

Reinhard F. Hüttl

Die „neuartigen Waldschäden“ – ein Fallbeispiel zur Kausalitätsfrage

Hintergrund

Die Beeinflussung der Umwelt durch anthropogene Stoffeinträge stellt Probleme von großer Komplexität dar. Boden, Wasser und Luft sind lokal, regional und gelegentlich überregional durch eine Vielzahl potentiell toxischer Stoffe verändert, die einzeln oder in additiver beziehungsweise synergistischer Kombination negative Auswirkung auf die Ökosysteme haben.

Obschon gerade in den letzten Jahrzehnten das Interesse an den Wirkungen von Luftschadstoffen groß war und insbesondere mit Bezug auf CO₂ auch heute noch ist, wurde bereits seit langem Besorgnis, zum Beispiel über die Schädigung der Bäume und Wälder durch Luftschadstoffe geäußert. Zunächst standen bei der Betrachtung dieser Problematik lokale Rauchschäden im Vordergrund, die direkt von Nahemittenten verursacht wurden. Die wesentlichen Luftschadstoffe waren in diesem Zusammenhang Schwefeldioxid und Stäube. Mit zunehmender Industrialisierung stieg die Verbrennung fossiler Ressourcen an. Dieser Umstand sowie die weiträumige Verteilung von luftgetragenen Schadstoffen als Folge der „Politik der hohen Schornsteine“ in den 1970er Jahren haben dazu geführt, dass die Beeinflussung der Wälder durch Luftschadstoffe auch in emittententfernen Regionen zunächst zunahm. Die in diesem Zusammenhang beobachteten Waldschäden wurden als „neuartige Waldschäden“ bezeichnet. In der öffentlichen Debatte wurde dieses Phänomen häufig als Waldsterben adressiert.

Dokumentation

Unter dem Begriff „neuartige Waldschäden“ wird eine Reihe von Schadensmerkmalen verstanden, die bei verschiedenen Baumarten auf den unterschiedlichsten Standorten seit Mitte der 1970er Jahre, vermehrt aber seit Beginn der 1980er Jahre beobachtet wurden, sich meist rasch ausbreiteten und großflächig anzutreffen waren. Weithin wurden diese

Waldschäden mit den negativen Wirkungen von Luftschadstoffen in kausalen Zusammenhang gebracht.

Der Gesundheitszustand von Waldbäumen und -beständen wird aber von einer Vielzahl von Faktoren bestimmt. Dazu zählen der chemische, physikalische und biologische Bodenzustand, die Wasserversorgung, das Klima, Witterungsbedingungen, Nutzungsgeschichtliche Einflüsse, Insekten und Pilzinfektionen sowie in der Tat standortspezifische Depositionsregime. Die Nährelementversorgung stellt dabei ein zentrales Beurteilungskriterium dar. Gut ernährte Bäume sind gegen von außen auf das Ökosystem Wald einwirkende Stressoren widerstandsfähiger als weniger vitale Bäume.

Die Untersuchung der „neuartigen Waldschäden“ war deshalb von Anfang an auf die möglichst exakte Erfassung des Gesundheitszustandes erkrankter Bäume gerichtet. Bei Betrachtung des gesamten Waldökosystems ist unter Gesundheit (Vitalität) die Fähigkeit zu verstehen, dauerhaft negativen Umwelteinwirkungen zu widerstehen und dabei stabil und produktiv zu bleiben. Ein guter Ernährungszustand ist somit eine notwendige Voraussetzung für einen guten Gesundheitszustand. Entsprechend wurden bei den großflächig auftretenden „neuartigen Waldschäden“ schon bald Belege für akute Ernährungsstörungen gefunden. Von besonderer Bedeutung war dabei das in der Pflanze bewegliche Magnesiumion. Auch die Elemente Kalium, Calcium, Phosphor, Zink und Mangan spielten gelegentlich eine wichtige Rolle. Aufgrund der Immissionsbelastungen sind bzw. waren zudem die Nährelemente Schwefel und Stickstoff von Interesse.

