

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 135 (1984)

Heft: 12

Artikel: Waldschäden - ein Modellfall zum Verständnis der Biosphäre

Autor: R.M.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766807>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen Journal forestier suisse

135. Jahrgang

Dezember 1984

Nummer 12

Waldschäden — ein Modellfall zum Verständnis der Biosphäre¹

Von *Martin R. Schüpbach*, CH-4012 Basel
(Kantonales Laboratorium Basel-Stadt)

Oxf.: 425.1:181.45

Einleitung

Die Zusammensetzung unserer Referentengruppe am heutigen Kongress zeigt recht deutlich, dass hier ein Thema besprochen werden soll, welches die allerverschiedensten Fachgebiete der Naturwissenschaft betrifft. Und wenn nicht der zeitliche Rahmen deutliche Grenzen gesetzt hätte, würde sich wohl eine noch viel breitere Auffächerung der Themenkreise ergeben haben.

Als Chemiker wird es mir zunächst obliegen, die hauptsächlichsten Schadstoffe in der Luft vorzustellen und ihre Verwandlungsfähigkeit in den Reaktionsketten der Luftchemie, aber auch im Boden und in den Pflanzen anzudeuten. In der Folge soll dann versucht werden, die Thematik etwas zu erweitern. In meinem Beruf als Lebensmittelchemiker habe ich die Schicksale von Schadstoffen in der Biosphäre seit Jahren intensiv studiert. Daraus ergaben sich Anschauungen über das charakteristische Verhalten der Biosphäre, welche vielleicht zum besseren Verständnis der heutigen Ereignisse im Wald beizutragen vermögen.

1. Die wichtigsten Schadstoffe

1.1 Schwefeldioxid (SO_2)

Dieser Schadstoff wird in Europa in gewaltiger Menge in die Luft abgegeben. Der Rat von Sachverständigen in Deutschland schätzte die gesamte Abgabe (Oststaaten mitgerechnet) auf etwa 58 Millionen Tonnen SO_2 für

¹ Referat, gehalten am 13. Mai 1984 anlässlich der Info-Tagung der «Sonderschau Wald»/Muba-Natura 84, Basel.

das Jahr 1978 (1). Der relativ kleine Beitrag der Schweiz wurde zu 116 000 Tonnen (1978) beziffert, was im Verhältnis zu unserer kleinen Landfläche allerdings gar nicht so wenig ist. Schwefeldioxid entsteht zu über 90 % beim Verbrennen des Schwefelanteiles von fossilen Brennstoffen in Feuerungsanlagen (2). Dies kann vor allem am typischen Jahresgang der SO₂-Konzentrationen in der Luft abgelesen werden: Während der Heizperiode im Winter sind die SO₂-Konzentrationen in Städten und Agglomerationen in der Regel etwa zehnmal höher als in den Sommermonaten.

Aus welchen Brennstoffen die schweizerische SO₂-Fracht in der Luft entsteht, zeigt die *Tabelle 1*.

Tabelle 1. Die SO₂-Frachten in der Schweiz 1982. (3)

<i>Brennstoff</i>	<i>Verbrauch in t</i>	<i>SO₂-Emission in t</i>
Heizöl Extra leicht	5 482 000	33 000
Mittel	106 000	3 900
Schwer	622 000	22 200
Kohle	743 000	11 900
Dieseltreibstoff	782 000	4 700
Summe	7 735 000	75 700

Aus den SO₂-Emissions-Anteilen der verschiedenen Brennstoffe lässt sich leicht abschätzen, dass die ab 1.1.1986 gültige schärfere Beschränkung des Schwefelgehaltes in Heizöl Extra leicht und Dieseltreibstoff auf 0,3 % (früher 0,5 %) durchaus eine Verbesserung bringen kann, obwohl eine mögliche Beschränkung auf 0,15 % natürlich noch wirksamer gewesen wäre. Gleichzeitig bedauert man aber, dass der gravierendere Schwefelgehalt der Heizöle Mittel und Schwer nicht restriktiver reglementiert werden soll, da besonders das Schweröl einen recht gewichtigen SO₂-Beitrag liefert. In *Abbildung 1* ist angedeutet, wie wirksam sich eine solche Massnahme ausnehmen würde.

Insgesamt darf aber festgehalten werden, dass der SO₂-Ausstoss in der Schweiz deutlich sinkende Tendenz aufweist, was in *Abbildung 1* gut ersichtlich ist.

1.2 Stickoxide (NO und NO₂)

Grundsätzlich anders und wesentlich schlechter sieht die Situation bei den Stickoxiden aus. Diese Schadstoffe entstehen, wenn der reaktionsträge Luftstickstoff bei besonders intensiven Verbrennungsprozessen zu Stickstoffmonoxid (NO) oxidiert wird, welches sich in der Atmosphäre dann bald zum wesentlich giftigeren Stickstoffdioxid (NO₂) umwandelt.

