

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Waldzustandsbericht der Bundesregierung 1999 – Ergebnis des forstlichen Umweltmonitoring –

Inhaltsverzeichnis	Seite
Kurzfassung	3
I Einführung	4
II Zustand der Wälder und Einflussfaktoren	6
II.1 Forstliches Umweltmonitoring – Ein Konzept	6
II.2 Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitoring	7
II.2.1 Einflussfaktoren auf den Waldzustand	7
II.2.2 Kronenzustand	8
Methode	8
Gesamt	9
Fichte	11
Kiefer	13
Buche	15
Eiche	17
Andere Nadelbäume	19
Andere Laubbäume	19
Räumliche Verteilung	19
Weitere Parameter	20
II.2.3 Witterung	22
II.2.4 Stoffeinträge auf Level II-Flächen	22
II.2.5 Schadorganismen	24

II.2.6	Kronenentwicklung stark verlichteter Bäume auf Dauerbeobachtungsflächen	25
II.2.7	Schwellenwerte für Säure- und Stickstoffeinträge in Wälder (Critical Loads)	28
II.2.8	Stofffluss- und Stoffhaushaltsuntersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen im Wald	29
II.2.9	Integrierende Auswertung	32
II.2.10	Auswirkungen von Immissionen auf die biologische Vielfalt	33
II.3	Waldzustand in Europa	35
II.4	Bewertung der Ergebnisse	39
III	Maßnahmen der Bundesregierung gegen Neuartige Waldschäden	
III.1	Maßnahmen der Luftreinhaltung	41
III.2	Entwicklung der Emissionen	42
III.3	Maßnahmen der Forstwirtschaft gegen Neuartige Waldschäden	43
III.4	Waldschadensforschung/Waldökosystemforschung	45
IV	Länderbeiträge	
	Baden-Württemberg	46
	Bayern	47
	Berlin	48
	Brandenburg	48
	Hamburg	49
	Hessen	50
	Mecklenburg-Vorpommern	50
	Niedersachsen	51
	Nordrhein-Westfalen	52
	Rheinland-Pfalz	53
	Saarland	54
	Sachsen	55
	Sachsen-Anhalt	57
	Schleswig-Holstein	57
	Thüringen	58
V	Literatur	61
VI	Verzeichnis der Karten und Abbildungen	62
VII	Glossar	64

Kurzfassung

Deutschland ist zu einem Drittel bewaldet. Trotz dichter Besiedlung und hoher Industrialisierung war es möglich, diesen hohen Waldanteil zu erhalten. **Der Wald erfüllt unverzichtbare Funktionen für Wirtschaft, Natur und Gesellschaft.** Er ist gleichzeitig Erwerbs- und Einkommensquelle, liefert den umweltfreundlichen und nachwachsenden Rohstoff Holz, ist Schutzfaktor für Boden, Wasser, Luft und Klima und bietet dem Menschen vielfältige Möglichkeiten für Entspannung und Erholung.

Als sich gegen **Ende der 70er-Jahre großflächige Vitalitätsverluste** in den Wäldern abzeichneten, setzte eine gezielte Beobachtung des Gesundheitszustandes der Wälder ein. Es wurden Maßnahmen zur Reduktion von Luftschadstoffen, denen bei den „Neuartigen Waldschäden“ eine Schlüsselrolle zukommt, ergriffen. Als Folge dieser Maßnahmen sind die atmosphärischen Einträge säurewirksamer Komponenten zurückgegangen. **Die Anstrengungen zur Luftreinhaltung werden fortgesetzt.**

Messungen auf Dauerbeobachtungsflächen in Wäldern (Level II) zeigen, dass sich in den letzten Jahren die **Schwefeleinträge** deutlich verringert haben. Auch die **Säureeinträge** insgesamt gingen leicht zurück. Die **Stickstoffeinträge** lassen dort während der letzten zehn Jahre jedoch eine gleich bleibende bis leicht steigende Tendenz erkennen. **Hauptquellen der Stickstoffeinträge sind Kraftfahrzeugverkehr und landwirtschaftliche Tierhaltung.**

Die Einträge überschreiten das Maß dessen, was die Wälder langfristig verkraften können. Der Schwellenwert für ein Schädigungsrisiko wird für Säure auf ca. 90 % und für eutrophierenden Stickstoff auf 99 % der deutschen Waldfläche überschritten. Auf fast der gesamten deutschen Waldfläche besteht ein Risiko von weiterer Versauerung sowie Eutrophierung durch anthropogene Stoffeinträge. Mittelfristig können sich dadurch negative Auswirkungen nicht nur auf die Stabilität der Wälder, sondern auch auf das Trinkwasser ergeben.

Zur aktuellen Einschätzung der Vitalität der Wälder führen die Landesforstverwaltungen jährlich die **Waldschadenserhebung** durch. Unbesehen aller regionalen baumartenspezifischen Unterschiede ist nach einem Anstieg Mitte der 80er-Jahre und einem Höhepunkt der Schäden in den Jahren 1991 und 1992 seither im **Bundesdurchschnitt** eine ganz allmähliche Verbesserung des Kronenzustandes festzustellen. Die Entwicklung verläuft nicht geradlinig. Der Flächenanteil deutlicher Schäden (Nadel-/Blattverlust größer als 25 %) ist von 30 % im Jahr 1991 auf 22 % im Jahre 1996 zurückgegangen und schwankt seitdem um diesen Wert. 1999 weist ein Flächenanteil von 22 % der Wälder deutliche

Schäden auf. Die Waldschadenserhebung belegt, dass ältere Bäume über 60 Jahre von Kronenverlichtungen wesentlich stärker betroffen sind als junge.

Für die **Fichte** zeigt die Waldschadenserhebung nach einer deutlichen Verschlechterung am Anfang der neunziger Jahre und einer Verbesserung zwischen 1994 und 1996 in den beiden Vorjahren wieder eine allmähliche Zunahme des Flächenanteils bei den deutlichen Schäden. Dieser Trend hat sich 1999 nicht fortgesetzt. Der Flächenanteil der deutlichen Schäden liegt 1999 bei 25 %. Bei den älteren Bäumen über 60 Jahre hat der Flächenanteil der deutlichen Schäden sogar um 3 %-Punkte abgenommen.

Trotz einer Verschlechterung um 3 %-Punkte gegenüber dem Vorjahr weist die **Kiefer** 1999 mit einem Flächenanteil von 13 % deutlicher Schäden den besten Wert der vier Hauptbaumarten auf. Die diesjährige Zunahme des Flächenanteils deutlicher Schäden liegt bei den jüngeren Kiefern bei 3 %-Punkten und bei den über 60-jährigen Kiefern bei 2 %-Punkten.

Mit einem Flächenanteil von 32 % deutlicher Schäden ist die **Buche** nach der Eiche die Hauptbaumart mit dem zweithöchsten Schadniveau. Von 1984 bis 1992 schwankte der Flächenanteil deutlicher Schäden zwischen 13 % und 38 %. In den Folgejahren ging ihr Flächenanteil wieder auf 27 % zurück. Nach einem sprunghaften Anstieg 1995 auf 36 % hat der Flächenanteil deutlicher Schäden ein hohes Niveau erreicht und schwankt seither zwischen 29 % und 32 %.

Von wenigen Ausnahmen abgesehen hat die Kronenverlichtung bei der **Eiche** in den vergangenen zehn Jahren ständig zugenommen; sie entwickelte sich zur am gravierendsten geschädigten Hauptbaumart. Nachdem von 1996 auf 1997 bereits keine Verschlechterung mehr festgestellt wurde, ist 1998 sogar eine erhebliche Verbesserung eingetreten. In diesem Jahr liegen die deutlichen Schäden mit 44 % wieder 7 %-Punkte über dem Vorjahr, erreichen jedoch nicht das hohe Schadniveau von 1996 und 1997.

Im Rahmen eines europaweiten Programms wird der Waldzustand seit 1986 nach einheitlichen Methoden in mittlerweile 31 europäischen Staaten erfasst. 1998 waren ungefähr ein Viertel aller in Europa angesprochenen Bäume nach ihrem Nadel-/Blattverlust als geschädigt eingestuft. Die Entwicklung des Nadel-/Blattverlustes zeigt seit 1989 insgesamt eine deutliche Verschlechterung bei den sechs europäischen Hauptbaumarten. Der Trend bei den Baumarten muss jedoch für einzelne Regionen und Baumarten gesondert betrachtet werden. Aufnahmeflächen mit verbessertem Kronenzustand sind hauptsächlich in Teilen Deutschlands und

Polens vertreten. Dort ist eine Erholung vor allem bei Kiefer zu verzeichnen, was teils durch günstigere Witterung und teils durch eine Entschärfung der Immissions-situation erklärt wird. Die Schadursachen werden europaweit auf Level II-Ebene im Detail analysiert. Bislang konnten erst die Daten von 144 Level-II-Flächen ausgewertet werden. Dabei zeigen die Ergebnisse, dass auf 22 % dieser Flächen der Gesamtsäureeintrag einen Grenzwert, ab dem Schädigungen der Waldökosysteme zu erwarten sind, überschreitet. Stickstoffverbindungen machen vor allem in Westeuropa den Hauptteil an versauernden Substanzen aus. Die Deposition dieser Luftverunreinigungen hat direkten Einfluss auf den Ernährungszustand der Waldökosysteme.

Die Ergebnisse der **Bodenzustandserhebung im Wald (BZE)** und der **Untersuchung auf Level II** belegen, dass nach wie vor ein hohes Gefährdungspotenzial für den Wald besteht. Stoffeinträge in Wälder führen zu Bodenversauerungen sowie Stickstoffsättigung und beinträchtigen damit die verschiedenen Ökosystemkompartimente (z. B. Bäume und Boden).

I. Einführung

Wald hat viele Funktionen

Deutschland verfügt über rund 10,7 Mio. ha Wald, das ist fast ein Drittel der Gesamtfläche unseres Landes. Dieses „grüne Drittel“ hat eine Vielzahl von Funktionen: Wald ist wichtig als Lieferant des umweltfreundlichen und vielseitig verwendbaren Rohstoffes Holz, als Schutzfaktor für Boden, Wasser, Luft und Klima sowie als Lebensraum für viele Pflanzen- und Tierarten. Er schützt darüber hinaus Menschen vor Naturgefahren und bietet ihnen vielfältige Möglichkeiten für Entspannung und Erholung.

Die nachhaltige Waldbewirtschaftung schafft Arbeitsplätze in der Forstwirtschaft und in nachgelagerten Bereichen sowie Einkommen für die Waldbesitzer.

Je nach Region kommt den Funktionen der Wälder ein unterschiedliches Gewicht zu. Beispielsweise steht bei einem stadtnahen Wald die Erholung der Bevölkerung im Vordergrund, während an einem Steilhang im Gebirge der Schutz von Siedlungen und Straßen vor Lawinen durch den Wald gegenüber Holznutzung und Erholung Vorrang genießt.

Wald ist mehr als die Summe von Bäumen

Er ist ein komplexes System verschiedener lebender und unbelebter Komponenten, deren Zusammenwirken durch viele Einflüsse gesteuert wird. In Ökosystemen laufen unterschiedliche Wachstums- und Zersetzungsprozesse parallel, die durch vielfältige Stoffkreisläufe und Energieflüsse verbunden sind. Einflüsse auf diese

Dies führt u. a. zu Veränderungen der biologischen Vielfalt, mit Verschiebungen in der Artenzusammensetzung und Verminderung der Ökosystemvielfalt, zu Nährstoffungleichgewichten, zu Nährstoffverlusten mit dem Sickerwasser und zu Verminderung der Baumvitalität.

Eine einfache Erklärung, welche die Waldschäden auf nur eine Ursache zurückführt, gibt es nicht. **Die Forschung hat gezeigt, dass die Neuartigen Waldschäden durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren verursacht werden.** Witterungsextreme, wie z. B. Trockenperioden oder Temperaturstürze, beeinflussen den Schadensverlauf ebenso wie der unterschiedlich ausgeprägte Befall mit Schadorganismen (z. B. Insekten). **Eine Schlüsselrolle spielen die Luftschadstoffe.** Die Ausprägung der Einflussfaktoren variiert räumlich und zeitlich. Einzelne dieser Faktoren führen unmittelbar zu Schäden an Bäumen oder schwächen ihre Abwehrkraft und machen sie damit anfälliger für andere Schadfaktoren.

Vorgänge wirken sich auf das gesamte Ökosystem aus. Einflüsse auf das Ökosystem Wald sind z. B. die Witterung (Sonneneinstrahlung, Regen, Frost etc.), waldbauliche Maßnahmen (z. B. Durchforstungen), aber auch Stoffeinträge.

Durch die Vielfalt insbesondere von räumlicher Lage, Klima und Boden variieren Waldökosysteme oft auf kleinstem Raum. Die Vielfalt der Waldökosysteme hat zur Folge, dass Wälder gegenüber außergewöhnlichen Stressfaktoren unterschiedlich stabil sind.

Nur auf großer Fläche stabile Wälder aber sind in der Lage, die Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen für unsere Gesellschaft nachhaltig zu erfüllen. Deshalb sollen forstliche Maßnahmen, wie standortgerechte Baumartenwahl, Durchforstungen und bei Bedarf gezielte Waldschutzmaßnahmen die Stabilität der Waldökosysteme erhalten und fördern. Aber auch in weitgehend stabilen Waldökosystemen können Stressfaktoren erhebliche Schäden verursachen.

Früher wurden Wälder zurückgedrängt und übernutzt

Zum Verständnis für die heutigen Waldverhältnisse bedarf es eines Blickes in die Vergangenheit: Die ersten Siedler unseres Raumes rodeten Wald zunächst nur in geringem Umfang und auf für die landwirtschaftliche Nutzung günstigen Flächen. Dadurch waren Ackerbau und Viehzucht in Verbindung mit der Gewinnung von Erzeugnissen des Waldes wie Nutz- und Brennholz möglich. Als Folge des Wachstums der Bevölkerung

wurde der Wald dann aber mehr und mehr zurückgedrängt. Diese Entwicklung fand ihren Höhepunkt im ausgehenden Mittelalter. Die Wälder wurden durch hemmungslose Holzgewinnung, Waldweide und Streunutzung insbesondere im Einzugsbereich von Siedlungen so stark degradiert, dass das Holz knapp wurde und deshalb zum Teil ganze Landstriche verarmten oder gar verödeten.

Die Idee der Nachhaltigkeit entstand

In dieser Zeit wurden die ersten Anweisungen zur pfleglichen Nutzung und zur Erhaltung des Waldes erlassen, denn aus der Not heraus entwickelte sich die Erkenntnis, dass nur so viel Holz genutzt werden darf, wie nachwächst.

Auf dieser Erkenntnis aufbauend konnte sich in Deutschland seit mehr als 200 Jahren eine Forstwirtschaft entwickeln, die die Nachhaltigkeit der Holzproduktion und deren periodische Planung und Kontrolle verfolgte. Es entstand der „Wirtschaftswald“. Heute versteht man unter Nachhaltigkeit die dauerhafte Bereitstellung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Wirkungen und Leistungen des Waldes.

Waldschäden im Rückblick

Schon in früheren Jahrhunderten waren in der Nähe von Industrieanlagen, vornehmlich von Hüttenwerken, Waldschäden zu beobachten, die auf Rauchgase zurückgeführt wurden. Dabei wurde das bei der Verfeuerung von Holz, vor allem aber von Kohle für die Verschmelzung von Eisenerz frei werdende Schwefeldioxid für die Schäden verantwortlich gemacht. Bereits im Jahre 1883 veröffentlichten der Agrarchemiker Julius von Schröter und der Goslarer Förster Carl Reuss ein Buch über die „Beschädigung der Vegetation durch Rauch und die Oberharzer Hüttenrauchschäden“.

Gegen Ende der 70er-Jahre unseres Jahrhunderts wurden ähnliche Schadsymptome beobachtet, wobei im Gegensatz zu den früheren Rauchschäden diese „Neuartigen Waldschäden“ großflächig und fernab von Industrieanlagen auftraten. Dabei waren zunächst insbesondere die Nadelbaumarten Tanne und Fichte betroffen. Als Ursache galten der industrielle Aufschwung nach dem Zweiten Weltkrieg samt den mit ihm verbundenen Emissionen, insbesondere von Schwefeldioxid, und die zur Verbesserung der Umweltqualität in den Industriezentren angelegte „Hochschornsteinpolitik“ der 60er-Jahre.

Innerhalb weniger Jahre wurden nach Tanne und Fichte auch nahezu alle anderen Baumarten betroffen. Äu-

ßerlich sichtbare Symptome dieser „Neuartigen Waldschäden“ sind

- Verlichtung der Baumkronen,
- Veränderung der Verzweigungsstruktur der Bäume sowie
- Vergilbung von Nadeln und Blättern.

Betroffen waren vor allem die den Luftströmungen in besonderem Maße ausgesetzten höheren Lagen der Mittelgebirge, wo örtlich sogar die Wälder abzusterben begannen.

Die Politik reagierte auf Neuartige Waldschäden

Die beobachteten Waldschäden führten zu raschem politischem Handeln auf nationaler und internationaler Ebene: Die Bundesregierung beschloss im Jahre 1983 das Aktionsprogramm „Rettet den Wald“, das eine Verbesserung der Luftreinhaltung, die Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen (z. B. Bodenschutzkalkungen), die Förderung einer interdisziplinären Waldschadens- und Waldökosystemforschung sowie die jährliche Überwachung der Waldschäden und Maßnahmen zur Erhaltung forstlicher Genressourcen beinhaltet. Seit 1984 führen die Länder die Waldschadenserhebung nach einem einheitlichen, von Wissenschaftlern entwickelten und vom Bund koordinierten Verfahren durch. Da derartige Waldschäden in anderen europäischen Staaten gleichfalls beobachtet wurden, finden seit 1986 Maßnahmen der Waldzustandsüberwachung auch auf europäischer Ebene statt. Die Waldzustandsüberwachung ist damit eines der umfassendsten Biomonitoringverfahren in Europa.

Die Ergebnisse der Waldschadens- und Waldökosystemforschung haben aufgezeigt, dass die „Neuartigen Waldschäden“ durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren verursacht werden, deren Gewicht sich von Jahr zu Jahr ändern kann. Eine Schlüsselrolle spielen dabei Luftschadstoffe, insbesondere Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Ammoniak und Ozon. Aber auch natürliche Einflussfaktoren, wie z. B. Insekten, Pilze, Frost und Sturm belasten den Wald.

Das Anfang der 80er-Jahre angesichts der toten Waldbestände im Erzgebirge insbesondere von den Medien und einigen Wissenschaftlern prognostizierte großflächige „Waldsterben“ ist nicht eingetreten. Nichtsdestoweniger sind die noch immer zu beobachtenden Waldschäden sehr ernst zu nehmen. Die Politik der Luftreinhaltung sowie die Maßnahmen der Überwachung des Gesundheitszustandes unseres Waldes müssen deshalb fortgesetzt werden.

II. Zustand der Wälder und Einflussfaktoren

II.1 Forstliches Umweltmonitoring – Ein Konzept

Das forstliche Umweltmonitoring umfasst drei Elemente:

- Erhebungen auf einem systematischen, ganz Deutschland überziehenden Stichprobennetz, die flächenrepräsentative Informationen über den Waldzustand und dessen Entwicklung bereitstellen („**Level I-Ebene**“),
- intensive Untersuchung der Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Waldökosystemen und den sie beeinflussenden Faktoren auf Dauerbeobachtungsflächen („**Level II-Ebene**“),
- Waldökosystemforschung zur Erfassung von Prozessabläufen.

Bei der Auswertung dieser drei Elemente werden auch Aspekte anderer Untersuchungen der Länder auf Bodendauerbeobachtungsflächen und Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden berücksichtigt. Es bestehen vielfache Verbindungen zu weiteren Erhebungen, die für Auswertungen genutzt werden können.

Das forstliche Umweltmonitoring wurde aufgebaut, um den Waldzustand anhand verschiedener Indikatoren erfassen und bewerten, daraus Maßnahmen ableiten und deren Wirkung abschätzen zu können. **Die Länder führen die Erhebungen durch und werten sie aus. Der Bund koordiniert die Arbeiten und fasst ein Bundesergebnis zusammen.** Die dabei angewandten Erhebungs- und Analyseverfahren wurden von Wissenschaftlern der beteiligten Disziplinen erarbeitet. Sie werden laufend mit Blick auf den technischen und wissenschaftlichen Fortschritt überprüft. Die in Deutschland durchgeführten Maßnahmen der Waldzustandsüberwachung sind in das europäische Monitoringprogramm der Europäischen Union und der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa eingebunden.

Die **Erhebungen auf dem systematischen Stichprobennetz** umfassen die jährliche Waldschadenserhebung und die bisher einmalige Bodenzustandserhebung im Wald.

Die **Waldschadenserhebung** dient dazu, mit vertretbarem Aufwand zeitnahe Aussagen über die Vitalität der Wälder und deren Entwicklung bereitzustellen. Daneben trägt sie dazu bei, Schadensschwerpunkte zu lokalisieren. Zur Klärung der Ursachen der Neuartigen Waldschäden ist die Waldschadenserhebung alleine nicht geeignet. Von ihr sind jedoch entscheidende Impulse für

den schrittweisen Aufbau einer intensiven Waldökosystemforschung ausgegangen. Darüber hinaus werden die im Rahmen der Waldschadenserhebung gewonnenen Daten in zahlreichen Forschungsvorhaben genutzt.

Bei der Waldschadenserhebung wird der Kronenzustand (Kronenverlichtung und Vergilbung von Nadeln und Blättern) von Stichprobenbäumen als Weiser für die Vitalität der Wälder ermittelt. Der Bund ermittelt aus den Länderdaten der Waldschadenserhebungen ein Bundesergebnis und stellt es in seinem jährlichen Bericht über den Zustand des Waldes dar. Das Stichprobennetz besteht aus einem 4 x 4 km-Grundraster. Die Daten einer Teilstichprobe (16 x 16 km) werden seit 1987 für den europäischen Waldzustandsbericht und seit 1998 für den Bundesbericht ausgewertet.

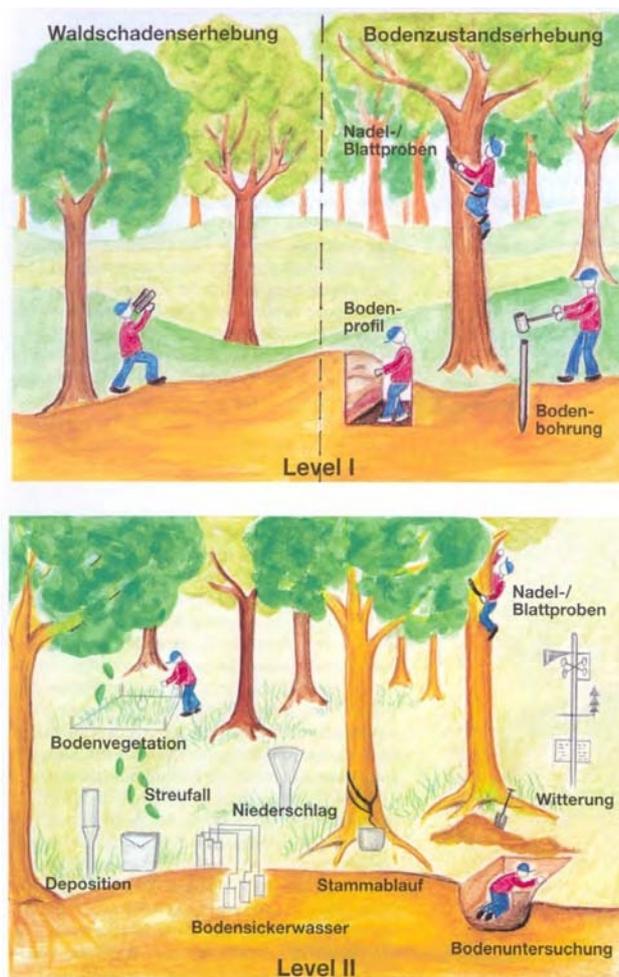


Abbildung 1: Level I und II sind wesentliche Bestandteile des forstlichen Umweltmonitoring.

Zur Erfassung des aktuellen Waldbodenzustandes und dessen Veränderungen im Laufe der Zeit wurde von den Ländern zwischen 1987 und 1993 die erste bundesweite **Bodenzustandserhebung im Wald (BZE)** durchgeführt.

Dabei wurden zur Bestimmung des Ernährungszustandes der Waldbäume von den Ländern auf einem Teil dieser Erhebungspunkte zusätzlich **Nadel-/Blattanalysen** durchgeführt.

Der Bund hat die Ergebnisse im „Deutschen Waldbodenbericht 1996“ zusammengestellt.

Die Durchführung der Waldschadenserhebung, der Bodenzustandserhebung und den Nadel- und Blattanalysen auf demselben Stichprobennetz ermöglicht neben der Erfüllung der Aufgaben der jeweiligen Erhebung auch eine statistische Verknüpfung der gewonnenen Daten, eine so genannte „**integrierende Auswertung**“.

Die intensive Untersuchung der Ursache-Wirkungsbeziehungen auf **Dauerbeobachtungsflächen („Level II-Ebene“)** als zweites Element im Konzept der Waldzustandsüberwachung umfasst eingehende Untersuchungen an einer begrenzten Zahl ausgewählter Waldstandorte. Diese Probestellen sind im Gegensatz zu Level I nicht an ein Gitternetz gebunden: Sie stellen Fallstudien von häufig in Deutschland vorkommenden Baumarten und Waldökosystemen dar. Das von den Ländern durchgeführte Untersuchungsprogramm umfasst Beobachtungen des Kronenzustandes, Boden- sowie Nadel- und Blattanalysen, Zuwachs- und Depositionsmessungen, Analysen des Sickerwassers, Aufnahmen der Bodenvegetation sowie meteorologische Messungen. Daneben werden von einigen Ländern ergänzende Untersuchungen (z. B. an Wurzeln) sowie Immissionsmessungen durchgeführt.

Level II als europaweites Programm wurde auf Initiative und mit Förderung der EU im Jahre 1994 eingerichtet. Es umfasst in Deutschland 89 Flächen, darunter auch solche, die von den Ländern bereits seit Ende der 70er-Jahre im Rahmen der Waldschadensforschung eingerichtet wurden. In Arbeitskreisen aus Vertretern von Bund und Ländern werden derzeit die Level II-Daten ausgewertet. Erste Ergebnisse werden in diesem Bericht dargestellt.

Die intensivste Stufe des forstlichen Umweltmonitoring stellt die **Waldökosystemforschung** der verschiedenen Forschungsträger dar. In Deutschland wird sie in zwei Großprojekten und weiteren Verbundprojekten durchgeführt. Hier werden vor allem ökosystemare Prozesse wie z. B. Stoffflüsse möglichst umfassend erhoben und bewertet.

II.2 Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitoring

II.2.1 Einflussfaktoren auf den Waldzustand

Verschiedenste Faktoren beeinflussen den Wald (Abbildung 2). Dies sind insbesondere Witterung (Schnee, Frost, Niederschläge, Sturm etc.), Pilze und Insekten, waldbauliche Maßnahmen sowie vom Menschen verursachte Stoffeinträge in den Wald.

Diese Faktoren wirken auf den Wald insgesamt oder nur auf einzelne seiner Komponenten (Boden, Blätter etc.). Letzteres kann wiederum **Rückwirkungen auf das Beziehungsgefüge im Wald** haben. Beispielsweise beeinflusst langanhaltende Trockenheit die Pflanzen und Tiere sowie die Prozessabläufe und damit direkt den Wald als Ganzes.

Die früheren Umweltbedingungen wirken sich noch heute auf den Waldzustand aus. So ist für die Vitalität der Bäume nicht nur das aktuelle Witterungsgeschehen, sondern auch die Witterung der Vorjahre bedeutsam. Bereits im Herbst werden die Knospen für die Triebe und Blätter des nächsten Jahres angelegt. Dabei hängen ihre Anzahl und Entwicklung von den Niederschlägen und den Temperaturen in den vorausgehenden Monaten ab.

Die Faktoren und der Waldzustand beeinflussen sich gegenseitig und können sich in ihrer Wirkung verstärken oder abschwächen.

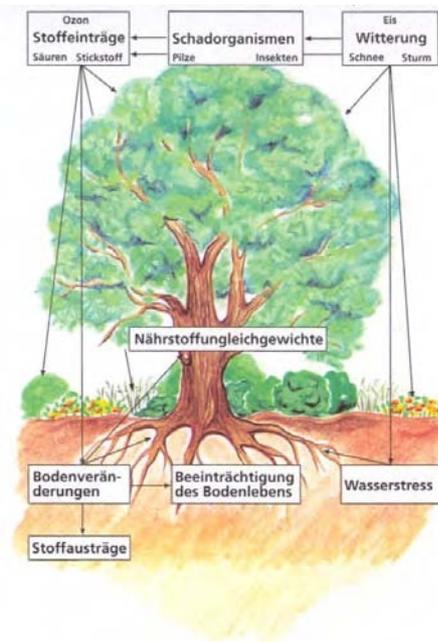


Abbildung 2:
Die Kronenverlichtung ist Ausdruck der Vitalität des Baumes unter dem Einfluss sich ändernder Stressfaktoren.

Bei einem ungünstigen Witterungsverlauf erhöht sich z. B. die Empfindlichkeit eines Baumes gegenüber anderen Schadeinwirkungen, wie Luftschadstoffen und Insektenbefall. Bäume unter hohem Witterungsstress (z. B. Trockenheit) sind anfälliger gegen zusätzliche schädigende Faktoren als Bäume, die optimale Witterungsbedingungen haben.

In den folgenden Kapiteln werden die Einflussfaktoren und deren Auswirkungen auf Wälder dargestellt.

II.2.2 Kronenzustand

Methode

Die Waldschadenserhebung ist eine Stichprobeninventur, die flächenbezogene Aussagen über den Waldzustand in Deutschland liefert. Als wichtigster Vitalitätsweiser für den Waldzustand wird dabei die Verlichtung der Baumkronen erfasst (auch als Nadel-/Blattverlust bezeichnet).

Die Länder erheben jährlich den Waldzustand und berichten hierüber. Das Verfahren der Waldschadenserhebung wird zwischen Bund und Ländern abgestimmt und findet auch auf europäischer Ebene Anwendung. Die Daten für die europäische Waldschadenserhebung werden in einem Raster von 16 x 16 km erhoben. Seit 1998

werden die zur Beschreibung des Waldzustandes auf Bundesebene notwendigen Informationen unmittelbar aus den von den Ländern bereitgestellten Einzelbaumdaten des 16 x 16 km-Stichprobennetzes errechnet.

Im Rahmen der Waldschadenserhebung wurde im Sommer 1999 an 13 466 Probestämmen auf 433 Probestellen der Kronenzustand angesprochen. Die Stichprobe umfasst 38 Baumarten. Dabei entfallen rund 85 % der Probestämme auf die vier Hauptbaumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche. Für die Auswertung werden die Baumarten zu folgenden sechs Gruppen zusammengefasst: Fichte, Kiefer, Buche, Eiche, sonstige Nadelbäume, sonstige Laubbäume. **Die Zeitreihen der Waldschadenserhebung liefern für Aussagen auf Bundesebene zuverlässige Informationen über die Entwicklung der Kronenverlichtung insgesamt sowie für die Hauptbaumarten.**

Die folgenden Zeitreihen stellen die Entwicklung des Waldzustandes für Deutschland seit 1984 dar. Die Angaben für die Jahre bis 1989 gelten nur für die alten Länder. Diese repräsentieren aber über 70 % der Waldfläche im Bundesgebiet. Getrennte Auswertungen der Altersgruppen jünger als 60 Jahre und älter als 60 Jahre können erst ab 1987 dargestellt werden, weil die hierzu benötigten Daten für frühere Jahre nicht vorliegen.

Ansprache der Kronenverlichtung

Für jeden Probestamm wird die Kronenverlichtung im Vergleich zu einem voll belaubten Referenzbaum in 5-%-Stufen eingeschätzt. Dabei werden nur die Bereiche der Baumkrone berücksichtigt, die sich ohne störende Einflüsse durch benachbarte Baumkronen oder Lichtmangel entwickeln konnten.

Da die Regulierung der Kronendichte in einem gewissen Rahmen eine vitale Reaktion der Bäume auf verschiedene äußere Stressoren sein kann, darf nicht jede Kronenverlichtung als Waldschaden interpretiert werden. Kronenverlichtungen sind jedoch in jedem Fall ein Indikator für Belastungen. Zunehmende Kronenverlichtungen sind ein Alarmsignal, das eine Gefährdung der Wälder anzeigt.

Schadstufen

Kronenverlichtungen und Vergilbungen, die zu einer Heraufsetzung der Schadstufe führen können, werden in folgende Schadstufen eingeteilt:

	Verlichtungsstufe	Verlichtungsprozent	Vergilbung der vorhandenen Nadeln/Blätter				Vergilbungsstufe Vergilbungsprozent
			0 0-10%	1 11-25%	2 26-60%	3 61-100%	
Kronenverlichtung	0	0-10 %	0	0	1	2	}Schadstufe
	1	11-25 %	1	1	2	2	
	2	26-60 %	2	2	3	3	
	3	61-99 %	3	3	3	3	
	4	100 %		4 (abgestorben)			

„Die Stufe 0 "gesund" oder "ohne Schadmerkmale" wurde mit 0-10 % Nadel- bzw. Blattverlust eng gefasst. Dies ist verständlich, wenn man die ersten Bonitierungen der Dauerbeobachtungsflächen Ende der 70er- oder Anfang der 80er-Jahre betrachtet. Hier lagen die durchschnittlichen Nadel- bzw. Blattverluste häufig in diesem Bereich. Die Bäume der Stufe 1 mit 11 - 25 % Nadel- bzw. Blattverlust wurden als "kränkelnd" oder "schwach geschädigt" bezeichnet. Die seitherigen Erfahrungen und Untersuchungen haben aber gezeigt, dass die natürlichen Schwankungen der Benadelungs- bzw.

Belaubungsdichte in diese Stufe hineinreichen. Sie ist deshalb als "Übergangsstufe" oder "Warnstufe" zu interpretieren. Für die Darstellung der Schadenserhebungen folgt daraus, dass erst von der Schadstufe 2 ab, d. h. bei mehr als 25 % Nadel- bzw. Blattverlust eindeutige Schäden festzustellen sind, dass also nur die Stufen 2 - 4 die geschädigte Waldfläche repräsentieren. Sie können deshalb auch zusammengefasst in Tabellen, Graphiken oder Karten als "deutliche Schäden" dargestellt werden. Die Stufen 0 und 1 sind jeweils getrennt aufzuführen.“ (3. Bericht des Forschungsbeirates Waldschäden/Luftverunreinigungen)

Mittlere Kronenverlichtung

Der Bericht über den Zustand des Waldes enthält neben den Schadstufen als ergänzendes Instrument der Ergebnisdarstellung die mittlere Kronenverlichtung. Sie ist der Mittelwert der in 5-%-Stufen eingeschätzten Kronenverlichtung aller Einzelbäume.

Die mittlere Kronenverlichtung charakterisiert den Kronenzustand unabhängig von den festgelegten Schadstufengrenzen. Allerdings ist aus ihr nicht die Bandbreite der Verlichtungsgrade ersichtlich.

Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung

Weiterhin gibt dieser Bericht die Verteilung der in 5-%-Stufen angesprochenen Kronenverlichtung nach ihrer Häufigkeit an.

Stichprobenverfahren

Die Waldschadenserhebung wird in Deutschland jährlich auf einem bundesweiten systematischen Stichprobennetz durchgeführt. Die Dichte des Stichprobennetzes kann sich jedoch von Jahr zu Jahr und von Land zu Land ändern. In Jahren der bundesweiten Vollstichprobe wurde in allen Ländern auf einem Netz von mindestens 4 x 4 km erhoben, um Informationen über den Waldzustand auch für die einzelnen Wuchsgebiete zu erhalten. In den Zwischenjahren reduzieren einige Länder das Erhebungsnetz. Dabei wird jedoch mindestens die EU-weit vorgegebene Netzdichte von 16 x 16 km eingehalten.

In den meisten Ländern werden die Stichprobenbäume nach folgendem Verfahren ausgewählt: An jedem Probepunkt werden im Abstand von 25 m in den vier Haupthimmelsrichtungen jeweils die sechs nächsten geeigneten Bäume als Probebäume dauerhaft markiert. Geeignet sind nur vorherrschende, herrschende und mitherrschende Bäume des Bestandes. Aus natürlichen Ursachen oder durch forstliche Nutzung ausscheidende Probebäume werden durch ihren nächsten Nachbarn ersetzt. Die Aufnahmen erfolgen im Juli und August eines jeden Jahres.

Ergebnisse im Überblick ¹⁾

Gesamt

Unbesehen aller regionalen und baumartenspezifischen Unterschiede wird seit Mitte der 80er-Jahre ein Anstieg des Flächenanteils deutlicher Schäden – mit einem Höhepunkt der Schäden in den Jahren 1991 und 1992 – verzeichnet; seither ist im Bundesdurchschnitt eine ganz allmähliche Verbesserung des Kronenzustandes festzustellen (Abbildung 3). Der Flächenanteil deutlicher

Schäden ist von 30 % im Jahr 1991 auf heute 22 % zurückgegangen. **Seit 1995 hat sich die Schadstufenverteilung nur wenig geändert.** Allerdings haben sich im Vergleich zum Vorjahr die Schwergewichte innerhalb der Schadstufen verlagert – in der Schadstufe 1 zu den höheren und in der Schadstufe 2 zu den geringeren Kronenverlichtungen (Abbildung 4). Bei der Kronenverlichtung nach 5-%-Stufen liegt der Schwerpunkt, der fast die Hälfte der Waldfläche repräsentiert, im Bereich von 10 % bis 20 %.

Die mittlere Kronenverlichtung verläuft parallel zur Entwicklung der Schadstufen 2-4. Sie schwankt seit 1996 um den Wert von 18,5 % (Abbildung 5).

Ältere Bäume sind durchgehend stärker von deutlichen Schäden betroffen als junge, wie die Auswertungen für die einzelnen Baumarten zeigen.

¹⁾ In Bayern und Saarland wurde 1990 wegen der Sturmschäden keine Waldschadenserhebung durchgeführt (123 Stichprobenpunkte wurden zerstört). Die Daten der Erhebung 1989 wurden auch für die Auswertung 1990 verwendet. Auf diese Art und Weise konnte ein Gesamtüberblick erreicht werden.

