©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Luftverunreinigung und Vegetation

Prof. Dr. Gottfried Halbwachs, Wien

Vortrag, gehalten am 4. Juni 1975

Luftverunreinigung wird im Sinne der Weltgesundheitsorganisation (WHO) folgendermaßen definiert:

Luftverunreinigung liegt vor, wenn sich ein luftverunreinigender Stoff oder mehrere luftverunreinigende Stoffe in solcher Menge und so lange in der Außenluft befinden, daß sie für Menschen, Tiere, Pflanzen und Eigentum schädlich sind, zur Schädigung beitragen oder das Wohlbefinden oder die Besitzausübung unangenehm stören.

Diese Definition läßt deutlich anklingen, daß das Schutzobjekt Mensch hier im Vordergrund der Betrachtung steht.

Ziel meiner Ausführungen soll der Hinweis sein, daß es bei der Beurteilung der Wirkungen von Luftverunreinigungen von Vorteil ist, auch den Botaniker, und zwar speziell den Pflanzenphysiologen, anzuhören, da Pflanzen infolge ihrer hohen Empfindlichkeit gegenüber vielen luftverunreini-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

genden Stoffen eine ungünstige Immissionssituation schon anzeigen können, bevor sie noch für den Menschen kritisch wird. Dies hat vor allem für gasförmige Luftverunreinigungen Gültigkeit, auf die ich mich hier beschränke.

Unter dem in der Definition der WHO aufscheinenden Begriff Außenluft haben wir nach JUNGE (1963) trockene atmosphärische Luft der Troposphäre folgender Zusammensetzung zu verstehen:

	20,94%	Sauerstoff
	78,09%	Stickstoff
	0,93%	Argon
rd.	0,02%	andere Edelgase
rd.	0,03%	Kohlendioxid

Im weitesten Sinne stellt jede Beimengung zu diesem Gasgemisch (außer Wasserdampf) eine Verunreinigung dar.

Die Herkunft der Luftverunreinigungen resultiert aus zwei großen Quellen (Abb. 1), und zwar natürlichen wie Vulkanen (SO_2 und H_2S), elektrischen Entladungen in der Atmosphäre (Stickoxide) oder Zersetzungsprodukten organischer Substanzen (z. B. Ammoniak) und anthropogenen wie Verkehr, Hausbrand und Industrie. Obwohl die aus Naturvorgängen stammenden Schadstoffmengen jene anthropogenen Ursprungs überwiegen, führen gerade die durch menschliche Tätigkeit freigesetzten Schadstoffe oft zu negati-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ven Auswirkungen an der Vegetation. Dies deshalb, weil eine Anpassung, wie sie an Luftverunreinigungen natürlichen Ursprungs bekannt ist (z. B. SO_2-resistente Kraterflora bei Vulkanen

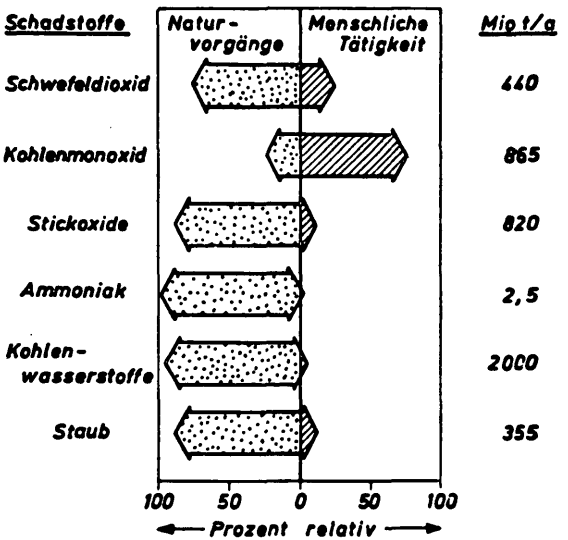


Abb. 1: Globale Schadstoff-Emissionen. Die emittierte Gesamtmenge jeder Schadstoffgruppe in Millionen Tonnen pro Jahr ist neben dem zugehörigen Balken eingetragen, die Abszisse zeigt die Anteile in Prozent der Gesamtmenge (aus PASS et al. 1974).

oder salztolerante Flora in Küstennähe), ein sehr langandauernder Prozeß ist und daher für die erst ab der Mitte des 19. Jahrhunderts in größerer

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Quantität auftretenden und seither laufend zunehmenden anthropogenen Luftverunreinigungen nicht in Frage kommt. Unter den anthropogenen Luftverunreinigungen, die als Lufverunreinigungen im engeren Sinne bezeichnet werden, variieren die prozentualen Anteile der einzelnen Emittenten von Land zu Land je nach Lebensgewohnheiten und geographischer Lage, doch kann als Faustregel gelten, daß jede der 3 erwähnten Hauptkategorien (Verkehr, Hausbrand, Industrie) etwa gleiche Teile beiträgt. In den USA ist aber z. B. der Verkehr infolge der extrem hohen Motorisierung stärker, nämlich zu etwa 42% an der Gesamtimmission beteiligt (ISRAEL u. ISRAEL 1973).

