

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 135 (1984)
Heft: 11

Artikel: Probleme um die wachsenden Waldschäden
Autor: Krebs, Ernst / Basler, Konrad / Rosenberg, Felix
Kapitel: Waldsterben - was verstehen wir darunter, wie ist die Situation in der Schweiz?
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766799>

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: 05.05.2025

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

Waldsterben — was verstehen wir darunter, wie ist die Situation in der Schweiz? ¹

Von Jürg Bruno Bucher

Oxf.: 48:524.61:164.5:425.1

(Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, CH-8903 Birmensdorf)

Unter den Waldschäden, die sich derzeit in Europa ausbreiten, verstehen wir vorwiegend Schäden, deren Ursachen wir eigentlich nicht kennen, von denen wir aber annehmen, Luftverunreinigungen seien an ihrem Zustandekommen massgeblich mitbeteiligt. Diese Waldschäden werden gemeinhin als «Waldsterben» bezeichnet. Obwohl die allgemeine Luftbelastung in Europa als Hauptursache vermutet wird, handelt es sich im Grunde genommen nicht um die klassischen «Rauchschäden», wie sie in den Wäldern des Erzgebirges, den Industriegebieten Oberschlesiens oder des Ruhrgebietes vorkamen oder vorkommen. Es sind Waldschäden, die weit weniger offensichtlich sind und sich ebenfalls in Gebieten fernab grösserer Emissionsquellen oder Industriezentren zeigen. In solchen Wäldern, zum Beispiel im Schwarzwald oder in den schweizerischen Alpen, wird das sich anbahnende Zusammenbrechen der Bestände vom Laien oft nicht erkannt, und auch die Forstleute beurteilen die Lage noch recht unterschiedlich und sprechen vielfach eher von «Baumsterben und Waldschäden» (vergleiche 4). Ich verwende hier den Begriff «Waldsterben» im Sinne von *Schütt* (5) und bringe damit zum Ausdruck, dass es sich bei diesen Waldschäden um Immissionsschäden handeln könnte, die klassischen Rauchschadenssymptome aber fehlen (vergleiche 6).

Obwohl sich heute die Ursprünge des Waldsterbens an erkrankten Bäumen jahrringanalytisch bis in die 50er Jahre zurückverfolgen lassen (7), handelt es sich doch um ein neues Phänomen, das sich von Auge erst seit kurzem beobachten lässt. Als erstes wurde in Deutschland vor vier Jahren das an sich bekannte «Tannensterben» als hauptsächliche Folge der Einwirkungen der sauren Niederschläge dargestellt (8). Ein Jahr später zeigten sich

¹ Wesentliche Teile des Vortrages wurden in dieser Zeitschrift von uns bereits veröffentlicht (1, 2, 3), so dass hier eine überarbeitete Fassung des Referates, gehalten am 29. Juni 1984, anlässlich der Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft für den Wald in der Kartause Ittingen, wiedergegeben wird.

in Süd- und Südwestdeutschland Ansätze eines neuen «Fichtensterbens». Bald darauf mussten in Deutschland aber auch Schäden an den Föhren und Laubbäumen, insbesondere der Buche, festgestellt werden. Ein ganzes Ökosystem zeigte sich in Gefahr; man sprach nun generell vom «Waldsterben» (vergleiche 9). Mit nur ein- bis zweijähriger Verzögerung traten in der Schweiz und in Österreich ähnliche Entwicklungen auf. Zusammen mit den längstens bekannten klassischen Rauchschiäden in Mittel- und Osteuropa war damit ein beinahe kontinentales Ausmass der Waldschäden erreicht. Gegen Ende des letzten und zu Beginn dieses Jahres wird nun Waldsterben auch aus den Benelux-Staaten, Nordostfrankreich und Nordjugoslawien gemeldet; nicht vorzukommen scheint das Phänomen in Südeuropa, im südlichen Frankreich, in Grossbritannien und in Skandinavien. Allerdings ist die Beurteilung der Lage in Südschweden nicht so sicher, denn anders als in Norwegen, wo das Absterben von Fichtenkronen unterhalb des Wipfels einem Wasserstress zugeordnet wird («*sub-top-dying*»), neigen die Schweden dazu, ihre Waldschäden zum kontinentalen Waldsterben zu zählen (10). Bei der Beurteilung der gesamteuropäischen Waldschadenslage muss deshalb in den verschiedenen Ländern die bezüglich der vermuteten Ursachen unterschiedliche Einschätzung des Waldsterbens berücksichtigt werden. Auch dort, wo Immissionen als wichtige Ursache gesehen werden, bestehen Differenzen betreffend der hauptverantwortlichen Komponenten (vergleiche 9). Wenn im Fichtelgebirge in der Bundesrepublik die Fichtenwälder unter einer Belastung von $60 \mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$ im Jahresmittel und bei Spitzenwerten von über $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eingehen, stellt sich die Frage nach der Ursache wohl kaum. Ganz anders muss aber das Absterben der Fichten im schweizerischen Mittelland oder in den Alpen gesehen werden. Hier sind die Schwefeldioxid-Belastungen um einen Faktor 3 bis 10 tiefer. In der Schweiz dürfte eine Kombination etlicher relativ geringer Konzentrationen von Schadstoffkomponenten, namentlich aber der verkehrsbedingten Abgase und ihrer Folgeprodukte, von Bedeutung sein (6, 11). Als Hauptursache des Waldsterbens wird nun in Deutschland meistens das Zusammenwirken der Photooxydantien mit den sauren Niederschlägen und dem Schwefeldioxid gesehen (12, 13), während in den Niederlanden auch die aus der Landwirtschaft herkommende Ammoniumbelastung zur Diskussion steht (10). Da aber bei der Erfassung des Waldsterbens im wesentlichen nur die relativ unspezifischen Schadsymptome an den Baumkronen, die mangelnde Vitalität und der Tod des Baumes herangezogen werden können, sind diese divergierenden Auffassungen in Anbetracht der unterschiedlichen Immissionslage verständlich.