Nach dem „Tannensterben“ im Bayerischen Wald sowie im Schwarzwald folgten schon bald Schäden bei Fichte und Kiefer. Seit etwa Mitte der 1980er Jahre traten verstärkt Schäden in Buchenbeständen auf. Seit Ende der 1980er Jahre wurde zudem von einem neuen Eichensterben berichtet. Seit Beginn dieses Jahrzehnts wurden wiederum verstärkt Schäden an bestimmten Buchenbeständen beobachtet.

Erste stichprobenartige Erhebungen in den Jahren 1982 und 1983 zeigten eine rasche Zunahme der Schäden. 1984 wurden erstmalig in allen Bundesländern statistisch repräsentative Waldschadensinventuren nach einheitlichen Kriterien durchgeführt. Zur Bestimmung der Schadanteile wurden und werden so genannte Nadel- bzw. Blattverluste und Verfärbungssymptome als maßgebliche Kriterien herangezogen. Die Erhebung von 1984 zeigte, dass rund 50 % der deutschen Waldfläche Schäden aufwies. Auch die Ergebnisse der weiteren Inventuren erbrachten zunächst Gesamtschäden von etwa dieser Größenordnung. In den letzten Jahren nahmen die Schadensanteile teilweise deutlich ab, um aber gerade in bzw. nach Trockenjahren (z. B. 2003) wieder stark anzusteigen.

Von Anfang an war jedoch augenfällig, dass bei der Bewertung der Waldschäden getrennt nach Baumarten, Alter und Schadstufen sich mit Bezug auf die Entwicklung der Schäden mitunter deutliche räumliche und zeitliche Differenzierungen ergaben. Ganz besonders schwankten die jährlichen Schadenssituationen, wenn die Waldschäden getrennt nach Bundesländern betrachtet wurden.

Die jeweils im Sommer durchgeführten Inventuren basieren auf einem 4 x 4 oder 8 x 8 km Stichprobenraster. An jedem Inventurpunkt wird eine bestimmte Anzahl von Bäumen okular vom Boden aus im Hinblick auf Nadel- und Blattverluste sowie Nadel- und Blattverfärbungssymptome begutachtet. Da Verfärbungserscheinungen häufig nur auf den Oberseiten der Nadeln/Blätter auftreten und sich damit dem Blickfeld des Beobachters entziehen, dient zur Beurteilung des Ausmaßes und der Verteilung der Schäden fast ausschließlich das Merkmal Nadel-/Blattverlust.

Methodenkritik

Die in Deutschland praktizierten Waldschadens- bzw. Waldzustanderhebungen wurden von Anfang an kontrovers diskutiert. Bei der Erfassung des Parameters Nadel-/Blattverlust geht man nämlich von einem „normalen“ Benadelungs- bzw. Belaubungszustand aus. Dabei ist zu berücksichtigen, dass zum einen die Benadelung bzw. Belaubung der Bäume im gesunden Zustand, also vor einer Schädigung, nicht bekannt ist. Zum anderen kann man zum Beispiel bei Nadelhölzern auch bei gesunden Bäumen kein bestimmtes Höchstalter der Nadeln und damit keinen „normalen“ Benadelungszustand unterstellen. Die Anzahl der lebenden Nadeljahrgänge variiert je nach Standort und genetischer Veranlagung. Zudem hat die standortspezifische Ernährungssituation einen Einfluss auf diesen Parameter, dies gilt auch für die Wasserversorgung. Weiterhin wurde gezeigt, dass Kronenverlichtungen gerade bei Nadelbäumen auch Ausdruck der sozialen Differenzierung der Bäume sein können. Auch stärkere Beschattung, Wind, Schnee, Frost, Hitze, Eis, Insekten und Pilzbefall sowie eine Reihe weiterer Faktoren können Kronenverlichtungen hervorrufen. Die Benadelung bzw. Belaubung gesunder Bäume weist demnach eine erhebliche Schwankungsbreite auf. Gleichwohl ist unbestritten, dass auch Luftschadstoffe zu Blatt- und Nadelverlusten führen können. Somit stand von Anfang an fest, dass der Parameter Nadel-/Blattverlust unspezifisch und damit zur Bestimmung spezifischer Ursachen völlig ungeeignet ist.

