

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 129 (1978)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Immissionsgrenzwerte für den Wald  
**Autor:** Wentzel, K.F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-764355>

### **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:** 30.03.2025

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

## Immissionsgrenzwerte für den Wald

Von K. F. Wentzel, Wiesbaden

Oxf.: 425 : 174.7

Schon als Schüler faszinierten mich im Geschichtsunterricht besonders die vorchristlichen Perioden Bronzezeit und Eisenzeit. Wie brachten es die Menschen mit den beschränkten chemotechnischen Mitteln vor 3000 Jahren fertig, Metalle aus Erzen zu gewinnen? Heute weiss ich eines: es kann nur unter Inkaufnahme verheerender Umweltzerstörungen geschehen sein. Wenig ist von diesen frühen Landschaftsverwüstungen durch Immissionen überliefert. Lediglich der griechische Geograph *Strabo* hat aus Spanien berichtet, Schmelzöfen für Silber sollten möglichst hoch ins Gelände gebaut werden, um den beim Brennprozess entstehenden schweren und verderblichen Rauch in die Höhe abzuführen (nach *Kärcher*, 1830). Und im *Corpus iuris civilis* der Römer steht der Satz: *Aerem corrumpere non licet*.

Zinn, Zink, Blei, Eisen, Kupfer, Nickel und Silber liegen grossenteils als Sulfide in der Erdrinde. Will man die begehrten Elemente haben, muss man den Schwefel aus der Verbindung treiben. Dies geschieht seit jeher durch Rösten in «Hütten», die ursprünglich in waldreichen Gebirgstälern errichtet wurden. Erst seit etwa 100 Jahren fährt man das Erz zur Kohle in die Industriegebiete oder an die Grossschiffahrtsstrassen. Beim Rösten geht Schwefeldioxid konzentriert in die Luft. Das ist ein «Assimilationsgift», wie *Stöckhardt* bereits 1853 in der Umgebung einer Bleihütte des Erzgebirges erkannte. Kurz vorher (1845) hatte *Rettschardt* den meines Wissens ersten erschütternden Bericht in der deutschen Literatur über die Waldverwüstungen der Metallhütten im Harz veröffentlicht.

### «Waldrauchschäden» früher und heute

Am Ende des 19. Jahrhunderts registrierte die Forsteinrichtung nach Angaben von *Reuss* (1907) in den Wäldern der deutschen Mittelgebirge (vornehmlich Erzgebirge, Harz, Westerwald und Eifel) rund 9000 ha (!) «Rauchblößen». An der nachhaltigen Bodendegradierung kann man dieses anthropogene Unland zum Teil heute noch erkennen. In den hier erkrankten Wäldern begann die Rauchschadenforschung. Damit geht die weltweite Im-

missionsforschung heutiger Zeit auf frühe Initiativen und Erkenntnisse der deutschen Forstwissenschaft zurück. Doch dieser Ursprung liegt nicht etwa allein darin begründet, dass der Wald gerade dort, wo auch die Erze liegen, das natürliche Kleid des Landes ist, sondern — wie ich noch näher begründen werde — weil kein Landschaftsbestandteil und zugleich Wirtschaftsobjekt grösserer Bedeutung so anfällig gegen industrielle Abgase ist wie der Nadelwald. Aus ökologischen und physiologischen Gründen begann die Immissionsforschung also im Koniferenwald! Sie wurde 5 Jahrzehnte fast ausschliesslich von der Forstwissenschaft aus weiterentwickelt.

Im Jahre 1905 entlarvte *Wislicenus* als Nachfolger der Professoren Stöckhardt und *von Schröder* auf dem Lehrstuhl für forstliche Pflanzenchemie der Forstakademie Tharandt die Verbindung Fluorwasserstoff als noch weit gefährlicheres Abgas als  $\text{SO}_2$  an einer Ziegelei im Erzgebirge. Die beiden für den Wald weitaus übelsten Luftverunreinigungen, auf die fast alle Immissionsschäden in den Wäldern Mitteleuropas zurückgehen, sind damit in Sachsen identifiziert worden.

Endlich setzten dann auch die ersten tastenden Abwehrmassnahmen des Staates ein, der bei allen Initiativen jedoch primär bestrebt blieb, die aufblühende Industrialisierung nicht zu hemmen. Um die Jahrhundertwende wurden in Deutschland die Gewerbeordnung und das Bürgerliche Gesetzbuch geschaffen. Diese Rechtsmittel versuchten dem angewachsenen Immissions-Unheil mit Genehmigungs-Vorbehalten für gefährliche Betriebe (§ 16 GO) einerseits und ersten Ansätzen zur Entschädigungsregelung für «wesentliche», doch nicht ortsüblichen Schäden (§ 906 BGB) zu begegnen. Dabei richtete die Gewerbeaufsicht ihr Augenmerk hauptsächlich auf die Abführung der Abgase, nicht aber auf deren Zurückhaltung. So wurden die Schornsteine höher und höher gezogen: Sie erreichen jetzt 200 m und mehr.

