

Inhalt

Waldschädigende Luftverunreinigungen

Stand des Wissens, Umsetzung in die Praxis und politischer Handlungsbedarf

STEFAN SMIDT, FRIEDL HERMAN, ALFRED FÜRST, MARGARETE BREITENBACH und JOSEF PLATTNER
Waldschädigende Luftverunreinigungen 3

FRIEDL HERMAN und STEFAN SMIDT
Immissionsschutz - Gesetzliche Grundlagen zum Schutz des Waldes vor Immissionen und kritische Belastungsgrenzen 7

FRIEDL HERMAN und STEFAN SMIDT
Immissionsforschung 8

ALFRED FÜRST
Österreichisches Bioindikatornetz 13

HEINZ LICK und WALTER WUGGENIG
Immissionsschäden und Forstbehörde 16

THOMAS L. CECH und STEFAN SMIDT
Immissionsschäden richtig erkennen 19

FRIEDL HERMAN und STEFAN SMIDT
Politischer Handlungsbedarf 23

Trotz der Reduktion von Emissionen sind Luftschadstoffe für die Wälder in Österreich noch immer ein bedeutender Risikofaktor. Nach wie vor ist die Belastung der Wälder durch Luftschadstoffe zu hoch. Neben Ozon zählen Stickstoffoxide, saure Niederschläge und Schwermetalleinträge und immer noch Schwefeldioxid zu den wichtigsten Schadstoffen. Seit Ende des 19. Jahrhunderts werden am BFW (Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, ehemals Forstliche Bundesversuchsanstalt) wissenschaftliche Projekte durchgeführt, um u.a. die negativen Auswirkungen von Luftschadstoffen auf Bäume aufzuzeigen. Die Ergebnisse bildeten die Basis für gesetzliche Grenzwerte. Diese werden mit Hilfe von Monitoringerhebungen überwacht.

Bundesamt und Forschungszentrum für Wald

Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Wien
<http://bfw.ac.at>

Eine Dienststelle des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft lebensministerium.at





Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser!

In den 80er Jahren waren Luftschadstoffe und ihre schädigenden Auswirkungen auf Wälder Thema der Tagespresse und in aller Munde. Zwischenzeitlich ist die öffentliche Debatte zu dieser Frage kaum mehr zu bemerken. Dies ist wegen der generellen Verbesserung der Luftqualität in Österreich und in anderen Regionen Europas während der letzten 20 Jahre verständlich. Das abnehmende Interesse der Öffentlichkeit sollte aber nicht dazu verleiten, den derzeitigen Zustand des österreichischen Waldes als langfristig gesichert anzusehen. Es bestehen weiterhin hohe Risiken, weil der Ausstoß von einzelnen wichtigen Schadstoffen gestiegen ist und sich die Zusammensetzung der Luft und damit die Bedeutung der einzelnen Komponenten verändert hat. Infolge der stetigen Zunahme des Verkehrs nehmen insbesondere die Stickoxidbelastungen weiter zu. Diese sind unter anderem dafür verantwortlich, dass vor wenigen Tagen Bundes-

minister Pröll wegen hoher Luftbelastung 45 Tiroler Gemeinden inklusive großer Teile der Inntalautobahn unter Schutz gestellt und zu besonderen Umweltauflagen verpflichtet hat. Dieses Beispiel unterstreicht, dass es weiterhin regionale, aber auch großflächige Belastungen des Waldes mit Luftschadstoffen gibt, die vor dem Hintergrund der Klimaänderungen eine weitere, problematische Bedeutung erhalten.

Der Mensch kann die bereits stattfindende Klimaänderung zumindest für die nächsten Jahrzehnte nicht mehr aufhalten. Selbst wenn die im Kyoto-Protokoll vereinbarte Reduktion von Treibhausgasen tatsächlich erreicht würde, kann dies nach heutigem Wissensstand frühestens ab dem Jahr 2050 den Verlauf des Klimas beeinflussen. Bis zu diesem Zeitpunkt muss der Wald den geänderten klimatischen Rahmenbedingungen standhalten bzw. sich an diese anpassen. Es bleibt noch offen, ob der Wald in Österreich auch in dieser neuen Situation alle von ihm geforderten Leistungen wie bisher erbringen kann. Neben den bekannten Funktionen soll der Wald in Zukunft auch vermehrt als Kohlenstoffsенке wirken und möglichst viel Biomasse als Energie- und Materialquelle bereitstellen. Diese nachwachsenden Rohstoffe belasten im Gegensatz zu den bisher dominierenden fossilen Grundstoffen nicht die Bilanz der Treibhausgase. All diese Anforderungen kann nur ein leistungsfähiger und vitaler Wald erfüllen. Es muss daher ständiges Anliegen der Forstwirtschaft und aller am Wald interessierten Gruppen bleiben, auf eine weitere Verminderung aller Risiken und Belastungen zu drängen, dazu gehören auch die Luftschadstoffe.

Das BFW befasst sich als österreichisches Waldforschungszentrum mit allen den Wald beeinflussende Risikofaktoren und ist bemüht, der Praxis Vorschläge zu deren Minderung zu geben, um den Wald als prägendes Landschaftselement in allen seinen Funktionen auf Dauer zu erhalten. Mit der vorliegenden Ausgabe der BFW-Praxisinformation soll die Problematik der Luftschadstoffe wieder ins Bewusstsein gerufen, die bestehenden Gefährdungen und Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Die Zusammenhänge zwischen Luftschadstoffen und ihre Wirkungen auf den Wald sind komplex und verlangen einiges an chemischem Grundwissen. Einer vereinfachenden Darstellung sind daher Grenzen gesetzt. Im Interesse des österreichischen Waldes ist es jedoch notwendig, möglichst breit über die aktuelle Bedeutung dieses Problems zu informieren, ohne den erforderlichen fachlichen Tiefgang zu vernachlässigen.

*Dipl.-Ing. Dr. Harald Mauser
Leiter des BFW*

Impressum

© August 2004

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet.

Presserechtlich für den Inhalt verantwortlich:

Harald Mauser

Bundesamt und Forschungszentrum für Wald

Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Wien

Tel.: +43 1 87838 1131

Fax: +43 1 87838 1250

<http://bfw.ac.at>

Fotos: Th. L. Cech, J. Plattner, S. Smidt, K. Stefan,

W. Wuggenig

Grafik: A. Fürst, W. Loibl, M. Knoflacher, S. Smidt,

G. Wieser

Layout: Johanna Kohl

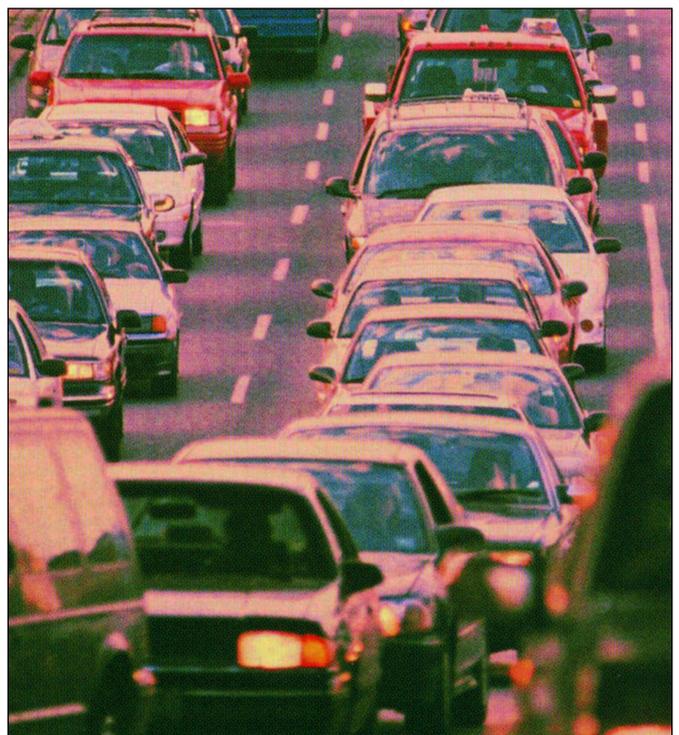
Druck: Druckerei

Bundesamt und Forschungszentrum für Wald

Bezugsquelle: Bibliothek

Bundesamt und Forschungszentrum für Wald

Tel.: +43 1 87838 1216



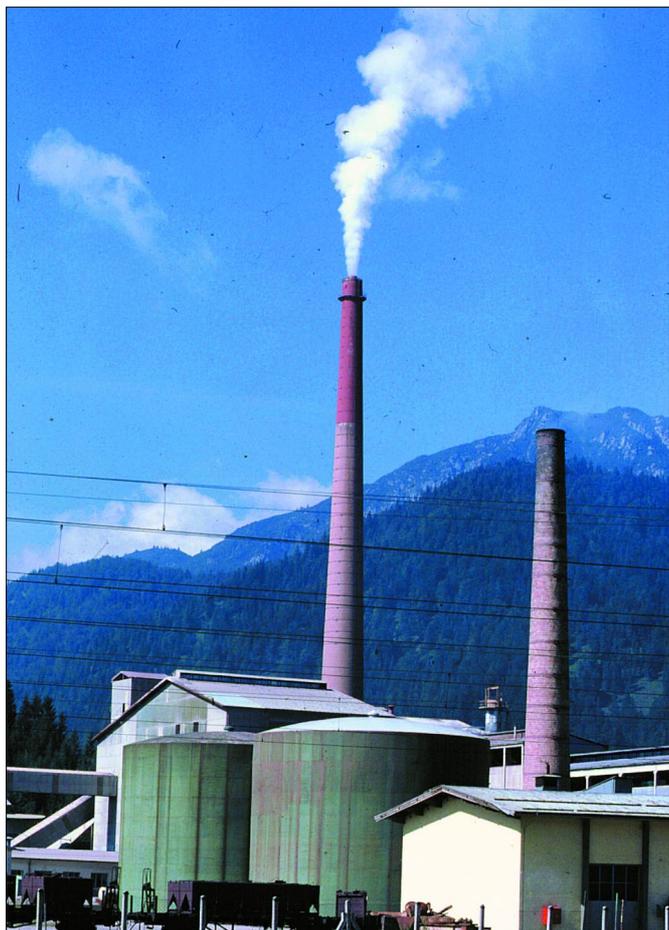
Waldschädigende Luftverunreinigungen

Stefan SMIDT, Friedl HERMAN, Alfred FÜRST, Margarete BREITENBACH und Josef PLATTNER

Luftschadstoff- und Depositionsmessungen sowie die am BFW durchgeführten Modellberechnungen, Risikoanalysen und Bewertungen nach europäischen Kriterien haben gezeigt, dass Wälder trotz der Emissionsreduktionen und der damit verbundenen Absenkung der SO_2 - und NO_x -Konzentrationen noch immer schadstoffbelastet sind. Der sekundäre Luftschadstoff Ozon stellt das größte Risikopotenzial dar.

Waldschädigende Luftverunreinigungen und ihre negativen Auswirkungen auf den Wald werden seit mehr als 150 Jahren erforscht. Forstwissenschaftler und Chemiker wiesen schon früh auf „Rauchschäden“ an Nadelbäumen in der Umgebung von Industriebetrieben hin. Die Schadwirkungen waren lokal begrenzt und der Zusammenhang zwischen dem Verursacher und der Waldverwüstung war klar ersichtlich. Die Rauchschadensforschung erreichte mit der industriellen Revolution ihren ersten Höhepunkt. In Tharandt nahe Dresden starteten die Forschungsprojekte zur Überwachung der Schäden an der Vegetation. In Österreich beschäftigten sich vor allem die

„Klassischer“ Schadstoffemittent



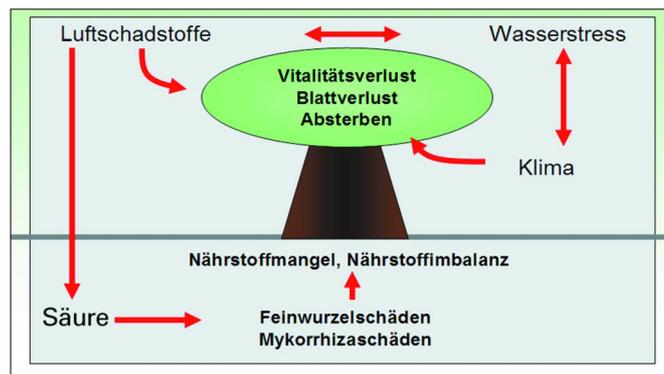
Forstwissenschaftler an der damaligen Forstlichen Bundesversuchsanstalt (heute BFW) mit dem Nachweis forstschädlicher Luftverunreinigungen. Als wichtigste Luftschadstoffe wurden Schwefeldioxid, Fluorwasserstoff und Schwermetallstäube erkannt, deren Schäden den Emittenten zugeordnet werden konnten. In Streitfällen tauchte jedoch schon damals das Argument auf, dass es noch zu wenig gesicherte Kenntnisse über die Ursachen der Schädigungen gab.

Die zunehmende Industrialisierung und das Bestreben, die Nahwirkung der Emissionen durch den Bau von höheren Schornsteinen zu vermindern, führten insbesondere seit Mitte der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts zu überregionalen Schäden. Besonders durch die „Politik der hohen Schornsteine“ wurden die Schadstoffe in weit entlegene Gebiete verfrachtet. Die geschädigte Waldfläche stieg damit dramatisch an. Als anthropogene Quellen für Luftschadstoffe wurden v.a. Industrie, KFZ-Verkehr und Tierhaltungen erkannt.

