

Nr.23

Immissionswirkungen
auf Pflanzen
- ein USA - Reisebericht -

Herausgeber:

Landesanstalt für Immissionsschutz des
Landes Nordrhein-Westfalen
Wallneyer-Str. 6
D-4300 Essen 1

1982

ISSN 0720 - 8499

Immissionswirkungen auf Pflanzen - Forschungs-
schwerpunkte in den Vereinigten Staaten von Amerika.
Bericht über eine Reise in die USA und die Teilnahme
am 13. Air Pollution Workshop in ITHACA, N.Y., in
der Zeit vom 02.05. - 24.05.1981

Lea
Dr. G.H.M. Krause

IMMISSIONSWIRKUNGEN AUF PFLANZEN - FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE IN DEN VEREINIGTEN STAATEN VON AMERIKA . BERICHT ÜBER EINE REISE IN DIE USA UND DIE TEILNAHME AM 13. AIR POLLUTION WORKSHOP IN ITHACA, N.Y., IN DER ZEIT VOM 02.05. - 24.05.1981

Dr. G. H.M. Krause

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Informationsreise in die USA in der Zeit vom 2. bis 24. Mai 1981 war in zwei Abschnitte unterteilt, nämlich den Besuch des 13. Air Pollution Workshop und einer Rundreise zu verschiedenen Instituten, die sich mit Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Pflanzen beschäftigen.

Der Air Pollution Workshop ist eine jährlich stattfindende Tagung, die als wesentliches Forum wissenschaftlichen Erfahrungsaustausches auf dem Gebiet der Erforschung von Immissionswirkungen auf Pflanzen in den USA anzusehen ist. Als Schwerpunktthemen wurden zum einen die "Wirkungen saurer Niederschläge auf Ökosysteme", zum anderen die "Ökonomische Erfassung immissionsbedingter landwirtschaftlicher Ertragsverluste (genannt NCLAN)" behandelt. Diskutiert wurden ferner Fragen zur Schwefeldioxid- bzw. Fluorwasserstoffwirkung in niedriger Konzentration auf forstliche Kulturen und Ökosysteme, sowie Probleme der Grenzwertfindung und Gesetzgebung.

Während der Rundreise zu verschiedenen renommierten Instituten wie beispielsweise dem Boyce Thompson Institute in Ithaca, N.Y., dem USDA in Raleigh, N.C. oder dem Oak Ridge National Laboratory Oak Ridge, Ten., wurden die jeweiligen Einrichtungen und speziellen Forschungsprogramme kennengelernt. In Seminaren und Diskussionen wurden die Forschungsergebnisse der Landesanstalt für Immissionsschutz dargestellt.

S u m m a r y

The trip to the USA during May 1981 was divided in two parts: first the participation at the 13th Air Pollution Workshop in Ithaca, N.Y., and second a visit to some institutes concerned with air pollution problems.

The Air Pollution Workshop is one of the best annual meetings in the US for scientific exchange and methodical coordination in field at air pollution and its effects on plants. The effects of acid rain, as well as questions in connection with the crop loss assessment (NCLAN) or effects of SO₂ and HF in low concentration on vegetation besides problems in respect to standards have been major points of discussion.

The facilities as well as the current research program of some well known institutes like Boyce Thompson Institute in Ithaca, N.Y., the USDA in Raleigh, N.C., or the Oak ridge National Laboratory in Oak Ridge, Ten., have been visited on a trip through the Eastern United States. In seminars as well as in discussions recent research work at the LIS has been presented.

E i n l e i t u n g

Zweck der Reise war folgender:

1. Teilnahme am 13. Air Pollution Workshop in Ithaca, N.Y., organisiert vom Boyce Thompson-Institut for Plant Research, an der Cornell-Universität, Ithaca.
2. Der Besuch verschiedener Institute bzw. Universitäten in den USA, die sich schwerpunktmäßig mit Problemen von Luftverunreinigungen und ihren Wirkungen auf Pflanzen bzw. Ökosysteme beschäftigen.

Hierbei sollte ein Einblick in die gegenwärtige Forschung auf dem Gebiet "Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Pflanzen" und die damit verbundene Methodik gewonnen werden. Ziel der Reise war auch, wissenschaftliche Kontakte und Verbindungen zu knüpfen, vorhandene Verbindungen zu pflegen und so den Erfahrungsaustausch zukünftig zu erleichtern. Hierzu diente auch, die Landesanstalt für Immissionsschutz mit ihren Aufgaben, Arbeiten und Ansichten vorzustellen.

1. T e i l n a h m e a m 13. A i r P o l l u t i o n W o r k s h o p

1.1. Allgemeines zur Organisation des Workshops

Der Air Pollution Workshop ist eine Anfang der 70er Jahre erstmals durchgeführte Veranstaltung, auf der aktuelle Probleme und Forschungsschwerpunkte auf dem Gebiet "Luftverunreinigungen und ihre Wirkungen auf Pflanzen" diskutiert werden. Der Workshop findet einmal im Jahr statt und wird jeweils von einem renommierten Institut bzw. Universität in den USA organisiert, die seit langer Zeit auf diesem Gebiet arbeiten. Neben der Erörterung gegenwärtiger Probleme ist ein vorrangiges Ziel die methodische Koordination bei der Versuchsdurchführung sowie der allgemeine wissenschaftliche Erfahrungsaustausch.

Im Gegensatz zu sonst üblichen Tagungen werden beim Workshop Themenkreise von allgemeiner Bedeutung nicht referiert, sondern lediglich vorgestellt und anschließend für jeweils 60 Minuten vom Teilnehmerkreis diskutiert. Ferner besteht die Möglichkeit, vertiefende Gespräche während abendlicher Diskussionsrunden zu führen.

Die Veranstaltung wird jeweils von einer "Poster Show" begleitet. Hierbei werden auf größeren Tafeln (2 x 2 m) die Untersuchungsergebnisse bisher unveröffentlichter Arbeiten in plakativer Form dargestellt. Diese Darstellungsform ermöglicht es, in relativ kurzer Zeit einen Überblick über den gegenwärtigen Forschungsstand zu verschaffen. Während der Exposition des Posters sind die Autoren aufgerufen, zu bestimmten Zeiten ihre Versuchsergebnisse auf Anfrage zu kommentieren.

Während der Tagung vom 5. bis zum 7. Mai wurden von den 200 Teilnehmern der Veranstaltung folgende Themenkreise behandelt:

5. Mai 1981

1. Wirkungen von sauren Niederschlägen
2. Methodik bei der Ermittlung von Ertragsausfällen landwirtschaftlicher Kulturen
3. Probleme und Perspektiven der Schadstoffaufnahme
4. Auftreten und Wirkung von sauren Niederschlägen sowie abendliche Diskussionsrunde über Kombinationswirkungen mehrerer Luftverunreinigungs-komponenten

6. Mai 1981

1. Schwefeldioxid; lokale oder überregionale Wirkung ?
2. Kurzbeiträge über aktuelle Forschungsergebnisse
3. Abendliche Diskussionsrunde über die Wirkung von Fluorwasserstoff auf die Vegetation

7. Mai 1981

1. Luftverunreinigungen und ihre Wirkung auf physiologische, biochemische oder metabolische Prozesse bei Pflanzen
2. Spezielle Probleme der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Blüte und Reproduktion der Pflanzen (entfallen)
3. Erforderliche Kriterien zur Abschätzung eines Grenzwertes zum Schutze der Vegetation
4. Kontroverse Ansichten zur gegenwärtigen Forschung über Luftverunreinigungen und ihre Wirkungen auf Pflanzen (entfallen)

Die Diskussionen waren teilweise so ausführlich, daß einzelne Themenkreise kürzer oder gar nicht behandelt werden konnten. Es wurde beschlossen, diese bei der nächstjährigen Tagung wieder in das Programm aufzunehmen.

1.2 Ergebnisse der Tagung vom 5. - 7. Mai

1.2.1. Dienstag, 5. Mai 1981

1. Wirkungen von sauren Niederschlägen

Nach der Begrüßung durch den Dekan der Landwirtschaftlichen Fakultät, Herrn Dr. DUANE TERGERSON, wurde das Eingangsreferat von Dr. G. LEIKENS dem zentralen Problem der sauren Niederschläge gewidmet. Dr. LEIKENS, der an der Universität Cornell in Ithaca lehrt, ging zunächst auf die Definition "Acid rain" ein, demzufolge alle Niederschläge mit einem pH-Wert $< 5,6$ als "sauer" bezeichnet werden. Dieser Wert charakterisiert die H-Ionenkonzentration, die durch die Lösung von CO_2 in reinem Wasser maximal erreicht werden kann.

Vor 1930 konnten keine pH-Wert-Änderungen im Regenwasser selbst in hochindustrialisierten Zonen der USA, wie z.B. dem Ohio-Valley, gefunden werden. Erste Untersuchungen, die

aus dem Jahr 1950 stammen, zeigen eine Versauerung der Niederschläge an. Systematische Erhebungen über den pH-Wert des Regenwassers ergaben, daß sich die pH-Wertabsenkung im Regenwasser in nordöstliche Richtung, vom Industriegebiet Ohio-Valley ausgehend ausgedehnt hatte. Die pH-Werte im Regenwasser lagen zwischen 4 und 3,8. Nach weiteren 10 Jahren hatte sich die Verteilung der sauren Niederschläge nur unwesentlich verändert, außer daß inzwischen auch die Staaten Connecticut und Massachusetts betroffen waren. Mitte der 70er Jahre hatte sich das Gebiet bis zum Staat Maine im Osten der USA ausgedehnt, vornehmlich aber jetzt auch in Richtung Süden über die Staaten Tennessee, North und South Carolina sowie Georgia. Aufgrund der logarithmischen Verteilung der H-Ionenkonzentration in Wasser ergibt sich, daß unverhältnismäßig mehr H-Ionen erforderlich sind, um eine pH-Wertabsenkung von 4 nach 3 zu erreichen als von 5 nach 4. Daraus wird geschlossen, daß mit einer weiteren Versauerung im östlichen Bereich der USA bis auf weiteres nicht mehr zu rechnen ist, wohl aber das sich das Gebiet im Süden der USA ausdehnt und hier pH-Wertabsenkungen von etwa pH 5 auf pH 4,5 erfolgen werden.

Bei der Charakterisierung der sauren Bestandteile des Regens ließ sich feststellen, daß die freie Azidität zu 2,4 % auf organische Säuren, zu 39 % auf HNO_3 und zu 57 % auf H_2SO_4 zurückgeführt werden muß. Daraus ergibt sich, daß die starken Säuren den entscheidenden Beitrag liefern und nicht die schwachen Säuren wie H_2CO_3 , NH_4^+ , Al^{3+} , $\text{Fe}_2(\text{OH})_2^+$, R-COH bzw. auch Lehm-Teilchen.

Untersuchungen an arktischem Eis haben ergeben, daß während der letzten 30 000 Jahre der pH-Wert des Regens nahezu konstant gewesen ist und bei einem pH-Wert von 5,4 - 5,2 lag. In allen untersuchten Gebieten der USA und Kanadas ergibt sich eine Zunahme der H^+ -Konzentration im Regenwasser. Ferner konnte eine Änderung in der Zusammensetzung der Anionen im Regenwasser festgestellt werden. Seit 1940 ist der NO_3^- -Anteil von 25 auf 30 % gestiegen und der SO_3^- -Anteil von 75 % auf 70 % gesunken.

Die entscheidende und sehr kritisch zu bewertende Frage ist, welche Wirkungen diesen sauren Niederschlägen zuzuschreiben sind? Während in der Vergangenheit gerade von Dr. LEIKENS die negativen Wirkungen der sauren Niederschläge niemals in Zweifel gezogen worden sind, scheint sich jetzt eine größere Unsicherheit sowohl bei ihm als auch bei anderen Wissenschaftlern breitzumachen. Allgemein wird die Auffassung geteilt, daß die nasse Deposition saurer Nebel mit pH-Werten $\leq 3,8$ für zahlreiche Pflanzen eine ernste Gefahr darstellt. Skeptisch hingegen wird die Hypothese betrachtet, daß Regenfälle selbst mit sehr niedrigen pH-Werten (< 3 pH) zu akuten, ja selbst zu chronischen Schädigungen an den Pflanzen führen. Im Gegenteil wird neuerdings auf die positive Wirkung der sauren Niederschläge bezüglich ihres hohen Stickstoffanteils hingewiesen. Der positive Effekt soll in Ertragswäldern allgemein überwiegen.

Phänomene wie das "Fichtensterben und Zuckerahornsterben" in Neuengland sowie das massive Auftreten einer Pilzkrankung an Birken (beech blight) ist zwar immer wieder mit der Wirkung von sauren Niederschlägen in Verbindung gebracht worden, es fehlt jedoch bis heute ein eindeutiger Beweisschluß.

In der Diskussion zum Thema "saure Niederschläge", das insgesamt als Forschungsschwerpunkt auf dem Gebiet der Luftverunreinigungen in den USA und Kanada angesehen werden muß, wurde die primäre Frage gestellt, ob der Regen überhaupt genügend Acidität besitzt, um Vegetationsschäden auszulösen, und ob der bisherige Nachweis einer Versauerung des Regens in den östlichen Gebieten Nordamerikas wirklich beweiskräftig ist; so seien die Messungen verschiedener Perioden methodisch nicht vergleichbar. In diesem Zusammenhang sind umfangreiche Untersuchungen sowohl bezüglich der nassen Deposition als auch bezüglich Ertrag, Photosynthese bzw. Wurzelwachstum oder auch Phänomene, wie Naturverjüngung, Artenverarmung, Störung von Biozöosen bzw. der Wirkung der sauren Niederschläge auf den Boden überhaupt angelaufen. Fragen im Zusammenhang mit den durch saure Niederschläge verursach-

ten Bodenveränderungen sind Basen- bzw. Kationenverlust sowie Toxizität von Eisen, Mangan oder Aluminium in der Bodenlösung. Aus mehreren Diskussionsbeiträgen war zu entnehmen, daß sich im Freiland auch nach länger durchgeführten Untersuchungen (3 Jahre und mehr) keine eindeutigen Hinweise auf eine "schädliche" Wirkung ergeben hatten. Abgesehen von extrem basenarmen Standorten wurde die Auffassung vertreten, daß das Puffersystem des Bodens ausreicht, über die sauren Niederschläge eingebrachte H-Ionen zu neutralisieren. Von PATRICIA IRVING, Argonne National Institut, wurden zu diesem Thema einige Untersuchungsergebnisse vorgestellt, die sich wie folgt zusammenfassen lassen:

Ein künstliches Regengemisch, bei dem die SO_4^{--} und NO_3^- Konzentrationen variiert wurden, wurde in verschiedenen Mischungsverhältnissen 20 Minuten pro Tag über 10 Wochen auf Sojabohnen geregnet. Bei einer relativ niedrigen Konzentration von SO_4^{--} bzw. NO_3^- wirkt die H^+ -Ionenkonzentration relativ stärker auf das Wachstum, als der Düngungseffekt von Schwefel und Stickstoff. Wird die Konzentration der beiden Anionen erhöht, so überwiegt der Düngungseffekt von Schwefel und Stickstoff eindeutig gegenüber den negativen Effekten der erhöhten H^+ -Ionenkonzentration. Die Autorin zieht hieraus den Schluß, daß eine Wirkung auf Sojabohnen unter natürlichen Verhältnissen durch saure Niederschläge ausgeschlossen werden kann, wenn man sichtbare Symptome, Produktivität, 1000-Korngewicht bzw. Nodulation als Bewertungskriterium heranzieht. Obwohl bisher keine eindeutigen Beweise für eine negative Wirkung der sauren Niederschläge auf den Boden vorgelegt werden konnten, ist man sich bezüglich der Bewertung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse sehr unsicher, da die die Bodenfruchtbarkeit beeinflussenden bodenphysikalischen Eigenschaften in sich so komplex sind, daß der Einfluß des sauren Regens nicht nachweisbar war. Grund hierfür sind die relativ kurzen Untersuchungszeiträume einerseits und eine andere Bewertung des Problems vor Jahren andererseits, als man dem sauren Regen nur wenig Bedeutung beigemessen hatte. Methodisch wurde u.a. in der Vergangenheit viel zu wenig Auf-

merksamkeit der chemischen Zusammensetzung des Regenwassers gewidmet, so daß sich hier ein zukünftiger Forschungsschwerpunkt ergeben muß.

Es ergab sich auch die Frage, wieviel Beweise für ein bestimmtes Phänomen die Wissenschaft erbringen muß, um den Politiker zur Reaktion zu zwingen. An sich sei das Problem der sauren Niederschläge, also auch der hohen Schornsteine, so ernst zu nehmen, da davon auszugehen sei, daß unausweichliche katastrophale ökologische Folgen auf die Menschheit zukommen. Dieser Verdacht, der durch eine Vielzahl von Indizien begründet sei, müßte für Politiker ausreichend Handlungszwang erzeugen. Dies auch um so mehr, als man hier umweltverbessernde Maßnahmen nicht von Kosten-Nutzenanalysen abhängig machen dürfe, da die menschliche Lebensqualität sich monetär nicht oder nur unzureichend bewerten läßt.

In Einzeldiskussionen ergab sich abschließend der Eindruck, daß beweisende Fakten bezüglich einer Wirkung der sauren Niederschläge auf terrestrische Ökosysteme trotz umfangreicher Forschung in den vergangenen Jahren selbst unter Berücksichtigung der sehr komplexen Untersuchungsmethodik noch ausstehen, andererseits, daß die negativen Wirkungen von sauren Niederschlägen auf aquatische Ökosysteme sicherlich nicht in Frage gestellt werden können. Offenbar werden durch die Anteile der starken Säuren im Regen die schwachen Säuren aus dem Boden ausgetrieben, so daß es zu einer Verstärkung der schwachen Säuren im Wasser kommt. Durch diese pH-Wert-Absenkung des Wassers sowie die Anreicherung mit toxischen Stoffen, z.B. Aluminium, kann es schon zu erheblichen Veränderungen in diesem Lebensbereich kommen.