Als nach dem 1. Weltkrieg erkannt wurde, dass Schwefel auch zu verkaufen war, begann man in den Metallhütten dem stärker werdenden Druck der geschädigten Nachbarn nachzugeben und mit der Absorbierung der Abgase zu beginnen. Dieser Schritt wiederum leitete schliesslich die Entwicklung einer chemischen Grossindustrie zur Säurefabrikation in die Wege. Das ist ein frühes gutes Beispiel dafür, dass Umweltschutz nicht etwa nur die Wirtschaft hemmt, sondern auch neue Arbeitsplätze schafft. Inzwischen aber hatte die allgemeine Industrialisierung auf der Grundlage einer massenhaften Verbrennung von Kohle (später auch Öl) zur Energiegewinnung bereits ihren unaufhaltsamen Siegeszug angetreten und vielerorts Landschaftsbild und Gesellschaftsstruktur völlig umgewandelt.

An die Stelle der bisher lokal begrenzten Immissionsschäden durch relativ kurzzeitig einwirkende Abgase hoher Konzentration, die akute Erkrankungen hervorrufen, traten über ganze Regionen weitgespannte Einwirkungen mässiger Konzentrationen über längere Zeitdauer, die in den Wäldern

zu chronischen Erkrankungen, allmählichem Siechtum und vorzeitigem Tod vor allem der Nadelbäume führen. Gleichzeitig machten zahlreiche weitere Schadstoffe örtlich von sich reden, die durch die Einführung vielfältiger neuer chemischer Prozesse in den Gewerbebetrieben freigesetzt werden, aber allesamt mehr für Menschen und Tiere, weniger für den Wald gefährlich sind. Nicht zuletzt die Vielzahl dieser mehr als 200 verschiedenen Immissions-Substanzen hat etwa seit dem Jahre 1970 das sehr begrüßenswerte Umweltschutz-Bewusstsein der Bevölkerung bewirkt, dem Politik und Verwaltung nun nachkommen. Heute sind in Mitteleuropa mindestens 500 000 ha Wälder vornehmlich in der CSSR, Polen und der DDR nachweislich von so schweren Immissionseinwirkungen betroffen, dass Nadelwald forstwirtschaftlich sinnvoll nicht mehr nachgezogen werden kann. Für die Bundesrepublik Deutschland ist die nachweislich immissionserkrankte Waldfläche auf etwa 40 000 bis 50 000 ha zu beziffern.

### **Sorge für Beschränkung der Luftverunreinigungen im Umweltschutz-Zeitalter**

Eines hatte die Entwicklung der letzten hundert Jahre klar erwiesen: die bisherigen Mittel einer relativ lasch gehandhabten Gewerbeaufsicht einerseits und Verweisung auf einen kaum Erfolg versprechenden Privatklageweg zur Erlangung von Entschädigung andererseits haben keineswegs ausgereicht, schwere Schäden für Pflanzen (vor allem durch Abgase) sowie auch für Tiere und sogar Menschen (insbesondere durch Schwermetallstäube und Smog-Katastrophen) zu verhüten. Sie haben zwar das Auftreten hoher Schadstoffkonzentrationen und damit den schnellen Pflanzentod fortschreitend verhindert, dafür aber das Problem auf die schleichenden Vegetationserkrankungen weiter Räume ausgedehnt und damit die Umweltschäden insgesamt ganz erheblich vermehrt. Wie soll, wie kann überhaupt der Umweltschutz als staatliche Vorsorgeverpflichtung heute darauf reagieren?

Der Umweltschutz versucht seit einigen Jahren zunächst, mit verstärkter Luftüberwachung und ausgefeilter Messtechnik zum Erfolg zu kommen. Dieser Weg war vorgezeichnet durch jene alte Erkenntnis, die schon *Paracelsus* (1493—1541) in die Worte gekleidet hat: *Sola dosis facit venenum*. Die Abgaseinwirkungen müssen nach Konzentration und Zeitdauer der Einwirkung auf jenes spezielle Mass begrenzt werden, das für die jeweilig einwirkende Noxe Erkrankungen der Lebewesen und wirtschaftliche Schäden ausschliesst. Solche gesetzlichen Vorschriften haben aber nur einen Sinn, wenn 1. die Begrenzung messbar ist und 2. eine Organisation zur ständigen Überwachung oder schnellen Nachprüfung der aktuellen Luftverunreinigung in gefährdeten Gebieten aufgebaut ist und jederzeit zur Verfügung steht. Diese Voraussetzungen fehlten selbst in den grossen Industriegebieten bis vor wenigen Jahren völlig, sind inzwischen aber zum Beispiel im Ruhrgebiet und anderen Ballungsräumen vorhanden.

Bei aller berechtigten Kritik dürfen wir jedoch nicht übersehen, dass bis etwa 1968 wohl eine Vermutung, aber keine ausreichende Klarheit darüber bestand, wo die Grenzwerte überhaupt liegen. Zahlreiche Begasungsversuche seit 100 Jahren hatten immer wieder zu verschiedenen, erst allmählich einem Endergebnis zusteuernenden und die erschreckende Fernwirkung der Abgase im Freiland erklärenden Resultaten geführt. Bis etwa 1940 nahmen wir die Konzentrationsschwelle für  $\text{SO}_2$ , unterhalb der bei Langzeiteinwirkung keine Erkrankungen und Schäden an Pflanzen mehr verursacht werden, nach Begasungsversuchen von Wislicenus (1898, 1914), *Wieler* (1905, 1933) und anderen mit etwa 2 ppm im  $\text{m}^3$  Luft an. Das entspricht etwa 5,6 mg  $\text{SO}_2$  im  $\text{m}^3$  Luft. Heute wissen wir genau, dass bei solcher Einwirkung alle Pflanzen sterben und auch Menschen schwer erkranken.