In Österreich sind die Gegebenheiten regional sehr unterschiedlich: Während in der Großstadt Wien praktisch der Hausbrand allein für die auf SO_2 zurückzuführende schlechte Luftqualität im Winterhalbjahr verantwortlich ist, sind in den Städten Linz und Graz die industriellen Immissionen an der Luftverschmutzung stark mitbeteiligt.

An drei ausgewählten Luftverunreinigungen, die als Vertreter für die drei anthropogenen Hauptquellen stehen sollen, und zwar SO_2 in Anlehnung an die Verhältnisse in Wien für den Hausbrand, HF für die Industrie (dieser Schadstoff fällt mengenmäßig nicht sehr stark ins Gewicht und hat daher nur lokale Bedeutung, doch erscheint seine Behandlung gerade im Hinblick auf die Vege-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

tation interessant) und schließlich CO für den Verkehr, soll die Problematik aufgezeigt werden, die mit der Festsetzung gesetzlich verankerter Grenzwerte für luftverunreinigende Stoffe zusammenhängt.

Der Ausdruck Grenzwert bedeutet die maximal zulässige Konzentration eines bestimmten Schadstoffes in der Luft, wobei zwischen wirkungsbezogenen Grenzkonzentrationen und normativen Grenzkonzentrationen, wie sie z. B. in der „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft" (TAL 1974) niedergelegt sind, zu unterscheiden ist.

Wirkungsbezogene Immissions-Grenzkonzentrationen (WIK) sind rein wissenschaftlich indiziert und außerdem objektbezogen, d. h. die Werte können sehr stark variieren, je nachdem ob der Mensch oder beispielsweise die Vegetation als Schutzziel angesehen werden. Alle Pflanzen- und Tierarten sowie auch der Mensch haben gegenüber jeder der verschiedenen Luftverunreinigungen ihre spezifischen wirkungsbezogenen Grenzkonzentrationen, unterhalb derer nach den bisherigen Erfahrungen keine schädigenden Auswirkungen eintreten. Ein wirkungsvoller Schutz der Vegetation vor Luftverunreinigungen wäre nur dann zu erwarten, wenn man den spezifischen Immissions-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

grenzwert der empfindlichsten Pflanzenart als allgemein verbindlich nähme.

Normative Grenzkonzentrationen, wie sie in Gesetzen oder Verordnungen aufscheinen, sollen folgenden Anforderungen genügen:

1. Sie müssen von wissenschaftlich indizierten Werten abgeleitet sein; das in ihnen enthaltene kalkulierte Risiko soll möglichst klein und genau umschrieben sein. Für die Vegetation kann das bedeuten, daß bei bestimmten Grenzwerten die Existenz gewisser empfindlicher Pflanzenarten von vornherein nicht gewährleistet erscheint.

   Ein typisches Beispiel für normative Grenzwerte haben wir in den in Deutschland gültigen maximalen Immissionskonzentrationswerten (MIK-Werten) zu sehen. Für SO_2 beträgt dieser Wert derzeit 0,4 mg/pro m^3 Luft als Dauerwert. Nach einer Studie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Kommission „Reinhaltung der Luft") hat dieser Wert von 0,4 mg SO_2/m^3Luft in Österreich keine Chance als normativer Grenzwert in einer Verordnung aufzuscheinen, da das damit verbundene Risiko aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse sowohl für den Menschen, in noch stärkerem Maße aber für die Vegetation zu groß erscheint.

   Noch klarer wird das Wesen der normativen Grenzwerte im Fall der Maximalen Arbeitsplatz-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Konzentrationswerte (MAK-Werte). Derzeit gilt in Deutschland ein Wert für SO_2 von 13 mg/m³ Luft. Der Tolerierung dieser hohen durchschnittlichen SO_2-Konzentration in der Atemluft am Arbeitsplatz liegt die Annahme zugrunde, daß nur gesunde Menschen einer bestimmten Altersgruppe, und zwar zwischen 20 und 60 Jahren, fünfmal in der Woche je 8 Stunden diesen Konzentrationen ausgesetzt sind und zwischen jeder Exposition 16 Stunden zur Erholung liegen.