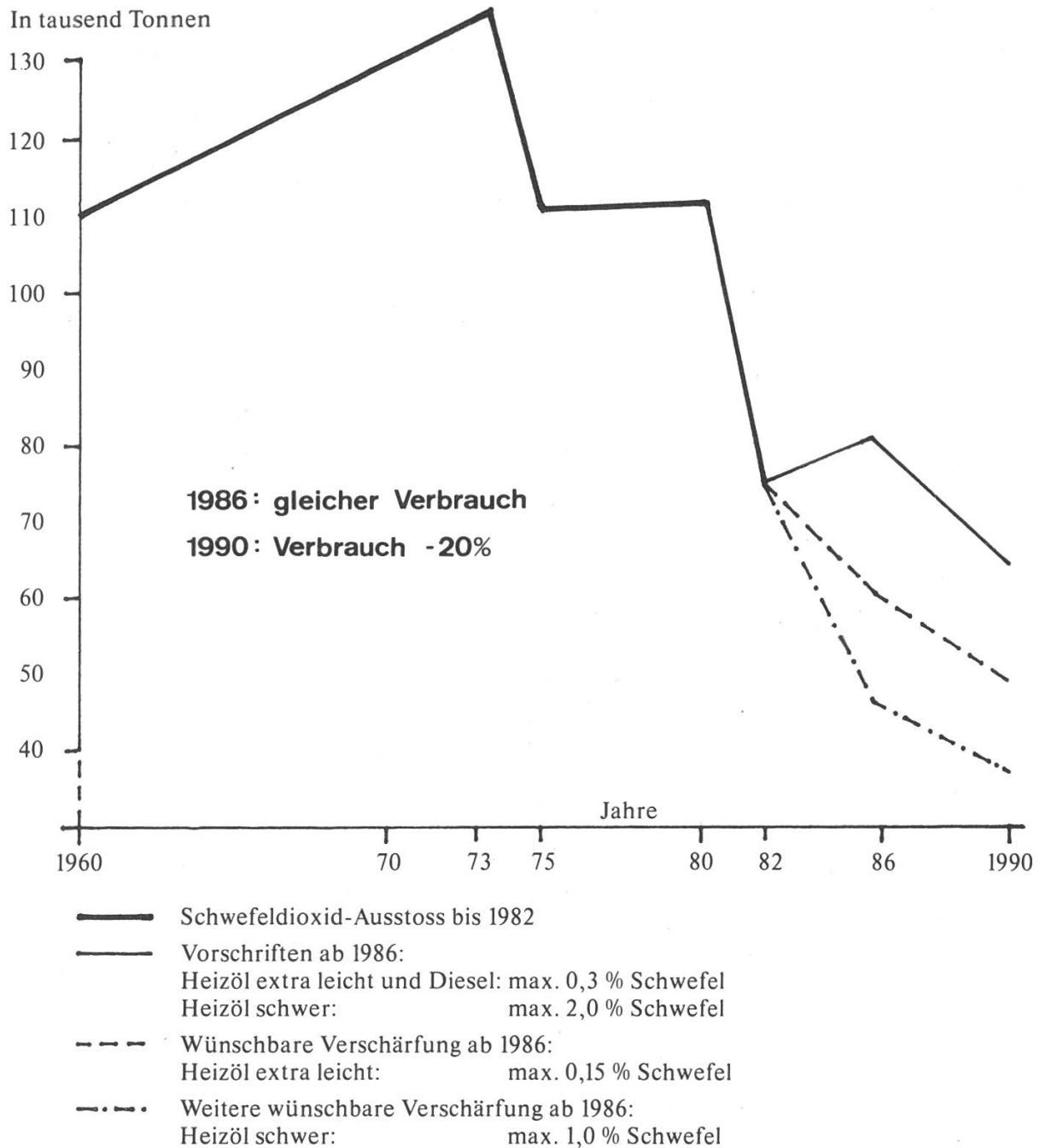


Abbildung 1. Schwefeldioxid-Ausstoss in der Schweiz. (3)

Solche besonders intensive Verbrennungsprozesse spielen sich vor allem in Automotoren ab. Es wundert deshalb nicht, dass rund drei Viertel der Stickoxide von dieser dominanten Quelle stammen und nur ein Viertel aus den Feuerungsanlagen (2).

In *Tabelle 2* sind die Schadstoffmengen aufgeführt, welche von den Motorfahrzeugen stammen.

Im Hinblick auf die Stickoxide fällt dabei besonders auf, dass diese sich seit 1970 mehr als verdoppelt haben und im Jahre 1982 die sinkenden SO₂-Frachten (vergleiche *Tabelle 1*) überholt haben.

Tabelle 2. Schadstoffausstoss der Motorfahrzeuge Schweiz. (4, 5) Angaben in Tonnen/Jahr.

Schadstoff	1970	1975	1982
Kohlenmonoxid	368 000	470 000	350 000
Kohlenwasserstoffe	38 000	41 000	44 000
Stickoxide	36 000	61 000	89 000
Blei	1 250	1 205	600

Diese dramatische Verschlechterung ergibt sich aus den beiden folgenden Entwicklungen:

- In den letzten 20 Jahren hat der Verkehr mit Motorfahrzeugen explosionsartig zugenommen. Während 1960 rund 11,8 Milliarden Kilometer gefahren wurden, waren es im Jahre 1982 42,9 Milliarden Kilometer, was einer 3,6-fachen Vermehrung entspricht!
- In den letzten 10 Jahren wurde immer mehr versucht, den Benzinverbrauch der Motorfahrzeuge zu drosseln. Dabei hat man den Verbrennungsprozess der Automotoren immer intensiver und heisser gestaltet und gleichzeitig die Leistung sehr stark forciert (zum Beispiel Motoren von 1600 cm³ mit über 100 DIN-PS, sogenannte GTI-Versionen). Diese