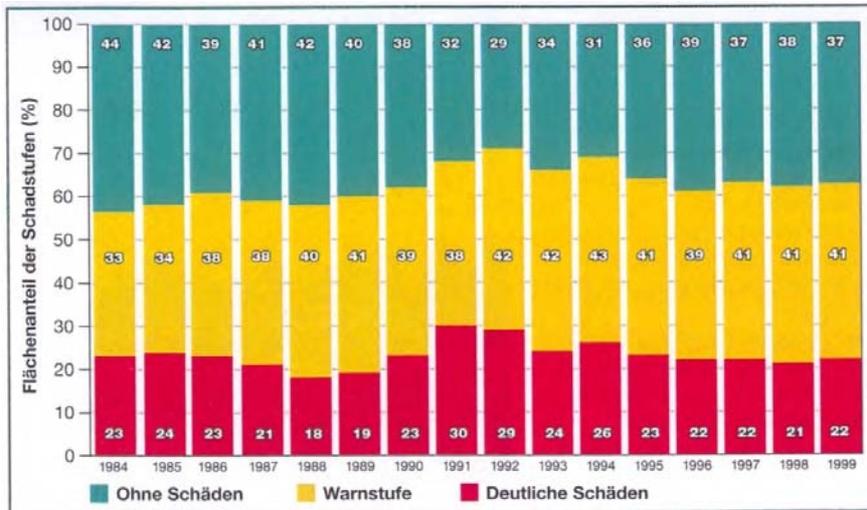


Abbildung 3:
Entwicklung der Schadstufenteile für alle Baumarten (bis 1989 ohne neue Bundesländer; 1999: 13 466 Bäume)

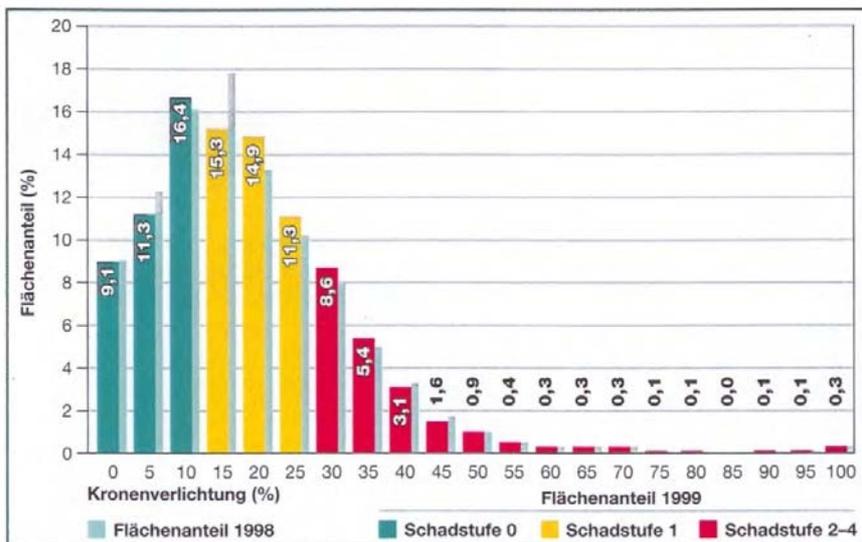


Abbildung 4:
Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung für alle Baumarten (dunkelgrün: Schadstufe 0, gelb: Schadstufe 1, rot: Schadstufe 2-4)

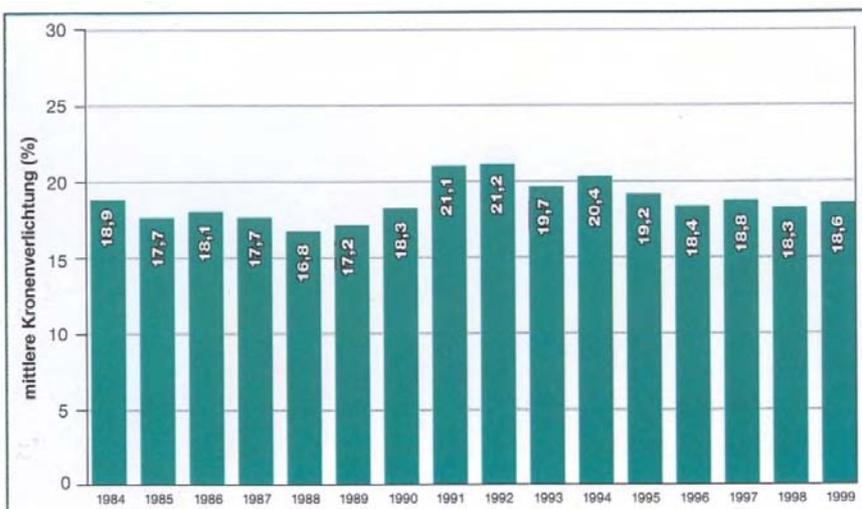


Abbildung 5:
Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung für alle Baumarten

Ergebnisse für die einzelnen Baumarten

Fichte

Die Fichte ist mit etwa 33 % Anteil an der Waldfläche die häufigste Baumart in Deutschland. **Auf 25 % ihrer Fläche werden in diesem Jahr deutliche Schäden festgestellt.**

Die von 1996 bis 1998 bei der Fichte beobachtete allmähliche Zunahme des Flächenanteils deutlicher Schäden hat sich in diesem Jahr nicht fortgesetzt (Abbildung 6).

Die geringfügige Abnahme des Flächenanteils deutlicher Schäden verteilt sich auf den gesamten Bereich zwischen 30 % und 65 % Kronenverlichtung (Abbildung 7). Allerdings hat sich das Schwergewicht in der Schadstufe 0 zu den höheren Kronenverlichtungen verschoben.

Auch an der mittleren Kronenverlichtung wird deutlich, dass sich die seit 1997 beobachtete Verschlechterung in diesem Jahr nicht fortgesetzt hat (vgl. Abbildung 8).

Der Grad der Kronenverlichtung steigt mit dem Bestandesalter stark an (Abbildung 9). Bei den über 60 Jahre alten Bäumen sind die deutlichen Schäden wesentlich häufiger als bei jüngeren Bäumen. Beide Altersgruppen zeigen bis 1996 beim Schadensverlauf einen ähnlichen Trend. Danach stieg der Flächenanteil deutlicher Schäden bei der Altersgruppe über 60 Jahre um 7 %-Punkte auf 40 % an, während sie sich bei den jüngeren Bäumen sogar verminderten. **In diesem Jahr hat der Flächenanteil deutlicher Schäden bei den älteren Bäumen um 3 %-Punkte abgenommen.** In der Altersgruppe unter 60 Jahre ist mit 5 % der niedrigste Stand seit Beginn der Zeitreihe erreicht.

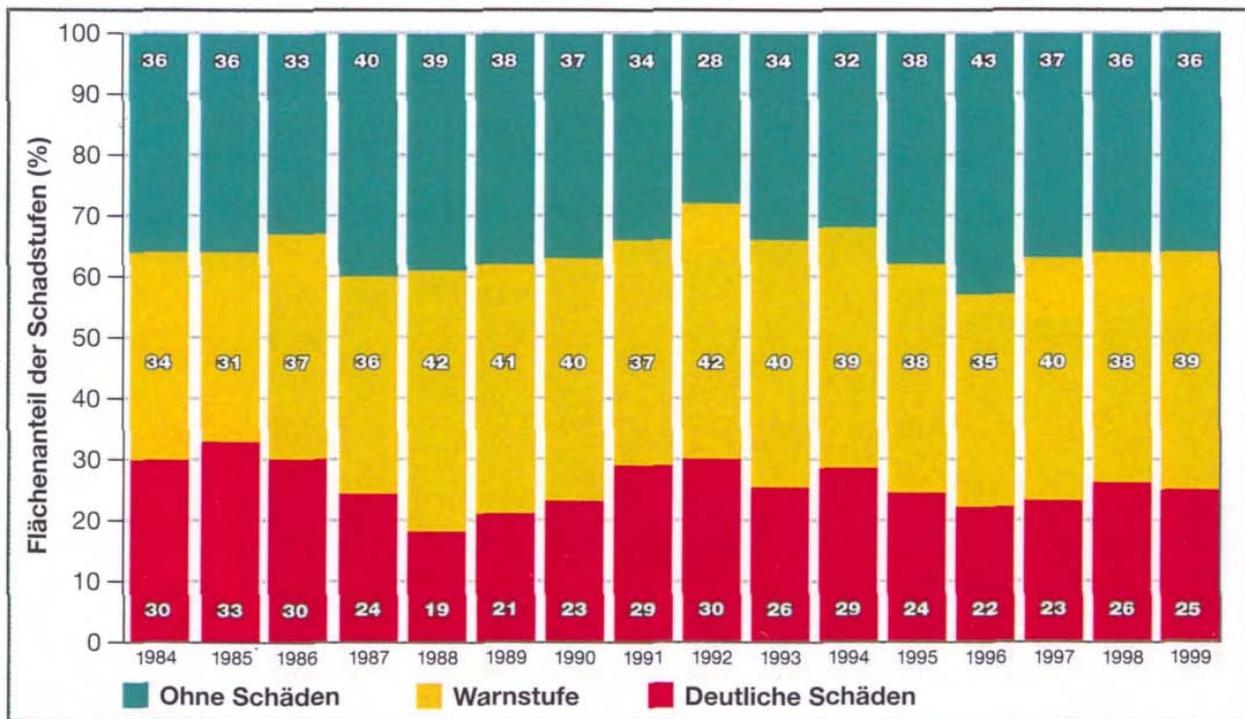


Abbildung 6: Entwicklung der Schadstufenanteile für die Baumart Fichte (bis 1989 ohne neue Bundesländer; 1999: 4 871 Bäume)

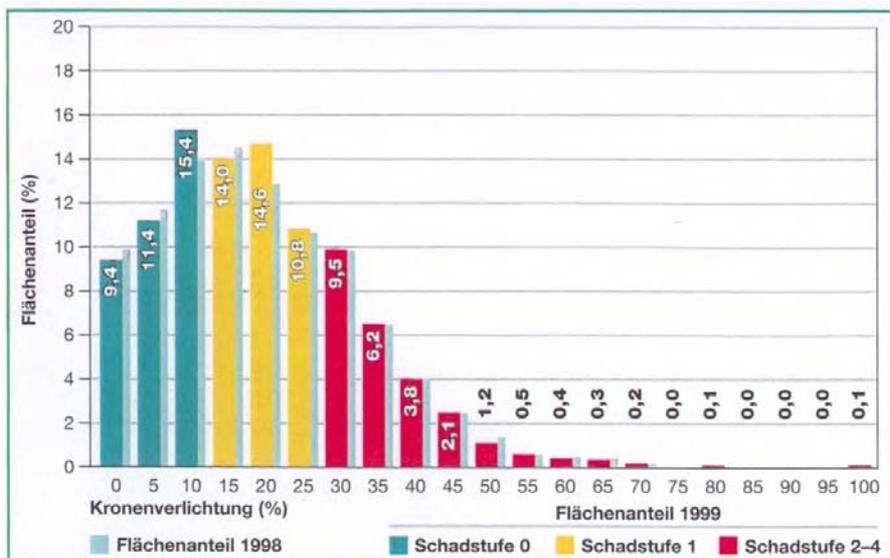


Abbildung 7:
Häufigkeitsverteilung der
Kronenverlichtung der Baum-
art Fichte
(dunkelgrün: Schadstufe 0,
gelb: Schadstufe 1,
rot: Schadstufe 2-4)

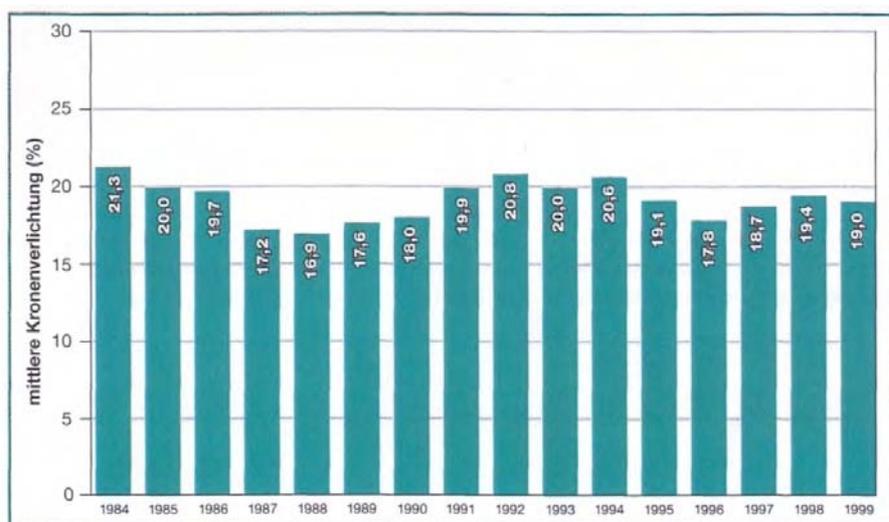


Abbildung 8:
Entwicklung der mittleren
Kronenverlichtung bei Fichte

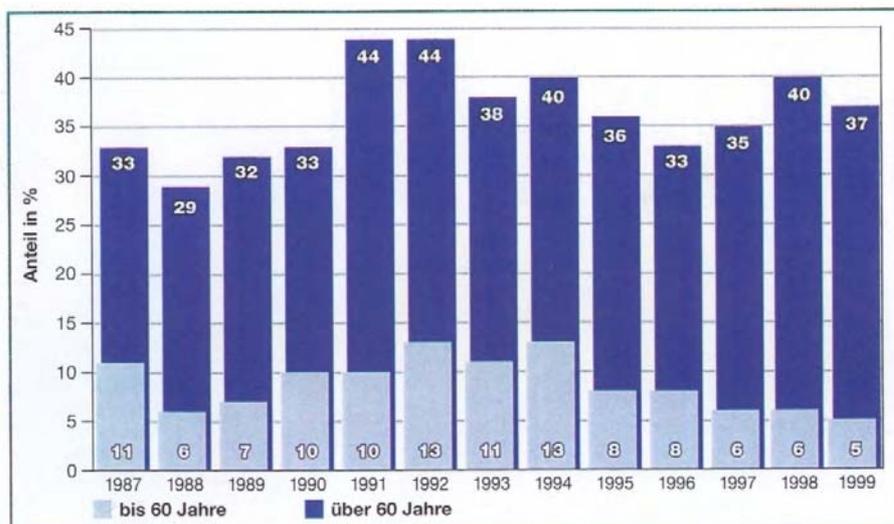


Abbildung 9:
Entwicklung der deutlichen
Schäden nach Altersgruppen
für die Baumart Fichte
< 60 Jahre: 1 678 Bäume
> 60 Jahre: 3 173 Bäume

Kiefer

Die Kiefer ist mit 28 % Anteil an der Waldfläche die zweithäufigste Baumart in Deutschland. **Trotz einer Verschlechterung um 3 %-Punkte gegenüber dem Vorjahr weist die Waldschadenserhebung 1999 für Kiefer mit einem Flächenanteil deutlicher Schäden von 13 % den niedrigsten Wert der vier Hauptbaumarten auf.**

Bis zum Jahre 1991 stieg das Schadniveau bei Kiefer stark an. Nach einer raschen Verbesserung insbesondere in den neuen Ländern innerhalb weniger Jahre haben die Kronenverlichtungen bundesweit nun wieder das Niveau wie zu Ende der 80er-Jahre (Abbildung 10).

Die Verschlechterung des Kronenzustandes im Vergleich zum Vorjahr zeigt sich vor allem in der Abnahme der Häufigkeiten zwischen 5 % und 15 % Kronenver-

lichtung. Entsprechend zugenommen hat die Kronenverlichtung zwischen 20 % und 35 % (Abbildung 11).

Die mittlere Kronenverlichtung zeigt einen gleichen Trend wie die Entwicklung der Schadstufen 2-4. Sie schwankt seit 1995 um einen Wert von 16 % (Abbildung 12).

Der Flächenanteil deutlich geschädigter Bäume ist bei Kiefer über 60 Jahre wesentlich höher als bei Bäumen unter 60 Jahre. Bis 1994 war die Entwicklung der deutlichen Schäden für beide Altersgruppen ähnlich. Von 1995 bis 1997 verharrte der Flächenanteil der deutlichen Schäden bei den über 60-jährigen Bäumen dann jedoch bei 19 % bis 20 %, während er bei den jüngeren Bäumen kontinuierlich abnahm. **Die diesjährige Zunahme des Flächenanteils deutlicher Schäden beträgt bei den jüngeren Kiefern 3 %-Punkte und bei den über 60-jährigen 2 %-Punkte.**

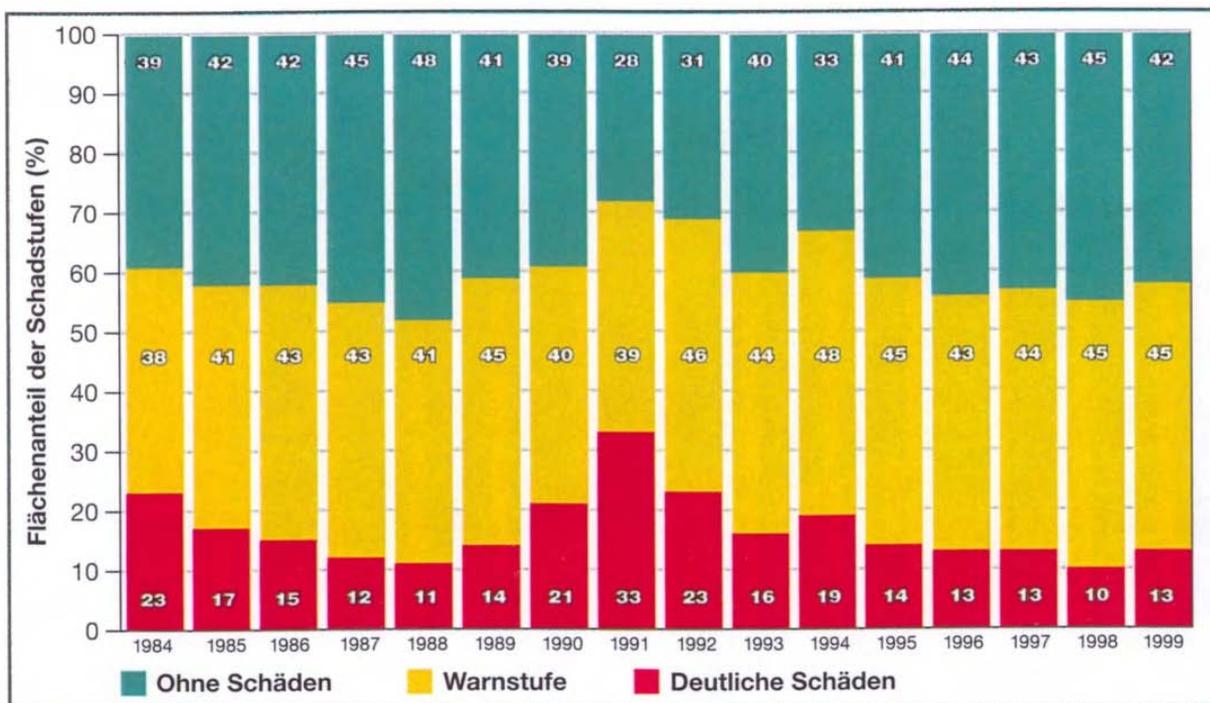


Abbildung 10: Entwicklung der Schadstufenanteile für die Baumart Kiefer (bis 1989 ohne neue Bundesländer; 1999: 3 886 Bäume)

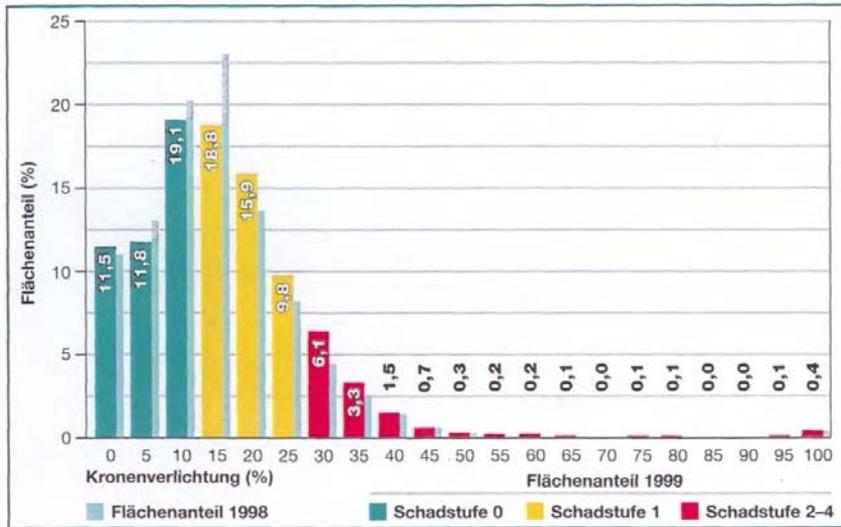


Abbildung 11:
Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung bei der Baumart Kiefer (dunkelgrün: Schadstufe 0, gelb: Schadstufe 1, rot: Schadstufe 2-4)

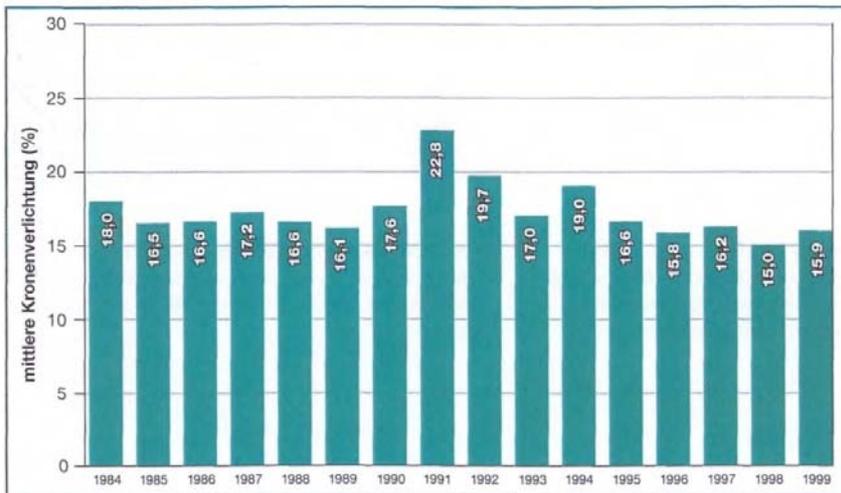


Abbildung 12:
Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung bei Kiefer

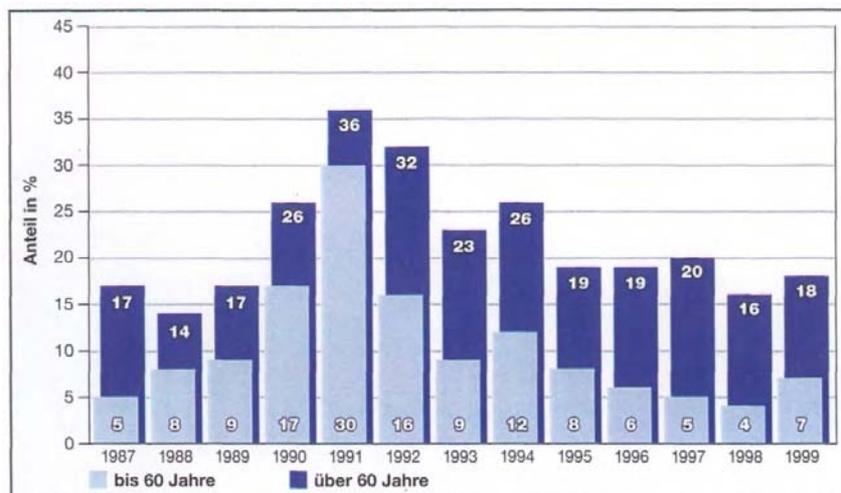


Abbildung 13:
Entwicklung der deutlichen Schäden nach Altersgruppen für die Baumart Kiefer
< 60 Jahre: 1.576 Bäume
> 60 Jahre: 2.289 Bäume

Buche

Die Buche ist mit ca. 14 % Anteil an der Waldfläche die häufigste Laubbaumart in Deutschland. **Mit einem Flächenanteil deutlicher Schäden von 32 % ist sie nach der Eiche die Baumart mit dem zweithöchsten Schadniveau.**

Von 1984 bis 1992 stieg der Flächenanteil deutlicher Schäden von 13 % auf 38 % an. In den beiden folgenden Jahren ging ihr Anteil wieder auf 27 % zurück. Nach einem sprunghaften Anstieg 1995 auf 36 % ging der Flächenanteil deutlicher Schäden zurück und schwankt seitdem zwischen 29 % und 32 %.

Die Flächenanteile der Bäume mit geringen Blattverlusten von 0 % bis 15 % sind im Vergleich zum Vorjahr geringer geworden (Abbildung 15). Eine entsprechende Zunahme wird bei Kronenverlichtungen von 20 % bis 35 % festgestellt. Die geringfügige Zunahme des Flä-

chenanteils deutlicher Schäden kommt also durch eine Verschiebung im Bereich der Grenze zwischen den Schadstufen 1 und 2 zustande. Die Kronenverlichtungen von 40 % bis 50 % sind dagegen sogar etwas zurückgegangen.

Von 1989 bis 1992 stieg die mittlere Kronenverlichtung von 17 % auf fast 25 % an und schwankt seitdem auf hohem Niveau zwischen ca. 22 % und 24 % (vgl. Abbildung 16).

Wie bei den anderen Hauptbaumarten sind bei Buche über 60-jährige Bäume von deutlichen Schäden stärker betroffen als jüngere (Abbildung 17). Der Zustand der jüngeren Bäume hat sich seit 1995 spürbar verbessert, während die älteren Buchen weiterhin auf einem hohen Schadniveau liegen. Sowohl bei den jüngeren wie bei den älteren Bäumen haben im Vergleich zum Vorjahr die deutlichen Schäden zugenommen.

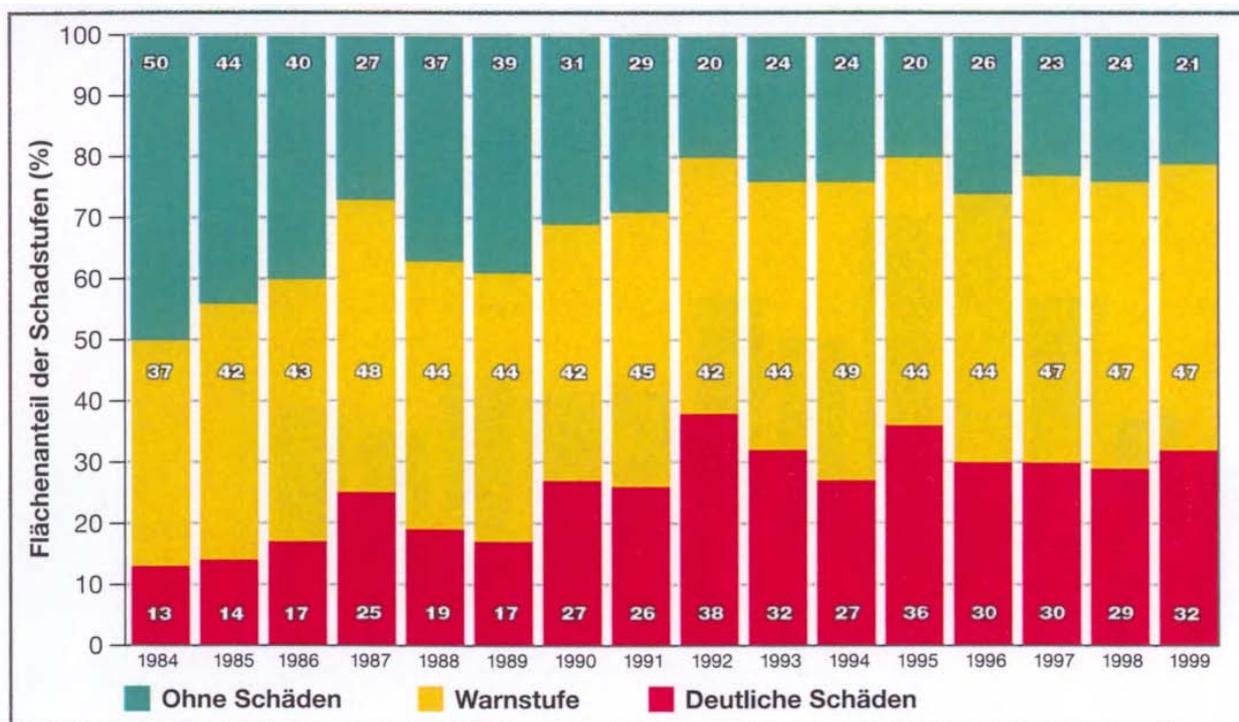


Abbildung 14: Entwicklung der Schadstufenanteile für die Baumart Buche (bis 1989 ohne neue Bundesländer; 1999: 2 002 Bäume)

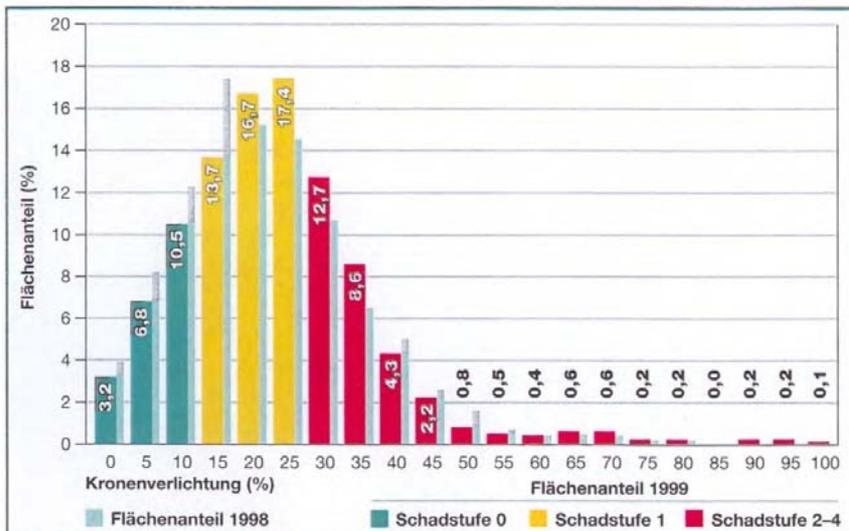


Abbildung 15:
Häufigkeitsverteilung der
Kronverlichtung bei der
Baumart Buche
(dunkelgrün: Schadstufe 0,
gelb: Schadstufe 1,
rot: Schadstufe 2-4)

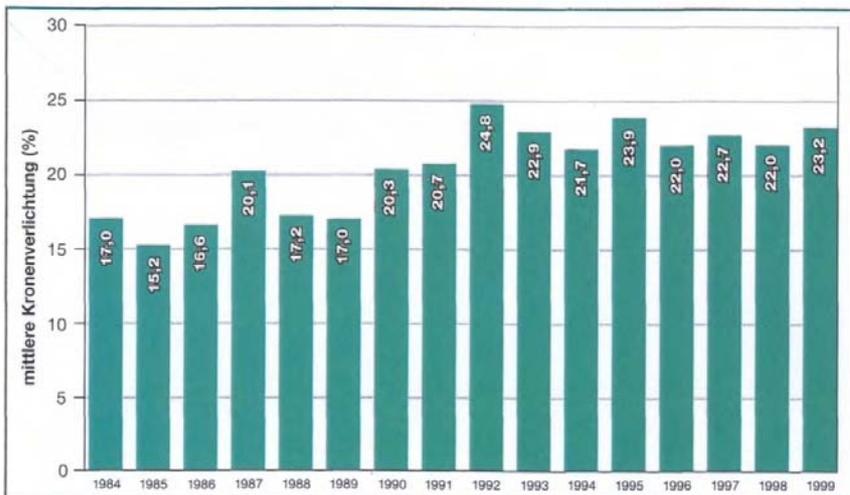


Abbildung 16:
Entwicklung der mittlere
Kronverlichtung
bei Buche

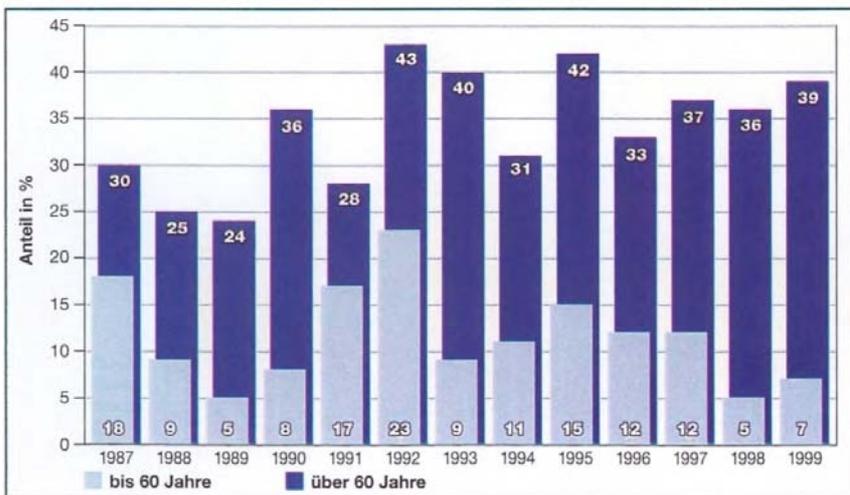


Abbildung 17:
Entwicklung der deutlichen
Schäden nach Altersgruppen
für die Baumart Buche
< 60 Jahre: 450 Bäume
> 60 Jahre: 1 542 Bäume

Eiche

Die Eiche ist mit ca. 9 % Anteil an der Waldfläche die vierthäufigste Baumart in Deutschland.

Nachdem der Flächenanteil deutlicher Schäden bei Eiche von 1997 zu 1998 erheblich abgenommen hatte, stieg er im Vergleich zum Vorjahr um 7 %-Punkte auf 44 % an. Die deutlichen Schäden haben das hohe Niveau von 1996/97 nicht wieder erreicht (Abbildung 18). Die Eiche ist die am meisten geschädigte Hauptbaumart in Deutschland.

Die Häufigkeitsverteilung (Abbildung 19) ist im Ver-

gleich zu anderen Baumarten breit. Die Veränderungen zum Vorjahr sind erheblich und betreffen die gesamte Häufigkeitsverteilung.

Die Darstellung der mittleren Kronenverlichtungen in Abbildung 20 zeigt, dass der Kronenzustand der Eiche in diesem Jahr etwa dem von 1994 entspricht und somit noch deutlich besser ist als zum Höhepunkt der Schäden in den Jahren 1996 und 1997.

Die Zunahme des Flächenanteils deutlicher Schäden im Vergleich zum Vorjahr betrifft die jüngeren Eichen mit 11 %-Punkten mehr als die älteren mit 6 %-Punkten (Abbildung 21).

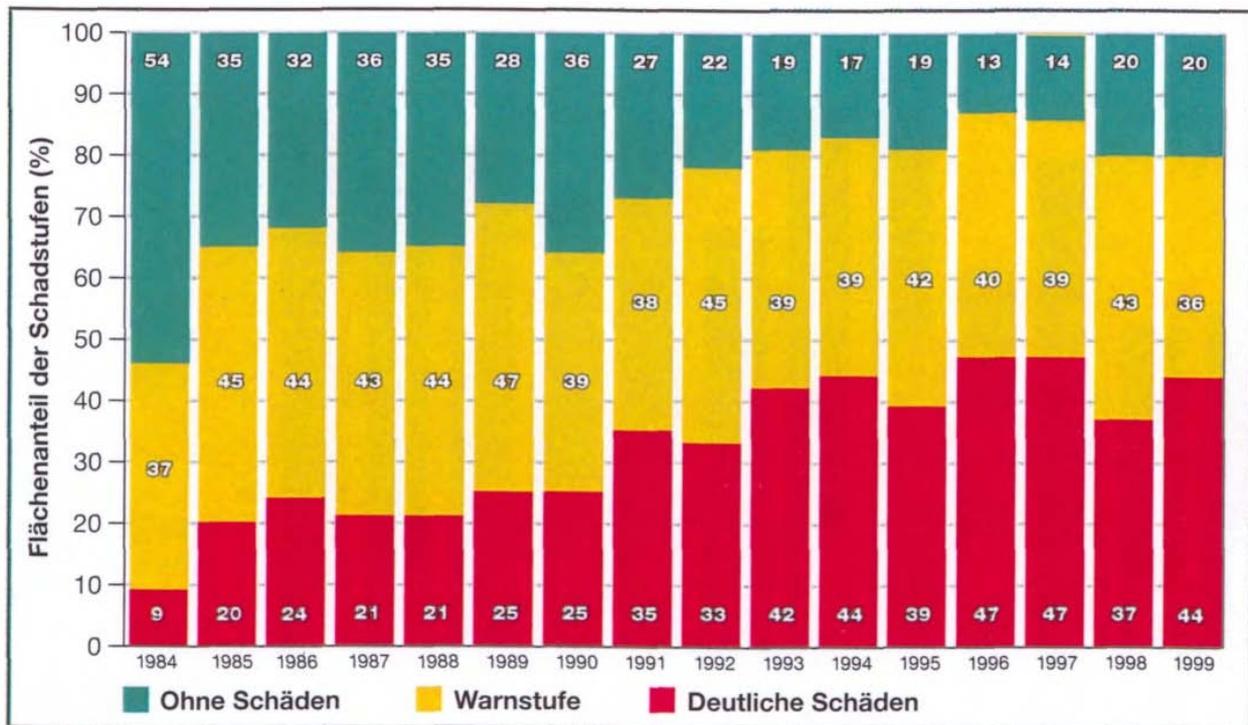


Abbildung 18: Entwicklung der Schadstufenanteile für die Baumart Eiche (bis 1989 ohne neue Bundesländer; 1999: 731 Bäume)

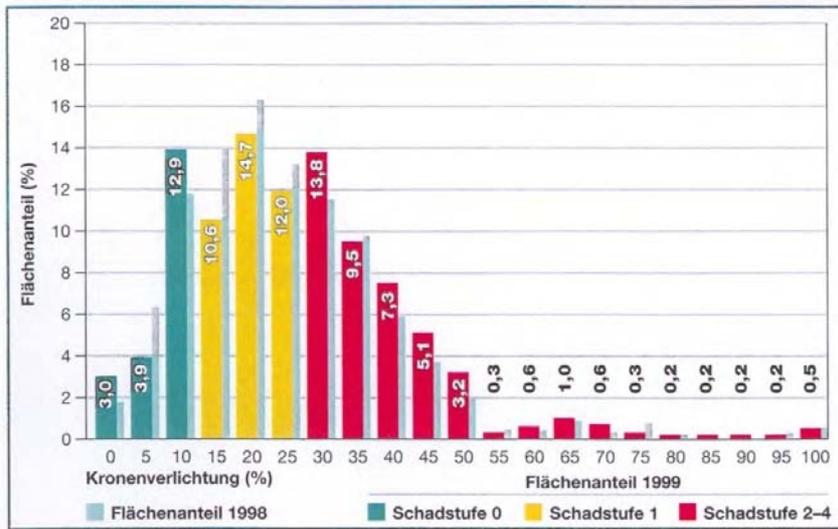


Abbildung 19:
Häufigkeitsverteilung der
Kronenverlichtung bei der
Baumart Eiche
(dunkelgrün: Schadstufe 0,
gelb: Schadstufe 1,
rot: Schadstufe 2-4)

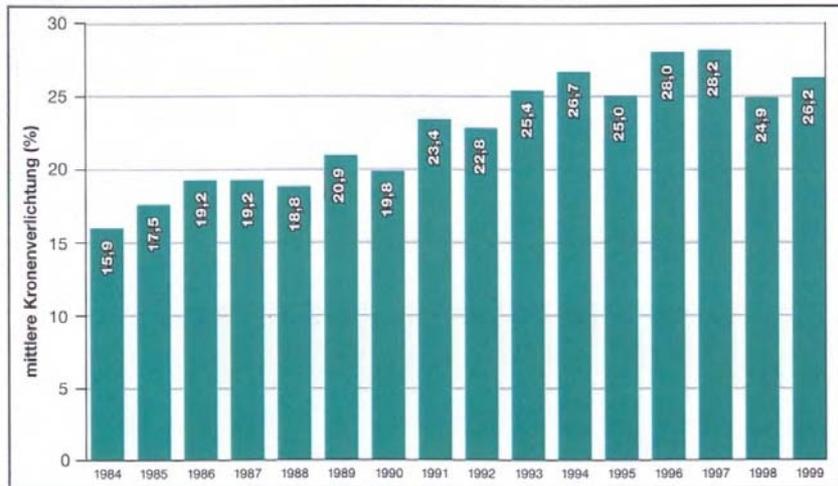


Abbildung 20:
Entwicklung der middle-
ren Kronenverlichtung
bei Eiche

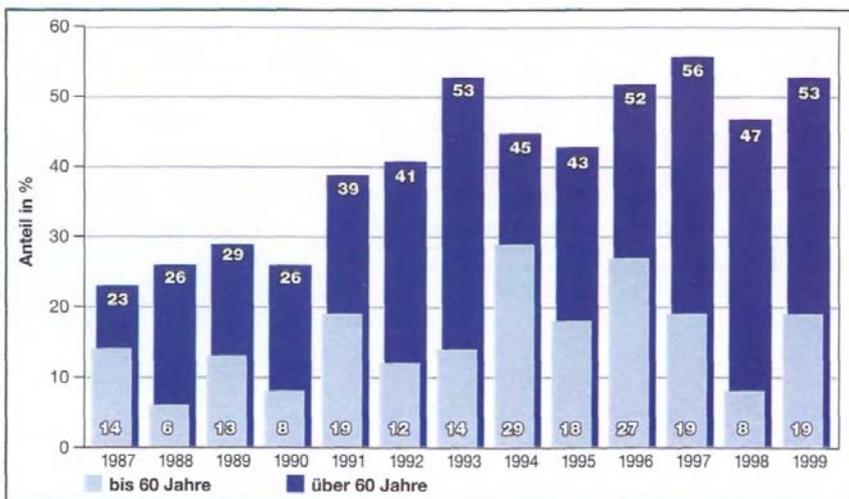


Abbildung 21:
Entwicklung der deutlichen
Schäden nach Altersgrup-
pen für die Baumart Eiche
< 60 Jahre: 164 Bäume
> 60 Jahre: 510 Bäume

Andere Nadelbäume

Für die Gruppe der „anderen Nadelbäume“ (vor allem Lärche, Douglasie, Tanne) wird nach Höhepunkten der Schäden zu Mitte der 80er- und Mitte der 90er-Jahre nun wieder eine ständige Verbesserung des Kronenzustandes festgestellt. **Die Kronenverlichtungen sind seit drei Jahren auf ihrem niedrigsten Niveau seit dem Beginn der Waldschadenserhebung im Jahre 1984. Der Flächenanteil deutlicher Schäden liegt 1999 bei 24 %** (Abbildung 22).