Obwohl ich von der Mitverantwortung der Luftverschmutzung am Waldsterben in der Schweiz überzeugt bin, meine ich, eine Auseinandersetzung mit den Symptomen der Waldschäden sei vonnöten. Das Waldsterben äussert sich vor allem in einem Verlust an Blattmasse, durch Vergilbungserscheinungen, vorzeitige Herbstverfärbung oder Blattfall, Wuchsanomalien

an Blättern oder Zweigen, Wachstumseinbussen und — oberirdisch nicht sichtbar — durch das Absterben von Feinwurzeln und den Verlust der Mykorrhizierung. Die befallenen Bäume zeigen Welkeerscheinungen, verlieren mehr oder weniger rasch ihre Vitalität und gehen schliesslich, oft erst nach einem Befall mit bekannten Krankheitserregern oder Schädlingen, ein. Diese Symptome eines Waldsterbens sind aber auch die Symptome von Komplexkrankheiten, wie sie *Manion* (14) in seinem Lehrbuch beschrieben hat. Manion sieht die Komplexkrankheiten von Waldbäumen als ein Resultat verschiedener abiotischer und biotischer Faktoren mit krankheitsvorbe-

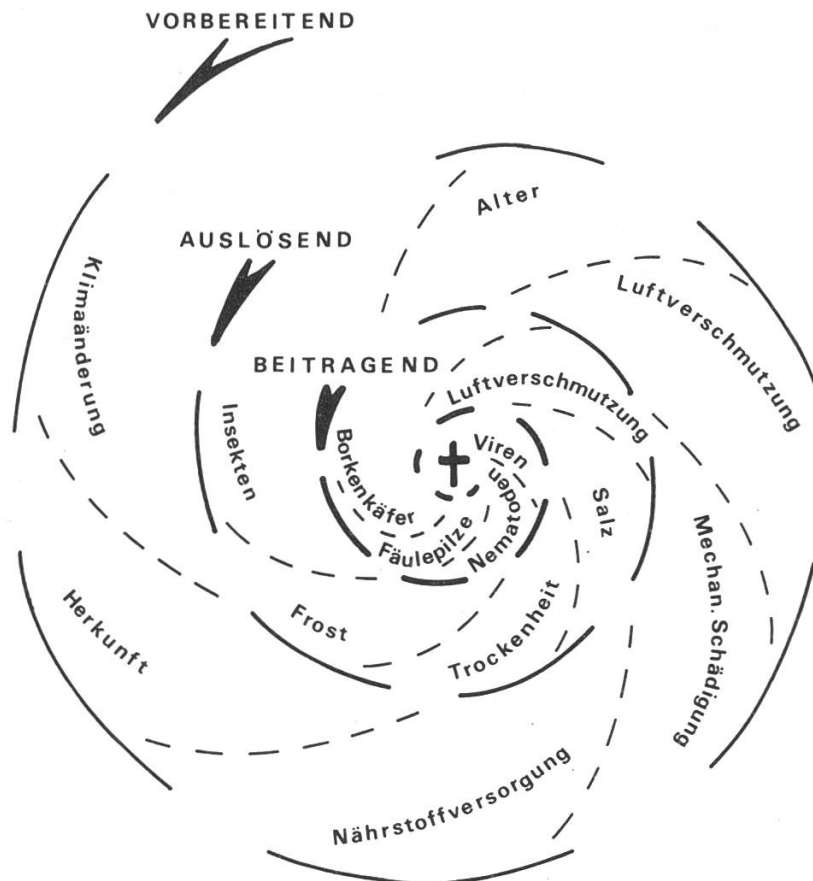


Abbildung 1. Komplexkrankheiten und Zerfallsspirale eines Baumes. Man beachte, dass die Spirale offen dargestellt ist und jederzeit progressiv verlaufen könnte. Weitere Erklärungen im Text (vereinfacht nach *Manion*, 14).

reitender, auslösender und beitragender Wirkung. In *Abbildung 1* ist Manions Konzept vereinfacht dargestellt und zeigt die Zerfallsspirale eines Baumes. Für das Verständnis von Komplexkrankheiten ist nun wichtig zu wissen, dass ein sterbender Baum diese Zerfallsspirale kaum je ganz durchläuft; durch die unterbrochenen Linien ist angedeutet, dass ein Baum in jedem Stadium der Komplexkrankheit auf ein anderes Niveau fallen kann. So brauchen zum Beispiel an Borkenkäferbefall eingehende Bäume nicht zwingend vorhergehend einer akuten Immissionsepisode und einer chronischen Luftverschmutzung ausgesetzt gewesen zu sein; der Borkenkäferbefall kann ebenso-

gut nur mit einer vorhergegangenen Trockenperiode und einer mangelnden Nährstoffversorgung zusammenhängen. Die Differentialdiagnose von Komplexkrankheiten gestaltet sich äusserst schwierig und ist in der Regel ohne umfangreiche Prüfungen der verschiedensten Faktoren nicht durchzuführen. Obwohl bekannt ist, dass Luftverunreinigungen zu einem vermehrten Insektenbefall an Bäumen führen können (15), muss doch auch gesehen werden, dass bei uns die Witterung in den letzten zwei Jahren für ein aussergewöhnlich starkes Aufkommen der Borkenkäfer günstig war. Problematisch und zu Recht kritisiert wurde die ausschliessliche Deutung der Symptome des Waldsterbens als Immissionssymptome (vergleiche 3). Zur Diagnose des Waldsterbens müssen deshalb noch weitere Kriterien als nur Waldschadenskriterien herangezogen werden. Dies haben wir für die Schweiz versucht.

