

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

Artikel: Die Abschätzung von Rauchschäden im Wald
Autor: Wullschleger, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-764358>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

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

Die Abschätzung von Rauchschäden im Wald

Von E. Wullschleger

Oxf.: 425 : 652.54 : (494)

(Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf ZH)

1. Einleitung

In der Schweiz sind Rauchschäden, durch Luftverunreinigung verursachte Waldschäden, trotz dichter Besiedelung und starker Industrialisierung kein allgemeines Problem. Es gibt immerhin zwei grosse, altbekannte Schädengebiete: das mittlere Wallis und der Bereich Rheinfelden—Möhl in im aargauischen Rheintal; bei beiden wird die Schadenursache pauschal der Fluor-Immission aus Aluminiumhütten zugeschrieben. Andere Schäden sind zumeist örtlich eng begrenzt, wenig intensiv oder treten nur kurzfristig auf. Als solche Beispiele mögen Waldschäden in der Nähe von Kehrlichtverbrennungsanlagen und chemischen Fabriken erwähnt werden.

Der Verfasser äussert sich als Praktiker, der «von Amtes wegen» unter anderem mit dem Schadenfall Rheinfelden—Möhl in konfrontiert wurde und dabei vorab mit dessen Abschätzung zu tun hatte. Er erhielt erst hinterher Gelegenheit, sich mit dem theoretischen Teil dieser Sache etwas vertraut zu machen, eine Situation, die einem Förster ja nicht allzu selten begegnet.

Es geht hier nicht darum, eine eigentliche Anleitung zur Abschätzung einer besonderen Gattung von Waldschäden zu geben, vielmehr soll ein knapper Hinweis auf die Problematik solcher Abschätzungen geboten werden.

Die Literatur über die durch Luftverunreinigungen verursachten Schäden an der Vegetation, am Wald, ist sehr umfangreich. Den Förster interessierende Zusammenstellungen verfassten Keller (1, 2), Bucher (3) sowie die Arbeitsgemeinschaft für den Wald (4). Publikationen über Abschätzungsverfahren sind dagegen eher selten und auch nicht immer leicht zugänglich. Erwähnt seien zwei vor kurzem erschienene Texte: Braun, v. Schönborn, Weber, 1977: Zur Feststellung und Bewertung von Waldschäden durch Immissionen (5); sodann Pollanschütz, 1977: Erfassung von Umweltschäden (6). Mantel (7) widmet den Rauchschäden in seinem Buche «Waldbewertung» einen eigenen Abschnitt.

2. Wovon ist die Rede?

Die durch Luftverunreinigung an Bäumen, am Bestand verursachten Schäden sind ein Teilbereich der Immissionsschäden. Entsprechend der Verbreitungsart und der Zustandsphase der Schadstoffe spricht man pauschal auch von Rauchschäden. Als wichtigste Schadstoffe gelten Schwefel- (SO_2), Fluor-, Chlor- und Stickstoffverbindungen sowie Kohlenwasserstoffe. Es handelt sich um Gase, Aerosole und/oder Stäube. Die Schadstoffe wirken in erster Linie auf die Assimilationsorgane, sei es durch direkten Kontakt und/oder indirekt in den Stoffwechselvorgängen. Daneben können auch Bodenschäden auftreten, die mittelbar den Stoffwechsel der Pflanzen zu beeinträchtigen vermögen.

Es ist zu unterscheiden nach

- *Schädigungen* an den Assimilationsorganen und Wurzeln, die oft
- waldbaulich und wirtschaftlich fassbare *Schäden* zur Folge haben.

Je nach der Intensität bzw. Dauer der Immissionen kann es zu verschiedenen Schädigungsformen kommen:

- *latente*, unterschwellige Schädigungen, okular nicht feststellbar. In diesem Falle sind physiologische Schädigungen vorhanden, die sich bereits in \pm grossen Zuwachsverminderungen auszudrücken vermögen
- *manifeste* Schädigungen. Es ist zu unterscheiden nach
 - *akuten* Schädigungen, die nach einmaligen, kurzfristigen, aber heftigen Immissionen beobachtet werden können. Sie sind in der Regel örtlich begrenzt,
 - *chronischen* Schädigungen, die in unter Umständen wechselnder Stärke während Jahren und Jahrzehnten auftreten.

Latent vorhandene Schädigungen können bei erhöhter Intensität oder ausgesprochen langzeitlicher Wirkung einer geringfügigen Immission zu chronischen auswachsen. Ein ähnlicher Effekt — wenn auch aus anderen Gründen — entsteht wegen der unterschiedlichen Empfindlichkeit der Baumarten und -individuen sowie wegen der standörtlichen Unterschiede. Das Schadenbild ist durchaus nicht immer klar deutbar, ganz besonders dann, wenn sich die Intensität der Immission am «unteren Rande» bewegt. Es braucht vorurteilslose Abklärungen.

