

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

Artikel: Der Wald als Bioindikator für Luftverunreinigungen
Autor: Keller, T.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766534>

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>

Der Wald als Bioindikator für Luftverunreinigungen¹

Von Dr. Th. Keller

Oxf.: 181.45 : 425.1

Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf

Zu den wichtigen Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes gehört auch seine Funktion als Warner vor biologisch bedenklichen Zuständen unserer Umwelt. Der Wald ist eine vielfältige Lebensgemeinschaft verschiedenster Organismen der Tier- und Pflanzenwelt, von der mikroskopischen Alge bis zum 40 m hohen Baum, vom Einzeller bis zum hochorganisierten Säuger. Der Wald ist nicht einfach eine Ansammlung von Bäumen! Diese komplexe Zusammensetzung macht ihn daher zu einem geeigneten Bioindikator.

Als Bioindikator bezeichnen wir einen lebenden Anzeiger für äussere Einwirkungen. Die Nachweismethodik für einen äusseren Stress bedient sich hierbei also eines lebenden Objektes und verlässt sich nicht auf eine rein physikalisch-chemische Messmethode, deren Aussagekraft für lebende (biologische) Objekte oft sehr schwer fassbar bleibt. Dabei muss aber das ganze Einflusspektrum erfasst werden, das heisst, eine Belastung des biologischen Systems ist auch dann und dort festzustellen, wo keine sichtbaren Symptome auftreten.

Neben der bereits erwähnten komplexen Zusammensetzung machen auch die in Tabelle 1 aufgeführten Faktoren den Wald zum geeigneten Bioindikator.

Tabelle 1. Einige wichtige Eignungskriterien für den Wald als Bioindikator von Luftverunreinigungen.

Grosses Kronenvolumen	Intraspezifische Unterschiede der Resistenz
Erreichung höherer Luftschichten	Interspezifische Unterschiede der Resistenz
Langlebigkeit	Ernährungszustand, Wasser
Variation des Blattalters	

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

Die Bäume sind sehr empfindlich für Luftverunreinigungen, weil sie mit ihrem grossen Kronenvolumen sehr viel Luft filtrieren. Ausserdem ragen sie damit in höhere Luftschichten hinauf, in welchen zufolge verminderter Bremsung höhere Windgeschwindigkeiten herrschen als in der windgeschützten Bodennähe. Höhere Luftschichten sind zudem manchmal stärker verschmutzt. Die Bäume zeichnen sich ausserdem durch ihre Langlebigkeit aus, das heisst, sie sind standortgebunden und während Jahren oder Jahrzehnten den Immissionen ausgesetzt. Diese Gründe sprechen sehr oft gegen die Verwendung von Flechten oder kurzlebigen Kräutern.

Die Lebensgemeinschaft Wald als Bioindikator wird aber auch durch die Unterschiede in der Widerstandskraft (Resistenz) beeinflusst, welche sowohl intraspezifisch (Individuen innerhalb einer Art) als auch interspezifisch (Unterschiede zwischen den Arten) wirken. Bei der Baumartenwahl ist zu berücksichtigen, dass sie im Gegensatz zu der in der Landwirtschaft üblichen Fruchtfolge Jahrzehnte beansprucht. Ausserdem muss man wissen, ob sich die Resistenz auf das Überleben oder auf die Ausbildung sichtbarer Symptome einer Schädigung bezieht. Auf jeden Fall muss man aber im Auge behalten, dass dieser Resistenzkraft ziemlich enge Grenzen gesetzt sind.

Indikatorwirkung und Resistenz werden aber auch noch durch den Ernährungszustand und durch die Wasserversorgung beeinflusst, wobei auch hier der Forstwirtschaft viel engere Grenzen gesetzt sind als der Landwirtschaft. Im allgemeinen ist ein Baum in seinem ökologischen Optimum auch gegen Luftverunreinigungen am widerstandsfähigsten.

Die Eignung des Waldes als Bioindikator für Luftverunreinigungen ist aber auch für den Wald selbst sehr wichtig. Die Langfristigkeit der Forstwirtschaft erfordert eine Vorwarnung, wenn die Pflanzen durch Luftverunreinigungen unter einem Stress stehen. Ausserdem anerkennt das Forstgesetz von 1902 das Gebot der Walderhaltung. Die Walderhaltung setzt aber eine Vorwarnung voraus, das heisst, irreversible, bestandesgefährdende Einwirkungen müssen frühzeitig erkannt werden.

Allgemein anerkannt sind Schäden durch Luftverunreinigungen an der Vegetation, wenn sich an dieser sichtbare Symptome zeigen. Auch wenn der Forstwirtschaft angesichts der Forderung der Walderhaltung mit einer finanziellen Abgeltung eines Schadens nicht gedient ist, wenn nicht gleichzeitig die Schadursache beseitigt wird, so wird doch zwischen Schaden und Schädigung unterschieden. Von einem Schaden wird in der Regel dann gesprochen, wenn dem Besitzer einer Sache ein finanzieller Verlust erwächst. Bei der Schädigung dagegen steht die Sache selbst im Mittelpunkt, das heisst, es wird beachtet, ob die Pflanze zum Beispiel gezwungen wird, auf die äusseren Einflüsse zu reagieren oder ob gar Schadsymptome auftreten. So werden die Schädigungen als akut, chronisch oder latent bezeichnet (vergleiche Tabelle 2).

Akute Schädigungen treten auf, wenn relativ kurzfristig wirkende Spitzen hoher Konzentrationen zu äusserlich sichtbaren Symptomen führen. In der

Tabelle 2. Charakterisierung der Schädigungskategorien.