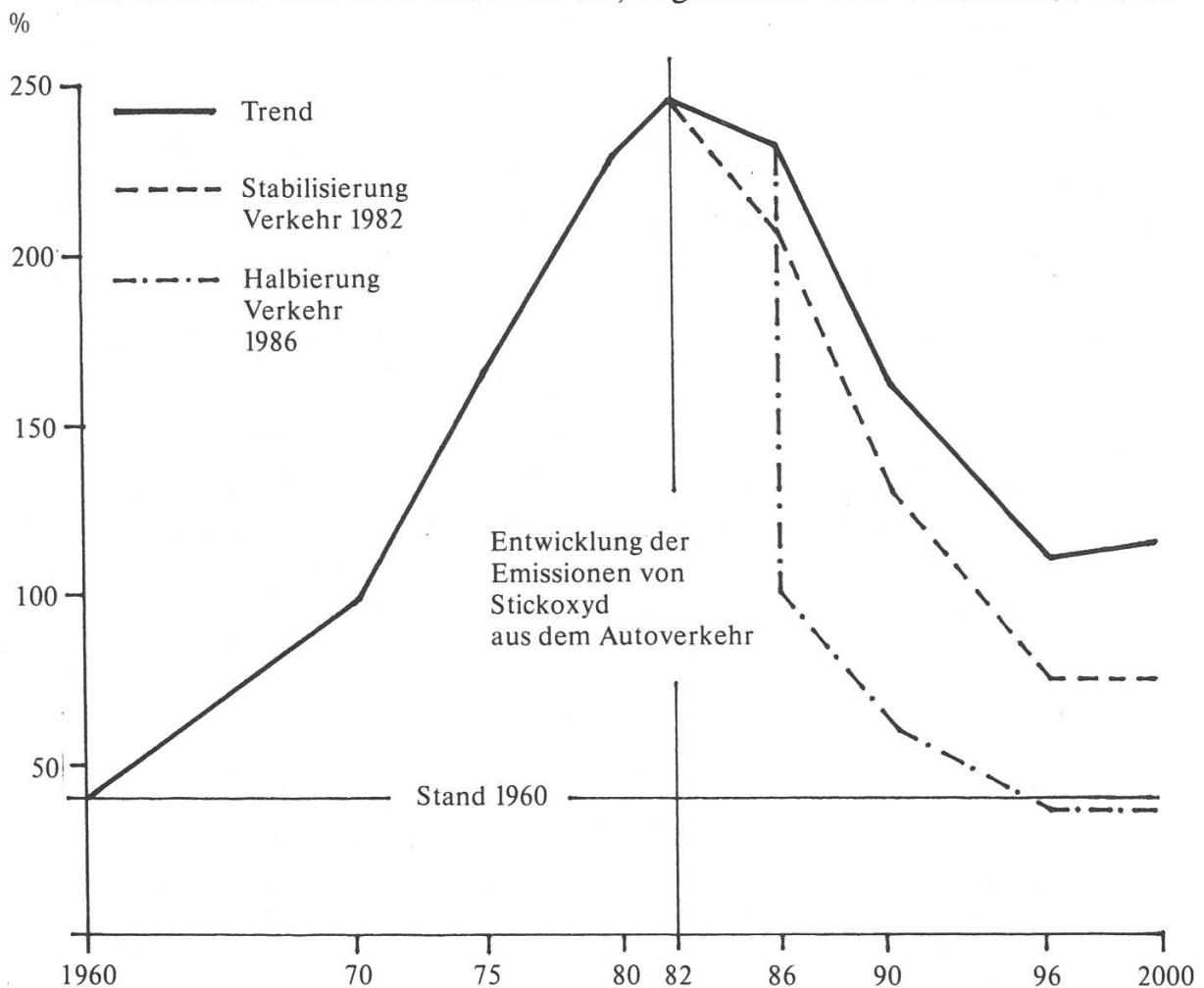


Abbildung 2. Die Abgasvorschriften kommen zu spät (4, 5)

Massnahmen liessen den Stickoxidgehalt der Abgase stark in die Höhe gehen und es besteht kein Zweifel, dass eine Fehl-Entwicklung vorliegt, die unbedingt korrigiert werden muss.

Wie die *Abbildung 2* deutlich zeigt, können die vorgesehenen Abgasvorschriften die Situation bis in 10 Jahren durchaus verbessern. Die grosse Sorge ist nur diese, dass die Verbesserung für unseren Wald zu spät kommen könnte. Die Berechnungen der Fachleute zeigen diese Gefahr leider sehr konkret auf. Warum können wir eigentlich nicht schneller handeln und in bezug auf Stickoxide sofort niedrigere Normen festlegen? Es fällt recht schwer, den gegenläufigen Argumentationen der verschiedenen Interessengruppen zu folgen, wenn man weiss, dass solche strengeren Normen sowohl in Japan als auch in den USA dank der Katalysator-Technik längstens in Kraft gesetzt werden konnten. Muss man bei uns nun den Katalysator neu erfinden, ebenso wie die Herstellung von bleifreiem Benzin?