3. Die Problemstellung

Die Abschätzung eines Rauchschadens im weiteren Sinne verläuft über verschiedene Stationen. Sie beginnt mit der Beobachtung, dass an einem Waldort die Vitalität der Bäume offensichtlich beeinträchtigt ist, dass eine

Schädigung der Assimilationsorgane festgestellt oder doch vermutet werden muss. Es ist in der Regel am Waldeigentümer, den Schaden nachzuweisen und die Ursache(n) bzw. den (die) Verursacher zu eruieren. Der Geschädigte trägt die Beweislast, wobei das neuere Umweltschutzrecht Erleichterungen geschaffen hat.

Die mehr oder weniger deutlich sichtbare Schädigung ist möglichst objektiv und zudem in praktikabler Weise nach der Art des Auftretens, der räumlichen Ausdehnung und der Intensität zu erfassen und als ein konkretes Schadenbild darzustellen.

Es folgt die Umsetzung des Schadenbildes in einen ertragskundlichen/waldbaulichen Tatbestand, und das in einer Form, die schliesslich eine Schadenabgeltung erlaubt.

Die Abschätzung im engeren Sinne des Begriffes, das heisst die geldmässige Bezifferung des Schadens, ist die letzte, nicht einmal bedeutendste Hürde eines mit Schwierigkeiten reich dotierten Hindernislaufes.

Auch bei den Rauchschäden ist der Einzelfall zu beurteilen. Vergleiche mit anderen, ähnlichen Schadenfällen vermögen Anhaltspunkte für das Vorgehen zu liefern, Standardregelungen und -lösungen gibt es indessen nicht.

Bei grossen Schadenfällen geht es nicht allein um Waldschäden. Die Schadenkategorien Obstbäume, Vieh, Bienen und andere sind oft von grösserer Bedeutung als die den Wald betreffenden Schäden. Das hat seine Konsequenzen bei der Schadenregelung insgesamt, etwa im Hinblick auf die gemeinsame politische Interessenvertretung der Geschädigten und umfassende grundsätzliche Abklärungen.

4. Der Ablauf einer Rauchschaden-Abschätzung

In der Folge sollen die einzelnen Stationen einer Abschätzung kurz diskutiert werden. Den Hintergrund bilden Erfahrungen des Verfassers vorab beim F-Schadenfall Rheinfelden—Möhlin.

4.1 Die Feststellung einer Schädigung

Okular feststellbar sind die Schädigungen an den Bäumen erst, wenn die Assimilationsorgane, die Nadeln oder Blätter gegenüber dem «normalen» Zustand auffällige Veränderungen aufweisen, wie Verformungen (Schüsselform bei Blättern), Vergilbungen, Nekrosen und — bei mehrjähriger Schädigung — Miss- und Kümmerbildungen bei Blättern sowie auch an den Zweigen. Bei den Nadelbäumen sind zum Beispiel von den sechs bis sieben Nadeljahrgängen lediglich noch der jüngste bis drittjüngste vorhanden. Die

Kronen der Nadel- wie der Laubbäume zeigen auffällige Verkahlungen (8, 9, 10). Damit derartige augenfällige Schädigungen eintreten, braucht es lange andauernde und intensive Immissionen. Die Beeinträchtigung der Lebensvorgänge im Baum beginnt aber bereits bei weit geringeren Immissionsintensitäten und ohne dass äusserlich eine Schädigung festzustellen wäre. Da üblicherweise keine generelle Überwachung der Wälder hinsichtlich Immissionen mittels Nadel- und Blattanalysen oder Zuwachserhebungen stattfinden kann, werden Rauchschäden in der Regel erst (zu) spät beobachtet, wenn die Stufe der latenten Schädigungen überschritten ist und manifeste, chronische oder akute Schädigungen auftreten. Aus den Schädigungsmerkmalen auf die Ursache(n) zu schliessen vermag nur der Spezialist, und selbst dieser wird oft auf weitere und einlässliche, das heisst arbeitsintensive Untersuchungen angewiesen sein.

In der Schweiz erreichen die akuten/chronischen Rauchschäden, abgesehen von den zwei eingangs genannten Schadenfällen, meist ein nur geringes Ausmass; sie bleiben in einem Bereiche, in dem Schädigungen gerade noch festgestellt werden können. Das gilt auch für grössere Areale in den Schadenfällen mittleres Wallis und Rheinfelden—Möhl. Die latenten, unsichtbaren Schädigungen dagegen haben vermutlich eine grössere Verbreitung als gemeinhin angenommen wird. Der Nachweis, und deswegen auch die Geltendmachung solcher Schäden, ist heikel, wenn nicht unmöglich; sie werden wegen des Beweisnotstandes der Geschädigten von den möglichen Verursachern entweder abgestritten oder dann als unerheblich und tolerierbar bezeichnet.