Andererseits lassen sich zur optischen Diagnose ernährungsbedingter Waldschäden spezifische Verfärbungssymptome nutzen. Diese sind zum Beispiel für Magnesiummangel ausführlich beschrieben. Zur exakten Beurteilung des Ernährungszustandes ist die Blatt- bzw. Nadelanalyse das Mittel der Wahl. Für zahlreiche Baumarten liegen hinreichend gesicherte Grenzwerte bzw. Grenzbereiche vor. Die mit Ernährungsstörungen gekoppelten Waldschäden ließen sich damit in Abhängigkeit von Standortfaktoren und Bestandesbedingungen in spezifische Schadtypen einteilen bzw. diesen zuordnen.

Gerade das Magnesiummangelsyndrom, das optisch seit Mitte der 1970er Jahre vor allem in höheren Lagen der Mittelgebirge, insbesondere an Fichte aber auch an anderen Baumarten dominierte, hat sich aus ernährungkundlicher Sicht erst allmählich entwickelt. Das relativ plötzliche weitverteilte Auftreten der sichtbaren Symptome dieser Erkrankung seit Beginn der 1980er Jahre lässt sich am ehesten mit extremen Witterungsbedingungen wie den häufigen Trockenperioden Ende der 1970er, Anfang der 1980er Jahre erklären. Die seit Mitte der 1980er Jahre beobachteten Stagnationen im Vergilbungsfortschritt sowie die verbreitete natürliche Regeneration bis hin zum völligen Verschwinden dieser Symptome in den relevanten Waldbeständen fielen mit Jahren günstigerer Niederschlagsverhältnisse zusammen.

Grundsätzlich erhebt sich ohnehin die Frage, ob der Parameter Nadel-/Blattverlust überhaupt genutzt werden kann, den Grad der Schädigung von Waldbäumen und -beständen anzugeben. Wenn man davon ausgeht, dass geschädigte Bäume ihr Wachstum reduzieren, dann sollte eine Korrelation zwischen Nadel- bzw. Blattverlust und Wachstumsparametern gegeben sein. Für die Fichte besteht eine derartige Beziehung nicht immer. Erst bei Nadelverlusten von mehr als 40–50 % kann der Volumenzuwachs signifikant reduziert sein. Bei Fichtenbeständen mit Nadelverlusten unter 50 % waren in Baden-Württemberg während der letzten Jahrzehnte häufig überraschende Mehrzuwächse festzustellen. Auch in bayerischen Fichtenbeständen mit Nadelverlusten von mehr als 60 % konnten keine Zuwachsminderungen gezeigt werden. Dieser zunächst widersprüchlich erscheinende Befund lässt sich vor allem damit erklären, dass es sich bei den beobachteten Nadelverlusten jeweils um die älteren, mehr oder weniger unproduktiven Assimilationsorgane handelt. Daraus kann gefolgert werden, dass verschiedene Koniferenarten, wie zum Beispiel Fichten, eine über den eigentlichen physiologischen Bedarf hinausgehende Produktion bzw. Retention der Nadelbiomasse betreiben. Es ist deshalb nicht unwahrscheinlich, dass Nadelabwürfe, die unter Stressbedingungen hormonell gesteuert erfolgen, nicht notwendigerweise zu Wachstumsdepressionen führen müssen.

Auch im Rahmen der skandinavischen Waldschadensinventuren wurde der Einfluss verschiedener natürlicher Stressfaktoren auf die Nadelmasse von Koniferen untersucht. Denn in Schweden, wie auch in Norwegen nehmen die Nadelverluste entgegen der Konzentrationsgradienten der relevanten Luftschadstoffe von Süden nach Norden zu. In Schweden, aber auch in Norwegen konnte die geringere Benadelung im Norden auf ungünstigere Standortbedingungen, insbesondere das Klima, zurückgeführt werden.

Auch die mitunter beträchtlichen regionalen Schwankungen der Ergebnisse der jährlichen Waldschadensinventuren in Zentraleuropa weisen auf natürliche Faktoren als Auslöser dieser Veränderungen hin. In diesem Zusammenhang darf nicht außer Acht bleiben, dass aufgrund von ausgeprägter Trockenheit oder starkem Frost bereits früher dramatische Kronenverlichtungen aufgetreten waren, wie dies sehr anschaulich mit Hilfe von Vergleichsfotografien oder mittels kontinuierlicher Beobachtungen demonstriert werden konnte.