Wenn die Wälder im befürchteten Masse weitersterben sollten, so könnte leicht eine allgemeine Krisensituation entstehen, die auch die Autoindustrie treffen müsste. Es wäre deshalb viel weitsichtiger, heute allen denkbaren Massnahmen zuzustimmen, welche die Schadstoffe in der Luft vermindern könnten. Dazu gehören auch die von den grossen Verkehrsverbänden leider heftig angegriffenen Geschwindigkeitsreduktionen, welche gerade für die schnelle Reduktion der Stickoxide sehr wichtig sein könnten. Der Nebeneffekt, dass die superschnellen Autos dadurch an Attraktivität verlieren würden, wäre im Hinblick auf die Stickoxidverminderung ebenfalls sehr erwünscht.

1.3 Übrige Schadstoffe

Neben den besprochenen Hauptschadstoffen gibt es eine grosse Anzahl von anderen Umweltverschmutzungstoffen, welche nicht vergessen werden dürfen, da sie ihre oft nicht genau bekannte Rolle im Waldsterben zweifellos spielen. Regionale Fluor-Schäden entstanden zum Beispiel in der Nähe von Aluminiumfabriken wie in Rheinfelden oder im Wallis. Auch Salzsäureemissionen, die bei der Verbrennung chlorhaltiger Kunststoffe (usw.) entstehen, wirken sehr schädlich, da sie die sauren Komponenten SO_2 und NO_2 verstärken. Ferner sind die Schwermetalle nicht zu vergessen, welche mit der Abluft von Metallwerken, Kehrlichtverbrennungsanlagen und metallverarbeitenden Industrien emittiert werden. Im Vordergrund steht das hochtoxische Cadmium, welches für die Pflanzen vor allem dann gefährlich werden kann, wenn der Boden sauer wird. Das gleiche gilt für Blei, welches durch die Automobilabgase in grossen Tonnagen in die Umwelt verteilt worden ist (*vergleiche Tabelle 2*). Immerhin zeichnet sich in dieser Beziehung nun eine deutliche Besserung ab, nachdem der Bleigehalt im Superben-

zin per 1.1.1982 erniedrigt worden ist. Wie der Lufthygieniker des Kantons Solothurn zum Beispiel meldete, hat sich der Bleigehalt im Schwebestaub und im Staubniederschlag von Olten und Grenchen um 61 bis 80 % vermindert. (6)

Schliesslich soll noch ergänzend erwähnt werden, dass ernstzunehmende Schadkartierungen von G. Reichelt darauf hindeuten, dass auch Emissionen der Atomkraftwerke schädlich für den Wald sein könnten (7). Wenn auch heute keine Mechanismen bekannt sind, welche diese Schädigungen begründen könnten, erfordern die sorgfältig erhobenen Waldschäden-Befunde Reichelts beim Atomkraftwerk Obrigheim doch die bereits eingeleiteten genaueren Abklärungen und Untersuchungen.

1.4 Zusammenfassung

Die vorangegangenen Darstellungen sollten zeigen, dass die Luftverschmutzung in der Schweiz zu einem grossen Teile hausgemacht ist (2). Da sie inzwischen von fast allen Fachleuten als sichere Primärursache des Waldsterbens angesehen wird, müssen wir wohl oder übel zur Kenntnis nehmen, dass die volle Verantwortung für alles was wir heute zugunsten des Waldes tun oder lassen, auf uns selbst zurückfallen wird.

2. Das Zusammenwirken und die Verwandlungen der Schadstoffe

Es besteht kein Zweifel, dass die diskutierten Schadstoffe in ihren teilweise gewaltigen Mengen zum ernststen Störungs- und Bedrohungsfaktor der ganzen Biosphäre geworden sind. Wenn nun (erst) heute das kranke Baumleben in seiner (geschädigten) Beziehung zum Boden und zur Atmosphäre genauer studiert wird, zeigt sich immer mehr ein unerhört feines Zusammenspiel der verschiedensten Stoffe und Lebewesen des Organismus Wald. Etwas wie eine höhere, von uns zunächst nicht verstandene Ordnung scheint das komplexe Geschehen bisher aufrecht erhalten zu haben, solange die von uns eingebrachten Schadstoffe es nicht zerstören. Diese höhere Ordnung ist gemeint, wenn ein Versuch gemacht wird, die Biosphäre als Organismus etwas besser zu verstehen. Zu diesem Zwecke soll zunächst das stoffliche Geschehen bei der Baumschädigung in Ausschnitten noch etwas genauer dargestellt werden.

2.1 Schadstoffumwandlungen in der Luft

Obwohl die lokale und regionale Luftverschmutzung in den Vordergrund gestellt worden ist, wenn es um die Diskussion der möglichen Massnahmen ging, darf die globale Seite des Problems natürlich nicht vergessen werden. Grossräumige planetarische Windzirkulationen verfrachten besonders die Emissionen aus hohen Kaminen (SO_2) über Kontinente und Meere, so dass letzten Endes immer die ganze, weltweite Biosphäre betroffen ist.

