und auf eine Laufzeit von 4 Jahren ausgerichteten Forschungsprojektes "Vermin-derung von SO₂-Immissionsschäden durch gezielte land- und forstwirtschaftliche Maßnahmen im Raum Arnoldstein".

Hinter diesem 'Arbeitstitel' verbarg sich der (in Öster- reich bisher eher seltene) Versuch, auf einer möglichst brei- ten Basis interdisziplinärer Zusammenarbeit, die durch die Beteiligung zahlreicher Arbeitsgruppen verschiedener Wissen- schaftszweige gekennzeichnet war, die vielschichtigen Proble- me, die sich aus der unmittelbaren Nachbarschaft von Indu- strie und Land- und Forstwirtschaft ergeben, für eine be- grenzte Region aufzuzeigen und zu ihrer Lösung beizutragen.

Entsprechend diesem Vorhaben gliederte sich das Projekt in mehrere eng zusammengehörige Aufgabenstellungen:

- a) Erfassung der gegendspezifischen standörtlichen Ver- hältnisse und der Immissionssituation auf 58 forstli- chen Probeflächen und auf 38 landwirtschaftlichen Versuchsflächen durch Messung verschiedener Parameter, wie Nährstoffgehalte in Böden und Pflanzen, Schad- stoffkonzentrationen in der Luft, in den Böden und in den Pflanzen, Niederschlag fester Luftverunreinigungs- komponenten, Ertrag bzw. Zuwachs, soziologische Zusam- mensetzung der Pflanzenbestände u.a.
- b) Im Hinblick auf die lokale und regionale Anreicherung, Ausbreitung und Verdünnung der luftverunreinigenden Komponenten wurden folgende meteorologische Daten in

der Nähe der Emissionsquelle erfaßt: Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit. In einigen ausgewählten Meßperioden wurde unter Verwendung von Temperaturmeßfahrten, Ballonaufstiegen u.ä. versucht, die mit den orographischen Gegebenheiten zusammenhängenden verschiedenen lokalen Wettersituationen und ihre Dauer zu erheben (z.B. Inversionswetterlagen).

- c) Auswertung der gewonnenen Meßdaten und Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf gezielte Maßnahmen von der biologischen Seite her, wie z.B. Düngung, Art der Bodenbearbeitung, Einsatz relativ immissionsresistenter Pflanzen u.a., zur Minimierung der negativen Auswirkungen vor allem auf die land- und forstwirtschaftliche Produktion bzw. auf die Produktionsflächen und damit zur Verbesserung der Bedingungen für diese Wirtschaftszweige im belasteten Gebiet.
Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung, wie sie in den letzten zwei Jahrzehnten bei verschiedenen Produktionsprozessen von der Bleiberger Bergwerks Union A.G. gesetzt worden waren, konnten zwar teilweise in ihren positiven Auswirkungen im Rahmen des Projektes registriert werden, doch war die technische Emissionsbegrenzung, zweifellos der effektivste Beitrag zum Umweltschutz, nicht Gegenstand des hier vorgestellten biologisch orientierten Projektes.
- d) Das Forschungsprojekt diente nicht nur der Erfassung der aktuellen Immissionssituation, was allerdings zunächst als unerläßliche Voraussetzung für die Anlage der unter Punkt c) genannten gezielten biologischen Versuche war, sondern sollte auch die Basis für eine objektive quantitative Beurteilung der immissionsbedingten ökonomischen Verluste der im Immissionsbereich der Bleiberger Bergwerks Union A.G. wirtschaftenden Landwirte und Waldbesitzer bilden.

Die Auswahl der am Projekt beteiligten Forscherteams orientierte sich an der Zielvorstellung, die genannten Aufgabenstellungen möglichst vollständig abzudecken. Die im folgenden angeführte Liste der am Projekt als Mitwirkende beteiligten Institutionen bzw. Personen spiegelt den interdisziplinären Charakter des gesamten Forschungsvorhabens wider:

Amt der Kärntner Landesregierung, Abt.19 (w. Hofrat Dipl.-Ing. Dr. U. KOHLMAYER, OR Dr. K.H. GRITZNER)

Kammer für Land- und Forstwirtschaft in Kärnten (Dipl.-Ing. F. ZWATZ, Dipl.-Ing. Dr. W. SEMBACH)

Verband der Eigentümer land- und forstwirtschaftlicher Rauchschadensflächen der Gemeinden Arnoldstein und Hohenthurn (Obmann V. SCHNABL, Bürgermeister A. MILLONIG)

Fa. AUSTRÖPLAN

Bleiberger Bergwerks Union A.G. (Dr. SUPPAN)

Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien (Hofrat Dipl.-Ing. H. EGGER, Hofrat Dipl.-Ing. Dr. J. POLLANSCHÜTZ, Dipl.-Ing. Dr. W. KILIAN, Dipl.-Ing. K. STEFAN)

Universität Innsbruck, Institut für Meteorologie und Geophysik (Dozent Dr. I. VERGEINER, Dr. E. DREISEITL)

Universität Wien, Institut für Medizinische Physik (Dozent Dr. W. RESCH, Dozent Dr. H. HAUCK)

Universität für Bodenkultur:

Institut für Bodenforschung und Baugologie (Univ.-Prof. Dr. W. LOUB, Dipl.-Ing. Dr. H. MÜLLER)

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (Dipl.-Ing. Dr. A. EDELBAUER)

Botanisches Institut (Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. E. KUTSCHERA, Univ.-Prof. Dr. G. HALBWACHS)

Aus der Vielzahl der von den genannten Arbeitsgruppen getätigten Untersuchungen und Versuche sollen vor allem jene einer näheren Betrachtung unterzogen werden, die für das Verständnis des kausalen Zusammenhanges von Emission - Transmission - Immission - indirekten und direkten Wirkungen auf die Vegetation - Sekundärwirkungen und schließlich biologischen Maßnahmen zur Wirkungsminderung von Relevanz sind.

Als Emissionen treten im Werk Arnoldstein der BBU an gasförmigen Substanzen Schwefeldioxid und Fluoride auf, an partikelförmigen Substanzen in erster Linie Blei, Zink und Cadmium. In dem in diesem Band enthaltenen Artikel von SUPPAN und PETZ wird neben einer näheren Beschreibung der Produktionsprozesse auch auf die dabei anfallenden Emissionen eingegangen.

Für die Transmission der verschiedenen Schadstoffe sind nun die lokalen und regionalen Wind- und Austauschverhältnisse von Bedeutung. Windregistrierungen erfolgten durch etwa zwei Jahre im Werksgelände Arnoldstein (etwa 20 m über dem Niveau des Werksgeländes = 560 m) und auf dem westlich davon gelegenen Stoßauer Hügel (650 m). Die Messungen wurden mit zwei mechanischen Windschreibern der Type Woelfle durchgeführt. Die beiden Meßgeräte befanden sich zwar nur in einem Horizontal-Abstand von ca. 900 m, spiegeln aber deutlich die Tatsache wider, daß der Raum Arnoldstein eine Talgabelung darstellt, nämlich die Einmündung des aus SSW kommenden Gailtals in das im wesentlichen W-E verlaufende Haupttal der Gail. Die stundenweise Auswertung erlaubte, Tagesgänge der Windrichtungshäufigkeiten zu untersuchen und damit die für Arnoldstein dominierenden und typischen Windsysteme, die sich aus großräumigen Strömungen und Frontdurchgängen (Kaltfronten, Föhn), Berg- und Talwindssystemen des Gailtales und Berg- und

Talwindsystemen des Gailitztales zusammensetzen, zu beschreiben.

Temperaturregistrierungen wurden bei zwei Beobachtungsstationen unterschiedlicher Höhenlage, und zwar Arnoldstein (560 m) und Agoritschach (681 m), durchgeführt. Aus dem Vergleich der beiden Meßstationen lassen sich Schlüsse über die vertikale Struktur der untersten Schicht der Gailtalatmosphäre ziehen.

Die während der Laufzeit des Projektes zum Teil beträchtlich von dem langjährigen Durchschnitt abweichenden Niederschlagswerte wurden ebenfalls registriert.

Da Inversionswetterlagen, und zwar in Abhängigkeit von der Häufigkeit, Dauer und Höhe der Inversionen, eine besondere Rolle für das Ausmaß der Schadstoffkonzentrationen in der Atmosphäre spielen, wurden zu verschiedenen geeigneten Zeitpunkten detaillierte Untersuchungen des vertikalen Temperatureaufbaues durchgeführt und durch Beobachtungen der im Tal lagernden Nebeldecke ergänzt.

Als zentrale Frage für die Transmission wurde die Auswirkung bestimmter Großwetterlagen auf den Raum Arnoldstein untersucht, im besonderen die Frage, welche Bedingungen der großräumigen atmosphärischen Zirkulation vorliegen müssen, um die Ausbildung und Wirksamkeit der lokalen Windsysteme zu beeinträchtigen. Mit dieser Frage indirekt verknüpft waren natürlich einerseits die bereits angeführten Untersuchungen der lokalen meteorologischen Besonderheiten zur Beurteilung der horizontalen Durchmischung, wie die Ausbildung kleinräumiger Tal- und Hangwinde, und andererseits die Erfassung der Merkmale der thermischen Struktur der Talatmosphäre zur Beurteilung der vertikalen Durchmischung. Die Auswertung und Interpretation der Meßergebnisse verbunden mit der Berücksichtigung sowohl meteorologischer und klimatologischer Erfahrungen aus anderen Gebieten mit ähnlicher Topographie als auch früherer Beobachtungen und Messungen aus dem Gebiet von Arnoldstein lieferten die klimatologische Grundlage zur Beurteilung der Schadstoff-Transmissionsmöglichkeiten und damit zum Verständnis der im untersuchten Raum lokal auftretenden Immissionskonzentrationen.

Als "Leitsubstanz" zur Beurteilung der Immissionsituation im Raum Arnoldstein wurde das Schwefeldioxid (SO_2), das dort zweifellos unter den luftverunreinigenden Komponenten quantitativ an erster Stelle steht, herangezogen. Dies auch deshalb, weil die luftanalytische Meßtechnik bei dieser Substanz auf langfristigen Erfahrungen aufbauen kann. Für die Beschreibung der lokalen Situation standen in erster Linie die 22 von der Abt. 19 des Amtes der Kärntner Landesregierung betriebenen Bleikerzenmeßstellen zur Verfügung, die eine Abschätzung der integralen Schwefelbelastung aus der Luft ermöglichen. Die bekannten Nachteile der Bleikerzenmessungen, weder einen sicheren Schluß auf die mittlere SO_2 -Konzentration in der Luft noch Aussagen über Höhe und Häufigkeit kurzfristi-

ger Spitzenkonzentrationen zuzulassen, wurden durch den Einsatz registrierender SO₂-Meßgeräte von Philips an vier Meßstellen (je zwei östlich und westlich der Emissionsquelle) zu kompensieren versucht. Auch frühere SO₂-Konzentrationsmessungen fanden - allerdings nur zur Ableitung von Aussagen allgemeinen Charakters - Berücksichtigung.

Neben der SO₂-Immission wurden vom Amt der Kärntner Landesregierung an vier Meßstellen nach dem Bergerhoff-Verfahren in Anlehnung an Richtlinie 4 des BM für Gesundheit und Umweltschutz (blau-weiße Reihe) Messungen der Staubimmission durchgeführt. Zusätzlich wurde der Blei-, Zink-, Cadmium- und Kupfergehalt der Staubbiederschlagsproben mittels Atomabsorption bestimmt. Die Meßperioden für den Staubbiederschlag stimmten zeitlich mit jenen für die Bleikerzenmessungen überein.

Für die detaillierte Auswertung dieser SO₂- und Staubimmissionsmeßergebnisse mit dem Ziel, Aussagen über die räumliche Belastungsverteilung machen zu können, gelang es, erfahrene Fachleute vom Institut für Medizinische Physik der Universität Wien zu gewinnen.

Da luftanalytische Meßergebnisse wohl Gefährdungsprognosen für bestimmte Organismen, jedoch keine quantitativen Aussagen über die tatsächlich z.B. an der Vegetation eingetretenen immissionsbedingten Schädigungen gestatten, war die Untersuchung der indirekten und direkten Wirkungen bei verschiedenen Pflanzenarten ein wesentliches Anliegen dieses Forschungsprojektes. Unter den indirekten Wirkungen sind jene Beeinflussungen der Pflanzen gemeint, die ihre Ursache z.B. in dem durch die Immissionen veränderten Substrat Boden haben. Als typisches Beispiel einer indirekten Wirkung ist die gesteigerte Freisetzung und damit Pflanzenverfügbarkeit von Schwermetallen im Boden als Folge der pH-Wert-Absenkung durch saure Abgase zu erwähnen.

Auf dem landwirtschaftlichen Sektor waren die Untersuchungen vorwiegend auf Grünland und Mais, im forstlichen Bereich auf die Holzart Fichte ausgerichtet. Die Einbeziehung auch der indirekten Wirkungen implizierte genauere Analysen der Standortverhältnisse, wie die chemische Charakterisierung der Böden sowohl im Hinblick auf die Nährstoffversorgung als auch bezüglich der Schwermetallbelastung sowie mikrobielle und bodenzoologische Untersuchungen. Neben den üblichen Bodenprobenentnahmen in Tiefen von 0-20 cm und 20-40 cm auf den landwirtschaftlichen Versuchsflächen wurden zusätzlich auf zwei Flächen auch Bodenproben in Abständen von 5 cm von der Oberfläche bis auf 30 bzw. 40 cm Tiefe entnommen, um die Schwermetallverteilung im Bodenprofil in Abhängigkeit von der Bodentiefe und anderen Bodenfaktoren zu eruieren. Die Schwermetallanalyse war nur an einigen ausgewählten Proben der insgesamt 38 Probeflächen vorgesehen.

Um Aussagen über den Individuenbesatz der Böden an Collembohlen und Milben, aber auch über Individuenzahlen bei Mikroben in Abhängigkeit von der Entfernung zum Emittenten und

von der Jahreszeit machen zu können, erfolgten Probeaufsammlungen zu mehreren verschiedenen Zeitpunkten während der Laufzeit des Projektes. Die 10 Probenentnahmestellen waren derart verteilt, daß sie die auf empirischem Weg bestimmten Bereiche der starken und mittleren Schädigungen sowie der vermutlich schadensfreien Zone umfaßten. Das bodenzoologische Fangmaterial wurde nach Fixierung gezählt, in Gruppen aufgetrennt und nach Arten bestimmt. Für die bodenmikrobiologischen Untersuchungen wurden Keimplatten auf verschiedenen Agrarsorten angelegt und die Bodenmikroben nach Spezialverfahren weitergezüchtet, um quantitativ ermittelt zu werden.

Auf dem forstlichen Sektor waren die boden- und standortkundlichen Felderhebungen unter dem Aspekt der Zeit- und Kostenersparnis auf die zunächst nach anderen Kriterien (Immissionsexposition) ausgewählten über 50 Beobachtungspunkte beschränkt, für die eine kurze allgemeine standortkundliche Charakterisierung gegeben wurde. Diese Beschränkung implizierte, daß die standortkundlichen Beurteilungen nicht alle Standorte des Untersuchungsgebietes voll abdecken konnten. Ähnlich wie bei den landwirtschaftlichen Versuchsflächen diente die Bodenuntersuchung der forstlichen Probeflächen einerseits der chemischen Charakterisierung der Böden, andererseits der Prüfung auf Schwermetallanreicherungen. Die Nährstoffuntersuchung - als Voraussetzung zur Beurteilung des aktuellen Zustandes der Böden ebenso wichtig wie als Ausgangsbasis für allfällige Maßnahmenempfehlungen (z.B. Düngung) - war auf die Ermittlung der langfristigen Bodenvorräte an Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium und Eisen, außerdem auch auf die Erfassung der leichter löslichen Fraktion an Phosphor und Kalium ausgerichtet. Die besonderen Eigenarten von Waldböden wurden bei der Methodenwahl berücksichtigt (heißer HCl-Auszug bzw. Ammonlactat-Essigsäure-Auszug). Als weitere Kenndaten wurden pH-Wert, CaCO₃-Gehalt, Gesamtstickstoff (als Maß für die organische Substanz), das Kohlenstoff : Stickstoff-Verhältnis sowie in humusärmeren Mineralbodenhorizonten die Korngrößenverteilung bestimmt.