Die Verbesserung im Vergleich zum Vorjahr ergibt sich vor allem aus der Zunahme der Schadstufe 0.

Eine nach Baumarten getrennte Auswertung (z. B. für Tanne) ist für die „anderen Nadelbäume“ wie auch für die „anderen Laubbäume“ aufgrund ihrer zu geringen Anzahl in der Stichprobe nicht möglich.

Der Kronenzustand und seine Entwicklung kann bei den einzelnen Baumarten der zusammengefassten Baumartengruppen sehr unterschiedlich sein. Weitere Auswertungen sind daher nicht sinnvoll.

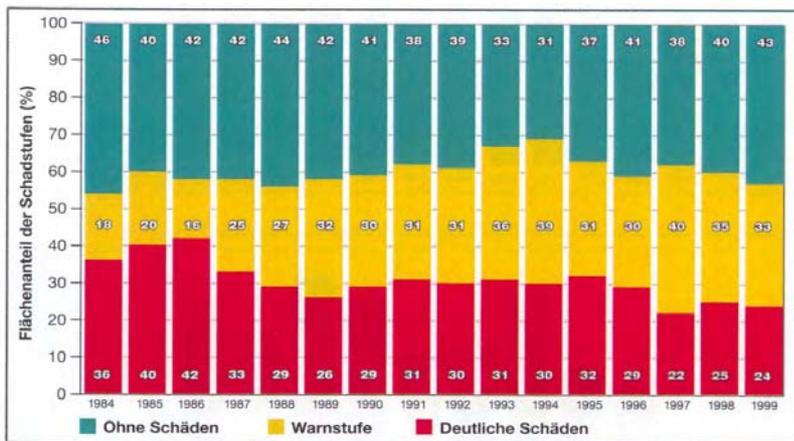


Abbildung 22: Entwicklung der Schadstufenanteile für die Gruppe der „anderen Nadelbäume“ (Tanne, Lärche, Douglasie) (bis 1989 ohne neue Bundesländer; 1999: 734 Bäume)

Andere Laubbäume

Bei der Gruppe der „anderen Laubbäume“ (vor allem Esche, Ahorn, Birke, Erle, Hainbuche, Linde, Pappel) beläuft sich der Flächenanteil der deutlichen Schäden in diesem Jahr auf 11 % und liegt somit um 2 %-Punkte niedriger als im Vorjahr.

Bei den „anderen Laubbäumen“ haben die Neuartigen Waldschäden, ähnlich wie bei Buche, bis 1992 erheblich zugenommen. Danach hat sich ihr Kronenzustand zunächst stark, danach langsamer aber kontinuierlich verbessert (Abbildung 23).

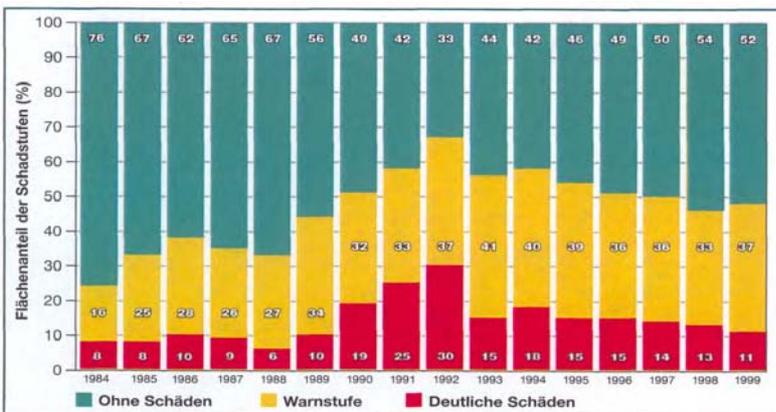


Abbildung 23: Entwicklung der Schadstufenanteile für die Gruppe der „anderen Laubbäume“ (Esche, Ahorn, Birke, Erle, Hainbuche, Linde, Pappel) (bis 1989 ohne neue Bundesländer; 1999: 1 242 Bäume)

Räumliche Verteilung

Die Karte der mittleren Kronenverlichtungen soll einen groben Überblick über die räumliche Verteilung der 433 Probepunkte liefern. Dabei darf jedoch von der mittleren

Kronenverlichtung an einem Probepunkt nicht auf den Zustand seiner Umgebung geschlossen werden, da der Punkt aufgrund oft kleinräumiger Besonderheiten der Standorts-, Immissions- oder Bestandesbedingungen nicht zwangsläufig für seine Umgebung typisch sein

muss. Nur wenn in der Kartendarstellung eine Symbolfarbe häufig auftritt, ist dies ein Hinweis auf die Situation in einer Region. Außerdem sind bei den hier abgebildeten Karten alle Baumarten und Altersklassen zusammengefasst.

Vergilbung

Die zusätzliche Erfassung der Vergilbung, die in den Flächenanteil der deutlichen Schäden der Stichprobenbäume mit eingeht, verändert das Ergebnis der Waldschadenserhebung 1999 kaum. 98 % der Probestämme weisen keine Vergilbung auf.

Einfluss der direkt erkennbaren Schadursachen

Bei der Waldschadenserhebung werden unmittelbare Schadursachen, die am Probebaum zum Zeitpunkt der Erhebung direkt erkennbar sind, erfasst. Solche Schadursachen sind Wild, Insekten, Pilze sowie abiotische

oder unmittelbare menschliche Einflüsse. Derartige Schadursachen wurden an 9 % der Probestämme beobachtet. In der Gesamtbetrachtung erhöht sich der Anteil der deutlichen Schäden durch diese unmittelbaren Schadfaktoren jedoch unwesentlich.

Die häufigste direkt erkennbare Schadursache sind Fraßschäden durch Insekten. Insgesamt wurden in diesem Jahr an rund 6 % der Probestämme Fraßschäden von Insekten festgestellt, davon 1,2 % mit mittlerer oder starker Intensität. Von den Laubbäumen weisen rund 15 % und von den Nadelbäumen rund 3 % Insektenschäden auf.

Fruktifikation

1999 wurde erstmalig an allen Probestämmen die „Fruktifikation“ erhoben. Ein Einfluss auf die Kronenverlichtung konnte in diesem Jahr nicht festgestellt werden. Erhebungen dieses Merkmals in den Folgejahren können jedoch weitere Ergebnisse hierzu liefern.

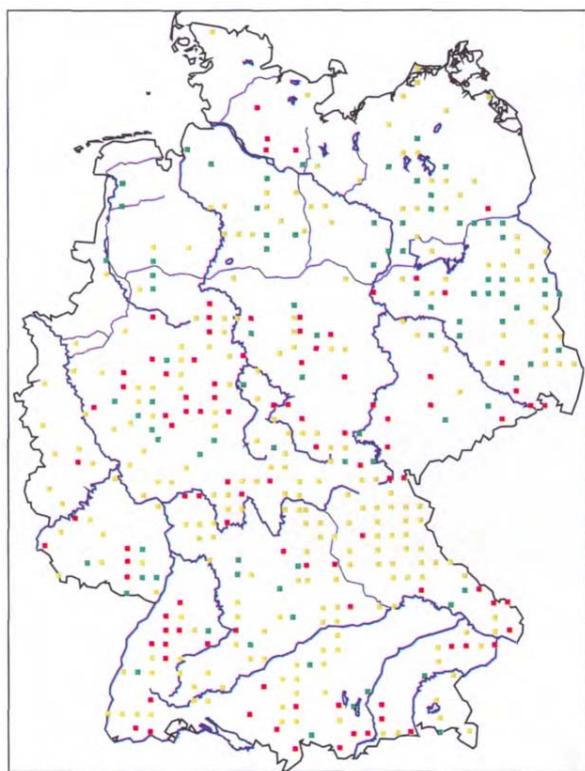


Abbildung 24:
Mittlere Kronenverlichtung 1999 je Stichprobenpunkt für alle Baumarten

Grün: bis 10 %
Gelb: über 10 bis 25 %
Rot: über 25 %

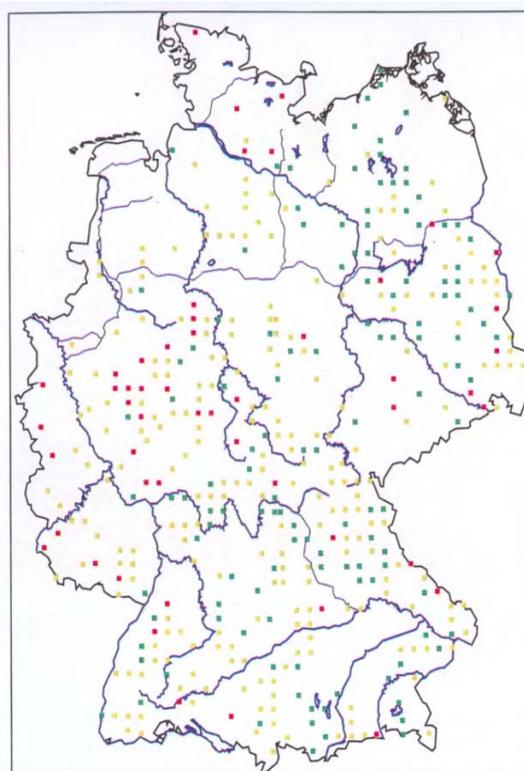


Abbildung 25:
Mittelfristige Veränderung der mittleren Kronenverlichtung je Stichprobenpunkt für alle Baumarten
(Mittelwert 1997 bis 1999 im Vergleich zum Mittelwert 1992 bis 1994)

Grün: Verbesserung über 5 %
Gelb: unverändert (bis ± 5 %)
Rot: Verschlechterung über 5 %

Bestandesschluss

In diesem Jahr wurde an allen Probepunkten erstmals bundesweit die Bestandesdichte angesprochen, um einen Zusammenhang zwischen der Kronenverlichtung und der Bestandesdichte zu untersuchen. Der Bestandesschluss beschreibt die Dichte, mit der die Kronen miteinander verzahnt sind. Ein Bestand wird z. B. als „gedrängt“ bezeichnet, wenn die Kronen tief in- und übereinander greifen und als „licht“, wenn der Abstand zwischen den Kronen etwa einen Kronendurchmesser beträgt.

Zwischen der Bestandesdichte und der Kronenverlichtung (dargestellt als Schadstufenverteilung) besteht für Fichte über 60 Jahre ein deutlicher Zusammenhang (Abbildung 26). In dicht geschlossenen Beständen treten größere Kronenverlichtungen viel weniger auf als in Beständen mit lichtem Kronendach. Allerdings lässt sich aus den vorliegenden Daten nicht ermitteln, ob dieselben Einflüsse, die zu einer Kronenverlichtung führen, auch eine geringe Bestandesdichte verursachen, oder ob die Kronenverlichtungen eine Folge der Bestandesauflichtung sind.

Der in der Abbildung für Fichte dargestellte Zusammenhang trifft in ähnlicher Form auch für die Eiche und Buche zu. Nur schwach ausgeprägt ist er jedoch für Kiefer und die Gruppe der anderen Laubbäume. In jüngeren Beständen treten Bestandesverlichtungen selten auf.

Statistische Sicherheit

Stichprobenverfahren erfordern zur Erfassung des Waldzustandes nur die Begutachtung kleiner Teile der Waldfläche. Da die Probestämme nach dem Zufallsprinzip

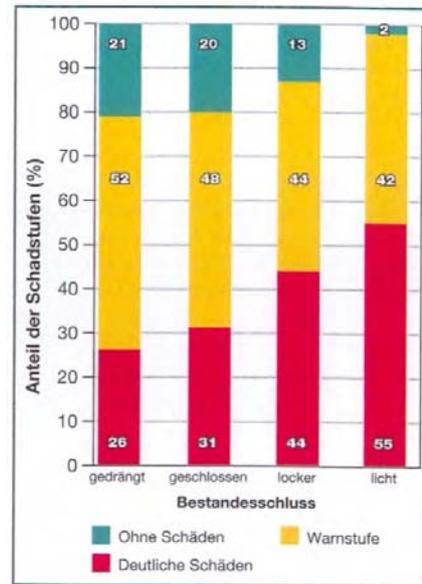


Abbildung 26: Schadstufenverteilung bei Fichte (über 60 Jahre) für unterschiedlichen Bestandesschluss

ausgewählt sind, kann man mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgehen, dass in dieser Stichprobe dieselben Verhältnisse vorgefunden werden wie im gesamten Wald. Der bei der Hochrechnung von der Stichprobe auf die gesamte Waldfläche entstehende Stichprobenfehler ist in Abbildung 27 dargestellt.

Ersatz von Stichprobenbäumen

Das Stichprobenkollektiv kann sich von Jahr zu Jahr durch das Ausscheiden von Probepunkten und Probestämmen ändern. Für den Bericht über den Zustand des

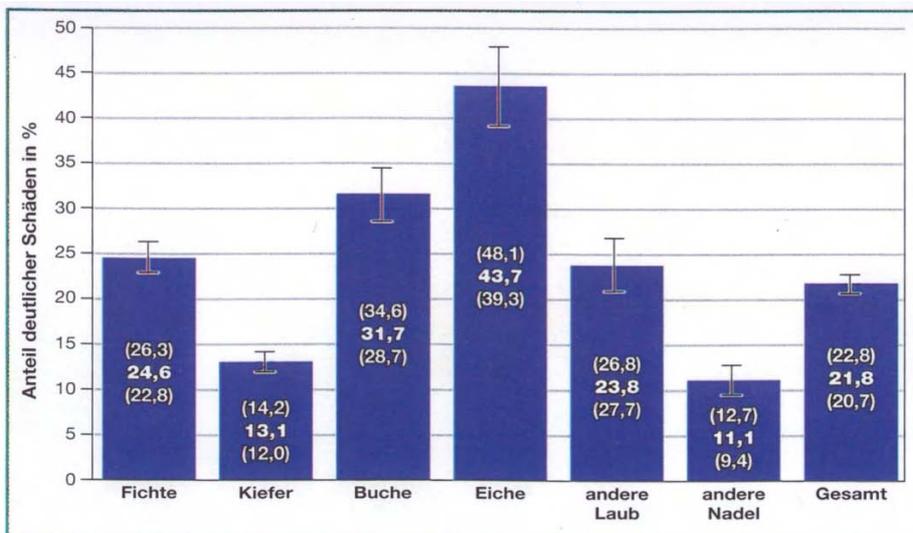


Abbildung 27: Anteil deutlicher Schäden und Stichprobenfehler im Jahr 1999 (Mit 68 % Wahrscheinlichkeit liegt der wahre Anteil in dem blau gekennzeichneten Bereich)

Waldes 1999 wurden die Kronenansprachen von 13 466 Bäumen ausgewertet, die sich auf 433 Stichprobenpunkte des 16 x 16 km-Stichprobennetzes verteilen. Von 1998 zu 1999 sind insgesamt 364 bzw. 2,8 % der Stichprobenbäume ausgeschieden. Diese Änderungen spielen statistisch gesehen allerdings kaum eine Rolle.

- Ausgeschiedene Einzelbäume wurden durch die nächststehenden Nachbarbäume ersetzt. Zwar haben die Ersatzbäume im Durchschnitt etwas geringere Kronenverlichtungen als die ausgeschiedenen. Da jedoch nur sehr wenige Probestämme ersetzt werden, verändert sich der Anteil der Schadstufen dadurch nur um 0,3 %-Punkte. Der Waldzustand wird somit durch den Ersatz ausgefallener Stichprobenbäume nicht signifikant verändert.
- Seit der letzten Erhebung ist in diesem Stichprobennetz kein Probestamm ausgefallen.
- Stichprobenbäume sind aus folgenden Gründen ausgeschieden:
 - 246 Bäume (1,9 % aller Probestämme) sind im Zuge von planmäßigem Holzeinschlag entnommen worden. Andere Ursachen haben daneben eine vergleichsweise geringe Bedeutung.
 - Bei 38 Bäumen konnten die Ursachen für eine Entnahme (36) bzw. für ein Absterben (2) nicht mehr ermittelt werden.
 - 41 Bäume sind aus der Erhebung ausgeschieden, weil sie im Wachstum hinter die bestandesbildenden Bäume zurückgefallen sind und nicht mehr am Kronendach beteiligt sind.
 - 8 Bäume sind so schwer von Insekten und/oder Pilzen befallen, dass sie entnommen wurden (7) oder abstarben (1).
 - 2 Bäume sind durch den Wind umgeworfen oder so stark angeschoben, dass sie nicht mehr eingeschätzt werden konnten.
 - 6 Bäume konnten nicht mehr bewertet werden, weil mehr als 50 % der Krone abgebrochen sind.
 - 23 Bäume schieden wegen abiotischer Einflüsse (vor allem Sturmwurf, Schneebruch, Feuer) aus.

II.2.3 Witterung

Regional bestehen im Witterungsgeschehen große Unterschiede, die zu berücksichtigen sind.

Im Sommer 1996 konnte durch eine kühle Witterung und hohe Niederschläge ein Wasserdefizit aus dem kalten und extrem trockenen Winter über das Jahr wieder ausgeglichen werden. Das Frühjahr 1997 war niederschlagsreich, während sich der Sommer allgemein als zu warm und zu trocken erwies. Im Frühjahr 1998 wechsel-

ten sich trockene und warme sowie kühle und nasse Phasen ab. Während im Norden und Osten die Sommermonate tendenziell hohe Niederschlagssummen und hohe Temperaturen aufwiesen, waren im übrigen Deutschland die Niederschläge gering.

Die Witterung war 1999 im Vergleich zum langjährigen Mittel zu warm. Die Niederschlagsverteilung stellte sich im zeitlichen Verlauf wie in der räumlichen Verteilung bundesweit sehr uneinheitlich dar. Im Februar und März wurden in großen Teilen Deutschlands hohe Niederschläge verzeichnet, die allgemein zu einer guten Wasserversorgung des Waldes im Frühjahr beitrugen. Während im Frühjahr und Sommer insbesondere im Süden und Südwesten hohe Niederschläge verzeichnet wurden, fielen die Niederschlagssummen im Osten teilweise erheblich hinter das langjährige Mittel zurück.

II.2.4 Stoffeinträge auf Level II-Flächen

Stoffeinträge werden bislang auf 80 der 89 deutschen Dauerbeobachtungsflächen im Wald (Level II) erfasst. Eine repräsentative Aussage zu den Stoffeinträgen lässt sich für Deutschland auf dieser Grundlage nicht treffen, da die wenigen Flächen nicht nach statistischen Kriterien ausgesucht wurden. Die dort gemessenen Werte geben jedoch einen Anhalt für die augenblickliche Eintragungssituation in der Umgebung der Level II-Flächen.

Die Stickstoffeinträge auf den Flächen lagen in den Jahren 1996 und 1997 zwischen 9 und 46 Kilogramm pro Hektar und Jahr mit einem Mittelwert von 25 kg. Wälder verbrauchen für ihr Wachstum jedoch deutlich weniger als 25 kg, in der Regel zwischen ca. 5 kg und 15 kg Stickstoff je Jahr und Hektar. Einträge von 15 kg Stickstoff werden auf 72 (90 %) der ausgewerteten deutschen Level II-Flächen überschritten (Abbildung 28). Europaweit liegen die Stickstoffeinträge nur auf 45 % der untersuchten Level II-Flächen über 15 kg. Dies weist auf die hohe Stickstoffbelastung der deutschen Flächen im europäischen Vergleich hin.

Stickstoffeinträge erfolgen zum größten Teil in Form von Nitrat- und Ammoniumstickstoff. Der Anteil des Letzteren schwankt zwischen den Flächen erheblich, doch liegt sein Anteil an der Gesamtstickstoffdeposition auf 66 der deutschen Untersuchungsstandorte bei über 50 %. Da Ammonium überwiegend aus der Landwirtschaft stammt, wird an diesem Beispiel die Bedeutung der Landwirtschaft bei der Reduzierung der Stickstoffeinträge deutlich.

Die jährlichen Schwefeleinträge auf den Dauerbeobachtungsflächen im Wald lagen zwischen 5,5 kg und 44 kg pro Hektar und Jahr mit einem Mittelwert von 14 kg (Abbildung 29). Die Schwefeleinträge sind damit gegenüber den letzten Jahrzehnten deutlich gesunken.

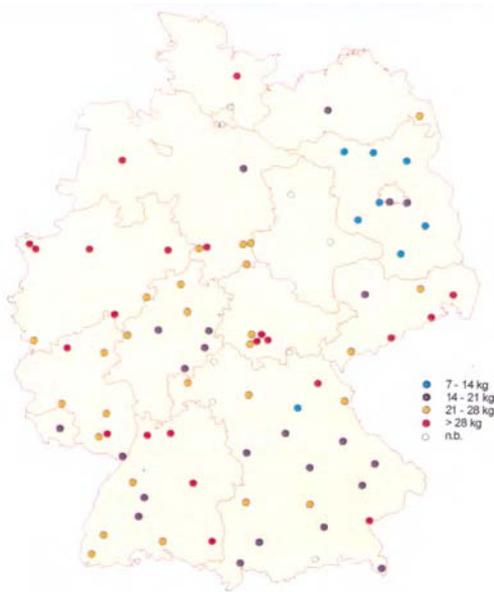


Abbildung 28:
Eintrag von Gesamtstickstoff auf den Level II-Flächen
(1996 und 1997)

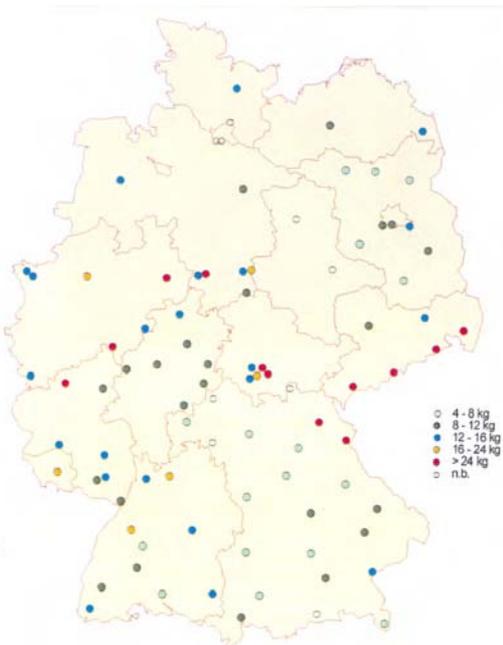


Abbildung 29:
Eintrag von Gesamtschwefel auf Level II-Flächen
(1996 und 1997)

Schwefeleinträge über 16 kg ²⁾ zeichnen 18 (23 %) der Level II-Flächen aus. In anderen europäischen Staaten allerdings überschreiten rund 30 % der Untersuchungsflächen diesen Wert. Im Durchschnitt sind die Sulfateinträge auf den deutschen Level II-Flächen mit den europäischen Level II-Flächen im Westen und Süden Europas vergleichbar. Niedrigere Schwefeleinträge als in Deutschland werden auf den Flächen in den nördlichen Teilen Skandinaviens, Schottlands und Irlands gemessen. Deutlich höher durch Schwefeldepositionen belastet sind die östlichen Nachbarstaaten Deutschlands.

Die niedrigsten Schwefeleinträge in Deutschland wurden im Bezugszeitraum auf den Flächen in brandenburgischen Kiefernbeständen (5,4 - 8,2 kg) gemessen. Auch die bayerischen Level II-Waldflächen zeichnen sich durch allgemein niedrige Schwefeleinträge aus.

Die Level II-Flächen im Solling, in der Egge, im Rothaargebirge, in der Osteifel ebenso wie im Oberpfälzer Wald und im Fichtelgebirge in Bayern sind mit Fichten bestockte, immissionsexponierte Lagen der Mittelgebirge mit Schwefeleinträgen um 25 kg. Durch immer noch hohe Schwefeleinträge in einem Bereich zwischen 28 kg und 44 kg je Hektar und Jahr sind schließlich die Level II-Flächen im Erzgebirge, im Elbsandsteingebirge und in der Oberlausitz sowie im Thüringer Gebirge gekennzeichnet.

Die Stoffeinträge von Stickstoff und Schwefel in Wälder übertreffen die Freilandwerte im Mittel um das 1,5- bis 3-fache. Dies liegt an der großen Oberfläche und Rauigkeit des Kronendaches, wodurch Luftverunreinigungen stark ausgekämmt werden.

²⁾ bei europaweiten Auswertungen verwendeter Bezugswert

Wirkung von Luftverunreinigungen:

- **Schwefel** tritt insbesondere als Schwefeldioxid (SO₂) in Erscheinung. Es verursacht Beeinträchtigungen der Photosynthese und anderer physiologischer Prozesse, die zu Nadel-/Blattschäden führen können. Aber auch in geringen Konzentrationen bleibt SO₂ nicht ohne Wirkung: So kann über das Blatt aufgenommenes SO₂ die Ernährung von Bäumen nachteilig beeinflussen.
- **Stickstoff** wird als Nitrat und Ammonium in Wälder eingetragen. Der derzeit hohe, aber regional stark variierende Eintrag von Stickstoffverbindungen in Wälder kann demnach ganz verschiedene Wirkungen auslösen. In den meisten betroffenen Waldökosystemen sind je nach der Höhe und Zusammensetzung der Einträge diese Effekte jedoch negativ zu bewerten:
 - **Stickstoffoxide** (NO_x= NO und NO₂) insbesondere NO₂ wird über die Blattoorgane in erheblichem Umfang aufgenommen. Es wirkt in der Regel als "Blattdünger". Das dadurch angeregte Pflanzenwachstum hat einen erhöhten Bedarf an anderen Nährstoffen zur Folge. Auf manchen Waldstandorten stehen diese Nährstoffe (z. B. Magnesium) jedoch nicht ausreichend zur Verfügung. Aber auch an Standorten mit guter Nährstoffversorgung greift NO₂ in Regulationsprozesse des Pflanzenstoffwechsels, die die Aufnahme von Nährstoffen und anderen Ionen steuern, nachteilig ein.
 - **Ammoniak (NH₃)** wirkt - wie NO₂ - bei geringen Konzentrationen wachstumsfördernd auf Pflanzen. Dabei trägt es ebenfalls zur Entstehung von Nährstoffungleichgewichten bei, greift in Regulationsprozesse der Stickstoffernährung ein und erhöht die Anfälligkeit der Bäume gegen andere Stressfaktoren.
- **Einträge von Säuren und säurebildenden Substanzen in Waldböden**, insbesondere die Einträge von Sulfatschwefel, von Nitrat- und Ammoniumstickstoff können zu erheblicher Säurebelastung der Waldböden führen.
- **Bodennahes Ozon (O₃)** entsteht unter dem Einfluss von ultravioletter Sonnenstrahlung sowie unter Mitwirkung von Stickstoffoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen. Bäume nehmen dieses Gas über die Poren in Nadeln und Blättern auf. Dort stört es durch Reaktion mit biochemischen Verbindungen den Pflanzenstoffwechsel. Die Wirkungsmechanismen wurden bisher überwiegend unter kontrollierten Bedingungen an jüngeren Bäumen untersucht. Die Übertragbarkeit dieser Forschungsergebnisse auf Freilandbedingungen und auf ältere Bäume ist noch nicht geklärt.

II.2.5 Schadorganismen

Eine im August 1999 ergänzend zur Waldschadenserhebung bei den Wald- bzw. Forstschutzsachverständigen der Länder zu Schadinsekten und Pilzen durchgeführte Umfrage nennt folgende Befallsschwerpunkte:

Bei den **Schadinsekten an Fichte** sind rindenbrütende **Borkenkäfer**, vor allem Buchdrucker und Kupferstecher, bedeutungsvoll. Bei Befall treten zunächst Verfärbungen an Nadeln und Nadelverluste auf; die befallenen Bäume sterben ab. In den meisten Bundesländern ist keine Zunahme stehendbefallener Bäume registriert worden. Nach wie vor gibt es jedoch Befallsschwerpunkte, z. B. im Schwarzwald und im südwestdeutschen Alpenvorland sowie in den nordost- und v. a. in den süd-

südostbayerischen Mittelgebirgslagen. Im Bereich des Bayerischen Waldes entstand durch Schneebruchschäden des vergangenen Winters zusätzliches Brutmaterial für Borkenkäfer. In Niedersachsen hat die zweite Generation des Buchdruckers in großem Umfang Baumkronen gefällter Fichten, die nach der Holzernte im Wald verbleiben, befallen. Auch der Kupferstecher ist dort in Zunahme begriffen.

Jüngere Tannen wurden örtlich vor allem in Baden-Württemberg stark durch Tannentriebbläuse geschädigt.

Bei den **Schadinsekten an Kiefer** sind vor allem **Kiefernspanner** und **Kiefernspinner** hervorzuheben. Der Fraß der **Kiefernspannerraupe** im Herbst kann das Waldschadenserhebungsergebnis des Folgejahres

negativ beeinflussen. Seit 1996 wurden steigende Dichten in den östlichen Bundesländern und in Niedersachsen beobachtet und es zeichnete sich eine Massenvermehrung ab. In diesem Jahr bildet das Insekt in Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern und im Norden Brandenburgs einen Schwerpunkt. Hohe Dichten und örtlicher Kahlfraß machten Bekämpfungsmaßnahmen in Mecklenburg-Vorpommern auf ca. 12 000 Hektar, in Niedersachsen auf ca. 2 300 Hektar und in Brandenburg auf ca. 500 Hektar erforderlich. Diesjährige Schäden sind erst im Herbst in vollem Umfang erkennbar.

Der **Kiefernspinner** verursacht durch Fraß im Herbst und insbesondere im darauffolgenden Frühjahr Nadelverluste. In den vergangenen Jahren trat dieses Insekt vor allem in Brandenburg und in Sachsen schädigend auf. Auch in diesem Jahr waren Gegenmaßnahmen in Brandenburg auf über 12 000 Hektar und in Sachsen auf ca. 130 Hektar erforderlich.

Wesentliche **Schadinsekten an Eiche** sind vor allem **Eichenwickler** und **Frostspanner-Arten**. In den meisten Bundesländern traten diese Arten 1999 weniger stark auf als in den Vorjahren. Nur in Thüringen ist eine Bekämpfung des Eichenwicklers auf ca. 1.400 Hektar erfolgt. Aber bundesweit sind aufgrund der Vorschädigung in den Vorjahren durch diese und andere Stressfaktoren viele Eichenbestände in ihrer Vitalität gemindert. Häufig führen weitere Krankheiten (z. B. Eichenmehltau) oder auch Sekundärschädlinge, z. B. **Eichenprachtkäfer** u. a. zu Trockenastigkeit, Wipfeldürre und zum Absterben von Bäumen, Baumgruppen und Beständen. Zudem treten immer noch Folgeschäden der Massenvermehrung des **Schwammspinners** der vergangenen Jahre auf, so z. B. im Bienwald, in manchen Befallsgebieten Baden-Württembergs oder auf unbehandelten Versuchsflächen in Bayern. Aus Bayern und Hessen werden bereits wieder steigende Dichten, jedoch noch keine Schäden gemeldet. Das **Eichensterben**, welches als Komplexkrankheit betrachtet werden muss, tritt regional in unterschiedlicher Stärke auf.

Der **Waldmaikäfer** befindet sich insbesondere im nördlichen Oberrheintal in einer Massenvermehrung. In Baden-Württemberg trat 1999 ein starker Flug des südlichen Flugstammes auf, was örtlich zu Kahlfraß an Laubbäumen führte. Bedeutungsvoller aber als die Fraßschäden der Käfer im Laub ist der Larvenfraß der Engerlinge an den Wurzeln der Bäume. Dadurch ist es in den Befallsgebieten örtlich unmöglich, Laubholzkulturen zu begründen und damit den Umbau von Nadelholz- in Mischbestände zu verwirklichen. Der Engerlingsfraß führt auch zum Verlust ökologisch wertvoller älterer Laubholzunterbauten in ehemaligen Kiefern-Reinbeständen.

Bei Buche ist in diesem Jahr auf die Buchenblattgallmücke hinzuweisen, die auf der Blattoberseite Gallbildun-

gen verursachen. Dies führt bei Massenbefall zu Zuwachsverlusten. Weiterhin trat in Baden-Württemberg örtlich der Buchenspringrüßler in Erscheinung.

Zahlreiche **Pilzarten** haben witterungsbedingt auch 1999 in vielen Bundesländern z. T. zu erheblichen Nadel- und Blattverfärbungen oder -verlusten sowie Triebverformungen geführt. Bei Fichte sind u. a. das **Fichtenriebsterben** und bei Lärchen **Trieberkrankungen** zu nennen. **Bräunepilze** sind verstärkt aufgetreten an Buche, Eiche und an sonstigem Laubholz. Auffallend war auch das Auftreten von **Schütteerkrankungen** vor allem an Kiefer und Douglasie sowie die **Grauschimmelfäule** an Maitrieben verschiedener Baumarten. Von Niedersachsen wurde auf **Wurzelfäule** an Buchenjüngwachsen hingewiesen, welche teils durch Vernässung, teils durch *Phytophthora spec.* hervorgerufen wurde und zu sekundärem Pilzbefall (*Phomopsis spec.*, *Cylindrocarpon spec.* und *Nectria spec.*) führte.

II.2.6 Kronenentwicklung stark verlichteter Bäume auf Dauerbeobachtungsflächen

Die Belaubungsdichte der Waldbäume wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Einige dieser Faktoren wie die Standorteigenschaften verändern sich nur langsam, während andere wie Witterung und Insekten- oder Pilzbefall von Jahr zu Jahr stark variieren können. Je nach Ausgangslage führen ungünstige Faktorenkombinationen bei Waldbäumen zu Stress. Bei günstigen Umweltfaktoren kann ein Baum leichter auf Stresssituationen reagieren, seine Reaktionen sind weniger heftig und halten nicht dauerhaft an. Ungünstige Konstellationen dagegen erschöpfen die Selbstregulierungskräfte schneller. Nachhaltige Schäden im Ökosystem sind die Folge.

Aussagen zur Widerstandsfähigkeit der Baumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer gegenüber Stressfaktoren können aus dem Datenmaterial von Dauerbeobachtungsflächen abgeleitet werden

Die Kronenentwicklung stark verlichteter und abgestorbener Bäume wurde für den Zeitraum 1984–1998 untersucht. Hierzu standen die Daten von insgesamt 272 Dauerbeobachtungsflächen „Waldschäden“ (DBF-WS) der Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein zur Verfügung.

Als **stark verlichtet** werden diejenigen Bäume eingestuft, deren Kronenverlichtung im Untersuchungszeitraum auf 65 % und mehr ansteigt. Bei Buche, Fichte und Kiefer ist **ihr Anteil in allen Jahren gering** (unter 2 %). Der Anteil der stark verlichteten Eichen stieg ab 1993 an und erreichte 1997 seinen bisherigen Höhepunkt mit 7,9 % (Abbildung 30).

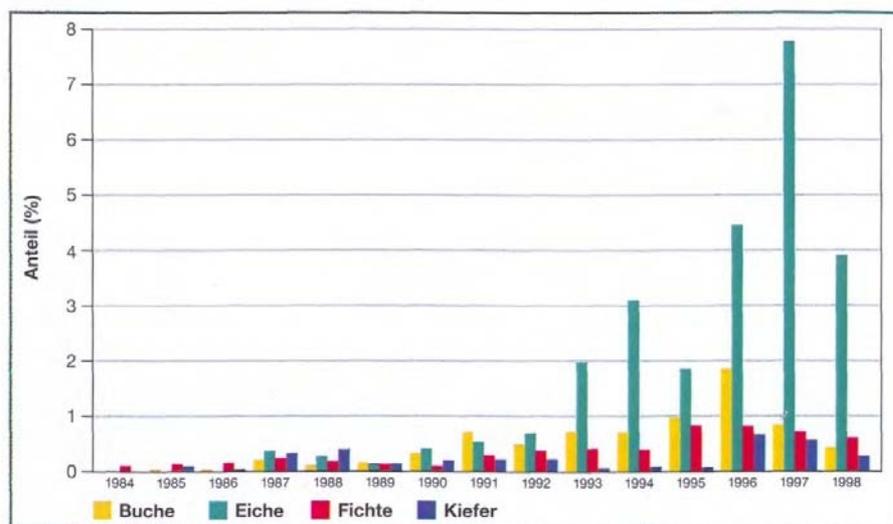


Abbildung 30:
Anteil stark verlichteter
Bäume/Jahr (Kronenverlichtung über 60 %) auf
Dauerbeobachtungsflächen

Bäume mit stark verlichteten Kronen zeigen folgende Entwicklungsmöglichkeiten:

- Die Phase einer erheblichen Kronenverlichtung kann mehrere Jahre andauern,
- der Kronenzustand verbessert sich deutlich oder
- der Baum stirbt ab.