2. Methoden zur Ermittlung immissionsbedingter Ertragsverluste an landwirtschaftlichen Kulturen

Vorgestellt wurde das NCLAN-Programm (National Crop Loss Assessment Network) in den USA. Mit Hilfe dieser Untersuchungen, die den zweiten Schwerpunkt der Forschung auf dem Gebiet der Luftverunreinigungen in den USA darstellen, will man abschätzen, wie hoch ökonomisch die durch Immissionen bedingten Schäden an landwirtschaftlichen Kulturen zu beziffern sind. Unter anderem will man über die Schaffung solchen Zahlenmaterials erreichen, verstärkten Druck auf die Regierung auszuüben, eine durchgreifendere Gesetzgebung bezüglich der Freisetzung von Schadstoffen zu erlassen. Allgemein wird aber bezweifelt, daß unter der derzeitigen Administration sich ein solcher Druck überhaupt aufbauen läßt.

Die Untersuchungen werden an den Instituten in Riverside, Kalifornien, Raleigh, North Carolina, Argonne National Laboratory, Illinois, Boyce Thompson, Ithaca, N.Y. und in Beltsville, Maryland, durchgeführt. Mit Hilfe möglichst realistischer, d.h. auf das Freiland übertragbarer Begasungstechniken (Open Top Chambers, ZAPS (Zonal Air Pollution System)) sollen die verschiedensten, in der jeweiligen Region am meisten angebauten Feldfrüchte auf ihre Empfindlichkeit gegenüber Ozon und Schwefeldioxid getestet und die Ertragsverluste während der jeweiligen Wachstumsperiode ermittelt werden. Zunächst wurden die Vor- und Nachteile des Systems ZAPS diskutiert. Hierbei handelt es sich um eine im Feld offen durchgeführte Begasung, wobei die zu untersuchende Parzelle auf einer Seite mit einer in der Höhe flexiblen Leitung versehen ist, durch die das jeweils zu beurteilende Gas strömt, wenn diese Seite des Feldes im Luv liegt. Ist dies nicht der Fall, so schaltet sich das über eine Windfahne gesteuerte System ab. Innerhalb der zu untersuchenden Parzelle befinden sich eine oder mehrere Meßstellen - je nach Ausstattung des Institutes -, die im Time-Sharing-Verfahren auf ihre Konzentration abgefragt

werden. Idealerweise soll nach einer gewissen Entfernung von der Emissionsquelle die Konzentration einen gewissen konstanten Wert annehmen, so daß die Konzentration in diesem Bereich der Parzelle ($2/3$) nahezu konstant ist und damit vergleichbare Konzentrationsverhältnisse herrschen.

Als besonderer Vorteil des Systems wird die Realitätstreue der Begasung hervorgehoben, wobei die wichtigsten Freilandparameter, wie Luftfeuchte und Temperatur, Einfluß nehmen können. Als gravierender Nachteil wird u.a. angesehen, daß die Annahme eines konstanten Konzentrationsgefälles ab einer gewissen Entfernung von der Emissionsquelle nur unter ganz bestimmten meteorologischen Bedingungen zutrifft, nämlich wenn geringe und gleichmäßige Windgeschwindigkeiten vorherrschen. Fragwürdig ist auch die Ermittlung der Konzentration bei Verwendung einer, ja selbst mehrerer Meßstellen, da nicht klar ist, inwieweit die Messungen repräsentativ für das gemessene Konzentrationsfeld sind. Werden genügend Meßfühler installiert, so stellt sich das Problem, wie groß der zeitliche Abstand zwischen den Abfragen der einzelnen Meßstellen ist, und ob der ermittelte Wert tatsächlich dem Zeitraum zuzuordnen ist. Hinzu kommt das Problem der Bodenhomogenität beim Feldversuch.

Als zweiter Weg zur Ermittlung der Ertragsverluste landwirtschaftlicher Kulturen werden Open Top Chambers vorgeschlagen; dem System, das vor nunmehr 7 Jahren eingeführt worden ist, wird von den meisten Instituten der Vorzug gegenüber dem System ZAPS gegeben, weil die Randbedingungen zum großen Teil bekannt sind und nicht so viele variable Einflußgrößen vorhanden sind. Die Open Top Chambers, die verwendet werden sollen, sind allerdings gegenüber den früheren Ausführungen leicht modifiziert. So wurde die Öffnung um ca. $1/3$ mit Hilfe eines aufgesetzten Konus verringert. Hierdurch erreicht man, daß nicht soviel Fremdluft in die Kammer eingedrückt wird.

Von Dr. UNSWORTH aus England wurde ein modifiziertes ZAPS-System vorgestellt, das ähnlich wie das amerikanische ZAPS arbeitet, außer daß eine Begasung von allen Seiten erfolgen kann, so daß man nicht mehr auf eine bestimmte Windrichtung angewiesen ist. Begast wird mit Außenluftkonzentrationen, die an einer Referenzstelle außerhalb der zu untersuchenden Parzelle gemessen werden, plus einer gewünschten Zusatzkonzentration. Das System wird von einem Kleincomputer überwacht, der auch die Korrektur der Konzentrationen übernimmt, die an verschiedenen Stellen innerhalb des Versuchsfeldes im Time-Sharing-Verfahren abgefragt werden. Das System sollte im Sommer 1981 erstmalig erprobt werden.

Zur Ermittlung der ökonomischen Verluste an landwirtschaftlichen Kulturen durch Luftverunreinigungs-komponenten werden epidemiologische Studien nicht durchgeführt, da es offenbar als zu schwierig gilt, bei relativ geringen Ertragsausfällen von weniger als 10 % eine Wirkungs-zuordnung zu machen. Die Größen Boden, Klima sowie Pflanzenart, Varietät und biotische Faktoren sind nicht klar zu bemessen.

Ferner wurden einige Modellansätze diskutiert, mit deren Hilfe eine Aussage über den Ertragsverlust erreicht werden kann. Man ist der Ansicht, daß man dies besser erreichen kann, indem man in freilandnahen Begasungsexperimenten (Open Top, ZAPS Behandlungsstufe) nicht wie früher zahlreiche Wiederholungen einer Konzentration durchführt, sondern statt dessen umso mehr Behandlungsstufen erfaßt. Mit diesem speziellen Modell werden Aussagen über Wirkungsflächen (response surface) gewonnen, d.h., für jeden physiologischen Zustand der Pflanzen werden in Abhängigkeit von der Schadstoffkonzentration Ertragskurven aufgestellt. Gemessen am Aussagewert einer solchen Versuchsdurchführung ist der Versuchsaufwand relativ gering und damit ökonomisch sinnvoller als bei anderer Vorgehensweise. Diese Ansätze, die auf Publikationen von TENG et. al. (siehe Anlage) beruhen, sollten 1981 erprobt werden.

Ferner wurde ein Modell vorgestellt, mit dem versucht wird, die Einflußgröße "Luftverunreinigung" auf forstliche Ökosysteme zu erarbeiten. Als Beispiel wurde der Wald der San Bernardino-Berge in Kalifornien gewählt, wo neben der Einflußgröße "Smog" die Größe "Feuer" auf das Wachstum mitbestimmend ist. Durch die unterschiedliche Resistenz der verschiedenen Baumarten gegenüber diesen Einflußgrößen kommt es zu sehr verschiedenen Sukzessvegetationen. Das Modell wurde in über zweijähriger Zusammenarbeit verschiedener Institute erstellt und als 10minütiger Videofilm vorgeführt.

3. Perspektiven der Schadstoffaufnahme

Die Session, die von Dr. TINGEY aus Corvallis geleitet wurde, befaßte sich primär mit Fragen der Exposition von Pflanzen in Kammersystemen speziell damit, welche Faktoren die Aufnahme der luftverunreinigenden Stoffe durch die Pflanzen beeinflussen und wie diese Faktoren definiert werden können. So sind in der Vergangenheit nur unzureichend Angaben darüber gemacht worden, welche Schadgaskonzentrationen am Aufnahmeorgan selbst vorherrschen, mit welcher Gleichmäßigkeit die Schadstoffe in der Begasungskammer verteilt sind oder welche Abhängigkeiten von Umweltfaktoren vorherrschen, so z.B. von Temperatur, Luftfeuchte oder auch Licht. Auch wurde das Problem der niedrigen Luftwechsel angesprochen (Messung der Photosyntheserate), bei dem z.B. die CO_2 -Konzentration sehr schnell ein Minimum annehmen kann oder andererseits die Pflanzenmasse im Laufe der Zeit so wächst, daß die Schadstoffkonzentration selber ins Minimum gerät. Zukünftige Forschungsschwerpunkte sollten darin liegen, die Größenordnung der Schadstoffaufnahme über die innere Blattoberfläche zu ermitteln und zur Resorption von Schadstoffen sowie zu der Frage Aussagen zu machen, in welcher Form und Größenordnung diese von den Akzeptoren absorbiert bzw. desorbiert werden. Ferner wurde über die Festlegung der Kammervariablen unter besonderer Berücksichtigung der Luftfeuchtigkeit diskutiert. So sind

beispielsweise teflonbeschichtete Kammerwände keineswegs gegenüber anderen Stoffen, wie Glas oder emaillierten Blechen, vorteilhaft, da sie ebenso wie diese Schadstoffe in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte absorbieren und desorbieren. Beispielsweise sind bei der relativen Luftfeuchte von 25 % nach SO₂-Begasung (0,30 mg/m³) die Kammerwände innerhalb von 10 Minuten abgesättigt, während bei 90 % relativer Luftfeuchte der Vorgang 1,5 Stunden dauert, wobei allerdings auch der Temperatur eine entscheidende Rolle bei der Sättigung der Kammerwände zukommt.

In der Abendsektion von 7 bis 10 Uhr wurde das Problem der Kombinationswirkungen besprochen. Die hierbei vorgestellten Ergebnisse oder Untersuchungen mit Gemischen aus SO₂ und NO₂ sind einer Veröffentlichung von REINERT zu entnehmen. Im übrigen war die Sitzung schlecht geleitet, so daß über Erklärungen, was Kombinationswirkungen sind und welche Probleme bei der Bewertung auftauchen, hinaus keine wesentlichen neuen Impulse ausgingen. Auf die Frage, inwieweit inzwischen die Einwirkung von mehreren alternativ oder gleichzeitig wirkenden Verunreinigungs-komponenten modellmäßig erfaßt ist, wurde festgestellt, daß derartige Modelle bisher nicht existierten, andererseits aber der Bedarf daran groß wäre.

1.2.2. Mittwoch, 6. Mai 1981

1. Schwefeldioxidschäden

Dr. HEAGEL von der Universität North Carolina leitete die Diskussion mit der provozierenden Frage ein, welcher der Teilnehmer in jüngerer Zeit Schwefeldioxidschäden an der Vegetation innerhalb oder außerhalb von Belastungsgebieten gesehen hätte. Nachdem sich niemand meldete, fragte er weiter, wie viele der Teilnehmer Begasungsversuche mit Schwefeldioxid an Pflanzen durchführten. Es meldete sich gut 1/3 der Teilnehmer. Dr. HEAGEL fragte daraufhin (leicht ironisch): "Wieso, worin sehen Sie dann die Notwendigkeit

dafür?". Diese Einleitung charakterisiert sehr gut die derzeitige Diskussion in den USA über die Wirkungen von SO_2 auf die Vegetation. Allgemein ist man der Ansicht, daß außerhalb der Belastungsgebiete keine negativen Wirkungen an der Vegetation auftreten. Die Konzentrationen liegen hier bei $< 25 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Im Gegenteil wird immer häufiger die positive Wirkung einer Schwefeldüngung diskutiert. Man war sich einig, daß für die Pflanzen nur noch Konzentrationsspitzen von Bedeutung sind, die in unterschiedlicher Häufigkeit innerhalb einer gegebenen Periode auftreten.

Zwar sind eine Unzahl von Begasungsexperimenten mit den verschiedensten Schwefeldioxidkonzentrationen an Pflanzen durchgeführt worden, alle diese Untersuchungen liefern aber keine zufriedenstellenden Ergebnisse im Hinblick auf eine Übertragung auf Freilandbedingungen. Daher ist auch die Frage des Grenzwertes, d.h. des sogenannten Secondary Standard, noch nicht endgültig geklärt. Es wurde empfohlen, zukünftige Untersuchungen mit realitätsbezogenen Konzentrationsschwankungen, also entsprechend einer stochastischen Betrachtungsweise, wie sie beispielsweise von UNSWORTH angewendet wird, durchzuführen. Dies setzt allerdings einen relativ hohen methodischen Aufwand voraus.

Ein wohl bisher wenig betrachtetes Problem scheint bei der SO_2 -Konzentrationsmessung die Freisetzung von H_2S nach der Begasung der Pflanzen mit Schwefeldioxid zu sein. So haben sich in jüngster Zeit Hinweise ergeben, daß die Pflanze unter dem Streßfaktor Schwefeldioxid Schwefelwasserstoff freisetzt. Beispielsweise wurden bei einer Begasung von 0,4 bis 0,8 ppm SO_2 30 % dieser Menge als H_2S von der Pflanze wieder abgegeben! Ferner ergaben sich auch Hinweise, daß die Schwefelaufnahme über den Boden, die an sich relativ gering ist, zu einer H_2S -Freisetzung durch die Pflanze führen kann, so daß es gerade bei Begasungen mit niedrigen SO_2 -Konzentrationen zu einer falschen Auslegung der Ergebnisse kommen kann. Versuchsergebnisse wurden allerdings nicht vorgestellt, die diese Annahmen belegen.

2. Potpourri-Session

Während der 1 1/2 Stunden war Gelegenheit gegeben, neueste Versuchsergebnisse in einem Kurzreferat von maximal 5 Minuten darzustellen. Aufgrund der großen Teilnehmerzahl blieben allerdings jedem Redner kaum mehr als einige Minuten.

PATRICIA IRVING, Argonne Nat. Inst. Chicago, stellte Untersuchungen über die Wirkung von Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid an Sojabohnen vor. Während der Begasungsexperimente mit Konzentrationen von $0,2 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ Luft und $0,5 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$ Luft konnten in Abhängigkeit von der Varietät der Sojabohnen schwache Schädigungen während des Untersuchungszeitraumes von annähernd 2 Monaten beobachtet werden. Wurden beide Gase jedoch zusammen in gleicher Konzentration den Pflanzen zugeführt, so kam es zu einer eindeutigen Wirkungsverstärkung sowohl in Form äußerer Schädigungssymptome als auch Ertragsausfällen.

C. FOX, South California Edison, berichtete über eine ökologische Studie aus Britisch Columbien/Kanada, die in der Umgebung eines Schwermetallemitterten an Bäumen durchgeführt wurde.

Die Zuwachsrate der Bäume nahm vor einigen Jahren, entsprechend dieser Untersuchung mehr oder minder linear mit der zunehmenden Schwermetallkonzentration ab, d.h., es ergab sich eine klare räumliche Differenzierung, wie man mit Hilfe von Jahrringanalysen ermitteln konnte. Ferner waren gegenüber diesen Schadstoffen empfindliche Pflanzenarten nicht mehr vorhanden. Seit emissionsmindernde Maßnahmen durchgeführt wurden, nimmt der jährliche Zuwachs der Bäume wieder zu. Auch die ausgefallenen Arten sind wieder teilweise Bestandteil der natürlichen Vegetation geworden, so daß von einer persistenten Wirkung der Schwermetalle nicht gesprochen werden könne.

D. SHRINER, Oakbridge National Laboratory, berichtete über die Wirkungen von Schwefeldioxid und anderen Komponenten, die von Kraftwerken freigesetzt werden, auf Singvögel, in diesem Fall die Feldlerche. Im einzelnen wurde die sogenannte Lung Clearance (Selbstreinigungsvermögen der Lunge von Bakterien etc.) untersucht. Es ergaben sich Hinweise, daß die Infektionsanfälligkeit und die Clearance-Rate ganz allgemein bei den Singvögeln aufgrund der Schadstoffe aus Kohlekraftwerken beeinträchtigt worden ist.

R. LAW, Universität Lancaster, England, berichtete über die Wirkung von Stickoxiden in Gewächshäusern aufgrund der Verbrennung von schwefelarmem Kerosin. Aufgrund dieser Verbrennung wird sowohl das Gewächshaus geheizt als auch der CO_2 -Gehalt angehoben. Dabei wurde festgestellt, daß bei einem solchen Verfahren die Konzentration an Stickoxiden im Gewächshaus bis zu 5 ppm erreichen kann. Ertragsausfälle bis zu 30 % und auch äußerlich sichtbare Schadsymptome durch NO_2 sind häufig von Gärtnereibetrieben gemeldet worden. Wie auch immer waren allerdings die Wirkungen nicht so schwerwiegend, wie man bei den relativ hohen Konzentrationen, die vorgeherrscht haben, hätte annehmen können. Es wird vermutet, daß einige Faktoren des Gewächshausklimas sich positiv auf die Resistenz der Pflanzen ausgewirkt haben. Da die Verbrennungen von schwefelarmem Kerosin in Gärtnereibetrieben grundsätzlich als eine ökonomisch gute Lösung der Heizprobleme und der Versorgung mit CO_2 angesehen wird, wird die zukünftige Arbeit darauf gerichtet sein, verstärkt NO_2 -resistente Sorten zu züchten und die Konzentrationen an NO_2 zu ermitteln, die in Gewächshäusern keine signifikanten ökonomischen Verluste an den dort gezogenen Kulturen hervorrufen.