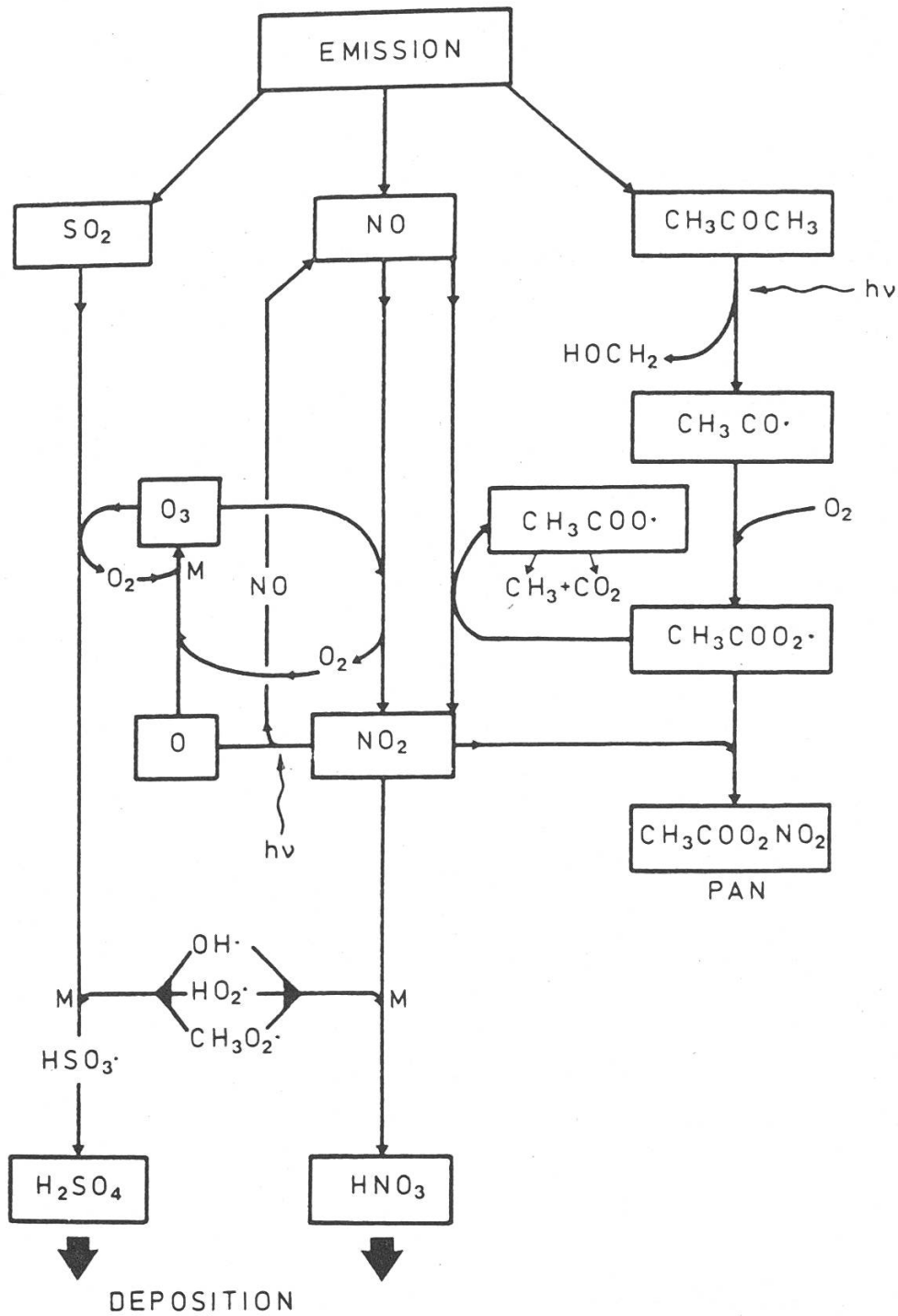


Abbildung 3. Photochemische Transformationen von SO_2 , NO und Kohlenwasserstoffen. (8)

Die Schadstoffe werden in der Luft jedoch nicht nur an nähere oder fernere Orte verfrachtet, sondern sie unterliegen dabei komplizierten photochemischen Umsetzungen, die in der *Abbildung 3* zusammengefasst sind.

Diese Darstellung zeigt dem Chemiker, wie aus den emittierten Schadstoffen SO_2 , NO und Kohlenwasserstoffen durch Lichtwirkungen in der Atmosphäre eine ganze Reihe von neuen, teilweise noch gefährlicheren Giften entstehen wie NO_2 , Ozon, PAN (Peroxiacetylnitrat) und nicht zuletzt Schwefelsäure und Salpetersäure im Regen. Während man früher solche «Smog-Reaktionen» nur an vereinzelt, extrem belasteten Orten kannte (etwa London oder Los Angeles), scheinen sie heute durch die erhöhten Schadstoffemissionen überall aufzutreten. Besonders die starke Ozonbildung konnte an verschiedenen Orten in der Schweiz, zum Beispiel auch in Basel, gemessen werden, sobald die Sonneneinstrahlung stark genug und die NO -Konzentration aus den Autoabgasen gross genug war.