2. Sie müssen apparativ einwandfrei meßbar sein. Die Festsetzung eines normativen Grenzwertes erscheint nur unter der Voraussetzung sinnvoll, daß seine Einhaltung überprüft werden kann.

3. Sie müssen von der Industrie erreichbar sein. Normative Grenzwerte sollen die für das Auftreten von Immissionen Verantwortlichen zur Einleitung entsprechender Gegenmaßnahmen unter Berücksichtigung der neuesten technischen Erkenntnisse zwingen.

Im Gegensatz zu den Lebewesen ergibt sich bei Sachgütern und Materialien, daß die Angabe tolerierbarer Grenzkonzentrationen nicht sinnvoll erscheint, da es bei leblosen Objekten keinen Regenerationsmechanismus gibt. Es ist anzunehmen, daß zumindest in den unteren Konzentrationsbereichen bei sonst gleich bleibenden Bedingungen die Wirkungen und damit die Schäden proportional der in

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

einer Region emittierten Gesamtmenge an luftverunreinigenden Stoffen sind (PREINING 1975).

Aus dem bisher Gesagten leuchtet die Notwendigkeit von Konzentrationsmessungen verschiedener Schadstoffe in der Atmosphäre ein. Die Aufgabe der Pflanzenphysiologen besteht nun darin, die Relevanz der einzelnen Meßverfahren für Luftverunreinigungen für die Beurteilung und Interpretation von Vegetationsschädigungen zu prüfen.

Qualitative Langzeitmethoden wie die Barytlappen- und Bleikerzenmethode, die keine Information über die zeitliche Verteilung der Schadstoffkonzentrationen während der relativ langen Expositionszeiten liefern, gestatten nur die Feststellung, ob ein bestimmter Schadstoff als Immission aufgetreten ist.

Quantitative Methoden geben die in einem bestimmten Luftvolumen vorhandenen Schadstoffmengen an. Quantitative Messungen können diskontinuierlich als Stichprobenmessung oder kontinuierlich durchgeführt werden. Die Aussagekraft einer kontinuierlichen Messung ist wesentlich größer, da bei unregelmäßigem Immissionsangebot die Gewähr besteht, auch die Spitzenwerte mit zu erfassen. Dies ist speziell im Fall von SO_2- und HCl-Immissionen sehr wesentlich, da hier das Reizmengengesetz (Konzentration $\times$ Einwirkungsdauer = konstant) keine Gültigkeit besitzt. Wie aus Abb. 2 hervorgeht, steigt der Schädigungsgrad, ausge-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

drückt in Prozent geschädigter Blattfläche, progressiv mit der Konzentration an (van HAUT u. STRATMANN 1970).