Alle zur Nährstoffuntersuchung geworbenen Bodenproben wurden auch auf die Elemente Blei, Zink, Cadmium und Kupfer analysiert. Wegen der hohen Probenanzahl kam allerdings aus Kostengründen ein Totalaufschluß (z.B. Perchlorsäure) generell nicht in Betracht. Es wurden daher bei 5 ausgewählten Proben die Ergebnisse verschiedener Extraktionsmethoden mit den Werten des Perchlorsäure-Auszuges verglichen und daraus die für die einzelnen Schwermetallkomponenten günstigste Nachweismethode abgeleitet, und zwar für die Elemente Kupfer, Zink und Blei der gleiche Salpetersäure-Aufschluß wie für die Nährstoffuntersuchung, für Blei zusätzlich und für Cadmium ausschließlich der Auszug mit EDTA.

Die direkten Wirkungen an der Vegetation waren entweder mit dem Auftreten äußerlich sichtbarer Symptome, sog. 'akuter Schäden', oder mit 'chronischen' Beeinflussungen, wie Ertragsminderung, Veränderung der Artenzusammensetzung von Pflanzen-

beständen, Schadstoffanreicherungen im Gewebe u.ä., verbunden. Die Untersuchungsschwerpunkte lagen dementsprechend in der chemischen Pflanzenanalytik, auf pflanzensoziologischem Gebiet und bei ertragskundlichen Belangen.

Von den landwirtschaftlichen Versuchsflächen, die sich etwa von 7 km westlich bis rd. 10 km östlich des Emittenten, mit einer Häufung in dessen unmittelbarer Nähe, erstreckten, wurden während der Laufzeit des Projektes jeweils zu den verschiedenen Erntezeitpunkten innerhalb eines Jahres zahlreiche Proben geworben, insgesamt mehrere hundert, und auf ihren Gehalt an wertbestimmenden Haupt- und Spurennährstoffen sowie mit Bezug auf die Immissionsbelastung auf ihren Gehalt an Blei, Zink, Cadmium, Fluor und Schwefel untersucht. Diese zahlreichen Analysen lieferten Ergebnisse, die für die Beantwortung mehrerer Fragestellungen herangezogen werden konnten:

1. zur Ansprache der aktuellen Versorgungssituation
2. zur Abschätzung der Belastung mit Schadstoffen
3. zur Überprüfung der Effektivität der im folgenden noch näher zu beschreibenden biologischen Maßnahmen

Sinngemäß galt das auch für die forstliche Seite des Projektes, und zwar speziell für die nadelanalytischen Untersuchungen, doch wegen der zu berücksichtigenden langen Produktionszeiträume erschienen nur die ersten beiden angeführten Punkte relevant, da die angestrebte Wirkung der vorgeschlagenen Maßnahmen für Waldbestände weit über die Laufzeit des Projektes hinausreichen soll und auch erst nach Jahren dokumentiert werden kann. Für die Nadelanalysen wurden in den einzelnen Versuchsjahren jeweils von zahlreichen Probestämmen Astproben geworben, die Nadeln dann nach Jahrgängen getrennt, getrocknet, gemahlen und jeweils drei Nadeljahrgänge auf ihre Fluor- und Schwefelgehalte, der jüngste Nadeljahrgang außerdem auf seinen Gehalt an Hauptnährstoffen untersucht. Am frischen Material wurden Nadellängen, Verfärbungen, Benadelungsdichten (Nadeln pro cm am Trieb) und Nadelverluste erhoben. Das forstliche Probenetz erstreckte sich noch weiter als das landwirtschaftliche, und zwar ebenfalls in west-östlicher Richtung zwischen Feistritz/St. Magdalen und St. Stefan/Höfling. Um aber auch die Immissionseinwirkungen in höheren Waldlagen erfassen zu können, wurden auch einige Hangprofile eingerichtet, die sich bis in eine Höhe von 1000 m erstreckten.

Hinsichtlich der ertragskundlichen Untersuchungen bestanden produktionsbedingte Unterschiede zwischen Land- und Forstwirtschaft. Während die landwirtschaftlichen Erträge auf den Versuchsflächen alljährlich erhoben wurden und somit für jedes Projektjahr jeweils auch die Witterungsverhältnisse, den aktuellen Immissionseinfluß und die Wirkung allfälliger Maßnahmen widerspiegelten, wurden auf 38 forstlichen Probestämmen nur einmal rd. 1500 Bohrkerne und Stammscheiben von 18 Analysenbäumen gewonnen, die einer intensiven jähringschron-

Logischen und zuwachskundlichen Analyse unterzogen wurden.

Als wesentlicher Bestandteil des landwirtschaftlichen Projektteiles waren die pflanzensoziologischen Untersuchungen einzustufen. Sie erlaubten nämlich in wertvoller Ergänzung der ertragskundlichen Untersuchungen eine exakte Beurteilung, wie die langfristigen Immissionseinwirkungen durch direkte und indirekte Beeinflussung lokal die Zusammensetzung der Pflanzenbestände verändert hatten, in welche Richtung (Gräser- oder Kräuterbevorzugung) diese Veränderung verlaufen war und schließlich, wie sich die in der Landwirtschaft gesetzten Maßnahmen qualitativ auf die betroffenen Grünlandgesellschaften auswirkten. Neben dieser auch für die anderen Arbeitsgruppen sehr wichtigen, auf die landwirtschaftlichen Versuchsflächen bezogenen Arbeit unternahm die pflanzensoziologische Gruppe unter Univ.-Prof. KUTSCHERA außerdem noch zahlreiche Versuche mit dem Ziel, die am besten an die ungünstigen Verhältnisse in der näheren Umgebung der Emissionsquelle angepaßten Gräser und Kräuter aufzufinden, zu vermehren, ihre Resistenz durch verschiedene Maßnahmen, wie Düngung mit unterschiedlichen Düngervarianten oder Variation der Schnittzeit, weiter zu steigern und die Ursachen der größeren Immissionsresistenz dieser Pflanzenarten zu erforschen. Dieses Vorhaben sollte die Begrünung stark exponierter 'Prallhänge' mit relativ resistenten Pflanzenarten im engeren Werksbereich ermöglichen.

Aufgrund der potentiellen Kontamination von Futterpflanzen mit diversen Schadstoffen wurde auch die Frage von 'Sekundärschäden' bei den in der Nahrungsmittelkette folgenden Gliedern (z.B. Rindern) diskutiert. Da bereits ein einschlägiges Gutachten älteren Datums der Veterinärmedizinischen Universität vorlag, wurde dieses Problem nicht im Rahmen des hier vorgestellten Projektes behandelt. Die Ergebnisse dieses interdisziplinären Forschungsprojektes könnten und sollten aber auch von Fachleuten für Tierernährung im Hinblick auf mögliche Sekundärschäden eine Interpretation erfahren.

Einige ausgewählte Daten aus dem umfangreichen, von verschiedenen Arbeitsgruppen an den einzelnen Probestellen gesammelten Datenmaterial wurden von der Fa. Austroplan herangezogen, um Korrelationen mit den durch jährlich ein- oder zweimaliges Befliegen des Untersuchungsgebietes mittels Scanner gewonnenen Multispektraldaten aufzufinden. Das angestrebte Ziel war die flächendeckende Kartierung einer Kombination von Meßgrößen, die an den einzelnen terrestrischen Untersuchungspunkten registriert wurden und in enger Beziehung zur 'Schädigung' standen.

Titelgebend für das gesamte Projekt waren nun jene Maßnahmen, die - aufgrund der möglichst exakten Erforschung des komplexen regionalen Gesamtbildes - von der biologischen Seite her erfolgversprechend für Sanierungsvorhaben schienen. Auf dem Sektor Landwirtschaft wurden Düngungsmaßnahmen als Therapie gegen Immissionsschädigungen versucht, wobei natür-

lich die Bodenuntersuchungen Berücksichtigung fanden. Um Vergleichsmöglichkeiten zu haben, wurden zahlreiche Grünland-Versuchspartellen unterteilt, und zwar in eine ortsüblich behandelte und in eine intensiv gedüngte Variante. Diese Versuche versprachen nicht nur positive Auswirkungen auf die Erträge, sondern auch auf die Futterqualität sowohl hinsichtlich der Schadstoffkonzentrationen im Gewebe als auch bezüglich der soziologischen Artenzusammensetzung durch Förderung der wertvolleren Futtergräser. Gerade für diese Düngungsversuche erwies sich die Planung des Projektes auf einen Zeitraum von drei bis vier Jahren als sehr wertvoll, da zu erwarten war, daß die Effektivität der gesetzten Maßnahmen auch stark von der Witterung abhängig war, und das Ergebnis eines einzigen Versuchsjahres daher nicht repräsentativ sein konnte.

Bei ausgewählten Probeflächen wurde ferner versucht, durch schadstoffsenkende Bodenbearbeitungsmaßnahmen, wie z.B. Tiefpflügen, die Pflanzenbelastung durch die in den Bodenschichten angereicherten Schadstoffe zu verringern. Teilweise wurden auch Maßnahmen propagiert, die erst nach längerer Anwendung Verbesserungen versprechen, wie z.B. hohe Phosphatgaben, die eine Festlegung von Schwermetallen im Boden bewirken sollten.

Auf einigen wenigen Probeflächen konnte nach Umbruch auch das Vorhaben einer Dauergrünland-Neuansaat realisiert werden, wobei je Hektar 31 kg der im folgenden angeführten Dauergrünlandmischung ausgesät wurden (in Klammer die Flächenprozentage): Weißklee (5%), Gelbklee (5%), Hornklee (10%), Glatthafer (20%), Knaulgras (10%), Timothe (10%), Wiesenschwingel (10%), Goldhafer (5%), Rotschwingel (10%) und Wiesenrispe (15%). Auch diese Versuchsflächen waren in extensiv und intensiv gedüngte Abschnitte unterteilt und in die pflanzensoziologischen Untersuchungen miteinbezogen.

Seitens der Forstwirtschaft standen folgende Möglichkeiten zur Verminderung der Schädwirkungen zur Diskussion:

1. Ersatz der immissionsempfindlichen Fichten durch weniger empfindliche Baumarten bzw. Abschirmung der gefährdeten Bestände durch 'Rauchriegel' aus relativ resistenten Baumarten. Die seit Jahren (schon vor Beginn dieses Projektes) von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien durchgeführten Versuche zur Vermehrung relativ resistenter Nutzholzarten (mit Ausgangsmaterial auch aus dem Raum Arnoldstein) könnten eine sehr wertvolle Ergänzung des Projektes darstellen.
2. Erhöhung der Resistenz durch optimale Nährstoffversorgung der Waldbestände. Dazu wäre zunächst die Schaffung eines geeigneten Nährstoffangebotes durch Düngung Voraussetzung, ferner aber auch die Vorsorge für optimale Wuchsbedingungen durch Bestandes- und Standortspflege.
3. Verminderung der Schadstoffaufnahme aus dem Boden. Hier käme in erster Linie Kalkung zur Fixierung von

Zink und Cadmium, aber auch zur Kompensierung der durch SO_2 allmählich verursachten Bodenversauerung in Frage.

Die forstlichen Sanierungsvorschläge versprechen natürlich keine Augenblickserfolge, sondern stellen ein auf die langen Produktionszeiträume der Forstwirtschaft ausgerichtetes Langzeit-Konzept dar.

Die breite Darstellung nur der Konzeption dieses Projektes und der von den einzelnen Arbeitsgruppen vollführten Aktivitäten soll als beispielgebender Impuls für weitere interdisziplinäre Forschungsvorhaben auf dem immissionsökologischen Sektor wirken. Die bewußt starke Betonung der Interdisziplinarität einerseits und die hohe Kooperationsbereitschaft der einzelnen Arbeitsgruppen andererseits sicherten eine umfassende wissenschaftliche Behandlung der sehr komplexen Problematik im Untersuchungsgebiet.

Die zahlreichen, von den einzelnen Arbeitsgruppen im Raum Arnoldstein gesammelten Daten, die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen, ihre Interpretation und die daraus folgenden Konsequenzen und Vorschläge im Hinblick auf eine Sanierung der Land- und Forstwirtschaft von der biologischen Seite her, sollen noch 1980 in einem Doppelband der Zeitschrift Carinthia II publiziert und damit der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

IMMISSIONSSCHÄDEN IM UNTEREN LAVANTTAL

Von

Edwin DONAUBAUER und Klaus STEFAN

Institut für Forstschutz der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

EINLEITUNG

Im unteren Lavanttal kam es seit rund 20 Jahren zu Immissionschäden an den Wäldern; hierfür waren drei Emissionsquellen als potentielle Ursache in Betracht zu ziehen: Papierfabrik Frantschach/Wolfsberg - Dampfkraftwerk St. Andrä - Eisenhütte in Jugoslawien. Auf die Schäden wurde man aufmerksam, als es in diesem Gebiet zu einem umfangreichen Tannensterben kam, während dieses damals anderswo nicht zu beobachten war. Obwohl keine hohen Schadstoff-Konzentrationen vorhanden waren, kam es durch die langfristigen, physiologisch wirksamen Einwirkungen zu einem stetigen Anstieg der Schäden.

In den Jahren 1964 bis 1966 wurden daher von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt umfangreiche Untersuchungen (Luft- und Nadelanalysen; ertragskundliche Erhebungen) durchgeführt. Dabei ging es neben dem Schadensnachweis auch darum, die Anteile beziehungsweise die Hauptimmissionsgebiete der drei genannten Emissionsquellen zu fixieren. Nach der Fertigstellung des Gutachtens im Februar 1972 wurden dann für einzelne Waldteile im Zusammenhang mit einem anhängigen Rechtsstreit beziehungsweise als Unterlage für Entschädigungsfragen wiederholt Nadelanalysen und ertragskundliche Untersuchungen durchgeführt. Im vorliegenden Beitrag sollen neben dem Gutachten der Forstlichen Bundesversuchsanstalt auch noch die in den 70-er Jahren erarbeiteten Unterlagen behandelt werden, um die Entwicklung der Immissionssituation in diesem Schadensgebiet zu charakterisieren.

MATERIAL UND METHODIK

Probenflächennetz und Probengewinnung 1964 bis 1966

Nach einer informativen Voruntersuchung im Jahr 1963 wurde im Juli 1964 ein 30 Probeflächen umfassendes Kontrollnetz zwischen Frantschach und Lavamünd durch die Forstliche Bundesversuchsanstalt eingerichtet. Nach dem Vorliegen der chemischen Daten für 1964 mußten im Juli 1965

weitere Gebiete in das Netz einbezogen werden, wofür 11 weitere Probestellen eingerichtet wurden. Im Rahmen der ertragskundlichen Aufnahmen im Herbst 1965 wurde die Flächenanzahl vorerst auf 83 und im Juni 1966 auf insgesamt 97 erhöht.

Auf den 30 Probestellen des Jahres 1964 wurden für Luftuntersuchungen Barytlappen während 4 Perioden exponiert: Juli - Oktober 1964; Oktober 1964 - April 1965; April - Juli 1965; Juli 1965 - Oktober 1965. Auf den 11 Zusatzflächen wurden Barytlappen nur während der letzten angeführten Zeitspanne exponiert.

Im Oktober 1964, Ende April 1965 und im Juli 1965 wurden auf den Flächen 1 - 30 Astproben gewonnen. Im Oktober 1965 erfolgte auf den Flächen 1 - 41 und auf 21 ertragskundlichen Erhebungsflächen eine Astprobenentnahme.

Der Schwefelgehalt wurde in den Nadeljahrgängen eins, drei und vier von allen Astproben nach Methode KÖNIG bestimmt. Von 16 Proben des Nadeljahrganges eins der Herbstentnahme 1965 wurde auch der Fluorgehalt bestimmt, um die eventuellen Fluorimmissionen, die von kleineren Emittenten (z. B. Ziegeleien) verursacht worden sein könnten, zu erfassen.

Die ertragskundlichen Erhebungen einschließlich Bohrkernergewinnungen wurden im Herbst 1965 und zum Teil noch im Juni 1966 durchgeführt.

Probestellen ab 1971

Die in den 70-er Jahren vorgenommenen Untersuchungen betreffen Waldgebiete im unmittelbaren Einflußbereich der Papierfabrik Frantschach sowie den Salzburger Wald und die St. Pauler Berge, für welche das nordöstlich beziehungsweise nördlich gelegene Dampfkraftwerk St. Andrä als Immissionsverursacher maßgeblich war (siehe Abbildung).

ERGEBNISSE UND BESPRECHUNG

Untersuchungen der Jahre 1964 - 1966

In der folgenden Tabelle 1 werden die Bereiche der Barytlappenwerte während der vier Expositionsperioden angegeben.