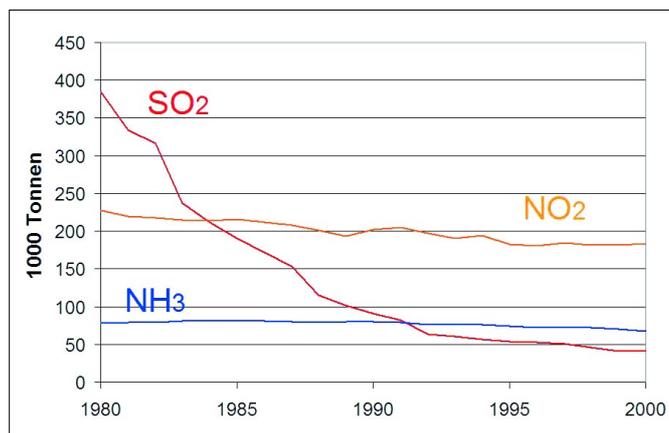
Waldschäden als Initialzündung europaweiter Forschungsaktivitäten

Durch den 1983 erschienen „Spiegel“-Artikel „Säureregen – da liegt was in der Luft; schwefelhaltige Niederschläge vergiften Wälder, Atemluft und Nahrung“ wurde die breite Öffentlichkeit und dadurch die Politik aufgerüttelt. In der Folge wurden europaweite Forschungs Kooperationen aufgebaut. In Österreich wurden bundesweite Netze zur Überwachung des Gesundheitszustandes der Wälder und deren Entwicklung (Waldzustandsinventur, Waldschadenbeobachtungssystem mit Waldbodenzustandsinventur, ICP Forests Programm Level I) sowie zur Überwachung der Schadstoffeinträge und Immissionseinwirkungen (Bioindikatornetz, ICP Forests Programm Level II) eingerichtet. Diese Monitoringerhebungen und die zeitgleich begonnene interdisziplinäre Forschung dienen der Erweiterung der Kenntnisse der Ursachen- Wirkungsbeziehungen bei Waldschäden.

Kausalkette beim Baumsterben (stark vereinfacht)



Durch die Förderung von emissionsmindernden Maßnahmen veränderte sich die Emissionssituation in Österreich: Die SO₂-Emissionen gingen von 385.000 t (1980) auf 41.000 t (2000) zurück. Die NO₂-Emissionen verringerten sich im gleichen Zeitraum von 227.000 t auf 196.000 t, nehmen aber nach dem aktuellen Umweltkontrollbericht seit 2000 wieder zu; Grund ist die Zunahme des Schwerverkehrs und der Diesel-PKW. Die NH₃-Emissionen verringerten sich von 78.000 t auf 68.000 t. Die Emissionen flüchtiger Kohlenwasserstoffe ohne Methan (NMVOC) gingen von 353.000 t auf 239.000 t zurück, die Blei-Emissionen von 332 t auf 14 t.



Trend der SO₂-, NO_x- und NH₃- Emissionen in Österreich
(Quelle: Umweltbundesamt)

Die Notwendigkeit von weiteren Reduktionsmaßnahmen beruht auf der Tatsache, dass Immissions-Grenzwerte nach wie vor überschritten werden und sich daraus ein Gefährdungspotenzial für Waldökosysteme ergibt. Darüber hinaus besteht die Forderung verschiedener verbindlicher EU-Protokolle, bis 2010 eine Verringerung der Schadstoffemissionen durch weitere Maßnahmen zu veranlassen. Reduktionen sind deshalb in Österreich noch für die Ozonvorläufer NO_x und VOC's sowie für NH₃ notwendig.

Auf Grund von langjährigen Messreihen und Ergebnissen aus wissenschaftlichen Forschungsprojekten am BFW werden folgende Luftschadstoffe als relevant für österreichische Wälder angesehen:

- Ozon (O₃)
- Stickstoffoxide (Stickstoffmonoxid NO, Stickstoffdioxid NO₂)
- Ammoniak (NH₃)
- Stickstoff- und Säureeinträge als Folgeprodukte von NO, NO₂ und NH₃
- Schwefeldioxid (SO₂) und saure Einträge als Folgeprodukt
- Fluorwasserstoff (HF)
- Schwermetallstäube
- Organische und sonstige Komponenten

Diese Luftschadstoffe beeinträchtigen den Stoffwechsel und damit die Vitalität und Produktivität von Pflanzen. In unseren Breiten sind stets menschliche Aktivitäten die Ursache für schädliche Konzentrationen in der Luft.

Ozon (O₃)

Ozon wird aus Vorläufersubstanzen wie Stickstoffoxiden, Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid gebildet und ist heute in Österreich der wichtigste pflanzenrelevante Luftschadstoff. Ozon bzw. seine aggressiven Reaktionsprodukte (Radikale) greifen Biomembranen, Eiweißkörper und Chlorophyll an, wodurch die Photosynthese und damit die Stoffproduktion beeinträchtigt wird. Bei erhöhter Dosis wird das Palisadengewebe geschädigt, was je nach Pflanzenart helle oder dunkle Punktierungen hervorruft.

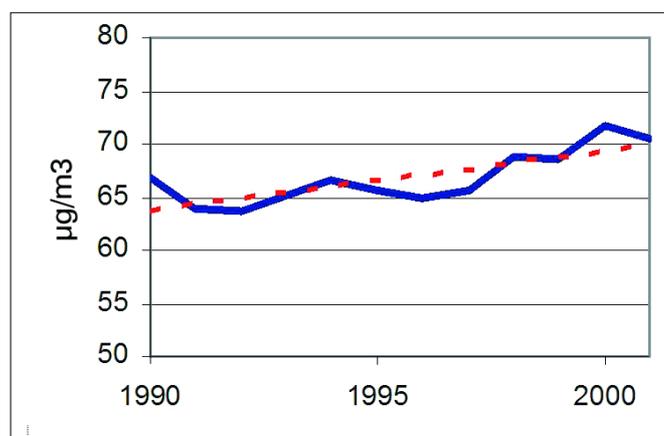
Die Auswertung der verfügbaren österreichischen Ozon-Messdaten zeigte in Waldgebieten seit dem Beginn der 90er Jahre einen deutlich zunehmenden Trend.

Konzentrationsangabe:

µg/m³ = Mikrogramm pro Kubikmeter Luft

1 Mikrogramm = 1/1000 Milligramm

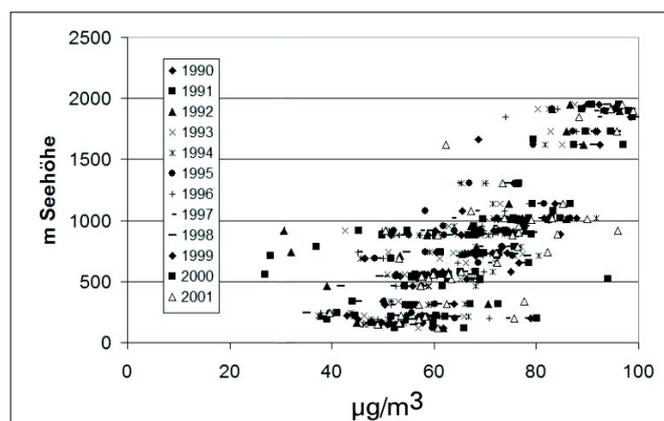
100 µg Ozon/m³ = 50 ppb Ozon (parts per billion)



Ozontrend an österreichischen Waldstationen (Mittelwerte)

Auf nahezu der gesamten Waldfläche Österreichs wird - regional differenziert - das europäische Beurteilungskriterium für Ozon, der AOT 40 von 10 ppm.h, deutlich überschritten. Ozon ist daher als erhebliches Risiko für Wälder einzustufen. Die Ozongehalte nehmen mit der Seehöhe markant zu, was zu einer zusätzlichen Belastung für Ökosysteme in höheren Lagen führt, in denen die Lebensbedingungen schwieriger als in tiefen Lagen sind.

Zunahme der Ozon-Jahresmittel mit der Seehöhe



Stickstoffoxide (NOx = NO + NO₂)

Stickstoffoxide entstehen durch den KFZ-Verkehr, bei der Gasverbrennung und bei der Herstellung von Düngern und Chemikalien (Salpeter- und Schwefelsäure). Sie bilden aggressive membran- und enzymzerstörende Radikale in der Zelle und hemmen die Photosynthese. Als Vorstufe des sauren Regens tragen sie zur Versauerung der Atmosphäre und der Ökosysteme bei. Weiters fördern sie die photochemische Bildung von Ozon.

Die folgende Tabelle zeigt beispielhaft die NOx-Immissions-Jahresmittelwerte und ihre Entwicklung im Einflussbereich von Industriestandorten (Lenzing und Steyregg), in ländlichen Gebieten (Tulbinger Kogel, Wiesmath, Zwentendorf und Wolkersdorf) sowie an der Hintergrundmessstelle Innsbruck-Nordkette. Prägnant ist der Rückgang im Einflussbereich von Industriestandorten sowie - auf geringerem Niveau - an Hintergrundmess-Stationen; unterschiedlich ist die Entwicklung in ländlichen Gebieten.

NOx-Jahresmittelwerte (Anfangs- und Endwerte 1990-2001), ihre mittlere jährliche Änderung (µg NOx m ⁻³ Jahr) und Signifikanz der Änderung an waldnahen Messstellen mit mindestens 9 vollständigen Messjahren				
Station	Anfangswert µg NOx m ⁻³	Endwert µg NOx m ⁻³	Mittlere jährliche Änderung	Signifikanz
Lenzing	42	30	-1,39	signifikant
Steyregg	84	39	-5,6	höchst signifikant
Tulbinger Kogel	23	14	-0,82	nicht signifikant
Wiesmath	13	26	+1,14	hoch signifikant
Zwentendorf	33	23	-1,11	nicht signifikant
Wolkersdorf	42	21	-1,75	nicht signifikant
Innsbruck Nordkette	11	6	-0,34	hoch signifikant

Trotz des Rückganges der Immissionskonzentrationen wurde der wirkungsbezogene Jahresmittelgrenzwert des Immissionsschutzgesetzes Luft (30 µg m⁻³) an waldnahen Messstellen in den vergangenen fünf Jahren überschritten: z.B. Wietersdorf/Ktn., Peggau/Stmk., Zederhaus/Sbg., Wald am Arlberg/Vbg.

Ammoniak (NH₃)

Ammoniak entsteht vor allem bei der Tierhaltung und trägt wie die Stickstoffoxide zur Bildung von Stickstoffeinträgen bei. Es hemmt die Chlorophyllbildung und beeinträchtigt damit die Photosynthese. Die folgende Tabelle zeigt eine Gegenüberstellung der NH₃- und NOx-Emissionen in Österreich im Jahr 2001.

NH ₃ - und NOx-Emissionen in Österreich 2001 (1000 Tonnen)		
	NH ₃	NOx
Energie	-	13
Kleinverbraucher	1	40
Industrie	-	39
Verkehr	-	101
Landwirtschaft	52	5

Quelle: Umweltbundesamt

An Tiroler Höhenprofilen konnte in Langzeitstudien gezeigt werden, dass die Tierhaltung zu erhöhten Ammoniakkonzentrationen auf landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen führt; dort wurden bis zu siebenfach erhöhte Hintergrundwerte der NH₃-Konzentrationen gemessen.

Stickstoffeinträge

Stickstoffeinträge, die aus NOx und NH₃ entstehen, wirken versauernd und eutrophierend (überdüngend). Da Waldökosysteme an Stickstoffarmut angepasst sind, kann ein Zuviel an Stickstoff zu Veränderungen und Beeinträchtigung führen, z.B. zu Vergrasung, erhöhter Empfindlichkeit gegenüber Stressoren und zu gestörten Nährstoffbalancen. Die in Österreich festgestellten Einträge sind in mehreren Regionen hoch genug, um solche Veränderungen hervorzurufen.

Vergrasung einer Waldfläche



Schwefeldioxid (SO₂)

Schwefeldioxid entsteht bei der Verbrennung von schwefelhaltigen Brenn- und Treibstoffen. Hauptquellen sind somit Feuerungsanlagen der Industrie und der Kleinverbraucher. SO₂ bildet wie die meisten Schadstoffe Radikale und beeinträchtigt die Photosynthese. An 35 Waldmess-Stationen, für die Langzeitmessreihen vorliegen, gingen die SO₂-Jahresmittelwerte zurück; an 24 Mess-Stellen davon waren die Abnahmen signifikant.

Trotz der rückläufigen SO₂-Konzentrationen in der Luft können Schwefel-Immissionseinwirkungen auf der Basis von Nadelanalysen des Österreichischen Bioindikatornetzes (BIN) noch immer nachgewiesen werden. Derzeit liegt der Anteil der Punkte mit Grenzwertüberschreitungen zwischen 5 und 10 %. Verursacht werden erhöhte Schwefel-Immissionseinwirkungen durch Importe und durch „hausgemachte“ Emissionen. Die sauren Einträge als Folgeprodukt von SO₂ und Stickstoffoxiden überschreiten mitunter die kritischen Belastungsgrenzen (Critical Loads) auf empfindlichen bzw. schlecht gepufferten Waldstandorten, das sind besonders jene auf Quarzit- und Granit-Grundgestein. Auf der Basis der Österreichischen Waldboden-Zustandsinventur konnte gezeigt werden, dass 6 % der 514 Probeflächen

durch Säureeinträge potentiell gefährdet sind und dass auf 15 % eine Gefährdung zumindest möglich ist.

Fluorwasserstoff (HF)

Fluorwasserstoff entsteht bei Fabrikationsprozessen, die fluorhaltige Rohmaterialien verarbeiten, z.B. bei der Produktion von Superphosphat, Ziegeln und Aluminium. Fluorwasserstoff ist das pflanzengiftigste Gas und wirkt als Breitband-Enzymhemmer. Der Wirkungsradius eines Emittenten ist mit rund 5 km wesentlich kleiner als jener von SO₂-Emittenten. Immissionseinwirkungen und Luftbelastung sind aufgrund der in der Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigung festgesetzten Grenzwerte nachweisbar. Schäden am forstlichen Bewuchs können auch heute noch im Nahbereich einschlägiger Emittenten festgestellt werden.



Ziegelei

Schwermetalle

Stäube und -aerosole („luftgetragene Teilchen“) von Schwermetallen bzw. -verbindungen entstehen durch industrielle Prozesse (Metallindustrie, Abfallverbrennung), Kohleverbrennung und durch den KFZ-Verkehr. Viele sind überwiegend hoch toxisch und schädigen direkt. Langfristig werden Böden sowie ober- und unterirdische Pflanzenteile durch kontinuierliche Akkumulation geschädigt.

Die Hauptmenge an Schwermetallemissionen wird durch Blei verursacht. Durch die Umstellung auf bleiarmer Treibstoffe und durch anlagenbezogene Maßnahmen konnten die Emissionen stark gesenkt werden. Die Ergebnisse der Österreichischen Waldbodenzustandsinventur und weitere Erhebungen des Institutes für Immissionsforschung und Forstchemie zur Bewertung der Belastung der Umwelt durch den Transit zeigen aber, dass Blei – wie auch andere Schwermetalle - im Boden in beträchtlichen Mengen akkumuliert wird. Die Grenzwerte der ÖNORM L1075 (2004) werden nicht nur im Nahbereich von Verkehrsträgern überschritten, sondern auch in den höheren Lagen der Alpen. Insbesondere in den Nordstaulagen wurden trotz geringer Konzentrationen in der Luft bzw. in den Niederschlägen, v.a. durch den hohen Luftdurchsatz, beträchtliche atmogene Einträge nachgewiesen.