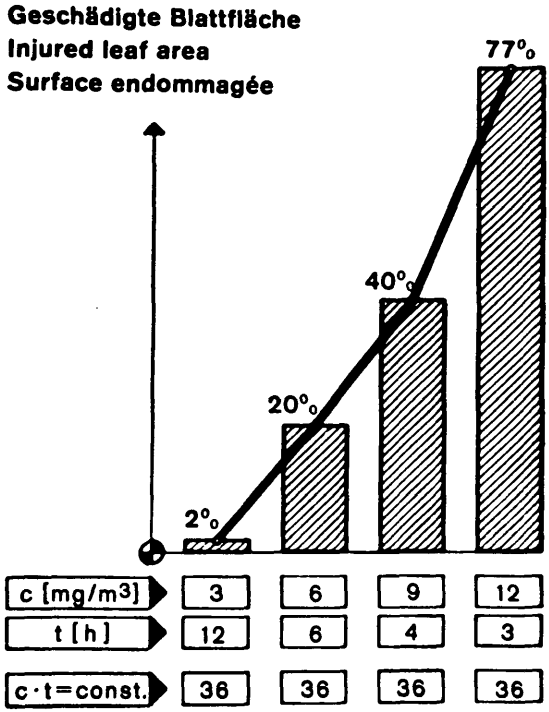


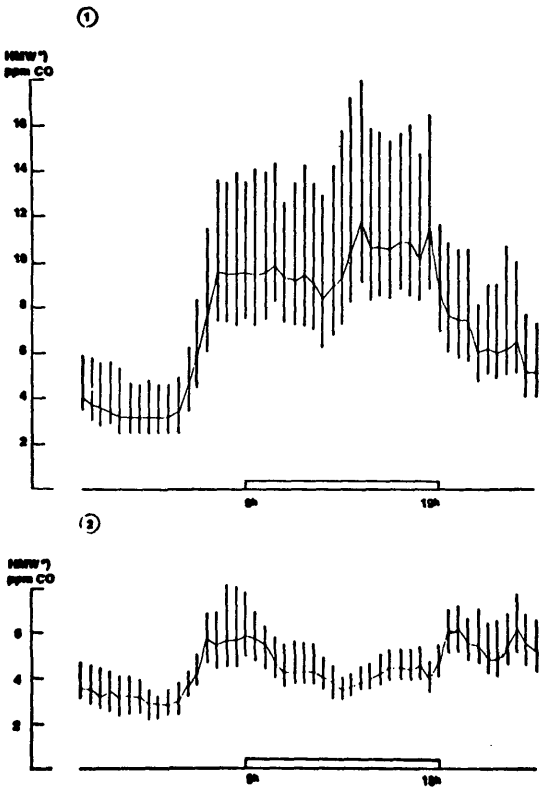
Abb. 2: Progressiver Anstieg des Schädigungsgrades mit der Konzentrationshöhe bei Radieschen c = SO_2-Konzentration in mg/m³ Luft t = Einwirkungsdauer in Stunden (aus van HAUT und STRATMANN 1970).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Folgen wir den Vorstellungen der WHO und stellen zunächst wieder den Menschen in den Vordergrund, so wäre als langfristige Zielsetzung für SO_2 ein Jahresmittelwert von 0,06 mg/m³ Luft und ein Tagesmittelwert von 0,2 mg/m³ Luft anzustreben. Abgesehen davon, daß viele Pflanzenarten gegenüber SO_2 wesentlich empfindlicher als der Mensch reagieren, wird aus den vorangegangenen Ausführungen über die Wirkung von Spitzenwerten klar, daß die Einhaltung eines Jahresmittelwertes absolut keine Garantie für die Vermeidung von Vegetationsschädigungen bedeutet. Besonders wertvoll für die Interpretation von Immissionssituationen ist daher für den Pflanzenphysiologen die kleinste bei kontinuierlichen Messungen meist ausgeworfene Einheit, der Halbstundenmittelwert. Aus Abb. 3 ist am Beispiel CO in der Wiener Innenstadt zu ersehen, wie gut luftanalytische Befunde geeignet sind, eine Immissionssituation bzw. ihre Änderung widerzuspiegeln. Es muß jedoch nachdrücklich festgehalten werden, daß aufgrund der Ergebnisse luftanalytischer Messungen nur die mögliche Gefährdung der Vegetation abgeschätzt werden kann und daß luftanalytische Meßergebnisse zu keinen Aussagen über die tatsächliche Schädigung an der Vegetation berechtigen.

Dem Pflanzenphysiologen obliegt aber auch, die physiologischen Zusammenhänge aufzuzeigen, die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



*) Halbstundenmittelwerte.

Abb. 3: Mittlerer Tagesgang der Kohlenmonoxid-Konzentration an Werktagen, Meßstelle Stephansplatz
1 . . . vor Einführung der Fußgängerzone
2 . . . nach Einführung der Fußgängerzone
(aus dem Gesundheits- und Umweltschutzplan des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz 1972).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

beim Nachweis von Immissionswirkungen zu Vermeidung von Fehlinterpretationen Berücksichtigung finden sollten. Dies gilt für alle jene Kriterien, die üblicherweise zur Feststellung von Immissionseinwirkungen auf Pflanzen herangezogen werden (u. a. Symptomatik, Pflanzenanalyse). Die Immissionswirkung wird nämlich nicht allein vom Schadstoffangebot (Konzentration und Einwirkungsdauer) bestimmt, sondern auch von der durch die Pflanze aufgenommenen Schadstoffmenge, die in Abhängigkeit von Alter und Entwicklungsstadium sowie von Umweltfaktoren (Boden und Klima) bei gleichem Immissionsangebot stark variieren kann. Das Zusammenspiel dieser inneren und äußeren Faktoren ist für die oft nur temporäre Immissionsresistenz mancher Pflanzen verantwortlich, worunter zu verstehen ist, daß diese Pflanzen unter vergleichbaren Umständen in ihrer Lebens- und Leistungsfähigkeit durch Immissionen weniger beeinträchtigt werden als andere. Die Erscheinung der Immissionsresistenz kann entweder auf die Resistenz gegen die Schadstoffaufnahme oder auf die Resistenz gegen in die Pflanze eingedrungene Schadstoffe zurückgeführt werden.