Das Symptom Nadel-/Blattverlust bzw. Kronenverlichtung ist somit weder als neuartig noch als wissenschaftlich brauchbarer Parameter zur Charakterisierung des Vitalitätszustandes der Waldbäume bzw. -bestände anzusehen. Auch als Indiz für die negative Einwirkung von Luftschadstoffen ist dieses Kriterium ungeeignet, und zwar auch deshalb, weil abiotische Blatt- und Nadelverluste bis hin zu flächigen Absterbeerscheinungen in Waldgebieten existieren, die nicht durch Luftschadstoffe beeinflusst sind, so zum Beispiel auf Hawaii oder in Neuseeland.

Erklärungsansätze

Ohne an dieser Stelle auf die weit über hundert formulierten Arbeitshypothesen zur Erklärung der Waldschadensproblematik im Detail einzugehen, ist festzuhalten, dass die anthropogene Beeinflussung der Atmosphäre und die daraus resultierenden Stoffeinträge als Standortfaktoren für die jeweiligen Waldbestände zu bewerten sind, wobei Veränderungen der Immissionen in Raum und Zeit sowie nach Art, Form, Menge und Verhältnis zu berücksichtigen sind.

Es wurde diesbezüglich ein Erklärungsansatz formuliert und erfolgreich getestet, in dem die standort- und bestandesspezifischen ernährungsbedingten Waldschäden als Folge verschiedenartiger Kombinationen multipler Stressfaktoren betrachtet werden. Dabei spielt das häufig schwache Nährelementangebot der Waldstandorte, das durch vielfältige menschliche Einflüsse (Nutzungsgeschichte) mitverursacht wurde, die entscheidende Rolle.

Extern verstärkte Bodenversauerung (z. B. durch „sauren Regen“), Verarmung an basischen Kationen (z. B. als Folge von Ernteentzügen über lange Zeiten hinweg), erhöhte Stickstoff-Einträge (teilweise verursacht durch menschliche Aktivitäten), reduzierte atmosphärische Magnesium- und Kalziumdepositionen, das heißt verringerte Staubeinträge (die rasch mit Hilfe von Luftreinhaltungsmaßnahmen erzielt worden waren) sind ökosystemare Prozesse, die diese Situation örtlich verschärfen und als mitwirkende Faktoren einzustufen sind.

Extreme Witterungsbedingungen insbesondere Trockenheiten besitzen sowohl auslösenden als auch mitwirkenden Charakter.

Biotische Erkrankungen werden als Folgewirkungen eingestuft.

Da die Konstellation der Kausalfaktoren in der Regel komplex ist, sich diese Einflüsse zumindest partiell gegenseitig bedingen, verstärken oder kompensieren und zudem standortspezifisch sind, können die jeweiligen Schadursachen nur am Standort selbst bestimmt werden. Globale Erklärungsansätze waren und sind deshalb wenig sinnvoll.

Wie oben bereits beschrieben, wurden in Deutschland, in zahlreichen europäischen Ländern sowie auch in Nordamerika in geschädigten Waldbeständen Magnesium-Mangelerscheinungen weit verbreitet angetroffen und in der Regel in kausalem Zusammenhang mit Immissionseinwirkungen diskutiert. Akuter Magnesium-Mangel kam zeitgleich aber auch in Waldgebieten ohne nennenswerte Immissionseinflüsse, wie zum Beispiel bei Kiefern in verschiedenen Regionen Neuseelands vor. In Neuseeland konnten diese Mangelerscheinungen bei den insgesamt schnellwüchsigen Kiefern durch bodenbürtige Magnesium-Unterversorgung erklärt werden.