Mit der Sanasilva-Umfrage in allen Forstrevieren der Schweiz und den gleichzeitig landesweit eingeholten Fichtennadelproben wollte man einerseits den Waldschadenzustand der Schäden mit unbekannten Ursachen erfassen und andererseits Indizien zu möglichen Ursachen finden. Wichtig war dabei eine einheitliche Ansprache (16) und Probenahme. Die Fichtennadelproben sollten nicht nur für Fichte, sondern stellvertretend für den Wald die allgemeine Schadstoffbelastung und Nährstoffversorgung der Bäume angeben. Die Interpretation der Schadensmeldungen folgte einem statistischen, epidemiologischen Ansatz. Danach wird ein Zusammenhang zwischen einer vermuteten Ursache und einer festgestellten Wirkung akzeptiert, wenn diese räumlich und zeitlich gemeinsam auftreten und nicht im Widerspruch zu gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen stehen. Eine besondere Bedeutung wurde in den geographischen Verbreitungen der Schäden und den Elementgehalten der Fichtennadeln gesehen; bei der Interpretation sollte nach plausiblen Mustern gesucht werden. Dazu wurden die Daten in Rasterfelder von 8 x 8 km transformiert.

Die Auswertungen der Fragebogen ergab, dass die 1429 Revierförster der Schweiz die Schäden gemeldet haben, nach denen sie gefragt wurden. Die Angaben zu den Symptomen, den Standorts- und Bestandesmerkmalen der Schadensschwerpunkte in den Beständen entsprachen weitgehend den Meldungen aus dem Ausland (3). Demnach waren im Oktober 1983 14 % der Bäume der Schweiz dem Waldsterben zuzurechnen, wobei die kränkelden Bäume 10 % des Schadens ausmachten. Es liessen sich deutliche, regionale Schwerpunkte der Waldschäden erkennen. Die Meldungen über die Lage der Reviere zu bestimmten Emittentengruppen, die bekannte Immissionssituation der Schweiz und die Resultate der Fichtennadelanalysen liessen den Schluss zu, dass am Zustandekommen der Waldschäden ein namhafter Immissionseinfluss nicht ausgeschlossen werden kann (1, 2), wogegen eine allgemeine Nährstoffversorgung kaum als Ursache der Schäden in Frage käme (2). Diese Aussage liess sich mittels einer multivarianten Regressionsanalyse der auf die Rasterfelder umgelegten Daten belegen (2).

