

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 131 (1980)
Heft: 3

Artikel: Waldbauliche Erfahrungen mit Immissionsschäden
Autor: Vogel, O.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766536>

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: 20.02.2026

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

Waldbauliche Erfahrungen mit Immissionsschäden¹

Von Oberförster O. Vogel, Rheinfelden

Oxf.: 425.1

Die mehr als zwanzigjährige Entwicklung der durch fluorhaltige Emissionen aus der Aluminiumhütte Rheinfelden/Baden verursachten Waldschäden wurde von Th. Keller und dem Verfasser bereits in der Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen, Nr. 9/1973, kurz umrissen. Im folgenden soll auf einzelne meist waldbauliche Fragen eingegangen werden.

Mit der zunehmenden Produktion der Hütte nach dem Krieg und den fehlenden oder nur sehr beschränkt wirksamen Absorptionsanlagen weiteten sich die fluorbedingten Waldschäden in der Hauptwindrichtung bis auf eine Distanz von 6 km vom Werk aus. In den fünfziger Jahren konnten an der Kante der oberen Schotterterrasse im «Oberforst» Weymouthsföhren angetroffen werden, deren Nadeln auf der werkzugekehrten Seite wie von Feuer versengt, braunrot verfärbt waren, während die Kronen auf der wind- bzw. werkabgekehrten Seite ihre normale dunkelgrüne Farbe aufwiesen.

Mit dem Einbau moderner Reinigungsanlagen für die Abluft aus den Elektrolysehallen und der Umstellung von offenen auf geschlossene Öfen haben sich in den Jahren 1958/59 die Immissionen und damit auch die Waldschäden stark vermindert. Sie umfassen heute noch den Waldteil «Heimeholz» mit 164,3 ha und die Abteilung 1 des «Weberholzes» mit 24,2 ha. Die Schadenfläche wird im «Heimeholz» gegen SO ungefähr vom Bachthal-Graben (2,3 km vom Werk entfernt) und im «Weberholz» durch das Industriegeleise der Schweizerischen Rheinsalinen (1,2 km vom Werk entfernt) begrenzt.

Mit Ausnahme der Steilböschung gegen den Rhein liegen die geschädigten Waldungen in der Ebene auf einer Meereshöhe von nur 300 m.

Der Untergrund besteht aus Flussschotter, der mit einer von Süden gegen Norden ausfransenden Schicht Lösslehm überdeckt ist. Teilweise fehlt die Lösslehmüberdeckung fast ganz, und die ausgewaschenen Kiesschichten lie-

¹ Referat, gehalten anlässlich der Tagung der Arbeitsgemeinschaft für den Wald vom 26./27. Juni 1979 in Rheinfelden.

fern das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung. Am Südrand erreicht die Lösslehmübertragung dagegen über 3 m Mächtigkeit.

Die besten Böden wurden jedoch seit jeher vom Ackerbau beansprucht. 1939 bis 1945 wurden hier erneut 5 ha Wald für den kriegsbedingten Mehranbau gerodet.

Von der in das Umwandlungsprojekt 1977 einbezogenen Fläche von 188,5 ha entfallen nach der vom Geobotanischen Institut der ETHZ erstellten Karte über die Waldgesellschaften auf

- eher trockene Waldgesellschaften
(Waldsimsen-Buchenwald mit Weissmoos)
und Waldmeister-Buchenwald mit Hainsimse 43 %
- mittelfeuchte Waldgesellschaften
(typischer Waldmeister-Buchenwald) 41 %
- feuchte Waldgesellschaften
(Aronstab-Buchenwald und Ahorn-Eschenwald) 12 %

der Fläche. Bei den restlichen 4 % handelt es sich um Auffüllungen (Schuttdeponie, ehemalige Kiesgrube).

Die Waldverhältnisse lassen sich in grossen Zügen wie folgt umschreiben:

Südteil «Heimeholz» und Abteilung 1 «Weberholz»

Hier stocken ehemalige Mittelwälder mit unterschiedlichem Aufbau. Nachdem in Rheinfelden 1908 der Mittelwaldbetrieb aufgegeben worden ist, weisen die Stockausschläge der ehemaligen Hauschicht ein Alter von mindestens 70 Jahren auf. Neben der Hauptbaumart Buche sind Eiche, Hagebuche und vor allem Winterlinde stark vertreten. Die wertvollsten Holzvorräte stellen die auf einige wenige ha zusammengeschmolzenen Eschen-Althölzer mit beigemischten Spitz- und Bergahornen dar. Die Qualität von Buche, Linde, Esche ist relativ gut. Die stellenweise in den Mittelwald eingebrachten Fichten sind grobastig und weisen häufig Harzgallen auf. Auch die Qualität der Eichen-Überhälter befriedigt meist nicht.

Heute ist rund die Hälfte des früheren Mittelwaldes verjüngt. In den Jungbeständen herrschen die Laubbaumarten mit einem Anteil von ungefähr $\frac{3}{4}$ bis $\frac{4}{5}$ vor.

Mittelteil «Heimeholz»

Der Mittelteil beidseitig des «Querweges» wird von 70- bis 90jährigen, fast reinen Fichtenbeständen eingenommen. Die frühere ungenügende Durchforstung hat aufgeschossene, kleinkronige Bäume entstehen lassen, die den Folgeschäden der primären, fluorbedingten Ausfälle nur einen beschränkten Widerstand zu bieten vermögen. Rund $\frac{1}{4}$ der Bestände musste vorzeitig ver-

jüngt werden, der Rest ist fast durchwegs mehr oder weniger stark aufgelockert.