Aufgrund dieses Befundes stellt sich zwangsläufig die Frage, warum der Magnesium-Mangel in deutschen, europäischen und nordamerikanischen und damit in mehr oder weniger stark immissionsbeeinflussten Waldgebieten nicht ebenso wie im praktisch immissionsfreien Norden von Neuseeland als standörtliches, insbesondere bodenbürtiges Problem anzusehen ist. Immissionseinflüsse wären aus dieser Sicht allenfalls als mitwirkende Faktoren einzustufen. Die auslösende Ursache sichtbarer Symptome wäre dann vor allem auf Witterungsextreme, insbesondere Trockenheiten zurückzuführen.

Die Waldökosysteme Europas und Nordamerikas sind bei natürlichen Stickstoff-Eintragsraten überwiegend durch Stickstoff-Mangelsituationen gekennzeichnet. Die bereits seit längerem andauernden Stickstoff-Einträge können zur Steigerung der Primärproduktion beitragen. Mitte der 1980er Jahre wurden zunächst in Süddeutschland mit Hilfe detaillierter und umfassender ertragskundlicher Erhebungen deutliche Mehrzuwächse insbesondere bei Fichte im Vergleich mit den Ertragstabellen oder anderen Referenzdaten

festgestellt, die bereits Mitte der 1960er Jahre eingesetzt hatten. Ähnliche Ergebnisse wurden für Fichte und Tanne aus der Schweiz und Frankreich vorgelegt. Selbst in Südfinnland und Südnorwegen mit vergleichsweise geringen Stickstoff-Einträgen wurden seit Anfang der 1960er Jahre jährliche Volumenzuwachsstörungen bei Fichte gemessen.

Als Ursache dieser inzwischen für viele europäische Länder nachgewiesenen Zuwachsstörungen, die belegen, dass der Holzvorrat in diesen Ländern seit Anfang der 1950er Jahre insgesamt um mehr als 40 % angestiegen ist, wurden neben regional verbesserten Witterungsbedingungen (erhöhte Temperaturen und Niederschläge) und intensiverer Forstwirtschaft auch die erhöhten Stickstoff-Einträge und die gestiegene CO₂-Konzentration in der Atmosphäre genannt.

Folgerungen

Auch wenn sich die Wälder in Deutschland, aber auch in ganz Europa, derzeit in einer an sich völlig unerwarteten Gesundungsphase mit bisher unbekanntem Holzzuwachsraten befinden, kann dieser per se positive Befund nicht darüber hinweg täuschen, dass es sich bei unseren Wäldern weithin um von Menschen geschaffene Forste handelt, die ständiger forstlicher Pflege bedürfen.

Die in vielen Regionen Deutschlands vom Altersklassenaufbau geprägten Reinbestände von Nadelgehölzen (insbesondere Fichte sowie Kiefer) stehen deshalb seit Jahrzehnten in der Kritik. Die Absicht, die bestehenden Wälder umzubauen, das heißt in natürlich strukturierte Waldökosysteme mit möglichst naturnahen Baumartenzusammensetzungen zu überführen, wird dabei inzwischen von einem breiten Konsens getragen. Mit dem Waldumbau wird das Umweltqualitätsziel naturnaher, stabiler und standortgerechter Wälder verfolgt. Inzwischen sind in vielen Regionen Deutschlands, aber auch in einer Reihe europäischer Staaten Waldumbauprogramme erfolgreich angelaufen.

Kaum verständlich ist jedoch, dass die Waldschadenserhebungen nach wie vor auf der Grundlage einer wissenschaftlich nicht haltbaren Methode praktiziert und damit der Öffentlichkeit jährlich eine Waldschadens- bzw. Waldzustandsstatistik vorgelegt wird, die dem wirklichen Waldzustand nicht realistisch beschreibt. Nach ELLENBERG, dem großen deutschen Geobotaniker, war die beängstigende Ausdehnung „neuartiger Waldschäden“ in Deutschland und in Europa zu einem beträchtlichen Teil ein Konstrukt, das durch Anwendung einheitlicher Schätzhilfen auf standörtlich unterschiedlichen Waldflächen und in witterungsmäßig ungleichen Jahren zustande kam bzw. immer wieder kommt.