Organische und sonstige Komponenten

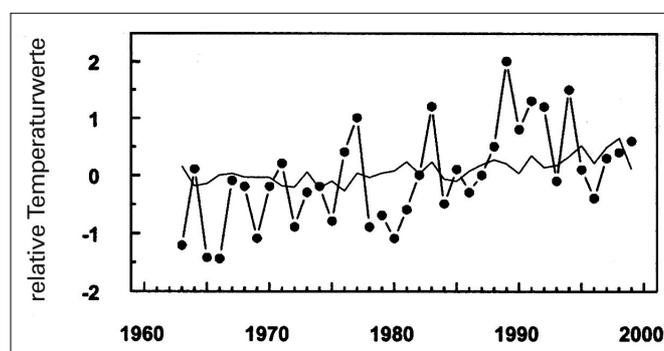
Flüchtige organische Komponenten (VOC) wie Ethen, Formaldehyd und Chlorkohlenwasserstoffe werden bei der Verdunstung von Lösungsmitteln und durch den

KFZ Verkehr gebildet. Auch in weniger belasteten Gebieten können Konzentrationen auftreten, die die Vegetation zumindest indirekt schädigen. So können schon subtoxische Ethenkonzentrationen zur Ozonbildung beitragen. Die toxische Wirkung zahlreicher VOC's ist experimentell belegt.

Lokale Bedeutung haben ferner Streusalz im unmittelbaren Nähe von Straßen sowie alkalische Stäube im Nahbereich von Zement- und Magnesitwerken.

Durch die thermische Reststoffverwertung (PVC-Verbrennung) gewinnt Chlorwasserstoff als Schadstoff wieder an Bedeutung.

Eine unmittelbare Gefährdung der Waldökosysteme ist durch die Treibhausgase, zu denen Kohlendioxid, Methan, Lachgas, Ozon und Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) zählen, mit Ausnahme des bodennahen Ozons nicht gegeben. Indirekte Wirkungen über die Temperaturerhöhung stehen jedoch heute außer Streit.



Temperaturtrend am Klimahaus/Patscherkofel

Beiträge der Treibhausgase zur globalen Temperaturerhöhung

Gas	Beitrag
Wasserdampf	20,6 °C
Kohlendioxid	7,2 °C
Methan	0,8 °C
troposphärisches Ozon	2,4 °C
Lachgas	1,6 °C
FCKWs und andere	0,6 °C

Die Konzentrationen der treibhauswirksamen Spurengase nehmen global zu. Die Hauptverursacher sind Industrie, Verkehr, Haushalte, Kleinverbraucher, die Landwirtschaft bzw. Änderungen der Landnutzung. Als Folge des vermehrten Ausstoßes wird von Wissenschaftlern bis zur Mitte dieses Jahrhunderts ein globaler Temperaturanstieg von 2 – 5 °C erwartet, der zu einschneidenden Veränderungen der Verbreitung der Baumarten führen wird.

Literatur

- SMIDT S., 1997: Lexikon waldschädigende Luftverunreinigungen. FBVA-Berichte 99 (209 Seiten).
- SMIDT S., 2004: Waldschädigende Luftverunreinigungen. Eigenschaften, Nachweis, Monitoring, Waldschadensforschung, Immissionsschutz. BFW-Dokumentation 2 (183 Seiten). http://bfw.ac.at/600/620.html/pdf/620_01.pdf

Immissionsschutz – Gesetzliche Grundlagen zum Schutz des Waldes vor Immissionen und kritische Belastungsgrenzen

Friedl HERMAN und Stefan SMIDT

Der Schutz der forstlichen Vegetation vor Immissionen muss auf einer effizienten Luftreinhaltungspolitik basieren. Drei Bundesgesetze enthalten Immissionsgrenzwerte zum Schutz der Vegetation. Die Belastung der Wälder durch Luftschadstoffe kann weiters auf der Basis kritischer Belastungsgrenzen, die europaweit angewendet werden, aber keine Gesetzeskraft haben, beurteilt werden. Weiters stehen die Luftqualitätskriterien der Österreichischen Akademie der Wissenschaften zur Beurteilung der Luftschadstoffe zur Verfügung. Der Schutz vor Immissionen ist nicht ausreichend.

Der gesetzliche Schutz der forstlichen Vegetation Österreichs vor forstschädlichen Luftverunreinigungen beruht auf Immissionsgrenzwerten, welche im Forstgesetz, im Immissionsschutzgesetz Luft und im Ozongesetz festgeschrieben sind.

Eine Risikobeurteilung ist weiters auf der Basis kritischer Belastungsgrenzen (Critical Levels für gasförmige Luftschadstoffe, Critical Loads für Schadstoffeinträge) und durch Luftqualitätskriterien möglich. Es handelt sich hierbei um wirkungsbezogene Grenzwerte. Im Gegensatz dazu stellen gesetzlich festgelegte Grenzwerte in der Regel einen Kompromiss zwischen den wissenschaftlichen Erkenntnissen, festgeschrieben in den Luftqualitätskriterien und in den Abhandlungen zu den kritischen Belastungsgrenzen, und den im Gesetz umsetzbaren Möglichkeiten dar. Die Bundesgesetze sind in der Regel weniger streng als wirkungsbezogene Grenzwerte und schützen die Vegetation nur unzureichend.

Bundesgesetze

Forstgesetz

Das Forstgesetz (BGBl. 440/1975), Abschnitt C: Forstschädliche Luftverunreinigungen (§§ 47-57) mit der Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (BGBl. 199/1984) bezieht sich auf „Anlagen“, denen die Immissionseinwirkungen zugeordnet werden können. Es schließt daher KFZ-Emissionen, den Hausbrand und Streusalzausbringung nicht ein. Die Zweite VO enthält Halbstunden- und Tagesmittelgrenzwerte für SO₂, HF, HCl und NH₃ sowie Grenzwerte für Staubdepositionen (P, K, Ca, Mg, Pb, Cd, Zn, Cu) und S-, F-, Cl-, N-, P-, K-, Ca, Mg-Gehalte in Blattorganen. Die Immissionsforschung am BFW hat über ein Vierteljahrhundert gemeinsam mit dem Institut für Ertrag und Betriebswirtschaft Expertisen über die Auswirkungen von forstschädlichen Luftverunreinigungen auf Waldbestände erstellt. Basierend auf dem umfangreichen Datenpool aus verschiedensten Immissions- und Reinluftgebieten Österreichs war es möglich, die Nadel bzw. Blattgrenzwerte in der Ersten

bzw. Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen festzusetzen.

Immissionsschutzgesetz Luft

Das Immissionsschutzgesetz Luft (BGBl. 115/1997) enthält in der Verordnung über Immissionsgrenzwerte und Immissionszielwerte (BGBl. 298/2001) Jahresmittelgrenzwerte für SO₂ und NO_x (NO + NO₂); ferner sind Zielwerte für 2010 für SO₂ und NO₂ für Tagesmittelwerte enthalten. Die Überwachung der Luftqualität und damit der Schutz der Ökosysteme und der Vegetation erfolgt mit Luftmess-Stationen, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Straßen aufgestellt sein müssen. Als Anhaltspunkt gilt, dass die Mess-Stellen so positioniert sein sollten, dass sie für die Luftqualität in einem umgebenden Bereich von mindestens 1000 km² repräsentativ ist. Die Mitgliedstaaten können unter Berücksichtigung der geographischen Gegebenheiten auch vorsehen, dass eine Probenahmestelle in geringerer Entfernung liegen kann und für die Luftqualität eines kleineren Bereiches repräsentativ ist.

Ozongesetz

Das Ozongesetz (BGBl. 210/1992 und Folgegesetze) enthält einen Zielwert ab dem Jahr 2010 und das langfristige Ziel ab 2020. Zum Schutz der Vegetation sind kontinuierliche Messungen im vorstädtischen, ländlichen und ländlichen Hintergrundbereichen vorzunehmen.

Kritische Belastungsgrenzen und Luftqualitätskriterien

- Österreichische Akademie der Wissenschaften: Luftqualitätskriterien für SO₂ (1975), NO₂ (1987), Ozon (1989) und flüchtige organische Verbindungen (1999).
- World Health Organisation (WHO 1995): Critical Levels für SO₂, NO_x, NH₃; Critical Loads für saure und eutrophierende Schadstoffeinträge
- UN/ECE (1994): Critical Levels für Ozon.

Zillertaler Höhenstraße



Immissionsforschung

Friedl HERMAN und Stefan SMIDT

Der Wald ist durch das komplexe Zusammenwirken schädigender Einflüsse gefährdet. Zur Erhaltung der Stabilität müssen die Zusammenhänge zwischen den negativen Einflussfaktoren und ihren Auswirkungen (Ursachen-Wirkungsbeziehungen) in ihrer regionalen und zeitlichen Variation verstanden werden. Die Konsequenz sind Forschungskoooperationen mit verschiedensten Fachdisziplinen.

Die Abteilung Immissionen (früher Institut für Immissionsforschung) am Institut für Waldschutz koordiniert seit mehr als zwanzig Jahren Forschungsprojekte und arbeitet eng mit universitären Instituten und Fachinstitutionen im In- und Ausland zusammen. Die Forschungsprojekte wurden im Freiland an Altbäumen durchgeführt. Die Erkenntnisse ermöglichen Aussagen über das Risikopotenzial von Bäumen durch Luftschadstoffe und dienen hiermit der Implementierung von Gesetzen bzw. gesetzlichen Grenzwerten. Weiters werden die politischen Maßnahmen im Bereich der Luftreinhaltung durch die wissenschaftlichen Ergebnisse unterstützt.

Im Folgenden wird das Risiko für Wälder durch Luftschadstoffe an Hand einiger weniger Beispiele aufgezeigt.

Ozon

Die Gefährdung österreichischer Wälder durch Ozon wird zur Zeit in Ermangelung von gesetzlichen Grenz-

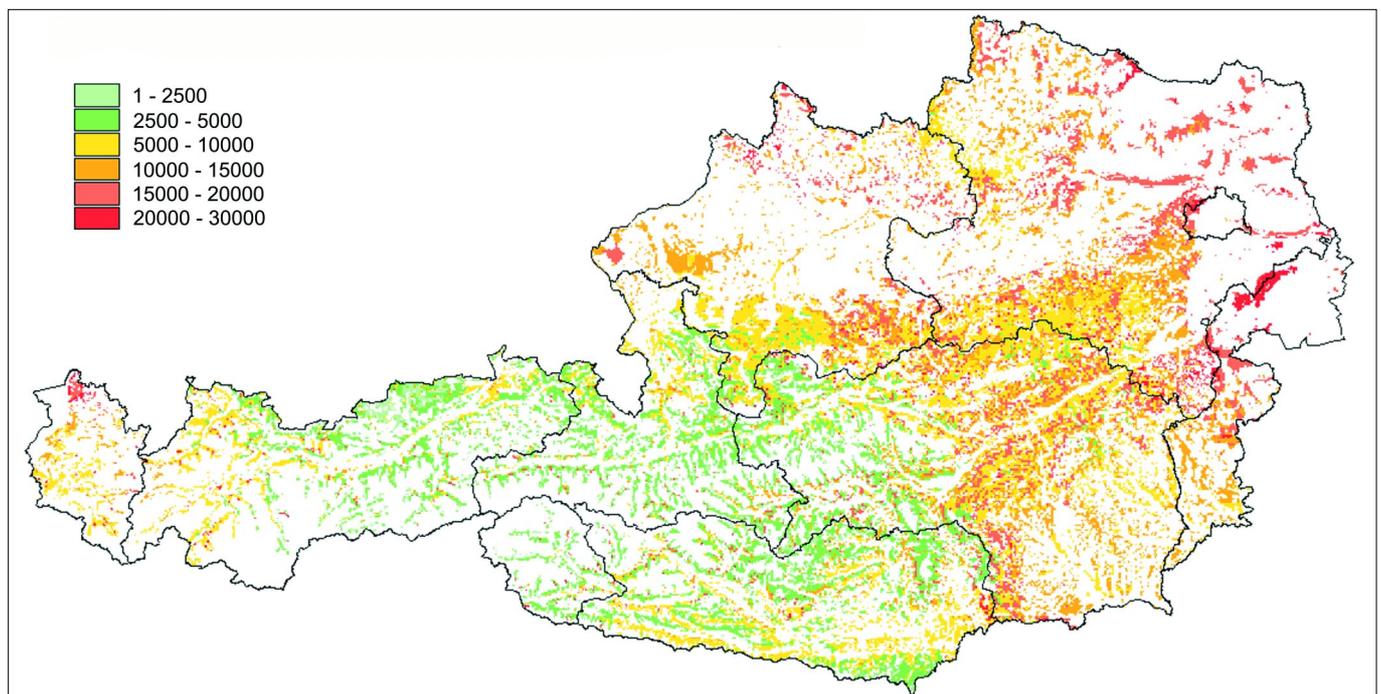
werten, die dem Schutz der Vegetation dienen, auf der Basis der europäischen kritischen Belastungsgrenze (Critical Level AOT 40) bewertet. Erst ab 2010 sind gesetzliche Grenzwerte vorgesehen.

Ozonkonzentrationen nehmen zu, Grenzwerte können ohne Maßnahmen nicht eingehalten werden

Trendanalysen ergaben, dass die Ozonkonzentrationen in Waldgebieten Österreichs seit den 90er Jahren markant zunehmen und kritische Belastungsgrenzen zunehmend überschreiten. Deshalb wird es nicht möglich sein, ohne einschneidende emissionsmindernde Maßnahmen die von der EU festgesetzten Zielwerte für das Jahr 2010 und das langfristige Ziel für das Jahr 2020 zu erreichen.

An je einer Monitoringstation des BFW in den Nordtiroler Kalkalpen (Achtental) und in den Südlichen Kalkalpen (Bodental), beide in „Reinluftgebieten“ gelegen, wird seit Jahren u.a. Ozon gemessen. Der EU-Zielwert für 2010 wird in den Südlichen Kalkalpen mit 25.300 (2002) und 27.990 $\mu\text{g m}^{-3} \text{h}^{-1}$ (2003) überschritten. In den Nordtiroler Kalkalpen wurden 7600 $\mu\text{g m}^{-3} \text{h}^{-1}$ (2002) und 9900 $\mu\text{g m}^{-3} \text{h}^{-1}$ (2003) gemessen. Der als langfristiges Ziel für 2020 festgeschriebene Grenzwert wäre somit überschritten.