«Heimeholz» O- und NW-Teil

Diese 50- bis 70jährigen Bestände gingen aus Naturverjüngungen von Buche, Eiche und Hagebuche nach dem letzten Mittelwaldschlag hervor. Die nichtverjüngten Flächen wurden mit Fichte, Föhre und Roteiche ausgepflanzt. Von den häufigen Eichen-Überhältern wurden die schlechteren bei den letzten Durchforstungen herausgenommen. Die Fichten sind meist grobastig und weisen Harzgallen und schwarze Äste auf. Ihr Anteil wurde zugunsten von Buche, Eiche und Roteiche, welche über gute Stammformen verfügen, stark reduziert. Diese einzel- oder kleinflächig gemischten Bestände erweisen sich gegenüber den Luftverunreinigungen relativ widerstandsfähig.

Folgen der Fluoreinwirkungen

Das hochtoxische Fluor wird als Gas (FH) oder als F-haltige Aerosole und Stäube emittiert. Es bewirkt typische Schadenbilder, auf welche hier nochmals kurz eingegangen wird.

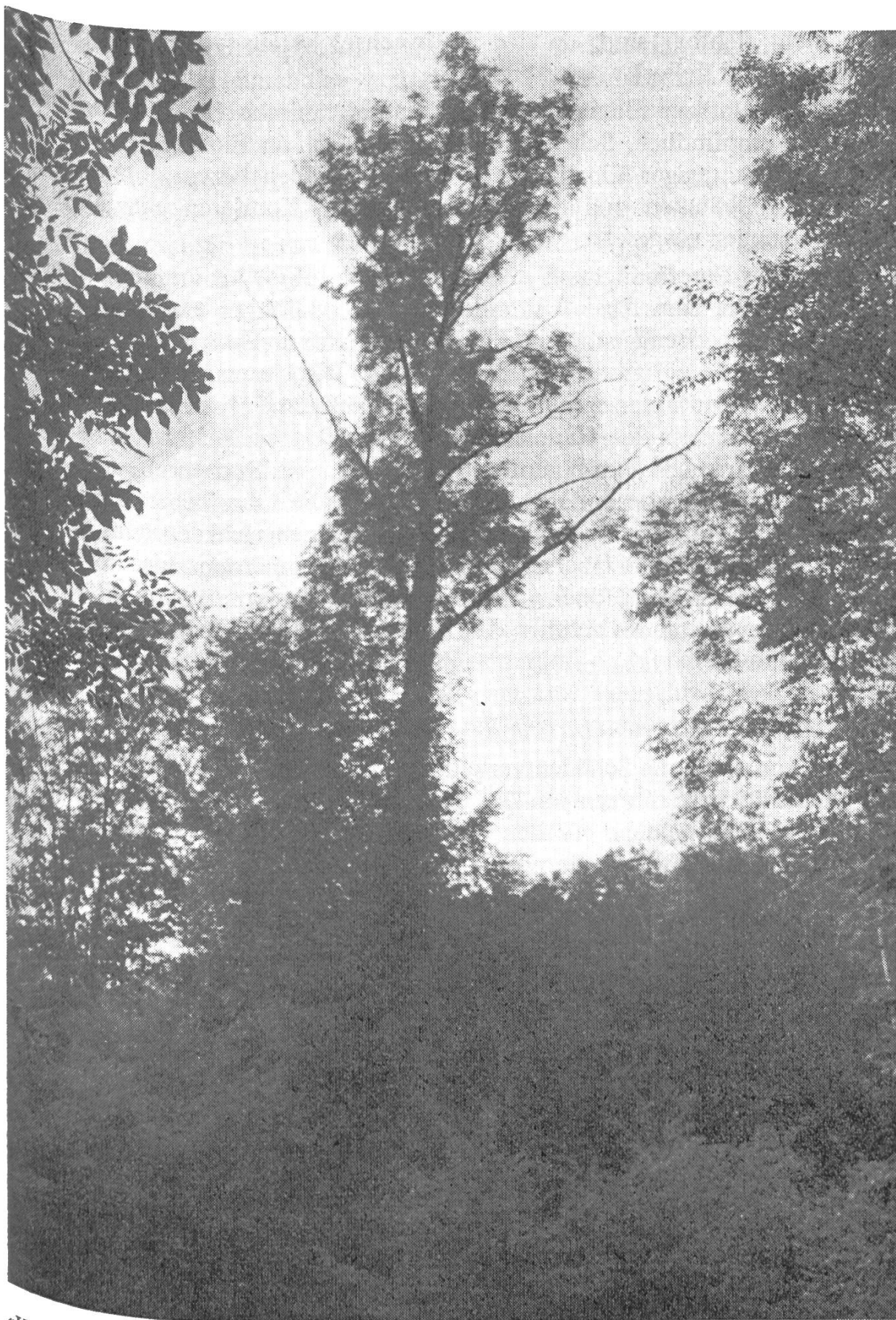
Nadelholz

- Nekrose an Nadelspitze (Gelbverfärbung)
- Braunfärbung einzelner Nadeln
- Braunrotverfärbung von jungen Trieben («verbrennen»)
- Abfall der älteren Nadeln (nur noch 2 bis 3 statt 5 bis 6 Nadeljahrgänge) und daher schütterere Krone
- Befall des geschwächten Baumes durch Sekundärschädlinge wie Borkenkäferarten, Hallimasch oder Ausfall bei Trockenheit
- Absterben des Baumes.