4.2 Das Schadenbild

Die erwähnten Schädigungen an Nadel- und Blattwerk treten an einem Waldort in nach Baumart und — innerhalb dieser — nach Baumindividuen sehr unterschiedlichem Masse auf. Ein gesunder Baum kann neben einem offensichtlich stark angeschlagenen stehen. Die Spanne reicht von sichtbar nicht geschädigten bis zu abgestorbenen Bäumen. Die über das Kronendach hinausragenden Wipfel der vorherrschenden Bäume oder die Kronenteile an einem der Immission exponierten Bestandesrande sind stärker betroffen als die Kronen herrschender oder mitherrschender Bäume im geschlossenen Bestand.

Die immergrünen Nadelbäume sind empfindlicher als die Lärche. Bei den Laubbäumen sind die hartblättrigen Arten widerstandsfähiger als etwa die Ahorne, Linden und der Kirschbaum. Es ist indessen müssig, die Baumarten strikte nach der Empfindlichkeit gegenüber Immissionen einordnen zu wollen, da die standörtlichen und die individuellen Unterschiede in der Resistenz eine Reihenfolge überspielen. Massiven oder aber auch lange dauernden geringfügigen Immissionen widersteht keine Waldbaumart.

Zur Erfassung der Schädigungen am einzelnen Baum und das Zusammensetzen dieser Beobachtungen zu einem Schadenbild stehen zwei Wege offen:

— *okulare Taxation des Verlustes an Assimilationsorganen* als Ausdruck des Schädigungsgrades. Diese Taxation geschieht mit Vorteil auf fixierten Stichprobenflächen und derart, dass vom Boden aus der Kronenzustand von 10 bis 20 Bäumen einzeln nach einer verhältnismässig groben Abstufung in Prozenten angesprochen wird. Gesunde Bäume, ohne feststellbare Schädigungen erhalten 0 Prozent, stark geschädigte, aber noch lebende Bäume bis 75 Prozent. Abgestorbene Bäume fallen bei dieser Taxation ausser Betracht. Aus der Summe der Prozente ergibt sich durch Division mit der Anzahl beurteilter Bäume das mittlere Schadenprozent der betreffenden Stichprobenfläche. Dieses Taxationsverfahren kam (und kommt) bei der alljährlich vorzunehmenden Schadenbeurteilung im F-Schadengebiet Rheinfelden—Möhlín zur Anwendung und hat sich für die recht heterogenen Laub-Nadel-Mischbestände bewährt. Zugrunde liegt ein Stichprobennetz, aufgebaut aus Polarkoordinaten mit Ursprung am Emmissionsort (bei einem Öffnungswinkel der Strahlen von $6\frac{1}{2}$ Grad) sowie Kreisen mit einem um je 500 Meter grösseren Radius. Die Schnittpunkte der Strahlen mit den Kreisen entsprechen den Stichprobenzentren. Damit sind die Stichprobenflächen, zugleich der Standort der Testbäume, an denen die Nadel-/Blattproben für die chemischen Untersuchungen erhoben werden, um so zahlreicher, je geringer der Abstand von der Aluminiumhütte, je intensiver der Schädigungsgrad ist. Als Zeitpunkt der Taxation erwies sich der Anfang August als geeignet. Die Standardisierung der Probenahme ist Voraussetzung für sinnvolle Ergebnisse. Unter Beizug von Bestandeskarten und Luftphotographien lässt sich eine Schadenkarte erstellen.

Diesem Schätzverfahren kann mancherlei vorgeworfen werden: Man mag es als «zu einfach» und mit zu viel Ermessensspielraum belastet bezeichnen, es mithin als «zu ungenau» abqualifizieren. Ganz so schlecht ist die okulare Taxation indessen nicht. Anschliessende Vergleiche mit F-Gehaltszahlen bestätigten mindestens tendenzmässig den taxierten Kronenzustand, desgleichen die Veränderungen von Jahr zu Jahr.