Modellierte Ozondosis für österreichische Fichtenwaldgebiete, basierend auf dem AOT40 (ppb.h) unter Berücksichtigung der Adaptation, der Ozonaufnahme und der Naturnähe



Ozongefährdete Waldgebiete

Am BFW wurde in Zusammenarbeit mit den Austrian Research Centers Seibersdorf und der Universität Wien (Institut für Ökologie und Naturschutz) das Ozonrisiko für Fichten modelliert und für das gesamte Bundesgebiet dargestellt. Die Kalkulationen basieren auf dem Design und den Erhebungen der Österreichischen Waldinventur, den Ozonmessdaten der Bundesländer, auf digitalen Höhenmodellen, Daten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik und der Naturnähe- (Hemerobie-) Karte österreichischer Wälder. Die Abschätzung des Risikos erfolgt auf Basis der europäischen kritischen Belastungsgrenze "AOT 40". Die Modellierung ergab, dass die kritische Belastungsgrenze in österreichischen Waldgebieten bis zum 3-fachen überschritten wird und dass nicht standortgemäße Fichtenbestände besonders gefährdet sind. Insgesamt wurden auf 61 % der mit Fichten bestockten Flächen Grenzwertüberschreitungen nachgewiesen.

Der Ozonpegel wird durch Stickstoffoxide erhöht

Die Erhöhung des Ozonpegels durch die Abgasemissionen aus dem lokalen Verkehrsaufkommen konnte durch Langzeitstudien der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik gemeinsam mit dem BFW aufgezeigt werden: Die Messungen im Hintergrundgebiet Achental zeigten den Zusammenhang der Verkehrsfrequenz und der Ozonbildung. Geringere Emissionen, wie sie an Sonn- und Feiertagen auftraten, führten zu einer Absenkung der Ozonkonzentrationen, vermehrte Emissionen an Werktagen hingegen förderten die Ozonbildung. Das belegt, dass der Verkehr auch in Tälern mit, im Vergleich zum Inntal, geringerem Verkehrsaufkommen, Auswirkungen auf die Ozonbildung hat. Eine Studie, die gemeinsam mit der

Technischen Universität Wien gemacht wurde, wies nach, dass bereits sehr geringe NO_x-Konzentrationen ausreichen, um die natürliche Ozonhintergrundkonzentration zu erhöhen. Im Lichte dieser Forschungsergebnisse sind Maßnahmen zur Reduzierung des Verkehrsaufkommens als unerlässlich zu betrachten, um die Absenkung des Ozonpegels, zu bewirken.

Die Forschungsergebnisse belegen, dass Waldgebiete und insbesondere nicht standortgemäße Fichtenbestände durch Ozon besonders gefährdet sind. Die kritische Belastungsgrenze und die für 2010 und 2020 vorgesehenen Ozon-Grenzwerte werden deutlich überschritten. Ozon ist daher ein bedeutsamer Risikofaktor für Wälder

Stickstoffoxide und Stickstoffeinträge

Die Gefährdung österreichischer Wälder durch Stickstoffoxide kann an Hand des Grenzwertes des Immissionsschutzgesetzes Luft abgeschätzt werden, Stickstoffeinträge auf der Basis der europäischen kritischen Belastungsgrenzen (Critical Loads).

Stickstoffoxide reichern sich bis 300 Meter über dem Talboden an

Am Beispiel des Zillertales und des Achentales wurde aufgezeigt, dass lokale Quellen bzw. der KFZ-Verkehr zu Luftschadstoff-Belastungen und Grenzwertüberschreitungen führen kann. Auf Grund der Deckelwirkung durch Inversionen, die in den Morgenstunden und in den Wintermonaten für Täler typisch sind, wird die Verdünnung der Stickstoffoxidkonzentrationen stark eingeschränkt. Dies führt zu einer Anreicherung der Stickstoffoxide bis etwa 300 m über Tal.

Inversionen im Zillertal



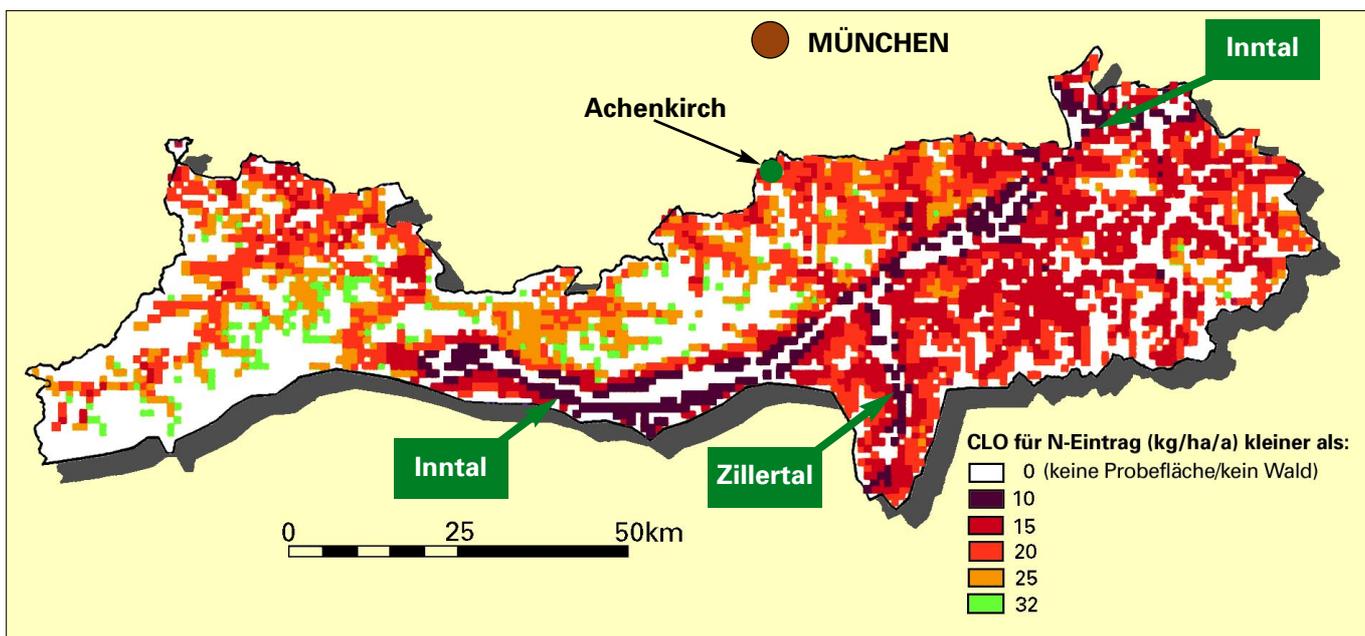
Erhöhte Sensibilität von Talflanken gegenüber Stickstoffeinträgen

Die Einstufung der Stickstoffeinträge an Hand der kritischen Belastungsgrenzen ist ein Ansatz zur Risikoabschätzung. Die kritischen Belastungsgrenzen hängen unter anderem vom geologischen Untergrund und vom Relief ab. Modellierungen des Austrian Research Centers Seibersdorf machten es möglich, kritische Belastungsgrenzen für die Wuchsgebiete 2.1 (Nördliche Randalpen) und 4.1 (Nördliche Zwischenalpen), soweit sie in Tirol gelegen sind, in Kartenform darzustellen und empfindliche Gebiete auszuweisen. Es zeigte sich, dass besonders die Talflanken des Inntales und des Zillertales durch Stickstoffeinträge potentiell gefährdet sind.

Nördliche Hälfte Österreichs stärker durch Stickstoffeinträge belastet

Stickstoffeinträge durch nasse Deposition werden durch das BFW im Rahmen der ICP Forests Level II Erhebungen seit 1996 auf 20 Waldflächen und an je einer Intensivuntersuchungsfläche in Achenkirch (Nördliche Kalkalpen, seit 1989) und im Bodental (Südliche Kalkalpen, seit 1999) ermittelt. Die kritischen Belastungsgrenzen für die Gesamtstickstoffeinträge werden in österreichischen Waldgebieten zum Teil bereits durch die nasse Deposition überschritten. So ergaben sich im Level II Messnetz Einträge bis $18 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ als Mittelwert über 8 Jahre. Die nördliche Hälfte Österreichs zeigt relativ hohe Stickstoff-Einträge; in diesem

Kritische Stickstoffeinträge in den Wuchsgebieten 2.1 und 4.1 (Nördliche Randalpen, Nördliche Zwischenalpen)



Luft- und Depositionsmessungen im Achantal



Messung der Luftschichtungen im Zillertal mittels Echolot



zum überwiegenden Teil mit Stickstoff ausreichend versorgten Teil Österreichs kann es zu einer Eutrophierung kommen. Bei Anlagengenehmigungen ist dieser Schadstoff zu berücksichtigen, um eine zusätzliche Beaufschlagung des Waldes durch Stickstoff zu vermeiden.

in Ballungsgebieten, ländlichen Räumen und in Hintergrundgebieten können mittels Nadelanalysen bewertet werden und eignen sich als Beurteilungsbasis bei entsprechenden Anlagengenehmigungen.

Stickstoffoxide und Stickstoffeinträge sind Risikofaktoren für Waldökosysteme. Bei den Stickstoffoxiden sind vor allem die indirekten Wirkungen als Beitrag zur Ozonbildung und zur Versauerung bedeutsam. Da negative Wirkungen auch bei einer Unterschreitung des gesetzlichen Grenzwertes möglich sind, müssen weitere Maßnahmen zur Emissionsminderung vorgenommen werden. Die Talflanken sind einerseits aufgrund der inversionsbedingten Stickstoffoxidbelastung, andererseits durch ihre Sensitivität gegenüber Stickstoffeinträgen besonders gefährdet.

Blei
Bleigehalte der Nadeln als Beurteilungskriterium für Umweltbelastung

Trotz deutlicher Emissionsminderungen und der Abnahme der Bleiimmissionen kann es besonders durch die Anreicherung des Schwermetalls über lange Zeiträume zu Belastungen kommen. Blei-Immissionen

Klassifizierung von Gebieten auf der Basis der Bleigehalte von Fichtennadeln		
Gebiete	Klasse	mg Blei / kg
Hintergrund	I	< 0,80
ländlich	II	0,80 – 1,10
Stadtgebiete	III	1,11 – 1,80
Ballungsräume	IV	> 1,70

Blei ist auf Grund der Akkumulation in Pflanzen und im Boden langfristig als Risiko für Waldbestände einzustufen. Immissionseinwirkungen können durch Bioindikationsverfahren nachgewiesen werden.

Weiterführende Informationen über Ergebnisse der Immissionsforschung unter <http://bfw.ac.at/600/620.html>

Alpine meteorologische Mess-Station im Zillertal



Danksagung: Herrn Ing. J. Plattner wird für den Aufbau der vielfältigen Versuchsanordnungen und für die technische Abwicklung der Projekte in den vergangenen zwei Jahrzehnten herzlich gedankt, Herrn H. Pausch ebenso für die Stationsbetreuung und die Probenahmen.

Literatur

- BOLHAR-NORDENKAMPF (Hrsg.) 1989: Streßphysiologische Ökosystemforschung Höhenprofil Zillertal. *Phyton* 29 (3).
- FEDERAL MINISTRY OF AGRICULTURE, FORESTRY, ENVIRONMENT AND WATER MANAGEMENT; FEDERAL FOREST RESEARCH CENTER; UNIVERSITY OF AGRICULTURAL SCIENCES 2000: The sustainable future of mountain forests in Europe. 2nd International Workshop Igls/Tyrol, May 3-5, 2000.
- FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT (Hrsg.) 1997: Risikofaktoren für alpine Waldökosysteme. Ergebnisse aus zwei interdisziplinären Projekten. Symposiumsmappe.
- FÜRST A., SMIDT S. & HERMAN F. 2003: Monitoring the impact of sulphur with the Austrian Bioindicator Grid. *Environmental Pollution*, 125, 13-19.
- GLATTES F., SMIDT S., DRESCHER A., MAJER C. & MUTSCH F. 1985: Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. *FBVA-Berichte* 9.
- HERMAN F. & SMIDT S. (Hrsg.) 1992: Endbericht Projekt Zillertal. "Ökosystemare Studien in einem inneralpinen Tal" - Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofil Zillertal". *FBVA-Berichte* 67, 152 Seiten (16 Beiträge).
- HERMAN F. & SMIDT S. (Hrsg.) 1992: Ökosystemare Studien im Kalkalpin - Projekt Erste Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofile Achenkirch". *FBVA-Berichte* 70 („Achenkirch I“), 101 Seiten (7 Beiträge).
- HERMAN F. & SMIDT S. (Hrsg.) 1994: Ökosystemare Studien im Kalkalpin - Höhenprofile Achenkirch. Ergebnisse aus dem Bereich Phyllosphäre. *FBVA-Berichte* 78 („Achenkirch II“), 134 Seiten (15 Beiträge).
- HERMAN F. & SMIDT S. (Hrsg.) 1995: Höhenprofile Achenkirch - Ergebnisse aus dem Bereich Rhizosphäre. *FBVA-Berichte* 87 („Achenkirch III“), 288 Seiten (22 Beiträge).
- HERMAN F. & SMIDT S. (Hrsg.) 1996: Ökosystemare Studien im Kalkalpin. *FBVA-Berichte* 94. „Achenkirch IV“. 291 Seiten (22 Beiträge).
- HERMAN F., LÜTZ C. & SMIDT S. 1998 (eds.): Description and evaluation of pollution impacts on forest ecosystems - results of long-term Austrian field experiments. *Environmental Science and Pollution Research, Special Issue* 1 (15 Beiträge).
- HERMAN F. 2000: Forschungsergebnisse und Forschungsbedarf zum Thema „Sustainable Future of Mountain Forests in Europe“. *FBVA-Berichte* 113.
- HERMAN F., SMIDT S. & ENGLISCH M. (Hrsg.) 2001: Ökosystemare Studien im Kalkalpin - Stickstoffflüsse - erste Ergebnisse. *FBVA-Berichte* 119 (15 Beiträge).
- LOIBL W., BOLHAR-NORDENKAMPF H., HERMAN F. & SMIDT S. 2004: Modelling Critical Levels of Ozone for the Forested Area of Austria – Modification of the AOT40 Concept. *Env. Sci. & Pollut. Res.* 11 (3), 171-180.
- SMIDT S. (1997): Abschätzung der Gefährdung von Waldökosystemern durch Schadstoffeinträge. Habilitationsschrift Technische Universität Wien.
- SMIDT S., HERMAN F. & ENGLISCH M. (2002): Nitrogen Fluxes in the Tyrolean Limestone Alps. *Env. Sci. & Pollut. Res. Special Issue* 2, 2002.
- SMIDT S., HERMAN F., GRILL D. & GUTTENBERGER H. (eds.) 1996: Studies of Ecosystems in the Limestone Alps - "Achenkirch Altitude Profiles" (Rhizosphere). 300 Seiten (20 Beiträge) 36 (4).
- SMIDT S., HERMAN F., GRILL D. & GUTTENBERGER H. (eds.) 1994: Studies of Ecosystems in the Limestone Alps - "Achenkirch Altitude Profiles" (Phyllosphere). Sonderband *Phyton* 34 (3); 192 Seiten (14 Beiträge).
- SMIDT S. & HERMAN F. 2002: Pollution-related risk factors to Austrian Alpine forest ecosystems. In: Effects of air pollution on forest health and biodiversity in forests of the Carpathian Mountains (Szaro R.C., Bytnerowicz A. & Oszlany J., eds.). *NATO Science Series, IOS Press Ohmsha, Amsterdam*, 271-284.
- SMIDT S. & HERMAN F. (Hrsg.), KAISER A. 1994: Höhenprofil Zillertal: Analyse der vertikalen Temperatur- und Windstruktur und ihr Einfluß auf die Immissionskonzentrationen. *FBVA-Berichte* Nr. 77, 95 Seiten.
- SMIDT S. & HERMAN F. 2003: Adapting the management of mountain forests to new environmental conditions – Results and research needs *Mountain Research and Development*, 23 (4), 381-383.
- SMIDT S. & HERMAN F. 2004: Evaluation of Air Pollution-Related Risks for Austrian Mountain Forests. *Environmental Pollution*; 130, 99-112.