TABELLE 1: Bereiche der Barytlappenwerte (mg H₂SO₄ / Tag)

Periode

Juli bis Oktober 1964	0'07 - 0'61
Oktober 1964 bis April 1965	0'28 - 0'81
April bis Juli 1965	0'08 - 0'56
Juli bis Oktober 1965	0'11 - 0'72

Die Schwerpunkte der Immissionen lagen nach den Ergebnissen der Barytplatten in der Umgebung der Papierfabrik Frantschach, im Salzburger Wald, den St. Pauler Bergen und an der Grenze zu Jugoslawien. Bei den Werten des Winters 1964/65 ist neben dem Hausbrand auch noch die für das Untersuchungsgebiet typische Inversionsbildung, die eine vertikale Ausbreitung verhindert, zu beachten.

In Tabelle 2 sind die Bereiche der S-Gehalte der untersuchten Nadeljahrgänge für die Herbstentnahme 1964 bzw. 1965 und die Bereiche der S-Gehalte des Nadeljahrganges 1 für die Entnahme im April (1964 gebildeter Nadeljahrgang) und Juli (1965 gebildeter Nadeljahrgang) 1965 ausgewiesen.

TABELLE 2: Bereiche der S-Gehalte der Nadeljahrgänge eins, drei und vier

Entnahme	% S in der Trockensubstanz im		
	Nadeljahrgang 1	Nadeljahrgang 3	Nadeljahrgang 4
X/64	0'04 - 0'12	0'06 - 0'25	0'07 - 0'28
IV/65	0'04 - 0'11	-	-
VII/65	0'04 - 0'07	-	-
X/65	0'04 - 0'15	0'05 - 0'27	0'05 - 0'33

Die Untersuchung der im April und Juli 1965 entnommenen Nadelproben sollte in erster Linie Informationen über den Verlauf der Immissionseinwirkungen im Zusammenhang mit unterschiedlichen Emissionen des Kraftwerkes bringen. Die Veränderungen des Schwefelgehaltes im 1964 gebildeten Nadeljahrgang zwischen Oktober 1964 und Ende April 1965 ergaben keine über die natürliche Streuung hinausgehenden Veränderungen. Die Werte der 1965 gebildeten und im Juli geworbenen Nadeln zeigten - bis auf einige Ausnahmen im Raum Frantschach/Wolfsberg - keine Überschreitung des für diesen Termin gültigen natürlichen Gehaltes (STEFAN, 1975).

Für die Beurteilung der Immissionseinwirkung wurden die Schwefelwerte der Herbstentnahmen 1964 und 1965 fünf Klassen mit den in Tabelle 3 ausgewiesenen Rahmenwerten zugeordnet. Der natürliche Schwefelgehalt kann bei der verwendeten Analysenmethode in Abhängigkeit vom jeweiligen Untersuchungsgebiet z. B. im Nadeljahrgang eins maximal 0'08 % S, bei einem Mittel von 0'06 % S, betragen. Wie aus den Werten in Tabelle 2 zu ersehen ist, lagen die Schwefelgehalte unbeeinflusster Probestellen tiefer, sodaß die Rahmenwerte der Klasse 1 für die "Nullflächen" in Tabelle 3 entsprechend niedriger angesetzt werden mußten.

Da die Immissionen durch das Kraftwerk während der Vegetationszeiten 1964 und vor allem 1965 gering waren, wie aus den freundlicherweise zur Verfügung gestellten Emissionsdaten hervorging und sich auch in den Werten der Barytplatten und des Nadeljahrganges 1 zeigte, wurden für die Darstellung der Immissionseinwirkungen nur die Klassensummen der Nadeljahrgänge 3 und 4 und die daraus abgeleiteten Gesamtklassifikationen (siehe Tabelle 4) verwendet.

TABELLE 3: Rahmenwerte für die Klassenzuteilung der Schwefelgehalte in den Nadeljahrgängen eins, drei und vier

% S in der Trockensubstanz im						
Klasse	Nadeljahrgang 1		Nadeljahrgang 3		Nadeljahrgang 4	
1	bis	0' 06	bis	0' 08	bis	0' 09
2		0' 07 - 0' 09		0' 09 - 0' 11		0' 10 - 0' 12
3		0' 10 - 0' 12		0' 12 - 0' 14		0' 13 - 0' 15
4		0' 13 - 0' 15		0' 15 - 0' 17		0' 16 - 0' 18
5	größer	0' 15	größer	0' 17	größer	0' 18

TABELLE 4: Grenzen für die Schwefel-Gesamtklassifikation an Hand der Klassensumme der Nadeljahrgänge drei und vier

Gesamtklassifikation	Klassensumme der Nadeljahrgänge 3 und 4
1	2
2	3 und 4
3	5 und 6
4	7 und 8
5	9 und 10

Nach den Ergebnissen der Gesamtklassifikation war der südlichste Teil des Lavanttales und der daran anschließende Teil des Drautales hauptsächlich durch Immissionen aus Jugoslawien betroffen. Die Grenzlinie zum Haupteinflußgebiet des Kraftwerkes war hier in Übereinstimmung mit den Zuwachsuntersuchungen südlich der St. Pauler Berge in etwa 14 km Entfernung (Luftlinie) vom Kraftwerk anzunehmen. Die Grenzlinie zwischen den Haupteinflußbereichen des Dampfkraftwerkes und der Emittenten des Raumes Frantschach/Wolfsberg war in etwa 6 km nördlich des Kraftwerkes gegeben, was sich auf Grund des verschieden langen SO₂-Ausstoßes der einzelnen Emissionsquellen auch bei den jahrringchronologischen Untersuchungen bestätigte.

Auf Grund der Fluorwerte war nur für eine Probefläche (in der Nähe einer Ziegelei) südlich der St. Pauler Berge ein möglicher Schaden allein durch F-Immissionen (2'9 mg % F) anzunehmen.

Für den Untersuchungsbereich ließen sich somit drei Hauptimmissionsgebiete feststellen: Ein abgegrenztes Gebiet um Lavamünd, ein Immissionsgebiet, das im wesentlichen von Immissionen des Kraftwerkes betroffen ist und ein nördlich anschließendes, in welchem die Immissionen aus Frantschach und Wolfsberg als Hauptursache für die Immissionseinwirkungen und festgestellte Zuwachsverluste anzusehen sind.

Die beiden nördlichen Immissionsgebiete wurden einer gemeinsamen Zonierung, die in der Abbildung dargestellt ist, unterzogen. Die Volumenzuwachsverluste für Fichte, Tanne und Kiefer in den beiden Zonen sind in der folgenden Tabelle 5 ausgewiesen.

RAUCHSCHADENSGBIET LAVANTTAL

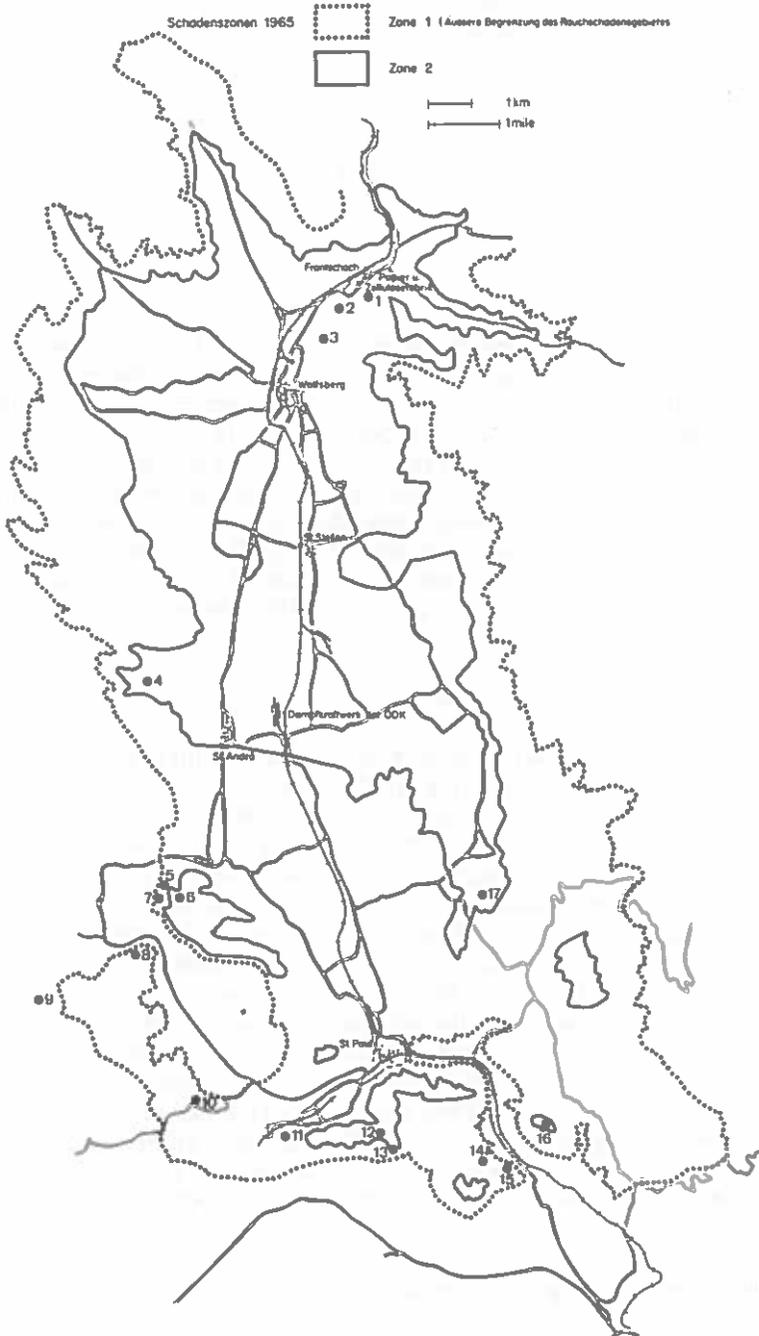


TABELLE 5: Volumenzuwachsverluste (%) von Fichte, Tanne und Kiefer in den Zonen 1 und 2 während der Jahre 1954 - 1959 und 1960 - 1965

	Volumenzuwachsverluste (%)			
	Zone 1		Zone 2	
	1954 - 1959	1960 - 1965	1954 - 1959	1960 - 1965
Fichte	2'0	7'5	9'5	18'5
Tanne	14'5	27'5	15'5	22'5
Kiefer	0'0	4'0	4'5	10'0

Der scheinbare Widerspruch, daß die Tanne in Zone 2 geringere Zuwachsverluste als in Zone 1 aufwies, ist damit zu erklären, daß in Zone 2 die nicht widerstandsfähigen Tannen zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits abgestorben waren und sich der ermittelte prozentuelle Zuwachsverlust für den Zeitraum 1960 - 1965 in Zone 2 nur auf die verbliebenen widerstandsfähigen Exemplare bezieht. Bei der Baumart Lärche konnten nur geringfügige, vernachlässigbare Zuwachsverluste registriert werden. Bei den Laubbaumarten konnten erst ab dem Jahre 1963 Störungen des Zuwachsverlaufes festgestellt werden, die jedoch nicht entscheidend ins Gewicht fielen (POLLANSCHÜTZ und STEFAN, 1974).

Untersuchungen ab 1971

Bei den seit 1971 durchgeführten Untersuchungen wurden immer nur bestimmte Waldteile bearbeitet. In Tabelle 6, in der die Ergebnisse der Schwefelbestimmungen in Nadelproben angeführt sind, wurden mit einer Ausnahme (Pkt. 9 als Ersatz für Pkt. 8) nur Probeflächen berücksichtigt, die bereits bei der Untersuchung durch die Forstliche Bundesversuchsanstalt zumindest ertragskundlich bearbeitet wurden.

Im Vergleich zu 1965 war bei den Punkten in der Umgebung von Frantschach (1 - 3) vor allem 1971 ein starker Anstieg festzustellen. 1976 war dann zwar ein Rückgang festzustellen, dabei muß aber auch der Einfluß dieses Trockenjahres, der allgemein eine geringere Schwefelaufnahme bei gleichen oder höheren Immissionen bewirkte, Berücksichtigung finden. Am Punkt 1 trat zwar 1979 eine weitere Abnahme des Schwefelgehaltes im Nadeljahrgang 2 gegenüber 1976 ein, in angrenzenden Abteilungen wiesen aber die Schwefelgehalte dieses Nadeljahrganges immer noch Werte in der selben Höhe wie 1976 auf, die über denen von 1965 lagen.

Im Haupteinflußbereich des Kraftwerkes St. Andrä lagen die Werte für das Jahr 1979 im Nadeljahrgang eins bei zwei Drittel vergleichbarer Flächen unter denen des Jahres 1965. Bei den Untersuchungen 1972, 1975 und 1977 ergab sich dagegen eine wesentlich stärkere Immissionseinwirkung. Besonders betroffen waren davon die Punkte 5, 6 und 7 im Salzburger

TABELLE 6: Schwefelgehalte (% S) in den Nadeljahrgängen 1 - 5 in den Jahren 1965 bis 1979 von in der Abbildung bezeichneten Probeflächen.

Probe- fläche	Nadel- jahrgang	% S in der Trockensubstanz						
		1965	1971	1972	1975	1976	1977	1979
1	1	0*11	0*21			0*17		0*17
	2	-	0*31			0*21		0*15
	3	0*15	-			-		-
	4	0*16	-			-		-
	5	-	-			-		-
2	1	0*14	0*23			0*16		
	2	-	-			0*24		
	3	0*27	0*42			-		
	4	0*30	-			-		
	5	-	-			-		
3	1	0*11	0*20			0*13		
	2	-	-			0*23		
	3	0*21	0*31			-		
	4	0*24	-			-		
	5	-	-			-		
4	1	0*06						0*05
	2	-						0*07
	3	0*12						0*09
	4	0*14						0*12
	5	-						0*13
5	1			0*12				0*06
	2			0*17				0*09
	3			0*23				0*14
	4			0*20				0*16
	5			-				0*17

TABELLE 6: Fortsetzung

Probe- fläche	Nadel- jahrgang	% S in der Trockensubstanz						
		1965	1971	1972	1975	1976	1977	1979
6	1	0.06		0.09	0.07		0.12	0.05
	2	-		0.14	0.09		0.13	0.07
	3	0.13		0.16	0.15		0.20	0.10
	4	0.13		0.19	0.17		0.25	0.13
	5	-		-	0.19		0.29	0.13
7	1			0.12	0.07		0.10	0.05
	2			0.16	0.12		0.15	0.12
	3			0.17	0.16		0.18	0.15
	4			0.20	0.17		0.18	0.18
	5			-	0.19		0.23	0.16
8	1	0.04						
	2	-						
	3	0.08						
	4	0.09						
	5	-						
9	1							0.04
	2							0.04
	3							0.08
	4							0.10
	5							0.08
10	1	0.10		0.07				0.07
	2	-		0.12				0.12
	3	0.16		0.15				0.17
	4	0.19		0.15				0.24
	5	-		0.15				0.24

TABELLE 6: Fortsetzung

Probe- fläche	Nadel- jahrgang	% S in der Trockensubstanz					
		1965	1971	1972	1975	1976	
11	1	0.05		0.08			0.04
	2	-		0.11			0.07
	3	0.12		0.12			0.11
	4	0.13		0.15			0.15
	5	-		-			0.16
12	1	0.06				0.07	0.05
	2	-				0.14	0.08
	3	0.10				0.19	0.13
	4	0.11				0.22	0.16
	5	-				0.25	0.21
13	1	0.08		0.12		0.08	0.05
	2	-		0.19		0.20	0.07
	3	0.11		0.25		0.20	0.10
	4	0.14		0.21		0.36	0.14
	5	-		-		0.38	0.16
14	1	0.05		0.08		0.08	0.07
	2	-		0.10		0.12	0.12
	3	0.05		0.11		0.16	0.16
	4	0.06				0.25	0.25
	5	-		-		0.28	0.28
15	1	0.05				0.06	0.06
	2	-				0.07	0.07
	3	0.05				0.10	0.10
	4	0.05				0.14	0.14
	5	-				0.13	0.13

TABELLE 6: Fortsetzung

Probe- fläche	Nadel- jahrgang	% S in der Trockensubstanz						
		1965	1971	1972	1975	1976	1977	1979
16	1			0·17				0·11
	2			0·16				0·17
	3			0·20				0·24
	4			0·22				0·27
	5			0·22				0·23
17	1	0·04						0·07
	2	-						0·09
	3	0·07						0·11
	4	0·07						0·17
	5	-						0·16

Wald, die Punkte 12, 13 und 14 in den St. Pauler Bergen und Punkt 16 östlich der Lavant. Auch für die Punkte 10 und 17 ist auf Grund der Werte der älteren Nadeljahrgänge der Untersuchung 1979 eine stärkere Immissionseinwirkung bis 1977 anzunehmen.