Mit verfeinerter Versuchstechnik ermittelte *Katz* (1939) die Empfindlichkeit der sensibelsten Testpflanzen in Kabinen bei etwa 0,2 ppm. Dieser Schwellenwert wurde dann bis etwa 1968 unterstellt, obwohl jeder Eingeweihte weiss, wie schwierig es ist, in Begasungsversuchen echte Freilandbedingungen nachzuahmen. Von den vielen Fehlerquellen, die kaum erkannt oder vermieden werden können, soll hier nicht die Rede sein. Ein wesentlicher Mangel liegt ausserdem darin, dass es versuchstechnisch so gut wie unmöglich ist, Begasungsexperimente auf das lange Baumleben auszudehnen. Es werden immer nur einzelne Jungpflanzen im Labor getestet. Das hat bis in die jüngste Zeit zu kapitalen Fehlschlüssen Anlass gegeben, über die andernorts berichtet wurde (*Wentzel*, 1966, 1967 a). Deshalb hat die Untersuchung der langfristigen Reaktion von Bäumen und Wäldern unter den tatsächlichen Immissionsbedingungen der Industrienähe im Freiland draussen eine nicht zu übertreffende Aussagekraft für Schlüsse, die Forstwirtschaft, Landespflege und Landschaftsgestaltung in luftverunreinigten Räumen zu ziehen haben.

Nun sind wir aber versuchstechnisch erst seit etwa 10 Jahren in der Lage, die Dosis-Wirkungs-Beziehungen im Freiland mit den notwendigen mathematisch-statistischen Anforderungen sicher nachweisen zu können. Erst jetzt dürfen wir annehmen, die Höhe der Grenzwerte einigermaßen richtig zu erfassen. Die Freilanduntersuchungen im Siegerland (*Guderian* und *Stratmann*, 1968), dem sächsischen Erz- und Elbsandsteingebirge (*Dässler* und *Stein*, 1968), dem böhmischen Erzgebirge (*Materna*, 1969, 1972, 1974) und dem Ruhrgebiet (*Knabe*, 1971, 1972) zeigen in der Tat, dass die alle Waldschäden sicher verhütende Konzentrationsschwelle als arithmetischer Mittelwert über längere Zeit noch unter 0,02 ppm, also mehr als eine ganze Zehnerpotenz tiefer liegt als angenommen (*Wentzel*, 1968). *Materna* und Mitarbeiter kommen aufgrund ihrer langjährig durchgeführten Untersuchungen sogar zum Ergebnis, dass für standörtlich arme Höhenlagen des Erzgebirges auch dieser Grenzwert noch nicht ausreichenden Schutz für die Fichtenwälder gewährleistet, da hier Langzeitkonzentrationen von 0,01 ppm (0,025 bis

0,03 mg) SO<sub>2</sub> noch eine nachweisbare Reduktion des Zuwachses hervorrufen. Erst Konzentrationen von 0,015 bis 0,020 mg SO<sub>2</sub> bleiben ohne sichtbare Erkrankungen.

Die vorerst jüngsten Begasungsversuche hat nun *Keller* (1977) in der Schweiz vorgenommen. Er fand bei neunmonatiger Begasung mit 0,05 ppm (also 0,14 mg) SO<sub>2</sub> statistisch gesicherte Einbussen der Netto-Assimilation, Pufferkapazität und enzymatischen Aktivität junger Koniferen, ohne dass mit dem blossen Auge äussere Schadsymptome kenntlich wurden. Ich werte diese Ergebnisse als experimentelle Bestätigung der oben dargestellten Freiland-Erkenntnisse, denn auch im Freiland erkennt man an jungen Nadelholzkulturen noch keine Erkrankungen oder Vitalitäts-Einbussen, wo im selben Raum Stangenhölzer und Altbestände infolge der Summationseffekte über Jahrzehnte hinweg jedoch schwere Zuwachseinbussen aufweisen.

Wer meiner Abhandlung bis hierher gefolgt ist, wird denken: jetzt aber genug! Ich muss ihn enttäuschen. Auch zu diesen tiefliegenden Schadstoffanteilen in der Luft müssen noch Vorbehalte angemeldet werden, weil bis heute keine Klarheit über die synergistische Wirkung mehrerer verschiedener Luftverunreinigungen besteht.

Summieren sich beispielsweise die Wirkungen bestimmter SO<sub>2</sub>- und HF-Konzentrationen oder potenzieren sie sich gar? Gibt es Immissionskombinationen, bei denen sich die Wirkung der Einzelkomponenten vielleicht gegenseitig aufhebt? Man muss gerechterweise einwenden, dass die Problematik ausserordentlich vielschichtig und für den Laien völlig unübersehbar ist.