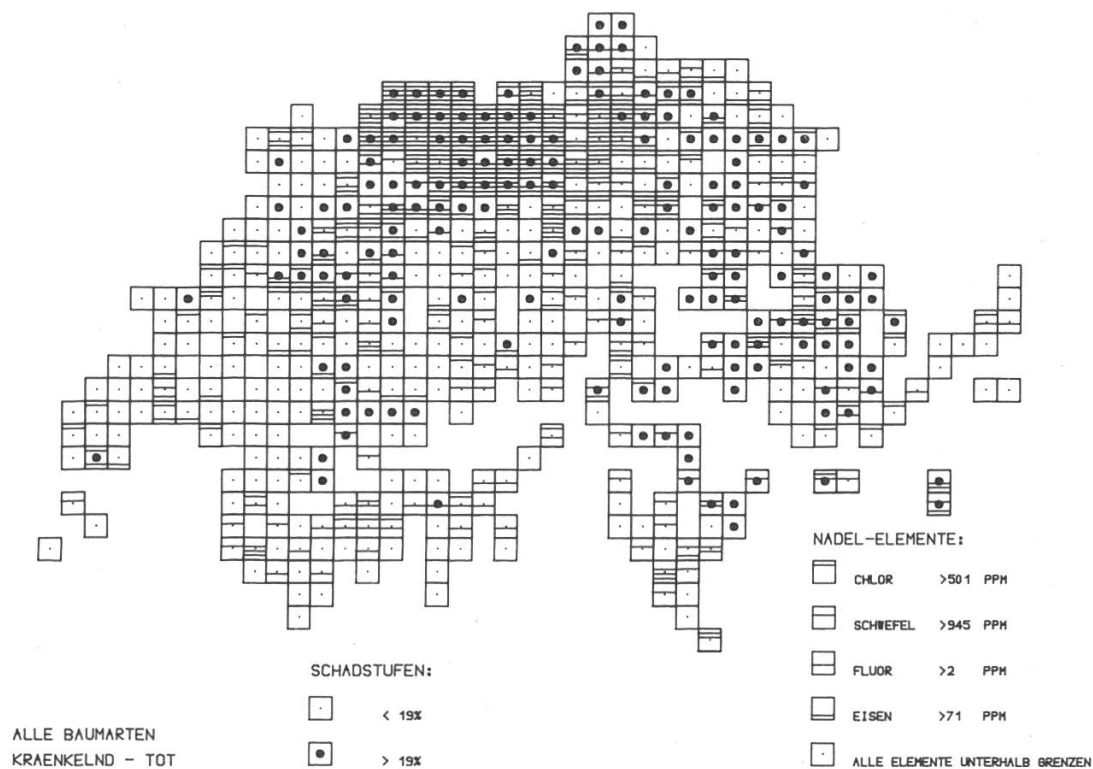


Abbildung 2. Waldschäden und Schadstoffbelastung der Fichtennadeln bezogen auf die Rasterfelder anhand des obersten 33 %-Quantils. Die Nadelelemente Chlor, Schwefel, Fluor und Eisen werden als Mass für die allgemeine Luftverschmutzung betrachtet.