Die Baumarten unterscheiden sich in ihren Anteilen an diesen verschiedenen Entwicklungen deutlich.

Für Eiche, Fichte und Kiefer ist bei starker Kronenverlichtung die Absterbewahrscheinlichkeit im Vergleich zu weniger verlichteten Bäumen beträchtlich erhöht

Aus der Gruppe der Bäume mit starken Verlichtungen sind im Untersuchungszeitraum 27 % abgestorben. Hiervon sind vor allem die Kiefer und die Eiche betroffen, während von den stark verlichteten Buchen keine abgestorben ist.

Die jährliche **Absterberate** ergibt sich aus dem Anteil derjenigen Bäume am Gesamtkollektiv, die 100 % Kronenverlichtung aufweisen. Jeder abgestorbene Baum geht nur in dem Jahr in die Berechnung ein, in dem erstmals eine Kronenverlichtung von 100 % festgestellt wurde. Konkurrenzbedingte Mortalität und Abgänge durch Wind, Hagel oder Blitz sind bei dieser Erhebung ausgeklammert. **Die durchschnittliche Absterberate über alle Baumarten liegt in den untersuchten Beständen der Dauerbeobachtungsflächen bei durchschnittlich 0,21 % pro Jahr.** Am geringsten ist die Mortalität bei der Buche (0,002 %); den höchsten Wert erreicht die Eiche mit durchschnittlich 0,58 %. Für Kie-

fer liegt der entsprechende Wert bei 0,24 % und für Fichte bei 0,18 % (Abbildung 31).

Die Absterbeprozesse vollziehen sich im Laufe der Jahre nicht gleichbleibend, **sondern verlaufen auffällig diskontinuierlich.** Für die Fichte ergibt sich eine deutliche Erhöhung der Absterberate im Jahr 1996. Auslöser hierfür war starker Borkenkäferbefall auf drei Untersuchungsflächen. In den Jahren 1995 und 1998 starben besonders viele Eichen ab. Das vermehrte Absterben der Eichen im Jahr 1995 war durch Schwammspinnerbefall bedingt und im Wesentlichen auf eine Fläche begrenzt. 1998 hingegen waren 15 räumlich weit auseinander liegende Flächen betroffen. **Bei der Kiefer sind die Schwankungen der Absterberaten im Untersuchungszeitraum weniger extrem.**

Für die im Untersuchungszeitraum (1984 – 1998) abgestorbenen Bäume der Dauerbeobachtungsflächen wurde der Verlauf der Kronenverlichtung bis zum Absterben analysiert. Hieraus lassen sich für die untersuchten Baumarten drei Absterbetypen ableiten:

- Bei 44 % der abgestorbenen Bäume handelt es sich um einen **plötzlichen Absterbevorgang**. Im Vorjahr noch voll belaubte oder nur schwach verlichtete Bäume waren im Folgejahr bereits tot. Weit über die Hälfte der abgestorbenen Fichten gehören zu diesem Typ.
- Einen weniger plötzlichen Absterbetyp zeigen 35 % der abgestorbenen Bäume. Nach einer Periode relativ geringer Kronenverlichtung wurde bei ihnen eine erhebliche Zunahme der Verluste über 1 - 2 Jahre festgestellt. Anschließend starben sie ab. Dieser Verlauf ist vor allem bei der Eiche anzutreffen.

- Eine **allmähliche Zunahme der Kronenverlichtung über mehrere Jahre bis zum Absterben** ist an 21 % der abgestorbenen Bäume zu beobachten. Dieser Absterbetyp trat bei Eiche, Fichte und Kiefer in der gleichen Größenordnung auf.

Die untersuchten Baumarten auf Dauerbeobachtungsflächen reagieren unterschiedlich

Die Laubbaumarten konnten starke **Belaubungsdefizite wesentlich besser ausgleichen als die Fichten und Kiefern**. Da die Laubbäume ihr Blätterdach in jedem Jahr vollständig erneuern, sind hier die jährlichen Schwankungen im Anhalt an die Wuchsbedingungen stärker ausgeprägt. Bei den immergrünen Nadelbäumen wird dagegen alljährlich nur ein neuer Nadeljahrgang zu den vorhandenen Nadeljahrgängen hinzugefügt, sodass in jedem Jahr lediglich zwischen 15 und 50 % der Nadelmasse ersetzt wird. Der Benadelungszustand der Vorjahre fließt somit stärker als bei den Laubbäumen in den Kronenverlichtungsgrad des Erhebungsjahres ein. Auf günstige Umweltbedingungen können die Nadelbäume mit ihrer Benadelung daher nicht so flexibel reagieren wie die Laubbäume.

Auf den Dauerbeobachtungsflächen ist die Anzahl der **Fichten und Kiefern**, die starke Nadelverluste in kurzer Zeitspanne ausgleichen konnten, relativ gering. Ein Großteil der beobachteten Fichten mit starker Kronenverlichtung konnte trotz beträchtlicher Nadelverluste noch über einen Zeitraum von mindestens 5 Jahren überleben. Anders bei der Kiefer, hier sind fast die Hälfte der

Bäume mit starken Nadelverlusten im Untersuchungszeitraum abgestorben.

Im Gegensatz zu den Fichten und Kiefern zeigen sich die **Buchenkronen** im besonderen Maß elastisch. **Von allen untersuchten Baumarten wurde bei der Buche die beste Fähigkeit beobachtet, erhebliche Kronenverlichtungen in den Folgejahren soweit zu regenerieren, dass wieder deutlich dichtere Belaubung auftritt**. Darüber hinaus konnten diejenigen Buchen, die sich bislang nicht erholten, trotzdem überleben. Keine der stark verlichteten Buchen ist im 15-jährigen Untersuchungszeitraum abgestorben.

Zwar hat es in den vergangenen Jahrzehnten auch für die Buche Absterbeepisoden durch das sogenannte Buchenrindensterben, durch Buchenprachtkäferbefall oder aufgrund von Pilzbefall gegeben. Allerdings waren diese Absterbevorgänge örtlich begrenzt und durch ein Zusammenwirken mehrerer sich gegenseitig verstärkender Einflussfaktoren gegeben. Als Risikofaktoren waren ausgesprochene Trockenjahre, wiederholter Wechsel ungewöhnlich nasser und trockener Perioden, flachgründige Standorte oder die starke Auflichtung von Beständen aufgetreten. Auf den untersuchten Buchen-Dauerbeobachtungsflächen sind seit 1984 solche extremen Ereignisse jedoch nicht vorgekommen.

Bei der Eiche wurde auf den Dauerbeobachtungsflächen eine weit weniger flexible Reaktion der Krone beobachtet. Nur jede sechste Eiche ist zur Erneuerung einer stark verlichteten Krone fähig, jede dritte stark verlichtete Eiche ist abgestorben.

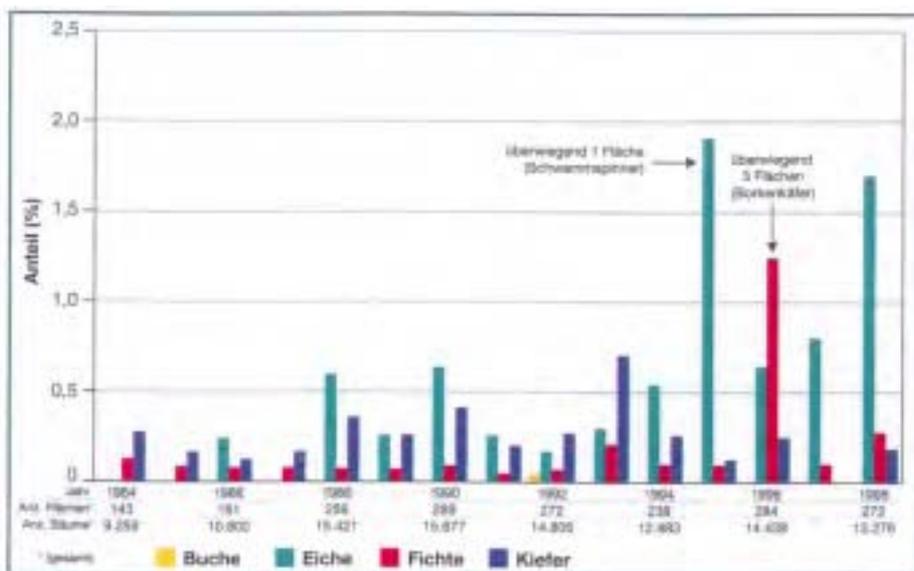


Abbildung 31:
Anteil abgestorbener Bäume/Jahr auf Dauerbeobachtungsflächen

Potenziell ist die Eiche in der Lage, sich relativ schnell auf äußere Umwelteinflüsse einzustellen. Auf aktuellen Wasserstress reagiert sie häufig mit Astabsprünngen, d. h. sie kann junge belaubte Triebe aktiv abstoßen (abgliedern), um so ihren Wasserbedarf zu drosseln. Unter guten Wuchsbedingungen werden im Gegensatz dazu besonders viele Triebe eingegliedert, also in der Kronenstruktur dauerhaft verankert. Weiterhin besitzt die Eiche die außerordentliche Fähigkeit, einen durch Insektenfraß bewirkten Laubverlust durch den Austrieb so genannter schlafender Knospen noch im gleichen Frühjahr zu regenerieren. Diese beiden markanten Eigenschaften geben der Eiche prinzipiell die Möglichkeit, auf wechselnde Umwelteinflüsse zu reagieren.

In der Regel führt daher erst das zeitliche Zusammentreffen mehrerer Faktoren (Einwirken von Luftschadstoffen, tiefe Winterfröste, Sommertrocknis, Insektenfraß, Pilzbefall, Auftreten von Sekundärschädlingen) zum Entstehen irreversibler Schäden.

In ihrer Vitalität eingeschränkte, vorgeschädigte Eichen sind nicht in der Lage, die Wasserleitfähigkeit von der Wurzel in die Blätter infolge eines gestörten Jahrringaufbaus aufrecht zu erhalten und den Befall durch Sekundärschädlinge abzuwehren.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass sich Eichenkronen bei Blattverlusten oberhalb von 60 % an wechselnde Umweltfaktoren nur bedingt anpassen können. Die Absterbewahrscheinlichkeit ist dann beträchtlich erhöht.

II.2.7 Schwellenwerte für Säure- und Stickstoffeinträge in Wälder (Critical Loads)

Stoffeinträge können einerseits als direkte Folge hoher Konzentrationen in der Luft schädliche Veränderungen an Ökosystemkomponenten (z. B. Tiere und Pflanzen) verursachen oder andererseits durch langfristig hohe Depositionsraten chronisch wirken (z. B. Bodenveränderungen). Gefahrenpotentiale für Ökosysteme können durch den Vergleich aktueller Luftbelastungen mit Critical Levels (direkte, akute Wirkung) und Critical Loads (indirekte, chronische Wirkung) einzelner Stoffgruppen bewertet werden.

Ökosysteme können beschränkt auf äußere Einflüsse reagieren. Beispielsweise werden Stoffeinträge gepuffert und gespeichert oder können unschädlich aus dem System ausgetragen werden. Übersteigen die Einträge jedoch ein bestimmtes Maß, dann versagen diese Mechanismen. Es kommt zu einer Anreicherung der eingetragenen Substanzen (z. B. Stickstoff, Schwermetalle) bzw. einer nachhaltigen Veränderung des Systems (z. B. Versauerung) und damit verbunden zu Schädigungen von Organismen.

Critical Loads sind Eintragsraten eines Stoffes, unterhalb derer nach derzeitigem Kenntnisstand keine erheblichen, schädlichen Wirkungen für Ökosysteme zu erwarten sind. Die Höhe der jeweils tolerierbaren Einträge richtet sich nach den Eigenschaften des betrachteten Ökosystems. Damit gilt beispielsweise für einen Fichtenwald ein anderer Wert als für einen Buchenwald auf dem gleichen Standort. Sandige Böden reagieren auf Säureeinträge empfindlicher als beispielsweise kalkreiche Lehmböden. Ziel des Critical Loads-Ansatzes ist eine räumlich differenzierte Gegenüberstellung von wirkungs-, ökosystem- und stoffspezifischen Belastbarkeiten (Critical Loads) mit aktuellen Belastungen durch Stoffeinträge. Die hieraus resultierenden Karten stellen ein **Schädigungsrisiko** durch bestimmte Faktoren dar; dies ist zu trennen von der Kartierung des aktuellen Zustandes von Ökosystemen bzw. Ökosystemschäden.

Critical Loads für Säure sind auf ca. 90 %³⁾ und Critical Loads für eutrophierenden Stickstoff auf 99 %³⁾ der deutschen Waldfläche überschritten. Auf fast der gesamten deutschen Waldfläche besteht somit ein Risiko von weiterer Versauerung und Eutrophierung durch anthropogene Stoffeinträge und bedingt dadurch von Waldschäden. Dies verdeutlicht die dringende Notwendigkeit von weiteren Emissionsminderungen.

Die höchsten Schadstoffeinträge und die höchsten Critical Loads-Überschreitungen für ein Versauerungs- bzw. Eutrophierungsrisiko finden sich

- für Säureeinträge in Sachsen und Thüringen (v. a. bedingt durch Schwefeleinträge), in Nordwestdeutschland (bedingt durch Ammoniak-/Ammoniumeinträge) und im Harz (Schwefel- und Ammoniumeinträge);
- für (eutrophierende) Stickstoffeinträge bedingt durch Ammoniak- und Ammoniumeinträge in Nordwestdeutschland.

Ammoniakemissionen insbesondere aus der Landwirtschaft tragen sowohl zur Versauerung wie zur Eutrophierung von Waldökosystemen bei. Im Vergleich zu anderen Stoffemissionen kommt ihnen in Gebieten mit hohen Überschreitungen von Critical Loads für Stickstoff eine besonders große Bedeutung zu.

Luftschadstoffe werden oft über mehrere hundert bis 1 000 Kilometer weit transportiert. Zum Erreichen nationaler Ziele bedarf es daher einer europaweiten Luftreinhaltepolitik. Critical Loads-Kartierungen sind insbesondere im Rahmen des „UN/ECE-Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigungen“ und bei der Erarbeitung weiterer Proto-

³⁾ Quelle: Vorhaben 29773011 des Umweltforschungsplanes (UFOPLAN) BMU/UBA

kolle zur Luftreinhaltung ein wichtiges Instrument bei der Risikobewertung von Stoffeinträgen in Ökosysteme. Verbindliche Verpflichtungen zur Emissionsminderung (bezüglich Ammoniak, Stickstoffoxiden, flüchtige Kohlenwasserstoffe und Schwefeldioxid) werden so optimiert, dass bis zum Jahre 2010 eine in allen Teilen Europas ähnliche Verminderung der gegenwärtigen Critical Loads-Überschreitungen für versauernde und eutrophierende Einträge möglichst kostengünstig erreicht wird. Das langfristige Ziel der flächendeckenden Unterschreitung von Critical Loads und Critical Levels wird zwar in diesem Zeitraum nicht erreicht, dennoch sichert die angewandte, international harmonisierte Methodik einen unter Umweltgesichtspunkten effizienten Einsatz der Mittel für Emissionsminderungsmaßnahmen.

Im Rahmen des nationalen Level II-Programmes wird der Critical Loads-Ansatz derzeit durch einen Arbeitskreis anhand der auf Dauerbeobachtungsflächen im Wald gewonnenen Daten angewandt und überprüft. Für die Darstellung des Emissionsminderungsbedarfes und zur Prognose der Entwicklung von Waldökosystemen unter sich ändernden Umweltbedingungen werden zeitabhängige, dynamische Modelle entwickelt und angewandt.

II.2.8 Stofffluss- und Stoffhaushaltsuntersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen im Wald

Die Untersuchungen von Stoffflüssen und des Stoffhaushaltes auf Dauerbeobachtungsflächen im Wald geben wichtige Hinweise auf dynamische Prozesse in

Wäldern, insbesondere zu den Stoffausträgen im Vergleich zu den Einträgen in das System. Dadurch können Erkenntnisse zu Ursache-Wirkungsbeziehungen gewonnen und Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden abgeleitet werden. Untersuchungen von Stoffflüssen in Waldökosystemen sind aufwendig und können somit im Rahmen des forstlichen Umweltmonitoring nur auf wenigen Flächen durchgeführt werden. Sie sind daher auf Dauerbeobachtungsflächen des Level II-Programmes konzentriert. Übersichtserhebungen (Level I) müssen dann zeigen, in welchem Umfang Maßnahmen zu ergreifen sind.

Wälder stehen als offene Systeme mit ihrer Umwelt im Austausch. Wichtige Komponenten dieses Austausches sind die Flüsse von Energie sowie von Wasser und anderen Stoffen.

Die wichtigsten Stoffflusspfade in Waldökosystemen sind der atmogene Eintrag (Deposition) und die Mineralverwitterung sowie der Austrag mit dem Sickerwasser und der Biomasseentzug (forstliche Nutzung). Wenn sich Eintrag und Austrag eines Stoffes entsprechen (Abbildung 32), befindet sich das Waldökosystem im Gleichgewicht. Andernfalls reichern sich Stoffe im Waldökosystem an oder nehmen ab. Dies kann zu Nährstoffmangel oder zu Schadstoffakkumulation führen, durch die Organismen beeinträchtigt werden. Die Speichermöglichkeiten von Waldökosystemen sind für viele Stoffe hoch, so dass kurzfristig unausgeglichene Stoffbilanzen zumeist kein Problem darstellen. In Abhängigkeit von seiner Konzentration kann ein Stoff dabei nährend oder schädigend wirken.

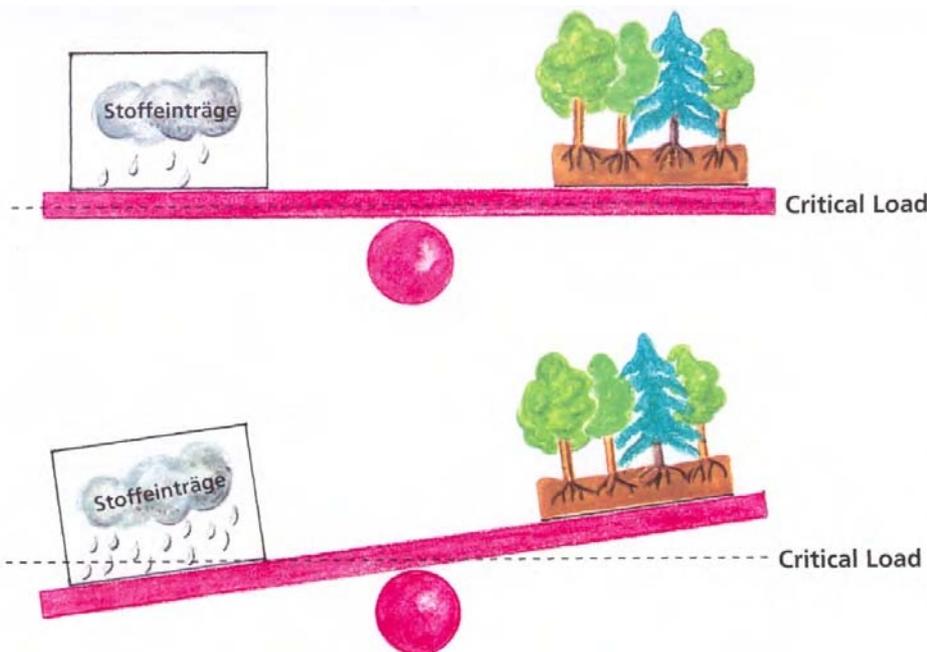


Abbildung 32: Liegen die Eintragsraten eines Stoffes über den Critical Loads, so besteht für das Ökosystem ein Schädigungsrisiko

Aus Luftverunreinigungen gelangen nach wie vor Schwefel- und vor allem Stickstoffverbindungen in die Wälder. Diese anhaltenden Einträge führen zu Veränderungen im Stoffhaushalt der Wälder. Mit den Begriffen **Bodenversauerung** und **Stickstoffsättigung** werden die beiden wichtigsten Auswirkungen der Stoffbelastung der Wälder durch Luftverunreinigungen beschrieben.

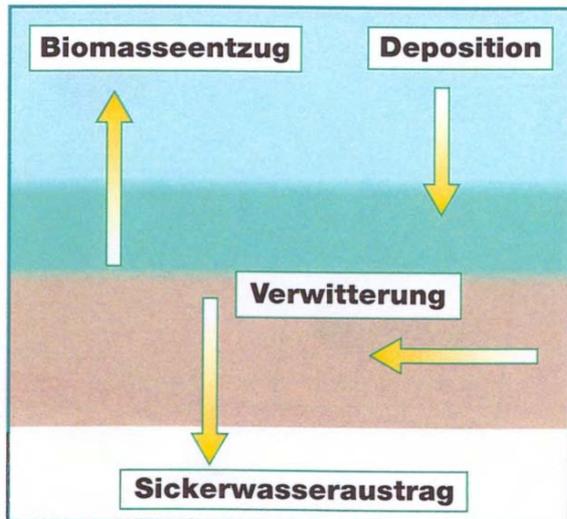


Abbildung 33: Die wichtigsten Stoffeintrags- und -austragspfade in Waldökosystemen, Deposition, Verwitterung, Biomasseentzug und Sickerwasseraustrag sollten langfristig ausgeglichen sein, um eine nachhaltige Nutzung zu gewährleisten.

Was ist Bodenversauerung?

Natürliche Prozesse können den Boden versauern. Einträge von Schwefel- und Stickstoffverbindungen in Wälder verstärken den natürlichen Vorgang der Versauerung. Dabei werden die Pflanzennährstoffe Calcium, Magnesium und Kalium von ihren Bindungsplätzen im Boden verdrängt und verlassen die Wälder mit dem Sickerwasser.

Was ist Stickstoffsättigung?

Stickstoffsättigung ist das Unvermögen der Wälder, aus Luftverunreinigungen eingetragenen Stickstoff vollständig zu verwerten oder zu speichern. In der Anfangsphase hoher Einträge wirken die Stickstoffverbindungen als Dünger und werden von den Bäumen als Nährstoff aufgenommen. Daneben können auch im Humus der Waldböden große Mengen an Stickstoff gespeichert werden. Sind diese Speichermöglichkeiten ganz oder teilweise erschöpft, wird der nicht benötigte überschüssige Stickstoff als Nitrat mit dem Sickerwasserstrom ausgewaschen.

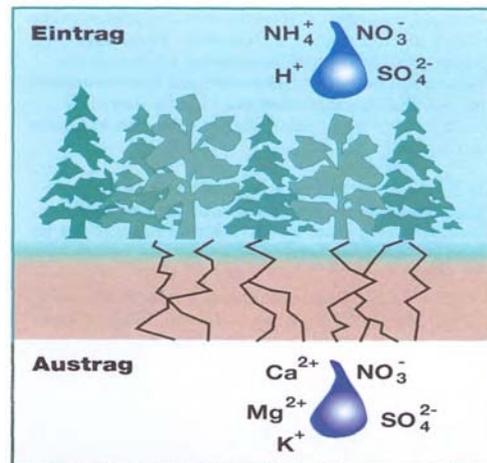


Abbildung 34: Bei der Passage durch Waldbestand und Waldboden ändert sich die Zusammensetzung des Wassers. aus der Art der Veränderung kann auf Bodenversauerung und Stickstoffsättigung geschlossen werden.

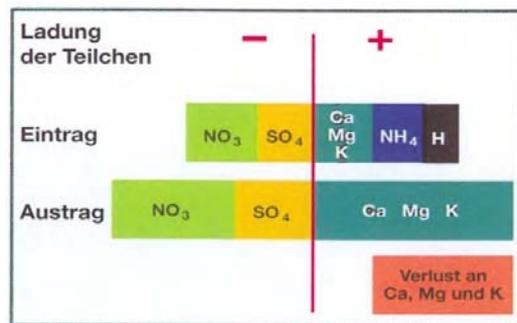


Abbildung 35: Im Zustand der Bodenversauerung verliert der Boden durch Auswaschung mehr Calcium (Ca), Magnesium (Mg) und Kalium (K), als er durch den Eintrag von Regen und Stäuben gewinnt. Dieser Verlust ist ein Maß für die Intensität der Bodenversauerung

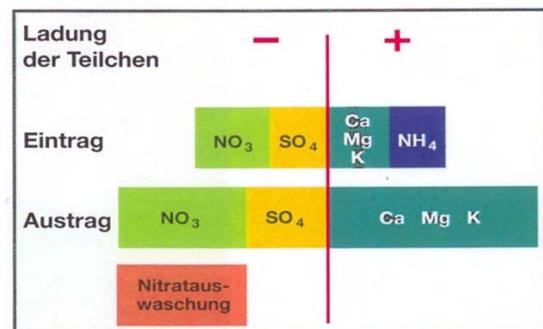


Abbildung 36: Im Zustand der Stickstoffsättigung kann der eingetragene Stickstoff (Nitrat NO₃ und Ammonium NH₄) nicht mehr von den Wäldern zurückgehalten werden. Es kommt zur Nitrat- auswaschung. An der Höhe der Nitrat- auswaschung kann das Ausmaß der Stickstoffsättigung abgelesen werden.

Stoffflussmessungen ermöglichen es, Bodenversauerung und Stickstoffsättigung zu erfassen

Mit der Messung der Stoffflüsse auf 54 von 89 Level II-Flächen können die Verluste der Nährstoffe Calcium, Magnesium und Kalium als ein Maß für die Bodenversauerung direkt bestimmt werden. Durch die gleichzeitige Messung der Flüsse von Stickstoff- und Schwefelverbindungen kann der Anteil der auf Luftverunreinigungen zurückgehenden Versauerung von natürlicher Bodenversauerung unterschieden werden.

Stickstoffsättigung kann durch die Bestimmung der Nitratfracht mit dem Sickerwasser ermittelt werden. Als grobe Faustregel gilt, dass ab einer Eintragsbelastung von $20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ mit Sättigungserscheinungen zu rechnen ist. Überschreitet die Fracht von Nitratstickstoff im Sickerwasser den Wert von $5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, so kann man zumeist von beginnender Sättigung ausgehen.

Nitratausträge aus Wäldern sind häufig durch den Eintrag von Stickstoffverbindungen aus Luftverunreinigungen mitverursacht. Es gibt hierfür jedoch auch natürliche Ursachen. Wenn es nicht gelingt, die Stickstoffemissionen wirksam zu reduzieren, ist wegen des stetigen Aufbrauchs der Speicherkapazitäten mit einer laufenden Zunahme von mit Stickstoff gesättigten Wäldern zu rechnen.

Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen geben Hinweise auf die Bodenversauerung und die Stickstoffsituation in deutschen Wäldern

33 (60 %) der 54 untersuchten Level II-Flächen weisen Nettoverluste an Calcium, Magnesium und Kalium auf, d. h. sie verlieren mehr dieser Ionen, als sie durch Regenwasser und Stäube bekommen. Vor allem Magnesium geht durch Bodenversauerung in großer Menge verloren.

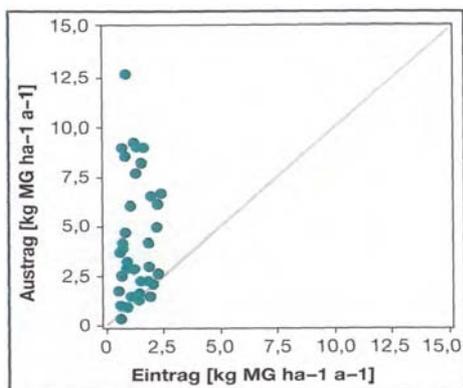


Abbildung 37:
Einträge und Austräge an Magnesium zeigen auf den meisten Level II-Plots ein deutliches Missverhältnis: Die Böden verlieren den wichtigen Pflanzennährstoffen mit dem Sickerwasser

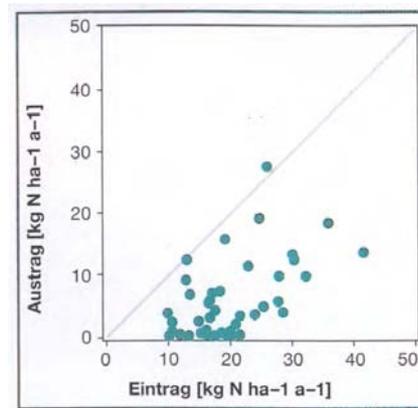


Abbildung 38:
Stickstoff wird aus den Wäldern zumeist in geringen Mengen aus- als eingetragen. Die Wälder halten Stickstoff teilweise oder vollständig zurück, weil sie diesen Pflanzennährstoff aufnehmen und verwerten können. Diese Speicherfähigkeit ist jedoch begrenzt.

22 (35 %) der 54 untersuchten Level II-Flächen verlieren mit dem Sickerwasser im Jahr mehr als 5 kg Nitratstickstoff. Diese Flächen sind somit bereits mit Stickstoff gesättigt.

Bodenversauerung führt zu Nährstoffverlusten und gefährdet das Trinkwasser

Durch die Verwitterung von Bodenmineralien können Nährstoffverluste zum Teil ausgeglichen werden. Allerdings sind die Vorräte begrenzt und ihre Freisetzung geht häufig nur langsam vorstatten. Ist die Pufferkapazität ausgeschöpft, so wird Säure an Grund- und Oberflächenwasser weitergegeben. In einigen Gebieten ist das Trinkwasser bereits so sauer, dass eine Aufbereitung notwendig wird.

Die Messungen auf Level II-Flächen belegen zudem die **fortschreitende Verarmung dieser Waldböden an wichtigen Pflanzennährstoffen** infolge der Bodenversauerung. Magnesiummangel wurde z. B. in den deutschen Mittelgebirgen schon wiederholt auf großer Fläche beobachtet.

Die Folgen der Stickstoffsättigung sind sowohl für die Wälder selbst als auch für die Qualität des Grundwassers gravierend

Der zusätzliche Nährstoffeintrag über den Bedarf der Ökosysteme hinaus kann zu Veränderungen im Artgefüge der Wälder und zu Ernährungsstörungen der Waldbäume führen. So ist z. B. die **Ausbreitung von Stickstoff liebenden Pflanzen** (Brennnessel, Landreitgras, etc.) in Waldökosystemen in einer Vielzahl von Untersuchungen beschrieben worden. **Zudem gefährdet die Nitratfracht das Grundwasser und kann dessen Verwendungsmöglichkeit als Trinkwasser beeinträchtigen.**

Die Möglichkeiten der Forstwirtschaft, den durch Bodenversauerung und Stickstoffsättigung angespannten Stoffhaushalt vieler Wälder zu entlasten, sind begrenzt

Forstliche Maßnahmen wie angepasste Baumartenwahl, bodenschonende Holzernteverfahren oder die Waldkalkung können die Wälder zwar mittelfristig stabilisieren, die Ursachen für Bodenversauerung und Nitratauswaschung können langfristig nur durch Emissionsreduktion beseitigt werden.

II. 2.9 Integrierende Auswertung

Die integrierende Auswertung der Daten des forstlichen Umweltmonitoring soll Beziehungen zwischen dem Waldzustand und den ihn beeinflussenden Faktoren aufdecken. Hierzu bestehen auf nationaler und europäischer Ebene mehrere Projekte.

Die integrierenden Studien beziehen eine Vielzahl von Daten in die Untersuchungen ein, da die komplexen Abläufe in Ökosystemen nicht nur durch einzelne Faktoren beeinflusst werden. Sie verfolgen dabei verschiedene Auswertansätze der räumlichen und der funktionalen (d. h. auf die Ökosystemabläufe ausgerichteten) Integration dieser Informationen.

In einem noch nicht abgeschlossenen Forschungsvorhaben bei der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft wurden zunächst die Stichprobenpunkte der Erhebungen des Level I mittels mathematisch-statistischer Verfahren klassifiziert. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Parameter (bodenchemische Messwerte, Stoffgehalte in Nadeln und Blättern, etc.) wurden Ernährungs-, Bodenzustands- und Waldzustandstypen gebildet, denen sich bestimmte ökologische Eigenschaften zuweisen lassen. Charakteristische Parameterkombinationen für einzelne dieser Gruppen ermöglichen Rückschlüsse auf Ursache-Wirkungsbeziehungen.

Zwischen Boden- und Kronenzustand bestehen Zusammenhänge

Im Mittelpunkt der bisherigen Untersuchungen standen unter anderem integrierende Auswertungen des Boden- und Kronenzustandes. Aus den Bodendaten wurden hierzu 17 für Deutschland repräsentative Bodenzustandstypen abgeleitet und eine Beziehung zu den Kronenschäden hergestellt. Danach können die folgende Hauptaussagen gemacht werden:

- Hohe Anteile geschädigter Fichten und Kiefern sind verbreitet auf Standorten mit
 - = niedrigem pH-Wert und geringer Ausstattung mit den wichtigen Nährelementen Magnesium und Mangan;

= besonders hoher oder besonders niedriger Stickstoffverfügbarkeit.

- Bei Buchen ist das Schadensausmaß auf Böden mit hoher Stickstoff- und geringer Kaliumverfügbarkeit tendenziell erhöht.

Nährstoffmängel sind nach diesen Befunden auf stark versauerten Standorten eine wesentliche Ursache von Kronenverlichtungen. Ein weiterer Schadfaktor ist weiterhin der atmosphärische Stickstoffeintrag in die Ökosysteme. Er führt zu Nährstoffungleichgewichten und wirkt sich somit auf die Baumernährung aus. Die Befunde der Waldschadenforschung spiegeln sich damit prinzipiell in den Daten der forstlichen Flächeninventuren wider. Dies ist für die praktische Umsetzung der Ökosystemforschungsergebnisse – z. B. durch flächenbezogene Maßnahmenempfehlungen – von Bedeutung.

Die Waldzustandsindikatoren unterliegen zeitlichen Veränderungen

Anhand von Ernährungsdaten einer flächendeckenden Wiederholungsinventur in Niedersachsen konnte die Frage der langfristigen Dynamik und möglicher Trends von Waldzustandsindikatoren exemplarisch untersucht werden. Es zeigte sich beim Vergleich mit der Ersterhebung, dass Ernährungstypen mit hohen Schwefel- und Stickstoffgehalten in Nadeln zwischen 1990 und 1996 abgenommen hatten, während Ernährungstypen mit geringen Schwefel- und Stickstoffgehalten in Nadeln zugenommen hatten. Damit deutet sich für diesen Zeitraum ein großräumiger Trend für eine verbesserte Eintragsituation an. Die Untersuchungen zeigen, dass dennoch zumindest lokal von einer Zunahme des Nährstoffungleichgewichtes durch atmosphären Stickstoffeintrag ausgegangen werden muss.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollen auch Beziehungen zwischen Erhebungen auf Level I- und auf Level II-Ebene hergestellt werden

Ziel ist es dabei u. a., die aus intensiven Untersuchungen gewonnen Erkenntnisse auf eine größere Fläche zu übertragen. Waldzustandstypen sowie Bodenzustands- und Ernährungstypen stellen ein wichtiges Bindeglied zwischen den unterschiedlichen Intensitätsstufen des forstlichen Umweltmonitoring dar. Ein Vergleich von Level I und Level II ergab, dass insbesondere ein Ernährungstyp, der sich durch hohe Schwefel- und Stickstoffgehalte auszeichnet, in der Level II-Stichprobe nicht vorkommt. Ein möglicher Erklärungsansatz liegt in der zeitlichen Differenz der Erhebungen auf Level I- und Level II-Ebene. Auch nach dieser These, die nur anhand einer Wiederholung der Bodenzustandserhebung geklärt werden kann, hätte sich die Luftqualität zwischen 1987 und 1996 tendenziell verbessert.

Waldbodenzustand

– Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald –

Nährstoff-, Luft- und Wasserhaushalt der Böden bestimmen das Pflanzenwachstum. Andererseits beeinflussen die Pflanzen wiederum den Boden. Böden unterliegen ständig natürlichen und anthropogenen Einflüssen (Witterung, Bodenbearbeitung etc.). Veränderungen der chemischen oder der physikalischen Bodeneigenschaften durch anhaltende äußere Einflüsse, wie z. B. Einträge von Luftverunreinigungen, können natürliche Systemabläufe stören.

Stoffeinträge aus der Atmosphäre haben in den letzten Jahrzehnten auf die Waldböden – regional in unterschiedlichem Ausmaß – eingewirkt und sie teilweise in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt. Dabei hängt es von dem Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungsvermögen der jeweiligen Waldstandorte ab, ob die im Laufe der Zeit in Waldökosystemen eingetragenen und z. T. angereicherten Stoffe das ökologische Beziehungsgefüge im Wald stören oder ob die Regenerationskraft dieser Ökosysteme ausreicht.

Die Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) hat folgende Erkenntnisse erbracht:

- Mehr als 80 % der carbonatfreien Standorte weisen in einer Bodentiefe von 10 cm bis 30 cm einen pH-Wert unter 4,2 auf und bei mehr als 60 % der BZE-Punkte liegt die Basensättigung unter 15 %. Dies deutet auf eine **flächendeckende Versauerung** und Basenverarmung hin. Die aufgrund der Mannigfaltigkeit der Ausgangsgesteine und Bodenbildungsprozesse erwartete Vielgestaltigkeit der Waldböden kommt in der geringen Streubreite bodenchemischer Parameter nicht zum Ausdruck.
- Entgegen den Erwartungen sind die bei der BZE gefundenen pH-Werte generell niedriger sowie das **Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff** kleiner als dies aus der Vergangenheit bekannt war. Diese **Disharmonie** deutet auf Störungen der natürlichen bodenökologischen Prozesse durch atmosphärische Einträge hin.
- Durch den Eintrag starker Säuren, für deren Neutralisation bestimmte Böden - z. B. quarzreiche Substrate - keine Pufferreserven mehr haben, kann eine **Gefährdung von Quell- und Grundwasser durch Mobilisierung von Kationensäuren** (Aluminium, Eisen) bei bestimmten hydrogeologischen Verhältnissen nicht ausgeschlossen werden.
- **Kritische Konzentrationen von Schwermetallen**, bei deren Überschreitung mit einer Beeinträchtigung der Bodenorganismen zu rechnen ist, werden für Kupfer und für Blei an 35 % bzw. 25 % der BZE-Punkte überschritten.
- **Nadel-/Blattanalysen** ergaben regional und für einzelne Baumarten Überversorgung mit Stickstoff und Schwefel sowie Nährstoffmängel.

II.2.10 Auswirkungen von Immissionen auf die biologische Vielfalt

Die biologische Vielfalt (auch als Biodiversität bezeichnet) steht seit der Verabschiedung des „Übereinkommens über die biologische Vielfalt“ bei der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro immer häufiger im Blickpunkt von Forschung, Presse und Politik. Man versteht hierunter neben der Vielfalt von Tier- und Pflanzenarten auch die Vielfalt der Ökosysteme sowie die genetische Vielfalt. Eine strikte Trennung zwischen diesen drei Ebenen ist nicht möglich, da sie sich gegenseitig beeinflussen.