Die verfügbaren Analysenwerte belegen die Tatsache, daß zu den witterungsbedingten Einflüssen auf die Schadstoffaufnahme der Nadeln noch eine weitere Variable kommt, weil die Emissionen kalorischer Kraftwerke von Jahr zu Jahr und von Monat zu Monat unterschiedliche Größenordnungen aufweisen können.

Die Schadstoffgehalte der Nadeln können dazu die besten Unterlagen liefern, weil sie die Trends der tatsächlich aufgenommenen Schadstoffmengen (SO₂) am besten widerspiegeln. Anders ist die Sachlage in Hinblick auf forstwirtschaftliche Schäden; sie setzen sich in Rauchschadensfällen bekanntlich aus

- Zuwachsverlusten am verbleibenden Bestand und durch die Verringerung der Bestandeskreisfläche (durch Absterben von Bäumen) sowie aus
- Sortimentsverlusten und Hiebsunreife, ferner aus Mehraufwendungen (Aufarbeitungskosten, Verwaltung und Aufsicht, höhere Waldbaukosten etc.).

zusammen.

Im vorliegenden Fall kamen alle diese Komponenten zum tragen. Der Verlauf des forstwirtschaftlichen Schadens verlief analog zu anderen Entwicklungen in Schadensgebieten, wo sich eine neue (oder erstmalige) Immissionssituation eingestellt hatte: Die forstökonomischen Folgen steigerten sich allmählich; so wurde z. B. für die Periode 1969 - 1971 an mehreren Probestflächen (Fichte) der Forstverwaltungen St. Paul und Dr. G. Schütte ermittelt, daß am verbleibenden Bestand die relativen Indizes des Radialzuwachses rund 5 % unter den bereits 1960 - 1965 ermittelten (schon damals reduzierten!) lagen. Bei Tanne waren die Unterschiede bedeutend größer, was nicht verwunderlich ist, da sie bekanntlich empfindlicher reagiert und im fraglichen Gebiet einzelstamm- und horstweise abstarb. Das Absterben der Tanne wird gerne zum Anlaß für Diskussionen genommen, da man neuerdings wieder (ähnliche Erscheinungen werden seit mindestens 100 Jahren periodisch berichtet) in mehreren Gebieten Mitteleuropas ein sogenanntes "Tannensterben" beobachtet. Das "Tannensterben" ist eine Erscheinung, die durch zahlreiche und sehr unterschiedliche Ursachen ausgelöst werden kann; viele davon sind bekannt und zu diesen bekannten Ursachen gehört die Luftverunreinigung. Es ist hier nicht der Raum, die Frage des Tannensterbens ausführlich zu erörtern, doch darf festgehalten werden, daß die räumliche Koinzidenz und der zeitliche Ablauf im Zusammenhang mit Immissionen als starkes Indiz für einen kausalen Zusammenhang zu werten ist.

Die Summe der bewerteten Verluste wurde von den Betrieben (Forstverwaltungen des Stiftes St. Paul und Dr. Gudmund Schütte) 1971 mit einer Geldmenge angegeben, die 1,2 - 2,1 Erntefestmeter pro Hektar und Jahr in der Periode 1969 - 1971 entsprochen hatte; die analogen Werte pro be-

einflußter Fläche lagen in der Periode 1975 - 1977 bei 2,26 - 2,98 Erntefestmeter. Diese Forderungen an den Hauptemittenten des Lavanttales (Dampfkraftwerk St. Andrä) waren Gegenstand eines langjährigen und einzigen zu Ende geführten Zivilrechtsprozesses dieser Art in Österreich. Die erwähnten Forderungen wurden mit geringen Abstrichen (z. B. in der ersten Altersklasse) vom Gericht anerkannt und von zwei Berufungsinstanzen bestätigt.

LITERATUR

- POLLANSCHÜTZ, J. und STEFAN, K., 1974: Regionale Abgrenzung und Zonierung eines Rauchsadensgebietes in einer Gebirgsbeckenlandschaft.
IUFRO "Executive Board Study Tour" Exkursion vom 3. - 10. September 1974 in Österreich, 58 - 60.
- STEFAN, K., 1975: Die Schwefel- und Fluorbestimmung in Nadeln als Diagnosemethode bei Rauchsadensuntersuchungen.
Allgem. Forstzeitung, 86, 181 - 184.

D I E A B G A S B E L A S T U N G
I M R A U M V O I T S B E R G - K Ö F L A C H -
D I E V E R W E N D U N G V O N F I C H T E N B O R K E
Z U R I N D I K A T I O N

V o n

Otto Härtel, Dieter Grill und Franz Krzyscin

Institut für Pflanzenphysiologie an der Universität Graz

E I N L E I T U N G

Fichtenborke als Indikator zur Beurteilung von Luftverunreinigungen hat nicht nur in Städten (Stüber 1975, Kienzl und Härtel 1979) sondern auch in großräumigen Immissionsgebieten (Härtel, Grill und Krzyscin 1980) bereits brauchbare Ergebnisse geliefert.

Durch Akkumulation von Schadstoffen in der Borke bzw. chemische Umsetzungen in ihr ändert sich die Leitfähigkeit von Borkenextrakten in direkter Beziehung zu der Stärke vorangegangener Immissionen (Härtel und Grill 1972, Kienzl und Härtel 1978). Das bedeutet wiederum, daß die Fichtenborke eine integrale Erfassung der Immissionssituation während eines bestimmten Zeitraums in einem zu untersuchenden Gebiet ermöglicht. Durch ein einfaches Verfahren ist es möglich, den Anteil Sulfat (ELS) an der Gesamtleitfähigkeit (ELB) zu ermitteln, wodurch die sulfatischen und nichtsulfatischen Anteile (ELN) der Leitfähigkeit getrennt werden können. Es liegt auf Grund eingehender Untersuchungen (Kienzl und Härtel 1978) insbesondere zur Standardisierung eine praktikable Methode vor, die Umweltbelastung der unter Streß stehenden Individuen wiederzugeben, d.h. die Fichte als Bioindikator im weiteren Sinne heranzuziehen.

B E M E R K U N G E N

Z U M U N T E R S U C H U N G S G E B I E T U N D Z U R
P R A K T I S C H E N D U R C H F Ü H R U N G

Das Untersuchungsgebiet stellt ein von NW nach SE verlaufendes Talbecken unterschiedlicher Breite dar. In diesem liegt das z.T. sehr dichte Siedlungsgebiet mit den Orten Voitsberg, Rosental, Bärnbach und Köflach. Als Verursacher von Luftverunreinigungen scheinen neben dem Hausbrand und lebhaftem Verkehr mehrere Industriebetriebe, ein kalorische Kraftwerk und ein Braunkohlenbergbau (Tagbau) auf.

In diesem Gebiet wurden im Februar und im August an rund 150 Probestellen Borken von Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.) entnommen (vgl. Abb.2). Günstig wirkt sich die Tatsache aus, daß geeignete Probestämme im ganzen Gebiet gleichmäßig verteilt sind, so daß auf Verwendung von Borken anderer Koniferen oder von Borkerexplantaten (Grill und Hofer 1978) verzichtet werden konnte.

Die Aufsammlung der Borkenproben und die weitere Aufarbeitung erfolgte nach Angaben bei Härtel und Grill 1972 sowie Kienzl und Härtel 1978 und sei deshalb hier nur kurz erwähnt: 4 g grobzerkleinerte Borke von ca 3 mm Dicke wird mit 60 ml aqua dest. 24 h extrahiert. Aus dem Extrakt läßt sich die Gesamtleitfähigkeit (ELB) bestimmen und in/uS angeben. Die sulfatische Komponente der Gesamtleitfähigkeit läßt sich auf Grund eines turbidimetrischen Verfahrens mit $BaCl_2$ in salzsaurem Medium und anschließender Umrechnung auf/uS darstellen. Die Differenz ELB-ELS ergibt den nichtsulfatischen Anteil der Borkenleitfähigkeit (ELN).

Pro Probestelle wurden in der Regel mindestens drei Individuen untersucht und der Mittelwert aus den Messungen als Größe für die Luftverunreinigungen angegeben. Zur Darstellung der Immissionsbelastung wurde (vgl. auch Kienzl und Härtel 1979) über das Probengebiet ein Quadratnetz von 1 km Seitenlänge gelegt. Die in den einzelnen Quadraten enthaltenen Borkenwerte wurden gemittelt, wobei auch Probepunkte benachbarter Quadrate mit halbem Gewicht einbezogen wurden, sofern die Stellen nicht weiter als 300 m außerhalb der jeweiligen Umgrenzung lagen. Die so erhaltenen Werte (wir beschränkten uns auf die ELS-Werte) wurden in 5 Klassen unterteilt (Abb.1). Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist dieser Darstellungsweise bei großflächigen Erhebungen der Immissionssituation gegenüber der punkweisen Eintragung (Abb.2) unbedingt der Vorzug zu geben. Die Beurteilung z.B. der mikroklimatischen Situation in einem eng umgrenzten Gebiet (Grill, Härtel und Krzyscin 1980), aber auch von Immissionsschäden, kann sich dagegen nur auf Einzelwerte stützen.

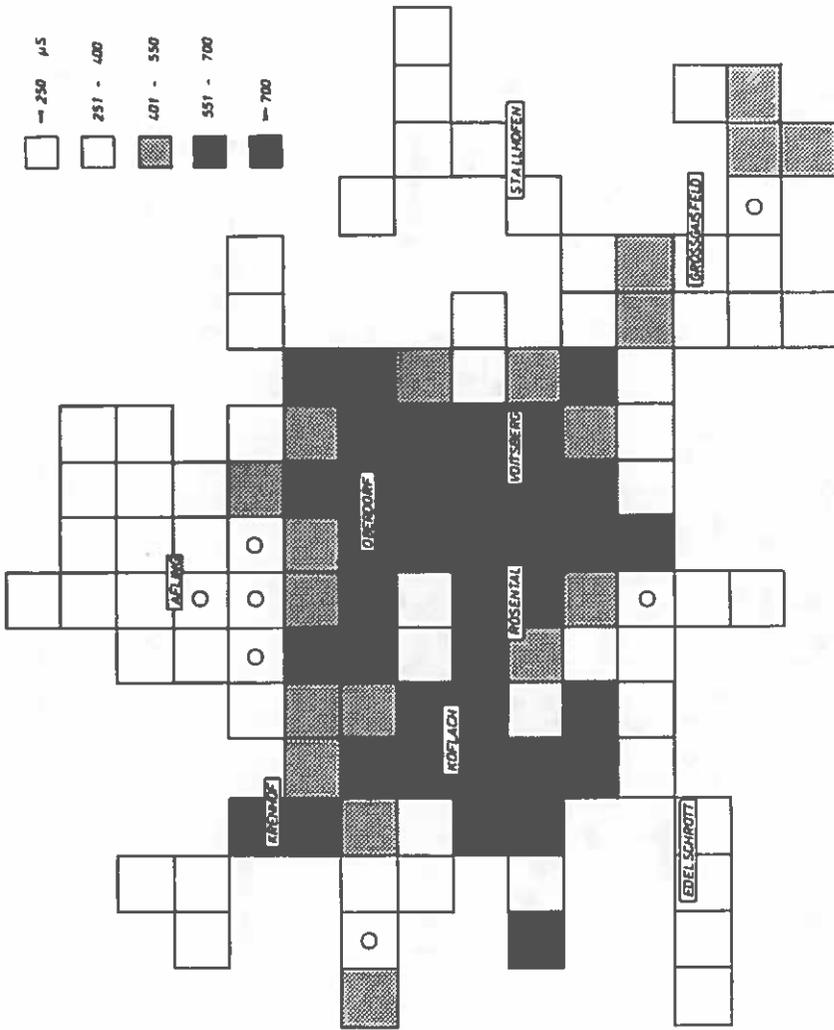


Abb.1 Verteilung der Luftverunreinigungen während des Untersuchungszeitraums Februar - August, dargestellt mit der Borkenmethode (ELS).
 Flächeige Darstellungsweise. O = nicht untersucht.

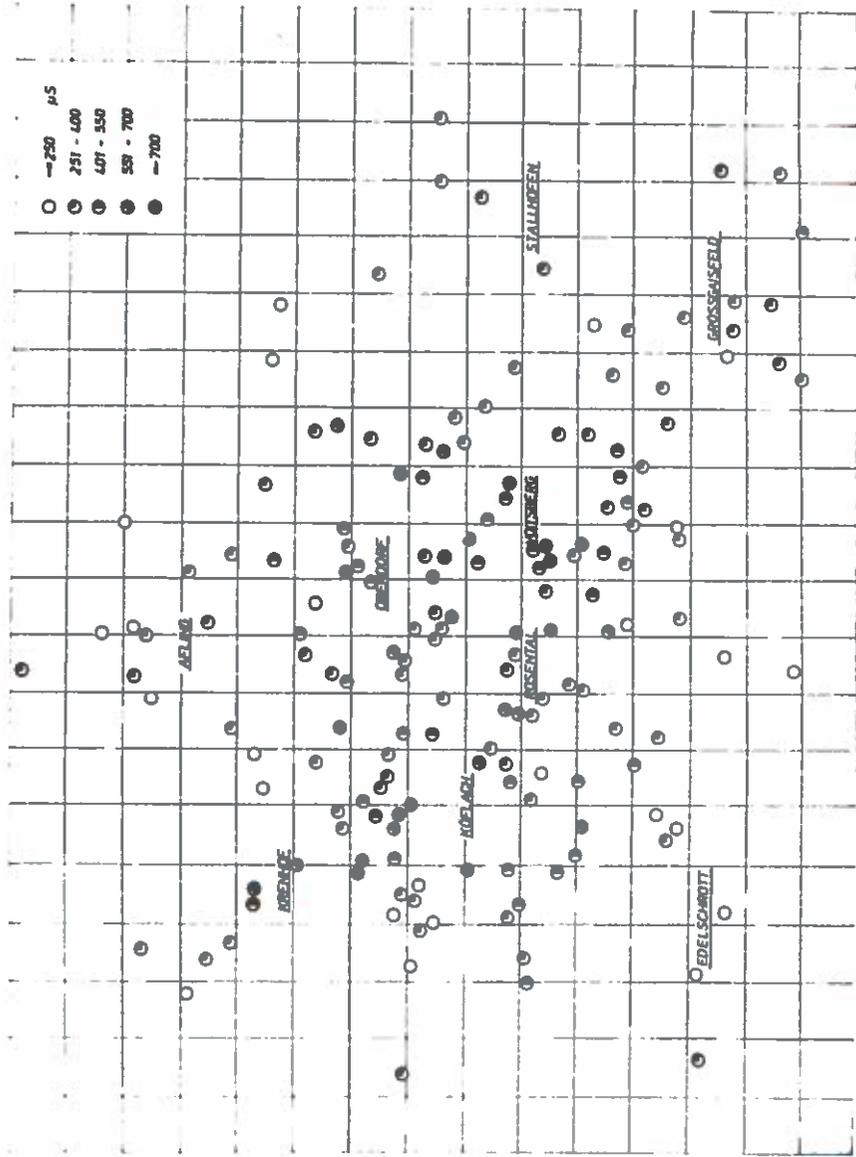


Abb.2 Die ELS von Fichtenborken im Zeitraum Februar - August nach der punktförmigen Darstellungweise der einzelnen Probestellen.

DIE VERTEILUNG DER IMMISSIONEN IM UNTERSUCHUNGSGBIET

Die solcherart erstellten Immissionskarten - als Beispiel sei hier diejenige für das Sommerhalbjahr wiedergegeben (Abb.1) - lassen deutlich einen unterschiedlichen Abgasein-
fluß im Untersuchungsgebiet erkennen. Dabei fallen einerseits die Immissionsschwerpunkte Köflach-Krenhof bzw. Voitsberg auf, andererseits ist die Abgasbelastung in den Randgebieten deutlich geringer. Ersichtlich ist auch die NW-SE Erstreckung des Immissionsgebietes, wobei die Immissionen in Richtung NW rasch abnehmen, während die in SE gelegenen Gebiete noch deutlich belastet sind. Diese Immissionsverteilung dürfte reliefbedingt sein; im NW ist die Begrenzung des Untersuchungsgebietes gebirgig, im SE eher hügelig, so daß die Immissionen darüber hinwegfließen können.

