Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 119 (1968)

Heft: 4-5

Artikel: Der Einfluss der Luftverunreinigungen auf den Wald im Lichte der neuesten Literatur

Autor: Keller, T.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-765567

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: 17.07.2025

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

Der Einfluß der Luftverunreinigungen auf den Wald im Lichte der neuesten Literatur

Von *Th. Keller* Oxf. 425.1

Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf

Es ist heute wohl allgemein anerkannt, daß in den Ballungszentren von Bevölkerung und Industrie die Bedeutung der vielfältigen Wohlfahrtswirkungen des Waldes gegenüber der Holzproduktion immer stärker in den Vordergrund tritt. Dabei ist der Wald in dieser Umgebung jedoch besonders gefährdet, und in manchen extremen Fällen stellt sich die Frage, ob sich der Wald dort überhaupt noch halten kann, wo er am nötigsten wäre, gibt es doch heute noch Rauchblößen, welche im letzten Jahrhundert entstanden sind. Und die Zerstörung der Wälder durch Luftverunreinigungen der Technik ist infolge der rapiden Industrialisierung heute akuter denn je! Nach Linzon (1966) umfaßt die Rauchschadenfläche in der Umgebung dreier riesiger Hüttenwerke in Sudbury (Ontario), welche täglich 6000 t SO_2 emittieren, heute 180 000 ha stark geschädigten und weitere 400 000 ha schwach geschädigten oder wenigstens vorübergehend beeinflußten Waldes. Bei einem andern Hüttenwerk in Ontario wurde im schmalen Sektor der Hauptwindrichtung bis in 18 km Entfernung kein Baum mehr gefunden (ursprünglich Nadelwälder) und bis auf 8 km waren überhaupt nur noch ein bis zwei Pflanzenarten vorhanden (Gordon und Gorham, 1963).

Aber auch in Europa ist die Beunruhigung der Forstleute begründet. Während 1961 vorsichtige Schätzungen der Rauchschadenfläche in der DDR 15 000 ha (Pelz, 1961) und im tschechischen Erzgebirge 40 000 ha (Materna, 1960) ergaben, lauteten die entsprechenden Zahlen wenige Jahre später 200 000 ha (Ranft, 1965) bzw. 60 000 ha (Vins, nach Keller, 1967). Diese besorgniserregende Entwicklung ist jedoch nicht nur auf die industrielle Expansion zurückzuführen, sondern auch auf den Umstand, daß die Anfangsentwicklung in Immissionsgebieten (besonders bei chronischer, relativ schwacher Beeinflussung) langsam verläuft, aber vor allem nach einer zusätzlichen Belastung (zum Beispiel «Seegfrörni-Winter») lawinenartig anschwellen kann. Ein weiterer wesentlicher Faktor liegt darin, daß die Forschung intensiviert wurde und daß die Schäden besser erfaßt werden können. Da vor wenigen Jahren an dieser Stelle bereits ein Überblick über die Rauchschadenliteratur gegeben wurde (Keller, 1964), beschränken wir

uns im folgenden weitgehend auf die inzwischen veröffentlichten Erfahrungen, wobei der zur Verfügung stehende Platz nicht erlaubt, auf alle Arbeiten einzugehen.

1. Die Filterwirkung des Waldes

Die luftreinigende Wirkung des Waldes ist schon lange bekannt und bei Wentzel (1960), Blum (1965) und anderen zusammenfassend geschildert. Sie betrifft jedoch nicht giftige Gase, im Gegenteil, der Nadelwald ist in dieser Hinsicht die wohl empfindlichste Vegetationsform. Er vermag zwar einen winzigen Bruchteil derartiger Luftkomponenten durch die Spaltöffnungen aufzunehmen und in seinen Assimilations- und Speicherorganen zu binden, er muß dies aber oft mit Gesundheitsschädigungen oder gar dem vorzeitigen Tod bezahlen. Die Baumkronen sind im allgemeinen den Rauchgasen auch viel stärker ausgesetzt als die bodennahen Gewächse (Wentzel, 1966). Im Wald ist die Konzentration von zum Beispiel SO_2 normalerweise ungefähr gleich hoch wie im Freiland, wie Lampadius (zitiert bei Keller, 1967) auf Grund eingehender Versuche feststellte. Der gleiche Autor fand aber auch erhöhte SO_2-Gehalte im Waldesinnern, ebenso Rjabinin (1965), welcher dies dem Umstand zuschrieb, daß bei starker Windbewegung die Gase verwirbelt und stark verdünnt werden, während im Bestandesinnern mit seiner größeren Luftruhe die vorher herrschenden, erhöhten Konzentrationen noch anhalten.

Die Filterwirkung des Waldes betrifft somit hauptsächlich Staub, Aerosole (Neuwirth, 1965) und radioaktive Verunreinigungen (Herbst, 1965). Baumgartner (1965) weist darauf hin, daß der Wald schon dadurch viel zur Luftreinhaltung beiträgt, daß in ihm Emissionsquellen fehlen. Waldflächen sind daher Konzentrationssenken in der Landschaft, welche über den turbulenten Luftaustausch zu einer Minderung des Schmutzgehaltes der Luft führen.