Andererseits ist erfreulich, dass die seit Anfang der 1980er Jahre mit Hilfe zahlreicher Modellberechnungen prognostizierten großflächigen Waldschäden bis hin zum Absterben ganzer Waldgebiete – also das Waldsterben schlechthin – nicht eingetreten und nach ULRICH, dem Begründer dieser Debatte, in absehbarer Zukunft auch nicht zu erwarten ist.

Fazit

Das Fallbeispiel „neuartige Waldschäden“, das in Deutschland die öffentliche, politische und fachliche Umweltdiskussion über fast zwei Jahrzehnte dominierte, zeigt, welche Schiefelage in Gesellschaft und Politik, aber auch in der Wissenschaft erzeugt werden kann, wenn im naturwissenschaftlichen Bereich das Kausalitätsprinzip, das heißt belegte und damit reproduzierbare Ursache-Wirkungsbeziehungen nicht adäquat berücksichtigt werden.

Hätte man sich in der gesellschaftlichen, politischen, aber insbesondere in der wissenschaftlichen Debatte nicht so sehr von einseitigen Arbeitshypothesen – und damit vermeintlichen Kausalitäten – leiten lassen und bei deren Diskussion von Anfang an profunde Beobachtungen wie zum Beispiel weithin signifikant erhöhte Zuwachsraten, die so gar nicht in das Waldsterbenszenario passten, ignoriert, hätte man schon viel früher ein wesentlich objektiveres Bild zeichnen und damit Maßnahmen auf den Weg bringen können, die geeignet gewesen wären, die wirklichen Probleme möglichst rasch zu lösen. Bei diesen Maßnahmen handelt es sich beispielsweise um den erst verspätet begonnenen Waldumbau, das heißt die Überführung von bestimmten Reinbeständen auf bestimmten Flächen in reicher strukturierte Mischbestände mit einhergehender Förderung des Laubholzanteils, den Umbau nicht standortgerechter in standortgerechte Bestände und eine verbesserte Bestandespflege einschließlich der Minderung von Durchforstungsrückständen.

Andererseits wäre schon viel früher zu erkennen gewesen, dass Veränderungen des Klimas wie erhöhte Temperaturen und damit zum Beispiel verlängerte Vegetationszeiten, aber auch zum Teil erhöhte Niederschläge und insbesondere die angestiegenen CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre, in der Verbindung mit weithin erhöhten Stickstoffeinträgen bzw. mit verbesserter Stickstoffverfügbarkeit aufgrund der bereits erfolgten klimatischen Veränderungen zu insgesamt günstigeren Waldwachstumsbedingungen führen würden.

Aus heutiger Sicht sind die tatsächlich beobachteten „neuartigen Waldschäden“ wesentlich stärker klimatisch und durch langzeitiges forstliches Handeln verursacht als durch Luftschadstoffe. Gleichwohl war (und ist) die Verminderung der Luftschadstoffe eine richtige Umweltschutzmaßnahme, die jedoch mit Zielsetzungen wie Bodenschutz, Gewässerschutz, Naturschutz, Abwendung menschlicher Gesundheitsbeeinträchtigungen oder auch mit Gebäudeschutz viel sinnvoller zu begründen gewesen wäre, als mit dem „Konstrukt“ Waldsterben.

Aktuell fügt es sich jedoch gut, dass der Holzvorrat unserer Wälder viel größer ist, als zunächst prognostiziert. Denn Holz ist ein wichtiger natürlicher und nachwachsender Rohstoff, der heute neben der konventionellen Holznutzung auch für den Ersatz fossiler Rohstoffe in möglichst großen Mengen benötigt wird. Es fügt sich des Weiteren gut, dass das Waldwachstum nach wie vor schneller erfolgt als erwartet, denn in dieser Biomasse werden größere Mengen des so genannten Treibhausgases CO₂ zumindest temporär immobilisiert. Somit ist der Wald nicht mehr „sterbender Patient“, sondern „viel versprechender Hoffnungsträger“. Die deutsche Forst- und Holzwirtschaft hat aus heutiger Sicht eine sehr gute ökonomische Perspektive. Die forstwissenschaftlichen Fakultäten können sich der Studierendennachfragen kaum erwehren, und schon wird damit begonnen, bislang landwirtschaftlich genutzte Flächen im großen Stile aufzuforsten.