Die Unterscheidung zwischen der Resistenz der Assimilationsorgane als Teil der Pflanze und der Resistenz der Gesamtpflanze ist bei der Beurteilung der Immissionswirkungen an mehrjährigen Gehölzpflanzen wichtig. Typische Beispiele für eine

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

unterschiedliche Resistenz der Assimilationsorgane und der Gesamtpflanze stellen die Nadelbaumarten Tanne und Fichte dar, bei denen eine relativ hohe Resistenz der Nadeln mit einer geringen Resistenz der Gesamtpflanze gekoppelt ist. Eine hohe Resistenz der Gesamtpflanze bedeutet praktisch das Vermögen, den schädlichen Immissionseinflüssen längere Zeit zu widerstehen; diese Eigenschaft wird auch als „Ausharrvermögen" (WENTZEL 1967) bezeichnet. Das fehlende Ausharrvermögen ist dafür verantwortlich, daß Tanne und Fichte meist als erste Holzarten aus Rauchschadensgebieten verschwinden.

Die Faktoren Wassergehalt des Bodens, relative Luftfeuchtigkeit und Licht sind von besonderem Einfluß auf die Schadstoffaufnahme, da sie den Spaltöffnungsapparat der Pflanzen beeinflussen. Pflanzen reagieren unter Bedingungen, die ein Offenhalten der Spaltöffnungen ermöglichen, am empfindlichsten auf die Einwirkung gasförmiger Immissionen. Im umgekehrten Fall, der durch Spaltenschluß verursachten Resistenz, handelt es sich um eine sogenannte „Scheinresistenz" (VOGL, BÖRTITZ u. POLSTER 1965): Die Pflanze ist zum Zeitpunkt des Auftretens von Immissionen durch immissionsunabhängige Einflüsse vorübergehend resistent. Unter diese Resistenzform fällt auch die Resistenz der laubabwerfenden Gehölze im Winter;

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

in diesem Fall entgehen die Pflanzen der Immission durch biologische Inaktivität.

Auch für die nicht nadelabwerfenden Koniferen stellt der Winter eine Periode nur geringer physiologischer Aktivität dar, doch ist dies nicht gleichbedeutend mit völliger Resistenz, da die Schadstoffaufnahme auch im Winter unter ungünstigen Bedingungen in eingeschränktem Maße möglich ist. Die Wirkung dieser Immissionen tritt aber erst bei günstigen äußeren Bedingungen, oft lange nach der Aufnahme, zutage (MATERNA 1974).

GRILL und HÄRTEL (1969) wiesen an den derb gebauten Sonnennadeln der Fichte nach, daß auch morphologisch-anatomische Eigenschaften das Eindringen gasförmiger Immissionen erschweren können.

Bei der Resistenz gegen eingedrungene Schadgase handelt es sich entweder um eine Immissionsverträglichkeit, die darin besteht, daß eine begrenzte Schadstoffdosis von der Pflanze ohne Beeinträchtigung ihrer Lebensvorgänge verkraftet werden kann oder um ein Regenerationsphänomen, indem Zellschädigungen sehr rasch, d. h. noch vor dem Auftreten äußerlich sichtbarer Symptome regeneriert werden.

Immissionswirkungen werden, wie bereits erwähnt, einerseits durch Konzentration und Einwirkungsdauer der Immissionen, andererseits

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

durch die Resistenz der Pflanzen bestimmt. Die Wirkungen äußern sich entweder durch äußerlich sichtbare Schädigungssymptome (Spitzen- und Randnekrosen, chlorotische Erscheinungen) oder durch Auswirkungen im mikroskopischen oder submikroskopischen Bereich einzelner Zellen auf diverse physiologische Prozesse und damit letzten Endes auf die Stoffproduktion.