Keller und Preis (1967) stellten fest, daß der auf Autoabgase zurückzuführende Bleigehalt von Fichtennadeln in einem stufigen Wald mit zunehmender Entfernung von einer stark befahrenen Straße stärker abfiel als nach amerikanischen Untersuchungen im offenen Land. Behaarte Blätter vermochten wesentlich mehr Bleistaub zurückzuhalten als unbehaarte.

Starke Staubemissionen eines Magnesitwerkes führten zu einer völligen Verkrustung der Blätter und Nadeln (Stefan und Pollanschütz, 1967). Diese Verstaubung bewirkte jedoch überraschenderweise keine nachweisbare Zuwachsverminderung. Bei Buche zeigte sich sogar eine Zuwachssteigerung, welche vermutlich auf die Behebung eines latenten Magnesiummangels zurückzuführen sein dürfte.

Die Filterwirkung des Waldes kommt auch in neuen Untersuchungen in der DDR sehr schön zum Ausdruck. Dort werden riesige Mengen stark aschehaltiger Braunkohle industriell verwertet, was zu enormen Ausstößen an Flugasche (mit etwa 20% CaO) führt. Die alkalisierende Wirkung der

ausgefilterten Flugasche ließ den pH-Wert des Humushorizontes in 7 bis 12 km Entfernung von den Emissionszentren im Laufe der Zeit von 4 auf 7 ansteigen (Enderlein und Stein, 1964a, b). Krauss (1966) fand, daß die ausfiltrierte Staubmenge in ihrer Wirkung einer Kalkung mit 11 t/ha Kalk entsprach!

Die Filterwirksamkeit führt aber anderseits auch dazu, daß in industriellen Ballungsgebieten die Erholungsfunktion des Waldes, besonders in der von vielen Spaziergängern bevorzugten waldrandnahen Zone durch Verstaubung beeinträchtigt wird. So weist Wentzel (1965a) darauf hin, daß die niedern, krüppeligen, verlichteten und verschmutzten Wälder kaum mehr einen ästhetischen Genuß vermitteln vermögen und in der Folge fast nur noch in den ersten Wochen nach Laubausbruch von Spaziergängern besucht werden.

2. Physiologische Wirkungen der SO_2-Immissionen

Den heutigen Stand der Rauchschadenphysiologie hat kürzlich Kisser (1966) ausgezeichnet umrissen, so daß hier nur das Problem des Gaswechsels herausgegriffen werden soll, da ja das SO_2 durch die Spaltöffnungen ins Assimilationsgewebe eindringt. Börtitz (1964) fand, daß eine Konzentration von 1 ppm SO_2 schon nach wenigen Stunden die Assimilation herabsetzt. Eine Erhöhung der SO_2-Konzentration führt zu einer noch stärkeren Depression der Assimilation und unter Umständen zu akuten Schäden. Bei mehrtägiger Unterbrechung der Begasung regeneriert sich das Assimilationsvermögen wieder. Nach Vogl et al. (1964) erfolgt die Assimilationsreaktion um so rascher, je konzentrierter das Gas ist, ein Befund, der die Gefährlichkeit hoher Spitzenwerte bestätigt. Bei wiederholter Begasung braucht die Regeneration immer länger, das heißt Schädigung und Empfindlichkeit nehmen zu (Vogl und Börtitz, 1965). Vogl (1964) stellte fest, daß die Depression der Assimilation und der SO_2-Absorption anfänglich parallel gehen; bei stärkerer, aber noch nicht sichtbarer Schädigung kann es zu einer Stomatastarre kommen und SO_2 wird dann auch im Dunkeln aufgenommen. Nach Materna (in Dässler und Ranft, 1966) kann SO_2 aber noch nach Tagen auch wieder ausgeschieden werden. Enderlein und Vogl (1966) fanden im Gegensatz zu Vogl et al. (1964) keine Beziehung zwischen Assimilationsintensität und Rauchempfindlichkeit. Gedüngte Fichten besaßen eine erhöhte Assimilationsintensität und eine spätere Assimilationsdepression unter Gaseinwirkung als ungedüngte.

Wird als Folge der Immissionen Chlorophyll zerstört, so ändert sich die spektrale Reflexion der Assimilationsorgane. Dies soll die Erfassung von Rauchschäden durch Luftaufnahmen mit einem speziellen Falschfarbenfilm ermöglichen (Wolff, 1966, 1967).

Im Gegensatz zu Godzik und Piskornik (1966) konnten Börtitz und Vogl (1967) keine generelle Transpirationserhöhung unter SO_2-Einfluß feststellen. Die Assimilation wurde rascher beeinflußt als die Transpiration. Das

Phänomen der Wipfeldürre in Rauchschadengebieten konnte Halbwachs (1967 a) durch die Messung der Saugspannungen erklären. Die osmotischen Werte sind in den Kiefernadelspitzen höher als am basalen Ende. Durch das Abdorren der Nadelspitzen gehen daher die höchsten osmotischen Werte verloren, wodurch die Saugspannung nachläßt und nicht mehr ausreicht, die zur Wasserversorgung der Kronenperipherie benötigten Saugkräfte zu realisieren.