2.2 Wirkungen auf die Pflanze

Wenn das bunte Gemisch der Schadstoffe aus der Luft mit dem Regen oder Staub in den Boden gelangt, wird dieser selbstverständlich verändert. Die Lebewesen im Boden werden beeinflusst und die Verfügbarkeit von mineralischen Stoffen für die Pflanze kann sich grundlegend verändern. Es

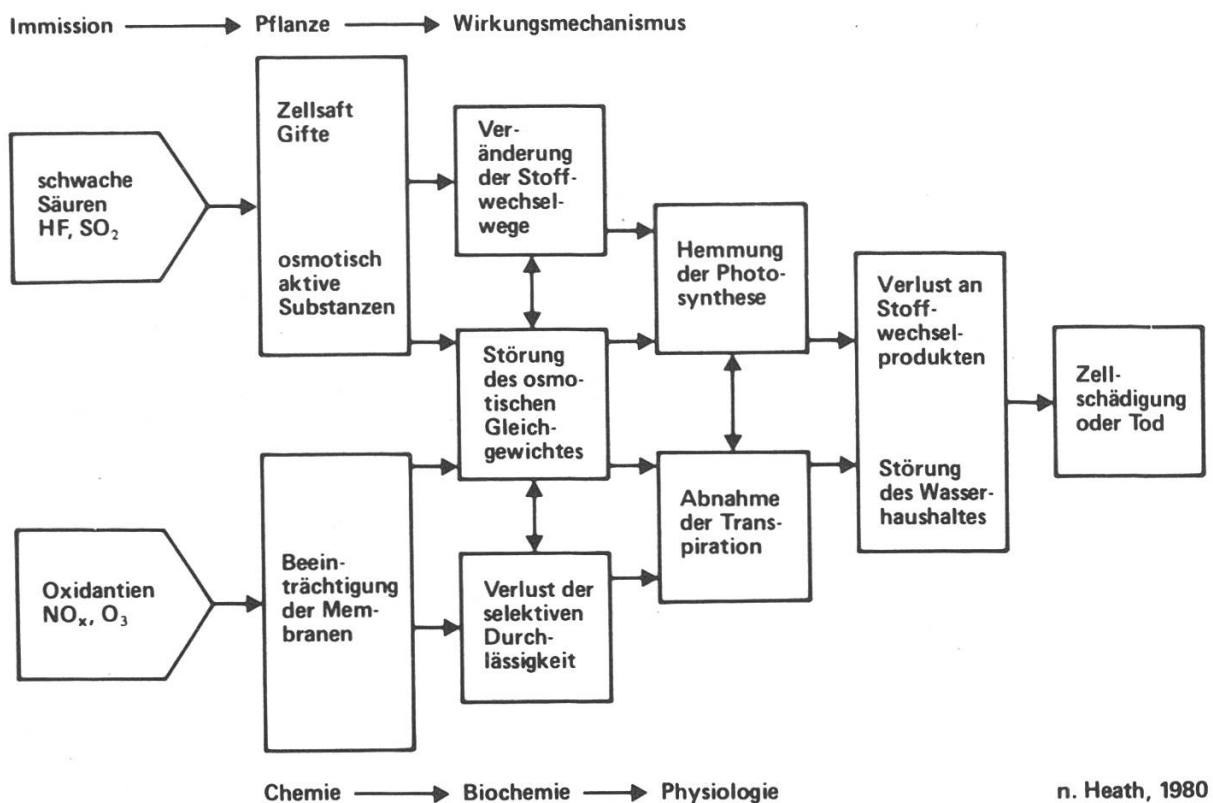


Abbildung 4. Schadstoffwirkungen auf das Blatt. (9)

kann nun nicht meine Aufgabe sein, diese komplexen Zusammenhänge erschöpfend zu schildern. Immerhin vermag vielleicht *Abbildung 4* einen Eindruck zu vermitteln, wie ausserordentlich vielschichtig und ineinander vernetzt die Probleme sind. Besonders ist darauf hinzuweisen, wie diese Darstellung (welche nur die Wirkungen an der oberirdischen Pflanze berücksichtigt) zeigt, dass eine Zusammenarbeit verschiedenster Fachdisziplinen unabdingbare Voraussetzung zum Verständnis ist.

Schon das Zusammenwirken von nur zwei Schadstoffen gleichzeitig kann bei der Pflanze starke Wirkung zeigen. So ist aus Begasungsversuchen an verschiedensten Grassorten bekannt, dass die beiden Schadstoffe SO₂ und NO₂ eine gesteigerte, mehr als doppelt so grosse Schädigung erzeugen (Synergismus), wenn sie gleichzeitig wirken. Dabei muss berücksichtigt werden, dass bei diesen Versuchen Schadstoffmengen eingesetzt worden sind, wie sie in starken Ballungszentren heute durchaus auftreten können und die dabei bis über 80 %ige Wachstums-Schädigungen erzeugten (10). Immerhin sind die Gräser Verwandte unserer Getreidepflanzen!

Ausser solchen speziellen Synergismen ist aber auch die Tatsache interessant, wie verschiedenste Schadstoffe in ihren Wirkungen auf die Pflanze (oft mit ganz verschiedenen Mechanismen) zu gleichartigen Effekten führen können. Dies lässt sich zum Beispiel durch die Beobachtungen Flückigers an Buchen gut illustrieren (11).