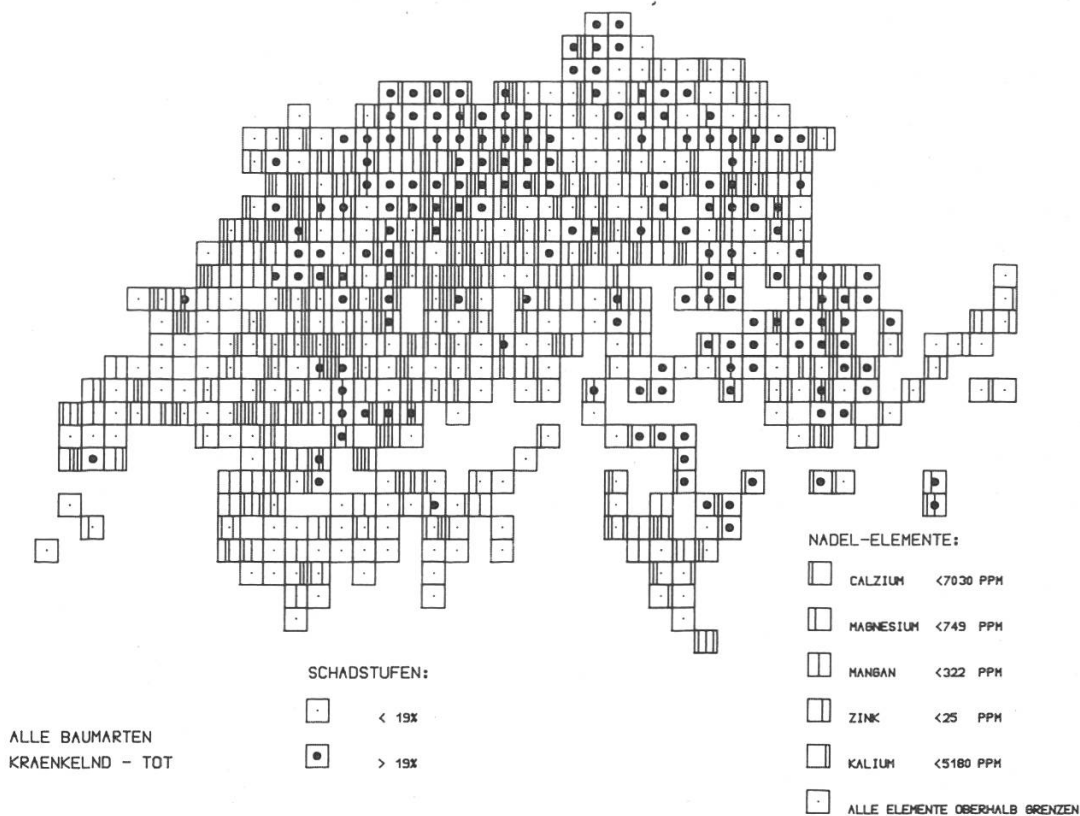


Abbildung 3. Waldschäden und Nährstoffversorgung der Fichtennadeln bezogen auf die Rasterfelder anhand des obersten 33 %-Quantils der Schäden bzw. untersten 33 %-Quantils der Nährstoffkomponenten. Die Nadelelemente Calcium, Magnesium, Mangan, Zink und Kalium werden als Mass für einen allgemeinen Nährstoffmangel betrachtet.

Die *Abbildungen 2 und 3* illustrieren diese Statistik. Zur Visualisierung werden nur die Rasterdaten herangezogen, die bezüglich der Waldschäden und der Immissionsleitkomponenten der Fichtennadeln das oberste 33 %-Quantil bzw. für die Leitkomponenten der Nährstoffversorgung der Nadeln das unterste 33 %-Quantil repräsentieren. Dabei zeigt sich recht deutlich, dass die stärksten Schäden vor allem dort sind, wo mehrere Immissionsleitkomponenten gemeinsam vorkommen, wogegen sich bei den Leitkomponenten der Nährstoffversorgung kein offensichtlicher Zusammenhang zu den Schäden zeigt.

Die Auswertungen der Untersuchungen nach den einzelnen Hauptbaumarten Fichte, Tanne und Buche (3) erbrachten unter anderem, dass die Häufigkeit dieser Baumarten in vielen Regionen im wesentlichen der natürlicherweise erwarteten entsprach, womit es trotz einer gewissen Übervertretung der Fichte (und teils der Tanne) im Mittelland schwer fällt, die Schäden in ihrer Gesamtheit auf einen nichtstandortgemässen Anbau dieser Arten zurückzuführen. Dagegen brachte die multivariate Regressionsanalyse auf der Rasterbasis das erstaunliche Resultat, dass sich die statistischen Kenngrössen für die Abhängigkeiten zwischen den Fichtenschäden und den Fichtennadelanalysen im Vergleich zu den Auswertungen über alle Baumarten drastisch verschlechterten. Erstaunlich deshalb, weil für die Baumarten Tanne und Buche genau das Gegenteil eintrat, das heisst die Immissionshypothese stärker gestützt wurde (3). Das Ergebnis bei der Fichte ist sicher ein deutlicher Hinweis, dass einerseits die Schadensansprache und andererseits die Diagnose Immissionsschaden für das Phänomen Waldsterben problematisch sein kann. Manions Konzept der Komplexkrankheiten sollte vor Augen gehalten werden, und die Kritik einzelner sollte, falls man wirkliche kausale Zusammenhänge nachweisen will, berücksichtigt werden, denn allzu leicht wird man Gefangener seiner eigenen Definitionen (17, 18, 19). In unser Immissionsmodell gingen über die Elementgehalte Chlor, Schwefel, Fluor und Eisen der Fichtennadeln nur wenige Immissionskomponenten ein. Es ist zwar belegt, dass Nadelanalysen gut mit einer Immissionssituation korrelieren (20) und sogar bezüglich der Schadenursache ein besseres Mass sein können als der Benadelungsgrad (21). Dennoch umfasst ein Modell aussagemässig immer nur jene Grössen, welche aufgenommen wurden. Da in unserem Modell Standortsfaktoren, Bestandesstrukturmerkmale und Witterungsparameter, aber auch Komponenten der Oxidantienbelastung nicht enthalten waren, müssen wir für Argumente gegen oder für die Immissionshypothese offen bleiben.