— *Beurteilung des Schädigungsgrades anhand von Luftbild-Farbphotographien* (Falschfarbenfilme). In den letzten Jahren sind solche Verfahren zur Abschätzung von Rauchschäden entwickelt worden (11, 12, 13). Es geht dabei um die flächenhafte Erfassung von Verfärbungen der Assimilationsorgane sowie von Auskahlungen der Kronen, also grundsätzlich um dasselbe, was auch mit der okularen Taxation beabsichtigt ist. Das Ausmass der Farbabweichung gegenüber der «Normal»-Farbe gesunder Bäume entspricht dem Schädigungsgrad. Es liegt auf der Hand, dass nach Aufbau und Zusammensetzung einheitliche Bestände leichter zu interpretieren sind als

heterogene. Die Luftbildinterpretation ist Spezialistenarbeit. Sie erlaubt das Zeichnen einer Schadenkarte, mehr aber nicht. Das Falschfarbenbild einer Schadenfläche repräsentiert den objektiven Zustand; es ist mithin ein Dokument. Dessen Umsetzung zum Schadenbild ist mit weitem Ermessensspielraum verbunden und enthält zwangsläufig erhebliche Ungenauigkeiten, so dass letztlich zwischen einer Zustanderfassung mit okularer Taxation und einer solchen mit dem Falschfarbenbild im Endergebnis, der Darstellung des Schadenbildes, kein wesentlicher Unterschied bestehen dürfte. Bei welchem Verfahren der finanzielle Vorteil liegt, wäre näher zu klären. Die Verwendung des Luftbildes wird vor allem dort nützlich sein, oder sogar allein in Frage kommen, wo der Umfang des Schadenperimeters, die Geländeverhältnisse und die Bestandesform eine okulare Taxation sehr erschweren oder unmöglich machen. Gegebenenfalls führt eine Kombination von Luftbild und terrestrischer Aufnahme weiter.

Eine gründliche Beobachtung des Erscheinungsbildes der Schädigungen im einzelnen und eine möglichst zutreffende Erfassung des Schadenbildes ist nicht zuletzt im Hinblick auf den Schadennachweis unerlässlich.

4.3 Der Schadennachweis

Wie erwähnt ist es am Geschädigten, den Schaden nachzuweisen und gestützt darauf sowie allenfalls anhand besonderer Untersuchungen den/die Verursacher festzustellen. Blosser Vermutungen genügen nicht, der «Täter» muss überführt werden. Für viele Schadenfälle ist das leichter gesagt als getan. Gerade bei Rauchschäden kann es angezeigt sein, das Abschätzungsverfahren aufzuteilen und die chemisch-physiologische Seite des Schadennachweises sowie die Suche nach den Ursachen bzw. den Verursachern als Gutachten durch Spezialisten bearbeiten zu lassen. Voruntersuchungen erlauben später ein zielgerichtetes Vorgehen. Bald aber einmal stellt sich die Frage nach der Tragung der auflaufenden Kosten, der Verhältnismässigkeit von Kosten und Nutzen, denn derartige Gutachten sind in jedem Falle aufwendig.

Die Schädigungen an den Bäumen zufolge Immissionen sind nur beschränkt ursachenspezifisch. Sie lassen sich oft nur schwer von natürlichen Schadenursachen wie Frost, Hitze, Insekteneinwirkungen und anderem unterscheiden. Der Umstand, dass verschiedene Ursachen zum Entstehen des Schadenbildes beitragen können und diese allenfalls synergistisch wirken, macht nicht nur den Nachweis der Schädigung kompliziert, er erschwert auch die Abschätzung im engeren Sinne erheblich. Es bleiben dann nur gutachtliche Entscheide.

4.4 Der ertragskundliche/waldbauliche Tatbestand

Ein wichtiger Schritt im Ablauf der Abschätzung eines Rauchschadens insgesamt ist die Feststellung des ertragskundlichen/waldbaulichen Tatbe-

standes, mit anderen Worten der forstlichen Konsequenzen der Schädigungen. Zugleich geht es um die Bestimmung der für die Abgeltung massgeblichen Schadenfaktoren.

Der Verlust von Assimilationsorganen führt zu einer *Verminderung der Zuwachsleistung*. Deren Feststellung verlangt

- entweder einen Vergleich zwischen der Zuwachsleistung im geschädigten Bestand mit jener in einem ähnlichen, aber ungeschädigten Bestand
- oder die Herstellung eines Bezuges zwischen dem Verlust an Assimilationsorganen und Zuwachs.

An Möglichkeiten zur Bestimmung der Zuwachsleistung bzw. dessen Verminderung werden — ausgerichtet auf den hier diskutierten besonderen Zweck — in der Literatur genannt (5, 6):

— *periodisch wiederkehrende Messungen auf permanenten Probeflächen* in geschädigten und vergleichbaren nicht geschädigten Beständen. Aufzunehmen sind BHD, D7m und Höhenmessungen; absterbende Bäume sind exakt zu erfassen. Die Volumenbestimmung geschieht anhand der Volumenfunktion. Dieses Verfahren entspricht grundsätzlich der bekannten Kontrollmethode. Die Aufnahmen haben sich im Abstand von etwa 5 Jahren zu folgen und müssen sich über eine genügend lange Zeitspanne hinziehen. Durch Beizug von Bohrspanuntersuchungen kann die Aussage verbessert werden.