Haben schon die Wissenschaftler ihre grossen Schwierigkeiten, so sind auch die Politiker um ihre Verantwortung nicht zu beneiden. Bei der Gesetzgebung kann keine politische Einmütigkeit für die Entscheidung vorausgesetzt werden, ob die Grenzwerte auf den Schutz des Menschen oder etwa auf den Schutz des empfindlichsten Lebewesens (beispielsweise eine Blattflechte) ausgerichtet werden sollen. Der § 906 des BGB bestimmt seit 80 Jahren, unwesentliche Schäden seien hinzunehmen. Was aber ist unwesentlich? Kann man die Existenz der Flechten als unwesentlich bezeichnen? Können wir auf einzelne Individuen, bestimmte Pflanzenarten oder ganze Familien in unseren Ökosystemen überhaupt verzichten? Die Milieu-Änderung durch Luftverunreinigung mindert mit Gewissheit die ökologische Stabilität. Ist vielleicht der Schutz der Nadelwälder gar «unwesentlich»? Wenn die Grenzwerte «nur» auf den Schutz der Menschen (angeblich des Masses aller Dinge!) ausgerichtet werden sollen, so erhebt sich sogleich die Frage, welcher Gesundheitszustand Massstab werden soll. Der zum Beispiel schon durch Nikotin, Asthma, Katarrhe, Kreislaufstörungen usw. vorbelastete Mensch ist bedeutend empfindlicher gegen Luftverunreinigungen als der von Belastungen oder Krankheiten bisher freigebliebene. Als Fazit all dieser Überlegungen muss festgehalten werden: Wir können nur von mittleren Variationsbreiten der

Empfindlichkeit für bestimmte Gruppen von Lebewesen ausgehen; auf diese müssen sich die Experten einigen. Letztlich muss der Staat entscheiden, was in den Schutz vor Immissionen einbezogen werden soll und was aus übergeordneten Gründen vielleicht nicht.

### Definition der Luftqualität

Nicht nur die Widerstandskraft der Pflanzen differiert nach Art, Entwicklungsstadium, Standortsbedingungen und anderen Faktoren, auch das Immissionsangebot ist in dem vielfältigen Wechselspiel von höheren und niederen Konzentrationen in der Luft und der Zeitdauer ihres Auftretens ausserordentlich unterschiedlich. An einem bestimmten Ort gibt es nur in sehr seltenen meteorologischen Ausnahmesituationen einen über viele Stunden oder einige Tage etwa gleichbleibenden Luftverunreinigungspegel. Die Schadstoffkonzentrationen schwanken ständig mit den Witterungsbedingungen, insbesondere der Windbewegung und folgen dabei grob jahreszeitlichen und tageszeitlichen Trends. Sie differieren stärker, (das heisst zwischen mindestens «fast Null» und hohen Spitzenwerten), wenn nur von einer Quelle Immissionen zugeweht werden können (Beispiel Abbildung 1), während inmitten von Industriegebieten ein mehr ausgeglichener Pegel zu registrieren ist. Lediglich erwähnt sei, dass es ein Unterschied ist, ob man in Baumhöhe oder über dem Boden misst. Selbstverständlich hat auch jede Methode ihren speziellen analytischen

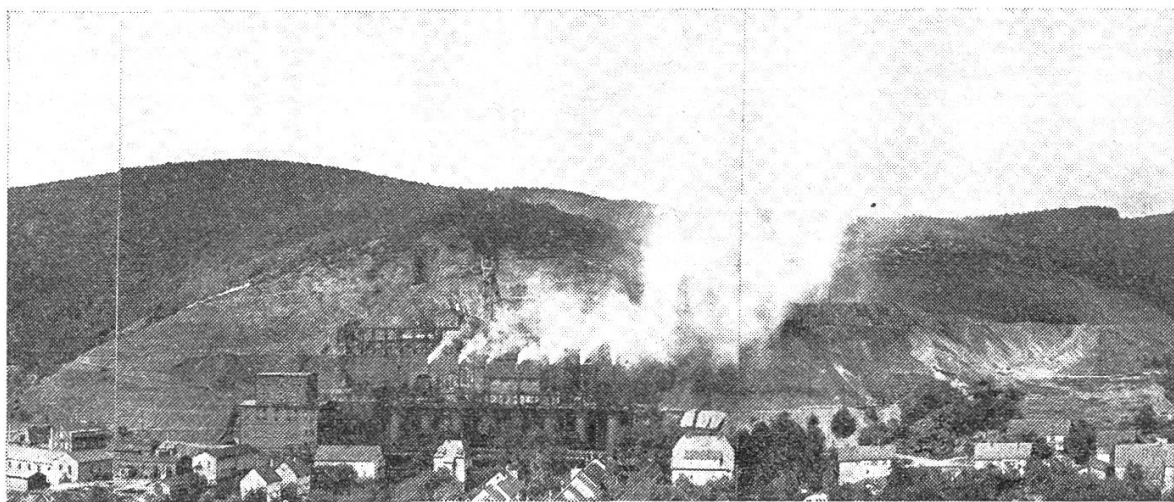


Abbildung 1. Eine Rauchblösse im Siegerland 1964. Die Eisenerzröstanlage wirft ohne Schornstein und Absorptionsvorkehrungen täglich rund 10 t  $\text{SO}_2$  oberflächennah aus. Auf der völlig pflanzenleeren und weitgehend erodierten Blösse von 19 ha Fläche ermittelten Guderian und Stratmann (1968)  $\text{SO}_2$ -Konzentrationen während der Dauer der «Immissionszeit» von 0,46 ppm (=1,3 mg) und Spitzenkonzentrationen von 10 Minuten Dauer bis 15 ppm (=39,0 mg). Die Immissionszeit beträgt 33 Prozent der Expositionszeit, das heisst zu zwei Drittel der Zeit ist «reine» Luft. Die rundum erkrankte Waldfläche belüftet sich auf etwa 1000 ha (s. Wentzel, AFZ 1956).

und nach Zahl und Verteilung der Messstellen und Häufigkeit der Messungen auch technischen Vertrauensbereich.