Laubholz

- Zerknittertes Aussehen der jungen Blätter
- Aufwölben der Blattränder («Löffel»- oder «Schiffchenbildung»)
- Blattrandnekrose (Spitzahornblätter sehen wie Aspenblätter aus)
- Frühzeitige Verfärbung und Entlaubung der Bäume («Herbstwald» im August)
- Vereinzelt Absterben von ganzen Bäumen, meist aber nur einzelner Kronenpartien und Bildung von Klebastkronen an Stamm und Dolden, namentlich bei Linde, Esche, Ahorn.

Die Zerstörung der Assimilationsorgane bewirkt eine Reduktion der Stoffproduktion. Sie muss bereits dann einsetzen, wenn die Schadenssymptome



«Heimeholz», Abt. 9 — Geschädigter Eschen-Überhälter mit Sekundärkrone aus Wasser-
reisen.

noch nicht sichtbar sind, da der Stoffwechsel bereits vorher gestört wird (vergleiche Th. Keller).

Die Nadelhölzer reagieren, wie eine amerikanische Untersuchung zeigt, besonders empfindlich. Schon ein millionstel Gramm Flusssäure je m³ Luft ruft nach zehntägiger Einwirkung sichtbare Schäden hervor. Im Gegensatz zu den Laubbäumen und der Lärche sind die Koniferen ganzjährig den F-Einwirkungen ausgesetzt.

Die hohe Empfindlichkeit der Nadelhölzer führte im unmittelbaren Bereich der Hütte zum Ausfall sämtlicher Fichten, Föhren und Weymouthen. Im Südteil des «Beuggenbodens» in 450 bis 550 m Entfernung vom Werk stockte vor 1954 ein zweischichtiger Bestand. Die Unterschicht von 30jährigen Buchen stand unter dem Schirm von 80jährigen Föhren mit beigemischten Weymouthen. In den Hauptschadenjahren 1954 bis 1958 fielen sämtliche Nadelhölzer aus. Die zum Hauptbestand aufgerückte Buchenunterschicht fiel jahrelang durch ihr besonderes Aussehen auf. Die Oberfläche des Buchenbestandes sah aus, als sei sie oben mit einer riesigen Heckenschere geschnitten worden. Die frühere Überschildung, verbunden mit dem durch die F-Einwirkungen gehemmten Höhenwachstum, haben offenbar zu dem auffallenden Aussehen des Bestandes geführt, das *K. F. Wentzel*¹ in seinem Referat ebenfalls erwähnt hat.

F-Schäden und Hauptwindrichtung

Die Annahme, die Schäden verteilten sich mit der Entfernung abnehmender Intensität konzentrisch um das emittierende Werk, entspricht nicht den Tatsachen. Entscheidend für den Ort des Auftretens von Schäden sind die Hauptwindrichtungen, die je nach Lage durch die Geländeform lokale Abweichungen aufweisen können.

Die von EMPA/LIA 1966/67 während 516 Messstunden in der Station «Neumatt», 500 m südlich des Südrandes gelegen, aufgezeichneten Windrichtungen ergeben

- Ostwind-Häufigkeit nach Diagramm 26,6 %,
- Westwind-Häufigkeit nach Diagramm 22,4 %.

Der Ostwind verfrachtet die Luftfremdstoffe aus der Al-Hütte in Richtung des teilweise landwirtschaftlich genutzten, meist aber überbauten Gebietes östlich von Rheinfelden/Baden. Bei Westwindwetter werden die schädlichen Luftverunreinigungen dagegen direkt dem im Rheinbogen auf dem schweizerischen Ufer stockenden Gemeindewald Rheinfelden zugeführt.

Die Hauptschäden liegen denn auch in einem mit zunehmender Entfernung von der Hütte breiter werdenden Sektor mit Zentrum im Standort der

¹ *Wentzel, K. F.*: Wald unter Immissionseinfluss. Schweiz. Z. Forstwes., 131 (1980), 3, 223—234.

Rohaluminium produzierenden Werke 2 und 3. Die sich im Mittelteil des Waldkomplexes «Heimeholz» befindenden Fi-Reinbestände weisen Schadflächen auf, die wie eine Perlenkette auf dem von den genannten Werken ausgehenden WNW-Strahl liegen.

Die Schadenausbreitung wird aber nicht allein durch die Windrichtung, sondern durch andere, lokale, durch die Geländegestaltung bestimmte Faktoren beeinflusst. So ist es erklärlich, dass auf einem in einem Geländekessel liegenden, 8 km vom Werk entfernten Hof in den Knochen von Milchkühen wesentlich höhere F-Gehalte festgestellt worden sind als in den dazwischen liegenden, der Hütte viel näher gelegenen Betrieben. Durch die Stauung der kontaminierten Luftmassen wird die Windgeschwindigkeit herabgesetzt. Die ähnliche Erscheinung lässt sich an den Steilrändern der Schadenflächen feststellen. Zwischen Windrichtung und Schadenintensität besteht jedoch noch ein anderer Zusammenhang. Der das Fluor transportierende Westwind bringt gleichzeitig meist auch Niederschläge, welche sich günstig auf das Wachstum und die Widerstandskraft des Waldes auswirken. Der günstige Einfluss des Westwindwetters kann zum Teil die ungünstigen Folgen der vermehrten Fluorzuwehungen ausgleichen. Jahre mit hohen Frühjahrsniederschlägen bringen daher in der Regel geringere Schäden und kleinere Zwangsnutzungen. Weit schlimmer würde sich die Schadensituation darbieten, wenn das Werk auf der Ostseite des Waldes läge und sich eine vermehrte Fluorzuwehung bei Ostwind mit den Trockenschäden auf den durchlässigen Schotterböden kumulieren würde.