AOT 40:

(Abkürzung für accumulated exposure over a threshold of 40 ppb): Provisorischer Critical Level für O₃ gemäß UN-ECE (1994). Für die Berechnung dieser Dosis werden von den Stundenmittelwerten 40 ppb abgezogen und diese Differenzen für eine bestimmte Periode (ursprünglicher Ansatz: 0.00-24.00 Uhr, April bis September; aktueller Ansatz: Tageslichtstunden) aufsummiert. Grenzwert: 10.000 ppb.h.

Critical Level (CLE):

Kritische Belastungsgrenze für die Konzentration bzw. die Dosis eines Schadstoffes in der Atmosphäre, bei deren Überschreitung nachteilige Effekte bei bestimmten Wirkobjekten bzw. Rezeptoren (Pflanzen, Tieren, Menschen) auftreten können. Ziel: dauernder Schutz der Umwelt bei möglichst niedrigen Gesamtkosten und Absenkung der Belastung der Vegetation auf einen als akzeptabel angesehenen Schwellenwert.

Critical Load (CLO):

Kritische Belastungsgrenze für Einträge. Schwellenwerte für den indirekten Wirkungspfad. Jener Eintrag von Schadstoffen (Protonen, Schwefeläquivalente und Stickstoff, kg • ha⁻¹ • a⁻¹) aus der Atmosphäre, bei dessen Unterschreitung nach derzeitigem Kenntnisstand keine negativen Effekte bei bestimmten Wirkobjekten oder Rezeptoren (Pflanzen, Tieren, Menschen) auftreten können. Ziel: dauernder Schutz der Umwelt bei möglichst niedrigen Gesamtkosten und Absenkung der Belastung der Vegetation auf einen als akzeptabel angesehenen Schwellenwert. CLO sind abhängig vom Ökosystemtyp, von vorangegangenen und gegenwärtigen Bewirtschaftungen und Bodeneigenschaften.

Österreichisches Bioindikatornetz

Alfred FÜRST

Mit dem Österreichischen Bioindikatornetz (BIN) ist es möglich, die zeitliche Entwicklung und die räumliche Verteilung der Schwefel-Immissionseinwirkungen und der Nährstoffversorgung der Waldbäume aufzuzeigen.

Die Daten des Bioindikatornetzes dienen als Grundlage für forstfachliche Gutachten der Landesbehörden in forstrechtlichen Verfahren sowie in Verfahren nach dem Berg-, dem Abfallwirtschafts-, dem Gewerberecht und im UVP-Verfahren. Trotz starker SO₂-Emissionsreduktionen können in Österreich Schwefel-Immissionseinwirkungen nachgewiesen werden.

1983 wurde das Österreichische Bioindikatornetz (BIN) als bundesweites, flächendeckendes Monitoringnetz eingerichtet. Als Bioindikator wurde vorwiegend Fichte verwendet, die in Österreich Hauptbaumart ist. Nur im Osten Österreichs wurden - mangels geeigneter Fichtenflächen - auch Kiefern und Buchen herangezogen. Das BIN besteht aus einem 16x16 km Grundnetz (2002: 293 Punkte), mit dem flächenbezogene Aussagen möglich sind. Zur Beurteilung kleinräumiger Veränderungen wurden Verdichtungspunkte (2002: 483 Punkte) eingerichtet.

Auf jedem dieser Punkte werden von den Landesforstdiensten zwei Bäume beprobt. Im Herbst werden bei den Nadelbäumen aus dem oberen Kronenbereich (6. bis 7. Quirl von oben) Proben des laufenden und des vorjährigen Austriebes entnommen. Die Probenahme der Laubbäume erfolgt im September in Form einer Mischprobe aus dem oberen Kronendrittel.

Die Probenflächenauswahl, die Probebaumauswahl und die Probenahme sind im Anhang 3 der Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen beschrieben und standardisiert.

An der Abteilung für Pflanzenanalyse werden die Proben getrocknet, gemahlen und analysiert. Derzeit werden über 3000 Nadelproben pro Jahr untersucht und die Gehalte an Schwefel und Hauptnährstoffen (Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium) und den Mikronährstoffen Eisen, Mangan und Zink bestimmt und beurteilt. Im Einflussbereich von einschlägigen Emittenten werden auch die Gehalte an Fluor, Chlor, Blei und Cadmium ermittelt. Die Abteilung ist in internationalen Arbeitsgruppen federführend bei



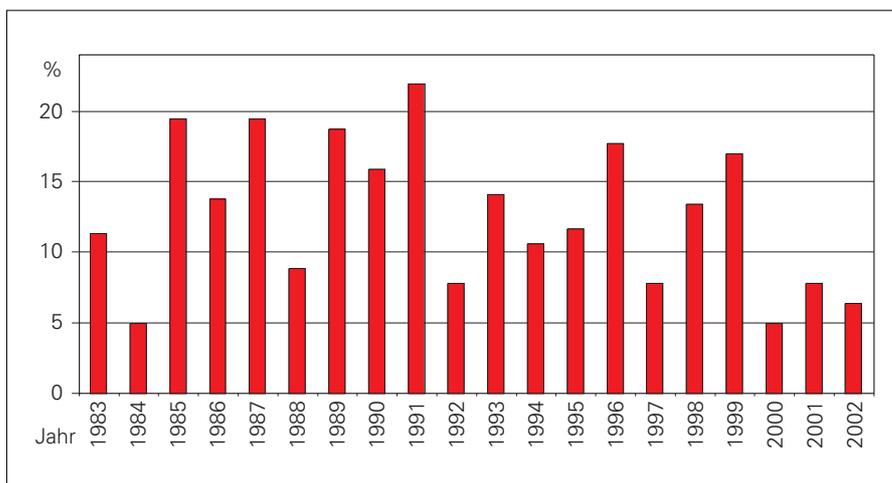
Astprobenahme

der Methodenentwicklung eingebunden und organisiert europaweit Ringversuche mit anderen forstlichen Labors, um die notwendige Analysenqualität sicher zu stellen.

Schwefel-Immissionen

Während des Untersuchungszeitraumes wurden an 5 bis 22 % der BIN-Punkte Grenzwertüberschreitungen nachgewiesen. Die Anteile sind erst in den letzten drei Jahren auf ein niedriges Niveau gesunken.

Entwicklung der Anteile an BIN-Grundnetzpunkten mit Schwefelgrenzwert-Überschreitungen

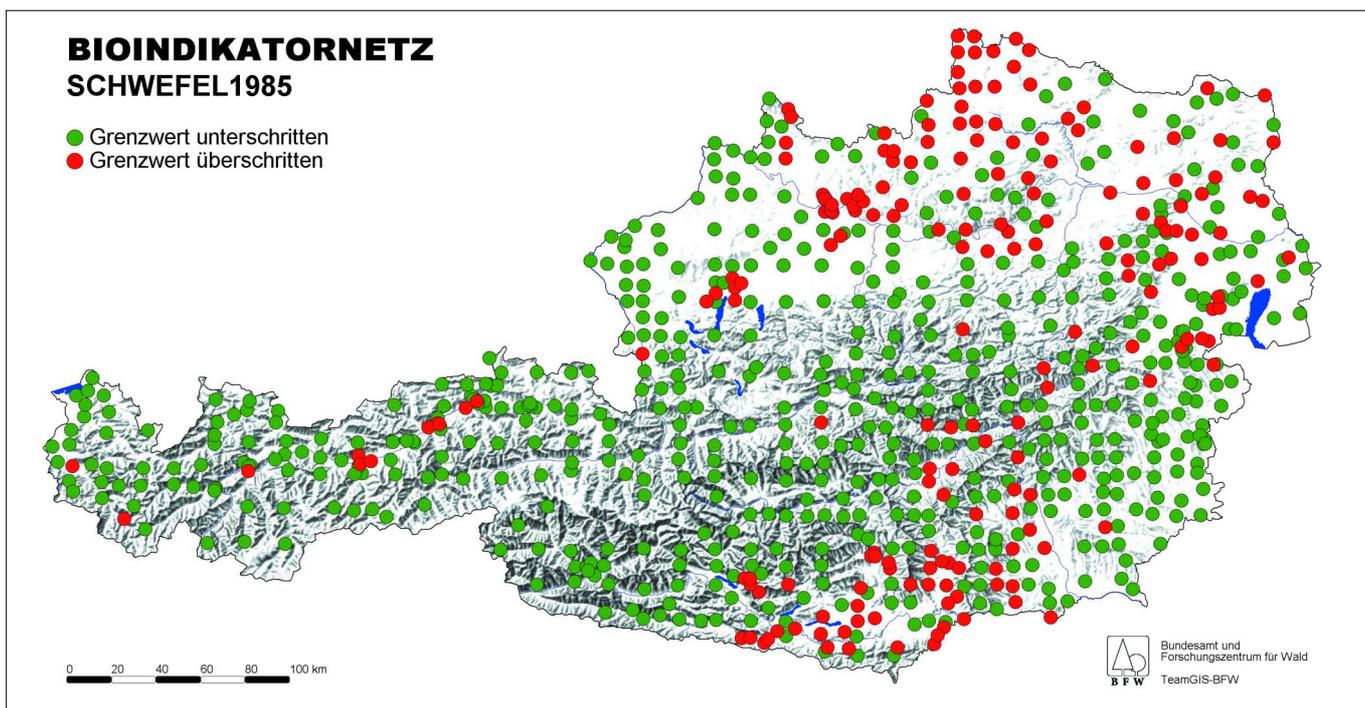


Die trotz der starken SO₂-Emissionsreduktionen in Österreich seit den 80er Jahren nachgewiesenen Schwefel-immissionseinwirkungen sind sowohl auf Schwefelimporte als auch auf lokale Emittenten zurückzuführen. So wurde z.B. Anfang der 80er Jahre erstmals die grenzüberschreitende Schwefel-Immissionsbelastung im Waldviertel nachgewiesen, aber auch die deutlichen Verbesserungen in diesem Gebiet ab 1998. In Teilen Kärntens und der Südsteiermark wurden, beginnend mit 1992, großflächige SO₂-Immissionseinwirkungen festgestellt. Die Ursache dafür war der erhöhte SO₂-Ausstoß des grenznahen slowenischen Braunkohlekraftwerkes Šoštanj. Die Verbesserung der Immissionsituation nach

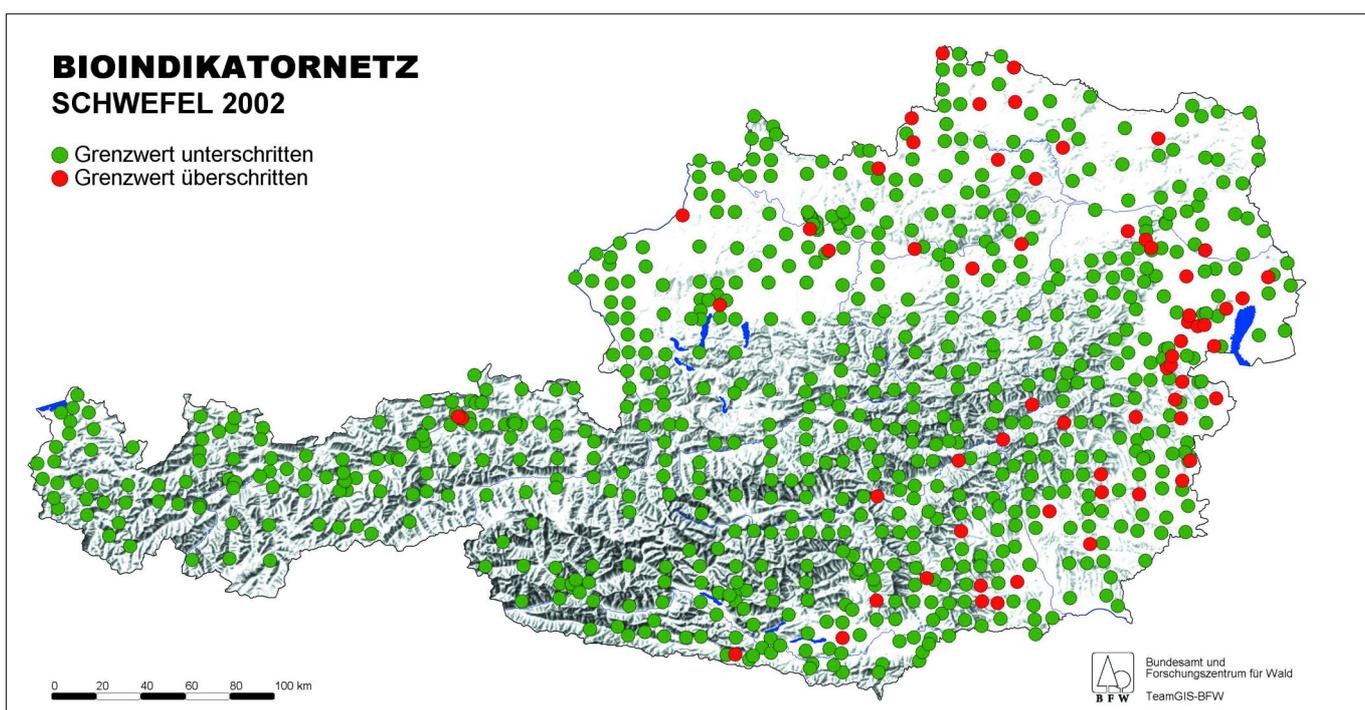
Einbau einer Rauchgasreinigungsanlage konnte anhand der BIN-Ergebnisse dokumentiert werden.