Weltweit ist die biologische Vielfalt der Wälder gefährdet. Tropenwälder und teilweise boreale Wälder sind durch Brandrodung und Übernutzung auf großer Fläche nachhaltig beeinträchtigt oder sind sogar von Vernichtung bedroht. In Deutschland bestehen diese Gefahren heute nicht. Allerdings gefährdet der Eintrag von Luftverunreinigungen die deutschen Wälder maßgeblich.

Wälder weisen noch eine hohe biologische Vielfalt auf

Die natürliche Ökosystemvielfalt ist umso größer, je ungleichartiger die standörtlichen Verhältnisse des Naturraums sind. In Mitteleuropa ist durch die relativ klein-

räumig variierenden Standortbedingungen ein Mosaik verschiedener Waldökosysteme entstanden. Neben Wärme und Feuchtigkeit ist der Nährstoffgehalt des Bodens ein bedeutender Standortfaktor.

Von Natur aus dominieren in Deutschland von den Ebenen bis in die mittleren Berglagen großflächig insbesondere Buchen- und Buchenmischwälder. Daneben kommen je nach Standortverhältnissen weitere Waldgesellschaften mit Eiche, Kiefer und Fichte als Hauptbaumart vor. Auf Sonderstandorten wie z. B. Au-, Bruch- und Moorwäldern sowie Hangschutt und Blockwälder können ansonsten konkurrenzschwächere Baumarten wie Erle, Esche oder Birke dominieren.

Wälder als ursprünglich vorherrschende Vegetationsform in Mitteleuropa sind wichtige Lebensräume für Tier- und Pflanzenarten. Der Anteil waldbundener Arten an der heimischen Fauna und Flora ist daher hoch.

Bäume sind von Natur aus an ihren jeweiligen Standort angepasst. Fichten, die sich in den Hochlagen der Gebirge entwickelt haben, sind z. B. durch die schlanke Form ihrer Krone an hohe Schneelasten angepasst. Fichten aus tieferen Lagen sind dagegen breitkroniger. Diese Kronenform ist überwiegend genetisch bedingt. Eine Art kann auf sich ändernde Umweltbedingungen (z. B. Klima) nur dadurch reagieren, dass sie über genetische Vielfalt verfügt. Für das Überleben der Arten sind somit neben Anpassbarkeit an aktuelle Umweltbedingungen auch die Anpassungsfähigkeit durch eine hohe genetische Vielfalt bedeutend.

Stoffeinträge beeinflussen drei Ebenen der biologischen Vielfalt

Waldökosysteme werden durch Stickstoffanreicherung einerseits und durch Versauerung andererseits beeinträchtigt. Stickstoffeinträge und Bodenversauerung führen zu einer großflächigen Vereinheitlichung der Standortbedingungen. Die **Ökosystemvielfalt** nimmt dadurch ab.

Artenvielfalt wird vermindert, indem empfindliche Arten absterben oder sich nicht mehr vermehren. Infolge direkter Schädigung durch Luftverunreinigungen sind z. B. große Teile der auf Bäumen wachsenden Flechtenarten stark gefährdet oder zum Teil sogar bis auf geringe Reste ausgestorben. Diese Zusammenhänge sind so gut dokumentiert, dass diese Arten bei der Beurteilung der Luftqualität eingesetzt werden können. Fallstudien belegen weiterhin, dass die Verbreitung der Mykorrhizapilze zurückgeht. Dies wird hauptsächlich auf Stickstoffeinträge zurückgeführt.

Stoffeinträge haben Auswirkungen auf die Konkurrenzsituation zwischen verschiedenen Arten und führen so zu Veränderungen des Artenspektrums. Durch Einträge von Säuren werden säuretolerante Arten gefördert, während anspruchsvollere Arten (z. B. so genannte „Basenzeiger“ unter den Bodenpflanzen) zurückgehen. Die flächendeckende Eutrophierung des Waldes durch erhöhte Stickstoffeinträge entzieht zahlreichen spezialisierten Arten den Lebensraum und fördert gleichzeitig einige wenige stickstoffliebende, weit verbreitete Arten. Beispiele hierfür sind die Große Brennnessel, das Landreitgras, die Knoblauchsrauke und das Klettenlabkraut, aber auch der Schwarze Holunder sowie die aus Nordamerika stammende Spätblühende Traubenkirsche. Die Ausbreitung dieser Arten führt zu einer Einengung des Lebensraumes der übrigen Pflanzenarten.

Genetische Vielfalt der Waldpflanzenarten wird von Luftverunreinigungen vor allem in der Verjüngungsphase beeinflusst. So kann es zu **Störungen bei der Vermehrung** der gesamten Population einer Art kommen, z. B. durch Abnahme der Blütenbildung oder durch Störung bei der Befruchtung. Außerdem kann sich die Überlebenswahrscheinlichkeit bestimmter Einzelpflanzen bzw. Teilpopulationen verändern. Dies ist verbunden mit einer Abnahme der genetischen Vielfalt, wodurch innerhalb weniger Generationen die Anpassungsfähigkeit der Waldpflanzenarten an sich verändernde Umweltbedingungen eingeschränkt werden kann.

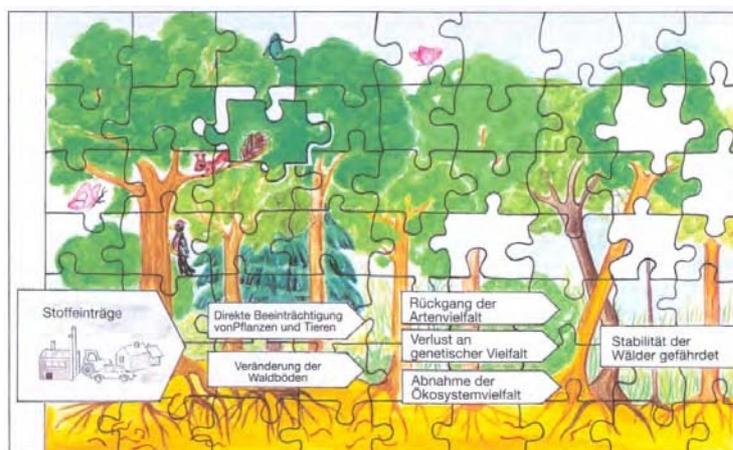


Abbildung 39:

Der vom Menschen verursachte Stoffeintrag wirkt auf großer Fläche:

- durch Beeinträchtigung von Pflanzen und Tieren.
- durch Veränderung der Böden (Anreicherung von Schad- und Nährstoffen, Bodenversauerung etc.)

II.3 Waldzustand in Europa

Das forstliche Umweltmonitoring in Deutschland ist Bestandteil eines europaweiten forstlichen Monitoringsystems. Im Jahre 1985 begründete die Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN/ECE) das Internationale Kooperationsprogramm zur Erfassung und Überwachung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Wälder (ICP Forests). Seitdem erhebt das ICP Forests unter dem Vorsitz Deutschlands und in enger Zusammenarbeit mit der Europäischen Union (EU) den Waldzustand nach einheitlichen Methoden in mittlerweile 35 europäischen Staaten.

Das europaweite forstliche Monitoringsystem

Das großräumige Monitoring (Level I) erfolgt auf einem systematischen Raster mit ca. 5.700 Aufnahmeflächen. Es hat Erkenntnisse über räumliche und zeitliche Veränderungen des Waldzustandes im europäischen Maßstab und über die Einflüsse von Schadfaktoren einschließlich Luftschadstoffen zum Ziel. Level I umfasst jährliche Kronenzustandserhebungen sowie eine bislang einmal durchgeführte Bodenzustandserhebung und Elementanalysen an Nadeln und Blättern. Der großräumige Ansatz führt jedoch nur bedingt zu Aussagen, welche Faktoren den Waldzustand im Einzelnen beeinflussen. Dieser Frage geht das Intensive Monitoring (Level II) auf 860 Dauerbeobachtungsflächen nach. Auf diesen Flächen werden Standortbedingungen und Stressfaktoren sowie

der biologische und chemische Zustand der Ökosysteme im Detail erfasst und bewertet.

Der Waldzustand in Europa im Jahre 1998

Im Jahre 1998 wurden ungefähr ein Viertel (23,1 %) aller in Europa angesprochenen Bäume nach ihrem Nadel-/Blattverlust als geschädigt eingestuft. **Die Entwicklung des Nadel-/Blattverlustes zeigt seit 1989 insgesamt eine deutliche Verschlechterung bei den sechs Hauptbaumarten.** Auch beim Vergleich der Jahre 1992 und 1998 wird deutlich, dass es in Europa mehr Aufnahmeflächen gibt, auf denen sich der Kronenzustand signifikant verschlechterte (31,2 %), als solche, auf denen er sich signifikant verbesserte (15,4 %) (vgl. Abbildung 40). Dieser großräumige **Trend muss jedoch für einzelne Regionen und Baumarten gesondert betrachtet werden.** So ist vor allem in West- und Südeuropa eine Verschlechterung des Kronenzustandes zu erkennen. Dies hängt teilweise mit der zunehmenden Schädigung von Stiel- und Traubeneichen zusammen, die hauptsächlich in diesen Gebieten vorkommen. Im Gegensatz dazu sind Aufnahmeflächen mit verbessertem Kronenzustand hauptsächlich in Teilen Deutschlands und Polens vertreten. Dort ist eine Erholung vor allem der Gemeinen Kiefer zu verzeichnen, was teils durch günstigere Witterung und teils durch eine Entschärfung der Immissionsituation erklärt wird.

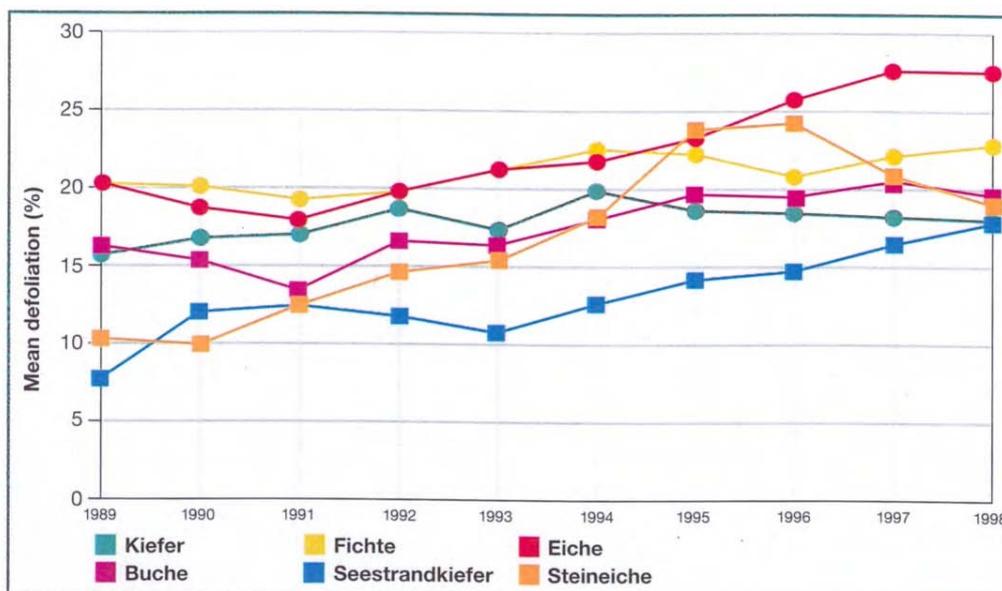


Abbildung 40:
Entwicklung des mittleren Nadel-/Blattverlustes bei europäischen Hauptbaumarten

Die Schadursachen werden auf den **Level II-Flächen** im Detail analysiert (vgl. Abbildung 41). Mittlerweile wurden die Messungen zu den Luftschadstoffeinträgen auf 144 sowie zur Chemie der Bodenlösung auf 159 dieser Flächen ausgewertet⁴⁾. Aus diesen Daten lassen sich folgende Ergebnisse ableiten:

- **Auf 22 Level II-Flächen überschreitet der Gesamtsäureeintrag einen Grenzwert, ab dem Schädigungen der Waldökosysteme zu erwarten sind.** Diese Flächen liegen vor allem in Zentral- und Osteuropa.
- Stickstoffverbindungen machen vor allem in Westeuropa den **Hauptanteil** an versauernden Substanzen aus. **Auf 65 Level II-Flächen überschreiten die Stickstoffeinträge kritische Werte.** Hier muss mit verstärkter Stickstoffauswaschung und Veränderungen der Bodenvegetation gerechnet werden. In Mittel- und Osteuropa dominieren dagegen auf vielen Level II-Flächen die Schwefeleinträge.

Die Deposition dieser Luftverunreinigungen hat direkten Einfluss auf den Ernährungszustand der Waldökosysteme, wie aus den folgenden Ergebnissen deutlich wird:

- Die **Konzentrationsunterschiede wichtiger chemischer Verbindungen in der Bodenlösung** verschiedener Flächen konnten zu einem großen Anteil **durch Unterschiede im Luftschadstoffeintrag** und

⁴⁾ Die deutschen Level II-Flächen sind aufgrund technischer Probleme in die europaweite Auswertung nicht eingegangen.

zu einem geringeren Anteil durch Witterungsbedingungen und Zusammensetzung des Bodensubstrates erklärt werden. Ähnliche Beobachtungen sind aus der Literatur bekannt.

- Durch die versauernde Wirkung der Schwefel- und Stickstoffeinträge kann für die Baumwurzeln giftiges Aluminium freigesetzt werden. Bei den laufenden Untersuchungen wurden **auf 9 von 83 untersuchten Flächen im Oberboden Aluminiumwerte gemessen, die als kritisch für die Gesundheit der Bäume gelten.**

Seit Jahren ist die **schädigende Wirkung von Ozon auf Waldbäume** bekannt. Ergebnisse des Waldzustandsüberwachungsprogramms zeigen nun den negativen Einfluss auf die Gesundheit von Buchen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen, weshalb Ozonmessungen in Zukunft eine wichtigere Rolle innerhalb des europäischen Programmes spielen werden.

Angesichts der komplexen Abläufe in Waldökosystemen sind in den nächsten Jahren der Ausbau des Level II-Monitoring und die Auswertung der gewonnenen Daten von größter Bedeutung für das Programm. Genauso wichtig sind die Verknüpfungen der Ergebnisse beider Intensitätsebenen, wobei die Level I-Erhebungen auch weiterhin einen Überblick über die großräumige Entwicklung des Waldzustandes geben werden. **Das Programm wird damit auch in Zukunft eine wichtige Informationsquelle sowohl für die Öffentlichkeit als auch für Politiker in den Bereichen Luftreinhaltung und Waldgesundheit sein.**

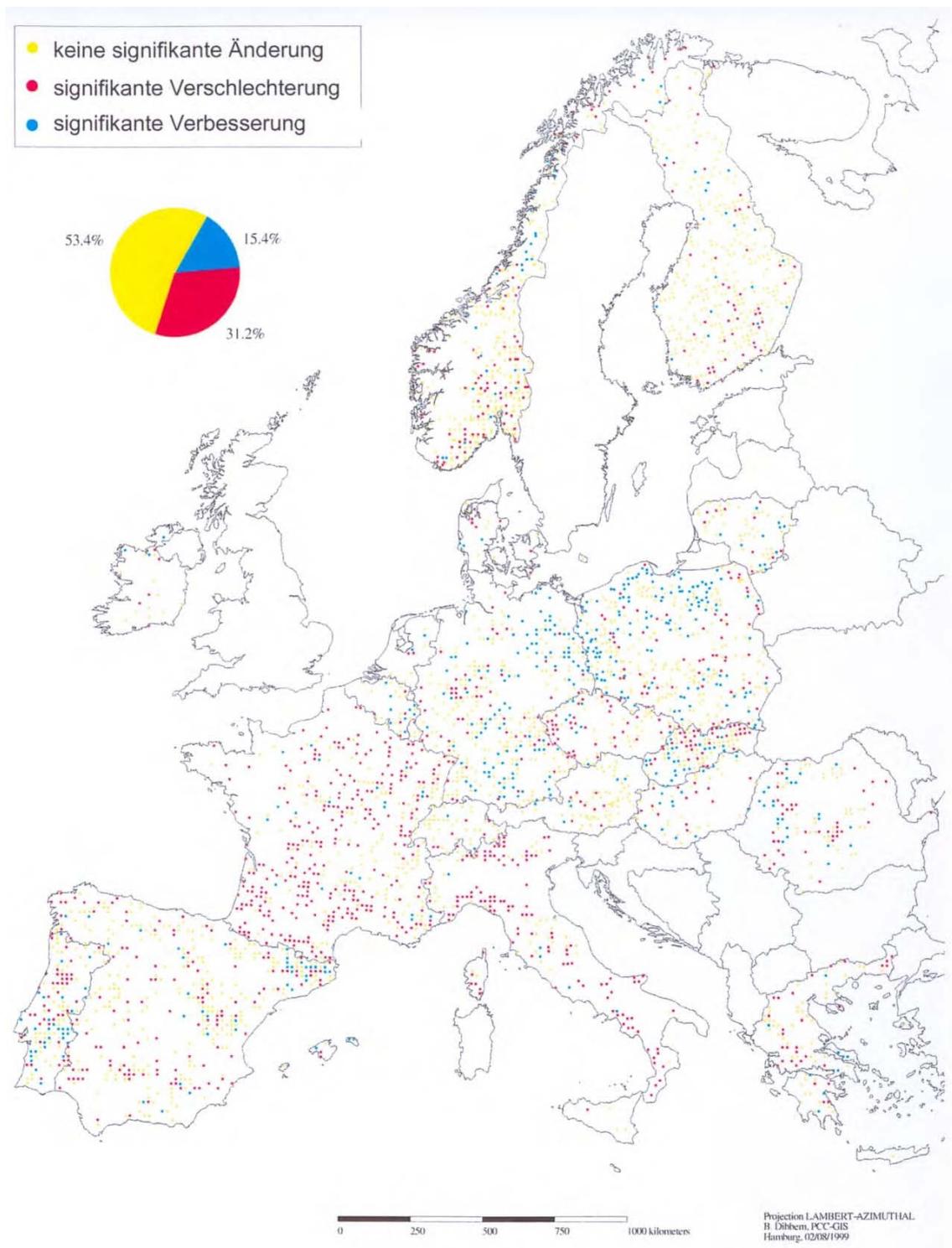
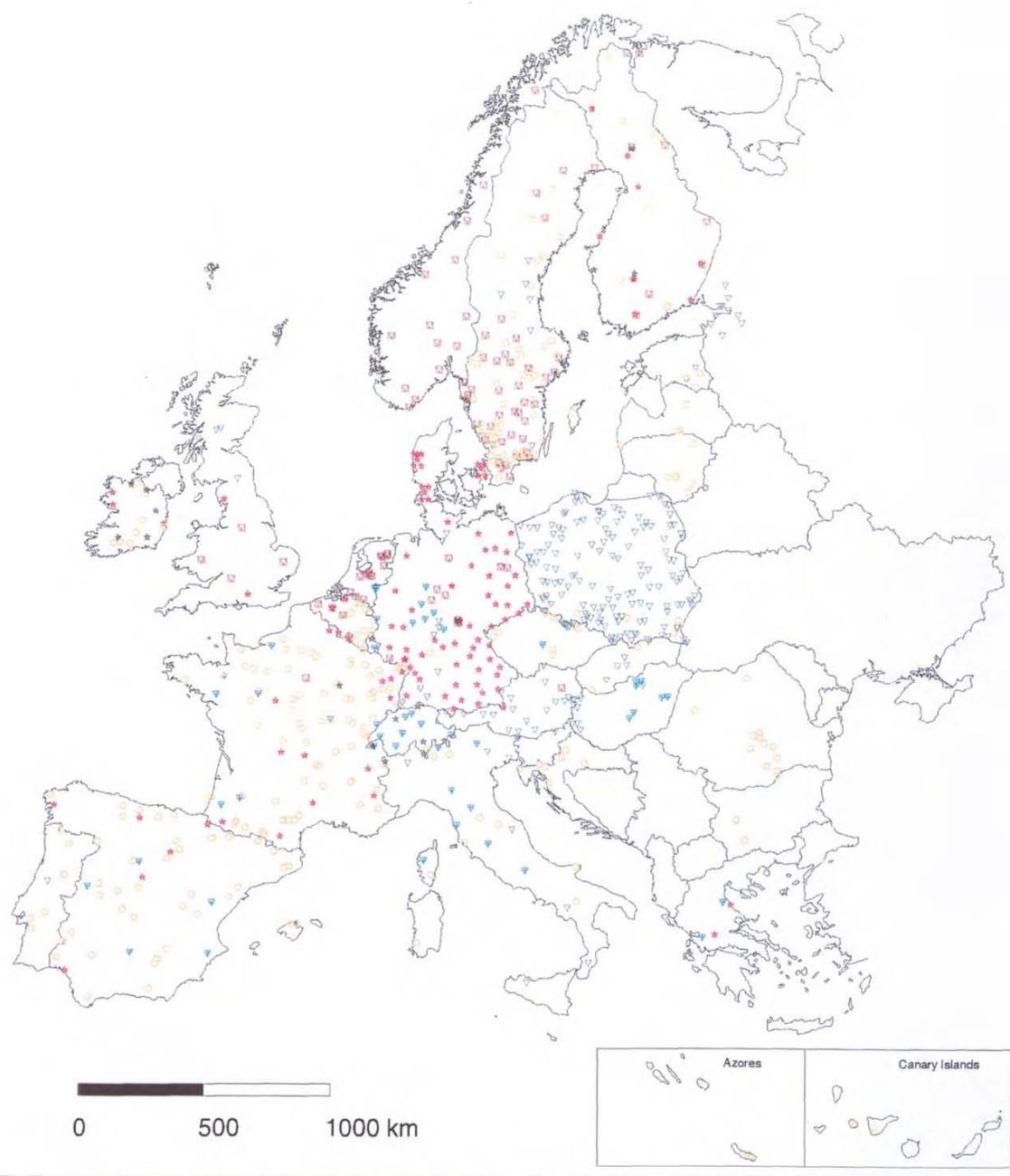


Abbildung 41:
Veränderungen des mittleren Nadel-/Blattverlustes pro Aufnahme­fläche für alle Baumarten zwischen 1992 und 1998



- Kernerhebungen
(Kronen- und Bodenzustand, Nadel-/Blattanalyse, Zuwachs)
- ▽ Kernerhebung & Deposition
- Kernerhebung & Deposition & Bodenlösung
- ▽ Kernerhebung & Deposition & Meteorologie
- ★ Kernerhebung & Deposition & Bodenlös. & Meteorol.
- ★ andere Kombinationen

Data source: EC (DG VI) & UN/ECE (ICP Forests)



Abbildung 42:
Lage und Erhebungsintensität der Level II-Dauerbeobachtungsflächen zur intensiven Überwachung des Waldstandes (Stand: Februar 1999)

II.4 Bewertung der Ergebnisse

Wälder werden durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. **Den Stoffeinträgen kommt dabei eine Schlüsselrolle zu.** Im Rahmen des forstlichen Umweltmonitoring werden der Waldzustand und die ihn beeinflussenden Faktoren erfasst. Die Ergebnisse hieraus sind eine wichtige Informationsgrundlage für die Öffentlichkeit und dienen der Politik als Entscheidungsgrundlage.

Befürchtungen von Anfang der 80er-Jahre, wonach ein großflächiges Zusammenbrechen der Wälder in naher Zukunft erwartet wurde, sind nicht eingetroffen. In Folge raschen politischen Handelns wurden Erfolge bei der Luftreinhaltepolitik erzielt. Insbesondere Schwefeldioxid-Immissionen gingen zurück. Andererseits zeigen die **Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitoring, dass Wälder durch Stoffeinträge nach wie vor beeinträchtigt werden.**

Stoffeinträge aus der Atmosphäre haben in den letzten Jahrzehnten auf die Waldböden – regional in unterschiedlichem Ausmaß – eingewirkt und sie teilweise in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt. Die bundesweite **Bodenzustandserhebung im Wald** belegt, dass Waldböden mit Ausnahme der Kalk- und Basaltsstandorte in Oberböden weitgehend flächendeckend versauert und basenverarmt sind. Nadel- und Blattanalysen ergaben, dass bei einzelnen Baumarten eine Überversorgung mit Stickstoff und Schwefel sowie Nährstoffmängel vorliegen.

Anhaltende Einträge von Schwefel- und Stickstoffverbindungen in Wäldern führen nach **Level II-Untersuchungen** zu Veränderungen im Stoffhaushalt der Waldökosysteme. Voranschreitende Verarmung der Waldböden an wichtigen Pflanzennährstoffen, die Gefährdung des Grundwassers durch Nitratbelastungen sowie Veränderungen des Artengefüges der Wälder sind z. B. die Folge hiervon.

Die Schwefeleinträge auf den Dauerbeobachtungsflächen im Wald liegen unter denen, die in den letzten Jahrzehnten gemessen wurden.

Auf 90 % der ausgewerteten Level II-Flächen wird mehr Stickstoff eingetragen als der Wald für sein Wachstum benötigt. Dabei spielt Ammoniumstickstoff, der überwiegend aus der Landwirtschaft stammt, eine wichtige Rolle.

Untersuchungen auf Level II-Flächen sind nicht nur Entscheidungsgrundlage für die Politik, sondern geben auch der Forstwirtschaft Hinweise für die Bewirtschaftung der Wälder. Untersuchungen auf Level II konnten zeigen, dass z. B. durch die Wahl standortgerechter Baumarten und durch moderne, weit verbreitete Verfahren der Waldbewirtschaftung die Auswirkungen der Forstwirtschaft auf den Stoffhaushalt der Waldökosysteme gering

gehalten werden können. Durch die gebräuchlichen Holzernteverfahren werden Kronen, Reisig, Wurzeln und z. T. die Rinde zumeist im Bestand belassen und damit ein Nährstoffentzug minimiert. Dies ist besonders auf nährstoffarmen Standorten bedeutsam.

Auch die **Ergebnisse der Waldschadens- und Waldökosystemforschung** belegen die Einflüsse von Luftverunreinigungen auf Waldökosysteme. Beispielsweise konnte im Rahmen des sogenannten „Solling-Dachprojektes“ durch „Entsauerung“ des Niederschlagswassers eine Verbesserung in der Baumernährung und in der Feinwurzelverteilung verzeichnet werden.

In einem Forschungsvorhaben zur **integrierenden Auswertung der Daten des forstlichen Umweltmonitoring** wurde festgestellt, dass Nährstoffmängel auf stark versauerten Standorten eine wesentliche Ursache von Waldschäden sind. Ein weiterer Schadfaktor ist weiterhin der atmosphärische Stoffeintrag in die Ökosysteme. Diese Stoffeinträge führen zu Nährstoffungleichgewichten und wirken sich somit auf die Baumernährung aus. Die Befunde der Waldschadenserhebung spiegeln sich damit prinzipiell in den Daten der forstlichen Flächeninventuren wieder.

Die **Biodiversität** der Wälder wird durch Stoffeinträge nachteilig beeinflusst. Stickstoffeinträge und Bodenversauerung führen zu einer Verringerung der natürlichen Standortunterschiede und damit zu einer Veränderung der Ökosystemvielfalt. Infolge direkter Schädigungen durch Luftverunreinigungen sind z. B. große Teile der auf Bäumen wachsenden Flechtenarten stark gefährdet und die Verbreitung der Mykorrhizapilze geht zurück. Die flächendeckende Eutrophierung des Waldes durch erhöhte Stickstoffeinträge entzieht zahlreichen spezialisierten Arten den Lebensraum und fördert gleichzeitig einige wenige stickstoffliebende, weitverbreitete Arten.

Neben Stoffeinträgen wird der Waldzustand durch die **Witterung** des Vorjahres sowie des Erhebungsjahres und durch **Schaderreger** beeinflusst.

Massenvermehrungen von KiefernSchädlingen traten insbesondere in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Niedersachsen auf. Da der diesjährige Nadelfraß der Schmetterlingsraupen jedoch erst im Anschluss an die Außenaufnahmen der Waldschadenserhebung in vollem Umfang sichtbar wird, haben diese Fraßschäden die Ergebnisse der Waldschadenserhebung 1999 kaum beeinflusst.

Der aktuelle Waldzustand ist Ausdruck seiner Umwelt und der ihn beeinflussenden, vorstehend beschriebenen Faktoren.

Zur aktuellen Einschätzung der Vitalität der Wälder führen die Landesforstverwaltungen jährlich die **Wald-**

schadenserhebung durch. Unbesehen aller regionalen baumartenspezifischen Unterschiede ist nach einem Anstieg Mitte der 80er-Jahre und einem Höhepunkt der Schäden in den Jahren 1991 und 1992 seither im **Bundesdurchschnitt** eine ganz allmähliche Verbesserung des Kronenzustandes festzustellen. Die Entwicklung verläuft nicht geradlinig. Der Flächenanteil deutlicher Schäden (Nadel-/Blattverlust größer als 25 %) ist von 30 % im Jahr 1991 auf 22 % im Jahre 1996 zurückgegangen und schwankt seitdem um diesen Wert. 1999 weist ein Flächenanteil von 22 % der Wälder deutliche Schäden auf. Die Waldschadenserhebung belegt, dass ältere Bäume über 60 Jahre von Kronenverlichtungen wesentlich stärker betroffen sind als junge.

Für die **Fichte** zeigt die Waldschadenserhebung nach einer deutlichen Verschlechterung am Anfang der neunziger Jahre und einer Verbesserung zwischen 1994 und 1996 in den beiden Vorjahren wieder eine allmähliche Zunahme des Flächenanteils bei den deutlichen Schäden. Dieser Trend hat sich 1999 nicht fortgesetzt. Der Flächenanteil der deutlichen Schäden liegt 1999 bei 25 %. Bei den älteren Bäumen über 60 Jahre hat der Flächenanteil der deutlichen Schäden sogar um 3 %-Punkte abgenommen.

Trotz einer Verschlechterung um 3 %-Punkte gegenüber dem Vorjahr weist die **Kiefer** 1999 mit einem Flächenanteil von 13 % deutlicher Schäden den besten Wert der vier Hauptbaumarten auf. Die diesjährige Zunahme des Flächenanteils deutlicher Schäden liegt bei den jüngeren Kiefern bei 3 %-Punkten und bei den über 60-jährigen Kiefern bei 2 %-Punkten.

Mit einem Flächenanteil von 32 % deutlicher Schäden ist die **Buche** nach der Eiche die Hauptbaumart mit dem zweithöchsten Schadniveau. Von 1984 bis 1992 schwankte der Flächenanteil deutlicher Schäden zwischen 13 % und 38 %. In den Folgejahren ging ihr Flächenanteil wieder auf 27 % zurück. Nach einem sprunghaften Anstieg 1995 auf 36 % hat der Flächenanteil deutlicher Schäden ein hohes Niveau erreicht und schwankt seither zwischen 29 % und 32 %.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Zunahme der deutlichen Schäden ausschließlich auf den unteren Bereich (30 % bis 35 %) der breiten Schadstufe 2 (26 % bis 60 %) bezieht. Kronenverlichtungen über 35 % sind sogar zurückgegangen.

Von wenigen Ausnahmen abgesehen hat die Kronenverlichtung bei der **Eiche** in den vergangenen zehn Jahren ständig zugenommen; sie entwickelte sich zur am gravierendsten geschädigten Hauptbaumart. Nachdem von 1996 auf 1997 bereits keine Verschlechterung mehr festgestellt wurde, ist 1998 sogar eine erhebliche Ver-

besserung eingetreten. In diesem Jahr liegen die deutlichen Schäden mit 44 % wieder 7 %-Punkte über dem Vorjahr, erreichen jedoch nicht das hohe Schadniveau von 1996 und 1997.

Im Rahmen eines europaweiten Programms wird der Waldzustand seit 1986 nach einheitlichen Methoden in mittlerweile 31 europäischen Staaten erfasst. 1998 waren ungefähr ein Viertel aller in Europa angesprochenen Bäume nach ihrem Nadel-/Blattverlust als geschädigt eingestuft. Die Entwicklung des Nadel-/Blattverlustes zeigt seit 1989 insgesamt eine deutliche Verschlechterung bei den sechs Hauptbaumarten. Der Trend bei den Baumarten muss jedoch für einzelne Regionen und Baumarten gesondert betrachtet werden. Aufnahmeflächen mit verbessertem Kronenzustand sind hauptsächlich in Teilen Deutschlands und Polens vertreten. Dort ist eine Erholung vor allem bei Kiefer zu verzeichnen, was teils durch günstigere Witterung und teils durch eine Entschärfung der Immissionssituation erklärt wird. Die Schadursachen werden europaweit auf Level II-Ebene im Detail analysiert. Bislang konnten erst die Daten von 144 Level II-Flächen ausgewertet werden. Dabei zeigen die Ergebnisse, dass auf 22 % dieser Flächen der Gesamtsäureeintrag einen Grenzwert, ab dem Schädigungen der Waldökosysteme zu erwarten sind, überschreitet. Stickstoffverbindungen machen vor allem in Westeuropa den Hauptteil an versauernden Substanzen aus. Die Deposition dieser Luftverunreinigungen hat direkten Einfluss auf den Ernährungszustand der Waldökosysteme.

Für Eiche, Fichte und Kiefer ist nach einer länderübergreifenden Auswertung von Dauerbeobachtungsflächen bei Kronenverlichtung von mehr als 60 % die **Absterbewahrscheinlichkeit** im Vergleich zu weniger stark verlichteten Bäumen beträchtlich erhöht. Die Beobachtungen zeigen, dass stark verlichtete Buchen sehr viel besser als die übrigen untersuchten Baumarten in der Lage sind, erhebliche Kronenverlichtungen in den Folgejahren so weit zu regenerieren, dass wieder deutlich dichtere Belaubung auftritt.

Die durchschnittliche **Absterberate** über alle Baumarten liegt in den untersuchten Beständen für den Zeitraum 1984 bis 1998 bei 0,21 % pro Jahr. Der Anteil abgestorbener Bäume war bei der Buche besonders niedrig, für die Eiche wurde eine gegenüber Buche, Fichte und Kiefer erhöhte Absterberate festgestellt.

Der Erhalt der Wälder ist ein wichtiges forstpolitisches Ziel. Nur durch weitere Maßnahmen der Luftreinhaltung und umweltgerechtes Verhalten aller gesellschaftlichen Gruppen ist eine Verbesserung des Waldzustandes und eine nachhaltige Sicherung seines Bestandes zu erzielen.

III. Maßnahmen der Bundesregierung gegen Neuartige Waldschäden

Die Bundesregierung hält an dem 1983 beschlossenen Aktionsprogramm „Rettet den Wald“ fest. Einige wesentliche Elemente dieses Programmes sind:

- Konsequente Politik der Luftreinhaltung auf nationaler und internationaler Ebene,
- Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“,
- Überwachung der Neuartigen Waldschäden,
- Maßnahmen zur Erhaltung der forstlichen Genressourcen,
- Förderung einer interdisziplinären Waldschadens- und Waldökosystemforschung durch Bund und Länder.

Zusätzliche umweltpolitische Instrumente, wie die ökologische Steuerreform, mit deren Umsetzung bereits begonnen wurde, tragen zum Schutz des Waldes vor Neuartigen Waldschäden bei.

III.1 Maßnahmen der Luftreinhaltung

Der Minderung von Stoffeinträgen in Wälder kommt weiterhin eine hohe Priorität bei der Bekämpfung Neuartiger Waldschäden zu. Hauptquellen für Luftverunreinigungen sind Industrieanlagen, Kraftwerke, Verkehr, Haushalte, Kleinverbrauch und Landwirtschaft. Die Bundesregierung wird dafür Sorge tragen, dass zur Verbesserung der Luftqualität der Stand der Technik umgesetzt wird und die zahlreichen nationalen Maßnahmen zur dauerhaften Emissionssenkung fortgeführt werden. Angesichts der weiträumigen grenzüberschreitenden Ausbreitung der Luftschadstoffe sind darüber hinaus die bereits eingeleiteten Bestrebungen auf internationaler Ebene fortzusetzen.

Das Ziel, die Luftschadstoffe zu reduzieren, muss dabei in allen Politikbereichen – u. a. Umwelt-, Verkehrs-, Finanz-, Wirtschafts- und Landwirtschaftspolitik – verwirklicht werden.

Maßnahmen der Luftreinhaltung auf nationaler und EU-Ebene

Das **Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)** hat als zentrales Gesetz für den technischen Umweltschutz und die technische Anlagensicherheit mit seinen Verordnungen und Verwaltungsvorschriften die Umweltpolitik in Deutschland entscheidend geprägt. Zweck des im Jahre 1974 in Kraft getretenen Gesetzes ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen

schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen. Es wird durch Verordnungen und technische Anleitungen ergänzt. Insbesondere hat sich die Großfeuerungsanlagen-Verordnung von 1983 als wichtiges Instrument bei der Verminderung der klassischen Luftschadstoffe erwiesen. Die Emissionen von Großfeuerungsanlagen wie Kraftwerke konnten dadurch reduziert werden.

Weitere Schritte zur wirksamen Verminderung der Schadstoffemissionen sind die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (1986), die Kleinf Feuerungsanlagen-Verordnung (1988), die Novelle des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (1993) und das Ozongesetz (1995).

Einen wichtigen Beitrag zur Luftreinhaltung haben **verkehrspolitische Maßnahmen** in den vergangenen Jahren erbracht. Trotz gestiegenen Verkehrsaufkommens gingen die verkehrsbedingten Schadstoffemissionen zurück. Erfolge in diesem Bereich gründen auf folgenden Maßnahmen:

- Einführung und Förderung von verbesserten Abgasminderungs-techniken (3-Wege-Katalysator),
- Verschärfung der Abgasgrenzwerte für alle Kategorien von Fahrzeugen,
- Gewährung von Vorteilen für Fahrzeuge mit niedrigen Schadstoffemissionen im Rahmen von Ozongesetz, 23. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz und Kraftfahrzeugsteuergesetz,
- Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs (u. a. durch Förderung von verbrauchsarmen Pkw im Rahmen der emissionsbezogenen Kfz-Steuer).

Neben dem Anlagen- und Verkehrsbereich ist die **Landwirtschaft** eine weitere wesentliche Quelle von umweltrelevanten und die Wälder belastenden Immissionen. So trägt die Landwirtschaft zu 90 % der Ammoniakemissionen in Deutschland bei. In der landwirtschaftlichen Praxis werden vielfältige NH₃-mindernde Maßnahmen (z. B. bedarfsangepasste Fütterung) bereits durch gezielte Beratung auf freiwilliger Basis umgesetzt.

Durch eine Vielzahl agrarpolitischer Maßnahmen und eine zunehmende Ausrichtung der Landwirtschaft an den Belangen der Umwelt können seit mehreren Jahren auch bei den aus der Landwirtschaft stammenden Emissionen Verminderungen festgestellt werden. Dazu hat die Agrarreform 1992 der Europäischen Gemeinschaften beigetragen durch Förderung

- einer flächengebundenen Tierproduktion mit begrenztem Viehbesatz,
- umweltgerechter landwirtschaftlicher Produktionsverfahren einschließlich Flächenstilllegung,

- emissionsmindernder Technologien.