C.J. BRANDT, VGB, Essen berichtete über die gegenwärtig in der BRD geführte Diskussion zur SO_2 -Grenzwertfindung, unter Bezug auf die TA-Luft beziehungsweise die VDI-Richtlinie 2310, im Vergleich zu den Primary und Secondary Standards in den USA.

N. CAIN, Department of Agricultural Science, Universität Guelph, Kanada, berichtete über Emissionen im Zusammenhang mit geothermalen Kraftwerken. Ein Hauptproblem scheint hierbei Bor zu sein, welches in den Blättern der verschiedensten Pflanzen in Konzentrationen von 200 ppm und mehr gefunden worden ist. Die Aufnahme von Bor ist eindeutig abhängig von der Blattgröße der Pflanzen. Die höchsten Anreicherungen wurden in Quercus-Arten gefunden.

K. KVIST, Universität Uppsala, Schweden, berichtete über Schäden, die an Pflanzen in der Umgebung einer Fiberglasfabrik aufgetreten sind. So zeigten sich an Birken gelbbraune Randnekrosen, die an Wirkungen von Fluor erinnerten. Abhängig von der Pflanzenart können aber auch Interkostalnekrosen auftreten. Es wurde auf die Toxizität von HBO_4 auf den Boden aufmerksam gemacht. In den Blättern von Birken konnten bis zu 900 ppm, in den Fichtennadeln bis zu 500 ppm Bor nachgewiesen werden. Nach Angaben von Frau KVIST beginnt die Phytotoxizität bei etwa 200 ppm.

W.T. WILLIAMS, The Black Apple Institute, Berkshire, Indiana, berichtete über die Identifizierungen von Umweltschäden an der Vegetation mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops; als Beispiel wurde ein Schadensfall dargestellt, bei dem Schwermetalle als schadensverursachende Komponenten identifiziert worden sind.

J. LEE, EPA, Corvallis, Oregon, berichtete über die Wirkung von sauren Niederschlägen auf Mais unter Verwendung einer modifizierten Open Top Chamber und künstlichem Regen. Die Kammer entsprach dem Typ von HEAGELE abgesehen davon, daß der untere Teil bis zu einer Höhe von 1,20 m offen war. Auf diese Weise hoffte man auf eine Exposition unter besseren Strömungsbedingungen. Die Untersuchungen waren noch nicht abgeschlossen; bisher konnten jedoch keine Wirkungen dieses künstlichen Regengemisches auf den Ertrag von Mais festgestellt werden.

3. Wissenschaftliche Gespräche

Der Nachmittag des 6. Mai, der ohne Veranstaltungen war, wurde genutzt, ein ausführliches Gespräch mit Dr. A. LEGGE von der Universität Calgary, Calgary, Alberta, Kanada, über die "West Whitecourt Fallstudie" zu führen.

In der Provinz Alberta in Kanada wird seit Beginn der 60er Jahre Erdgas gewonnen, das einen sehr hohen Anteil an Schwefelwasserstoff besitzt. Teile des Schwefels aus dem Gasgemisch werden über verschiedene chemische Prozesse als elementarer Schwefel abgeschieden und gelagert und später in der Düngerindustrie verwendet. Nicht verwendete H_2S -Anteile werden hingegen bei hoher Temperatur unter Zugabe von Luft und Methan zu Schwefeldioxid oxidiert und über einen 122 m hohen Kamin bzw. zwei 52 m hohe Hilfskamine abgegeben. Bis 1976 wurden ca. 300 t SO_2 /Tag emittiert, danach ca. 36 t/Tag.

Ziel der Untersuchung war es nun, zu klären, inwieweit die Vegetation im Umgebungsbereich einer solchen Gasaufbereitungsstation, die seit dem Jahr 1961 betrieben wird, durch die hohen Schwefeldioxidemissionen verändert ist. Hierzu wurde eine interdisziplinäre Gruppe von Wissenschaftlern gebildet; eingeschlossen waren Fachleute auf dem Gebiet der Fernerkundung, Ökologie, Taxonomie, Genetik, Physiologie, Biochemie, Physik, Meteorologie, Statistik sowie ein Elektroingenieur, die in einem auf 4 Jahre angesetzten Projekt die entsprechenden Daten erarbeiten sollten. Dabei wurde zunächst ein Konzept entwickelt, das die dynamischen Zusammenhänge zwischen den Schwefelemissionen als Quelle und dem Ökosystem als Senke charakterisiert. Das Ökosystem wurde unterteilt in die 4 Hauptbestandteile: Luft, Vegetation, Boden und Wasser.

Die Schwefeldioxidkonzentration wurde mittels Schwefeldioxidanalysengeräten über 2 Jahre während der Sommerzeit kontinuierlich gemessen. Von insgesamt 2500 Stunden wäh-

rend der Jahre 1975 und 1976 wurde lediglich dreimal der von der Provinz Alberta festgesetzte Grenzwert für SO_2 von 0,2 ppm 1/2 Stunde pro 24 Stunden überschritten. Die SO_2 -Konzentrationen wurden an verschiedenen Standorten in unterschiedlicher Entfernung zum Werk in Hauptwindrichtung gemessen, wobei die Standorte als Aufpunkte maximaler Immission entsprechend den Ergebnissen einer Ausbreitungsrechnung charakterisiert waren. An einem Baumstandort wurde ein 28 m hoher Plattformmast errichtet und physiologische bzw. biochemische Messungen in unterschiedlicher Höhe durchgeführt. Die Photosynthesemessungen in vivo mit Hilfe von Siemens-Küvetten ergaben, daß die Photosyntheserate signifikant erniedrigt war und sich mit zunehmender Entfernung vom Werk normalisierte. Es ergaben sich keine Hinweise auf eine Veränderung des Wasserhaushaltes in den Bäumen, die evtl. die Photosyntheserate beeinflusst hätte. Laboruntersuchungen mit Pflanzen aus dem Gebiet "Whitecourt" und solchen eines nicht exponierten Standortes ergaben, daß die Pflanzen aus dem Gebiet "Whitecourt" eine relativ geringere Absenkung der Photosyntheserate aufwiesen als solche, die aus dem unbeeinflussten Gebiet stammten. Hieraus schließt der Autor, daß sich die Gehölze im Raum um die Gasaufbereitungsstation an niedrige Schwefeldioxidkonzentrationen auf Kosten einer reduzierten Photosyntheserate "gewöhnt" haben.

Als besonders nützliches Instrument zur Überprüfung der Wirkung von Schwefel auf das Ökosystem hat sich die Methode der stabilen Schwefelisotope bewährt. Eine Analyse der stabilen S-Isotope des von der Anlage freigesetzten Gases ergab, daß die Isotope in einem ganz bestimmten Verhältnis zueinander stehen, während die, die natürlicherweise im Boden oder im Wasser vorkommen, ein anderes Verhältnis aufweisen, das sogar den Wert null einnehmen kann. Es ist daher möglich, mit Hilfe dieses Isotopenverhältnisses zwischen immissionsbedingtem und natürlichem Schwefel zu unterscheiden. So konnte Schwefel aus den Emissionen der Anlage noch in 1 km Entfernung in Hauptwindrichtung bis zu einer

Bodentiefe von 1 m nachgewiesen werden. War der Standort mit Pflanzen bedeckt, so war die Eindringtiefe nur maximal 60 cm. Der Schwefelgehalt der Nadeln, gemessen als Gesamt-Schwefel bzw. als Sulfatschwefel, nahm mit zunehmender Entfernung von der Anlage ab. Hierbei erwies sich ebenfalls die Schwefelcharakterisierung mit Hilfe der Isotope als sehr nützlich, da zwischen aus der Luft aufgenommenem Schwefel und aus dem Boden aufgenommenem natürlichen Schwefel unterschieden werden konnte.

Auch im Boden konnte eine ähnliche Abnahme des S-Gehaltes mit zunehmender Entfernung von der Anlage nachgewiesen werden; ebenso nahm die Eindringtiefe ab. Es wurde keine Beziehung zwischen dem Boden-pH und dem immissionsbedingten Schwefel in den einzelnen Bodenprofilen gefunden. Eine detaillierte Analyse der Mineralien sowohl in den Nadeln der Pflanzen als auch im Boden ergab, daß das Verhältnis von Stickstoff, Phosphor, Kalium, Kalzium, Magnesium, Aluminium, Zink, Eisen und Mangan gestört war; und zwar zeigte sich die Tendenz, daß in den Nadeln Phosphor, Kalium, Eisen, Magnesium und Zink mit zunehmender Entfernung von der Anlage anstiegen, während die Gehalte an Stickstoff, Kalzium und Aluminium abnahmen. Vor allem Mangan nahm in den Blättern mit zunehmender Entfernung extrem rasch ab. Es wurde eine direkte Beziehung zwischen den erniedrigten Boden-pH-Werten und den erhöhten Mangangehalten in den Blättern gefunden und vorgeschlagen, den Mangangehalt der Blätter als Indikator für die Belastung eines forstlichen Ökosystems durch Schwefelimmisionen heranzuziehen. Insgesamt ergab die Studie, daß in verschiedenen Teilbereichen das Ökosystem durch die vorhandenen Schwefeldioxidimmisionen erheblich belastet wird, jedoch die Belastungen nicht so groß sind, daß sich irreversible Schädigungen einstellen. Es ist anzunehmen, daß nach der kalkulierten Betriebszeit von 10 bis 20 Jahren das Ökosystem sich innerhalb relativ kurzer Zeit wieder stabilisiert und den Zustand annimmt, den es hatte, bevor die Anlage in Betrieb genommen wurde. Detaillierte Untersuchungsergebnisse hierzu werden im Laufe dieses und des kommenden

Jahres in der Zeitschrift "Water, Air, and Soil Pollution" veröffentlicht werden.

4. Wirkung von Fluorwasserstoff auf die Vegetation

Am Abend des 6. Mai fand eine Diskussion in kleiner Gruppe zum Thema "Wirkungen von Fluorwasserstoff auf die Vegetation" statt, die von Dr. L.H. WEINSTEIN, Boyce Thompson Institute, Ithaca, geleitet wurde. Dr. WEINSTEIN hielt ein Referat über Untersuchungen zur Prädisposition von Nadelgehölzen gegenüber parasitärem Befall nach Fluorwasserstoffexposition am Beispiel der ALCAN Aluminiumhütte in Kitimat, Britisch Kolumbien, Kanada.

Die Kitimat-Aluminiumhütte ist die zweitgrößte Hütte der westlichen Welt mit einer Jahresproduktion von 300.000 t. In den Anfängen der Produktion wurden ca. 5,5 t gasförmigen Fluorids pro Tag freigesetzt. Nach 1975 nur noch etwa 2,5 t pro Tag. Die Anlage liegt in einem glazial entstandenen Talsystem, dessen Hänge mit üppiger Vegetation bedeckt sind. Neben Zedern, Hemlocktanne, Fichten und Kiefern sind Pappeln, Weiden und Erlen anzutreffen. Nach Inbetriebnahme der Anlage traten im Umgebungsbereich der Anlage erhebliche Vegetationsschäden vor allen Dingen an den in Hauptwindrichtung gelegenen Beständen auf. Bei Inversionslagen kam es recht häufig vor, daß sich das Tal-system mit einer dicken, blauen Dunstwolke füllte.

Vegetationsuntersuchungen ergaben stark von der Art abhängige Fluoridgehalte (Mittelwerte der Jahre 1971-1976) in den Nadeln bzw. Blättern, die zwischen 25 bis 2000 ppm schwankten, wobei Erlen und Weiden die höchsten Gehalte aufwiesen (ca. 2000 ppm), gefolgt von Zedern (165 ppm), Hemlocktannen (142 ppm), Fichten (123 ppm) und Balsamfichten (115 ppm). Die niedrigsten Fluoridgehalte wurden in Kiefern, z.B. *Pinus contorta* und *Pinus ponderosa*, gefunden.

In diesem hochbelasteten Gebiet traten plötzlich Anfang der 60er Jahre schwere Epidemien durch den nordamerikanischen Fichtentriebwickler (*Archips fumiferana*) und Spanner (*Geometridae* spp.) auf, sowie Sekundärinfektionen durch Borkenkäfer (*Scolytidae* spp.). Es kam zu einem verheerenden Baumsterben, wobei auf einer Fläche von 20 km² bis zu 40 % des Baumbestandes abstarben. Es galt die entscheidende Frage zu klären, inwieweit der parasitäre Befall durch die Fluoremissionen des ALCAN-Werkes beeinflusst wurde, und wenn ja, auf welche Weise.

Die Untersuchungen, die u.a. das Boyce Thompson Institute durchgeführt hat, ergaben keine exakten Beweise dafür, daß fluorhaltige Immissionen den parasitären Befall begünstigt haben könnten. Es wurden aber 3 Hypothesen aufgestellt:

1. Indirekte Wirkung durch den Staub, der von der Aluminiumhütte freigesetzt wird.

Es ist denkbar, daß parasitäre Wespen - die natürlichen Feinde des Spanners - aufgrund der relativ hohen Staubkonzentration in der Umgebung des Werkes eingegangen sind, da offenbar Staubansammlungen auf dem Körper von Hymenoptera zu einem Verlust an Körperflüssigkeit und damit zu einem Vertrocknen des Insektes führen. Dadurch könnte es zu einer unkontrollierten Vermehrung des Spanners gekommen sein.

2. Direkte Wirkung fluorhaltiger Immissionen

Aufgrund der lang anhaltenden Einwirkungen relativ hoher HF-Konzentrationen wurden die Bäume so geschwächt, daß sie eine größere Disposition gegenüber dem Befall durch den nordamerikanischen Fichtentriebwickler bzw. den Spanner aufwiesen.

3. Indirekte Wirkung der Gesamtmissionen im Tal

Die aufgrund von Inversionswetterlagen häufig im Talssystem anzutreffenden, gestauten Abgasmassen könnten

zu einer quantitativen und qualitativen Änderung der Lichteinstrahlung und damit zu einer Veränderung der Temperatur geführt haben, die groß genug war, die normale Entwicklung der Insekten zu stören, bzw. die Entwicklung beispielsweise des Spanners zu begünstigen.

Die 3 Hypothesen konnten aber bisher nicht bestätigt werden. Im Boyce Thompson Institut sind allerdings umfangreiche Untersuchungen angelaufen, die den Einfluß von Fluorwasserstoff auf die parasitäre Resistenz von Pflanzen klären sollen.

Von den Teilnehmern wurde berichtet, daß vergleichbare Koinzidenzen im Umgebungsbereich der heimatlichen Aluminiumhütten nicht bekannt geworden sind. Im Gegenteil konnte eigentlich bisher immer die Beobachtung gemacht werden, daß zumindest Pilz-Erkrankungen durch die Einwirkungen von Fluorwasserstoffemissionen in ihrem Wachstum bzw. ihrer Ausbreitung gehemmt wurden.

1.2.3. Donnerstag, 7. Mai 1981

Kriterien-Dokumente, ihre Erstellung und Bedeutung bei der Grenzwertfestlegung

Dr. J. GARNER, EPA, Research Triangle Park, Raleigh, N.C., gab einen umfassenden Überblick über die Grenzwertfindung in den USA mit Hilfe der Kriterien-Dokumente. Während der Schutz des Menschen über die "Primary Standards" erreicht werden soll, sind die "Secondary Standards" zum Schutze der Vegetation gedacht. Die Grenzwerte, die Gesetzeskraft haben, werden mit Hilfe der Kriterien-Dokumente abgeleitet, die ihrerseits eine Zusammenstellung wissenschaftlicher Untersuchungen bezüglich der Wirkung des zu beschreibenden Schadstoffes darstellen. Der Kongreß der USA beauftragt die EPA (Environmental Protection Agency) gemäß dem Clean Air Act von 1959, entsprechende Kriterien-Dokumente zu erstellen. Die Dokumente sollen ohne Spekulation und ohne

Berücksichtigung ökonomischer Belange erstellt, also völlig wertfrei sein. Die Erstellung erfolgt entweder über Wissenschaftler in der EPA selbst oder im Auftrag der EPA durch andere Institute oder unter Zuhilfenahme von Gutachtern. Alle vorhandenen Untersuchungen zum Thema "Wirkungen des Schadstoffes auf Pflanzen" werden auf Inhalt und Aussage geprüft und nach kritischer Durchsicht in dem Dokument zusammengefaßt. In den 60er Jahren wurden Kriterien-Bände für die Komponenten CO, SO_x, NO_x, Particulate Matter, O₃ und Pb erstellt. Entsprechend dem Clean Air Act Amendment von 1977 müssen alle Kriterien-Dokumente im 5-Jahres-Turnus überarbeitet werden.

Die folgenden Fragen sollen im Kriterien-Band beantwortet werden, die die Wirkung auf Pflanzen betreffen.

1. Bestimmung des Schädigungspotentials
2. Festlegung der Konzentrationen, die Wirkungen auslösen
3. Dosis-Wirkungsbeziehungen
4. Betroffene Pflanzenarten
5. Verteilung des Schadstoffes (regionale bzw. überregionale Bedeutung)
6. Abschätzung der durch den Schadstoff an landwirtschaftlichen Produkten verursachten Kosten
7. Transport und Umwandlung des Schadstoffes in Ökosystemen
8. Abschätzung der langfristigen Konsequenzen

Nach Erstellung der ersten Fassung des Kriterien-Bandes wird dieser 6 Monate lang öffentlich ausgelegt. Überprüft wird er von Wissenschaft, Industrie, Bürgerinitiative sowie Umweltbehörden. Danach geht das Dokument zur Durchsicht zurück zur EPA, die die Anmerkungen ggf. berücksichtigt bzw. eine zweite Fassung vorlegt. Nach der internen Abstimmung wird das Dokument zur Publikation freigegeben und dem Science Advisory Board (SAB) übergeben.