Da die Windrichtung während einer längeren Beobachtungsperiode nach beiden Seiten der Hauptwindrichtung ausschlägt, liegen die Schäden in einem Sektor mit einem Winkel von rund 70°. Bei den akuten Schäden im Frühjahr 1978 stellte der Forstdienst fest, dass sich diese auf einen auffallend schmalen Sektor beschränkten. Daraus war abzuleiten, dass die starken Immissionen nur kurze Zeit wirksam waren und dass der Schadenanstieg nicht auf eine dauernd gesteigerte Al-Produktion zurückzuführen war. Diese Überlegung wurde nach Wochen durch die Mitteilung der Betriebsleitung bestätigt, welche zugab, dass die Reinigungsanlagen anfangs Mai während 2 Tagen ausgefallen waren.

Fluorempfindlichkeit der Baumarten

In der Waldschaden-Literatur wird immer wieder auf die unterschiedliche Anfälligkeit der Baumarten auf Luftschadstoffe hingewiesen. Diese Tatsache hat sich auch in Rheinfelden erneut bestätigt.

Am stärksten gefährdet sind, wie erwähnt, die Pinus-Arten. In Rheinfelden fielen daher auch die Wald- und Weymouthsföhren in Werknähe dem Fluor als erste zum Opfer. Die Fichte nimmt eine Mittelstellung ein. Auf guten, tiefgründigen Standorten vermag sie zu überleben, nicht aber auf trockengefährdeten Schotterböden.

Eine Sonderstellung nimmt die Lärche ein. Unvergesslich bleibt mir das Schadenbild, welches die Wälder in der Umgebung der Al-Hütte von S-Jean-de-Maurienne in Hochsavoyen boten. Die orographischen und klimatischen Verhältnisse sind mit denjenigen im Wallis vergleichbar. Die ehemaligen Föhrenbestände auf den Alluvionen des Talgrundes wurden längst vernichtet. Die am Hang folgenden Rebberge sind offensichtlich geschädigt und schlecht gepflegt. Bis auf eine Höhe von etwa 600 m über dem Talgrund ist der ob der Rebzone folgende Fichtenwald abgestorben. In den toten, rindenlosen, klingeldürren, weissgrauen Beständen hob sich auffallend das Grün der beigemischten oder eingestreuten Lärchen und Aspen ab.

Altlärchen fehlen im Rheinfelder Schadengebiet weitgehend. Die ältesten, 18jährigen Pflanzungen in 1 bis 2 km Werkentfernung entwickeln sich normal. Die jungen Lärchenpflanzungen im Gebiet «Metzgerhölzli», 0,6 km vom Werk entfernt, haben stark unter der Havarie der Absorptionsanlagen im Mai 1978 gelitten. Die frischen Triebe sind zum Teil abgestorben, jedoch sind nur wenige Pflanzen eingegangen. Trotzdem auch dieses Frühjahr leichte Schäden auftraten, wachsen bereits Ersatztriebe nach, was allerdings ohne Korrektur zu einer Verbuschung der Jungbäume führt. Ich bin überzeugt, dass keine andere Nadelbaumart (Föhre, Douglasie, Fichte) diesen Immissionsschub überlebt hätte.

Wesentlich widerstandsfähiger sind die Laubbäume. Unter ihnen zeichnen sich vor allem die Sorbus-, Pappeln- und Erlenarten aus. Am Terrassenrand ob dem Rhein, unmittelbar gegenüber dem Werk, wurde 1960 auf Kosten der Hütte mit kanadischen Pappeln und Kreuzungen von Silber- mit Schwarzpappeln, nebst Weisserlen, aufgeforstet. Trotz der mageren Standorte weisen die Pappeln heute BH ϕ bis zu 40 cm auf.

Hauptzweck der Aufforstung war die Abschirmung der dahinterliegenden Landwirtschaftszone und als Nebenwirkung offenbar auch die Unterbrechung der Sicht auf die Werkanlagen, was zur Beruhigung der über die Schäden erbosten Bauern beigetragen hat. Die Pappeln haben leider unter dem «Eisregen» im Winter 1978 stark gelitten. Ebenfalls relativ «fluorfest» hat sich die Esche erwiesen.

Unter den Laubhölzern ist die Linde leider am empfindlichsten. Dies ist sehr bedauerlich. Im früheren Mittelwald war sie sehr stark vertreten und bildete sogar stellenweise eigentliche Bestände.

Die übrigen Laubholzarten Buche, Hagebuche, Eiche, Roteiche, Ahornarten nehmen hinsichtlich der Gefährdung durch Fluorimmissionen eine Mittelstellung ein.

Individuelle Unterschiede der Fluorempfindlichkeit

Neben der unterschiedlichen Gefährdung der Baumarten fallen die gravierenden Unterschiede innerhalb der Art auf. Neben einer serbelnden Rot-

tanne mit einer schütterten Krone von nur dies- und letztjährigen Nadeln kann eine völlig intakte, dunkelgrün und voll benadelte Fichte stehen. Hier haben wir es mit erbbedingten Unterschieden zu tun, was die Annahme zulässt, dass sich nach entsprechend grossen Zeiträumen von Natur aus mehr oder weniger fluorresistente Rassen ergeben würden.