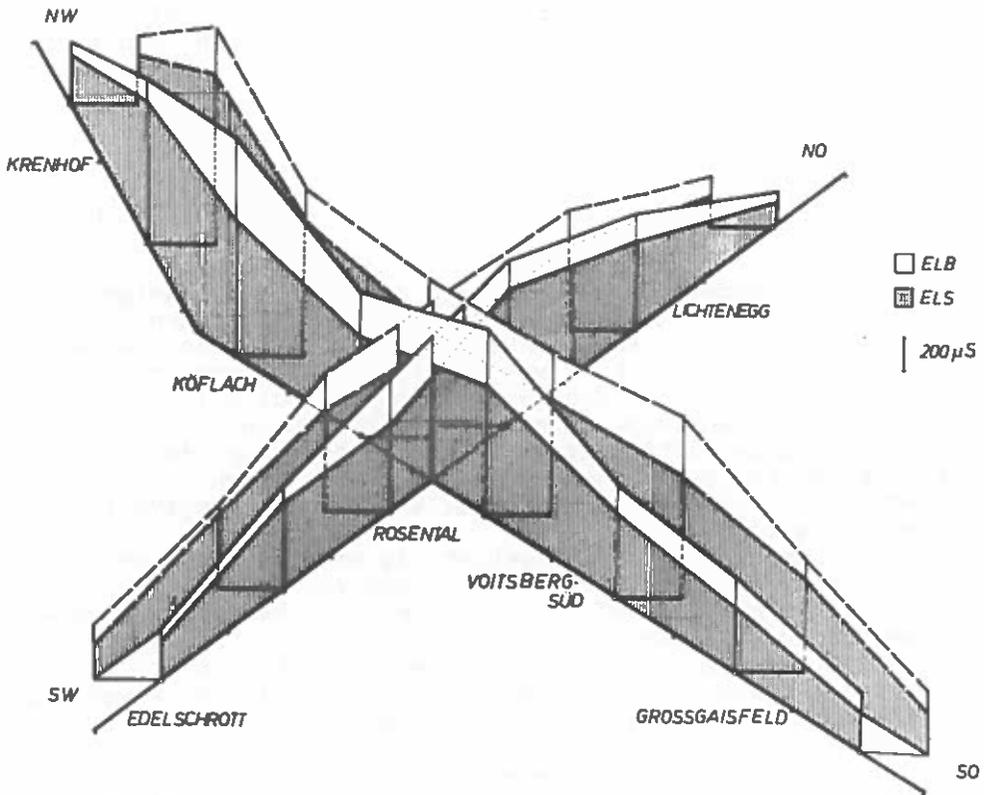


Abb.3 NW - SE bzw. NE - SW Profil durch das Immissions-
gebiet und der Grad der Luftverunreinigung im Sommer ———
und Winter - - -

Die Ausbreitung der Immissionen sowie die sulfatischen und die nichtsulfatischen Anteile an den Borkenextrakten lassen sich auch anhand von Profilen (Abb.3) darstellen. Dazu wurden die Profile in jeweils ca 2 km² große Abschnitte unterteilt und die darin gefundenen Borkenwerte gemittelt. Aus beiden Profilen geht übereinstimmend der geringe Unterschied zwischen Sommer- und den etwas höheren Winterwerten hervor; im Mittel über alle Probestellen beträgt er nur rd. 8,5 % und liegt damit innerhalb der methodisch bedingten Streuung. Bei einer genaueren Gliederung der Werte nach der Entfernung vom Immissionsgebiet stellt sich jedoch heraus, daß in den Randgebieten die ELB-Werte um ca. 1,7 mal höher sind als im Sommer. Als Ursache hierfür ist einerseits der Hausbrand, andererseits ein weiteres Auseinanderfließen der Immissionen bei Inversionswetterlagen anzunehmen (Härtel, Grill und Krzyscin 1980). Diese Annahme wird dadurch bestärkt, daß die Immissionszentren im Winter weiter auseinander liegen als im Sommer.

Die Hauptkomponente der Borkenleitfähigkeit stellen Sulfate dar, während der nichtsulfatischen Komponente nur ein recht geringer Anteil zukommt.

V E R G L E I C H D E R B O R K E N M E T H O D E M I T A N D E R E N E R H E B U N G S V E R F A H R E N

Die Borkenmethode hat sich als auch für großräumige Kartierungen von Immissionsgebieten als brauchbar und sehr aussagekräftig erwiesen: Man kann die Verteilung der Belastung und die Abhängigkeit von der Jahreszeit ersehen, sowie die getrennte Feststellung des Anteils von sulfatischen und nichtsulfatischen Komponenten durchführen. Dadurch läßt sich die Immissionssituation einer Gegend, insbesondere durch die geringen Kosten der Methode, rationell beurteilen. In diesem Zusammenhang sollen Vergleiche mit anderen Erhebungsverfahren angeführt werden.

Für unser Untersuchungsgebiet lag eine Infrarotkartierung (Schnopfhagen 1977) vor; bei einem Vergleich dieser Erhebung mit den auf Grund der Borkenmethode gewonnenen Ergebnissen ergab sich eine erstaunlich gute Korrelation von $r = 0,77$ (weniger als 0,1 % Irrtumswahrscheinlichkeit). Über Vergleichsuntersuchungen und die statistische Auswertung wird detailliert bei Härtel, Grill und Krzyscin 1980 berichtet.

In früheren Untersuchungen wurde auch von der Übereinstimmung mit den S-Gehalten von Fichtennadeln (Härtel und Grill 1972, Grill, Härtel und Krzyscin 1980) berichtet, wobei uns leider für derartige Vergleiche im vorliegenden Gebiet keine Analysenwerte zur Verfügung standen. Weiters geht

aus Untersuchungen mit der Borkenmethode aus dem Stadtgebiet von Graz hervor, daß auch SO₂-Konzentrationsmessungen der Luft sowie die Kartierung der Immissionssituation mittels Flechten ähnliche Ergebnisse liefert wie eine solche mit der Borkenmethode.

L I T E R A T U R

- Grill, D. und Hofer, H., 1978: Der Borkentest als Hilfsmittel zur Rauchscheidenskartierung. Tagungsber.X.Intern. Arbeitstagung forstl.Rauchscheidenssachverständiger, Ljubljana (im Druck).
- Grill, D., Härtel, O. und Krzyscin, F., 1980: Confining and mapping of air polluted areas with coniferous barks. Arch.Ochr.Srodow. (im Druck).
- Härtel, O. und Grill, D., 1972: Die Leitfähigkeit von Fichtenborken-Extrakten als empfindlicher Indikator für Luftverunreinigungen. Eur.J.Forest Pathol. 2, 205-215.
- Härtel, O., Grill, D. und Krzyscin, F. 1980: Darstellung der Umweltbelastung im weststeirischen Industriegebiet anhand von Fichtenborken. Mitt.naturwiss.Ver.Steiermark (im Druck).
- Kienzl, I. und Härtel, O., 1978: Neues über den Borkentest - seine Zuverlässigkeit bei der Beurteilung von Immissionen. Tagungsber. X. Intern.Arbeitstagung forstl.Rauchscheidenssachverständiger, Ljubljana (im Druck).
- Kienzl, I. und Härtel, O., 1979: Die Luftverunreinigungen im Stadtgebiet von Graz, dargestellt anhand von Borkenuntersuchungen. Mitt. naturwiss.Ver.Steiermark 109, 113-135.
- Schnopfhagen, S., 1977: Immissionserhebung mit Infrarotfilm über forstliche Vegetationsschäden 1971 - 1976 in der Steiermark. Amt der Steiermärk. Landesregierung, Graz.
- Stüber, E., 1975: Studie über die umwelthygienisch-ökologische Situation der Stadt Salzburg. Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, Salzburg.

DAS DAMPKRAFTWERK NEUDORF/WERNDORF DER STEIRISCHEN WASSERKRAFT- UND ELEKTRIZITÄTS- AKTIENGESELLSCHAFT

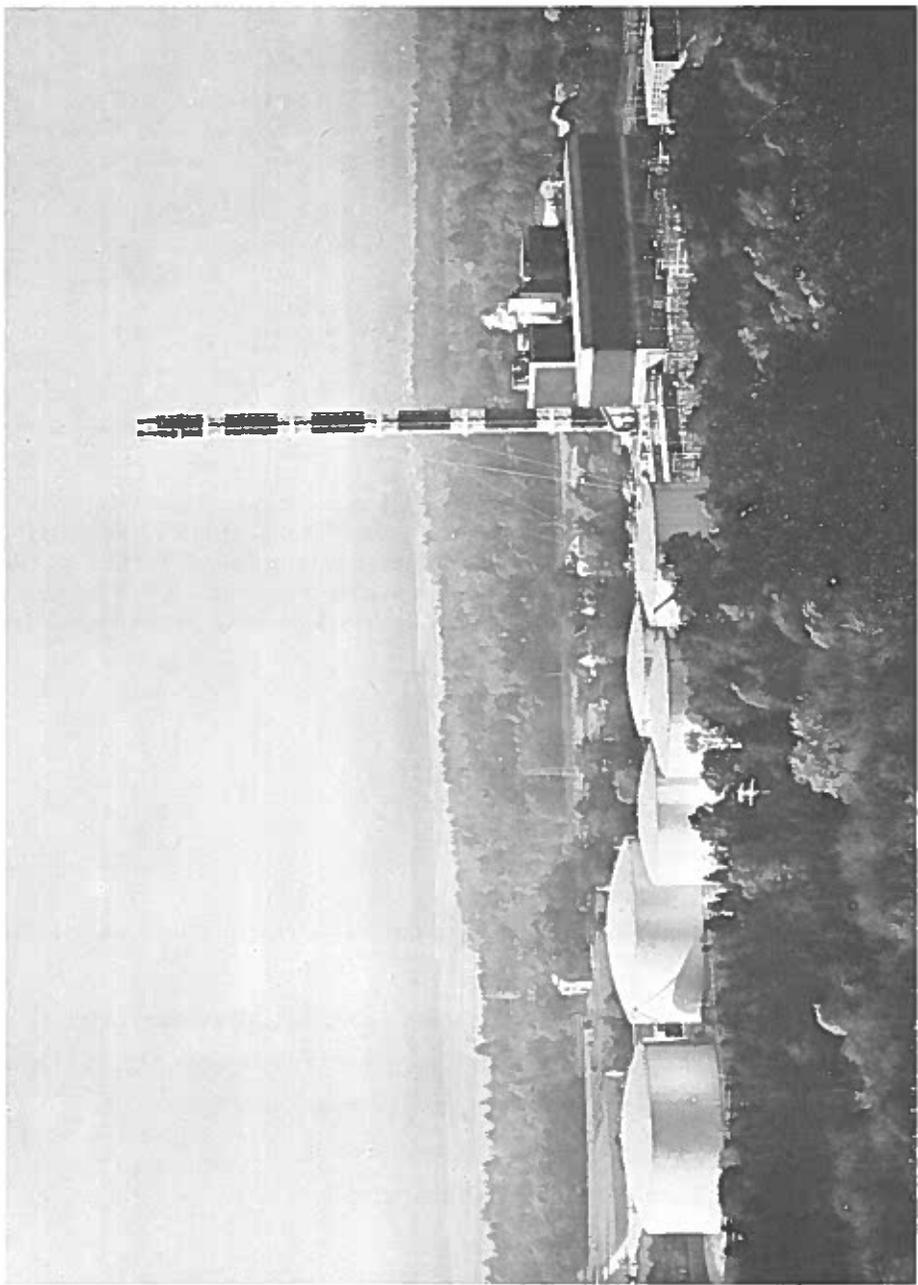
Von
Wilhelm PRINER
STEWEG GRAZ

Das Dampfkraftwerk Neudorf/Werndorf soll nicht nur die Winterlücke der Elektrizitätserzeugung der Murkraftwerke, sondern auch die der Laufkraftwerke an der Enns abdecken. Der Bau des Dampfkraftwerkes wurde im Jahre 1966 in Angriff genommen und in zwei Etappen - Kraftwerksblock I und Kraftwerksblock II -, dem Bedarfszuwachs entsprechend, fertiggestellt.

STANDORT

Für die Wahl des Standortes im Raume Neudorf/Werndorf waren folgende Faktoren maßgebend:

1. Die Nähe des Murflusses zur Sicherung des Kühlwasserbedarfes.
2. Die Kürze des Energietransportes zum Verbrauchsschwerpunkt Graz.
3. Die geringe Entfernung zur Bahnlinie (Öltransport).
4. Die Lage zum Flughafen Graz (Kaminhöhe).
5. Die geringstmögliche Belastung der Umwelt.
 - a) Aulandschaft,
 - b) geringe Besiedlungsdichte,
 - c) Möglichkeit zur Errichtung eines Kamines mit einer Höhe von 175 m zur Verminderung der Auswirkungen der Emissionen.



TECHNISCHE DATEN DES KRAFTWERKES

	Block I	Block II	Gesamt
Errichtet:	1966-1968	1972-1975	
Leistung:	120 MW	175 MW	295 MW
Betriebsstunden:	5,500	5,000-6,000	
Vollaststunden:	4,000	4,000-5,000	
Kaminhöhe:		je 175 m	
Kesselhaushöhe:		je 42 m	
Inhalt des Öllagers:			200,000 t
Abgasmenge:	335,000 Nm ³ /h	445,000 Nm ³ /h	
Schwefelgehalt des Heizöles:		max. 3 %	
Ø Jahresölverbrauch:	100,000 t	150,000 t	250,000 t
Ø Jahresgasverbrauch:			120 Mio m ³
Ölverbrauch je Stunde bei reiner Ölfeuerung:	ca. 24 t	ca. 33,5 t	
Abgastemperatur:	140 ^o	140 ^o	

BEEINFLUSSUNG DER UMWELT

Um die Beeinflussung der Umwelt durch den Betrieb des Dampfkraftwerkes so gering wie möglich zu halten, wurde seitens der Genehmigungsbehörden (Energie-, Bau-, Forst- und Wasserrechtsbehörde) eine Vielzahl von Vorschriften gemacht, die als Dauerbedingungen laufend zu erfüllen sind.

Als Kaminhöhe für den Kraftwerksblock I hatte die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik auf Grund der vorausgegangenen Grundbelastungsmessungen in einem Gutachten 100 m ermittelt. Da die Behörden im Interesse des Schutzes der Umwelt sehr vorsichtig vorgehen, wurde jedoch bereits für den Kraftwerksblock I eine Kaminhöhe von 165 m und im Zuge des Verfahrens für den Block II eine solche von 175 m behördlich vorgeschrieben und überdies gefordert, daß der statische Nachweis für eine allfällige Erhöhung des Kamines auf 180 m erbracht werden muß.

Die wesentlichsten Vorschriften der Behörden hinsichtlich des Umweltschutzes lauten:

1. Errichtung und Betrieb von 3 stationären selbstschreibenden SO₂-Meßstationen mit Wind-, Luft-, Feuchtigkeits- und Temperaturmessung.
2. Der SO₂-Immissionsgrenzwert beträgt 0,4 mg/Nm³, wobei ein Halbstundenmittelwert von 0,75 mg/Nm³ innerhalb gewisser Zeiträume

und gewisser Häufigkeiten toleriert wird.

3. Wechsel des normalen Brennstoffes auf schwefelarmen Brennstoff, der zusätzlich gelagert werden muß.
4. Betriebseinschränkung trotz Wechsels des Brennstoffes und laufende Überwachung bzw. dauernde Besetzung der SO₂-Meßstationen.
5. Verständigung der für die Luftreinhaltung zuständigen Behörde, wenn bestimmte Halbstundenmittelwerte innerhalb einer festgelegten Frist bei den stationären SO₂-Meßstellen erreicht werden.
6. Auswertung der Meßdaten nach bundeseinheitlichen Richtlinien und Übermittlung der Werte an die für die Luftreinhaltung zuständige Behörde.

Zu den Behördenauflagen hinsichtlich des Umweltschutzes kann festgestellt werden, daß die festgelegten Grenzwerte beim Betrieb des Dampfkraftwerkes noch nie erreicht wurden und die STEWEAG durch die vorsorgliche Lagerung von schwefelarmen Heizöl und durch die Möglichkeit des Betriebes mit Erdgas den Behördenauflagen jederzeit ohne Schwierigkeiten nachkommen konnte.