Dieses Gremium übernimmt eine Bewertung des Inhaltes und teilt dies der EPA mit. Der Direktor der EPA schlägt dann den Grenzwert dem Kongreß vor, der seinerseits über den Grenzwert befindet. Sollte der vorgeschlagene Grenzwert nach einer 6monatigen Offenlegung angefochten werden, so muß entsprechend einem Gerichtsentscheid ein völlig neuer Kriterien-Band erstellt werden. Es ist zu erkennen, daß dieses Verfahren äußerst schwerfällig ist, da vor allem die Lobby der Industrie versucht, jedes Kriterien-Dokument anzufechten und damit die EPA zwingt, jedesmal einen neuen Band zu erstellen. Hinzu kommt, daß die Industrie versucht, an den wissenschaftlichen Anhörungen teilzunehmen und anschließend die Teilnehmer zu verklagen, mit der Argumentation, daß viele Aussagen gemacht wurden, ohne entsprechende Beweise vorlegen zu können (z.B. Wirkung niedriger SO₂-Konzentrationen). Dies hatte zur Folge, daß sich sehr viele Wissenschaftler inzwischen weigern, an der Erstellung der Dokumente mitzuarbeiten. Mr. GARNER beklagte die derzeitige Situation der EPA in den USA, deren Ziele klar im Widerspruch zur REAGEN-Administration stehen, der Industrie auch auf dem Gebiet des Umweltschutzes erhebliche Erleichterungen zu verschaffen. Ferner liegt der politische Druck, wenn überhaupt, nur auf den Primary Standards. Dies wird auch dadurch deutlich, daß der Secondary Standard für Ozon von 0,08 auf 0,10 ppm erhöht worden ist, obwohl man weiß, daß es zu Pflanzenschäden kommt.

Dr. E. PRESTON von der EPA in Corvallis, Oregon, wies noch mal sehr eindringlich darauf hin, daß sehr viele der wissenschaftlichen Untersuchungen nicht den Erfordernissen der EPA bezüglich einer Verwendung für die Erstellung von Kriterien-Bänden genügen. Dabei sei derzeit das oberste Ziel, die ökonomischen Verluste, die durch Luftverunreinigungen verursacht werden, genau zu quantifizieren, um so einen entsprechenden Druck auf die Regierung ausüben zu können. Für die anderen ständig wiederkehrenden Fragestellungen forderte Dr. PRESTON eine Versuchsdurchführung unter möglichst realistischen Bedingungen, d.h., daß

z.B. bei der Erstellung von Dosis-Wirkungsbeziehungen auch ein ökonomischer Bezug Berücksichtigung findet, daß bei Freilandbegasungen verwendete Schadstoffe und Konzentrationen tatsächlich für die weitere Umgebung repräsentativ sind, oder daß schließlich bei physiologischen oder auch biochemischen Untersuchungen der Bezug zur Übertragbarkeit auf Freilandbedingungen nicht vernachlässigt werden darf. Mit anderen Worten sollten die Untersuchungen insgesamt im Bereich der angewandten Forschung erweitert werden.

Dr. PRESTON ging anschließend noch mal auf das NCLAN-Programm ein und führte aus, daß diese Untersuchungen neben den Untersuchungen über die Wirkungen saurer Niederschläge auf die Vegetation aus der Sicht der EPA zu den Forschungsschwerpunkten der nächsten Jahre gehören.

In der anschließenden Diskussion wurde nochmals die Frage aufgeworfen, ob man regionale oder überregionale Grenzwerte etablieren sollte. Unter der CARTER-Administration mußten sich die einzelnen Staaten an den Federal-Standard halten bzw. konnten in freier Entscheidung einen Wert darunter festlegen. Unter REAGEN soll es nun den einzelnen Staaten wieder überlassen bleiben, die Grenzwerte dem eigenen Gebiet und ökonomischen Erfordernissen anzupassen. Man befürchtet, daß diese Entwicklung dazu führt, daß der Clean Air Act aus dem Jahre 1959 unterlaufen wird und die von der EPA vorgeschlagenen Grenzwerte nahezu bedeutungslos werden. In diesem Zusammenhang wurde die Frage aufgeworfen, ob man nicht der Züchtung resistenter Pflanzenarten mehr Bedeutung beimessen sollte. Dies wurde aber allgemein verneint, weil mit der Züchtung resistenter Pflanzenarten kein Druck mehr auf die Umweltpolitik ausgeübt werden kann und auch eine "genetische Erosion" eingeleitet wird, da das Ausbilden eines natürlichen genetischen Resistenzpotentials unterbunden wird.

2. Informationsreise

(Reiseroute siehe Abbildung 1 im Anhang)

2.1. Besuch des Boyce Thompson Institutes in Ithaca, N.Y., am 4. Mai

Am 4. Mai war Gelegenheit, das Boyce Thompson Institut in Ithaca zu besuchen. Das Institut, das in den vergangenen Jahrzehnten unter anderem über die Wirkungen von Luftverunreinigungen und hier besonders Fluorwasserstoff auf Pflanzen gearbeitet hat, war im Jahr 1978 von Yonkers in der Stadt New York nach Ithaca im Staat New York umgezogen und verfügt jetzt im Bereich der Cornell Universität über ein neues, großzügiges Laboratoriumsgebäude. Das Institut hat über 1500 m² Gewächshausfläche sowie eine fast 2000 m² große klimatisierte Halle, in der Klimakammern aufgestellt sind. Das Gewächshaus ist ähnlich wie in der LIS in einzelne Zellen unterteilt, die sich in bezug auf Temperatur, Luftfeuchte und Licht exakt steuern lassen. Die Außenluft für Gewächshaus und Klimakammerhalle wird über ein zentrales Filter gereinigt, das aus Aktivkohle und Purfill besteht. Letzteres Filtermaterial, das von der Firma BURROUGH Comp., Shambly, Georgia, USA, produziert wird, besteht aus aluminiumoxidiertem Kaliumpermanganat und hat die Eigenschaft, organische Komponenten, wie beispielsweise Äthylen, quantitativ auszufiltern. Im Bereich der Klimakammerhalle befindet sich ein separater Raum, in dem 8 CSTR-Begasungskammern stehen (Beschreibung der CSTR-Kammern siehe HECK et al 1978).

Die Steuerung der Anlagen erfolgt zentral über einen Computer. Ebenso wird die Schadstoffdosierung digital über einen Computer gesteuert, wobei beliebige Konzentrations-Zeitmuster gefahren werden können. Sowohl bei der Steuerung der Klimakammern als auch der der CSTR-Kammern ergeben sich Schwierigkeiten, so daß wissenschaftliche Fragestellungen in den Kammern derzeit noch nicht beantwortet werden können. Zur Zeit wird versucht, die Randbedingungen der Systeme exakt zu definieren. Auch ergeben sich bei hohen Außenlufttemperaturen Schwierigkeiten bei der Klimatisierung der Gewächshäuser.

Das Institut verfügt weiter über ein Freilandgelände, das in drei Bereiche eingeteilt ist. Im ersten Bereich stehen ca. 20 Open-Top-Kammern, die allerdings während des Winterhalbjahres abgebaut werden und zum Zeitpunkt der Besichtigung noch nicht wieder aufgebaut waren. Begast werden hier auch kleinere Bäume um die jeweils Open-Top-Chambers aufgebaut werden. Vorwiegend beantwortet werden in diesen Kammern Fragestellungen zur Kombinationswirkung von verschiedenen Gasen. Im zweiten Bereich werden die Versuche für das Programm NCLAN durchgeführt, wobei als Begasungsmethodik das System ZAPS verwendet wird. Im dritten Bereich werden Untersuchungen zur Wirkung von sauren Niederschlägen teilweise in Kombination mit Schadgasen, hier vorwiegend Ozon, durchgeführt. Die ca. 1000 m² große Fläche ist mit einem beweglichen Dach versehen, so daß eine Einflußnahme durch natürlichen Regen ausgeschlossen werden kann. Auch hier wurden erst Vorbereitungen getroffen, die Versuche aufzunehmen, da ein Regenschauer im vergangenen Jahr das gesamte System außer Betrieb gesetzt hat.

Im einzelnen werden derzeit im Boyce Thompson Institut u.a. folgende Fragestellungen beantwortet:

Dr. L. WEINSTEIN, Leiter der Gruppe "Environmental Biology" beschäftigt sich in seinem Labor mit Fragestellungen zur Wirkung von Fluorwasserstoff und der Infektionsresistenz von Pflanzen gegenüber phytophagen Insekten. Beispielsweise wird versucht zu klären, ob subletale Konzentrationen von Schadstoffen die Disposition der Pflanzen gegenüber phytophagen Insekten verändern. So konnte u.a. ermittelt werden, daß die Entwicklung der Larven des großen Kohlweißlings (*Pieris brassicae*) begünstigt wird, wenn die Kohlpflanzen zuvor mit Fluorwasserstoff begast worden sind. Derartige Auswirkungen konnten allerdings nicht festgestellt werden, wenn die Experimente in vivo durchgeführt wurden. Ähnliche Zusammenhänge ergaben sich auch für den Mexikanischen Bohnenkäfer. So ließ sich nachweisen, daß Bohnen, die mit subakuten Konzentrationen von Schwefeldioxid begast worden waren, von den Weibchen des Mexikanischen Bohnenkäfers deutlich gegenüber den Kontrollpflanzen als Futter bevorzugt wurden. Obwohl man keine Unterschiede im Larvenwachstum,

der Entwicklungszeit oder auch in der Überlebensrate feststellen konnte, wird offenbar die Eiablage der erwachsenen Tiere beeinflusst. So war die Anzahl der Eier deutlich größer, wenn die Weibchen SO_2 -begaste Blätter als Futter bekamen. Allerdings war die Zeit, die für die Eiablage in Anspruch genommen wurde, deutlich länger, so daß sich kein Unterschied im Nettoeffekt zur Kontroll-Gruppe ergab.

Die gleichen Untersuchungen an Sojabohnen durchgeführt, führten zu einem klareren Ergebnis. So zeigten die Weibchen des Mexikanischen Bohnenkäfers eine deutliche Präferenz für die mit Schwefeldioxid begasteten Blätter. Ferner entwickelten sich die Larven deutlich schneller und hatten eine Gewichtszunahme gegenüber denjenigen, die an Kontrollpflanzen gefüttert wurden, von annähernd 33 %. Auch zeigte sich, daß etwa die doppelte Anzahl von Eiern pro Weibchen gelegt wurde. Beispielsweise konnte in 2 Tests nachgewiesen werden, daß im Mittel nur 35 % der Weibchen, die an den Kontrollblättern gefüttert wurden, zu einer Eiablage kamen, während 60 % der Weibchen eine Eiablage vollzogen, die mit den begasteten Blättern gefüttert wurden. Auch ergab sich ein enormer Unterschied bei der Überlebensrate der Tiere. Während nur 17 % der Weibchen, die an dem nicht begasteten Pflanzenmaterial gefressen hatten, überlebten, zeigten sich von den Weibchen, die schwefeldioxidbegastetes Pflanzenmaterial fraßen, annähernd 60 % als lebensfähig.

Die Beispiele zeigen, wie wichtig eine Bearbeitung dieser Fragestellungen ist, da sich unschwer abschätzen läßt, welche Auswirkungen eine mögliche Modifikation der Disposition der Pflanzen gegenüber Insekten durch Luftverunreinigungen die Produktivität der landwirtschaftlichen Pflanzen beeinträchtigen.

Dr. RUTH ALSCHER-HERMAN, Pflanzenphysiologin am Institut, beschäftigt sich mit der Frage, welche Stoffwechselprozesse ausschlaggebend für eine relative Empfindlichkeit bzw. Resistenz von Pflanzen gegenüber Luftverunreinigungen sind. Es wird angenommen, daß im Falle von Schwefeldioxid bestimmte enzymatische Prozesse im Bereich des Photosyntheseablaufes betroffen sind, und zwar in der Form, daß die Art und Anzahl der Bindungs-

stellen an den vorhandenen Membranen bzw. ihre relative Empfindlichkeit, durch Sulfit abgebunden zu werden, zu einer unterschiedlichen Empfindlichkeit gegenüber niedrigen Schwefeldioxidkonzentrationen führen. Dieser Fragestellung wird derzeit in In-vivo-Experimenten nachgegangen.

Dr. J. JACOBSON untersucht im Freiland Wirkungen von sauren Niederschlägen in Kombination mit photochemischen Oxidantien. Dabei konnte festgestellt werden, daß mit zunehmender Konzentration der Oxidantien und zunehmender Azidität des Regens das Massennwachstum linear abnahm. Dr. JACOBSON folgert daraus, daß aufgrund dieser Kombinationswirkung Ertragseinbußen landwirtschaftlicher Kulturen im nordöstlichen Teil der Vereinigten Staaten, wo relativ niedrige pH-Werte des Regens vorherrschen, zustande kommen. Ferner haben sich Anzeichen ergeben, daß auch die Qualität der landwirtschaftlichen Produkte wie Haltbarkeit etc. durch die Kombination beider Schadstoffe negativ beeinflusst werden kann. Die Untersuchungen werden fortgeführt.

Dr. D. McLEAN berichtete über seine Erfahrungen mit dem Begasungssystem LGS (Linear Gradient System). Hierbei wird das Schadgas den Pflanzen über Rohre zugeführt, die im Feld zwischen den Pflanzenreihen verlegt sind. In den Rohren sind Löcher in bestimmten Abständen, die mit zunehmender Entfernung von der Gaszugabe vergrößert sind. Hierdurch strömt am Anfang des Rohres relativ wenig Gas aus, während am Ende ein relativ hoher Anteil des Schadgases freigesetzt wird. Auf diese Weise erreicht man einen linearen Gradienten in der Schadstoffkonzentration. Die Anlage wird betrieben, wenn der Wind in 90° zum Rohrsystem weht, wobei die Pflanzenreihen quer zur Hauptwindrichtung angelegt sind.

Dr. J. ELLESSON führte im Laboratorium sein System der "Verzögerten Lichtemission" zur Erkennung von latenten Immissionswirkungen an Pflanzen vor. Dem Prinzip liegt die Überlegung zugrunde, daß von einem Blatt, das von einem kurzen Lichtstrahl getroffen wird, aufgrund des induzierten Ionenpotentials und dessen Rückfall auf sein Ausgangsniveau eine Fluoreszenz aus-

geht. Gestützt auf Untersuchungen von ARNDT zum KAUTSKY-Effekt hat ELLESSON folgende Versuchsanordnung getroffen. In einem schwarz ausgekleideten, 80 x 80 cm großen Kasten befindet sich an der Stirnwand, jeweils im äußeren oberen Drittel links und rechts ein ca. 3 cm großes Loch. Vor dem einen Loch ist eine Lichtquelle aufgebaut (Dia-Projektor, Halogen-Kaltlichtlampe) und auf die Mitte der inneren Rückwand des Kastens zentriert. Vor dem anderen Loch befindet sich ein Restlichtverstärker, dessen optische Achse mit der der virtuellen, durch Reflexion "entstehenden" Lichtquelle an der Rückseite des Kastens übereinstimmt. Auf der vorderen Innenseite ist ein über einen Synchronmotor betriebener "Chopper" installiert. Dies ist eine schwarze Scheibe, deren eine Hälfte transparent ist, so daß jeweils ein Loch abgedeckt ist, während das andere offensteht. Im Fokus der Lichtquelle, an der Stelle der virtuellen Lichtquelle, befindet sich eine ca. 15 x 15 cm große Plexiglasküvette, in die ein Blatt eingespannt werden kann. Die Kammer ist horizontal gasdicht geteilt, kann beheizt werden und wird über Leitungen mit Luft versorgt, wobei die eine Hälfte mit gefilterter Außenluft, die andere Hälfte mit schadgasangereicherter Luft beschickt wird. Erste Untersuchungen, die mit relativ hohen SO_2 -Konzentrationen durchgeführt worden sind, ergaben, daß nach einer gewissen Einwirkungszeit nur noch die Teile des Blattes eine gewisse Menge an Restlicht aufwiesen, die später nicht nachhaltig geschädigt werden. Das heißt, es läßt sich exakt die Fläche bestimmen, die später einmal nekrotisiert wird, ohne daß es zu irgendwelchen äußerlich sichtbaren Anzeichen gekommen ist. Eine Grundvoraussetzung ist allerdings, daß die Stomata während der Begasungszeit geöffnet sein müssen, also die Pflanzen zunächst im Hellen gestanden haben, bevor die Blätter in die Küvette eingespannt werden können. Zur Zeit werden Untersuchungen zur Empfindlichkeit des Systems gemacht, und versucht, das System so zu modifizieren, daß es an intakten Pflanzen ausprobiert werden kann.

2.2. Besuch der Nickel-, Kupfer- und Eisenminen der INCO-COMPANY, Sudbury, Ontario, Kanada am 9. Mai

Sudbury liegt ungefähr eine Flugstunde nordwestlich von Toronto. Die Stadt hat ca. 120 000 Einwohner und wird bestimmt durch die seit etwa 100 Jahren betriebene Aufarbeitung von Eisen- bzw. Kupfererzen. In früheren Zeiten wurde das Erz im Tagebau gewonnen und in offenen Röstbetten herausgeschmolzen. Hierzu wurden etwa 3 m tiefe, 20 m breite und 800 m lange Gräben ausgehoben und mit Holz gefüllt, auf die dann das Erz gelegt wurde. Der Schmelzprozeß dauerte mehrere Tage. Zurück blieb ein verunreinigtes Metallgemisch, das zur weiteren Aufarbeitung in spezielle Schmelzanlagen gegeben wurde. In der Umgebung dieser Röstbetten kam es zu sehr starken Veränderungen der Vegetation, da schwefelhaltige Erze aufgearbeitet wurden und folglich enorme Mengen an Schwefeldioxid bodennah freigesetzt wurden. Diese Emissionen haben im Laufe der Jahre zu einer "Vernichtung" der gesamten Vegetation im Umkreis von mehreren Meilen geführt.