Es stellt sich abschliessend noch die Frage, wie sich das Waldsterben in der Schweiz weiter entwickeln wird. Dass die Schadensentwicklung in den letzten Jahren stark progressiv war, belegen die Feststellungen auf den Dauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg (22); aber auch aus den Aufnahmen des Landesforstinventars musste zumindest im letzten Jahr auf

Abbildung 4.

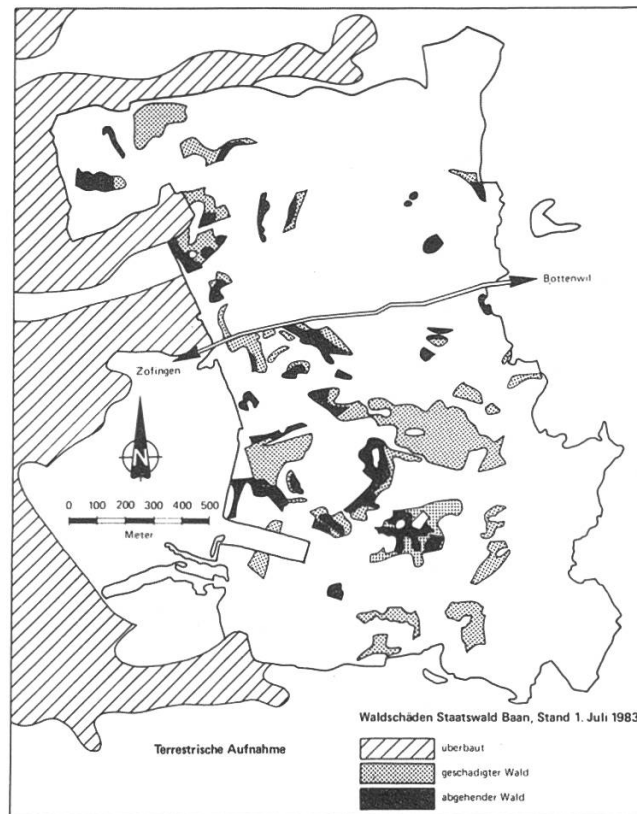
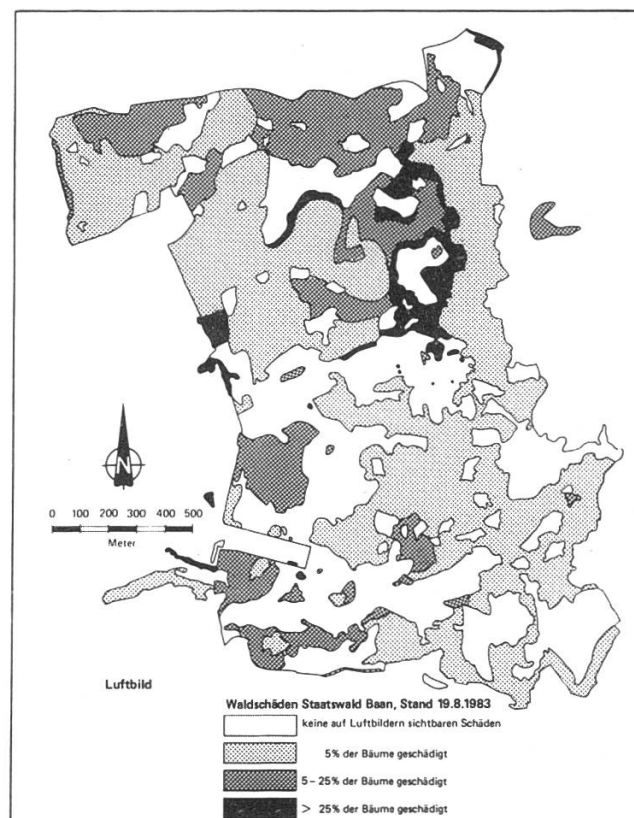


Abbildung 5.