MESSUNGEN - UNTERSUCHUNGEN

Die erwähnten Vorschriften der Behörde voraussehend wurden bereits zeitgerecht vor Inbetriebnahme des ersten Kraftwerksblockes diverse Untersuchungen und Messungen zur Beweissicherung durchgeführt. Diese Maßnahmen wurden von der STEWEAG freiwillig und in enger Zusammenarbeit mit der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien-Schönbrunn, der Landesforstinspektion für Steiermark und der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft in der Steiermark vorgenommen. Bei diesen Untersuchungen wurden zwei parallele Wege beschritten:

- a) Kontrolle der SO₂-Immissionswerte
- b) Forstliche Untersuchungen

Zu a)

Hiefür wurde ein mobiles Spurenanalysengerät (PICOFLUX) eingesetzt. Angefahren wurden insgesamt 20 ausgewählte Meßpunkte, die in der Hauptwindrichtung, welche in etwa Nord-Süd verläuft, eine Ausdehnung von rd. 30 km aufweisen (siehe Abbildung nächste Seite). Diese 20 Meßpunkte wurden zweimal im Monat kontrolliert. Obwohl auf Grund der Behördenvorschriften die Anzahl der Meßpunkte auf 7 hätte reduziert werden können, wurde das Netz mit 20 Meßpunkten bis 1972 beibehalten und erst dann auf 7 Meßpunkte herabgesetzt.

Zusätzlich zu diesen laufenden SO₂-Kontrollen mittels eines Gasanalytators wurden ebenfalls vor Inbetriebnahme des Kraftwerksblockes I 5 Meßstellen mit Barytclappen im Jahre 1965 eingerichtet, um einerseits einen Zusammenhang mit den in Graz laufenden Untersuchungen auf dieser

Basis für das steweageigene Fernheizkraftwerk Graz herstellen zu können, andererseits, um einen Vergleich mit den Meßergebnissen des Gasanaly-sators zu erhalten. Das Barytlappennetz wurde im Jahr 1970 aufgelassen.

Im Jahr 1972 wurde im Einvernehmen mit der Behörde am "Buchkogel bei Wildon", dem kritischsten Prallhang der Abgase, eine stationäre Meßstation mit einem Gerät "PICOFLUX" von Hartmann & Braun errichtet.

In dem behördlichen Verfahren für den zweiten Kraftwerksblock wurde zusätzlich die Errichtung zweier weiterer Meßstationen mit registrierenden SO₂-Meßgeräten vorgeschrieben.

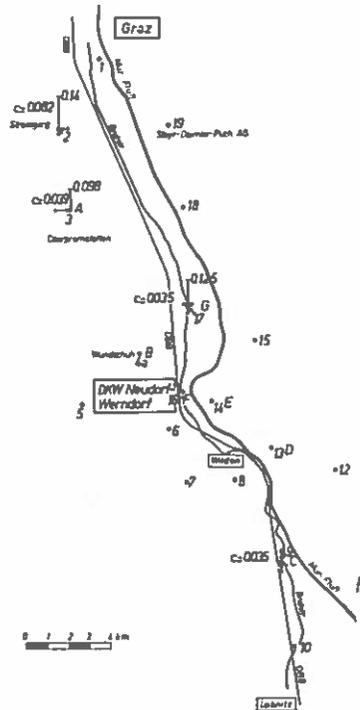


Abb. 1. Lage der Meßpunkte I bis 19 und 4a, A bis G, und SO₂-Windrosen in den Punkten 2, 3, 9 und 17

In weiterer Folge wurden bei allen 3 Meßstationen die PICOFLUX -Geräte der Fa. Philips "PK 9755" getauscht. Derzeit wird die SO₂-Konzentration in der Umgebung des Dampfkraftwerkes mittels dieser drei registrierenden Meßstellen und 7 Meßpunkten, welche im Monat zweimal mit einem mobilen Gerät angefahren werden, kontrolliert.

Sämtliche Meßergebnisse stehen allen interessierten Stellen zur Verfügung und werden überdies der zuständigen Behörde für die Luftrein-

haltung automatisch übermittelt.

Zu b)

Parallel mit den Luftanalysen wurde ebenfalls freiwillig und noch vor Betriebsbeginn mit den forstlichen Untersuchungen begonnen. Ab Herbst 1966 wurde von 20 Fichtenbäumen der Schwefel- und Fluorgehalt in den ein-, drei- und fünfjährigen Jahrgängen der Nadeln untersucht. Im Jahr 1968 wurde in enger Zusammenarbeit mit der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien-Schönbrunn, der Landesforstinspektion und der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft ein Kontrollnetz mit 41 forstlichen Probeflächen eingerichtet. Bei der Auswahl der einzelnen Probeflächen wurde neben den Standortverhältnissen vor allem auf eine Absicherung des zu untersuchenden Gebietes gegenüber dem weststeirischen Raum und dem Raum Graz geachtet. Die jeweils 10 Bäume einer Probefläche wurden eingehend taxiert und der Standort beschrieben. Vom Stammbaum wurden jährlich die Nadelproben (ein-, drei- und fünfjähriger Nadeljahrgang) entnommen und auf den Schwefelgehalt - im Jahre 1968 auch Fluor-Gehalt - untersucht.

Dieses forstliche Untersuchungsnetz wurde vor Inbetriebnahme des zweiten Kraftwerksblockes auf 55 Probeflächen im Jahr 1974 erweitert. Ebenso wurden im Jahre 1974 Bohrkernproben von Fichtenbäumen auf den einzelnen Probeflächen entnommen und an die Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien-Schönbrunn für ertragskundliche Untersuchungen weitergegeben.

Leider ist es so, daß es sich anscheinend bei einem so umfangreichen Probenetz trotz Vereinbarungen mit den Grundeigentümern hinsichtlich des Bestandes der forstlichen Probeflächen nicht vermeiden läßt, daß einzelne Probeflächen durch Schlägerungen, Rodungen und vor allem durch Straßenbauten verlorengehen. Überdies wurde im Jahr 1979 auf Grund sich abzeichnender Trends das Probenetz im Einvernehmen mit der Forstlichen Bundesversuchsanstalt zusätzlich reduziert, sodaß derzeit von 35 Probeflächen Nadelproben entnommen und untersucht werden.

Um weiters einen Überblick über allfällige, von gas- oder staubförmigen Immissionen beeinflusste Flächen in der Umgebung des Dampfkraftwerkes zu erhalten, hat die STEWEAG die finanziellen Kosten für die Aufnahme dieses Gebietes zwischen Graz und Leibnitz mittels Infrarotfalsch-Farbfilmes durch die steirische Landesbehörde ermöglicht.

Neben diesen laufenden forstlichen Untersuchungen und Kontrollen wird noch eine Anzahl von Erwerbsobstanlagen in der Umgebung des Dampfkraftwerkes jedes Jahr ein- bis zweimal gemeinsam mit der Interessensvertretung der Erwerbsobstbauern begangen und auf allfällige Einwirkungen aus dem Betrieb des Dampfkraftwerkes untersucht.

VERÄNDERUNGEN DER IMMISSIONSEINWIRKUNG AN HAND CHEMISCHER NADELANALYSENDATEN NACH ERRICHTUNG DES KALORISCHEN KRAFTWERKES NEUDORF / WERNDORF DER STEWEAG

Von

Klaus STEFAN

Institut für Forstschutz der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

EINLEITUNG

Noch während der Errichtung des ersten Kraftwerkblockes in Neudorf / Werndorf wurde in Zusammenarbeit zwischen der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts- Aktiengesellschaft (STEWEAG), dem Amt der Steiermärkischen Landesregierung - Landesforstinspektion, der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft in Steiermark und der Forstlichen Bundesversuchsanstalt für die Beweissicherung ein 41 Probeflächen umfassendes Kontrollnetz eingerichtet, um durch Immissionen verursachte Veränderungen in den umliegenden Waldbeständen erfassen zu können. Entsprechend der potentiellen Gefährdung wurde für das Kontrollnetz ausschließlich die Fichte (*Picea abies*) als Indikatorbaumart herangezogen. Im vorliegenden Beitrag soll die Entwicklung der Immissionseinwirkungen im Untersuchungsgebiet (PRINER, 1980; SCHNOPFHAGEN, 1980) an Hand der Nadelanalysendaten behandelt werden.

MATERIAL UND METHODIK

Für die laufende Kontrolle wurden seit 1968 jährlich im Herbst Astproben gewonnen und drei Nadeljahrgänge (1, 3, 5) auf ihren Schwefelgehalt untersucht. (Die Durchnummerierung der Nadeljahrgänge erfolgte aufsteigend mit dem Alter; der im Entnahmejahr gebildete Nadeljahrgang stellt den Nadeljahrgang 1 dar.)

Vom ursprünglich 41 Punkte umfassenden Kontrollnetz des Jahres 1968 wurden 33 bis 1977 und 26 bis 1979 bearbeitet. Die Reduzierung erfolgte, weil einige benachbarte Punkte die gleichen Informationen hinsichtlich Immissionseinwirkung lieferten und andere durch Schlägerungen - zum Beispiel beim Autobahnbau - ausfielen. In den Jahren

1971 und 1974 wurde auf Grund der bis dahin vorliegenden Ergebnisse das ursprüngliche Netz erweitert, um das gesamte Immissionsareal erfassen zu können und um unbeeinflusste Punkte für Vergleichszwecke zu erhalten.

Die Schwefelbestimmungen wurden von einem Zivilingenieurbüro für technische Chemie nach der Methode GROTE - KREKELER durchgeführt.

ERGEBNISSE UND BESPRECHUNG

Die Bereiche der Schwefelgehalte der Nadeljahrgänge eins, drei und fünf in den Jahren 1968 bis 1979 sind in Tabelle 1 ausgewiesen, wobei alle Probepunkte eines Entnahmejahres berücksichtigt wurden. Für die Beurteilung und Darstellung der Ergebnisse wurden die Schwefelwerte der drei untersuchten Nadeljahrgänge eines Entnahmejahres, unter Berücksichtigung des natürlichen Schwefelgehaltes und seiner Steigerung mit zunehmendem Nadelalter, zuerst Klassen mit den in Tabelle 2 angeführten Grenzen zugeordnet.

TABELLE 2: Grenzen für die Klassifizierung der Schwefelgehalte der Nadeljahrgänge eins, drei und fünf.

Klasse	% Schwefel in der Trockensubstanz im		
	Nadeljahrgang 1	Nadeljahrgang 3	Nadeljahrgang 5
1	- 0,120	- 0,140	- 0,160
2	0,121-0,140	0,141-0,160	0,161-0,180
3	0,141-0,160	0,161-0,180	0,181-0,200
4	0,161-0,180	0,181-0,200	0,201-0,220
5	0,181-0,200	0,201-0,220	0,221-0,240
6	0,201-0,220	0,221-0,240	0,241-0,260
7	größer 0,220	größer 0,240	größer 0,260

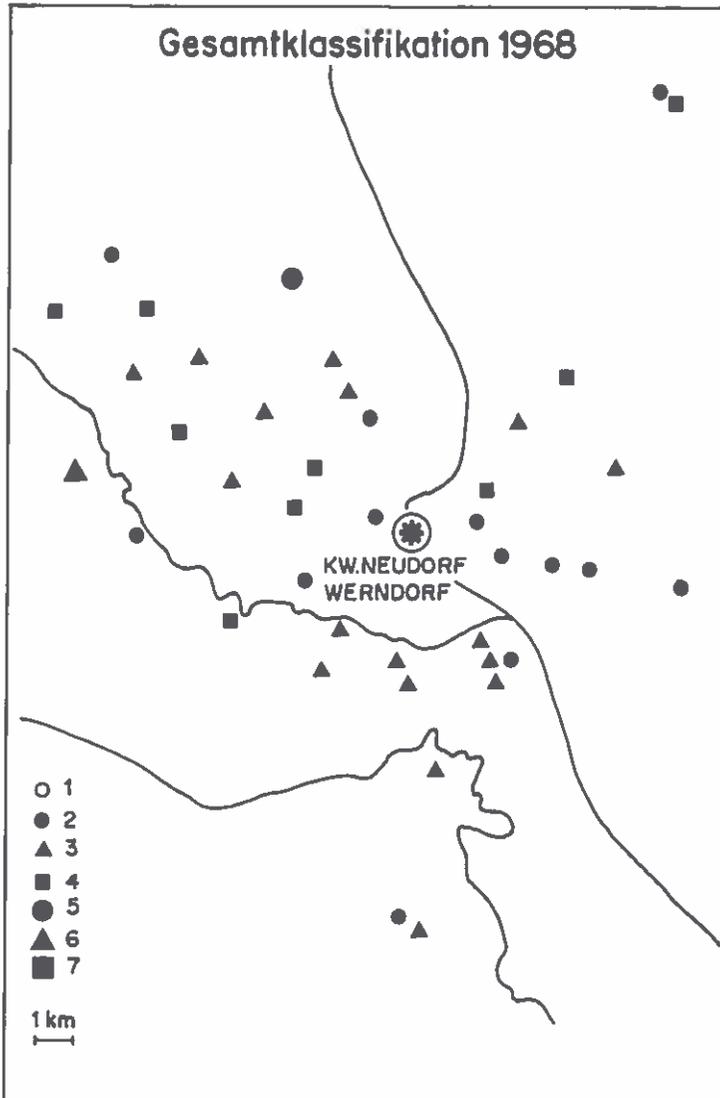
An Hand der Summe der Klassenwerte der drei untersuchten Nadeljahrgänge wurde dann eine Gesamtklassifikation der Punkte für die einzelnen Jahre hinsichtlich Immissionseinwirkung vorgenommen, indem für die Gesamtklassifikation die in Tabelle 3 angeführten Grenzen der Klassensummen Verwendung fanden.

Für das gesamte ursprüngliche Kontrollnetz ist bereits 1968 eine mehr oder minder starke Immissionseinwirkung anzunehmen, wenn man die drei Schwefelwerte eines Probepunktes (Gesamtklassifikation) für die Beurteilung heranzieht. Wie aus Abbildung 1, in der die Gesamtklassifikationen für das Jahr 1968 lagemäßig dargestellt wurden,

TABELLE 1: Bereiche der S - Gehalte in den Nadeljährgängen 1, 3 und 5 in den Jahren 1968 - 1979

Jahr	Anzahl der untersuchten Punkte	% Schwefel in der Trockensubstanz im		
		Nadeljahrgang 1	Nadeljahrgang 3	Nadeljahrgang 5
1968	41	0*125 - 0*176	0*129 - 0*225	0*140 - 0*260
1969	41	0*112 - 0*196	0*119 - 0*220	0*136 - 0*236
1970	40	0*129 - 0*188	0*154 - 0*203	0*183 - 0*254
1971	45	0*132 - 0*185	0*155 - 0*203	0*188 - 0*240
1972	45	0*095 - 0*188	0*129 - 0*195	0*150 - 0*220
1973	46	0*112 - 0*260	0*120 - 0*280	0*130 - 0*280
1974	47	0*120 - 0*195	0*140 - 0*210	0*165 - 0*240
1975	44	0*140 - 0*210	0*135 - 0*215	0*175 - 0*250
1976	45	0*060 - 0*180	0*070 - 0*180	0*100 - 0*240
1977	45	0*150 - 0*320	0*160 - 0*330	0*170 - 0*330
1978	35	0*120 - 0*270	0*170 - 0*300	0*210 - 0*320
1979	35	0*090 - 0*200	0*130 - 0*220	0*140 - 0*300

ABBILDUNG 1



ersichtlich ist, kamen stärkere Immissionseinwirkungen - entsprechend Gesamtklassifikationen größer drei - mit einer Ausnahme nur nördlich des Kraftwerkstandortes vor, wofür 1968 andere Emissionsquellen als das Kraftwerk verantwortlich zu machen sind. Auch die südlich von Neudorf / Werndorf vorgelegenen Immissionseinwirkungen der Gesamtklassifikation drei, die bis in rund 10 km

TABELLE 3: Grenzen für die Schwefel - Gesamtklassifikation an Hand der Klassensumme der Nadeljahrgänge eins, drei und fünf.

Klasse der Gesamtklassifikation	Klassensumme der Nadeljahrgänge eins, drei und fünf
1	3
2	4 - 6
3	7 - 9
4	10 - 12
5	13 - 15
6	16 - 18
7	19 - 21

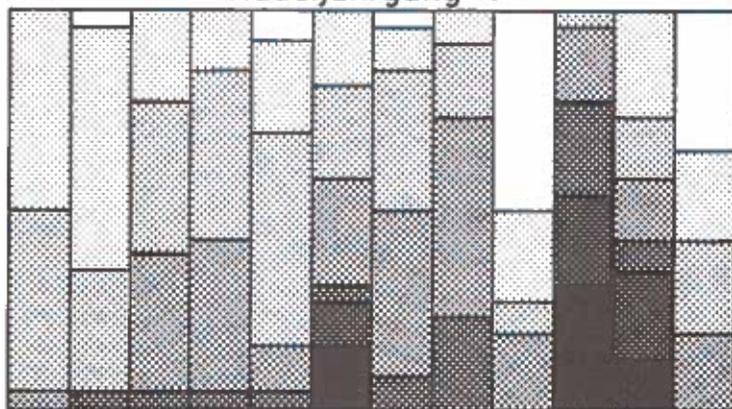
Entfernung vom jetzigen Kraftwerk reichten, waren durch andere Emittenten verursacht. Geringere Schwefelgehalte in den Nadeln waren 1968 nur östlich von Neudorf / Werndorf zu konstatieren.