Die Umgebung von Sudbury ist im wesentlichen durch eine tundraähnliche Landschaft bestimmt, mit vielen kleinen Wasserbecken, Mooren, sowie Birken und Weiden als wesentlichste Arten der höheren Vegetation. All diese Pflanzen waren zunächst völlig ausgestorben. Nachdem die offenen Röstbetten nicht mehr verwendet wurden, hat sich in den letzten 80 Jahren in ihrer Umgebung wieder neue Vegetation angesiedelt, die nach Aussagen von Professor WINTERHALDER, Universität Sudbury, der ursprünglichen Klimaxvegetation weitgehend entspricht.

In den 20er Jahren begann INCO (International Nickel Company), mit der Ausbeutung der Nickelfelder, die etwa in 5-800 m Tiefe liegen. Zur Herstellung der Schmelze wurden jetzt elektrische Rostöfen benutzt, deren Abgase über 3 ca. 70 m hohe Kamine ungefiltert abgeleitet wurden. Als Folge wurde die Landschaft im Umkreis von 40 Quadratmeilen total vernichtet. Aufgrund von Abgasansammlungen in Folge häufig auftretender Inversionswetterlagen kam es zudem bei der Bevölkerung zu schweren Gesundheitsschäden. Neben Augentränen wurden gravierende Schädigungen

gungen der Atemorgane beobachtet. Die SO_2 -Konzentrationen lagen bei mehreren Milligramm über 24 Stunden und darüber, wurden aber wohl nie richtig gemessen. Ende der sechziger Jahre hat die Regierung von Ontario schließlich INCO dazu gezwungen, einen höheren Kamin zu bauen. Dieser Kamin mit einer Höhe von 380 m zählt zu den höchsten Kaminen in Nordamerika. Es wurde erreicht, daß die Schadstoffe über einen wesentlich weiteren Raum verteilt wurden, und es in Sudbury selbst zu keinen gesundheitsgefährdenden Konzentrationen an Luftschadstoffen mehr kommt, da der Kaminaustritt über den Inversionsschichten liegt, die sich normalerweise in 300m Höhe befinden. Allerdings wird die Vegetation jetzt durch chronische SO_2 -Einwirkungen bis zu einer Entfernung von ca. 80 Meilen vom Emittenten gefährdet. Zur Zeit dürfen bis zu 2500 t SO_2 /Tag bei der Nickelgewinnung bzw. bis zu 250 t SO_2 /Tag bei der Eisenrösterei freigesetzt werden. Die zulässigen höchsten Konzentrationen dürfen, an welchem Punkt außerhalb der Werksanlagen auch immer gemessen, eine Konzentration von 0,5 ppm SO_2 bei der Nickelanlage und 0,25 ppm SO_2 im Umgebungsbereich der Eisenrösterei (Stundenmittelwerte) nicht überschreiten. Die Abgastemperatur beträgt ca. 90° und die Abgaswolke erreicht eine Höhe von ca. 1000 - 1200 m. Sowohl die Firma selbst als auch die Regierung in Ottawa haben ein Meßnetz von festen Stationen in Hauptwindrichtung bis zu einer Entfernung von ca. 100 Meilen in südöstlicher Richtung errichtet und messen kontinuierlich die SO_2 -Konzentration dieser Emissionsquelle. Sollte die Konzentration von 0,5 ppm SO_2 überschritten werden, wird eine entsprechende Geldstrafe von der Umweltschutzbehörde in Ontario verhängt, die bei einer Überschreitung des Wertes von 0,5 ppm über 1 Stunde bei ca. 10 000 Dollar liegt.

Die ausgebeuteten Eisen- bzw. Kupfer- oder Nickelerze werden in sogenannte Tailings (Absetzbecken) eingeleitet, die später rekultiviert werden. Beim Einleiten des verflüssigten Schwermetallschlammes wird bereits ein großer Anteil der Vegetation aufgrund der hohen Nickel- und Kupferkonzentration zerstört. Wenn diese Becken mit Absetzschlamm aufgefüllt sind, werden sie rekultiviert, indem ein Gemisch aus verschiedenen Gräsern, etwa 50 t/ha Kalziumkarbonat sowie ein Mulch aus Stroh und Gras auf das Gebiet aufgebracht wird. Als Gräser findet ein Gemisch

aus *Agrostis alba*, *Festuca rubra*, *Poa compressa*, *Poa pratensis*, *Phleum pratense*, *Trifolium hybridum* sowie *Lotos corniculatum* Verwendung. Mit diesem Gemisch wird ein Dünger der Zusammensetzung 5-27-27, d.h. mit geringem Stickstoffanteil und hohem Phosphor- bzw. Kalianteil gegeben. Im Hinblick auf die Tatsache, daß die Pflanzen direkt auf den Erzablagerungen angesiedelt werden, sind in den letzten Jahren beachtliche Erfolge erzielt worden. Neben der Grasdecke haben sich auf allen gefüllten Absetzbecken inzwischen auch Teile einer natürlichen Vegetation, bestehend aus Birken und Weiden angesiedelt.

Die Firma betreibt außerdem ein Untersuchungsprogramm zur Klärung einer eventuellen Verseuchung der Nahrungsmittelkette durch Schwermetalle. Hierzu werden neben dem Grasaufwuchs der Absetzbecken auch Vögel und Wasservögel sowie Wasserpflanzen untersucht, um zu sehen, inwieweit das Wasser bzw. die Wasserpflanzen durch Schwermetalle verseucht sind. Neben den Federn werden Niere, Leber sowie die Exkremente der Vögel auf den Gehalt an Schwermetallen analysiert.

Ein wesentliches Problem neben der Freisetzung von Luftschadstoffen über den Schornstein ist nämlich, daß die ausgetrockneten oder noch nicht mit Bewuchs abgedeckten, metallischen Endlagerungen verwehen. Um dies zu vermeiden, wird "Coherex", ein Bitumenprodukt, in großer Menge auf diesen Flächen ausgebracht, wodurch eine stabile Abdeckschicht erzeugt wird.

Wird diese dünne Schicht allerdings, z.B. durch Fußtritte oder Autospuren, erstört, dehnen sich die Stellen durch Winderosion schnell aus und es kommt zu Verwehungen der ausgetrockneten Absetzstoffe bzw. Schwermetalle, die sandsturmartiges Ausmaß annehmen können. Untersuchungen über eventuelle Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung von Sudbury durch diesen feinsten Staub sind bisher nicht gemacht worden !

Im weiteren Umgebungsbereich von Sudbury wurde beobachtet, daß sich bald nach Installation des hohen Kamines erneut Vegetation einstellte; als erste Pflanzen traten die Moose *Pohlia mutans* und *Poletrocum commune* auf. Über die Vogelversamung werden *Populus tremoloides* sowie *Salix bibiana* verbreitet.

Die Firma INCO hatte in den letzten 3 Jahren enorme Anstrengungen unternommen, die durch die lange Freisetzung von SO_2 zerstörte Landschaft im Raum von Sudbury zu rekultivieren. Jedes Jahr werden ca. 200 Studenten der Universität Toronto angeworben, die mit Saatgut und den entsprechenden Düngestoffen ausgerüstet über die bergige und inzwischen dem Mond ähnliche Landschaft gehen und das Grasmisch aussähen. Der Erfolg ist beachtlich. Vor allen Dingen erreicht man eine Stabilisierung des dünnen schwermetallhaltigen Oberbodens, abgesehen vom ästhetischen Effekt, der mit der Begrünung der Hänge verbunden ist. Diese Maßnahmen werden vom Land Ontario und von der INCO Company finanziert, und von der Abteilung "Landwirtschaft" der INCO betrieben, die auch mit Anpflanzungen von Koniferen sowie anderen Bäumen in diesem Gebiet experimentiert.

Während des Aufenthaltes in Sudbury wurden durch den Berichterstatter die Untersuchungen zum Wirkungskataster des Landes NW vorgestellt und mit Vertretern der INCO Comp. diskutiert.

2.3. Besuch des Department of Plant Pathology, St. Paul, Professor Dr. S. KRUPA am 11. u. 12. Mai

Das ehemals von Dr. A. WOOD geleitete Institut gehört zur Universität Minnesota. Innerhalb der Abteilung "Phytopathology" wird der Bereich Immissionswirkungen auf Pflanzen von Professor Dr. KRUPA geleitet. Bei seinen Arbeiten kann er auf andere Bereiche des Institutes wie beispielsweise Biometrie, Mikroskopie incl. elektronenoptischer Einrichtungen sowie Chemie und Physik zurückgreifen. Das chemische Laboratorium ist sehr umfangreich ausgerüstet und verfügt über modernste Analysegeräte. Für die Pflanzenanzucht stehen entsprechende moderne Gewächshäuser mit geschultem Personal zur Verfügung.

Derzeit größere Forschungsvorhaben am Institut befassen sich zum einen mit Problemen im Zusammenhang mit sauren Niederschlägen, zum anderen mit Kombinationswirkungen verschiedener Luftverunreinigungs-komponenten, wobei die Problemstellung ganz auf

die im Staat Minnesota vorgegebene Immissions-situation abgestellt ist. Die Projekte werden zu einem Drittel aus Mitteln des Staates Minnesota, zum anderen von der Industrie bzw. Universität getragen.

Die Fläche von Minnesota ist überwiegend landwirtschaftlich bzw. forstwirtschaftlich genutzt. Größere Industrieansiedlungen finden sich nur am Rande der Großstädte und bestehen zu einem großen Teil aus weiterverarbeitenden Betrieben. Entsprechend ist die Immissionsbelastung in Minnesota relativ niedrig. Als größere Emittenten sind nur einige Kraftwerke vorhanden sowie die privaten Haushalte und der Autoverkehr. Dennoch ergeben sich Probleme beispielsweise durch Schwefeldioxid und Ozon. Die zur Ozonbildung erforderlichen Kohlenwasserstoffe stammen vom Autoverkehr, der in dem Raum der Zwillingsstädte St. Paul/Minneapolis sehr stark ist. Minnesota liegt aber bei bestimmten meteorologischen Situationen im Bereich der Luftmassentransporte aus dem Ohio-Valley, was sogar häufig vorkommt. Aufgrund dieser speziellen Situation wurde von Professor KRUPA ein System erarbeitet, mit dem versucht wird, über die Erfassung gewisser meteorologischer Parameter von Schadstoffen aus den Industriegebieten des Ohio-Tales den Ferntransport abzuschätzen. Die meteorologischen Daten werden von allen Flughäfen im betreffenden Gebiet erfaßt. Mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung werden täglich meteorologische Karten gezeichnet, die den Luftmassentransport in Richtung Minnesota aufzeigen. Die erstellten Prognosen in der Immissionsbelastung haben sich als realistisch erwiesen.

Parallel hierzu werden an 8 verschiedenen Orten in Minnesota Schwefeldioxid sowie Ozon kontinuierlich gemessen, die Meßergebnisse werden dann unter Verwendung der meteorologischen Daten ausgewertet. Die Erhebungen haben insgesamt ergeben, daß ca. 80 % des gemessenen Schwefeldioxids aus Gebieten außerhalb von Minnesota stammen, also auf Ferntransport zurückgeführt werden können.

Für die Behörden des Landes stellt sich die Frage, welche Auswirkungen das Schwefeldioxid (Jahresmittel ca. $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft) auf die Vegetation hat, und inwieweit es zu einer weiteren Verschärfung der Streßsituation der Vegetation kommt, wenn neben dem Schwefeldioxid Ozon als zweite Immissionskomponente hinzukommt. Ferner wird der Frage besondere Bedeutung beigemessen, ob und in welchem Umfang saure Niederschläge auftreten und welche Wirkung sie auf Boden, Vegetation und Wasser haben, da Minnesota ein sehr seen- bzw. waldreiches Land ist. Das Institut ist ferner einem Ringversuch in den USA angeschlossen, mit dem versucht wird, die Verluste der Landwirtschaft durch Einwirkungen von Schwefeldioxid bzw. Ozon oder deren Kombination abzuschätzen (NCLAN-Programm).

Fragestellungen zur Kombinationswirkung verschiedener Luftverunreinigungs-komponenten werden in freilandnahen Begasungsanlagen, den "Open Top Chambers", durchgeführt. Hiervon stehen über 40 Stück zur Verfügung. Die Schadstoffzufuhr und Konzentrationsüberwachung erfolgten über ein mittels einer Rechenanlage gesteuertes Dosiersystem. Als Dosierventile werden ansteuerbare Systeme der Firma TYLAN Corp., Torrance, Ca. 90502, 19220 South Normandie Ave., verwendet. Die Systeme haben sich als gut und wenig anfällig erwiesen. Die Open Top-Kammern sind von KRUPA modifiziert worden, indem auf den letzten Ring ein Konus (40° Winkel) aufgesetzt wurde. Hierdurch werden Störungen im Strömungsverlauf im Innern der Kammer vermieden.

Die Begasungskonzentration wird nicht vom Institut vorgegeben, sondern entspricht der im Mittel an 8 Meßstationen in Minnesota gemessenen Schwefeldioxid- bzw. Ozonkonzentration, ausgehend von Stundenmittelwerten. Die unter möglichst realistischen Bedingungen ablaufenden Experimente haben allerdings einen entscheidenden Nachteil. So sind die Meßstationen nicht on-line mit dem Dosiersystem geschaltet, sondern die Luftkonzentrationsdaten werden zunächst abgespeichert und erst zu einem späteren Zeitpunkt im Begasungsexperiment verwendet. Da gerade die äußeren Klimafaktoren für die Pflanzenreaktion auf Luftverunreinigungs-komponenten eine entscheidende Rolle spielen, ist es

besonders im Hinblick auf Ozon wichtig, daß die Konzentration des Luftschadstoffes mit den dazugehörigen meteorologischen Parametern übereinstimmt. Dies ist hier nicht gegeben.

Neben den Aussagen zur Kombinationswirkung ist weiteres Ziel der Untersuchungen, zu klären, in welcher Phase der ontogenetischen Entwicklung der Pflanzen Episoden höherer Konzentrationen im Hinblick auf das jeweilige Ertragsziel besonders gravierend sind. Die Versuche werden derzeit ausschließlich mit landwirtschaftlichen Kulturpflanzen durchgeführt.

Dem Problem der sauren Niederschläge versucht man näherzukommen, indem zunächst Fragen zur Zusammensetzung des sauren Regens beantwortet werden sollen. Professor KRUPA hat hierzu einen speziellen Regenmesser entwickelt. Dieses Gerät sammelt einen jeweils konstanten Anteil eines Regen-Ereignisses in ein Plastikgefäß, das auf einem Revolvermagazin innerhalb des Meßgerätes sitzt. Das Gerät kann bis zu 8 Regenereignisse speichern. Mit Hilfe eines kleinen Rechners werden Gesamt-Regenvolumen, Regendauer sowie Datum und Zeit festgehalten. Das System wird auf $+6^{\circ}\text{C}$ gekühlt, um Veränderungen bezüglich der chemischen Zusammensetzung (Oxidationszustand, Gasaustausch) sowie Algen- und Bakterienwachstum zu vermeiden. Die Stationen der Regenmesser werden in einem routinemäßigen Meßprogramm angefahren. Im Laboratorium erfolgt eine Analyse des Regens auf pH-Wert, Leitfähigkeit sowie den Anteil an starken und schwachen Säuren bzw. an Anionen und Kationen. Die Untersuchungen erfolgen mit Hilfe eines Ionenchromatographen (Firma DIONEX Corp., Mod. 10, 1228 Titan way, Fannyvale, Ca. 94086, USA). Die Messungen in Minnesota haben ergeben, daß der Schwefel vornehmlich in Form von SO_4 -Ionen niedergeht und Hauptbestandteil ist, ca. 30 % entfallen auf NO_3^- und ca. 20 % auf schwache Säuren. Erstaunlich ist ferner, daß die schwefelhaltigen Niederschläge in diesem Bereich fast in Neutralform vorliegen. Dr. KRUPA bezweifelt aufgrund seiner bisherigen Ergebnisse die Wirkungen der sauren Niederschläge, sowie sie von J. LEIKENS dargestellt werden, da bisher keine Ergebnisse vorliegen, die Veränderungen des Bodens bzw. der Pflanze selbst nachweisen können. Experimente mit künstlichen sauren Niederschlägen seien wenig eindrucksvoll, da

weder Regenmenge noch Regenfrequenz, wichtiger aber noch die Zusammensetzung von starken und schwachen Säuren im Zusammenhang mit den verschiedenen Bodentypen von der bisherigen Untersuchungsmethodik genügend beachtet worden sind. In Labor-Experimenten werden zudem Zeitraffereffekte erzeugt, die vor allem im Hinblick auf die Wirkungen auf den Boden nicht realistisch sind. Ferner liegen seines Erachtens nicht genügend Langzeituntersuchungen vor, so daß langfristige Veränderungen, beispielsweise des pH-Wertes im Boden, und damit auch Trendaussagen nicht gemacht werden können

In Laborexperimenten wird ebenfalls bei Dr. KRUPA der Frage nach der Wirkung saurer Aerosole auf Pflanzen (hier *Phaseolus* sp.) nachgegangen. Hierzu wird über einen Aerosol-Generator (Ultraschall) ein Sulfat-Nitrat-Gemisch durch eine ca. 4 m lange, horizontal liegende Kammer geschickt, die einen Durchmesser von ca. 50 cm hat; von den Pflanzen ragen jeweils die Blätter eines Triebes in die Kammer auf beiden Seiten versetzt hinein. Bei den Versuchen hat sich gezeigt, daß unrealistisch hohe Sulfatkonzentrationen erforderlich sind, um überhaupt an den Blättern eine Wirkung zu erzeugen.