3. Einwirkungen anderer Gase

Nach McCune et al. (1964) beeinflußt Fluor verschiedene Enzyme und stört dadurch den Stoffwechsel. Treshow et al. (1967) fanden an Douglasie eine negative Korrelation zwischen F-Gehalt der Nadeln und Jahrringbreite, konnten aber keinen Schwellenwert feststellen, bei welchem der Zuwachsverlust begann. Immerhin nahm die Jahrringbreite bis zu 50 % ab, ohne daß die Nadeln Nekrosen zeigten! Diese Autoren zitieren Solberg, wonach das Phloem mehr F speichere als andere Gewebe und dadurch zuerst geschädigt werde. Garber (1966) verweist auf die Möglichkeit der Rindenanalysen (werkzu- und abgewandte Seite), wo es schwierig sei, Laubproben einzuholen. Die F-Aufnahme aus dem Boden ist weitgehend unabhängig von seinem F-Gehalt; F-Gehalte in Geweben bis 30 ppm können normal sein (Garber, 1967).

Chlor führt zu ähnlichen Schadsymptomen wie SO_2, doch sind auch die Laubbäume empfindlich (Ewert, in Dässler und Ranft, 1966). Nach Brennan et al. (1966) bewirkte bereits eine dreistündige Begasung mit 1 ppm eine Nekrotisierung der Nadelspitzen an den Endtrieben verschiedener amerikanischer Kiefernarten.

Bezüglich der nitrosen Gase haben van Haut und Stratmann (1967) eingehende Begasungsversuche durchgeführt. Vergleichbare Schädigungen bei gleicher Begasungsdauer traten im Vergleich zum SO_2 bei der doppelten bis vierfachen Konzentration auf. Interessanterweise erwiesen sich gerade Birke und die Lärchenarten empfindlicher als Fichte und Tanne, und Nachtbegasungen erzeugten ebenso starke Schäden wie Gaseinwirkungen tagsüber.

Vereinzelt sind auch Schadenfälle in der Umgebung von Bitumen-Aufbereitungsanlagen beschrieben worden, wobei akute Schäden (Nekrosen) nur in unmittelbarer Nähe der Anlagen auftraten (Knösel und Rademacher, 1964). Es kommen drei Schadfaktoren in Frage: 1. Staub, sofern keine Entstaubungsanlagen vorhanden sind (Rohmeder, 1960, 1967); 2. SO_2, wenn die Anlage zu nahe am Waldrand steht und die Kaminhöhe ungenügend ist (Rohmeder, 1967) oder wenn die Anlage defekt ist (Rademacher und Knösel, 1963); 3. nur in Ausnahmefällen treten Schäden durch Bitumendämpfe auf, welche nach Halbwachs (1967 b) durch die zwischen 100 und 290 °C flüchtig werdende Fraktion verursacht werden. Die oberflächlichen Ätzschäden treten vor allem bei strahlendem Wetter auf, wobei die

UV-Strahlung einen maßgeblichen Faktor zur Schadenauslösung darstellt. Es besteht eine Parallelität zu den «smog»-Schäden, welchen in Amerika in letzter Zeit besondere Aufmerksamkeit gilt (vgl. Leh, 1964; Berry und Ripperton, 1963; Daines et al., 1967).

4. Sekundäre Schädigungen

Die Luftverunreinigungen schwächen die Lebenskraft der Bäume und machen sie anfälliger für biotische und abiotische Schädigungen. Besonders der strenge Winter 1962/63 hat neue Indizien erbracht, daß rauchbeeinflußte Wälder einer erhöhten *Frostgefährdung* unterliegen (Lux, 1965; Stein, zitiert in Keller, 1967; Ranft, in Dässler und Ranft, 1966). Besonders erfreulich ist daher die Beobachtung von Enderlein et al. (1967), daß sich im Erzgebirge Lärchenhybriden nicht nur rauchhärter, sondern auch frosthärter erwiesen. Wentzel (1965 c) wies in einer eingehenden Studie der Frostschäden im Ruhrgebiet auf die bei Inversionslagen stark erhöhten SO_2-Konzentrationen (Halbstundenmittel bis 1,25 ppm!) hin. An Fichten und Stroben waren die Schattennadeln und unterdrückten Kronen bei Immissionsbelastung frostanfälliger, während schattenfestere Arten (Douglasie, Tsuga usw.) unter einem Kiefernschirm besser davonkamen.

Jahrringchronologische Untersuchungen von Lux (1965 a) in der Dübener Heide (DDR) ergaben, daß rauchkranke Kiefern auf extreme Temperaturschwankungen, noch stärker aber auf *Trockenheit,* durch Wuchsdepressionen reagieren.