Die grundlegende Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik im Rahmen der Agenda 2000 soll dazu beitragen, dass sich dieser Trend bei der Reduzierung landwirtschaftlicher Emissionen fortsetzt. Die Mitgliedstaaten müssen künftig gewährleisten, dass den Belangen des Umweltschutzes bei den landwirtschaftlichen Stützungsregelungen angemessen Rechnung getragen wird. Die Honorierung besonders umweltverträglicher Wirtschaftsweisen im Rahmen der Agrarumweltprogramme wurde erweitert und verbessert. Die Förderung der extensiven Rinderhaltung wurde neu geregelt.

Gemäß Düngemittelrecht und der 1996 verabschiedeten Düngemittelverordnung sind Ammoniakverluste bei der Düngung weitestgehend zu vermeiden.

In der Tierhaltung sind züchterische Maßnahmen auf eine Verbesserung der Futtermittelverwertung gerichtet. Die Beratung konzentriert sich auf hohe Futterqualität und bedarfsgerechte Fütterung. Dadurch soll die Nährstoffeffizienz in der Tierproduktion weiter verbessert und die Ammoniakemissionen vermindert werden.

Neben den Maßnahmen des Bundes wirkten sich darüber hinaus auch Agrarumweltprogramme der Länder aus, die nahezu ein Drittel der landwirtschaftlich genutzten Fläche erfassen.

Zudem ist es Ziel der Bundesregierung, durch **Energieeinsparung** Emissionen zu vermeiden. Hierzu werden Energiepreise durch die ökologische Steuerreform erhöht, um zum Energiesparen anzuregen. Außerdem werden energiesparende Technologien gefördert. Darüber hinaus existiert ein Bündel weiterer Maßnahmen zur Förderung der Energieeinsparung.

Mit der Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24.09.1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) sollen in den Mitgliedstaaten Emissionen in Luft, Wasser und Boden vermieden bzw. vermindert werden, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen. Die Richtlinie betrifft in der Hauptsache Großanlagen einschließlich großer Verbrennungsanlagen. Die Umsetzung dieser Richtlinie in nationales Recht soll rasch abgeschlossen werden.

Die Europäische Union hat ihre bestehende Luftreinhalte-Richtlinie novelliert. In Kraft getreten ist bereits eine Richtlinie mit Immissionsgrenzwerten für die Stoffe SO₂, NO_x, Blei und Feinstaub.

Internationale Maßnahmen zur Luftreinhaltung

Viele Emissionen unterliegen dem Ferntransport mit der Luft. Fernab von ihrer Quelle werden sie gas- bzw. staubförmig oder mit Niederschlägen in gelöster Form in Wälder und andere Ökosysteme eingetragen. Daher sind

internationale Vereinbarungen von großer Bedeutung. Bereits 1979 wurde im Rahmen der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN/ECE) mit dem „**Genfer Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung**“ ein wirksames umweltpolitisches Instrument auf internationaler Ebene installiert, an dem west- und osteuropäische Staaten mitarbeiten. Dieses Übereinkommen wurde in den folgenden Jahren um sieben Protokolle ergänzt:

- Genfer Protokoll über die langfristige Finanzierung des kooperativen Programmes zur Überwachung und Bewertung der weiträumigen grenzüberschreitenden Luftverschmutzungen in Europa (EMEP von 1984),
- Helsinki-Protokoll zur Reduzierung von Schwefel-emissionen 1985 („Erstes Schwefelprotokoll“),
- Sofia-Protokoll zur Reduzierung der Stickstoffoxid-emissionen von 1988,
- Genfer Protokoll zur Reduzierung der Emissionen flüchtiger organischer Substanzen von 1991,
- Oslo-Protokoll über die weitere Reduzierung der Schwefelemissionen („Zweites Schwefelprotokoll“) von 1994,
- Arhus-Protokoll zu Schwermetallen von 1998 (noch nicht in Kraft getreten),
- Arhus-Protokoll zu persistenten organischen Schadstoffen (POP-Protokoll) von 1998 (noch nicht in Kraft getreten).

Derzeit wird ein weiterer Protokollentwurf (Multikomponentenprotokoll), der nationale Obergrenzen für die Emission von Schwefel, Ammoniak, Stickstoff und flüchtigen organischen Substanzen vorsieht, vorbereitet.

III.2 Entwicklung der Emissionen

Der Umweltschutz in Deutschland hat ein im internationalen Vergleich hohes Niveau erreicht. Durch stetig an den Stand der Technik angepasste Umweltauflagen ist in verschiedenen Umweltbereichen eine deutliche Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung gelungen.

Für den Waldzustand bedeutende Stoffgruppen der Luftverunreinigungen sind Stickstoffoxide (NO_x), Ammoniak (NH₃) und Schwefeldioxid (SO₂).

Stickstoffoxide entstehen fast ausschließlich bei Verbrennungsprozessen. Hauptquellen sind 1996 Verkehr (61 % der Gesamtemissionen – NO_x) sowie Kraft- und Fernheizwerke (18 % der Gesamtemissionen – NO_x). Ihre Emissionen gingen zwischen 1990 und 1996 um mehr als 30 % auf 1,89 Millionen Tonnen pro Jahr zurück. Deutschland konnte damit seine internationale Verpflichtung zur NO_x-Reduzierung erbringen.

Ammoniak entsteht wesentlich durch Tierhaltung und Düngemittelverwendung in der Landwirtschaft. Ammoniak ist wegen seines Beitrags zur Versauerung und Nährstoffübersorgung (Eutrophierung) von Böden, Gewässern und Biotopen relevant. Ausmaß und Art des atmosphärischen Transportes sind jedoch noch unklar. Zwischen 1990 und 1994 konnten die Ammoniakemissionen um ca. 18 % auf rund 0,62⁵⁾ Millionen Tonnen pro Jahr vermindert werden. Dieser Rückgang ist überwiegend auf den Abbau der Tierbestände und den verminderten Einsatz von stickstoffhaltigen Mineraldüngern sowie technische Maßnahmen zur Senkung der Emissionen bei der Güllelagerung und Ausbringung zurückzuführen.

Die größten Erfolge konnten in den vergangenen Jahren bei der Reduzierung der **Schwefeldioxidemissionen** erreicht werden. Dieser mit Wasser und Sauerstoff zu Schwefelsäure reagierende Stoff entsteht überwiegend bei Verbrennungsvorgängen. Hauptquelle mit mehr als 54 % der Gesamtemission von 1,54 Millionen Tonnen sind 1996 Kraft- und Fernheizwerke. In diesem Sektor erfolgte die größte Reduzierung von Schwefelemissionen, die 1990 noch bei 2,78 Millionen Tonnen lagen und bis 1996 auf 0,85 Millionen Tonnen sanken. Insgesamt gingen in diesem Zeitraum die SO₂-Emissionen um 70 % zurück. Deutschland hatte sich im „Helsinki-Protokoll“ verpflichtet, seine Emissionen bis 1993 um 30 % des Niveaus von 1980 zu vermindern. Dieses Ziel konnte erreicht werden. Mit dem Zweiten Schwefelprotokoll muss Deutschland seine Schwefeldioxidemissionen bis 2005 auf 0,99 Millionen Tonnen senken.

⁵⁾ vorläufige Angabe für 1994 (Stand 1997)

III.3 Maßnahmen der Forstwirtschaft gegen Neuartige Waldschäden

Die Neuartigen Waldschäden werden durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren verursacht. Eine Schlüsselrol-

le spielen dabei nach wie vor die Luftverunreinigungen. Zur Umsetzung des forstpolitischen Ziels, die Wälder wegen des wirtschaftlichen Nutzens und wegen ihrer Bedeutung für die Umwelt zu erhalten und ihre ordnungsgemäße Bewirtschaftung nachhaltig zu sichern, ist eine weitere Reduzierung der Schadstoffeinträge erforderlich.

Die Möglichkeiten der Forstwirtschaft, auf Stoffeinträge zu reagieren, sind beschränkt. Nur wenige forstliche Maßnahmen können flankierend zu den Maßnahmen der Luftreinhaltung die Widerstandskraft der Wälder verbessern. Dies sind:

- Bodenschutzkalkung,
- Wiederaufforstung,
- Vor- und Unterbau geschädigter Bestände.

Weiterhin sind in diesem Zusammenhang zu nennen:

- steuerliche Erleichterungen,
- waldbauliche Maßnahmen,
- Maßnahmen zur Erhaltung forstlicher Genressourcen.

Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK)

Die Bundesregierung unterstützt von Neuartigen Waldschäden betroffene Waldbesitzer des Privat- und des Körperschaftswaldes bereits seit 1983 durch die Förderung von Maßnahmen zur Stabilisierung der durch Immissionen geschädigten Wälder. Zu diesen gehören im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ die **Bodenschutzkalkung, Wiederaufforstung sowie Vor- und Unterbau geschädigter Bestände**. Der Förderanteil für einzelne Maßnahmen liegt bei bis zu 90 % der förderfähigen Kosten (Waldkalkung). Der Bund beteiligt sich

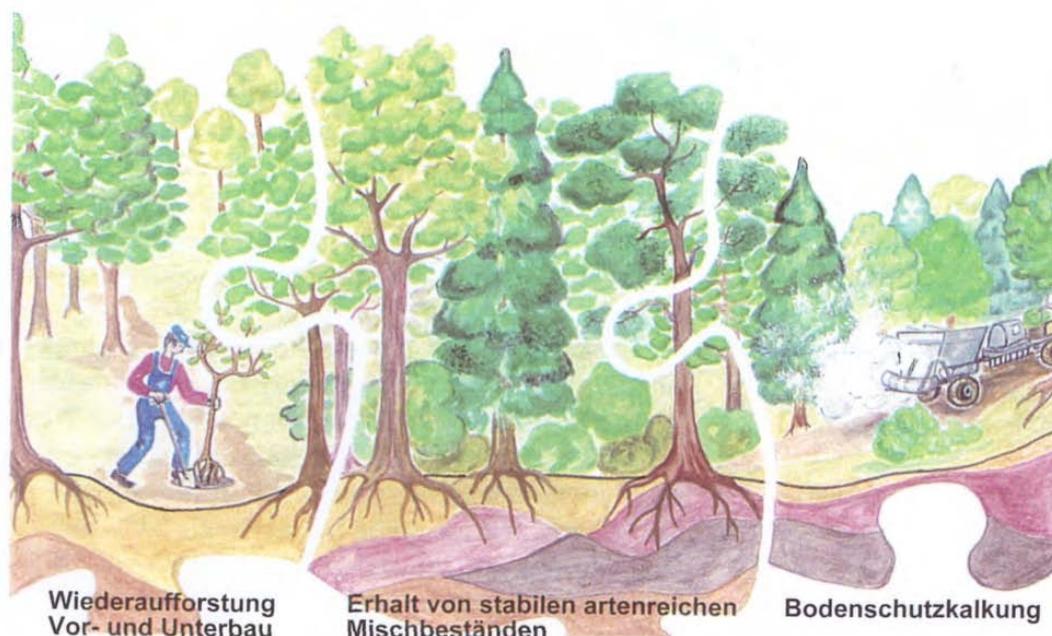


Abbildung 43: Bodenschutzkalkung, Förderung von Maßnahmen zur Stabilisierung immissionsgefährdeter Wälder und Schaffung artenreicher und stabiler Wälder dienen der Sicherung der Waldfunktionen

mit 60 % und die Länder mit 40 % an den förderfähigen Kosten. Einige Länder haben darüber hinaus eigene Förderprogramme eingerichtet.

Jahr	Bodenschutz- kalkung und Kompensa- tionsdüngung	Wiederauf- forstung	Vor-/ Unterbau	Gesamt
1984	6,3	2,3	8,2	16,8
1985	10,5	4,1	11,0	25,6
1986	14,0	14,8	12,7	41,5
1987	17,1	18,9	17,7	53,7
1988	30,7	22,0	19,8	72,5
1989	29,2	13,5	23,8	66,5
1990	27,1	20,4	15,4	62,9
1991	19,5	50,8	11,8	82,1
1992	20,5	23,7	11,3	55,5
1993	22,4	14,4	14,9	51,7
1994	22,5	8,1	12,7	43,3
1995	20,7	10,0	13,8	44,5
1996	16,1	6,1	9,9	32,1
1997	13,1	4,8	9,9	27,8
1998	17,9	3,0	6,7	27,6
Summe	287,6	216,9	199,6	704,1

Tabelle 1: Forstwirtschaftliche Förderung von Maßnahmen aufgrund Neuartiger Waldschäden im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (in Millionen DM)

Wiederaufforstung sowie Vor- und Unterbau von geschädigten Beständen dienen dem Erhalt der Wälder. Auf knapp 44 Tausend Hektar wurden im Zeitraum von 1984 bis 1998 von Neuartigen Waldschäden betroffene Waldflächen wiederaufgeforstet. Im gleichen Zeitraum wurde auf knapp 84 Tausend Hektar unter dem Kronenschirm geschädigter Bestände gepflanzt (Vor- und Unterbau).

Zwischen 1984 und 1998 wurden ca. 2,65 Millionen Hektar Waldfläche gekalkt, wobei in geringem Umfang Flächen zum zweiten Mal gekalkt wurden. Dabei wurden auch Kalkungsflächen erfasst, die nicht im Rahmen der GAK gefördert wurden. Durch Stoffeinträge sind die Waldböden großflächig versauert und verarmen an Nährstoffen. Sie sind damit sensibel für weitere Säureeinträge. Die Bodenschutzkalkung kann diese Prozesse zwar nicht vollständig umkehren, jedoch wirkt sie einer

fortschreitenden Bodenversauerung entgegen. Darüber hinaus werden Nährstoffe wie Magnesium und Phosphor ausgebracht.

Jahr	Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung ^a [in 1 000 ha]		
	im Privat- und im Kommunalwald	im Staatswald	Gesamt
1984 - 1990	410 ^b	846 ^c	1.256
1991	70	139	209
1992	71	100	171
1993	95	68	163
1994	89	79	168
1995	81	79	160
1996	76	79	155
1997	71	70	141
1998	74	63	137
1984 – 1998	1.037	1.523	2.560

^a = ohne Treuhandwald
^b = Nur Privat- und Kommunalwald der alten Länder
^c = Staatswald in den alten Ländern sowie Staatswald, Privat- und Kommunalwald in der DDR

Tabelle 2: Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung zur Stabilisierung von Waldökosystemen gegen atmogene Säureeinträge

Waldbauliche Maßnahmen

Ein Ziel des Bundes und der Länder ist es, durch waldbauliche Maßnahmen stabile Waldbestände zu entwickeln, die weniger anfällig für äußere Einflüsse sind. Im Staats- und Körperschaftswald und immer mehr auch im Privatwald wird nach den Prinzipien der naturnahen Waldwirtschaft gearbeitet. Im Mittelpunkt steht dabei der Anbau standortgerechter, d. h. an die Standortverhältnisse (Boden und Klima) angepasster Baumarten und die Schaffung von strukturreichen, ungleichaltrigen Mischwäldern. In den Programmen der Landesforstverwaltungen sind diese Grundsätze seit mehreren Jahren ein fester Bestandteil.

Steuerliche Erleichterungen

Waldbesitzer, die wegen Neuartiger Waldschäden Zwangsnutzungen durchführen müssen, können nach

§ 34 b des Einkommensteuergesetzes für Einkünfte aus diesen Zwangsnutzungen einen ermäßigten Steuersatz geltend machen, soweit unter Anrechnung „normaler Nutzungen“ der Hiebsatz überschritten wird. Die Höhe der steuerlichen Erleichterungen richtet sich nach dem Umfang der Zwangsnutzung im Vergleich zur „normalen“ Nutzung.

Erhaltung forstlicher Genressourcen

Die Anpassungsfähigkeit von Pflanzen- und Tierarten sichert deren Überleben unter sich verändernden Umweltbedingungen. Bei Waldbäumen wird diese Anpassungsfähigkeit durch eine besonders hohe genetische Vielfalt gesichert. Diese ist wegen der Ortsgebundenheit und der langen Lebenserwartung der Bäume erforderlich. Die Erhaltung der genetischen Vielfalt ist angesichts der Immissionen und der prognostizierten Klimaänderung besonders bedeutend.

Eine bereits 1985 gegründete Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Erhaltung Forstlicher Genressourcen“ koordiniert die für die Erhaltung der genetischen Vielfalt der Baumarten erforderlichen Maßnahmen:

- Sicherung von Genressourcen am Ort ihres Vorkommens,
- Erhaltung von Genressourcen an anderen Orten (Samenplantagen und Genbanken).

Auch bei der Zulassung von Saatguterntebeständen und der Erzeugung von forstlichem Vermehrungsgut wird die genetische Vielfalt berücksichtigt.

III.4 Waldschadensforschung/Waldökosystemforschung

Zwischen 1982 und 1994 haben Bund, Länder und andere Forschungsträger in der Bundesrepublik Deutschland etwa 850 Forschungsvorhaben gefördert. Die Bundesregierung hat davon 330 Vorhaben mit insgesamt 313 Millionen DM unterstützt. Darüber hinaus haben Bundes- und Landesforschungseinrichtungen, Landesanstalten für Umweltschutz, Großforschungseinrichtungen und Hochschulen im Rahmen ihrer finanziellen Möglichkeiten Projekte für die Waldschadensforschung finanziert.

Im Verlauf von über 10 Jahren Waldschadensforschung hat sich gezeigt, dass diese sehr vielfältigen und komplexen Zusammenhänge umfassende, d. h. ökosystemare und auf Langzeitbeobachtungen ausgelegte Forschungsansätze erfordern. Daher wurde 1989 zusätzlich zur Waldschadensforschung die Waldökosystemforschung aufgenommen, die sich auch mit Waldschäden befasst. Die diesbezüglichen Arbeiten sind 1995 weitgehend an die Stelle der Waldschadensforschung getreten.

IV. Länderbeiträge

Baden-Württemberg

In Baden-Württemberg wurde 1999 der Kronenzustand als Teilstichprobe im Erhebungsnetz der EU aufgenommen (16 x 16 km-Raster, Stichprobenumfang 1 128 Bäume). Die Aufnahme 1999 ergibt einen mittleren Nadel-/ Blattverlust von 20,3 % ± 1,4 %. Der Waldflächenanteil in Baden-Württemberg mit deutlich geschädigten Bäumen (Schadstufen 2–4) beträgt 25 % ± 4 %. Gegenüber den Jahren 1997 und 1998 hat sich der Benadelungs-/Belaubungszustand nicht signifikant verändert. Der Kronenzustand der Waldbäume stabilisiert sich auf dem Niveau der Vorjahre.

Der Stichprobenumfang des EU-Netzes erlaubt für Baden-Württemberg keine differenzierten Aussagen nach Baumarten und Regionen. Bei den diesjährigen Erhebungen fällt jedoch auf, dass sich der Kronenzustand bei Laubbäumen regional verschlechtert hat. Dabei dürfte die starke Fruktifikation der Buche einen Einfluss gehabt haben.

Im Waldzustandsbericht 1999 der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg werden die Ergebnisse der Terrestrischen Waldschadensinventur durch Ergebnisse der Untersuchung von 60 Dauerbeobachtungsflächen mit rund 3 000 im Jahr 1999 beobachteten Waldbäumen ergänzt. Die Ergebnisse bestätigen die Aussagen zum Kronenzustand auf den EU-Stichprobepunkten.

Dem Monitoring der Waldökosysteme in Baden-Württemberg dienen weitere Messnetze wie die Immissionsökologische Waldzustandserhebung (periodische Inventur zur Waldernährung mit Aussagen zum Nährstoffgehalt der Nadeln von Fichten und Tannen), die Bodenzustandserhebung, das Depositionsmessnetz (permanentes Messnetz zur Ermittlung der Säure- und Stickstoffeinträge im Niederschlag) oder das Stoffflussmessnetz (Versuchsflächen zur intensiven Messung der Stoffein- und -austräge in Waldökosysteme).

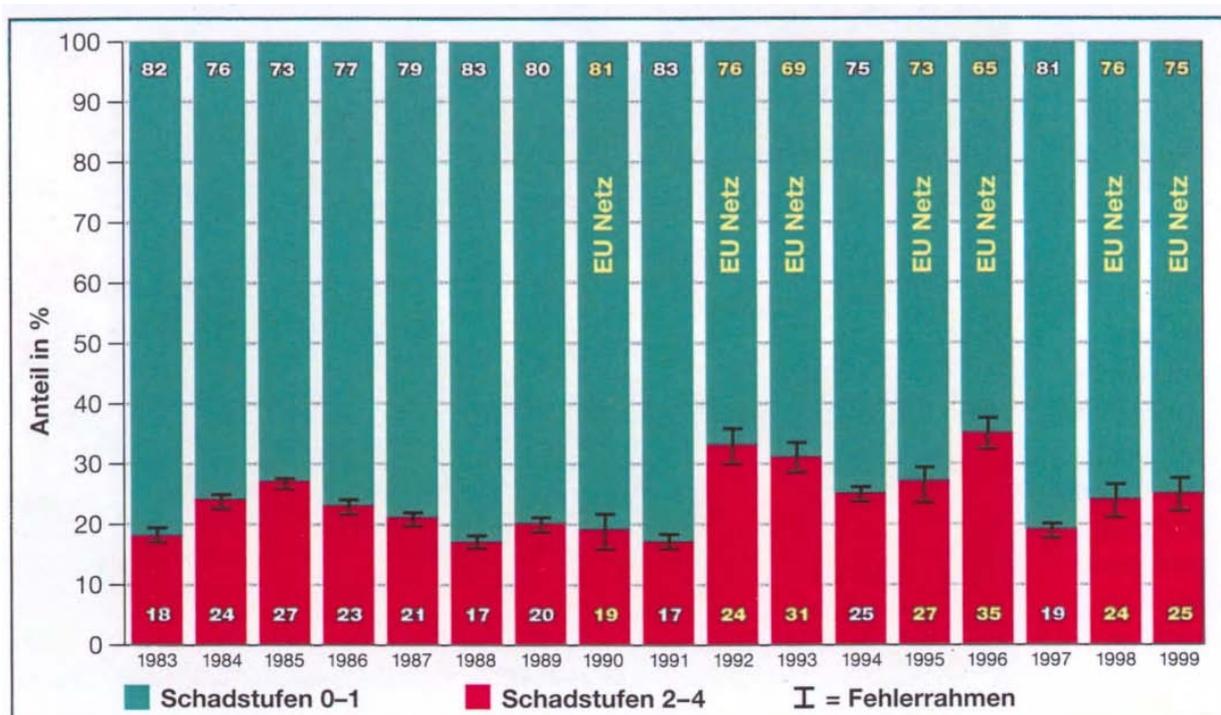


Abbildung 44: Flächenanteil der Schadstufen und Fehlerrahmen für Baden-Württemberg

Wesentliche Aussagen daraus sind:

- Die Gesamtsäureeinträge übersteigen das natürliche Puffervermögen nichtkarbonatischer Standorte in der Regel um ein Mehrfaches. Weitere Anstrengungen zur Emissionsreduktion sind erforderlich.
- Auch Wälder mit geringeren Stickstoffeinträgen sind allmählich mit Stickstoff übersorgt.
- Die Waldböden verlieren an Pufferkapazität und damit ihr Regulationsvermögen gegenüber externen Belastungsfaktoren.
- Die Analyse von Nadelproben zeigt u. a. einen deutlichen Abnahmetrend bei der Versorgung mit Kalium.
- Waldkalkungen können eine nachhaltige Verbesserung der Fähigkeit des Bodens zur Neutralisation von Säuren bewirken und sollen bedarfsorientiert fortgesetzt werden.

Bayern

In den letzten vier Jahren hat sich der Kronenzustand der Waldbäume in Bayern erkennbar stabilisiert. Die Nadel-/Blattverluste liegen im Durchschnitt aller Baumarten auf niedrigem Niveau. Ursächlich dafür sind neben der v. a. beim Schwefel festzustellenden Verringerung

der Immissionen im Wesentlichen die günstige Witterung mit ausreichend Niederschlägen und ein landesweit gesehen nur geringer Befall mit Schadinsekten.

Tanne und Eiche sind nach wie vor die am stärksten geschädigten Baumarten, beide jedoch mit leicht verbessertem Ergebnis. Allerdings sterben noch immer Eichen aus ungeklärter Ursache ab. Neben der landesweiten Inventur im 16 km x 16 km-Raster wurde der bayerische Alpenraum im engen 4 km x 4 km-Netz aufgenommen. Er muss nach wie vor als Hauptschadensgebiet in Bayern bezeichnet werden. Der vor Lawinen, Hochwasser und Erosion schützende Bergwald weist zwar eine – je nach Region, Baumart oder Ausgangsniveau der Blatt-/Nadelverluste – uneinheitliche, insgesamt aber sogar nochmals leicht gestiegene Schadenshöhe und -entwicklung auf.

Sorge bereiten die Waldböden, deren Pufferkapazitäten für langjährige hohe Immissionsraten, etwa beim Stickstoff, sich zunehmend erschöpfen.

Der gesamte Waldzustandsbericht 1999 für Bayern kann im Internet unter den Adressen <http://www.lwf.uni-muenchen.de> bzw. <http://www.forst.bayern.de> abgerufen werden.

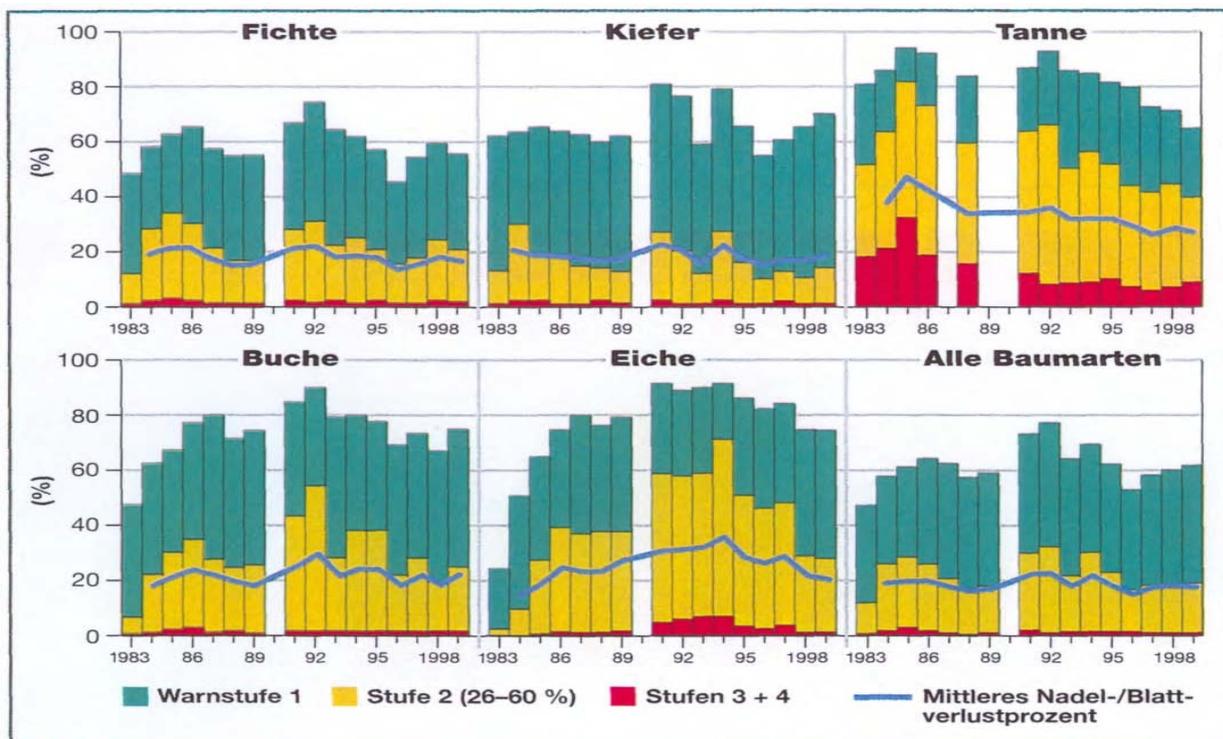


Abbildung 45: Nadel- bzw. Blattverlust sowie mittleres Verlustprozent der Hauptbaumarten seit 1983 in Bayern

Berlin

In Berlin bleiben 1999 (1998er Zahlen in Klammern dahinter) 30% (28%) der Waldfläche ohne sichtbare Schadsymptome (Stufe 0), 53% (60%) sind leicht geschädigt (Stufe 1) und 17% (12%) weisen deutliche Schäden bis zum Absterben auf (Stufen 2 bis 4) (Tab. 3).

(in %)	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Schadstufe 0	31	33	32	37	28	28	29
Schadstufe 1	44	46	50	50	52	60	53
Schadstufe 2-4	25	21	18	13	20	12	18

Tabelle 3: Waldschäden in Berlin 1993 bis 1999

Der Witterungsverlauf war für die Vegetation ungünstig. Die Winterperiode war zu mild, die Temperaturen lagen deutlich über dem langjährigen Mittel und brachte der Vegetation nicht die normale Winterruhe. Auch die Winter- und Frühjahrsniederschläge lagen zum Teil deutlich unter dem langjährigen Mittel.

Die Bäume haben auf diese Bedingungen mit einem wieder verstärkten Nadel- und Blattverlust reagiert. Die kurzfristige Verbesserung des Kronenzustandes des Vorjahres 1998 ist für 1999 wieder leicht umgeschlagen. Insgesamt liegen die sichtbaren Schäden weiterhin auf einem zu hohen Niveau.

Bei der Eiche ist aufgrund der Witterung eine erhebliche Zunahme bei den Schadstufen 2-4 mit 40 % (zum Vorjahr 25 %) zu verzeichnen. Die Schäden nehmen bei allen Baumartengruppen mit zunehmendem Alter zu.

Schwefeldioxid stellt heute keine direkte Belastung mehr für die Blattorgane dar. An der Ozonbelastung hat sich allerdings nichts Wesentliches verändert. Gemessen an den Verträglichkeitsschwellen für die Vegetation liegen die Ozonwerte in den Waldgebieten, besonders während der Vegetationsperiode, weiterhin auf einem unveränderten, zu hohen Niveau.

Insgesamt unterliegen die Pufferkapazitäten des Waldökosystems aufgrund anhaltender Stoffeinträge einer ständigen Überanspruchung. Ursachen hierfür sind die für unsere Wälder zu hohen Einträge an Stickstoff und bodenversauernden Säurebildnern aus Luftverunreinigungen, verursacht in erster Linie durch Verkehr, aber auch durch Industrie und Landwirtschaft. Zu den Ursachen zählt auch die Unausgewogenheit bei der jeweiligen Senkung der Emissionen von Staub bzw. Schwefeldioxid, was einerseits zu weiterhin anhaltenden Einträgen von Säurebildnern aus der Luft, andererseits zur Verminderung wichtiger Nährstoffanteile aus Staubgehalten der Luft beiträgt.

Brandenburg

Seit Beginn der Waldschadenserhebung nach bundesweit einheitlicher WSE-Methodik im Jahr 1991 hat sich der Kronenzustand der Wälder in Brandenburg kontinuierlich verbessert. Der Flächenanteil deutlich verlichteter Kronen sank von 33 % auf nunmehr 7 %. 1999 wurden gegenüber 1991 von den Waldbäumen im Mittel 10 % mehr Nadel-/Laubmasse gehalten.

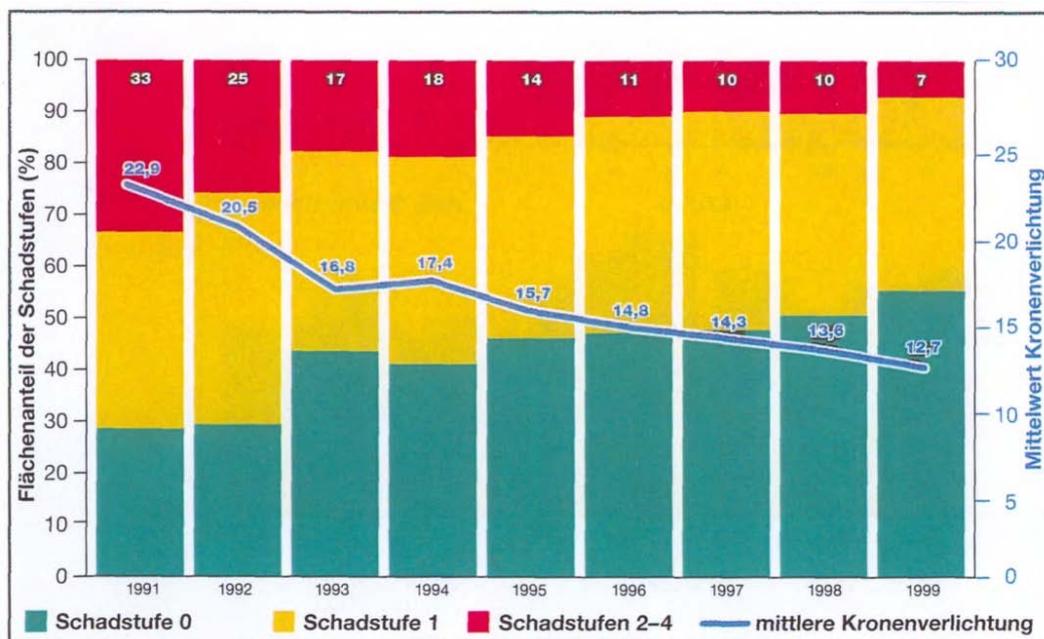


Abbildung 46: Flächenanteil der Schadstufen und mittlere Kronenverlichtung in Brandenburg

Eine Ausnahme von diesem positiven Trend bildet die Baumart Eiche, die seit 1991 keinen Trend der Verbesserung des Kronenzustandes erkennen lässt. Die Anteile deutlicher Schäden der Eiche schwanken zwischen 20 und 30 % und bleiben in der Tendenz eher konstant.

Die Bewertung der Zustandsentwicklung ist angesichts der in den Jahren 1988 bis 1990 in Brandenburg aufgetretenen sehr trockenen Frühjahrs- und Sommerperioden sowie anschließenden sehr warmen Wintern problematisch. Mittels regressionsanalytischer Modelle ließ sich für den Zeitraum 1986 bis 1998 an Kiefern-Dauerbeobachtungsflächen zeigen, dass diese Witterungsfaktoren als Auslöser des starken Anstiegs der Kronenverlichtung in diesem Zeitraum sehr wahrscheinlich sind. Mit der Erholungsphase des Kronenzustandes seit 1992 haben sich sowohl die Witterungsverhältnisse als für den Waldzustand günstig ergeben, sind aber auch die hohen Immissionsbelastungen von Schwefeldioxid und Stäuben schrittweise drastisch reduziert worden. Es bleibt bisher ein hohes Niveau der Ozonimmission bestehen, das Wirkungen auf den Waldzustand haben kann. Die Fremdstoffeinträge sind für Schwefel und in geringerem Maße auch Stickstoff zurückgegangen, die kritischen Eintragsraten werden aber weiter überschritten.

Eine vergleichende dritte Inventur der Ernährungssituation der Kiefer an 120 Dauerbeobachtungsflächen zeigte gegenüber der Erstaufnahme (1988) die positive Tendenz einer Reduzierung der mittleren Schwefelkonzentration von 1,9 % auf 1998 1,2 %. Für Blei wurde im gleichen Zeitraum eine Reduktion auf nahezu ein Drittel des Ausgangswertes festgestellt. Demgegenüber kritisch zu bewerten ist die übereinstimmend fallende Tendenz der Nadelspiegelwerte von Kalium, Kalzium und Magnesium, die Schwellenwerte zum Mangel bisher nicht

unterschreiten, beim Magnesium aber bereits erreicht haben.

Der gegenwärtig gute Waldzustand wird weiterhin als nicht gesichert betrachtet. Die Bodenzustandsveränderungen schreiten, zwar deutlich gebremst, weiter fort. Die Untersuchungen im Waldzustandsmonitoring Level I und Level II werden weiter als notwendige Vorsorge betrachtet und in bestehender Intensität weitergeführt.

Hamburg

In diesem Jahr hat der Anteil an gesunden Bäume im Vergleich zum Vorjahr um 1,7 % zugenommen. Der Anteil deutlich geschädigter Bäume sank um 2,8 %. Die Kronenschäden der Kiefer weisen das niedrigste Niveau seit Beginn der Erhebungen auf, wobei sich der im Vorjahr kräftige Revitalisierungsschub abgeschwächt hat. In den Schadstufen 2–4 ist ein Rückgang von insgesamt 2,8 % festzustellen. Schadensrückgänge sind auch bei der Fichte und der Buche zu beobachten. Der Anteil deutlich geschädigter Fichten hat um 4,7 % abgenommen. Nachdem die Kronenschäden bei der Fichte im letzten Jahr das höchste Niveau seit 1988 erreicht hatten, konnte ein Teil dieser überwiegend durch den starken Blüheffekt bedingten Nadelverluste wieder ausgeglichen werden. Bei der Buche ist der Anteil gesunder Bäume um 15,5 % angestiegen. Der Anteil deutlich geschädigter Exemplare ist um 12,8 % gesunken. Entscheidend für diese Entwicklung ist offensichtlich der fehlende Mastanhang, der 1998 zu den hohen Schadprozenten beigetragen hat. Bei der Eiche ist das Schadniveau im Vergleich zum Vorjahr deutlich ungünstiger. Der Anteil ungeschädigter Bäume ist um 6,7 % gesunken. Eine Ursache dafür sind leicht ansteigende Fraßschäden durch Frostspanner und Eichenwickler.

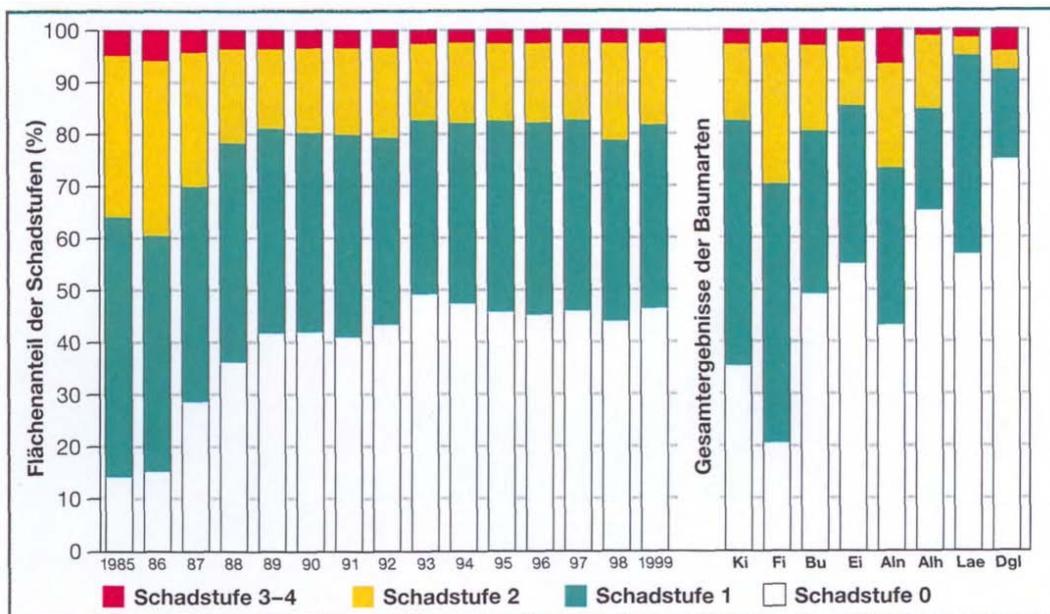


Abbildung 47: Flächenanteil der Schadstufen in Hamburg

Hessen

Die Waldschadenserhebung in Hessen umfasste 1999 eine Stichprobeninventur auf dem 8 km x 8 km-Netz der Dauerbeobachtungspunkte. Insgesamt wurden in Hessen 1999 fast 5 000 Bäume hinsichtlich ihres Kronenzustandes bonitiert. Aufgrund der prekären Schadenssituation in der Rhein-Main-Ebene wird dort seit 1994 alljährlich die so genannte Vollerhebung durchgeführt.