Eine große Schwierigkeit ergibt sich bei der Stabilisierung des Aerosols. Auf der Länge von 4 m, sowie den relativ großen Benetzungsflächen der Wände, relativ zum kleinen Volumen der Kammer, bilden sich größere Aerosolaggregate, die bezüglich ihrer Wirkung unterschiedlich zum Ausgangs-Aerosol sind. Auch kristallisieren die Säurebestandteile an den Wandungen aus. Insgesamt ist die Versuchsanordnung m.E. nicht sehr glücklich, und die Ergebnisse sollten kritisch bewertet werden.

Es war Gelegenheit, in einem Seminar die Untersuchungen zum Wirkungskataster in Nordrhein-Westfalen sowie die experimentellen Erhebungen der LIS bezüglich der relativen Toxizität und Langzeit- und Kombinationswirkungen an der Außenstelle Kettwig vorzustellen. Ferner wurden die TA-Luft sowie die MIK-Werte vorgestellt und mit Studenten und Professoren diskutiert.

2.4. Besuch des Ohio Agricultural Research and Development Center's, Wooster, Ohio am 13. u. 14. Mai

Das Agricultural Research and Development Center (OARDC) ist eine Institution des Staates Ohio, das für diesen vorwiegend landwirtschaftlich orientierten Staat als zentrale landwirtschaftliche Beratungs- und Untersuchungsstelle dient. Es ist von der Funktion her vergleichbar mit den Versuchsanstalten der Landwirtschaftskammern in der Bundesrepublik Deutschland. Zu den Aufgaben dieser Institution gehört es unter anderem, auch Aussagen über die Qualität der Umwelt im Staat Ohio zu machen. Die Gruppe des Laboratoriums für Environmental Studies, einer Untergruppe des Department of Phytopathology, wird von Dr. C. WEIDENSOUL geleitet, dem als weiterer akademischer Mitarbeiter Dr. J. McCLENAHEN zur Seite steht. Dr. C. WEIDENSOUL war zum Zeitpunkt des Besuches als Austauschwissenschaftler an der Universität in Calgary in Kanada. Die Hauptaufgabe der Gruppe ist es, im Umgebungsbereich industrieller Schwerpunkte mögliche Auswirkungen von Immissionen auf Forstgemeinschaften bzw. landwirtschaftliche Produktionen festzustellen und den Staat Ohio bezüglich eventueller Abhilfemaßnahmen zu beraten. Zur Zeit wird die Wirkung einer komplexen Immissionssituation im Ohio Valley auf Forstökosysteme sowie die Auswirkungen einer Flächenquelle mit komplexem Immissionstyp auf ein Forstökosystem gegenüber luftverunreinigenden Stoffen durchgeführt. Im Ohio Valley, im Südosten des Staates, sind bei der erstgenannten Untersuchung an unterschiedlich belasteten Standorten Forstgemeinschaften untersucht worden. In der Nähe der Standorte befinden sich mehrere Kohlekraftwerke sowie eine Aluminiumhütte, so daß eine Mischimmission aus Schwefeldioxid, Stickstoffoxiden, Fluorwasserstoff, chlorhaltigen Verbindungen sowie Chlorkohlenwasserstoffen vorlag. Die Konzentration der jeweiligen Komponenten wurden nur, soweit möglich, mittels Bioindikatoren abgeschätzt. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß sich besonders Robinie als guter Fluorindikator erwiesen hat. Immissionsmessungen erfolgten nicht. Artenreichtum, Gleichmäßigkeit im Wachstum sowie die Artenvielfalt (gemessen nach einem

bestimmten Index) waren im allgemeinen in der Nähe der Emissionsquellen reduziert. Je komplexer dabei der Immissionstyp war, desto deutlicher war das Dickenwachstum der Kronenschicht reduziert, während Artenreichtum der Stammschicht, Strauchschicht sowie Kraut- und Moosschicht unbeeinträchtigt durch Luftverunreinigungen geblieben waren. Ähnlich klare Veränderungen konnten sich an Forstgemeinschaften nachweisen lassen, die sich in der Umgebung einer Flächenquelle (Stadt mit kleiner Industrie) befanden. Eine räumliche Differenzierung war allerdings nur bezüglich des Wachstums möglich, wenn mittels Regressionsanalyse Zuwachs, Pflanzenhöhe, relative Entfernung zur Stadt sowie eine Vielzahl von Bodenparametern miteinander in bezug gesetzt wurden. Zweifelsohne ergeben sich die größten Schwierigkeiten bei der Zuordnung von Wirkungen darin, daß der Immissionstyp selber bezüglich seiner Komponenten neben dem bekannten Schwefeldioxid oder Fluorwasserstoff nicht ausreichend hinsichtlich seiner phytotoxischen Eigenschaften charakterisiert werden konnte. Hierzu fehlt es dem Institut an entsprechenden Meßgeräten bzw. Personal.

Zum Thema saurer Regen wird speziell der Frage nachgegangen, welche Schwefelverbindungen in verschiedenen Forstgemeinschaften vorzugsweise ausgewaschen werden, um einerseits Rückschlüsse auf die Filterwirkung bestimmter Baumbestände ziehen zu können, andererseits den Schwefeleintrag in den Boden festzustellen (Interner Flux). Ferner interessiert das Verhältnis zwischen Anionen und Kationen im Regenwasser innerhalb der Bestände. Hierzu werden in Laubholzwäldern Untersuchungen des Stammabflußwassers gemacht. Diese Untersuchungen sind erst im Jahre 1981 angelaufen. Insgesamt wird dem Problem der sauren Niederschläge in Ohio große Bedeutung beigemessen, wenngleich auch hervorgehoben wird, daß bisher konkrete Untersuchungsergebnisse bezüglich eines negativen Effektes sowohl auf den Boden als auch auf die Forstpflanzen selbst nicht ermittelt werden konnten.

Von Seiten des Berichterstatters wurde ein Kurzreferat über die Wirkung von Thallium auf Pflanzen gehalten.

2.5. Besuch des Oak Ridge National Laboratory, Environmental Science Division am 18. u. 19. Mai

Das Institut wurde vor ca. 45 Jahren gegründet und war während des zweiten Weltkrieges wesentlich an der Ausführung des "Manhattan-Projektes" beteiligt. Nach dem Krieg unterstand es zunächst der Atomenergiekommission der USA und wird neuerdings von dem in den 70er Jahren gegründeten Department of Energy (DOE) geleitet. Diese Staatseinrichtung wird von der Firma Union Carbide geleitet. Nach wie vor liegt ein Schwerpunkt der Forschung in der Entwicklung neuer Waffensysteme, vor allem auf dem Gebiet der Laser- und Neutronentechnik. Ein Bereich des Forschungszentrums ist unter anderem die Environmental Science Division (ESD), die im wesentlichen mit zwei Projekten beschäftigt ist, nämlich zum einen die Auswirkungen der Emissionen von Kohleverflüssigungsanlagen auf die Umwelt abzuschätzen und zum anderen die Wirkung von Umweltfaktoren auf die Stoffproduktion von Pflanzen zu untersuchen. Hierzu zählen alle Schadstoffe, sowie auch die Auswirkungen von saurem Regen. Das Institut hat ca. 200 Mitarbeiter, von denen ca. 130 über eine akademische Ausbildung verfügen.

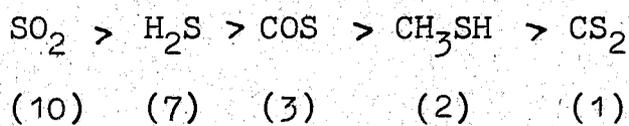
Dem Institut stehen Gewächshäuser, Begasungs- und Klimakammern sowie technisches Gerät modernster Ausstattung zur Verfügung. Überhaupt ist die Environmental Science Division in Oak Ridge wohl eines der bestausgerüstetsten Institute in den USA, sowohl was Personal als auch Baulichkeiten und Einrichtungen betrifft. Der Finanzetat wird zu 40 % vom DOE getragen. Der Rest kommt von der EPA, anderen Instituten sowie der Industrie, vorwiegend den Elektrizitätserzeugern.

Dr. McLAUGHLIN ist Abteilungsleiter und Programm-Manager der Environmental Impact-Gruppe. Die Gruppe ist ihrerseits in Untergruppen aufgeteilt, wie beispielsweise Bereiche zur Ermittlung von Dosis-Wirkungsbeziehungen, der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Böden, Ökotoxikologie, trockene/nasse Deposition, saure Niederschläge, Wirkung von Luftverunreinigungen auf

physiologische bzw. biochemische Prozesse in der Pflanze, um nur einige zu nennen.

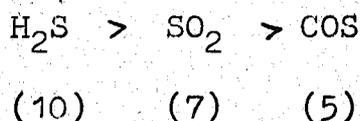
Dr. GEORGE TAYLOR jr. beschäftigt sich mit dem Problem der Emissionen, die von Kohleverflüssigungsanlagen ausgehen, und ihren Auswirkungen auf die Umwelt. Hierbei interessieren besonders Fragen bezüglich der Wirkung von organischen Schwefelverbindungen, wie z.B. Mercaptanen, auf die Vegetation bzw. Ökosysteme. Diese Untersuchungen schließen Messungen, z.B. der Photosynthese oder der Transpiration sowie die Erfassung gewisser biochemischer Parameter ein. Zum Zeitpunkt des Besuches liefen Kammerversuche (Kammertyp: CSTR) mit Carbonylsulfit. Die Begasung erfolgte über drei Stunden mit Konzentrationen von 0,75 ppm, im Abstand von 2 bis 3 Tagen. Zu einem späteren Zeitpunkt ist geplant, als weiteren Streßfaktor Ozon in Konzentrationen zuzugeben, wie sie in der Umgebung von Oak Ridge gemessen werden.

Dr. TAYLOR war sehr an den Untersuchungen der LIS zur relativen Toxizität interessiert und bedauerte, daß die bisherigen Veröffentlichungen nicht dem amerikanischen Leserkreis zugänglich seien. Dr. TAYLOR hat ein ähnliches System, ebenfalls basierend auf Schwefeldioxid, eingeführt und ist zu folgenden Ergebnissen bezüglich der Toxizität von organischen Schwefelverbindungen gekommen:



Die Zahlen in Klammern entsprechen den Konzentrationen in der Luft, ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Bezogen auf die Aufnahme $\mu\text{g}/\text{m}^2$ und Stunde ist die Toxizität etwas unterschiedlich:



Die Untersuchungen über die Wirkung von Schwefelwasserstoff bestätigen die Untersuchungsergebnisse der LIS aus dem Jahre 1979. Im übrigen wird klar, daß verschiedene Schwefelkohlenstoffverbindungen deutlich toxischer sind als Schwefeldioxid bzw. Schwefelwasserstoff. Es wurde mit Dr. TAYLOR vereinbart, die jeweiligen Ergebnisse aus den Untersuchungen zur relativen Toxizität auszutauschen.

Dr. D.W. JOHNSON ist mit der Wirkung saurer Niederschläge auf den Boden beschäftigt und versucht, Veränderungen bestimmter bodenphysikalischer Parameter unter dem Einfluß von SO_4^- bzw. H^+ -Einträgen zu ermitteln. Besondere Anstrengungen werden derzeit unternommen, die Mechanismen der durch saure Niederschläge induzierten Aluminiumfreisetzung im Boden zu untersuchen und eventuelle Unterschiede zur Aluminiumfreisetzung festzustellen, die seit langem bei der Podsolbildung bekannt ist.

Mit Dr. JOHNSON wurde das Problem der sauren Niederschläge allgemein diskutiert.

Dr. ANNA S. HAMMONS befaßt sich mit der Entwicklung biologischer Methoden, mit deren Hilfe das toxische Potential von Chemikalien auf die Umwelt abgeschätzt werden soll, und der Prüfung, inwieweit diese Methoden geeignet sind, eine generelle Risikobewertung von Chemikalien im Sinne eines amerikanischen Chemikaliengesetzes (Toxic Substances Control Act, TSCA) zu gewährleisten. Das TSCA ist ein Gesetzssystem auf Bundesebene, das der chemischen Industrie auferlegt, den Bürger und seine Umwelt vor einer Gefährdung durch die Produktion, Weiterverarbeitung, Verteilung, den Gebrauch und die Beseitigung von chemischen Substanzen zu schützen. Nach dem Gesetz ist die EPA verantwortlich für die Entwicklung und Einführung geeigneter biologischer Testverfahren und ferner gleichzeitig Kontrollorgan durch das Office of Toxic Substances (OTS).

Geplánt ist die Einführung eines Testsystems, sowohl für aquatische als auch für terrestrische Ökosysteme, wobei die Toxizität einer Chemikalie auf verschiedenen Testebenen ermittelt werden soll. So sind zunächst einfache, billige Screening-Tests (beispielsweise AME's-Tests etc.= Mutagenitätsuntersuchung mittels Bakterien) vorgesehen, auf anderen Ebenen aber zunehmend komplexere Untersuchungen an Modellökosystemen unter Einsatz entsprechender finanzieller Mittel. Entscheidend ist, daß die jeweilige Beeinträchtigung der Gesundheit des Menschen bzw. von Teilen seiner Umwelt klar definiert wird.

Frau HAMMONS hat eine umfangreiche kritische Zusammenstellung der bisher auf diesem Gebiet verwendeten Methoden erstellt, die zur Verfügung steht.

Dr. DONNA BROWN, Biologin, befaßt sich mit der Deponierbarkeit fester Abfallstoffe aus Kohleverflüssigungsanlagen. Diese bitumösen Rückstände enthalten neben Schwermetallen vor allen Dingen organische Bestandteile, die eine ernsthafte Gefahr für das Grundwasser bedeuten und somit nicht versickern dürfen. Es werden Untersuchungen gemacht, wie man die Abfallstoffe unter Vermischung mit bestimmten Böden, die einen sehr hohen Lehmanteil haben, zum Auffüllen und Nivellieren von Landschaften verwenden kann, ohne daß es später zu nachteiligen Wirkungen für die darauf wachsende Vegetation kommt.

Experimentell wird so vorgegangen, daß die verschiedenen Rückstände aus verschiedenen Typen von Kohleverflüssigungsanlagen mit verschiedenen Bodentypen und hier wiederum mit verschiedenen Horizonten bzw. Horizontformationen durchmischt werden und anschließend mittels Lysimetern in diesen Böden die Schadstoffauswaschung ermittelt wird. Die ausgewaschene Flüssigkeit wird nachfolgend auf ihre toxikologischen Eigenschaften untersucht. Beispielsweise prüft man in kleinen künstlichen aquatischen Ökosystemen den Verbleib dieser Substanzen.

Dr. STEVEN LINDBERG arbeitet an einem Programm zur Erfassung der trockenen Deposition von Schwermetallen in einem Laubwaldgebiet in der Nähe von Oak Ridge. Das walddreiche Gebiet wird im weiteren Umkreis von 20 km durch drei große Kohlekraftwerke beaufschlagt, die zur Tennessee Valley Authority (TVA) gehören, einem der größten Energieerzeuger der Welt (jährlicher Kohleverbrauch ca. 7×10^6 t). In einem Radius von 350 km liegen 22 weitere Kohlekraftwerke mit einer Gesamtstromerzeugung von ca. 2×10^4 MW.

Das untersuchte Gebiet ist ein Eichen-Hickory-Mischwald. Der Jahresniederschlag beträgt ca. 1400 mm. Ziel der Untersuchungen, die auch über das Jahr 1981 und weiter forstgesetzt werden sollen, ist es, die Depositionsraten für verschiedene Schwermetalle (beispielsweise Mn, Zn, Cd, Pb) sowie für Sulfat (SO_4^{-2}) für ein Laubwaldkronendach sowie für die darunter liegenden Böden zu ermitteln, um abschätzen zu können, inwieweit anthropogen bedingte Freisetzungen dieser Elemente den geochemikalischen Zyklus dieser Elemente beeinflussen. Die angewandten Untersuchungsmethoden sind sehr aufwendig und komplex und sollen innerhalb dieses Berichtes nur kurz angesprochen werden. Zur Ermittlung der nassen Deposition werden Regensammler (Prinzip KRUPA) bzw. Typ HASL (Entwicklung des Health and Safety Laboratory) verwendet. Die Auffanggefäße werden sehr sorgfältigen Vorbehandlungen unterzogen, um Querempfindlichkeiten bei der chemischen Analyse zu vermeiden. Die Regenmenge wird einmal oberhalb der Kronenschicht in 46 m Höhe, einmal am Fuß von Bäumen sowie auf einer Freifläche innerhalb des Bestandes gemessen. Die trockene Deposition wird ebenfalls oberhalb der Kronenschicht mittels Filter bzw. gängiger Impaktormethoden gemessen; aus dem Kronendach werden Blätter genommen und im Labor nach bestimmten Verfahren gewaschen; an gleicher Stelle werden auch Polyäthylengefäße exponiert (vergleichbar etwa einer Trigalskischale), die im Labor ausgewaschen werden und deren Inhalt anschließend analysiert wird. Die Proben zur Ermittlung der trockenen Deposition werden jeweils während vier trockener Wetterperioden mit einem niederschlagsfreien Zeitraum von mindestens 4, maximal 7 Tagen in der Zeit von April bis Oktober gewonnen.

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Innerhalb des untersuchten forstlichen Systems kommt der atmosphärisch bedingten Zufuhr der untersuchten Stoffe sowohl hinsichtlich des Transportes als auch des Zyklus große Bedeutung zu, obwohl die Wirkungen eines solchen Einflusses nicht abgeschätzt werden können. Die trockene Deposition betrug je nach Element zwischen 20 und 90 % der gesamten atmosphärischen Deposition. Trockene und nasse Deposition stellen (bezogen auf das Jahr) einen erheblichen Anteil des Gesamt-Element-Fluxes zum Waldboden dar, beispielsweise im Falle von Blei 70 - 100 %, oder von Sulfat 40 %. Dr. LINDBERG sieht darin eine langfristige Verschiebung von einem ursprünglich ausschließlichen Bodenaufnahmesystem zu einem bivalenten System der Boden- und direkten Pflanzenoberflächenaufnahme, in das bestimmte Nähr- oder Spurenstoffe gelangen. Dies hat seine besondere Bedeutung im Hinblick auf eine Schwermetallkontamination für Pflanzen aber vor allem auch für eine Vielzahl tierischer Organismen.