- SO₂, NO₂ und Ozon wirken auf den Spross, wodurch die Wurzelatmungstätigkeit erhöht wird.
- Gleichzeitig hemmt das Ozon den Transport der Assimilationsprodukte vom Blatt in die Wurzel.
- Dadurch baut die stärker atmende Wurzel erhöht Reservestoffe ab, was die Buche mit der Zeit schwächt, sie verhungert.
- Durch die erhöhte Wurzelatmung entsteht im Feinwurzelbereich Säure und wirkt in gleichem Sinne zusätzlich schlecht auf das Bodenleben wie der saure Regen, der wegen der krankhaft veränderten Blattstellung besonders intensiv dem Stamm entlang in den Wurzelbereich fliesst.
- Die Säure im Boden setzt Schwermetalle frei. Zum Beispiel wird nun zuviel Mangan aufgenommen, was dann die Blattknospen noch mehr schädigt.
- Oder das Aluminium schädigt die Feinwurzeln, so dass der Baum zu vertrocknen droht; ausgerechnet dann, wenn seine geschädigten Spaltöffnungen die Wasserabgabe nicht mehr zu verhindern vermögen.

2.3 Gesten der Biosphäre

Mit dieser Darstellung soll nicht in die Feinarbeit des Botanikers gepuscht werden. Sie möge nur als Illustration der Tatsache dienen, dass bei

aller Komplexität der Biosphärenschädigung eben doch gewisse eindeutige Richtungen des Geschehens erkennbar sind, die in merkwürdiger Weise parallel laufen und sich gegenseitig verstärken. Nun haben uns frühere Beobachtungen über das Schicksal von Schadstoffen in der Natur darauf hingeführt, dass alle Stoffe (auch Schadstoffe) von der Biosphäre grundsätzlich in drei verschiedenen Grund-Gesten ergriffen werden (12):

- Stoffe können akkumuliert werden (statischer Pol) und dadurch in bestimmten Organismen unerwartet hohe Konzentrationen erreichen. (zum Beispiel Stoffe wie DDT im Fettgewebe oder Cadmium in der Niere des Menschen)
- Stoffe unterliegen der Reaktivität und können biochemisch verwandelt werden (dynamischer Pol). Dabei können auch neue, stärkere Gifte auftreten. (zum Beispiel PAN, *Abbildung 3*)
- Stoffe wirken immer mit anderen Stoffen zusammen. Synergismen und Antagonismen können die biochemische Wirkung unerwartet sehr verstärken oder auch abschwächen.

Erst wenn bekannt ist, wie sich ein Schadstoff in bezug auf diese drei Grund-Gesten der Biosphäre verhält, kann seine Wirkung auf Natur und Mensch abgeschätzt werden, was in der *Abbildung 5* schematisch zusammengefasst ist.

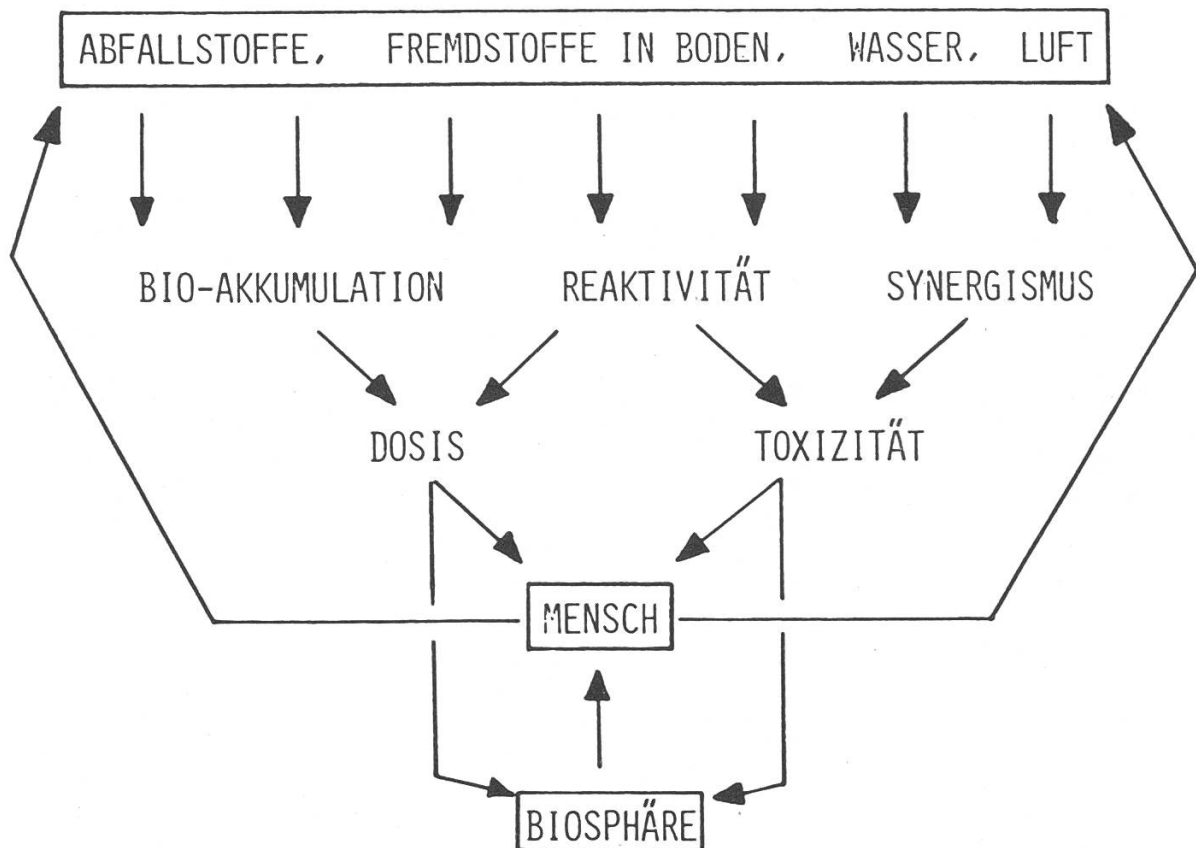


Abbildung 5. Gesten der Biosphäre, die auch im menschlichen Organismus aufzufinden sind. (12)