Diese Erkenntnis hat die Hütte 1971 veranlasst, das Institut für Forstpflanzenzüchtung, Samenkunde und Immissionsforschung der forstlichen Forschungsanstalt München mit der Anlage von zwei Versuchsflächen mit klonisierten Fichtenpfropflingen in 0,5 km und 0,9 km Entfernung vom Werk zu beauftragen. Das Ausgangsmaterial stammt von «F-resistenten» Fichten aus der Umgebung der Alu-Hütte Töging, aus dem Ruhrgebiet und aus anderen Herkunft. Vor allem beim letztjährigen Havarieschaden waren deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Klonen der rund 440 Resistenzpfropflinge und der rund 150 klonisierten Vergleichspfropflinge sowie den 110 aus eigenem Rheinfelder Samenerntebestand gezogenen, nicht klonisierten Pflanzen feststellbar.

Anpassung des Waldes an die Schadensituation

Wir gehen mit dem Tagungsleiter *E. Krebs* einig, dass das Ziel der vollständige Schutz des Waldes vor schädlichen Industrieimmissionen sein muss. Bei realistischer Betrachtung kann dies jedoch nur als Fernziel gelten. Forderungen von Schweizer Seite nach Einstellung der schadenverursachenden Produktion von Rohaluminium haben jeweils prompt die Arbeitnehmerorganisationen der deutschen Nachbarschaft auf den Plan gerufen, welche um die Weiterexistenz der rund 1200 Arbeitsplätze bangten.

Das gemeinsame Gutachten der beiden Anstalten EMPA (Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe in Dübendorf) und der LIA (Landesinstitut für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin in Karlsruhe) attestiert zudem der Hütte, dass die mit einem Aufwand von 11,5 Millionen DM erstellten und jährlich 2,5 bis 3 Millionen DM Betriebskosten verursachenden Abluft-Reinigungsanlagen dem «heutigen Stand der Technik» entsprechen. Eine Änderung der heutigen Verhältnisse ist daher kaum in absehbarer Zeit zu erwarten. Zudem schwebt nach wie vor das Damoklesschwert eines erneuten, vielleicht noch länger dauernden Ausfalls der Abluft-Reinigungsanlagen und damit einer neuen akuten F-Verseuchung über dem Wald.

Ein Hauptmerkmal unserer waldbaulichen Arbeit ist die Langfristigkeit der Zielsetzung. Unsere Überlegungen haben den Wald in 50, 80 und mehr Jahren zum Ziel. Die zu treffenden Massnahmen bezwecken, dem Wald einen Aufbau zu geben, mit dem er voraussichtlich in den nächsten Jahrzehnten am ehesten imstande ist, mit dem verbleibenden Rest der F-Immissionen zu überleben. Dies ist weitgehend das Ziel des 1977 erstellten Umwandlungsprojektes.

Waldbauliche Behandlung immissionsgeschädigter Bestände

Bei den waldbaulichen Überlegungen haben wir uns in erster Linie die Tatsache zunutze zu machen, dass die einzelnen Arten unterschiedlich auf F-Immissionen reagieren. Bei der Wiederbestockung der Schadflächen wie bei der normalen Verjüngung der Altbestände sind deshalb innerhalb den durch den Standort gegebenen Möglichkeiten die «fluorresistenten Arten» zu bevorzugen. Eine wertvolle Hilfe bietet die bereits 1974 erstellte Karte der Waldgesellschaften im Massstab 1:5000. Bei der Baumartenwahl haben rein wirtschaftliche Forderungen nach dem höchsten zu erwartenden Holzerlös, vor dem Bestreben, einen möglichst risikoarmen Wald aufzubauen, zurückzutreten.

Bereits im 1972 erstellten Gutachten der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf, schlug Th. Keller die Ausscheidung von Gefährdungszonen vor. Diese wurden mit einigen Ausnahmen auch ins Umwandlungsprojekt übernommen.

Zone	Fläche ha	%	Gefährdung	Umschreibung
A	22	11	stark	Werkentfernung 0,4 bis 0,9 km Alljährlich sichtbare bis starke Schäden
B	77	41	mittel	Werkentfernung 0,7 bis 1,6 km Sichtbare bis mittlere Schäden Hauptschadengebiet in Fichten-Mittelteil Lindenbestände im «Kleingrütt»
C	63	34	schwach	Werkentfernung 0,7 bis 2,1 km Feststellbare, meist aber nicht gravierende Schäden, Streifen längs nördlichem Rand des Schadensektors
D	26	14	keine	Werkentfernung 0,7 bis 1,9 km Im Rheinboden, nördlich ausserhalb des Schadensektors (Hauptwindrichtung)
Perimeter- fläche	188	100		

Zone A

In der Nähe des Werkes sind auch wirtschaftlich weniger aussichtsreiche Arten wie Vogelbeere, Mehlbeere, Robinie, Aspe und Birke zu verwenden. Als einzige Nadelbaumart bleibt hier die Lärche. Eine kleinflächige, trupp- bis gruppenweise Mischung der Arten vermindert das Risiko.

Zone B

Auch hier ist von einem Einbringen der Fichte abzusehen, so dass die Lärche als einzige vertretbare Nadelholzart verbleibt. Das Schwergewicht liegt bei Buche, Eiche, Roteiche, Esche. Ahorn und Linde sind nur bedingt zu verwenden.