Abbildungen 4 und 5. Waldschäden im Staatswald Baan. Terrestrische Aufnahme durch den zuständigen Förster (Abbildung 4), Luftbildauswertung (Abbildung 5) durch Oester und Scherrer (EAFV, unveröffentlicht). Die Zunahme der Schäden erklärt sich nicht allein aus der zeitlichen Differenz der Aufnahmen, sondern im wesentlichen durch die bessere Einsicht in die Kronenbereiche der Bäume auf dem Luftbild.

eine rasche Verschlechterung der Lage in der Schweiz geschlossen werden (23). Ohne den laufenden Untersuchungen vorgreifen zu wollen — Resultate liegen noch keine vor —, muss angenommen werden, dass sich Ende 1984 eine unerfreuliche Schadenslage zeigen wird. Insbesondere dürften die Laubbäume stärkere Schäden zeigen. Bei der Ansprache im letzten Jahr war es zum Teil schwierig, die aufzunehmenden Schäden von einer normalen Herbstverfärbung zu unterscheiden. Der Vergleich terrestrischer Aufnahmen mit Luftbildauswertungen zeigt ferner deutlich, dass die vom Boden nicht einsehbaren Schäden in den obersten Kronenbereichen der Laubbäume unterschätzt wurden (*Abbildungen 4 und 5*). Es ist weiter anzunehmen, dass sich stressbedingte Schäden der letztjährigen Trockenperiode im Sommer erst dieses Jahr zeigen.

Wir hatten nie die Absicht, mit der Sanasilva-Umfrage und den Fichten-nadelanalysen einen naturwissenschaftlichen Kausalbeweis zur Untersuchung der Waldschäden durch die Luftverschmutzung zu führen; bewusst beschränkten wir uns auf einen epidemiologischen, statistischen Nachweis. Dieser scheint uns in einem zum Handeln genügenden Masse vorzuliegen. Gestützt auf das Umweltschutzgesetz unseres Landes hiesse dies unter anderem, Immissionsgrenzwerte, die den Wald schützen sollten, dort abzuleiten, wo die Immissionsbelastung am geringsten ist und noch keine Waldschäden vorkommen. Wir befürchten, dass dies nicht gemacht wird, bzw. sich nicht machen lässt (vergleiche 11). Dennoch müssen wir zur Erhaltung unserer Wälder und uns selbst fordern, die Luftverschmutzung ganz allgemein und auf einer breiten Basis drastisch herabzusetzen.

Résumé

«Le dépérissement des forêts», que signifie-t-il? Quelle est la situation en Suisse?

Nous allons vous la décrire en quelques mots:

L'extension du dépérissement des forêts en Europe est principalement due à la pollution de l'air. Il a été démontré qu'il n'existe pas de symptômes spécifiques (immissions), mais ceux-ci sont pourtant caractéristiques pour les facteurs biotiques et abiotiques impliqués aux maladies complexes des arbres.

L'article représente, dans les grandes lignes, un résumé des résultats qui viennent d'être publiés, dans le cadre des études de Sanasilva. Un questionnaire a été adressé à tous les triages forestiers de Suisse, afin de connaître l'état de dommages des forêts en 1983 et d'en déceler ses raisons, inconnues jusqu'alors. Il a aussi été procédé simultanément à des examens d'aiguilles d'épicéas prélevées dans tout le pays, afin de ramener les indices à des causes possibles. Si l'on tient compte statistiquement des valeurs épidémiologiques mises en compte dans cette recherche, il est fréquent de constater

que les dommages les plus graves se situent avant tout dans les aiguilles, là où se localise la plus grande teneur en éléments d'essences d'immissions. Il n'a, par contre, pas été possible d'établir une relation évidente entre les dommages et l'approvisionnement nutritif des composants de base.

Bien qu'il ne soit pas possible d'apporter une preuve causale scientifique aux raisons de l'endommagement des forêts par la pollution de l'air, il est indispensable de diminuer les immissions dans une mesure draconienne.