Vergleicht man die Ergebnisse des Jahres 1985 mit jenen von 2002 in den folgenden Abbildungen, so erkennt man die deutliche Verbesserung im Nahbereich von österreichischen Emittenten (z.B. im Raum Linz, Linz und Arnoldstein) sowie im Waldviertel und in Kärnten. Allerdings ist auch eine Verschlechterung im Burgenland - insbesondere im Raum Eisenstadt - erkennbar, deren Verursacher nicht bekannt sind; die Beteiligung von grenzüberschreitende Luftverunreinigungen kann jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Bioindikatornetz – Schwefelgrenzwertüberschreitungen 1985 (Nadeljahrgang 1 + 2)



Bioindikatornetz – Schwefelgrenzwertüberschreitungen 2002 (Nadeljahrgang 1 + 2)



Nährstoffe

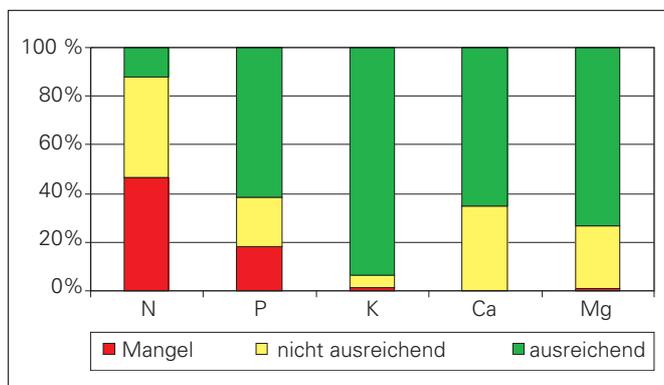
Die Ergebnisse der Nährstoffbestimmungen werden für Gutachten verwendet, dienen der Bewertung von Schadsymptomen an Blattorganen und zeigen die Entwicklung des Ernährungszustandes von Waldbäumen.

Die Nährstoffe Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium sind auch in der Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen in Form der Staub-Grenzwerte für Gehalte in Nadeln verankert und werden im Bereich von Emittenten (z.B. Zement- und Magnesitwerke) durch Nadelanalysen überwacht.

Visuell erkennbare Symptome eines Nährstoffmangels (Gelbverfärbungen) treten im Frühjahr auf und können mit anderen Schadsymptomen (Luftschadstoffe, Pilze, Insekten) verwechselt werden. Eine Beurteilung anhand der Ergebnisse der Blatt- bzw. Nadelanalysen ist zu diesem Zeitpunkt aber nicht zweckmäßig, weil die Nährstoffgehalte, bedingt durch den beginnenden Austrieb, sehr stark schwanken. Wenn Ergebnisse nahe gelegener Bioindikatorpunkte verwendet werden, kann eine erste Diagnose basierend auf den Blatt- und Nadelanalysen der Herbstprobenahme des vergangenen Jahres erfolgen.

Aus den 20-jährigen BIN-Ergebnissen zeigt sich, dass Stickstoff- und Phosphormangel vorherrschen. Knapp die Hälfte der Proben zeigten 2002 – regional differenziert - Stickstoffmangel.

Anteile der BIN Punkte mit mangelhafter, nicht ausreichender und ausreichender Versorgung (Grundnetz 2002)



Umweltprobenbank

Die knapp 100 000 Proben des Bioindikatornetzes werden seit 1983 archiviert. Damit ist auch Vergleichsmaterial vor der Inbetriebnahme von Industrieanlagen vorhanden, aber auch Veränderungen im Emissionsverhalten von Industrieanlagen können damit dokumentiert werden. In der Regel ist die Netzdichte für solche kleinräumige Erhebungen zu gering. Zur Feststellung der räumlichen Verteilung von Schadstoffen in der Nähe von lokalen Emittenten sind daher zusätzlich dichtere Untersuchungsnetze einzurichten, in denen Punkte des Bioindikatornetzes eingebunden werden, um mit diesen Ergebnissen auch in die „Vergangenheit“ des Industriestandortes blicken zu können.

Aber auch für wissenschaftliche Erhebungen wird diese Probenbank benützt: So wurde z.B. in Oberösterreich die radioaktive Belastung von Nadelproben mit Cäsium 137 und Strontium 90 im Rahmen der Beweissicherung um das Kernkraftwerk Temelin, sowie im Waldviertel nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl nachträglich gemessen und der Zusammenhang mit der Bodenkontamination untersucht.

Internetdatenbank

Die Ergebnisse des BIN bilden einen wichtigen Bestandteil der in Österreich erhobenen Umweltdaten. Diese Ergebnisse können von Behörden, Universitäten, Ziviltechnikern und Waldbesitzern genutzt werden. Für den an der Umwelt interessierten Bürger bietet das BFW ausgewertete Ergebnisse in der Internetdatenbank *BIN-Online* gratis an (<http://bfw.ac.at/600/1034.html>). Die aggregierten Ergebnisse können in tabellarischer und in grafischer Form nach Auswerteeinheiten (Bund, Land, BFI, Wuchsgebiet) abgerufen werden.

**Info zum Projekt
Österreichisches Bioindikatornetz unter:
<http://bfw.ac.at/600/1004.html>**

**Info zur Probenahme und
zu Kosten von pflanzenanalytischen
Untersuchungen unter:
<http://bfw.ac.at/600/1003.html>**

Literatur

- FÜRST A. 2003: Österreichisches Bioindikatornetz – Schwefelimmersionseinwirkungen 2002. Bundesamt und Forschungszentrum für Wald – Wien. ISBN 3-901347-43-7.
- FÜRST A., SMIDT S. & HERMAN F. 2003: Monitoring the impact of sulphur with the Austrian Bioindicator Grid. *Environmental Pollution* 125,13–19.
- FÜRST A. 2004: 6th Needle/Leaf Interlaboratory Comparison Test 2003/2004. Austrian Federal Office and Research Centre for Forests - Vienna. ISBN 3-901347-46-1.
- IRLWECK K., LENZ H. & FÜRST, A. 1999: ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr contamination of spruce needles in the northern region of Austria. *Journal of Environmental Radioactivity* 46 (1999): 179-185.
- STEFAN K., FÜRST A., HACKER R. & BARTELS U. 1997: Forest Foliar Condition in Europe -Results of large-scale foliar chemistry surveys 1995, EC/UN-ECE.
- STEFAN K., FÜRST A. 1998: Indications of S and N inputs by means of needle analyses based on the Austrian Bioindicator Grid. *Environ. Sci. & Pollut. Res. – Special Issue* 1, 63-69.

Immissionsschäden und Forstbehörde

Der folgende Überblick wurde aus den Volltexten von DI. Heinz Lick und DI Walter Wuggenig erstellt, die Langfassung ist unter den angeführten URL-Adressen abrufbar.

Die Forstbehörde ist für den Waldeigentümer der erste Ansprechpartner, wenn anlagenbezogene Immissionsschäden vermutet werden. Bei bereits genehmigten Anlagen ist es für den Waldeigentümer und die Behörde u.a. wegen der im Forstgesetz festgeschriebenen wirtschaftlichen Interessensabwägung schwierig, auf der Grundlage des Forstgesetzes in die bereits bestehenden Bescheide einzugreifen.

Wesentlich wirkungsvoller und vorbeugend kann die Forstbehörde eingreifen, indem sie im Zuge von Anlageneinigungen (Neuanlagen und Aufrüstungen) Auflagen zur Emissionsminderung und zur Kontrolle erteilt. Hierbei sind die Daten des Österreichischen Bioindikatornetzes ein wichtiges Hilfsmittel.

1. Erhebungen über forstschädliche Luftverunreinigungen

Die Forstbehörde ist der erste Ansprechpartner bei (vermuteten) Immissionsschäden. Die rechtliche Basis ist das Forstgesetz 1975 (BGBl. 440/1975), die Zweite Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (BGBl. 199/1984) und der dazu gehörige Durchführungserlass vom November 1984. Gemäß Forstgesetz §51 („Besondere Maßnahmen“) und §52 („Erhebungen über forstschädliche Luftverunreinigungen“) hat die Behörde den Inhaber der die Gefährdung der Waldkultur verursachenden Anlage festzustellen sowie Messungen und Untersuchungen von forstschädlichen Luftverunreinigungen durchzuführen, wenn das Vorhandensein von forstschädlichen Luftverunreinigungen anzunehmen ist. Eine solche Annahme kann durch eigene Wahrnehmungen, durch Analysenergebnisse aus dem Österreichischen Bioindikatornetz, durch Mitteilungen anderer Behörden (Ergebnisse von Luftgüteuntersuchungen) oder durch Anträge von Parteien gemäß §52 Forstgesetz 1975 begründet werden.

Einleitung eines Verfahrens

Zuerst sind von der Behörde biotische Schäden auszuschließen. Liegen Hinweise auf Schäden durch forstschädliche Luftverunreinigungen vor, hat die Bezirksforstinspektion der Landesforstbehörde über das vermutliche Schadensgebiet (Ausmaß, Lage, Schutz- oder Bannwälder) Meldung zu erstatten. Die Forstbehörde hat sodann Sachverständige zu beauftragen, Messungen im Gelände durchzuführen. Ergeben die Messungen eine Überschreitung eines Immissionsgrenzwertes, ist zu prüfen, welche Anlage oder welche Anlagen als Quelle der Luftverunreinigungen in Frage kommen.

Der forstliche Sachverständige hat allenfalls die vor-

handenen Einwirkungen von forstschädlichen Luftverunreinigungen festzustellen und unter Berücksichtigung zusätzlich eingeholter Gutachten ein Zeugnis gemäß §52 Abs. (5) auszustellen.

Die Meldungen über Einleitung von Verfahren und Anträge von Parteien gemäß §52 FG 1975 sowie die End- und Zwischenergebnisse der Erhebungen müssen der Landesforstdirektion laufend zur Kenntnis gebracht werden, die dann dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) einmal jährlich einen zusammenfassenden „Bericht über Maßnahmen auf Grund des Abschnittes IV.C Forstgesetz 1975“ vorzulegen hat.

Kostentragung

Aufgrund der Erlässe vom Dezember 1983 und Jänner 1986 wurde vom BMLFUW die Kostentragung bei Erhebungen über forstschädliche Luftverunreinigungen gemäß §52 Forstgesetz 1975 Abs. (4) so geregelt, dass zunächst der Bund (BMLFUW) die Kosten für die Erhebungen zu tragen hat (Vorlage von Rechnungen, sodann Refundierung der Erhebungskosten). Nach Abschluss der Erhebungen ist das Ergebnis - allenfalls eine Ablichtung des ausgestellten Zeugnisses - dem BMLFUW zu übermitteln. Aus diesem muss zweifelsfrei hervorgehen, ob die Kosten der Erhebungen auf Grund § 52 Abs. (4) Forstgesetz 1975 vom Inhaber einer Anlage (wenn keine rechtliche Bewilligung vorliegt) vom Antragsteller (wenn kein messbarer Schaden vorliegt) oder vom Bund zu tragen sind.

Angewandte Erhebungsmethoden

Die wichtigsten Methoden bei der Erhebung von forstschädlichen Luftverunreinigungen sind: Chemische Nadelanalysen (Bioindikatornetz), dauerregistrierende Luftgütemessungen und zuwachskundliche Untersuchungen. Methoden zur Unterstützung in den forstrechtlichen Verfahren sind die Bioindikation mittels Flechten, rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen der Nadelwachse, Waldbodenuntersuchungen, Messungen der Schwermetalldeposition und integrale Schadstoffmessungen.

Erfahrungen im Vollzug

Im Rahmen von Feststellungsbescheiden bzw. Berufungsverfahren ist eine ständige Aktualisierung der Messergebnisse erforderlich, da laut Verwaltungsgerichtshof ein in der Vergangenheit liegender Sachverhalt nicht Grundlage für einen Leistungsbescheid sein kann. Daher ist das Vorliegen einer aktuellen Datenbasis beim Vollzug des Abschnittes IV.C Forstgesetz 1975 unerlässlich.

Im §49 Abs. (3) Forstgesetz 1975 ist festgeschrieben, dass eine Interessensabwägung zu erfolgen hat. Das hat in der Praxis zur Folge, dass bei einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung der Anlage die Interessen des Waldes nachrangig bewertet werden. Ein weiteres Problem ist, dass bei einer Bewertung der Waldleistungen lediglich die Holzzuwächse als Kriterium gelten und die überwirtschaftlichen Leistungen des Waldes (Schutz-, Erholungs- und Wohlfahrtsfunktion) nicht bewertet werden, was die Argumentationsbasis für den Wald zusätzlich schwächt. Lediglich für den Schutz- und Bannwald gelten strengere Auslegungen.