Zone C

Hier können im Rahmen der standortstauglichen Baumartenpalette alle Arten verwendet werden, wobei Föhre und Weymouthie nur in bescheidenem Ausmass einzubringen sind. Auf den feuchteren Standorten (typischer Waldmeister-Buchenwald) darf die Fichte vermehrt beigemischt werden. Reine Bestände von über Gruppengrösse sind zu vermeiden. Berg- und Spitzahorn auf den frischeren und Winterlinde auf den trockeneren Standorten sind ohne Einschränkungen für die Bestandesbegründung einzusetzen.

Zone D

Keine emissionsbedingten Beschränkungen bei der Baumartenwahl.

Die Fichte wirft bei der Artenwahl für den zukünftigen Bestand besondere Probleme auf. Die allmähliche Auflichtung des Kronenschlusses infolge einzelstammweiser Zwangsnutzung hat die Naturverjüngung der Fichte stark gefördert, welche auf grossen Flächen als eigentlicher Bürstenwuchs aufkam. Allerdings sind sie teilweise, namentlich die jüngeren, im Trockensommer 1976 wieder abgestorben. Obschon nach den vorstehenden Ausführungen die Fichte in der Zone B nicht und vor allem nicht in diesem Ausmass erwünscht ist, würde es schwerfallen, auf die von der Natur aus gratis angebotene Verjüngung einfach zu verzichten. Wir haben uns daher entschlossen, namentlich für die Zonen B und C, diejenigen Fichten-Jungpflanzen zu entfernen, die bei den alljährlich mehrmals notwendigen Zwangsnutzungen beschädigt worden sind. Auf $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Fläche wurden dann einzeln oder truppweise Bergahorn, Spitzahorn, Winterlinde, Buche und Roteiche eingebracht. Dabei mussten die bereits verjüngten Flächen nachträglich eingezäunt werden, da das Rehwild die dichten Fichten-Naturverjüngungen besonders gerne als Einstand benutzt.

Als zweite Möglichkeit ist die Tatsache der individuell unterschiedlichen Fluorverträglichkeit zu nutzen. Die Versuche mit klonisierten Fichten laufen ebenfalls in dieser Richtung. Obschon die Fichte zum natürlichen Artensortiment des Aronstab-Buchenwaldes und des typischen Waldmeister-Buchenwaldes zu zählen ist, möchten wir diese risikobeladene Art nur in sehr beschränktem Ausmass für den Aufbau der «fluorharten» Zukunftsbestände verwendet wissen. Das Hauptgewicht soll den standortsgemässen Laubbaumarten zukommen.

Wir sehen die Aufstellung eines Katasters «fluorresistenter» Mutterbäume der in Frage kommenden Arten im Hauptschadengebiet vor. Von diesen Bäumen wären Samen zur Nachzucht in den ordentlichen Pflanzengärten zu gewinnen. Das so erhaltene Pflanzenmaterial wäre dann für die Verjüngungen im Schadengebiet zu verwenden.

Man muss sich bewusst sein, dass mit dem skizzierten Vorgehen ein durchschlagender Erfolg kaum möglich ist, da wir ja nur den Phänotyp mit heterogenen Erbanlagen anzusprechen vermögen. Andererseits gibt uns der Bestand in seiner über Jahrzehnte sich erstreckenden Stammzahlverminderung reichlich Gelegenheit, fluorempfindliche Individuen auszumerzen und die «fluorharten» zu begünstigen.

Den Vorschlag, in exponierter Lage (zum Beispiel bei der «Linde-West») einen separaten Saat- und Verschulgarten einzurichten, um die Selektion der «fluorharten» Individuen schon im Pflanzgartenalter vornehmen zu können, halten wir nicht für zweckmässig. In diesem Alter sind die Eigenschaften nur schwer zu erkennen. Der Betrieb eines solchen Sondergartens käme relativ teuer zu stehen. Für die Selektion stehen uns am definitiven Standort mit der Pflegeeingriffen verbundenen Stammzahlverminderung ausreichende Möglichkeiten zur Verfügung.

Die Auslese, Markierung und Kartierung der Samenerntebäume, das Einsammeln des Saatgutes anstelle der meist geübten billigen Methode der Wildlingsaufschulung sowie die separate Pflanzennachzucht werden Pflanzenmaterial liefern, dessen Gestehungskosten weit über der herkömmlichen Eigenproduktion oder der Handelsware liegen werden. Pfropflinge dürften jedoch noch bedeutend teurer zu stehen kommen.

Gliederung der waldbaulichen Massnahmen

Die Wiederaufforstung der Schadflächen konnte nicht als isolierte Einzelmassnahme geplant werden. Die Planung musste sich über die gesamte waldbauliche Arbeit der nächsten Jahrzehnte erstrecken. Kostenmässig war aber die Wiederbestockung der Schadflächen als direkte Folge der Immissionen, von den übrigen Kulturarbeiten, wie zum Beispiel der dringenden und gleichzeitig ablaufenden Verjüngungen der ehemaligen Mittelwälder, zu trennen, da diese auch ohne Vorhandensein von Immissionsschäden hätte erfolgen müssen. Allerdings zwangen die Immissionen zur Vorverlegung und zur Intensivierung der Bestandesumwandlung, was zu höheren Kosten führte.

Verjüngungsflächen, welche unmittelbar oder überwiegend durch die F-Immissionen bedingt sind (Schadflächen, Umwandlung stark gefährdeter Fichtenbestände) wurden als F-Bestände ausgeschieden.