Traduction: *Monique Dousse*

Literatur

- 1 *Bucher, J. B., Kaufmann, E., Landolt, W.*, 1984: Waldschäden in der Schweiz — 1983. (1. Teil). Interpretation der Sanasilva-Umfrage und der Fichtennadelanalysen aus der Sicht des forstlichen Immissionsschutzes. Schweiz. Z. Forstwes. 135, 271—287.
- 2 *Landolt, W., Bucher, J. B., Kaufmann, E.*, 1984: Waldschäden in der Schweiz — 1983. (2. Teil). Interpretation der Sanasilva-Umfrage und der Fichtennadelanalysen aus der Sicht der forstlichen Ernährungslehre. Schweiz. Z. Forstwes. 135, 637—653.
- 3 *Kaufmann, E., Bucher, J. B., Landolt, W., Jud, B., Hoffmann, Ch.*, 1984: Waldschäden in der Schweiz — 1983 (3. Teil). Auswertungen zu den Hauptbaumarten Fichte, Tanne und Buche. Schweiz. Z. Forstwes. 135, 817—831.
- 4 *Stahel, J.*, 1984: Das Waldsterben im Gebirge. Forstarchiv 55, 48—51.
- 5 *Schütt, P.*, 1983: Konsequenzen für die Wissenschaft. In: Schadstoffbelastung des Waldes — Forstliche Konsequenzen. H. Graf Hatzfeld (Hrsg.). Forstw. Forschungen 38, 90—92.
- 6 *Bucher, J. B.*, 1982: Waldschäden durch Immissionen? Physiologische Veränderungen und ökotoxikologische Wirkmechanismen. Probleme der Differentialdiagnose. Gottlieb-Duttweiler-Institut, CH-8803 Rüschlikon, 91—109.
- 7 *Schweingruber F. H., Kontic, R., Winkler-Seifert, A.*, 1983: Eine jahrringanalytische Studie zum Nadelbaumsterben in der Schweiz. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes. Ber. 253, 29 S.
- 8 *Ulrich, B.*, 1981: Eine ökosystemare Hypothese über die Ursachen des Tannensterbens (*Abies alba* Mill.), Forstwiss. Cbl. 100, 228—236.
- 9 *Schütt, P., Koch, W., Blaschke, H., Lang, K. J., Schuck, H. J., Summerer, H.*, 1983: So stirbt der Wald. BLV-Verlag, München, 95 S.
- 10 *EFC, Working Group "Impact of Air Pollution on Forests"*, 1984: Experten-Meeting Freiburg/Br., BRD, 18.—20. Juni 1984, Tagungsunterlagen und Nationale Berichte.
- 11 *Bucher, J. B.*, 1984: Bemerkungen zum Waldsterben und Umweltschutz in der Schweiz. Forstwiss. Cbl. 103, 16—27.
- 12 *Prinz, B., Krause, G. H. M., Stratmann, H.*, 1982: Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland. LIS-Bericht Nr. 28, 154 S.
- 13 *Rehfuss, K. E.*, 1983: Walderkrankungen durch Immissionen — eine Zwischenbilanz. Allg. Forstz. 38, 601—610.
- 14 *Manion, P. D.*, 1981: Tree disease concepts. Prentice Hall, Washington D.C.
- 15 *Sierpinski, Z.*, 1984: Über den Einfluss von Luftverunreinigungen auf Schadinsekten in polnischen Nadelbaumbeständen. Forstw. Cbl. 103, 83—92.
- 16 *Bucher, J. B., Mahrer, F.*, 1983: Typische Bilder zu den Waldschadenklassen im Landesforstinventar (LFI) und dem Phytosanitären Beobachtungs- und Meldedienst (Sanasilva). Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Merkblatt für den Forstpraktiker Nr. 1.
- 17 *Kandler, O.*, 1983: Waldsterben: Emissions- oder Epidemie-Hypothese. Natw. Rundschau 36, 488—490.
- 18 *Asthalter, K.*, 1984: Trockenperioden und Waldschäden aus forstgeschichtlicher und standortskundlicher Sicht. Allg. Forstz. 39, 549—551.
- 19 *Courtois, H.*, 1984: Zur Synopsis von Wirkmechanismen in einem immissionsbelasteten Forstökosystem. Forst- u. Holzwirt 39, 80—82.

- 20 *Materná, J.*, 1981: Concentration of sulfur dioxide in the air and sulfur content in Norway spruce needles (*P. abies* Karst.). Comm. Inst. Forest. Cechosloveniae 12, 137–146.
- 21 *Rudolph, E.*, 1983: Untersuchung über die Benadelung von Fichten in Bayern. Aquilo Ser. Bot. 19, 105–117.
- 22 *Schröter, H.*, 1983: Entwicklung des Gesundheitszustandes von Tannen und Fichten auf Beobachtungsflächen der FVA in Baden-Württemberg. Allg. Forst- u. Jagdztg. 154, 123–131.
- 23 *Mahrer, F., Brassel, P., Stierlin, H. R.*, 1984: Erste Ergebnisse zum Problem des Waldsterbens aus dem schweizerischen Landesforstinventar (LFI). Schweiz. Z. Forstwes. 135, 289–306.