Die Entwicklung der Immissionseinwirkungen läßt sich aus den Häufigkeitsverteilungen der Klassenwerte der einzelnen Nadeljahrgänge und der Gesamtklassifikationen von den kontinuierlich untersuchten 26 Punkten in den Tabellen 4 und 5 beziehungsweise der analogen Abbildung 2 ersehen. Im Jahr der Inbetriebnahme des ersten Kraftwerkblockes waren bei den Schwefelgehalten der Nadeln der 26 Vergleichsproben keine Verschlechterungen zu konstatieren. 1969 lagen die Immissionseinwirkungen, wie aus den Tabellen 4 und 5 sowie aus Abbildung 2 zu ersehen ist, im Vergleich zu 1968 sogar tiefer. In den beiden folgenden Jahren stieg die Immissionseinwirkung dann erstmals an. Da 1972 wiederum geringere Werte gefunden wurden, die etwa denen des Ausgangsjahres 1968 entsprachen, wurde zu diesem Zeitpunkt angenommen, daß nach der Anlaufphase zumindest eine Stabilisierung der Situation eingetreten sei. 1973 kam es aber erstmals zu einem stärkeren Anstieg der Schwefelgehalte und den bis dahin intensivsten Immissionseinwirkungen. Nach einer relativen Verbesserung 1974, die Werte entsprachen denen der Jahre 1970 und 1971, kam es 1975 neuerlich zu einer Verstärkung der Immissionseinwirkungen, die aber unter denen des Jahres 1973 lagen. Im nächsten Jahr wurden dann die geringsten Werte im Verlauf der bisherigen Untersuchungen gefunden, worauf später noch detaillierter eingegangen werden soll. In den beiden folgenden Jahren kam es dann aber zu den bisher intensivsten Immissionseinwirkungen, wobei diese auf Grund der Ergebnisse des Nadeljahrganges eins 1977 über denen von 1978 lagen. Auch nach dieser zweijährigen Phase starker Immissionseinwirkungen war für das vergangene Jahr 1979 aber wieder ein Rückgang festzustellen. In einzelnen Jahren kam es demnach zu einem starken Anstieg der Schwefelgehalte in den Nadeln, während in anderen Jahren, wie

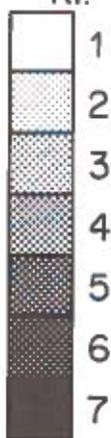
TABELLE 5: Häufigkeitsverteilung der Gesamtklassifikationen entsprechend Tabelle 3 der von 1968 - 1979 untersuchten Probepunkte

Ges. Kl.	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
1	-	1	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-
2	7	9	-	-	2	3	1	-	7	-	-	4
3	10	13	11	11	16	7	8	7	10	-	-	12
4	7	2	8	10	7	4	13	10	-	2	2	7
5	1	1	7	5	1	6	4	8	-	5	10	3
6	1	-	-	-	-	4	-	1	-	10	8	-
7	-	-	-	-	-	2	-	-	-	9	6	-

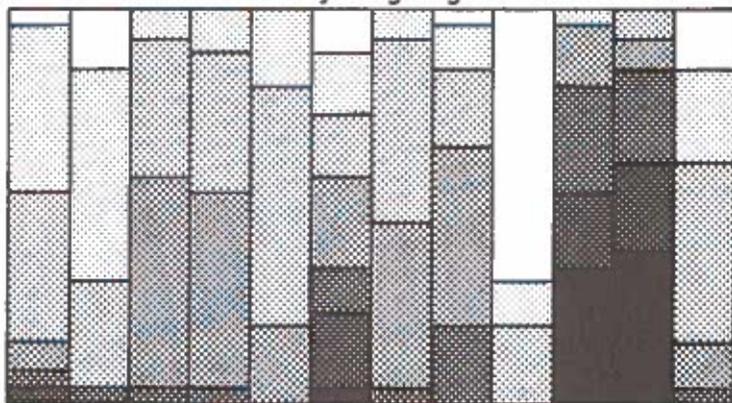
Nadeljahrgang 1



KI.



Nadeljahrgang 3



Nadeljahrgang 5

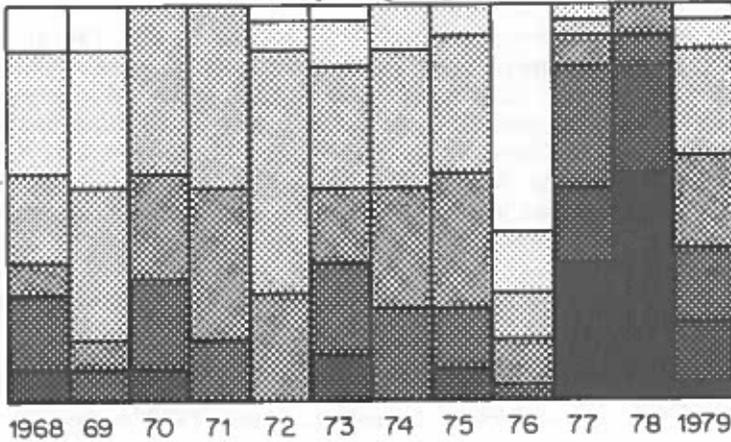
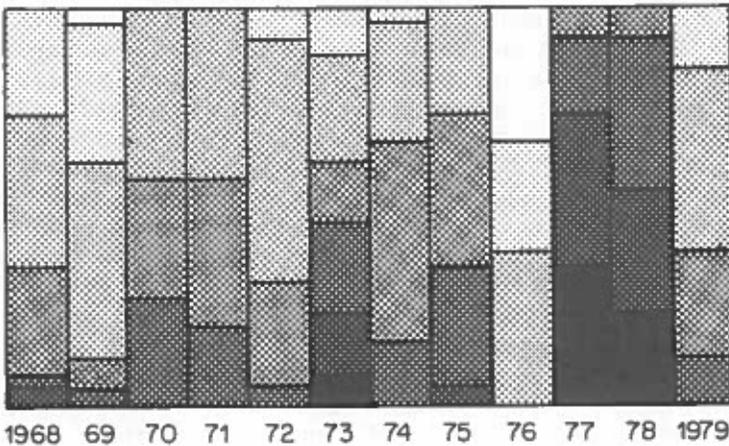


ABBILDUNG 2: Häufigkeitsverteilungen der Klassenwerte der einzelnen Nadeljahrgänge und der Gesamtklassifikationen in den Jahren 1968 bis 1979 der jährlich untersuchten 26 Proflächen.

Gesamtklassifikation



zum Beispiel 1976, gegenüber dem Beginn der Untersuchungen keine Veränderungen festzustellen waren.

Auch die Einwirkungsschwerpunkte waren in den Jahren mit verstärkten Immissionseinwirkungen nicht konstant, wie aus Abbildung 3 zu ersehen ist, in der die Gesamtklassifikationen aller im jeweiligen Entnahmehjahr untersuchten Punkte für die starke Immissionseinwirkungen aufweisenden Jahre 1973, 1975 und 1977, sowie das letzte Untersuchungsjahr 1979 dargestellt wurden. 1973 kam es unmittelbar östlich des Kraftwerkes und im Nordosten des Untersuchungsgebietes, das bereits im Einflußbereich von Graz liegt, zu den stärksten Einwirkungen. Starke Immissionseinwirkungen waren auch noch im westlichen Teil des Kaiserwaldes im Nordwesten des Untersuchungsgebietes in Richtung Graz und südlich des Kraftwerkes bis in eine Entfernung von rund 10 km gegeben. Zwei Jahre später war der mittlere Teil des Kaiserwaldes und die selben Gebiete wie 1973 südlich des Kraftwerkes am stärksten betroffen. Auch 1977 waren im Süden des Kraftwerkes wieder Immissionsschwerpunkte zu konstatieren, die aber bei den werksnäher gelegenen Gebieten diesmal in tieferen Lagen auftraten. Auch im Osten war, so wie bereits 1973, eine intensive Einwirkung zu beobachten, die aber 1977 wesentlich weiter reichte. Im Kaiserwald traten in diesem Untersuchungsjahr die stärksten Immissionseinwirkungen im Norden, im unmittelbaren Einflußbereich des Grazer Raumes auf. Im vergangenen Jahr 1979 lagen die Schwerpunkte unmittelbar östlich und im Südwesten des Kraftwerkes sowie wiederum im Einflußbereich von Graz, im Norden beziehungsweise Nordosten des Untersuchungsgebietes. Die Werte der Windverteilung, die in Tabelle 6 angeführt sind, ergeben jedoch für diese Jahre keine Anhaltspunkte für eine stark unterschiedliche Transmission, welche diesen Umstand erklären könnten. Es muß daher angenommen werden, daß sich die Immissionssituation im Untersuchungsgebiet nicht nur durch den Kraftwerksbetrieb, sondern auch durch Emissionen anderer Quellen geändert hat.

Um den Einflußbereich des Kraftwerkes abklären zu können, wurden in Abbildung 4 die Veränderungen der Gesamtklassifikation gegenüber 1968 für die Jahre 1973, 1975, 1977 und 1979 lagemäßig dargestellt, um einerseits aus den Veränderungen und andererseits aus der Lage beziehungsweise Distanz zum Werk Hinweise für die Verursachung ableiten zu können. Während für den Süden und Osten des Untersuchungsgebietes eine hohe Beteiligung des Kraftwerkes an den Veränderungen anzunehmen ist, kam es im Nordwesten und Nordosten des Untersuchungsgebietes zu verstärkten Immissionseinwirkungen, wie zum Beispiel 1977, an denen das Kraftwerk sicher nicht maßgeblich beteiligt war.

Im Rahmen dieser Untersuchung zeigte sich auch wieder, daß Rückschlüsse oder Prognosen hinsichtlich Immissionseinwirkung, Immissionswirkung und des langfristigen Anteiles einzelner Quellen am Zustandekommen eines Schadens an Hand von Emissions- oder Immis-

ABBILDUNG 3

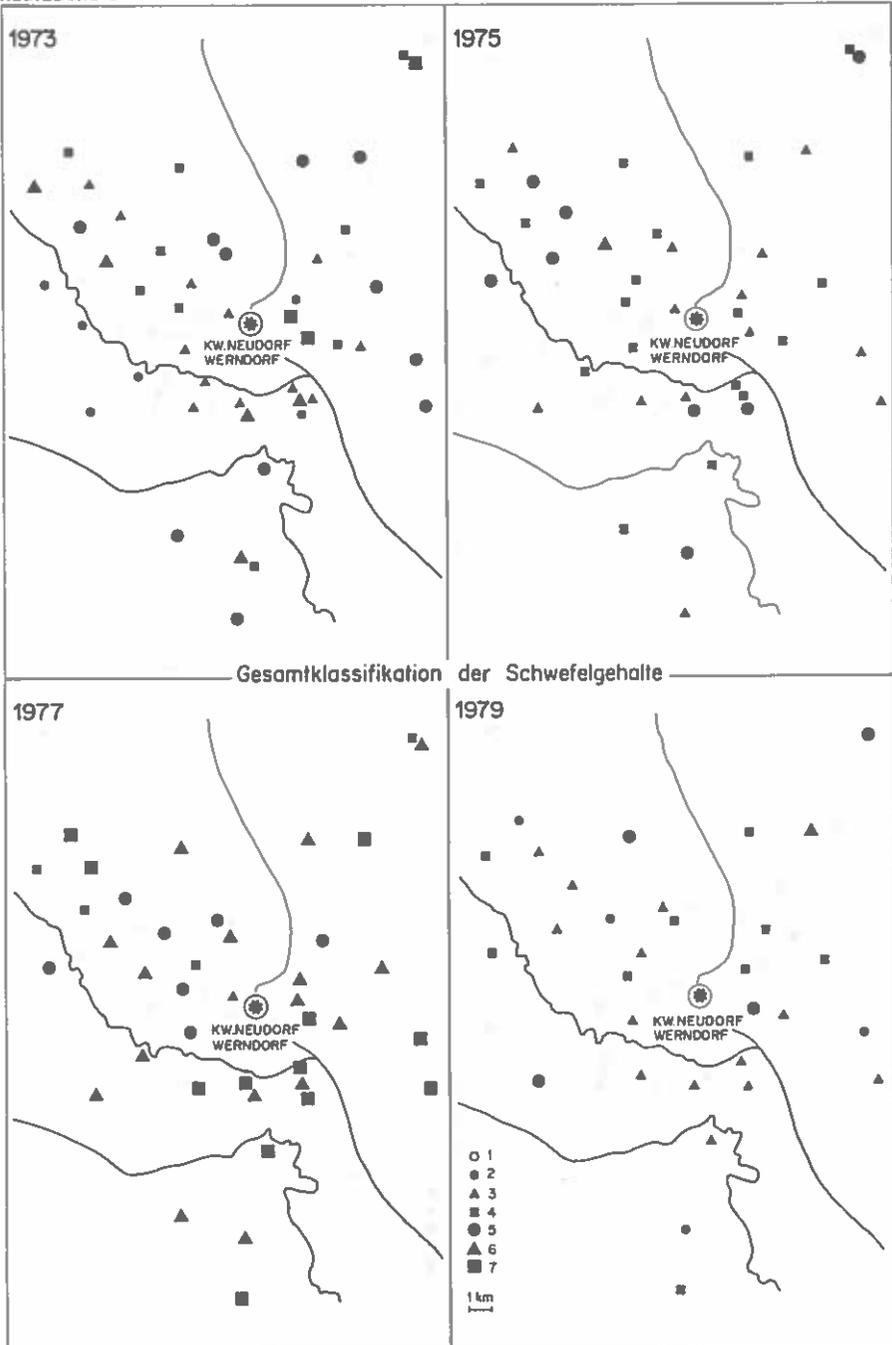
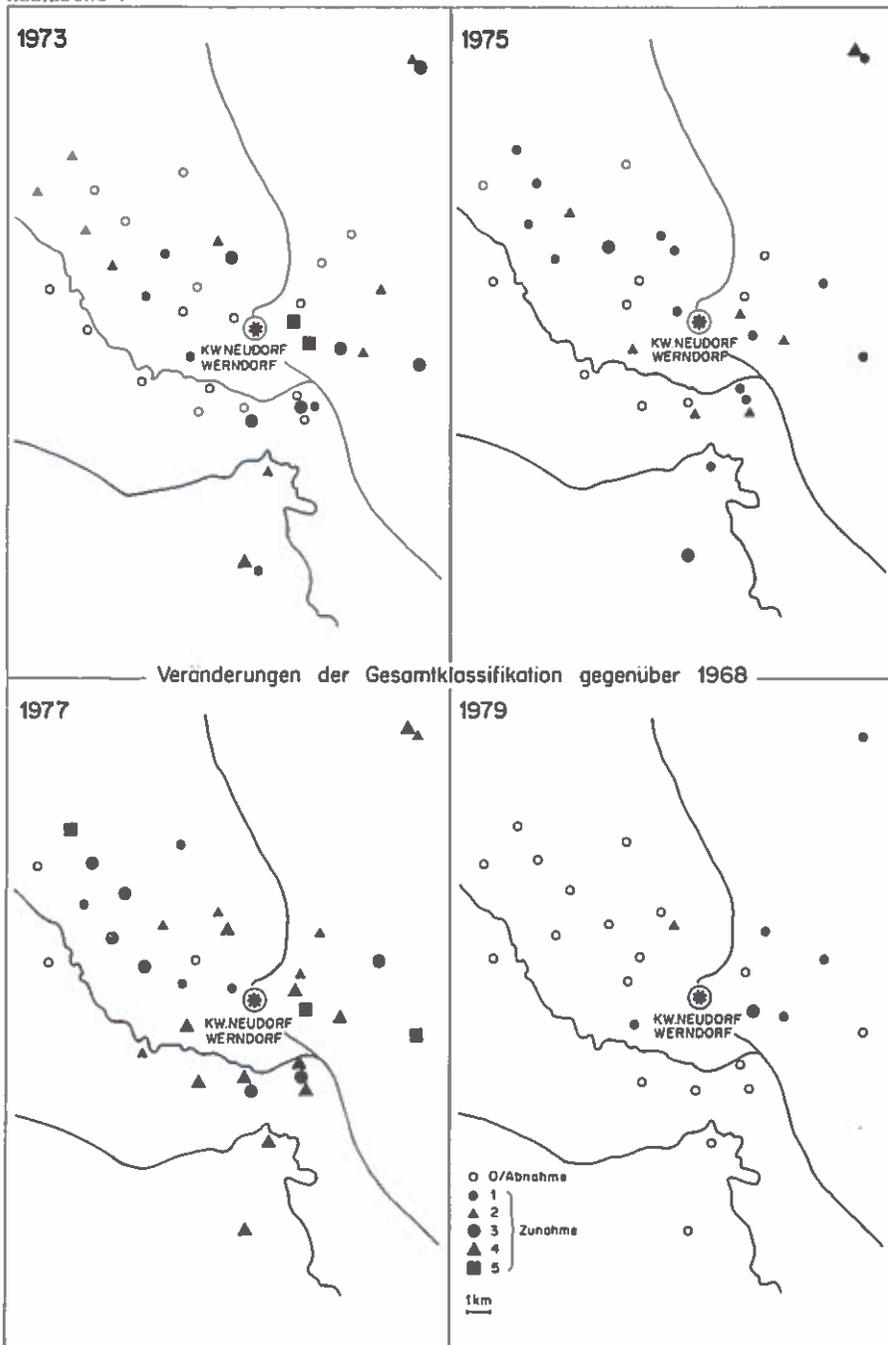