Die Zuwachsverminderung ist aus Vergleichen zu bestimmen; das Finden von nach Standort, Aufbau und Zusammensetzung sowie waldbaulicher Behandlung übereinstimmenden Vergleichsbeständen/-probeflächen ist indessen schwierig, zumal dann, wenn der geschädigte Wald uneinheitliche Bestände aufweist — was ja die Norm ist. Auch die Bestimmung der für eine Zuwachsminderung massgeblichen Ursachen ist heikel. Das trifft besonders dann zu, wenn sich der geschädigte Wald wegen der Standortverhältnisse ohnehin in einer Grenzsituation befindet.

— *temporäre Erhebungen mit Bohrspanuntersuchungen*. Es geht ebenfalls um den Vergleich von Zuwachsleistungen aus Probeflächen. Er erfolgt hier im wesentlichen anhand der Ausmessung von Bohrspanproben, wobei nicht die absolute Zuwachsleistung, sondern die Zuwachstrends, zuerst während einer Basisperiode (> 5 Jahre) vor dem Eintritt der Schädigung, sodann während einer (kurzen) Zeitspanne unter Einfluss der Immission, bestimmt werden sollen. Aus dem Vergleich der beiden Trends vor und während des schädigenden Einflusses bzw. des entsprechenden Zuwachsganges in den nicht geschädigten Beständen ergibt sich die Zuwachsverminderung in Prozenten. Die Baummessungen geben die Möglichkeit, mit dem Volumenzuwachs zu arbeiten. Dieses Verfahren stellt hohe Anforderungen an die Vergleichbarkeit der Bestände.

Pollanschütz (5, 6, 14) postuliert ein Verfahren, das sich gleichfalls auf Bohrspanproben stützt. Nach den für eine lange Zeitspanne (30 bis 40 Jahre) vor Eintritt der Schädigung erhobenen Jahrringbreiten werden ausgeglichene Kurven berechnet und auf den Zeitbereich der Schädigung extrapoliert. Aus dem Verhältnis der unter Einfluss der Schädigung gewachsenen und tatsächlich gemessenen Jahrringbreiten sowie den entsprechenden Kurvenwerten werden relative Jahrringindices gebildet. Sie sind der Ausdruck für die Verminderung des Radialzuwachses in Prozenten. Die Baumdaten ermöglichen die Umformung des Radialzuwachses in den Volumenzuwachs. Ein Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, dass die einander gegenüberzustellenden Bestände nicht strikte vergleichbar sein müssen.

Die zuverlässige Eruierung von Zuwachsen ist an sich schwierig. Im konkreten Falle, in dem Unterschiede der Zuwachsleistungen mit möglichst grosser Genauigkeit bestimmt werden wollen, nehmen die zu überwindenden Schwierigkeiten zu; anders gesagt, die Zuverlässigkeit der Resultate nimmt ab, weil die geforderten Voraussetzungen nur unvollständig erfüllt werden können. Der erforderliche Zeit- und Geldaufwand wird bald einmal (zu) gross. Da die Zuwachsberechnungen nur für mehrere Jahre umfassende Perioden gemacht werden können, scheiden derartige Verfahren für jährlich vorzunehmende Abschätzungen aus.

Bei den 1955 erstmals und seither alljährlich vorgenommenen Abschätzungen im F-Schadenfall Rheinfelden—Möhlin ist wegen des konkreten Schätzungsauftrages und der forstlichen Gegebenheiten (grosser Schadenperimeter: damals 858 ha und sehr vielfältige Waldverhältnisse) auf die Eruierung der Zuwachsleistungen in der geschädigten Waldfläche und in Vergleichsbeständen verzichtet worden. Man versuchte mit der *Beziehung Verlust an Assimilationsorganen — Zuwachsverminderung* zum Ziele zu kommen. Da diese Relation nicht genügend bekannt war (und es noch immer ist!), trafen die Experten den allerdings vereinfachten Schluss: Gleichsetzung der Schätzung des Verlustes an Assimilationsmasse in Prozenten mit der entsprechenden Zuwachsverminderung. In ähnlicher Weise wurde auch bei der Abschätzung der Obstbaumschäden vorgegangen. Abgesehen von den genannten Umständen wären damals praktikable Verfahren für die Bestimmung der Zuwachsleistungen bzw. solcher Differenzen nicht greifbar gewesen. Als Grundlage für die Bezifferung der Zuwachsverminderung dienten die in den Wirtschaftsplänen abteilungsweise ausgewiesenen Zuwachsleistungen (laufender jährlicher Zuwachs) in m^3/ha .