Über eine erhöhte Anfälligkeit rauchbeeinflußter Wälder durch *Schadinsekten* sind gerade in diesen letzten Jahren zahlreiche Berichte erschienen. So stellte Pfeffer (1963) vor den ersten Anzeichen von F-Schäden in Tannenbeständen einen Borkenkäferbefall fest, dem ein auffallendes Tannensterben folgte. Im Einflußbereich der F-Gase kam es dann zu einer Massenvermehrung von *Dreyfusia*-Läusen. Wentzel (1965 b) fand einen straffen Zusammenhang zwischen F-Einfluß und dem Befall junger Fichten mit Gallenläusen. Donaubauer et al. (1965) wiesen auf die Schwierigkeiten hin, in rauchgeschädigten Beständen vom Borkenkäfer befallene Fichten rechtzeitig zu erkennen und zu bekämpfen. Fangbäume erwiesen sich als ziemlich wirkungslos.

In den schlesischen Immissionsgebieten leiden die Kiefern unter chronischem oder epidemischem Befall von Miniermotten und zahlreichen andern Schadinsekten (Sierpinski, 1966, 1967). Rauchgeschädigte tschechische Kiefernbestände wurden vom Waldgärtner und von Rüsselkäfern besonders stark befallen (Kudela und Wolf, 1964). In extremen Fällen müssen in Schlesien sogar in Umwandlungsbeständen aus Birke und Erle chemische Schädlingsbekämpfungen vorgenommen werden (Schnaider, in Dässler und Ranft, 1966).

5. Forstliche Gegenmaßnahmen zur Walderhaltung

5.1 *Baumartenwahl*

Auf Grund seiner Erfahrung betont Wentzel (1964), daß es keine absolute Immissionsfestigkeit gebe, sondern «es existieren lediglich relative und zudem je nach Entwicklungszustand und Art wechselhafte Resistenzunterschiede der Pflanzen gegenüber den sehr unterschiedlichen Immissions-Erscheinungsformen». Neben der Beschaffenheit, Konzentration, Dauer usw. der Immission bestimmen die Anbau- bzw. Standortstauglichkeit der Pflanze ihre Resistenz. Stein wie Effler (beide in Keller, 1967) fanden, daß die Rauchanfälligkeit in Naßmulden oder sonstwie ungünstigen Standorten (podsolierte Kammlagen) anstieg.

Im allgemeinen gilt, daß Laubbäume rauchhärter sind als Nadelbäume, und bei diesen soll die Schwarzföhre und nach neuesten Versuchen in der DDR auch die Japanlärche am meisten SO_2 ertragen. Bei der Schwarzkiefer dürfte die derbe Benadelung (Wentzel, 1964), bei der Japanlärche unter anderem die Regenerationsfähigkeit eine Rolle spielen. Rohmeder und von Schönborn (1965) fanden zwar bei kurzfristiger Begasung, daß die rauchhärtesten Fichten geringere Schäden aufwiesen als gewisse Laubhölzer. Vogl et al. (1965) unterscheiden jedoch klar die Resistenz der Assimilationsorgane von der Resistenz der Gesamtpflanze, und Wentzel (1966) setzt sich mit den Widersprüchen auseinander, welche zwischen Resultaten aus Begasungsexperimenten und dem Verhalten der Arten in Immissionsgebieten bestehen. Er führt die Empfindlichkeit der Koniferen vor allem auf einen Mangel an Reserven zurück, auf die ausdauernden Assimilationsorgane und auf die mangelhafte Regenerationsfähigkeit.

In Begasungstastversuchen von Enderlein und Vogl (1966) zeigten *Pinus nigra, P. peuce* und *P. montana* etwas größere Resistenz als *P. silvestris* und *P. strobus.* Auch in ihrer Heimat gilt die Strobe ja als so rauchempfindlich, daß sie sogar als Indikatorpflanze für geringe Luftverunreinigung vorgeschlagen wurde (Berry, 1964). *Picea omorica* erwies sich nicht als rauchhärter als *P. abies,* was ungefähr mit Freilandbeobachtungen in einem Anbauversuch im Ruhrgebiet übereinstimmt, wo sich die langsamerwüchsige Omorikafichte nur etwa fünf bis sieben Jahre länger zu halten vermochte als die Fichte (Wentzel, in Dässler und Ranft, 1966).

5.2 *Züchtung und Selektion*

In mehrjährigen Versuchen lasen Rohmeder und von Schönborn (1965) phänotypisch rauchharte Fichten aus, vermehrten sie vegetativ und wiesen in Begasungsversuchen nach, daß die erhöhte Resistenz nicht auf Umweltsbedingungen zurückzuführen war. Wentzel (1967) weist auf die Grenzen der Züchtung mit Fichte hin. Da die rauchhärtesten Exemplare nur wenige Jahre länger aushielten als die Gesamtpopulation, wird man in stark beeinflußten Gebieten auf Fichte und Kiefer verzichten müssen. In schwächer

beeinflußten Gebieten dagegen dürfte die Züchtung bei Fichte eine wesentliche Hilfe bringen.