ABBILDUNG 4



sionsdaten allein, wegen des Einflusses physiologischer und ökologischer Faktoren, nicht unter allen Umständen möglich sind. Im anzunehmenden Einflußbereich des Werkes lagen zum Beispiel 1976 die Schadstoffgehalte der Nadeln im Verlauf der gesamten Untersuchung am tiefsten, obwohl die Emissionen des Kraftwerkes während der Vegetationsperiode dieses Jahres wesentlich höher als im vorangegangenen beziehungsweise in den Jahren 1977 und 1978 waren. Die Erklärung dafür könnte unter anderem in der extremen Trockenheit des Jahres 1976 (siehe Tabelle 6) liegen; auch in anderen Rauchschadensgebieten Österreichs wurde im Trockenjahr 1976 eine Absenkung des Schwefelgehaltes der Nadeln trotz höherer Emissionen beobachtet. Daß die Trockenheit aber nicht allein als Grund dafür anzusehen ist, ergibt sich aus der Tatsache, daß 1977 bei geringeren Emissionen die höchsten Werte gefunden wurden, obwohl die Niederschlagsmenge für die Monate Mai bis September gegenüber dem Vorjahr keine Anhebung erfuhr. Bis April waren die Niederschläge 1977 aber höher als 1976. Unterschiede zwischen diesen beiden Jahren ergeben sich auch noch zum Beispiel in den Mitteltemperaturen und den mittleren Maximaltemperaturen im Juli, dem Monat mit den höchsten Kraftwerksemissionen im Verlauf der Vegetationsperiode, und in der Windverteilung und mittleren Windstärke für Mai bis September. Die beiden Temperaturwerte der Beobachtungsstation Flughafen Graz lagen 1976 bei 19,8 beziehungsweise 26,6 °C und 1977 nur bei 18,3 beziehungsweise 24,5 °C. 1976 war im Vergleich zu 1977 die mittlere Windstärke höher und der Anteil der Calmen geringer. Die mögliche Frage, ob eventuell auch noch ein unterschiedliches Immissionsmuster in diesen beiden Jahren auf den Schadstoffgehalt Einfluß hatte, kann an Hand der Nadelanalysendaten nicht beurteilt werden.

In welchem Umfang sich die von Jahr zu Jahr schwankenden Immissionseinwirkungen unter den ökologischen Gegebenheiten beim Zuwachs bemerkbar machten, ist Gegenstand einer momentan noch nicht abgeschlossenen ertragskundlichen Auswertung.

ZUSAMMENFASSUNG

Von 1968 bis 1979 wurden von einem Kontrollnetz in der Umgebung des kalorischen Kraftwerkes Neudorf / Werndorf für Beweissicherungszwecke Astproben gewonnen und drei Nadeljahrgänge auf ihren Schwefelgehalt untersucht. Für das bereits vor Errichtung des Kraftwerkes unter Immissionseinwirkungen stehende Gebiet ergab sich nach Inbetriebnahme des Kraftwerkes eine von Jahr zu Jahr stark fluktuierende Immissionseinwirkung. Auf Grund der Lage der Immissionschwerpunkte in den einzelnen Jahren und der Ver-

TABELLE 6: Klimadaten (Graz - Flughafen; Mai - September)

Jahr	Mittel- Tempera- tur (°C)	Nieder- schlags- summe (mm)	Mittl. Wind- stärke (m/sec.)	Windverteilung (in % d. Gesamtbeobachtungen - gerundet)										
				N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	C		
1968	16.3	585	1.7	12.4	8.3	3.5	15.1	9.8	5.2	3.5	8.9	33.3		
1969	16.5	530	1.5	12.9	7.2	4.1	13.7	9.2	4.8	1.3	7.6	39.2		
1970	16.1	546	1.4	15.0	7.4	4.4	12.4	11.3	6.1	2.0	6.8	34.6		
1971	16.2	382	1.4	8.7	5.4	10.5	15.7	12.9	4.1	3.5	7.6	31.6		
1972	15.4	783	1.5	11.4	6.1	9.8	14.0	15.3	3.1	6.1	8.9	25.3		
1973	16.6	600	1.7	11.8	4.8	11.5	20.2	14.2	4.6	3.7	4.6	24.6		
1974	15.8	513	1.6	11.1	5.5	8.9	18.1	13.7	7.4	3.3	8.9	23.1		
1975	16.6	621	1.4	13.7	5.7	7.8	12.4	14.2	5.0	4.8	7.4	29.0		
1976	15.8	331	1.8	14.4	6.1	11.3	19.0	13.3	5.0	5.0	5.0	20.9		
1977	16.0	328	1.4	10.9	5.9	10.7	15.5	14.6	5.4	4.8	5.9	26.3		

änderungen gegenüber 1968 konnte der Einfluß weiterer Emissionsquellen nachgewiesen werden.

L I T E R A T U R

- PRINER, W., 1980: Das Dampfkraftwerk Neudorf / Werndorf der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts- Aktiengesellschaft.
Mitt. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien, 131, 249-254
- SCHNOPFHAGEN, K. S., 1980: Immissionskontrolle in Waldgebieten durch die Forstbehörde in der Steiermark.
Mitt. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien, 131, 11-32

E X K U R S I O N S P R O G R A M M

3. 9. 1980 BEWEISSICHERUNG UND LANGFRISTIGE IMMISSIONS-
KONTROLLE

Graz - Straßengel - Breitenau - Leoben / Donawitz - Graz

4. 9. 1980 IMMISSIONSPROBLEME IN EINEM INDUSTRIALISIERTEN
INNERALPINEN TALBECKEN

Graz - Gaberl - Weißkirchen - Zeltweg - Knittelfeld - Fohns-
dorf - Pöls - Perchauer Sattel - Friesach - St. Veit / Glan -
Villach

5. 9. 1980 INTEGRIERTE UNTERSUCHUNGEN IM IMMISSIONSGEBIET
EINER ZINK - BLEI - HÜTTE

Villach - Villacher Alpe - Arnoldstein - Klagenfurt

6. 9. 1980 IMMISSIONSPROBLEME UM KALORISCHE KRAFTWERKE

Klagenfurt - St. Paul / Lavanttal - St. Andrä / Lavanttal -
Voitsberg - Neudorf / Werndorf - Graz

Aus dem Publikationsverzeichnis der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

MITTEILUNGEN
DER FORSTLICHEN BUNDESVERSUCHSANSTALT
WIEN

Heft Nr.

- 95 Merwald Ingo: "Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich" Winter 1969/70
(1971) Preis ö.S. 140.-
- 96 "Hochlagenaufforstung in Forschung und Praxis"
(1972) 2. Arbeitstagung über subalpine Waldforschung und Praxis
Innsbruck - Igls, 13. und 14. Oktober 1970
Preis ö.S. 240.-
- 97/I "Wirkungen von Luftverureinigungen auf Waldbäume"
(1972) VII. Internationale Arbeitstagung Forstlicher Rauchschadensachverständiger, Essen-BRD, 7.-11. September 1970. Band 1
Preis ö.S. 300.-
- 97/II "Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Waldbäume"
(1972) VII. Internationale Arbeitstagung Forstlicher Rauchschadensachverständiger, Essen-BRD, 7.-11. September 1970. Band 2
Preis ö.S. 300.-
- 98 Czell Anna: "Wasserhaushaltsmessungen in subalpinen Böden"
(1972) Preis ö.S. 120.-
- 99 Zednik Friedrich: "Aufforstungen in ariden Gebieten"
(1972) Preis ö.S. 100.-
- 100 Eckhart Günther, Rachoy Werner: "Waldbauliche Beispiele aus Tannen-Mischwäldern in Oberösterreich, Tirol und Vorarlberg"
(1973) Preis ö.S. 200.-
- 101 Zukrigl Kurt: "Montane und subalpine Waldgesellschaften am Alpenostrand"
(1973) Preis ö.S. 400.-
- 102 "Kolloquium über Wildbachsperrren"
(1973) Tagung, der IUFRO Fachgruppe S1.04-EFC/FAO/Arbeitsgruppe, Wien 1972
Preis ö.S. 400.-

Heft Nr.

- 103/I "Österreichische Forstinventur 1961/70, Zehnjahres-Ergebnisse für
(1973) das Bundesgebiet." Band I
Preis ö.S. 120. -
- 103/II "Österreichische Forstinventur 1961/70, Zehnjahres-Ergebnisse für
(1974) das Bundesgebiet." Band II
Preis ö.S. 220. -
- 104 Merwald Ingo: "Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Öster-
(1974) reich"
Winter 1970/71 und 71/72
Preis ö.S. 120. -
- 105 "Beiträge zur Zuwachsforschung." (2)
(1974) Arbeitsgruppe S4.01-02 "Zuwachsbestimmung" der IUFRO
Preis ö.S. 100. -
- 106 "Geschichte der Forstlichen Bundesversuchsanstalt und ihrer
(1974) Institute."
Preis ö.S. 260. -
- 107 Bein Otmar: "Das Schrifttum der Forstlichen Bundesversuchsan-
(1974) stalt 1874 - 1973"
Preis ö.S. 250. -
- 108 "Beiträge zur Forsteinrichtung"
(1974) IUFRO-Fachgruppe S 4.04 Forsteinrichtung
Preis ö.S. 120. -
- 109 Jelem Helmut: "Die Auwälder der Donau in Österreich" Beilagen
(1974) (Band 109 B)
Preis ö.S. 360. -
- 110 "Zur Massenvermehrung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) im
(1975) Waldviertel 1964-1967 und der weiteren Entwicklung bis 1973"
Preis ö.S. 120. -
- 111 Jelem Helmut, Kilian Walter: "Wälder und Standorte am steiri-
(1975) schen Alpenostrand (Wuchsraum 18)" Beilagen (Band 111 B)
Preis ö.S. 250. -
- 112 Jeglitsch Friedrich, Jelem Helmut, Kilian Walter, Kron-
(1975) fellner-Kraus Gottfried, Neuwinger Irmentraud, Noister-
nig Heinrich und Stern Roland:
"Über die Einschätzung von Wildbächen - Der Trattenbach"
Preis ö.S. 250. -

Heft Nr.

- 113 Jelem Helmut: "Marchauen in Niederösterreich"
(1975) Preis ö.S. 120.-
- 114 Jeglitsch Friedrich: "Hochwässer, Muren, Rutschungen und Felsstürze in Österreich 1971 - 1973"
Preis ö.S. 130
- 115 "Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung"
(1976) IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 Wildbäche, Schnee und Lawinen
Preis ö.S. 200.--
- 116 Eckhart Günther: "Grundlagen zur waldbaulichen Beurteilung der Wälder in den Wuchsbezirken Österreichs"
(1976) Preis ö.S. 160.-
- 117 Jelem Helmut: "Die Wälder im Mühl- und Waldviertel", Wuchsraum 1
(1976) Beilagen (Band 117 B)
Preis ö.S. 250.-
- 118 Killian Herbert: "Die 100-Jahrfeier der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien"
(1977) Preis ö.S. 200.-
- 119 Schedl Karl E.: "Die Scolytidae und Platypodidae Madagaskars und einiger naheliegender Inselgruppen"
(1977) Preis ö.S. 330.-
- 120 "Beiträge zur Zuwachsforschung"(3)
(1977) Arbeitsgruppe S4.01-02 "Zuwachsbestimmung" der IUFRO
Preis ö.S. 100.-
- 121 Müller Ferdinand: "Die Waldgesellschaften und Standorte des Sengengebirges und der Mollner Voralpen (OÖ)"
(1977) Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen im Wuchsraum 10 (Nördliche Kalkalpen, Westteil)
Preis ö.S. 300.-
- 122 Margl Hermann, Meister Karl, Smidt Leendert, Stagl Wolfgang-Gregor und Wenter Wolfgang:
(1977) "Beiträge zu Frage der Wildstandsbewirtschaftung"
Preis ö.S. 150.-
- 123 Merwald Ingo: "Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich" Winter 1972/73 und 1973/74
(1978) Preis ö.S. 200.-

Heft Nr.

- 124 "Die Waldpflege in der Mehrzweckforstwirtschaft"
(1978) IUFRO-Abteilung I - Forstliche Umwelt und Waldbau
Preis ö.S. 340. -
- 125 "Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung" (2)
(1978) IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 Wildbäche, Schnee und Lawinen
Preis ö.S. 200. -
- 126 Jele m Helmut: "Waldgebiete in den österreichischen Südalpen",
(1979) Wuchsraum 17
Beilagen (Rolle)
Preis ö.S. 300. -
- 127 "Pests and Diseases / Krankheiten und Schädlinge / Maladies et
(1979) Parasites"
International Poplar Commission (IPC/FAO)
XX. Meeting of the Working Group on Diseases
Preis ö.S. 150. -
- 128 Glattes Friedl: "Dünnschichtchromatographische und mikrobiolo-
(1979) gische Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Düngung
und Pilzwachstum am Beispiel einiger Pappelklone"
Preis ö.S. 100. -
- 129 "Beiträge zur subalpinen Waldforschung"
(1980) 2. Folge
Preis ö.S. 200. -
- 130 "Zuwachs des Einzelbaumes und Bestandesentwicklung"
(1980) Gemeinsame Sitzung der Arbeitsgruppen S 4.01-02 "Zuwachsbestim-
mung" und S 4.02-03 "Folgeinventuren". 10. -14. Sept. 1979 in Wien.
Preis ö.S. 300. -
- 131 "Beiträge zur Rauchsadenssituation in Österreich"
(1980) IUFRO Fachgruppe S 2.09-00.
XI. Internationale Arbeitstagung forstlicher Rauchsadenssachver-
ständiger-Exkursion. 1. - 6. Sept. 1980 in Graz, Österreich
Preis ö.S. 300. -

DIVERSE VERÖFFENTLICHUNGEN

Heft Nr.

- 8 XIII. Kongreß des internationalen Verbandes Forstlicher Forschungs-
(1961) anstalten (IUFRO), Wien, September 1961
Berichte: 1. Teil
2. Teil, Band 1 und 2
Preis ö.S. 450. -
- 9 Aichinger Erwin: "Pflanzen als forstliche Standortsanzeiger "
(1967) Eine soziologische, dynamische Betrachtung
Preis ö.S. 580. -
- 10 "Richtwerttafel für die Nadelholzschlägerung mit der Motorsäge "
(1969) Herausgegeben vom Verein zur Förderung der Forstlichen Forschung
Preis ö.S. 25. -
- 11 "Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien, Organisation und Institute "
(1974) Preis ö.S. 50. -
- 12 IUFRO "Executive Board Study Tour"
(1974) Exkursion vom 3. -10. September 1974 in Österreich
Preis ö.S. 100. -
- 13 "100 Jahre Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien" (Festschrift)
(1974) Preis ö.S. 550. -

ANGEWANDTE PFLANZENSOZIOLOGIE

Heft Nr.

- XX Martin - Bosse Helke: "Schwarzföhrenwälder in Kärnten "
(1967) Preis ö.S. 125. -
- XXI Margl Hermann: "Waldgesellschaften und Krummholz auf Dolomit "
(1973) Preis ö.S. 60. -
- XXII Schiechtl Hugo Meinhard, Stern Roland: "Die Zirbe in den
(1975) Ostalpen" I. Teil
Preis ö.S. 100. -

Bezugsquelle

Österreichischer Agrarverlag