2. Bewilligung von Neuanlagen und Anlagenänderungen

Im Zuge der Genehmigung von Anlagen im weiteren Sinn ist die Forstbehörde auch in Verfahren nach dem Berg-, Abfallwirtschafts-, Gewerberecht und UVP-Verfahren sowie bei anderen Beweissicherungsverfahren (z.B. im Rahmen eines Autobahnbaues) eingebunden. Ziel ist es zu prüfen, ob durch die zusätzlichen Emissionen eine Gefährdung der Waldkultur (Schaden an Waldboden oder Bewuchs) zu erwarten ist. Folgende Fragen stellen sich im Zusammenhang mit der Bewilligung von Neuanlagen:

- **Wird für die Umsetzung der geplanten Maßnahmen Waldboden beansprucht (Rodung)?** Ist dies der Fall, ist vom Antragsteller bei der zuständigen Behörde ein gesonderter Antrag auf Durchführung eines Rodungsverfahrens zu stellen.
- **Handelt es sich um eine Anlage gemäß Forstgesetz?** Die Anlagen gemäß §9, die Emissionsstoffe emittieren, sind in Anhang 4 taxativ aufgelistet. So sind z. B. Anlagen zur Herstellung von Düngemitteln, Anlagen, die Chlor und Chlorverbindungen emittieren, Müllverbrennungsanlagen und Tierzucht- und Tierhaltungsbetriebe genannt. Nur für solche ist ein forsttechnisches Gutachten notwendig. Demnach fallen Anlagen, die Schwefeloxide emittieren, die durch Verbrennungsvorgänge entstehen und eine Wärmeleistung von mehr als 2 MW aufweisen, unter den forstlichen Anlagebegriff.
- **Sind die Voraussetzungen für die Bewilligung von Neuanlagen bzw. Anlagenerweiterungen gegeben?** Die Bewilligung von Neuanlagen sowie von Änderungen von Anlagen ist zu erteilen, wenn eine Gefährdung der Waldkultur nicht zu erwarten ist oder diese durch Vorschreibung von Bedingungen und Auflagen beseitigt werden kann. Eine Genehmigung nach dem Forstgesetz ist jedoch zu versagen, wenn in Schutz- und Bannwäldern Überschreitungen von Immissionsgrenzwerten zu erwarten sind und diese Gefahr auch nicht durch Vorschreibung von Bedingungen und Auflagen abgewendet werden kann. Eine Anlagenänderung nach dem Forstgesetz ist nur dann bewilligungspflichtig, wenn gegenüber dem Zustand vor der Änderung eine Zunahme forstschädlicher Luftverunreinigungen zu erwarten ist.
- **Wie hoch ist die Grundbelastung?** Basis für die Gutachten ist die Feststellung der Grundbelastung, d.h. der lokalen Immissionsbelastung vor Inbetrieb-

nahme der Neuanlage bzw. der Anlagenänderung. Grundlage hierfür sind:

- **Nadelanalysen** aus dem Bioindikatornetz bzw. dem Verdichtungsnetz sowie aus Landesnetzen und lokalen Beweissicherungsnetzen um Betriebsanlagen;
- **Luftmessdaten** von Luftmess-Stationen im Einflussbereich der geplanten Anlage und
- **Modellberechnungen**; diese beziehen zur Ausbreitungsabschätzung Luftmessdaten und Klimadaten sowie die orographischen Gegebenheiten mit ein.

Da Luftmessstationen in der Nähe der geplanten Anlage oft nicht vorhanden sind und deshalb auch keine Modellberechnungen durchgeführt werden können, kommt der Bioindikation zur Erhebung der Grundbelastung besondere Bedeutung zu. Durch das BIN liegen immer aktuelle Daten vor. Sie ermöglichen ohne die sonst üblichen Vorlaufzeiten eine rasche Abschätzung der Grundbelastung. Damit ist auch eine rasche Verfahrensabwicklung bei der Anlagengenehmigung sichergestellt. Die Basis für den erfolgreichen Einsatz der Bioindikation mit Waldbäumen im Bewilligungsverfahren ist die langjährige Erfahrung am Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, der hohe Stand der Laboranalytik sowie die in der Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen festgelegten Grenzwerte, die die Beurteilung der Ergebnisse ermöglichen. Durch die Archivierung der Pflanzenproben können weitere Untersuchungen in Absprache mit den Antragstellern in kürzester Zeit durchgeführt werden. Im Regelfall kann so in nur wenigen Wochen die Grundbelastung ausreichend genau dargestellt werden. Im Rahmen der Begutachtung sind auch die im Waldentwicklungsplan festgeschriebenen Waldfunktionen (Schutzfunktion) zu berücksichtigen.

- **Wie hoch ist die Zusatzbelastung?** Anhand der Ausbreitungsrechnung in den Einreichunterlagen erfolgt eine erste Abschätzung der Zusatzbelastung. Diese wird von immissionstechnischen Amtssachverständigen überprüft. Ist eine Überschreitung der Immissionsbelastung z.B. an Prallhängen zu erwarten, sind Maßnahmen zur Eindämmung der Emissionen vorzuschreiben.
- **Überwachung der Anlage nach der Inbetriebsetzung:** Zur Beweissicherung eines ordnungsgemäßen Betriebes und zur Absicherung der Angaben, die über die Ausbreitungsrechnung gemacht wurden, wird das vorhandene Biomonitoring (Bioindikatornetz und lokale Netze) jährlich weitergeführt. Neben dem Biomonitoring kann die Behörde (bei Großanlagen) auch Luftmessstation zur Überwachung vorschreiben.

Durch die intensive Zusammenarbeit der Forstbehörden mit Gewerbebehörde sowie dem Umwelt- und Gesundheitsabteilungen der Länder bei der Anlagengenehmigung sind Maßnahmen zur Verbesserung der Immissionssituation rechtlich leichter umsetzbar.

Der Text ist eine Zusammenfassung der Beiträge von:

Dipl. Ing. Walter Wuggenig
 Amt der Kärntner Landesregierung
 Abteilung 10F – Landesforstdirektion
 Bahnhofplatz 5, 9021 Klagenfurt
 Tel.: 0664-80536-31036
 e-mail: walter.wuggenig@ktn.gv.at

Dipl. Ing. Heinz Lick
 Amt der Steiermärkischen Landesregierung
 Abteilung 10C – Forstwesen
 Brückenkopfgasse 6, 8020 Graz
 Tel.: 0316-877-4534
 e-mail: heinz.lick@stmk.gv.at

<http://bfw.ac.at/600/2269.html>

<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/95572/DE>

Österreichische SO₂-, NO_x- und Ozon-Grenz- und Zielwerte zum Schutz der Vegetation

Schadstoff	Grenzwert/Zielwert	
SO₂	Immissionsgrenzwert Vegetationszeit: <u>Halbstundenmittel:</u> IV-IX: 70µg SO ₂ /m ³ (97,5 Perzentil); die zulässige Überschreitung, die sich aus der Perzentilregelung ergibt, darf höchstens 100% betragen <u>Tagesmittel:</u> IV-X: 50µg SO ₂ /m ³	Forstgesetz 2. VO gegen forstschädliche Luftverunreinigungen, BGBl. 199/1984
SO₂	Immissionsgrenzwert Vegetationsruhe: <u>Halbstundenmittel:</u> XI-III: 150µg SO ₂ /m ³ (97,5 Perzentil); die zulässige Überschreitung, die sich aus der Perzentilregelung ergibt, darf höchstens 100% betragen <u>Tagesmittel:</u> XI-III: 100µg SO ₂ /m ³	Forstgesetz 2. VO gegen forstschädliche Luftverunreinigungen, BGBl. 199/1984
SO₂	Immissionsgrenzwert: 20 µg SO ₂ /m ³ für das Kalenderjahr und das Winterhalbjahr (1. Oktober bis 31. März)	Immissionsschutzgesetz Luft VO des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Immissionsgrenzwerte und Immissionszielwerte zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation, BGBl. 298/2001
SO₂	Zielwert: 50 µg SO ₂ /m ³ als Tagesmittelwert	Immissionsschutzgesetz Luft VO des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Immissionsgrenzwerte und Immissionszielwerte zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation, BGBl. 298/2001
NO_x	Immissionsgrenzwert: 30 µg NO _x /m ³ für das Kalenderjahr	Immissionsschutzgesetz Luft VO des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Immissionsgrenzwerte und Immissionszielwerte zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation, BGBl. 298/2001
NO₂	Zielwert: 80 µg NO ₂ /m ³ als Tagesmittelwert	Immissionsschutzgesetz Luft VO des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Immissionsgrenzwerte und Immissionszielwerte zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation, BGBl. 298/2001
Ozon	Zielwert ab dem Jahr 2010: AOT40 von 18.000 µg/m ³ .h, berechnet aus den Einstundenmittelwerten von Mai bis Juli, 8.00-20.00 MEZ, gemittelt über fünf Jahre	Ozongesetz Bundesgesetz, mit dem ein Bundesgesetz über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (Emissionshöchstmengengesetz-Luft, EG-L) erlassen sowie das Ozongesetz und das Immissionsschutzgesetz Luft geändert werden. Artikel II: Änderung des Ozongesetzes (Anlage 2), BGBl. 34/2003
Ozon	Langfristiges Ziel für das Jahr 2020: AOT40 von 6.000 µg/m ³ .h, 8.00-20.00 MEZ, berechnet aus den Einstundenmittelwerten von Mai bis Juli	Ozongesetz Bundesgesetz, mit dem ein Bundesgesetz über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (Emissionshöchstmengengesetz-Luft, EG-L) erlassen sowie das Ozongesetz und das Immissionsschutzgesetz Luft geändert werden. Artikel II: Änderung des Ozongesetzes (Anlage 3), BGBl. 34/2003

Immissionsschäden richtig erkennen

Thomas L. CECH und Stefan SMIDT

Luftschadstoffe können in überhöhten Konzentrationen sichtbare Symptome an Nadeln und Blättern hervorrufen. Meist sind die Schadmerkmale wenig spezifisch und können daher mit anderen Ursachen verwechselt werden. Eine Diagnose der Symptome ist nur mit Hilfe einer eingehenden Schadansprache (Differentialdiagnose) möglich. Dabei werden die Schadbilder mit bekannten Schadbildern unter Anwendung mikroskopischer Methoden identifiziert.

Ozon

Im Gegensatz zu den sauren und basischen Luftschadstoffen, deren Symptome an den Pflanzen schon lange bekannt sind, begann man erst vor 20 Jahren, Ozonsymptome durch Begasungs-Experimente künstlich hervorzurufen und zu beschreiben. In Europa sind es die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL; <http://www.wsl.ch>) und das Centro de Estudios Ambientales del Mediterraneo in Spanien (CEAM; <http://www.gva.es/ceam>), die sich mit der genauen Charakterisierung von ozoninduzierten Blatt- und Nadelsymptomen befassen. Beide Zentren geben im Internet umfassende Informationen zu den spezifischen Ozon-Symptomen an verholzten und krautigen Pflanzen.

Die Schwierigkeit, Ozonsymptome eindeutig zu identifizieren, liegt in deren oft undeutlichen Ausprägung und an den nur wenigen okular erfassbaren differentialdiagnostischen Kriterien. Ozonsymptome lassen sich okular allenfalls aus der Kombination bestimmter Form-, Farb-, und Verteilungskriterien mit anatomischen Methoden identifizieren. Im Gegensatz zu anderen anorganischen Schadstoffen (Schwefel, Fluor, Chlor) sind Ozoneinwirkungen durch die Analyse von Blattinhaltsstoffen nicht nachzuweisen, sodass nur mikroskopische Methoden verwendet werden können. Schäden durch Insekten und Pilze sind leichter zu bestimmen, da in der Regel die Erreger selber an den Proben nachgewiesen werden können.

Nadelgehölze

Bei Nadelgehölzen treffen die oben beschriebenen Schwierigkeiten bei der Taxation von Ozonschäden in höherem Maße zu als bei Laubgehölzen und krautigen Pflanzen. Nadelgehölze haben weniger morphologische Abgrenzungs-Kriterien als Laubgehölze.

Fichte: Bei der europäischen Fichte ist eine sichere Identifikation von ozon-induzierten Nadelverfärbungen ohne anatomische Untersuchungen nicht möglich; eine feine gelbe Sprenkelung, die Ozon zugeordnet werden könnte, kann ebenso durch Brennglas-Effekte wie durch Wassertröpfchen bzw. auch durch frei lebende Gallmilben oder Nadelholzspinnmilben ausgelöst werden.



Feine gelbe Sprenkelung an Fichtennadeln, experimentell hervorgerufen durch Ozon
Foto Hartmann



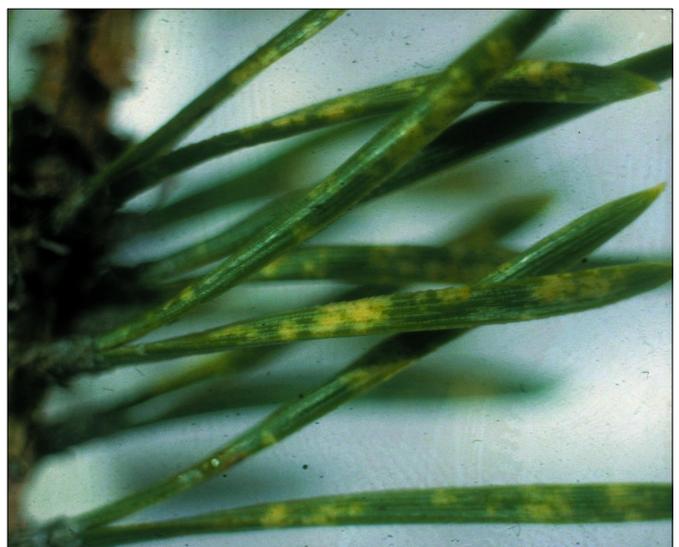
Gelbe Sprenkelung an Fichtennadeln, hervorgerufen durch Brennglaseffekt, verstärkt durch Frost

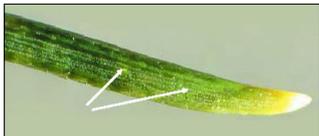


Feine gelbe Sprenkelung an Fichtennadeln, hervorgerufen durch Nadelholzspinnmilben

Kiefer: Bei Kiefern besteht die wichtigste Verwechslungsgefahr der Ozon-Symptome mit Saugflecken von Zwergzikaden. Die an der Nadelbasis vorhandenen Eigelege sind an den feinen Längsschlitz stereomikroskopisch erkennbar, während die an den Saugstellen nach dem Saugakt verbleibenden Speichelscheiden nur mit Hilfe des Raster-Elektronenmikroskopes eindeutig identifiziert werden können.