Nach *Keller* (15) vermag bereits eine geringe, aber langfristig wirkende SO_2 -Belastung im Bereiche latenter Schädigungen die CO_2 -Aufnahme deutlich zu reduzieren. Die Jahrringbreite und die Holzdichte ist geringer als unter unbelasteten Verhältnissen. Bei einer Gleichsetzung von Verlust an Assimilationsorganen mit der Zuwachsverminderung müsste diese mithin um einen angemessenen Betrag erhöht werden.

Die wegen der Herabsetzung der Stammzahl unter eine gewisse Schwelle entstehende Senkung des Zuwachses für einen Bestand ist bei der Bestimmung der Verminderung bei Anwendung der Kontrollmethode mit eingeschlossen, da die abgestorbenen und genutzten Bäume in die Zuwachsberechnung eingehen. Sie ist es nicht, wenn die Zuwachsverminderung aus der Ansprache von Einzelbäumen geschätzt/berechnet wird.

Wenn eine Immission ausreichend lange andauert, bzw. intensiv genug ist, führt die Schädigung der Assimilationsorgane zum Absterben einzelner Bäume. Dieser Ausfall geht, entsprechend der individuell verschiedenen Widerstandskraft der Bäume, allmählich und über das Jahr verteilt vor sich. Nach Trockenperioden häuft sich das Absterben. Dass ganze Bestände bereits nach kurzfristig wirkender Immission innerhalb kurzer Zeit zugrunde gehen, ist — jedenfalls in schweizerischen Verhältnissen — die Ausnahme. Charakteristisch sind dagegen die schleichenden Schäden mit oft nur undeutlich erkennbaren Schädigungen. Das allmähliche, aber stete Ausfallen einzelner Bäume kann allerdings im Verlaufe der Zeit ebenfalls zum Verlust ganzer Bestände führen, nicht zuletzt deshalb, weil stark aufgelichtete, gleichförmige/gleichaltrige Bestände waldbaulich sich nicht mehr halten lassen. Die Verminderung der Intensität einer Immission führt nicht sofort zum Aufhören des Absterbens. Das Vermögen eines Baumes, wieder zu gesunden, ist begrenzt und hängt von mancherlei Umständen ab. Es ist im Einzelfall oft schwierig zu entscheiden, ob eine oder mehrere Immissionen bzw. andere sekundäre Ursachen zum Absterben der Bäume Anlass gegeben haben.

Für Abschätzungen sind die Zwangsnutzungen einzeln nach Baumarten, BHD, Volumen und der vermutlich massgeblichen Ursache des Absterbens zu erfassen.

Das zeitlich und örtlich gestreute Auftreten von Zwangsnutzungen führt zu waldbaulichen und betrieblichen Nachteilen. Erwähnt seien

- die mehr oder weniger starke Auflösung der Bestände, was zur Erhöhung der Windwurf- und Schneedruckgefahr, zu Sonnenbrandschäden, Bodenverhagerung, Verunkrautung führen kann, wobei die zwei letztgenannten Nachteile die Wiederbestockung der Schadenflächen erschweren
- die Einbusse in der Produktion von qualitativ gutem Holz wegen des bevorzugten Ausfalles von zukunftstauglichen, wirtschaftlich wertvollen Bäumen aus der herrschenden Schicht
- die Störung der forstlichen Planungen
- die Rüftung von zerstreuten Zwangsnutzungen während des ganzen Jahres mit erhöhten Erntekosten und vermehrten administrativen Umtrieben als Konsequenz.

In der Literatur werden noch andere Nachteile erwähnt, zum Beispiel geringere Holzerlöse, Bodenverschlechterung, Verminderung der Samen-

produktion, Beeinträchtigung der Schutz- und Wohlfahrtsfunktionen des Waldes (5).

4.5 Die Schadenabgeltung

Es geht um die wert-/frankenmässige Bezifferung der einzelnen Schadenfaktoren, wie sie sich aus dem forstlichen Tatbestand ergeben.

Der Wert der *Zuwachsverminderung* errechnet sich aus der für die Schadenfläche — allenfalls in Stufen unterteilten — Zuwachseinbusse in m³ und dem erntekostenfreien Holzerlös. Bei dessen Festlegung ist auf den Sortimentsgehalt der zu beurteilenden Bestände Rücksicht zu nehmen. Massgeblich ist der im konkreten Fall übliche Rüstlohn. Im F-Schadenfall Rheinfelden—Möhlin ist diese Entschädigung um 20 Prozent reduziert worden, um mögliche Schädigungen aus natürlichen Ursachen auszunehmen.