Schönbach et al. (1964) fanden, daß die Japanlärche rauchhärter ist als die europäische Lärche und begannen mit gelenkten Kreuzungen in Samenplantagen. Begasungsversuche ergaben eine erhöhte Resistenz dieser Hybriden und bewiesen die genetisch bedingte Rauchhärte. Die im Erzgebirge ausgepflanzten Exemplare haben sich bisher bewährt (Enderlein et al., 1967). Schönbach und Mitarbeiter versuchen bei Lärche (und Kiefer) die Züchtung auf generativem Wege, weil diese Arten früh fruktifizieren und bereits Samenplantagen von Elitebäumen bestehen. Um daran eine Vorselektion vorzunehmen, haben Börtitz und Vogl (1965) einen Test für abgeschnittene Zweige ausgearbeitet, der an vertopften Pflanzen überprüft werden konnte und sich bewährte. Eine Massenselektion an verschulten Fichten strebt Enderlein (in Dässler und Ranft, 1966) durch Begasung in einem mobilen Plastikfolienzelt an. So ist zu hoffen, daß es dank dieser Bestrebungen gelingen wird, einige Koniferen in Rauchschadengebieten zu erhalten.

5.3 *Standortsverbesserungen*

In den vergangenen Jahren wurde es immer deutlicher, daß der Ernährungszustand die Rauchhärte der Pflanzen beeinflußt. In Begasungsversuchen von Rohmeder und von Schönborn (1965) zeigten vollgedüngte Fichten eine bessere Resistenz gegen Fluor. Nach Rjabinin (1965) erhöhte eine Mineraldüngung zwar die SO_2-Empfindlichkeit, stärkte aber gleichzeitig die Regenerationsfähigkeit der Bäume. Krauss (1966) vermochte durch eine Düngung mäßig nährstoffhaltiger Sand-Braunpodsole der Dübener Heide die Mortalität der Kiefer wesentlich zu vermindern. Nach Berge (1967) erwiesen sich nicht nur die Menge, sondern auch die Form und der Zeitpunkt einer Stickstoffdüngung als bedeutungsvolle Faktoren. Begasungsversuche vertopfter, einjähriger Kiefern ergaben, daß ein guter Ernährungszustand um so wichtiger ist, je stärker die Gaseinwirkung ist; besonders ein Stickstoffmangel setzte die Resistenz entscheidend herab (Enderlein und Kästner, 1967).

5.4 *Bestandesaufbau und waldbauliche Behandlung*

Für die ausgedehnten Schadgebiete der DDR sind auf Grund der bisherigen Erfahrungen Waldbaurichtlinien für die verschiedenen Wuchsbezirke und Schadzonen ausgearbeitet worden (Ranft, 1965). Darin wird für Gebiete, in welchen die Nadelbäume gefährdet sind (> 10 % absterbende Bäume), die Umwandlung in Laubwälder empfohlen. In den übrigen rauchbeeinflußten Gebieten wird eine Nadelholzwirtschaft mit verkürzter Umtriebszeit als ökonomisch betrachtet.

In der Ebene wird von Rauchriegeln abgesehen, dafür der Pflege von Waldmantel und Windschutzhecken Beachtung geschenkt; im hügeligen Gelände und Erzgebirge dagegen werden Rauchriegel empfohlen. Nur

schmale, bis 25 m breite Laubholzschutzstreifen haben im westsächsischen Hügelland jedoch keinen wirksamen Schutz geboten (Lampadius und Bochmann, 1967).

Im Jugendalter sollen möglichst rauchharte, gut bekronte (aber nicht protzige) Individuen gefördert werden. Nach Ranft (in Dässler und Ranft, 1966) führen sehr starke Eingriffe, welche alle Geschädigten entfernen, zu einer raschen Rauchauslese. Die Rauchanfälligkeit ist in der Jugend nicht von der Stellung im Bestand, sondern vorwiegend von der Veranlagung abhängig.

Auch mit zunehmendem Alter hat die Pflege häufig zu erfolgen, aber eine Verlichtung ist zu vermeiden oder zu bremsen (Ranft, 1965), würde sie doch den Absterbevorgang beschleunigen (Pelz, 1966). In mittelalten Beständen ist nach Tesar (1966) die Unterschicht zu entfernen, da unterdrückte und beherrschte Bäume anfälliger sind und zuerst absterben. Deren Opferung erhöht die Übersicht ohne Verlust der Stabilität. Die Beobachtung von Pelz und Materna (1964), daß besonders die vorwüchsigen Exemplare rauchempfindlich sind, gilt nach Wentzel (1967) vor allem für die älteren, gut durchforsteten Bestände.