Weil die Immissionswirkung bei gleichen Produkten von Konzentration und Einwirkungsdauer progressiv mit der Konzentration ansteigt und auch relativ immissionsarme oder immissionsfreie Zeitspannen als Erholungspausen dienen können, bedarf es stets einer grossen Vielzahl systematisch angelegter luftanalytischer Messungen und der Auswertung von Häufigkeitsverteilungen, um bestimmte Immissionstypen identifizieren zu können. Da wir zur Charakterisierung einheitliche Bewertungsmassstäbe brauchen, muss die Vielfalt der Messergebnisse auf wenige statistische Parameter reduziert werden, damit sie «auf einen Blick» Rückschlüsse auf die zu erwartenden Wirkungen zulassen. Aussagefähig sind besonders zwei: der Arithmetische Mittelwert über längere Zeit (Beispiel  $\bar{x}$  Jahr oder  $\bar{x}$  Vegetationszeit) und ein Maximalwert zur Beurteilung der gefährlichen Spitzenkonzentrationen. Dies indessen darf nicht der Extremwert sein, da der weiteste Ausreisser sehr selten und nicht typisch ist, durchaus auch ohne grössere Wirkung bleiben kann. Aus mathematisch-statistischen Gründen bietet sich der 95-Prozent- oder 97,5-Prozent-Summenhäufigkeitswert des Messwertkollektivs an. Ein solcher Maximal-Konzentrationswert lässt also die 5 bzw. 2,5 Prozent höchsten Einzelwerte ausser Betracht. Als Einzelwerte wiederum haben sich Halbstunden-Messintegrale als beste Lösung erwiesen und allgemein durchgesetzt.

Diese beiden Parameter (IW1 und IW2 genannt) werden auch von den zuständigen Überwachungsbehörden in der Bundesrepublik Deutschland zugrundegelegt. Die Gewerbeaufsicht wurde 1964 mit der ersten technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) angewiesen, bei der Entscheidung über Genehmigungen oder Erweiterung von Betrieben für SO<sub>2</sub> einen IW1 von 0,40 mg und einen IW2 von 0,75 mg (damals als 97,5-Perzentil-Wert) anzuhalten. Das waren an den tatsächlich im Ruhrgebiet auftretenden Luftbelastungen orientierte Zweckmässigkeitsgrenzen, mit denen ein Anfang gemacht wurde, um Erfahrungen für das Ziel zu sammeln, sie allmählich zu verschärfen. Im folgenden Jahrzehnt erkannte man, dass der IW1 viel zu hoch angesetzt war, eine Verschärfung des IW2 aber technisch kaum realisiert werden konnte, ohne die Industrieproduktion und das Wirtschaftswachstum zu hemmen. Die TA-Luft 1974 setzte deshalb den IW1 auf 0,14 herab und legte den IW2 auf 0,40 mg (jetzt aber mit einer erheblich geringeren Anforderung) als 95-Perzentil-Wert neu fest. Auch bei dieser Korrektur nach unten sind die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die SO<sub>2</sub>-Empfindlichkeit der Pflanzen nicht berücksichtigt worden.

Die TA-Luft-Werte sind also Konventionalwerte einer Verwaltung, die primär das Gesamtwohl des Staates im Auge hat, sich aber nicht nach den empfindlichsten Lebewesen ausrichtet. Verfasser ist seit 1959 Mitglied eines Ausschusses zur Beratung der deutschen Bundesregierung und bei den Bera-



tungen zur Festsetzung der Grenzwerte beider Technischer Anleitungen 1964 und 1974 zugezogen worden. Er hat die biologischen Vorbehalte schon in der VDI-Richtlinie 2108 (1961) verankern können und stets nachdrücklich vorgetragen. Keller (1977) irrt, wenn er meint, die Nichtanerkennung der Kategorie der unsichtbaren Schädigungen hätte «die Position der Forstwirtschaft bei der Erarbeitung von Immissions-Richtwerten empfindlich geschwächt». Eine Anerkennung kann auch mit der Wortbildung «latente Schädigungen» nicht erreicht werden. Im hochpolitischen Bereich spielen akademische Begriffe nun wirklich keine Rolle, mögen sie nun zur Verständigung der Experten brauchbar sein oder nicht. Trotz vielfacher Unterrichtung des Gesetzgebers ist ja nicht einmal der viel weitergehende breite Bereich der «chronischen Immissionserkrankungen» (Wentzel, 1967 b), der ja die sogenannten latenten Schädigungen einschliesst, bei der Grenzwertfestsetzung berücksichtigt worden und wird vermutlich aus gesamtwirtschaftlicher Rücksicht auch künftig leider nicht einbezogen werden.