Der durchschnittliche Blatt-/Nadelverlust aller Baumarten (aller Alter) hat sich in 1999 im Vergleich zum Vorjahr von 25 % auf 23 % verbessert. Nach einem raschen Anstieg der Kronenverlichtung in der Zeit von 1984 bis Anfang der 90er-Jahre verblieb der Blatt-/Nadelverlust bis 1998 auf einem gleichbleibenden Niveau von ca. 25 %. In 1999 verbesserte sich der Blatt-/Nadelverlust um 2 %-Punkte, liegt aber immer noch mehr als doppelt so hoch wie zu Beginn der Zeitreihe in 1984.

Der Belaubungszustand der älteren Bäume hat sich insgesamt von 30 % (1998) auf 28 % in 1999 verbessert. Im Einzelnen konnten folgende Verbesserungen festgestellt werden: Buche von 33 % auf 29 %, Eiche von 29 % auf 28 %, Fichte von 30 % auf 28 % und Kiefer von 27 % auf 26 %.

Besonders prekär ist nach wie vor der Vitalitätszustand der Eiche in der Rhein-Main-Ebene. Trotz einer Verbesserung des durchschnittlichen Blattverlustes von 43 % (1998) auf 39 % in 1999 bleibt der Kronenzustand erheblich schlechter als im Land Hessen: Bei nahezu gleichem Ausgangsniveau zu Beginn der Zeitreihe hat sich der Belaubungszustand der Eichen der Rhein-Main-Ebene in der Zeit von 1984–1994 von 14 % auf 39 % erhöht, in Hessen von 13 % auf 28 %.

Die Ergebnisse der Waldökosystemstudie zeigen für Hessen insgesamt, dass im Vergleich zu 1984 eine deutliche Veränderung des Belaubungszustandes eingetreten ist und die Kennwerte für Ozon, für Stoffeinträge (Beispiel: Stickstoff) und Bodenzustand (Beispiel: Magnesium-Abnahme) vielfach nicht günstig sind.

Zu den positiven Befunden zählen neben einer Stagnation der Kronenverlichtung die deutliche Verringerung der Schwefeleinträge, eine erhebliche Reduzierung der Schwermetalleinträge sowie geringfügige Verbesserungen hinsichtlich der Stickoxidgehalte in der Luft.

Mecklenburg-Vorpommern

Der Anteil deutlich geschädigter Bäume bewegt sich seit nunmehr sechs Jahren bei geringen jährlichen Schwankungen auf relativ niedrigem Niveau. Im Gesamtergebnis zeigt knapp die Hälfte aller Stichprobenbäume keine Schadensmerkmale. Weitere zwei Fünftel der Probebäume sind schwach geschädigt. Mittlere Schäden treten anteilig zu 10,4 % und starke Schäden zu 0,3 % auf. Abgestorbene Bäume sind nicht zu verzeichnen. Der Anteil der deutlichen Schäden beläuft sich demnach auf 10,7 %.

Der Schadenskontrast zwischen den Laub- und Nadelbäumen ist zwar im Vergleich zu den beiden Vorjahren weiter rückläufig, doch weisen die Laubbäume immerhin noch 1,6-mal häufiger deutliche Schäden auf. Bei allen Baumartengruppen verzeichnen die über 60-jährigen Stichprobenbäume einen höheren Anteil deutlicher Schäden als die jüngere Altersgruppe. Besonders stark ausgeprägt ist dies 1999 bei den „sonstigen Nadelbäumen“. Gegenüber dem letztjährigen Erhebungsergebnis

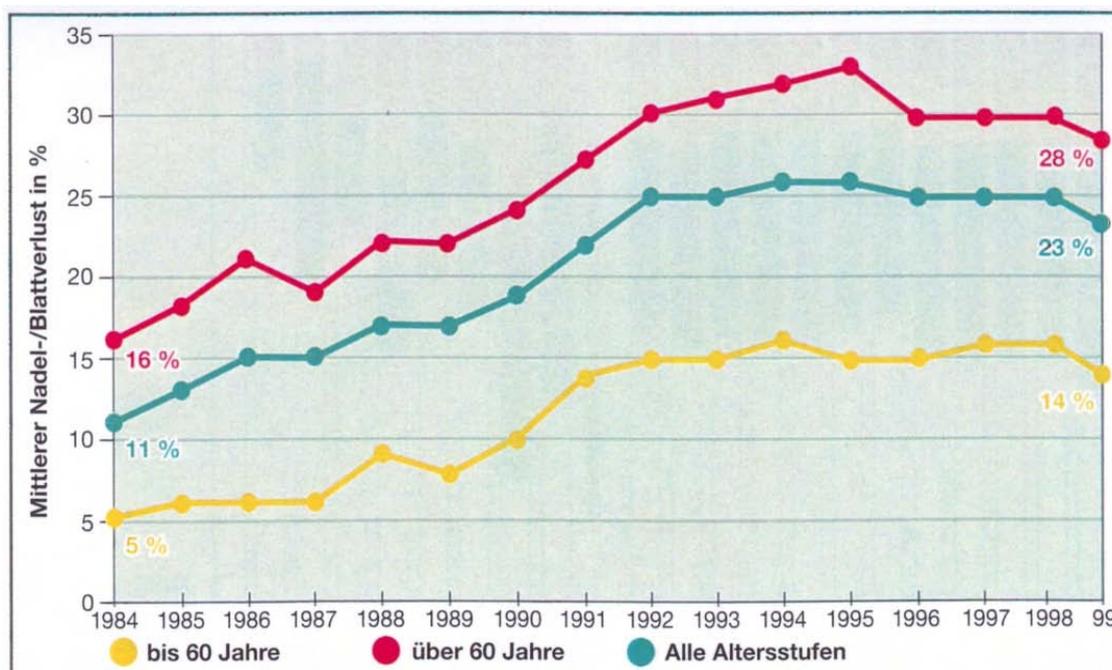


Abbildung 48: Mittlerer Nadel-/Blattverlust 1984 – 1999 in Hessen

hat sich lediglich der Zustand der „sonstigen Laubbäume“ weiter verbessert. Konstant blieb auf relativ niedrigem Niveau das Schadprozent der Fichte. Dagegen verzeichnen die Kiefer und die „sonstigen Nadelbäume“ eine leichte Verschlechterung, während die Eiche und Buche sich deutlich verschlechtert haben. Die Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung zeigt im Zeitraum von 1992 bis 1999 einen wesentlich ausgeglicheneren Verlauf als jene der jährlichen Gesamtschadquote. So lässt sich, ausgehend von noch relativ hohen Mittelwerten 1992 und 1993, seit 1994 statistisch keine signifikante Veränderung mehr erkennen.

In diesem Jahr beeinflussten biotische Faktoren, analog 1998, im Wesentlichen nur das Schädgeschehen der

„sonstigen Laubbäume“ und der Buche. Die aktuelle Waldschutzsituation belegt anhand der Meldestatistik, dass das seit 1995 rückläufige Schädgeschehen bei den rindenbrütenden Insekten inzwischen seinen niedrigsten Stand seit 1992 erreicht hat. Dagegen wird bei den nadel- und blattfressenden Insekten in den letzten beiden Jahren eine Massenvermehrung des Kiefernspanners beobachtet, die 1999 ihren Höhepunkt erreichte. Für die Zeitspanne von Februar bis Juli ergab sich ein Niederschlagsüberschuss von 108 %. In Verbindung mit überdurchschnittlichen Lufttemperaturen bis in den Juli hinein, die z. T. das Mittel merklich übertrafen, setzte die Wachstumsperiode, wie schon 1998, sehr früh ein. Durch diese günstige Gesamtkonstellation der Witterungsfaktoren wurde der Gesundheitszustand der Wald-bäume bis zum Erhebungsbeginn deutlich gefördert.

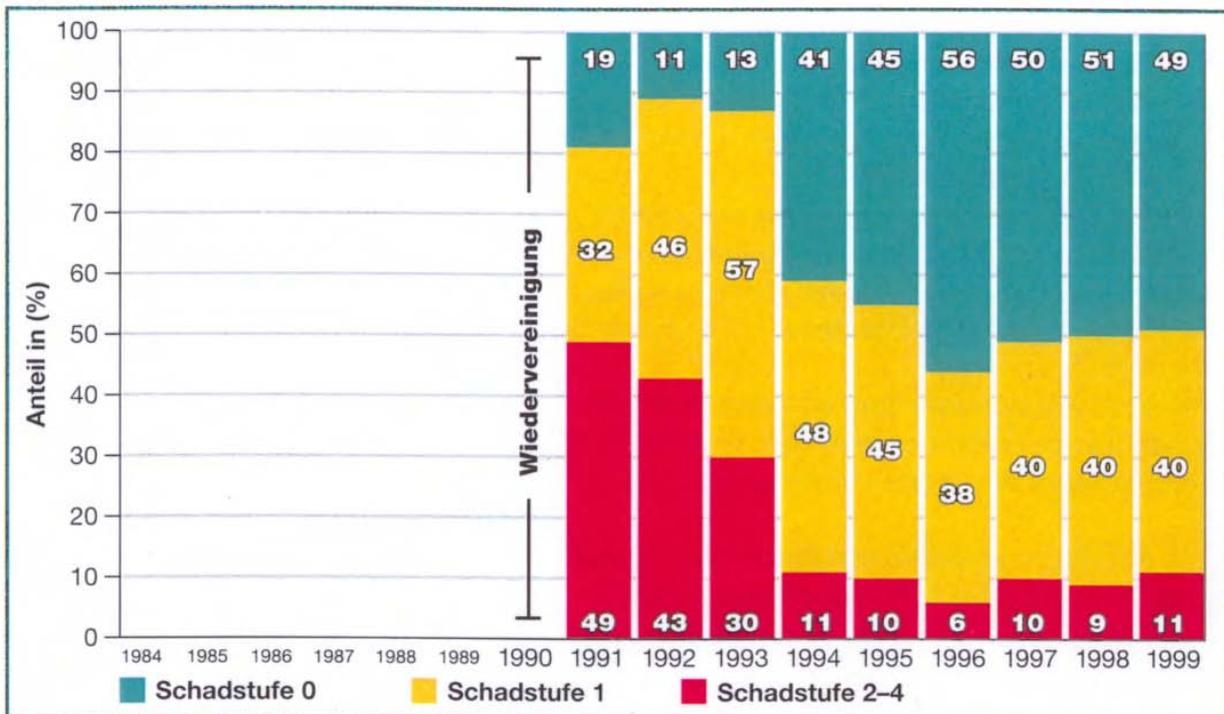


Abbildung 49: Flächenanteil der Schadstufen 1991 – 1999 in Mecklenburg-Vorpommern

Niedersachsen

Die Waldzustandserhebung 1999 in Niedersachsen wurde im Raster 4 x 4 km durchgeführt. Das Gesamtergebnis der Erhebung zeigt keine Veränderungen zum Vorjahr. Betrachtet man alle Baumarten und Altersgruppen gemeinsam, liegt der Anteil deutlicher Schäden weiterhin bei 13 %. Bei den über 60-jährigen Bäumen sind auch in diesem Jahr 28 % der Waldfläche deutlich geschädigt. Jüngere Bäume sind seit Beginn der Waldzustandserhebung weit weniger geschädigt als die älteren. In der Altersgruppe der bis 60-jährigen Bäume beträgt der Anteil deutlicher Schäden 3 % (Abbildung 50).

Eine Aufgliederung der jüngeren Bestände nach Baumarten zeigt, dass die Hauptbaumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer gleichermaßen den geringen Anteil an deutlichen Schäden gehalten haben.

In der Altersgruppe über 60 Jahre sind 1999 im Vergleich zum Vorjahr unterschiedliche Entwicklungen bei den Baumarten eingetreten:

- Bei der Buche ist der Anteil deutlicher Schäden von 39 % auf aktuell 31 % zurückgegangen.
- Bei der Kiefer ist der Anteil deutlicher Schäden von 10 % auf 14 % angestiegen, bei der Eiche von 46 % auf 51 %.

- Nach wie vor sind 39 % der Fichten auf Landesebene deutlich geschädigt. Im niedersächsischen Harz ist für die Fichte eine leichte Abnahme der deutlichen Schäden von 48 % auf 46 % zu verzeichnen.

Allgemein wurde die Kronenentwicklung 1999 in Niedersachsen nicht durch außergewöhnliche Einflüsse zusätzlich belastet. Der warm-trockene Witterungsverlauf im Frühjahr und Sommer hat die Ergebnisse der diesjährigen Waldzustandserhebung kaum beeinflusst. Eine ausreichende Wasserversorgung der Bäume war aufgrund der im Boden gespeicherten reichlichen Niederschläge des letzten Jahres und der Wintermonate in der Regel gegeben. Ausgeprägte Schäden an Blättern und

Nadeln durch Insektenfraß waren auf Einzelfälle begrenzt. Nachdem die Hauptbaumarten im letzten Jahr intensiv blühten und fruktifizierten, bildeten Buche, Eiche und Fichte in diesem Jahr kaum Früchte aus. Eine erneute starke Zapfenbildung war dagegen bei der Kiefer zu beobachten.

Mehr als ein Viertel der älteren Waldbestände in Niedersachsen ist deutlich geschädigt. Der Verlauf der Zeitreihe weist für Fichte, Buche und Eiche eine seit mehr als 10 Jahren anhaltende vergleichsweise hohe Belastung aus. Die Kiefer ist die Baumart mit dem weitaus geringsten Anteil an Kronenverlichtungen.

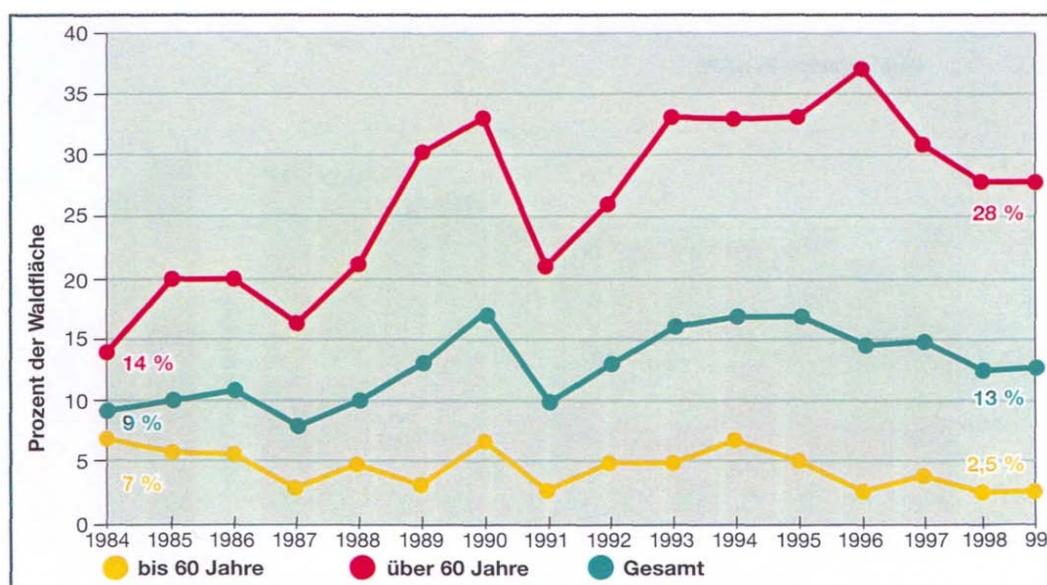


Abbildung 50: Waldzustandserhebungen 1984–1999 in Niedersachsen, Entwicklung der deutlichen Schäden, alle Baumarten

Nordrhein-Westfalen

Im Land Nordrhein-Westfalen wurde wieder das Raster 4 x 4 km mit rund 500 Probebeständen aufgenommen. Die Erhebung hat gegenüber dem Vorjahr eine klare Verschlechterung des Waldzustandes ergeben. Das alle Baumarten zusammenfassende Gesamtergebnis weist einen Anstieg der deutlichen Schäden um 3 Prozentpunkte auf 24 % aus. Zusätzlich hat sich der Anteil der Schadstufe 1 (Übergangsstufe) um 9 Prozentpunkte auf 42 % erhöht. Mit diesem Ergebnis setzt sich die negative Tendenz der letzten Jahre fort.

Die Laubbäume sind weiterhin wesentlich stärker betroffen als die Nadelbäume. Von den Laubbäumen sind 33 % deutlich geschädigt, von den Nadelbäumen nur 16 %. Das zugrunde gelegte Stichprobenraster erlaubt getrennte Auswertungen für die vier Hauptbaumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche. Die Berechnungen belegen, dass die über 60-jährigen Fichten sich nennens-

wert verbessern konnten, während sich bei den jüngeren Bäumen wenig geändert hat. Bei der Kiefer wurde ein Schadenssprung festgestellt, und zwar sowohl bei den jungen als auch bei den alten Beständen. Ursache dafür war u. a. der Umstand, dass witterungsbedingt schon etwas früher als im normalen Jahresturnus ältere Nadeln abgestoßen wurden. Bei der Buche hat es keine wesentlichen Veränderungen gegeben. Die Eiche ist die am schwersten betroffene Hauptbaumart. Bei ihr sind die deutlichen Schäden sprunghaft auf 51 % angestiegen. Das ist der bislang höchste Schadensgrad bei dieser Baumart. 5 % der Eichen sind bereits stark geschädigt oder abgestorben.

Angesichts der fortbestehenden Probleme wird in Nordrhein-Westfalen durch Zusammenführung bisheriger Untersuchungsprogramme ein umfassendes **ökologisches Umweltmonitoring im Wald** aufgebaut. Es übernimmt die vorhandenen Mess- und Untersuchungsvor-

haben, führt sie fort und richtet sie neu aus. Folgende Ziele sind vorgegeben:

- **Überwachungsauftrag:** Landesweite und permanente Beobachtung und Überwachung der Waldökosysteme
- **Kausalanalyse:** Untersuchung von Ursachen/Wirkungs-Beziehungen, die eine Veränderung und Gefährdung von Waldökosystemen bewirken
- **Frühwarnsystem:** Frühzeitiges Erkennen von kriti-

schen Tendenzen, um rechtzeitig Handlungs- und Untersuchungsbedarf aufzuzeigen

- **Handlungsempfehlung:** Aufbereitung der Ergebnisse in Berichten, Karten und in digitaler Form als Grundlage für notwendige Maßnahmen im Umwelt-, Naturschutz- und Forstbereich.

Das ökologische Umweltmonitoring im Wald ist in die entsprechenden nationalen und europäischen Aktivitäten eingebunden.

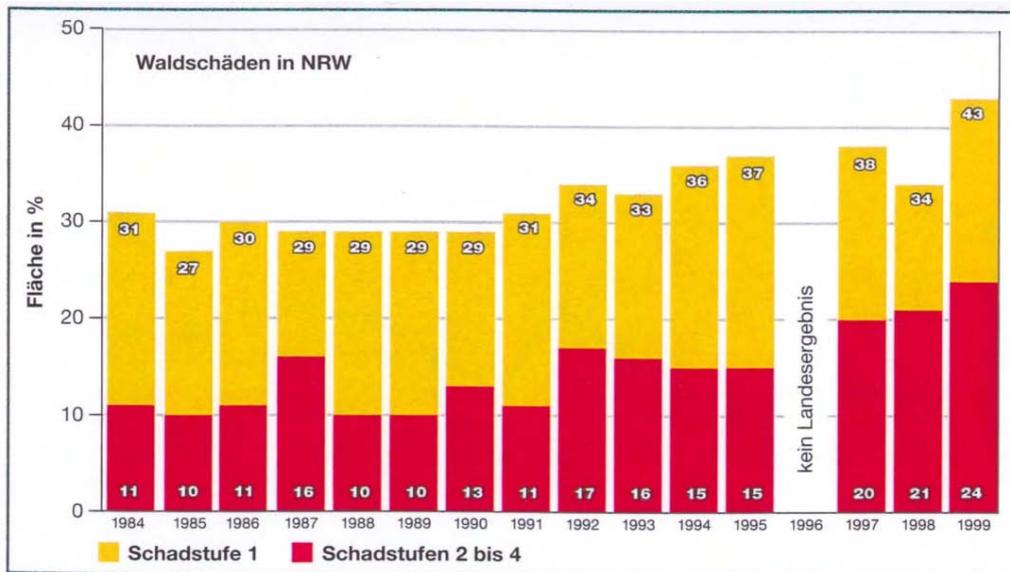


Abbildung 51: Flächenanteile der Schadstufen 1984 – 1999 in Nordrhein-Westfalen

Rheinland-Pfalz

Der Zustand des Waldes in Rheinland-Pfalz hat sich auch 1999 nicht verbessert. Wie im Vorjahr weisen 25 % der Stichprobenbäume deutliche Kronenschäden auf. 46 % der Bäume (Vorjahr 43 %) sind schwach geschädigt und 29 % (Vorjahr 32 %) zeigen keine sichtbaren Schadensmerkmale. Die **Fichte** zeigt seit dem Beginn der Erhebungen eine langsame aber kontinuierliche Verschlechterung des Kronenzustandes. Auch von 1998 auf 1999 ist der Anteil deutlich geschädigter Fichten von 15 auf 16 % leicht angestiegen. Bei der **Kiefer** ist der Anteil deutlich geschädigter Bäume mit 9 % nur gering. In der Zeitreihe seit 1984 ist kein einheitlicher Trend zu erkennen. Bei der **Buche** hat sich der Kronenzustand seit dem Beginn der Erhebungen 1984 deutlich verschlechtert. Die leichte Zunahme auf 43 % deutlich geschädigter Stichprobenbäume im aktuellen Jahr beruht allerdings im Wesentlichen auf Hagelschäden an einigen Stichprobenpunkten im Pfälzerwald. Der schlechte Kronenzustand der Buche wird auch durch die Befunde einer Bonitierung der Verzweigungsstruktur im letzten Winter belegt. Der Anteil deutlich geschädigter **Eichen** ist von 1998 auf 1999 etwas zurückgegangen. Allerdings ist das Schadniveau der Eiche mit 50 % deutlich geschädigten Bäumen nach wie vor extrem hoch. Eichenbe-

stände mit starken Kronenschäden sind erheblich durch Befall mit Eichenprachtkäfern bedroht.

Ursache-Wirkungszusammenhänge im Waldschadensgeschehen werden anhand von Intensivuntersuchungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen erforscht. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass Luftschadstoffeinträge über Bodenversauerung und eine Beeinträchtigung der Nährelementverfügbarkeit vor allem als disponierende Schadfaktoren wirken, die die Widerstandskraft der Ökosysteme gegenüber anderen Stressfaktoren herabsetzen. Ausgelöst werden die sichtbaren Schäden offensichtlich durch Witterungsextreme, Insektenfraß oder hohe Ozonkonzentrationen.

Bei der Buche ist der Anstieg der Kronenverlichtung in den 90er Jahren vermutlich auf das Zusammenwirken hoher Ozonkonzentrationen mit Trockenstress und einem erhöhten Nährstoffbedarf für die häufige Fruktifikation zurückzuführen. Bei der Eiche wird die Entwicklung des Kronenzustandes durch Raupenfraß und Mehltaubefall beeinflusst. Allerdings wird auf weniger versauerten und besser nährstoffversorgten Standorten auch mehrjähriger starker Fraß unbeschadet überstanden. Bei der Fichte wurde der trotz des SO₂-Rückgangs zu beobachtende Schadanstieg in den 90er-Jahren möglicherweise durch die hohen Ozonkonzentrationen und die

Häufung trockener Sommer in diesem Zeitraum ausglöst. Die Kiefer ist offensichtlich die widerstandsfähigste

Baumart in unserem Wald. Auch auf den Dauerbeobachtungsflächen ist das Schadniveau nur gering.

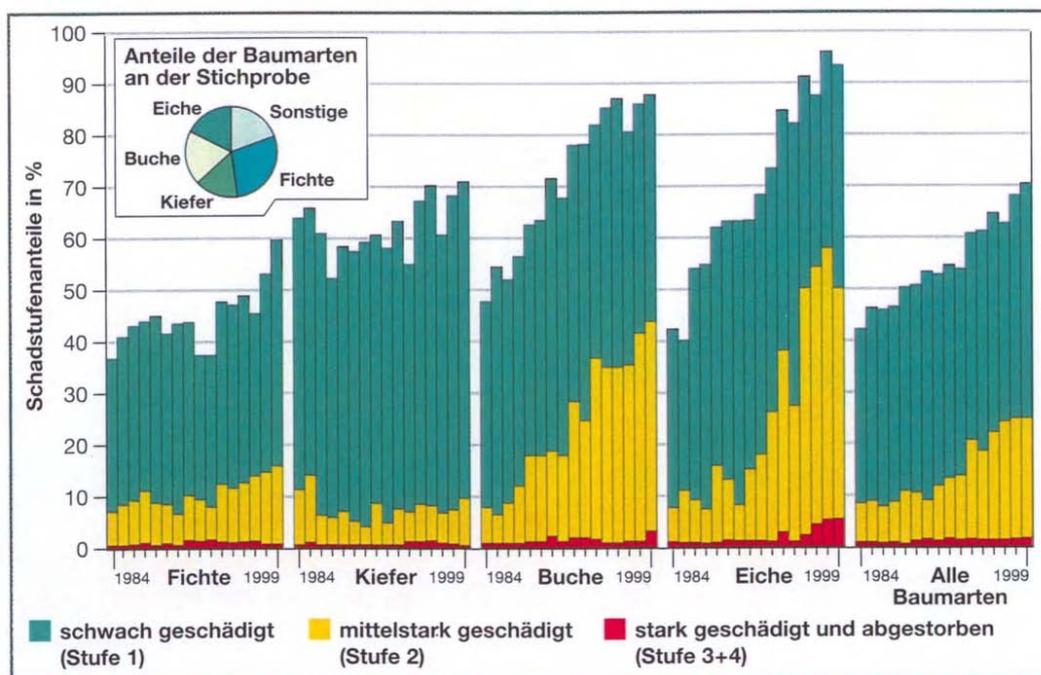


Abbildung 52: Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 1999 in Rheinland-Pfalz

Nach den Befunden von eingehenden Sickerwasseranalysen bestehen auf der Mehrzahl der Untersuchungsstandorte beträchtliche Risiken für die Waldlebensgemeinschaft durch Aluminiumtoxizität und Einschränkungen in der Nährelementverfügbarkeit. Die Hälfte der Untersuchungsstandorte zeigt erste Merkmale einer Stickstoffsättigung. Dies ist nicht nur im Hinblick auf eine Gefährdung der Funktionsfähigkeit der Waldökosysteme sondern auch im Hinblick auf Gefahren für die Qualität des Grund- und Quellwassers sehr besorgniserregend.

Wegen des „chemischen Gedächtnisses“ der Waldböden in Form gespeicherter Aluminiumsulfate wird die Bodenversauerung trotz der bereits deutlich reduzierten Sulfatschwefeleinträge nur sehr allmählich zurückgehen. Bei einer Abnahme der Stickstoffdeposition wäre demgegenüber ein rascher Rückgang der Nitratkonzentration im Sickerwasser zu erwarten. Der Waldzustandsbericht 1999 des Landes Rheinland-Pfalz kann im Internet <http://www.uni-kl.de/FVA/> abgerufen werden.

Saarland

Im Saarland wurde die Waldschadenserhebung 1999 als Vollstichprobe in einem 2 x 4-km-Raster mit über 2 300 Probebäumen durchgeführt.

Das Ausmaß äußerlich deutlich erkennbarer Waldschäden ist im Jahr 1999 weiter zurückgegangen (-1,4 Pro-

zentpunkte zum Vorjahr). Gegenüber einem Höchststand im Jahr 1995 verringerten sich die deutlichen Schäden um über 9 Prozentpunkte auf 14 Prozent; das ist der geringste Stand seit 1987. Die Schadensentwicklung lässt in der Zeitreihe eine Verschiebung von den deutlichen zu den schwachen Schäden erkennen. Der Anteil ungeschädigter Bäume hält sich mit 49 % auf dem Niveau der letzten Jahre. Die Buche bleibt mit einem Anteil deutlicher Schäden von 29 % die am stärksten geschädigte Baumart, gefolgt von Eiche (13 %), Fichte (7 %) und Kiefer (6 %). Kronenschäden treten vornehmlich in älteren Waldbeständen auf: Bei 25 % der älteren, über 60-jährigen Bäume und nur noch bei 5 % der jüngeren Bäume wurden 1999 deutliche Schäden festgestellt.

Der Kronenzustand hat sich bei allen Hauptbaumarten verbessert:

Bei der **Buche** reagieren jüngere Bäume seit 1995 auf günstige Wachstumsbedingungen mit kräftigen Jahrestrieben und dichterem Belaubung; deutliche Schäden treten in unter 60-jährigen Beständen nur noch selten auf. Allerdings bleibt in Altbeständen der Anteil deutlicher Schäden mit 47 % besorgniserregend hoch.

Die deutlichen Schäden der **Eiche** sind nach einem Höchststand von 33 % im Jahre 1988 auf 13 % gesunken. Gravierende Schäden durch Frostspanner und Eichenwickler waren in diesem Jahr nicht mehr zu verzeichnen.

Die günstige Witterung der letzten Jahre mit gutem Wasserangebot in und vor der Vegetationsperiode beeinflusste auch die Entwicklung der **Fichte** positiv. Bei unter 60-jährigen Fichten treten deutliche Schäden nur

noch bei 4 %, bei über 60-jährigen Fichten bei 22 % der untersuchten Bäume auf. Allerdings ist bei älteren Fichten der Anteil der schwachen Schäden besonders hoch;

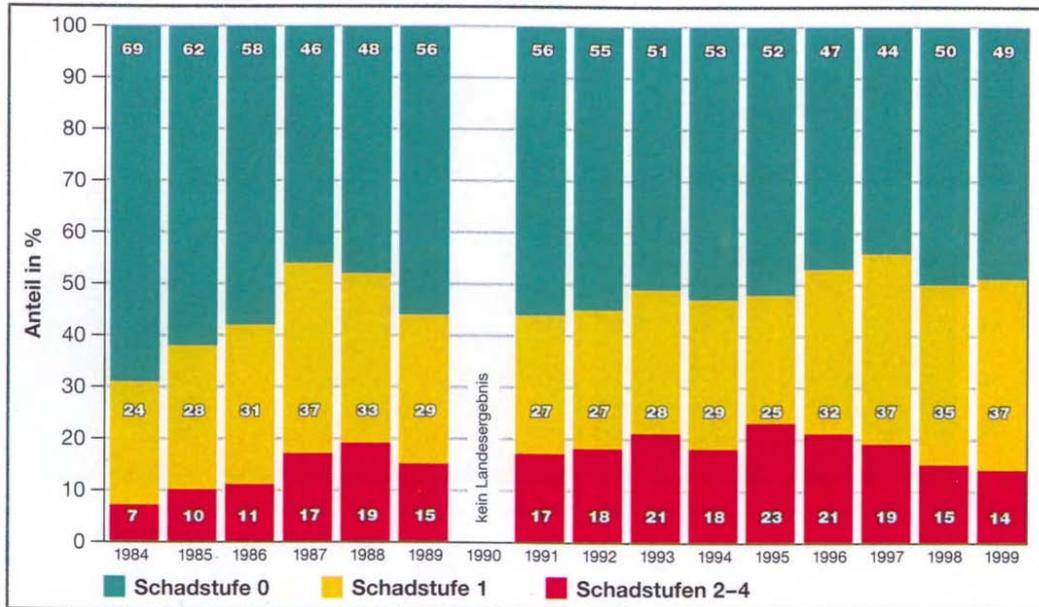


Abbildung 53: Flächenanteil der Schadstufen im Saarland

nur 14 % der älteren Fichten zeigen keine Schadsymptome.

Die deutlichen Schäden der **Kiefer** liegen auf ähnlichem Niveau wie bei der Fichte. Nach einem Maximum der Schäden 1993 von 21 % gingen die Schäden auf 6 % in diesem Jahr zurück. Allerdings sind auch bei Kiefer die Anteile schwacher Schäden besonders hoch, 15 % der älteren Kiefern und 47 % der unter 60-jährigen Kiefern zeigen keine äußeren Schadsymptome.

Dauerbeobachtungsflächen im Saarland dokumentieren, dass die Versauerung der Waldböden kontinuierlich voranschreitet und dadurch eine immer stärkere Basenverarmung, Zerstörung der Speicherkapazitäten und Freisetzung toxischen Aluminiums verursacht. Vor allem die hohen Stickstoffeinträge sind verantwortlich für die hohe Gesamtsäurebelastung.

Sachsen

Die Waldschadenserhebung 1999 weist 22 % der sächsischen Waldfläche als deutlich geschädigt, 36 % als leicht geschädigt und 42 % ohne Schäden aus. Trotz einer leichten Schadzunahme gegenüber dem Vorjahr bleibt das Schadniveau 1999 unter dem zu Beginn der 90er-Jahre.

Für die Hauptbaumarten und Wuchsgebiete gilt:

- Das Schadniveau bei den Nadelbaumarten hat sich im Vergleich zu den Vorjahren nur wenig verändert; dagegen zeigt es bei den Laubbaumarten eine steigende Tendenz.

- Die deutlichen Schäden bei der Fichte liegen mit 27 % um 5 Prozentpunkte über dem Befund für alle Baumarten und haben im Vergleich zum Vorjahr leicht zugenommen.
- Bei der Kiefer sind die Schäden so niedrig wie in den vorangegangenen vier Jahren und damit deutlich geringer als Anfang der 90er-Jahre. In Kiefernbeständen kam es zu lokal eng begrenzten Schäden durch nadelfressende Insekten. Rückläufig ist der Befall durch stamm- und rindenbrütende Insekten.
- Schon in den vergangenen Jahren war das Schadniveau der Eiche extrem hoch. 1999 hat es sich um weitere 14 Prozentpunkte auf 68 % deutliche Schäden erhöht. Das starke Auftreten von Eichenmehltau sowie phyllophager Insekten hat im Sommer den Belaubungszustand der Eichen erheblich beeinträchtigt. Fraßschäden im Frühjahr – verursacht durch Eichenwickler und Frostspannerarten – spielten nur eine untergeordnete Rolle.
- Erneut etwas angestiegen sind die Schäden in der Buche. Die Verzweigungsstruktur der Buchenkronen in mittelalten Beständen des Erzgebirges verweist auf deutliche Vitalitätsverluste und eine verringerte Flexibilität der Kronen.
- An anderen Laubbaumarten traten verschiedenartige biotische Schäden auf, die deren Belaubungszustand beeinflussten.
- Zwischen den Wuchsgebieten zeigen sich erhebliche Unterschiede im Schadausmaß: Im Erzgebirge sind die Schäden deutlich höher als im Landesdurchschnitt, wobei die Schadausprägung auch innerhalb

des Wuchsgebietes stark differenziert ist. Die Schadentwicklung lässt noch keinen generellen Trend erkennen. Allerdings deutet sich in den Gebieten, die in der Vergangenheit stark geschädigt waren, eine

leichte Entspannung an. Im Sächsisch-Thüringischen Löss-Hügelland erfolgte eine drastische Schadzunahme, die vorrangig in Zusammenhang mit der Verschlechterung des Zustandes der Laubbaumarten steht.

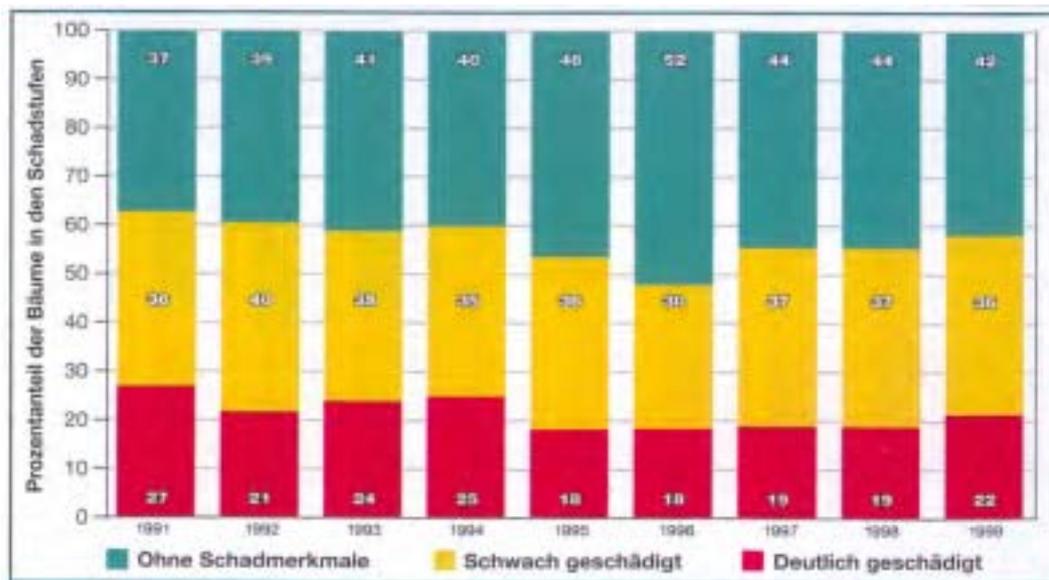


Abbildung 54:
Flächenanteil
der Schadstufen
in Sachsen

Wesentlich günstiger ist der Zustand des Waldes in den Wuchsgebieten Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland.

Die Belastungen in den Waldökosystemen durch Schwefeleinträge sind besonders in den Regionen des Erzgebirges erheblich zurückgegangen. Zumeist werden jedoch die ökologisch langfristig vertretbaren Belastungsraten (Critical Loads) durch die aktuellen Schwefel-, Stickstoff- und Säureinträge auch weiterhin überschritten. Es zeichnet sich eine Schwerpunktverlagerung von der vormals dominierenden Schwefelbelastung zu einer verstärkten Stickstoffbelastung ab.

An Mess-Stationen des Erzgebirges übersteigen die Ozon-Belastungen teilweise erheblich die kritischen Raten.