Auf das Problem der sauren Niederschläge angesprochen, meinte Dr. LINDBERG, daß die Untersuchungen zwar eindeutig den anthropogenen Einfluß in diesem Gebiet belegen, unter anderem manifestiere sich dies in erhöhtem Sulfatgehalt, erhöhtem Eintrag von Schwermetallen und pH-Wert-Absenkungen des Regenwassers; ein negativer Einfluß aber in dem Sinne, daß es zu meßbaren Unterschieden sowohl hinsichtlich der Vitalität des Bestandes als auch des Ertragszustandes des Bodens käme, sei bisher nicht zu belegen.

Dr. ROBERT J. LUXMOORE ist Bodenkundler, mit dem Spezialgebiet Bodenphysik und Pflanzenphysiologie. In der Vergangenheit sind viele Modellökosysteme (Microcosm's) entwickelt worden, mit denen man versucht, die Wirkung luftverunreinigender Stoffe auf eine Vielzahl von Parametern (z.B. bodenphysikalischer Art) zu erfassen. Auch will man solche Systeme zur Prüfung im Hinblick auf das Umweltchemikaliengesetz verwenden. Diese Microcosm's stellen aber vielfach eine Vergewaltigung der Natur dar, und

Dr. LUXMOORE arbeitet daran, die Übertragbarkeit der mit Hilfe dieser Systeme generierten Daten auf tatsächliche Gegebenheiten im Feld abzuschätzen. Die Prüfung ist bisher wenig positiv verlaufen, da die Modellökosysteme zumeist die sehr komplexen Vorgänge in der Natur zu stark simplifizieren: Besonders an entscheidenden Stellen, so z.B. beim Boden, sind die Eingriffe in das System so stark, daß solch einfache Parameter wie Bodenstruktur oder Evapotranspiration, Wasserkapazität etc. nicht mit der "real world" übereinstimmen. LUXMOORE bezweifelt sehr stark, daß man in absehbarer Zeit Modellökosysteme besonders im Hinblick auf den Boden überhaupt entwickeln kann, die einen vernünftigen und realistischen Schluß auf Freilandverhältnisse erlauben.

Dr. LORENE L. SIGAL ist Biologin und befaßt sich mit der Wirkung von Luftverunreinigungen, vorwiegend Ozon und Peroxyacetylnitrat, oder auch von durch Kohleverflüssigungsanlagen bedingte Immissionen sowie saurem Regen auf das Wachstum von Flechten. Zwei Aspekte werden verfolgt, einmal die Ermittlung von Dosis-Wirkungsbeziehungen sowie artspezifischem Resistenzverhalten und weiter die Entwicklung spezifischer biologischer Indikatoren für Luftverunreinigungen auf Flechtenbasis. Die Untersuchungen werden teilweise in Begasungskammern durchgeführt, teilweise werden die Flechten künstlich mit saurem Regen behandelt. Nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen sind PAN und Ozon extrem flechtenschädigend; besonders empfindlich reagieren die Arten *Collema nigrescens*, *Hypogymnia enteromorpha* und *Parmelia sulcata*. Ferner konnte eine deutliche pH-Abhängigkeit des Thalluswachstums dahingehend ermittelt werden, daß bei pH-Werten $< 3,5$ das Thalluswachstum, gemessen in Form der Nettoassimilation, stagniert.

Kurze Gespräche konnten ferner mit Dr. FRED G. TAYLOR, Jr. sowie Dr. JOHNSTON geführt werden.

Dr. F.G. TAYLOR hat Untersuchungen über die Wirkungen von Uranhexafluorid aus einer Urananreicherungsanlage auf Pflanzen angestellt und ist dabei auf ein ganz anderes Problem gestoßen.

So wurden in der amerikanischen Urananreicherungsanlage (Zentrifugentechnik) zur Vermeidung von Korrosion im Leitungsnetz größere Mengen von Chrom-VI-Verbindungen zugegeben, die mit der Abluft zum Teil freigesetzt wurden. Es konnten an der Vegetation starke chrominduzierte Veränderungen festgestellt werden, allerdings handelt es sich um ein sehr lokales Problem. Es war aufschlußreich, mit Dr. TAYLOR das Problem der Emission dieser Anlagen zu besprechen, da die LIS im Jahr 1981 ebenfalls ein Gutachten bezüglich der Wirkungen von Emissionen aus einer Urananreicherungsanlage auf Pflanzen bearbeitet hat.

Dr. JOHNSTON ist für die Herstellung von künstlichem saurem Regen verantwortlich sowie für die Entwicklung einer entsprechenden Beregnungsapparatur unter Laborbedingungen. Hierzu wird eine rotierende Plattform verwendet, über der in ca. 2 m Höhe mehrere Düsen sternförmig angeordnet sind. Die Austrittsöffnungen stehen nach oben und der saure Regen tritt unter schwachem Druck aus. Die Anordnung der Düsen ist so gewählt, daß an allen Stellen der darunter liegenden Plattform eine gleiche Regenmenge niedergeht. Die Beregnungsflüssigkeit setzt sich zusammen (Stammlösung):

[g/l destilliertes Wasser]

NH_4NO_3	96,05
Ca Cl_2	61,04
$\text{Mg SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	61,60
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	30,50
KH CO_3	20,00
HCl (1 N)	100 ml
$\text{H}_2\text{SO}_4 (1 \text{ N})$	100 ml

In 50 l destilliertes Wasser werden jetzt jeweils 0,5 ml jeder einzelnen Lösung gegeben. Mit den Säuren wird der pH-Wert entsprechend Wunsch eingestellt.

Aus den bisherigen Untersuchungen, vorwiegend an Koniferen (maximal 1-2 Jahre alt), läßt sich als generelle Aussage formulieren: Makroskopisch sichtbare Symptome werden nur dann an den Pflanzen erzeugt, wenn man Regen mit einem pH-Wert $< 2,5$ verwendet und eine hohe Regenfrequenz hat, beispielsweise Niederschläge > 1500 mm/a.

Die Versuchsanordnung ist einfach und sicherlich sehr praktikabel, jedoch sind m.E. die Randbedingungen, unter denen die Versuche abgewickelt werden, zu wenig beachtet worden.

Mit Dr. McLAUGHLIN sowie Dr. DAVID SHRINER konnten leider nur kurze Gespräche geführt werden, da beide Personen während der Besuchstage anderweitige Verpflichtungen hatten.

2.6. Besuch des United States Department of Agriculture, North Carolina State University, am 20. u. 21. Mai

Dr. W.W. HECK

Das USDA ist eine bundesstaatliche Einrichtung, die an die Universität North Carolina angeschlossen ist und von Dr. W.W. HECK geleitet wird. Alle Universitätseinrichtungen wie beispielsweise Gewächshäuser, große Klimakammeranlagen sowie Laborräume einschließlich Personal stehen neben einem großen Freigelände dem USDA zur Verfügung.

Dr. J. DUNNING, Biologe, befaßt sich mit Resistenzprüfungen verschiedenster Bohnenvarietäten gegenüber der Luftverunreinigungs-komponente Ozon. Die ersten Untersuchungen wurden in Klimakammern durchgeführt, wobei insgesamt 2000 Varietäten auf ihre unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber Ozon abgeprüft wurden. Aus der Vielzahl der Untersuchungen haben sich folgende allgemeine Beobachtungen ergeben:

Die Bohnen reagieren auf Ozon bei wenig Licht empfindlicher als bei optimaler Lichtversorgung, junge Blätter reagieren deutlich empfindlicher als ältere Blätter, die Stickstoffdüngung führt zu einer erhöhten Empfindlichkeit gegenüber Ozon. Letzteres scheint ein Sekundäreffekt zu sein, da aufgrund der höheren

Stickstoffverfügbarkeit mehr junge und damit empfindliche Blätter austreiben. Des weiteren führen hohe Luftfeuchtigkeiten zu einer verstärkten Empfindlichkeit. Interessant ist, daß sich die Trockenmasse der Wurzeln im Vergleich zu den anderen üblichen Wirkungsparametern als ein besonderer Wirkungsindikator dargestellt hat.

Während des Besuches wurden die Versuche für das Jahr 1981 aufgebaut, wobei geplant war, die resistenten Bohnenvarietäten, die unter anderem auch bezüglich Proteingehalt und ihrer Resistenz gegenüber dem Mexikanischen Bohnenkäfer den allgemeinen Anordnungen der Landwirtschaft genügen müssen, sowie mittelempfindliche bzw. sehr empfindliche Bohnenvarietäten im Freiland zu untersuchen. Dabei sollte so verfahren werden, daß der natürliche Ozongehalt jeweils mit einer konstanten Ozonkonzentration aufgestockt wird. Die Untersuchungen werden in Open-Top-Chambers durchgeführt. Des weiteren sollte getestet werden, inwieweit unterschiedliche CO_2 -Gaben den Einfluß von Ozon auf das Wachstum beeinflussen. Es sollte ein Bereich zwischen 335 und 935 ppm CO_2 in einer 200 ppm-Abstufung untersucht werden. Zusätzlich sollte geprüft werden, ob sich ein Unterschied bezüglich der Empfindlichkeit gegenüber Ozon und den CO_2 -Gehalten bei C_3 - und C_4 -Pflanzen ergibt. Bisher konnte in Laborversuchen keine Interaktion zwischen C_4 -Pflanzen und Ozon nachgewiesen werden, obwohl die C_4 -Pflanzen gegenüber C_3 -Pflanzen eine schnellere Organausbildung haben und damit empfindlicher reagieren müßten.

Dr. KARIN KVIST, Diplomlandwirtin, ist Gastwissenschaftler an dem Institut und kommt von der Universität Upsala in Schweden. Dr. KVIST untersucht in Begasungsexperimenten die Wirkung von Formaldehyd auf verschiedene landwirtschaftliche Nutzpflanzen wie beispielsweise Sojabohnen, Luzerne, Rotklee und Weidelgras, um nur einige zu nennen. Die Begasungen erfolgten jeweils für 3 Stunden pro Tag mit einer Konzentration von 0,2 bzw. 0,4 mg Formaldehyd/ m^3 Luft. Die bisherigen Versuche ergaben eine weitgehende Bestätigung der VAN HAUT'schen Ergebnisse, obwohl starke methodische Schwächen bei der Ver-

suchsdurchführung in Raleigh vorlagen. Es wurde mit Dr. KVIST vereinbart, wissenschaftliche Ergebnisse bezüglich der an der Universität Upsala in Schweden laufenden Untersuchungen im Hinblick auf das Forschungsthema "saurer Regen" auszutauschen.

Dr. A. HEAGLE ist Leiter der Außenanlage des Institutes. Er war maßgebend an der Entwicklung der Open-Top-Chambers beteiligt, von denen das Institut nun über annähernd 50 Stück verfügt. Die Begasung erfolgt über computergesteuerte Regelsysteme, die auch die Messung der jeweiligen Schadstoffe steuern. Die Meßapparaturen sind in klimatisierten Containern untergebracht und jeweils auf- bzw. abzubauen.

Dr. HEAGLE arbeitet an dem NCLAN-Programm und führt die hierzu entsprechenden Untersuchungen aus. In einer anderen Fragestellung versucht man zu klären, inwieweit sich künstlicher Regen mit verschiedenen pH-Werten bezüglich bestimmter Wirkungsparameter gegenüber natürlichem Regen in der Wirkung auf Pflanzen unterscheidet. Regenereignisse und Regendauer richten sich nach den natürlichen Verhältnissen. Die hierzu verwendete Methodik ist sehr einfach, indem über jeden Block von Pflanzen vier Düsen so angeordnet sind, daß eine gleichmäßige Regenverteilung gewährleistet ist. Alle Parzellen sind gegen Wind geschützt.

Es wurden ferner kurze Gespräche mit Dr. H. ROGERS und Dr. U. BLUM geführt. Dr. ROGERS hat die CSTR-Kammern (Continuous Stirred Tank Reaction) weiterentwickelt, die inzwischen mehr oder minder bei allen Instituten, die sich mit Problemen der Wirkungserfassung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen befassen, Eingang gefunden haben. Es wurde entsprechende Literatur mitgebracht, die die Begasungssysteme ausreichend beschreibt.

Dr. U. BLUM befaßt sich mit der Wirkung von Ozon auf Pflanzen, wenn diese bestimmten Streßfaktoren unterzogen sind. Beispielsweise untersuchten die Leistungsfähigkeit bestimmter Gräser, die landwirtschaftliche Bedeutung haben, wenn die Gräser

unter Konkurrenzdruck und Ozoneinfluß stehen. Weiterhin geht er der Frage nach, inwieweit die Stickstoffixierung durch Leguminosen unter bestimmten Voraussetzungen, wie Wassermangel etc., beeinflußt wird. Ferner befaßt sich Dr. BLUM mit Fragen des Stofftransportes, beispielsweise der C_{14} -Translokation Klee unter dem Streßfaktor Ozon.

Es war ferner anläßlich des Besuches in Raleigh Gelegenheit, Dr. G. GARNER von der EPA in Research Triangle Park zu besuchen. Dr. GARNER erzählte über die derzeit großen Schwierigkeiten der EPA unter der Regierung REAGAN, die verschiedenen Vorlagen im Sinne des Clean Air Act Amendment von 1977 vorzubereiten; danach sollen alle 5 Jahre die einmal festgelegten Standards überprüft werden. Dr. GARNER befürchtet vor allem für das Jahr 1982 erhebliche finanzielle und personelle Kürzungen, so daß sehr fraglich ist, inwieweit die EPA ihrer Aufgabe überhaupt noch gerecht werden kann. Dr. GARNER sagte zu, alle wichtigen Dokumente auf dem Gebiet Einwirkungen von Luftverunreinigungen auf Mensch, Tier und Pflanze der LIS zur Verfügung zu stellen.

3. A b s c h l u ß b e m e r k u n g e n

Als Abschlußbemerkung zu dieser USA-Reise ist zu sagen, daß innerhalb der gegebenen Zeit eine Vielzahl von Begegnungen stattgefunden hat, die sicherlich für die Arbeit innerhalb der LIS sinnvoll und nutzbringend waren; dies gilt besonders im Hinblick auf die derzeitige Diskussion bezüglich der sauren Niederschläge, da in den USA Forschung auf diesem Gebiet seit vielen Jahren betrieben wird. Als besonders informativ und nützlich hat sich auch der Besuch in Oak Ridge erwiesen und die Herstellung des Kontaktes zu der dort tätigen Gruppe um McLAUGHLIN. Eine wichtige Erfahrung war, daß die Forschungsprogramme, die innerhalb der Abteilung 4 der LIS verfolgt werden, allgemein bei allen Instituten großes Interesse gefunden haben und ebenfalls Schwerpunkte der Forschung in den USA sind, so z.B. die Untersuchungen über die Wirkung organischer Komponenten auf Pflanzen, die Kombinationsuntersuchungen oder

auch das Programm des Wirkungskatasters, das in seiner Art in den USA nichts Vergleichbares findet. Es wurde jedoch bedauert, daß aktuelle Forschungsergebnisse der LIS nahezu ausschließlich in deutscher Sprache abgefaßt werden. Außerdem würde man es begrüßen, wenn Mitarbeiter des Institutes am internationalen Erfahrungsaustausch anlässlich von Kongressen häufiger teilnehmen könnten.