Die Erfahrung in den Schadgebieten lehrt, daß große, horizontal geschlossene Waldkomplexe anzustreben sind, weil Waldränder und kleine isolierte Waldungen stärker geschädigt werden (Lux, 1965 b). Die Immissionssituation erzwingt somit gerade eine Waldform, die manchen Vorstellungen über die optimale Gestaltung für die Erholungsfunktion (Waldränder, Waldwiesen, aufgelockerte, stufige Bestände), aber auch der Filterwirksamkeit widerspricht, es sei denn, man verzichtet weitgehend auf immergrüne Nadelhölzer.

Résumé

Dans les régions industrielles, l'action bienfaisante de la forêt devient toujours plus importante, mais du fait des émissions gazeuses, des centaines d'hectares de forêt sont en danger dans les pays fortement industrialisés. La forêt ne retient que la poussière et les aérosols, alors que les gaz nocifs et puants ne sont pas absorbés. Il est évident qu'une forêt empoussiérée ne peut plus remplir sa fonction curative. L'échange gazeux des plantes forestières réagit fortement aux émissions de SO_2, F, Cl_2, NO_2 et des dégâts importants peuvent se produire avant l'apparition de symptômes ou même sans ceux-ci.

Une circulation ralentie de la sève brute provoque chez l'arbre un dessèchement des parties périphériques du houppier. Par l'affaiblissement de la vitalité, l'arbre devient plus vulnérable au gel, à la sécheresse, aux attaques des insectes, etc...

Une grande attention doit être vouée au choix des essences, afin de pouvoir maintenir la forêt. Il faut même envisager des conversions, les feuillus étant plus résistants aux émissions gazeuses que les conifères. On a pu obtenir par sélection des sortes mieux adaptées, des améliorations du sol permettent également d'augmenter la résistance aux fumées. Sous peu, il semble qu'il sera possible de donner des indications plus précises sur le traitement sylvicole. *Traduction : Dr. O. Lenz*

Baumgartner, A., 1965: Der Wald als Luftreiniger. Allg. Forstzeitschr. 20, 358

Berge, H., 1967: Agrikulturchemische und bodenkundliche Probleme auf dem Gebiet der Luftverunreinigung. Gartenbauwiss. 32, 39–46

Berry, C. B., 1964: Eastern white pine, a tool to detect air pollution. South. Lumberman, 209, 164

Berry, C. B., und *Ripperton, L. A.*, 1963: Ozone, a possible cause of white pine emergence tipburn. Phytopath. 53, 552–557

Blum, W., 1965: Luftverunreinigung und Filterwirksamkeit des Waldes. Forst- und Holzwirt 20, 211–215

Börtitz, S., 1964: Physiologische und biochemische Beiträge zur Rauchschadenforschung. 1. Mitteilung. Biol. Zbl. 83, 501–513

Börtitz, S., und *Vogl, M.*, 1965: Physiologische und biochemische Beiträge zur Rauchschadenforschung. 5. Mitteilung. Züchter 35, 307–311

Börtitz, S., und *Vogl, M.*, 1967: Zur Transpiration von Koniferennadeln bei unterschiedlicher SO_2-Einwirkung. Arch. Forstwes. 16, 663–666

Brennan, E., Leone, I. A., und *Daines, R. H.*, 1966: Response of pine trees to chlorine in the atmosphere. For. Sci. 12, 386–390

Daines, R. H., Brennan, E., und *Leone, I.*, 1967: Air pollutants and plant response. J. For. 65, 381–384

Dässler, H. G., und *Ranft, H.*, 1966: Beiträge der Wissenschaft zur Minderung forstlicher Rauchschäden. Arch. Forstwes. 15, 681–694

Donaubauer, E., Manschinger, H., Pollanschütz, J., Stefan, K., und *Zaworka, J.*, 1965: Forstschäden durch Industrieabgase. Führer zur Exkursion 4 der österreich. Forsttagung 1965

Enderlein, H., und *Kästner, W.*, 1967: Welchen Einfluß hat der Mangel eines Nährstoffes auf die SO_2-Resistenz einjähriger Kiefern? Arch. Forstwes. 16, 431–435

Enderlein, H., Kästner, W., und *Heidrich, H.*, 1967: Wie verhält sich auf Rauchhärte geprüftes Pflanzenmaterial der Gattung *Larix* in einem extremen Rauchschadengebiet speziell unter dem Einfluß starker Frost- bzw. Spätfrosteinwirkungen? Sozial. Forstwirtsch. 17, 91–93

Enderlein, H., und *Stein, G.*, 1964 a: Der Säurezustand der Humusauflage in den rauchgeschädigten Kiefernbeständen des staatlichen Forstwirtschaftsbetriebes Dübener Heide. Arch. Forstwes. 13, 1181–1191

Enderlein, H., und *Stein, G.*, 1964 b: Schädigung der Kiefernwälder durch industrielle Exhalationen und sich hieraus ergebende Folgerungen für den Forstschutz und den Waldbau. Sozial. Forstwirtsch. 14, 21–23