Der nach Immissionseinwirkungen sehr häufig auftretenden typischen Symptomatik kommt allerdings kein diagnostischer Wert zu, da sie nicht für Immissionseinflüsse spezifisch ist, sondern in sehr ähnlicher Weise auch als Folge von Wassermangel, Hitzeeinwirkung, Nährstoffmangel, Parasitentätigkeit oder Infektionskrankheiten auftritt. Die Symptomatik kann zum Nachweis einer Immissionseinwirkung daher nur in Verbindung mit anderen Methoden wie z. B. Luft- oder Pflanzenanalysen dienlich sein.

Die von den Pflanzen in einem Immissionsgebiet aufgenommenen Schadstoffmengen lassen sich am besten durch eine chemische Analyse der Assimilationsorgane erfassen. Die Nadel- bzw. Blattanalyse hat gegenüber der Luftanalyse den Vorteil, daß nur jene Schadstoffmenge gemessen wird, die von den Pflanzen in Abhängigkeit von physiologischen Parametern tatsächlich aufgenommen bzw. gespeichert wurde und aufgrund der Speicherung

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

auch Schlüsse auf zurückliegende Schadstoffeinwirkungen erlaubt (STEFAN 1975). Die Brauchbarkeit der Pflanzenanalyse zum Nachweis von Immissionseinwirkungen wird bei jenen Schadsubstanzen nicht angezweifelt, die nicht den essentiellen Pflanzennährstoffen zuzurechnen sind und deren natürliche Gehalte in Pflanzen daher sehr gering sind (z. B. Fluor). Der Nachweis dieser Stoffe in Blättern oder Nadeln ist daher für die sekundäre Zufuhr aus der Atmosphäre beweiskräftig. Schwefel dagegen ist ein für die pflanzliche Ernährung essentielles Element und demnach in jeder Pflanze von vornherein enthalten. Dies war Anlaß für einen Jahrzehnte währenden Streit über die Brauchbarkeit der chemischen Pflanzenanalyse auf Schwefel zum Nachweis einer SO_2-Immission, der erst durch die umfassenden Untersuchungen von GUDERIAN (1970) zugunsten der Schwefelanalyse entschieden wurde. Nur der Nachweis eines erhöhten Schwefelgehaltes im pflanzlichen Gewebe berechtigt, auf eine stattgefundene SO_2-Immission zu schließen. Zusammenfassend kann über Pflanzenanalysen gesagt werden, daß sie wohl ein geeignetes Kriterium zur Erfassung von Immissionseinwirkungen, nicht jedoch zur Beurteilung der Wirkungen an der Vegetation darstellen.

Die Quantifizierung der Schadwirkungen, die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

aus der Störung verschiedener physiologischer Prozesse wie Assimilation, Atmung und Transpiration resultieren, fällt in den Aufgabenbereich des Ertragskundlers, da das ökonomische Ausmaß der Schädigungen nur über ertragskundliche Untersuchungen (POLLANSCHÜTZ 1971) erfaßt werden kann.

Da sich die Schadstoffe Schwefeldioxid, Fluorwasserstoffsäure und Kohlenmonoxid hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die Vegetation sehr unterschiedlich verhalten, sollen noch einige spezielle Überlegungen diese Substanzen betreffend angeschlossen werden.

Schwefeldioxid:

Wie bereits erwähnt, ist Schwefel für die pflanzliche Entwicklung unbedingt erforderlich und stellt somit einen essentiellen Nährstoff dar. Es erscheint daher nicht verwunderlich, daß sehr niedrige SO_2-Konzentrationen die Pflanze nicht nur nicht schädigen, sondern speziell für Pflanzen auf schwefelarmen Substraten eine nicht unbedeutende Komponente ihrer Schwefelversorgung sein können. Im Falle von SO_2 ist die Angabe einer Grenzkonzentration, unter der keine negativen Auswirkungen auf die Vegetation zu erwarten sind, durchaus möglich.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Auf diesen Tatsachen aufbauend, schlugen ROSS und CLARKE (1973) vor, das SO_2-Immissionsproblem nicht durch Filteranlagen, sondern durch den Bau entsprechend hoher Schornsteine zu lösen. Hohe Schornsteine führen die Emissionen in Zonen erhöhter Turbulenz hinein, wodurch es — bevor die Schadstoffe als Immission zur Pflanzendecke gelangen — zu einer weitgehenden Verdünnung kommt. Leider ist das Problem nicht in allen Fällen so einfach zu lösen. Es ist zweifellos richtig, daß im allgemeinen in ebenem Gelände die SO_2-Konzentrationen durch sogenannte Ausbreitungsrechnungen, in die als wesentliche Faktoren Schornsteinhöhe und Windrichtungen eingehen, abgeschätzt werden können, doch versagt diese Methode in kupiertem Gelände oder in gebirgigen Gegenden. Dies vor allem wegen der dort häufigen tages- oder jahreszeitlichen Schwankungen hinsichtlich Windrichtungen und Windstärken, welche die Entwicklung typischer Talauf- und -abwindsysteme begünstigen (STEINHAUSER 1975). Der von ROSS et al. geforderte Verzicht auf Filteranlagen in SO_2-emittierenden Betrieben zur Sicherung der Schwefelversorgung der Vegetation erscheint schon deshalb nicht ganz verständlich, weil die Frage offenbleibt, woher die Pflanzen bis zu der um etwa 1850 einsetzenden Industrialisierungswelle ihren Schwefel genommen haben.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Fluorwasserstoff:

Im Gegensatz zu SO_2-Immissionen können auch sehr niedrig konzentrierte Fluorimmissionen zu schädlichen Anreicherungen im Pflanzengewebe führen, und zwar vor allem in den älteren Assimilationsorganen. Finden solche Pflanzen als Futterpflanzen Verwendung, können an den Nutztieren sekundäre Schädigungen (Fluorose) auftreten. Dies zeigt, daß die Einhaltung selbst eines sehr niedrigen Wertes für die Immissionsgrenzkonzentration keine Gewähr für die Vermeidung allfälliger durch langfristige Schadstoffanreicherung bedingter Sekundärschäden bietet. Diese Tatsache war Anstoß, auch den Faktor Zeit in die Betrachtungen einzubeziehen und die in der Zeiteinheit durch eine Pflanze aufgenommene Fluormenge als Anhaltspunkt einerseits für die Gefährdung der Vegetation und andererseits für die in der Nahrungsmittelkette folgenden Glieder zu nehmen. Besonders geeignet für die Erfassung dieser Immissionsrate sind Pflanzen, die selbst bei einem relativ hohen Fluorgehalt nicht mit äußerlich sichtbaren Symptomen reagieren. SCHOLL (1972) beschrieb ein standardisiertes Graskulturverfahren (unter Verwendung von Lolium-Arten), das für die Erfassung der Immissionsrate bestens geeignet ist.

Die bei der Einwirkung fluorhaltiger Immissionen oft sehr auffällige Symptomatik (Absterben der

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Blattorgane von der Spitze bzw. vom Rand her) ist darauf zurückzuführen, daß die in das pflanzliche Gewebe eindringenden Fluoridionen offensichtlich nach dem gleichen Prinzip wie alle nicht in den Stoffwechsel einbezogenen Substanzen transportiert werden und auch nach dem gleichen Schema innerhalb des Blattorganes verteilt werden (HALBWACHS 1963).

Kohlenmonoxid:

CO, die mengenmäßig wohl verbreitetste anthropogene Luftverunreinigung, zählt nicht zu den phytotoxischen Substanzen und liefert ein Beispiel dafür, daß der Mensch gegenüber diesem Schadstoff empfindlicher als die Pflanze reagiert. Während nach den Untersuchungen von GROLL-KNAPP et al. (1972) aus dem Hygieneinstitut in Wien 50 ppm CO bereits eine signifikante Beeinflussung der Vigilanzleistungen von Versuchspersonen ergaben, reagieren Pflanzen auf diese Konzentrationen nach BIDWELL und BEBEE (1974) mit einer Steigerung ihrer CO-Aufnahme. Die Autoren konnten weiters zeigen, daß verschiedene Pflanzenarten, darunter auch Baumarten wie Esche und Ahorn, ihre CO-Aufnahme bis zu Konzentrationen von 100 ppm linear mit der gebotenen Konzentration steigern.

Weltweit gesehen fällt die CO-Aufnahme durch die Pflanzendecke wegen der im allgemeinen herr-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

schenden niederen CO-Konzentrationen zwar nicht ins Gewicht, doch kann der Beitrag der Vegetation zur Verbesserung der Luftqualität durch Aufnahme von CO gerade in Städten mit höheren CO-Konzentrationen wesentlich sein. Das aufgenommene CO kann auf zweierlei Art in den Stoffwechsel einbezogen werden, indem es entweder zu CO_2 oxidiert und als solches fixiert wird oder nach seiner Reduktion in die Aminosäure Serin eingebaut wird.