A n h a n g

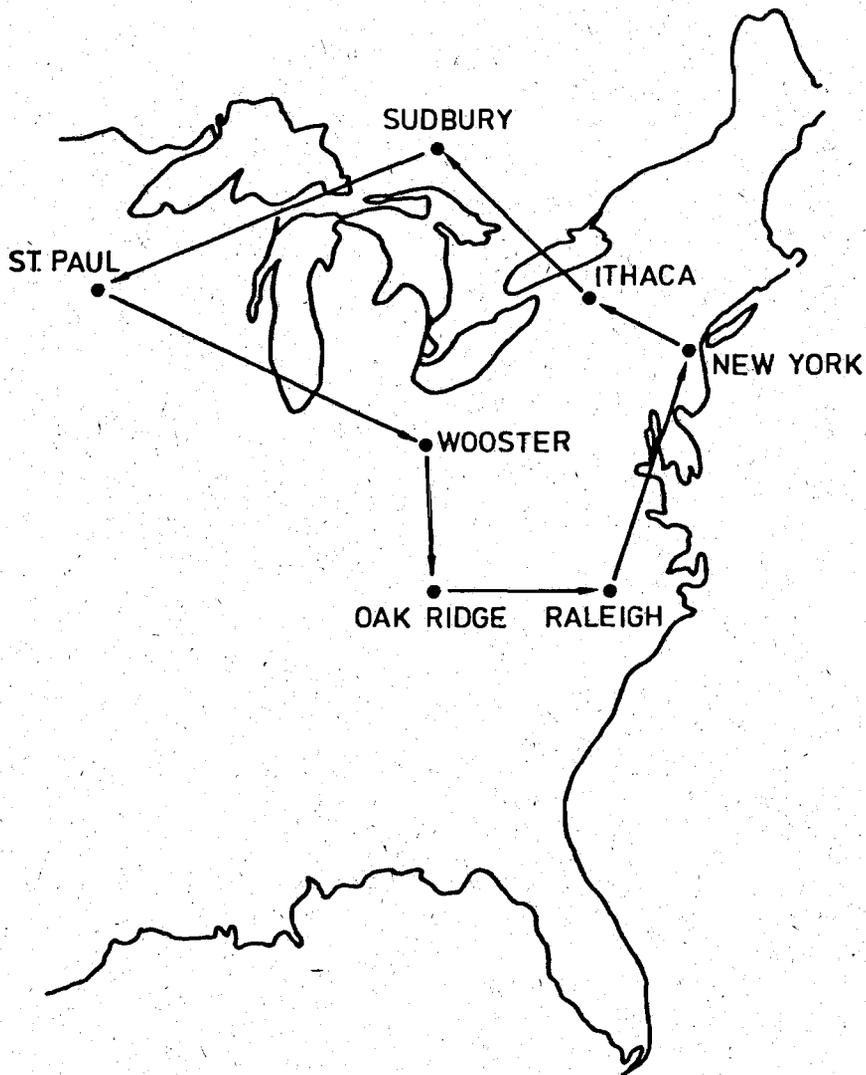


Abb. 1: Reiseroute

I. Zeitplan der Reise

03. Mai 1981 Flug Düsseldorf -Ithaca via New York
04. Mai Besichtigung Boyce Thompson Institute
in Ithaca N.Y.
05. - 07. Mai Teilnahme am 13. Air Pollution Work-
shop im Sheraton Inn, Ithaca N.Y.
08. Mai Flug von Ithaca nach Sudbury, On-
tario Kanada über New York, Toronto
09. Mai Besichtigung Sudbury und Umgebung;
Gespräche mit Umweltschutzbeauftrag-
tem der INCO Metals Company
10. Mai Flug von Sudbury nach Minneapolis
via Toronto, Detroit
11. - 12. Mai Besuch Department of Plant Pathology
Universität Minnesota St. Paul,
13. Mai Flug Minneapolis nach Cleveland,
Ohio und Weiterfahrt nach Wooster
13. - 14. Mai Besuch des Ohio Agricultural Research
and Development Center, Wooster, Ohio
15. Mai Flug von Cleveland nach Knoxville,
via Pittsburgh
16. - 17. Mai Wochenende, Anreise nach Oak Ridge
18. - 19. Mai Besuch des Oak Ridge National Labo-
ratory, Environmental Science Divi-
sion, Oak Ridge, Tennessee

20. Mai Flug Knoxville nach Raleigh via
Charlotte
20. - 21. Mai Besuch des United States Department
of Agricultural, North Carolina
State University, Raleigh, N.C.
22. Mai Besuch der Environmental Protection
Agency, Triangle Research Park
Raleigh, N.C.
22. Mai Flug Raleigh-New York, Weiterflug
New York - Düsseldorf

II. Liste von Personen, mit denen Kontakt aufgenommen wurde

Boyce Thompson Institute, Ithaca, N.Y.

Dr. L. WEINSTEIN	Direktor der Gruppe Environmental Biology
Dr. D. McLEAN	Experimenteller Biologe
Dr. J. JACOBSON	Experimenteller Biologe (saure Niederschläge)
Dr. R. ALSCHER-HERMAN	Pflanzenphysiologin / Biochemikerin
Dr. J. ELLESON	Experimenteller Biologe / Pflanzenphysiologie
Dr. R. AMUNDSON	Experimenteller Biologe
Dr. B. KOHUT	NCLAN-Programm

13. Air Pollution Workshop

Dr. CURT BENGTON	Gruppenleiter am Schwedischen Water and Air Pollution Research Institute Göteborg, Forstökologie
Dr. JACQUES BONTE	Französisches Landwirtschaftsministerium Laboratoire D'Etude de la pollution atmospherique, Montardon Biologe, Fluorwirkungen
Dr. LYLE E. CRAKER	Department of Plant and Soil Sciences Universität Massachusetts, Amhurst Pflanzenphysiologie (Äthylenwirkungen (Ökotoxikologie)

- Dr. DONALD D. DAVIS
Pennsylvania State University
University Park, Pennsylvania
- Forstpathologe
- Dr. LUDWIG DE TEMMERMAN
Belgisches Landwirtschaftsministe-
rium Tervuren
Diplom Landwirt
- Dr. WILLIAM FEDER
University of Massachusetts,
Waltham
Biologe, Indikatorpflanzen
- Dr. JAY H.B. GARNER
EPA, Research Triangle Park
Biologe
- Dr. PATRICIA IRVING
Argonne National Laboratory
Argonne
Biologin (Kombinationswirkungen)
- Dr. GERRIT KATS
Air Pollution Research Center
Riverside,
Biologe/Techniker (Begasungs-
anlagen)
- Dr. ROGER LAW
Universität Lancaster
Department of Biological Sciences
Biologe (Untersuchungen an NO/NO₂)
- Dr. ALLAN LEGGE
Universität Calgary
Kananaskis Environmental Research
Center, Calgary, Alberta, Kanada
Biologe (saure Niederschläge)
- Dr. W.D. McILVEEN
Umweltministerium Ontario
Kanada, Sudbury

Dr. LISBETH MORTINSEN	National Agency of Environmental Protection, Roskilde, Dänemark Biologin (Ozon)
Mr. ROSS MÜLLER	Umweltbeauftragter der Tomago Aluminium Comp. Sydney, Australien
Dr. SURINDAS S. SIDHU	Canadian Forest Service St. John's Neufundland Forstpathologe
Dr. DAVID E. WEBER	EPA, Washington D.C.
Mr. GEOFF H. WATSON	Umweltschutzbeauftragter des Alcoa Aluminiumwerke, Geelang, Victoria, Austr.
Dr. KRUT WÄLTI	Umweltschutzbeauftragter, Alu-Swiss INCO Metal Company, Sudbury, Ontario / Kanada
TOM H. PETERS	Leiter der Gruppe Umweltschutz Diplom Landwirt
JAMES SAVAGO	Mitarbeiter der Gruppe Umweltschutz, Sektion "land re- clamation"
Prof. KEITH WINTERHALDER	Universität Sudbury Pflanzenökologe, Spezialist für Haldenbegrünung

Dr. FRED G. TAYLOR jr. Biologe, Environmental Impact Assessment

Dr. JOHNSTON Biologie/Statistik
Modellanalyse

United States Department of Agriculture North Carolina
State University

Dr. W.W. HECK Leiter der USDA, NCSU

Dr. ALLAN HEAGLE Biologe, Gruppenleiter Freiland-
untersuchungen

Dr. UDO BLUM Biologe, Pflanzenphysiologie

Dr. DAVID DUNNING Biologe, Pflanzenphysiologie

Dr. DICK REINERT Biologe, Kombinationswirkungen

Dr. KARIN KVIST Gastwissenschaftler Universität
Upsala

Environmental Protection Agency, Research Triangle Park

Dr. J.H.B. GARNER Biologe, Mitarbeiter des Environ-
mental Criteria and assessment
office

III. Erhaltene Literatur

Boyce Thompson Institute, Ithaca, N.Y.

MANDEL, R.H., L.H. WEINSTEIN u.a.:

The Response of Sweet Corn to HF and SO₂ under Field Conditions.
Environ. and Exper. Bot., 20 (1980), S. 359-365

LAURENCE, J.A.:

Effects of Air Pollutants on Plant - Pathogen Interactions.
Z. Pflanzenk. Pflanzensch., 87 (1981), Nr 2/3, S. 156-172

AMUNDSON, R.G. und L.H. WEINSTEIN:

Joint Action of SO₂ and NO₂ on Foliar Injury and Stomatic
Behavior in Soybean.

J. Environ. Qual., 10 (1981) Nr. 2, S. 204-206

Boyce Thompson Institute.

Annual Report, (1980), 34 Seiten

INCO Metal Corp., Sudbury, Ont.

PETERS, Z.H.:

Inco Metals Reclamation Program.

Canad.Min. and Metallurg.Bull., Dezember 1978, S. 1-3

Universität Minnesota, Department of Plant Pathology

Proceedings of E.C. STAKMAN Commemorative Symposium on Crop Loss
Assessment, November 1980, 327 Seiten

TENG, P.S. u.a.:

Modelling Systems of Disease and Yield Loss in Cereals.

Agric.Syst., 6 (1980-1981), S. 131-154

TENG, P.S. u.a.:

Validation of Computer Models of Plant Disease Epidemics:

A Review of Philosophy and Methodology.

Z.Pflanzenk. Pflanzensch., 88 (1981), Nr 1, S. 49-63

TENG, P.S. u.a.:

Computer Simulation of Plant Disease Epidemics.

McGraw Hill Yearbook 'Science and Technology'.

McGraw Hill, New York 1980

Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster

McCLENAHAN, J.R. u.a.:

Distribution of Soil Fluorides Near a Fluoride Source.

J. Environ. Qual., 5 (1976), Nr 4, S. 472-475

McCLENAHAN, J.R. u.a.:

Geographical Distribution of Fluorides in Forage Using a Bioindicator.

J. Environ. Qual., 6 (1977), Nr. 2, S. 169-173

McCLENAHAN, J.R. u.a.:

Geographical Distribution of Airborne Fluorides Near a Point Source in Southeast Ohio.

OARDC Res.Bull. 1093, November 1977, 30 Seiten

McCLENAHAN, J.R. u.a.:

Community Changes in a Deciduous Forest Exposed to Air Pollution.

Can.J. For.Res., 8 (1978), S. 432-438

Oak Ridge National Laboratory, Environmental Science Division

McLAUGHLIN, S.B. u.a.:

Relative Humidity: Impact Modifier of Pollutant Uptake by Plants.

Science, 211 (1981), S. 167-169

McLAUGHLIN, S.B. u.a.:

Effects of Chronic Air Pollution Stress on Photosynthesis, Carbon, Allocation and Growth of White Pine Trees.

Forest Science (in Vorbereitung).

McLAUGHLIN, S.B. u.a.:

SO₂, Vegetation Effects, and the Air Quality Standard:
Limits of Interpretation and Application.

In: Proceedings APCA Specialty Conference on: The Proposed
SO_x and Particulates Standard, Atlanta, Go., 16.-18. September 1980

McLAUGHLIN, S.B. u.a.:

Simulated Forest Response to Chronic Air Pollution Stress.
J. Environ.Qual., 9 (1980), Nr. 1, S. 43-49.

TAYLOR, F.G., jr. u.a.:

Chromated Cooling Tower Drift and the Terrestrial Environment:
a Review.

Nuclear Safety, 21 (1980), Nr. 4, S. 495-508.

TAYLOR, F.B., jr. u.a.:

Uranium Conversion and Enrichment Technologies:
Sources of Atmospheric Fluoride.

J. Environ. Qual., 10 (1981), Nr. 1, S. 80-87.

LINDBERG, S. u.a.:

The Role of Atmospheric Deposition in an Eastern U.S.
Deciduous Forest.

Water, Air and Soil Pollution, 16 (1981), S. 13-31.

LINDBERG, S. u.a.:

Mechanisms and Rates of Atmospheric Deposition of Selected
Trace Elements and Sulfate to a Deciduous Forest Watershed.

Publikationsliste

United States Department of Agriculture

North Carolina State University

Informationsblatt: 'The Atmosphere and Quality of Life'.

ROGERS, H.H. u.a.:

Measuring Air Pollution Uptake by Plants; NO₂.

J. Environ. Qual., 8 (1979), Nr. 4, S. 551-556

ROGERS, H.H. u.a.:

Uptake of Atmospheric Ammonia by Selected Plant Species.
 Environ. Experim. Bot., 20 (1980) S. 251-257.

ROGERS, H.H. u.a.:

Measuring Air Pollution Uptake by Plants: a Direct Kinetic
 Technique.

JAPCA, 27 (1977), Nr. 12, S. 1192-1197

ROGERS, H.H. u.a.:

Nitrogen-15 Dioxide Uptake and Incorporation by Phaseolus
 Vulgaris (L.).

Science, 206 (1979), S. 333-335

REINERT, R.A. u.a.:

The Response of Radish to NO_2 , SO_2 and O_3 Alone and in Combination.
 J. Environ. Qual., 10 (1981), S. 240-243

HECK, W.W. u.a.:

A Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) System for Exposing
 Plants for Gaseous Air Contaminants.

ARS-S, 181 Publ. (1978), 32 Seiten

Environmental Protection Agency, Research Triangle Park,
Raleigh

Air Quality Criteria for Particulate Matter and Sulfur Oxides.
 External Review Draft 2, Vol. 1-5

Air Quality Criteria for Carbon Monoxide.

EPA-600/8-79-022, October 1979

Toxicity of Lechates

EPA Rep. 600/2-80-057, März 1980, 134 Seiten

H i n w e i s

Die Literatur ist in der Abt. 4 der LIS verfügbar.

Berichte der

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

- LIS-Berichte -

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus den wissenschaftlichen Untersuchungen der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Einzelexemplare werden Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt.

Anforderungen sind zu richten an die

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6
4300 E s s e n 1

- Bericht-Nr. 1: KRAUTSCHEID, S. und P. NEUTZ:
LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.
- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems -
Kurztitel: Fernüberwachung mit LIDAR
1978. 47 Seiten mit 11 Abbildungen, 6 Tabellen und 4 Literaturhinweisen.
vergriffen
- Bericht-Nr. 2: BUCK, M.:
Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität.
Kurztitel: Randbedingungen bei der Beurteilung der Luftqualität.
1978. 44 Seiten mit 8 Abbildungen, 10 Tabellen und 20 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 3: SCHEICH, G.:
Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA.
Kurztitel: Luftüberwachung und Ausbreitung - Ein USA-Reisebericht -
1979. 47 Seiten mit 17 Abbildungen und 74 Literaturhinweisen.
vergriffen
- Bericht-Nr. 4: SPLITTGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:
Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau.
Kurztitel: Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten.
1979. 133 Seiten mit 53 Abbildungen, 13 Tabellen und 6 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 5: SPLITTGERBER, H.:
Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.
Kurztitel: Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.
1979. 52 Seiten mit 13 Abbildungen, 2 Tabellen und 27 Literaturhinweisen.

- Bericht-Nr. 6:** STRAUCH, H. und K.H. Goldberg:
Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege.
Kurztitel: Dämmwirkung von Dachentlüftern.
1979. 33 Seiten mit 13 Abbildungen, 2 Tabellen und 7 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 7:** KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ UND K. ADAMEK:
Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen.
Kurztitel: Falschfarbenfotografie - Ein Mittel zur Erkennung von Pflanzenschäden.
1980. 43 Seiten mit 9 Abbildungen, 2 Tabellen und 11 Karten.
- Bericht-Nr. 8:** WIETLAKE, K.H.:
Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern.
Kurztitel: Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schmiedehämmern.
1980. 59 Seiten mit 15 Abbildungen, 5 Tabellen und 7 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 9:** STRAUCH, H.:
Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen.
Kurztitel: Konzept für Lärminderungspläne.
1980. 49 Seiten mit 11 Abbildungen und 18 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 10:** HILLEN, R.:
Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung
-Ziele, Methodik, Ergebnisse-
Kurztitel: Flächenbezogene Geräusch-Immissionen.
1980. 75 Seiten mit 18 Abbildungen, 7 Tabellen und 12 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 11:** MANNS, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:
Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH62I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft.
Kurztitel: Schwebstaubmeßgerät FH62I für die automatische Immissionsmessung.
1980. 26 Seiten mit 10 Abbildungen und 2 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 12:** GIEBEL, J.:
Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten.
Kurztitel: Verhalten atmosphärischer Sperrschichten.
1981. 39 Seiten mit 12 Abbildungen, 3 Tabellen und 4 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 13:** BRÖKER, G., H. GLIWA und E. MEURISCH:
Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven Aggregaten zur Desodorierung osmogener Abluft von Tierkörperbeseitigungsanlagen.
1981. 44 Seiten mit 7 Abbildungen, 13 Tabellen und 14 Literaturhinweisen.

- Bericht-Nr. 14:** BRANDT, C.J.:
Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen.
Kurztitel: Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum.
1981. 140 Seiten mit 37 Abbildungen, 22 Tabellen und 149 Literaturhinweisen.
(Abdruck der Dr. agr.-Dissertation vom 13. August 1979, Rheinische-Friedrich-Wilhelms-Universität, Landwirtschaftliche Fakultät, Bonn)
- Bericht-Nr. 15:** WELZEL, K. und H.D. WINKLER:
Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohrofen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht -
Kurztitel: Thallium-Emissionen bei der Herstellung von Portlandzement-Klinker.
1981. 67 Seiten mit 29 Abbildungen und 16 Tabellen.
- Bericht-Nr. 16:** PRINZ, B.:
Umweltpolitik in der VR China und technologische Entwicklung.
(In Vorbereitung).
- Bericht-Nr. 17:** BRÖKER, G. und H. GLIWA:
Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen.
Kurztitel: Dioxin-Emissionen aus Müllverbrennungsanlagen.
1982. 25 Seiten mit 2 Abbildungen, 6 Tabellen und 8 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 18:** BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region.
Kurztitel: Entwicklung der Immissionsbelastung in der Rhein-Ruhr-Region seit 1965.
1982. 56 Seiten mit 7 Abbildungen, 14 Tabellen und 27 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 19:** PFEFFER, H.U.:
Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen.
Kurztitel: Das Telemetrische Immissionsmeßsystem TEMES.
1982. 45 Seiten mit 12 Abbildungen, 4 Tabellen und 23 Literaturhinweisen.

- Bericht-Nr. 20:** BACH, R.W.:
Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben.
Kurztitel: Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit.
1982. 43 Seiten mit 17 Abbildungen, 5 Tabellen und 22 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 21:** STRAUCH, H.:
Hinweise zur Anwendung flächenbezogener Schalleistungspegel.
1982. 92 Seiten mit 40 Abbildungen und 15 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 22:** SPLITTGERBER, H.:
Verfahren zur Auswertung von Erschütterungsmessungen und zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen.
Kurztitel: Erschütterungsmeß- und Beurteilungsverfahren.
1982. 71 Seiten mit 9 Abbildungen, 6 Tabellen und 23 Literaturhinweisen.