Die Elastizität der zumeist stark versauerten, nährstoffarmen Waldböden gegenüber weiteren Säurebelastungen ist insbesondere in den südlichen Landesteilen (z. B. Erzgebirge) nur gering. Die kurz- bis mittelfristig verfügbaren Nährelementvorräte befinden sich überwiegend in den organischen Auflagen aus häufig ungünstigen Humusformen und sind damit nicht stabil bzw. langfristig gesichert. Die Waldböden besitzen dementsprechend nur noch geringe Pufferreserven. Um einer fortschreitenden Bodenversauerung und damit Gefährdung für die Qualität des Grund- und Quellwassers vorzubeugen, sind Gegenmaßnahmen – z. B. die Bodenschuttkalkung – weiterhin erforderlich. Eine Gefahr ist vielfach auch durch die Mobilisierung von Schwermetallvorräten aus den Humusaufgaben gegeben. So gehören die organischen Auflagen in Bereichen des Erzgebirges zu den am stärksten durch Blei belasteten Deutschlands.

Sachsen-Anhalt

Das Ergebnis der Waldschadenserhebung 1999 unterscheidet sich für die Gesamtwaldfläche des Landes so gut wie nicht von dem des Vorjahres. Hinter dieser Aussage verbergen sich jedoch unterschiedliche Entwicklungen bei den einzelnen Baumarten. Die Kiefer nimmt etwa die Hälfte der Waldfläche ein. Sie ist somit noch immer die dominierende Baumart und von entsprechend hohem Gewicht für das Gesamtergebnis. Bei ihr blieb der Anteil deutlicher Schäden das vierte Jahr hintereinander auf niedrigem Niveau in etwa konstant (4 %). Innerhalb der Baumart überlagerten sich teilweise Verbesserungs- (höchster Anteil an Bäumen mit mehr als drei Nadeljährgängen seit Beginn der Zeitreihe) und Verschlechterungserscheinungen (vermutlich witterungsbedingte/r Nadelverfärbung/-fall ab Anfang August). Als einzige Hauptbaumart wies die Buche eine Verbesserung des Kronenzustandes auf. Der Anteil deut-

licher Schäden lag mit 26 % sogar niedriger als vor dem Fruktifikationsjahr 1998. Die Zustandsverbesserung steht zumindest teilweise im Zusammenhang mit dem weitgehenden Wegfall der fruktifikationsbedingten physiologischen Belastung. Mit 38 % deutlich geschädigten Bäumen liegt das Schadniveau der über 60 Jahre alten Buchen aber trotzdem noch hoch. Fichte und insbesondere Eiche zeigten eine Zunahme der deutlichen Schäden. Der Schadanstieg war bei den bis 60-jährigen Eichen besonders ausgeprägt. Mehr als die Hälfte der über 60-jährigen Fichten und Eichen sind deutlich geschädigt. Blattfressende Insektenraupen verursachten an Eiche das zweite Jahr hintereinander nur geringe Blattverluste. Die Primärbelaubung der Eichen war häufig büschelförmig. Sekundärbelaubung wurde nur selten ausgebildet. Insbesondere der Johannistrieb, aber auch die Primärbelaubung, unterlag verbreitet zeitig einsetzendem,

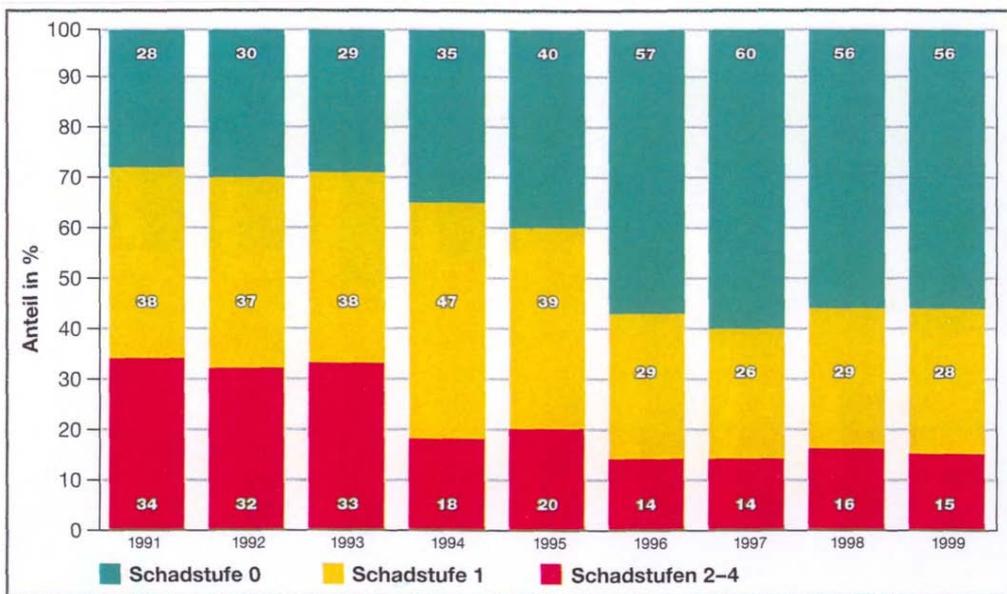


Abbildung 55: Flächenanteil der Schadstufen in Sachsen-Anhalt

starkem Eichenmehltau-Befall. Auf das Gesamtkronenvolumen bezogen, fällt derartige Mehltaubefall an jungen Eichen stärker ins Gewicht als an älteren. Das „Eichensterben“ ist im Land noch nicht zum Stillstand gekommen. Der Anstieg deutlicher Schäden bei Fichte ist überwiegend auf das Überschreiten der Grenze von der Schadstufe 1 zur Schadstufe 2 durch einen relativ hohen Anteil der Probestämme bei nur geringen Verschlechterungen am Einzelbaum zurückzuführen. Bemerkenswert ist, dass das völlige Ausbleiben einer Fruktifikation nach dem vorausgegangen extremen Fruktifikationsjahr nicht zur Verbesserung des Kronenzustandes führte.

Seit Anfang 1998 befinden sich die zwei 1997 eingerichteten Level-II-Messstationen im Routinemessbetrieb. Eine Station ist in das landesweite Luftüberwachungssystem (LÜSA) integriert, d. h. es werden zusätzlich die Immissionswerte der wichtigsten Luftverunrei-

nigungen bestimmt. Die bislang vorliegenden Ergebnisse sind noch nicht gesichert interpretierbar, da der Vergleich über einen längeren Zeitraum fehlt. Zukünftig sollen Auswertungen auch in Zusammenarbeit mit den benachbarten Bundesländern realisiert werden.

Schleswig-Holstein

In Schleswig-Holstein setzt sich der negative Trend der Waldzustandsentwicklung seit Beginn der Aufnahmen fort. Der Waldschadensbericht 1999 zeigt das schlechteste Ergebnis in der Zeitreihe auf. Nur noch 39 % der Bäume weisen keine Schäden auf. **Sechs von zehn Bäumen sind geschädigt.** Die negative Schadensentwicklung bei den Hauptbaumarten Buche, Eiche und besonders auch bei der Kiefer muss mit großer Sorge betrachtet werden. Ebenso bleibt der Zustand der Fichte

problematisch. Nur bei den sonstigen Baumarten ist keine deutliche Veränderung festzustellen.

Nach einer Konsolidierungsphase Anfang der 90er-Jahre mit einem leichten Rückgang der Schäden ist seit 1993 ein stetiger Anstieg der Waldschäden zu verzeichnen. Es zeigt sich, dass auch positive Witterungsverhältnisse der vergangenen Jahre zu keiner Verbesserung des Schadensverlaufes führen.

Ursachen für die weitere Verschlechterung des Waldzustandes sind damit bei den Stoffeinträgen und der weiter fortschreitenden Bodenversauerung zu suchen. Die „Neuartigen Waldschädigungen“ sind unterschiedlichsten Einflussfaktoren hoher Komplexität unterworfen. Die diesjährige Auswertung zeigt insgesamt eine negative Schadensentwicklung insbesondere bei der Schadstufe 1.

Der in diesem Jahr überdurchschnittlich warme Sommer mit einem erheblichen Niederschlagsdefizit hat sich auf

das Ergebnis besonders in der Zunahme der Schäden bei der Schadstufe 1 und 2 negativ ausgewirkt.

Die Eiche hat, bei Berücksichtigung aller Schadstufen, 11 % mehr Blattverluste als 1998. Der Hauptanstieg liegt mit 10 % in diesem Jahr in den Schadstufen 1 und 2.

Ähnlich dramatisch sieht es bei der Kiefer aus. Hier haben die Schäden insgesamt um 13 % zugenommen, wobei hier der Schwerpunkt bei der Warnstufe mit einer Zunahme von 19 % liegt.

Bei der Buche haben die Schäden um 5 % zugenommen, besonders fällt die Verschlechterung in der Schadstufe 1 von 27 % auf 37 % auf. Mögliche Ursachen sind die Nachwirkungen der ungewöhnlich starken Fruktifikation der vergangenen Jahre und die geringen Niederschläge dieses Sommers.

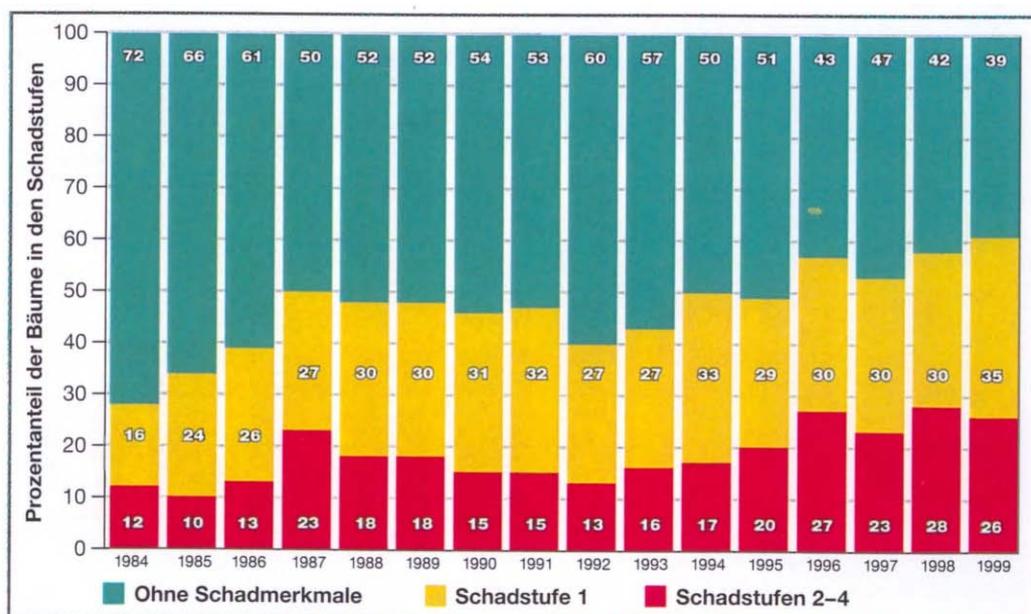


Abbildung 56: Flächenanteil der Schadstufen in Schleswig-Holstein

Nur die Fichte zeigt gegenüber dem Vorjahr keine Veränderung und stabilisiert sich auf gleichbleibend schlechtem Niveau.

Bei den über sechzigjährigen Bäumen hat sich die Entwicklung der stärkeren Schäden mit einer Abnahme um 2 % auf 46 % gegenüber dem Vorjahr verbessert. Über alle Schadstufen haben die Schäden allerdings um 4 % zugenommen, da der Anteil der Bäume in der Schadstufe 1 mit 40 % sehr hoch ist.

Thüringen

Die Waldschadenserhebung erfolgte wie in den letzten beiden Jahren auch 1999 als Vollstichprobe im 4 x 4 km-Raster. Die diesjährige Kroneneinschätzung

erbrachte erfreulicherweise das beste Ergebnis seit Beginn der Waldschadenserhebung in Thüringen im Jahre 1991. Der sich seit 1993 abzeichnende Trend zur Verbesserung hat sich somit auch in diesem Jahr fortgesetzt.

- Das Schadniveau ist dennoch vergleichsweise hoch. Allerdings ist der durchschnittliche Nadel-/Blattverlust von 29,1 % im Jahre 1992 auf nun 20,8 % zurückgegangen (s. Abb. 57).
- Gleichlaufend haben die deutlichen Schäden (Schadstufen 2–4) von 53 % im Jahre 1992 auf inzwischen 29 % abgenommen. Der Anteil normal benadelter/belaubter Bäume ohne erkennbare Schäden (Schadstufe 0) hat in diesem Zeitraum von 17 % auf 29 % zugenommen (s. Abb. 58).

- Hinsichtlich der einzelnen Baumarten/Baumartengruppen stellt sich die Entwicklung des Kronenzustandes wie folgt dar:

Bei Fichte, den sonstigen Nadelbäumen (das sind vor allem Lärchen und Douglasien) und den sonstigen Laubbäumen (hier handelt es sich überwiegend um Eschen, Ahorne, Hainbuchen, Birken und Linden) hat sich der Kronenzustand in diesem Jahr verbessert. Bei Kiefer und Buche konnten keine Veränderungen des Kronenzustandes im Vergleich zum Vorjahr festgestellt werden. Lediglich bei der Eiche erbrachte die Kroneneinschätzung ein geringfügig schlechteres Ergebnis als 1998.

Bei Fichte und den sonstigen Laubbäumen ist der niedrigste Stand bei den deutlichen Schäden seit Beginn der Waldschadenserhebung in Thüringen im Jahre 1991 zu verzeichnen.

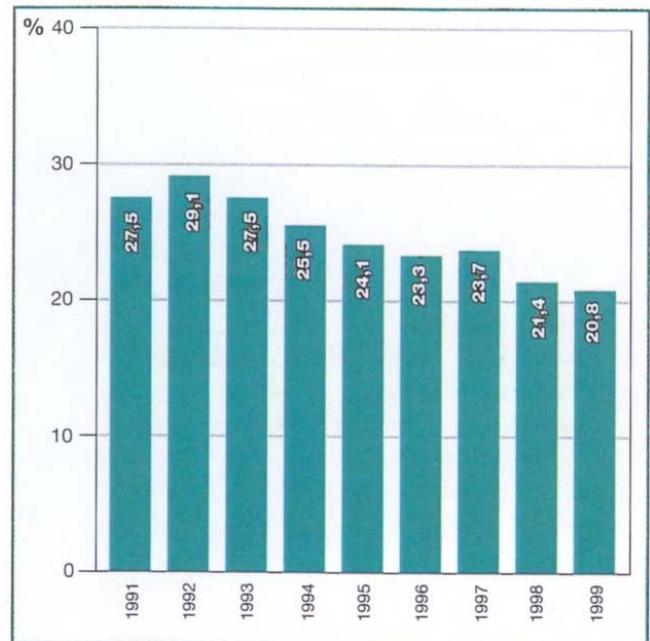


Abbildung 57: Durchschnittlicher Nadel-/Blattverlust in Prozent von 1991 bis 1999 über alle Baumarten in Thüringen

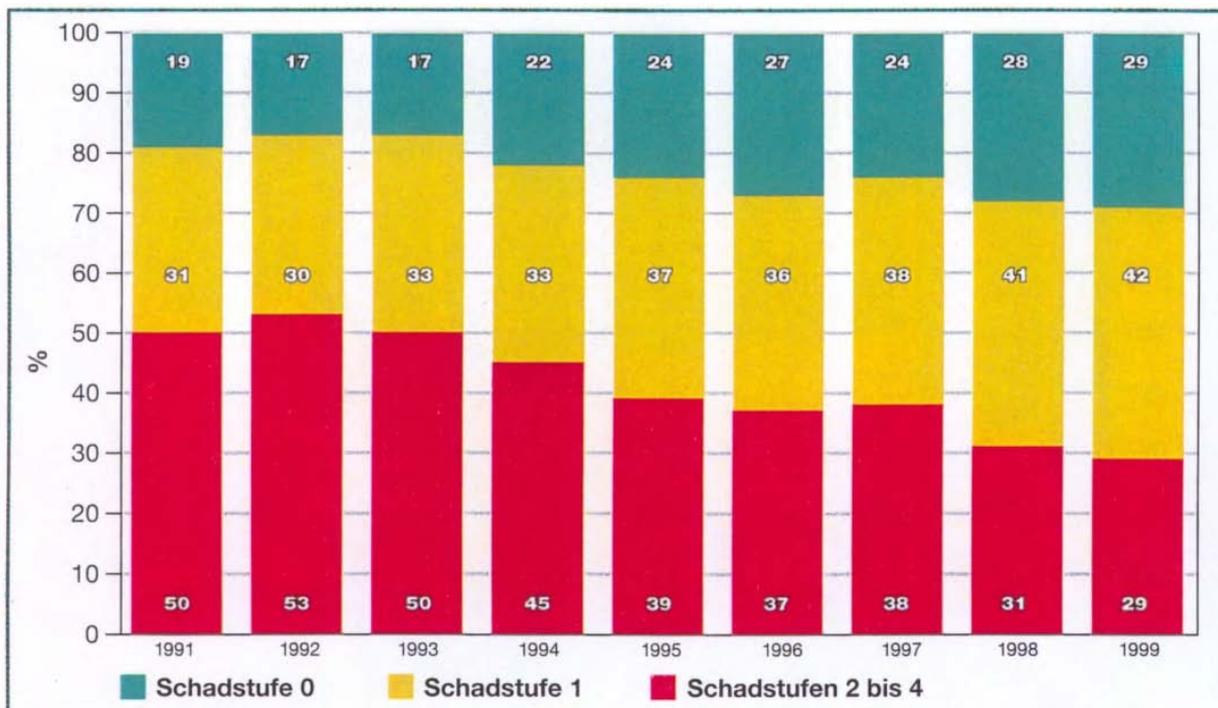


Abbildung 58: Schadstufenentwicklung von 1991 bis 1999 in Thüringen als Summe aller Baumarten

Bezogen auf die deutlichen Schäden, das sind Nadel- bzw. Blattverluste über 25 %, ergibt sich bei den Baumarten/Baumartengruppen folgende Rangfolge:

- Gleichlaufend haben die deutlichen Schäden (Schadstufen 2–4) von 53 % im Jahre 1992 auf inzwischen 29 % abgenommen. Der Anteil normal benadelter/belaubter Bäume ohne erkennbare Schäden (Schadstufe 0) hat in diesem Zeitraum von 17 % auf 29 % zugenommen (s. Abb. 75).

Leider hat sich bei der Eiche die im letzten Jahr festgestellte Verbesserung nicht fortgesetzt. Sie bleibt die am stärksten geschädigte und gefährdete Baumart in Thüringen. Überhaupt sind die Laubbäume stärker geschädigt als die Nadelbäume.

- Die Vergilbung als Schadsymptom hat sich im Vergleich zum Vorjahr nicht verändert. Vergilbung an mehr als 10 % der Nadeln/Blätter tritt an 5 % der Bäume auf

- Auch in diesem Jahr bestätigt sich, dass ältere Bäume stärker geschädigt sind als jüngere. Während im Altersbereich bis 60 Jahre nur 13 % deutliche Schäden aufweisen, sind dies bei den über 60-jährigen Bäumen 40 %. Von den Bäumen, die älter als 100 Jahre sind, erweisen sich nur 7 % als gesund, während 49 % deutliche Schäden aufweisen.

Eiche	49 %
Sonstige Nadelbäume	39 %
Buche	35 %
Kiefer	32 %
Sonstige Laubbäume	28 %
Fichte	24 %

V. Literatur

Weitergehende Informationen enthält folgende Literatur:

Brechtel, H.-M. et al., EC/UNEP (1989): Interim Report on Cause-Effect Relationships in Forest Decline. Global Environment Monitoring System 1991. Geneva.

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (1999): Forschung für den Wald – Berichte der ökologischen Forschung. Bonn.

BML (1993): Terrestrische Waldschadenserhebung – Aufgaben, Methoden, Stellenwert, 32 Seiten. Bonn.

BML (1994): Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE), Arbeitsanleitung. Bonn. (vergriffen)

BML (1997): Dauerbeobachtungsflächen zur Umweltkontrolle im Wald Level II – Erste Ergebnisse. Bonn.

BML (1997): Dauerbeobachtungsflächen zur Umweltkontrolle im Wald Level II – Methodenleitfaden. Bonn.

BML (1997): Waldzustandsbericht der Bundesregierung 1997 (Ergebnisse der Waldschadenserhebung), 209 Seiten. Bonn

BML (1998): Bericht über den Zustand des Waldes 1998 – Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitoring, 53 Seiten. Bonn. (vergriffen)

BML (1999): Level II-Dauerbeobachtungsflächen (Faltblatt). Bonn

Forschungsbeirat Waldschäden/Luftverunreinigungen (Hrsg.) (1989): 3. Bericht. Karlsruhe.

De Vries, W. et al., EC-UN/ECE (1998): Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report 1997. EC-UN/ECE, Brussels, Geneva.

Müller-Edzards, et al., EC and UN/ECE (1997): Ten Years of Monitoring Forest Condition Europe: Studies on Temporal Development, Spatial Distribution and Impacts of Natural and Anthropogenic Stress Factors. Technical Report. EC and UN/ECE. Brussels, Geneva, 350 p.

Stefan, K. et al., EC-UN/ECE (1997): Forest Foliar Condition in Europe – Results of large-scale foliar chemistry surveys (survey 1995 and data from previous years). EC-UN/ECE-FBVA, Brussels, Geneva, Vienna.

Vanmechelen, L. et al., EC and UN/ECE (1997): Forest Soil Condition Report. Technical Report. EC and UN/ECE, Brussels, Geneva.

Lorenz, M. et al., EC and UN/ECE (1998): Forest Condition in Europe. Technical Report. EC and UN/ECE, Brussels, Geneva.

Riek, W.; Wolff, B. (1997): Deutscher Waldbodenbericht 1996, BML (Hrsg.). Bonn.

Riek, W.; Wolff, B. (1998): Integrierende Auswertung bundesweiter Waldzustandsdaten, Zwischenbericht, 85 S. Eberswalde.

UN/ECE (1998a): Manual on Methodologies and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests. 4th edition. Hamburg.

UN/ECE und EC (1998b): Der Waldzustand in Europa – Kurzbericht 1998. Genf und Brüssel, 37 Seiten.

VI. Verzeichnis der Karten und Abbildungen

- Abbildung 1: Level I und Level II sind wesentliche Bestandteile des forstlichen Umweltmonitoring.
- Abbildung 2: Die Kronenverlichtung ist Ausdruck der Vitalität des Baums unter dem Einfluss sich ändernder Stressfaktoren.
- Abbildung 3: Entwicklung der Schadstufenanteile für alle Baumarten (bis 1989 ohne neue Bundesländer; 1999: 13 466 Bäume)
- Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung für alle Baumarten (dunkelgrün: Schadstufe 0, gelb: Schadstufe 1, rot: Schadstufe 2-4)
- Abbildung 5: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung für alle Baumarten
- Abbildung 6: Entwicklung der Schadstufenanteile für die Baumart Fichte (bis 1989 ohne neue Bundesländer; 1999: 4 871 Bäume)
- Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung der Baumart Fichte (dunkelgrün: Schadstufe 0, gelb: Schadstufe 1, rot: Schadstufe 2-4)
- Abbildung 8: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung bei Fichte
- Abbildung 9: Entwicklung der deutlichen Schäden nach Altersgruppen für die Baumart Fichte
< 60 Jahre 1 678 Bäume
> 60 Jahre 3 173 Bäume
- Abbildung 10: Entwicklung der Schadstufenanteile für die Baumart Kiefer (bis 1989 ohne neue Bundesländer; 1999: 3 886 Bäume)
- Abbildung 11: Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung bei der Baumart Kiefer (dunkelgrün: Schadstufe 0, gelb: Schadstufe 1, rot: Schadstufe 2-4)
- Abbildung 12: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung bei Kiefer
- Abbildung 13: Entwicklung der deutlichen Schäden nach Altersgruppen für die Baumart Kiefer
< 60 Jahre 1 576 Bäume
> 60 Jahre 2 289 Bäume
- Abbildung 14: Entwicklung der Schadstufenanteile für die Baumart Buche (bis 1989 ohne neue Bundesländer; 1999: 2 002 Bäume)
- Abbildung 15: Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung bei der Baumart Buche (dunkelgrün: Schadstufe 0, gelb: Schadstufe 1, rot: Schadstufe 2-4)
- Abbildung 16: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung bei Buche
- Abbildung 17: Entwicklung der deutlichen Schäden nach Altersgruppen für die Baumart Buche
< 60 Jahre 450 Bäume
> 60 Jahre 1 542 Bäume
- Abbildung 18: Entwicklung der Schadstufenanteile für die Baumart Eiche (bis 1989 ohne neue Bundesländer; 1999: 731 Bäume)
- Abbildung 19: Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung bei der Baumart Eiche (dunkelgrün: Schadstufe 0, gelb: Schadstufe 1, rot: Schadstufe 2-4)
- Abbildung 20: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung bei Eiche
- Abbildung 21: Entwicklung der deutlichen Schäden nach Altersgruppen für die Baumart Eiche
< 60 Jahre 164 Bäume
> 60 Jahre 510 Bäume
- Abbildung 22: Entwicklung der Schadstufenanteile für die Gruppe der „anderen Nadelbäume“ (Tanne, Lärche, Douglasie) (bis 1989 ohne neue Bundesländer; 1999: 734 Bäume)
- Abbildung 23: Entwicklung der Schadstufenanteile für die Gruppe der anderen Laubbäume (Esche, Ahorn, Birke, Erle, Hainbuche, Linde, Pappel) (bis 1989 ohne neue Bundesländer; 1999: 1 242 Bäume)
- Abbildung 24: Mittlere Kronenverlichtung 1999 je Stichprobenpunkt für alle Baumarten
Grün: bis 10 %
Gelb: über 10 bis 25 %
Rot: über 25 %
- Abbildung 25: Mittelfristige Veränderung der mittleren Kronenverlichtung je Stichprobenpunkt für alle Baumarten (Mittelwert 1997 bis 1999 im Vergleich zum Mittelwert 1992 bis 1994)
Grün: Verbesserung über 5 %
Gelb: unverändert (\pm 5 %)
Rot: Verschlechterung über 5 %
- Abbildung 26: Schadstufenverteilung bei Fichte (über 60 Jahre) für unterschiedlichen Bestandesschluss
- Abbildung 27: Anteil deutlicher Schäden und Stichprobenfehler im Jahr 1999 (Mit 68 % Wahrscheinlichkeit liegt der wahre Anteil in dem blau gekennzeichneten Bereich)
- Abbildung 28: Eintrag von Gesamtstickstoff auf den Level II Flächen (1996 und 1997)
- Abbildung 29: Eintrag von Gesamtschwefel auf Level II-Flächen (1996 und 1997)
- Abbildung 30: Anteil stark verlichteter Bäume/Jahr (Kronenverlichtung über 60 %) auf Dauerbeobachtungsflächen
- Abbildung 31: Anteil abgestorbener Bäume/Jahr auf Dauerbeobachtungsflächen
- Abbildung 32: Liegen die Eintragsraten eines Stoffes über den Critical Loads, so besteht für das Ökosystem ein Schädigungsrisiko.
- Abbildung 33: Die wichtigsten Stoffeintrags- und -austragspfade in Waldökosystemen. Deposition, Verwitterung, Biomasseentzug und Sickerwasseraustrag sollten langfristig ausgeglichen sein, um eine nachhaltige Nutzung zu gewährleisten.
- Abbildung 34: Bei der Passage durch Waldbestand und Waldboden ändert sich die Zusammensetzung des Wassers. Aus der Art der Veränderung kann auf Bodenversauerung und Stickstoffsättigung geschlossen werden.
- Abbildung 35: Im Zustand der Bodenversauerung verliert der Boden durch Auswaschung mehr Calcium (Ca), Magnesium (Mg) und Kalium (K), als er durch den Eintrag von Regen und Stäuben gewinnt. Dieser Verlust ist ein Maß für die Intensität der Bodenversauerung.
- Abbildung 36: Im Zustand der Stickstoffsättigung kann der eingetragene Stickstoff (Nitrat NO_3 und Ammonium NH_4) nicht mehr von den Wäldern zurückgehalten werden. Es kommt zur Nitratauswaschung. An der Höhe der Nitratauswaschung kann das Ausmaß der Stickstoffsättigung abgelesen werden.

- Abbildung 37: Einträge und Austräge an Magnesium zeigen auf den meisten der Level II-Plots ein deutliches Missverhältnis: Die Böden verlieren den wichtigen Pflanzennährstoff mit dem Sickerwasser.
- Abbildung 38: Stickstoff wird aus den Wäldern zumeist in geringeren Mengen aus- als eingetragen. Die Wälder halten Stickstoff teilweise oder vollständig zurück, weil sie diesen Pflanzennährstoff aufnehmen und verwerten können. Diese Speicherfähigkeit ist jedoch begrenzt.
- Abbildung 39: Der vom Menschen verursachte Stoffeintrag wirkt auf großer Fläche:
- durch Beeinträchtigung von Pflanzen und Tieren
 - durch Veränderung der Böden (Anreicherung von Schad- und Nährstoffen, Bodenversauerung etc.)
- Abbildung 40: Entwicklung des mittleren Nadel-/Blattverlustes bei europäischen Hauptbaumarten
- Abbildung 41: Veränderungen des mittleren Nadel-/Blattverlustes pro Aufnahme­fläche für alle Baumarten zwischen 1992 und 1998
- Abbildung 42: Lage und Erhebungsintensität der Level II-Dauerbeobachtungsflächen zur Intensiven Überwachung des Waldzustandes (Stand: Februar 1999)
- Abbildung 43: Bodenschutzkalkung, Förderung von Maßnahmen zur Stabilisierung immissionsgefährdeter Wälder und Schaffung artenreicher und stabiler Wälder dienen der Sicherung der Waldfunktionen
- Abbildung 44: Flächenanteil der Schadstufen und Fehlerrahmen für Baden-Württemberg
- Abbildung 45: Nadel- bzw. Blattverlust sowie mittleres Verlustprozent der Hauptbaumarten seit 1983 in Bayern
- Abbildung 46: Flächenanteil der Schadstufen und mittlere Kronenverlichtung in Brandenburg
- Abbildung 47: Flächenanteil der Schadstufen in Hamburg
- Abbildung 48: Mittlerer Nadel-/Blattverlust 1984 – 1999 in Hessen
- Abbildung 49: Flächenanteil der Schadstufen 1991 – 1999 in Mecklenburg-Vorpommern
- Abbildung 50: Waldzustandserhebungen 1984–1999 in Niedersachsen; Entwicklung der deutlichen Schäden; alle Baumarten
- Abbildung 51: Flächenanteile der Schadstufen 1984 – 1999 in Nordrhein-Westfalen
- Abbildung 52: Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 1999 in Rheinland-Pfalz
- Abbildung 53: Flächenanteil der Schadstufen im Saarland
- Abbildung 54: Flächenanteil der Schadstufen in Sachsen
- Abbildung 55: Flächenanteil der Schadstufen in Sachsen-Anhalt
- Abbildung 56: Flächenanteil der Schadstufen in Schleswig-Holstein
- Abbildung 57: Durchschnittlicher Nadel-/Blattverlust in Prozent von 1991 bis 1999 über alle Baumarten in Thüringen
- Abbildung 58: Schadstufenentwicklung von 1991 bis 1999 in Thüringen als Summe aller Baumarten

VII. Glossar

Basen: Kalzium-, Magnesium-, Kalium- und Natriumionen.

Bestand: Abgrenzbare Waldfläche, die sich in Struktur, Alter und Baumartenzusammensetzung von angrenzenden Flächen unterscheidet.

Bioindikatoren: Organismen, die auf bestimmte äußere Einflüsse reagieren und deshalb zum Nachweis von Schadstoffen in Luft, Wasser oder dem Boden dienen.

Biomasse: Gesamtheit der lebenden, toten und zersetzten Organismen eines Lebensraumes.

Bodenacidität: Saure Reaktion von Böden. Er wird durch den pH-Wert charakterisiert.

Bodenzustandserhebung (BZE): Auf dem Stichprobennetz (Level I-Monitoring) durchgeführte Untersuchung des Waldbodens und des Ernährungszustandes der Waldbäume. Die erste Bodenstandserhebung wurde im Zeitraum 1987 und 1993 durchgeführt. Eine bundesweite Wiederholung dieser Erhebung ist in Vorbereitung. Teil des forstlichen Umweltmonitoring.

Bundesweite Vollstichprobe: Bundeseinheitliche Durchführung der Waldschadenserhebung in einer Netzdichte von mindestens 4 x 4 km. Die Erhebung in dieser Netzdichte erlaubt Aussagen über den Waldzustand für die einzelnen forstlichen Wuchsgebiete. Bundesweite Vollerhebungen wurden in den Jahren 1984, 1986, 1991, 1994 und 1997 durchgeführt. In den anderen Jahren führten einige Länder die Waldschadenserhebung in groberer Netzdichte (mindestens jedoch 16 x 16 km) durch.

Critical Loads: Quantitative Abschätzung der Schadstoff-Exposition (Einträge), bei der nach bisherigem Wissen keine nachweisbaren Veränderungen der Ökosysteme in Struktur und Funktion zu erwarten sind.

Deposition: Eintrag in ein Ökosystem (z. B. Eintrag von Schadstoffen durch die Luft und mit dem Regen in ein Waldökosystem).

Emission: Ausstoß (z. B. von Schadstoffen) in die Luft.

Eutrophierung: Zunahme von Nährstoffen (z. B. in Waldböden), die unerwünschte Auswirkungen (z. B. Beeinträchtigungen des Nährstoffgleichgewichtes) haben kann.

Eutrophierender Stickstoff: Kommt es durch Stickstoffeinträge zu einem überhöhten Nährstoffangebot, die mit Beeinträchtigungen des Ökosystems verbunden sind, so wirkt Stickstoff eutrophierend.

Forstliches Umweltmonitoring: Überwachung des Waldzustandes mit dem Ziel, Schäden und andere Veränderungen der Waldökosysteme frühzeitig zu erkennen.

Mittlere Kronenverlichtung: Mittelwert der in 5-%-Stufen eingeschätzten Kronenverlichtung der Einzelbäume.

Nadel-/Blattanalysen: Im Rahmen der Bodenstandserhebung im Wald durchgeführte Analysen der Elementgehalte von Nadeln und Blättern zur Bestimmung des Ernährungszustandes der Waldbäume.

Nadel-/Blattverlust: Kronenverlichtung.

Neuartige Waldschäden: Seit Ende der 70er Jahre an allen Baumarten beobachtete Waldschäden, die im Gegensatz zu den früher beobachteten so genannten Rauchschiäden großflächig und auch fernab von Industrieanlagen auftreten. Neuartige Waldschäden werden durch eine Vielzahl auch natürlicher Einflussfaktoren verursacht, deren Gewicht sich von Jahr zu Jahr ändern kann. Eine Schlüsselrolle bei den Einflussfaktoren spielen Luftschadstoffe.

Ökosystem: Beziehungsgefüge von Lebewesen untereinander und mit ihrer Umwelt.

pH-Wert: Maß für den Säuregrad einer Lösung. Der Säuregrad wird durch die Anzahl der Wasserstoffionen in einem bestimmten Volumen der Lösung festgelegt. Die pH-Wert-Skala reicht von 0 bis 14. Als neutral bezeichnet man eine Lösung mit einem pH-Wert von 7, für Säuren liegt der pH-Wert zwischen 0 und 7, für Laugen zwischen 7 und 14.

nen, um im Bedarfsfall geeignete Maßnahmen zum Schutz des Waldes zu treffen. Es umfasst das Level I-Monitoring, das Level II-Monitoring und die Waldökosystemforschung.

Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung: Angabe der in 5-%-Stufen angesprochenen Kronenverlichtung nach ihrer Häufigkeit. Sie lässt erkennen, ob viele Bäume im Bereich der Schadstufengrenzen liegen.

Hiebsatz: Bei der betrieblichen Planung für einen Forstbetrieb festgelegte Holzmenge, die in einer bestimmten Zeitperiode nachhaltig genutzt werden darf.

Immission: Einwirkung (z. B. von Schadstoffen) auf die Umwelt.

Integrierende Auswertungen: Verknüpfungen der auf dem Stichprobennetz erhobenen Daten (Waldschadenserhebung, Bodenstandserhebung und Nadel-/Blattanalysen sowie Level II) mit Hilfe mathematisch-statistischer Methoden. Bei diesen Untersuchungen werden - soweit möglich - auch Daten anderer Messnetze (z. B. Klima, Schadstoffeinträge) einbezogen.

Kationensäuren: Eisen- und Aluminiumionen.

Kohlenstoff/Stickstoffverhältnis (C/N): Verhältnis der im Humus von Waldböden enthaltenen Elemente Kohlenstoff und Stickstoff zueinander. Verhältnisse < 20 gelten als günstig, da hier viele Bodenlebewesen zum Zersetzen der Blattstreu des Waldbodens vorhanden sind. Versauerte Waldböden haben meist ein ungünstiges C/N-Verhältnis mit dem Effekt, dass die auf diesen Böden befindliche Blattstreu nur langsam abgebaut und dem Boden als pflanzenverfügbare Stoffe zugeführt wird.

Kronenverlichtung: Im Rahmen der Waldschadenserhebung eingeschätzter Verlust/Minderaustrieb von Nadeln und Blättern an Waldbäumen. Zunehmende Kronenverlichtung ist ein Alarmsignal, das eine Gefährdung der Wälder anzeigt.

Level I-Monitoring: Überwachung des Waldzustandes auf dem flächendeckenden, systematischen Stichprobennetz mit repräsentativen Ergebnissen für den gesamten Wald. Das Level I-Monitoring umfasst die jährliche Waldschadenserhebung, die Bodenstandserhebung und Untersuchungen des Ernährungszustandes der Waldbäume (Nadel-/Blattanalysen). Teil des forstlichen Umweltmonitoring.

Level II-Monitoring: Intensive Untersuchungen des Waldzustandes an ausgewählten Dauerbeobachtungsflächen (Fallstudien) zur Untersuchung der Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen Waldökosystemen und den sie beeinflussenden Faktoren. Teil des forstlichen Umweltmonitoring.

Pufferung: Fähigkeit (z. B. von Waldböden), den pH-Wert trotz Zufuhr von Säuren oder Basen durch chemische Prozesse konstant zu halten.

Rauchschiäden: Bereits in früheren Jahrhunderten in der Nähe von Industrieanlagen, vornehmlich Hüttenwerken, beobachtete Waldschäden, die auf schwefelhaltige Abgase (z. B. Schwefeldioxid) zurückgeführt wurden.

Sickerwasser: Vertikaler Wasserfluss im Boden.

Stoffbilanz: Gegenüberstellung von Stoffaus- und Stoffeinträgen eines Systems.

Transnationales Stichprobennetz: Für die Überwachung des Waldzustandes auf europäischer Ebene eingerichtetes Stichprobennetz, das derzeit 35 Staaten mit einem grenzüberschreitenden 16 x 16 km-Raster überzieht. Level I-Monitoring.

Waldökosystemforschung: Teil des forstlichen Umweltmonitoring, bei dem in Fallstudien vor allem die Stoffflüsse innerhalb der Ökosystemkomponenten möglichst umfassend erhoben und bewertet werden.

Waldschadenserhebung (WSE): Jährlich auf dem Stichprobennetz (Level I-Monitoring) durchgeführte Ansprache der Kronenverlichtung und der Vergilbung von Nadeln und Blättern an Waldbäumen. Die Ergebnisse der Waldschadenserhebung dienen als Weiser für die Vitalität der Wälder. Teil des forstlichen Umweltmonitoring.