Schädigung	Konzentration	Einwirkungsdauer	Eigenschaften
akut	hoch	kurz	sichtbar; Nekrosen
chronisch	tief	lang	zum Teil sichtbar; Chlorosen, Triebverkürzungen usw., Zuwachseinbussen
latent	tief	lang	von bloßem Auge unsichtbar; physiologische Reaktionen

Regel äussern sich diese Symptome als Vergilbungen (Zerstörung des Chlorophylls), Rot- oder Braunfärbung (Gerbstoffausfällungen) der betroffenen Pflanzenteile mit nachfolgenden Nekrosen, das heisst, das Gewebe stirbt punktförmig auf der ganzen Blattspreite ab, oder der Blattrand oder die Nadel sterben von der Spitze her ab. Eventuell tritt der Tod ganzer Äste oder gar Bäume ein.

Chronische Schädigungen sind meist die Folge langfristig einwirkender niedriger Konzentrationen. Meist führen auch sie zu sichtbaren Symptomen, wie Chlorosen (Ausbleichungen), verminderte Nadel- oder Trieb länge usw. Vielfach werden auch Rückgänge des Ertrages (Zuwachsverluste), welche von bloßem Auge nicht erkennbar sind, dazugezählt.

Für biologisch Denkende ist es klar, dass auch dort die Vegetation einem Stress unterliegt und eventuell schon geschädigt sein kann, wo die Pflanzen noch keine äusserlich sichtbaren Zeichen einer Schädigung aufweisen. Wir nennen dies *latente Schädigung* und bezeichnen damit jede durch Luftverunreinigungen oder andere Immissionen induzierte Form einer pflanzlichen Beeinträchtigung, welche nicht von bloßem Auge wahrgenommen werden kann. Dazu gehören alle physiologischen Reaktionen, gleichgültig, ob sie Wachstumseinbussen, Vitalitätsverminderungen, erhöhten Befall mit Schadinsekten oder Pilzkrankheiten, erhöhte Beeinträchtigung durch klimatische Extremeinflüsse, Schwächung der sexuellen Fortpflanzung oder anderer Lebensäusserungen zur Folge haben oder nicht. Eine latente Schädigung muss nicht mit einem Schaden gekoppelt sein, kann ihn aber potentiell einschliessen. Sie kann oft Vorläufer einer chronischen Schädigung sein.

Für die Forstwirtschaft ist die Anerkennung der latenten Schädigung, die oft nicht beachtet oder gar negiert wird, von besonderer Bedeutung. Vor allem Nadelbäume zeigen oft keine Symptome oder lassen diese zu spät erscheinen. Eine Abweichung von der physiologischen Norm bedeutet eine Beeinträchtigung der physiologischen Reaktion und erhöht damit das Risiko des Eintrittes einer schwerwiegenderen Schädigung oder gar eines Schadens.

Die Nichtbeachtung der latenten Schädigung fördert den Glauben, dass dort alles in Ordnung sei, wo keine sichtbaren Symptome auftreten. So fördert der Bau hoher Schornsteine die Ableitung der Abgase in höhere Luft-

schichten, wodurch in der Regel eine bessere Verdünnung erreicht wird. Die werknahen Standorte werden dadurch zwar vor dem Auftreten von Symptomen bewahrt, dafür werden aber Hanglagen und weiter entfernte Gebiete belastet. Aus dem lokalen Problem wird somit ein Problem der Landesplanung, ohne dass eine ökologische Lösung des lufthygienischen Problems erreicht wurde.

Résumé

La forêt, bio-indicateur de la pollution atmosphérique

La forêt est une communauté d'organismes les plus divers et non pas un simple assemblage d'arbres. On désigne par bio-indicateur un objet vivant sensible aux influences extérieures. Dans ce cas il ne s'agit donc pas d'une méthode de mesure de la pollution purement physico-chimique difficilement interprétable pour les êtres vivants. Les effets de la pollution sur un système biologique peuvent exister même lorsqu'il n'apparaît aucun symptôme visible.

A côté de la combinaison complexe, les facteurs suivants font de la forêt un bio-indicateur approprié:

- fort volume des houppiers
- atteinte de couches d'air élevées (plus de vent)
- longévité des arbres
- variation de l'âge des feuilles
- différences intra-spécifiques de la résistance
- différences inter-spécifiques de la résistance
- conditions de nutrition, eau.

On distingue non seulement entre dommage (perte pour le propriétaire) et dégât (réaction de l'organisme), mais on fait en plus une classification des dégâts. Des dégâts *aigus* sont le plus souvent la conséquence de l'action de courte durée de fortes concentrations de polluants qui se manifeste par des symptômes visibles. Des dégâts *chroniques* résultent par contre de l'action à longue durée de concentrations faibles. Elles conduisent dans la plupart des cas à des symptômes visibles tels que chlorose ou encore à un faible développement des pousses et des aiguilles. Les pertes d'accroissement du bois sont souvent attribuées aux dégâts chroniques. La plupart des biologistes sont unanimes sur le fait que la végétation peut souffrir d'une situation de stress, c'est à dire qu'elle ne réagit plus normalement à d'autres facteurs complémentaires du milieu tels que sécheresse, gel ou dégâts d'insectes, bien qu'on ne puisse constater encore aucun symptôme visible. Pourtant, ces dégâts que l'auteur appelle «*latents*» sont souvent taxés de chroniques ou simplement ignorés. Cette attitude a pour conséquence de considérer les hautes cheminées comme solution au problème de l'hygiène de l'air. Ainsi il est possible de faire disparaître les symptômes visibles près des usines, mais le problème de la protection de l'environnement subsiste.

Traduction: L. Froidevaux