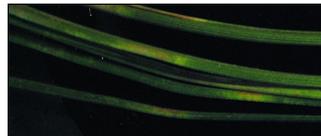
Gelbe Sprenkelung an Kiefernadeln, hervorgerufen durch Zwergzikaden





Feine gelbe Sprenkelung an Kiefernadeln, experimentell hervorgerufen durch Ozon

Foto: Günthardt-Görg



Gelbe Sprenkelung an Kiefernadeln, hervorgerufen durch den Pilz *Lophodermium pinastri* im Frühstadium

Auch frühe Stadien bestimmter Pilzkrankheiten rufen ähnliche Symptome hervor.

Ozonschädigungen manifestieren sich an Blättern von Laubgehölzen als flächige oder fein punktierte Rötungen zwischen den Adern. Diese Verfärbungen sind aber im Gegensatz zu den durch Pilze hervorgerufenen Blattflecken nur auf der Blattoberfläche sichtbar.

Laubgehölze

Buche: Auf Buchenblättern erzeugt Ozon eine feine, charakteristische „Bronzierung“. Diese kann mit Symptomen verwechselt werden, die durch die Buchenblattbräune (*Apiognomonia errabunda*) hervorgerufen werden, wenn diese im



Feine Fleckung eines Buchenblattes, hervorgerufen durch die Buchenblattbräune



Bronzierung eines Buchenblattes, hervorgerufen durch Ozon

Fleck auf einem Buchenblatt, hervorgerufen durch Buchenblattbräune (stereomikroskopisch vergrößert)

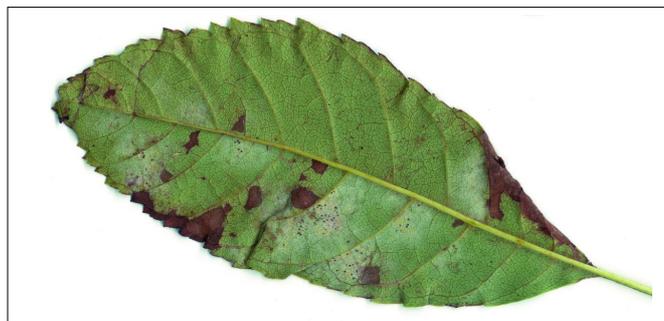


Anfangsstadium der Entwicklung ebenfalls eine sehr feine Fleckung zeigt. Mit einem Stereomikroskop und einem Lichtmikroskop für den Sporennachweis können die Fruktifikationen des Pilzes nachgewiesen werden.

Esche: Vergleichsweise einfach ist der Nachweis von Ozon-Symptomen bei der europäischen Esche. Hier ist die rötliche Verfärbung der Blätter deutlicher als bei der Buche ausgeprägt. Die meisten Pilzkrankheiten der Esche erzeugen ebenfalls scharf abgegrenzte Flecken.



Blattverfärbung an Esche, hervorgerufen durch Ozon



Blattverfärbung an Esche, hervorgerufen durch Blattbräunepilze

Saure Luftschadstoffe

Schwefeldioxid

Fichten: Am Beispiel akuter Schwefeldioxidschäden zeigt sich klar die Notwendigkeit genauer optischer Analysen. Kräftige Nadelverfärbungen von gelb bis braun können viele andere Ursachen, z.B. Frostschäden und Frühbefall durch Hallimasch, haben.

Nadelnekrosen an Fichte, hervorgerufen durch Schwefeldioxid





Nadelnekrosen an Fichte, hervorgerufen durch Frost



Nadelnekrosen an Fichte, hervorgerufen durch Hallimasch

Wenn nur die Nadelspitze vergilbt ist, ist meist Minierfraß durch Fichtennadelmotten (*Blastotere* spp.) die Ursache, sie kann durch eine stereomikroskopische Analyse identifiziert werden. Die Wurzelfäule durch den Hallimasch (*Armillaria* - Arten) kann durch eine

makroskopische Überprüfung des Wurzelsystems nachgewiesen werden.

Laubhölzer: Blattnekrosen durch SO_2 können mit verschiedenen durch Mikropilze ausgelösten Flecken verwechselt werden, zu denen *Diplodina acerina* als häufigste Art beim Ahorn sowie *Apiognomonia*

Blattnekrosen an Ahorn, hervorgerufen durch *Diplodina acerina*



Blattnekrosen an Ahorn, hervorgerufen durch Schwefeldioxid

Blattnekrosen an Eiche, hervorgerufen durch *Apiognomonia quercina*



quercina in Kombination mit Magnesiummangel bei der Roteiche zählen. Derartige Flecken können zu größeren Einheiten zusammenfließen und Schäden durch saure Luftschadstoffe gleichen, doch bilden die meisten Blattpilze schnell Fruchtkörper, die mikroskopisch bestimmt werden können. Den Nachweis liefert die Blatt- und Nadelanalyse.

Streusalze

Streusalze (Auftausalze) gehören zu den häufigsten Schadursachen für Blatt- und Nadelverfärbungen an Bäumen im unmittelbaren Bereich stark befahrener Straßen bzw. von Alleebäumen.

Nadelbäume: Bei Nadelhölzern äußern sich Auftausalz-Schäden in Form von flächigen Nadelvergilbungen und Nadelrötungen, später in Form von Nadelverlusten. Frostschäden sehen ähnlich aus, ebenso die Symptome mancher Schütteerreger. Verwechslungen sind vor allem dann möglich, wenn die Rotfärbung nicht stark ausgeprägt ist.



Symptome an Fichtennadeln, hervorgerufen durch Auftausalze



Schütte von Fichtennadeln, hervorgerufen durch Schüttepilze

Laubbäume: Bei Laubbäumen rufen Auftausalze vor allem Nekrosen der Blattränder hervor, die große Teile des Blattes erfassen können. Sie sind meistens rötlich verfärbt. Oft kommt es zu Blattrollungen. Sicherheit bietet eine Untersuchung in zwei Stufen: Zunächst sollten Trockenschäden und Pilzkrankheiten (Stereomikroskop) als Ursache ausgeschlossen werden; beide erzeugen ebenfalls Randnekrosen. Ferner ist zu klären, ob am Standort überhaupt Auftausalze ausgebracht wurden. Zum Beweis muss immer eine chemische Analyse auf Chlorid durchgeführt werden.



Randnekrosen an Ahornblättern, hervorgerufen durch Auftausalze

Die Zuordnung von Symptomen an Blättern und Nadeln zu bestimmten Schadstoffen erfordert in der Regel eine differenzierte Vorgangsweise. Im Freiland kann es notwendig sein, vor Ort eine Differentialdiagnose durchzuführen, wenn Symptome undeutlich ausgeprägt sind oder von anderen Symptomen überlagert werden. Ansonsten erfolgt die Abgrenzung gegen andere Schäden vorzugsweise mit Hilfe stereomikroskopischer Untersuchungen. Grundsätzlich gilt: Je rascher die Untersuchung durchgeführt wird, desto einfacher ist die primäre Diagnose. Folgeschädlinge, die das Schadbild verwischen können, haben sich dann noch nicht entwickelt. Erfahrung mit der Erkennung von Symptomen verschiedener Art führen im Fall der meisten Immissionsschäden über das Ausschlussverfahren zum Erkennen der Ursache. Die chemische Analyse liefert im Fall der sauren Schadgase und der Auftausalze den Beweis. Immissionen durch bodennahes Ozon sind insofern ein Sonderfall, als hier die Symptome meist schwer morphologisch von anderen zu trennen sind, und Nachweisverfahren anatomische Gewebeuntersuchungen erfordern, die noch nicht praxisreif sind.

Detaillierte Information zur Schadensdiagnose unter:
<http://bfw.ac.at/400/2063.html>

Literatur

- FLAGLER R.B. 1998: Recognition of air pollution injury to vegetation. A pictorial atlas. Air and Waste Management Association. ISBN 0-923204-14-8.
- HANISCH B., KILZ E. 1990: Waldschäden erkennen. Fichte und Kiefer. Eugen Ulmer Stuttgart.
- HARTMANN G., NIENHAUS F., BUTIN H. 1995: Farbatlas Waldschäden. Diagnose von Baumkrankheiten. Eugen Ulmer.
- INNES J.L., SKELLY J.M., SCHAUB M. 2001: Ozon, Laubholz- und Krautpflanzen. Ein Führer zum Bestimmen von Ozonsymptomen. Verlag Haupt.
- NIENHAUS F., BUTIN H., BÖHMER B. 1992: Farbatlas Gehölzkrankheiten, Ziersträucher und Parkbäume. Eugen Ulmer.
- SCHAUB M., CHERUBINI P., KRÄUCHI N. 2001: Ozon – Auswirkungen auf den Wald. WSL Birmensdorf, Publozon 2001.

Politischer Handlungsbedarf

Friedl HERMAN und Stefan SMIDT

Die österreichischen Wälder sind kleinräumig vor allem durch Stickstoffoxide, Schwefeldioxid, Fluorwasserstoff, Streusalze und flüchtige organische Komponenten (VOC's), großräumig durch Ozon, eutrophierende und saure Depositionen sowie durch Schwermetalleinträge belastet. Die derzeit geltenden gesetzlichen Regelungen gewährleisten keinen umfassenden Schutz der forstlichen Vegetation vor Immissionen.

Die Ergebnisse der Waldschadensforschung zeigen, dass weitere Maßnahmen in der Luftreinhaltepolitik unumgänglich sind.

Was fehlt in den drei gesetzlichen Regelungen?

Die Zweite Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen bezieht sich nur auf Anlagen und nimmt somit z.B. den Hausbrand und Linienquellen wie Verkehrswege aus. Ein gesetzlicher Schutz ist nur für einen kleinen Teil der österreichischen Waldfläche gegeben, nämlich für jenen, wo Immissionseinwirkungen eindeutig einem oder mehreren Emittenten zugeordnet werden können bzw. wo diese einen messbaren Schaden am Bewuchs verursachen. Die Verordnung enthält keine Grenzwerte für NO_x und Ozon. Zudem ist nicht berücksichtigt, dass winterliche Immissionseinwirkungen ebenso streng zu bewerten sind wie sommerliche.

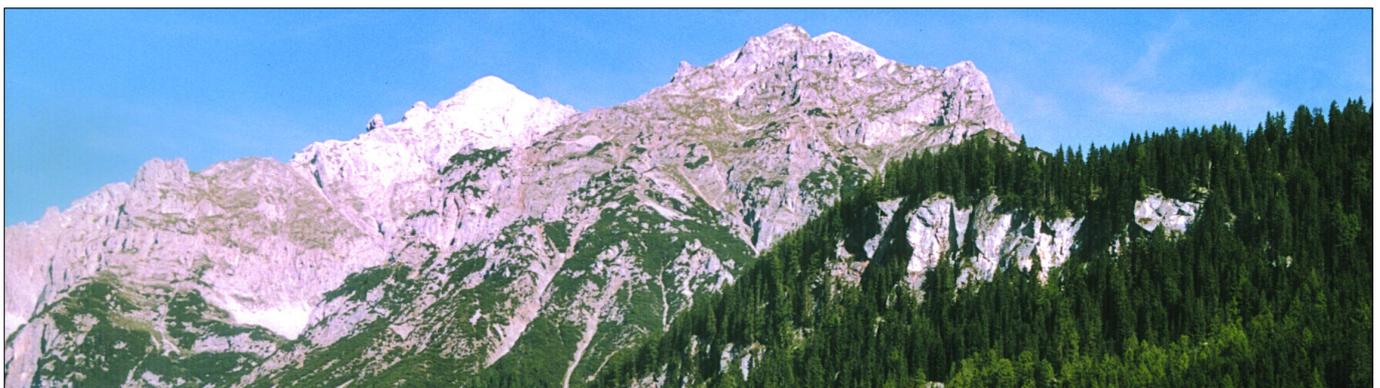
Dem **Immissionsschutzgesetz Luft** fehlen für einen umfassenden Schutz verbindliche SO₂- und NO_x-Grenzwerte auf der Basis von Tages- und Halbstundenmittel in Ergänzung zu den Jahresmittel-Grenzwerten. Grenzwerte für versauernde und eutrophierende Einträge fehlen ebenfalls.

Das **Ozongesetz** enthält nur Zielwerte und langfristige Ziele. Erstere gelten erst ab 2010. Das langfristige Ziel zum Schutz der Vegetation gilt sogar erst ab 2020.

Handlungsbedarf für den Gesetzgeber

- **Novellierung der Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen.** Hierfür ist v.a. eine Angleichung der Wintergrenzwerte an die Sommergrenzwerte vorzunehmen. Ferner ist die Einbeziehung von NO₂- bzw. NO_x-Grenzwerten zu fordern. Ozon ist unter dem Aspekt des Synergismus zu berücksichtigen, indem strengere SO₂-Grenzwerte bei erhöhten Ozonkonzentrationen angewendet werden müssen (der Synergismus ist beim Schutz des Menschen bereits durch entsprechende SO₂- und Staubgrenzwerte berücksichtigt). Schließlich wäre eine Angleichung der Schwermetall-Depositionsgrenzwerte an die strengeren Schweizerischen Grenzwerte anzustreben.
- **Im Zuge der Überwachung der Luftqualität nach dem Immissionsschutzgesetz Luft wäre es geboten, das Messstellennetz zum Schutz der Waldvegetation in Abstimmung mit den Bundesländern weiter zu entwickeln.** Wenn dies nicht geschieht, können beträchtliche Teile des österreichischen Waldes nicht geschützt werden. Darüber hinaus sind in Europa verstärkte Anstrengungen zur Verringerung von versauernden und eutrophierenden Substanzen notwendig.
- **Ozongesetz: Eine Vorziehung der im Ozongesetz genannten Ziele und Zielwerte wäre zum Schutz des Waldes notwendig.** Um dies zu erreichen, wären die seitens der EU bereits vorgeschriebenen Emissionsminderungen bis 2010 (SO₂ um 7 %, NO_x um 40 %, flüchtige organische Verbindungen ohne Methan um 31 % und Ammoniak um 6 %) weiter zu verschärfen. Dies besonders unter dem Aspekt, dass einige Emissionen klimarelevant sind und die im Kyoto-Protokoll verbindlich zugesagten Emissionsminderungen erreicht werden müssen.

**Ausführlicher Text unter Beiträge zum Walddialog:
<http://bfw.ac.at/600/2232.html>**



Untersuchungsgebiet Achental/Tirol



Untersuchungsgebiet Bodental/Kärnten