Enderlein, H., und *Vogl, M.*, 1966: Experimentelle Untersuchungen über die SO_2-Empfindlichkeit der Nadeln verschiedener Koniferen. Arch. Forstwes. 15, 1207–1224

Garber, K., 1966: Die Beeinflussung der Pflanzenwelt durch fluorhaltige Immissionen. Angew. Bot. 40, 12–21

Garber, K., 1967: Über den Fluorgehalt der Pflanzen. Qual. Plant. Mat. Veget. 15, 29–36

Godzik, S., und *Piskornik, Z.*, 1966: Transpiration of *Aesculus hippocastanum* L. leaves from areas of various air pollution. Bull. Acad. Polon. Sci. Cl. II, 14, 181–184

Gordon, A. G., und *Gorham, E.*, 1963: Ecological aspects of air pollution from an ironsintering plant at Wawa, Ontario. Can. J. Bot. 41, 1063–1078

Halbwachs, G., 1967 a: Zum Wasserhaushalt rauchgeschädigter Holzgewächse. Allg. Forstzeitg. 78, 196–197

Halbwachs, G., 1967 b: Zur Frage von Schädigungen der Vegetation durch Teerdämpfe. Phytopath. Z. 60, 73–91

Van Haut, H., und *Stratmann, H.*, 1967: Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung von Stickstoffdioxid auf Pflanzen. Schriftenreihe Landesanst. Immissions- und Bodennutzungsschutz Nordrhein-Westfalen, 7, 50—70

Herbst, W., 1965: Filter- und Schutzwirkung des Waldes gegen radioaktive und andere Beimengungen der Atmosphäre. Forst- u. Holzwirt 20, 216—220

Keller, Th., 1964: Industrielle Immissionen und Forstwirtschaft. Schweiz. Z. Forstwes. 115, 228—255

Keller, Th., 1967: Bericht über die V. Internationale Arbeitstagung forstlicher Rauchschadensachverständiger, Janske Lazne, 1966. Schweiz. Z. Forstwes. 118, 163—167

Keller, Th., und *Preis, H.*, 1967: Der Bleigehalt von Fichtennadeln als Indikator einer verkehrsbedingten Luftverunreinigung. Schweiz. Z. Forstwes. 118, 143—162

Kisser, J., 1966: Forstliche Rauchschäden aus der Sicht des Biologen. Mitt. Forstl. Bundes-Vers.-Anst. Mariabrunn 73, 7—46

Knösel, D., und *Rademacher, B.*, 1964: Zur Pflanzenschädlichkeit der Emissionen von Aufbereitungsanlagen für bituminöse Baustoffe. Z. Pflz. Krankh. u. Pflz.schutz 71, 311—316

Krauss, H. H., 1966: Düngeversuche in rauchgeschädigten Kiefernbeständen der Dübener Heide, Arch. Forstwes. 15, 1145—1163

Kudela, M., und *Wolf, R.*, 1964: Bark and wood pests of smoke damaged Scots pine. Les. Cas. (Praha) 10, 1023—1036

Lampadius, F., und *Bochmann, B.*, 1967: Erfahrungen zur Abwehr von chronischen Rauchschäden mit waldbaulichen Mitteln im westsächsischen Hügelland. Abhandl. Sächs. Akad. Wiss. Leipzig. Math.-Naturwiss. Kl. 49, Heft 4, 19 pp.

Leh, H. O., 1964: Pflanzenschäden durch Kraftfahrzeugabgase. Na. Bl. dt. Pflz.schutzdienstes Braunschweig, 16, 23—26

Linzon, S. N., 1966: Damage to Eastern white pine by sulfur dioxide, semimature tissue needle blight, and ozone. Air. Poll. Contr. Assoc. J. 16, 140—144

Lux, H., 1965 a: Ergebnisse von Zuwachsuntersuchungen (Bohrspananalysen) im Rauchschadengebiet Dübener Heide. Arch. Forstwes. 14, 1103—1121

Lux, H., 1965 b: Ergebnisse einer im Lee des mitteldeutschen Industriegebietes durchgeführten Rauchschaden-Großraumdiagnose. In: Aktuelle Probleme des Forstschutzes. Beilage zu Sozial. Forstwirtsch. 15, Heft 3, 14—16

Materna, J., 1960: Forstliche Maßnahmen zur Erfassung und Verhütung von Waldrauchschäden im tschechischen Teil des Erzgebirges. Forst- u. Holzwirt 15, 262—264

McCune, D. C., *Weinstein, L. H.*, *Jacobson, J. S.*, und *Hitchcock, A. E.*, 1964: Some effects of atmospheric fluoride on plant metabolism. J. Air Poll. Contr. Assoc. 14, 465—468

Neuwirth, R., 1965: Der Wald als Aerosolfilter. Forst- und Holzwirt 20, 220—223

Pelz, E., 1966: Die Bestimmung des Grades der Rauchschädigung in Fichtenbeständen. Sozial. Forstwirtsch. 16, 239—242