Die Entschädigung der *Zwangsnutzungen* geschieht als Abgeltung des vorzeitigen Abtriebes gemäss den «Richtlinien für die Schätzung von Wald und Waldschäden» (16). Anzuwenden wäre daraus die Tabelle b², Entschädigungsansätze in Franken pro Kubikmeter nach BHD-Stufen gegliedert. Geschädigte junge Bestände sind, unter Abstufung nach dem Schädigungsgrad, dem Verlust an Werterwartung und dem wirtschaftlichen Alter, nach der Fläche zu bewerten (16, Tabelle a¹, a², c).

In den Abschätzungen zum F-Schadenfall Rheinfelden—Möhlin wurde unterschieden nach

- Fluor als (mutmasslich) alleinige Ursache. Die Unsicherheit in der Bestimmung der zum Absterben des Baumes führenden Ursache wurde generell durch Reduktion der Entschädigung um 10 Prozent berücksichtigt
- Fluor und andere Ursachen. In Frage kommen Hallimasch, Fäulen, Käferbefall und anderes. Die Reduktion der Entschädigung betrug in diesen Fällen 60 Prozent. Dabei ist zurzeit noch völlig ungeklärt, wie weit diese biotischen Schädigungen Folgen der Immissionen sind.

Die Entschädigung der waldbaulichen und betrieblichen Nachteile konnte nur gutachtlich und pauschal bestimmt werden. Der Ansatz betrug (1960) für die Schadenkategorie Fluor als alleinige Schadenursache Fr. 9.— je m³ Zwangsnutzung, für die Kategorie Fluor und andere Ursachen Fr. 4.— je m³. (Wenn hier Frankenwerte angegeben werden, dann lediglich, um die Grössenordnung einer möglichen Entschädigung anzudeuten!)

Die Abgeltung der Mehraufwendungen wegen erschwelter Nutzung, eingeschlossen den Transport und die zusätzlichen administrativen Umtriebe, ist (1960) gleichfalls gutachtlich mit Fr. 5.50 je m³ Zwangsnutzung festgelegt worden. Auch hier sind je nach der Zuordnung zu den beiden Ursachen-

kategorien 10 Prozent bzw. 60 Prozent des Bruttobetrages in Abzug gebracht worden.

Lässt sich die Abgeltung der Mehraufwendungen für erschwerte Nutzung aus Vergleichen zwischen normalem Aufwand für die Holzernte und den tatsächlichen Kosten für die Rüstung der Zwangsnutzungen bestimmen, so ist das bei der Festlegung der Entschädigung für die waldbaulichen und betrieblichen Nachteile nicht möglich. Es bleiben nur Anlehnungen an die Kultur- und Pflegekosten im Normalfall und bei erschwerten Verhältnissen sowie eine Abschätzung der eventuell zu erwartenden Randschäden.

Wenn die Immissionseinwirkung zum Dauerzustand wird und die im Schadenbereiche vorhandene Bestockung derartige Schädigungen erleidet, dass eine gedeihliche Waldbewirtschaftung nicht mehr möglich ist, muss die Wiederherstellung, der Umbau der betroffenen Bestände mit möglichst widerstandsfähigen Baumarten an die Hand genommen werden. Die entsprechenden Kosten sowie die aus dem Umbau zu erwartenden Einbussen an der Waldrente sind in den vorstehend erwähnten Abgeltungen nicht enthalten; sie sind zusätzlich entschädigungsberechtigt.

Die Abschätzung eines Rauchschadens soll im beidseitigen Einvernehmen von Geschädigtem und Verursacher durchgeführt werden. Bei grösseren Schäden, die neben Wald zumeist noch andere Schadenkategorien umfassen, ist eine handlungsfähige Organisation der Geschädigten sowie die Mitwirkung der zuständigen politischen Behörden unumgänglich. Ein Schiedsvertrag, der unter anderem das Vorgehen bei der Abschätzung der Schäden zu regeln hat, ordnet das Verhältnis zwischen Geschädigten und Verursacher und ermöglicht den Verzicht auf die langwierige gerichtliche Beurteilung des Schadenfalles.