Meine Ausführungen sollten zeigen, daß die wegen ihrer zahlreichen positiven Effekte für die Umwelt des Menschen so wichtigen Pflanzen auch geeignete Indikatoren für den Grad der Belastung eben dieser Umwelt durch Luftverunreinigungen sein können, sofern die an ihnen zutage tretenden Reaktionen richtig interpretiert werden.

Literaturverzeichnis:

BIDWELL R. G. S. and G. P. BEBEE, 1974: Carbon monoxide fixation by plants. Can. J. Bot. 52, 1841—1847.

GRILL D. und O. HÄRTEL, 1969: Mikroskopische Untersuchungen an Fichtennadeln nach Begasung mit SO_2. Mikroskopie (Wien) 25, 115—122.

GROLL-KNAPP E., H. WAGNER, H. HAUCK und M. HAIDER, 1972: Auswirkungen geringer Kohlenmonoxid-Konzentrationen auf Vigilanz und computeranalysierte Hirnpotentiale. Staub — Reinhalt. Luft 32, 185—188.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

GUDERIAN R., 1970: Untersuchungen über quantitative Beziehungen zwischen dem Schwefelgehalt von Pflanzen und dem Schwefeldioxidgehalt der Luft. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 77, 200—220, 289—308, 387—399.

HALBWACHS G., 1963: Untersuchungen über gerichtete aktive Strömungen und Stofftransporte im Blatt. Flora 153, 333—357.

HAUT van H. und H. STRATMANN, 1970: Farbtafelatlas über Schwefeldioxid-Wirkungen an Pflanzen. Verlag W. Girardet, Essen.

ISRAEL H. und G. ISRAEL, 1973: Spurenstoffe in der Atmosphäre. Wissenschaftliche Verlagsges., Stuttgart.

JUNGE C. E., 1963: Air chemistry and radioactivity. Zitiert nach ISRAEL und ISRAEL (1973).

MATERNA J., 1974: Einfluß der SO_2-Immissionen auf Fichtenpflanzen in den Wintermonaten. Vortr. IX. IAFR in Marianske Lazne. Tagungsbericht, 107—114.

PASS F., A. HACKL, H. W. SCHÖNFELLINGER, A. ECKER, D. MÜHLBERGER, H. WURIAN, Ch. CSOKLICH und W. KRZANDALSKI, 1974: Entschwefelung von Erdölrückständen und Abgasen. Erdöl Erdgas Zschr. Offshore-Technik H. 9 und 12, 318—325 und 448—453.

POLLANSCHÜTZ J., 1971: Die ertragskundlichen Meßmethoden zur Erkennung und Beurteilung von forstlichen Rauchschäden. Mitt. Forstl. Bundesvers.-Anst., Wien, 92, 155—206.

PREINING O., 1975: Wirkung der Schwefeloxide in der Atmosphäre auf Materialien. Schwefeloxide in der Atmosphäre — Luftqualitätskriterien SO_2. Abschn. 6 Herausgegeben vom Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz.

ROSS F. F. and A. J. CLARKE, 1973: Sulphur dioxide emissions: an analysis of factors for their effective control. Proc. Third Intern. Clean Air Congr., Düsseldorf, A 124.

SCHOLL G., 1972: Ein biologisches Verfahren zum

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Nachweis von Fluorverbindungen in Immissionen. Mitt. Forstl. Bundesvers.-Anst., Wien, 97, 255—269.

STEFAN K., 1975: Die Schwefel- und Fluorbestimmung in Nadeln als Diagnosemethode bei Rauchschadensuntersuchungen. Allg. Forstzeitung 86, 181—184.

STEINHAUSER F., 1975: Einfluß meteorologischer Faktoren auf die Verbreitung von Schwefeldioxid. Schwefeloxide in der Atmosphäre — Luftqualitätskriterien SO_2. Abschn. 4. Herausgeg. vom Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz.

TAL „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft". Carl Heymanns Verlag KG, 1974.

VOGL M., BÖRTITZ und H. POLSTER, 1965: Physiologische und biochemische Beiträge zur Rauchschadenforschung. 6. Mitt. Biol. Zbl. 84, 763—777.

WENTZEL K. F., 1967: Bedeutung, Aussichten und Grenzen der Züchtung relativ rauchharter Baumsorten im Lichte immissionsökologischer Erfahrungen in Mitteleuropa. Ref. XIV. IUFRO-Kongr., Sekt. 24, 536—566.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1975

Band/Volume: 114_115

Autor(en)/Author(s): Halbwachs Gottfried

Artikel/Article: Luftverunreinigung und Vegetation. 121-143