Pelz, E., und *Materna, J.*, 1964: Beiträge zum Problem der individuellen Rauchhärte. Archiv Forstwes. 13, 177—210

Pfeffer, A., 1963: Insektenschädlinge an Tannen im Bereich der Gasexhalationen. Z. angew. Entomol. 51, 203—207

Rademacher, B., und *Knösel, D.*, 1963: Bericht zur Frage der Pflanzenschädlichkeit von Bitumen, insbesondere seiner Dämpfe und Aerosole. Straßenbau 54, 783—784

Ranft, H., 1965: Empfehlungen zur Wirtschaftsführung in Rauchschadengebieten. Beilage zu Sozial. Forstwirtsch. 15, Heft 12

Rjabinin, V. M., 1965: Forests and industrial gases (russ.). For. Abstr. 27, 6087 (1966)

Rohmeder, E., 1960: Die Wirkung von Staub und Ruß auf den Zuwachs der Fichte. Forst- u. Holzwirt 15, 245–248

Rohmeder, E., 1967: Mögliche Gefährdungen des Waldgesundheitszustandes durch Bitumenmischanlagen. Allg. Forstzeitschr. 22, 796–799

Rohmeder, E., und *von Schönborn, A.*, 1965: Der Einfluß von Umwelt und Erbgut auf die Widerstandsfähigkeit der Waldbäume gegenüber Luftverunreinigung durch Industrieabgase. Forstwiss. Cbl. 84, 1–13

Schönbach, H., Dässler, H. G., Enderlein, H., Bellmann, E., und *Kästner, W.*, 1964: Über den unterschiedlichen Einfluß von Schwefeldioxid auf die Nadeln verschiedener zweijähriger Lärchenkreuzungen. Züchter 34, 312–316

Sierpinski, Z., 1966: Schädliche Insekten an jungen Kiefernbeständen in Rauchschadengebieten in Oberschlesien. Arch. Forstwes. 15, 1105–1114

Sierpinski, Z., 1967: Einfluß von industriellen Luftverunreinigungen auf die Populationsdynamik einiger primärer Kiefernschädlinge. 14. IUFRO-Kongr. München, Referate 5, 518–531

Stefan, K., und *Pollanschütz, J.*, 1967: Entstehung und Entwicklung eines Rauchschadengebietes in der Umgebung eines Magnesitwerkes. Allg. Forstzeitg. 78, 51–54

Tesar, V., 1966: Anfangswirkung des Schwefeldioxyds auf Fichtenbestände mittleren Alters. Lesn. Cas. 12, 815–829 (Prag)

Treshow, M., Anderson, F. K., und *Harner, F.*, 1967: Responses of Douglas fir to elevated atmospheric fluorides. For. Sci. 13, 114–120

Vogl, M., 1964: Physiologische und biochemische Beiträge zur Rauchschadensforschung. 2. Mitteilung. Biol. Zbl. 83, 587–594

Vogl, M., und *Börtitz, S.*, 1965: Physiologische und biochemische Beiträge zur Rauchschadensforschung. 4. Mitteilung. Flora 155, 347–352

Vogl, M., Börtitz, S., und *Polster, H.*, 1964: Physiologische und biochemische Beiträge zur Rauchschadensforschung. 3. Mitteilung. Arch. Forstwes. 13, 1031–1043

Vogl, M., Börtitz, S., und *Polster, H.*, 1965: 6. Mitteilung. Biol. Zbl. 84, 763–777

Wentzel, K. F., 1960: Wald und Luftverunreinigung. Landwirtsch.-Angew. Wiss. 107, 140–168

Wentzel, K. F., 1964: Gibt es immissionsfeste oder rauchharte Bäume? Forstarchiv 35, 49–51

Wentzel, K. F., 1965 a: Immissionsschäden und Erholungswert des Waldes in der Industrielandschaft. Forst- u. Holzwirt 20, 377–381

Wentzel, K. F., 1965 b: Insekten als Immissionsfolgeschädlinge. Naturwiss. 52, 113–114

Wentzel, K. F., 1965 c: Die Winterfrostschäden 1962/63 in Koniferenkulturen des Ruhrgebietes und ihre vermutlichen Ursachen. Forstarchiv 36, 49–59

Wentzel, K. F., 1966: Landschaftsschutz gegen Immissionen. Angew. Bot. 40, 1–11

Wentzel, K. F., 1967: Bedeutung, Aussichten und Grenzen der Züchtung relativ rauchharter Baumsorten im Lichte immissionsökologischer Erfahrungen in Mitteleuropa. 14. IUFRO-Kongreß, München, Referate, 5, 536–555

Wolff, G., 1966: Luftbilder als diagnostische Hilfsmittel für operative Arbeiten beim Forstschutz (Rauchschaden) und bei der Bestandesdüngung. Sozial. Forstwirtsch. 16, 140–143

Wolff, G., 1967: Kronenschäden an Fichte im St. F. B. Marienberg und ihre Diagnose im Falschfarben-Luftfilm. Sozial. Forstwirtsch. 17, 148–151