### **Die besondere Empfindlichkeit der Nadelholzwälder**

Der Nadelwald ist im Empfindlichkeitsspektrum aller Lebewesen gegen SO<sub>2</sub>-Immissionen extrem empfindlich. Dies hat folgende sehr plausible Gründe, die ich beim letzten Hearing der deutschen Bundesregierung zur



*Abbildung 2.* 60jähriger Fichtenbestand im Erzgebirge, absterbend, etwa 15 km von den Abgasquellen im böhmischen Braunkohlebecken bei Most entfernt. Immissionsbelastung nach *Materna* (1972):  $\bar{x}$  Jahr = 0,05 mg SO<sub>2</sub>.

Beratung neuer Grenzwerte am 20. 2. 1978 in Berlin erneut vorgeschlagen habe:

1. Der Wald steht hundert Jahre und mehr auf der Fläche. Erkrankungen und Vitalitätseinbußen summieren sich an den Bäumen über Jahrzehnte hin auf, während die landwirtschaftlichen Gewächse zumeist schon nach einer Vegetationsperiode gewechselt werden.
2. Der Wald ragt 10, 20 oder 30 Meter hoch in den Luftraum. Sein Kronenbereich, in dem sich die wichtigen Stoffwechselfvorgänge abspielen, ist der Luftbewegung weit stärker ausgesetzt als der Bodenraum, auf dem die meisten anderen Lebewesen angesiedelt sind.
3. Der Wald kann nicht fortlaufen wie Mensch und Tier, wenn ihm die saubere Luft verdorben wird. Im Gegenteil, wir erwarten vom Walde sogar Schutz und Abschirmung gegen die Luftverunreinigung.
4. Das wirtschaftliche Rückgrat der Forstwirtschaft ist der Nadelwald. Auf das winterliche Grün kann aber auch der Erholungswald nicht verzichten. Tannen, Fichten, Kiefern, Lärchen sind aufgrund des anatomischen Baues und der mehrjährigen Lebensdauer ihrer Assimilationsorgane, wegen physiologischer Bedingtheiten und mangelhafter Regenerationsfähigkeit ihrer Blattorgane empfindlicher als Laubbäume.

Für den *Nadelwald* bestehen aufgrund des heutigen internationalen forstwissenschaftlich-immissionsökologischen Erkenntnisstandes die in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellten Anbaurisiken.

*Tabelle 1.* Anbau-Risiko bei SO<sub>2</sub>-Einwirkung

IW 1 in mg SO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	IW 2	Risiko
0,02	0,10	Schutz aller Koniferen-Wälder überall voll gesichert, keine schädlichen Einflüsse.
0,03	—	In standörtlich armen Höhenlagen leichte chronische Erkrankungen nachgewiesen.
0,05	0,20	Auf den meisten Standorten Schutz ausreichend gesichert.
0,06	—	Prädisposition für Sekundärschädlinge; in der Regel leichte chronische Immissionserkrankungen mit im Alter nachweisbaren Zuwachsverlusten.
0,08	0,30	Schwere Erkrankungen mit ab Alter 30 deutlich messbaren Zuwachsschäden und vorzeitigem Tod.
0,12	0,40	Jeder wirtschaftliche Koniferenanbau ausgeschlossen. Nadelwälder erreichen jedoch zum Teil verlichtet das Stangenholzalter.
0,14	TA-Luft 0,40	—
0,18	—	Einzelne im Höhenwuchs verkrüppelte Kiefern vegetieren noch dicht am Erdboden dahin.
0,19	—	Rien ne va plus.

Tabelle 2. Anbau-Risiko bei HF-Einwirkung.

IW 1 in mg HF/m <sup>3</sup>	IW 2	Risiko
0,0003	0,0009	Schutz aller Wälder in der Regel gesichert.
0,0005	0,0015	Koniferen-Wälder erleiden schwere Erkrankungen und messbare Zusatzverluste.
0,0014	0,0042	Nadelholzbestände sterben fortschreitend ab, erreichen nicht das «wirtschaftliche Alter» (Umtriebszeit).
0,002 TA-Luft	0,004	—

### Ist ein voller Immissionsschutz der Nadelwälder realisierbar?

Bei einer von der TA-Luft zugelassenen SO<sub>2</sub>-Immissionseinwirkung von 0,14 mg und 0,40 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>-Luft lösen sich unsere Tannen- und Fichtenwälder bis zum Alter 40 und 60 allmählich auf, verschwinden also vorzeitig von der Fläche. Kiefernwälder halten unter völlig stagnierendem («verkrüppeltem») Höhenwuchs (Wentzel, 1971) bis 20 Jahre länger aus. Selbst die Laubwälder erleiden Zuwachsverluste.

Würde dieser «amtliche» Luftverunreinigungspegel überall voll ausgenutzt — was ja zum Glück nicht der Fall ist und selbst im Ruhrgebiet nur einen kleinen Flächenanteil betrifft —, so wäre das der totale Ruin der Forstwirtschaft und Landeskultur.

Gleiches gilt für die Fluorid-TA-Luft-Grenzwerte von 0,002 und 0,004 mg/m<sup>3</sup> Luft.

Will man SO<sub>2</sub>-Immissionsschäden im Walde überall (!) und sicher (!) vermeiden, müssen die entsprechenden Immissionswerte auf IW1 = 0,02 mg und IW2 = 0,10 mg begrenzt werden, will man sie «im allgemeinen» verhindern, auf IW1 = 0,05 und IW2 = 0,20 mg. Letzteres bedeutet eine Herabsetzung der TA-Luft-Grenzwerte für SO<sub>2</sub> auf weniger als die Hälfte des jetzigen Pegels. Erst dann kann ehrlicherweise konstatiert werden, es sei in aller Regel davon auszugehen, dass keine schädlichen Umwelteinwirkungen auftreten.