Das Waldsterben führt uns das vollständige, vernetzte und vielfach rückgekoppelte Ineinandergreifen der Stoffprozesse in der Biosphäre drastisch vor Augen. Es ist in seiner ungeheuren Komplexität für unsere Naturwissenschaft bis heute nicht voll begreifbar geworden. Ja, es erscheint überhaupt zweifelhaft, ob uns die heutige Methodik der Naturwissenschaft prinzipiell befähigt, einen Organismus als Ganzes voll zu verstehen. Wohl verstehen wir sehr viele Details ungeheuer gut, aber wir erfassen die Ganzheit nicht, welche sie alle zusammen hält. «Das Ganze ist mehr als die Summe der Teile», sagte schon Goethe. In diesem Sinne stellt uns das Waldsterben vor die ernste Frage, ob unserer Naturwissenschaft (die ja unser Weltbild restlos prägt) nicht eine wesentliche Dimension fehle. Gibt es vielleicht eine höhere Ordnung in der Natur, die sich dem kausal-quantitativen, das heisst dem analytischen Zugriff entzieht? Und könnte die Tatsache, dass unsere Technik sich heute als so lebensfeindlich erweist, vielleicht dadurch erklärbar werden, dass sie aus einer Naturwissenschaft entstanden ist, welche die höhere Ordnung negiert?

Résumé

Dégâts forestiers – un cas modèle pour la compréhension de la biosphère

La situation des contaminants de l'air les plus importants, SO_2 et NO_x , est tout d'abord discutée. Les mesures préventives pour réduire les émissions de SO_2 provenant des huiles de chauffage sont en application et leurs effets sont déjà tangibles. Par contre les moyens prévus pour réduire les oxydes d'azote produits par les moteurs de voiture arrivent trop tard ce qui implique la mise en place de mesures avec effet immédiat (vitesse limitée 80/100 km/h).

La diversité des transformations subies par les polluants dans l'atmosphère ainsi que la complexité de leurs effets dans les plantes sont des processus très subtiles et seule une recherche interdisciplinaire peut aboutir à leur compréhension. Une interprétation particulière de certaines lois fondamentales de la biosphère permet de mieux comprendre la complexité des phénomènes naturels.

Literatur

- (1) *Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Waldschäden und Luftverunreinigungen.* Sondergutachten März 1983, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart. Emissionstabellen 2.28, S. 47.
- (2) *Bundesamt für Umweltschutz, Schriftenreihe Nr. 16: Luftbelastung 1982*, Bern, Juni 1983.
- (3) *SO₂-Heizungsabgase*, Studie ETH in Zusammenarbeit mit Infrac im Auftrag der Zürcher Gesundheitsdirektion aufgrund Artikel in der Basler Zeitung am 9. Februar 1984.
- (4) *Martin, W., Galli, G. und Pelli, T.: Abgase durch Motorfahrzeuge*, «plan» 35, 1978, S. 14–16.

- (5) *Emissionskataster für Motorfahrzeuge in der Schweiz*: Luftfremdstoffemissionen durch den Strassenverkehr 1970, Bundesamt für Umweltschutz, Januar 1976.
- (6) *Rivar, R.*: Rückgang der Bleiimmissionsbelastungen. *Chemische Rundschau*, 37, Nr. 14 vom 4. April 1984.
- (7) *Reichelt, G.*: Zur Frage des Zusammenhanges zwischen Waldschäden und dem Betrieb von Atomanlagen – vorläufige Mitteilung. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 103, H. 4–5, 290–297.
- (8) *Fuhrer, J.*: in: Waldschäden durch Emissionen? Vorträge der Tagung im GDI vom 29. November 1982. Eigenpublikation des Gottlieb Duttweiler-Institutes.
- (9) *Bucher, J. B.*: in: GDI-Publikation 1982, siehe (8).
- (10) *Ashenden, T. W., Williams, I. A. D.*: Growth reductions in *Lolium multiflorum* LAM and *Phleum pratense* L. as a result of SO₂ and NO₂ pollution. *Environmental Pollution* 21, 131–139 (1980).
Mansfield, T. A., Freer-Smith, P. H.: Effects of urban air pollution on planth growth. *Biol. Rev.* 56, 343–348 (1981).
 Zusammenfassung: siehe Lit. 12.
- (11) *Flückiger, W., Flückiger-Keller, H., Braun, S.*: Untersuchungen über Waldschäden in der Nordwestschweiz. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 135 (1984) 5: 389–444.
- (12) *Schüpbach, M. R.*: Umweltbelastung und Nahrungsmittelqualität. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern N. F.*, 40, 139–147, 1983.