Verjüngungen, welche nicht allein durch die F-Immissionen ausgelöst worden sind, wie z. B. die in absehbarer Zeit zu erfolgende Verjüngung ehemaliger Mittelwaldungen, wurden als f-Bestände eingereiht. Für die Verjün-

gung gelten die vorerwähnten Richtlinien gleicherweise wie für die F-Bestände.

Auf die F-Bestände entfallen 61 ha (64 %), auf die f-Bestände dagegen 35 ha (36 %) von der zu verjüngenden Fläche. Auf den restlichen 92 ha der Perimeterfläche von 168 ha sind in den nächsten 30 Jahren keine Verjüngungen vorgesehen.

Eine weitere Gliederung erfolgte nach der Umwandlung bzw. Verjüngungsdringlichkeit. Als Kriterien dienten bei den F-Beständen das Ausmass der eingetretenen Bestandesauflockerung und des Gesundheitszustandes des gegenwärtigen Waldes. Bei den f-Beständen standen die Qualität des vorhandenen Bestandes und die Einhaltung der räumlichen Ordnung im Vordergrund.

Es entfielen auf:

Dringlichkeit	F-Bestände		f-Bestände		Gesamt	
	ha	%	ha	%	ha	%
Kritisch	47,6	25	31,5	17	79,1	42
Labil	10,2	5	3,9	2	14,1	7
Stabil			3,0	2	3,0	2
Gesamt umzuwandeln	57,8	30	38,4	21	96,2	51
Nicht umzuwandeln					92,3	49
Perimeterfläche					188,5	100

Gestützt auf die Aufschlüsselung nach Dringlichkeit mussten die Massnahmen auch zeitlich etappiert werden. Dem Zeitplan wurden drei gleiche Etappen von je 10 Jahren zugrunde gelegt, so dass die Arbeit bis zum Jahre 2005 abgeschlossen werden könnte.

Den Etappen wurden folgende Flächen zugewiesen:

Etappe	F-Bestände		f-Bestände		Gesamt	
	ha	%	ha	%	ha	%
I. Etappe 1976—1985	21,2	11	17,9	10	39,1	21
II. Etappe 1986—1995	22,4	12	14,1	7	35,5	19
III. Etappe 1996—2005	14,2	7	3,4	2	17,6	9
Stabil			3,0	2	3,0	2
Gesamt umzuwandeln	57,8	30	38,4	21	96,2	51
Nicht umzuwandeln					92,3	49
Perimeterfläche					188,5	100

Bei Durchführung des Projektes müssten in der 1. Etappe jährlich 3,91 ha verjüngt werden. Im Schnitt der Jahre 1971 bis 1975 wurden auf der Perimeterfläche 2,43 ha verjüngt. Die planmässige Ausführung würde also eine jährlichen Verjüngungsflächenzunahme von 1,48 ha oder 61 % bedingen, was mit Hinweis auf die vielen verlichteten Fichtenbestände und die überalterten ehemaligen Mittelwaldbestände durchaus im Rahmen liegt.

Der Holzanfall dürfte im Mittel wegen der stark aufgelichteten Bestände nicht über 300 m³/ha liegen, so dass aus den Umwandlungen rund 1170 m³ pro Jahr anfallen würden.

Kosten der Umwandlung

Aus den detaillierten Kostenrechnungen verschiedener Artenkombinationen und Verjüngungsverfahren ergaben sich durchschnittliche Hektarenkosten von Fr. 11 800.—, die sich wie folgt zusammensetzen:

— Vorbereitung der Pflanz- bzw. Saatfläche	Fr. 4 200.—
— Saat / Pflanzung	Fr. 6 200.—
— Schutz gegen Wildschaden (Anteil)	Fr. 1 400.—
	<u>Fr. 11 800.—</u>

Die Vorbereitungskosten sind relativ hoch, da in den verlichteten Beständen eine meterhohe Brombeerdecke entfernt und in den grosskronigen Laubholzbeständen ein hoher Anteil Ast- und Reisigmaterial verbrannt werden muss. Da grössere, reine Fichten- und Buchenpflanzungen wegfallen, muss die gesamte Fläche eingezäunt werden.

Sofern ausschliesslich selektioniertes Pflanzenmaterial verwendet werden könnte, würde sich der Hektarenaufwand nochmals um Fr. 1400.— auf Fr. 13 200.— erhöhen. Daraus ergibt sich für das Jahrzehnt der 1. Etappe 1976 bis 1985 ein jährlicher Aufwand von Fr. 46 200.— bis Fr. 51 600.—.

Kostentragung

Die Kosten der Wiederaufforstungen auf den Schadflächen sowie die Umwandlungskosten der verlichteten Fichtenbestände (F-Bestände) sind von der Hütte als Schadenverursacherin zu tragen. Dagegen können die Umwandlungs- bzw. Verjüngungskosten der hiebsreifen Laubholz- und Mischbestände (ehemalige Mittelwälder) nur teilweise der Verursacherin belastet werden, da diese Bestände ohnehin, wenn auch erst später und in einer längeren Zeitspanne, hätten verjüngt werden müssen. Anteilsmässig müsste die Hütte aber auch für diese Bestände die Mehrkosten einer Verjüngung mit selektionierten Pflanzen übernehmen.