Will man die HF-Immissionsschäden vermeiden, bedarf es einer Herabsetzung auf IW1 = 0,0003 und IW2 = 0,0009 mg/m<sup>3</sup>.

Nach 24jähriger immissionsökologischer Arbeit in den deutschen Ballungsgebieten halte ich eine solche notwendige Verschärfung aus gesamtwirtschaftlichen Gründen für praktisch derzeit nicht realisierbar. Wenn das so ist, können die Immissionswerte also nicht bei allen Schadstoffen (zum Beispiel nicht bei SO<sub>2</sub> und HF, dagegen aber den meisten anderen) auf das empfindlichste Schutzobjekt — hier: den Wald — abgestellt werden. Zu

einer Anerkennung und Artikulierung dieser Erkenntnis allerdings müssen sich Gesetzgeber und Verwaltung bald durchringen, wenn Irreführungen und Fehlschlüsse vermieden werden sollen.

Es ist der Grundsatz der Immissionsgesetzgebung, genehmigungsbedürftige Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen nicht hervorgerufen werden können. An diesem Grundsatz muss aus rechtsstaatlichen Prinzipien festgehalten werden. Eine Einhaltung dieses Grundsatzes aber hängt völlig von Fortschritten bei der Immissionsrückhaltung, für HF und SO<sub>2</sub> also weitgehend von der Rauchgas-Absorption ab. Sie ist in den letzten 10 Jahren erfreulicherweise fortentwickelt und zum Stand der Technik geworden ( *Davids, 1975*), beginnt sich aber erst bei den allergrössten Emittenten allmählich einzubürgern. Die Luftreinhaltung braucht Zeit.

Reif ist die Zeit aber nach meiner Auffassung zu einem neuen Schritt in Richtung Verschärfung der TA-Luft-Immissionswerte. Für zweckmässig und realisierbar halte ich beim SO<sub>2</sub> eine Herabsetzung auf zunächst 0,12 und 0,30 mg/m<sup>3</sup> Luft, beim HF eine Herabsetzung auf IW1 = 0,001 und IW2 = 0,0025 mg/m<sup>3</sup> Luft. Das würde für die Forstwirtschaft bereits eine wesentliche Entlastung bedeuten und auch die Gefahr für den Menschen erheblich herabsetzen.

Im Hinblick auf die Rechtssicherheit völlig unverzichtbar ist dabei gleichzeitig eine unmissverständliche Klarstellung im Immissionsschutzgesetz, dass die TA-Luft-Immissionswerte reine Zweckmässigkeitsgrenzen der Verwaltung sind, die den wissenschaftlich erkannten echten Schutzwerten für die empfindlichsten Lebewesen und Landschaftsobjekte *nicht* entsprechen. Wenn die Forstwirtschaft im Gesamtinteresse des Staates wirtschaftliche Einbussen auf sich zu nehmen gezwungen ist, müssen diese anderweitig entgolten werden. Das ist eine im Grunde selbstverständliche Ausgleichsverpflichtung des Staates.

## Résumé

### Valeurs limites des émanations polluantes pour la forêt

Examinant tour à tour les résultats de 130 années de recherches sur les conséquences écologiques des émissions de polluants et les multiples efforts faits pour améliorer la qualité de l'air, le présent exposé nous apporte les enseignements suivants:

1. Nos forêts de résineux sont l'élément du paysage le plus sensible à la pollution atmosphérique; elles couvrent de vastes surfaces, sont indispensables à l'aménagement des zones rurales et revêtent une importance économique considérable.

2. La législation des nuisances des Etats industrialisés n'a jamais pleinement pris en compte le besoin de protection particulier des forêts. De nos jours, en Europe centrale seulement, plus de 150 000 ha de forêts sont exposés à des dégagements si nocifs que les résineux dépérissent prématurément et les peuplements, clairsemés dès le stade du perchis, n'atteignent pas l'âge d'exploitabilité.

3. Si l'on veut enrayer les dommages que causent les effluents gazeux aux forêts, il faut ramener les valeurs limites des émissions, conformément aux connaissances actuelles de l'écologie et de la physiologie des végétaux, à une fraction des valeurs directrices admises à l'heure qu'il est par l'administration; l'étude énumère les exigences auxquelles devraient satisfaire les analyses de l'air. Toutefois, dans le contexte économique actuel, une telle amélioration de l'hygiène atmosphérique semble difficilement réalisable.

4. Seule l'introduction sur une vaste échelle de dispositifs absorbant gaz et fumées peut apporter une solution durable à cette pénible situation. La sylviculture et l'agriculture devront donc encore, des décennies durant, compter avec une détérioration de la structure des forêts et une baisse de la qualité des rapports écologiques, la foresterie avec d'importantes pertes économiques dues aux effluents. Comme ces pertes sont à la charge de l'entreprise forestière dans l'intérêt de l'économie et de la société tout entière, celle-ci peut exiger de l'Etat une juste compensation.