Résumé

L'estimation des dégâts causés par les émissions gazeuses en forêt

L'estimation des dégâts causés par les émissions gazeuses est extrêmement complexe. Ce travail se divise en plusieurs étapes; il faut d'abord se demander si le dommage existe réellement ou non. C'est le service forestier qui est compétent pour cela. La preuve du dommage doit être apportée, sa description doit être dressée et sa source doit être établie. Il est opportun de confier cette recherche à des experts possédant les connaissances physiologiques et chimiques nécessaires et disposant d'installations de recherche appropriées. Il en est de même pour les analyses éventuelles de production forestière. Des études approfondies et détaillées ne se justifient plus lorsque les dommages sont très faibles. Il faut alors recourir à des procédés simplifiés. La valorisation des dégâts et la réalisation des estimations au sens étroit du terme doivent être effectuées par des experts forestiers, le service forestier local devant leur fournir les documents indispensables. Au

cours des diverses phases de l'estimation, on ne peut souvent s'appuyer que sur des taxations, les écarts d'appréciation pouvant être très grands. Il faut en particulier indemniser les pertes d'accroissement, les exploitations forcées, de même que les inconvénients sur le plan de la sylviculture et de la gestion. En plus, il faudra éventuellement compenser la reconstitution, respectivement la transformation des peuplements endommagés à l'aide d'essences particulièrement résistantes.

Traduction: *O. Lenz*

Literatur

- (1) *Keller, Th.*, 1964: Industrielle Immissionen und Forstwirtschaft, ein Überblick über die neuere Rauchschadenliteratur. Schweiz. Z. Forstwes. 115, 4: 228—255
- (2) *Keller, Th.*, 1968: Der Einfluss der Luftverunreinigungen auf den Wald im Lichte der neuesten Literatur. Schweiz. Z. Forstwes. 119, 4/5: 353—363; ausserdem Eidg. Anst. forstl. Vers'wes., Ber. 8
- (3) *Bucher, J.*, 1975: Zur Phytotoxizität der nitrosen Gase; eine Literaturübersicht. Schweiz. Z. Forstwes., 126, 5: 373—391; ausserdem Eidg. Anst. forstl. Vers'wes., Ber. 140
- (4) *Arbeitsgemeinschaft für den Wald*, 1977: Schutz- und Wohlfahrtsfunktionen des Waldes. Eine schweiz. Bibliographie 1945—1975. Eidg. Anst. forstl. Vers'wes., Ber. 170
- (5) *Braun, G., v. Schönborn, A. und Weber, E.*, 1977: Zur Feststellung und Bewertung von Waldschäden durch Immissionen. Forschungsberichte Nr. 32, Forstl. Forschungsanst., München
- (6) *Pollanschütz, J.*, 1977: Erfassung von Umweltschäden. In: Verhandlungsprotokoll Jahrestagung des Deutschen Verbandes forstl. Forschungsanst., Sektion Ertragskunde, Giessen.
- (7) *Mantel, W.*, 1968: Waldbewertung. 5. Aufl. München, Basel, Wien, BLV
- (8) *Keller, Th.*, 1975: Zur Phytotoxizität von Fluorimmissionen für Holzarten. Eidg. Anst. forstl. Vers'wes., Mitt. 51, 2
- (9) *Vogel, O.*, 1973: Die Fluorschäden im unteren Fricktal. Schweiz. Z. Forstwes., 124, 9: 693—699
- (10) *Keller, Th.*, 1973: Über die schädigende Wirkung des Fluors. Schweiz. Z. Forstwes., 124, 9: 700—706
- (11) *Hildebrandt, G. und Kenneweg, H.*, 1970: Vegetationsschädigungen und ihre Erkennung im Luftbild. Allg. Forstz. 25, 35: 741—744
- (12) *Pollanschütz, J.*, 1973: Luftbildinventur von Vegetationsschäden mit Infrarotfilm in der Steiermark. Allg. Forstztg. 84, 2: 37—41
- (13) *Fuhrer, J.*, 1977: Ein System für die Unterscheidung verschiedener Arten und Vitalitäten von Bäumen auf falschfarbigen Luftbildern der Stadt Bern. Lizentiatsarbeit Univ. Bern, beschränkt publiziert.
- (14) *Pollanschütz, J.*, 1966: Erfassung der als Folge von Immissionen eingetretenen Zuwachsverluste. Schweiz. Z. Forstwes., 117, 11: 798—807
- (15) *Keller, Th.*, 1978: Der Einfluss einer SO₂-Belastung zu verschiedenen Jahreszeiten auf CO₂-Aufnahme und Jahrringbau der Fichte. Schweiz. Z. Forstwes. 129, 5
- (16) *Schweiz. Forstverein (Hrsg.)*, 1971: Richtlinien für die Schätzung von Wald und Waldschäden. Ausgabe 1970. Beiheft No. 50 zu den Zeitschriften des Schweiz. Forstvereins
- (17) *Knabe, W.*, 1973: Zur Ausweisung von Immissionsschutzwaldungen. Forstarchiv, 44, 2: 21—27