Neben den Umwandlungs- bzw. Verjüngungskosten müssten auch die Entschädigungen des zu erwartenden Minderertrages geregelt werden, der

dadurch entsteht, dass in der Hauptschadenzone A teilweise mit wirtschaftlich uninteressanten, aber im Sinne eines Immissionsschutzwaldes erwünschten «fluorresistenten» Arten (z. B. Weisslerle, Vogelbeere usw.) gearbeitet werden muss.

Wenn schon aus realistischer Überlegung keine vollständige Unterbindung der Immissionen verlangt werden kann, sollte sich die Industrie bei der Abgeltung der Schäden und für die Kostentragung der prophylaktischen Massnahmen nicht von der kleinlichen Seite zeigen, geht es dabei ja um Beträge, welche sich im Vergleich zu den Konzernumsätzen äusserst bescheiden ausnehmen.

Am Schluss sei noch auf die an der Exkursion aufgeworfene Frage des Einflusses der F-Immissionen auf den Wild-, das heisst den Rehbestand eingegangen.

Im Gegensatz zu den ebenfalls geschädigten Nutztviehbeständen der Umgebung lebt der Rehwildbestand im «Heimeholz» in unmittelbarer Nähe der Hütte und ernährt sich ausschliesslich von F-haltigen Futterpflanzen. Die F-Gehalte in den Knochen erlegter und verluderter Rehe liegt daher mit 6000 bis 8000 ppm F am höchsten (Vieh 1500 bis 2000 ppm F). Die Tiere sind untergewichtig und krankheitsanfällig. Die Anlagerung von F in den Knochen macht diese hart, aber auch spröde. Beim Setzen der Kitze kommt es bei den Geissen zu Beckenbrüchen.

Die Waldbegehung vom 27. Juni stand unter dem Thema «Erholungswald — geschädigter Wald». Es entbehrt nicht einer gewissen Ironie, wenn wir feststellen müssen, dass gerade dort der Wald in seinem Bestehen am stärksten gefährdet ist, wo ihm für das Wohlergehen von uns Menschen die grösste Bedeutung zukommt, nämlich in den Bevölkerungs- und Industrieagglomerationen. Das von einer überdurchschnittlichen Verkehrsgunst profitierende Gebiet von Basel rheinaufwärts wird wegen der bestehenden Industriemassierung und vor allem wegen der noch geplanten Anlagen zuweilen als «kleines schweizerisches Ruhrgebiet» bezeichnet. Die Sorge, dass es auch in bezug auf die Waldvernichtung dem grossen Vorbild Ehre machen wird, lastet auf allen, welche sich hier für den Weiterbestand eines gesunden Waldes verantwortlich fühlen.

Résumé

Expériences sylvicoles réalisées avec les dégâts que causent les émanations de polluants

Les rejets de polluants de l'usine d'aluminium de Rheinfelden (Bade) ont été fortement limités par l'installation en 1958/59 de dispositifs modernes de captation des fumées. Pourtant les émissions persistent toujours. Les effluents gazeux pro-

voquent une baisse de l'assimilation des arbres forestiers, bien avant que des décolorations n'apparaissent sur les aiguilles, les feuilles et les rameaux. La zone qui présente les dommages les plus étendus couvre un secteur d'environ 70 degrés à partir de l'usine dans la direction des vents dominants; là, en raison de leur sensibilité élevée, tous les résineux ont disparu.

Les feuillus sont moins sensibles aux émanations fluorées. Néanmoins, il y a lieu de relever les différences de sensibilité entre les individus d'une même espèce. C'est d'ailleurs pourquoi on effectue, depuis 1971, des essais avec de jeunes épicéas greffés apparemment résistants.

Une planification sylvicole établie pour les 30 prochaines années prévoit le rajeunissement de quelque 4 hectares chaque année. Dans les zones les plus menacées, on plantera avant tout des essences qui résistent aux composés fluorés. Il faudra aussi davantage utiliser les graines récoltées sur des semenciers résistants. C'est entre 46 200 et 51 600 francs que se situe le montant des frais annuels pour la première décennie.

Les frais pour le reboisement et la transformation des surfaces les plus touchées sont à la charge de l'usine responsable des dégâts. A cela s'ajoute le dédommagement d'une perte de rendement du fait de l'emploi forcé d'essences économiquement moins productives. Le problème des dégâts implique une contradiction puisque la forêt est surtout mise en péril là où le rôle qu'elle a à jouer pour le bien-être de la population est le plus important.

Traduction: J.-G. Riedlinger

Literatur

- Jutzi W. / Maier E.:* Emissionen von Luftfremdstoffen der Aluminium-Hütte Rheinfelden GmbH und Luftfremdstoff-Immissionen im Raume Rheinfelden / Unteres Fricktal. Gutachten EMPA/LIA erstellt im Auftrag des Kantons Aargau und der Alusuisse (1968).
- Keller Th.:* Über die schädigende Wirkung des Fluors. Schweiz. Z. Forstwes. Nr. 9 (1973). Die Auswirkungen der Fluorimmissionen auf die Waldbestände im Raume «Heimeholz». Gutachten der EAFV Birmensdorf, erstellt im Auftrag des EVD (1972).
- Vogel O.:* Die Fluorschäden im unteren Fricktal. Schweiz. Z. Forstwes., Nr. 9 (1973)
- Wullschleger E.:* Die Abschätzung von Rauchschäden im Wald. Schweiz. Z. Forstwes., Nr. 5 (1978).



**Der Winterwald bietet mit seiner reinen Luft und der tiefen Stille dem Menschen aus
der rauchigen, lärmigen Stadt Entspannung und Erholung. (Käferberg)**