Traduction: *J.-G. Riedlinger*

#### *Literatur*

*Dässler, H. G. und Stein, G.*, 1968: Luftanalytische Untersuchungen im Erz- und Elbsandsteingebirge mit ständig betriebenen SO<sub>2</sub>- und Staubmessstellen. Luft- und Kältetechnik 7, S. 315—318

*Davids, P.*, 1975: Entschwefelung von Abgasen und Brennstoffen. Brenn-St. — Wärme — Kraft 27, S. 161/167

*Guderian, R. und Stratmann, H.*, 1968: Freilandversuche zur Ermittlung von Schwefeldioxidwirkungen auf die Vegetation. III: Grenzwerte schädlicher SO<sub>2</sub>-Immissionen für Obst- und Forstkulturen sowie landwirtschaftliche und gärtnerische Pflanzenarten. Forsch. Ber. NW, Nr. 1920, Köln/Opladen

*Kärcher, K.*, 1830: Griechische Prosaiker in neuen Übersetzungen. Bd. 3, S. 282, Stuttgart

*Katz, M.*, 1939: Sulfurdioxide in the atmosphere and its relation to plant life. Ind. Eng. Chem. 41, S. 2450—2465

*Keller, Th.*, 1977: Begriff und Bedeutung der latenten Immissionsschädigung. Allg. Forst- u. Jagdztg. 148, S. 115/120

- Knabe, W.*, 1971: Air quality criteria and their importance for forests (Vortrag IUFRO-Kongress Gainesville/USA). Mitt. Forstl. BVA, Wien, 92, S. 129—150
- Knabe, W.*, 1972: Immissionsbelastung und Immissionsgefährdung der Wälder im Ruhrgebiet (Vortrag VII. IUFRO-Arbeitstagung Essen 1970). Mitt. Forstl. BVA, Wien, 97/I, S. 53—87
- Materna, J., Jirgle, J. und Kučera, J.*, 1969: Výsledky měření koncentrací kysličníku siřičitého v lesích Krušných hor. (Messergebnisse der SO<sub>2</sub>-Konzentration im Erzgebirge) Ochrana ovzduší 6, S. 84/92
- Materna, J.*, 1972: Beziehungen zwischen der Schwefeldioxidkonzentration in der Luft und der Beschädigung der Fichte. Vortrag bei der VIII. IUFRO-Arbeitstagung Sopron/Ungarn, 9. 10. 1972, Manuskript-Kurzfassung
- Materna, J.*, 1974: Einfluss der SO<sub>2</sub>-Immissionen auf Fichtenpflanzen in Wintermonaten. Dazu: Excursionsführer der IX. IUFRO-Arbeitstagung (Marianske lázně) ins Erzgebirge. Tagungsbericht der Forschungsanstalt für Forst- und Jagdwesen, Zbraslav/CSSR. S. 107/114
- Rettstadt*, 1845: Über die Einwirkung des Rauches der Silberhütten auf die Waldbäume und den Forstbetrieb. Allg. Forst- und Jagdzeitung 14, S. 132/140
- Reuss, C.*, 1907: Massnahmen gegen die Ausbreitung der Hüttenrauchschäden im Walde. Referat vor dem int. Kongress f. Land- u. Forstwirtschaft in Wien, Manuskript.
- Stein, G. und Dässler, H. G.*, 1968: Die Forstl. Rauchschaden-Grossraumdiagnose im Erz- und Elbsandsteingebirge 1964/67. Wiss. Ztschr. TU Dresden 17, S. 1397/1404
- Stöckhardt, A.*, 1853: Untersuchung junger Fichten und Kiefern, die durch den Rauch der Antons-Hütte krank geworden. Thar. Forstl. Jhrb. 9, S. 169/172
- Wentzel, K. F.*, 1966: Landschaftsschutz gegen Immissionen. Ang. Bot. XL, S. 1/11
- Wentzel, K. F.*, 1967a: Bedeutung, Aussichten und Grenzen der Züchtung relativ rauchharter Baumarten im Lichte immissionsökologischer Erfahrungen in Mitteleuropa. IUFRO-Papers München, Section 24, S. 536/555
- Wentzel, K. F.*, 1967b: Vorschläge zur Klassifikation der Immissionserkrankungen. Forstarchiv 38, S. 77/79
- Wentzel, K. F.*, 1968: Empfindlichkeit und Resistenzunterschiede der Pflanzen gegenüber Luftverunreinigung. Forstarchiv 38, S. 189/194
- Wentzel, K. F.*, 1971: Habitus-Änderung der Waldbäume durch Luftverunreinigung. Forstarchiv 41, S. 165/172
- Wieler, A.*, 1905: Untersuchungen über die Einwirkung schwefliger Säure auf die Pflanzen. Berlin (427 Seiten)
- Wieler, A.*, 1933: Über akute und chronische Rauchschäden. Ztschr. Pflz. Kr. 43, S. 594—620
- Wislicenus, H.*, 1898: Resistenz der Fichte gegen saure Abgase bei ruhender und tätiger Assimilation. Thar. Forstl. Jhb. 48, S. 152/173
- Wislicenus, H.*, 1905: Gutachten im Beweisbeschluss des OLG Dresden vom 24. 5. 05 in Jhb. Berg- u. Hüttenwesen im Kgr. Sachsen 1913, S. 53
- Wislicenus, H. und Neger, F. W.*, 1914: Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der Abgassäuren auf die Pflanzen. Heft 10 Sammlg. von Abh. über Abgase und Rauchschäden, Parey/Berlin